



全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试参考用书

# 程序员考试同步辅导

—— 考点串讲、真题详解与强化训练（第二版）

全国计算机专业技术资格考试办公室推荐

赵美惠 尹静 汪胡青 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）考试参考用书

# 程序员考试同步辅导

—— 考点串讲、真题详解与强化训练（第二版）

全国计算机专业技术资格考试办公室推荐  
赵美惠 尹静 汪胡青 主编



清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书是按照最新颁布的全国计算机技术与软件专业技术资格(水平)考试大纲和指定教材编写的考试用书。全书分为16章,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、程序设计语言基础知识、软件工程基础知识、数据结构与算法、标准化和知识产权、安全性基础知识、C语言程序设计、C++程序设计、Java程序设计、计算机专业英语、计算机应用基础知识和考前模拟试卷等内容。每章分为备考指南、考点串讲、真题详解和强化训练四大部分,帮助读者明确考核要求,把握命题规律与特点,掌握考试要点和解题方法。

本书紧扣考试大纲,具有应试导向准确、考试要点突出、真题分析详尽、针对性强等特点,非常适合参加程序员考试的考生使用,也可作为高等院校相关专业或培训班的教材使用。

本书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

程序员考试同步辅导——考点串讲、真题详解与强化训练/赵美惠,尹静,汪胡青主编. --2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)考试参考用书)

ISBN 978-7-302-36375-0

I. ①程… II. ①赵… ②尹… ③汪… III. ①程序设计—工程技术人员—资格考试—自学参考资料 IV. ①TP311.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第098922号

责任编辑:魏莹 李玉萍

装帧设计:刘艳芝

责任校对:王晖

责任印制:宋林

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](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62791865

印 刷 者:北京密云胶印厂

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×260mm 印 张:29.25 字 数:711千字

版 次:2011年4月第1版 2014年6月第2版 印 次:2014年6月第1次印刷

印 数:1~3500

定 价:58.00元

产品编号:056984-01

# 前 言

全国计算机技术与软件专业技术资格(水平)考试是我国国家人力资源和社会保障部、工业和信息化部领导下的国家考试,其目的是科学、公正地对全国计算机与软件专业技术人员进行职业资格、专业技术资格认定和专业技术水平测试。它自实施起至今已经历了 20 多年,其权威性和严肃性得到了社会及用人单位的广泛认同,并为推动我国信息产业特别是软件产业的发展和提高各类 IT 人才的素质培养做出了积极的贡献。

本书第 1 版自 2011 年出版以来,被众多考生选用为考试参考书,多次重印,深受广大考生好评。为了更好地服务于考生,引导考生尽快掌握计算机的先进技术,并顺利通过程序员考试,根据计算机新技术的发展,本书对第 1 版同名书进行修订。

本书具有如下特色。

(1) 全面揭示命题特点。通过分析研究最近几年考题,统计出各章所占的分值和考点的分布情况,引导考生把握命题规律。

(2) 突出严谨性与实用性。按照 2009 年考试大纲和《程序员教程(第三版)(修订版)》编写,结构与官方教程同步,内容严谨,应试导向准确。

(3) 考点浓缩,重点突出。精心筛选考点,突出重点与难点,针对性强。同时对于考试中出现的而指定教材没有阐述的知识点进行了必要的补充。

(4) 例题典型,分析透彻。所选例题出自最新真题,内容权威,例题分析细致深入,解答准确完整,以帮助考生增强解题能力,突出实用性。

(5) 习题丰富,附有答案。每章提供了一定数量的习题供考生自测,并配有参考答案与解析,有利于考生巩固所学知识,提高解题能力。

(6) 全真试题实战演练。提供两套考前模拟试卷供考生考前进行实战演练。试题题型、考点分布、题目难度与真题相当,便于考生熟悉考试方法、试题形式,全面了解试题的深度和广度。

本书特别适合参加计算机技术与软件专业技术资格(水平)考试的考生使用,也可作为相应培训班的教材,以及大、中专院校师生的教学参考书。

本书由赵美惠、尹静、汪胡青主编。此外,参与本书组织、编写和资料搜集的还有何光明、陈海燕、王珊珊、张居晓、严云洋、张伍荣、刘邦辉、邓丽萍、王春叶、李佐勇、卢振侠、周海霞、石雅琴等,在此一并表示感谢。同时在编写本书的过程中,还参考了许多相关的书籍和资料,在此也对这些参考文献的作者表示感谢。

由于作者水平有限,书中难免存在错漏和不妥之处,敬请读者批评指正。联系邮箱: [iteditor@126.com](mailto:iteditor@126.com)。

