



高等学校电气信息类规划教材

- ◎ 基本知识综述及重点难点剖析
- ◎ 典型例题解答
- ◎ 习题精选及答案
- ◎ 重点大学硕士研究生入学考试试题

数字电子技术

重点难点剖析 与解题指导

(第2版)

蔡明生 曾文海 主编

湖南大学出版社

内 容 简 介

本书是以教育部高等工科院校电子技术课程教学指导小组制定的《电子技术基础课程教学基本要求》为依据,以目前国内各高校普遍使用的几套《数字电子技术基础》教材为背景而编写的数字电子技术基础课程辅导教材。全书共分八章和三个附录。每章各节分为基本知识综述、重点难点剖析、典型例题解答、习题精选及答案四个层次。基本知识综述用文字和图表简练地归纳、总结教学基本内容;重点难点剖析对重点作提示,并以释疑的方式对疑难和易出错的问题作剖析;典型例题解答选取覆盖相关教学内容的各种题型作分析解答;习题精选尽可能使所选习题具有广泛代表性,且对各题给予了提示和答案。附录分别选编了部分课程考试的模拟试题和近几年的硕士研究生入学考试试题,并进行分析、解答。

本书可作为本科、专科学生学习数字电子技术的课程辅导教材,亦可作为理工科研究生入学考试的备考复习用书,还可以作为相关课程教师的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术重点难点剖析与解题指导/蔡明生,曾文海主编.

—2版. —长沙:湖南大学出版社,2005.11

(高等学校电气信息类规划教材)

ISBN 7-81053-544-7

I. 数... II. ①蔡... ②曾... III. 数字电路—电子技术

—高等学校—教学参考资料 IV. TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 131787 号

数字电子技术重点难点剖析与解题指导

Shuzi Dianzi Jishu Zhongdian Nandian Pouxu yu Jieti Zhidao

作 者: 蔡明生 曾文海 主编

责任编辑: 李继盛

封面设计: 张 毅

出版发行: 湖南大学出版社

社 址: 湖南·长沙·岳麓山 邮 编: 410082

电 话: 0731-8821691(发行部), 8821274(编辑室), 8821006(出版部)

传 真: 0731-8649312(发行部), 8822264(总编室)

电子邮箱: press@hnu.net.cn

网 址: <http://press.hnu.net.cn>

印 装: 湖南新华印刷集团有限责任公司(邵阳)

总 经 销: 湖南省新华书店

开本: 787×1092 16开

印张: 16.75

字数: 387千

版次: 2005年12月第2版

印次: 2005年12月第1次印刷

印数: 1~4 000册

书号: ISBN 7-81053-544-7/TN·11

定价: 24.00元

版权所有,盗版必究

湖南大学版图书凡有印装差错,请与发行部联系

前 言

本书是依据教育部高等工科院校电子技术课程指导小组制定的《电子技术基础课程教学基本要求》，参照国内广泛使用的相关教材，结合作者长年的教学实践经验编写而成的数字电子技术基础课程学习辅导教材。它既能为在校本、专科学生、职业学院学生及自学读者对本课程学习提供全面、系统的总结，对复习备考提供有的放矢的辅导；也能对报考硕士研究生的考生们的复习提供系统、有效的指导。

编者从事电子技术基础课程教学数十年，亲身经历了数字电子技术的产生和发展过程，深感数字电子技术发展迅速、内容丰富、实践性强、应用十分广泛。这种发展态势使得教学内容不断拓宽，但数字电子技术的学时却相对紧缩，学生迫切希望有一本能提高其学习效率的参考书。本书就是针对这一需求编写的指导性辅导教材。它系统扼要地总结归纳了教学基本内容与主要概念，并提供了重点难点提示与剖析，还用较多的典型例题加深概念、开阔思路，又用各种题型的习题指导复习，借以引导读者举一反三，学以致用。

本书各章分为基本知识综述、重点难点剖析、典型例题解答、习题精选及答案四个层次，既力求贴近教材，又自成体系；既涵盖基本内容，又引导学以致用。基本知识综述系统扼要地用文字和图表总结数字电子技术各章的基本概念、基本原理和基本分析方法；许多地方融入了作者多年教学经验的总结。在例题和习题的选取上既注意与相关内容的紧密配合，又考虑了典型性、先进性、实用性和综合性。例题着重分析解题思路、方法和技巧，力争取得举一反三的效果。作为本书特色之一的重点难点分析以释疑方式澄清学生常见的一些模糊概念、解答疑难问题。在保证教学基本要求的前提下，为满足不同层次、不同水平读者的要求，还适当增加了部分内容的深度和难度。

书末附录1收录了湖南大学近几届数字电子技术课程的考试试题作为模拟试卷供学生自测参考。附录2和3收录了湖南大学和部分国内重点大学近几届的硕士研究生入学考试试题，为有志在本课程学习上寻求进一步提高的读者和准备报考硕士研究生的读者助一臂之力。

