

“十三五”高等教育电子类规划教材

数字电子技术基础

SHUZI DIANZI JISHU JICHU

主 编 刘 芳 邵雅斌 张永志

副主编 陈 晨 吴和静 赵 龙



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

育电子类规划教材

数字电子技术基础

主 编 刘 芳 邵雅斌 张永志

副主编 陈 晨 吴和静 赵 龙



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

本书从应用的角度出发,全面介绍了数字电子技术的基本概念、基础理论和基本分析方法。全书共8章,主要内容包括数字逻辑基础、门电路、组合逻辑门电路、触发器、时序逻辑电路、半导体存储器、模拟量和数字量的转换以及数字电路的综合应用。

本书将理论与实践相结合,注重体现知识的实用性和前沿性。本书可作为电子信息、通信、电气、自动化、计算机和机电等专业学习数字电子技术课程及相关课程的教材或参考书,也可供上述学科或相关学科工程技术人员参考,还可作为电子产品制作、科技创新实践、课程设计和毕业设计等实践活动的指导书。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术基础/刘芳,邵雅斌,张永志主编.--北京:北京邮电大学出版社,2018.7

ISBN 978-7-5635-5499-7

I. ①数… II. ①刘… ②邵… ③张… III. ①数字电路—电子技术—高等学校—教材 IV. ①TN79

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第159115号

书 名:数字电子技术基础

著作责任者:刘芳 邵雅斌 张永志 主编

责任编辑:满志文 穆菁菁

出版发行:北京邮电大学出版社

社 址:北京市海淀区西土城路10号(邮编:100876)

发 行 部:电话:010-62282185 传真:010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销:各地新华书店

印 刷:北京玺诚印务有限公司

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

印 张:11.5

字 数:292千字

版 次:2018年8月第1版 2018年8月第1次印刷

ISBN 978-7-5635-5499-7

定 价:29.90元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

前 言

随着电子科学技术的高速发展,微电子技术和集成电路的广泛应用,以及电子信息技术的发展对国民经济、科学技术、国防等领域日益深入的影响和渗透,当今的电子产品逐步趋于数字化、集成化,数字电子技术的知识在相关专业的地位越来越重要。

为了适应电子技术的飞速发展和社会需求,高等教育对电子、计算机、电气、通信等信息类专业人才的培养提出了更高要求,教材内容的更新和定位面临新的挑战。

编者在多年从事“数字电子技术”课程的教学改革和教学实践的基础上,总结了理论和实践教学的经验,结合新技术的发展,纵观国内外相关课程教材,针对学生在学习中经常遇到的困难,尝试采用理论与实践相结合的教学模式,本着理论够用,着眼应用的原则,编写了这本以应用为主线,结合学科新技术发展的教材。

本书主要研究各种逻辑门电路、集成器件的功能及其应用,组合逻辑门电路和时序逻辑电路的分析和设计、集成芯片各引脚功能、555 定时器等内容。随着计算机科学与技术突飞猛进的发展,用数字电路进行信号处理的优势也更加突出。全书共 8 章,由黑龙江东方学院刘芳、邵雅斌,黑龙江大学张永志任主编,黑龙江东方学院陈晨、吴和静、赵龙任副主编。其中第 4 章和第 5 章由刘芳编写,第 3 章和第 6 章由邵雅斌编写,第 7 章由张永志编写,第 8 章由陈晨编写,第 1 章由吴和静编写,第 2 章由赵龙编写。全书由刘芳负责策划、组织和定稿,邵雅斌、张永志负责审稿校对工作。

在本书编写过程中,作者借鉴了许多优秀教材和技术专家的宝贵经验和技术资料,得到了北京邮电大学出版社的大力支持与帮助,在此深表谢意。同时诚挚地感谢黑龙江东方学院王培东教授和沈永良教授,他们多年来与编者一起开展的理论和实践教学改革工作,为本书内容的编写奠定了基础。