# 目 录

<b>第 1 章 计算机系统基础知识</b> .....1	<b>第 3 章 数据库基础知识</b> ..... 71
1.1 备考指南.....1	3.1 备考指南..... 71
1.1.1 考纲要求.....1	3.1.1 考纲要求..... 71
1.1.2 考点统计.....1	3.1.2 考点统计..... 71
1.1.3 命题特点.....2	3.1.3 命题特点..... 72
1.2 考点串讲.....2	3.2 考点串讲..... 72
1.2.1 计算机系统的基本组成.....2	3.2.1 基本概念..... 72
1.2.2 计算机中数据的表示及运算.....4	3.2.2 数据模型..... 73
1.2.3 计算机的基本组成及工作 原理.....17	3.2.3 数据库管理系统的功能 和特征..... 76
1.2.4 指令系统简介.....24	3.2.4 数据库模式..... 77
1.3 真题详解.....27	3.2.5 关系数据库与关系运算..... 80
综合知识试题.....27	3.2.6 关系数据库 SQL 语言简介..... 83
1.4 强化训练.....33	3.2.7 数据库设计..... 87
1.4.1 综合知识试题.....33	3.3 真题详解..... 90
1.4.2 综合知识试题参考答案.....34	综合知识试题..... 90
<b>第 2 章 操作系统基础知识</b> .....37	3.4 强化训练..... 92
2.1 备考指南.....37	3.4.1 综合知识试题..... 92
2.1.1 考纲要求.....37	3.4.2 综合知识试题参考答案..... 95
2.1.2 考点统计.....37	<b>第 4 章 多媒体基础知识</b> ..... 97
2.1.3 命题特点.....38	4.1 备考指南..... 97
2.2 考点串讲.....38	4.1.1 考纲要求..... 97
2.2.1 操作系统概述.....38	4.1.2 考点统计..... 97
2.2.2 处理机管理.....43	4.1.3 命题特点..... 98
2.2.3 存储管理.....50	4.2 考点串讲..... 98
2.2.4 设备管理.....54	4.2.1 多媒体的基本概念..... 98
2.2.5 文件管理.....57	4.2.2 音频..... 99
2.2.6 作业管理.....62	4.2.3 图形和图像..... 104
2.3 真题详解.....64	4.2.4 动画和视频..... 109
综合知识试题.....64	4.2.5 多媒体网络..... 112
2.4 强化训练.....66	4.3 真题详解..... 113
2.4.1 综合知识试题.....66	综合知识试题..... 113
2.4.2 综合知识试题参考答案.....68	

4.4	强化训练.....	116	7.2	考点串讲.....	169
4.4.1	综合知识试题.....	116	7.2.1	软件工程和项目管理基础.....	169
4.4.2	综合知识试题参考答案.....	117	7.2.2	面向对象技术基础.....	173
<b>第5章</b>	<b>网络基础知识.....</b>	<b>119</b>	7.2.3	软件需求分析.....	175
5.1	备考指南.....	119	7.2.4	软件设计.....	176
5.1.1	考纲要求.....	119	7.2.5	软件编码.....	180
5.1.2	考点统计.....	119	7.2.6	软件测试.....	182
5.1.3	命题特点.....	120	7.2.7	软件运行与维护.....	184
5.2	考点串讲.....	120	7.2.8	软件质量管理与质量保证.....	185
5.2.1	计算机网络概述.....	120	7.3	真题详解.....	187
5.2.2	计算机网络硬件.....	123		综合知识试题.....	187
5.2.3	TCP/IP 网络体系结构.....	127	7.4	强化训练.....	198
5.2.4	Internet 基础知识.....	134	7.4.1	综合知识试题.....	198
5.2.5	局域网基础.....	141	7.4.2	综合知识试题参考答案.....	200
5.3	真题详解.....	142	<b>第8章</b>	<b>数据结构与算法.....</b>	<b>203</b>
	综合知识试题.....	142	8.1	备考指南.....	203
5.4	强化训练.....	147	8.1.1	考纲要求.....	203
5.4.1	综合知识试题.....	147	8.1.2	考点统计.....	203
5.4.2	综合知识试题参考答案.....	149	8.1.3	命题特点.....	204
<b>第6章</b>	<b>程序设计语言基础知识.....</b>	<b>151</b>	8.2	考点串讲.....	204
6.1	备考指南.....	151	8.2.1	线性结构.....	204
6.1.1	考纲要求.....	151	8.2.2	数组和矩阵.....	220
6.1.2	考点统计.....	151	8.2.3	树和图.....	223
6.1.3	命题特点.....	152	8.2.4	算法概述.....	238
6.2	考点串讲.....	152	8.3	真题详解.....	241
6.2.1	程序设计语言的基础知识.....	152	8.3.1	综合知识试题.....	241
6.2.2	语言处理程序基础.....	154	8.3.2	案例分析试题.....	250
6.3	真题详解.....	156	8.4	强化训练.....	261
	综合知识试题.....	156	8.4.1	综合知识试题.....	261
6.4	强化训练.....	162	8.4.2	案例分析试题.....	263
6.4.1	综合知识试题.....	162	8.4.3	综合知识试题参考答案.....	265
6.4.2	综合知识试题参考答案.....	164	8.4.4	案例分析试题参考答案.....	267
<b>第7章</b>	<b>软件工程基础知识.....</b>	<b>167</b>	<b>第9章</b>	<b>标准化和知识产权.....</b>	<b>269</b>
7.1	备考指南.....	167	9.1	备考指南.....	269
7.1.1	考纲要求.....	167	9.1.1	考纲要求.....	269
7.1.2	考点统计.....	168	9.1.2	考点统计.....	269
7.1.3	命题特点.....	168	9.1.3	命题特点.....	270
			9.2	考点串讲.....	270