参加本书编写工作的有蔡明生（第1、4、6、8章和附录1、3），周子群（第3、7章和附录2），孔照荣（第2章），苏娟（第5章）。本书由蔡明生、周子群任主编，负责全书的策划、组织和定稿。戴瑜兴教授任主审。

本书的编写得到了湖南大学教务处、湖南大学电气与信息工程学院等各级领导的关心和支持，电子信息工程系的老师和同行给予了热情的鼓励和帮助，还得到了湖南大学出版社的热情支持和配合，在本书和读者见面之时，谨向他们表示深深的感谢。

由于时间仓促，且限于编者的水平，书中错误和不妥之处在所难免，敬请读者予以批评指正。

编 者

2002年9月于湖南大学

第 2 版 序

本书是根据高等工科院校《电子技术基础教学大纲》编写的《数字电子技术基础》的配套学习指导教材,为数字电子技术的学习、复习、备考提供辅导。书中内容分为四个层次:基本知识综述、重点难点剖析、典型例题精解、习题选编及答案。既系统扼要地归纳总结了本课程所涉及的基本内容和主要概念,又对重点难点进行了提示和剖析,尤其是收集了来自各院校课程考试和研究生入学考试的大量典型题目,并对其进行分析、综合、归类。该书是编者长期从事该课程教学的经验总结和知识积累,使你通过学习本书能领悟到如何学好电子技术课程;如何熟悉课程考试和研究生入学考试的重点、思路、技巧和方法。

本书自第一版问世以来,受到广大师生的积极关注和热情支持。许多读者在学完本书并受益之后,常以各种形式与编者交流意见,其中不乏赞誉之词,使我们备受欣慰和鼓舞,促使本书再次认真修订之后又与读者见面了。愿本书能为你学好电子技术课程以及考试、考研成功助一臂之力,也希望继续得到广大师生的关心和支持。

本次修订中,我们在原书的基础上进行了下列几项工作:

- ①进一步完善基本知识综述,使之更加言简意明、紧贴基本教材;
- ②加强和突出重点难点;
- ③对典型例题和习题作了进一步的筛选和补充;
- ④更新了有关考试题目的三个附录;当然还少不了修订第一版中的错误。

本书修订由蔡明生任主编。曾文海执笔修订第 6、8 章;代扬执笔修订第 3、7 章及附录二、三;苏娟执笔修订第 2、5 章;蔡明生执笔修订第 1、4 章及附录一;修订后的教材中可能还存在许多不完善甚至错误之处,殷切企望读者给予批评和指正。

编者

2005 年 8 月于湖南大学

目 次

第 1 章 数字逻辑基础

1.1 数字电路的特点与逻辑运算	(1)
1.1.1 基本知识综述	(1)
1.1.2 重点难点剖析	(7)
1.1.3 典型例题解答	(8)
1.1.4 习题精选及答案	(11)
1.2 逻辑函数的化简	(13)
1.2.1 基本知识综述	(13)
1.2.2 重点难点剖析	(15)
1.2.3 典型例题解答	(17)
1.2.4 习题精选及答案	(19)

第 2 章 逻辑门电路

2.1 基本逻辑门和集成 TTL 门	(22)
2.1.1 基本知识综述	(22)
2.1.2 重点难点剖析	(28)
2.1.3 典型例题解答	(32)
2.1.4 习题精选及答案	(37)
2.2 CMOS 门电路	(41)
2.2.1 基本知识综述	(41)
2.2.2 重点难点剖析	(43)
2.2.3 典型例题解答	(45)
2.2.4 习题精选及答案	(48)

第 3 章 组合逻辑电路

3.1 组合电路的分析与设计方法	(53)
3.1.1 基本知识综述	(53)
3.1.2 重点难点剖析	(54)
3.1.3 典型例题解答	(56)
3.1.4 习题精选及答案	(60)

3.2 编码器和译码器	(62)
3.2.1 基本知识综述	(62)
3.2.2 重点难点剖析	(63)
3.2.3 典型例题解答	(66)
3.2.4 习题精选及答案	(69)
3.3 数据选择器和数值比较器	(74)
3.3.1 基本知识综述	(74)
3.3.2 重点难点剖析	(74)
3.3.3 典型例题解答	(77)
3.3.4 习题精选及答案	(80)
3.4 算术运算电路	(84)
3.4.1 基本知识综述	(84)
3.4.2 重点难点剖析	(86)
3.4.3 典型例题解答	(87)
3.4.4 习题精选及答案	(91)

第4章 触发器

4.1 触发器的结构及特点	(94)
4.1.1 基本知识综述	(94)
4.1.2 重点难点剖析	(97)
4.1.3 典型例题解答	(99)
4.1.4 习题精选及答案	(102)
4.2 触发器的功能	(104)
4.2.1 基本知识综述	(104)
4.2.2 重点难点剖析	(106)
4.2.3 典型例题解答	(110)
4.2.4 习题精选及答案	(115)

第5章 时序逻辑电路

5.1 时序逻辑电路的基本概念及功能描述	(120)
5.1.1 基本知识综述	(120)
5.1.2 重点难点剖析	(122)
5.1.3 典型例题解答	(123)
5.1.4 习题精选及答案	(124)
5.2 时序逻辑电路的分析方法	(126)
5.2.1 基本知识综述	(126)
5.2.2 重点难点剖析	(127)
5.2.3 典型例题解答	(129)

