



全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试辅导用书

新编程序员考试辅导

全国计算机专业技术资格考试办公室组编
谢树煜 主编

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）考试辅导用书

新编程序员考试辅导

全国计算机专业技术资格考试办公室组编

谢树煜 主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是根据中国计算机技术及软件专业技术资格(水平)考试《程序员考试大纲》的要求,参照《程序员教程》的结构及历年软件专业资格考试试题编写的,内容紧扣考试大纲。全书共分12章,每章都由内容提要、例题分析、思考练习题组成。内容提要是对有关章节知识的提炼,给出考试要点和学习难点。例题分析是全书重点,着重解析考试大纲要求的基本知识及其综合应用方法。思考练习题供读者检验自己对有关内容掌握的程度。为了帮助学员提高理解程序、编制程序及软件设计的能力,本书专门增加了C/C++语言程序设计一章,并在有关章节中加大了软件工程、数据结构和常用算法设计方法的比重。

本书供参加“程序员资格考试”的学员应试复习时使用,也可供大专院校及相应层次的计算机技术人员学习参考。

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

新程序员考试辅导/谢树煜主编. —北京:清华大学出版社, 2010.10

(全国计算机技术与软件专业技术资格(水平)考试辅导用书)

ISBN 978-7-302-22402-0

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第061776号

责任编辑:柴文强 赵晓宁

责任校对:徐俊伟

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62795954, jsjic@tup.tsinghua.edu.cn

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

印 刷 者:北京密云胶印厂

装 订 者:三河市李旗庄少明装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×230 印 张:34.5 防伪页:1 字 数:798千字

版 次:2010年10月第1版 印 次:2010年10月第1次印刷

印 数:1~5000

定 价:59.00元

产品编号:034387-01

前 言

计算机技术及软件专业技术资格（水平）考试是国家人力资源和社会保障部与工业和信息化部主办的国家级考试，20 年来为国家选拔和培养了十多万名合格的软件技术人才，在国内外产生很大影响，得到社会各界广泛认同。

2002 年 1 月，为了推动中日两国间信息技术的交流与合作，中国软件技术资格（水平）考试与日本信息处理技术人员考试就 IT 考试标准相互认证达成协议，成为中日双方互相承认的软件专业技术资格考试，使软件专业技术资格考试逐步走上与国际接轨之路。后来中韩两国也达成考试标准互认协议。

2003 年 10 月，国家人事部与信息产业部发布的 39 号文件规定，把计算机技术与软件专业技术资格考试纳入全国专业技术人员职业资格证书制度的统一规划中。通过考试取得技术资格证书的人员，表明已具备相应专业岗位工作水平和能力，用人单位可择优聘任其担任相应专业技术职务。同时决定今后不再进行相应专业技术职务任职资格的评审工作，因此这种考试既是技术资格考试，又是职业资格考试。我们相信这种以考代评的重大改革，对软件专业技术人才培养将起到巨大推动作用。

为了规范计算机专业技术资格考试，全国计算机专业技术资格考试办公室公布了统一的考试大纲。2009 年公布了新版考试大纲与培训指南。为了帮助广大学员深入理解考试大纲的要求，掌握有关课程的基本概念，基本内容和基本方法，进一步提高应试能力，在全国计算机专业技术资格考试办公室领导下，在清华大学出版社支持下，我们编写了《新编程序员考试辅导》。该书是根据考试大纲的要求，配合学员准备考试自学复习的需要编写的。书中介绍了有关专业要求的基本知识和技能，内容涵盖软件专业的核心课程。全书包括计算机系统基础知识、操作系统、数据库、多媒体、计算机网络、程序设计语言的基础知识，强化了软件工程、数据结构、常用算法设计方法的内容，增加了软件标准化和知识产权的基础知识和计算机安全性基础知识。为了帮助学员学习 C 和 C++ 程序设计语言，本书增加了 C/C++ 语言程序设计一章。

考试大纲要求学员掌握的知识面很宽，考虑到学员复习的时间有限，书中针对考试大纲及教材的内容要点和学习难点作了剖析，并把重点放在例题分析上，这些题目都是作者从自己切身教学经验和近年考题中精选出来的，例题分析中对有关解题思路、解题方法，应用的基本知识和基本原理，做了详尽介绍，一定会对参加考试的学员有所启发和帮助。每章还附有思考练习题及答案，供学员自我检查练习时使用。

