

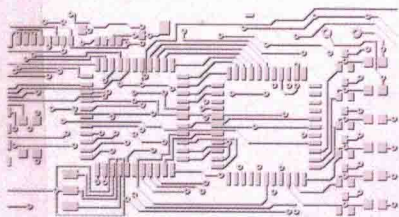


普通高等教育“十二五”规划教材

数字电子技术

SHUZI DIANZI JISHU

刘洋 陈瑶 主编



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com



普通高等教育“十二五”规划教材

数字电子技术

刘洋 陈瑶 主编



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com



本书根据高等院校数字电子技术课程教学的基本要求,结合作者多年来电子技术课程的教学实践精心编写,主要针对高校数字电子技术少学时需求,力图在较少的学时内,使读者理解数字电子技术的基本概念和知识、掌握与数字电子技术相关的解题方法,提高读者综合分析和应用数字电子技术的能力。

本书内容简明扼要,深入浅出,注重对学生能力的培养。本书可以作为电气信息、电子信息、通信工程类或者相关专业少学时数字电子技术课程的教材,也可供自学考试、成人教育和电子工程技术人员使用。

本 书 名 目 录

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术 / 刘洋, 陈瑶主编. -- 北京: 北京邮电大学出版社, 2017.1

ISBN 978-7-5635-4305-2

I. ①数… II. ①刘… ②陈… 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 (2016) 第 323788 号

书 名: 数字电子技术

著作责任者: 刘 洋 陈 瑶 主编

责任编辑: 徐振华 孙宏颖

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(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: 北京通州皇家印刷厂

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 12

字 数: 294 千字

版 次: 2017 年 1 月第 1 版 2017 年 1 月第 1 次印刷

前 言

本书遵循教育部电子信息科学与工程类基础课程教学指导分委员会修订的《数字电子技术基础课程教学基本要求》，强调数字电子技术这门课程的性质是“电子技术方面入门性质的技术基础课”，其任务在于“使学生获得数字电子技术方面的基本知识、基本理论和基本技能，为学生深入学习数字电子技术及其在专业中的应用打下基础”。

本书作者结合多年来的教学实践经验，在编写过程中注重理论联系实际、理论以应用为目的，着重讲清概念。本书难度适中。本书作者参考了大量的相关资料，充分考虑了本课程与其他相关课程的衔接，精心将本书编写成一本具有鲜明特色的书籍。

全书共八章，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、模拟量与数字量转换以及数字电路的综合应用。

本书特点：精选内容，推陈出新；加强基础，突出实践应用；章末增加本章小结，每章的最后都附有相关习题，方便学生检验对每章内容的掌握程度，具有很强的实用性。

本书由刘洋和陈瑶进行编写，刘洋负责第1、2、4、7章的编写，陈瑶负责编写第3、5、6、8章。

在本书的编写过程中，得到很多专家和同行的热情帮助，并参考和借鉴了许多国内公开发表的文章以及出版的教材，在此一并表示感谢。

由于时间仓促，作者水平有限，书中难免存在不足和疏漏之处，恳请广大读者批评指正，以便再版时修订。

2.1 概述	19
2.2 分立元件的基本逻辑门电路	20
2.2.1 半导体的基本知识	20
2.2.2 半导体二极管、三极管和 MOS 管的开关特性	24
2.2.3 三极管门电路	25
2.2.3.1 三极管与门电路	25
2.2.3.2 三极管或门电路	26
2.2.3.3 三极管非门电路	27
2.2.3.4 三极管与非门电路的组合	28

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
1.3 原码、反码和补码	5
1.3.1 原码、反码和补码的基本概念	5
1.3.2 用补码进行进制数运算	6
1.4 逻辑代数	7
1.4.1 基本逻辑运算	7
1.4.2 复合逻辑关系	8
1.4.3 逻辑代数的公式和定理	9
1.5 逻辑函数	10
1.5.1 逻辑函数的表示方法	10
1.5.2 逻辑函数的化简方法	11
本章小结	14
本章习题	14
第 2 章 门电路	19
2.1 概述	19
2.2 分立元件的基本逻辑门电路	20
2.2.1 半导体的基本知识	20
2.2.2 半导体二极管、三极管和 MOS 管的开关特性	24
2.3 二极管门电路	31
2.3.1 二极管与门电路	31
2.3.2 二极管或门电路	32
2.3.3 三极管非门电路	33
2.3.4 基本逻辑门电路的组合	33

