

全国高等学校计算机教育研究会

课程与教材建设委员会

组编

李大友 主编

计算机等级考试辅导 (三级)

A

类辅导

何莉 等 编著

(三级)A类辅导

机械工业出版社

计算机等级考试辅导

(三 级)

A 类 辅 导

全国高等学校计算机教育研究会 组编
课程与教材建设委员会

李大友 主编

何 莉 刘锋 梁洪峻 陆明 车明 编著



机械工业出版社

本书涵盖了全国计算机等级考试三级 A 类（即测控类）考试中计算机基础知识、结构原理、汇编语言程序设计、数据结构、操作系统、接口电路和微机在测控领域中的应用等全部应试内容。使读者了解考试的主要内容、重点、难点，通过大量的例题及示例分析，使读者掌握解决问题的方法，以便顺利通过考试。

读者对象：全国计算机等级考试三级 A 类（即测控类）应试者、大专院校师生、计算机爱好者等。

图书在版编目（CIP）数据

A 类辅导/何莉等编著. -北京：机械工业出版社，
1997.10

（计算机等级考试辅导：三级/李大友主编）

ISBN 7-111-05734-1

I. A... I. 何... II. 电子计算机-基本知识-水平考试
-自学参考资料 N. TP3

中国版本图书馆 CIP 数据核字（97）第 22174 号

出 版 人：马九荣（北京市百万庄南街 1 号 邮政编码 100037）
责任编辑：何文军 版式设计：张世琴 责任校对：姚培新
封面设计：赵京京 责任印制：卢子燕
机械工业出版社京丰印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行
1997 年 11 月第 1 版第 1 次印刷
787mm×1092mm¹/₁₆·13 印张·309 千字
0 001—4 000 册
定价：●2.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

《计算机等级考试辅导》序言

当前,在世界范围内,一个以微电子技术、计算机技术和通信技术为先导的,以信息技术和信息产业为中心的信息革命方兴未艾。信息技术和信息产业的发展,对国民经济的发展、国家经济信息化起着举足轻重的作用,并已成为衡量一个国家发展水平的重要标志。因此,实现国家经济信息化,已成为世界各国所追求的共同目标。

为了使我国尽快实现国家经济信息化,赶上发达国家的水平,必须加速发展我国的信息技术和信息产业。其中最关键的环节就是人才的培养,尤其是计算机应用人才的培养。有了人才,才能迅速提高全社会的计算机应用水平,促进国家经济信息化水平的提高。因此,解决全民普及计算机知识,尽快提高全民族整体的计算机应用水平,已成为当务之急。各行各业、各层次人员,不论年龄与知识背景如何,都应掌握和应用计算机,解决其各自专业领域的计算机应用问题,为本职工作或专业服务,使其与国家经济信息化的需要相适应。

国家教委考试中心为适应这一形势发展的需要,使所培养的计算机应用人才的水平有一个公正的、客观的统一标准,推出了全国计算机等级考试。这一考试,根据应试者所具有的计算机应用能力水平的不同,划分为不同等级,分别进行考核。

全国计算机等级考试共分为四级六类,其内容范围如下:

一级分为 A、B 两类,均面向文字处理和数据库应用系统操作人员。

一级 A 类要求掌握计算机基础知识、微机系统基本组成、操作系统功能和使用、字表处理软件的功能和使用、数据库应用系统的基本概念和操作。

一级 B 类要求掌握计算机基础知识、微机系统基本组成、DOS 操作系统基本知识及操作、文字处理软件 WPS 和数据库语言 FoxBASE 的操作。

二级面向使用高级语言进行程序设计的人员,要求掌握计算机基础知识、操作系统的功能和使用、数据库的基本概念及应用和具有使用一种高级语言(C 语言、PASCAL 语言、FORTRAN 语言、BASIC 语言或数据库语言)进行程序设计的能力。

三级分为 A、B 两类

三级 A 类面向测控领域的应用人员。要求掌握微机原理、汇编语言程序设计、微机接口技术、软件技术基础以及微机在测控领域的应用。

三级 B 类面向软件方面的应用人员。要求掌握计算机基础知识、数据结构与算法、操作系统、软件工程方法以及具有微机在管理信息系统或数值计算或计算机辅助设计方面的应用能力。

四级要求达到相当于大学计算机专业本科毕业生水平,具有计算机软件 and 硬件系统的设计开发能力。要求掌握计算机系统原理、计算机体系结构、计算机网络与通信、离散数学、数据结构与算法、操作系统、软件工程和数据库系统原理等方面的基础理论知识。