本书由清华大学谢树煜教授主编，全书共分 12 章，第 1 章计算机系统基础知识由谢树煜编写；第 2 章操作系统基础知识由中国农业大学孙瑞志教授编写；北京大学方裕教授

对本章的编写也很有帮助应表示感谢；第3章数据库基础知识由北京科技大学王道平教授编写；第4章多媒体基础知识由清华大学林福宗教授编写；第5章网络基础知识及第10章安全性基础知识也由孙瑞志教授编写；第6章程序设计语言基础由北京大学丁文魁教授编写；第7章软件工程基础知识、第8章数据结构由清华大学殷人昆教授编写；第9章常用算法设计方法、第11章标准化基础知识与第12章C/C++语言程序设计由清华大学孙甲松副教授完成；第11章中知识产权基础知识由国家软件保护中心李维高级工程师编写。他们都是相关学科的专家和教授，并且有丰富的教学经验，很多老师多年来担任过软件专业技术资格和水平考试的考前培训工作，积累了很多培训经验。本书编写过程中得到清华大学出版社柴文强编审的大力支持和帮助，特此表示感谢。

由于水平和时间有限，书中不妥之处敬请指正。

编 者

2010年1月于清华园

目 录

第 1 章 计算机系统基础知识1	第 3 章 数据库基础知识123
1.1 内容提要.....1	3.1 内容提要.....123
1.1.1 计算机基本组成和特性.....1	3.1.1 数据库管理系统的功能和特征.....123
1.1.2 数据表示.....2	3.1.2 数据库管理技术的发展.....123
1.1.3 算术运算和逻辑运算.....7	3.1.3 数据描述.....124
1.1.4 计算机组成原理.....9	3.1.4 数据模型和 E-R 图.....125
1.1.5 指令系统.....13	3.1.5 数据库模式.....128
1.2 例题分析.....15	3.1.6 关系模型和关系运算.....130
1.2.1 计算机的基本组成和特性.....15	3.1.7 关系数据库 SQL 语言简介.....133
1.2.2 数据表示方法.....18	3.1.8 数据库的主要控制功能.....137
1.2.3 运算方法.....35	3.2 例题分析.....140
1.2.4 计算机组成原理.....42	3.3 思考练习题及答案.....155
1.2.5 指令系统.....67	3.3.1 思考练习题.....155
1.2.6 近年考试试题分析举例.....72	3.3.2 思考练习题答案.....162
1.3 思考练习题及答案.....74	第 4 章 多媒体基础知识165
1.3.1 思考练习题.....74	4.1 内容提要.....165
1.3.2 思考练习题答案.....81	4.1.1 多媒体的概念.....165
第 2 章 操作系统基础知识86	4.1.2 多媒体计算技术.....166
2.1 内容提要.....86	4.1.3 多媒体存储技术.....168
2.1.1 操作系统概述.....86	4.1.4 多媒体网络应用.....170
2.1.2 处理机管理.....86	4.1.5 多媒体内容编辑语言.....173
2.1.3 存储管理.....87	4.2 例题分析.....174
2.1.4 设备管理.....89	4.2.1 多媒体的概念.....174
2.1.5 文件管理.....89	4.2.2 多媒体计算技术.....175
2.1.6 作业管理.....91	4.2.3 多媒体存储技术.....194
2.2 例题分析.....91	4.2.4 多媒体网络应用.....195
2.3 思考练习题及答案.....117	4.2.5 多媒体内容编辑语言.....197
2.3.1 思考练习题.....117	4.3 思考练习题及答案.....197
2.3.2 思考练习题答案.....121	4.3.1 思考练习题.....197

