

21 世纪高职高专信息类专业系列教材

数字电子技术



主 编 唐德洲
副主编 邱寄帆
唐 颖
主 审 祝惠芳

王开建

重庆大学出版社

21 世纪高职高专信息类专业系列教材

数字电子技术

主 编 唐德洲

副主编 邱寄帆 王开建

唐 颖

主 审 祝惠芳

重庆大学出版社

• 内 容 提 要 •

全书共八章,主要内容有:数字与逻辑代数、TTL及MOS集成逻辑门电路、组合逻辑电路、集成触发器、时序逻辑电路、脉冲的产生与整形、数/模和模/数转换、大规模集成电路RAM、ROM、PAL和GAL等。各章均有习题。除第一章外,在其他各章都给出了参考实训方案;附录一给出了综合实训方案。

本书可作为高等职业学校、高等工程专科学校信息类、电类专业的技术基础课教材,也可供从事电子技术的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术/唐德洲主编. —重庆:重庆大学出版社,2000.8

21世纪高职高专信息类专业系列教材

ISBN 7-5624-2165-X

I. 数... II. 唐... III. 数字电路-电子技术-高等教育-教材 IV. TN79

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第38506号

21世纪高职高专信息类专业系列教材
数字电子技术

主 编 唐德洲

副 主 编 邱奇帆 王开建

唐 颖

主 审 祝惠芳

责任编辑 肖顺杰 何均正

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

重庆建筑大学印刷厂印刷

开本:787×960 1/16 印张:16 字数:341千

2000年8月第1版 2001年5月第3次印刷

印数:6501~13500

ISBN 7-5624-2165-X/TN·34

定价:22.00元

· 系列教材编委会 ·

主任单位：

重庆电子职业技术学院

副主任单位：

武汉职业技术学院

邢台职业技术学院

陕西工业职业技术学院

贵州大学职业技术学院

编委(以姓氏笔画为序)：

才大颖

刘真祥

李传义

张 洪

李永平

涂湘循

程迪祥

王晓敏

刘业厚

吕何新

张中洲

杨滨生

唐德洲

樊流梧

王兆其

刘建华

张学礼

张国勋

林训超

徐民鹰

黎省三

王柏林

朱新才

张明清

张西怀

赵月望

曹建林

武汉职业技术学院
重庆电子职业技术学院
陕西工业职业技术学院
邢台职业技术学院
贵州大学职业技术学院
河南职业技术学院
三门峡职业技术学院
湖南工业职业技术学院
昆明大学
广西机电职业技术学院
成都电子机械高等专科学校
昆明冶金高等专科学校
珠海职业培训学院
广东交通职业技术学院
浙江省树人大学
江西工业职业技术学院
成都航空职业技术学院
辽宁仪器仪表工业学校
北京信息职业技术学院
徐州交通职业技术学院
重庆大学职业技术学院
重庆邮电学院
重庆工业高等专科学校
重庆石油高等专科学校
重庆职工大学
西南农业大学
长沙航空职业技术学院
番禺职业技术学院

总序

当今世界,科学技术的发展日新月异。在这空前的技术发展进程中,电子信息技术以其独特的渗透力和亲和力,正在迅速地改变着我们周围的一切。利用现代电子信息技术来改变我们的生活与学习,改造传统的各行各业,已成为当今社会人们的共识。

教育在我国社会主义建设发展进程中所具有的战略地位和基础作用已被越来越多的人所认识。职业技术教育、特别是高等职业技术教育在近二十年来得到了长足的发展,“高等教育法”、“职业教育法”的颁布与实施,使我国高等职业教育步入了法制轨道,国家与社会的进步与发展,需要高等职业教育,技术的进步与发展,也需要高等职业教育,高等职业教育成为世界教育发展的共同趋势。

