

厦门大学新世纪教材大系

数字电子技术

新

世

● 林育兹 陈文芑 郭光真 编著

纪

教

材

大

系



科学出版社

www.sciencep.com

厦门大学新世纪教材大系

数字电子技术

林育兹 陈文芴 郭光真 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书为《厦门大学新世纪教材大系》之一。全书共分8章,主要讲述数字逻辑基础、集成电路基础、组合逻辑电路、时序逻辑电路、脉冲产生电路、数/模和模/数转换电路及数字电路读图常识等。本书由具有丰富课堂教学、实验教学和科研经验的教师编写。在编写安排上,主要考虑了现代教育发展的特点,也考虑到不同专业、不同层次的教学需要。因此,在内容上力求通俗易懂,层次结构上由浅入深,分析与设计方法上灵活多样,使读者比较容易接受、掌握和应用。

本书可作为普通高校工科或理科本科生的基础课程教材使用,还可作为各类高等职业技术专业、职业技能培训及成人教育等相关课程的教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术/林育兹,陈文芾,郭光真 编著. —北京:科学出版社, 2003

(厦门大学新世纪教材大系)

ISBN 7-03-011034-X

I. 数… II. ①林… ②陈… ③郭… III. 数字电路—电子技术—高等学校—教材 IV. TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 106557 号

责任编辑:巴建芬 彭 斌 姚 晖 / 责任校对:宋玲玲

责任印制:刘秀平 / 封面设计:王 浩

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003年2月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2003年2月第一次印刷 印张:18 1/4

印数:1—3 000 字数:342 000

定价:24.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

《厦门大学新世纪教材大系》出版说明

这是继《厦门大学面向 21 世纪系列教材》出版后我校再次组织编写的一套系列教材,它与前一套系列教材一样,是我校面向新世纪教学内容与课程体系改革的成果,是我校更新教学内容、建构人才素质培养的教学新模式的一种实践。

新世纪的到来,把高等教育推到一个新的考验关口,如何全面推进素质教育,面向现代化、面向世界、面向未来,培养知识、能力和素质整体发展、适应 21 世纪现代化建设需要的人才,是关系到国力竞争、中国社会主义事业成败的关键性问题之一,“谁掌握了面向 21 世纪的教育,谁就能在激烈的国际竞争中处于战略主动地位”。

面对着新世纪社会经济和文化发展的新形势和新要求,我们主动将教学工作推向人才培养竞争的前沿,转变教育思想,树立质量意识和素质教育新观念;发扬办学特色,加大教学内容和课程体系的改革力度;引入竞争机制,激励师生的创新意识和教学改革的积极性,使我校本科教学工作,主动适应社会的人才规格的多样化需求,造就知识和能力都得以充分发挥的高素质人才。在这样的教学改革进程中,我们充分注意到综合大学教育的特点和规律,认真地处理好文化素质教育与专业教育的关系,既反对讲素质教育就不要专业的倾向,也反对不考虑社会需要、忽视社会经济科技迅速变化的情况、固守狭隘的专业教学的老观念、老做法,而着重从两个方面开展教学改革,一是开设跨学科素质教育课程,加大文理渗透的力度,增强学生的科学和人文基础,将文化素质教育作为推进素质教育的突破口;二是结合专业教学实施素质教育,把素质教育贯彻到专业教育的过程中,通过专业课教学内容和课程体系的改革,扩大专业口径,深厚专业基础。已出版的《厦门大学面向 21 世纪系列教材》正是体现了第一方面的成果,这次组织出版的《厦门大学新世纪教材大系》则是结合专业教学实施素质教育的尝试。所以,这次列入本系列教材的是我校各专业教学计划中的学科基本课程的教材和部分富有特色的选修课教材,它从一个角度体现了我校本科教学的优势和特色。