为推动全国计算机等级考试的健康发展,满足社会上对等级考试教材的迫切要求,全国高等学校计算机教育研究会课程与教材建设委员会组织了高等院校多年从事计算机教育的第一线专家教授,编写了《计算机等级考试教程》系列教材和《计算机等级考试辅导》系列丛

075219/10

书，并得到国家教委考试中心和机械工业出版社的大力支持，使得这套教程和辅导丛书能够及时与广大读者见面。

这套《计算机等级考试辅导》系列丛书是《计算机等级考试教程》系列教材的配套辅导材料。它针对计算机等级考试中的主要内容、重点、难点进行剖析，通过大量的例题分析和模拟试题，使读者能够正确掌握所学知识、技能，把握考试内容、方向，顺利通过考试。它既可以作为初学者自学《计算机等级考试教程》时的辅导材料，也可以作为学过该课程的考生考前复习、热身的教材，还可以作为各种培训班的培训材料。

由于计算机技术是一门迅速发展的学科及作者水平所限，这套教程和辅导肯定会有很多不足之处，衷心希望得到社会各界和广大读者的批评指正。

主编 李大友

1997年5月

前 言

计算机等级考试是应我国必须尽快实现国家经济信息化,提高全社会计算机应用水平,与国际社会接轨的形势要求而产生的,等级考试合格是检验各行各业人员计算机技能的重要依据,是用人单位聘用人员的一条主要标准,也是择业、聘用、晋升的重要条件。自1994年计算机等级考试出现以来,深受社会各方面的支持和关怀,因此,报考、应试者逐渐增多。为配合应试者,使其能有较好的成绩,按照考试大纲和计算机等级考试——三级A类各教材大纲,我们编写了这本辅导教材,提供给读者有关内容的学习指导。

《计算机等级考试辅导(三级)A类辅导》教材概括了《微机原理与汇编语言程序设计》、《微机接口技术》、《软件技术基础》、《微机在测控领域的应用》等4本书的主要内容,是3级A类应试者必备的一本辅导教材。

全书按上述4大部分分7章编写。各章除概述本章主要内容外,叙述中还配有一定数量的例题,帮助读者理解本章内容。每章之后的小结说明本章学习的要点和注意事项,章尾的例题分析,帮助读者学会分析和解决问题的方法。由于字数的限制,故全书各部分只能概括性地介绍主要内容,当读者看到某处想详细了解其内容时,可参阅相应的有关三级A类教程。

编写中,根据94年后历年计算机等级考试三级A类的试题的主要内容,将其融贯到各章内容去讲述,读者学习时望能注意体会。编写中注意了内容的有机联系,把一般教材中可能分布在各章节的内容汇集在一处集中讲述,这样不仅条理清楚,而且利于读者完整地掌握概念和原理,易于记忆、理解。

“实践—认识—实践”是一切事物发展的规律,我们希望广大读者在实践中检验本教材,并提出意见,以便总结、完善和提高。

参加本书编写的有:何莉(第1章)、刘锋(第2、6章)、梁洪俊(第3章)、陆明(第4、5章)、车明(第7章)。全书由何莉统稿和定稿。编写中得到李大友教授、机械工程出版社何文军编辑的关心和帮助。在此表示感谢。

