



面向

21世纪

高级应用型人才

中国高等职业技术教育研究会推荐  
高职高专系列教材

# 电子技术基础——数字电子技术

郝波 秦宏 李川 主编  
郝波 秦宏 李川 编著

西安电子科技大学出版社  
<http://www.xduph.com>

□ 中国高等职业技术教育研究会推荐

---

高职高专系列教材

# 电子技术基础

## ——数字电子技术

郝波 主编

郝波 秦宏 李川 编著

西安电子科技大学出版社

2004

## 内 容 简 介

本书根据高职高专电子技术基础课程教学基本要求编写。全书充分考虑到高等职业教育的特点与要求,将电子技术基础课程在结构与内容上都做了实用性处理,使其更通俗易懂、好学实用。

本书为《〈电子技术基础〉——数字电子技术》分册,共8章,内容包括数字电路基础、逻辑门电路、组合逻辑电路、集成触发器、时序逻辑电路、半导体存储器与可编程逻辑器件、数模和模数转换器、脉冲信号的产生与整形。书中每节后都配有小结、习题,并在第2~8章章末配有技能实训,其目的是使学生更好地掌握本课程的基本理论及实际应用技能。

本书编写时力求精选内容,深入浅出,图文并茂,便于阅读。本书可与《电子技术基础——模拟电子技术》配套使用,也可单独使用。

本书可作为各类高职高专电子、电气、自动化、机电类专业教材或教学参考书,也可供相关工程技术人员参考。

★ 本书配有电子教案,需要的教师可与出版社联系,免费索取。

### 图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础:数字电子技术/郝波主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2004.7  
(高职高专系列教材)

ISBN 7-5606-1401-9

I. 电… II. 郝… III. 数字电路-电子技术-高等学校:技术学校-教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 046265 号

策 划 马武装

责任编辑 杨 璠 马武装

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

http://www.xduph.com E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西光大印务有限责任公司

版 次 2004年7月第1版 2004年7月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 12.5

字 数 289千字

印 数 1~4000册

定 价 14.00元

ISBN 7-5606-1401-9/TN·0270(课)

**XDUP 1672001-1**

\*\*\* 如有印装问题可调换 \*\*\*

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

# 序

1999 年以来,随着高等教育大众化步伐的加快,高等职业教育呈现出快速发展的形势。党和国家高度重视高等职业教育的改革和发展,出台了一系列相关的法律、法规、文件等,规范、推动了高等职业教育健康有序的发展。同时,社会对高等职业技术教育的认识在不断加强,高等技术应用型人才及其培养的重要性也正在被越来越多的人所认同。目前,高等职业技术教育在学校数、招生数和毕业生数等方面均占据了高等教育的半壁江山,成为高等教育的重要组成部分,在我国社会主义现代化建设事业中发挥着极其重要的作用。

在高等职业教育大发展的同时,也有着许多亟待解决的问题。其中最主要的是按照高等职业教育培养目标的要求,培养一批具有“双师素质”的中青年骨干教师;编写出一批有特色的基础课和专业主干课教材;创建一批教学工作优秀学校、特色专业和实训基地。

为解决当前信息及机电类精品高职教材不足的问题,西安电子科技大学出版社与中国高等职业技术教育研究会分两轮联合策划、组织编写了“计算机、通信电子及机电类专业”系列高职高专教材共 100 余种。这些教材的选题是在全国范围内近 30 所高职高专院校中,对教学计划和课程设置进行充分调研的基础上策划产生的。教材的编写采取公开招标的形式,以吸收尽可能多的优秀作者参与投标和编写。在此基础上,召开系列教材专家编委会,评审教材编写大纲,并对中标大纲提出修改、完善意见,确定主编、主审人选。该系列教材着力把握高职高专“重在技术能力培养”的原则,结合目标定位,注重在新颖性、实用性、可读性三个方面能有所突破,体现高职教材的特点。第一轮教材共 36 种,已于 2001 年全部出齐,从使用情况看,比较适合高等职业院校的需要,普遍受到各学校的欢迎,一再重印,其中《互联网实用技术与网页制作》在短短两年多的时间里先后重印 6 次,并获教育部 2002 年普通高校优秀教材二等奖。第二轮教材预计在 2004 年全部出齐。

教材建设是高等职业院校基本建设的主要工作之一,是教学内容改革的重要基础。为此,有关高职院校都十分重视教材建设,组织教师积极参加教材编写,为高职教材从无到有,从有到优、到特而辛勤工作。但高职教材的建设起步时间不长,还需要做艰苦的工作,我们殷切地希望广大从事高等职业教育的教师,在教书育人的同时,组织起来,共同努力,编写出一批高职教材的精品,为推出一批有特色的、高质量的高职教材作出积极的贡献。

