



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4版）

张淑平 霍秋艳 主编

全国计算机专业技术资格考试办公室组编

清华大学出版社

全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）

程序员教程

（第4版）

张淑平 霍秋艳 主编

全国计算机专业技术资格考试办公室组编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书作为初级职称的软考指定教材,具有比较权威的指导意义。本书根据《程序员考试大纲》的重点内容,阐述了共12章的内容,考生在学习教材内容的同时,还须对照考试大纲,认真学习和复习大纲的知识点。

本书是在《程序员考试大纲》的指导下,对《程序员教程(第三版)(修订版)》进行再编后完成的。本书适合参加相关考试的考生和大学在校生作为教材。

本书扉页为防伪页,封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。
版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

程序员教程/张淑平,霍秋艳主编.—4版.—北京:清华大学出版社,2014
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 978-7-302-36804-5

I. ①程… II. ①张…②霍… III. ①程序设计-工程技术人员-资格考试-教材 IV. ①TP311.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第124327号

责任编辑:柴文强 王冰飞

封面设计:傅瑞学

责任校对:徐俊伟

责任印制:刘海龙

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×230mm 印 张:32 防伪页:1 字 数:697千字

版 次:2004年7月第1版 2014年9月第4版 印 次:2014年9月第1次印刷

印 数:1~10000

定 价:59.00元

产品编号:060345-01

序 言

由人力资源和社会保障部、工业和信息化部共同组织的“全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试”（简称软考），肩负着科学评价选拔软件专业技术人才的光荣使命，肩负着正确引导软件行业专业技术人员潜心钻研、提高能力、加强创新的光荣使命，肩负着加强软件行业专业技术人员队伍建设的光荣使命。自 1991 年开考以来，软考坚持专业化、国际化、品牌化的发展方向，全国累计报名人数 330 万人，培养选拔软件行业专业技术人才 64 万人，部分考试标准与日本、韩国互认，为全国计算机和软件专业技术人员（包括香港、澳门和台湾地区来大陆就业的人员）提供了科学的评价体系和评价机制，为推动“两化”深度融合，提高信息化水平，走新型工业化道路提供了有力支撑。

党中央、国务院一直高度重视信息技术产业发展。以 2000 年的《国务院关于印发鼓励软件产业和集成电路产业发展的若干政策的通知》（国发【2000】18 号文件）和 2011 年的《国务院关于印发进一步鼓励软件产业和集成电路产业发展的若干政策的通知》（国发【2011】4 号文件）为重要标志的一系列政策措施，为软件产业和集成电路产业乃至整个信息技术产业发展提供了强劲动力。2011 年，我国软件产业实现业务收入超过 1.84 万亿元，产业规模是 2005 年的 4.7 倍，同比增长 32.4%，超过“十一五”期间平均增速 4.4 个百分点，实现了“十二五”的良好开局。软件产业占电子信息产业比重从 2000 年的 5.8% 上升到 19.9%。软件企业数量超过 3 万家，从业人数超过 300 万人。2012 年上半年，我国软件产业实现软件业务收入 10988 亿元，同比增长 26.2%。软件和信息服务业的持续快速发展，国民经济和社会信息化建设的深入开展，使软件人才和信息技术人才供给不足的问题依旧突出。按照国发【2011】4 号文件提出的“努力培养国际化、复合型、实用性人才”的要求，工业和信息化部教育与考试中心组织一批理论水平高、经验丰富的专家学者和业界精英，结合考试大纲和软件产业技术发展趋势，对原有的“全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试教材和辅导用书”进行了更新，为广大软件行业从业人员提高学习能力、实践能力、创新能力和职业道德水平提供了依据。

当前，我国正处在全面建成小康社会的决定性阶段。坚持走中国特色新型工业化、信息化、城镇化、农业现代化道路，推动信息化和工业化深度融合、工业化和城镇化良性互动、城镇化和农业现代化相互协调，促进工业化、信息化、城镇化、农业现代化同步发展，是党中央的重要战略部署。造就规模宏大、素质优良的人才队伍，推动我国由人才大国迈向人才强国，既是

