



脉冲与数字 电路

■ 徐新艳 刘 勇 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

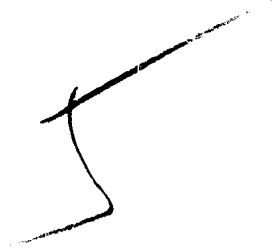
URL: <http://www.phei.com.cn>

TN78
V.1

462378

脉冲与数字电路

徐新艳 刘 勇 编著



00462378

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书主要讲述数字电路和脉冲电路的基本原理及基本应用。主要包括:逻辑代数、逻辑门电路、组合逻辑电路、时序逻辑电路、可编程逻辑器件、脉冲电路、数模转换与模数转换电路。

本书可作为中等专业学校和中等职业学校工科电子信息类专业用教材,也可作为从事电子信息技术的工程技术人员参考书。

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,翻版必究。

图书在版编目(CIP)数据

脉冲与数字电路/徐新艳,刘勇编著. - 北京:电子工业出版社,1998.8

ISBN 7-5053-4850-7

I. 脉… II. ①徐… ②刘… III. ①脉冲电路 ②数字电路 IV. ①TN78 ②TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1998)第 13573 号

书 名:脉冲与数字电路

编 著 者:徐新艳 刘 勇

责任编辑:陈晓明

排版制作:电子工业出版社计算机排版室

印 刷 者:北京市大中印刷厂

出版发行:电子工业出版社 URL: <http://www.phei.com.cn>

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:787×1092 1/16 印张:15.25 字数:387 千字

版 次:1998 年 8 月第 1 版 2000 年 7 月第 5 次印刷

书 号: ISBN 7-5053-4850-7
G·388

定 价:20.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页、所附磁盘或光盘有问题者,请向购买书店调换;
若书店售缺,请与本社发行部联系调换。电话 68279077

前 言

本书是根据《中等专业学校脉冲与数字电路教学大纲》的基本要求编写的。可作为中等专业学校 and 中等职业学校工科电子信息类专业用教材。本教材的特点是力求简明并突出实用,而且兼顾到教材的科学性、逻辑性和先进性。

在教材体系上,本书按照由逻辑代数到逻辑门电路、组合逻辑电路、时序逻辑电路以及脉冲电路、数/模转换和模/数转换电路的顺序编写,以便将基本概念、基本分析方法和实际应用逐步引出并讨论、逐步巩固并提高,使读者易于学习和掌握。本教材参考学时数 90 学时,书中带 * 号的内容可作为选学内容。全书除绪论外共分八章,第一章介绍数制及逻辑代数。第二章介绍常用的 TTL 门电路和 CMOS 门电路,重点讨论门电路的外特性。第三章介绍组合逻辑电路的分析方法和设计方法,重点讨论了常见组合逻辑电路的外特性及其应用。第四章讲述各种触发器,重点强调其外特性及使用中应注意的问题。第五章在详细讨论时序电路的一般分析方法的基础上,对各种常用时序逻辑部件进行了介绍。第六章介绍存储器和可编程逻辑器件。第七章讨论各种脉冲电路的实现。最后一章介绍了数/模、模/数之间的转换与应用。

本书采用国家标准 GB4728.12-85《电气图用图形符号 二进制逻辑单元》所规定的逻辑符号,这种逻辑符号意义明确,不用或少用附加文字说明就可确切地描述电路的逻辑功能。为了便于读者熟悉和掌握各种常用的逻辑符号,本书在介绍各种逻辑电路的同时,结合电路实例,逐一给出其逻辑符号,并在书后总附录二对逻辑符号的绘制原则做了简单介绍。

本书由纪静波老师编写第一章,刘勇老师编写第二、三章,徐新艳老师编写第四章至第八章。参加编写的还有孙传会、李松岩老师。徐新艳老师任主编并统编全稿。本书由山东工业大学刘孝贤教授主审。

参加审阅工作的还有鲁承书、张德顺老师,他们为本书提出了许多宝贵意见。在本书书稿的录入过程中,梁军、王宜贵老师在技术上给予了很大的帮助。在编写过程中,李作民、卢传友老师给予了悉心指导。在此谨向以上各位同志表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在一些缺点和不足,恳切希望广大读者批评指正。