由于时间仓促及作者水平限制,难免有错误和不足之处,望广大读者提出批评。

作 者
1997年5月

3.6 例题分析	73	5.2.6 进程通信	114
第4章 数据结构	76	5.2.7 死锁	116
4.1 数据结构概述	76	5.3 存储管理	118
4.1.1 什么是数据结构	76	5.3.1 基本概念	118
4.1.2 算法	77	5.3.2 分区存储管理	119
4.2 线性表	78	5.3.3 页式存储管理	120
4.2.1 线性表的逻辑结构	78	5.3.4 段式存储管理	121
4.2.2 线性表的存储结构	78	5.3.5 段页式存储管理	122
4.2.3 栈	81	5.4 设备管理	123
4.2.4 队列	82	5.4.1 设备管理概述	123
4.3 多维数组	83	5.4.2 设备的控制方式	124
4.3.1 多维数组的存储	83	5.4.3 缓冲技术	125
4.3.2 矩阵的压缩存储	84	5.4.4 设备分配	125
4.4 树形结构	86	5.4.5 设备管理程序	126
4.4.1 树的概念	86	5.5 文件管理	127
4.4.2 二叉树	87	5.5.1 概述	127
4.4.3 二叉树的存储结构	88	5.5.2 文件结构和存取方法	129
4.4.4 树(森林)与二叉树的转换	90	5.5.3 文件目录	130
4.4.5 二叉树和树的遍历	91	5.5.4 文件存储空间的管理	131
4.5 线性表的查找	93	5.5.5 文件的使用	132
4.5.1 顺序查找	93	5.5.6 文件共享、保护和保密	133
4.5.2 二分查找	93	5.6 作业管理	134
4.5.3 分块查找	94	5.6.1 操作系统与用户的接口	134
4.5.4 Hash 查找(散列查找)	95	5.6.2 作业调度	135
4.6 排序	98	5.6.3 作业控制	136
4.6.1 基本概念	98	5.7 UNIX 操作系统简介	136
4.6.2 插入排序	98	5.7.1 UNIX 操作系统的特点	136
4.6.3 选择排序	99	5.7.2 用户接口	137
4.6.4 交换排序	100	5.8 DOS 操作系统简介	139
4.6.5 归并排序	104	5.9 小结	141
4.7 小结	104	5.10 例题分析	141
4.8 例题分析	105	第6章 接口电路	144
第5章 操作系统	108	6.1 并行接口	144
5.1 操作系统概述	108	6.1.1 8255A 概述	144
5.1.1 什么是操作系统	108	6.1.2 8255A 应用	148
5.1.2 操作系统的类型	108	6.2 计数器/定时器电路	148
5.1.3 操作系统的功能	110	6.2.1 8253 计数器/定时器工作原理	149
5.2 进程管理	110	6.2.2 8253 工作方式	150
5.2.1 进程概念的引入	110	6.2.3 8253 在 IBM PC/XT 中的应用	152
5.2.2 进程的定义	111	6.3 串行通信和接口	153
5.2.3 进程的状态和状态转换	111	6.3.1 串行通信	153
5.2.4 进程控制块	112	6.3.2 可编程串行通信接口 8251	156
5.2.5 进程的控制与调度	112	6.3.3 RS-232C 接口	158

6.4 模数转换和接口	159	7.2.3 微机测控系统的分类	178
6.4.1 模-数转换	159	7.2.4 微机测控系统的发展	179
6.4.2 数-模转换	161	7.3 自动测控系统外围设备	180
6.4.3 模数转换器的参数	164	7.3.1 模拟量输入通道	180
6.5 键盘及其接口	165	7.3.2 模拟量输出通道	183
6.5.1 键盘	165	7.3.3 数字量输入/输出通道	184
6.5.2 键盘软件	166	7.3.4 测控系统中的干扰及其抑制	185
6.6 CRT 显示	167	7.4 测控计算机硬件	185
6.6.1 CRT 显示的基本原理	167	7.4.1 机内总线	185
6.6.2 视频模式	168	7.4.2 测控计算机结构特征	186
6.6.3 监视器及其配置	169	7.4.3 专用人机接口	187
6.6.4 适配器	170	7.4.4 可编程控制器	187
6.6.5 汉字显示	172	7.5 测控计算机的数据处理	187
6.6.6 汉字终端	173	7.5.1 数据采集	187
6.7 小结	174	7.5.2 数字滤波	189
6.8 例题分析	174	7.5.3 线性化处理与标度变换	190
第 7 章 微机在测控领域的应用	176	7.5.4 采样数据管理	192
7.1 微机测控系统基本概念	176	7.5.5 自动控制算法	193
7.1.1 自动测控系统	176	7.6 计算机测控系统实例	194
7.1.2 微机自动测控系统	177	7.6.1 控制对象	194
7.2 微机自动测控系统的组成与结构	177	7.6.2 计算机硬件系统	195
7.2.1 测控微机的硬件组成	177	7.6.3 计算机软件功能	196
7.2.2 测控微机的软件组成	178	7.7 例题分析	197

第 1 章 计算机基础知识

本章介绍计算机系统的组成, 性能指标、运算基础及软件概念等最基本的知识。通过示例和解法说明学习中应掌握的要点和注意事项。

1.1 计算机系统组成

计算机系统由硬件和软件两部分组成。硬件指组成计算机的物理设备; 软件是为运行, 管理和维护计算机而编制的各种程序和文档的总称。

1.1.1 计算机的基本硬件

图 1-1-1 所示计算机的硬件组成。它由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备 5 大部分组成。各部分的功能如下:

运算器 完成计算机的算术运算和逻辑运算。

控制器 指挥控制计算机各部分协调一致工作, 完成人们事先确定的任务。

存储器 用来保存数据和程序。程序是指令的集合。指令是让计算机执行某种操作的命令。

输入设备 将原始数据和程序输入到计算机的装置。常用的输入设备有键盘、鼠标、光笔、磁盘等。

输出设备 将运算结果和数据从计算机输出的装置。常用的输出设备有显示器、打印机、磁盘等。

运算器与控制器统称为中央处理器 CPU。图 1-1-1 的实线表示数据信息, 虚线表示控制信息。

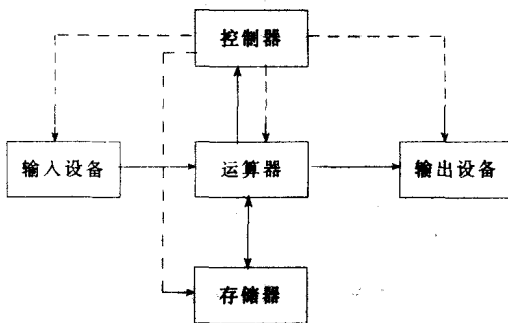


图1- 1- 1 计算机硬件组成

1.1.2 计算机软件

计算机软件可分为系统软件和应用软件两大类。系统软件由计算机厂商提供, 是计算机与用户之间的接口程序, 包括操作系统、编辑程序、诊断程序、语言处理程序、装配链接程序等。

应用软件是计算机应用系统软件的总称, 是用户根据不同需要解决实际问题编制的程序。

有关各种软件的含义在本章 1.5 节介绍。

1.2 计算机的分类及性能指标

1.2.1 计算机分类

1946 年世界上诞生了第一台电子计算机, 发展至今经历了 5 代产品, 电子管、晶体管、集成电路、大规模集成电路和超大规模集成电路。按其功能, 可将计算机分成巨型机、大型机、

中型机、小型机和微型机 5 类。

巨型机功能最强，价格昂贵，世界上拥有的数量不多，它是一个国家科技水平的重要标志之一。一般用于国家级的研究、金融和国防领域。

大型机和中型机的功能也很强，可进行大规模的数值计算和信息处理。

小型机则价格、体积居中，一般一台主机带有多个用户。多用于商业和科研机构。

微型机使用最普遍，随着大规模集成电路工艺技术的提高和计算机技术的发展，微型机的功能、速度、存储器容量等都快速提高。其中，高档微机性能指标已赶上或超过原小型机的功能，是计算机中很有发展前景的一类计算机。

本书主要介绍微型机及其应用接口。

1.2.2 计算机的主要性能指标

字长、运算速度、主存容量、主频、系统配置等是衡量计算机的主要性能指标。

1. 字长

字长是计算机能并行传送信息的最大二进制位数（或称比特数）。字长直接影响计算机的运算速度、计算的精度和功能的强弱。计算机的字长若长，则运算速度快、精度高，机器功能强。一般巨型机和大型机的字长为 32 位~64 位，小型机字长为 16 位~32 位，微型机字长为 8 位~16 位。高档微机如 486 机、586 机等，其字长已达 32 位。

字长长的计算机可直接寻址的存储空间就大，所以有较大的主存容量。

2. 运算速度

运算速度以每秒钟能执行的指令条数表示，单位是条/秒。现多用 MIPS（百万条指令/秒）表示。

运算速度可有不同的衡量方法，可用一个机器中各种指令的平均执行时间表示，或用最短指令执行的时间表示，或用指令的加权平均算法确定。

下面给出各类计算机的一般运算速度：

高档微机	百万次/秒
中型机、小型机	千万次/秒
大型机	几千万次/秒
巨型机	几亿次/秒或上百亿次/秒

3. 主存储器容量

主存储器容量指内存存储器中能存储信息的总字节数。计算机内存一般从 640KB~几 MB 不等。即使同类计算机其内存也会不相同。内存的大小可依用户需要进行扩充。

内存容量用 KB(千字节)、MB(兆字节)或 GB(吉字节)表示。 $1\text{KB}=2^{10}\text{B}$, $1\text{MB}=2^{20}\text{B}$, $1\text{GB}=2^{30}\text{B}$ 。

4. 主频

主频指计算机的时钟频率，它的单位是兆赫(MHz)时钟频率在很大程度上决定了计算机的运算速度。微型机的主频一般在几 MHz~百 MHz。

1.2.3 微型机的配置

1. 硬件配置

微型计算机由 CPU、存储器、I/O 接口通过总线连接而成。下面仅就 IBM-PC 机的几种常用机型，说明它们的配置参数。如表 1-2-1 示。

表 1-2-1 几种常用微机的配置

机型 指标	PC/XT	286 机	386 机	486 机	奔腾(586)机
CPU	8088	80286	80386SX	80486SX	Pentium
主频(MHz)	4.77	12	33	66	133,166
协处理器	8087	80287	80387	80487	
主存容量	256KB	1MB	4MB	4~16MB	8~32MB
ROM	40KB	64KB	64/128KB	64/128KB	128/256KB
并行接口	1	1	1	1	1
串行接口	2	2	2	2	2
I/O 扩展槽	8	8	8	8	7
软驱驱动器	360KB	360KB,1.2MB	1.2MB,1.44MB	1.2MB,1.44MB	1.44MB
硬盘驱动器	10~20MB	40MB	40~270MB	270~540MB	1.2GB 以上
光驱					CD-ROM
显示卡	CGA	EGA	VGA	TVGA	TVGA
显示器分辨率	640×350	640×350	640×480	1024×768	1024×768 以上