构成这一重要战略部署的紧迫任务，也是实施这一重要战略部署的关键措施。从现在起至全面建成小康社会的这一历史时期，信息技术仍然是走中国特色新型工业化、信息化、城镇化、农业现代化道路的先导性技术；全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试也应该看做是落实党的十八大关于“推进各类人才队伍建设，实施重大人才工程，加大创新创业人才培养支持力度，重视实用人才培养”指示的重要组成部分。好雨知时节，当春乃发生——我相信，全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试教材和辅导用书的及时更新必将为我国信息技术人才队伍发展壮大、为软件和信息服务业做大做强、为服务经济转型升级做出更大的贡献；同时我们也要注意，近年来，以云计算、物联网、移动互联网和大数据技术等为热点的新一代信息技术，正在对软件和信息服务业带来一系列深刻变化，也对软件和信息技术在各个领域的应用产生重要影响，我希望，在保持这套教材和辅导用书在一个时期内相对稳定的同时，也要注意及时反映信息技术的新变化、新进展，以跟上软件和信息服务业蓬勃发展的需要，跟上信息化以及新型工业化、城镇化和农业现代化建设蓬勃发展的需要。

苏波

前 言

全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试从实施至今已有二十余年，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，人力资源和社会保障部、工业和信息化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，以满足社会上对计算机信息技术人才的需要。

编者受全国计算机专业技术资格考试办公室委托，对《程序员教程（第三版）（修订版）》一书进行再编，以适应新的考试大纲要求。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的一门课程，因此编写本书的难度很高。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的知识领域的要点加以阐述，但限于篇幅所限，不能详细地展开，请读者谅解。

全书共分 12 章，各章的内容安排如下。

第 1 章 计算机系统基础知识：主要介绍计算机系统硬件组成、数据在计算机中的表示和运算、校验码基础知识和指令系统基础知识。

第 2 章 操作系统基础知识：主要介绍操作系统的类型和功能等基本概念，进程管理、存储管理、设备管理、文件管理和作业管理等基础知识。

第 3 章 数据库基础知识：主要介绍数据库管理系统的主要功能和特征、数据库模式、数据模型和 ER 图、关系运算和 SQL 等基础知识。

第 4 章 多媒体基础知识：主要介绍多媒体的基本概念、音频、图形和图像、动画和视频、网络多媒体等基础知识。

第 5 章 网络基础知识：主要介绍网络的功能、分类、组成和拓扑结构，基本的网络协议与标准，常用网络设备与网络通信设备的作用和特点、局域网（LAN）和互联网（Internet）基础知识。

第 6 章 程序设计语言基础知识：主要介绍程序设计语言的类型和特点、程序设计语言的基本成分以及编译、解释等基本的语言翻译基础知识。

第 7 章 软件工程基础知识：主要介绍软件工程和项目管理基础、面向对象分析与设计方法、软件需求分析、软件设计、编码和测试、软件系统运行与维护、软件质量管理等基础知识。

第 8 章 数据结构与算法：主要介绍线性表和链表、栈、队列、数组、树、图等基本数据结构以及查找、排序等常用算法。

第9章 标准化和知识产权基础知识: 主要介绍标准化的基本概念, 标准分类、标准的代号及编号等方面的基础知识; 知识产权的概念与特点、计算机软件著作权等方面的基础知识。

第10章 安全性基础知识: 主要介绍计算机病毒、网络安全、访问控制和加解密基础知识。

第11章 C/C++程序设计: 主要介绍 C/C++程序基础、类与对象、继承与多态、输入与输出流库、异常处理和常用 STL 模板库, 以及 C 程序中常见的问题和错误。

第12章 Java 语言程序设计: 主要介绍 Java 程序语言基础和特点、类与接口、异常、文件和输入/输出流、Java 小应用程序和 Java 类库等基础知识。