教材建设是教学工作的一项基础工程,是教学改革和教学经验长期积累的结晶。一部成功的教材,不仅浓缩着社会文明和知识探索,而且给人以终身受用的世界观和方法论,是学生走向文明进步的阶梯。我们这次组织出版的这套教材,优先考虑的是近几年教学改革的实践成果,即国家教育部或福建省教委立项的“面向 21 世纪教学内容与课程体系改革研究”的成果,和那些能反映我校办学特色、学科优势的旧版教材的修订、重编,以及一些经过多年的教学实践证明是优秀的讲义。

我们的奋斗目标是把厦门大学办成国内一流、国际上有较大影响的社会主义综合大学。一流的教学工作必须产生一批一流的教材。我们组织出版这套系列教材,正是我们朝着这个目标前行的一种努力,也为了让更多的专家学者、更广大的师生读者对我们的教材建设提出宝贵的意见,帮助我们的教学工作更上一层楼。

厦门大学教务处

2000年6月

前 言

本书是《厦门大学新世纪教材大系》之一,是针对非电子类工科专业编写的公共基础课教材,可作为本科教学用书。

作为工科教学用书,我们本着学以致用原则。全书的指导思想是突出应用,基本概念以讲清为度。因此本书在内容的选取及编写上,有如下特点:

1. 突出集成电路。全书较大幅度裁减了分离元件的讲述,同时减少了集成电路内部结构的介绍,把重点放在集成电路的功能介绍和使用上。全书集成电路的比重较大,同时还介绍了一些新型器件。

2. 内容实用。编写中采用了大量的单元集成逻辑电路作为实例,目的是使读者能通过这些实用的芯片入门,尽快地了解数字电路的设计和使用方法。因此,读者学完本书后,可以参考本书完成自己的设计工作。

3. 易于自学。本书内容力求通俗易懂,层次结构上由浅入深,在设计方法上灵活多样,目的是让学生易学、易懂、易用,培养学生的自学能力。因此,本书也可作为电子类工科专业的本科教材,还可作为工程技术人员、科研人员及自考学生的自学读物。

全书共分8章,主要讲述数字逻辑基础、集成门电路、组合逻辑电路、时序逻辑电路、集成触发器、脉冲产生电路、数/模和模/数转换电路。在第8章中介绍了电路的读图常识,以提高学生实际工作的能力。

本书第1~6章由林育兹编写,第7章由郭光真编写,第8章由陈文芾和林育兹共同编写。

限于作者的水平和时间,书中难免有疏漏和不妥之处,敬请读者批评指正,不胜感激。

作 者

2002年10月

目 录

《厦门大学新世纪教材大系》出版说明

前言

第 1 章 逻辑代数基础	1
1.1 数制与码制	1
1.1.1 数制	1
1.1.2 不同数制的转换	3
1.1.3 码制	6
1.2 逻辑运算和逻辑门电路	9
1.2.1 基本逻辑运算	10
1.2.2 基本门电路	12
1.2.3 复合门电路	15
1.2.4 常用公式和运算规则	19
1.2.5 正逻辑和负逻辑	21
1.3 逻辑函数及其表示	22
1.3.1 逻辑函数的表示	22
1.3.2 逻辑函数的标准“与或”形式	24
1.4 逻辑函数的化简	26
1.4.1 最简逻辑表达式	26
1.4.2 公式化简法	27
1.4.3 卡诺图化简法	29
1.5 小结	35
1.5.1 数制和码制	35
1.5.2 算术运算与逻辑运算	36
1.5.3 逻辑函数与化简	37
复习思考题	38
第 2 章 数字集成门电路	41
2.1 TTL 数字集成门电路	41
2.1.1 TTL“与非”门	42
2.1.2 特殊的 TTL“与非”门	47
2.2 MOS 数字集成门电路	52
2.2.1 MOS 反相器	52
2.2.2 CMOS 集成门电路	53