限于编者水平,疏漏之处在所难免,敬请业界同人和读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 数字逻辑基础	1
1.1 概述	1
1.1.1 数字电路	1
1.1.2 数字信号的表示方法	1
1.2 数制和码制	3
1.2.1 数制	3
1.2.2 码制	4
练习与思考	5
1.3 逻辑代数	5
1.3.1 基本逻辑运算	5
1.3.2 复合逻辑关系	6
1.3.3 逻辑代数的公式和定则	7
练习与思考	8
1.4 逻辑函数	8
1.4.1 逻辑函数的表示方法	9
1.4.2 逻辑函数的化简方法	9
练习与思考	12
本章小结	12
本章习题	13
第 2 章 门电路	18
2.1 概述	18
2.2 分立元件的基本逻辑门电路	19
2.2.1 半导体的基本知识	19
2.2.2 半导体二极管、三极管和 MOS 管的开关特性	22
练习与思考	29
2.3 二极管门电路	29

2.3.1	二极管与门电路	29
2.3.2	二极管或门电路	30
2.3.3	三极管非门电路	31
2.3.4	基本逻辑门电路的组合	31
练习与思考		33
2.4	TTL 集成门电路	33
2.4.1	TTL 与非门	33
2.4.2	TTL 三态门	35
2.4.3	集电极开路与非门	36
练习与思考		37
2.5	MOS 门电路	38
2.5.1	CMOS 非门	38
2.5.2	CMOS 与非门	38
2.5.3	CMOS 或非门	39
2.5.4	CMOS 传输门	40
2.5.5	CMOS 门电路使用时的注意事项	40
练习与思考		41
2.6	各类逻辑门性能比较	41
本章小结		42
本章习题		42
第 3 章 组合逻辑门电路		48
3.1	概述	48
3.2	组合逻辑电路的分析和设计	49
3.2.1	组合逻辑电路的分析	49
3.2.2	组合逻辑电路的设计	52
练习与思考		55
3.3	常用中规模集成组合逻辑电路	55
3.3.1	编码器	55
3.3.2	译码器和数字显示译码器	61
3.3.3	加法器	69
3.3.4	数据选择器	73
3.3.5	数值比较器	76
3.4	组合逻辑电路中的竞争-冒险现象	78
3.4.1	竞争-冒险现象	78

3.4.2 竞争-冒险现象的判别方法	79
3.4.3 竞争-冒险现象的消除方法	80
本章小结	80
本章习题	81
第4章 触发器	86
4.1 概述	86
4.2 RS 触发器	86
4.2.1 基本 RS 触发器	86
4.2.2 同步 RS 触发器	89
4.3 D 触发器	90
4.3.1 同步 D 触发器	90
4.3.2 边沿 D 触发器	91
4.4 边沿 JK 触发器	93
4.5 T 触发器和 T' 触发器	94
4.6 触发器逻辑功能的转换	95
4.7 触发器的参数	96
练习与思考	97
本章小结	97
本章习题	98
第5章 时序逻辑电路	102
5.1 概述	102
5.2 时序逻辑电路的分析方法和设计方法	103
5.2.1 时序逻辑电路的分析方法	103
5.2.2 同步时序逻辑电路的设计	106
练习与思考	110
5.3 计数器	110
5.3.1 二进制计数器	111
5.3.2 十进制计数器	115
5.3.3 任意进制计数器	118
5.4 寄存器	120
5.4.1 数码寄存器	120
5.4.2 移位寄存器	121
练习与思考	124



5.5 由 555 定时器组成的单稳态触发器和无稳态触发器	124
5.5.1 脉冲信号	124
5.5.2 555 定时器	125
5.5.3 用 555 定时器组成多谐振荡器	126
5.5.4 用 555 定时器组成单稳态触发器	127
练习与思考	128
本章小结	129
本章习题	129
第 6 章 半导体存储器	136
6.1 只读存储器	136
6.1.1 只读存储器的电路组成	136
6.1.2 只读存储器的工作原理	137
6.1.3 只读存储器的应用举例	139
练习与思考	141
6.2 随机存取存储器	141
6.2.1 RAM 的结构和工作原理	141
6.2.2 RAM 芯片介绍	142
6.2.3 RAM 的扩展	143
练习与思考	145
本章小结	145
本章习题	145
第 7 章 模拟量和数字量的转换	148
7.1 D/A 转换器	148
7.1.1 D/A 转换器的基本原理	149
7.1.2 D/A 转换器的主要技术指标	153
7.2 A/D 转换器	153
7.2.1 逐次逼近型 A/D 转换器	154
7.2.2 A/D 转换器的主要技术指标	155
练习与思考	156
本章小结	156
本章习题	156
第 8 章 数字电路的综合应用	158
8.1 抢 答 器	158