本书第1章由张淑平编写, 第2章、第3章由王亚平编写, 第4章由马志欣编写, 第5章由严体华编写, 第6章由张淑平编写, 第7章由褚华编写, 第8章由张淑平、陈静玉编写, 第9章由刘强编写, 第10章由严体华、张淑平编写, 第11章由霍秋艳、张淑平编写, 第12章由霍秋艳编写, 全书由张淑平、霍秋艳统稿。

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

2014年2月

目 录

第 1 章 计算机系统基础知识	1		
1.1 计算机系统的基本组成	1		
1.2 数据的表示及运算	3		
1.2.1 计算机中数据的表示	3		
1.2.2 校验码	12		
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	21		
1.3.1 总线的基本概念	22		
1.3.2 中央处理单元	24		
1.3.3 存储系统	28		
1.3.4 输入/输出技术	35		
1.4 指令系统简介	38		
第 2 章 操作系统基础知识	44		
2.1 操作系统概述	44		
2.2 处理机管理	47		
2.2.1 基本概念	47		
2.2.2 进程控制	50		
2.2.3 进程通信	50		
2.2.4 进程调度	55		
2.2.5 死锁	56		
2.2.6 线程	58		
2.3 存储管理	58		
2.3.1 基本概念	59		
2.3.2 存储管理方案	60		
2.3.3 分页存储管理	61		
2.3.4 分段存储管理	63		
2.3.5 虚拟存储管理	64		
2.4 设备管理	67		
2.4.1 设备管理概述	67		
2.4.2 设备管理技术	69		
2.4.3 磁盘调度	71		
2.5 文件管理	72		
2.5.1 基本概念	72		
2.5.2 文件的结构和组织	73		
2.5.3 文件目录	75		
2.5.4 存取方法、存取控制	76		
2.5.5 文件的使用	77		
2.5.6 文件的共享和保护	78		
2.5.7 系统的安全与可靠性	79		
2.6 作业管理	80		
2.6.1 基本概念	81		
2.6.2 作业调度	82		
2.6.3 人机界面	85		
第 3 章 数据库基础知识	87		
3.1 基本概念	87		
3.1.1 数据库系统	87		
3.1.2 数据库管理技术的发展	88		
3.1.3 大数据	90		
3.2 数据模型	93		
3.2.1 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	98		
3.3 DBMS 的功能和特征	101		
3.3.1 DBMS 的功能	101		
3.3.2 DBMS 的特征与分类	102		
3.4 数据库模式	104		
3.4.1 模式	104		
3.4.2 三级模式两级映像	105		
3.5 关系数据库与关系运算	106		
3.5.1 关系数据库的基本概念	106		

3.5.2 关系数据库模式	109	5.3 TCP/IP 协议体系结构	177
3.5.3 完整性约束	109	5.3.1 OSI/ISO 参考模型与 TCP/IP 体系结构	177
3.5.4 关系代数运算	110	5.3.2 TCP/IP 协议	179
3.6 关系数据库 SQL 语言简介	113	5.3.3 IP 地址	182
3.6.1 SQL 概述	114	5.4 Internet 基础知识	186
3.6.2 SQL 数据定义	115	5.4.1 Internet 服务	186
3.6.3 SQL 数据查询	119	5.4.2 因特网接入方式	190
3.6.4 SQL 数据更新	127	5.4.3 TCP/IP 的配置	192
3.6.5 SQL 的访问控制	129	5.4.4 浏览器的设置与使用	193
3.6.6 嵌入式 SQL	130	5.5 局域网基础	196
3.7 数据库设计	131	5.6 网络安全基本概念	201
第4章 多媒体基础知识	134	第6章 程序设计语言基础知识	206
4.1 多媒体的基本概念	134	6.1 程序设计语言概述	206
4.1.1 媒体的分类和特征	134	6.1.1 程序设计语言的基本概念	206
4.1.2 多媒体计算机系统	135	6.1.2 程序设计语言的分类和特点	207
4.2 音频	140	6.1.3 程序设计语言的基本成分	211
4.2.1 数字声音基础	140	6.2 语言处理程序基础	217
4.2.2 声音文件格式	145	6.2.1 汇编程序基本原理	217
4.3 图形和图像	146	6.2.2 编译程序基本原理	219
4.3.1 图像的基础知识	146	6.2.3 解释程序基本原理	228
4.3.2 图形与图像信息的表示和获取	148	第7章 软件工程基础知识	231
4.3.3 图形图像编码	151	7.1 软件工程概述	231
4.4 动画和视频	154	7.1.1 软件生存周期	231
4.4.1 动画的基本概念	154	7.1.2 软件生存周期模型	233
4.4.2 模拟视频和数字视频	156	7.1.3 软件过程	237
4.4.3 视频文件格式	160	7.1.4 软件工具	239
4.5 网络多媒体	161	7.1.5 软件开发环境	242
4.5.1 超文本与超媒体	161	7.2 软件需求分析	243
4.5.2 流媒体的基本概念	162	7.2.1 软件需求的定义	243
第5章 网络基础知识	164	7.2.2 软件需求分析的基本任务	243
5.1 计算机网络概述	164	7.2.3 需求建模	244
5.1.1 计算机网络的组成	164	7.3 软件设计	244
5.1.2 计算机网络的分类	165	7.3.1 软件设计的基本任务	245
5.2 计算机网络硬件	168	7.3.2 软件设计原则	246
5.2.1 计算机网络互连设备	168	7.4 结构化分析与设计方法	249
5.2.2 计算机网络传输媒体	173		