9.2.1 标准化的基本知识.....	270	11.3 真题详解.....	315
9.2.2 知识产权基础知识.....	275	11.3.1 综合知识试题.....	315
9.3 真题详解.....	284	11.3.2 案例分析试题.....	317
综合知识试题.....	284	11.4 强化训练.....	329
9.4 强化训练.....	286	11.4.1 案例分析试题.....	329
9.4.1 综合知识试题.....	286	11.4.2 案例分析试题参考答案.....	332
9.4.2 综合知识试题参考答案.....	287	<b>第 12 章 C++程序设计</b> .....	<b>335</b>
<b>第 10 章 安全性基础知识</b> .....	<b>289</b>	12.1 备考指南.....	335
10.1 备考指南.....	289	12.1.1 考纲要求.....	335
10.1.1 考纲要求.....	289	12.1.2 考点统计.....	335
10.1.2 考点统计.....	289	12.1.3 命题特点.....	336
10.1.3 命题特点.....	290	12.2 考点串讲.....	336
10.2 考点串讲.....	290	12.2.1 C++程序基础.....	336
10.2.1 安全性概述.....	290	12.2.2 类、成员、构造函数	
10.2.2 计算机病毒和计算机犯罪		及析构函数.....	338
概述.....	291	12.2.3 模板.....	341
10.2.3 网络安全.....	293	12.2.4 继承和多态.....	343
10.2.4 访问控制.....	293	12.3 真题详解.....	345
10.2.5 加密与解密.....	293	案例分析试题.....	345
10.3 真题详解.....	294	12.4 强化训练.....	352
综合知识试题.....	294	12.4.1 案例分析试题.....	352
10.4 强化训练.....	296	12.4.2 案例分析试题参考答案.....	356
10.4.1 综合知识试题.....	296	<b>第 13 章 Java 程序设计</b> .....	<b>359</b>
10.4.2 综合知识试题参考答案.....	297	13.1 备考指南.....	359
<b>第 11 章 C 语言程序设计</b> .....	<b>299</b>	13.1.1 考纲要求.....	359
11.1 备考指南.....	299	13.1.2 考点统计.....	359
11.1.1 考纲要求.....	299	13.1.3 命题特点.....	360
11.1.2 考点统计.....	299	13.2 考点串讲.....	360
11.1.3 命题特点.....	300	13.2.1 Java 语言的程序结构	
11.2 考点串讲.....	300	和基本语法.....	360
11.2.1 C 语言的程序结构.....	300	13.2.2 类、成员、构造函数.....	362
11.2.2 C 语言的数据类型、运算符		13.2.3 继承及接口.....	365
和表达式.....	301	13.3 真题详解.....	368
11.2.3 C 语言的基本语句.....	303	案例分析试题.....	368
11.2.4 标准输入/输出函数.....	304	13.4 强化训练.....	373
11.2.5 数组和函数.....	305	13.4.1 案例分析试题.....	373
11.2.6 指针.....	310	13.4.2 案例分析试题参考答案.....	375

第 14 章 计算机专业英语.....	377	15.2 考点串讲.....	404
14.1 备考指南.....	377	15.2.1 Windows 基础知识.....	404
14.1.1 考纲要求.....	377	15.2.2 文字处理基础知识.....	406
14.1.2 考点统计.....	377	15.2.3 电子表格基础知识.....	408
14.1.3 命题特点.....	378	15.3 真题详解.....	410
14.2 考点串讲.....	378	综合知识试题.....	410
程序员考试专业英语.....	378	15.4 强化训练.....	413
14.3 真题详解.....	397	15.4.1 综合知识试题.....	413
综合知识试题.....	397	15.4.2 综合知识试题参考答案.....	416
14.4 强化训练.....	400	第 16 章 考前模拟卷.....	419
14.4.1 综合知识试题.....	400	16.1 模拟试卷.....	419
14.4.2 综合知识试题参考答案.....	401	16.1.1 模拟试卷一.....	419
第 15 章 计算机应用基础知识.....	403	16.1.2 模拟试卷二.....	431
15.1 备考指南.....	403	16.2 模拟试卷参考答案.....	442
15.1.1 考纲要求.....	403	16.2.1 模拟试卷一参考答案.....	442
15.1.2 考点统计.....	403	16.2.2 模拟试卷二参考答案.....	450
15.1.3 命题特点.....	404		