8.1.1	设计说明	158
8.1.2	设计任务	158
8.1.3	功能分析	158
8.1.4	参考元器件	162
8.2	数码转换电路	162
8.2.1	设计说明	162
8.2.2	设计任务	162
8.2.3	功能分析	162
8.2.4	参考元器件	165
8.3	数字电子钟的设计	165
8.3.1	设计说明	165
8.3.2	设计任务	165
8.3.3	功能说明	166
8.3.4	参考元器件	168
8.4	交通灯控制逻辑电路设计	168
8.4.1	设计说明	168
8.4.2	设计任务	168
8.4.3	功能说明	170
8.4.4	参考元器件	173
参考文献		174

第 1 章

数字逻辑基础

◆ 1.1 概 述 ◆

1.1.1 数字电路

存在于自然界的物理量有很多种,根据它们变化的规律可以分为两大类:模拟量和数字量。以温度为例,温度信号在时间上和数值上是连续变化的,因此,这种在时间上和数值上连续变化的物理量称为模拟量。将表示模拟量的信号称为模拟信号,模拟信号在任一时刻的数值大小可以是任意数值;而另一类物理量则在时间上和数值上是离散变化的,以传送带上是否有零件这个信号为例,这个物理量在时间上和数量上是离散的,零件信号只能用有或者没有来定义,并没有数值上的连续变化,这一类物理量称为数字量。将表示数字量的信号称为数字信号,所以数字信号在任意时刻的数值只能取两个:0 或 1,反映在电路状态上为高电平或者低电平,如图 1-1 所示,把工作数字信号下的电子电路称为数字电路。

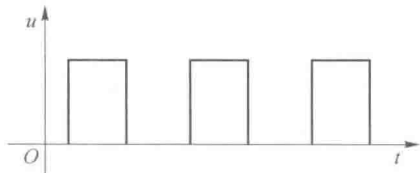


图 1-1 数字信号

1.1.2 数字信号的表示方法

由于数字信号的特点,数字信号的表现形式均为数码,数字电路便是用数字来“处理”信息的,以方便实现计算和操作的电子电路。数字电路的功能可以归纳如下。

- (1) 将真实的状态转换成数字电路能够处理的二进制信息;
- (2) 进行的计算和操作只针对 0 和 1;
- (3) 将处理后的数字结果转换为可以理解的现实的状态信息。

1. 二值逻辑

在数字电路中,既可以用 0 和 1 组成二进制数,表示数量大小,也可以用其表示一个事物的两种不同的逻辑状态,这是两种完全不同的使用方式,要注意严格区别。当表示数量时,可

以进行数值运算,称为算术运算;当表示逻辑状态时,如是与否,真与假,有与无,开与关,高与低,亮与灭等,这里 0、1 不再表示数值大小,而是逻辑 0 和逻辑 1。这种表示对立逻辑状态的逻辑关系称为二值逻辑,用 0 和 1 表示逻辑关系时,二进制数进行的是逻辑运算。

2. 逻辑电平

在数字电路中,用电平高低来表示逻辑 0 和逻辑 1。如何用高低电平代表逻辑 0 和逻辑 1 两种逻辑状态呢?如果用高电平表示逻辑 1,用低电平表示逻辑 0 则为正逻辑;反之为反逻辑。

高电平和低电平的数值根据不同工艺的数字集成电路,逻辑标准也不同。当电源电压为 5 V 时,数字集成电路的两大类 TTL(Transistor Transistor Logic)和 CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)电路对应的逻辑电平标准,如表 1-1 所示。

表 1-1 数字电路的逻辑电平标准

输入与输出 电路类型	输入电平/V		输出电平/V	
	低电平(V_{IL})	高电平(V_{IH})	低电平(V_{OL})	高电平(V_{OH})
TTL	0.0~0.8	2.0~5	0.0~0.4	2.4~5
CMOS	0.0~1.5	3.6~5	0.0~0.5	4.4~5

表 1-1 表明,不同工艺的数字电路具有不同的逻辑电平标准,当输入信号符合高/低电平要求时,信号才能被识别;否则信号不能被可靠识别,容易造成逻辑错误。

3. 波形图

数字变量除了用高电平/低电平、逻辑 1/逻辑 0 来表示外,还可以用一种更直观表示方法,即波形图表示。由于数字信号采用二值逻辑,所以其波形图只有高低电平两种状态,如图 1-2 所示。

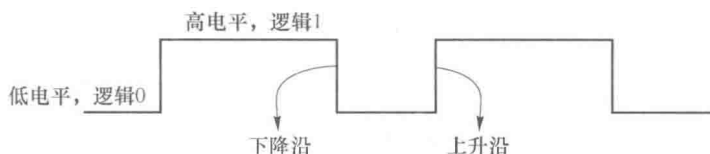


图 1-2 二值逻辑的波形图

如果将数字电路的输入信号和输出信号的关系按时间顺序依次排列起来,就得到了波形图,又称为时序图。图 1-2 所示为理想脉冲波形图,理想的脉冲波形只要用 3 个参数便可以描述清楚,即脉冲幅度 U_m 、 T 、 T_w ,相应的模拟量转换成数字量的高低电平,即为数字波形图,而实际的脉冲波形,如图 1-3 所示。

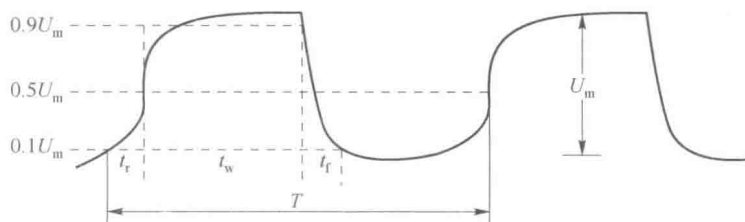


图 1-3 实际的脉冲波形示意图



图 1-3 中所示各参数的定义如下所示。

- (1) 脉冲幅度 U_m : 脉冲电压的最大变化幅度。
- (2) 上升时间 t_r : 脉冲上升沿从 $0.1U_m$ 上升到 $0.9U_m$ 所需的时间。
- (3) 下降时间 t_f : 脉冲上升沿从 $0.9U_m$ 下降到 $0.1U_m$ 所需的时间。
- (4) 下降时间 t_w : 脉冲上升沿到达 $0.5U_m$ 起, 到脉冲下降沿到达 $0.5U_m$ 为止的一段时间。
- (5) 脉冲周期 T : 在周期性脉冲信号中, 两个相邻脉冲的前沿之间或后沿之间的时间间隔。
- (6) 脉冲频率 f : 在单位时间内(1 s)脉冲信号重复出现的次数, 用 f 表示, $f=1/T$ 。
- (7) 占空比 q : 脉冲宽度 t_w 与脉冲周期 T 的比值, 即 $q=t_w/T$ 。

一般情况下, 波形的上升或下降时间都很小, 而在数字电路中只关注逻辑电平的高低, 因此在画数字波形时忽略了上升和下降时间。本书中所用的数字波形将采用理想波形。

◆ 1.2 数制和码制 ◆

数字电路讨论的是逻辑关系的问题, 所以采用的是二进制。在现实生活中, 人们习惯使用十进制。为了既符合人们的习惯又适用于数字电路, 通常会进行进制的转换。而二进制数由于太长而使得记录不方便, 所以又会采用八进制或者十六进制进行辅助计数。本节简要介绍十进制、二进制、十六进制以及各进制之间的相互转换。对于一些事物也需要进行数字化处理, 所以本节也介绍了几种常用的编码。

1.2.1 数制

1. 十进制

十进制是最常使用的进位计数制。有 $0\sim 9$ 十个数码, 它的计数规律是“逢十进一”。例如:

$$115.24 = 1 \times 10^2 + 1 \times 10^1 + 5 \times 10^0 + 2 \times 10^{-1} + 4 \times 10^{-2}$$

任意十进制数 D 均可以表示为

$$D = \sum (D_i \times 10^i)$$

2. 二进制

二进制是数字电路能够处理的数制, 只有 0 和 1 两个数字符号, 每位的基数是 2, 计数规律是“逢二进一”。例如:

$$(1101.01)_2 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = (13.25)_{10}$$

任意十进制数 D 均可以表示为

$$D = \sum (D_i \times 2^i)$$

3. 十六进制

十六进制有 $0\sim 9$ 、A~F 16 个数字符号, 每位的基数是 16, 计数规律是“逢十六进一”。例如:

$$(18F.7B)_{16}=1\times16^2+8\times16^1+15\times16^0+7\times16^{-1}+11\times16^{-2}=(399.480)_{10}$$

任意十进制数 D 均可以表示为

$$D=\sum (D_i\times16^i)$$

1.2.2 码制

数字电路所处理的只能是二进制数码,所以二进制数码除了用于表示一些数值之外,还要用来表达一些状态信息。例如,用 0 表示低电平,用 1 表示高电平等。这些表示特定状态信息的二进制数码被称为二进制代码。本节介绍以下几种常用的二进制代码。

1. BCD 码

BCD 码是用一组 4 位二进制代码表示 0~9 这 10 个十进制数的代码。它可以分为有权码和无权码,有权码是指每位都有固定的权值,该代码所代表的十进制数为每位加权之和,而无权码则无须加权。

表 1-2 所示为常见的 BCD 码。

表 1-2 常见的 BCD 码

BCD 码 十进制数	有权码		无权码	
	8421 码	5421 码	余 3 码	格雷码
0	0000	0000	0011	0000
1	0001	0001	0100	0001
2	0010	0010	0101	0011
3	0011	0011	0110	0010
4	0100	0100	0111	0110
5	0101	1000	1000	0111
6	0110	1001	1001	0101
7	0111	1010	1010	0100
8	1000	1011	1011	1100
9	1001	1100	1100	1101

2. ASCII 码

ASCII 码即为美国信息交换标准码,是一种对现代字母进行的数字编码,采用 7 位二进制数码来对字母、数字以及标点符号进行编码。ASCII 码用于微型计算机之间读取和输入信息。

表 1-3 所示是 ASCII 码对 26 个字母的编码表。

表 1-3 英文字母 ASCII 编码表

字 母	ASCII 码	字 母	ASCII 码
A	1000001	N	1001110
B	1000010	O	1001111
C	1000011	P	1010000
D	1000100	Q	1010001
E	1000101	R	1010010
F	1000110	S	1010011
G	1000111	T	1010100
H	1001000	U	1010101
I	1001001	V	1010110
J	1001010	W	1010111
K	1001011	X	1011000
L	1001100	Y	1011001
M	1001101	Z	1011010

◆ 练习与思考 ◆

- 1. 数字信号的特点是什么？
- 2. 说明进制之间互相转换的规律。
- 3. 什么是 8421BCD 码？
- 4. 什么是数制，什么是码制？

◆ 1.3 逻辑代数 ◆

逻辑代数是处理数字电路所需要的数学工具，也称布尔代数或二值代数，它利用逻辑变量和一些运算符组成逻辑函数表达式来描述事物的因果关系。逻辑变量可以用 A、B 等表示，但变量的取值只能为 0 或者 1，而逻辑函数的取值也只能是 0 或者 1。

1.3.1 基本逻辑运算

逻辑代数的 3 种基本运算分别为与、或、非。下面以如图 1-4 所示的 3 个简单电路对 3 种基本逻辑关系进行简要说明。

1. “与”表示的逻辑关系

当决定事件结果的所有条件全部具备时，结果才会发生。例如，在图 1-4(a)所示的电路中，只有在开关 A 和 B 都闭合时，灯 Y 才能亮，否则灯 Y 不会亮。这种灯亮与开关闭合的关系就称为与逻辑。

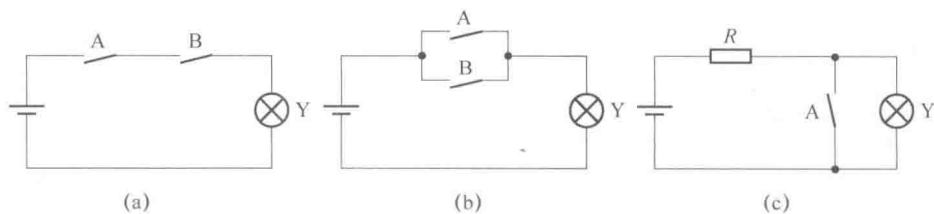


图 1-4 与、或、非 3 种基本逻辑关系的电路

2. “或”表示的逻辑关系

当决定事件结果的条件具备任何一个时,结果会发生。例如,在图 1-4(b)所示的电路中,只要开关 A 和 B 有一个闭合,灯 Y 就会亮。这种灯亮与开关闭合的关系就称为或逻辑。

3. “非”表示的逻辑关系

当决定事件结果的条件具备了,结果不会发生;而条件不具备时,结果反而会发生。例如,在图 1-4(c)所示的电路中,只要开关 A 闭合,灯 Y 就不会亮;只有当开关 A 断开时,灯 Y 才会亮。这种灯亮与开关闭合的关系就称为非逻辑。

如果用 A、B 表示开关的状态,其中,用 1 表示开关闭合,用 0 表示开关断开;用 Y 表示灯的状态,用 1 表示灯亮,用 0 表示灯灭。那么以上 3 种逻辑关系,可以分别用表 1-4、表 1-5、表 1-6 表示,这种表称为逻辑真值表,在后面会详细介绍。

表 1-4 与逻辑运算的真值表

输 入		输 出
A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

表 1-5 或逻辑运算的真值表

输 入		输 出
A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

表 1-6 非逻辑运算的真值表

输 入	输 出
A	Y
1	0
0	1

在逻辑代数中,逻辑关系也可以表示成逻辑表达式形式,以上 3 种基本逻辑关系的代数表达式可以写成如下形式。

与逻辑的代数表达式为: $Y = A \cdot B$ 。

或逻辑的代数表达式为: $Y = A + B$ 。

非逻辑的代数表达式为: $Y = \overline{A}$ 。

1.3.2 复合逻辑关系

与、或、非是 3 种基本的逻辑关系,其他复杂的逻辑关系由这 3 种基本逻辑关系组合得到,下面介绍几种较常用的复合逻辑关系。

1. 与非、或非、与或非逻辑运算

与非逻辑运算是与运算和非运算的组合,即 $Y = \overline{A \cdot B}$ 。

或非逻辑运算是或运算和非运算的组合,即 $Y = \overline{A + B}$ 。

与或非逻辑运算是与、或、非 3 种运算的组合,即 $Y = \overline{AB + CD}$ 。



2. 异或和同或逻辑运算

异或逻辑的含义是:当两个输入变量不同时,输出为1;当两个输入变量相同时,输出为0。异或运算的符号是 $\oplus$,真值表如表1-7所示,逻辑表达式为 $Y=A \oplus B=\overline{A}B+A\overline{B}$ 。

同或逻辑与异或逻辑相反,它表示当两个输入变量相同时,输出为1;当两个输入变量不同时,输出为0。同或运算的符号是 $\odot$,真值表如表1-8所示,逻辑表达式为 $Y=A \odot B=\overline{A}\overline{B}+AB$ 。