7.4.1 结构化分析方法	249	9.1.1 基本概念	337
7.4.2 结构化设计方法	251	9.1.2 信息技术标准化	342
7.4.3 结构化程序设计方法	254	9.1.3 标准化组织	345
7.5 面向对象分析与设计方法	254	9.1.4 ISO 9000 标准简介	347
7.5.1 面向对象的基本概念	254	9.1.5 能力成熟度模型简介	349
7.5.2 面向对象分析与设计	256	9.2 知识产权基础知识	351
7.5.3 UML 概述	257	9.2.1 基本概念	351
7.5.4 设计模式	259	9.2.2 计算机软件著作权	353
7.6 软件测试与运行	261	9.2.3 计算机软件的商业秘密权	364
7.6.1 软件测试的目的及原则	261	第 10 章 安全性基础知识	367
7.6.2 软件测试方法	263	10.1 安全性概述	367
7.6.3 软件测试过程	266	10.2 计算机病毒和计算机犯罪概述	369
7.6.4 软件测试设计和管理	268	10.3 网络安全	375
7.6.5 软件调试	268	10.4 访问控制	378
7.6.6 软件运行与维护	269	10.5 加密与解密	380
7.7 软件项目管理	271	第 11 章 C/C++程序设计	385
7.7.1 软件项目管理概述	271	11.1 C/C++程序基础	385
7.7.2 软件质量与软件质量保证	274	11.1.1 C/C++程序基本结构	386
第 8 章 数据结构与算法	278	11.1.2 数据类型和运算符	387
8.1 线性结构	278	11.1.3 基本输入/输出	395
8.1.1 线性表	278	11.1.4 控制语句	399
8.1.2 栈和队列	285	11.1.5 函数	403
8.1.3 串	291	11.1.6 指针与引用	407
8.2 数组和矩阵	292	11.2 类与对象	412
8.3 树和图	296	11.3 继承与多态	420
8.3.1 树	296	11.4 输入与输出流库	425
8.3.2 图	303	11.5 异常处理	428
8.4 常用算法	307	11.6 类库	431
8.4.1 算法概述	307	11.6.1 string	431
8.4.2 排序算法	312	11.6.2 STL	435
8.4.3 查找算法	319	11.6.3 vector	436
8.4.4 字符串处理	328	11.7 C 程序设计要点	440
8.4.5 递归算法	331	11.7.1 指针与链表	440
8.4.6 图的相关算法	332	11.7.2 递归函数	441
第 9 章 标准化和知识产权基础知识	337	11.7.3 程序错误	442
9.1 标准化的基本知识	337		