2.4	TTL 集成门电路	35
2.4.1	TTL 与非门	35
2.4.2	TTL 三态门	37
2.4.3	集电极开路与非门	38
2.5	MOS 门电路	40
2.5.1	CMOS 非门	40
2.5.2	CMOS 与非门	40
2.5.3	CMOS 或非门	41
2.5.4	CMOS 传输门	42
2.5.5	CMOS 门电路使用时的注意事项	42
2.6	各类逻辑门性能比较	43
	本章小结	44
	本章习题	45
第 3 章	组合逻辑门电路	50
3.1	概述	50
3.2	组合逻辑电路的分析和设计	51
3.2.1	组合逻辑电路的分析	51
3.2.2	组合逻辑电路的设计	54
3.3	常用中规模集成组合逻辑电路	57
3.3.1	编码器	58
3.3.2	译码器和数字显示译码器	63
3.3.3	加法器	72
3.3.4	数据选择器	75
3.3.5	数值比较器	78
3.4	组合逻辑电路中的竞争-冒险现象	81
3.4.1	竞争-冒险现象	81
3.4.2	竞争-冒险现象的判别方法	82
3.4.3	竞争-冒险现象的消除方法	82
	本章小结	83
	本章习题	83
第 4 章	触发器	88
4.1	概述	88
4.2	RS 触发器	88
4.2.1	基本 RS 触发器	88
4.2.2	同步 RS 触发器和主从 RS 触发器	91
4.3	JK 触发器	93
4.4	D 触发器	95

4.5	T 触发器和 T' 触发器	97
4.6	触发器逻辑功能的转换	98
4.7	触发器的参数	100
	本章小结	100
	本章习题	101
第 5 章	时序逻辑电路	106
5.1	概述	106
5.2	时序逻辑电路的分析方法和设计方法	107
5.2.1	时序逻辑电路的分析方法	107
5.2.2	同步时序逻辑电路的设计	111
5.3	寄存器	114
5.3.1	数码寄存器	114
5.3.2	移位寄存器	115
5.4	计数器	118
5.4.1	二进制计数器	119
5.4.2	十进制计数器	123
5.4.3	任意进制计数器	126
5.5	由 555 定时器组成的单稳态触发器和无稳态触发器	128
5.5.1	脉冲信号	129
5.5.2	555 定时器	129
5.5.3	用 555 定时器组成多谐振荡器	131
5.5.4	用 555 定时器组成单稳态触发器	132
	本章小结	134
	本章习题	134
第 6 章	半导体存储器	141
6.1	只读存储器	141
6.1.1	只读存储器的电路组成	141
6.1.2	只读存储器的工作原理	142
6.1.3	只读存储器的应用举例	144
6.2	随机存取存储器	146
6.2.1	RAM 的结构和工作原理	147
6.2.2	RAM 芯片介绍	148
6.2.3	RAM 的扩展	148
	本章小结	151
	本章习题	151

第7章 模拟量和数字量的转换	154
7.1 D/A 转换器	154
7.1.1 D/A 转换器的基本原理	155
7.1.2 D/A 转换器的主要技术指标	159
7.2 A/D 转换器	159
7.2.1 逐次逼近型 A/D 转换器	160
7.2.2 A/D 转换器的主要技术指标	161
本章小结	162
本章习题	162
第8章 数字电路的综合应用	164
8.1 抢答器	164
8.1.1 设计说明	164
8.1.2 设计任务	164
8.1.3 功能分析	164
8.1.4 参考元器件	168
8.2 数码转换电路	168
8.2.1 设计说明	168
8.2.2 设计任务	168
8.2.3 功能分析	169
8.2.4 参考元器件	172
8.3 数字电子钟的设计	172
8.3.1 设计说明	172
8.3.2 设计任务	172
8.3.3 功能说明	172
8.3.4 参考元器件	176
8.4 交通灯控制逻辑电路设计	176
8.4.1 设计说明	176
8.4.2 设计任务	176
8.4.3 功能说明	177
8.4.4 参考元器件	180
参考文献	181

