

高等学校应用型通信技术系列教材

数字电子技术

焦素敏 主编



清华大学出版社

TN79/161

2007

高等学校应用型通信技术系列教

数字电子技术

焦素敏 主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是为适应高职高专人才培养的需要,根据教育部最新制定的高职高专教育“数字电子技术”课程教学的基本要求而编写的。在内容的编排上,充分考虑到高职高专教育的特点,并结合了现代数字电子技术的发展趋势。

全书共分9章,第1章是数字逻辑基础,第2章是逻辑门电路,第3章是组合逻辑电路,第4章是触发器,第5章是时序逻辑电路,第6章是脉冲信号的产生与变换,第7章是数/模和模/数转换,第8章是半导体存储器及可编程逻辑器件,第9章是技能训练。

本书各章配有本章小结、自我检测题、思考题与习题、实用集成电路芯片资料选集等内容,以满足读者学习和实训的需要。

本书可作为通信、电子、电气和计算机等专业的教材,也可供其他非电专业和成人教育、职业培训等选用。

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 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术/焦素敏主编. —北京:清华大学出版社,2007.11

高等学校应用型通信技术系列教材

ISBN 978-7-302-15375-7

I. 数… II. 焦… 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(2007)第 082351 号

责任编辑:刘 青

责任校对:袁 芳

责任印制:李红英

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

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社 总 机:010-62770175 邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015 客户服务:010-62776969

印 刷 者:北京密云胶印厂

装 订 者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:19.5 字 数:431 千字

版 次:2007 年 11 月第 1 版 印 次:2007 年 11 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:26.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:022461-01

随着我国国民经济的持续增长,信息化的全面推进,通信产业实现了跨越式发展。在未来几年内,通信技术的创新将为通信产业的良性、可持续发展注入新的活力。市场、业务、技术等持续拉动,法制建设的不断深化,这些也都为通信产业创造了良好的发展环境。

通信产业的持续快速发展,有力地推动了我国信息化水平的不断提高和信息技术的广泛应用,同时刺激了市场需求和人才需求。通信业务量的持续增长和新业务的开通,通信网络融合及下一代网络的应用,新型通信终端设备的市场开发与应用等,对生产制造、技术支持和营销服务等岗位的应用型高技能人才在新技术适应能力上也提出了新的要求。为了培养适应现代通信技术发展的应用型、技术型高级专业人才,高等学校通信技术专业的教学改革和教材建设就显得尤为重要。为此,清华大学出版社组织了国内近 20 所优秀的高职高专院校,在认真分析、讨论国内通信技术的发展现状,从业人员应具备的行业知识体系与实践能力和对通信技术人才教育教学的要求等前提下,成立了系列教材编审委员会,研究和规划通信技术系列教材的出版。编审委员会根据教育部最新文件政策,以充分体现应用型人才培养目标为原则,对教材体系进行规划,同时对系列教材选题进行评审,并推荐各院校办学特色鲜明、内容质量优秀的教材选题。本系列教材涵盖了专业基础课、专业课,同时加强实训、实验环节,对部分重点课程将加强教学资源建设,以更贴近教学实际,更好地服务于院校教学。

教材的建设是一项艰巨、复杂的任务,出版高质量的教材一直是我们的宗旨。随着通信技术的不断进步和更新,教学改革的不深入,新的课程和新的模式也将不断涌现,我们将密切关注技术和教学的发展,及时对教材体系进行完善和补充,吸纳优秀和特色教材,以满足教学需要。欢迎专家、教师对我们的教材出版提出宝贵意见,并积极参加教材的建设。

清华大学出版社

2006 年 6 月

本书是根据教育部制定的高职高专教育“数字电子技术”课程教学的基本要求和高职高专人才培养的规格和特点,并结合现代数字电子技术的发展趋势而编写的。

本书的主要内容有:数字逻辑基础、逻辑门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、脉冲信号的产生与变换、数/模和模/数转换、半导体存储器及可编程逻辑器件、技能训练等。本书各章配有本章小结、自我检测题、思考题与习题、实用集成电路芯片资料选集等内容。

