



Digital Electronics  
(Experiments Included)

高等教育轨道交通“十二五”规划教材 • 电气牵引类

# 数字电子技术 (含实验)

主编 张晓冬 宁涛 吕江虹



北京交通大学出版社  
<http://www.bjtup.com.cn>

高等教育轨道交通“十二五”规划教材·电气牵引类

# 数字电子技术

## (含实验)

张晓冬 宁 涛 吕江虹 主 编

北京交通大学出版社

## 内 容 简 介

本书从基础理论与应用技术出发,较为全面地讨论了数字电子技术的基本分析与设计方法。全书分为9章,内容包括数字逻辑基础、逻辑门电路、组合逻辑电路、时序逻辑电路、脉冲波形的产生和整形、数/模与模/数转换器、可编程逻辑器件、Multisim 电路仿真、数字电子技术实验设计。

本书精心编排了结构,精选了内容,着眼于基础与发展,着重于创新能力的培养。书中每一章都指出了学习重点和难点,并备有大量例题和习题,既适合课堂教学,又适合自学,特别适合学习者在一定指导下的自学。

本书可作为电类各专业全日制本科、成人教育本专科、网络教育本专科,以及高职高专的教材,也可供非电类各工科专业人员学习参考。

版权所有,侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术:含实验/张晓冬,宁涛,吕江虹主编. —北京:北京交通大学出版社,2013.4  
ISBN 978-7-5121-1434-0

I. ①数… II. ①张… ②宁… ③吕… III. ①数字电路-电子技术-高等职业教育-教材 IV. ①TN79

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第074174号

责任编辑:吴嫦娥 特邀编辑:李晓敏

出版发行:北京交通大学出版社

电话:010-51686414

北京市海淀区高粱桥斜街44号

邮编:100044

印刷者:北京时代华都印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印张:13.25 字数:331千字

版 次:2013年4月第1版 2013年4月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-5121-1434-0/TN·87

印 数:1~3000册 定价:29.00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@bjtu.edu.cn。

# 高等教育轨道交通“十二五”规划教材·电气牵引类

## 编 委 会

顾 问：施仲衡

主 任：司银涛

副 主 任：陈 庚 姜久春

委 员：（按姓氏笔画排序）

方 进 王立德 刘文正

刘慧娟 吴俊勇 张晓冬

周 晖 黄 辉

## 编委会办公室

主 任：赵晓波

副 主 任：孙秀翠

成 员：（按姓氏笔画排序）

吴嫦娥 郝建英 高 琦 徐 琤

# 出版说明

为促进高等轨道交通专业电力牵引类教材体系的建设,满足目前轨道交通类专业人才培养的需要,北京交通大学电气工程学院、远程与继续教育学院和北京交通大学出版社组织以北京交通大学从事轨道交通研究教学的一线教师为主体,联合其他交通院校教师,并在有关单位领导和专家的大力支持下,编写了本套“高等教育轨道交通‘十二五’规划教材”。本套教材的编写突出实用性。本着“理论部分通俗易懂,实操部分图文并茂”的原则,侧重实际工作岗位操作技能的培养。为方便读者,本系列教材采用“立体化”教学资源建设方式,配套有教学课件、习题库、自学指导书,并将陆续配备教学光盘。本系列教材可供相关专业的全日制或在职学习的本专科学生使用,也可供从事相关工作的工程技术人员参考。本系列教材得到从事轨道交通研究的众多专家、学者的帮助和具体指导,在此表示深深的敬意和感谢。本系列教材从2012年1月起陆续推出,首批包括《电路》、《模拟电子技术》、《数字电子技术》、《工程电磁场》、《电机学》、《电传动控制系统》、《电力系统分析》、《电力系统继电保护》、《高电压技术》、《牵引供电系统》、《城市轨道交通供电》。希望本套教材的出版对轨道交通的发展、轨道交通专业人才的培养,特别是轨道交通电气牵引专业课程的课堂教学有所贡献。