第 12 章 Java 语言程序设计	452
12.1 Java 语言概述.....	452
12.1.1 Java 语言的特点.....	452
12.1.2 Java 开发环境.....	453
12.2 Java 语言基础.....	453
12.2.1 Java 基本数据类型.....	454
12.2.2 控制结构.....	460
12.2.3 Java 数组与字符串.....	462
12.3 类与接口.....	466
12.3.1 类的定义与使用.....	466
12.3.2 对象的初始化.....	468
12.3.3 包.....	470
12.3.4 继承.....	472
12.3.5 抽象类与接口.....	474
12.4 异常.....	480
12.4.1 异常的处理.....	480
12.4.2 自定义异常.....	482
12.5 文件输入、输出和流.....	484
12.5.1 字节流.....	484
12.5.2 字符流.....	487
12.5.3 标准输入/输出流.....	488
12.6 Java 小应用程序.....	490
12.7 Java 类库的使用.....	493

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、计算机中数据的表示和运算、计算机系统硬件基础组成及指令系统等基础知识。

1.1 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。计算机系统的主要组成如图 1-1 所示。

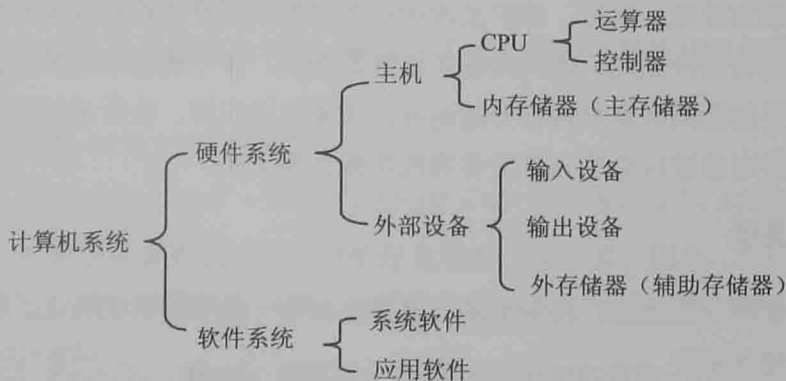


图 1-1 计算机系统的组成示意图

1. 计算机系统的硬件组成

传统概念上, 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 5 大部件组成, 随着网络技术的发展, 通信部件也逐渐成为其基本构件。运算器和控制器及其相关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)。内存速度快、容量小,一般用来临时存储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 中的记忆器件,用来临时存放指令、数据及运算结果。与内存储器相比,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(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转换成二进制形式的信息输入到计算机的存储器中,输出设备的作用是把运算结果按照人们所要求的形式输出到外部设备或存储介质上。

2. 计算机软件

计算机软件是指为管理、运行、维护及应用计算机系统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,则只具备了计算的基础,并不能真正运算,只有将解决问题的步骤编制成程序并加载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。

3. 计算机的类型

计算机技术的发展异常迅速,将更多的元件集成到单一的半导体芯片上,使得计算机变得更小,功耗更低,速度更快。

(1) 按照体积和工作能力,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,如台式机(Desktop)、膝上型计算机(Laptop)或笔记本式计算机(Notebook)、工作站(Workstation)、掌上型计算机和个人数字助理(Personal Digital Assistant, PDA)等。

(2) 按照功能是否专一,计算机分为通用计算机和专用(嵌入式)计算机。

(3) 按照 CPU 的指令系统架构,计算机分为复杂指令系统计算机(Complex Instruction Set Computer, CISC)和精简指令系统计算机(Reduced Instruction Set Computer, RISC)。

(4) 按体系结构及指令处理方式,计算机分为单指令流单数据流计算机(Single Instruction Single Data, SISD)、单指令流多数据流计算机(Single Instruction Multiple Data, SIMD)、多指令流单数据流计算机(Multiple Instruction Single Data, MISD)和多指令流多数据流计算机(Multiple Instruction Multiple Data, MIMD)。

1.2 数据的表示及运算

1.2.1 计算机中数据的表示

在计算机内部,数值、文字、声音、图形图像等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。所谓编码,就是采用少量的基本符号,选用一定的组合原则,来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. 进位计数制及其转换