在我国国内,高等职业教育毕竟是一种新型的教育类型,发展历史还不太长,在教育观念、教育体制、教育结构、人才培养模式、教育内容、教学方法、教材、教法诸方面,有不少问题需要研究与探索。重庆大学出版社从促进高等职业教育发展战略的角度,于1999年邀请国内三十余所长期开办电子信息类专业的学校,开展对电子信息类高职、高专教材的开发研讨。与会学校有独立设置的职业技术学院、高等专科学校、职业大学、普通高校中的职业技术学院、多年试办高职班的重点中专学校。大家一致认为,我国高等职业教育的教材建设非常薄弱,基本上没有自己的教材,从而导致针对性、适应性差。从电子信息类专业角度看,缺乏成体系的系统教材,从而导致不同层次教材的交叉重复现象严重;再者,现行教材中缺乏对新技术、新工艺、新产品相关内容的介绍。因此,开发适应新世纪高等职业技术教育的教材就成为当务之急,它的总的原则应是:根据培养应用型、技能型人才的目标,从职业岗位对专业知识的需要来确定教材的知识深度及范围,坚持“必须、够用”的原则;同时注意知识的应用价值在教材中的科学体现,力求构筑具有高职特色的理论知识体系;基本概念、基本原理以讲明为

度,同时将一些内容相近的部分进行合并。另外,针对高职教育培养技能型、现场型人才的目标,把训练职业能力的实践技能体系方面的内容,与理论知识体系有机地结合起来,力求在这方面有所突破。根据教育部在高职、高专教材建设方面采用先解决有无问题,再解决提高与系统性问题的原则,我们在一开始就力求站在一个较高起点上,先从电子信息类教材开发做起,然后再进一步开发其他专业大类的应用型高职教材。

经过近一年的努力,电子信息类高职、高专系列教材就要与大家见面了。本系列教材的编写原则、编写体例均是根据教育部高职、高专培养目标并由参与系列教材编写的全国三十余所相关院校经过数次研讨、反复论证确定的。尽管我们对它抱有较高的期望,但这毕竟是一个新生事物,是一种尝试,成功与否,还需要经过教学实践来检验。无论如何,既然已经起步,这条路我们会一直走下去。为了我们共同的高职教育事业,欢迎大家在使用过程中,指出它的不足,以利于我们今后的工作。

编委会
2000年7月

前 言

本书为 21 世纪高职高专信息类专业系列教材之一,根据教育部高职高专培养目标和对本课程的基本要求,结合全国高等职业技术教育信息类专业系列教材研讨会精神编写而成,经系列教材编委会审定。

全书共八章,主要内容包括数字与逻辑代数、TTL 及 MOS 集成逻辑门电路、组合逻辑电路、集成触发器、时序逻辑电路、脉冲的产生与整形、数/模和模/数转换、大规模集成电路 RAM、ROM、PAL 和 GAL 等。本课程的中心任务是阐明数字逻辑电路的基本概念和基本分析方法。

鉴于目前中、大规模集成电路的飞速发展和广泛应用,在编写时,淡化集成电路内部结构和内部工作原理的讲述,在分析基本逻辑部件的同时,介绍常用的中规模数字集成器件的外部功能及典型应用,并对大规模集成电路 RAM、PAL 和 GAL 等器件作了初步介绍。本书介绍的集成电路实例大都选自国产集成电路手册。

目前,由于数字系统普遍采用中、大规模集成电路,以小规模集成电路为主的传统设计方法已在概念上发生了根本变化。作为生产第一线的工程技术人员,逻辑电路设计的重点已经转移到充分发挥中、大规模集成电路现有功能,开发中、大规模集成电路的新功能等方面。因此,本书以阐述逻辑分析方法为主,逻辑设计的主要问题是考虑如何选择和运用中、大规模集成电路。本书的逻辑图形符号采用最新的国家标准,同时兼顾了国外集成器件逻辑符号的流行画法,并在附录中给出了常用逻辑符号对照表,以方便读者读图。编写时,在文字上力求深入浅出,简明扼要,通俗易懂,便于自学。各章附有小结和一定数量的习题,书末附有部分习题答案。书中打“*”号的章节为选学内容。希望读者在学习本课程并做了一定数量的实验以后,能尽快适应实际工作的需要。