编 者

1998 年 3 月于山东省电子工业学校

目 录

绪论	(1)
一、脉冲信号与脉冲电路	(1)
二、数字信号与数字电路	(3)
三、本课程的任务与主要内容	(3)
第一章 数制和逻辑代数	(4)
第一节 数制与码制	(4)
一、数制及数制转换	(4)
二、BCD 码(Binary Coded Decimal)	(6)
第二节 基本逻辑运算	(7)
一、与运算	(7)
二、或运算	(8)
三、非运算	(8)
四、组合逻辑	(9)
第三节 逻辑函数的表示方法	(9)
一、逻辑函数	(9)
二、逻辑函数的表示方法	(10)
三、逻辑函数的相等	(11)
第四节 逻辑代数的基本定理和规则	(12)
一、逻辑代数的基本公式	(12)
二、逻辑代数的基本定律	(12)
三、逻辑代数的三个规则	(13)
第五节 逻辑函数的化简	(14)
一、化简的意义与标准	(14)
二、公式化简法	(14)
三、卡诺图化简法	(16)
第六节 具有约束项的逻辑函数的化简	(21)
一、约束项与约束条件	(21)
二、具有约束项的逻辑函数的化简	(22)
本章小结	(24)
习题一	(25)
第二章 逻辑门电路	(27)
第一节 分立元件门电路	(27)
一、二极管门电路	(27)
二、三极管门电路	(30)
三、组合逻辑门	(34)
第二节 集成 TTL 门电路	(34)
一、集成 TTL 与非门	(34)
二、TTL 门电路的其它类型	(44)

三、TTL 门的使用注意事项	(47)
第三节 集成 MOS 逻辑门电路	(49)
一、NMOS 逻辑门电路	(49)
二、CMOS 逻辑门电路	(50)
三、使用 MOS 门的注意事项	(52)
第四节 接口电路	(54)
一、TTL 电路驱动 CMOS 电路	(54)
二、CMOS 电路驱动 TTL 电路	(54)
本章小结	(56)
习题二	(56)
第三章 组合逻辑电路	(60)
第一节 组合逻辑电路的分析	(60)
第二节 组合逻辑电路的设计	(61)
第三节 常见的组合逻辑电路	(62)
一、编码器和优先编码器	(62)
二、译码器	(67)
三、数值比较器	(72)
四、数据选择器与分配器	(75)
第四节 组合逻辑电路的竞争与冒险现象	(80)
一、竞争与冒险	(80)
二、冒险的判断方法及消除方法	(81)
本章小结	(82)
习题三	(83)
第四章 触发器	(87)
第一节 基本 RS 触发器	(87)
一、电路组成及逻辑符号	(87)
二、逻辑功能分析	(87)
三、对触发信号脉冲宽度的要求	(89)
第二节 钟控触发器	(90)
一、钟控 RS 触发器	(90)
二、钟控 D 触发器	(91)
三、电平触发方式中的空翻现象	(92)
第三节 主从触发器	(93)
一、主从 RS 触发器	(93)
二、主从 JK 触发器	(94)
三、主从 T 触发器与主从 T' 触发器	(97)
第四节 边沿触发器	(98)
一、维持阻塞 D 触发器	(98)
二、负边沿 JK 触发器	(99)
第五节 集成触发器简介	(101)
本章小结	(102)
习题四	(102)
第五章 时序逻辑电路	(107)
第一节 概述	(107)

一、时序电路的组成及分类	(107)
二、时序电路的一般分析方法	(107)
第二节 寄存器	(108)
一、数码寄存器	(108)
二、移位寄存器	(109)
第三节 计数器	(114)
一、同步计数器	(114)
二、异步计数器	(127)
三、集成计数器构成 N 进制计数器的方法	(131)
四、计数器应用举例	(133)
第四节 移存型计数器	(135)
一、环形计数器	(135)
二、扭环形计数器	(136)
三、最大长度移存型计数器	(137)
第五节 节拍脉冲发生器	(138)
一、移位型节拍脉冲发生器	(138)
二、计数型节拍脉冲发生器	(138)
三、集成节拍脉冲发生器简介	(139)
本章小结	(139)
习题五	(139)
第六章 存储器和可编程逻辑器件	(142)
第一节 随机存取存储器(RAM)	(142)
一、RAM 的基本结构	(142)
二、地址译码方式	(143)
三、RAM 基本存储单元	(143)
四、RAM 的使用	(145)
第二节 只读存储器(ROM)	(149)
一、掩模 ROM	(149)
二、PROM	(150)
三、可以改写的 ROM	(150)
四、用 ROM 实现组合逻辑函数	(150)
第三节 可编程逻辑阵列(PLA)	(152)
第四节 可编程阵列逻辑(PAL)	(154)
本章小结	(156)
习题六	(157)
第七章 脉冲电路	(159)
第一节 RC 电路	(159)
一、 RC 电路的过渡过程及其三要素分析法	(159)
二、 RC 电路的应用	(164)
第二节 二极管限幅器	(169)
一、串联限幅器	(169)
二、并联限幅器	(170)
第三节 施密特触发器	(171)
一、用集成 TTL 门组成的施密特触发器	(172)