4.3.2 思考练习题答案	203	7.2 例题分析	269
第5章 网络基础知识	204	7.3 思考练习题及答案	292
5.1 内容提要	204	7.3.1 思考练习题	292
5.1.1 计算机网络的基本概念	204	7.3.2 思考练习题答案	306
5.1.2 基本的网络协议和标准	205	第8章 数据结构	308
5.1.3 常用网络设备和操作	206	8.1 内容提要	308
5.1.4 C/S 结构和 B/S 结构	207	8.1.1 线性表	308
5.1.5 局域网基础知识	207	8.1.2 栈	310
5.1.6 Internet 基础知识	208	8.1.3 队列	313
5.2 例题分析	209	8.1.4 数组	315
5.3 思考练习题及答案	227	8.1.5 字符串	319
5.3.1 思考练习题	227	8.1.6 树与二叉树	321
5.3.2 思考练习题答案	231	8.1.7 图	328
第6章 程序设计语言基础	233	8.1.8 排序	335
6.1 内容提要	233	8.1.9 查找	341
6.1.1 程序语言基础知识	233	8.2 例题分析	345
6.1.2 语言处理程序概述	234	8.3 思考练习题及答案	368
6.1.3 构造编译程序的基本知识	234	第9章 常用算法设计方法	400
6.2 例题分析	235	9.1 内容提要	400
6.3 思考练习题及答案	252	9.1.1 迭代法	400
6.3.1 思考练习题	252	9.1.2 穷举搜索法	402
6.3.2 思考练习题答案	256	9.1.3 递推法	402
第7章 软件工程基础知识	258	9.1.4 递归法	403
7.1 内容提要	258	9.1.5 回溯法	404
7.1.1 软件工程概述	258	9.1.6 贪婪法	405
7.1.2 系统分析与软件项目计划	258	9.1.7 分治法	405
7.1.3 需求分析	260	9.1.8 动态规划法	406
7.1.4 软件设计	261	9.2 例题分析	406
7.1.5 编码	262	9.2.1 迭代法	406
7.1.6 软件测试	263	9.2.2 穷举搜索法	409
7.1.7 面向对象方法	264	9.2.3 递推法	412
7.1.8 软件维护	265	9.2.4 递归法	414
7.1.9 软件管理	266	9.2.5 回溯法	418
7.1.10 软件质量保证	267	9.2.6 贪婪法	420
7.1.11 软件开发工具与环境	269	9.2.7 分治法	421
		9.2.8 动态规划法	423

9.3 思考练习题及答案	427	11.2.4 计算机软件商业秘密法 律保护	462
9.3.1 思考练习题	427	11.3 例题分析	464
9.3.2 思考练习题答案	430	11.4 思考练习题及答案	469
第 10 章 安全性基础知识	432	11.4.1 思考练习题	469
10.1 内容提要	432	11.4.2 思考练习题答案	470
10.1.1 安全性概述	432	第 12 章 C/C++语言程序设计	472
10.1.2 计算机病毒和计算机犯 罪概述	433	12.1 内容提要	472
10.1.3 网络安全	433	12.1.1 C 程序的构成	472
10.1.4 访问控制	434	12.1.2 变量的定义	474
10.1.5 加密与解密	434	12.1.3 数据类型	474
10.2 例题分析	435	12.1.4 算术表达式	476
10.3 思考练习题及答案	440	12.1.5 赋值表达式	476
10.3.1 思考练习题	440	12.1.6 ++、--和逗号运算符	477
10.3.2 思考练习题答案	442	12.1.7 三目运算符	477
第 11 章 标准化与知识产权基础 知识	443	12.1.8 输入输出	478
11.1 标准化内容提要	443	12.1.9 选择结构 if	480
11.1.1 标准化的基本概念	443	12.1.10 switch 语句	481
11.1.2 标准化过程模式	443	12.1.11 标号语句和 goto 语句	482
11.1.3 标准的分类	445	12.1.12 while 语句	483
11.1.4 标准的代号和编号	447	12.1.13 do-while 语句	483
11.1.5 国际标准和国外先进 标准	448	12.1.14 for 语句	483
11.1.6 信息技术标准化	450	12.1.15 continue 和 break 语句	484
11.1.7 标准化组织	451	12.1.16 字符型数据	484
11.1.8 ISO 9000 标准简介	453	12.1.17 文件引用	485
11.1.9 ISO/IEC 15504 过程 评估标准简介	454	12.1.18 宏定义	486
11.2 知识产权内容提要	454	12.1.19 函数	487
11.2.1 知识产权的概念与特点	454	12.1.20 数组	489
11.2.2 我国保护软件知识产 权的法律法规	455	12.1.21 指针	490
11.2.3 计算机软件著作权保护	456	12.1.22 字符串	492
		12.1.23 函数的进一步讨论	493
		12.1.24 作用域和存储类型	494
		12.1.25 结构与联合	495
		12.1.26 位运算	497

12.1.27	文件操作	497	12.1.33	类的继承和派生	503
12.1.28	C++简介	498	12.1.34	模板	508
12.1.29	关于 C++的几个基本 问题	499	12.1.35	异常处理	512
12.1.30	类	500	12.2	例题分析	513
12.1.31	函数重载	502	12.3	思考练习题及答案	534
12.1.32	操作符重载	502	12.3.1	思考练习题	534
			12.3.2	思考练习题答案	543

