

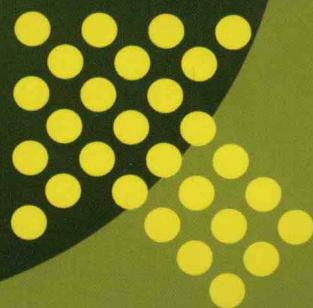
21世纪高等学校规划教材



SHUZI DIANZI JISHU

数字电子技术

周立求 主 编
刘东汉 陈学珍 副主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

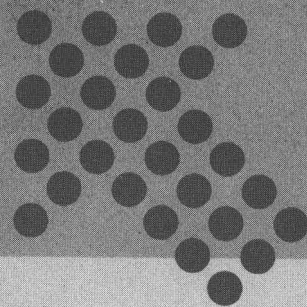
21世纪高等学校规划教材



SHUZI DIANZI JISHU

数字电子技术

主 编	周立求		
副主编	刘东汉	陈学珍	
编 写	陶 珂	桂静宜	江 玲
	邱 霞	刘 俊	
主 审	李哲英		



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为 21 世纪高等学校规划教材。

全书共分 8 章, 主要内容有数字逻辑基础、集成门电路、组合逻辑电路、锁存器和触发器、时序逻辑电路、半导体存储器和可编程逻辑器件、脉冲产生和整形电路、数/模转换和模/数转换等。

此外, 本书还有 6 个附录以帮助读者掌握数字电路的图形符号和 Multisim 软件在数字电路中的应用。

本书可作为高等院校电气信息类专业的本科教材, 也可作为高职高专和成人教育相关专业的教材, 同时可作为从事电子技术工作人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

数字电子技术/周立求主编. —北京: 中国电力出版社,
2010. 8

21 世纪高等学校规划教材

ISBN 978 - 7 - 5123 - 0658 - 5

I. ①数… II. ①周… 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 (2010) 第 132590 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 [http: // jc. cepp. com. cn](http://jc.cepp.com.cn))

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2010 年 12 月第一版 2010 年 12 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 16.5 印张 404 千字

定价 27.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

电子电气基础课程教材编审委员会

主任委员	王志功	东南大学		
副主任委员	张晓林	北京航空航天大学	胡敏强	东南大学
	王泽忠	华北电力大学	戈宝军	哈尔滨理工大学
	马西奎	西安交通大学	刘新元	北京大学
	孟 桥	东南大学		
秘 书 长	李兆春	中国电力出版社		
委	(按姓氏笔画排列)			
	于守谦	北京航空航天大学	公茂法	山东科技大学
	王 殊	华中科技大学	王万良	浙江工业大学
	王小海	浙江大学	王建华	西安交通大学
	王松林	西安电子科技大学	邓建国	西安交通大学
	付家才	黑龙江科技学院	刘润华	中国石油大学(华东)
	刘耀年	东北电力大学	朱承高	上海交通大学
	宋建成	太原理工大学	张正平	贵州大学
	张彦斌	西安交通大学	李 承	华中科技大学
	李 青	中国计量学院	李 琳	华北电力大学
	李守成	北京交通大学	李国丽	合肥工业大学
	李哲英	北京联合大学	李晓明	太原理工大学
	李晶皎	东北大学	杨 平	上海电力学院
	陈后金	北京交通大学	陈庆伟	南京理工大学
	陈意军	湖南工程学院	陈新华	山东科技大学
	宗 伟	华北电力大学	范蟠果	西北工业大学
	段哲民	西北工业大学	段渝龙	贵州大学
	胡虔生	东南大学	赵旦峰	哈尔滨工程大学
	赵荣祥	浙江大学	唐庆玉	清华大学
	徐淑华	青岛大学	袁建生	清华大学
	郭陈江	西北工业大学	高会生	华北电力大学
	崔 翔	华北电力大学	梁贵书	华北电力大学
	曾孝平	重庆大学	曾建唐	北京石油化工学院
	韩 璞	华北电力大学	韩学军	东北电力大学
	雷银照	北京航空航天大学		



进入 21 世纪,“985 工程”和“211 工程”的实施,推动了高水平大学和重点学科的建设,在高校中汇聚了一大批高层次人才,产生了一批具有国际先进水平的学术和科学技术研究成果。然而高校规模的超高速增大,导致不少学校的专业设置、师资队伍、教材资源和教学实验条件不能迅速适应发展需要,教学质量问题日益突现。高校教材,作为教学改革成果和教学经验的结晶,其质量问题自然备受关注。