5.2.4 习题精选及答案	(133)
5.3 同步时序逻辑电路的设计方法	(136)
5.3.1 基本知识综述	(136)
5.3.2 重点难点剖析	(137)
5.3.3 典型例题解答	(139)
5.3.4 习题精选及答案	(144)
5.4 常用时序逻辑功能器件	(148)
5.4.1 基本知识综述	(148)
5.4.2 重点难点剖析	(150)
5.4.3 典型例题解答	(152)
5.4.4 习题精选及答案	(154)

第6章 半导体存储器与可编程逻辑器件

6.1 半导体存储器	(159)
6.1.1 基本知识综述	(159)
6.1.2 重点难点剖析	(162)
6.1.3 典型例题解答	(163)
6.1.4 习题精选及答案	(166)
6.2 可编程逻辑器件(PLD)	(169)
6.2.1 基本知识综述	(169)
6.2.2 重点难点剖析	(173)
6.2.3 典型例题解答	(176)
6.2.4 习题精选及答案	(179)

第7章 脉冲波形的产生与变换

7.1 单稳态触发器	(181)
7.1.1 基本知识综述	(181)
7.1.2 重点难点剖析	(182)
7.1.3 典型例题解答	(183)
7.1.4 习题精选及答案	(184)
7.2 施密特触发器	(185)
7.2.1 基本知识综述	(185)
7.2.2 重点难点剖析	(186)
7.2.3 典型例题解答	(186)
7.2.4 习题精选及答案	(188)
7.3 多谐振荡器	(189)
7.3.1 基本知识综述	(189)
7.3.2 重点难点剖析	(190)

7.3.3 典型例题解答	(191)
7.3.4 习题精选及答案	(193)
7.4 集成 555 定时器	(194)
7.4.1 基本知识综述	(194)
7.4.2 重点难点剖析	(195)
7.4.3 典型例题解答	(196)
7.4.4 习题精选及答案	(197)

第 8 章 数/模和模/数转换电路

8.1 数/模(D/A)转换电路	(201)
8.1.1 基本知识综述	(201)
8.1.2 重点难点剖析	(204)
8.1.3 典型例题解答	(205)
8.1.4 习题精选及答案	(207)
8.2 模/数(A/D)转换电路	(210)
8.2.1 基本知识综述	(210)
8.2.2 重点难点剖析	(212)
8.2.3 典型例题解答	(214)
8.2.4 习题精选及答案	(215)

附录 1 数字电子技术课程考试模拟试题

1.1 数字电子技术模拟考试试卷(A 卷)	(217)
1.2 数字电子技术模拟考试试卷(B 卷)	(219)
1.3 数字电子技术模拟考试试卷(C 卷)	(222)
1.4 湖南大学 2004 年数字电子技术考试试题	(224)
1.5 湖南大学 2005 年数字电子技术考试试题	(227)
1.6 参考答案部分	(230)
1.6.1 A 卷试题参考答案	(230)
1.6.2 B 卷试题参考答案	(231)
1.6.3 C 卷试题参考答案	(232)
1.6.4 湖南大学 2004 年数字电子技术试题参考答案	(234)
1.6.5 湖南大学 2005 年数字电子技术试题参考答案	(236)

附录 2 湖南大学 2003~2005 年攻读硕士学位研究生入学考试试题

2.1 2003 年硕士研究生入学考试试题(数字电路部分)	(239)
2.2 2004 年硕士研究生入学考试试题(数字电路部分)	(240)
2.3 2005 年硕士研究生入学考试试题(数字电路部分)	(242)

附录3 部分重点大学近几年硕士研究生入学考试试题选编

3.1 中国科学院电子学研究所 2005 年硕士研究生入学考试试题 (数字电路部分)	(243)
3.2 西安交通大学 2002 年硕士研究生入学考试试题 (电子技术基础“数电”部分)	(245)
3.3 北京邮电大学 2005 年硕士研究生入学考试试题(数字部分).....	(246)
3.4 上海交通大学 2004 年硕士研究生入学考试试题.....	(248)
3.5 华南理工大学 2005 年硕士研究生入学考试试题.....	(249)
3.6 电子科技大学 2005 年硕士研究生入学考试试题.....	(252)
 参考文献	 (253)

第 1 章 数字逻辑基础

1.1 数字电路的特点与逻辑运算

1.1.1 基本知识综述

一、数字电路与模拟电路的特点比较

电子电路根据研究和处理的信号不同而分为模拟电路和数字电路两大类,模拟电路研究和处理模拟信号(即随时间连续变化的电信号),数字电路研究和处理数字信号(即随时间作不连续变化的、离散的电信号)。这两类电路具有许多共同点,也具有各自的特点,因而,在现代电子学中,模拟电路和数字电路构成一个系统的两个分支,课程设置也分成了两个科目。图 1.1.1 表示了典型的数字信号与模拟信号,其中图(a)为矩形波,图(b)为正弦波。矩形波数字信号只有两个状态,即高电平与低电平,常用逻辑取值 1 和 0 表示。0 到 1 和 1 到 0 之间的跳变分别称为上升沿和下降沿。由于这种数字信号只有 1 和 0 两个截然相反的状态,不仅容易用电子元件实现,而且传输和处理方便,又不易失真;尤其是数字集成电路的发展比模拟集成电路要快得多。基于这些特点,目前有些模拟电路正被数字电路取代,数字电路的应用日益普及到生产、生活的各个领域,一个数字化的时代正在到来。