2.3 集成门电路的应用	59
2.3.1 集成门电路的使用	59
2.3.2 TTL 与 CMOS 间的连接	62
2.3.3 集成门电路的基本应用	65
2.4 小结	67
复习思考题	69
第 3 章 组合逻辑电路	73
3.1 加法器	73
3.1.1 半加器	73
3.1.2 全加器	74
3.1.3 串行进位加法器	75
3.1.4 并行进位集成加法器	76
3.2 数值比较器	77
3.2.1 7485 的逻辑功能	77
3.2.2 应用	78
3.3 编码器和译码器	80
3.3.1 编码器	80
3.3.2 译码器	84
3.4 数据选择器与数据分配器	92
3.4.1 数据选择器	92
3.4.2 数据分配器	94
3.4.3 应用	96
3.5 组合电路分析与设计	97
3.5.1 组合电路的分析	98
3.5.2 组合电路的设计	100
3.6 竞争和冒险	102
3.6.1 竞争和冒险现象	102
3.6.2 冒险现象的判断	102
3.6.3 冒险的消除方法	104
3.7 小结	105
3.7.1 一般分析和设计方法	106
3.7.2 设计中几个实际问题的处理	106
3.7.3 竞争与冒险	108
复习思考题	108
第 4 章 触发器	112
4.1 基本 RS 触发器	112
4.1.1 “与非”门构成的基本 RS 触发器	112

4.1.2	“或非”门构成的基本 RS 触发器	115
4.2	时钟触发器	116
4.2.1	时钟 RS 触发器	116
4.2.2	D 触发器	119
4.2.3	JK 触发器	120
4.3	集成触发器	123
4.3.1	电平触发器	123
4.3.2	主从触发器	124
4.3.3	边沿触发器	128
4.4	时钟触发器的一些实际问题	133
4.4.1	触发器的异步输入端	133
4.4.2	不同类型触发器的转换	135
4.5	小结	138
4.5.1	触发器的分类	138
4.5.2	逻辑功能的描述和比较	138
4.5.3	注意的问题	138
	复习思考题	140
第 5 章	时序逻辑电路	145
5.1	概述	145
5.1.1	时序电路的结构和分类	145
5.1.2	时序电路逻辑功能的表示	146
5.2	计数器	148
5.2.1	计数器的分类	148
5.2.2	二进制计数器	150
5.2.3	十进制集成计数器	158
5.2.4	集成计数器的应用	161
5.3	寄存器	169
5.3.1	锁存器	170
5.3.2	集成数据寄存器	171
5.3.3	移位寄存器	173
5.4	时序电路的分析	179
5.4.1	一般分析步骤	179
5.4.2	同步时序电路的分析	179
5.4.3	异步时序电路的分析	183
5.5	时序逻辑电路设计	185
5.5.1	一般设计步骤	186
5.5.2	设计举例	187

5.6 小结	195
复习思考题	197
第 6 章 脉冲信号的产生与整形	202
6.1 多谐波振荡器	203
6.1.1 基本多谐波振荡器	203
6.1.2 石英晶体多谐波振荡器	206
6.2 单稳态触发器	207
6.2.1 微分型单稳态触发器	208
6.2.2 积分型单稳态触发器	210
6.2.3 集成单稳态触发器	211
6.3 施密特触发器	215
6.3.1 基本施密特触发器	215
6.3.2 集成施密特触发器	217
6.4 555 定时器	219
6.4.1 555 定时器的功能	219
6.4.2 555 定时器的应用	222
6.5 应用	225
6.5.1 脉冲整形	225
6.5.2 波形变换	226
6.5.3 幅度鉴别	226
6.5.4 定时电路	227
6.5.5 模拟声响发生器	227
6.5.6 电压-频率变换器	228
6.6 小结	228
复习思考题	229
第 7 章 数/模和模/数转换	233
7.1 D/A 转换器	233
7.1.1 T 形电阻网络 D/A 转换器	234
7.1.2 权电流型 D/A 转换器	237
7.1.3 间接 D/A 转换器	238
7.1.4 D/A 转换器的主要技术指标	239
7.1.5 D/A 转换器的应用	240
7.2 A/D 转换器	243
7.2.1 概述	243
7.2.2 并行比较型 A/D 转换器	245
7.2.3 逐次逼近型 A/D 转换器	247
7.2.4 双积分式 A/D 转换器	250