# 第 1 章

## 计算机系统基础知识

### 1.1 备考指南

#### 1.1.1 考纲要求

根据考试大纲中相应的考核要求,在“计算机系统基础知识”模块上,要求考生掌握以下方面的内容。

(1) 计算机的类型和特点,包括微机(PC)、工作站、服务器、主机、大型计算机、巨型计算机、并行机。

(2) 中央处理器 CPU,包括 CPU 的组成,常用的寄存器、指令系统、寻址方式、指令执行控制、中断控制、处理机性能。

(3) 主存和辅存,包括存储介质、高速缓存(Cache)、主存设备、辅存设备。

(4) I/O 接口、I/O 设备和通信设备,包括 I/O 接口、I/O 设备(类型、特性),通信设备(类型、特性),I/O 设备、通信设备的连接方法和连接介质类型。

(5) 数制及其转换,包括二进制、十进制和十六进制等常用数制及其相互转换。

(6) 数据的表示,包括数的表示(原码、反码、补码表示,整数和实数的机内表示方法,精度和溢出)、非数值数据的表示(字符和汉字的机内表示方法、声音和图像的机内表示方法)。

(7) 算术运算和逻辑运算,包括计算机中二进制数的运算方法、逻辑代数的基本运算。

#### 1.1.2 考点统计

“计算机系统基础知识”模块在历次程序员考试试卷中出现的考核知识点及分值分布情况如表 1-1 所示。

表 1-1 历年考点统计表

年份	题号	知识点	分值
2011 年 下半年	上午题: 6~11、 20~22	计算机的类型和特点、中央处理器 CPU、主存和辅存、通信设备、数制及其转换、数据表示、算术运算和逻辑运算等	12 分
	下午题: 无		0 分
2011 年 上半年	上午题: 6~11、 19~22	计算机的类型和特点、中央处理器 CPU、主存和辅存、数制及其转换、数据表示、算术运算和逻辑运算等	10 分
	下午题: 无		0 分
2012 年 下半年	上午题: 6~9、 19~22	中央处理器 CPU、I/O 接口、I/O 设备和通信设备、数制及其转换、数据表示、算术运算和逻辑运算等	8 分
	下午题: 无		0 分
2012 年 上半年	上午题: 6~11、 19~22	中央处理器 CPU、主存和辅存、I/O 接口、数据表示、算术运算和逻辑运算等	10 分
	下午题: 无		0 分
2013 年 上半年	上午题: 6~9、 19~22	计算机的类型和特点、主存和辅存、I/O 设备和通信设备、数制及其转换、数据表示、算术运算和逻辑运算等	8 分
	下午题: 无		0 分

### 1.1.3 命题特点

纵观历年试卷,本章知识点是以选择题的形式出现在试卷中的。本章知识点在历次考试“综合知识”试卷中,所考查的题量大约为 8~12 道选择题,所占分值为 8 分~12 分(约占试卷总分值 75 分中的 10.67%~16.00%)。大多数试题偏重于理论知识,检验考生是否理解掌握相关的理论知识,考试难度中等。

## 1.2 考点串讲

### 1.2.1 计算机系统的基本组成

#### 一、计算机系统的基本组成结构

计算机系统由硬件系统和软件系统两大部分组成,其基本组成结构如图 1-1 所示。

##### 1. 计算机硬件系统

计算机硬件是由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备五大部分及总线组成,如图 1-2 所示。

运算器是计算机中进行数据加工的部件,主要完成算术运算和逻辑运算。

控制器是计算机中控制执行指令的部件,其主要功能如下。

- 正确执行每条指令。首先是获得一条指令,按硬件逻辑分析这条指令,再按指令

格式和功能执行这条指令。

- 保证指令按规定序列自动连续地执行。
- 对各种异常情况和请求及时响应和处理。



图 1-1 计算机系统组成

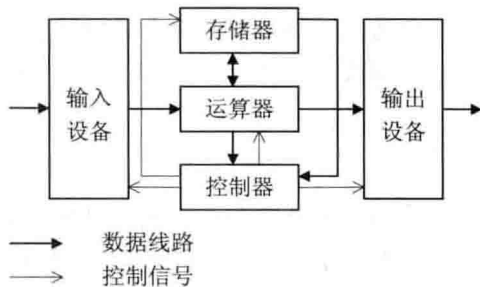


图 1-2 计算机硬件结构

存储器是存放程序和工作数据的地方，分为内部存储器(或称主存储器)和外部存储器(或称辅助存储器)，分别简称为内存(或主存)和外存(或辅存)。内存速度快容量小，外存速度慢容量大。寄存器是 CPU 中的记忆设备，用来临时存放指令和数据，其速度比内存更快。