需要指出的是,很多高等学校教材经过多年的教学实践检验,已经成为广泛使用的精品教材。同时,我们也应该看到,现用的教材中有不少内容陈旧、未能反映当前科技发展的最新成果,不能满足按新的专业目录修订的教学计划和课程设置的需要。这就要求我们的高等教育教材建设必须与时俱进、开拓创新,在内容质量和出版质量上均有新的突破。

根据教育部教高司 2003 年 8 月 28 日发出的 [2003] 141 号文件,在教育部组织下,历经数年,2006~2010 年教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会按照教育部的要求,致力于制定专业规范或教学质量标准,组织师资培训、教学研讨和信息交流等工作,并且重视与出版社合作,编著、审核和推荐高水平电子电气基础课程教材。

“电工学”、“电路”、“信号系统”、“电子线路”、“电磁场”、“自动控制原理”、“电机学”等电子电气基础课程是许多理工院校的先修课程,也是电子科学与技术、电气工程及其自动化等专业学科的基石,在科学研究领域和产业应用中发挥着极其重要的作用。此类教材的编写,应提倡新颖的立意,“适用、先进”的编写原则和“通俗、精炼”的编写风格,以百花齐放的形式和较高的编写质量来满足不同学科、不同层次的师生的教学要求。

本电子电气基础课程教材编审委员会即是基于此目的而设立的,希望能够鼓励更多的优秀教师参与其中,为高质量教材的编写和出版贡献出聪明才智和知识经验。

2009 年 10 月于东南大学

前 言

随着信息技术的发展,电气信息类专业的许多课程必须随着时代的进步而调整。为了培养面向 21 世纪的电子技术人才,本书在黄石理工学院原使用教材的基础上,经过教学改革与实践,对其内容作了较大修改和更新,使之更符合电子信息时代的要求。本教材力图直观、形象、通俗易懂地讲解数字电子技术中抽象、深奥的理论,理清基本概念、基本电路的工作原理和基本分析方法。对每一种新电路或新方法,尽可能与原有电路和方法进行比较,分析新电路的特点和适用范围。为了便于学生理解教材内容,特加强了例题的讲解及习题的训练。在对基本内容阐述清楚的同时,将重点介绍的内容安排适当的例题作为提高部分,力争使其成为一本学生爱看、易懂,教师好讲授的且有一定深度的教材。

本书系统地介绍了数字电子技术的基本原理和分析方法,通过大量实例阐述数字电子器件的工作原理、数字电子线路的设计方法以及集成数字电路的应用问题。本书具体内容包括数制转换,逻辑代数的基本逻辑运算和基本定律,逻辑函数的代数法和卡诺图化简法;CMOS 门电路和 TTL 门电路等集成芯片的工作原理和使用方法;基本组合逻辑电路的分析与设计,典型的锁存器和触发器,时序逻辑电路;半导体存储器的主要类型、工作原理、特点及可编程逻辑器件 PAL、GAL、CPLD、FPGA 的结构特点、工作原理和编程方法;555 时基集成电路的内部结构及其工作原理、应用方法,常用脉冲产生与整形电路;D/A 和 A/D 转换的基本原理、典型电路。

为了便于读者更好地理解和复习数字逻辑电路的相关内容,本书在附录中增加了 Multisim 软件在数字电路中的应用部分。Multisim 软件不仅提供了用于模拟电路仿真实验的数字万用表、信号发生器、示波器、波特图仪等内容,同时还介绍了用于数字电路仿真实验的数字信号发生器、逻辑分析仪和逻辑转换器。此外,附录中还介绍了逻辑分析仪和逻辑转换器的使用方法。本书“*”的内容有一定的难度,教师和学生可根据自身情况选择使用。

本书第 1 章由江玲编写,第 2 章和第 4 章由陈学珍编写,第 3 章由桂静宜编写,第 5 章由邱霞编写,第 6 章由周立求编写,第 7 章由陶珂编写,第 8 章由刘东汉编写,附录部分由刘俊编写,全书由周立求统稿。

本书由北京联合大学李哲英教授审稿,在此表示衷心地感谢!