在采用进位计数的数字系统中,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)。不同数制的共同特点如下。

(1) 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十个:0, 1, 2, ..., 9。二进制数制的基本符号有两个:0和1。

(2) 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,各种进位计数制中权的值恰好是基数的某次幂。因此,对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。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
形式表示符	B	O	D	H

1) 十进制计数法与二进制计数法的相互转换

在十进制计数制中, $r=10$,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,故称为十进制计数法。

在二进制计数制中, $r=2$,基本符号为0和1。二进制数中的一个0或1称为1位(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。

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

2) 八进制计数法与十进制、二进制计数法的相互转换

八进制计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，把二进制数每三位分成一组，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。

依照同样的思想，将一位八进制数用三位二进制数表示，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。

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

3) 十六进制计数法十进制、二进制计数法的相互转换

在十六进制计数制中, $r=16$, 基本符号为 0, 1, 2, ..., 9, A, B, ..., F。

十进制数可以转换为十六进制数的方法是: 十进制数的整数部分“除 16 取余”, 十进制数的小数部分“乘 16 取整”。

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。

$$(1010\ 1111.101\ 1\ 1)_2 = \text{AF.B8}_{16}$$

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: 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:

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

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计数制, 数的符号用 0、1 表示, 小数点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。

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。无符号数是针对二进制来讲的, 无符号数的表数范围是非负数, 即全部二进制位均代表数值, 没有符号位。

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。

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: $[+0]_{\text{原}}=00000000$, $[-0]_{\text{原}}=10000000$ 。

【例 1-5】 若机器字长 n 等于 8, 则

$[+1]_{\text{原}}=00000001$	$[-1]_{\text{原}}=10000001$
$[+127]_{\text{原}}=01111111$	$[-127]_{\text{原}}=11111111$
$[+45]_{\text{原}}=00101101$	$[-45]_{\text{原}}=10101101$
$[+0.5]_{\text{原}}=0 \diamond 1000000$	$[-0.5]_{\text{原}}=1 \diamond 1000000$ (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, 其余的 $n-1$ 位表示数值。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 0 的反码表示有两种形式: $[+0]_{\text{反}}=00000000$, $[-0]_{\text{反}}=11111111$ 。

【例 1-6】 若机器字长 n 等于 8, 则

$[+1]_{\text{反}}=00000001$	$[-1]_{\text{反}}=11111110$
$[+127]_{\text{反}}=01111111$	$[-127]_{\text{反}}=10000000$
$[+45]_{\text{反}}=00101101$	$[-45]_{\text{反}}=11010010$
$[+0.5]_{\text{反}}=0 \diamond 1000000$	$[-0.5]_{\text{反}}=1 \diamond 01111111$ (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, 其余的 $n-1$ 位表示数值。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: $[+0]_{\text{补}}=00000000$, $[-0]_{\text{补}}=00000000$ 。

【例 1-7】 若机器字长 n 等于 8, 则

$[+1]_{\text{补}}=00000001$	$[-1]_{\text{补}}=11111111$
$[+127]_{\text{补}}=01111111$	$[-127]_{\text{补}}=10000001$
$[+45]_{\text{补}}=00101101$	$[-45]_{\text{补}}=11010011$
$[+0.5]_{\text{补}}=0 \diamond 1000000$	$[-0.5]_{\text{补}}=1 \diamond 1000000$ (其中 $\diamond$ 是小数点的位置)

相对于原码和反码表示, 补码表示法有一个例外, 当符号位为 1 而数值位全部为 0 时, 它表示整数 2^{n-1} , 即此时符号位的 1 既表示负数又表示数值。

设计补码时, 有意识的引用了模运算在数理上对符号位的自动处理, 利用模的自动丢弃实现了符号位的自然处理。

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 , 在偏移量为 2^{n-1} 时, 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

$[+1]_{\text{移}}=10000001$	$[-1]_{\text{移}}=01111111$
$[+127]_{\text{移}}=11111111$	$[-127]_{\text{移}}=00000001$
$[+45]_{\text{移}}=10101101$	$[-45]_{\text{移}}=01010011$