一般把 CPU 和主存储器的组合称为主机。输入/输出(I/O)设备位于主机之外，是计算机与外界交换信息的装置。

## 2. 计算机软件系统

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。其中，程序是让计算机硬件完成特定功能的指令序列，数据是程序处理的对象。计算机软件通常分为系统软件和应用软件。

### 1) 系统软件

系统软件是指那些为计算机所配置的、用于完成计算机硬件资源的控制与管理，以及为用户提供操作界面和为专业人员提供开发工具与环境的软件，如操作系统、程序设计语言及处理程序、数据库管理系统、实用程序与软件工具。

## 2) 应用软件

应用软件是指用于解决各种不同具体应用问题的专门软件。应用软件可以分为通用软件和定制软件,如文字处理软件、电子表格软件、图形图像软件、网络通信软件、简报软件、统计软件等。

## 二、计算机的类型和应用领域

按照计算机的工作能力,计算机可分为巨型机、大型机、小型机和微型机。微型机又可分为工作站、台式机、便携机、掌上型计算机、个人数字助理(PDA)等。按照功能是否专一,计算机可分为通用计算机和嵌入式计算机。

计算机的应用领域主要有数值计算、数据处理、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)、计算机辅助管理(CMA)等。

## 1.2.2 计算机中数据的表示及运算

### 一、计算机中数据的表示

在计算机中,数字是以一串“0”或“1”的二进制代码来表示的,这是计算机唯一能识别的数据形式。数据必须转化成二进制代码来表示,也就是说,所有需要计算机加以处理的数字、字母、文字、图形、图像、声音等信息(人识数据)都必须采用二进制编码(机识数据)来表示和处理。

#### 1. 数制及其转换

按进位的方法进行计数,称为进位计数制。在采用进位计数制的数字系统中,如果只用  $r$  个基本符号来表示数值,则称其为  $r$  进制。每个数都可以用基数、系数和位数的形式来表示,即

$$N = m_{n-1}K^{n-1} + m_{n-2}K^{n-2} + \dots + m_0K^0 + m_{-1}K^{-1} + m_{-2}K^{-2} + \dots$$

- 基数( $K$ ): 是最大进位数(进制数),数制的规则是逢  $K$  进 1。例如,十进制基数为 10,六十进制(时间)的基数为 60 等。
- 系数( $m$ ): 每个数位上的值,取值范围  $0 \sim k-1$ 。例如,234 中百位系数为 2,十位系数为 3,个位系数为 4。
- 位数( $n$ ): 各种进制数的个数。例如,十进制数 234 的位数为 3,二进制数 11010011 的位数为 8。

例如:  $(234)_{10} = 2 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 4 \times 10^0$  (式中:  $m_2=2$ ,  $m_1=3$ ,  $m_0=4$ ;  $K=10$ ;  $n=3$ )

显然,一个任意进制的数都可以按上述方法表示为其他进制的数。表 1-2 列出了计算机中常用的几种数制的对应关系。

数制转换主要有如下几种。

#### 1) $r$ 进制转换成十进制

方法:

$$a_n \dots a_1 a_0 . a_{-1} \dots a_{-m} (r) = a_n r^n + \dots + a_1 r^1 + a_0 r^0 + a_{-1} r^{-1} + \dots + a_{-m} r^{-m}$$

例如:

$$10101(\text{B}) = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^0 = 21$$

$$101.11(\text{B})=1 \times 2^2+1 \times 2^0+1 \times 2^{-1}+1 \times 2^{-2}=5.75$$

$$101(\text{O})=1 \times 8^2+1 \times 8^0=65$$

$$71(\text{O})=7 \times 8^1+1 \times 8^0=57$$

$$101\text{A}(\text{H})=1 \times 16^3+1 \times 16^1+10 \times 16^0=4122$$

表 1-2 计算机中常用数制的对应关系

十进制(D)	二进制(B)	八进制(O)	十六进制(H)	十进制(D)	二进制(B)	八进制(O)	十六进制(H)
0	0	0	0	8	1000	10	8
1	1	1	1	9	1001	11	9
2	10	2	2	10	1010	12	A
3	11	3	3	11	1011	13	B
4	100	4	4	12	1100	14	C
5	101	5	5	13	1101	15	D
6	110	6	6	14	1110	16	E
7	111	7	7	15	1111	17	F

