

• 普通专科 高等职业教育 自学考试适用 •

数字电子

SHUZI DIANZI JISHU

技术

余志新 易亚军 编著

华南理工大学出版社

数字电子技术

余志新 易亚军 编著

华南理工大学出版社

·广州·

内 容 简 介

本书是根据全国高等教育自学考试委员会电类专业委员会提出的教学要求和广东省自学考试委员会“‘数字电子技术’自学考试大纲”编写的。主要内容有:数制与编码、逻辑函数及其化简、逻辑门电路、组合逻辑电路、集成触发器、时序逻辑电路、大规模集成电路、脉冲信号的产生与整形、ADC 和 DAC 等。书中有较多例题、习题,各章均附有小结,有利于自学。

本书可作为高等院校电类专业普通专科、高等职业教育、自学考试的教材,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术/余志新,易亚军编著. —广州:华南理工大学出版社,2007.7
ISBN 978-7-5623-2533-8

I. 数… II. ①余… ②易… III. 数字电路-电子技术 IV. TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 086361 号

总 发 行: 华南理工大学出版社 (广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

营销部电话: 020-87113487 87110964 87111048(传真)

E-mail: scutc13@scut.edu.cn

<http://www.scutpress.com.cn>

责任编辑: 詹志青

印 刷 者: 广东省阳江市教育印务公司

开 本: 787 mm×1092 mm 1/16 印张: 16.75 字数: 418 千

版 次: 2007 年 7 月第 1 版 2007 年 7 月第 1 次印刷

定 价: 27.00 元

版权所有 盗版必究

前 言

本书是根据全国高等教育自学考试委员会电类专业委员会提出的教学要求和广东省高等教育自学考试委员会“‘数字电子技术’自学考试大纲”编写的。

“数字电子技术”是电气、电子计算机应用和自动控制类各专业的一门重要的技术基础课,其特点是既有自身的理论分析体系,又有很强的实践性。由于高等工业专科的培养目标是造就面向基层的应用型高级专门人才,因此就更应强调教学内容的实用性。

为此,本书在内容选择上力求做到以下几点:

(1)对基本概念、基本方法的阐述清楚、明确。不涉及与器件应用无直接联系的内容,列举典型例题,以便加深读者对各知识要点的理解,并可熟练应用。

(2)在阐述集成电路时重点介绍其外部特性和使用方法;削减小规模集成电路的内容,扩充中、大规模集成电路的内容,使本书的内容既显得比较精练,又基本适应当前数字电子技术的发展现状。

(3)在电路的分析计算方面,强调物理概念,介绍实用的工程计算的方法,使分析计算更具有实用性。

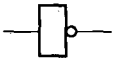
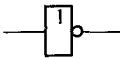
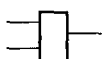
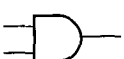
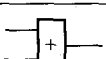
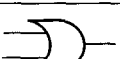
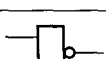
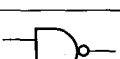
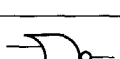
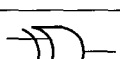
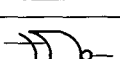
本书在内容的叙述上除尽量做到深入浅出、突出重点外,还在每一章的小结中进一步强调了本章的重点内容和各个知识点间的联系,每章后面还附有较多的习题,以便自学和自我检查。

本书第1~6章由华南理工大学余志新老师编写,第7~8章由广州市工商职业技术学院易亚军老师编写,广东工业大学徐娟老师提供了第6章的部分内容及部分习题。余志新担任主编,负责全书的修改与定稿。吴淑泉教授审阅了全书,并提出了宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

本书除供参加全国高等教育电类专业自学考试的人员使用外,也可用作各类高等院校电类专业普通专科、高等职业教育的教材,也可供工程技术人员参考。

编 者
2007年6月

本书常用逻辑符号对照表

名 称	常用符号	国标符号	国外符号
非门			
与门			
或门			
与非门			
或非门			
与或非门			
异或门			
同或门			
集电极开路门(OC 门)			
三态门			
带施密特触发器的门电路			
扩展输入			
扩展输出			
传输门			
双向模拟开关			
半加器			
全加器			

