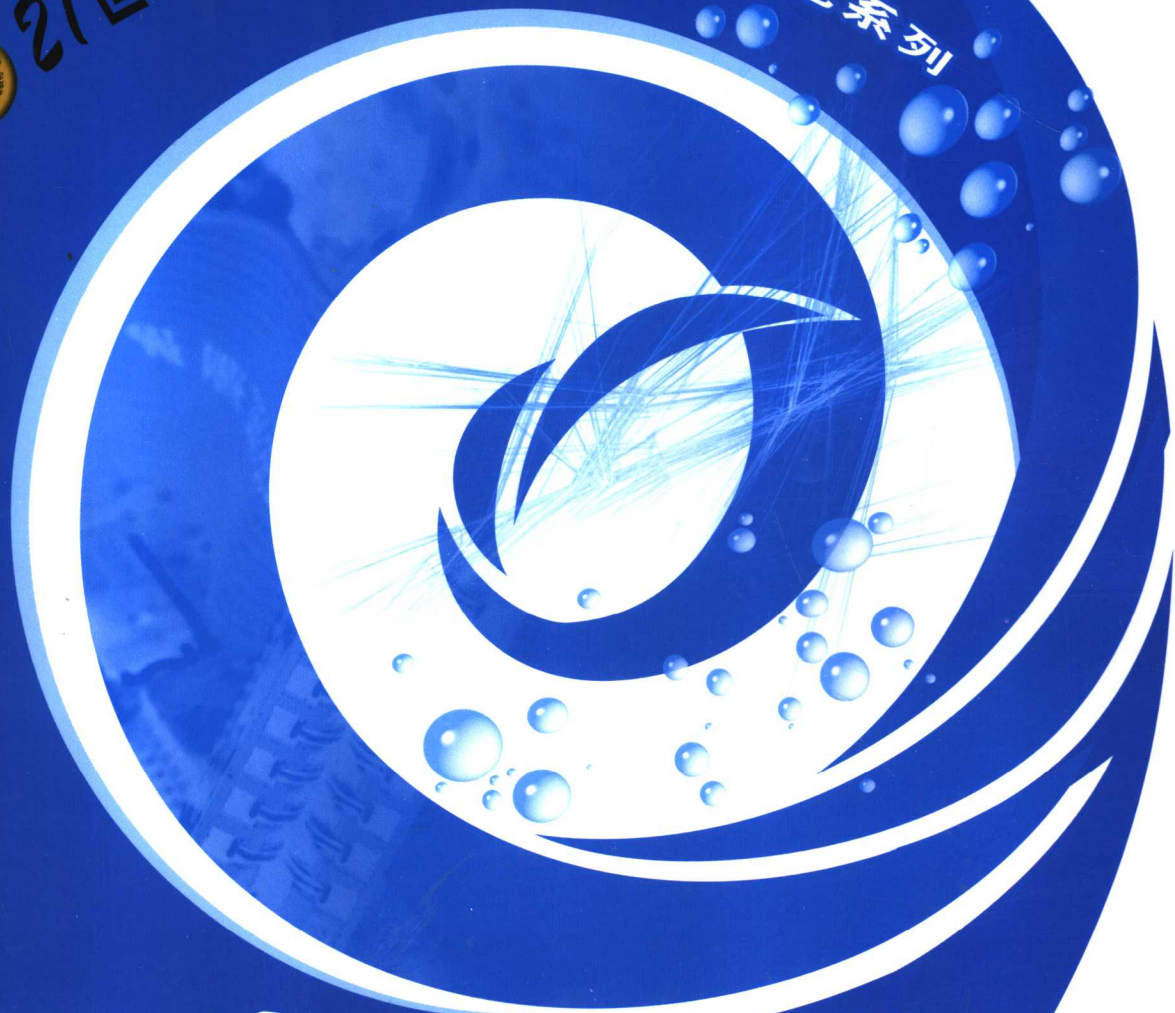




21世纪高职高专规划教材·机电系列



# 数字电子技术基础

陈瑞主编  
秦雯 邓翔宇 副主编



清华大学出版社  
<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



北京交通大学出版社  
<http://press.bjtu.edu.cn>

21 世纪高职高专规划教材·机电系列

# 数字电子技术基础

陈 瑞 主编  
秦 雯 邓翔宇 副主编

清华大学出版社  
北京交通大学出版社

· 北京 ·

## 内 容 简 介

本书是根据教育部颁发的《高等学校工程专科电子技术课程教学基本要求》编写的教材。在编写中注重实践应用及基本技能的训练。重视职业素质和创新精神的培养，以应用为目的，以必需、够用为度。

全书共7章，覆盖了数字电子技术的基本内容，包括数字电路基础、集成逻辑门、组合逻辑电路、时序逻辑电路、脉冲波形的产生与整形、半导体存储器和可编程逻辑器件、数模与模数转换器等。书中有适当的例题和习题，每章都有内容提要和小结，书末有部分习题答案。

本书可作为高等专科学校、高等职业学校，成人高等教育及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校的自动化类、电力技术类、电子信息类和通信类等相关专业的教材，也可供从事电子技术的工程技术人员学习与参考。

版权所有，翻印必究。举报电话：010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签，无标签者不得销售。

本书防伪标签采用特殊防伪技术，用户可通过在图案表面涂抹清水，图案消失，水干后图案复现；或将表面膜揭下，放在白纸上用彩笔涂抹，图案在白纸上再现的方法识别真伪。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

数字电子技术基础/陈瑞主编. —北京: 清华大学出版社; 北京交通大学出版社, 2007. 2  
(21世纪高职高专规划教材·机电系列)

ISBN 978-7-81082-918-2

I. 数… II. 陈… III. 数字电路-高等学校: 技术学校-教材 IV. TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 139524 号

责任编辑: 吴嫦娥 特邀编辑: 宋望溪

出版发行: 清华大学出版社 邮编: 100084 电话: 010-62776969

北京交通大学出版社 邮编: 100044 电话: 010-51686414

印刷者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260 印张: 11.25 字数: 281千字

版 次: 2007年1月第1版 2007年1月第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-81082-918-2/TN·50

印 数: 1~4000册 定价: 20.00元

---

本书如有质量问题, 请向北京交通大学出版社质监局反映。对您的意见和批评, 我们表示欢迎和感谢。

投诉电话: 010-51686043, 51686008; 传真: 010-62225406; E-mail: press@center.bjtu.edu.cn。

## 出版说明

高职高专教育是我国高等教育的重要组成部分，它的根本任务是培养生产、建设、管理和服务第一线需要的德、智、体、美全面发展的高等技术应用型专门人才，所培养的学生在掌握必要的基础理论和专业知识的基础上，应重点掌握从事本专业领域实际工作的基本知识和职业技能，因而与其对应的教材也必须有自己的体系和特色。

为了适应我国高职高专教育发展及其对教学改革和教材建设的需要，在教育部的指导下，我们在全国范围内组织并成立了“21世纪高职高专教育教材研究与编审委员会”（以下简称“教材研究与编审委员会”）。“教材研究与编审委员会”的成员单位皆为教学改革成效较大、办学特色鲜明、办学实力强的高等专科学校、高等职业学校、成人高等学校及高等院校主办的二级职业技术学院，其中一些学校是国家重点建设的示范性职业技术学院。

为了保证规划教材的出版质量，“教材研究与编审委员会”在全国范围内选聘“21世纪高职高专规划教材编审委员会”（以下简称“教材编审委员会”）成员和征集教材，并要求“教材编审委员会”成员和规划教材的编著者必须是从事高职高专教学第一线的优秀教师或生产第一线的专家。“教材编审委员会”组织各专业的专家、教授对所征集的教材进行评选，对所列选教材进行审定。

目前，“教材研究与编审委员会”计划用2~3年的时间出版各类高职高专教材200种，范围覆盖计算机应用、电子电气、财会与管理、商务英语等专业的主要课程。此次规划教材全部按教育部制定的“高职高专教育基础课程教学基本要求”编写，其中部分教材是教育部《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》的研究成果。此次规划教材按照突出应用性、实践性和针对性的原则编写并重组系列课程教材结构，力求反映高职高专课程和教学内容体系改革方向；反映当前教学的新内容，突出基础理论知识的应用和实践技能的培养；适应“实践的要求和岗位的需要”，不依照“学科”体系，即贴近岗位，淡化学科；在兼顾理论和实践内容的同时，避免“全”而“深”的面面俱到，基础理论以应用为目的，以必要、够用为度；尽量体现新知识、新技术、新工艺、新方法，以利于学生综合素质的形成和科学思维方式与创新能力的培养。

此外，为了使规划教材更具广泛性、科学性、先进性和代表性，我们希望全国从事高职高专教育的院校能够积极加入到“教材研究与编审委员会”中来，推荐“教材编审委员会”成员和有特色的、有创新的教材。同时，希望将教学实践中的意见与建议，及时反馈给我们，以便对已出版的教材不断修订、完善，不断提高教材质量，完善教材体系，为社会奉献更多更新的与高职高专教育配套的高质量教材。

此次所有规划教材由全国重点大学出版社——清华大学出版社与北京交通大学出版社联合出版，适合于各类高等专科学校、高等职业学校、成人高等学校及高等院校主办的二级职业技术学院使用。

21世纪高职高专教育教材研究与编审委员会

2007年1月

# 前 言

本书参照教育部制定的《高职高专数字电子技术基础课程教学基本要求》，根据高等学校工程专科以培养工程应用型人才为主的培养目标，在保证必要的基本理论、基本知识、基本分析方法和技能的基础上，贯彻理论与工程实践相结合，以应用为目的，以必需、够用为度和掌握概念、强化应用等原则，突出高等学校工程专科教学的特色，总结多年的教学实践经验编写而成。本教材在编写中突出了以下几点。

1. 由于目前电子技术的飞速发展，国内外电子器件的生产和应用不断趋向集成化。因此，本书以分立元件为基础，以集成电路为重点。鉴于目前数字集成器件的使用倾向于性能优越的 CMOS HC 系列和 TTL LS 系列，因此在分析集成逻辑门电路及其特性时，着重以这些系列电路为主。在引用组合和时序逻辑器件的功能时，也尽可能以这些系列作为典型电路介绍，并列出一一些相应型号。

2. 对某些功能的集成器件，如触发器、集成单稳态触发器等的内部电路不再进行工作原理的分析，主要介绍其外部引脚功能和使用方法。

3. 由于目前可编程逻辑器件发展较快，在各种高科技电子产品和数字电路中应用也日渐广泛，对这些器件作了知识性的介绍。

4. 本书在编写中尽可能突出数字器件逻辑功能的规律性，便于读者能较快学习掌握。

5. 本书每章开始，都有内容提要，归纳出该章的主要内容。在每章末都有小结并有习题，书后附有习题答案，便于读者在学习的过程中检查对照。

本书由陈瑞任主编，秦雯、邓翔宇任副主编，马慧霞参加编写。第 1 章、第 2 章由马慧霞编写，第 5 章和第 6 章由邓翔宇编写，第 4 章、第 7 章由秦雯编写，第 3 章和附录由陈瑞编写，陈瑞负责全书的统稿。

由于我们的教学经验和学术水平有限，书中难免有错误和不妥之处，恳请师生、读者批评和指正。

编者  
2007 年 1 月

# 目 录

<b>第 1 章 数字电路基础</b> .....	(1)
1.1 概述 .....	(1)
1.1.1 数字电路的特点 .....	(1)
1.1.2 数制和码制 .....	(2)
1.2 逻辑代数的三种基本运算 .....	(6)
1.2.1 逻辑变量与逻辑函数 .....	(6)
1.2.2 三种基本逻辑关系及其表示方法 .....	(6)
1.2.3 关于正逻辑和负逻辑的规定 .....	(10)
1.3 复合逻辑函数.....	(10)
1.4 逻辑函数的几种表示方法及其相互转换.....	(11)
1.4.1 逻辑函数的几种表示方法 .....	(11)
1.4.2 已知真值表求逻辑表达式和逻辑图 .....	(12)
1.4.3 已知逻辑表达式求真值表和逻辑图 .....	(13)
1.4.4 已知逻辑图求表达式和真值表 .....	(14)
1.5 逻辑代数的基本定律和规则.....	(14)
1.5.1 基本定律和常用公式 .....	(15)
1.5.2 三个重要规则 .....	(15)
1.6 逻辑函数的代数化简法.....	(16)
1.7 逻辑函数的卡诺图化简法.....	(18)
1.7.1 逻辑函数的最小项及最小项表达式 .....	(18)
1.7.2 逻辑函数的卡诺图表示方法 .....	(19)
1.7.3 用卡诺图化简逻辑函数 .....	(21)
1.8 具有无关项的逻辑函数及其化简.....	(22)
1.8.1 逻辑函数式中的无关项 .....	(22)
1.8.2 具有无关项逻辑函数的化简 .....	(23)
本章小结 .....	(23)
习题 .....	(24)
<b>第 2 章 集成逻辑门</b> .....	(26)
2.1 概述.....	(26)
2.2 TTL 集成逻辑门 .....	(26)

2.2.1	TTL 与非门的工作原理 .....	(26)
2.2.2	TTL 与非门的特性与参数 .....	(27)
2.2.3	TTL 逻辑门系列 .....	(31)
2.2.4	集电极开路门和三态门 .....	(32)
2.3	MOS 集成逻辑门 .....	(36)
2.3.1	CMOS 反相器 .....	(36)
2.3.2	其他 CMOS 逻辑门 .....	(38)
2.3.3	CMOS 逻辑门系列 .....	(39)
2.4	集成逻辑门电路使用中的几个实际问题 .....	(40)
2.5	集成逻辑门电路应用举例 .....	(42)
	本章小结 .....	(42)
	习题 .....	(43)
<b>第 3 章</b>	<b>组合逻辑电路 .....</b>	<b>(47)</b>
3.1	概述 .....	(47)
3.2	组合逻辑电路的分析方法 .....	(47)
3.3	组合逻辑电路的设计方法 .....	(49)
3.4	常用组合逻辑电路及其应用 .....	(51)
3.4.1	编码器 .....	(51)
3.4.2	译码器 .....	(54)
3.4.3	数据选择器和数据分配器 .....	(61)
3.4.4	数值比较器 .....	(64)
3.5	组合逻辑电路中的竞争冒险 .....	(66)
3.5.1	产生竞争冒险的原因 .....	(66)
3.5.2	竞争冒险的识别 .....	(67)
3.5.3	竞争冒险的消除 .....	(68)
	本章小结 .....	(69)
	习题 .....	(70)
<b>第 4 章</b>	<b>时序逻辑电路 .....</b>	<b>(72)</b>
4.1	概述 .....	(72)
4.2	触发器 .....	(72)
4.2.1	基本 RS 触发器 .....	(73)
4.2.2	钟控 RS 触发器 .....	(75)
4.2.3	JK 触发器 .....	(78)
4.2.4	D 触发器 .....	(79)
4.2.5	T 触发器和 T' 触发器 .....	(81)
4.2.6	触发器的符号及时序图 .....	(81)
4.3	触发器逻辑功能的转换 .....	(84)

4.4	触发器选择和应用举例	(85)
4.5	计数器	(87)
4.5.1	异步计数器	(87)
4.5.2	同步计数器	(90)
4.5.3	任意模值计数器	(93)
4.6	寄存器和移位寄存器	(96)
4.6.1	数据寄存器	(96)
4.6.2	移位寄存器	(98)
4.7	时序逻辑电路分析方法	(100)
4.8	同步时序逻辑电路的设计方法	(103)
4.9	时序逻辑电路应用举例	(106)
	本章小结	(107)
	习题	(107)
<b>第5章</b>	<b>脉冲波形的产生及整形</b>	<b>(112)</b>
5.1	概述	(112)
5.1.1	矩形脉冲信号的特性参数	(112)
5.1.2	矩形脉冲的产生电路	(113)
5.1.3	矩形脉冲的整形电路	(114)
5.2	555 定时器及其应用	(115)
5.2.1	555 定时器的结构及其工作原理	(115)
5.2.2	555 定时器的典型应用	(117)
5.3	集成单稳态触发器及其应用	(119)
5.3.1	集成单稳态触发器介绍	(120)
5.3.2	集成单稳态触发器的应用	(121)
5.4	集成施密特触发器及其应用	(122)
5.4.1	集成施密特触发器介绍	(122)
5.4.2	集成施密特触发器的应用	(123)
5.5	多谐振荡器及其应用	(125)
5.5.1	石英晶体多谐振荡器	(125)
5.5.2	多谐振荡器的应用	(126)
	本章小结	(126)
	习题	(127)
<b>第6章</b>	<b>半导体存储器与可编程逻辑器件</b>	<b>(129)</b>
6.1	半导体存储器	(129)
6.1.1	只读存储器	(129)
6.1.2	随机存取存储器	(135)
6.1.3	存储器容量的扩展	(137)



6.2 可编程逻辑器件 .....	(138)
6.2.1 可编程逻辑阵列 .....	(140)
6.2.2 可编程阵列逻辑 .....	(140)
6.2.3 通用阵列逻辑 .....	(142)
本章小结 .....	(145)
习题 .....	(145)
<b>第7章 数模与模数转换器</b> .....	<b>(147)</b>
7.1 概述 .....	(147)
7.2 D/A 转换器 .....	(148)
7.2.1 倒置 T 型 D/A 转换器 .....	(148)
7.2.2 D/A 转换器的主要技术指标 .....	(149)
7.2.3 集成 D/A 转换器及应用 .....	(150)
7.3 A/D 转换器 .....	(154)
7.3.1 A/D 转换器的基本原理 .....	(155)
7.3.2 逐次比较型 A/D 转换器 .....	(156)
7.3.3 A/D 转换器的主要技术指标 .....	(158)
7.3.4 集成 A/D 转换器及其应用 .....	(158)
本章小结 .....	(161)
习题 .....	(162)
<b>部分习题答案</b> .....	<b>(164)</b>
<b>附录 A 常用逻辑符号对照表</b> .....	<b>(167)</b>
<b>附录 B 数字集成电路的型号命名法</b> .....	<b>(169)</b>

# 第 1 章 数字电路基础

## 内容提要

本章主要讲述数制和码制,各种数制间的转换;与、或、非基本逻辑和其他复合逻辑函数;逻辑代数的基本定律及运用,用代数法和卡诺图法化简逻辑函数;描述逻辑问题的真值表、逻辑表达式、卡诺图和逻辑图;逻辑函数表示方法之间的相互转换。

## 1.1 概 述

### 1.1.1 数字电路的特点

#### 1. 数字信号与模拟信号

把自然界诸多的物理量,按其变化规律与时间的联系,分为模拟量和数字量两大类。所谓模拟量是指在时间和数值上都是连续变化的量。把表示模拟量的信号称为模拟信号,如电视信号和伴音信号等。把传输、处理模拟信号的电路称为模拟电路。数字量是指在时间和数值上都是离散的、不连续变化的量。表示数字量的信号称为数字信号,如生产中自动记录零件个数的计数信号、教室里学生的人数等。把传输、处理数字信号的电路称为数字电路。

#### 2. 数字电路的特点

在进行信息传输和处理时,由于数字电路一般采用二进制,即用二进制的 0 和 1 两个数码来表示电路的两种相对状态,如用二进制的 1 表示电路通,用 0 表示电路不通等。所以数字电路与模拟电路不同,它具有如下一些特点。

① 结构方面,数字电路是由几种最基本的单元电路组成(这里都是相对于线性集成电路基本单元而言的),在这些基本单元电路中对元件的要求不高。因为对二进制的每一位来讲,只要能区分 0 和 1(或者区分两种截然不同的状态即可)就足够了,所以允许有较大的误差。而且二进制的数字装置所用元件少,组成数字电路中的单元结构也比较简单,所以数字电路集成化较容易,且具有较高集成度。

② 电路的功能方面,对于数字电路,人们只关心的是输入信号的状态(0 或 1)和输出信号的状态(0 或 1)之间的逻辑关系,从而可知该数字电路的逻辑功能,所以数字电路的研究内容一般可以分为两类问题,一是对已有电路分析逻辑功能,叫逻辑分析;另一类是按逻辑功能要求设计出满足逻辑功能的电路,称为逻辑设计。

③ 电路的分析方法方面,对数字电路的分析,由于其工作状态、研究内容与模拟电路

不同,因此分析方法也不同,常用的数学工具是逻辑代数。

④ 组成数字电路的半导体器件(如二极管、三极管)在稳态时工作在开关状态,其饱和导通和截止这两种对立状态与数字电路中的1和0两种状态相对应。

## 1.1.2 数制和码制

### 1. 数制

#### 1) 各种计数体制及其表示方法

所谓数制就是计数的方法,是人们对数量计数的一种统计规则。在日常生活中,经常遇到的是十进制,还有计时的十二进制、六十进制等。在数字系统中,除了十进制外还广泛采用二进制、八进制和十六进制等。要正确掌握好各种数制,必须明确不同数制的数码及其计数规律。

不论是哪种计数体制,它都包含两个基本的因素。一个是基数,所谓基数就是计数中所用到的数码的个数,常用 $R$ 表示。例如八进制中,包含0,1,2,⋯,7八个数码,所以它的基数 $R=8$ 。另一个就是位权,位权是根据数码所处位置来确定的,即相同的数码处于不同的位置,则代表着不同的数值,如十进制数333,各位数码均为3,由于它们所处位置不同,所表示的数值也不同。如个位的数值是 $3 \times 10^0 = 3$ ,十位的数值是 $3 \times 10^1 = 30$ ,百位的数值是 $3 \times 10^2 = 300$ 等。我们把 $10^0, 10^1, 10^2$ 等称为位权值,简称位权。下面介绍几种常用的计数体制及其表示。

#### (1) 十进制

十进制是以10为基数的计数体制,即 $R=10$ 。其进位规则是“逢十进一”,有0,1,2,⋯,9十个数码,各位的位权是以10为底的整数幂。如十进制数 $431.25 = 4 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 1 \times 10^0 + 2 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2}$ 。

由此可得任意一个十进制数 $N$ 可展开为

$$N_{10} = N_D = \sum_{i=-\infty}^{\infty} K_i 10^i \quad (1-1)$$

式(1-1)中, $K_i$ 是第 $i$ 位的系数,它可以是0~9十个数码中的任何一个; $10^i$ 称为第 $i$ 位的权。式(1-1)称之为按权展开式。

通常,对十进制数的表示,可以在数字的右下角标注10或括号外右下角标注英文字母D,如 $(15)_{10}$ 或 $(15)_D$ 。

#### (2) 二进制

二进制是以2为基数的计数体制,即 $R=2$ 。其进位规则是“逢二进一”,有0和1两个数码,各位的位权是以2为底的整数幂,如二进制数 $(101.01)_2 = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$ 。通常,对二进制数的表示,可以在数字的右下角标注2或括号外右下角标注英文字母B,如 $(1011)_2$ 或 $(1011)_B$ 。

对任意二进制数按权展开式遵循式(1-1)得

$$N_2 = N_B = \sum_{i=-\infty}^{\infty} K_i 2^i \quad (1-2)$$

一位二进制数也叫一比特(bit)，八位二进制数称为一个字节，十六位二进制数叫一个字。二进制数的位数叫字长。例如一个字节字长是八位，一个字字长是十六位等。

### (3) 八进制和十六进制

在数字系统中，二进制数位往往很长，读写不方便，一般采用八进制或十六进制对二进制数进行读和写。

八进制是以8为基数的计数体制，即 $R=8$ ，其进位规则是“逢八进一”。有0, 1, 2, ..., 7八个数码，各位的位权是以8为底的整数幂。如八进制数 $(354.2)_8 = 3 \times 8^2 + 5 \times 8^1 + 4 \times 8^0 + 2 \times 8^{-1}$ 。对任意八进制数按权展开式遵循式(1-1)得

$$N_8 = N_O = \sum_{i=-\infty}^{\infty} K_i 8^i \quad (1-3)$$

由于八进制的数码和十进制的前八个数码相同，但其位权基数不同，所以书写时要标注下标8或在括号外右下角标注英文字母O(代表Octadic number)。

十六进制数是以16为基数的计数体制，即 $R=16$ ，其进位规律是“逢十六进一”。有0, 1, 2, ..., 9, A, B, C, D, E和F十六个数码，各位的位权是以16为底的整数幂。为便于区分十进制数和十六进制数，人们规定，凡注有下标16或H的数为十六进制数(H代表Hexadecimal number)。其按权展开式与十进制相似。如十六进制数 $(3BD.2)_{16} = 3 \times 16^2 + 11 \times 16^1 + 13 \times 16^0 + 2 \times 16^{-1}$ 。

对任意十六进制数的按权展开式遵循式(1-1)得

$$N_{16} = N_H = \sum_{i=-\infty}^{\infty} K_i 16^i \quad (1-4)$$

## 2) 数制之间的转换

### (1) 非十进制数转换为十进制数

将非十进制数转换为十进制数，通常采用“按权展开运算法”，即将非十进制数写为按权展开式，且进行运算相加，即可得到与其等值的十进制数。

**例 1-1** 将 $(101.11)_2$ 转换成十进制数。

$$\begin{aligned} \text{解} \quad (101.11)_2 &= 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} \\ &= 4 + 0 + 1 + 0.5 + 0.25 \\ &= (5.75)_{10} \end{aligned}$$

### (2) 十进制数转换为非十进制数

十进制整数和小数转换成非十进制数的方法是不同的。整数部分通常采用连除法，即将原十进制数连续除以要转换计数体制的基数，每次所得的余数就作为要转换的系数。先得到的余数为转换数的低位，后得到的为高位，直到除得的商为0为止。这种方法概括起来可说成“除基数倒取余”。十进制小数部分要转换成非十进制小数，通常采用连乘法，即将原十进制纯小数乘以要转换的数制的基数，取其积的整数部分作系数，剩余的纯小数部分再乘基数，先得到的整数作新数的高位，后得到的作低位，直至其纯小数部分为0或到一定精度为止。这种方法概括起来可说成“乘基数顺取整”。

**例 1-2** 将 $(27.25)_{10}$ 转换成二进制数。

**解** 第一步：将整数部分27转换成二进制数

2	27	...	余数	
	2	13	...	1
	2	6	...	1
	2	3	...	0
	2	1	...	1
		0	...	1

即  $(27)_{10} = (11011)_2$

第二步：将 0.25 转换成二进制数

	$0.25 \times 2 = 0.5$	整数	
		0	
	$0.5 \times 2 = 1.0$	1	

即  $(0.25)_{10} = (0.01)_2$

所以  $(27.25)_{10} = (11011.01)_2$

### (3) 二进制数与八进制数、十六进制数相互转换

由于  $2^3 = 8$ ，所以一位八进制数相当于 3 位二进制数，它们是完全对应的。因此二进制数转换成八进制数的规则如下：从小数点算起，向左、向右分别每 3 位分成一组，最后不足 3 位者用 0 补齐，每组用 1 位等值的八进制数表示即得到要转换的八进制数。

由于  $2^4 = 16$ ，因此二进制数转换成十六进制数与二进制数转换成八进制的规则类似，只不过分组时是每 4 位分成一组进行转换。

例 1-3 将  $(10011010.01111)_2$  转换成八进制数和十六进制数。

解 八进制 2 3 2 . 3 6

二进制	$\overbrace{010} \quad \overbrace{011} \quad \overbrace{010} \quad \overbrace{011} \quad \overbrace{100} \quad \overbrace{000}$
	$010011010.01111000$
	$\downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow$
十六进制	9 A . 7 8

即  $(10011010.01111)_2 = (232.36)_8 = (9A.78)_{16}$

反之，八进制数(十六进制数)转换成二进制数时，只要将每位八进制数(十六进制数)分别写成相应的 3(4)位二进制数，按原来的顺序排列起来即可。整数最高位一组左边的 0 及小数最低位一组右边的 0 可以省略。

例 1-4 将  $(46.37)_8$  转换成二进制数。

解 4 6 . 3 7

↓ ↓ ↓ ↓

100 110 . 011 111

即  $(46.37)_8 = (100110.011111)_2$

十六进制数转换成二进制数的情况与八进制数转换成二进制数是类似的，所不同的是，每一位十六进制数对应 4 位二进制数，方法完全相同。

例 1-5 将  $(2B.63)_{16}$  转换成二进制数。

解

2	B	.	6	3
↓	↓		↓	↓
0010	1011	.	0110	0011

即  $(2B.63)_{16} = (101011.01100011)_2$

## 2. 码制

码制是指用二进制代码表示数字或字符的编码方法。常用的编码有多种，这里只介绍二—十进制编码，简称BCD(Binary Coded Decimal)码，是指用二进制码表示十进制数。由于十进制数有0~9共十个数码，所以用四位二进制码表示一位十进制数。这里的“二进制”并无“进位”的含义，只是强调采用的是二进制数的符号而已。我们知道四位二进制码共有十六种不同的组合，可以选取其中的任意十个组合代表0~9十个数字。这种表示方法称为编码。表1-1中列出了几种常用的BCD码，其中最常用的是8421BCD码。

表 1-1 几种常用的 BCD 码

十进制数	8421 码	2421 码	5421 码	余 3 码	格雷码
0	0000	0000	0000	0011	0000
1	0001	0001	0001	0100	0001
2	0010	0010	0010	0101	0011
3	0011	0011	0011	0110	0010
4	0100	0100	0100	0111	0110
5	0101	1011	1000	1000	0111
6	0110	1100	1001	1001	0101
7	0111	1101	1010	1010	0100
8	1000	1110	1011	1011	1100
9	1001	1111	1100	1100	1101
权	8421	2421	5421	无权	无权

从表1-1中不难看出，各种不同的编码种类，其表示十进制数的值是一样的。

### (1) 8421BCD 码

8421BCD码是有固定权的码，各位的权值分别为8，4，2，1。8421BCD码是最基本最简单的一种编码方案，应用十分广泛。

### (2) 2421BCD 码

2421BCD码也是有固定权的码，各位的权值分别为2，4，2，1。

### (3) 5421BCD 码

5421BCD码也是有固定权的码，各位的权值分别为5，4，2，1。

### (4) 余 3 码

余3码的编码规则与以上有权码不同，每一个余3码的数值由8421码加3(0011)得到，因此这种代码叫作余3码。

### (5) 格雷码(Gray 码)

任何相邻的两个代码之间(包括首、尾两个代码)只有一位不同，其余各位均相同，因而

格雷码也叫循环码，属于无权码。格雷码所具有的特点是可以降低其产生错误的概率。

此外，在数字电路中，还有一些专门处理字母、标点符号、运算符号的二进制代码，如 ASCII 码、ISO 码等，读者可参阅有关书籍。

用 BCD 码表示十进制数时，只要把十进制数的每一位数码分别用 BCD 码取代即可。反之，若要知道 BCD 码代表的十进制数，只要把 BCD 码以小数点为起点，分别向左、向右每四位分为一组，再按原排序写出每一组代码所代表的十进制数即可。例如：

$$(10010101.0111)_{8421\text{BCD}} = (95.7)_{10}$$

## 1.2 逻辑代数的三种基本运算

一个实际的数字系统，其电路是非常复杂的。在分析和设计数字电路时，常常借助于一种数学工具——逻辑代数。逻辑代数是按一定的逻辑规律进行运算的代数，是 19 世纪由英国数学家乔治·布尔创立的，所以又称布尔代数。1938 年香农将布尔代数运用到分析继电器和开关函数中，所以又称开关代数。

### 1.2.1 逻辑变量与逻辑函数

#### 1. 逻辑变量

在逻辑代数中的变量叫作逻辑变量，和普通代数一样，也是用字母来表示。但逻辑变量的含义和取值与普通代数完全不同，逻辑变量的取值不是 0 就是 1，没有第三种可能。而且，这里的 0 和 1 不表示数量的大小，只表示两种不同的逻辑状态。例如，图 1-1 所示的灯泡控制电路中，灯泡是否亮主要取决于开关是否闭合。若我们定义  $Y=1$  表示灯亮， $Y=0$  表示灯灭； $A=1$  表示开关闭合， $A=0$  表示开关断开。显然，这里的 0 和 1 不表示数量的大小，只表示两种不同的逻辑状态开或关、灭或亮。

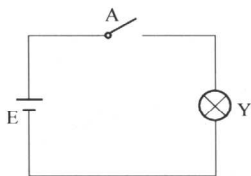


图 1-1 灯泡控制电路

#### 2. 逻辑函数

从上面的分析可知，对应不同的条件（开关是否闭合），就有相应的结果（灯泡是否亮），显然开关是否闭合和灯泡是否亮之间是一种函数关系，如果以条件作为输入，以运算结果作为输出，那么当输入变量的取值确定之后，输出的取值便随之而定。因此，输出与输入之间是一个函数关系。这种函数关系称为逻辑函数。写作

$$Y = F(A, B, C, \dots)$$

其中， $A$ 、 $B$ 、 $C$  等均为逻辑变量。

### 1.2.2 三种基本逻辑关系及其表示方法

在逻辑电路中，基本的逻辑关系只有逻辑与、逻辑或和逻辑非三种，并且把实现这三种

逻辑功能的电路，分别叫作与门、或门、非门。因此，在逻辑代数中，相应地也有三种基本运算，即与运算、或运算和非运算。

### 1. 与逻辑

若决定某一事件结果的所有条件同时具备时，结果才会发生，这种因果关系称为逻辑与，也叫逻辑乘。如图 1-2(a)所示的是两个串联的开关控制一个灯泡的电路。若把开关的闭合作为条件，灯泡亮作为结果，那么只有开关 A、B 都闭合时，灯泡 Y 才会亮，否则只要有一个开关 A 或 B 断开时，灯泡不亮，显然这是一个与逻辑。

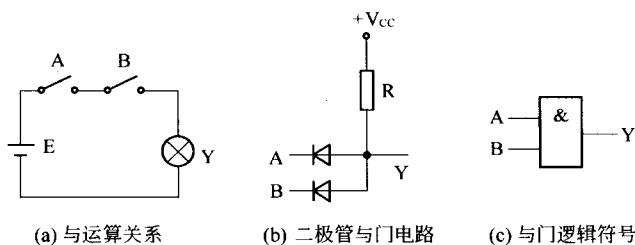


图 1-2 与门电路与逻辑符号

与逻辑的表示方法如下。

#### (1) 逻辑函数真值表

如果将条件(开关 A、B 的闭合与断开)作为输入变量，事件的结果(灯泡 Y 的亮灭)作为输出变量，则对于两个输入变量的四种不同组合，输出变量均有相应的逻辑状态(符合与逻辑关系)与其对应，如表 1-2 所示。如用“1”表示开关闭合，用“0”表示开关断开，用“1”表示灯泡亮，用“0”表示灯泡灭。我们把输入、输出变量所有相互对应的逻辑值(状态)列在一个表格内，这种表格称为逻辑函数真值表，简称真值表。它能清楚地表示事物的逻辑关系。表 1-3 为二输入变量的与逻辑函数真值表。

表 1-2 与电路状态表

开关 A 的状态	开关 B 的状态	灯 Y 的状态
断开	断开	灭
断开	闭合	灭
闭合	断开	灭
闭合	闭合	亮

表 1-3 与逻辑的真值表

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

由与逻辑的函数真值表可以得到与的逻辑规律：输入有 0，输出为 0；输入全 1，输出为 1。



## (2) 逻辑函数表达式

与逻辑关系可以用一个逻辑函数表达式来表示:

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

式(1-5)中用“·”表示与运算,也称为逻辑乘,逻辑式中“·”可以省略。

## (3) 与门

能够实现逻辑运算的电路称为逻辑门电路,简称门电路。在用电路实现逻辑运算时,用输入端的电压或电平表示自变量,输出端的电压或电平表示因变量,分别用“1”表示高电平,用“0”表示低电平。能够实现与逻辑的基本单元电路称为与门。如图1-2(b)所示为由二极管构成的与门电路。由图可知,在输入端A、B中只要有一个信号为低电平0,则对应输入端相连的二极管获得正向电压而导通,在二极管的箝位作用下,使输出Y为低电平0;只有当输入A、B同时为高电平1时,两个二极管都反偏截止,输出Y才为高电平1。可见,输出端与输入端之间存在着与逻辑关系。

## (4) 逻辑符号

与门电路的逻辑符号如图1-2(c)所示,这也是与逻辑的一种表示方法。

## 2. 或逻辑

若决定某一事件结果的所有条件中只要有一个或一个以上条件具备时,结果就会发生,这种因果关系叫作或逻辑,也称逻辑加。如图1-3(a)所示的是两个并联的开关控制一个灯泡,若把开关闭合作为条件,灯泡亮作为结果,显然,开关A、B只要有一个闭合,灯泡就会亮。

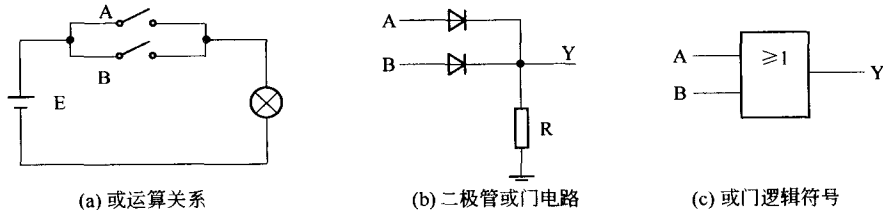


图 1-3 或门电路与逻辑符号

或逻辑的表示方法如下。

## (1) 逻辑函数真值表

与上面与逻辑类似,即用“1”表示开关闭合,用“0”表示开关断开,用“1”表示灯泡亮,用“0”表示灯泡灭。则可得到二变量或逻辑的真值表如表1-4所示。

表 1-4 或逻辑的真值表

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

由或逻辑的函数真值表可以得到或的逻辑规律:输入有1,输出为1;输入全0,输出为0。