2. 软件配置

软件配置包括系统的操作系统、丰富的高级语言和功能强的应用软件等。

1.3 计算机的运算基础

1.3.1 进位制及权

1. 进位制

进位制是人们在计数时采用的一种计数方法,即按进位的原则进行计数。例如,人们常用的十进制是根据“逢 10 进 1”的原则进行计数的,当某位计满 10 个数时,就向它的高位进位。这里的 10 就是进位的基数。依进位的基数不同,有多种进位制,如二进制、八进制、十六进制等。

二进制是计算机内部运算器、控制器、存储器、I/O 设备间传送信息(指令或数据)的基本数制,也称机器内码(或简称机内码)。二进制的基数是 2,用 0,1 两个数表示任何的数,当某位计满 2 个数时就产生向它高位的进位。

八进制的基数是 8,用 0,⋯,7,8 个数字表示任何的数,当某位计满 8 个数时产生向高位的进位。

十六进制的基数是 16,用 0,⋯,9,A,B,C,D,E,F 等 16 个数表示任何的数,当某位计满 16 个数时,产生向高位的进位。这里 A、B、C、D、E、F 等 6 个字符分别表示数字 10~15。数 2E8A 中的 E 和 A 分别代表 14 和 10 两个数。为区分字符 A~F 是数字而不是字母,用十六进制书写时,一般写成 $(2E8A)_{16}$ 或 2E8AH。这里“H”是后缀,表示十六进制。同样二进制用“B”、八进制用“Q”、十进制用“D”后缀,(通常 D 后缀可省略)。

2. 进位制的“权”

一种进位制中,依数字所处位置的不同它所代表数的大小也不同。如十进制的 512,其从

右至左的 3 个数分别表示个位、十位、百位。每位数字所代表数值的大小是该位数字与其位置有关常数的乘积,该常数称“权”,对于任何整数有下面公式:

$$N = \sum_{i=0}^{n-1} a_i \times R^i \quad (1-3-1)$$

其中, R 为基数, n 表示整数的位数, a_i 表示各位的数字。

例如:十进制数 4865,其值 $D=4 \times 10^3 + 8 \times 10^2 + 6 \times 10^1 + 5 \times 10^0 = 4865D$

二进制数 1100, $1100B=1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = 12D$

十六进制数 40, $40H=4 \times 16^1 + 0 \times 16^0 = 64D$

1.3.2 各种进位制之间的转换

1. 二进制数转换成十进制数

用公式(1-3-1)直接进行转换。

例如: $10010011B=1 \times 2^7 + 0 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 147D$

2. 二进制数转换成十六进制数、八进制数

表 1-3-1 十进制、二进制、八进制、十六进制整数间相互关系

十进制	二进制	八进制	十六进制	十进制	二进制	八进制	十六进制
0	0000	0	0	9	1001	11	9
1	0001	1	1	10	1010	12	A
2	0010	2	3	11	1011	13	B
3	0011	3	3	12	1100	14	C
4	0100	4	4	13	1101	15	D
5	0101	5	5	14	1110	16	E
6	0110	6	6	15	1111	17	F
7	0111	7	7	16	10000	20	10
8	1000	10	8				

从表 1-3-1 看出,1 位十六进制数对应 4 位二进制数,1 位八进制数对应 3 位二进制数,故由二进制转换为八进制、十六进制就可按 3 位或 4 位 1 组,求出 1 组内二进制的值,加相应后缀。

例如: $10010011=(1001)(0011)B=93H$

说明:括号表示 1 组,分组从最低位开始按 4 位 1 组,求出每组的二进制值,由高组至低组从左至右写出,并加后缀 H。

化为八进制数即: $10010011=(010)(010)(011)=223Q$

说明:按 3 位 1 组,其余同上,加后缀 Q。

3. 八进制、十六进制数转换成十进制数

根据式 (1-3-1),对八进制、十六进制情况, R 分别为 8、16、直接代入公式计算。

例如,将八进制数 223Q 转换成十进制数

$$223Q=2 \times 8^2 + 2 \times 8^1 + 3 \times 8^0 = 147D$$

例如,将十六进制数 93H 转换成十进制数

$$93H=9 \times 16^1 + 3 \times 16^0 = 147D$$

4. 十进制整数转换成二进制、八进制、十六进制整数

由十进制转换为二、八、十六进制的方法是用除基数 R 求余数的方法。为简化转换，一般先将十进制数转换为二进制数，再由二进制数转换为其它进制数。

十 $\rightarrow$ 二转换方法：用十进制数除 2 求余，即十进制数反复被 2 除，其余数对应二进制数的各位（第 1 次的余数是二进制数的最低位，最后的余数是二进制数的最高位），直至商为零止。