本书绪论、第二、五章及附录由唐德洲(成都电子机械高等专科学校)编写;第八章由邱寄帆(成都航空职业技术学院)编写;第一、四章由王开建(贵州大学职业技术学院)编写;第三章由唐颖(浙江省树人大学)编写;第六章由周民(陕西工业职业技术学院)编写;第七章由梁庆杰(广西机电职业技术学院)编写。唐德洲负责全书的组织、修改和定稿。祝惠芳副教授(武汉职业技术学院)任主审。

本书可作为高等职业学校、高等工程专科学校信息类、电类专业“数字电子技术”课程的教材,也可以作为从事电子技术工作的工程技术人员参考用书。

由于编者水平所限,书中难免不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2000 年 5 月

绪 论

一、数字信号

在“模拟电子技术”课程中所遇到的信号(如正弦信号等),在时间上和幅值上都是连续变化的,这种信号称为模拟信号。在数字电路中所要处理和存储的信号,在时间上是离散的,幅值上是整量化了的,这种信号称为数字信号。代表各种模拟物理量的模拟信号,都必须变换为数字信号,才能送入数字系统中进行加工处理。在计算机和数字系统中,信息中的各种文字符号、数学中的数字符号以及运算符号等,都用数字信号表示。在数字系统中,采用最多的是0、1两种数值组成的数字信号。这种二值数值信号又称为二进制信号。

二值数字信号容易用电路元件实现,在传送和处理时不容易出错,便于数字电路集成化。通常,0和1两个二进制数字信号是采用电位的高、低或脉冲信号的有、无两种不同状态来代表的,故数字信号分为电位型和脉冲型两种。

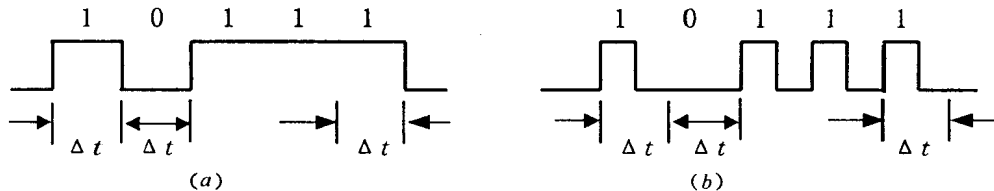


图 0-1 数字信号
(a) 电位型 (b) 脉冲型

图 0-1(a) 所示为电位型数字信号,它是用高电位表示“1”,低电位表示“0”。通常,每个1、0信号的持续时间 Δt 是相等的,每个 Δt 称为一拍(位),几个连续的1或0,就是几拍长的高电位或低电位。图 0-1(a) 所示信号就是10111的五拍二进制信号。图 0-1(b) 所示为脉冲型数字信号,有脉冲表示“1”,无脉冲表示“0”,这样图 0-1(b) 所示信号也是10111五拍二进制信号。

二、数字电路和数字系统

数字电路指的是能对数字信号进行传输、存储、控制,以及对数字信号进行加工

处理和进行算术运算和逻辑运算的电路。所谓算术运算,就是对两个或两个以上数字信号进行加、减、乘、除等一系列算术加工;所谓逻辑运算,就是对数字信号进行与、或、非以及与非、或非、异或等逻辑关系的加工处理及控制。因此,数字电路也常被称作“数字逻辑电路”。

对于数字逻辑电路的分析和设计要考虑两方面的问题:一方面是电路的电气性能,如基本数字集成电路(门电路、触发器等)的工作原理、静态特性和动态特性等;另一方面是电路的逻辑功能,即输入信号和输出信号之间的逻辑关系。为了分析这些逻辑功能,需要用到逻辑功能的表示方法,如逻辑代数式、真值表、卡诺图、特性方程、状态表、逻辑图、状态图以及时序图等。为了清楚地表达复杂数字逻辑电路的逻辑功能,通常把基本逻辑电路用不同的图形符号来表示。这种由一系列图形符号及其之间的逻辑关系所构成的电路图叫逻辑图,或称为逻辑电路。无论在数字逻辑电路的分析还是设计中,逻辑图和逻辑功能之间的关系,都是讨论的中心课题。