本书在内容及章节编排上,充分考虑高职高专教育通信、电子、电气和计算机等专业的需要,以够用和实用为教学改革方向,删去了烦琐的理论推导过程,侧重基本分析方法、设计方法和集成电路芯片的应用。在注重基本概念和基础理论的同时,更加强调应用和实践能力的培养。全书增加了大量的自我检测题,并附有答案,使读者能够学、练结合,以帮助读者进一步正确消化、理解和巩固所学理论知识,增强应用能力。实用相关资料的提供使读者身边多了一本简易手册,可随时随地对数字芯片进行速查。技能训练中的读图练习、基础实验和综合训练等内容,使读者能够分层次逐步把理论与实际应用紧密结合起来,既能帮助提高读者的理解能力,又能培养读者的学习兴趣。此外,书中对数字电子技术方面的有关专用名词进行了英文注解,有助于增强读者的学习兴趣,提高专业英语水平,为以后阅读相关英文资料打下基础。全书知识衔接紧凑、系统,叙述通俗易懂。适合作为高职高专教育电子、通信、电气及计算机等各专业的教材,也适用于成人自学和职业技术培训。

本书由河南工业大学焦素敏担任主编,并对全书内容进行了组织、统稿和审定。本书第1、4、8章和附录由焦素敏编写,第2章由徐朝辉编写,第3章由杨志晓编写,第5章由张雪萍编写,第6、7章由臧海河编写,第9章由焦素敏、杨志晓、张雪萍、杨铁军共同编写。

在本书的编写过程中,得到了河南工业大学信息科学与工程学院有关领导和老师的大力支持和帮助,在此谨向他们表示感谢。

由于编者水平有限,书中不妥和错误之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2007年3月

第 1 章 数字逻辑基础	1
1.1 数字电路概述	1
1.2 数制和码制	2
1.2.1 数制	2
1.2.2 数制转换	3
1.2.3 码制	4
1.3 逻辑代数基础	6
1.3.1 逻辑代数与逻辑变量	6
1.3.2 三种基本逻辑运算	6
1.3.3 常用复合逻辑运算	8
1.3.4 逻辑代数的基本定律和常用公式	10
1.3.5 逻辑代数的基本规则	11
1.4 逻辑函数的表示方法及相互转换	12
1.4.1 逻辑函数的表示方法	12
1.4.2 各种表示方法的相互转换	13
1.5 逻辑函数的代数化简法	15
1.5.1 逻辑函数式的不同形式及转换	15
1.5.2 用代数法化简逻辑函数	16
1.6 逻辑函数的卡诺图化简法	17
1.6.1 逻辑函数的最小项及其表达式	17
1.6.2 逻辑函数的卡诺图表示法	18
1.6.3 用卡诺图化简逻辑函数	20
1.7 具有无关项的逻辑函数及其化简	23
1.7.1 逻辑函数中的约束项	23
1.7.2 利用无关项化简逻辑函数	23
本章小结	25
自我检测题	25
思考题与习题	27
第 2 章 逻辑门电路	30
2.1 二极管和三极管的开关特性	30

2.1.1	二极管的开关特性	30
2.1.2	双极型三极管的开关特性	31
2.2	基本逻辑门电路	33
2.2.1	三种基本门电路	33
2.2.2	DTL 与非门	34
2.3	TTL 与非门电路	35
2.3.1	TTL 与非门的工作原理	36
2.3.2	TTL 与非门的外特性及有关参数	37
2.4	TTL 集电极开路与非门和三态门电路	41
2.4.1	集电极开路与非门(OC 门)	41
2.4.2	三态(TS)门	43
2.5	CMOS 反相器门电路	45
2.5.1	MOS 管的开关特性	45
2.5.2	CMOS 反相器	46
2.6	其他 CMOS 门电路	48
2.6.1	CMOS 与非门	48
2.6.2	CMOS 或非门	48
2.6.3	其他 CMOS 门电路	48
2.6.4	CMOS 集成电路的正确使用	50
2.7	门电路使用注意事项	51
2.7.1	正负逻辑问题	51
2.7.2	CMOS 电路与 TTL 电路性能比较	52
2.7.3	多余输入端的处理	52
2.7.4	TTL 和 CMOS 电路外接负载问题	53
2.7.5	TTL 与 CMOS 电路的接口问题	54
	本章小结	55
	自我检测题	56
	思考题与习题	57
	集成门电路相关资料	59
第 3 章	组合逻辑电路	62
3.1	组合逻辑电路的一般分析和设计方法	62
3.1.1	组合逻辑电路的分析方法	62
3.1.2	组合逻辑电路的设计方法	64
3.2	编码器	66
3.2.1	普通编码器	66
3.2.2	优先编码器	67
3.2.3	集成编码器	68