例如，将十进制数 100 转换为二进制数。

十进制数	商	余数	转换后的二进制数位
100/2	50	0	最低位
50/2	25	0	次低位
25/2	12	1	.
12/2	6	0	.
6/2	3	0	.
3/2	1	1	次高位
1/2	0	1	最高位

结果 $100D=1100100B=64H=144Q$

说明：若问 $(100)_{10}=(?)_{16}$ ，可按上方法直接用 100 连续除以 16 得到转换结果，即：

十进制数	商	余数	十六进制位
100/16	6	4	低位
6/16	0	6	高位

所以， $(100)_{10}=64H$ 。不难看出，这种连续除 16 的方法不如先将十进制数转换为二进制后再转换为其它进制直观、易算。同理，将十进制数转换为八进制数也可通过先转化为二进制数，再按结果从低位数 3 位一组的方法实现。掌握这一方法，读者再遇任何数的转换就迎刃而解了。

5. 十进制小数转化为二进制小数

方法：十进制小数连续乘 2，将积取整，且把取整后的数按二进制小数点后的第 1 位，第 2 位，…顺序排列，直至积的小数部分等于零或达到要求的位数为止。

例如： $(0.25)_{10}=(?)_2$

十进制数	积	取整	小数点后二进制的位
0.25×2	0.50	0	第 1 位
0.50×2	1.0	1	第 2 位

└取整后的小数部分 = 0，所以，停止乘 2。

结果 $(0.25)_{10}=(0.01)_2$

表 1-3-2 总结了十进制数（整数或小数）转换成二进制数的方法。

表 1-3-2 十进制转换成二进制方法

	十进制数	取	转换后二进制数的位	结束条件
整数部分	连续 $\div 2$	余数	低 $\rightarrow$ 高	商 = 0
小数部分	连续 $\times 2$	积的整数	小数点后高 $\rightarrow$ 低	或达到要求的位数 整 = 0

1.3.3 数的符号及小数点表示

1. 数的符号

计算机内数的符号（称符号位）也用“0”、“1”表示。符号位在数的最高位，规定“0”表示正数；“1”表示负数。

例如，正数 1001100 表示为 01001100

负数 -1001100 表示为 11001100

↑
符号位

上述符号用数码表示的数称为机器数，机器数代表的值称为真值。真值与其字长有关，可以是字节（8位），字（16）位，双字（32）位，长字（64位）等。表示数的范围与其数的符号有关。

下面以1个字节的数为例，看其表示数的范围。

（1）无符号数 1个字节无符号数其最小值是00000000B，1个字节无符号数其最大值是11111111B，

所以，1个字节无符号数表示数的范围是0~255D。设n为位数，则n位无符号数表示数的范围为：0~ 2^n-1 。

（2）带符号数 符号位

正数的最小值 00000000

正数的最大值 01111111 范围 0~+127D

负数的最小值 11111111

负数的最大值 10000000 范围 -1~-128

所以，1个字节带符号数的范围是-128~+127。推广到一般，设n是包括符号位在位的二进制位数，则表示数的范围为： $-2^{n-1} \sim 2^{n-1}-1$ 。表1-3-3给出整数型数的表示范围。

2. 数的小数点及其表示

表 1-3-3 整数型数的表示范围

计算机中小数点的位置有两种规定方式：定点和浮点。

（1）定点方式 小数点位置固定不变，由人们事先约定可在符号位之后。如1.0001100，此时机器数均为小

数。也可约定在最低位之后，如10001100，此时机器数均为整数。

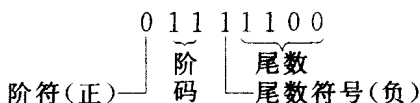
（2）浮点方式 小数点位置不固定。小数点的位置用阶码表示，数的大小叫尾数。这样任意一个带符号的二进制数，其浮点数可写成为

$$N = 2^J \times x$$

其中x为尾数（包括符号），表示数的有效数字；J为x的阶码（含符号）。若浮点数 $N = 2^{-10} \times 0.0011$ 其机器数为

1 1 0 0 0 1 1
 阶符(负) 阶码 尾数
 尾数符号(正)