限于编者水平,书中难免有不妥或疏漏之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2010 年 12 月

目 录

序

前言

第 1 章 数字逻辑基础	(1)
内容提要与学习要求	(1)
1.1 数字电路概述	(1)
1.2 数制和编码	(3)
1.3 逻辑运算与逻辑门	(7)
1.4 逻辑代数基础	(11)
本章小结	(24)
思考题与习题	(25)
第 2 章 集成门电路	(27)
内容提要与学习要求	(27)
2.1 CMOS 门电路	(27)
2.2 TTL 门电路	(44)
2.3 集成门电路的接口	(60)
本章小结	(65)
思考题与习题	(65)
第 3 章 组合逻辑电路	(70)
内容提要与学习要求	(70)
3.1 概述	(70)
3.2 算术运算电路	(73)
3.3 常用组合逻辑电路	(77)
3.4 数值比较器	(95)
* 3.5 组合逻辑电路中的竞争冒险	(99)
本章小结	(101)
思考题与习题	(101)
第 4 章 锁存器和触发器	(106)
内容提要与学习要求	(106)
4.1 锁存器	(106)
4.2 触发器	(113)
本章小结	(123)
思考题与习题	(123)

第 5 章 时序逻辑电路	(125)
内容提要与学习要求	(125)
5.1 时序逻辑电路的分析方法	(125)
5.2 时序逻辑电路的设计方法	(133)
5.3 寄存器	(140)
本章小结	(143)
思考题与习题	(143)
第 6 章 半导体存储器和可编程逻辑器件	(146)
内容提要与学习要求	(146)
6.1 概述	(146)
6.2 随机存取存储器	(148)
6.3 只读存储器	(151)
6.4 可编程逻辑器件	(157)
本章小结	(178)
思考题与习题	(178)
第 7 章 脉冲产生和整形电路	(182)
内容提要与学习要求	(182)
7.1 脉冲信号与脉冲电路	(182)
7.2 555 时基集成电路	(183)
7.3 555 时基集成芯片的应用	(188)
7.4 图像接收机中的脉冲电路	(202)
本章小结	(205)
思考题与习题	(207)
第 8 章 数/模转换和模/数转换	(210)
内容提要与学习要求	(210)
8.1 概述	(210)
8.2 数/模转换器	(213)
8.3 模/数转换器	(219)
本章小结	(227)
思考题与习题	(228)
附录 A 电气图用图形符号二进制逻辑单元简介	(229)
附录 B 常用逻辑符号对照表	(236)
附录 C 常用数字集成电路引脚排列图	(238)
附录 D TTL 与 CMOS 逻辑门电路的技术参数	(246)
附录 E 数字电路用于 CPU 与 STD 总线间接口举例	(247)
附录 F Multisim 软件在数字电路中的应用	(249)
参考文献	(256)

第1章 数字逻辑基础

内容提要与学习要求

本章首先介绍数字信号、数字技术和数字系统等基本概念,然后介绍计算机中各种进制数的表示方法,最后介绍逻辑代数的基本概念、公式和定理,逻辑函数的代数化简法和卡诺图化简法。逻辑代数是分析及设计数字电路的基本工具,逻辑函数化简是数字电路分析及设计的基础。

通过本章的学习,应达到以下要求:

- (1) 理解数字信号和数字系统的基本概念;掌握二进制数的表示方法,理解 8421 BCD 码;
- (2) 熟练掌握逻辑代数的基本逻辑运算和基本定律,熟练掌握代数法和卡诺图化简法逻辑函数的基本方法;
- (3) 熟悉几种常用的数字器件及其逻辑符号的表示方法。

1.1 数字电路概述

1.1.1 数字信号和模拟信号

有一些物理量,例如温度、压力、磁场、电场等具有一个共同的特点,即在时间和幅值上都是连续变化的。这种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。如模拟语音的音频信号和模拟图像的视频信号等。图 1.1 (a) 所示为模拟信号波形。对模拟信号进行传输、处理的电子线路称为模拟电路。与模拟量相对应的另一类物理量称为数字量,表示数字量的信号称为数字信号。它们在时间和幅值上都不连续,数值的大小和每次的增减都是量化单位的整数倍,即它们是一系列时间离散、数值也离散的信号。例如,计算机内部传输的信息、VCD 中的音/视频信号等。图 1.1 (b) 所示为数字信号波形。对数字信号进行传输、处理的电子线路称为数字电路,如数字电子钟、数字万用表的电子电路都是由数字电路组成的。

1.1.2 数字技术和数字系统

数字信号和模拟信号之间可以相互转换,模拟信号经过取样、量化转换为数字信号的过程称为模/数转换(A/D 转换)。对模拟信号进行数字式处理时,只要取样率大于或等于信号最高频率的两倍,并有足够的二进制位数来表示每一个取样信号,就可以用序列的离散二进制数来表示模拟信号,并可以根据它的离散值恢复出原始的离散信号。