第 1 章 计算机系统基础知识

1.1 内容提要

本章主要包括以下内容：

- 计算机的基本组成和特性；
- 计算机中数据的表示方法，包括数制，数据编码（原码、补码、反码、移码）的概念及特性，定点数与浮点数；
- 字符与汉字，常用校验码生成原理；
- 算术运算和逻辑运算；
- 计算机基本结构和组成原理，包括中央处理器、存储器及输入输出系统；
- 指令系统，包括指令格式，寻址方式，指令的分类和功能；
- 近年考试试题分析举例。

1.1.1 计算机基本组成和特性

内容要点

- (1) 电子数字计算机的基本特性；
- (2) 计算机基本组成，冯·诺依曼结构模型；
- (3) 计算机系统包含计算机硬件和软件两大部分；
- (4) 计算机系统的层次结构和虚拟机的概念。

学习难点

(1) 冯·诺依曼结构计算机模型包括 5 大部件：存储器用来存放数据和程序；运算器完成算术逻辑运算，又称 ALU；输入设备和输出设备 I/O 实现与外部交换数据；控制器是整个机器控制中心，负责解释指令和发出执行指令时所需的各种控制命令。运算器和控制器合称中央处理器 CPU；存储器与 CPU 合称主机；I/O 及辅助存储器称为计算机的外部设备。计算机中采用二进制数进行运算的主要原因是物理上容易实现，运算方法简单，还可表示逻辑变量。

(2) 虚拟计算机：人们根据逻辑设计使用各种电子器件研制成功的计算机称为物理机器，是实实在在的硬件计算机。人们使用机器语言（二进制指令）与物理机器打交道。计算机系统包含硬件系统和软件系统。不同的用户使用不同层次的软件语言与计算机交往，可以看做与不同层次语言的虚拟计算机交往。因为这种机器实际上是不存在的，都必须通过编译程序等翻译成机器语言，才能在物理机器上运行。

(3) 计算机系统的层次结构：用户在不同层次使用不同语言与计算机打交道，均可实现程序要求，故可以把计算机看做一个多层次的系统。

第一层（核心层）是物理机器。人们使用二进制机器指令与机器交往。

第二层是操作系统级机器。操作系统用于管理计算机的软件和硬件资源。人们通过系统调用，方便有效地使用和管理计算机资源，把这个层次叫作操作系统级机器，也可叫作操作系统虚拟机。

第三层是汇编语言机器。人们使用容易记忆的符号表示的指令（汇编语言）与机器打交道。当然最终执行这些汇编语言时还需通过汇编器把汇编语言翻译成机器语言才能在物理机器上执行。可把这层看做汇编语言虚拟机。

第四层是高级语言机器。人们使用高级语言与机器打交道。运行程序时，首先通过编译程序把高级语言翻译成机器语言才能执行，这层也可叫作高级语言虚拟机。

1.1.2 数据表示

内容要点

(1) 数据分类

计算机中处理的数据有两类：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，在计算机中的数据以二进制的形式进行运算和存储。

非数值数据包括字符、汉字、声音和图像等，在计算机中处理前必须以某种编码形式转换成二进制数表示。

(2) 数制

常用的十进制数的计数法则是：表示一位数有 10 个不同的符号（0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9），相邻数位之间的关系是“逢十进一”（各位数的位权是 10^n ），它所表示的数值是各位数按权展开的和，十进制数中的 10 称为该计数制的基数。

二进制数的基数为 2，表示一位数有两个符号：0 和 1，相邻数位之间进位关系为“逢二进一”，表示的数值为各位数按权展开的和。

二进制数各位的权。例如，一个含有 9 位整数 4 位小数的二进制数各位的权分别是： $2^8, 2^7, 2^6, 2^5, 2^4, 2^3, 2^2, 2^1, 2^0, 2^{-1}, 2^{-2}, 2^{-3}, 2^{-4}$ ，其中 2^0 为个位数。

上述数值对应表示的十进制数数值：256, 128, 64, 32, 16, 8, 4, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125, 0.0625，称为对应数位的位权，必须牢记。