中国高等职业技术教育研究会会长

李宗尧

# 机电类专业系列高职高专教材

## 编审专家委员会名单

**主任：**刘跃南（深圳职业技术学院教务长，教授）

**副主任：**方新（北京联合大学机电学院副院长，副教授）

李荣才（西安电子科技大学出版社总编辑，教授）

**成 员：**（按姓氏笔画排列）

刘守义（深圳职业技术学院工业中心主任，副教授）

李七一（南京工业职业技术学院机械工程系主任，副教授）

李望云（武汉职业技术学院机械系主任，副教授）

宋文学（西安航空技术高等专科学校机械系副主任，副教授）

邱士安（成都电子机械高等专科学校机电工程系副主任，副教授）

胡德淦（郑州工业高等专科学校机械工程系副教授）

高鸿庭（上海电机技术高等专科学校机械系副教授）

郭再泉（无锡职业技术学院自控与电子工程系副主任，副教授）

蒋敦斌（天津职业大学机电工程系主任，教授）

董建国（湖南工业职业技术学院机械工程系主任，副教授）

翟 轰（陕西工业职业技术学院院长，教授）

**项目总策划：**梁家新

**项目策划：**马乐惠 云立实 马武装 马晓娟

**电子教案：**马武装

# 前 言

为了适应新世纪高职高专教育的需要,根据中国高等职业技术教育研究会,电类专业系列高职高专教材编审专家委员会的要求,我们编写了这套《电子技术基础》高职高专教材。

电子技术基础课程是传统的电类基础课,主要内容有电子技术的基本原理、基本器件、基本电路及基本分析方法等电子技术基础问题。随着现代电子技术的飞速发展,新器件、新技术不断更新,给电子技术基础课程带来了新的内涵。而高职高专教育是以应用为本,注重培养学生的综合素质能力,这样对本门课程提出了更新的要求。如何既保证掌握基本理论,又注重培养实际能力;既反映现代电子技术的新技术、新成果,又保证传统知识的系统性。本套教材在结构及内容安排上都作了积极的尝试。

本套教材根据模拟电子技术和数字电子技术的内容分为二册。模拟电子技术部分主要内容有基本半导体器件、集成半导体器件和由它们构成的电压放大电路、功率放大电路、反馈放大电路、信号产生电路和电源电路。数字电子技术部分主要内容有数字电路基础、集成逻辑门和触发器、组合逻辑和时序逻辑电路、半导体存储器与可编程逻辑器件、数模和模数转换器、脉冲信号的产生与整形。在内容的安排上,本套教材以各种分立及集成电子器件为基础,以模拟及数字基本电路、基本分析方法为重点,以集成电路的应用为目的,没有安排一些繁琐的理论推导及集成电路内部的一些复杂原理电路分析等内容,而是更加注重集成电路的实用性。书中对所讨论的集成电路,都从其实际使用的角度,给出了外特性、外引线图及使用方法。

在结构上,本套教材各章配有小结及习题,除个别章节外,还安排有技能实训内容,主要目的是配合理论学习,进行实际操作和综合能力方面的训练。具体使用方法是:在学习完一章的相关内容后,教师指导学生根据章后技能实训要求完成其实训内容,有条件的最好根据所给器件及电路进行实训实测。这样,配合试验、课程设计和实习等教学环节可更好地培养学生掌握本门课程的实际应用能力。另外,本书每个小节后都给出了一定的思考题,以帮助学生掌握其学习重点。

本套书为高职高专电类专业电子技术基础课程教材,也可供其他专业及相关工程技术人员参考。

本书为《数字电子技术》分册,共分8章。

本书由郝波主编。第1~6章及第8章由郝波编写并由其统稿全书;第7章由秦宏编写。西安电子科技大学出版社及其马武装、杨璠编辑对本书的出版给予了大力支持和帮助,在此一并表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,书中难免出现不妥和错误之处,敬请读者批评指正。