编委会  
2013年4月

# 总 序

---

我国是一个内陆深广、人口众多的国家。随着改革开放的进一步深化和经济产业结构的调整，大规模的人口流动和货物流通使交通行业承载着越来越大的压力，同时也给交通运输带来了巨大的发展机遇。作为运输行业历史最悠久、规模最大的龙头企业，铁路已成为国民经济的大动脉。铁路运输有成本低、运能高、节省能源、安全性好等优势，是最快捷、最可靠的运输方式，是发展国民经济不可或缺的运输工具。改革开放以来，中国铁路积极适应社会的改革和发展，狠抓制度改革，着力技术创新，抓住了历史发展机遇，铁路改革和发展取得了跨越式的发展。

国家对铁路的发展始终予以高度重视，根据国家《中长期铁路网规划》（2005—2020年），到2020年，中国铁路网规模达到12万千米以上。其中，时速200千米及其以上的客运专线将达到1.8万千米。加上既有线提速，中国铁路快速客运网将达到5万千米以上，运输能力满足国民经济和社会发展需要，主要技术装备达到或接近国际先进水平。铁路是个远程重轨运输工具，但随着城市建设和经济的繁荣，城市人口大幅增加，近年来城市轨道交通也正处于高速发展时期。

城市的繁荣相应带来了交通拥挤、事故频发、大气污染等一系列问题。在一些大城市和一些经济发达的中等城市，仅仅靠路面车辆运输远远不能满足客运交通的需要。城市轨道交通节约空间、耗能低、污染小、便捷可靠，是解决城市交通的最好方式。未来我国城市将形成地铁、轻轨、市域铁路构成的城市轨道交通网络，轨道交通将在我国城市建设中起着举足轻重的作用。

但是，在我国轨道交通进入快速发展的同时，解决各种管理和技术人才匮乏的问题已迫在眉睫。随着高速铁路和城市轨道新线路的不断增加以及新技术的开发与引进，管理和技术人员队伍需要不断壮大。企业不仅要对新员工进行培训，对原有的职工也要进行知识更新。企业急需培养出一支能符合企业要求、业务精通、综合素质高的队伍。

北京交通大学是一所以运输管理为特色的学校，拥有该学科一流的师资和科研队伍，为我国的铁路运输和高速铁路的建设作出了重大贡献。近年来，学校非常重视轨道交通的研究和发展，建有“轨道交通控制与安全”国家级重点实验室、“城市交通复杂系统理论与技术”教育部重点实验室，“基于通信的列车运行控制系统（CBTC）”取得了关键技术研究的突破，并用于亦庄城轨线。为解决轨道交通发展中人才需求问题，北京交通大学组织了学校有关院系的专家和教授编写了这套“高等教育轨道交通‘十二五’规划教材”，以供高等学校学生教学和企业技术与管理人员培训使用。

本套教材分为交通运输、机车车辆、电气牵引和土木工程四个系列，涵盖了交通规划、运营管理、信号与控制、机车与车辆制造、土木工程等领域，每本教材都是由该领域的专家执笔，教材覆盖面广，内容丰富实用。在教材的组织过程中，我们进行了充分调研，精心策划和大量论证，并听取了教学一线的教师和学科专家们的意见，经过作者们的辛勤耕耘以及编辑人员的辛勤努力，这套丛书才得以成功出版。在此，向他们表示衷心的感谢。

希望这套系列教材的出版能为我国轨道交通人才的培养贡献绵薄之力。由于轨道交通是一个快速发展的领域，知识和技术更新快，教材中难免会有诸多的不足和欠缺，在此诚请各位同仁、专家予以批评指正，同时也方便以后教材的修订工作。