数字技术就是为了适应和满足不同的应用需要,通过变换电路把模拟信号变成由 0 和 1 组成的数字信号,然后由数字系统对数字信号进行存储、运算、处理、变换、合成等。数字系统是指交互式的以离散形式表示的,具有存储、传输、处理信息能力的逻辑子系统的集合物。简而言之,输入和输出都是数字信号,而且具有存储、传输、处理信息能力的系统被称

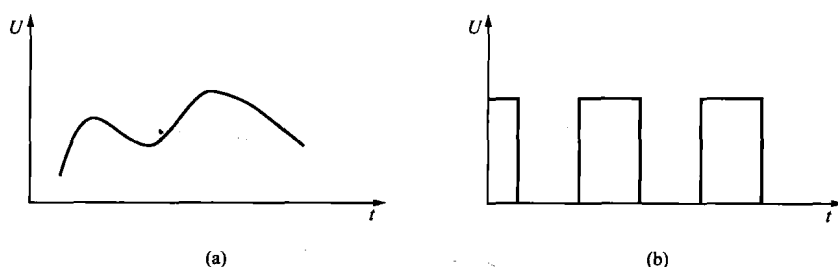


图 1.1 模拟信号和数字信号的电压—时间波形

(a) 模拟信号波形；(b) 数字信号波形

为数字系统。一台微型计算机就是一个典型的最完善的数字系统。

随着数字技术的不断发展，采用数字系统来处理模拟信号将会越来越普遍，数字电路被广泛应用于数字电子计算机、数字通信系统、数字式仪表、数字控制装置及工业自动化系统等领域。数字系统具有如下优点。

(1) 精度高。模拟系统的精度主要取决于电路中元件的精度，模拟电路中元件的精度一般很难达到 10^{-3} 以上；数字系统的精度主要取决于表示信息的二进制的位数，即字长，数字系统 17 位字长就可达到 10^{-5} 的精度，在一些高精密的系统中还可以通过增加字长来提高系统的精度。

(2) 可靠性强。因为数字系统只有两个电平信号：“1”和“0”，受噪声和环境条件的影响小，不像模拟系统各参数易受温度、电磁感应、振动等环境条件的影响；另外，数字系统多采用大规模集成电路，其故障率远比采用众多分立元件构成的模拟系统低。

(3) 应用范围广。数字系统不但适用于数值信息的处理，而且适用于非数值信息的处理，而模拟系统却只能处理数值信息。

(4) 集成度高且成本低。由于数字电路主要工作在饱和截止状态，对元件的参数要求不高，便于大规模集成和生产，随着微电子技术的发展，可以以更低的成本和更高的性能来开发更复杂的数字系统，即大规模、超大规模数字集成电路；尽管模拟系统集成化的开发成本在不断下降，性能也在不断增强，但由于基本数字器件的简单性，使得数字系统集成化发展迅速。另外，可以采用通用的数字信息处理系统（比如计算机）来处理不同的任务，从而降低专门系统的成本。

(5) 使用效率高。数字系统的一个最大优点是时分复用，即可利用同一数字信号处理器分时处理几个通道的信号。如图 1.2 所示，在同步控制器控制下，各路输入信号按先后顺序分别送入数字信号处理器进行处理，然后分别送给各路输出，处理器的运算速度越高，它能处理的信号数也就越多。

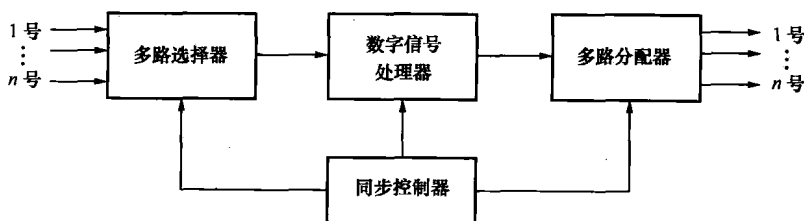


图 1.2 时分复用数字系统

1.1.3 数字逻辑和逻辑代数

数字电路与模拟电路之间,除了输入输出和处理的信号不同之外,还有一个主要区别就是输入和输出之间表达的关系不同。模拟电路输入和输出之间表达的是一种数值关系,而数字电路输入和输出之间表达的是一种因果关系,即逻辑关系。因此,数字电路也被称为逻辑电路或数字逻辑电路。

在数字电路中,输出和输入变量都是只有两种状态的逻辑变量。逻辑变量的两种状态分别是状态为“真”和状态为“假”,通常用数字“1”表示“真”,用数字“0”表示“假”。逻辑变量的取值只能在数字“0”和“1”中进行选择,而不能有第三种取值。数字电路中基本的逻辑关系(或称逻辑运算)有逻辑与、逻辑或和逻辑非,由这三种基本逻辑运算可以组成多种复合逻辑运算。逻辑代数是分析和设计数字逻辑电路的数学工具,也被称为布尔代数。