编 者  
2004年3月

# 目 录

<b>第 1 章 数字电路基础</b> .....	1	2.4.4 CMOS 电路特性及使用常识	39
1.1 数字系统中的计数体制与编码 .....	1	本章小结 .....	40
1.1.1 计数体制 .....	1	习题 .....	40
1.1.2 不同进制间的转换 .....	2	技能实训 .....	43
1.1.3 二进制码 .....	5	<b>第 3 章 组合逻辑电路</b> .....	45
1.2 逻辑函数 .....	7	3.1 组合逻辑电路及特点 .....	45
1.2.1 逻辑变量与逻辑函数 .....	7	3.2 组合逻辑电路的分析 .....	45
1.2.2 基本逻辑关系 .....	7	3.2.1 组合逻辑电路的分析方法 .....	45
1.2.3 逻辑代数基本定律 .....	9	3.2.2 分析举例 .....	47
1.2.4 逻辑代数基本规则 .....	10	3.3 组合逻辑电路的设计 .....	48
1.2.5 逻辑函数的代数变换与化简 .....	11	3.3.1 组合逻辑电路的设计方法 .....	48
1.3 逻辑函数的卡诺图化简法 .....	13	3.3.2 设计举例 .....	49
1.3.1 逻辑函数最小项表达式 .....	13	3.4 加法器与数值比较器 .....	51
1.3.2 逻辑函数的卡诺图表示法 .....	14	3.4.1 二进制加法器 .....	51
1.3.3 用卡诺图化简逻辑函数 .....	16	3.4.2 数值比较器 .....	53
1.3.4 具有无关项的逻辑函数的化简 .....	18	3.5 编码器 .....	54
本章小结 .....	20	3.5.1 二进制编码器 .....	54
习题 .....	20	3.5.2 二—十进制编码器 .....	58
<b>第 2 章 逻辑门电路</b> .....	23	3.6 译码器与数码显示器 .....	59
2.1 逻辑约定与逻辑电平 .....	23	3.6.1 通用译码器 .....	59
2.2 基本逻辑门电路 .....	23	3.6.2 显示译码器 .....	64
2.2.1 二极管门电路 .....	24	3.7 数据选择器与数据分配器 .....	67
2.2.2 三极管非门电路 .....	25	3.7.1 数据选择器 .....	68
2.2.3 组合逻辑门 .....	26	3.7.2 数据分配器 .....	71
2.3 TTL 集成逻辑门电路 .....	28	3.8 组合逻辑电路中的竞争与冒险 .....	72
2.3.1 TTL 与非门 .....	28	3.8.1 竞争与冒险的概念 .....	72
2.3.2 TTL 门电路的特性与参数 .....	29	3.8.2 竞争与冒险的判断与消除 .....	73
2.3.3 集电极开路门和三态门 .....	32	本章小结 .....	74
2.3.4 TTL 电路使用常识 .....	34	习题 .....	74
2.4 CMOS 集成逻辑门电路 .....	37	技能实训 .....	77
2.4.1 CMOS 反相器 .....	37	<b>第 4 章 集成触发器</b> .....	79
2.4.2 CMOS 与非门和或非门 .....	38	4.1 基本触发器 .....	79
2.4.3 CMOS 传输门和模拟开关 .....	38		