**编委会**  
**2013年4月**

# 前 言

---

数字电子技术是一门内容庞杂、更新迅速、实践性和应用性很强的技术基础课，是培养大学生应用现代电子技术的入门课程，也是高等学校工科电类各专业的主干课程。

数字电子技术主要研究各种逻辑器件的功能与应用。随着计算机科学与技术的发展，使用数字电路进行信号处理的优势也更加突出。自 20 世纪 70 年代开始，“数字化”浪潮几乎席卷了工程技术甚至人类生活的所有领域。

本书汇集了作者多年的教学与实践经验，以培养学生的创新能力为目标。在内容安排上，突出了基本概念、基本理论和基本分析方法，理论和实践紧密结合，内容丰富实用，并注重从工程实践的视角培养学生的思维方式，将创新能力培养贯穿于教学全过程。

本书从基础理论与应用技术出发，较为全面地讨论了数字电子技术的基本分析与设计方法。全书分为 9 章。第 1 章为数字逻辑基础，是全书的理论基础；第 2 章为逻辑门电路，在元件层次上讲述了数字电路的结构与特点；第 3 章为组合逻辑电路，开始引入逻辑功能模块；第 4 章为时序逻辑电路，引入时序问题并加以解决；第 5 章为脉冲波形的产生和整形，解决了信号问题；第 6 章为数/模与模/数转换器，解决了模拟与数字的接口问题；第 7 章为存储器和可编程逻辑器件，为数字电路的后续应用提供完善的基础；第 8 章为 Multisim 电路仿真，引入计算机分析与设计；第 9 章为数字电子技术实验设计，为开课学校提供实验参考。附录 A 给出了模拟试题；附录 B 和附录 C 分别列出了部分术语中英文对照和本书所涉及图形符号的对照。

为方便教学，每一章都指出了学习重点和难点，并配有大量例题和习题，读者可以根据自身的实际情况选用。

本书由张晓冬、宁涛、吕江虹任主编，编写中得到了广大同事、同仁和同学们的大力帮助，编者在此一并表示感谢。

编者  
2013 年 4 月



# 目 录

第 1 章 数字逻辑基础 .....	1	第 5 章 脉冲波形的产生与整形 .....	96
1.1 数制和编码 .....	1	5.1 波形变换电路 .....	96
1.2 逻辑代数 .....	6	5.2 脉冲波形产生电路 .....	101
1.3 逻辑问题的表达 .....	10	5.3 555 定时器的原理及应用 .....	103
1.4 逻辑函数的化简 .....	13	本章小结 .....	109
本章小结 .....	20	复习参考题 .....	109
复习参考题 .....	21	第 6 章 数/模与模/数转换器 .....	111
第 2 章 逻辑门电路 .....	24	6.1 数/模 (D/A) 转换器 .....	112
2.1 概述 .....	24	6.2 模/数 (A/D) 转换器 .....	117
2.2 TTL 集成逻辑门 .....	27	本章小结 .....	124
2.3 MOS 逻辑门电路 .....	36	复习参考题 .....	124
2.4 各种集成逻辑门的性能比较 .....	40	第 7 章 可编程逻辑器件 .....	126
本章小结 .....	41	7.1 概述 .....	126
复习参考题 .....	41	7.2 可编程逻辑器件 PLD 编程 单元 .....	130
第 3 章 组合逻辑电路 .....	44	7.3 简单可编程逻辑器件 PROM、 PLA、PAL .....	134
3.1 组合逻辑电路的分析和设计 .....	44	7.4 可编程逻辑器件 GAL、FPGA、 CPLD .....	139
3.2 常用组合逻辑电路 .....	47	7.5 随机存取存储器 RAM .....	146
本章小结 .....	65	本章小结 .....	149
复习参考题 .....	66	复习参考题 .....	150
第 4 章 时序逻辑电路 .....	69	第 8 章 Multisim 电路仿真 .....	151
4.1 触发器 .....	69	8.1 Multisim 简介 .....	151
4.2 寄存器 .....	77	8.2 Multisim 9 概貌 .....	152
4.3 计数器 .....	80		
本章小结 .....	92		
复习参考题 .....	92		