实现逻辑运算的电路称为逻辑门。逻辑门是组成数字电路的最小单元。数字逻辑电路根据功能和结构特点不同,可划分为组合逻辑电路和时序逻辑电路。组合逻辑电路完全是由逻辑门构成的,不包含存储器件。时序逻辑电路是包含存储器件的电路。在数字逻辑电路实际应用中,通常既包括组合逻辑电路,也包括时序逻辑电路。数字逻辑电路的存储功能是由存储器件完成的,最基本的存储器件是触发器。

1.2 数制和编码

1.2.1 二进制数

如果用表达两种状态的方法来表示1个数位,就是二进制数的表示方法。如手指头,可以弯下,也可以伸直,若约定弯下的状态与“1”对应,伸直的状态与“0”对应,则用手指头就可以表示二进制数。图1.3给出了把右手的拇指头弯下来表示第1位数。由于一只手有5个手指头,故可以表达5位数。图1.3所表示的是00001。由于食指是第2位,所以图1.4所示的二进制数为00010。

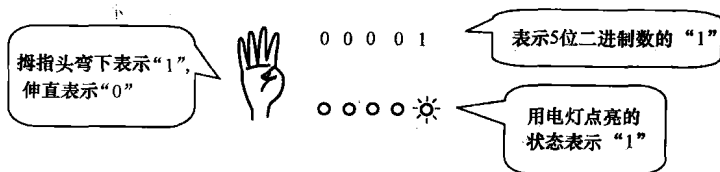


图 1.3 用手指头表示二进制的“1”

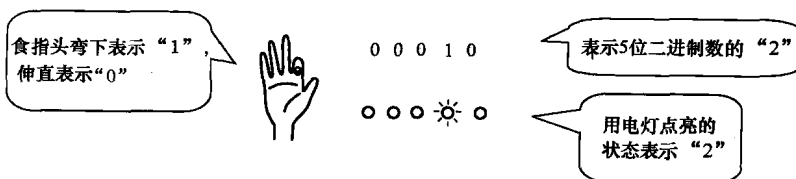


图 1.4 用手指头表示二进制的“2”

如果用人们通常所用的十进制数来表达,则数字0~9用1个数位即可表示,但是二进

制的数却只有 0 和 1 两个值。因此，“2”就必须用第 2 个数位来表示。然而，无论是谁，在刚开始学数数时，都有过用两只手从 1 数到 10 的经历。在这种情况下，只能用一只手表示 5 个数，两只手表示 10 个数。所以只能记忆十进制数的 1~10。但是，如果采用图 1.3、图 1.4 所示的方法，则可以表达到十进制数的 1~1023。

表 1.1 给出了十进制数的 0~15 和二进制数的 0000~1111 的表示方法。这里，为了防止混淆，十进制数用 $()_{10}$ 表示，二进制数用 $()_2$ 表示。

十进制数用 1 个数位即可表示 $(1)_{10} \sim (9)_{10}$ ，但若用二进制数表示，则由于 $(9)_{10}$ 是 $(1001)_2$ ，故十进制数中的 $(9)_{10}$ 在二进制数中需用 4 个数位表示。另外，由于 $(111)_2 = (7)_{10}$ ，故用二进制数的 3 个数位只能表示到十进制数的 $(7)_{10}$ ；由于 $(1111)_2 = (15)_{10}$ ，则二进制数的 4 个数位可以表达到十进制数的 15。

表 1.1 二进制数与十进制数的比较

二进制数	十进制数	二进制数	十进制数
0000	0	1000	8
0001	1	1001	9
0010	2	1010	10
0011	3	1011	11
0100	4	1100	12
0101	5	1101	13
0110	6	1110	14
0111	7	1111	15

1.2.2 比特

在二进制中，把相当于位的数称为比特 (binary digit, bit)。由表 1.1 可知，二进制数中第一个数位的“1”表示 $(1)_{10}$ ，第二个数位的“1”表示 $(2)_{10}$ ，第三个数位的“1”表示 $(4)_{10}$ ，第四个数位的“1”表示 $(8)_{10}$ ，依次类推，形成表 1.2。一般来说，一个 n 位二进制数中第 i 个数位的“1”表示数值 2^{i-1} 。这个值被称为二进制数的权 ($i=1, 2, \dots, n$)。第一个数位是最低的数位被称为最低有效位 (least significant bit, LSB)，第 n 个数位是最高的数位被称为最高有效位 (most significant bit, MSB)。