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来总结,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,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 或者 1,反映在电路状态上为高电平或者低电平,如图 1-1 所示,把工作在数字信号下的电子电路称为数字电路。

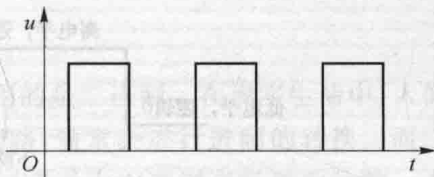


图 1-1 数字信号

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,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,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;反之则为反逻辑。

高电平和低电平的数值根据不同工艺的数字集成电路,逻辑标准不同。当电源电压为 5 V 时,数字集成电路的两大类 TTL(Transister Transister 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 V	2.0~5 V	0.0~0.4 V	2.4~5 V
CMOS	0.0~1.5 V	3.6~5 V	0.0~0.5 V	4.4~5 V

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的表达方法,即波形图表示。由于数字信号采用二值逻辑,其波形图只有高低电平两种状态,如图 1-2 所示。

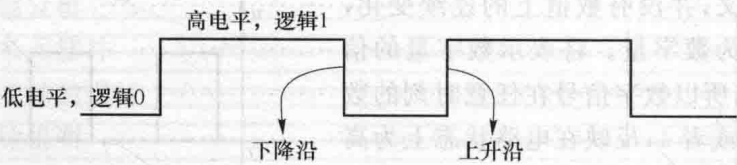


图 1-2 二值逻辑的波形图

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。

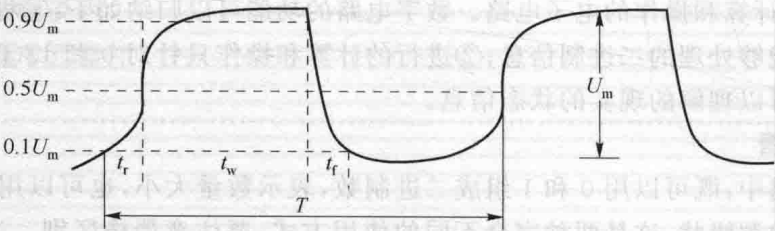


图 1-3 实际的脉冲波形

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

脉冲下降沿从 $0.9U_m$ 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称为脉冲周期,用 T 表示。

(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。本课程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,所以应该采用的是二进制。在现实生活中,人们习惯使用十进制。为了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,所以本节也介绍几种常用的编码。

1.2.1 数制

1. 十进制

十进制是最常用的进位计数制。有 $0\sim 9$ 10 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:

$(1101.01)_2=1\times2^3+1\times2^2+0\times2^1+1\times2^0+0\times2^{-1}+1\times2^{-2}=(13.25)_{10}$
任意十进制数 D 均可以表示为：

$$D=\sum(D_i\times2^i)$$

3. 十六进制

十六进制有 0~9、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 为几种常见的 BCD 代码。

表 1-2 几种常见的 BCD 代码

BCD 代码 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 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 原码、反码和补码

当数码表示数量大小时，就涉及正负数的符号表示，数有正负，那么一个数的符号在数字系统中如何表示？常用的带符号的二进制灵敏的表示方法有原码、反码和补码。

1.3.1 原码、反码和补码的基本概念

1. 原码
在数的二进制数码前加一个符号位来表示数的正负，符号位加在绝对值的最高位之前，

通常用“0”表示正数,用“1”表示负数。例如, $(+10)_{10}$ 的原码为 $(0\ 1010)$, 其中第一位数码“0”表示“+”号; $(-10)_{10}$ 的原码为 $(1\ 1010)$, 其中第一位数码“1”表示“-”。

由此可见原码简单易用,但在数字系统中使用仍有诸多不便。如果两个异号数的原码进行加法运算,那么必须先判断两个数的绝对值的大小,然后用绝对值大的减去绝对值小的,最后还要判断符号位,符号与绝对值大的数的符号位相同,这样的运算过程大大增加了运算时间。实际上,在数字系统中,都是采用补码来表示有符号数的,补码的运算过程简便很多,补码可以通过反码很容易得到。