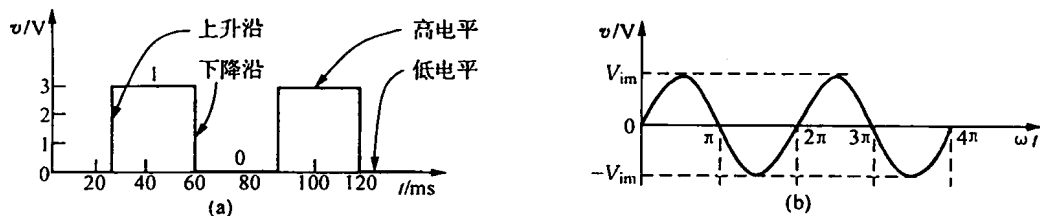


图 1.1.1 数字信号与模拟信号

(a) 典型数字信号

(b) 典型模拟信号

从模拟电路的学习转到数字电路学习的时候,明确两者的异同,把握数字电路的特点是十分必要的。表 1.1.1 从不同的方面比较了数字电路与模拟电路的异同。

表 1.1.1 数字电路与模拟电路的异同

	比较内容 特 点	数字电路	模拟电路
共同点		都是基于半导体器件的电子电路,包括双极型、单极型器件及相应的集成电路。两者都用来产生、传输、处理各种电信号	
不同点	处理的信号不同	处理数字信号,其信号通常具有较大的幅值(大信号)	处理模拟信号,通常都是小信号(微变信号)
	半导体器件的工作状态不同	其中的三极管一般工作在开关状态,如 BJT 的工作状态为饱和、截止,放大状态通常只是过渡	其中的三极管工作在线性放大状态,即双极型三极管的 $i_c = \beta i_B$, 场效应管的 $i_D = g_m V_{GS}$
	基本单元电路不同	构成数字部件的基本单元是各种功能的门电路、各种触发器及其各种逻辑功能块	构成模拟电路的单元是各种不同的放大器,如电压放大器、电流放大器、功率放大器、差动放大器和集成运算放大器等
	电路功能不同	分为组合电路和时序电路,用来完成各种逻辑运算与算术运算	实现对“微弱”信号的不失真放大,“放大”和“不失真”是模拟电路的核心
	研究方法不同	以逻辑代数为工具,通过真值表、逻辑式、卡诺图、逻辑图、波形图、状态转换图等六种方式研究数字电路的逻辑关系	用图解法和微变等效模型法分析放大电路的直流参数和交流参数
	信号失真程度不同	数字信号一般以高电平和低电平两种状态构成,在传输和处理过程中不易失真	模拟信号十分微弱,在传输和处理过程中极易失真,必须设置附加电路减少失真

二、数字电路的内容

数字电路以二进制数码为基础,以数字集成电路为器件,研究二值逻辑的各种逻辑运算和以二进制数为基础的算术运算,逻辑运算和算术运算是数字电路的两大内容。与此相关的还有数字信号的产生、波形变换、模拟信号和数字信号之间的相互转换等。

算术运算以普通代数为运算基础。算术运算中的输入、输出信号同样用变量表示,变量用字母表示,如 A 、 B 、 X 、 Y …,每个变量只有 1 和 0 两个取值。算术运算研究的是各变量之间的数值运算关系,如加、减、乘、除等。本课程的任务是将这些运算用电路实现,即设计和应用算术电路。

逻辑运算包含组合逻辑和时序逻辑两部分。逻辑运算与算术运算在概念上有着明显的区别。

逻辑运算以逻辑代数为运算基础,研究各种逻辑变量之间的相互关系,逻辑变量和普通代数一样也用字母表示,如 A 、 B 、 X 、 Y 。每个逻辑变量有两种相互对应的状态,用 0 和 1 表示,这里的 0 和 1 称为逻辑取值。各逻辑变量之间的关系,如与、或、非等,实现这些

逻辑关系的电路称为逻辑电路。逻辑电路分成组合逻辑电路和时序逻辑电路。

数字电路的内容除了设计和应用各种算术电路、逻辑电路以外,还包括信号产生电路、模数变换电路以及可编程逻辑器件(PLD)的应用、电子设计自动化(EDA)技术等。

三、数字电路中的数制、码制与逻辑值

数字信号常以 0、1 代码表示,而 0、1 代码用高、低电平实现。在数字电路中 0、1 代码可以表示两种截然不同的含意,其一是表示数值大小,其二是表示两种相互对立的逻辑状态。