一个二进制数对应的十进制数值就是数位是 1 的各位权值之和。

【例 1.1】 $(11001)_2 = ()_{10}$

解 $(11001)_2 = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0$
 $= 16 + 8 + 0 + 0 + 1 = (25)_{10}$

表 1.2 二进制数的数位与权

n 位	各位的二进制数	权的十进制数	用乘方表示的权	n 位	各位的二进制数	权的十进制数	用乘方表示的权
1	1	1	2^0	6	100 000	32	2^5
2	10	2	2^1	7	1 000 000	64	2^6
3	100	4	2^2	8	10 000 000	128	2^7
4	1000	8	2^3	9	100 000 000	256	2^8
5	10 000	16	2^4	10	1 000 000 000	512	2^9

1.2.3 二进制小数表示

把二进制数数位权进行扩展,表 1.3 列出了 5 位小数数位的权。 2^{-1} 的数位是小数第 1 位数位的权, 2^{-5} 的数位是小数第 5 位数位的权,……,依次类推, 2^{-n} 的数位是小数第 n 位数位的权。

可见,一个二进制小数对应的十进制数值就是小数点后数位是 1 的各位权值之和。

【例 1.2】 $(0.010\ 1)_2 = (\quad)_ {10}$

解 $(0.010\ 1)_2 = 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} + 0 \times 2^{-3} + 1 \times 2^{-4}$
 $= 0 + 0.25 + 0 + 0.062\ 5 = (0.312\ 5)_{10}$

表 1.3 二进制小数数位的权

二进制小数 n 数位的权	二进制小数 n 数位的权的十进制表示
2^{-1}	0.5
2^{-2}	0.25
2^{-3}	0.125
2^{-4}	0.062 5
2^{-5}	0.031 25

1.2.4 十六进制数

在二进制数中的“2”、十进制数中的“10”是表示这些数值的基本数,故把这些数称为基数(radix)。以 16 为基数所表示的数称为十六进制数。表 1.4 列出了十六进制数与十进制数的关系。十六进制中 0~9 的数字与十进制中使用的字符相同,不同的是,十进制中的 10~15 在十六进制中一般用 A、B、C、D、E、F 表示。

表 1.4 十六进制 1 位数对应的十进制数

十六进制 1 位的数	对应的十进制数	十六进制 1 位的数	对应的十进制数
0	0	8	8
1	1	9	9
2	2	A	10
3	3	B	11
4	4	C	12
5	5	D	13
6	6	E	14
7	7	F	15

1.2.5 二—十进制码

二—十进制码是用二进制数的 4 个数位(4bit)表示十进制的 1 个数位的方法,简称 BCD 码(binary coded decimal code, BCD 码)。BCD 码有很多种,常用的 8421BCD 码与十进制数的关系表示见表 1.5。

表 1.5 二—十进制码与十进制数的关系

BCD 码的 1 位	十进制数	BCD 码的 1 位	十进制数
0000	0	0101	5
0001	1	0110	6
0010	2	0111	7
0011	3	1000	8
0100	4	1001	9

1.2.6 格雷码

格雷码 (gray code, 又被称为葛莱码, 二进制循环码), 是一种错误最小化的编码方式。因为, 虽然自然二进制码可以直接由数/模转换器转换成模拟信号, 但在某些情况下, 例如, 从十进制的“3”转换为“4”时二进制码的每一位都会变, 能使数字电路产生很大的尖峰电流脉冲。而格雷码则没有这一缺点, 它在相邻位间转换时, 只有一位产生变化。它极大地减少了由一个状态到下一个状态时逻辑的混淆。由于这种编码相邻的两个码组之间仅改变一位, 这样与其他编码同时改变两位或多位的情况相比更可靠, 即可减少出错的几率。表 1.6 为二进制码与格雷码的对照表。

表 1.6 二进制码与格雷码的对照表

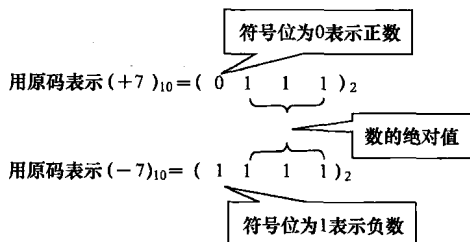
十进制数	二进制码	格雷码	十进制数	二进制码	格雷码
0	0000	0000	8	1000	1100
1	0001	0001	9	1001	1101
2	0010	0011	10	1010	1111
3	0011	0010	11	1011	1110
4	0100	0110	12	1100	1010
5	0101	0111	13	1101	1011
6	0110	0101	14	1110	1001
7	0111	0100	15	1111	1000