二、带施密特触发器的与非门	(173)
三、施密特触发器的应用	(175)
第四节 单稳态触发器	(175)
一、用 TTL 集成门组成的单稳态触发器	(175)
二、可重触发的单稳态触发器	(178)
三、集成单稳态触发器	(180)
四、单稳态触发器的应用	(182)
第五节 多谐振荡器	(184)
一、基本多谐振荡器	(184)
二、简易多谐振荡器	(185)
三、晶体振荡器	(186)
第六节 集成定时器	(187)
一、CC7555 定时器的电路结构及功能	(187)
二、定时器应用举例	(188)
第七节 锯齿波电压发生器	(191)
一、概述	(191)
二、简单电压扫描电路	(192)
三、改善线性的方法及电路	(193)
本章小结	(196)
习题七	(196)
第八章 数/模转换器与模/数转换器	(201)
第一节 概述	(201)
第二节 数/模转换器	(201)
一、数/模(D/A)转换的基本原理	(201)
二、倒 T 型电阻网络 D/A 转换器	(203)
三、集成 D/A 转换器	(205)
四、DAC 的主要参数	(208)
五、DAC 应用举例	(210)
第三节 模/数转换器	(210)
一、模/数(A/D)转换的基本原理	(210)
二、A/D 转换器的主要参数	(213)
三、并行比较型 A/D 转换器	(215)
四、逐次逼近型 A/D 转换器	(216)
五、双积分型 A/D 转换器	(218)
六、集成 A/D 转换器	(220)
本章小结	(226)
习题八	(226)
附录一 我国集成电路型号命名规则	(227)
附录二 图形符号说明	(228)
主要参考书目	(233)

绪 论

多年来,人们早已熟悉了计算器、计算机、电话、电视等事物。进入九十年代以来,我们又看到了更新鲜的事物或听到了更新鲜的名词,如 CD 唱盘、VCD 影碟、数字移动电话、数字音响、数字电视等等,大有“忽如一夜春风来,千树万树梨花开”的景象,使我们应接不暇。这些新事物展现了令人心醉和向往的美好画卷。例如,不久的将来,我们就可以在清晰数字电视中看到如临其境般的画面。

这些事物的一个共同特点就是采用了数字技术。数字技术正在逐步向我们的日常生活渗透,而且速度越来越快。数字化是电子技术进步的大趋势,数字技术掀起的信息化革命将把我们带入真正的信息化社会。

数字技术的特点是,可以实现信息的无差错传输,便于实现信息压缩。由于采用二值电平逻辑,数字脉冲电路器件具有一定的容错能力,能有效地抑制噪声和干扰信号,从而提高系统的可靠性。在数字系统中,数字电路的通用性强,可扩展性好,对部件精度和线性度要求较低,因而数字系统的成本较低。在计算机的支持下,利用数字电路可以实现非常复杂的密码体制,这使得数字系统具有良好的信息保密特性。

如此令人神往的数字技术,其基础理论却很简单。引入二值形式的数字脉冲信号,利用电路的两个稳定状态来表示,便于电路实现,易于电路集成。本教材正是由此引导读者步步深入学习和掌握数字电路的基本原理和基本应用,同时学习与之紧密相关的脉冲电路的基本原理和应用。

一、脉冲信号与脉冲电路

脉冲信号是指在很短时间内出现的电压或电流信号。更广义地讲,凡不连续的非正弦信号都泛称为脉冲信号。图 0-1 示出了几种常见的脉冲信号波形:(a)矩形波、(b)方波、(c)锯齿波、(d)尖脉冲、(e)阶梯波、(f)钟形波。

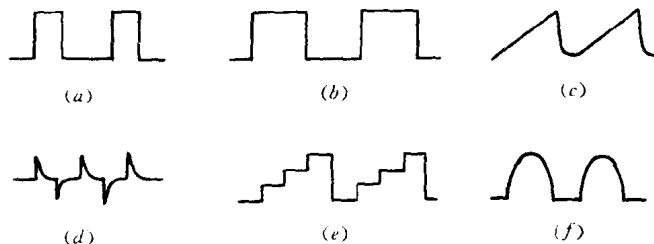


图 0-1 几种常见的脉冲信号波形

为了对脉冲信号进行定量分析,常使用一些物理量来表示脉冲信号的特征,这些物理量称为脉冲信号的参数。不同的脉冲信号,有不同的参数。下面介绍最常用的矩形脉冲电压的主要参数。

图 0-1(a)所示是理想矩形脉冲。实际的矩形脉冲举例如图 0-2 所示,它的主要参数是:

(1) 脉冲幅度 U_m 。用其表示脉冲信号的强弱,在数值上

$$U_m = |U_M - U_0|$$

式中, U_0 ——表示矩形电压的静态值,指脉冲信号变化前的稳态值;

U_M ——表示矩形电压的峰值,指脉冲信号变化后对应于最大量的瞬时值。

若 $(U_M - U_0) > 0$, 则称脉冲为正脉冲; 若 $(U_M - U_0) < 0$, 则称脉冲为负脉冲。

通常, 矩形电压的最大值称为高电平, 用 U_H 表示; 矩形电压的最小值称为低电平, 用 U_L 表示。

(2) 脉冲前沿(或称上升沿) t_r 。脉冲信号从 $(0.1U_m + U_0)$ 上升到 $(0.9U_m + U_0)$ 所需要的时间。

(3) 脉冲后沿(或称下降沿) t_f 。脉冲信号从 $(0.9U_m + U_0)$ 下降到 $(0.1U_m + U_0)$ 所需要的时间。

理想矩形脉冲的 t_r 和 t_f 等于 0。

(4) 脉冲宽度(或称脉冲持续时间) t_w 。表示脉冲信号持续的时间。若将脉冲前、后沿上瞬时值为 $(0.5U_m + U_0)$ 的对应点之间的时间间隔定为脉宽, 则称为平均脉宽 t_w 。此外, 还有最大脉宽 $t_{w\max}$ 和最小脉宽 $t_{w\min}$ 。

(5) 脉冲间隔(或称休止期) t_g 。表示前一脉冲终了时刻和后一脉冲起始时刻之间的时间间隔。

(6) 重复周期 T 。简称周期, 相邻两个脉冲对应点之间的时间间隔。

$$T = t_w + t_g$$

重复周期的倒数称为重复频率 f 。

(7) 脉冲空度比 D 。重复周期 T 和脉宽 t_w 的比值。 D 的倒数 D^{-1} 称为占空系数(或称脉冲工作比)。 $D=2$ 时的矩形波称为方波。

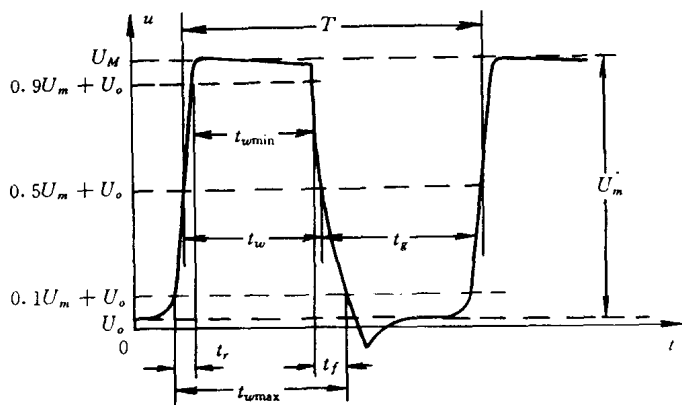


图 0-2 实际矩形脉冲举例

脉冲电路是产生各种脉冲信号以及对各种脉冲波形进行变换的电路。脉冲技术是脉冲信号的产生、变换、测量和应用的技术。对于脉冲电路, 我们着重分析电路输入、输出波形的形状、幅度及周期等。

二、数字信号与数字电路

在现实生活中,我们遇到的许多物理量一般都具有连续变化的特点,如温度、压力和距离等,我们把这类连续变化的物理量称为模拟量。在工程应用中,为了测量、传输和处理这些物理量,常把它们转换成与之成比例的电压或电流信号,这些模拟实际物理量的电信号称为模拟信号,模拟信号在一定范围内是连续变量。处理模拟信号的电路称为模拟电路。

数字量的取值是离散的,它只能按有限个或可数的某些数值取值。与数字量相对应的电信号称为数字信号。数字信号的最常见形式是矩形脉冲序列,即可以用数字0和1表示的序列,如图0-3所示。通常规定:0表示矩形脉冲的低电平;1表示矩形脉冲的高电平。当然,也可以反过来进行规定。

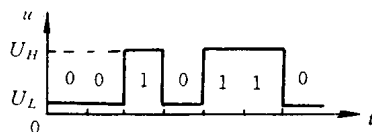


图0-3 矩形脉冲的0,1表示方法

处理数字信号的电路称为数字电路。数字电路重点考虑的是输出信号状态(低电平或高电平,即0或1)与输入信号状态(低电平或高电平,即0或1)之间的对应关系,也就是逻辑关系,即电路的逻辑功能。数字电路的分析方法是逻辑分析法,所用工具是逻辑代数,所以,有时又将数字电路称为逻辑电路。

三、本课程的任务与主要内容

《脉冲与数字电路》是电子、通信类专业一门重要的技术基础课。学习本课程,要求学生掌握数字与脉冲电路中基本电路的功能、特点、工作原理、外特性及基本分析方法、工程估算方法,正确使用常用的小规模、中规模集成电路,了解大规模集成电路,具有一定的实践技能,初步会合理地选用有关器件。为学习专业课和毕业后从事有关的技术工作奠定必要的基础。

本课程内容由四部分组成。第一部分是本课程的基础知识,主要阐述:数制、码制、逻辑代数;逻辑门电路。第二部分是数字电路,包括组合逻辑电路、时序逻辑电路、可编程逻辑器件,主要阐述这些电路及器件的功能、外特性及正确使用方法。第三部分是脉冲电路,阐述了脉冲信号的产生与波形变换电路的工作原理及应用。第四部分是模/数与数/模转换电路,介绍了模/数、数/模转换的原理及常见的模数转换器、数模转换器。

第一章 数制和逻辑代数

第一节 数制与码制

一、数制及数制转换

数制是进位计数制的简称。十进制数是人们在日常生活中经常使用的一种计数制,而数字系统中常采用二进制数。

1. 十进制(Decimal)

十进制数有 0, 1, 2, ..., 9 共十个数码。计数规律是“逢十进一”。任意一个有 k 位整数、 l 位小数的十进制数 N , 都可以写成:

$$\begin{aligned}(N)_D &= (d_{k-1}d_{k-2}\cdots d_1d_0.d_{-1}\cdots d_{-l+1}d_{-l})_D \\&= (d_{k-1} \times 10^{k-1} + d_{k-2} \times 10^{k-2} + \cdots + d_1 \times 10^1 + d_0 \times 10^0 + d_{-1} \times 10^{-1} \\&\quad + d_{-2} \times 10^{-2} + \cdots + d_{-l} \times 10^{-l})_D \\&= (\sum_{i=-l}^{k-1} d_i \times 10^i)_D\end{aligned}\quad (1-1)$$

式中, D ——表示十进制数;

i ——表示位数。 $i \geq 0$ 表示整数位, $i < 0$ 表示小数位;

d_i ——表示第 i 位的系数。 d_i 是 0~9 十个数码中的任意一个;

10^i ——称作第 i 位的权。它表示了 d_i 所代表的数值大小。

例如, 将 6768 按权展开为 $(6 \times 10^3 + 7 \times 10^2 + 6 \times 10^1 + 8 \times 10^0)$, 其中有两个数码是 6, 但前一个 6 的权是 10^3 , 表示 6000; 后一个 6 的权是 10^1 , 表示 60。

2. 二进制(Binary)

二进制数只有 0 和 1 两个数码, 计数规律是“逢二进一”。任意一个有 k 位整数、 l 位小数的二进制数可按权展开为

$$\begin{aligned}(N)_B &= (d_{k-1}d_{k-2}\cdots d_1d_0.d_{-1}\cdots d_{-l+1}d_{-l})_B \\&= (d_{k-1} \times 2^{k-1} + d_{k-2} \times 2^{k-2} + \cdots + d_1 \times 2^1 + d_0 \times 2^0 + d_{-1} \times 2^{-1} \\&\quad + d_{-2} \times 2^{-2} + \cdots + d_{-l} \times 2^{-l})_B \\&= (\sum_{i=-l}^{k-1} d_i \times 2^i)_B\end{aligned}\quad (1-2)$$

式中, B ——表示二进制数;

i ——表示位数;

d_i ——表示第 i 位的系数。 d_i 是 0 和 1 两个数码中的任意一个;

2^i ——表示第 i 位的权。

例如, 将 $(1010.01)_B$ 按权展开, 可写为

$$(1010.01)_B = (1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2})_B$$

3. 二-十进制数的转换

(1) 二进制数转换为十进制数,将二进制数按权展开后再求和即可得到相应的十进制数。

例如, $(1010.01)_B = (1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2})_D$
 $= (8 + 2 + 0.25)_D$
 $= (10.25)_D$

(2) 十进制数转换为二进制数最常用的方法是除 2 乘 2 法。

a. 十进制整数转换成二进制整数采用除 2 取余法。具体方法是:将十进制数逐次被 2 除并依次记下余数,一直除到商为 0,首次所示余数为二进制整数的最低位,末次所示余数为二进制整数的最高位。

例如,将 $(135)_D$ 转换成二进制数:

$2 \overline{)135}$		余数 $= 1 = d_0$	(最低位)
$2 \overline{)67}$		余数 $= 1 = d_1$	
$2 \overline{)33}$		余数 $= 1 = d_2$	
$2 \overline{)16}$		余数 $= 1 = d_3$	
$2 \overline{)8}$		余数 $= 0 = d_4$	
$2 \overline{)4}$		余数 $= 0 = d_5$	
$2 \overline{)2}$		余数 $= 0 = d_6$	
$2 \overline{)1}$		余数 $= 0 = d_6$	
0		余数 $= 1 = d_7$	(最高位)

所以, $(135)_D = (10000111)_B$

b. 十进制纯小数转换成二进制小数采用乘二取整法。具体方法是:将十进制纯小数反复乘 2,每次乘 2 以后,若所得积的整数部分为 1,则相应的二进制数位为 1;若所得积的整数部分为 0,则相应的二进制数位为 0,直至满足转换精度要求为止。首次乘 2 所得积的整数为二进制纯小数的最高位,末次乘 2 所得积的整数为二进制纯小数的最低位。

例如,将 $(0.7451)_D$ 转换成二进制数(要求精确到小数点后第 6 位)。

0.7451	
$\times) \quad 2$	

1.4902	整数部分 $= 1 = d_{-1}$ (最高位)
0.4902	
$\times) \quad 2$	

0.9804	整数部分 $= 0 = d_{-2}$
$\times) \quad 2$	

1.9608	整数部分 $= 1 = d_{-3}$
0.9608	
$\times) \quad 2$	

1.9216	整数部分 $= 1 = d_{-4}$
0.9216	
$\times) \quad 2$	

$\begin{array}{r} 1.8432 \\ 0.8432 \\ \times) \quad 2 \\ \hline \end{array}$	整数部分 = $1 = d_{-5}$	$\downarrow$ (最低位)
1.6864	整数部分 = $1 = d_{-6}$	

如此继续下去,按要求精度取近似值: $(0.7451)_D \approx (0.101111)_B$

c. 十进制混合小数转换为二进制数,将整数部分和纯小数部分按上述方法分别进行转换,然后再将其组合起来即可。

例如, $(135.7451)_D$ 由 $(135)_D$ 和 $(0.7451)_D$ 组成,经转换得到 $(135)_D = (100001111)_3$ 和 $(0.7451)_D = (0.101111)_B$, 则 $(135.7451)_D \approx (100001111.101111)_B$

二、BCD 码(Binary Coded Decimal)

在数字系统中,十进制数除了转换成二进制数以外,还有一种表示方法,就是使用 BCD 码。

用 4 位二进制数码表示 1 位十进制数,此数称为二进制编码的十进制数,简称二-十进制代码或 BCD 码。

4 位二进制数可以表示十六个数,用其表示十进制数时,有六个数未用,因而有多种 BCD 码,其中较常用的是 8421BCD 码。8421BCD 码是一种有权码,如表 1-1 所示,它选用了 4 位二进制数的前十个数 0000~1001,而未用 1010~1111 这六个数。每个代码从左向右每位的权分别是 8, 4, 2, 1。

8421BCD 码和十进制数之间的转换是直接按位转换,例如,

$$(12.9)_D = (0001 \quad 0010. \quad 1001)_{8421 \text{ BCD}}$$

$$(0011011000010000)_{8421 \text{ BCD}} = (3610)_D$$

BCD 码除 8421 码外,常用的还有 2421 码、余 3 码、余 3 循环码、BCD 格雷码等等,表 1-1 列出了几种常用的 BCD 码。

表 1-1 常用 BCD 码

编 码 种 类 十 进 制 数	8421 码	余 3 码	2421 码	余 3 循环码	BCD 格雷码
0	0000	0011	0000	0010	0000
1	0001	0100	0001	0110	0001
2	0010	0101	0010	0111	0011
3	0011	0110	0011	0101	0010
4	0100	0111	0100	0100	0110
5	0101	1000	0101	1100	0111
6	0110	1001	0110	1101	0101
7	0111	1010	0111	1111	0100
8	1000	1011	1110	1110	1100
9	1001	1100	1111	1010	1000
权值或特点	8,4,2,1	无权码	2,4,2,1	无权码	相邻码仅一位不同

第二节 基本逻辑运算

逻辑是指事物的客观规律性。

逻辑代数是按一定逻辑规律进行运算的代数,它是分析数字逻辑电路的有力工具,也是进行逻辑设计的理论基础。逻辑代数又名开关代数或布尔代数。

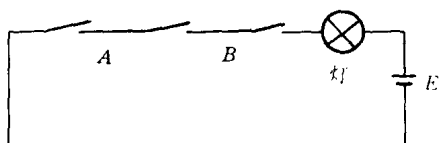
逻辑代数中的变量称为逻辑变量。它和普通代数的变量一样,也用字母表示,但其取值只有 0 或者 1 两种。这里的 0 和 1 不代表数量大小,而表示两种不同的逻辑状态,如,电平的高、低;晶体管的导通、截止;事件的真、假等等。

逻辑代数的基本运算有与、或、非三种。

一、与运算

与是“一同”的意思。见图 1-1(a)所示电路,只有当开关 A 与 B 与 C 全部接通时,灯才亮;否则,灯就灭。这个例子表明,只有决定事件结果的全部条件(开关 A, B, C 接通)同时具备时,结果(灯亮)才会发生。这种逻辑关系称为与逻辑。

若用 1 表示开关通和灯亮,用 0 表示开关断和灯灭,用 A, B, C 表示条件(开关的状态),用 Y 表示结果(灯的状态),可列表于图 1-1(b)中。



(a)

条 件	A	0	0	0	0	1	1	1	1
	B	0	0	1	1	0	0	1	1
	C	0	1	0	1	0	1	0	1
结 果	Y	0	0	0	0	0	0	0	1

(b)

图 1-1 与逻辑

这种用符号 1 和 0 表示条件所有可能组合及其对应结果的表格称为逻辑真值表,简称真值表。

为便于运算,常用等式表示一定的逻辑关系,称之为逻辑方程。与逻辑方程为

$$Y = A \cdot B \cdot C$$

式中符号“ $\cdot$ ”读作“与”。在不至发生混淆时,常省去符号“ $\cdot$ ”。

逻辑与又称为逻辑乘。这是因为它和普通代数乘法运算规律在形式上一致。如

$$Y = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

$$Y = 1 \cdot 1 \cdot 0 = 0$$

$$Y = 0 \cdot 0 \cdot 0 = 0$$

与运算规律可归纳为:有 0 出 0,全 1 为 1。

二、或运算

或是“或者”的意思。见图 1-2(a)所示电路,只要开关 A 或 B 或 C 有任意一个及一个以上是接通的,灯就亮;只有当全部开关断开时,灯才灭。这个例子表明,只要决定事件结果(灯亮)的各种条件(A 或 B 或 C 接通)中有任何一个及一个以上条件具备时,该结果就会发生。这种逻辑关系称为或逻辑。与前述同理可得或逻辑真值表列于图 1-2(b)中。

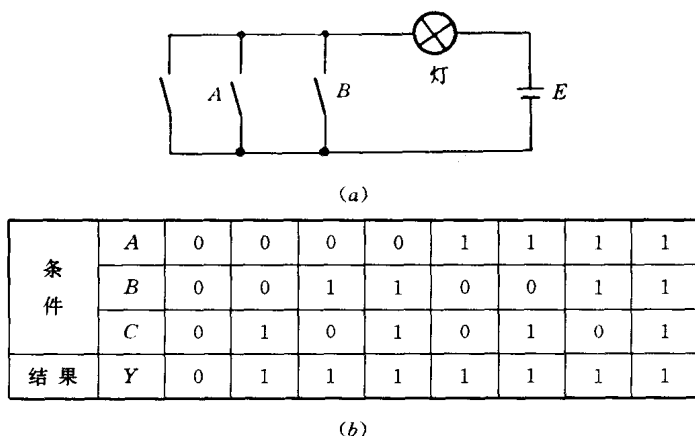


图 1-2 或逻辑

或逻辑方程为

$$Y = A + B + C$$

式中符号“+”读作“或”。从形式上看它和普通代数中加法式子是一致的,所以逻辑或又称为逻辑加。运算规律如下

$$Y = 1 + 1 + 1 = 1$$

$$Y = 1 + 1 + 0 = 1$$

$$Y = 0 + 0 + 0 = 0$$

或运算规律可以归纳为:有 1 出 1,全 0 为 0。

三、非运算

非是“否定”的意思。见图 1-3(a)所示电路,开关断开时灯亮,而开关接通时,灯灭。这个例子表明,条件不具备(开关 A 断开),结果(灯亮)才发生。这种逻辑关系称为非逻辑。

非逻辑真值表见图 1-3(b)所示。

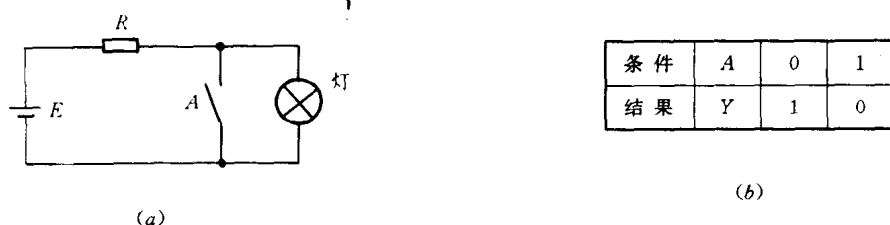


图 1-3 非逻辑

非逻辑方程为

$$Y = \bar{A}$$

式中符号“—”读作“非”。逻辑非又称逻辑反。 $\bar{A}$ 读作“A 非”或“A 反”。

非运算规律为

$$\bar{0} = 1; \quad \bar{1} = 0$$

非运算又称为求反运算。

实现上述三种基本逻辑运算的基本单元电路分别称为与门、或门和非门。有关内容在第二章中介绍。

图 1-4 示出与、或、非的逻辑符号,它们既用于表示逻辑运算,也用于表示相应的门电路。

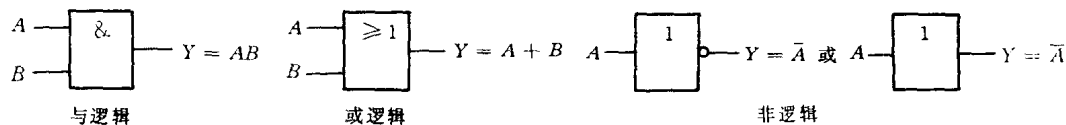


图 1-4 与、或、非的逻辑符号

四、组合逻辑

实际的逻辑问题往往要比与、或、非逻辑复杂,不过它们都可以用与、或、非逻辑的组合来实现。最常见的组合逻辑有与非、或非、与或非、异或、异或非(同或)。图 1-5 为这些组合逻辑的逻辑符号,图中逻辑符号上的小圆圈表示非运算。表 1-2 为以上各组合逻辑的真值表。

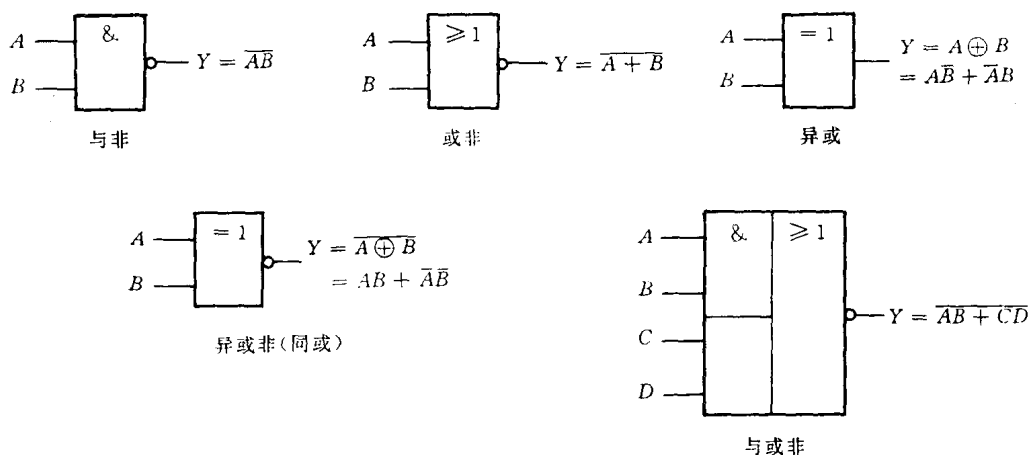


图 1-5 组合逻辑及逻辑符号

第三节 逻辑函数的表示方法

一、逻辑函数

上节介绍的三种基本逻辑运算,表示几个逻辑变量的逻辑关系。在实际逻辑电路中,逻辑变量常是多个,逻辑运算也不是单一的。若把条件视为自变量,结果视为因变量,每给自变量一组取值,因变量便有一个确定的值与之对应,自变量与因变量之间有确定的逻辑关系。这种逻辑