2. 反码

有符号数的反码的符号位表示方法与原码相同,即“0”表示正数,“1”表示负数。不同的是,正数的反码与原码是一致的,而负数的反码的符号位为“1”,数值部分是由原码数值部分按位求反得到的。例如, $(+7)_{10}$ 的原码为 $(0\ 0111)$, 其反码为 $(0\ 0111)$, 正数的原码和反码相同; $(-7)_{10}$ 的原码为 $(1\ 0111)$, 其反码为 $(1\ 1000)$ 。

3. 补码

补码的表示方法:正数的补码、反码和原码是完全相同的;负数的补码的符号位为“1”,数值部分是其原码数值部分按位求反,然后最低位加 1 得到的。负数的补码的获得方法即是先求负数的反码,再将反码加 1 即可。例如, $(+9)_{10}$ 的原码为 $(0\ 1001)$, 反码为 $(0\ 1001)$, 补码为 $(0\ 1001)$; $(-9)_{10}$ 的原码为 $(1\ 1001)$, 反码为 $(1\ 0110)$, 补码为 $(1\ 0111)$ 。

1.3.2 用补码进行进制数运算

进行运算时,符号位和数值一起参与运算,将两个加数的符号位和数值部分产生的进位相加,得到的就是两个加数代数和的符号位。如果符号位产生进位,则进位舍弃,由于不需要进行进位判断,所以简化了电路设计,给运算带来方便。

【例 1-1】 用二进制补码计算 $13+9$, $13-9$, $-13+9$, $-13-9$ 。

解: 由于 $13+9$ 和 $-13-9$ 的绝对值是 22,所以必须用有效数字为 5 位的二进制数才能表示,再加一个符号位,就得到 6 位的二进制的补码。

+13	补码	0 01101	+13	补码	0 01101
+ 9	→	0 01001	- 9	→	1 10111
+22		0 10110	+ 4		(1) 0 00100
					└→ 舍去
-13	补码	1 10011	-13		1 10011
+ 9	→	0 01001	- 9		1 10111
- 4		1 11100	-22		(1) 1 01010
					└→ 舍去

特别说明:两个同符号数相加时,它们的绝对值之和不可超过有效数字位所能表示的最大值,否则会得出错误的计算结果。

练习与思考

- 1. 二进制数正、负数的原码、反码和补码之间是如何转换的？
- 2. 已知二进制数的补码，如何求原码？

1.4 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。

1.4.1 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。

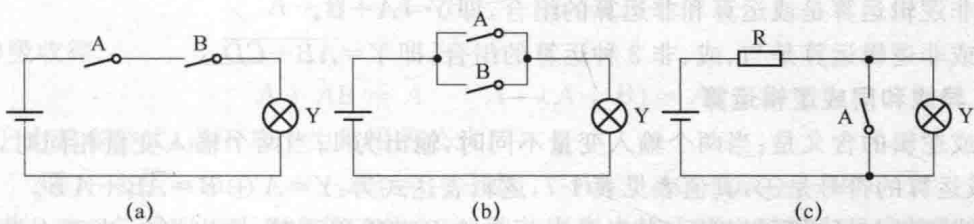


图 1-4 说明 3 种基本逻辑关系的电路

“与”表示的逻辑关系是：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。

“或”表示的逻辑关系是：当决定事件结果的条件具备任何一个时，结果就会发生。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。

“非”表示的逻辑关系是：当决定事件结果的条件具备了，结果就不会发生；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。

如果用字母 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；用字母 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	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

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的形式,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: $Y=\overline{A}$ 。

1.4.2 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 $\oplus$,真值表见表 1-7,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 $\odot$,真值表见表 1-8,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。

1.4.3 逻辑代数的公式和定则

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

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

(2) 重叠律

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

(3) 互补律

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

(4) 交换律

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

(5) 结合律

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

(6) 分配律

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

(7) 否定律

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

(8) 反演律(摩根定律)

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

(9) 吸收律

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

以上为基本公式,以下几个为常用的公式:

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

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