数字系统就是以数字逻辑电路为主,传送和加工处理数字信息的实际工程系统。数字逻辑电路的输入和输出信号都是数字信号,因此数字系统不能直接对模拟信号进行加工处理。但是,许多数字系统又必须输入和处理一些模拟信号,这时就需要经过模/数转换器(A/D)把模拟信号变换成数字系统所能接收的数字信号。同时,数字系统的输出信号又必须经过数/模转换器(D/A)变换成连续的模拟信号。这种A/D和D/A系统也是数字系统的一部分。

数字电路处理的是二值数值信号,因此抗干扰能力强,其精度可通过增加二进制位数来提高。数字信号可以进行加密处理,使宝贵的信息资源不易丢失。因此,数字电路发展迅速,在数字计算机、数控技术、通讯设备、仪器仪表、家用电器以及国民经济各领域广泛应用。

三、课程的任务

本课程的任务是讨论数字逻辑电路的分析与设计。研究一个现成的数字逻辑电路的工作原理和逻辑功能叫做“逻辑分析”。先确定要完成的逻辑功能,再求出相应的逻辑电路叫做“逻辑设计”或“逻辑综合”。

虽然分析比设计简单,但却非常重要。通过对某些数字逻辑电路的分析,可以借鉴其先进的设计思想,可以评定其技术性能和经济效益,可以了解层出不穷的新型数字集成电路的功能,为合理选用数字集成电路、设计最佳数字逻辑电路打好基础。

由于“数字电子技术”是一门实践性很强的技术基础课,在学习本课程时,不仅要重视理论学习,还应重视实践性教学环节,要完成一定数量的习题和实训课题,在反复运用中加深理解和巩固所学的知识。只有这样,才能掌握本课程的基本内容,掌握数字逻辑电路分析方法和实践方法,培养灵活的解决实际问题的能力。

目 录

	绪论
1	第一章 数字逻辑基础
1	第一节 计数制与代码
5	第二节 带符号数的代码表示
8	第三节 逻辑代数基础
15	第四节 逻辑函数的表示方法
20	第五节 逻辑函数的化简方法
25	小 结
26	习题一
29	第二章 门电路
29	第一节 半导体器件的开关特性
33	第二节 分立元件门电路
38	第三节 TTL 门电路
47	第四节 TTL 门电路的其他类型
52	第五节 MOS 门电路
60	第六节 集成门电路使用中的一些问题
63	参考实训方案 集成逻辑门的测试与使用
64	小 结
65	习题二
69	第三章 组合逻辑电路
69	第一节 SSI 组合电路的分析和设计方法
72	第二节 中规模集成组合逻辑电路
90	第三节 组合电路中的冒险
93	参考实训方案 组合逻辑电路的设计与实
93	小 结
94	习题三
97	第四章 触发器
97	第一节 触发器电路结构形式
105	第二节 主从触发器
110	第三节 边沿触发器
112	第四节 触发器逻辑功能的转换
114	参考实训方案 集成触发器逻辑功能测试
116	小 结
117	习题四