续表

名 称	常用符号	国标符号	国外符号
RS 触发器			
同步 RS 触发器			
边沿 D 触发器(上升沿)			
边沿 JK 触发器(下降沿)			
主从 JK 触发器(脉冲触发)			

目 录

1 数字电路基础	1
1.1 数制和码制	1
1.1.1 常用数制及其相互转换	1
1.1.2 码制	4
1.2 逻辑代数基础	5
1.2.1 逻辑代数的3种基本运算	5
1.2.2 逻辑代数的公式和基本法则	8
1.2.3 逻辑代数的基本规则	10
1.3 逻辑函数的化简	11
1.3.1 逻辑函数的最简形式	11
1.3.2 逻辑函数的公式化简法	11
1.3.3 用卡诺图化简逻辑函数	12
1.4 具有无关项的逻辑函数及其化简方法	18
1.5 逻辑函数及其表示方法	20
1.5.1 逻辑函数	20
1.5.2 逻辑函数的表示方法	21
1.5.3 各种表示方法之间的相互转换	21
第1章小结	23
习题1	23
2 逻辑门电路	28
2.1 分立元件门电路	28
2.1.1 半导体二极管和三极管的开关特性	28
2.1.2 分立元件门电路	30
2.2 CMOS集成门电路	33
2.2.1 CMOS反相器	34
2.2.2 CMOS与非门和或非门	38
2.2.3 CMOS传输门和双向模拟开关	38
2.2.4 CMOS三态门	40
2.2.5 CMOS异或门	41
2.2.6 CMOS电路的系列产品和使用方法	42
2.3 TTL集成门电路	43
2.3.1 TTL反相器	43
2.3.2 TTL与非门和集电极开路门(OC门)	47
2.3.3 TTL电路的改进系列及其他双极型门电路	50

2.4 CMOS和TTL门电路的性能比较、使用特点及相互连接	52
2.4.1 CMOS和TTL门电路的性能比较	52
2.4.2 使用时要注意的问题	52
2.4.3 CMOS和TTL门电路的连接	53
第2章小结	54
习题2	55
3 组合逻辑电路	61
3.1 组合逻辑电路的分析方法和设计方法	61
3.1.1 组合逻辑电路的分析方法	61
3.1.2 组合逻辑电路的一般设计方法	62
3.2 编码器和译码器	63
3.2.1 编码器	63
3.2.2 译码器	67
3.3 数据选择器	73
3.4 加法器和数值比较器	74
3.4.1 加法器	74
3.4.2 数值比较器	76
3.5 用中规模集成电路实现组合电路的设计	78
3.5.1 数据选择器的应用	78
3.5.2 译码器的应用	82
3.5.3 全加器的应用	84
3.6 组合逻辑电路中的竞争冒险现象	86
第3章小结	88
习题3	88
4 集成触发器	92
4.1 基本RS触发器	92
4.1.1 用门电路构成的基本RS触发器	92
4.1.2 集成基本RS触发器	94
4.2 时钟触发器	96
4.2.1 脉冲触发的时钟触发器	96
4.2.2 边沿触发的时钟触发器	102
4.3 触发器逻辑功能的分类	104
4.3.1 RS触发器的逻辑功能及其表示方法	104
4.3.2 JK触发器的逻辑功能及其表示方法	105
4.3.3 D触发器的逻辑功能及其表示方法	106
4.3.4 T触发器的逻辑功能及其表示方法	106
4.3.5 触发器逻辑功能的转换	107
4.4 触发器的选择和使用	109
第4章小结	110