8.3 创建电路的基本方法·····	155	实验6 数/模(D/A)转换器及模/数 (A/D)转换器·····	181
8.4 虚拟仪器及其使用·····	165	实验7 综合实验:电子秒表电路的 设计·····	184
8.5 基本仿真分析方法·····	168		
8.6 电路实例·····	168		
<b>第9章 数字电子技术实验设计</b> ·····	172	<b>附录A 模拟试题</b> ·····	188
实验1 常用逻辑门电路及其 应用·····	172	A1 模拟试题一·····	188
实验2 组合逻辑中规模集成电路 ——编码器、译码器和数 据选择器·····	173	A2 模拟试题二·····	191
实验3 触发器及其应用·····	176	<b>附录B 部分术语中英文对照</b> ·····	195
实验4 时序逻辑中规模集成电路 ——计数器和寄存器·····	178	<b>附录C 新旧图形符号对照表</b> ·····	199
实验5 555集成定时器及其应用·····	179	<b>参考文献</b> ·····	201

# 第1章

## 数字逻辑基础

### 【本章内容概要】

主要介绍数字电路中常用的数制、各种数制之间的转换，常用的各种编码和编码的特点，学习分析数字电路的数学工具——逻辑代数及其应用，讨论逻辑函数的表示方法和各种表示方法之间的转换，介绍卡诺图的定义、逻辑函数的卡诺图表示，学会使用逻辑代数和卡诺图化简逻辑函数。

### 【本章学习重点与难点】

学习重点：常用的数制与编码、逻辑代数基础、逻辑函数的描述。

学习难点：逻辑函数的化简、卡诺图的灵活应用。

数字技术在现代社会中充当着重要角色。从普通市民的日常生活，到宇宙飞船的太空旅行，都离不开数字技术。毫不夸张地说，数字技术在各行各业中已经到了无孔不入的地步。有些数字技术产生的成果，如数字电子计算机，其影响甚至已经淹没了数字技术本身。

数字技术的核心是数字电子技术，而数字电子技术的基础是微电子技术。在模拟电子技术基础部分，已经介绍了微电子技术的理论基础——半导体理论。整个模拟电子技术基础课程中，所使用的分析方法都来源于电路分析的基本方法。在这些分析中，所遇到的时间和随时间变化的信号都是连续变化的。事实上，“模拟”的含义在电子技术中就是连续变化。

数字电子技术与模拟电子技术不同，数字电子技术中的时间和随时间变化的信号都是离散的，即不是连续变化的。它的基本工作信号是二值数字信号，对应于在电路上就是低电平和高电平两种状态。数字电路系统通过电路内部复杂的逻辑关系来完成对数字信号的处理。

## 1.1 数制和编码

### 1.1.1 数制

在表示物理量小时，一般使用进位计数制。十进制（Decimal System）是最常用的一种进位计数制，它采用0、1、2、3、4、5、6、7、8、9十个数字符号，这些数字符号称作数码，数码的个数叫做基数。进位计数制就是把数码按一定规律排列起来表示数。具体地

说,在计数过程中,当某一位累计到等于基数时,便向高位进一,而本位复零。十进制的基数是10,所以十进制的计算规则是“逢十进一”。因此,在进位计数制中,当数码处于不同位置时,所表示的数值大小是不同的,即有“权”计数。例如,十进制数369.75可以展开为:

$$369.75 = 3 \times 10^2 + 6 \times 10^1 + 9 \times 10^0 + 7 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2}$$

以上结合十进制说明了进位计数制的特点,由此便不难理解其他进制的数。

### 1. 二进制数

二进制(Binary System)是数字电路中基本的进位计数制。为了区分不同进制的数,常将数字用括号括起来,再用数字或字母作为下标表示进制。

二进制采用0和1两个数码,其基数是2,计数时“逢二进一”。例如:

$$(1011.01)_B = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$$

一个二进制数可以转换为与其等值的十进制数,转换时只要把每一位的等值十进制数相加就可以了,即所谓按“权”展开相加。例如:

$$(101101)_B = 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = (45)_D$$

或写成

$$(101101)_2 = (45)_{10}$$

$$(111.101)_2 = 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} = (7.625)_{10}$$