119	第五章 时序逻辑电路
119	第一节 时序逻辑电路的分析
124	第二节 寄存器
128	第三节 计数器
144	第四节 移位寄存器型计数器
147	第五节 时序电路的设计
151	参考实训方案 MSI 计数器的应用
151	小 结
152	习题五
156	第六章 脉冲信号的产生与整形
156	第一节 施密特触发器
160	第二节 单稳态触发器
164	第三节 多谐振荡器
169	第四节 555 定时器
174	参考实训方案 555 定时器的应用
175	小 结
176	习题六
177	第七章 A/D 与 D/A 转换器
177	第一节 概述
178	第二节 D/A 转换器
185	第三节 A/D 转换器
194	参考实训方案 A/D 和 D/A 转换器及其应用
197	小 结
198	习题七
199	第八章 大规模集成电路
199	第一节 随机存取存储器(RAM)
202	第二节 只读存储器(ROM)
206	第三节 存储器容量的扩展
209	* 第四节 其他类型存储器简介
211	第五节 可编程逻辑器件
226	参考实训方案 集成电路 EPROM 及 GAL 的应用
226	小 结
227	习题八
229	附录一 综合实训
239	附录二 常用逻辑图形符号对照表
240	附录三 半导体集成电路型号命名规则
242	部分习题答案
244	参考文献

第一章

数字逻辑基础

本章要点

- 简要介绍数制、编码和逻辑代数
- 着重介绍逻辑函数常用的五种表示方法,即真值表、函数表达式、卡诺图、逻辑图、波形图
- 逻辑函数的两种化简方法,即公式法和图形法

第一节 计数制与代码

一、计数制

计数制是用表示计数值符号的个数(称为基数)来命名的。在日常生活中,人们常用的计数制有十进制、十六进制、六十进制等。在数字电路中通常采用的是二进制数。

1. 十进制

十进制是人们最熟悉的一种计数制。它用0、1、2、3、4、5、6、7、8、9十个数字符号,按照一定的规律排列起来,表示数值的大小。

例如: $1988 = 1 \times 10^3 + 9 \times 10^2 + 8 \times 10^1 + 8 \times 10^0$

我们很容易发现这个四位十进制数的特点:

- (1) 它的计数的基数为10。
- (2) 每一位数必然是十个数字符号中的一个。
- (3) 低位数和相邻的高位数之间的进位关系是“逢十进一”。
- (4) 同一个数字符号在不同的数位代表的数值不同,各位 10^i 所表示的值称为该

位(第 i 位)的权,它是 10 的幂。

对一个十进制的数 $[M]_{10}$ 可以写成以 10 为底的幂之和的多项式(又称按权展开式):

$$[M]_{10} = K_{n-1} \times 10^{n-1} + K_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + K_1 \times 10^1 + K_0 \times 10^0 = \sum_{i=0}^{n-1} K_i \times 10^i \quad (1-1)$$

式中的 K_i 为第 i 位的系数,它是 0 ~ 9 十个数字符号中任意一个; 10^i 为第 i 位的权。

2. 二进制

二进制是数字电路中应用最广的计数体制。它只有 0 和 1 两个数字符号,所以它计数的基数为 2。各位数的权是 2 的幂,低位和相邻高位之间的进位关系是“逢二进一”。

所以,一个 n 位二进制整数 $[M]_2$ 的按权展开式为:

$$[M]_2 = K_{n-1} \times 2^{n-1} + K_{n-2} \times 2^{n-2} + \cdots + K_1 \times 2^1 + K_0 \times 2^0 = \sum_{i=0}^{n-1} K_i \times 2^i \quad (1-2)$$

式中的 K_i 为第 i 位的系数,为 0 或 1 两个数字符号中任意一个; 2^i 为第 i 位的权。

【例 1-1】 一个八位二进制整数为 $[M]_2 = [10011100]_2$,求与它对应的十进制数值。

解 将二进制数按权展开,再求各位数值之和即得十进制数值。

$$\begin{aligned} [M]_2 = [10011100]_2 &= [1 \times 2^7 + 0 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + \\ &\quad 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 0 \times 2^0]_{10} = \\ &= [128 + 16 + 8 + 4]_{10} = \\ &= [156]_{10} \end{aligned}$$

从上例可以看出,至少要用八位二进制数 $[10011100]_2$,才能表示一个三位十进制数 $[156]_{10}$ 。如果数值再大,位数会更多,读写都不方便,且容易出错。所以在数字系统中还用到八进制和十六进制。

