

普通高等教育“十一五”规划教材
高等学校电工电子精品教材



*ShuZi DianZi JiShu
ShiYong JiaoCheng*

数字电子技术实用教程

(机电类)

主 编 覃爱娜

副主编 陈明义 陈 里

普通高等教育“十一五”规划教材
高等学校电工电子系列精品教材

数字电子技术实用教程

(机电类)

主 编 覃爱娜
副主编 陈明义 陈 里

华中科技大学出版社
中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术实用教程(机电类)/覃爱娜 主编. —武汉:华中科技大学出版社, 2009年4月

ISBN 978-7-5609-5084-6

I. 数… II. 覃… 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(2009)第 004426 号

数字电子技术实用教程(机电类)

覃爱娜 主编

策划编辑:李 德

封面设计:潘 群

责任编辑:余 涛

责任监印:周治超

责任校对:张 琳

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:武汉众心图文激光照排中心

印 刷:武汉中远印务有限公司

开本:710mm×1000mm 1/16

印张:12.75

字数:265 000

版次:2009年4月第1版

印次:2009年4月第1次印刷

定价:22.00 元

ISBN 978-7-5609-5084-6/TN·135

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

本书由中南大学老师编写。

数字电子技术是工科院校机电类专业的一门很重要的技术基础课。本书从实用角度出发,全面地介绍了数字电子技术的基本知识和新技术,力求做到理论分析透彻,理论联系实际。本书内容包括数字逻辑基础、门电路和组合逻辑电路、中规模组合逻辑电路及其应用、触发器和时序逻辑电路、中规模时序逻辑电路及其应用、半导体存储器及可编程逻辑器件、模拟和数字混合系统及应用,共 7 章。

本书内容简明,语言流畅,通俗易懂,各章后均有小结和复习思考题,书后附答案。

本书可作为高等工科院校机电类、信息物理工程类、能源动力类、冶金类、材料类、交通运输类等专业的技术基础教材,也可作为应用型本科院校和高等职业技术学院的基础教材。

前 言

数字电子技术是一门很重要的专业基础课。为了适应数字电子技术的飞速发展,满足培养 21 世纪工程技术人才的需要,本书注重基础,精选内容,力求原理分析简明,做到理论联系实际。本书介绍数字逻辑电路分析与设计的原理、方法和应用,在内容上加强了 SSI、MSI、LSI 等各类集成组件的应用,并引入可编程逻辑器件 PLD 的开发与应用,注重加强学生综合应用能力和创新能力的培养。

全书共分 7 章。第 1 章为数字逻辑基础,介绍逻辑代数和逻辑函数的化简;第 2 章为门电路与组合逻辑电路,介绍逻辑门、集成逻辑门电路的工作原理,以及组合逻辑电路的分析与设计方法;第 3 章介绍常见的中规模组合逻辑电路及其应用;第 4 章为触发器和时序逻辑电路,讨论触发器的逻辑功能、电路结构和动作特点,详细阐述了同步时序逻辑电路的分析与设计方法;第 5 章介绍常见中规模时序逻辑电路及其应用;第 6 章为半导体存储器及可编程逻辑器件,先介绍 ROM、RAM 结构和应用,再介绍 FPLA、PAL、GAL 等多种 PLD 的性能结构特点、工作原理和 PLD 的开发过程;第 7 章为模拟与数字混合系统及应用,讨论 555 集成定时器组成的各种脉冲电路、A/D 及 D/A 变换器的工作原理。每章末均有本章小结、复习思考题,书末有答案。

通过本课程的学习,使学生掌握必备的数字电子技术的基本理论、基本原理和基本方法,为今后学习专业技术和从事实际操作打下初步基础。

本书由中南大学覃爱娜任主编,陈明义、陈里任副主编。其中,覃爱娜负责编写第 1 章、第 2 章和第 3 章;陈明义负责编写第 6 章;陈里负责编写第 4 章、第 5 章及第 7 章。最后,由覃爱娜统稿。

本书以满足机电类专业的需要为前提,也可作为高等工科院校信息物理工程类、能源动力类、冶金类、材料类、交通运输类等专业的技术基础教材。

本书在编写过程中,罗桂娥、宋学瑞、李飞等同志给予了大力支持并提出了许多宝贵的意见,在此表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限,书中难免有不妥和错误之处,殷切期望读者批评指正。