习题 4	110
5 时序逻辑电路	116
5.1 用 SSI 构成的时序逻辑电路的分析	117
5.2 寄存器和移位寄存器	119
5.2.1 寄存器	119
5.2.2 移位寄存器	119
5.2.3 移位寄存器的应用举例	122
5.3 计数器	125
5.3.1 同步二进制计数器	126
5.3.2 同步十进制计数器	131
5.3.3 异步计数器	137
5.3.4 用 MSI 构成任意进制计数器	142
5.4 时序逻辑电路的设计方法	147
5.4.1 用 SSI 实现同步时序逻辑电路	147
5.4.2 MSI 构成时序逻辑电路实例	153
第 5 章小结	155
习题 5	155
6 大规模集成电路	161
6.1 随机存取存储器(RAM)	161
6.1.1 RAM 的结构与工作原理	161
6.1.2 RAM 的扩展	167
6.2 只读存储器(ROM)	169
6.2.1 固定 ROM	170
6.2.2 PROM 和 EPROM	171
6.2.3 用存储器实现组合逻辑电路	174
6.3 可编程逻辑器件(PLD)	176
6.3.1 PLD 电路表示法	177
6.3.2 可编程逻辑阵列(PLA)	179
6.3.3 可编程阵列逻辑(PAL)	180
6.3.4 通用阵列逻辑(GAL)	181
6.3.5 可擦除的可编程逻辑器件(EPLD)	183
6.3.6 现场可编程门阵列(FPGA)	184
6.4 PLD 的编程	184
6.4.1 现代数字系统的设计方法	184
6.4.2 PLD 的开发过程	186
6.5 在系统编程技术	188
6.5.1 在系统编程技术的原理	188
6.5.2 在系统编程技术对数字系统的贡献	188
第 6 章小结	189

习题 6	190
7 脉冲信号的产生与整形	192
7.1 多谐振荡器	192
7.1.1 非对称式多谐振荡器	192
7.1.2 对称式多谐振荡器	194
7.1.3 石英晶体多谐振荡器	195
7.2 施密特触发器	196
7.2.1 施密特触发器的功能	196
7.2.2 由 CMOS 门构成的施密特触发器	196
7.2.3 集成施密特触发器	198
7.2.4 施密特触发器的应用	199
7.3 单稳态触发器	201
7.3.1 用门电路组成的单稳态触发器	201
7.3.2 集成单稳态触发器	204
7.3.3 单稳态触发器的应用	205
7.4 555 定时器及其应用	206
7.4.1 555 定时器的电路组成与功能	206
7.4.2 用 555 定时器构成施密特触发器	208
7.4.3 用 555 定时器构成多谐振荡器	210
7.4.4 用 555 定时器构成单稳态触发器	212
第 7 章小结	213
习题 7	214
8 数/模和模/数转换器	218
8.1 D/A 转换器	218
8.1.1 D/A 转换器的基本概念	218
8.1.2 权电阻网络 D/A 转换器	219
8.1.3 倒 T 形电阻网络 D/A 转换器	221
8.1.4 权电流 D/A 转换器	222
8.1.5 集成 D/A 转换器及其应用	223
8.2 A/D 转换器	225
8.2.1 A/D 转换器的基本概念	225
8.2.2 常见的 A/D 转换器	227
8.2.3 集成 A/D 转换器	233
第 8 章小结	234
习题 8	235
附录	236
附录 A 半导体集成电路型号命名法(根据国家标准 GB 3420—82)	236
附录 B 常用 CMOS 门电路的型号、参数及外部引线排列图	238
附录 C 常用 TTL 门电路的型号、参数及外部引线排列图	242

附录 D 集成触发器的主要性能参数	246
附录 E 四位双向移位寄存器 T1194、T3194、T4194 的主要性能参数	248
附录 F 同步十六进制计数器 T1161、T4161 和同步十进制计数器 T1160、T4160 的 主要性能参数	249
附录 G 555 定时器的性能参数	250
附录 H PAL 器件的型号命名法和逻辑符号	253
附录 I GAL 器件型号命名法	255
参考文献	256

1 数字电路基础

在电子技术中,被传递、加工和处理的信号可以分为两大类:一类信号是模拟信号,另一类信号是数字信号。模拟信号的特征是:无论从时间上或从信号的大小上来看,它的变化都是连续的;用来传递、加工和处理模拟信号的电路叫模拟电路,其最典型的电路就是各种各样的放大器。数字信号的特征是:无论从时间上或从大小上看,其变化都是离散的,或者说不连续的;用来传递、加工和处理数字信号的电路叫数字电路,数字电路可用来实现各种逻辑功能。与模拟电路相比较,数字电路具有以下一些特点:

(1)数字电路中一般都采用二进制。凡具有两个稳定状态的元件,其两种不同的状态都可用来表示二进制数的两个数码“0”和“1”,所以数字电路基本单元电路简单,对电路中各元件参数的精度要求不高,只要能正确区分两种截然不同的状态即可。因此,数字电路集成化比较容易,且集成度可提高。

(2)数字电路抗干扰能力强。因为数字电路传递、加工和处理的是只有0和1的二值信号,不易受外界的干扰。数字电路可以用增加二进制数的位数的方法来提高电路的精度,因此,信号在传递、加工和处理过程中可以较容易地提高精度。

(3)数字信号便于长期存储。目前广泛使用的各种硬磁盘、软磁盘及光盘等都是存储二值信号的部件,这样,一方面可以使大量宝贵的信息资源得以妥善保存,另一方面可以大大压缩存储空间,使用起来也十分方便。这个优点在当今信息时代尤其重要。

(4)数字信号保密性好。在数字电路中可以进行加密处理,使宝贵的信息资源不被窃取。

(5)在数字电路中可以采用标准的逻辑部件和可编程逻辑器件来构成各种数字系统,又加上目前利用的计算机仿真技术、自上而下的模块化设计以及在系统编程等现代数字系统的设计方法,使设计更加方便,使用更加灵活。

由于数字电路具有上述特点,故其发展十分迅速,在电子计算机、数控技术、网络技术、通信技术、数字仪表等各个方面都得到了越来越广泛的应用。

1.1 数制和码制

一个数通常可以用两种不同的方法来表示,一种是选定某种进位制来表示某个数的值,这就是所谓的数制;另一种是用一组编码的形式表示出一组数的值。本节将阐述各种数制及其相互转换、各种码制的特点。

1.1.1 常用数制及其相互转换

同一个数可以采用不同进位的计数制来计量,人们习惯用十进制计数制,而在数字电路

中常用二进制、八进制和十六进制计数制。

1.1.1.1 十进制

十进制计数制简称十进制,它用 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 十个数字符号的不同组合来表示一个数,当任何一位数比 9 大 1 时则向相邻的高位进 1,本位复 0,叫做“逢十进一”。同一个数字符号在不同的数位时所代表的数值不同,某位的 1 所表示的值称为该位的“权”。例如:

$$234.58 = 2 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 4 \times 10^0 + 5 \times 10^{-1} + 8 \times 10^{-2}$$

显然,任意一个十进制数 N 可以表示为:

$$(N)_{10} = K_{n-1} \cdot 10^{n-1} + K_{n-2} \cdot 10^{n-2} + \cdots + K_1 \cdot 10^1 + K_0 \cdot 10^0 + K_{-1} \cdot 10^{-1} + K_{-2} \cdot 10^{-2} + \cdots + K_{-m} \cdot 10^{-m} \quad (1.1)$$

式中: n, m 为正整数; K_i 为系数,是十进制十个数字符号中的某一个。

由十进制数类推到 x 进制数, $(N)_x$ 可以表示为:

$$(N)_x = K_{n-1} \cdot x^{n-1} + K_{n-2} \cdot x^{n-2} + \cdots + K_1 x^1 + K_0 x^0 + K_{-1} x^{-1} + K_{-2} x^{-2} + \cdots + K_{-m} x^{-m} \quad (1.2)$$

式中: x^i 为位权; K_i 为相应的系数。

由以上叙述可见,数字符号的个数、进位的情况及表达式中每位的“权”是构成数制的三大要素,我们使用的任意进制都是如此。

1.1.1.2 二进制

二进制是在数字电路中应用最广的计数体制。它只有两个数字符号 0 和 1,其计数规律为“逢二进一”。当 1+1 时,本位复 0,并向相邻高位进 1,即 1+1=10(读作“壹零”或“么零”)。二进制数各位的“权”为 2 的幂,可以表示为:

$$(N)_2 = K_{n-1} \cdot 2^{n-1} + K_{n-2} \cdot 2^{n-2} + \cdots + K_1 \cdot 2^1 + K_0 \cdot 2^0 + K_{-1} \cdot 2^{-1} + K_{-2} \cdot 2^{-2} + \cdots + K_{-m} \cdot 2^{-m} \quad (1.3)$$