可以看出,二进制的缺点是位数多,不便于书写和记忆,为此在数字电路中还常使用十六进制数。

### 2. 十六进制数

十六进制(Hexadecimal System)采用0~9和A、B、C、D、E、F十六个数码,其中A~F分别对应于十进制数的10~15。十六进制数的基数是16,计数时“逢十六进一”。例如:

$$\begin{aligned} (2A.7F)_H &= 2 \times 16^1 + A \times 16^0 + 7 \times 16^{-1} + F \times 16^{-2} \\ &= 2 \times 16^1 + 10 \times 16^0 + 7 \times 16^{-1} + 15 \times 16^{-2} \end{aligned}$$

将十六进制数中每一位的等值十进制数相加,就可以得到等效的十进制数,亦即按“权”展开相加。例如:

$$(4E6)_H = 4 \times 16^2 + 14 \times 16^1 + 6 \times 16^0 = (1254)_D$$

或写成

$$(4E6)_{16} = (1254)_{10}$$

由于四位二进制数正好等于一位十六进制数,因此,二进制数与十六进制数可以很方便地进行互相转换。可把这种转换形象地称为“聚散法”。将二进制数转换成十六进制数时,即为“聚”,以小数点为界,沿前后两个方向把四位二进制数划为一组,把每一组用一位等值十六进制数代替,便得到等值十六进制数。例如:

$$(1011110.1011001)_2 = (01011110.10110010)_2 = (5E.B2)_{16}$$

反之,将十六进制数转换为二进制数时,只要将十六进制数逐位用相应的四位二进制数代替即可,即为“散”。例如:

$$(8FA.C6)_{16} = (100011111010.11000110)_2$$

可以看出,同一个数,用十六进制写出来的结果比用二进制写出来的结果要短得多,再加上

二进制与十六进制之间的相互转换非常方便，因此在数字系统中常用十六进制来表示二进制。

在不致混淆的情况下，可以将表示十六进制的 H 置于数字之后，如 8FAC6H。若最高位为字母，则需补加一个 0，如 0FAC6H。

### 3. 任意进制数

由前面十进制、二进制、十六进制可以推知，一个数就其本质而言，与其计数制无关。换言之，可以用任意计数制表达一个数。事实上，时间的表达就使用了 60（秒到分、分到小时）、24（小时到天）、30（天到月）、12（月到年）、100（年到世纪）等多种计数制。稍加观察与分析可知，无论何种进制的数，只要说起来它是“多少”，人们总是归到十进制，这是因为十进制已根深蒂固的缘故。十进制的起源已无从考证，但从世界上众多民族使用十进制来看，十进制起源于人长有 10 个手指是可信的。

同样，由前面二进制和十六进制转换成十进制的方法可以推知，一个任意进制数转换成十进制数都可以方便地采用按“权”展开相加的方法。由于数字系统就目前的技术而言很少涉及除十进制和二进制以外的进制（十六进制和八进制等其应用本质属于二进制），本书不再作进一步讨论。

### 4. 十进制数转换成二进制数

如前述，任意进制数，包括二进制数和十六进制数转换成十进制数都是十分简单的。但把十进制数转换成其他进制数则要麻烦一些。下面主要介绍把十进制数转换成二进制数的方法。

(1) 先考察整数。整数在任意进制中都是整数。考虑到二进制的偶数其最低位一定是 0，而二进制奇数最低位一定是 1，可以把十进制整数除以 2，若余数为 0 说明其为偶数，若余数为 1 说明其为奇数，由此得到二进制数的最低位。将上述步骤中得到的商再除以 2，得到次低位。以此类推，即可将十进制整数转换成二进制数。这种方法称为“除 2 取余法”，值得注意的是，先取得的数是最低位。