1. 数制

数制即计数体制。正如表示时间的月份用十二进制,表示时钟用六十进制一样,数字电路中最基本的计数体制是二进制,它只含有 0 和 1 两个数符。除了二进制外也常用到八进制和十六进制。这三种进制以及传统的十进制都用来表示数值大小。每种进制的构成包括数符、基数和位权三个基本要素。十进制计数体制的数符为 0、1、2…9 共十个,基数是 10,从低位到高位位权依次为 10^0 、 10^1 、 10^2 …等,比如十进制数 $(541)_D = 5 \times 10^2 + 4 \times 10^1 + 1 \times 10^0$,计数规律是逢 10 进 1。二进制计数体制的数符只有 0 和 1 两个,基数为 2,各位权从低到高位分别是 2^0 、 2^1 、 2^2 …等,如 $(1011)_B = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0$,其和对应为十进制数的 11。二进制计数的计数规律是逢 2 进 1。十六进制(八进制)对应的数符有十六个(八个),其中十六进制用 0~9 和 A~F 的 16 个数符,八进制用 0~7 的 8 个数符,基数为 16(8),计数规律是逢 16(8)进 1。各种进制之间存在着内在的联系,可以从一种进制转换为另一种进制,图 1.1.2 表示了十进制、二进制以及十六进制(或八进制)之间的转换关系。

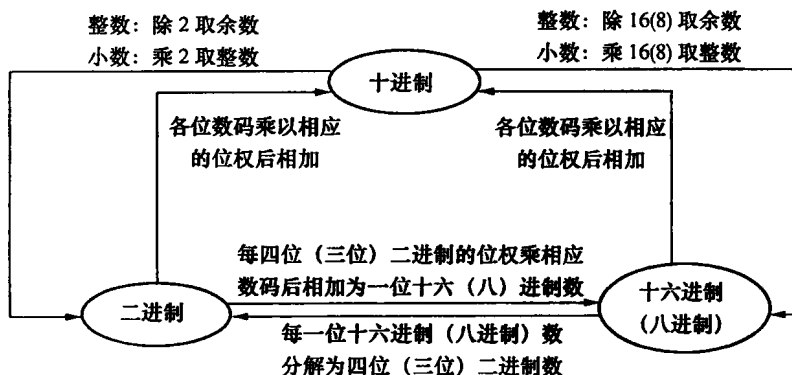


图 1.1.2 各种进制的转换关系

2. 码制

码制即编码体制。即用 0、1 为编码符号对各种事物、文字、符号、状态等进行编码。同一事物可以用不同的编码表示,正如一个人具有身份证编码、学籍编码等多种代码一样。数字电路中的编码采用二进制的 0、1 代码为基础组成不同形式的代码,如常用的十进制数有十个数符,在数字电路中则用四位二进制 0、1 代码的 16 组代码中选取 10 组来表示,0000 对应 0,0001 对应 1,……1001 对应 9,这种编码称为二-十进制,即 BCD 码。根

据 16 组代码中选 10 组的不同选法形成了不同位权的 BCD 码,如 8421BCD 码,即从高位到低位各位的位权是 8421,此外还有 5421BCD、2421BCD 码、余 3 码等,其中余 3 码不属于有权码。作为人机对话的计算机键盘使用的是国际通用 ASCII 码,它使用 8 位 0、1 代码构成,其中七位作有效编码,能编码 128 个字符,加上一位奇/偶校验位形成八位代码。如符号“#”的 ASCII 码是 $b_6b_5\cdots b_1b_0=0100011$,写成十六进制码是 23H。

0、1 代码按照某种约定的时间节拍(位时间)变化就能构成各种数据或信息,如图 1.1.3 的信号波形,如果按 8421BCD 码理解即为串行数据 2763(四位二进制码作为一位十进制数),如果按另一种编码理解则构成另一种信息。



图 1.1.3 用 1/0 代码构成数据或信息

又如,生产实践中的许多物理量是一些随时间连续变化的模拟量,要送到数字电路中进行处理,就要对信号选取若干个有代表性的点(取样),将这些点的大小用某种编码对应的二进制代码表示,才能送到数字电路进行处理。图 1.1.4 代表一个电压信号的曲线,图中取样点 A、B、C 变换成八位二进制代码。这些二进制代码就是模拟信号相应的数字信号(数字量)。