式中: K_i 为系数; 2^i 为位权。例如:

$$(1101.1011)_2 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} + 1 \times 2^{-4}$$

由式(1.3)可以看出,将二进制数转换为十进制数是十分方便的,如上例可以直接得出

$$(1101.1011)_2 = (13.6875)_{10}$$

反过来,十进制数也可以转换为二进制数,转换时,其整数部分和小数部分要分别进行。整数部分可以采用连续除 2 取余数法,最后得到的余数为二进制数整数部分的高位;小数部分采用连续乘 2 取整数法,最先得到的整数为二进制数小数部分的高位。例如,将上例中 13.6875 转换为二进制数:

$K_0 \cdots \cdots 1$	<u>13</u>	$0.6875 \times 2 = 1.375$	$K_{-1} = 1$
$K_1 \cdots \cdots 0$	<u>6</u>	$0.375 \times 2 = 0.75$	$K_{-2} = 0$
$K_2 \cdots \cdots 1$	<u>3</u>	$0.75 \times 2 = 1.5$	$K_{-3} = 1$
$K_3 \cdots \cdots \cdots 1$		$0.5 \times 2 = 1$	$K_{-4} = 1$

最后得到 $(13.6875)_{10} = (1101.1011)_2$ 。

由于多位二进制数不便识别和记忆,故在数字系统中广泛使用八进制和十六进制。

1.1.1.3 八进制

在八进制数中,有 0~7 八个数字符号,低位和相邻高位间的关系是“逢八进一”,各位数的位权为 8 的幂,可以表示为:

$$(N)_8 = K_{n-1} \cdot 8^{n-1} + K_{n-2} \cdot 8^{n-2} + \cdots + K_1 \cdot 8^1 + K_0 \cdot 8^0 + K_{-1} \cdot 8^{-1} + K_{-2} \cdot 8^{-2} + \cdots + K_{-m} \cdot 8^{-m} \quad (1.4)$$

由于 $2^3 = 8$,故八进制数与二进制数的相互转换很方便。只要将 1 位八进制数直接转换为 3 位二进制数,即构成等值的二进制数,例如:

$$(72.5)_8 = (111010.101)_2$$

式中:二进制数的整数部分高三位 111 由 7 转换而来,低三位 010 由 2 转换而来,小数部分 101 由 5 转换而来。反之,可将 3 位二进制数直接转换为 1 位八进制数,即构成等值的八进制数。例如:

$$(11001100.01)_2 = (314.2)_8$$

式中:二进制数的整数部分最高三位可看成为 011,转换为 3;小数部分最低位可看成为 010,转换为 2。

1.1.1.4 十六进制

在十六进制数中,有 16 个不同的数字符号:0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E,F。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,可以表示为:

$$(N)_{16} = K_{n-1} \cdot 16^{n-1} + K_{n-2} \cdot 16^{n-2} + \cdots + K_1 \cdot 16^1 + K_0 \cdot 16^0 + K_{-1} \cdot 16^{-1} + K_{-2} \cdot 16^{-2} + \cdots + K_{-m} \cdot 16^{-m} \quad (1.5)$$

由于 $2^4 = 16$,故十六进制数转换为等值的二进制数,只需将 1 位十六进制数转换为 4 位二进制数。而 4 位二进制数转换为 1 位十六进制数也可得到等值的十六进制数。例如:

$$(9E.3)_{16} = (10011110.0011)_2,$$

$$(1101100.011)_2 = (6C.6)_{16}$$

上式是通过将整数部分最高位前补 0,小数部分最低位后补 0,补足 4 位后再转换为十六进制数。

由于二进制与八进制、十六进制数间的相互转换十分方便快捷,故在书写计算机程序时广泛使用八进制和十六进制。

表 1.1 为上述 4 种进制相互转换对照表。

表 1.1 几种常用计数进制对照表

十进制	二进制	八进制	十六进制
0	0 0 0 0	0	0
1	0 0 0 1	1	1
2	0 0 1 0	2	2
3	0 0 1 1	3	3
4	0 1 0 0	4	4
5	0 1 0 1	5	5
6	0 1 1 0	6	6
7	0 1 1 1	7	7