3.3 译码器	70
3.3.1 二进制译码器	70
3.3.2 二—十进制译码器	71
3.3.3 显示译码器	72
3.3.4 集成译码器	74
3.4 数据分配器和数据选择器	77
3.4.1 数据分配器	77
3.4.2 数据选择器	78
3.4.3 集成数据选择器	81
3.5 数值比较器	82
3.5.1 数值比较器的原理	82
3.5.2 集成数值比较器	83
3.6 加法器	84
3.6.1 半加器	84
3.6.2 全加器	85
3.6.3 集成加法器	86
3.7 奇偶校验器	87
* 3.8 组合逻辑电路中的竞争与冒险	88
3.8.1 产生竞争冒险的原因	88
3.8.2 冒险的消除方法	90
本章小结	91
自我检测题	92
思考题与习题	93
组合逻辑电路相关资料	95

第4章 触发器	101
4.1 触发器的电路结构及动作特点	101
4.1.1 基本 RS 触发器	101
4.1.2 同步 RS 触发器	104
4.1.3 主从 JK 触发器	107
4.1.4 边沿触发器	110
4.1.5 触发器的结构分类	112
4.2 触发器的逻辑功能及描述方法	113
4.2.1 RS 触发器	113
4.2.2 JK 触发器	116
4.2.3 D 触发器	116
4.2.4 T 触发器	117
4.3 不同逻辑功能触发器的相互转换	118

4.4	触发器的电路结构与逻辑功能的关系	121
4.5	集成触发器及主要参数	121
4.5.1	集成触发器举例	121
4.5.2	集成触发器的主要参数	124
	本章小结	125
	自我检测题	126
	思考题与习题	128
	触发器相关资料	131
第5章	时序逻辑电路	133
5.1	时序逻辑电路的基本概念	133
5.1.1	时序逻辑电路的特点与电路结构	133
5.1.2	时序逻辑电路的分类	134
5.1.3	时序逻辑电路的逻辑功能描述方法	134
5.2	时序逻辑电路的分析	134
5.2.1	时序逻辑电路的分析步骤	135
5.2.2	同步时序逻辑电路的分析	135
5.2.3	异步时序逻辑电路的分析	137
5.3	寄存器	138
5.3.1	寄存器	139
5.3.2	移位寄存器	139
5.3.3	集成寄存器	142
5.4	计数器	145
5.4.1	二进制计数器	146
5.4.2	十进制计数器	149
5.4.3	集成计数器介绍	153
*5.5	同步时序逻辑电路的设计方法	160
	本章小结	163
	自我检测题	164
	思考题与习题	165
	实用相关资料选集	168
第6章	脉冲信号的产生与变换	171
6.1	概述	171
6.2	多谐振荡器	172
6.2.1	门电路多谐振荡器	173
6.2.2	石英晶体多谐振荡器	176
6.2.3	多谐振荡器的应用	177