3. 八进制和十六进制

1) 八进制 在八进制数中,用到 0 ~ 7 八个数字符号。八进制数的低位与相邻高位的进位关系是“逢八进一”。各位数的权是 8 的幂。那么 n 位八进制整数 $[M]_8$ 的按权展开式为:

$$[M]_8 = K_{n-1} \times 8^{n-1} + K_{n-2} \times 8^{n-2} + \cdots + K_1 \times 8^1 + K_0 \times 8^0 = \sum_{i=0}^{n-1} K_i \times 8^i \quad (1-3)$$

【例 1-2】 求三位八进制数 $[234]_8$ 所对应的十进制数的值。

解 按权展开,再求各位数值之和,即得:

$$[234]_8 = [2 \times 8^2 + 3 \times 8^1 + 4 \times 8^0]_{10} = [128 + 24 + 4]_{10} = [156]_{10}$$

2) 十六进制 在十六进制数中,计数的基数为16,有十六个不同的数字符号,它们是:0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F。十六进制数的低位和相邻高位间的关系是“逢十六进一”。各数位的权是16的幂。 n 位十六进制整数的按权展开式为:

$$[M]_{16} = \sum_{i=0}^{n-1} K_i \times 16^i$$

[例 1-3] 求二位十六进制数 $[9C]_{16}$ 所对应的十进制数的值。

解 按权展开,求各位数值之和,即得:

$$[9C]_{16} = [9 \times 16^1 + 12 \times 16^0]_{10} = [156]_{10}$$

从以上三个例子中,可以看出一个十进制数,可分别用二进制、八进制、十六进制表示。而且用八进制和十六进制,要比用二进制表示简便一些。因此,在书写计算机程序时,经常使用八进制和十六进制。表 1-1 为常用的几种计数进制的对照表。

表 1-1 几种计数进制的对照表

二进制	八进制	十进制	十六进制
0 0 0 0	0	0	0
0 0 0 1	1	1	1
0 0 1 0	2	2	2
0 0 1 1	3	3	3
0 1 0 0	4	4	4
0 1 0 1	5	5	5
0 1 1 0	6	6	6
0 1 1 1	7	7	7
1 0 0 0	10	8	8
1 0 0 1	11	9	9
1 0 1 0	12	10	A
1 0 1 1	13	11	B
1 1 0 0	14	12	C
1 1 0 1	15	13	D
1 1 1 0	16	14	E
1 1 1 1	17	15	F

二、数制转换

本节开头已介绍了二进制、八进制、十六进制转换成十进制数的方法,不再重复叙述。这里只介绍十进制怎样转换成二进制。

方法:将十进制整数用2连除,直到商为0,每除一次记下余数1或0,把每次所得的余数从后向前排列,即为所求的二进制整数。

[例 1-4] 将十进制整数 $[302]_{10}$ 转换成二进制数。

解

2	302	余 0..... k_0	最低位 最高位
2	151	余 1..... k_1	
2	75	余 1..... k_2	
2	37	余 1..... k_3	
2	18	余 0..... k_4	
2	9	余 1..... k_5	
2	4	余 0..... k_6	
2	2	余 0..... k_7	
2	1	余 1..... k_8	
	0		

所以 $[302]_{10} = [k_8 k_7 k_6 k_5 k_4 k_3 k_2 k_1 k_0]_2 = [100101110]_2$

$$\begin{aligned}
 \text{验证: } [100101110]_2 &= [1 \times 2^8 + 0 \times 2^7 + 0 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0]_{10} = \\
 &= [256 + 32 + 8 + 4 + 2]_{10} = \\
 &= [302]_{10}
 \end{aligned}$$

三、编码

在数字电路中,往往用0和1组成的二进制数码表示数值的大小或一些特定的信息。这种具有特定意义的二进制数码称为二进制代码。这些代码的编制过程称为编码。编码的形式很多,本节只介绍本书常见的二 - 十进制(BCD)码和格雷码。