续表 1.1

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

1.1.2 码制

数字系统处理的信息,一类是数值,另一类是文字和符号,它们都可用多位二进制码来表示,这种多位二进制数叫做代码,给每个代码赋以一定的含义叫做编码。若需编码的信息数量为 N ,则用作代码的一组二进制数的位数应满足 $2^n \geq N$ 。

在数字电路中常使用二-十进制码(BCD 码)和格雷码。下面分别介绍这两种码制的特点。

1.1.2.1 二-十进制(BCD)码

所谓二-十进制码,就是用 4 位二进制数的代码来表示 1 位十进制数。4 位二进制数有 16 种不同的组合作为代码,而十进制数的 10 个数字符号只需用其中的 10 种组合来表示,而从 16 种组合中选择 10 种组合可以有很多种方案,常用的方案如表 1.2 所示。由表可以看出,同一代码在不同的编码中具有不同的含义。如 0011 代码,在 8421 码、2421 码、5421 码中代表 3,在余 3 码中代表 0,在循环码(见表 1.3)中代表 2。在表 1.2 中,8421 码、2421 码(A)、(B)和 5421 码都是有权码,它们共同的特点是每位二进制数都具有一固定的权值。而余 3 码、循环码等都是无权码,因为每位二进制数没有固定的权位。

表 1.2 几种常用的二-十进制码

代码种类 十进制数	8421 码	2421(A)码	2421(B)码	5211 码	余 3 码
0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 1 1
1	0 0 0 1	0 0 0 1	0 0 0 1	0 0 0 1	0 1 0 0
2	0 0 1 0	0 0 1 0	0 0 1 0	0 1 0 0	0 1 0 1
3	0 0 1 1	0 0 1 1	0 0 1 1	0 1 0 1	0 1 1 0
4	0 1 0 0	0 1 0 0	0 1 0 0	0 1 1 1	0 1 1 1
5	0 1 0 1	0 1 0 1	1 0 1 1	1 0 0 0	1 0 0 0
6	0 1 1 0	0 1 1 0	1 1 0 0	1 0 0 1	1 0 0 1
7	0 1 1 1	0 1 1 1	1 1 0 1	1 1 0 0	1 0 1 0
8	1 0 0 0	1 1 1 0	1 1 1 0	1 1 0 1	1 0 1 1
9	1 0 0 1	1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 0 0
权	8 4 2 1	2 4 2 1	2 4 2 1	5 2 1 1	

1.1.2.2 格雷码

格雷码的特点是:相邻两个代码之间仅有一位不同,其余各位均相同。计数电路按格雷码计数时,每次状态更新仅有一位代码变化,减少了出错的可能性。格雷码属于无权码。它也有多种代码形式,其中最常用的一种是表 1.3 中所示的循环码。在循环码中,不仅相邻两个代码中只有一位不同,而且首(0)尾(15)两个代码也仅有一个不同,构成一个循环。

表 1.3 四位循环码编码表

十进制数	循环码	十进制数	循环码
0	0 0 0 0	15	1 0 0 0
1	0 0 0 1	14	1 0 0 1
2	0 0 1 1	13	1 0 1 1
3	0 0 1 0	12	1 0 1 0
4	0 1 1 0	11	1 1 1 0
5	0 1 1 1	10	1 1 1 1
6	0 1 0 1	9	1 1 0 1
7	0 1 0 0	8	1 1 0 0

例 1.1 将 $(100110000111)_{\text{BCD}}$ 转换为十进制数。

解 8421BCD 码以 4 位二进制数作为十进制数的 1 位,所以

$$(100110000111)_{\text{BCD}} = (987)_{10}$$

1.2 逻辑代数基础

逻辑代数是英国数学家乔治·布尔(Gerege·Boole)于 1847 年在他的著作中首先进行论述的,所以又称布尔代数。因为布尔代数所研究的是二值变量的运算规律,而 0 和 1 又分别代表事物在逻辑上对立的两种状态,所以又称之为逻辑代数。逻辑代数在运算中的一些规律既不同于十进制运算(因其只有 0 和 1 两个值),又不同于二进制算术运算,逻辑代数中的 0 和 1 与二进制数中的 0 和 1 有不同的含义。例如,它们可分别表示开关的接通和断开,信号的有和无,电位的高和低,门的开和关……所以,在逻辑代数中不存在进位,即 $1+1=1$,而不是 $1+1=10$ (二进制代数)。至于在某个问题上 0 和 1 究竟具有什么样的意义,则要研究者本人根据具体情况而设定。