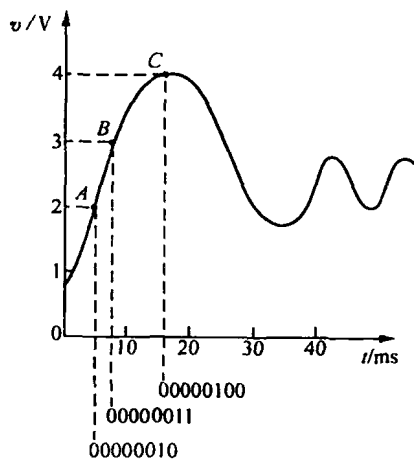


图 1.1.4 模拟电压信号变换成数字代码

3. 逻辑取值

数字电路中的 0 和 1 除了表示二进制的数值大小以及编码各种文字、符号之外,还有一个基本的应用是用来表示逻辑状态或称逻辑取值。许多事物有两种相互对立的状态,例如,是与非、真与假、开与关、高与低等等。这些状态称为逻辑状态,用逻辑变量表示,如某开关用字母 A 表示,它的两种状态开与关,即为 A 和 $\bar{A}$,表示同一事物的两个相互对立的状态,相应的逻辑取值就是 1 和 0,0 对应于开,则 1 对应于关,或者反过来。这种用两个逻辑取值表示逻辑变量相应状态的逻辑称为二值数字逻辑。此外,还有各种多值逻辑,但数字电路研究的问题一般属于二值逻辑。

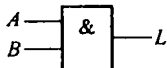
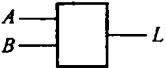
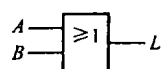
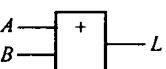
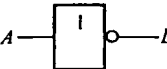
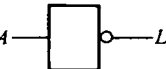
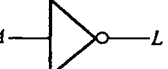
四、三种基本逻辑运算

每一事物的条件和结果之间存在着一定的因果关系,这种因果关系称为逻辑关系(逻辑运算)。数字电路中最基本的逻辑运算是与、或、非三种,逻辑运算常用的表示方法是逻辑表达式、逻辑符号和真值表。表 1.1.2 所示是三种基本逻辑运算的逻辑规律及其三种不同表示方式:逻辑表达式、逻辑符号、真值表。

四、三种基本逻辑运算

每一事物的条件和结果之间存在着一定的因果关系,这种因果关系称为逻辑关系(逻辑运算)。数字电路中最基本的逻辑运算是与、或、非三种,逻辑运算常用的表示方法是逻辑表达式、逻辑符号和真值表。表 1.1.2 所示是三种基本逻辑运算的逻辑规律及其三种不同表示方式:逻辑表达式、逻辑符号、真值表。

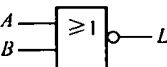
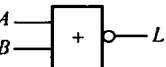
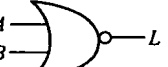
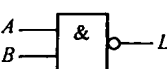
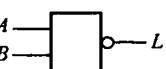
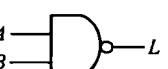
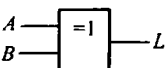
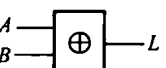
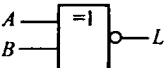
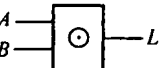
表 1.1.2 三种基本逻辑运算

逻辑运算	逻辑表达式	逻辑符号			真值表		运算规律
		现行国标符号	曾用国标符号	国外流行符号			
与运算	$L = A \cdot B$				A	B	全1出1 有0出0
					0	0	
					0	1	
					1	0	
或运算	$L = A + B$				A	B	有1出1 全0出0
					0	0	
					0	1	
					1	0	
非运算	$L = \bar{A}$				A	B	入1出0 入0出1
					0	1	
					1	0	

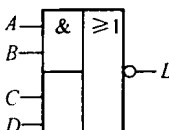
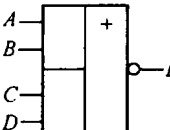
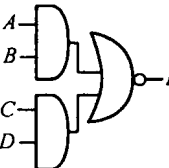
五、五种常用复合逻辑运算

以与、或、非三种基本逻辑运算为基础,可以组合出多种复合运算,其中应用较多的有与非、或非、与或非、同或、异或等五种,表 1.1.3 列出了这几种复合运算的逻辑表达式、逻辑符号和真值表。

表 1.1.3 五种常用复合逻辑运算

逻辑运算	逻辑表达式	逻辑符号			真值表		运算规律
		国标符号	曾用符号	国外流行符号			
或非运算	$L = \overline{A+B}$				A	B	有1出0, 全0出1
					0	0	
					0	1	
					1	0	
与非运算	$L = \overline{A \cdot B}$				A	B	有0出1, 全1出0
					0	0	
					0	1	
					1	0	
异或运算	$L = A \oplus B$				A	B	相同出0, 不同出1
					0	0	
					0	1	
					1	0	
同或运算	$L = A \odot B$				A	B	相同出1, 不同出0
					0	0	
					0	1	
					1	0	