又如， $N = -2^{11} \times 0.1100$ ，则机器数为



(3) 规格化 为便于浮点数的运算，数需规格化。尾数的第1位为1的浮点数称为规格化数。

例如： $2^{01} \times 0.1101$ 规格化数
 ↑
 尾数第1位为1

$-2^{11} \times 0.0101$ 非规格化数
 ↑
 尾数第1位为0

浮点数规格化的方法：移动小数点和调整阶码同时进行，尾数的小数点右移1位，阶码就递减1，直至尾数的第1位为1止。

例如： $-2^{11} \times 0.0101$ 小数点右移1位，阶就减1，结果为 $-2^{10} \times 0.101$ 。

两个浮点数运算前需对其小数点进行规格化处理，通过移位的方法，使阶码相等。为简化处理，消除阶符的影响，将两个数的阶码都转化为正整数，这就需在阶码上加上一个正的常数，称其为偏移常数。

3. PC 机内整数和实数（即浮点数）表示格式

整数包括字符型整数，单字整数和双字整数。其数据格式如图 1-3-1 所示。图中 S 表示符号位。

实数有短实数、长实数（又称双精度数）和临时实数三种。它们的格式如图 1-3-2 所示。

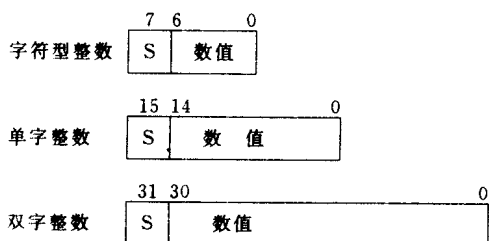


图 1-3-1 整数格式

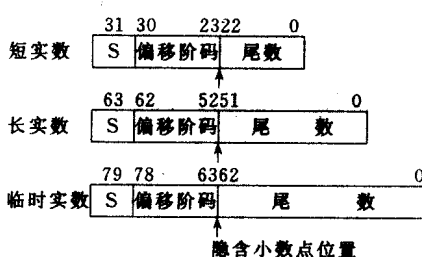


图 1-3-2 实数格式

可以看出，实数由三部分组成。图中 S 表示浮点数的符号；偏移的阶码，即数的阶码加偏移常数 E，短实数 E=7FH，长实数 E=3FFH，临时实数 E=3FFFH，这样使负的阶码变为正数，可不考虑阶符；尾数部分，它用规格化表示，形式为 $1.\times\times\times\times\cdots\times$ 形式。

例如，将十进制数 125.25 表示为短实数形式。

$$(125.25)_{10} = 1111101.01B = 1.11110101 \times 2^{+110}$$

符号 S	偏移阶码	尾数
(	0 0 0 0 0 1 1 0	共 23 位
+)	1 1 1 1 1 1 1 1	
短实数为	0	1 0 0 0 0 1 0 1 ↑ 1 1 1 1 0 1 0 1 0...0

4. 计算机中数的原码、反码和补码表示

(1) 整数的原码、反码、补码 整数 X，它的原、反、补码表示规则如下：

- 1) 一般二进制数, 其符号数值化后表示的机器数叫做原码, 记做 $[X]_{\text{原}}$ 。
- 2) 正数的原码、反码、补码均相同。
- 3) 负数的原码、反码、补码其符号位均为 1。
- 4) 除符号位外对原码按位取反得到反码, 记做 $[X]_{\text{反}}$, 反码的最低位加 1 得到补码, 记做 $[X]_{\text{补}}$, 下面举例说明之。

例如, 1) 若 $X = +1010001$ 则 $[X]_{\text{原}} = 01010001$
 $X = -1010001$ $[X]_{\text{原}} = 11010001$
 2) 若 $X = +1010001$ 则 $[X]_{\text{反}} = 01010001$
 $X = -1010001$ $[X]_{\text{反}} = 10101110$
 3) 若 $X = +1010001$ 则 $[X]_{\text{补}} = 01010001$
 $X = -1010001$ 先求 $[X]_{\text{反}} = 10101110$

$$\begin{array}{r}
 + \quad 1 \\
 [X]_{\text{补}} \quad 10101110 \\
 \hline
 \uparrow \text{符号位}
 \end{array}$$

(2) 小数—浮点数的原、反、补码 把原、反、补码的定义分别应用到浮点数的阶码和尾数上去, 即得到浮点数的原、反、补码。例如: 浮点数 $X = 2^{-01} \times 0.110010$, 其原、反、补码分别为是:

原码	1	0	1	0	1	1	0	1	0
反码	1	1	0	1	1	0	1	0	1
补码	1	1	1	0	1	1	0	1	0
	↑		↑						
	阶符		尾符						