为了方便，计算机中二进制数常用八进制、十六进制数表示，应熟记八进制数、十六进制数与二进制数的对应关系。

BCD 码：二一十进制数，每位十进制数用 4 位二进制数表示的数制，又可分为有权码、无权码两种方案。

(3) 二进制数与其他记数制数的转换方法

二进制数转换为十进制数是把二进制数各位按权展开求和。

十进制数转换为二进制数时分整数和小数两部分，分开进行转换然后相加。十进制整数部分采用“除2取余”法，直到商数为0，最后得到的余数是二进制数的最高位。十进制小数部分采用“乘2取整”的方法，首先得到的整数部分是转换成二进制小数的最高位，直到要求的精度。

以此类推十进制数转换成任意进制数（如 r 进制）的方法，整数部分为“除 r 取余”，小数部分为“乘 r 取整”。

（4）机器数

各种数据在计算机中表示的形式称为机器数，其特点是数的符号用0、1表示，如“0”表示正数，“1”表示负数。小数点隐含表示不占位置。机器数对应的实际数值称为该数的真值。

机器数有两种：无符号数和带符号数。

无符号数表示正数，没有负数，机器数中无符号位。

无符号整数的小数点，固定在该数最低位之后，是纯整数。

无符号小数的小数点固定在该数最高位之前，是纯小数。

8位二进制无符号整数的表数范围是8位全0到8位全1，即0到 $2^8-1=255$ 。

8位二进制无符号小数的表数范围是8位全0到8位全1，即0到 $1-2^{-8}$ 。

带符号机器数的最高位是表示正数、负数的符号位，其余为数值位。带符号整数的小数点固定在该数最低位之后，是纯整数。带符号小数的小数点固定在该数最高位（符号位）之后，最高数值位之前，是纯小数。这种表示数的方式称为定点数。

浮点数小数点的位置不是固定的，如 $N=MR^E$ ，小数点位置用阶码 E 表示。 E 为定点整数。

浮点数的数值部分用尾数 M 表示， M 为定点小数， R 为阶 E 的底数，在一个指定的机器中 R 是固定的，在浮点数表示中不再出现。

（5）定点数据编码方法

为了运算方便，带符号的机器数有不同的编码方法，称为码制。

① 原码：又称符号绝对值码。

该数最高位为符号位，正数用“0”表示，负数用“1”表示。其他位为数据位，用二进制数绝对值表示。原码与真值转换方便，但做加减运算不便，且零有+0和-0两种表示方法。

② 反码：正数的反码表示与原码相同。

负数的反码，符号位用“1”表示，数值位由其绝对值各位取反得到。

反码零也有+0，-0两种表示方法。因运算不便使用较少。

③ 补码：为了加减运算方便引入补码概念。关键思想是用加法代替减法。

正数的补码与原码表示相同。

负数的补码, 符号位用“1”表示, 数值位用其绝对值的补数表示(即原码各位求反, 末位加1)。

补码最大优点是做加减运算方便。如 $(x+y)_{\text{补}} = (x)_{\text{补}} + (y)_{\text{补}}$, $(x-y)_{\text{补}} = (x)_{\text{补}} + (-y)_{\text{补}}$ 。

补码符号位参加运算, 不单独处理, 现代计算机中大都采用补码系统。补码另一优点是零的表示形式是唯一的, 即 $(+0000)_{\text{补}} = (-0000)_{\text{补}} = 00000$ 。

补码的表数范围比原码、反码略宽。在定点小数中, 补码可以表示-1。

$(-1)_{\text{补}} = 1.0000$, 而原码、反码不能表示绝对值等于1的数。

④ 移码: 为了比较两个整数的大小, 引入移码概念。

移码与补码有类似的地方(数值部分), 但符号位与补码相反, 即正数的移码符号位为“1”, 负数的移码符号位为“0”。或者说求一个数的移码, 先求其补码再将其符号位变反即可得到。移码表数范围与补码整数的表数范围相同。

(6) 非数值数据(符号数据)

英文字符编码的国际标准是 ASCII 码。用7位二进制数表示, 可表示128个符号。扩展的二/十进制交换码 EBCDIC, 采用8bit表示一个字符, 可表示 $2^8=256$ 个不同符号。

汉字编码有很多种方法。

常用的数字编码方式是区位码, 将常用汉字分成94个区, 每个区又分94位, 每个汉字的区位编号用两个字节十进制数表示。

拼音码和字形码也是汉字常用输入编码方法。

汉字国标码也是数字编码, 是汉字信息交换码国家标准, 它与区位码一一对位, 但区号位用十六进制数表示, 且第一个汉字放在 $(21)_{16}$ 区 $(21)_{16}$ 位。