6.3 单稳态触发器	178
6.3.1 门电路组成的单稳态触发器	178
6.3.2 集成单稳态触发器	181
6.3.3 单稳态触发器的应用	184
6.4 施密特触发器	186
6.4.1 由门电路组成的施密特触发器	186
6.4.2 集成施密特触发器	188
6.4.3 施密特触发器的应用	188
6.5 555 定时器及其应用	190
6.5.1 555 定时器电路的结构及工作原理	190
6.5.2 555 定时器的应用	192
本章小结	195
自我检测题	196
思考题与习题	197
实用相关资料	199
第 7 章 数/模和模/数转换	200
7.1 概述	200
7.2 D/A 转换器	201
7.2.1 权电阻网络 D/A 转换器	201
7.2.2 倒 T 型电阻网络 D/A 转换器	203
7.2.3 D/A 转换器的主要性能指标	205
7.2.4 集成 D/A 转换器	207
7.3 A/D 转换器	210
7.3.1 A/D 转换的基本原理	210
7.3.2 常用的 A/D 转换器类型	212
7.3.3 集成 A/D 转换器及其应用	219
本章小结	221
自我检测题	222
思考题与习题	223
第 8 章 半导体存储器及可编程逻辑器件	225
8.1 随机存取存储器 RAM	225
8.1.1 RAM 的结构和工作原理	225
8.1.2 RAM 的存储元	227
8.1.3 RAM 的扩展	228
8.2 只读存储器 ROM	229
8.2.1 ROM 的结构和工作原理	230

8.2.2 ROM 的扩展	233
8.3 可编程逻辑器件 PLD	234
8.3.1 概述	234
8.3.2 PAL 和 GAL	236
*8.3.3 CPLD/FPGA 简介	241
本章小结	249
自我检测题	250
思考题与习题	251
第9章 技能训练	253
9.1 读图训练	253
9.1.1 读图方法概述	253
9.1.2 ASCII 码键盘编码电路	254
9.1.3 $3\frac{1}{2}$ 位数字电压表	258
9.2 基础实验	264
9.2.1 门电路的逻辑功能与参数测试	265
9.2.2 用门电路组成半加器及全加器	265
9.2.3 译码与数码显示	265
9.2.4 数据选择器的应用	266
9.2.5 触发器功能测试	266
9.2.6 计数器及其应用	267
9.2.7 多谐振荡器及其应用	267
9.2.8 单稳态触发器与施密特触发器及其应用	268
9.2.9 555 定时器及其应用	268
9.3 综合实训	269
9.3.1 安装 4 路竞赛抢答器	269
9.3.2 数字钟的设计与实现	272
9.3.3 安装霓虹灯显示控制电路	277
自我检测题答案	283
部分习题答案	286
附录 常见数字逻辑器件中文注解	288
参考文献	297

数字逻辑基础

数字逻辑电路(digital logic circuits)是以数字量为研究对象的电子电路。本章首先简要介绍数字逻辑电路的基本概念和特点,然后阐述计数体制、逻辑代数的基本公式和常用公式及重要定理,最后讲述逻辑函数的表示方法、相互转换及化简方法。

1.1 数字电路概述

1. 数字信号与数字电路

自然界的物理量分为两类。其中一类物理量的变化在时间上或数值上都是连续的,称为模拟量,把表示模拟量的信号叫做模拟信号(analog signal),如图 1-1 所示。例如,热电偶在工作时输出的电压信号就属于模拟信号,因为被测温度在任何情况下都不可能发生突变,所以测得的电压信号无论在时间上还是在数量上都是连续的。用来传送和处理模拟信号的电路称为模拟电路。

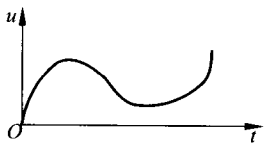


图 1-1 模拟信号



图 1-2 数字信号

另一类物理量的变化在时间上和数量上都是离散的,这类物理量称为数字量,表示数字量的信号叫做数字信号(digital signal),如图 1-2 所示。例如,交通十字路口倒计时显示装置的时基信号、对来往车辆进行统计的电子计数器的信号都属于数字信号。用来传送和处理数字信号的电路称为数字电路。

2. 数字电路的特点

数字电路与模拟电路相比具有以下特点:

- (1) 数字电路的工作信号是离散的数字信号,数字信号常用 0、1 二元数值表示。
- (2) 数字电路中,半导体器件工作在开关状态,即工作在截止区和饱和区。
- (3) 数字电路研究的主要问题是输入、输出之间的逻辑关系。
- (4) 数字电路的主要分析工具是逻辑代数。

1.2 数制和码制

1.2.1 数制

表示物理量的大小时,经常要用进位计数的方法组成多位数码。多位数码中每一位的构成方法以及从低位到高位进位规则称为计数体制,即数制。日常生活中最常用的是十进制(decimal),而在数字电路中最常用的是二进制(binary)、八进制(octal)和十六进制(hexadecimal)。