续表 1.1.3

逻辑运算	逻辑表达式	逻辑符号			真值表		运算规律																																			
		国标符号	曾用符号	国外流行符号																																						
与或非运算	$L = \overline{AB + CD}$				<table><tr><td>ABCD</td><td>L</td></tr><tr><td>00 00</td><td>1</td></tr><tr><td>00 01</td><td>1</td></tr><tr><td>00 10</td><td>1</td></tr><tr><td>00 11</td><td>0</td></tr><tr><td>01 00</td><td>1</td></tr><tr><td>01 01</td><td>1</td></tr><tr><td>01 10</td><td>1</td></tr><tr><td>01 11</td><td>0</td></tr></table>	ABCD	L	00 00	1	00 01	1	00 10	1	00 11	0	01 00	1	01 01	1	01 10	1	01 11	0	<table><tr><td>ABCD</td><td>L</td></tr><tr><td>10 00</td><td>1</td></tr><tr><td>10 01</td><td>1</td></tr><tr><td>10 10</td><td>1</td></tr><tr><td>10 11</td><td>0</td></tr><tr><td>11 00</td><td>0</td></tr><tr><td>11 01</td><td>0</td></tr><tr><td>11 10</td><td>0</td></tr><tr><td>11 11</td><td>0</td></tr></table>	ABCD	L	10 00	1	10 01	1	10 10	1	10 11	0	11 00	0	11 01	0	11 10	0	11 11	0
		ABCD	L																																							
		00 00	1																																							
		00 01	1																																							
		00 10	1																																							
		00 11	0																																							
		01 00	1																																							
		01 01	1																																							
		01 10	1																																							
	01 11	0																																								
ABCD	L																																									
10 00	1																																									
10 01	1																																									
10 10	1																																									
10 11	0																																									
11 00	0																																									
11 01	0																																									
11 10	0																																									
11 11	0																																									
运算规律	有一组全 1 出 0, 每组有 0 出 1(A、B 为一组, C、D 为一组)																																									

六、逻辑代数

逻辑代数以二值函数为对象,研究输入逻辑变量与输出逻辑变量之间的逻辑关系,逻辑代数又称布尔代数或开关代数。逻辑变量用英文字母表示,每个字母只有 0 和 1 两种取值,在逻辑代数的应用中,只要注意这种取值的特殊性,就会使运算十分简单。

数字电路中常用的逻辑代数的内容是七条定律(含 17 个基本公式)、三条常用公式以及三个运算规则。这些公式、定理的证明是显而易见的,只要将每个变量用 0 和 1 代入即可实现。

1. 基本定律和恒等式(基本公式)

根据与、或、非三种基本运算的规律,可得到一组基本定律和恒等式,如表 1.1.4 所示。

表 1.1.4 逻辑代数的基本定律和恒等式(基本公式)

公式编号	表 达 式	名 称	运 算 规 律
1-1	$A+0=A$	0-1 律	变量与常量的关系
1-2	$A \cdot 0=0$		
1-3	$A+1=1$		
1-4	$A \cdot 1=A$		
1-5	$A+A=A$	重叠律	逻辑代数的特殊规律,不同于普通代数
1-6	$A \cdot A=A$		
1-7	$A+\overline{A}=1$	互补律	
1-8	$A \cdot \overline{A}=0$		
1-9	$\overline{\overline{A}}=A$	还原律	
1-10	$A+B=B+A$	交换律	与普通代数规律相同,其中加*一条与普通代数运算规律相同但结果不同
1-11	$A \cdot B=B \cdot A$		
1-12	$(A+B)+C=A+(B+C)$	结合律	
1-13	$(A \cdot B) \cdot C=A \cdot (B \cdot C)$		
1-14	$A \cdot (B+C)=A \cdot B+A \cdot C$	分配律	
1-15	$* A+BC=(A+B)(A+C)$		
1-16	$\overline{A+B}=\overline{A} \cdot \overline{B}$	反演律 (摩根定律)	逻辑代数的特殊规律,不同于普通代数
1-17	$\overline{A \cdot B}=\overline{A}+\overline{B}$		

2. 常用公式

以表 1.1.4 所示的基本公式为基础,又可以推导出一些常用公式,如表 1.1.5 所示。

这些公式的使用频率非常高,直接运用这些常用公式,可以给逻辑函数化简带来很大方便。

表 1.1.5 逻辑代数的常用公式

公式编号	表 达 式	含 义	方法说明
2-1	$A+AB=A$	在一个与或表达式中,若其中一项是另一项的因子,则另一项是多余的	吸收法 (以小吃大)
2-2	$A+\bar{A}B=A+B$	两个乘积项相加时,若一项取反后是另一项的因子,则此因子是多余的	消因子法 (以原去非)
2-3	$AB+A\bar{B}=A$	两个乘积项相加时,若两项中除去一个变量相反外,其余“变量相同”,则可用这些相同的变量代替这两项之和	并项法
2-4	$AB+\bar{A}C+BC=AB+\bar{A}C$	若两个乘积项中分别包含了 A 、 $\bar{A}$ 两个因子,而这两项的其余因子组成第三个乘积项时,则第三个乘积项是多余的,可以消去	消项法 (原非消余)