7.2.5	A/D 转换器的主要技术指标	252
7.2.6	A/D 转换器的应用举例	253
7.3	小结	255
	复习思考题	256
第 8 章	数字电路读图常识	257
8.1	数字电路型号命名方法	257
8.1.1	GB3430-89 国家标准	258
8.1.2	数字电路主要类型	259
8.1.3	型号示例	260
8.2	图形符号简介	264
8.2.1	图形符号的构成	264
8.2.2	关联标注法	268
8.3	读图示例	269
8.3.1	读图方法	269
8.3.2	读图一般步骤	270
8.3.3	读图示例	271
8.4	小结	276
	复习思考题	277
	参考文献	280

第 1 章 逻辑代数基础

在模拟电子技术中,电路主要处理的是模拟电信号,其信号特点是在时间和数值上都是连续变化的。本书所要介绍的数字电子技术,电路主要处理的是脉冲电信号,其信号特点是在时间和数值上都是断续变化或离散的。脉冲电信号通常由 0 和 1 两个数字量及其组合表示。反映在数字电路上,0 和 1 通常是指低电平信号和高电平信号。因此,由 0 和 1 构成的二进制信号也称为数字信号。数字信号很容易用电子器件来实现,而且也很容易用电子器件进行传送、运算、计数、寄存、显示及产生、变换等。用以产生和处理数字信号的电子器件是十分可靠的。

1.1 数制与码制

1.1.1 数制

数制(number system)是计数方法和进位规则的简称。我们经常用到的计数制有:二进制(binary)、十进制(decimal)和十六进制(hexadecimal)等。

1. 十进制

在日常生活中,人们最熟悉并经常使用的是十进制的计数方法。

十进制的每位数是由 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9 这十个不同数码组成,且自左向右由高位到低位排列。例如:十进制数的 3457.3,若按照数码由高位到低位的排列顺序,可读作“三千四百五十七点三”,这种记数的方法称为位置记数法。从位置记数法可以看到,每一个数字在不同数位,所代表的数值是不同的。上例中的 3 在千位表示“三千”,可记为 3×10^3 ,在十分位表示“零点三”,可记为 3×10^{-1} ,其他位的数值也可以按照这种方法来记数,则“四百五十七”可记为 $4 \times 10^2 + 5 \times 10^1 + 7 \times 10^0$ 。其中 $10^{-1}, 10^0, 10^1, 10^2, 10^3, \dots$ 等,就称为 10 进制数值位置的权,简称权。由此可见,十分位的权 10^{-1} 是 0.1,个位的权 10^0 是 1,十位的权 10^1 是 10,百位的权 10^2 是 100,……。权值是从右向左逐位扩大 10 倍,反之,从左向右逐位缩小 10 倍。若数值按照位权形式来记数,则 3457.3 可表示为

$$3457.3 = 3 \times 10^3 + 4 \times 10^2 + 5 \times 10^1 + 7 \times 10^0 + 3 \times 10^{-1}$$

这种记数方法称为按权展开求和法,也称为多项式记数法。因此,任意一个 n 位的十进制数 $(N)_{10}$,都可用按权展开求和法表示为

$$(N)_{10} = K_{n-1} \times 10^{n-1} + K_{n-2} \times 10^{n-2} + \dots + K_0 \times 10^0 + K_{-1} \times 10^{-1}$$

$$+ K_{-2} \times 10^{-2} + \cdots + K_{-m} \times 10^{-m} \\ = \sum K_i \times 10^i$$

上式中, K_i 为第 i 位位权 10^i 的系数。

在十进制数中, 每一位有 0~9 十个数码, 所以计数的基数是 10。任何一位的计数超过 9, 都要向相邻的高位进位, 规律是“逢十进一”, 故称为十进制。用十进制表示数值时, 通常在该数字的右下角标注 10 或 D, 也可以省略其下标符号。

2. 二进制

二进制数只有 0 和 1 两个数码, 它是以 2 为基数的计数制, 位权分别为 $2^{-2} = 0.25$, $2^{-1} = 0.5$, $2^0 = 1$, $2^1 = 2$, $\cdots$, $2^{10} = 1024$, $\cdots$ 。同十进制数一样, 一个二进制数值也可以用按权展开求和法表示, 即这个数等于各位系数与各位权值的乘积之和。例如

$$(11001.1)_2 = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1}$$

同理, 一个 n 位的二进制数 $(N)_2$, 一般也可用按权展开求和法表示为

$$(N)_2 = K_{n-1} \times 2^{n-1} + K_{n-2} \times 2^{n-2} + \cdots + K_0 \times 2^0 + K_{-1} \times 2^{-1} \\ + K_{-2} \times 2^{-2} + \cdots + K_{-m} \times 2^{-m} \\ = \sum K_i \times 2^i$$

上式中, K_i 为第 i 位位权 2^i 的系数, 非 0 即 1 数码。

二进制数运算特点是“逢二进一”, 即低位计数满二, 向高位进一。二进制数的右下角用 2 或 B 标注, 以示与其他数制的区别。

在数字系统中通常使用二进制数码来表示信息。将一位二进制数称为一个比特(bit), 它是数字系统中最小的信息量。为了加大信息量, 通常是通过增加二进制数的位数来实现的。在多位信息量的二进制数中, 最高位称为 MSB (most significant bit), 最低位称为 LSB (least significant bit)。例如一个 8 位二进制信息为 10110110, 最右边的 0, 为 LSB 位, 最左边的 1, 为 MSB 位。一般来讲, 把表示 8 位的二进制数, 称为一个字节(byte), 字节是二进制数中经常使用的单位。

二进制数部分权值, 如表 1-1 所示。

3. 十六进制

十六进制数有 16 个数码, 分别是: 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F, 其中 A、B、C、D、E、F 分别对应于十进制数的 10、11、12、13、14、15。它的运算特点是“逢十六进一”。相应的“权”分别为 $16^{-1} = 0.06125$, $16^0 = 1$, $16^1 = 16$, $16^2 = 256$, $\cdots$ 。十六进制数的右下角标注用 16 或 H 表示。

表 1-1 二进制数部分权值

2^i	权值	2^i	权值	2^i	权值	2^i	权值
2^0	1	2^6	64	2^{-1}	0.5	2^{-7}	0.0078125
2^1	2	2^7	128	2^{-2}	0.25	2^{-8}	0.00390625
2^2	4	2^8	256	2^{-3}	0.125	2^{-9}	0.001953125
2^3	8	2^9	512	2^{-4}	0.0625	2^{-10}	0.0009765625
2^4	16	2^{10}	1024	2^{-5}	0.03125	2^{-11}	0.00048828125
2^5	32	2^{11}	2048	2^{-6}	0.015625	2^{-12}	0.000244140625

综上所述,在任何一种数制中,任意一个数都可以用位置记数法或按权展开记数法表示。例如一个 R 进制数 N_R 包含 n 位整数和 m 位小数,如果采用位置记数法,可表示为

$$(N)_R = (K_{n-1}K_{n-2}\cdots K_1K_0.K_{-1}K_{-2}\cdots K_{-m})_R$$

如果一个数是 R 进制,其基数就是 R 。例如十进制数的基数是 10,而二进制数的基数就是 2。

同样,任意一个数采用按权展开记数法时,可表示为

$$(N)_R = K_{n-1} \times R^{n-1} + K_{n-2} \times R^{n-2} + \cdots + K_0 \times R^0 + K_{-1} \times R^{-1} \\ + K_{-2} \times R^{-2} + \cdots + K_{-m} \times R^{-m}$$

上式中, K_i 为第 i 位的数码, R^i 表示 R 进制数码所在位置 i 的相应位权。

1.1.2 不同数制的转换

在数字系统中,普遍使用二进制数,而人们习惯使用十进制数。因此,在信息处理中,就存在一个不同数制的相互转换问题。

1. 二进制数与十进制数之间的转换

(1) 二进制数转换为十进制数

二进制数转换为十进制数是很方便的,只要将二进制数按权展开式,先将各乘积项的积算出来,再将各项积相加,就可得到等值的十进制数。

例 1-1 将二进制数 $(N)_2 = (11101.01)_2$ 转换成十进制数 $(N)_{10}$ 。

解:将二进制数按权展开求积再求和的方法,概括为“按权展开求和法”。所以

$$(11101.01)_2 = 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} \\ = (53.25)_{10}$$

(2) 十进制数转换为二进制数

十进制数转换为二进制数时,需将待转换的十进制数分成整数和小数两部分,

并分别加以转换。即一个十进制数先写成

$$(N)_{10} = \langle \text{整数部分} \rangle_{10} . \langle \text{小数部分} \rangle_{10}$$

然后分别将 $\langle \text{整数部分} \rangle_{10}$ 转换为 $\langle \text{整数部分} \rangle_2$, $\langle \text{小数部分} \rangle_{10}$ 转换为 $\langle \text{小数部分} \rangle_2$, 再写成 $(N)_2 = \langle \text{整数部分} \rangle_2 . \langle \text{小数部分} \rangle_2$, 这样才能将十进制数转换为等值的二进制数。

例 1-2 将十进制数 $(N)_{10} = (28.35)_{10}$ 转换成二进制数 $(N)_2$ 。

解: 首先讨论整数部分 $(28)_{10}$ 的转换。方法是采用除 2 取余法, 直到商等于零为止。其过程如下:

$$\begin{array}{rcl} 2 & \overline{) 28} & \text{余数} = 0 = k_0 \quad (\text{LSB}) \\ 2 & \overline{) 14} & \text{余数} = 0 = k_1 \\ 2 & \overline{) 7} & \text{余数} = 1 = k_2 \\ 2 & \overline{) 3} & \text{余数} = 1 = k_3 \\ 2 & \overline{) 1} & \text{余数} = 1 = k_4 \quad (\text{MSB}) \\ & 0 & \end{array}$$

根据上述转换过程, 可以归纳为以下几点:

- ① 整个转换过程可以概括为“除 2 取余(即余数只能是 1 或 0), 先得低位”。即第一次除 2 所得的余数是转换为二进制整数的 LSB 位。
- ② 最后一次除法(商等于零时)所得余数是二进制整数的 MSB 位。
- ③ 由 MSB 位向 LSB 位排列所得余数, 就是 28(十进制整数)转换的二进制整数。即

$$(28)_{10} = (11100)_2$$

再讨论净小数的转换。方法是采用乘 2 取整法, 直到积的小数部分为零或达到所需精度(一般取 6 位)为止。因此, $(0.35)_{10}$ 的转换过程如下:

$$\begin{array}{rcl} 0.35 \times 2 = 0.7 & \text{整数} = 0 = k_{-1} \\ 0.7 \times 2 = 1.4 & \text{整数} = 1 = k_{-2} \\ 0.4 \times 2 = 0.8 & \text{整数} = 0 = k_{-3} \\ 0.8 \times 2 = 1.6 & \text{整数} = 1 = k_{-4} \\ 0.6 \times 2 = 1.2 & \text{整数} = 1 = k_{-5} \\ 0.2 \times 2 = 0.4 & \text{整数} = 0 = k_{-6} \\ & \dots\dots\dots \end{array}$$

净小数的转换可归纳如下:

- ① 整个转换过程概括为“乘 2 取整, 先得高位”。即第一次乘法所得结果的整

数(0),是二进制小数点后的第一位。而其他次乘法所得的整数结果,按顺序依次由左向右排列。

② 由此可得 $(0.35)_{10} = (0.010110)_2 + e$,其中 e 为剩余误差,一般 $e < 2^{-6}$ 。

综合整数部分和净小数部分的转换结果,按高位(k_4)到低位(k_{-6})的次序排列,可得到将十进制数转换为二进制数的结果为

$$(28.35)_{10} = (11100.010110)_2$$

2. 十六进制数与二进制数、十进制数的转换

(1) 十六进制数与二进制数的转换

用二进制表示一个数时,由于位数太多,书写不方便,也不便于记忆。但数字系统所能处理的则是二进制数。十六进制数的书写简便,而且位数少,又易于与二进制数转换。因此,在数字系统中,也经常使用十六进制数。

十六进制数的基数是16($16 = 2^4$)。可见,十六进制数与二进制数之间具有2的4次方关系,因而可直接进行转换。

将二进制数转换为十六进制数的方法,是从二进制数的小数点开始,分别向左、右按4位分组,最后不满4位的,则需补0。将每组用对应的十六进制数代替,就是等值的十六进制数。

例 1-3 将二进制数 $(N)_2 = (10110101110.11)_2$ 转换成十六进制数。

解:将 $(10110101110.11)_2$ 转换成十六进制整数时,从小数点向左按4位分组为

$$0101, 1010, 1110$$

整数部分不足4位的高位应补0,构成4位一组,对应的十六进制数为5AD。

小数部分从小数点起向右按4位分组为

$$1100$$

不足4位的低位也都补0,构成4位一组,对应的十六进制的小数为0.C。因此

$$(10110101110.11)_2 = (5AD.C)_{16}$$

将十六进制数转换为二进制数的方法,是上述方法的逆过程。

(2) 十六进制数与十进制数的转换

十六进制数转换为十进制数时,也是“按权展开求和法”进行的,值得注意的是它们的权与二进制数的权不同。

十进制数转换为十六进制数时,可以参照十进制数转换为二进制数的方法进行,整数部分除16(或小数部分乘16),结果取余(或取整)数;也可以先把十进制数转换成二进制数,然后按二进制数转换十六进制数的方法,间接地将十进制数转换成十六进制数。

为便于对照,下面将十进制数、二进制数和十六进制数的表示方法及对应关系列出,如表1-2所示。

表 1-2 常用数制的表示法及其对照表

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

1.1.3 码制

码制是指编制代码的规则。在数字系统中,常将有特定意义的信息(如数字、字母等)用一定规则的数码来表示,这些数码只是用来表示不同事物的代号而已,称为代码,它将不再表示数量的大小。例如电话号码、邮政编码等,已经失去了数量大小的含义。

在数字系统中最常用的码制是 BCD 代码和可靠性编码等。

1. BCD 代码

十进制数的代码常用 4 位二进制数的各种编码规则进行编码,通常将这些代码称为二-十进制代码,简称 BCD(binary coded decimal) 代码。几种常见的 BCD 代码如表 1-3 所示。

表 1-3 常见的几种 BCD 代码表

十进制数	编码种类	8421 码	2421 码	5421 码	余 3 码
0		0000	0000	0000	0011
1		0001	0001	0001	0100
2		0010	0010	0010	0101
3		0011	0011	0011	0110
4		0100	0100	0100	0111
5		0101	1011	1000	1000
6		0110	1100	1001	1001
7		0111	1101	1010	1010
8		1000	1110	1011	1011
9		1001	1111	1100	1100
权		8421	2421	5421	

(1) 8421BCD 代码

8421BCD 代码是 BCD 码中最常用而且最简单的一种编码方案。它每一位的权是固定不变的,按高位到低位排序,依次为 8(即 2^3)、4(即 2^2)、2(即 2^1)、1(即 2^0),故称为 8421BCD 代码。它和十进制数之间的关系,可直接按位(或按组)变换。

例 1-4 将 $(307)_{10}$ 变换成 8421BCD 代码。

解:先将 307 中每位 3、0、7 分别由 1 位十进制数变成 4 位 8421BCD 代码,再按高位到低位的次序由左到