1.2.1 逻辑代数的 3 种基本运算

“加、减、乘、除”是一般算术、代数运算的最基本的四则运算,而逻辑代数中有与、或、非 3 种基本逻辑运算,利用指示灯的控制电路可以比较直观地了解这 3 种逻辑运算的含义。

假设这个逻辑问题的输入变量为开关,并以 A 和 B 表示之;输出变量为指示灯,以 Y 表示。在进行逻辑抽象时,以 0 表示开关断开和指示灯暗的输入输出状态;以 1 表示开关接通和指示灯亮的输入输出状态。0 和 1 表示了事物的两种对立的状态。

1.2.1.1 与运算

图 1-1 是用来说明“逻辑与”这一基本概念的电。在图中,要发生的事件是灯亮与否,而该事件发生的条件是开关接通与否。根据电路可列出表 1.4(a)。根据上面设立的情况(即以开关接通和灯亮为 1,以开关断开和灯灭为 0)就可将表 1.4(a)变换成表 1.4(b)。表 1.4(b)列出了所有可能出现的输入情况,并以 0 和 1 表示事物的状态,称之为真值表。真值表是逻辑函数的第 1 种表示方法。

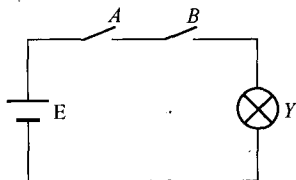


图 1-1 串联开关电路

表 1.4(a) 与逻辑关系表

开关 A	开关 B	灯 Y
断	断	灭
断	通	灭
通	断	灭
通	通	亮

表 1.4(b) 与逻辑真值表

A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

显然,只有当开关 A 和 B 同时接通时灯才会亮,故“逻辑与”可以定义如下:只有决定一件事情的所有条件都满足时,这件事情才会发生。逻辑与又称为逻辑乘,可以用 $Y = A \cdot B$ 来表示。逻辑与运算可以推广到多个逻辑变量,即

$$Y = A \cdot B \cdot C \cdots \quad (1.6)$$

式(1.6)称为逻辑函数式,简称逻辑式。逻辑式是逻辑函数的第 2 种表示方法。

在数字电路中,实现逻辑与运算的单元电路叫与门,与的逻辑符号如图 1-2 所示。逻辑符号是逻辑函数的第 3 种表示方法。需要说明的是,现在教材中通用的有常用符号和国标符号两种,本书将在每种符号第 1 次出现时列出这两种符号,以便读者对照。同一种逻辑符号再次出现时,将只以常用符号表示。

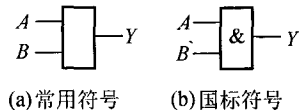


图 1-2 与的逻辑符号

真值表、逻辑式和逻辑符号都可以表示同一种逻辑功能,它们是等效的,若知其中之一,便可以知道其他两种。除了上述 3 种表示方法外,逻辑功能还可以用卡诺图和时序波形图来表示,将在本章第 3 节和第 2 章中加以介绍。

1.2.1.2 或运算

图 1-3 是用来说明逻辑或运算的基本概念的电路。表 1.5 是逻辑或的真值表。表中仍以 1 表示灯亮和开关接通,0 表示灯灭和开关断开。

显然,在图 1-3 中,只要开关 A 或 B 中有任一闭合,灯亮这件事即可发生。或逻辑可定义如下:决定一件事情的多个条件中只要有一个条件满足,这件事情就发生。逻辑或运算可以表示为 $Y = A + B$,又称逻辑加;若有多个变量则可推广为

$$Y = A + B + C + \cdots \quad (1.7)$$

实现或运算的单元电路叫或门,或的逻辑符号如图 1-4 所示。