2) 十进制转换成  $r$  进制

方法:

- 整数部分: 除以  $r$  取余数, 直到商为 0, 余数从右到左排列。
- 小数部分: 乘以  $r$  取整数, 整数从左到右排列。

例如:

①  $100.345(\text{D})=1100100.01011(\text{B})$

$$\begin{array}{r}
 2 \overline{) 100} \quad 0 \quad \quad 0.345 \\
 \underline{2 \quad 50} \quad 0 \quad \times \quad 2 \\
 \underline{2 \quad 25} \quad 1 \quad \quad \underline{0.690} \\
 \underline{2 \quad 12} \quad 0 \quad \times \quad 2 \\
 \underline{2 \quad 6} \quad 0 \quad \quad \underline{1.380} \\
 \underline{2 \quad 3} \quad 1 \quad \times \quad 2 \\
 \underline{2 \quad 1} \quad 1 \quad \quad \underline{0.760} \\
 \quad \quad 0 \quad \quad \times \quad 2 \\
 \quad \quad \quad \underline{1.520} \\
 \quad \quad \quad \times \quad 2 \\
 \quad \quad \quad \quad \underline{1.04}
 \end{array}$$

②  $100(\text{D})=144(\text{O})=64(\text{H})$

$$\begin{array}{r}
 8 \overline{) 100} \quad 4 \\
 \underline{8 \quad 12} \quad 4 \\
 \underline{8 \quad 1} \quad 1 \\
 \quad \quad \quad 0 \\
 \\
 16 \overline{) 100} \quad 4 \\
 \underline{16 \quad 6} \quad 6 \\
 \quad \quad \quad 0
 \end{array}$$

## 3) 八进制和十六进制转换成二进制

方法:

- 每一个八进制数对应二进制的 3 位。
- 每一个十六进制数对应二进制的 4 位。

例如:

$$7123(\text{O})=\underline{111} \underline{001} \underline{010} \underline{011}(\text{B})$$

$$7 \quad 1 \quad 2 \quad 3$$

$$2\text{C1D}(\text{H})=\underline{0010} \underline{1100} \underline{0001} \underline{1101}(\text{B})$$

$$2 \quad \text{C} \quad 1 \quad \text{D}$$

$$144(\text{O})=\underline{001} \underline{100} \underline{100}(\text{B})$$

$$1 \quad 4 \quad 4$$

$$64(\text{H})=\underline{0110} \underline{0100}(\text{B})$$

$$6 \quad 4$$

## 4) 二进制转换成八进制和十六进制

方法:

- 整数部分: 从右向左进行分组。
- 小数部分: 从左向右进行分组。
- 转换成八进制每 3 位一组, 不足补零。
- 转换成十六进制每 4 位一组, 不足补零。

例如:

$$\underline{1\ 101\ 101\ 110.110\ 101}(B)=1556.65(O)$$

$$1\ 5\ 5\ 6\ 6\ 5$$

$$\underline{11\ 0110\ 1110.1101\ 01}(B)=36E.D4(H)$$

$$3\ 6\ E\ D\ 4$$

## 2. 二进制运算规则

- 加法:  $1+0=1$ ;  $0+1=1$ ;  $0+0=0$ ;  $1+1=0$ (有进位)。
- 减法:  $1-0=1$ ;  $1-1=0$ ;  $0-0=0$ ;  $0-1=1$ (有借位)。
- 乘法:  $0\times 0=0$ ;  $1\times 0=0$ ;  $0\times 1=0$ ;  $1\times 1=1$ 。
- 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的表示形式称为机器数, 其特点是采用二进制计数制, 数的符号用 0、1 来表示, 小数点则隐含表示而不占位置。真值是机器数所代表的实际数值。

机器数分无符号数和带符号数两种。无符号数表示正数, 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最高位之前, 则是纯小数。对于带符号数, 最高位是符号位, 其余位表示数值, 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最高数值位之前(符号位之后), 则是纯小数。

为方便运算, 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, 这些编码方法称为码制。真值的符号数字化: 我们用“+”和“-”来表示正负数, 而计算机则在二进制数的最高位设置成符号位, 通常用“0”表示正数, “1”表示负数。

## 1) 原码

规则: 最高位为符号位, “0”表示正数, “1”表示负数。对数 0 则有“+0”和“-0”两种表示。

- 当  $0 \leq X$  时,  $[X]_{原}=0X$       例如, +7: 00000111      +0: 00000000
- 当  $0 \geq X$  时,  $[X]_{原}=1|X|$       例如, -7: 10000111      -0: 10000000