表 1-7 异或逻辑运算的真值表

输 入		输 出
A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

表 1-8 同或逻辑运算的真值表

输 入		输 出
A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

根据异或和同或的定义以及真值表可见,异或逻辑与同或逻辑互为反函数。

1.3.3 逻辑代数的公式和定理

1. 逻辑代数的公式

根据逻辑变量和逻辑运算的基本定义,可得出逻辑代数基本定律。

(1) 0-1 律公式:

$$0+A=A \quad 1 \cdot A=A \quad 1+A=1 \quad 0 \cdot A=0$$

(2) 重叠律公式:

$$A+A=A \quad A \cdot A=A$$

(3) 互补律公式:

$$A+\overline{A}=1 \quad A \cdot \overline{A}=0$$

(4) 交换律公式:

$$A+B=B+A \quad A \cdot B=B \cdot A$$

(5) 结合律公式:

$$A+(B+C)=(A+B)+C \quad A \cdot (B \cdot C)=(A \cdot B) \cdot C$$

(6) 分配律公式:

$$A(B+C)=AB+BC \quad A+BC=(A+B) \cdot (A+C)$$

(7) 否定律公式:

$$\overline{\overline{A}}=A$$

(8) 反演律(摩根定律)公式:

$$\overline{A+B}=\overline{A} \cdot \overline{B} \quad \overline{AB}=\overline{A}+\overline{B}$$

(9) 吸收律公式:

$$A+AB=A \quad A \cdot (A+B)=A$$

以上为基本公式,以下几个为常用的公式:

$$AB+A\overline{B}=A \quad A+\overline{A}B=A+B \quad AB+\overline{A}C+BC=AB+\overline{A}C$$

证明上述各等式可采用列真值表的方法,即分别列出等式两边逻辑表达式的真值表,若两个真值表完全一致,则表明两个表达式相等,公式得证。当然,也可以利用基本关系式进行代数证明。

2. 基本规则

逻辑代数中有 3 个重要的基本规则,即代入规则、反演规则及对偶规则,这些规则在逻辑代数证明、化简中应用。

(1) 代入规则:在逻辑函数表达式中,将凡是出现某变量的地方都用同一个逻辑函数代替,则等式仍然成立,这个规则称为代入规则。例如,已知 $A+AB=A$,将等式中所有出现 A 的地方都代入函数 $C+D$,则等式仍然成立,即 $(C+D)+(C+D)B=C+D$ 。

(2) 反演规则:将逻辑函数 Y 的表达式中所有的“ $\cdot$ ”变成“ $+$ ”,“ $+$ ”变成“ $\cdot$ ”;常量“0”变成“1”,“1”变成“0”;所有“原变量”变成“反变量”,“反变量”变成“原变量”,则所得的函数式就是原函数 Y 的反函数,这个规则称为反演规则。例如, $Y=A+\overline{B}\overline{D}+\overline{C}$,则根据反演规则, $\overline{Y}=\overline{A}\cdot(B+D)\cdot C$ 。

注意:使用反演规则时应保持原函数中的运算顺序,即先算括号里的,然后按先与后或的顺序运算。

(3) 对偶规则:将逻辑函数 Y 的表达式中所有的算符“ $\cdot$ ”变成“ $+$ ”,“ $+$ ”变成“ $\cdot$ ”;常量“0”变成“1”,“1”变成“0”,则得到一个新的逻辑函数 Y' , Y' 称为 Y 的对偶式。对偶规则为若某个逻辑恒等式成立,则它的对偶式也成立。例如, $Y=\overline{A}+BC$,则其对偶式 $Y'=\overline{A}(B+C)$ 。

注意:使用对偶规则时也应保持原函数中的运算顺序。

当需要证明两个等式相等时,可以通过证明它们的对偶式若相等,则原等式相等。

◆ 练习与思考 ◆

1. 逻辑代数和普通代数的哪些运算规则是相同的,分别是什么? 哪些是不同的,分别是什么?
2. 说明逻辑代数的三个规则。

◆ 1.4 逻辑函数 ◆

逻辑函数是用来描述逻辑问题的二进制函数,条件为自变量,结果为因变量,每给一组自变量值,因变量就会有一个确定的值与之对应,由此可以使自变量与因变量之间有确定的逻辑关系,这种逻辑关系即为逻辑函数。逻辑函数常见的表示方法有逻辑表达式、真值表、逻辑图和卡诺图 4 种,各种表示方法之间可以进行相互转换。其中真值表是逻辑函数的最基本形式,从真值表可以得出逻辑表达式及卡诺图,通过表达式可以画出逻辑图。卡诺图将在逻辑函数化简方法中详细介绍。