【例 1-1】 将  $(127)_{10}$  转换为等值的二进制数。

$$\begin{array}{r}
 2 \overline{) 127} \cdots \cdots \cdots \text{余数为 1} \\
 2 \overline{) 63} \cdots \cdots \cdots \text{余数为 1} \\
 2 \overline{) 31} \cdots \cdots \cdots \text{余数为 1} \\
 2 \overline{) 15} \cdots \cdots \cdots \text{余数为 1} \\
 2 \overline{) 7} \cdots \cdots \cdots \text{余数为 1} \\
 2 \overline{) 3} \cdots \cdots \cdots \text{余数为 1} \\
 2 \overline{) 1} \cdots \cdots \cdots \text{余数为 1} \\
 0
 \end{array}
 \uparrow$$

即

$$(127)_{10} = (1111111)_2$$

(2) 再考察小数。小数在任意进制中都是小数。考虑到十进制中的“4 舍 5 入”在二进制中应为“0 舍 1 入”，即十进制中的 0.5 在二进制中为 0.1，所以将一个十进制小数乘以 2，若产生了整数 1，说明二进制小数其小数点后第一位为 1，反之为 0。将上述步骤中得到的积去除整数后再乘以 2，得到更低位。以此类推，即可将十进制小数转换成二进制数。这种方法称为“乘 2 取整法”，显然，先取得的数是小数的最高位。

【例 1-2】 将  $(0.625)_{10}$  转换为等值的二进制数。

$$\begin{array}{r}
 \phantom{0.625} \\
 \phantom{0.625} \times) \phantom{2} \\
 \hline
 0.625 \\
 \phantom{0.625} \times) \phantom{2} \\
 \hline
 1 \text{ 移出} \dots\dots\dots 0.250 \\
 \phantom{1 \text{ 移出}} \times) \phantom{2} \\
 \hline
 0 \text{ 移出} \dots\dots\dots 0.500 \\
 \phantom{0 \text{ 移出}} \times) \phantom{2} \\
 \hline
 1 \text{ 移出} \dots\dots\dots 1.000
 \end{array}$$

即  $(0.625)_{10} = (0.101)_2$

需要指出的是，只有特殊的十进制小数如 0.5、0.75 等可以转换成精确的二进制小数。多数十进制小数在转换成二进制时会遇到“乘不尽”的情况。如十进制数 0.6，就不能转换成精确的二进制小数。遇到这些情况，应根据具体问题确定出有效数字的位数。

以上介绍了十进制、二进制和十六进制数的特点及它们之间的相互转换。为了便于比较，表 1-1 列出了它们之间的对应关系。

表 1-1 十进制、二进制和十六进制数字对应表

十进制数	二进制数	十六进制数
0	0000	0
1	0001	1
2	0010	2
3	0011	3
4	0100	4
5	0101	5
6	0110	6
7	0111	7
8	1000	8
9	1001	9
10	1010	A
11	1011	B
12	1100	C
13	1101	D
14	1110	E
15	1111	F

## 1.1.2 编码

### 1. 数字与码

前面讨论的各种进制都是为了表达数字，而电路或者说系统最终选择了二进制。但是电路或系统需要处理的信息就其内容来讲远远不止是数字，因此，需要用二进制数作为“码”来代表其他信息。在这种情况下，二进制码不再有量的含义，而是不同事物的代号，因此也称为代码。在同一场合，代码与所表示的信息之间应该有一一对应关系，建立这种关系的过程叫做编码。