1. 十进制数

十进制数的每一位都采用 0~9 十个数码中的任意一个来表示,十进制的计数基数是 10,超过 9 就必须用多位数来表示,其相邻的低位和高位间的运算关系是“逢十进一”,即

$$9+1=10$$

各数码处在不同数位时,所代表的数值是不同的。例如

$$5555=5\times 10^3+5\times 10^2+5\times 10^1+5\times 10^0$$

式中, 10^3 、 10^2 、 10^1 、 10^0 称为十进制数各数位的权(weight)或位权,都是 10 的幂。因此,任意一个十进制数都可以表示为各个数位上的数码与其对应的权的乘积之和,称为权展开式,用通式可表示为

$$\begin{aligned}(N)_{10} &= k_{n-1} \times 10^{n-1} + k_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + k_1 \times 10^1 + k_0 \times 10^0 \\ &\quad + k_{-1} \times 10^{-1} + k_{-2} \times 10^{-2} + \cdots + k_{-m} \times 10^{-m} \\ &= \sum_{i=m}^{n-1} k_i \times 10^i\end{aligned}\quad (1-1)$$

式中, k_i 为 0~9 中的任一数码; 10 为进制的基数; 10 的 i 次幂为第 i 位的权; m 、 n 为正整数, n 为整数部分的位数, m 为小数部分的位数。

若以 X 取代式(1-1)中的 10,即可得到任意 X 进制数的展开式的通式

$$(N)_X = \sum_{i=m}^{n-1} k_i \times X^i \quad (1-2)$$

式中, X 是计数基数; m 、 n 的含义与式(1-1)相同; k_i 是第 i 位上的数码; i 包含 $n-1 \sim 0$ 和 $-1 \sim -m$ 的所有整数。

2. 二进制数

二进制计数体制中只有 0 和 1 两个数码,其基数是 2,低位向相邻高位的进位规则是“逢二进一”,即

$$1+1=10$$

根据式(1-2),二进制数按权展开的通式为

$$(N)_2 = \sum_{i=m}^{n-1} b_i \times 2^i$$

例如

$$(101.01)_2 = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = (5.25)_{10}$$

式中,用下标 2 和 10 分别表示括号里的数是二进制数和十进制数。

3. 八进制数

八进制数有 0~7 八个数码,计数基数是 8,进位规律是“逢八进一”,即

$$7 + 1 = 10$$

八进制数中每个数位的权都是 8 的幂。例如

$$(207.04)_8 = 2 \times 8^2 + 0 \times 8^1 + 7 \times 8^0 + 0 \times 8^{-1} + 4 \times 8^{-2} = (135.0625)_{10}$$

4. 十六进制数

二进制数在计算机系统中处理很方便,但当位数较多时,书写及记忆都比较难。为了减少位数,通常将二进制数用十六进制来表示,它是计算机系统中除二进制数之外使用较多的进制。十六进制中共有 0~9 和 A(10)、B(11)、C(12)、D(13)、E(14)、F(15) 16 个不同的数码,计数基数是 16,进位规律是“逢十六进一”,即

$$F + 1 = 10$$

十六进制数中每个数位的权都是 16 的幂。例如

$$(D8.A)_{16} = 13 \times 16^1 + 8 \times 16^0 + 10 \times 16^{-1} = (216.625)_{10}$$

1.2.2 数制转换

1. 十进制数与二进制数的相互转换

(1) 二进制数转换为十进制数

把二进制数转换成十进制数的方法是“按权展开”,再把各项的数值按十进制数“相加求和”。例如

$$\begin{aligned} (1101.11)_2 &= 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} \\ &= 8 + 4 + 0 + 1 + 0.5 + 0.25 = (13.75)_{10} \end{aligned}$$

(2) 十进制数转换为二进制数

十进制数转换为二进制数时,对整数部分可采用“除 2 取余,逆序排列”法,对小数部分可采用“乘 2 取整,顺序排列”法。

【例 1-1】 将十进制数 $(44.375)_{10}$ 转换成二进制数。

解 可将 $(44.375)_{10}$ 的整数部分和小数部分分别进行转换,步骤如下:

整数部分			小数部分		
2	44	余数	0.375		高位
2	22	0 = k_0	$\times 2$	整数	↓
2	11	0 = k_1	0.750	0 = k_{-1}	
2	5	1 = k_2	0.750		
2	2	1 = k_3	$\times 2$	1.500	1 = k_{-2}
2	1	0 = k_4	0.500		
2	1	0 = k_4	$\times 2$	1.000	1 = k_{-3}
	0	1 = k_5			低位
		低位			

故

$$(44.375)_{10} = (101100.011)_2$$

2. 十进制数与其他进制数的相互转换

十进制数和其他进制数的相互转换与十进制数和二进制数的相互转换方法完全类似。

把十进制数转换为其他进制数时,可将十进制数分为整数和小数两部分进行。整数部分的转换采用“除基取余,逆序排列”法;小数部分的转换采用“乘基取整,顺序排列”法。

把其他进制数转换为十进制数时,可将其他进制数按加权系数展开式展开,求得和即为相应的十进制数。

3. 二进制数与八进制数的相互转换

(1) 二进制数转换为八进制数

二进制数转换为八进制数时,可将二进制数由小数点开始,整数部分向左,小数部分向右,每3位分成一组,不够3位补零,则每组二进制数便是一位八进制数。例如

$$(1101010.1101)_2 = (001,101,010.110,100)_2 = (152.64)_8$$

(2) 八进制数转换为二进制数

八进制数转换为二进制数时,只要将每位八进制数用3位二进制数表示即可。例如

$$(207.04)_8 = (010,000,111.000,100)_2$$

4. 二进制数与十六进制数的相互转换

(1) 二进制数转换为十六进制数

二进制数转换为十六进制数时,只要将二进制数的整数部分自右向左每4位一组,不足4位时在左边补零;小数部分则自左向右每4位一组,最后不足4位时在右边补零。再把每4位二进制数对应的十六进制数写出来即可。例如

$$(1101010.1101)_2 = (0110,1010.1101)_2 = (6A.D)_{16}$$

(2) 十六进制数转换为二进制数

十六进制数转换为二进制数时正好与此相反,只要将每位的十六进制数对应的4位二进制数写出来就行了。

在数制使用时,常将各种数制用简码来表示。如十进制用D表示或省略;二进制用B来表示;八进制用O来表示;十六进制用H来表示。例如,十进制数123表示为123D或者123;二进制数1011表示为1011B;八进制数173表示为173O;十六进制数3A4表示为3A4H。

1.2.3 码制

数码不仅可以表示数量的大小,还可以表示不同的事物。在后一种情况下,这些数

码已没有数量大小的含意,只是不同事物的代号而已,这样的数码就称为代码(code)。例如,每个学生的学号都是代码,这些学号仅仅表示不同的学生,已没有数量大小的意义。

为便于记忆和处理,在编制代码时要遵循一定的规则,这些规则就叫做码制。给不同事物赋予一定代码的过程称为编码(coding)。

在日常生活中,人们习惯于十进制数码,而数字系统只能对二进制数码进行处理,这就需要4位二进制数来表示一位十进制数,这种用来表示十进制数的4位二进制代码称为二—十进制代码(binary coded decimal),简称BCD码。由于4位二进制数有 $2^4=16$ 种组合方式,可任选其中10种来表示0~9这10个数码,因此编码方案很多。几种常见的BCD代码如表1-1所示。

表 1-1 几种常用的二—十进制编码

十进制数 \ 编码种类	8421 码	2421 码	5211 码	余 3 码	格雷码
0	0000	0000	0000	0011	0010
1	0001	0001	0001	0100	0110
2	0010	0010	0011	0101	0111
3	0011	0011	0101	0110	0101
4	0100	0100	0111	0111	0100
5	0101	1011	1000	1000	1100
6	0110	1100	1010	1001	1101
7	0111	1101	1100	1010	1111
8	1000	1110	1110	1011	1110
9	1001	1111	1111	1100	1010
权	8421	2421	5211		