对  $n+1$  位字长用以表示整型数值的范围:  $-2^n+1 \leq X \leq 2^n-1$ 。

## 2) 反码

规则: 最高位为符号位, “0”表示正数, “1”表示负数。正数与原码相同, 负数则要将除符号位的其他位按位取反。对数 0 则有“+0”和“-0”两种表示。

- 当  $0 \leq X$  时,  $[X]_{反}=0X$       例如, +7: 00000111      +0: 00000000
- 当  $0 \geq X$  时,  $[X]_{反}=1|\overline{X}|$       例如, -7: 11111000      -0: 11111111

对  $n+1$  位字长用以表示整型数值的范围： $-2^n+1 \leq X \leq 2^n-1$ 。

### 3) 补码

规则：最高位为符号位，“0”表示正数，“1”表示负数。正数与原码相同，负数则要将除符号位的其他位按位取反后加1。对数0只有“0”一种表示。

- 当  $0 \leq X$  时， $[X]_{补} = 0X$       例如：+7: 00000111      +0: 00000000
- 当  $0 > X$  时， $[X]_{补} = 1|\bar{X}|+1$       例如：-7: 11111001      -128: 10000000

对  $n+1$  位字长用以表示整型数值的范围： $-2^n \leq X \leq 2^n-1$ 。

补码运算的优点：将减法运算变成加法运算(因为运算器中只有加法器)。

例如： $96-20=76$

$$\begin{array}{r} 0110\ 0000 \quad \leftarrow [+96]_{补} \\ + 1110\ 1100 \quad \leftarrow [-20]_{补} \\ \hline 1\ 0100\ 1100 \quad \rightarrow 76 \end{array} \quad \text{最高位的进位1则自然丢失}$$

### 4) 移码

规则：最高位为符号位，“1”表示正数，“0”表示负数。

当  $-2^n \leq x < 2^n$  时， $[x]_{移} = 2^n+x$ 。

数值范围： $-2^n \leq x \leq 2^n-1$ 。

特点：保持了数据原有的大小顺序，便于进行比较操作。

以上介绍的4种编码方法(设字长为4位，最高位为符号位)的对应关系如表1-3所示。

表 1-3 符号数的4种编码表示

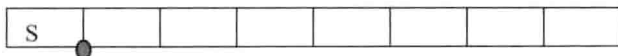
$x_0x_1x_2x_3$	原码	反码	补码	移码	$x_0x_1x_2x_3$	原码	反码	补码	移码
0000	0	0	0	-8	1000	-0	-7	-8	0
0001	+1	+1	+1	-7	1001	-1	-6	-7	1
0010	+2	+2	+2	-6	1010	-2	-5	-6	2
0011	+3	+3	+3	-5	1011	-3	-4	-5	3
0100	+4	+4	+4	-4	1100	-4	-3	-4	4
0101	+5	+5	+5	-3	1101	-5	-2	-3	5
0110	+6	+6	+6	-2	1110	-6	-1	-2	6
0111	+7	+7	+7	-1	1111	-7	-0	-1	7

## 4. 定点数和浮点数

### 1) 定点数

#### (1) 定点小数的表示。

小数点设在符号位(S)之后，其表示格式如下。



设字长为  $n+1$  位，定点小数的数值表示范围如下。

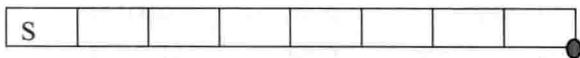
- 原码表示： $-(1-2^{-n}) \sim +(1-2^{-n})$ 。
- 反码表示： $-(1-2^{-n}) \sim +(1-2^{-n})$ 。
- 补码表示： $-1 \sim +(1-2^{-n})$ 。

例如,  $(-0.25)_{10} \rightarrow (-0.01)_2$ , 以原码定义表示为 10100000。

(2) 定点整数的表示。

定点整数分为(有)符号数和无符号数两种表示格式。

① (有)符号数: 小数点在符号位最末有效位之后。其表示格式如下。

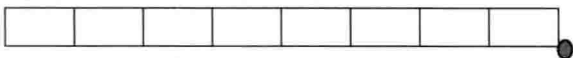


设字长为  $n+1$  位, 符号数的数值表示范围如下。

- 原码表示:  $-(2^n-1) \sim +(2^n-1)$ 。
- 反码表示:  $-(2^n-1) \sim +(2^n-1)$ 。
- 补码表示:  $-2^n \sim +(2^n-1)$ 。