计算机内存放汉字编码的方法与输入编码不同, 通常用两个字节汉字国标码表示, 为了与 ASCII 码区分, 将每个字节最高位置“1”表示汉字字符, 而 ASCII 码最高位为0, 低7位表示其编码, 这种汉字编码称为汉字机内编码, 简称内码。

汉字输出时通过内码找到其对应字模码(点阵字型)逐点输出点阵字形。如果一个汉字用 16×16 点阵表示, 则每个汉字要占 $2 \text{ 字节} \times 16 = 32 \text{ 字节}$, 两级汉字共 6763 个字模, 占用大量存储空间。

(7) 数据校验方法

计算机中的数据在传送、存储过程中可能出错, 为了及时发现和纠正错误, 编码中引入差错检查机制。

常用的校验编码有奇偶校验码、汉明校验码、CRC 循环冗余校验码。奇偶校验是最常用的校验方法, 可以发现一位错或奇位数同时出错。

学习难点

(1) 码制

码制是为了运算方便提出的数值数据的编码方法。

① 4种码制中, 正数的原码、补码、反码表示都是一样的, 即符号位为“0”, 数值位

为其绝对值。而在正数的移码表示中,虽然其数值也是其绝对值,但符号位相反,即正数的符号位为“1”,负数的符号位为“0”。

② 负数的原码、反码、补码的符号位都为“1”,但数值位表示方法是不同的。

原码的数值位为该数的绝对值。

反码的数值位为该数的绝对值每位求反。

补码的数值位为该数绝对值的补数,即其绝对值每位求反,末位加1。

负数的移码,其数值位与补码相同,即该数绝对值的补数,但符号位与补码不同(与原码反码也不同),即负数移码的符号位为“0”。

③ 4种编码中零的表示不同。

$$(+0)_{\text{原}} = 0000 \quad (-0)_{\text{原}} = 1000$$

$$(+0)_{\text{反}} = 0000 \quad (-0)_{\text{反}} = 1111$$

$$(+0)_{\text{补}} = 0000 \quad (-0)_{\text{补}} = 0000$$

$$(+0)_{\text{移}} = 1000 \quad (-0)_{\text{移}} = 1000$$

④ 4种编码表示数的范围不同,以8位二进制带符号整数x为例:

$$11111111 \leq (x)_{\text{原}} \leq 01111111, -(2^7-1) \leq (x)_{\text{原}} \leq (2^7-1)$$

$$\text{即 } -127 \leq (x)_{\text{原}} \leq +127$$

$$10000000 \leq (x)_{\text{反}} \leq 01111111, -(2^7-1) \leq (x)_{\text{反}} \leq (2^7-1)$$

$$\text{即 } -127 \leq (x)_{\text{反}} \leq +127$$

$$10000000 \leq (x)_{\text{补}} \leq 01111111, -2^7 \leq (x)_{\text{补}} \leq (2^7-1)$$

$$\text{即 } -128 \leq (x)_{\text{补}} \leq +127, \text{注意: 此时}(x)_{\text{补}} \text{最小值是 } -2^7 = -128, \text{而不是 } -(2^7-1) = -127.$$

$$00000000 \leq (x)_{\text{移}} \leq 11111111, -2^7 \leq (x)_{\text{移}} \leq (2^7-1)$$

$$\text{即 } -128 \leq (x)_{\text{移}} \leq +127$$

(2) 浮点数

n位定点数的补码或移码可表示 2^n 个数,而其原码、反码只能表示 2^n-1 个数。表示数的范围小。

浮点数是小数点位置不固定的数,同时为了扩大定点数的表示范围,引入浮点数概念。任意浮点数N可用阶码E和尾数M两个部分来表示:

$$N = MR^E$$

M称为浮点数尾数,表示其数值的有效数字,是定点小数。

E称为浮点数的阶码,表示小数点的位置,是定点整数。

R是阶码的底。在浮点数表示中R是固定不变的,隐含表示,通常取 $R=2$,则 $N=M \times 2^E$ 。机器中只需给出E和M,即可知该数之数值。E和M都是定点数,也可分别指定其为原码、反码、补码、移码,同样可求出其表数范围。需要注意,对于浮点数N:

最大正数 M是最大正数, E是最大正数。

最小正数 M是最小正数, E是最小负数。

最大负数 M 是最大负数, E 是最小负数。

最小负数 M 是最小负数, E 是最大正数。

注意补码、移码的最小负数与原码、反码是不同的。计算机中一个数的浮点数有许多种表示方法。为了规范, 规定在运算结束将运算结果存到机器中时, 必须是规范化的浮点数, 即浮点数尾数的最高数值位是有效数字, 即 $1/2 \leq |M| < 1$ 。

(3) 海明校验码

常用于发现纠正 1 位数据出错。其编码规则是在 n 位被校验数据位间, 插入 k 个校验位, 其校验位之个数满足关系 $2^k - 1 \geq n + k$; 校验位在海明码中的位置是固定的, 即海明码的 1, 2, 4, 8... 位; 一个校验位可校验多个数据位, 每个校验位的取值等于其被校验数据位之和。其中被校数据位海明位号等于各校验位海明位号之和。

当某个数据位出错, 则引起有关的校验位改变, 当所有汉明位均正确时, 则有关的校验值为全 0。

当某个校验位出错时, 则有关的校验值只有一位不为 0。且其编码为该出错校验位之汉明位号。当某个数据位出错时, 则有关的校验值有 2 位或 3 位不为 0, 且其编码为该出错数据位之海明位号。

纠正其错时, 只要将出错位变反即可, 因此可以自动纠正 1 位错。发现多位数据出错或纠正多位出错的情况要复杂得多。

(4) CRC 循环冗余校验码

用于发现和纠正信息传送过程中连续出现的多位错误。CRC 码是指在 k 位被校验数据之后拼接 r 位校验码, 得到 $k + r$ 位编码。需设计一种算法, 使得发送方根据 k 位数据算出 r 位校验位之值, 一起传给对方; 接收方根据同一算法对 $k + r$ 位数据进行校验, 即可判断传送是否出错。关键是找出这种算法。

我们把一个二进制代码看成一个多项式 $M(x)$ 按 x 的降幂排列的多项式的系数。例如, 可将 1101 看成 $1x^3 + 1x^2 + 0x^1 + 1x^0$ 的各个系数, 一个 4 位二进制代码看做一个三次多项式, 一个 n 位代码可看做 $n-1$ 次多项式。代码左移 3 位相当于多项式乘以 x^3 , 如 $(x^3 + x^2 + 1)x^3 = x^6 + x^5 + x^3$ 。

一个多项式除以另一个多项式, 其商和余数也都是多项式, 余数多项式次数比除数多项式的次数少 1。对多项式系数的运算按模二运算进行, 模二运算时各位数据间没有进位关系。

为了产生 CRC 码的 r 位校验码, 我们选择一个生成多项式 $G(x)$, $G(x)$ 是一个 $(r+1)$ 次的多项式。

如果被校验的代码为 k 位二进制数据, 可用 $M(x) = M_{k-1}M_{k-2} \cdots M_1M_0$ 来表示; k 位数据后增加 r 位校验位, 则将 $M(x)$ 乘以 x^r , 左移 r 位, 再除以 $G(x)$, 所得余数多项式 $R(x)$ 为 $r-1$ 次多项式, 余数相应代码为 r 位; 将该 r 位代码接在左移 r 位的 $M(x)$ 后面得到 $M(x)x^r + R(x)$, 它是 $G(x)$ 的倍式, 可以被 $G(x)$ 整除。其各位系数即构成 $k + r$ 位 CRC 循环冗余校验码。接

收方收到这 $k+r$ 位信息后用同样的生成多项式 $G(x)$ 去除, 如果传送信息完全正确, 则应能除尽, 余数为 0。如果余数不为 0, 则说明传送出错, 并根据不同的余数判断哪一位出错。将该位变反, 即可纠正错误。显然生成多项式 $G(x)$ 是经过严格挑选的, 它具有以下性质:

- 任何一位出错, CRC 码除以 $G(x)$ 的余数不为 0;
- 不同的码位出错余数不能相同;
- 给定生成多项式后, 余数与出错码位之间对应关系不变, 与被校验数据无关;
- 对余数继续做模二除法, 应使余数循环。

1.1.3 算术运算和逻辑运算

内容要点

(1) 二进制定点加减法运算是计算机算术运算的基础。

一般采用补码加减法实现, 对于定点小数:

加法 $(x+y)_{\text{补}}=(x)_{\text{补}}+(y)_{\text{补}} \bmod 2$

减法 $(x-y)_{\text{补}}=(x)_{\text{补}}+(-y)_{\text{补}} \bmod 2$

定点数的模数可看做最高位(符号位)之进位, 定点小数之模为 2。

定点数相加减, 可能出现溢出, 它不是最高位之进位。

溢出判断方法有两种: 双符号位法和进位判别法。双符号位法, 数的符号位用两位二进制数表示: 00 为正数, 11 为负数, 结果的两个符号不相同为溢出。

进位判别法判断结果溢出, 要求符号位进位 C_n 与次高位(最高数据位)进位 C_{n-1} 之中有一个有进位, 但不能同时有进位, 即 $C_n \oplus C_{n-1} = 1$ 。

(2) 定点数乘除法用原码方便, 结果的符号为运算两数符号之异或, 积(或商)为两数绝对值之积(或商)。

(3) 浮点数加减法运算步骤:

- ① 对阶, 参加运算两数阶码必须相同。
- ② 尾数加减。
- ③ 尾数规格化。
- ④ 舍入。
- ⑤ 溢出处理, 判断阶码是否溢出。

(4) 浮点数的乘除运算: 浮点数相乘, 其积的阶码为两数阶码之和, 积的尾数为两尾数之积; 浮点数相除, 其商的阶码为两数阶码之差, 商的尾数为两尾数之商; 其结果均需规格化。

(5) 关于逻辑代数与基本逻辑运算应注意以下两点:

- 必须熟记基本逻辑运算常用公式, 对逻辑表达式化简很有用。
- 逻辑运算(与、或、非、异或)都是对应位之间的运算, 相邻数位没有进位关系。

学习难点

(1) 浮点加减法运算

① 第一步必须完成对阶操作。即两数阶码不同时，要把两数的阶码都变成大阶；此时阶码小的数要变大了，为了与原数保持相等，必须把该数之尾数右移两数阶差那么多位。

② 浮点数两尾数相加减后必须对结果进行规格化，尾数为定点小数，所谓规格化即要求尾数的绝对值要大于等于 0.5 小于 1。

在补码表示方法中，要求尾数的符号位与数值最高位不同。

即 $0.1 \times \dots \times$ 或 $1.0 \times \dots \times$

尾数规格化有向左规格化与向右规格化之分。

当该尾数绝对值小于 0.5 时，需要左规，每左规一位，其阶码要减 1 才能保持与左规前的数相等。当尾数溢出时，需要右规。判断尾数之和是否溢出，可用双符号位法。00 表示正数符号，11 表示负数符号。当溢出时两个符号位不同，结果大于 1 为上溢，结果符号为 01；结果小于 -1 为下溢，结果符号为 10。当该尾数的绝对值大于等于 1 时，需要右规，右规一位，其阶码要加 1。

注意：此时浮点数阶的底数（基数）等于 2。

③ 溢出处理。

浮点数尾数加减运算及规格化完成后，需要判断该浮点数结果是否溢出。

溢出指浮点数结果的阶码是否超过阶码能表示的范围。

阶码符号采用双符号位表示时，正数的符号为 00，负数的符号为 11；正溢时符号位为 01，负溢时符号位为 10。即阶码两个符号位不相同为溢出。正溢时，置溢出标志转溢出处理，负溢时，把结果当零看待，各位均置 0，称为机器零。

(2) 逻辑表达式化简

常用公式要记清：

$$A+A=A, AA=A, A+\bar{A}=1, A\bar{A}=0$$

$$A+0=A, A+1=1, \bar{\bar{A}}=A$$

$$A\oplus B=\bar{A}B+A\bar{B}, A(B+C)=AB+AC$$

$$A+(BC)=(A+B)(A+C)$$

$$\overline{AB}=\bar{A}+\bar{B}, \overline{A+B}=\bar{A}\bar{B}$$

$$A+\bar{A}B=A+B$$

证明这些公式或化简逻辑表达式可用真值表法、公式法或卡诺图法等。

如证明： $A+\bar{A}B=A+B$

$$\begin{aligned} A+\bar{A}B &= A(B+\bar{B})+\bar{A}B \\ &= AB+A\bar{B}+\bar{A}B \\ &= AB+A\bar{B}+\bar{A}B+AB \end{aligned}$$