1.2.7 有符号的二进制数

为了表示二进制数中的负数, 有时可以用符号位加数的绝对值的方法来表示, 其中符号位为“0”表示正数, 符号位为“1”表示负数, 这种表示方法也被称为原码表示法。

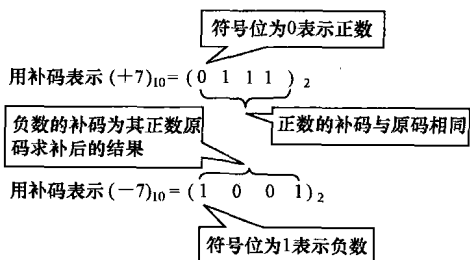
下面举例说明用原码表示正数和负数的方法。

【例 1.3】



但是, 在计算机中, 大多数情况下都采用补码表示法。二进制正数的补码与它相应的原码相同, 而二进制负数的补码是它相应正数的原码求补 (按位取反后在末位加 1) 后的结果。下面举例说明用补码表示正数和负数的方法。

【例 1.4】



1.3 逻辑运算与逻辑门

数字电路实现的是逻辑关系。逻辑关系是指某事物的条件（或原因）与结果之间的关系。逻辑关系常用逻辑函数来描述。

1.3.1 基本逻辑运算及其逻辑门

逻辑代数中只有三种基本运算：与、或、非。

1. 与运算

只有当决定一件事情的条件全部具备之后，这件事情才会发生。我们把这种因果关系称为与逻辑。与逻辑运算如图 1.5 所示。

(1) 可以用列表图 1.5 (b) 的方式表示上述逻辑关系，称为真值表。

(2) 如果用二值逻辑 0 和 1 来表示，并设 1 表示开关闭合或灯亮；0 表示开关不闭合或灯不亮，则得到如图 1.5 (c) 所示的表格，称为逻辑真值表。

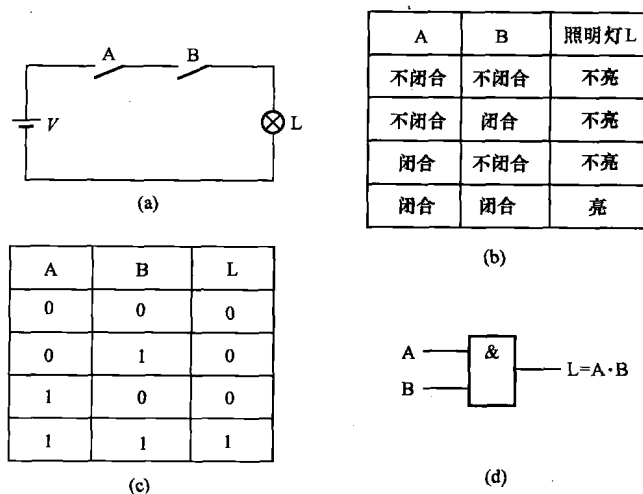


图 1.5 与逻辑运算

(a) 电路图；(b) 真值表；(c) 逻辑真值表；(d) 逻辑符号

(3) 与运算的规则为“输入有 0，输出为 0；输入全 1，输出为 1”。

(4) 在数字电路中能实现与运算的电路称为与门电路，其逻辑符号如图 1.5 (d) 所示。

与运算可以推广到多变量，即

$$L = A \cdot B \cdot C \cdot \dots$$

2. 或运算

当决定一件事情的几个条件中，只要有一个或一个以上条件具备，这件事情就会发生。我们把这种因果关系称为或逻辑，其运算如图 1.6 所示。

或运算的真值表如图 1.6 (b) 所示，逻辑真值表如图 1.6 (c) 所示。若用逻辑表达式来描述，可写为

$$L = A + B$$

或运算的规则为“输入有 1，输出为 1；输入全 0，输出为 0”。

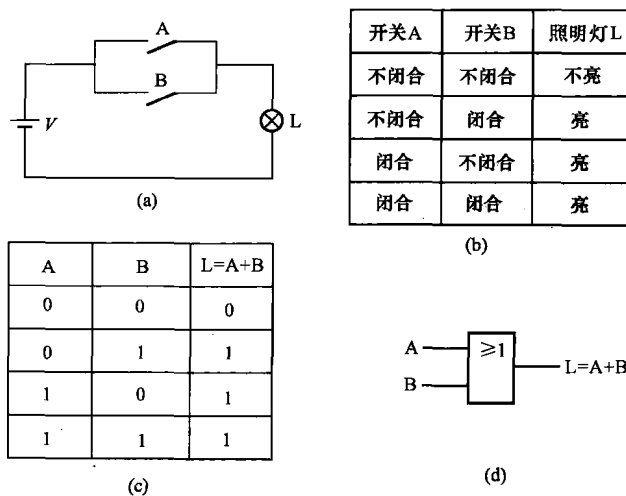


图 1.6 或逻辑运算

(a) 电路图；(b) 真值表；(c) 逻辑真值表；(d) 逻辑符号

在数字电路中能实现或运算的电路称为或门电路，其逻辑符号如图 1.6 (d) 所示。或运算也可以推广到多变量，即

$$L=A+B+C+\dots$$

3. 非运算