编 者

2008. 9

目 录

第 1 章 数字逻辑基础	(1)
1.1 逻辑代数	(1)
1.1.1 逻辑代数中的逻辑运算	(1)
1.1.2 逻辑代数的公式	(4)
1.2 逻辑函数及其表示方法	(7)
1.2.1 逻辑函数	(7)
1.2.2 逻辑函数的表示方法	(8)
1.2.3 逻辑函数的标准形式	(10)
1.3 逻辑函数的化简	(12)
1.3.1 逻辑函数最简的概念	(12)
1.3.2 逻辑函数的代数化简法	(13)
1.3.3 逻辑函数的卡诺图化简法	(15)
本章小结	(19)
复习思考题	(20)
第 2 章 门电路与组合逻辑电路	(23)
2.1 分立元件门	(23)
2.1.1 二极管与门	(23)
2.1.2 二极管或门	(24)
2.1.3 三极管非门	(25)
2.2 集成逻辑门	(26)
2.2.1 TTL 逻辑门	(27)
2.2.2 CMOS 逻辑门	(33)
2.2.3 集成逻辑门电路的接口问题	(38)
2.3 组合逻辑电路的分析方法	(40)
2.3.1 组合逻辑电路功能的描述	(40)
2.3.2 组合逻辑电路的分析方法	(40)
2.4 组合逻辑电路的设计方法	(42)
2.4.1 组合逻辑电路设计的一般方法	(42)
2.4.2 设计方法举例	(43)
2.5 组合逻辑电路中的竞争冒险	(45)

2.5.1 竞争冒险现象及产生的原因	(45)
2.5.2 竞争冒险现象的识别	(45)
2.5.3 竞争冒险现象的消除	(46)
本章小结	(47)
复习思考题	(47)
第3章 中规模组合逻辑电路及其应用	(52)
3.1 编码及编码器	(52)
3.1.1 普通编码器	(52)
3.1.2 优先编码器	(53)
3.1.3 二-十进制优先编码器	(54)
3.1.4 编码器的应用举例	(55)
3.2 译码及译码器	(57)
3.2.1 二进制译码器	(57)
3.2.2 二-十进制译码器	(58)
3.2.3 显示译码器	(59)
3.2.4 译码器的应用	(62)
3.3 数据选择器	(63)
3.3.1 数据选择器的工作原理	(63)
3.3.2 数据选择器的应用	(64)
3.4 数值比较器	(65)
3.4.1 1位数值比较器	(65)
3.4.2 多位数值比较器	(66)
3.5 加法器	(67)
3.5.1 1位数值加法器	(67)
3.5.2 多位数值加法器	(68)
3.6 MSI组合电路芯片的应用举例	(69)
本章小结	(73)
复习思考题	(73)
第4章 触发器和时序逻辑电路	(75)
4.1 时序逻辑电路的特点与分类	(75)
4.2 触发器电路结构及其动作特点	(76)
4.2.1 基本RS触发器	(76)
4.2.2 同步RS触发器	(78)
4.2.3 主从RS触发器	(79)
4.2.4 主从JK触发器	(80)
4.2.5 边沿D触发器	(82)
4.3 触发器的逻辑功能及其描述方法	(83)

4.3.1 触发器按逻辑功能的分类	(83)
4.3.2 触发器逻辑功能转换	(85)
4.4 时序逻辑电路的分析方法	(87)
4.5 同步时序逻辑电路的设计方法	(91)
本章小结	(96)
复习思考题	(97)
第5章 中规模时序逻辑电路及其应用	(102)
5.1 寄存器和锁存器	(102)
5.1.1 寄存器	(102)
5.1.2 锁存器	(103)
5.2 移位寄存器	(104)
5.3 计数器	(107)
5.3.1 同步计数器	(107)
5.3.2 异步计数器	(110)
5.3.3 MSI 计数器构成 N 进制计数器的方法	(111)
5.4 MSI 组件综合设计应用	(113)
5.4.1 顺序脉冲发生器	(113)
5.4.2 智力竞赛抢答器	(114)
5.4.3 彩灯控制器	(114)
5.4.4 多功能数字钟	(115)
本章小结	(116)
复习思考题	(117)
第6章 半导体存储器及可编程逻辑器件	(120)
6.1 半导体存储器及其应用	(120)
6.1.1 半导体存储器概述	(120)
6.1.2 ROM	(120)
6.1.3 RAM	(128)
6.1.4 存储器的扩展	(133)
6.1.5 用存储器实现组合逻辑函数	(135)
6.2 可编程逻辑器件及其应用	(139)
6.2.1 可编程逻辑器件概述	(139)
6.2.2 FPLA	(142)
6.2.3 PAL	(143)
6.2.4 GAL	(146)
6.2.5 可编程逻辑器件的开发应用	(154)
本章小结	(159)
复习思考题	(159)