3. 基本规则

逻辑代数有三条基本运算规则,或称基本定理,即代入规则、对偶规则、反演规则。具体内容如表 1.1.6 所示。

表 1.1.6 逻辑代数的基本规则

规则名称	定 义	用途与例证
代入规则	任一个逻辑等式中,如将所有出现在等式两边的同一变量都代之以一个函数,等式仍成立	例如: $A+AB=A$ 中的 A 用 $C+D$ 代入,得到 $C+D+B(C+D)=C+D$ 成立,用于在等式变换中导出新公式
对偶规则	对偶定理指出:若两个逻辑等式成立,则它们的对偶式也相等。对偶规则是在保持逻辑优先顺序的前提下,将原式作变换:符号 $+\rightarrow\cdot, \cdot\rightarrow+$; 常量 $0\rightarrow 1, 1\rightarrow 0$	例如: $A+BC=(A+B)(A+C)$ 成立,则等式两边作对偶变换后的等式, $A(B+C)=AB+AC$ 仍成立,求逻辑函数的对偶式,用于导出新公式
反演规则	求一个函数的反函数则将原式作下列变换: 符号 $+\rightarrow\cdot, \cdot\rightarrow+$; 原变量 $\rightarrow$ 反变量,反变量 $\rightarrow$ 原变量; 常数 $0\rightarrow 1, 1\rightarrow 0$ 。	例如: $L=A\bar{B}+\bar{A}B$ $\bar{L}=(\bar{A}+B)(A+\bar{B})=AB+\bar{A}\bar{B}$ 即异或的非是同或, 用于求逻辑函数的反函数

1.1.2 重点难点剖析

一、重点提示

本节所涉及的内容是学习数字电路最基本的概念,或者说是掌握数字技术所需的一些常识,应该熟练掌握。具体而言,有下列几个要点是常在考核中出现的。

- (1) 各种进制数码之间的关系及其相互转换。
- (2) 熟练掌握三种基本逻辑运算和五种常用复合逻辑运算的概念、运算规则和描述方式。

(3) 逻辑函数的六种表示方式(文字描述、函数表达式、真值表、逻辑图、卡诺图、波形图,其中,卡诺图和波形图在本节还未出现)及相互变换,比如,给出其中一种表示方式需要找到其他表示方式。这种表示方式的相互转换贯穿整个《数字电子技术》。例如,用表示方式之一的文字描述给出一个题目,要求设计一个电路来实现,并分析出电路中各点的波形以便进行测试,这个设计过程实质上就是作“表示方式”的变换,其路径是:

文字描述 $\xrightarrow{\text{分析、设定}}$ 列真值表 $\xrightarrow{\text{化简或变换}}$ 写逻辑式 $\xrightarrow{\text{化简或变换}}$ 最简或指定类型的逻辑式 $\rightarrow$ 画逻辑图 $\xrightarrow{\text{选元件}}$ 电路安装 $\rightarrow$ 测试、分析(波形图)

可见,逻辑函数的六种表示方式及其转换是分析和设计逻辑电路的基础,必须熟练掌握。

二、疑难剖析

1. 如何将六种表示方式中的一种转换成另一种

给定逻辑函数的一种表示方式需要求另一种表示方式时,往往要经历几个中间过程,究竟经过怎样的中间过程较合适?就依赖于对六种不同表示方式的熟悉程度。比如给出一个真值表要求设计相应电路的过程容易被人接受,但给出的只有一个“波形图”,要求设计电路就有人无从下手了。图1.1.5说明了这六种表示方式转换的常用路径。图1.1.6以常用的异或函数为例说明六种表示方式的相互关系及转换的常用路径。熟练掌握这两张图的内涵将使你受益匪浅。

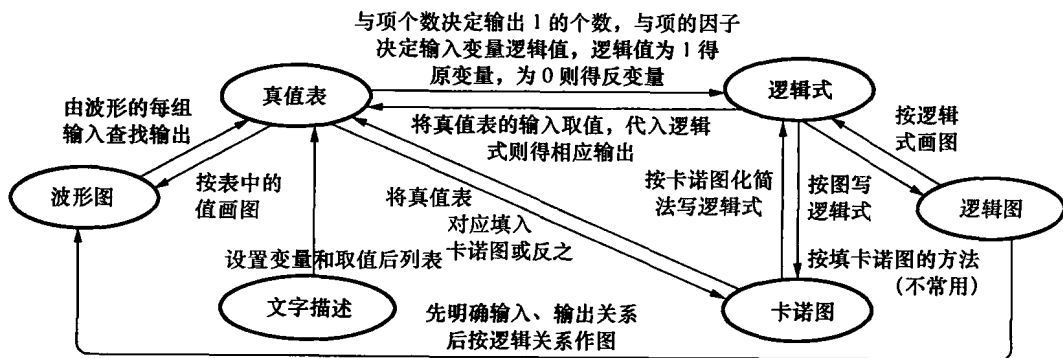


图 1.1.5 六种逻辑表示方式的转换路径

2. 在六种表示方式中,哪几种的结果是惟一的,哪几种的结果不是惟一的

在逻辑函数的六种表示方式中,同一逻辑函数的真值表、卡诺图、波形图的表示结果是惟一的,三者有一一对应关系。而由文字描述变成其他逻辑表示方式还存在一个设定问题,设定不同,结果可能不一样。逻辑式和逻辑图的形式是多样的,逻辑式和逻辑图之间具有对应关系。将逻辑式由一种形式变为另一种形式则依赖于读者对逻辑代数基本公式和定律的熟练,没有成熟的规律可循,只有通过大量的练习才能熟能生巧。

1.1.3 典型例题解答

【例 1.1.1】 填空: