

高等学校计算机科学与技术专业教材

电子技术基础

(下册)

沈复兴 主编 陈利永 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

TN1
55/2

高等学校计算机科学与技术专业教材

电子技术基础

(下 册)

沈复兴 主编
陈利永 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书将原来的《电路》、《模拟电子技术基础》和《数字电子技术基础》三册教材的内容有机地整合起来,形成《电子技术基础》(上、下册)新的教材体系,该教材体系可在两个学期内完成原来要三个学期才能完成的教学内容。本书主要介绍数字电子技术的知识,主要内容有:第1章数字逻辑基础,第2章门电路,第3章组合逻辑电路,第4章时序逻辑电路,第5章脉冲产生和整形电路,第6章数模和模数转换器。本书除了介绍上述内容外,在附录部分还介绍了如何利用 EWB 和 MATLAB 软件实现数字电路的仿真。

本书适合作为计算机和电子信息类专业本科生的教材,也可作为电子信息类学生报考研究生的复习参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础. 下册/沈复兴,陈利永主编. —北京:电子工业出版社,2004.1

高等学校计算机科学与技术专业教材

ISBN 7-5053-9434-7

I. 电… II. ①沈… ②陈… III. 电子技术—高等学校—教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 114597 号

责任编辑:凌 毅

印 刷:北京牛山世兴印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×980 1/16 印张:17.75 字数:400 千字

印 次:2004 年 1 月第 1 次印刷

印 数:5 000 册 定价:23.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077。质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

前 言

随着信息科学时代的到来,为了适应电子信息科学技术迅猛发展的需要,贯彻国家教委《关于组织实施“高等教育教学内容和课程体系改革计划”的通知》的精神,本书对计算机专业学生必修的硬件基础课——“电路”、“模拟电子技术基础”和“数字电子技术基础”三门课程的内容和体系进行了有机地整合,形成“电子技术基础”新的课程体系。该课程体系的主要特点表现为以下几个方面。

1. 通过整合将三门课程中交叉重复的内容归并起来。为了保证本书所叙述内容的深度和广度,本书在归并交叉重复内容时不是采用简单的删除办法,而是采用前后呼应的整合方法,将被归并掉的内容以基本原理、实际应用的例题等形式出现在相关的章节中。

2. 通过整合将“电路”、“模拟电子技术基础”和“数字电子技术基础”课程的内容有机地结合在一起,有利于培养学生分析问题和解决问题的能力,有利于培养学生综合利用各科知识讨论某些具体问题的能力,有利于学生综合素质的提高。

3. 通过整合有利于教学计划的安排,保证学生在第二学年完本课程,为以后的专业课打下扎实的基础。

另外,本书在叙述的过程中,注意引导学生对物理概念的理解,强化理论的推理过程,注意引导学生开放性的思维方法,有意识地培养学生从不同的渠道、利用不同的方法对同一个问题进行讨论,让学生掌握一题多解的方法,以加深学生对基本概念和基础知识的理解,培养学生分析问题和解决问题的能力,提高学生的综合素质。在解题的过程中,引导学生用MATLAB软件进行数值的运算,并向学生介绍 EWB 仿真软件,引导学生用仿真软件对理论知识进行验证,做到理论联系实际,以加深学生的感性认识,提高学习效率。

感谢北京师范大学信息科学学院的老师对我们工作的支持,感谢北京师范大学信息科学学院的匡锦瑜教授对书稿的审阅并提出了宝贵的意见,使作者受益匪浅。感谢福建师范大学数学与计算机科学学院的院长吴子文教授对作者所从事教学改革的支持。感谢福建师范大学计算机科学系的陈家桢老师所撰写的附录内容为作者使用 EWB 和 MATLAB 提供有益的帮助。