第7章 模拟与数字混合系统及应用	(164)
7.1 555 定时器及其应用	(164)
7.1.1 555 定时器的电路结构及工作原理	(164)
7.1.2 555 定时器构成的施密特触发器	(165)
7.1.3 555 定时器构成的单稳态触发器	(167)
7.1.4 555 定时器构成的多谐振荡器	(169)
7.2 D/A 转换和 A/D 转换	(170)
7.2.1 D/A 转换器	(171)
7.2.2 A/D 转换器	(175)
本章小结	(183)
复习思考题	(184)
复习思考题答案	(186)
参考文献	(194)

第 1 章 数字逻辑基础

自然界中存在着各种物理量,如时间、距离、温度、流量等,可以把这些物理量分为模拟量和数字量两大类。所谓模拟量是指在时间或数值上其变化都是连续的物理量;而另一类物理量的变化在时间上和数量上都是离散的,它们的数值大小和每次的增减变化都是某个最小数量单位的整数倍,小于这个最小数量单位的数值就没有任何意义,这一类物理量称为数字量。

表示模拟量的信号称为模拟信号,处理模拟信号的电路称为模拟电路。表示数字量的信号称为数字信号,处理数字信号的电路称为数字电路。

数字电路对数字信号的处理包括数字信号的传输、逻辑运算、控制、计数、寄存、显示,以及脉冲波形的产生和变换等。本章首先介绍逻辑代数的基本公式、基本定理,然后讲述逻辑函数及其表示方法,最后介绍逻辑函数的化简。

1.1 逻辑代数

逻辑代数又称为布尔代数(Boolean Algebra),它是由英国数学家乔治·布尔(George Boole)提出的。逻辑代数是指按一定逻辑规律进行运算的代数,它是分析逻辑电路的有力工具,也是进行逻辑设计的理论基础。

逻辑代数中用字母表示变量,这种变量称为逻辑变量,一般用大写字母 A,B,C,...表示。在二值逻辑中,每个逻辑变量的取值只有 0 和 1 两种可能,这里 0 和 1 已不再表示数量的大小,只代表两种不同的逻辑状态。

1.1.1 逻辑代数中的逻辑运算

逻辑代数中有三种最基本的逻辑运算:与、或、非,也称为逻辑乘、逻辑加和逻辑求反,它们可以由相应的逻辑电路来实现。

一、与运算

逻辑与表示这样一种逻辑关系:只有决定事物结果的全部条件同时具备时,结果才发生。例如,图 1-1 所示的电路是一个简单的与逻辑关系,灯 Y 受两个串联开关 A、B 的控制,仅当开关 A、B 同时闭合时,灯 Y 才亮,否则灯灭。

现用“1”来表示开关“闭合”及灯“亮”;用“0”表示开关“断开”及灯“灭”,那么可以列出表 1-1 所示的逻辑真值表。所谓逻辑真值表是指把逻辑变量所有可能的取值组合及其对应结果列成的一种表格,可简称为真值表。

与逻辑关系还可以表示成如下的逻辑函数式:

$$Y = A \cdot B$$

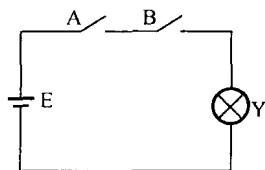


图 1-1 与逻辑示例

表 1-1 与逻辑真值表

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

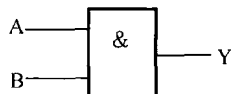


图 1-2 与门逻辑符号

式中，“·”为与的逻辑运算符号。

在逻辑电路中，能实现与运算逻辑功能的电路称为与门，图 1-2 所示为与门的国家标准符号和国际常用符号。

二、或运算

逻辑或表示这样一种逻辑关系：在决定事物结果的诸条件中只要任何一个满足，结果就会发生。例如，图 1-3 所示的电路是一个简单的或逻辑关系，灯 Y 受两个并联开关 A、B 的控制，只要 A、B 中任何一个开关闭合时，灯 Y 便亮。

对于图 1-3 所示的电路，可以列表 1-2 所示的或逻辑运算真值表，也可以写出如下的或逻辑函数式：

$$Y = A + B$$

式中，“+”为或的逻辑运算符号。

在逻辑电路中，能实现或运算逻辑功能的电路称为或门，图 1-4 所示为或门的国家标准符号和国际常用符号。

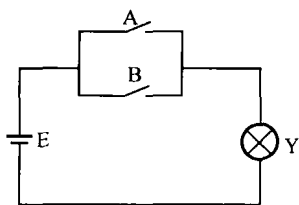


图 1-3 或逻辑示例

表 1-2 或逻辑真值表

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

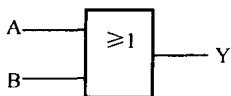


图 1-4 或门逻辑符号

三、非运算

逻辑非表示这样一种逻辑关系：只要条件具备了，结果便不会发生；而条件不具备时，结果一定发生。例如，图 1-5 所示的电路是一个简单的非逻辑关系，灯 Y 受开关 A 的控制，当开关 A 接通时，灯 Y 不亮；当开关 A 断开时，灯 Y 反而亮。

对于图 1-5 所示的电路，可以列表 1-3 所示的非逻辑运算真值表，也可以写出如下的非逻辑函数式：

$$Y = \bar{A}$$

式中， $\bar{A}$ 称为反变量，而 A 称为原变量。

在逻辑电路中，能实现非运算逻辑功能的电路称为非门（也叫反相器），图 1-6 所示

为非门的国家标准符号和国际常用符号。

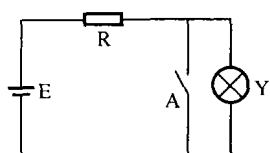


图 1-5 非逻辑示例

表 1-3 非逻辑真值表

A	Y
0	1
1	0

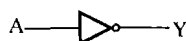
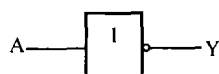


图 1-6 非门逻辑符号

四、复合逻辑运算

实际的逻辑问题往往比与、或、非复杂得多,不过它们都可以用与、或、非的组合来实现。常见的复合逻辑运算有与非、或非、与或非、异或、同或等。图 1-7 给出了这些复合逻辑运算的逻辑符号,表 1-4 至表 1-8 所示是它们的真值表。

表 1-4 与非逻辑的真值表

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

表 1-5 或非逻辑的真值表

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

表 1-6 与或非逻辑的真值表

A	B	C	D	Y
0	0	0	0	1
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

表 1-7 异或逻辑的真值表

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

表 1-8 同或逻辑的真值表

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

在与非逻辑中,将 A、B 先进行与运算,然后将结果求反,最后得到的即 A、B 的与非运算结果,因此与非运算看做是与运算和非运算的组合。图 1-7(a)、(b)、(d)、(e) 中图形符号上的小圆圈表示非运算。

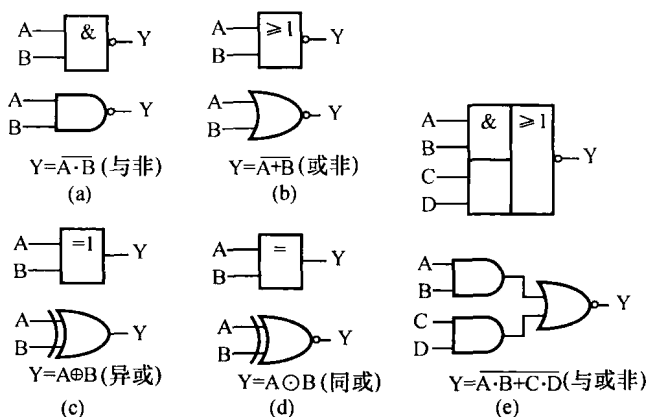


图 1-7 复合逻辑的图形符号和运算符

在或非逻辑中,将 A、B 先进行或运算,然后将结果求反,最后得到的即为 A、B 的或非运算结果,因此或非运算看做是或运算和非运算的组合。

异或是这样一种逻辑关系:当 A、B 不同时,输出 Y 为 1;当 A、B 相同时,输出 Y 为 0。异或也可以用与、或、非的组合表示,即

$$A \oplus B = A \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot B \quad (1-1)$$

同或与异或相反,当 A、B 相同时,输出 Y 为 1;当 A、B 不同时,输出 Y 为 0。同或也可以写成与、或、非的组合形式,即

$$A \odot B = A \cdot B + \bar{A} \cdot \bar{B} \quad (1-2)$$

而且由表 1-7 和表 1-8 可知,异或与同或互为反运算,即

$$A \odot B = \overline{A \oplus B}, \quad \overline{A \odot B} = A \oplus B \quad (1-3)$$

在与逻辑中,为了简化书写,允许将 $A \cdot B$ 简写成 AB,略去逻辑相乘的运算符号

1.1.2 逻辑代数的公式

一、逻辑代数的基本公式和定律

(1) 与运算。

$$A \cdot 1 = A, A \cdot 0 = 0, A \cdot A = A, A \cdot \bar{A} = 0$$

(2) 或运算。

$$A + 1 = 1, A + 0 = A, A + A = A, A + \bar{A} = 1$$

(3) 非运算。

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

(4) 结合律。

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

(5) 交换律。

$$A \cdot B = B \cdot A, A + B = B + A$$

(6) 分配律。

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

(7) 吸收律。

$$A + A \cdot B = A, A \cdot (A + B) = A$$

(8) 反演律(德·摩根定律)。

$$\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}, \overline{A + B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$$

这些公式或定律的正确性可以用列真值表的方法加以验证。如果等式成立,那么将任何一组变量的取值代入公式两边所得的结果应该相等。因此,等式两边所对应的真值表也必然相同。

例 1-1 用真值表证明反演律的正确性。

解 已知反演律的公式为

$$\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}, \overline{A + B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$$

将 A、B 所有可能的取值组合逐一代入上式的两边,算出相应的结果,即得到表 1-9 的真值表。可见,等式两边对应的真值表相同,故等式成立。

表 1-9 反演律的真值表

A	B	$\overline{A \cdot B}$	$\overline{A} + \overline{B}$	$\overline{A + B}$	$\overline{A} \cdot \overline{B}$
0	0	1	1	1	1
0	1	1	1	0	0
1	0	1	1	0	0
1	1	0	0	0	0

二、逻辑代数的基本定理

(1) 代入定理。在任何一个含有变量 A 的等式中,如果将所有出现 A 的位置都代之以一个逻辑函数式,则等式仍然成立,这就是所谓的代入定理。

例 1-2 已知 $A(B + C) = AB + AC$,若将函数式 $Y = D + E$ 代入已知等式中任一变量(假定为 C)后,此等式仍然成立,试证明之。

证 等式左边 = $A[B + (D + E)] = AB + A(D + E) = AB + AD + AE$

等式右边 = $AB + A(D + E) = AB + AD + AE$

等式左边 = 等式右边

为了简化书写,除了乘法运算的“ $\cdot$ ”可以省略外,对一个乘积项或逻辑求反时,乘积项或逻辑项外边的括号也可以省略。

例 1-3 用代入定理证明德·摩根定律。

证 已知二变量的德·摩根定律为

$$\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}, \overline{A + B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$$

以 $B \cdot C$ 代入上面第 1 个等式中 B 的位置,同时以 $(B+C)$ 代入第 2 个等式中 B 的位置,于是得到

$$\begin{aligned}\overline{A \cdot B \cdot C} &= \overline{A + B \cdot C} = \overline{A + B + C} \\ \overline{A + B + C} &= \overline{A \cdot B + C} = \overline{A \cdot B} \cdot \overline{C}\end{aligned}$$

(2) 反演定理。对于任意一个逻辑式 Y ,若将其中所有的“ $\cdot$ ”换成“ $+$ ”,“ $+$ ”换成“ $\cdot$ ”,0 换成 1,1 换成 0,原变量换成反变量,反变量换成原变量,则得到的结果就是 $\overline{Y}$,这就是所谓的反演定理。

反演定理为求取已知逻辑式的反逻辑式提供了方便。在使用反演定理时还需注意遵循以下两个规则:

- ① 仍需遵守原逻辑式中“先括号、然后乘、最后加”的运算优先次序;
- ② 不属于单个变量上的反号应保留不变。

例 1-4 已知 $Y_1 = A \cdot \overline{B} + C \cdot \overline{D}$, $Y_2 = \overline{(A+B)} \cdot (\overline{C} + \overline{D})$, 求 $\overline{Y_1}$ 和 $\overline{Y_2}$ 。

解 根据反演定理可写出

$$\begin{aligned}\overline{Y_1} &= \overline{(A + B) \cdot (\overline{C} + D)} \\ \overline{Y_2} &= \overline{(\overline{A \cdot B}) + C \cdot D}\end{aligned}$$

(3) 对偶定理。若两逻辑式相等,则它们的对偶式也相等,这就是对偶定理。

所谓对偶式是这样定义的:对于任何一个逻辑式 Y ,若将其中的“ $\cdot$ ”换成“ $+$ ”,“ $+$ ”换成“ $\cdot$ ”,0 换成 1,1 换成 0,则得到一个新的逻辑式 Y' ,这个 Y' 就叫做 Y 的对偶式,或者说 Y 和 Y' 互为对偶式。

例如,若 $Y = A(B+C)$,则 $Y' = A+BC$;

若 $Y = A \cdot \overline{B} + C \cdot \overline{D}$,则 $Y' = (A + \overline{B}) \cdot (C + \overline{D})$;

若 $Y = \overline{AB + CD}$,则 $Y' = \overline{(A+B)(C+D)}$ 。

有时为了证明两个逻辑式相等,也可以通过证明它们的对偶式相等来完成。

例 1-5 试证明 $A + BC = (A+B)(A+C)$ 。

证 首先写出等式两边的对偶式,得到

$$A(B+C) \text{ 和 } AB+AC$$

根据乘法的分配律可知,这两个对偶式是相等的,亦即 $A(B+C) = AB+AC$ 。由对偶定理即可以确定原来的等式也成立。

三、若干常用公式

运用上述基本公式和定理可以导出下列常用公式。

(1) $A + A \cdot B = A$ 。

证 $A + A \cdot B = A(1 + B) = A$

可见,在“与-或”表达式中,若其中一项以另一项为因子,则该项是多余的,可以删去。

(2) $A + \overline{A} \cdot B = A + B$ 。

$$\text{证 } A + \bar{A} \cdot B = (A + \bar{A}) \cdot (A + B) = 1 \cdot (A + B) = A + B$$

可见,在“与-或”表达式中,如果一项取反后是另一项的因子,则此因子是多余的,可以消去。

$$(3) A \cdot B + A \cdot \bar{B} = A.$$

$$\text{证 } A \cdot B + A \cdot \bar{B} = A(B + \bar{B}) = A \cdot 1 = A$$

可见,在“与-或”表达式中,若两个乘积项分别含有B和 $\bar{B}$ 两个因子,而其他因子相同,则两项定能合并,且可将B和 $\bar{B}$ 两个因子消去。

$$(4) A \cdot (A + B) = A.$$

$$\text{证 } A \cdot (A + B) = A \cdot A + A \cdot B = A + A \cdot B = A \cdot (1 + B) = A \cdot 1 = A$$

可见,变量A和包含变量A的或式相乘时,其结果等于A,即可以将或式消去。

$$(5) A \cdot B + \bar{A} \cdot C + B \cdot C = A \cdot B + \bar{A} \cdot C.$$

$$\text{证 } A \cdot B + \bar{A} \cdot C + B \cdot C = A \cdot B + \bar{A} \cdot C + B \cdot C \cdot (A + \bar{A}) = A \cdot B + \bar{A} \cdot C + A \cdot B \cdot C + \bar{A} \cdot B \cdot C = A \cdot B \cdot (1 + C) + \bar{A} \cdot C \cdot (1 + B) = A \cdot B + \bar{A} \cdot C$$

可见,在三个乘积项的“与-或”表达式中,若有两个乘积项分别包含有因子A和 $\bar{A}$,而这两项的其他因子都是第三项的因子,则第三项是多余的,可以消去。

$$(6) A \cdot \overline{A \cdot B} = A \cdot \bar{B}; \quad \overline{A \cdot A \cdot B} = \bar{A}.$$

$$\text{证 } A \cdot \overline{A \cdot B} = A \cdot (\bar{A} + \bar{B}) = A \cdot \bar{A} + A \cdot \bar{B} = A \cdot \bar{B}$$

上式说明,当A和一个乘积项的非相乘,且A为乘积项的因子时,则A这个因子可以消去。

$$\overline{A \cdot A \cdot B} = \bar{A} \cdot (\bar{A} + \bar{B}) = \bar{A} \cdot \bar{A} + \bar{A} \cdot \bar{B} = \bar{A} \cdot (1 + \bar{B}) = \bar{A}$$

上式说明,当 $\bar{A}$ 和一个乘积项的非相乘,且A为乘积项的因子时,其结果就等于 $\bar{A}$ 。

1.2 逻辑函数及其表示方法

1.2.1 逻辑函数

在实际问题中,往往是用“与”、“或”、“非”这三种逻辑运算符号把有关的逻辑变量连接起来,以构成一定的逻辑关系。例如,图1-8所示是楼上楼下都可控制的楼梯照明灯电路。单刀双掷开关A装在楼上,B装在楼下。设开关向上合为1,向下合为0;灯Y亮为1,灯灭为0。显然,灯Y的状态(亮与灭)是开关A、B状态(向上合与向下合)的函数,Y与A、B之间的逻辑函数关系可表示成

$$Y = AB + \bar{A}\bar{B}$$

在A、B都为1,或者A、B都为0时,Y为1,即灯亮,否则灯灭。这里,A、B叫做输入逻辑变量(自变量),Y叫做输出逻辑变量(因变量)。当A、B取值确定后,Y的值也被确定了,因此Y是A、B的逻辑函数。

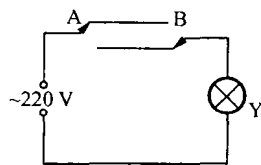


图 1-8 楼梯照明电路

由于变量的取值只有 0、1 两种状态,所以所讨论的都是二值逻辑函数。

一般,若输入逻辑变量 $A, B, C, \dots$ 的值确定后,其输出变量的值也就被唯一地确定了,则称 Y 为 $A, B, C, \dots$ 的逻辑函数,记做 $Y = F(A, B, C, \dots)$,即用一个逻辑函数表达式来表示。

1.2.2 逻辑函数的表示方法

常用的逻辑函数表示方法有逻辑真值表(简称真值表)、逻辑函数式、逻辑图和卡诺图等。这里先介绍前面三种方法。

一、逻辑函数式

把输出变量与输入变量之间的逻辑关系写成与、或、非等运算的组合式,就得到了所需的逻辑函数式。

在图 1-8 所示电路中,根据对电路功能的要求和与、或、非的逻辑定义,“ A 和 B 同时向上合,或 A 和 B 同时向下合时,灯 Y 亮;否则灯 Y 灭”,因此其输出逻辑函数式为

$$Y = AB + \bar{A}\bar{B}$$

二、逻辑真值表

将输入变量所有取值对应的输出值找出来,列成表格,即可得到真值表。

仍以图 1-8 所示电路为例,根据电路的工作原理不难知道,只有 A, B 同时为 1 或同时为 0 时, Y 才等于 1;否则 Y 等于 0。于是,图 1-8 所示电路的真值表如表 1-10 所示。

表 1-10 图 1-8 所示电路的真值表

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

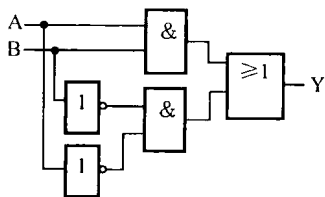


图 1-9 图 1-8 所示电路的逻辑图

三、逻辑图

将逻辑函数中各变量之间的与、或、非关系用图形符号表示出来,就可以画出表示函数关系的逻辑图。

为了画出图 1-8 所示电路的逻辑图,只要用逻辑运算的图形符号代替逻辑函数式中的代数运算符号便可得到图 1-9 所示的逻辑图。

四、各种表示方法间的相互转换

(1) 从逻辑函数式列出真值表。将输入变量取值的所有组合状态逐一代入逻辑式求出函数值,列成表,即可得到真值表。

例 1-6 已知逻辑函数式 $Y = \bar{A}BC + AC + \bar{B}C$, 求出它对应的真值表。

解 将 A, B, C 的各种取值逐一代入函数式中计算 Y 的值,将计算的结果列表,即得该式的真值表,如表 1-11 所示。