例如,  $(-10)_{10} \rightarrow (-1010)_2$ , 以原码定义表示为 10001010。

② 无符号数: 不设符号位, 小数点在符号位最末有效位之后。其表示格式如下。



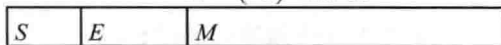
设字长为  $n+1$  位, 无符号数的数值表示范围为  $0 \leq N \leq 2^{n+1}-1$ 。

例如,  $(255)_{10} \rightarrow (11111111)_2$ , 以原码定义表示为 11111111。

2) 浮点数

构成: 阶码  $E$ , 尾数  $M$ , 符号位  $S$ , 基数  $R$ 。

$$N = (-1)^S \times M \times R^E$$



(1) 规格化: 为了在尾数中表示最多的有效数据位, 也为了数据表示的唯一性而定义的规则。如将尾数的绝对值限制在区间  $[0.5, 1]$  中, 当尾数  $(M)$  用补码表示时, 有以下两种情况。

- $M \geq 0$  时, 尾数规格化的形式:  $M = 0.1X \cdots X$ 。
- $M < 0$  时, 尾数规格化的形式:  $M = 1.0X \cdots X$ 。

(2) 浮点数的表示范围: 尾数的位数决定数的精度, 阶码的位数决定数的范围。而表示范围与机器的具体表示方法及字长有关, 下面举例说明。

例: 以  $R$  为基数, 有  $p$  位阶码和  $m$  位二进制尾数代码的浮点数, 阶码采用二进制正整数编码表示, 求数值的表示范围。

解: 最小规格化尾数:  $1/R$

最大规格化尾数:  $1-2^{-m}$

最大阶码:  $2^p-1$

最小阶码: 0

最小值:  $1/R$

最大值:  $R^{2^p-1}(1-2^{-m})$

注: 本例中没有符号位, 也没有考虑阶码为负的情况。如果考虑这些因素就要考虑阶码和尾数的编码方式。

(3) 浮点数的溢出: 当运算的结果超出该机器浮点数可表示的范围时, 则产生浮点数溢出, 浮点数可表示的范围如图 1-3 所示。比如上例中, 当浮点数的运算结果小于  $1/R$  (或大于  $R^{2^p-1}(1-2^{-m})$ ) 时, 则产生正下溢(或正上溢)。



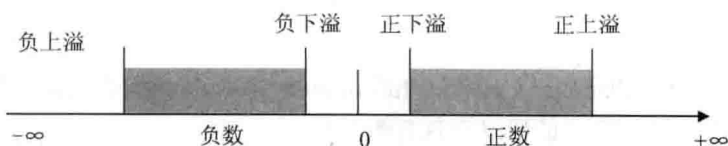


图 1-3 浮点数的表示范围

(4) 浮点数的实例。设浮点数格式如下：

阶符	阶码	数符	尾数
----	----	----	----

则数  $110.011(\text{B}) = +0.110011 \times 2^{+11}$  (规格化尾数)  $= 0.110011 \times 2^{+11}$  (机器数格式) 可表示为：

0	11	0	110011
---	----	---	--------

3) 浮点数工业标准 IEEE 754

规格化数格式如下：

$$(-1)^s \times 1.f \times 2^E$$

其中，1 位数符( $s$ )：正数为 0，负数为 1；除去了最高位的尾数( $f$ )为原码表示；阶码( $E$ )为特殊移码表示。

IEEE 754 浮点数的范围如表 1-4 所示。

表 1-4 IEEE 754 浮点数的表示范围

格式	最小值	最大值
单精度	$E=-126, f=0, 1.0 \times 2^{-126}$	$E=127, f=11 \cdots 1, 1.11 \cdots 1 \times 2^{127} = 2^{127} \times (2-2^{-23})$
双精度	$E=-1022, f=0, 1.0 \times 2^{-1022}$	$E=1023, f=11 \cdots 1, 1.11 \cdots 1 \times 2^{1023} = 2^{1023} \times (2-2^{-52})$

例：将 IEEE 754 标准的精度浮点数 0 10000110 011000000010000000000000 转换为真值。

解：将特殊移码表示阶码转换为真值阶码，因为  $E=10000110-01111111=00000111$ ，所以  $E=7$ ；因为  $f=011000000010000000000000$ ，所以  $1.f=1.01100000001$ ；将  $1.f$  右移 7 位(因为  $E=7$ )  $= (10110000.0001)_2 = 176.0625$ 。

### 5. 十进制数与字符的编码表示

数值、文字和英文字母等字符在进入计算机时，都必须转换成二进制表示形式，称为字符编码。

用 4 位二进制代码表示 1 位十进制数，称为十进制编码，简称 BCD 编码。常用的十进制数的编码有 8421 BCD 码、余 3 码、格雷码。

上述三种编码与十进制数的对应关系如表 1-5 所示。

表 1-5 常用编码与十进制数的对应关系

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