用  $n$  位二进制码可以组合  $2^n$  个代码，如果所需要的编码信息有  $N$  项，则需要的二进制数码应满足如下关系

$$2^n \geq N$$

依照用途与方法，编码有多种，本书介绍最常用的两种编码。

## 2. BCD 码

把十进制数的十个数码  $0 \sim 9$  用二进制数码来表示，称为 BCD (Binary Coded Decimal) 编码，即二 - 十进制编码。依据  $2^n \geq N$ ，BCD 码由 4 位二进制数码构成。由于 4 位二进制数码可以组成  $2^4 = 16$  个代码，而十进制数码只需要十个代码，因此，BCD 码的编码方案是很多的，几种常见的 BCD 码见表 1-2。

表 1-2 常见 BCD 编码表

十进制数	8421 码	5421 码	余 3 码
0	0000	0000	0011
1	0001	0001	0100
2	0010	0010	0101
3	0011	0011	0110
4	0100	0100	0111
5	0101	1000	1000
6	0110	1001	1001
7	0111	1010	1010
8	1000	1011	1011
9	1001	1100	1100

最常见的 BCD 码是 8421BCD 码。由表 1-2 不难看出，如果把每一个代码看作一个 4 位二进制数，当各位的数依次是 8、4、2、1 时，每个码的数值正好等于它表示的十进制数的代码，因此称为 8421BCD 码，简称 8421 码。显然，它是一种有权码，而表 1-2 中的余 3 码则属于无权码。

需要指出的是，BCD 码和二进制数在形式上有一定的相似性，但是它们属于完全不同的两个概念。例如，十进制数 135 转换为等值二进制数时，其结果为：

$$(135)_D = (10000111)_B$$

但是用 8421BCD 码表示时，其结果为：

$$(135)_D = (000100110101)_{8421BCD}$$

## 3. ASCII 码

ASCII (American Standard Code for Information Interchange)，即美国标准信息交换码，是计算机中用得最广泛的字符集编码，由美国国家标准局制定，它已被国际标准化组织定为国际标准，称为 ISO646 标准。适用于所有拉丁文字字母，ASCII 码有 7 位码和 8 位码两种形式。

7 位二进制数可以表示 128 种状态，每种状态都唯一地编为一个 7 位二进制码，对应一个字符，这些码可以排列成一个十进制序号  $0 \sim 127$ 。所以，7 位 ASCII 码是用 7 位二进制数进行编码的，可以表示 128 个字符。

第 0 ~ 32 号及第 127 号 (共 34 个) 是控制字符或通信专用字符。例如, 控制符: LF (换行)、CR (回车)、FF (换页)、DEL (删除)、BEL (振铃) 等; 通信专用字符: SOH (文头)、EOT (文尾)、ACK (确认) 等。

第 33 ~ 126 号 (共 94 个) 是字符, 其中第 48 ~ 57 号 (30H ~ 39H) 为 0 ~ 9 十个阿拉伯数字; 第 65 ~ 90 号为 26 个大写英文字母, 第 97 ~ 122 号为 26 个小写英文字母, 其余为一些标点符号、运算符号等。

在数字存储单元中, 一个 ASCII 码值占一个字节 (8 个二进制位), 其最高位 (b7) 通常用作奇偶校验位。所谓奇偶校验, 是指在代码传送过程中用来检验是否出现错误的一种简单方法, 分奇校验和偶校验两种。奇校验规定: 正确的代码一个字节中 1 的个数必须是奇数, 若非奇数, 则在最高位 b7 添 1; 偶校验规定: 正确的代码一个字节中 1 的个数必须是偶数, 若非偶数, 则在最高位 b7 添 1。

第 128 ~ 255 号为扩展字符 (不常用)。

## 1.2 逻辑代数

如本章开头所述, 数字电路是通过一系列逻辑运算来实现各种功能的。除数值计算外, 逻辑运算本身也是必备的功能。就整体而言, 数字电路输出信号与输入信号之间的关系是一种逻辑关系, 输出信号是输入信号的逻辑函数, 所以数字电路又称为逻辑电路。