8421 码是 BCD 码中使用最多的一种有权码(每位均有固定权值),其权值由高到低依次为 $8(2^3)$ 、 $4(2^2)$ 、 $2(2^1)$ 、 $1(2^0)$,故称 8421BCD 码。8421BCD 码的特点是,如果将代码看成是一个 4 位二进制数,则它的数值正好等于它所代表的十进制数的大小。把一个多位十进制数转变成它的 8421 码数串,仅对每一位单独进行。

【例 1-2】 将 $(35)_{10}$ 和 $(79.4)_{10}$ 分别用 8421 码表示。

解 $(35)_{10} = (0011\ 0101)_{8421}$
 $(79.4)_{10} = (0111\ 1001.0100)_{8421}$

8421 码的编码值与字符 0~9 的 ASCII 码的低 4 位相同,有利于简化输入输出过程中从字符到 BCD 或从 BCD 到字符的转换操作,是实现人机联系时比较好的中间表示。缺点是实现加减运算时的规则比较复杂,在某些情况下,需要对运算结果进行修正。

2421 码和 5211 码也是一种恒权码,其权值由高到低分别依次为 2、4、2、1 和 5、2、1、1。这两种有权 BCD 码的共同特点是,任意两个相加为 9 的十进制数对应的两个编码的和恒为 1111。它能较好地体现十进制的按 9 取补与二进制的按 1 取补的对应关系。

余 3 码各位没有固定的权值,是一种无权代码。如果把每一个余 3 码看成 4 位二进制数,则它的数值要比它所表示的十进制数码多 3,因此叫做余 3 码。

如果将两个余 3 码相加,所得的和将比所对应的十进制数的和多 6。因此,在用余 3 码作十进制的加法运算时,若十进制的两数之和为 10,则二进制代码的和正好等于 16,于是便从高位自动正确地产生了进位信号。

此外,从表 1-1 中还可以看出,0 和 9、1 和 8、2 和 7、3 和 6、4 和 5 的余 3 码互为反码,这对于求取对 10 的补码是很方便的。

格雷码也叫循环码,它也是一种无权码。格雷码的特点是,任何两个相邻的代码只有一位不同,其他位都相同。这种编码方式的好处是,当从某一编码变到其相邻编码时,只有一位的状态发生变化,有利于得到更好的译码波形。

1.3 逻辑代数基础

1.3.1 逻辑代数与逻辑变量

逻辑代数(logic algebra)又叫布尔(Boolean)代数或开关(Switching)代数,是由英国数学家乔治·布尔于 1849 年首先提出的。逻辑代数与普通代数一样,都用字母来代替变量。不同的是,逻辑代数不表示数量大小之间的关系,而是描述客观事物之间的逻辑关系;而且逻辑变量的取值只有 0 和 1 两种。这里的 0 和 1 并不表示数量的大小,而是表示两种对立的逻辑状态,如开关的通与断、电位的高与低、灯的亮与灭等。0 和 1 称为逻辑常量(logic constant)。

例如,在图 1-3 所示的指示灯控制电路中,我们用字母 Y 表示指示灯,用 A、B 表示两个开关。指示灯 Y 的亮与灭两种状态取决于开关 A、B 的通断状态。我们将 A、B 称为输入逻辑变量(logic variable),将 Y 称为输出逻辑变量。

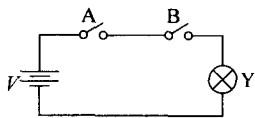


图 1-3 指示灯控制电路

1.3.2 三种基本逻辑运算

普通代数中的运算关系有加、减、乘、除、乘方、开方等多种运算关系,而在逻辑代数中只有三种基本的运算关系,即与、或、非。下面阐述各自的含义。

1. 与运算

只有当决定一件事情的所有条件都具备时,这件事情才会发生,这种因果关系称为“与”(and)逻辑运算。例如,在图 1-3 所示电路中,两个开关串联控制一个指示灯。显然,只有当两个开关都接通时,灯才能亮;否则,灯灭。该电路的与逻辑关系如表 1-2 所示。

如果用 1 表示开关闭合和灯亮,用 0 表示开关断开和灯灭,则电路中指示灯 Y 和开关 A、B 之间的关系如表 1-3 所示,这种反映逻辑关系的表格称为逻辑真值表。