1. 二 - 十进制(BCD)码

二 - 十进制码(Binary Coded Decimal Codes) 又称 BCD 码。它是用四位二进制数表示一位十进制数的编码方法。因为四位二进制代码有 $2^4 = 16$ 种状态组合,若从中取出十种组合表示 0 ~ 9 可以有多种方式。因此 BCD 码有多种。表 1-2 列出几种常用的二 - 十进制码。

表 1-2 几种常用的二 - 十进制码

十进制数 \ 代码种类	8421 码	余 3 码	奇 偶 码
0	0 0 0 0	0 0 1 1	0 0 0 0
1	0 0 0 1	0 1 0 0	1 0 0 0
2	0 0 1 0	0 1 0 1	1 1 0 0
3	0 0 1 1	0 1 1 0	1 1 1 0
4	0 1 0 0	0 1 1 1	1 1 1 1
5	0 1 0 1	1 0 0 0	1 1 1 1
6	0 1 1 0	1 0 0 1	0 1 1 1
7	0 1 1 1	1 0 1 0	0 0 1 1
8	1 0 0 0	1 0 1 1	0 0 0 1
9	1 0 0 1	1 1 0 0	0 0 0 1
权	8421	无权	无权

1) 8421 码 8421 码是应用最普遍的一种代码,这种代码每一位的权都是固定不变的,所以被称为恒权代码,它和四位二进制数一样,从高位到低位的权值分别是 8、4、2、1,故称为 8421 码。它的每个代码中出现“1”的各位权值之和就是它所表示的十进制数。

2) 余 3 码 因为每一个余 3 码所表示的二进制数减去 8421 码所表示的二进制数所对应的十进制数要余 3,而得名为余 3 码。从表 1-2 中还可看到,在余 3 码中,0 和 9、1 和 8、2 和 7、3 和 6、4 和 5 的编码互为反码(即每位的 0 换成 1,1 换成 0,称为自身按

位变反)。

3) 右移码 用五位二进制数来表示一位十进制数,且任何两个相邻代码之间只有一位数字不同。从00000开始,右边移出一个0,左边移进一个1;若右边移出一个1,则左边移进一个0。

表 1-3 四位循环码(格雷码)

十进制数	循环码	十进制数	循环码
0	0000	8	1100
1	0001	9	1101
2	0011	10	1111
3	0010	11	1110
4	0110	12	1010
5	0111	13	1011
6	0101	14	1001
7	0100	15	1000

2. 格雷码

格雷码(GrayCode)属于无权码,它有多种代码形式,其中最常用的就是循环码。表1-3给出了四位循环码的编码表。从表1-3中可以看出,相邻两个代码只有一位数字不同,而且首尾(0和15)两个代码也仅有一个数字不同。

如果将表1-3中的0、1数字按竖直方向读数,则数码的读数是循环重复的。如最低位按“0110”循环重复,次低位按“00111100”循环重复,以此类推,故称为循环码。

第二节 带符号数的代码表示

通常,在数值(绝对值)左面加上符号“+”或“-”,以表示数的正或负,例如负数5,表示为“-5”。用这种方法表示的数称为带符号数的“真值”,或称为“算术数”。但计算机只能识别二进制数,因此也只能用一位二进制数来表示符号“+”或“-”,规定用“0”表示正数,用“1”表示负数。这个表示符号的数码通常设置在一个数的最高位左面,称为符号位。在计算机中的数是由符号位与一定数位的二进制数表示的,称为机器数。

在计算机中,机器数的表示通常采用三种代码:即原码、反码和补码。

一、原码

原码表示法是将符号位用数码0表示正号,用1表示负号,而对数值位不作任何改变,仍然采用原来的二进制数表示。数X的原码记为 $[X]_{\text{原}}$ 。

例如 $X = +0101$ 则 $[X]_{\text{原}} = 00101$

$X = -0101$ 则 $[X]_{\text{原}} = 10101$

原码表示法简单易懂,且真值转换也较为方便。但是原码的加减运算较复杂,例如两数相加时,如果同号,则数值相加,符号不变;如果异号,就要进行减法,而在相减