逻辑代数是研究逻辑电路的数学工具, 是分析和设计逻辑电路的理论基础。

### 1.2.1 基本逻辑运算

所谓逻辑, 是指事物的原因与结果之间所遵循的规律。最基本的逻辑关系是与、或、非。任何复杂的逻辑关系都是由基本逻辑关系构成的。

#### 1. 逻辑与

两个开关  $A$  和  $B$  串联起来控制一个指示灯  $F$  的电路如图 1-1 (a) 所示。只有当两个开关同时闭合时, 指示灯才亮; 只要有一个开关断开, 指示灯就不亮。如果把开关闭合作为条件, 而把灯亮作为结果, 那么图 1-1 (a) 所表明的就是与逻辑关系: 只有决定事物的所有条件都具备时, 结果才发生, 这种逻辑关系称做逻辑与。其逻辑表达式为逻辑乘:

$$F = A \cdot B$$

或

$$F = AB$$

逻辑与的运算规则为:

$$0 \cdot 0 = 0$$

$$0 \cdot 1 = 0$$

$$1 \cdot 0 = 0$$

$$1 \cdot 1 = 1$$

逻辑与还可以推广到多变量的情况:

$$F = A \cdot B \cdot C \cdots$$



## 2. 逻辑或

由两个开关  $A$  和  $B$  并联控制指示灯  $F$  的电路如图 1-2 所示。只要有一个开关闭合，指示灯就会亮；只有所有的开关都断开时，指示灯才不会亮。该电路表明了或逻辑关系：在决定事物结果的各个条件中，只要其中任何一个条件成立，结果就会发生，这种逻辑关系叫做逻辑或，其逻辑表达式为逻辑加：

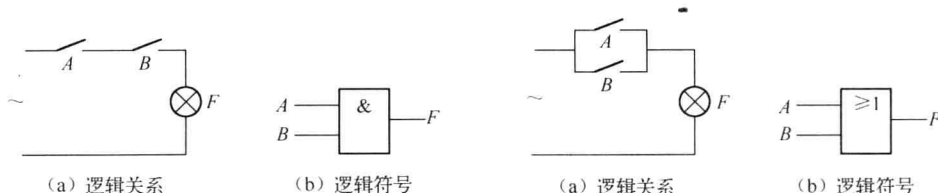


图 1-1 与逻辑关系

图 1-2 或逻辑关系

$$F = A + B$$

逻辑或的运算规则为：

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 1$$

同样，或逻辑运算也可以推广到多变量情况：

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

## 3. 逻辑非

在图 1-3 所示电路中，由一个开关  $A$  控制指示灯  $F$ 。当开关闭合时，指示灯不亮；当开关断开时，指示灯亮。该电路表明的逻辑关系是：当决定事物结果的某一条件成立时，结果不发生，而该条件不成立时，结果一定发生，这种逻辑关系叫做逻辑非。其逻辑表达式为：

$$F = \bar{A}$$

逻辑非的运算规则为：

$$\bar{0} = 1$$

$$\bar{1} = 0$$

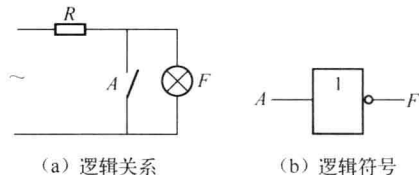


图 1-3 非逻辑关系

在以上讨论的基本逻辑关系中，作为条件的开关，只有闭合和断开两种状态，同样作为结果的指示灯，也只有亮和不亮两种状态。一般的，如果一个事物具有两种对立的稳定状态，并在任一时刻必定处于其中一种状态，则可称其为一个逻辑变量。为便于表达和运算，逻辑变量的两种状态分别用 1 和 0 来表示，即逻辑变量只有 1 和 0 两个取值。显然，这里的 1 和 0 并不表示大小，而只是逻辑符号，表示两种相互对立的状态。

除与、或和非这些基本的逻辑关系外，实际使用中还有更为复杂的逻辑关系。几种常见的逻辑关系及其逻辑符号和含义见表 1-3。