某事情发生与否，仅取决于一个条件，而且是对该条件的否定，即条件具备时事情不发生，条件不具备时事情才发生。我们把这种因果关系称为非运算，如图 1.7 所示。

例如，图 1.7 (a) 所示的电路，当开关 A 闭合时，灯不亮；而当 A 不闭合时，灯亮。其真值表如图 1.7 (b) 所示，逻辑真值表如图 1.7 (c) 所示。若用逻辑表达式来描述，则可写为 $L=\bar{A}$ 。

非运算的规则为 $\bar{0}=1$ ； $\bar{1}=0$ 。

在数字电路中实现非运算的电路称为非门电路，其逻辑符号如图 1.7 (d) 所示。

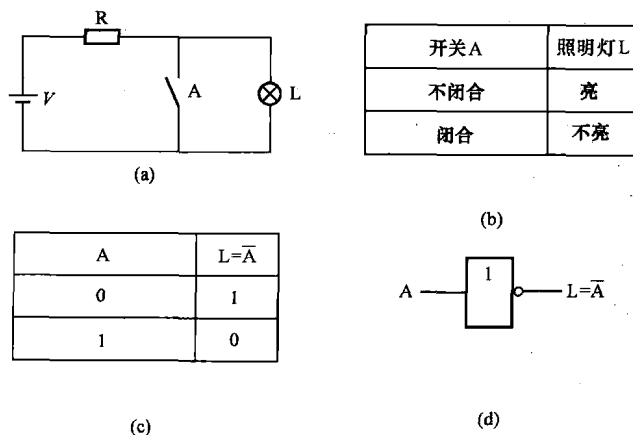


图 1.7 非逻辑运算

(a) 电路图；(b) 真值表；(c) 逻辑真值表；(d) 逻辑符号

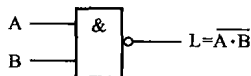
1.3.2 复合逻辑运算及其逻辑门

1. 与非运算及与非门

与非运算是由与运算和非运算组合而成的，实现与非运算的门电路是与非门。两输入端与非门的逻辑真值表和逻辑符号如图 1.8 所示。

A	B	$L = \overline{A \cdot B}$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

(a)



(b)

图 1.8 与非逻辑运算

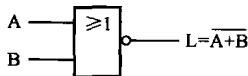
(a) 逻辑真值表；(b) 逻辑符号

2. 或非运算及或非门

或非运算是由或运算和非运算组合而成的，实现或非运算的门电路是或非门。两输入端或非门的逻辑真值表和逻辑符号如图 1.9 所示。

A	B	$L = \overline{A + B}$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

(a)



(b)

图 1.9 或非逻辑运算

(a) 逻辑真值表；(b) 逻辑符号

3. 与或非运算及与或非门

与或非逻辑运算是由逻辑与、逻辑或和逻辑非组合而成的，实现与或非运算的门电路是与或非门。四输入端与或非门的逻辑真值表和逻辑符号如图 1.10 所示。

4. 异或运算及异或门

异或是一种二变量逻辑运算，其运算规则是当两个变量取值相同时，逻辑函数值为 0；当两个变量取值不同时，逻辑函数值为 1。简而言之，“相同则 0，相异则 1”。异或的逻辑真值表和相应的逻辑门符号如图 1.11 所示。

5. 同或运算及同或门

同或运算是由逻辑非、异或逻辑组合而成的，实现同或运算的门电路是同或门。

二输入同或逻辑的运算规则：若两个输入变量的逻辑值相同，则它们的同或值为“1”；若两个输入变量的逻辑值不相同，则它们的同或值为“0”。简而言之，“相同则 1，相异则 0”。同或的逻辑真值表和相应的逻辑门符号如图 1.12 所示。