限于作者的水平,书中的错误疏漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编著者

教材编委会

主 任 沈复兴

副主任 张为群 黄国兴 李吉桂

秘书长 罗运纶

委 员 吕英华 冯德民 肖德宝 王万森 马希荣

目 录

第 1 章 数字逻辑基础	(1)
1.1 概述	(1)
1.1.1 数字电子技术课程所研究的问题	(1)
1.1.2 数制	(1)
1.1.3 数制的转换	(2)
1.1.4 码制	(4)
1.1.5 算术运算	(5)
1.2 逻辑代数基础	(5)
1.2.1 逻辑与的关系	(6)
1.2.2 逻辑或的关系	(7)
1.2.3 逻辑非的关系	(8)
1.2.4 逻辑运算的复合关系	(9)
1.2.5 正逻辑和负逻辑	(10)
1.3 逻辑代数的基本关系式和常用公式	(11)
1.3.1 逻辑代数的基本关系式	(11)
1.3.2 基本定律	(11)
1.3.3 常用的公式	(13)
1.3.4 基本定理	(14)
1.4 逻辑函数的表示方法	(15)
1.4.1 逻辑函数的表示方法	(15)
1.4.2 逻辑函数的真值表表示法	(15)
1.4.3 逻辑函数式	(15)
1.4.4 逻辑图	(18)
1.4.5 工作波形图	(18)
1.5 逻辑函数式的化简	(19)
1.5.1 公式化简法	(19)
1.5.2 逻辑函数的卡诺图化简法	(20)
1.5.3 具有无关项的逻辑函数的化简	(25)
1.6 研究逻辑函数的两类问题	(26)
1.6.1 给定电路分析功能	(26)
1.6.2 给定逻辑问题设计电路	(28)
1.7 小结和讨论	(31)

习题和思考题	(31)
第2章 门电路	(35)
2.1 概述	(35)
2.2 分立元器件门电路	(36)
2.2.1 二极管与门电路	(36)
2.2.2 二极管或门电路	(37)
2.2.3 三极管非门电路	(37)
2.2.4 分立元器件的门电路	(40)
2.3 TTL集成门电路	(40)
2.3.1 TTL非门电路	(40)
2.3.2 TTL门电路的输入特性曲线和输出特性曲线	(43)
2.3.3 TTL与非门电路	(47)
2.3.4 TTL或非门电路	(48)
2.3.5 集电极开路的门电路(OC门)	(50)
2.3.6 三态门电路(TS门)	(53)
2.4 CMOS门电路	(56)
2.4.1 CMOS反相器电路的组成和工作原理	(56)
2.4.2 CMOS与非门电路的组成和工作原理	(56)
2.4.3 CMOS或非门电路的组成和工作原理	(57)
2.4.4 CMOS传输门电路的组成和工作原理	(59)
2.5 集成电路使用知识简介	(60)
2.5.1 国产集成电路型号的命名法	(60)
2.5.2 集成门电路的主要技术指标	(61)
2.5.3 多余输入脚的处理	(61)
2.5.4 TTL与CMOS的接口电路	(62)
2.6 小结与讨论	(64)
习题和思考题	(64)
第3章 组合逻辑电路	(68)
3.1 概述	(68)
3.1.1 组合逻辑电路的特点	(68)
3.1.2 组合逻辑电路的分析和综合方法	(68)
3.2 常用组合逻辑电路	(69)
3.2.1 编码器	(69)
3.2.2 优先编码器	(72)
3.2.3 译码器	(78)
3.2.4 显示译码器	(84)

3.2.5	数据选择器	(87)
3.2.6	加法器	(90)
3.2.7	数值比较器	(94)
3.2.8	只读存储器(ROM)	(96)
3.2.9	可编程逻辑器件(PLD)	(101)
3.3	用中规模集成电路实现组合逻辑电路的综合例题	(103)
3.4	组合逻辑电路中的竞争—冒险现象	(108)
3.4.1	竞争—冒险现象	(108)
3.4.2	竞争—冒险现象的判断方法	(109)
3.5	小结和讨论	(110)
	习题和思考题	(110)
第 4 章	时序逻辑电路	(114)
4.1	概述	(114)
4.2	触发器的电路结构和动作特点	(115)
4.2.1	基本 RS 触发器的电路结构和动作特点	(115)
4.2.2	同步 RS 触发器的电路结构和动作特点	(117)
4.2.3	主从 RS 触发器的电路结构和动作特点	(119)
4.2.4	由 COMS 传输门组成的边沿触发器	(122)
4.3	触发器逻辑功能的描述方法	(123)
4.3.1	RS 触发器	(123)
4.3.2	JK 触发器	(125)
4.3.3	D 触发器	(127)
4.3.4	T 触发器	(128)
4.3.5	触发器逻辑功能的转换	(129)
4.4	时序逻辑电路的分析方法	(131)
4.5	常用的时序逻辑电路	(140)
4.5.1	寄存器和移位寄存器	(140)
4.5.2	随机存取存储器	(144)
4.5.3	同步计数器	(145)
4.5.4	移位寄存器型计数器和顺序脉冲发生器	(163)
4.5.5	序列信号发生器	(165)
4.6	时序逻辑电路分析设计综合例题	(166)
4.7	小结与讨论	(170)
	习题和思考题	(171)
第 5 章	脉冲产生和整形电路	(175)
5.1	概述	(175)

5.2	555 定时器的应用	(175)
5.2.1	555 定时器的电路结构	(175)
5.2.2	用 555 定时器组成施密特电路	(177)
5.2.3	用 555 定时器组成单稳态电路	(178)
5.2.4	用 555 定时器组成多谐振荡器	(181)
5.2.5	555 定时器的应用电路	(183)
5.3	石英晶体多谐振荡器	(185)
5.4	压控振荡器	(187)
5.5	小结和讨论	(187)
	习题和思考题	(187)
第 6 章	数模和模数转换器	(189)
6.1	概述	(189)
6.2	数模(D/A)转换器	(189)
6.2.1	权电阻网络 D/A 转换器	(189)
6.1.2	倒 T 型电阻网络 D/A 转换器	(191)
6.3	模数转换器(A/D)	(193)
6.3.1	A/D 转换器的基本组成	(193)
6.3.2	直接 A/D 转换器	(195)
6.3.3	间接 A/D 转换器	(198)
6.4	A/D 和 D/A 的使用参数	(200)
6.4.1	A/D 和 D/A 的转换精度	(200)
6.4.2	A/D 和 D/A 的转换速度	(200)
6.5	小结和讨论	(201)
	习题和思考题	(201)
	数字电子电路期末练习题	(202)
	附录 A 数字电路读图常识	(207)
	附录 B 常用数字集成电路型号及引脚	(210)
	附录 C EWB 软件在数字电路中的应用	(214)
C.1	数字逻辑转换器(Logic Converter)的使用	(214)
C.2	数字信号发生器(Word Generator)的使用	(222)
C.3	逻辑分析仪的使用	(226)
	附录 D 用 MATLAB 的 Simulink 环境实现数字逻辑电路的仿真	(229)
D.1	在 MATLAB 的电路模型编辑窗口中编辑电路的过程	(229)
D.2	仿真环境的启动	(237)
D.3	用示波器显示仿真结果的输出信号	(239)
	附录 E EDA 技术在数字电路设计中的应用	(242)

E.1	数字系统的层次化结构设计	(242)
E.2	2 位十进制数字频率计的层次结构框图	(242)
E.2.1	设计有时钟使能的 2 位十进制计数器	(243)
E.2.2	在 MAX+PlusII 中实现计数器电路	(244)
E.2.3	在 MAX+PlusII 中实现测频时序控制电路的设计	(255)
E.2.4	频率计顶层电路设计	(256)
E.2.5	设计项目的其他信息和资源配置	(256)
E.3	数字逻辑电路的 VHDL 描述	(257)
E.3.1	VHDL 描述的基本结构	(257)
E.3.2	用 VHDL 描述组合逻辑电路和时序逻辑电路	(258)
E.3.3	在 MAX+PlusII 中的文本输入设计方法	(261)
上册部分习题和思考题答案		(263)
下册部分习题和思考题答案		(270)
参考文献		(273)

第 1 章 数字逻辑基础

1.1 概 述

1.1.1 数字电子技术课程所研究的问题

上册介绍的模拟电子技术基础所研究的问题是处理模拟信号的电路;下面将要介绍的数字电子技术基础所研究的问题是处理数字信号的电路。

由上册的知识已知,模拟信号的特点是:信号的变化在幅度和时间上均是连续的;而数字信号的特点是:信号的变化在幅度和时间上均是离散的。

处理数字信号的数字电路与模拟电路比较具有如下的优点:

- (1) 电路结构简单,易于制造,便于集成;
- (2) 工作准确可靠,精度高,抗干扰能力强;
- (3) 不仅能完成数字运算,还可完成逻辑运算;
- (4) 可利用压缩技术减少数据量,便于信号的传输。

为了研究数字电路,必须先了解数字信号的描述方法。数字信号通常用数字量来表示,数字量的计数方法与数制有关。

1.1.2 数制

数字量的计数方法称为数制,数制规定了数字量每一位的组成方法和从低位到高位的位置方法,任意进制的数字量均可表示成如下的形式

$$D = \sum k_i N^i \quad (1-1)$$

式(1-1)称为数制的位权和表达式。式中的 k_i 称为第 i 位的系数,不同进制的数字量 k_i 的取值不同, N 称为计数的基数,不同进制的数字量 N 的取值也不同, N^i 称为第 i 位的权。

常用的数制有十进制、二进制和十六进制。

1. 十进制

人们在日常生活和工作中常使用十进制数。十进制数的计数法则是:计数的基数 N 等于 10, 每一位的系数 k_i 用 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 这十个数字中的一个来表示,从低位到高位的位置法则是:逢十进一。根据位权和的公式,任何一个十进制数均可表示成

$$D = \sum k_i 10^i \quad (1-2)$$

的形式。例如

$$356.78 = 3 \times 10^2 + 5 \times 10^1 + 6 \times 10^0 + 7 \times 10^{-1} + 8 \times 10^{-2}$$

2. 二进制

因组成计算机的电子元件只能表示“通”或“断”两个稳定的状态,若用数字“1”表示“通”,数字“0”表示“断”,说明组成计算机的电子元件只能识别“0”和“1”两个字符,所以,计算机的计数只能使用二进制数。二进制数的计数法则是:计数的基数 N 为 2,每一位的系数 k_i 用 0 或 1 这两个数字中的一个来表示,从低位到高位进位法则是:逢二进一。根据位权和的公式,任何一个二进制数均可表示成

$$D = \sum k_i 2^i \quad (1-3)$$

的形式。例如

$$(10011.11)_B = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$$

上式的左边表示一个二进制数,括号的下角标 B(Binary)代表二进制数,也可用下角标 2 来表示。右边是该二进制数位权和的表达式,因表达式中的 $2^4, 2^1, 2^{-1}$ 等是根据十进制数的运算法则来计算的,所以该表达式也是沟通二进制数和十进制数之间转换关系的桥梁,利用这种关系可以实现将二进制数转化成十进制数的运算。例如

$$(10011.11)_B = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = (19.75)_D$$

上式右边括号的下角标 D(Decimal)代表十进制数,也可用脚标 10 来表示。

3. 十六进制

为了解决二进制数不容易阅读和记忆的问题,人们引入十六进制数。十六进制数的计数法则是:计数的基数 N 是 16,每一位的系数 k_i 用 0~9, A, B, C, D, E, F 这 16 个数字中的一个来表示,从低位到高位进位法则是:逢十六进一。根据位权和的公式,任何一个十六进制数均可表示成

$$D = \sum k_i 16^i \quad (1-4)$$

的形式。例如

$$(A3B.C)_H = 10 \times 16^2 + 3 \times 16^1 + 11 \times 16^0 + 12 \times 16^{-1}$$

上式的左边表示一个十六进制数,括号的下角标 H(Hexadecimal)代表十六进制数,也可用角标 16 来表示。右边是该十六进制数位权和的表达式,因表达式中的 $16^2, 16^1, 16^{-1}$ 等是根据十进制数的运算法则来计算的,所以该表达式也是沟通十六进制数和十进制数之间转换关系的桥梁,利用这种关系可以实现将十六进制数转化成十进制数的运算。例如

$$(A3B.C)_H = 10 \times 16^2 + 3 \times 16^1 + 11 \times 16^0 + 12 \times 16^{-1} = (2619.75)_D$$

1.1.3 数制的转换

根据前面介绍的知识可知,任意进制的数都可以表示成位权和的形式。数制位权和的表达式不仅可以用来表示任意进制的数,还可以实现将二进制数或十六进制数转换成十进制数

的运算,下面来介绍如何将十进制数转换成二进制或十六进制数的运算。

1. 十进制转二进制

将一个十进制数转换成二进制数,应分整数和小数两部分来转换。整数部分转换的法则是:除 2 取余,小数部分转换的法则是:乘 2 取整。

例如,将 $(19.75)_D$ 转换成二进制数的运算过程如图 1-1 所示:

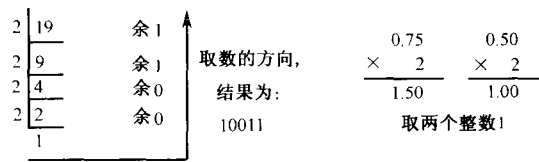


图 1-1 十进制转二进制的运算图

将图 1-1 所示的整数部分和小数部分运算的结果合并起来,得到总的结果为 $(19.75)_D = (10011.11)_B$ 。

2. 十进制转十六进制

将一个十进制数转换成十六进制数的方法与十进制数转二进制数的方法相似,所不同的地方是转换的法则为:除 16 取余和乘 16 取整。

例如,将 $(2619.75)_D$ 转换成十六进制数的运算过程如图 1-2 所示:

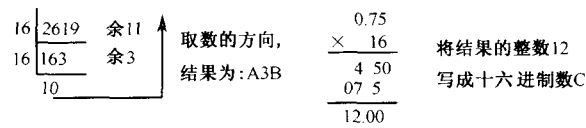


图 1-2 十进制转十六进制的运算图

将图 1-2 所示的整数部分和小数部分运算的结果合并起来,得到总的结果为 $(2619.75)_D = (A3B.C)_H$ 。

3. 二进制转十六进制和十六进制转二进制

根据二进制数位权和的表达式可知:每一位的十六进制数可以用四位的二进制数来表示。由此可得二进制数转十六进制数的法则是:四位变一位;十六进制数转二进制数的法则是:一位变四位。

由位权和的表达式还可知,当四位二进制数的最高位有 1 时,因该位的权是 2^3 ,即十进制数的 8,所以该位的 1 可写成十进制数的 8;依次类推,第二位的 1,可写成十进制数的 4,第三位的 1,可写成十进制数的 2,最低位的 1,可写成十进制数的 1,将这些数加起来并用十六进制数来表示,即可实现二进制数和十六进制数的互换。这种互换的关系用代码来表示称为 8421 码。

例如,将 $(101111.11)_B$ 转换成十六进制数的过程如下:

$$(0010^11111.1100)_B = (2F.C)_H$$

具体的做法是:从小数点开始往左数,将整数部分每四位分成一组,不够四位的在前面加0;然后从小数点开始往右数,将小数部分每四位分成一组,不够四位的在后面加0;最后利用8421码将每四位的二进制数写成十六进制数。即

$$1111 = 2^3 + 2^2 + 2^1 + 2^0 = 8 + 4 + 2 + 1 = (15)_D = (F)_H$$

$$1100 = 2^3 + 2^2 = (12)_D = (C)_H$$

将 $(2F.C)_H$ 转换成二进制数的过程是:

$$(2F.C)_H = (0010^11111.1100)_B = (101111.11)_B$$

1.1.4 码制

日常生活中,我们所接触到的数字有两种类型:一类数字用来表示某一种物质量的大小;另外一类数字并不代表某一种物质量的大小,而是代表某一个具体的事物或人。

例如,大家在入学时,学校为每个同学所编的学号如10599123,10599133等,并不表示10599133大于10599123的含义,而是表示两个不同的学生。这些代码的编制要遵循某种规则,编制代码所遵循的规则称为码制。

数字电路中常用4位的二进制代码来表示0~9这十个不同的状态,根据不同的编码法则,有不同的二—十进制代码,简称BCD(Binary Coded Decimal)代码,几种常用的BCD代码如表1-1所示。

表 1-1 几种常用的 BCD 代码

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

表 1-1 所列 BCD 代码编码的规则如下:

8421 码从左到右的每一位 1 分别表示 8,4,2,1,每一位的 1 所代表的十进制数称为该位

的权,且保持不变,是恒权代码,编码的规则遵循加权和的公式。

余3码的编码规则遵循8421码加3。即余3码减8421码结果等于3,余3码不是恒权代码,利用余3码可以很方便地求十进制数的补码。

例如:十进制数3的补码是7,数字电路求补码的方法是先求反码再加1。利用余3码可以很方便地实现上述的运算,计算的过程如下:数字3的余3码为0110,反码为1001,反码加1为1010,1010为数字7的余3码,说明十进制数3的补码是7。

2421码也是一种恒权代码,因为该代码的0和9,1和8,2和7,3和6,4和5均构成反码的关系,所以利用2421码也可以很方便地求十进制数的补码。

例如:利用2421码计算十进制数3的补码的过程如下:数字3的2421码为0011,反码为1100,反码加1为1101,1101为数字7的2421码,说明十进制数3的补码是7。

5211码也是一种恒权代码,利用该代码可以很方便地组成分频器。

余3循环码是一种变权代码,编码的特点是相邻的两个代码之间仅有一位的状态不同。

另外常见的编码还有ASCII码、格雷码、奇偶检验码等。

1.1.5 算术运算

在数字电路中,数字量的大小用二进制数来表示,对两个数字量所进行的数值计算称为算术运算。二进制数的算术运算有加、减、乘、除四种,运算的规则和方法与十进制数的运算规则和方法相同,所不同的是运算口诀为:逢二进一。

二进制数加法和乘法的运算口诀如下:

$$\begin{aligned} 0+0 &= 0 & 0+1 &= 1 & 1+1 &= 10 \\ 0\cdot 0 &= 0 & 0\cdot 1 &= 0 & 1\cdot 1 &= 1 \end{aligned}$$

在数字电路和数字计算机电路中,二进制数的正、负号也是用“0”和“1”来表示。在定点运算的情况下,二进制数的最高位为符号位,正数为“0”,负数为“1”,后面的各位表示具体的数值,用这种方式表示的数码称为原码。例如,8位二进制数

$$\begin{aligned} (01010101)_B &= (+55)_H = (+85)_D \\ (11010101)_B &= (-55)_H = (-85)_D \end{aligned}$$

在数字电路和数字计算机电路中,为了简化运算电路,通常利用补码相加的方法来实现减法的运算。例如

$$(0111)_B - (0101)_B = (0111)_B + (1011)_B = (0010)_B$$

注意:在计算的过程中,将最高位进位的1溢掉。从原码求补码的法则是:反码加1。例如, $(1011)_B$ 的反码是 $(0100)_B$,加1为 $(0101)_B$,所以 $(1011)_B$ 的补码是 $(0101)_B$ 。

利用二进制数不仅可以实现数值计算,还可以实现逻辑运算。

1.2 逻辑代数基础

在客观世界中,事物的发展和变化通常都遵循一定的因果关系。例如,电灯的亮或暗,取

决于电源的开关是否接通,如果开关接通,电灯就会亮,否则电灯为暗。开关接通与否是电灯亮或暗的原因,电灯的亮或暗是结果,描述这种因果关系的数学工具称为逻辑代数。

逻辑代数是英国的数学家乔治·布尔(George Boole)在 19 世纪中叶创立的,所以逻辑代数又称为布尔代数。20 世纪 30 年代,美国人 Claude E. Shannon 将布尔代数引入到开关电路的分析和设计的工作中,使布尔代数成为分析和综合开关电路的数学工具,所以布尔代数又称为开关代数。

和普通代数相比,在逻辑代数中,虽然也用英文字母来表示变量,但这些变量的取值只有“1”和“0”两种情况,且这里的“1”和“0”并不表示数值的大小,它所代表的意义仅仅是两个不同的逻辑状态。

例如,用“1”和“0”分别表示一件事情的“是”与“非”,“真”与“假”,电压的“高”与“低”,电流的“有”与“无”,开关的“通”与“断”等。

逻辑代数的基本运算只有与、或、非 3 种。

1.2.1 逻辑与的关系

在图 1-3 所示电路中,开关 A 和 B 通、断的组合状态与灯 Y 亮、暗的情况满足一定的因果关系。为了描述这种因果关系,可以将开关的闭合状态作为原因,并设定开关闭合用“1”来表示,开关断开用“0”来表示;把灯的亮、暗情况作为结果,并设定灯亮用“1”来表示,灯暗用“0”来表示。根据这种设定,图 1-3 所示电路的因果关系可用表 1-2 所示的真值表来表示。

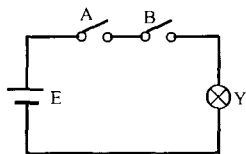


图 1-3 与逻辑关系的电路图

表 1-2 与逻辑的真值表

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

由表 1-2 可见,图 1-3 所示电路的因果关系是:有 0 出 0,这种因果关系在逻辑代数中称为与逻辑关系,因为与逻辑关系可用表达式

$$Y = A \cdot B = AB \quad (1-5)$$

来表示,所以与逻辑关系又称为逻辑乘。

日常生活中满足这种因果关系的事例很多,在逻辑代数中用图 1-4(a)所示的逻辑符号来表示与逻辑关系,能够实现与逻辑关系的器件称为与门电路,所以图 1-4(a)所示的符号也是与门电路的符号。利用图 1-4(a)所示的与门电路符号可将图 1-3 所示的电路简化成图 1-4(b)所示的形式。

因图 1-4(b)所示的电路图又称为与逻辑关系的逻辑图,所以,在数字电路中电路图和逻辑图的形式相同。

图 1-4(b)所示电路的工作波形图如图 1-5 所示。

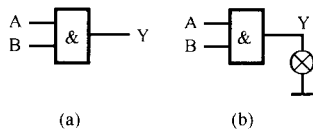


图 1-4 与门电路的符号

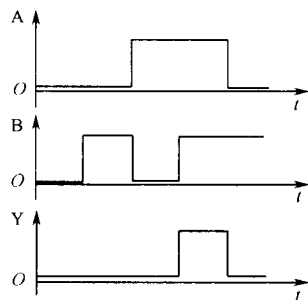


图 1-5 与门电路的工作波形图

由上面的讨论可见,在数字电路中对与逻辑关系的描述方法有真值表,逻辑表达式,逻辑图和工作波形图 4 种。这 4 种表示方法是等效的,大家要很熟练地掌握这 4 种表示方法相互转换的关系。

1.2.2 逻辑或的关系

图 1-3 电路中开关 A 和 B 是串联的,若将串联连接的开关改成如图 1-6 所示的并联连接,则开关 A、B 通、断的组合状态与灯 Y 亮、暗的情况所满足的因果关系也将发生变化。若真值表中“0”和“1”所代表的物理意义保持不变,则描述图 1-6 所示电路因果关系的真值表如表 1-3 所示。

由表 1-3 可见,图 1-6 所示电路的因果关系是:有 1 出 1,这种因果关系在逻辑代数中称为或逻辑关系,因为或逻辑关系可用表达式

$$Y = A + B \quad (1-6)$$

来表示,所以或逻辑关系又称为逻辑加。

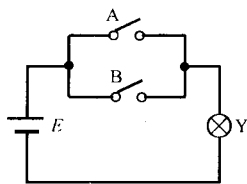


图 1-6 或逻辑关系电路图

表 1-3 或逻辑的真值表

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

日常生活中满足这种因果关系的事例很多,在逻辑代数中用图 1-7(a)所示的逻辑符号来表示或逻辑关系,能够实现或逻辑关系的器件称为或门电路,所以图 1-4(a)所示的符号也是或门电路的符号。利用图 1-7(a)所示的或门电路符号可将图 1-6 所示的电路简化成图 1-7(b)所示的形式。

图 1-7(b)所示电路的工作波形图如图 1-8 所示。由此可见,描述或逻辑关系的方法也有真值表,逻辑表达式,逻辑图和工作波形图 4 种。这 4 种表示方法也是等效的,大家也要很熟练地掌握这 4 种表示方法相互转换的关系。