浮点数 $X = -2^{-01} \times 0110010$

原码	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0
反码	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1
补码	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0

1.3.4 数的运算

1. 定点加减法

任何参加运算的数均变成补码后, 连同符号位一起参加运算, 而不必考虑数的符号, 当无溢出时得到正确的结果。利用公式 $[X+Y]_{\text{补}} = [X]_{\text{补}} + [Y]_{\text{补}}$ 实现补码的加法运算。

例如: $X = +10101$ $Y = -11010$, 求它们之和。

两个数 X 、 Y 分别求其补码, 然后补码相加, 结果再变为原码。

$$\begin{array}{r}
 [X]_{\text{补}} = 010101 \\
 +) [Y]_{\text{补}} = 100110 \\
 \hline
 [X+Y]_{\text{补}} = 111011
 \end{array}
 \quad \text{所以 } X+Y = -00101$$

需指出的是当运算中, 有溢出时, 其结果影响了符号位, 造成错误, 为避免这一情况, 可采用变形补码进行运算。

变形补码即符号位用两位表示, 00 表示正, 11 表示负, 10 或 01 表示有溢出。

例如: $X = 0.110001$ $Y = 1.110110$, 求和。

$$\begin{array}{r}
[X]_{\text{变补}} = 0.110001 \\
+) [Y]_{\text{变补}} = 1.1001010 \\
\hline
[X+Y]_{\text{变补}} = 1.111011 \\
\text{结果 } X+Y = -.000101
\end{array}$$

又如: $X = -110001$ $Y = -000111$ 求和。

$$\begin{array}{r}
[X]_{\text{变补}} = 1.1001111 \\
+) [Y]_{\text{变补}} = 1.1111001 \\
\hline
[X+Y]_{\text{变补}} = 1.1001000
\end{array}$$

自动丢掉

所以 $X+Y = -111000$

减法运算时, 如 $X-Y = X + (-Y)$, 可先求 $[X-Y]_{\text{补}} = [X + (-Y)]_{\text{补}} = [X]_{\text{补}} + [-Y]_{\text{补}}$, 求出 $[X-Y]_{\text{补}}$, 再求出 $X-Y$ 的值。这里 $[-Y]_{\text{补}}$ 可通过 $[Y]_{\text{补}}$ 连同符号位一起求反加 1 (称求补), 即 $[-Y]_{\text{补}} = [[Y]_{\text{补}}]_{\text{求补}}$ 得到。

例如: $X = 0.10110$, $Y = 0.11001$, 求 $X-Y$ 。

由已知有

$$\begin{aligned}
[X]_{\text{补}} &= 00.10110 \\
[Y]_{\text{补}} &= 00.11001 \\
[[Y]_{\text{补}}]_{\text{求补}} &= 11.00111 \\
[X-Y]_{\text{补}} &= 11.11101 \\
\therefore X-Y &= -00011
\end{aligned}$$

2. 浮点加减法

浮点数的阶码和尾数均用补码表示, 步骤:

- 1) 对阶 (实际是对位) 小阶向大阶看齐, 即阶码小的尾数每右移 1 位, (相当小数点左移 1 位) 阶码加 1, 直至两阶码相同止。
- 2) 求和 尾数连同符号参加运算。
- 3) 规格化 对运算结果规格化。

例如 $X = 2^{10}(-0.110100)$ $Y = 2^{100}(+0.110000)$, 求和。

先把 X 、 Y 两数的阶码和尾数表示为变形补码形式, 且 “;” 前表示阶码, “;” 号后表示尾数, 即

$$\begin{aligned}
[X]_{\text{变补}} &= 00010; 11.001100 \\
[Y]_{\text{变补}} &= 00100; 00.110000
\end{aligned}$$

可以看出, $[X]_{\text{变补}}$ 的阶码小, 故应向 $[Y]_{\text{变补}}$ 阶码看齐, $[X]_{\text{变补}}$ 的阶码每加 1, 其尾数小数点就左移 1 位。

$$\begin{aligned}
[X]_{\text{变补}} &= 00011; 11.100110 \\
&= 00100; 11.110011
\end{aligned}$$

此时 $[X]_{\text{变补}}$ 及 $[Y]_{\text{变补}}$ 的阶码相同, 均为 100, 对尾数求和

$$\begin{array}{r}
[X]_{\text{变补}} = 1.1110011 \\
+) [Y]_{\text{变补}} = 0.0110000 \\
\hline
[X+Y]_{\text{变补}} = 1.0010011
\end{array}$$

↑ 舍掉

上结果尾数已规格化且为正数, 故 $X+Y = 2^{100}(+100011)$ 。