4.1.1 触发器及分类 .....	79	6.3.2 通用阵列逻辑 GAL .....	129
4.1.2 基本 RS 触发器 .....	79	* 6.3.3 复杂可编程逻辑器件 CPLD .....	132
4.2 同步触发器 .....	81	* 6.3.4 现场可编程门阵列 FPGA .....	135
4.2.1 同步 RS 触发器 .....	81	本章小结 .....	137
4.2.2 同步 D 触发器 .....	83	习题 .....	138
4.2.3 同步 JK 触发器 .....	83	技能实训 .....	138
4.2.4 T 触发器和 T' 触发器 .....	84		
4.3 集成触发器 .....	85	<b>第 7 章 数模和模数转换器</b> .....	140
4.3.1 维持阻塞 D 触发器 .....	85	7.1 D/A 转换器 .....	140
4.3.2 负边沿 JK 触发器 .....	87	7.1.1 D/A 转换器的基本概念 .....	140
4.3.3 集成触发器使用的特殊问题 .....	88	7.1.2 倒 T 形电阻网络 D/A 转换器的 原理 .....	141
本章小结 .....	89	7.1.3 集成 D/A 转换器及其应用 .....	142
习题 .....	89	7.2 A/D 转换器 .....	144
技能实训 .....	92	7.2.1 A/D 转换器的基本概念 .....	144
<b>第 5 章 时序逻辑电路</b> .....	94	7.2.2 典型的 A/D 转换器原理 .....	147
5.1 时序逻辑电路概述 .....	94	7.2.3 集成 A/D 转换器及其应用 .....	149
5.2 时序逻辑电路的分析 .....	94	本章小结 .....	151
5.2.1 简单时序逻辑电路及分析 .....	95	习题 .....	151
5.2.2 时序逻辑电路的分析方法 .....	96	技能实训 .....	152
5.3 计数器 .....	100	<b>第 8 章 脉冲信号的产生与整形</b> .....	154
5.3.1 计数器的原理及分类 .....	100	8.1 多谐振荡器 .....	154
5.3.2 集成计数器 .....	103	8.1.1 由 CMOS 非门构成的 多谐振荡器 .....	154
5.4 寄存器 .....	109	8.1.2 石英晶体多谐振荡器 .....	155
5.4.1 数码寄存器 .....	109	8.2 单稳态触发器 .....	156
5.4.2 移位寄存器 .....	110	8.2.1 微分型单稳态触发器 .....	156
本章小结 .....	113	8.2.2 集成单稳态触发器 .....	158
习题 .....	114	8.2.3 单稳态触发器的应用 .....	160
技能实训 .....	116	8.3 施密特触发器 .....	161
<b>第 6 章 半导体存储器与可编程 逻辑器件</b> .....	118	8.3.1 施密特触发器的功能 .....	161
6.1 随机存储器 RAM .....	118	8.3.2 由 CMOS 门构成的 施密特触发器 .....	161
6.1.1 RAM 的基本结构 .....	118	8.3.3 集成施密特触发器 .....	163
6.1.2 RAM 的存储单元 .....	119	8.3.4 施密特触发器的应用 .....	164
6.1.3 集成 RAM 简介 .....	121	8.4 555 定时器及其应用 .....	166
6.2 只读存储器 ROM .....	123	8.4.1 555 定时器的电路结构及功能 .....	166
6.2.1 固定 ROM .....	123	8.4.2 用 555 定时器组成多谐振荡器 .....	167
6.2.2 可编程 ROM .....	123	8.4.3 用 555 定时器组成 单稳态触发器 .....	168
6.2.3 集成 EPROM .....	125	8.4.4 用 555 定时器组成 施密特触发器 .....	169
6.3 可编程逻辑器件 PLD .....	126		
6.3.1 PLD 简介 .....	126		



本章小结 .....	170	B. 2.1 约定 .....	185
习题 .....	171	B. 2.2 关联的类型及用途 .....	186
技能实训 .....	174	B. 3 逻辑状态、逻辑电平与逻辑约定 .....	187
<b>附录 A 国内外集成电路型号</b>		B. 3.1 内、外部逻辑状态与逻辑电平 .....	187
命名方法 .....	176	B. 3.2 逻辑约定 .....	187
<b>附录 B 二进制逻辑单元图形</b>		<b>附录 C 美国标准信息交换</b>	
符号简介 .....	179	码(ASCII) .....	188
B. 1 二进制逻辑单元图形符号的组成 .....	179	<b>附录 D 国内外常用二进制逻辑元件图形</b>	
B. 1.1 方框 .....	179	符号对照表 .....	189
B. 1.1 限定符号 .....	180	<b>参考文献</b> .....	190
B. 2 关联标记 .....	185		

# 第 1 章 数字电路基础

我们将在时间和幅度上均不连续的离散信号称为数字信号，而以数字信号为研究对象的电子电路则称为数字电路。与模拟电路相比，数字电路在研究的信号、半导体器件的工作状态、研究的方法及电路的工作原理上均有不同。数字电路更适合于集成化，从小规模到中规模、大规模，直至超大规模集成电路。数字集成电路发展迅速，应用广泛。

本章讨论的内容是数字电路的基础问题，包括计数体制、逻辑代数、逻辑函数及化简等，为后续内容打基础。

## 1.1 数字系统中的计数体制与编码

### 1.1.1 计数体制

用数码表示数量的多少称为计数，而用何种方法来计数则是计数体制问题。我们在日常生活及生产中广泛使用的计数体制是十进制。而在数字系统中讨论的是用电路实现逻辑关系的问题，采用的是二进制计数体制。二进制数太长时会使计数不方便，故经常采用八进制和十六进制进行辅助计数。

#### 1. 十进制

我们都知道，一个数的大小由两个因素决定，一个是这个数位数的多少，另一个是每位数码的大小。我们熟悉的十进制数每位的数码是 0~9，超过 9 的数就要用多位表示，即“逢十进一”，每位的基数为 10(相邻 2 位数值相差十倍基数)。

任意一个十进制数可表示为

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

式中， $K_i$  为第  $i$  位的数码； $i$  为数码的位数。其中  $K_i$  可以是(0~9)十个数码之一， $i$  可为  $-\infty \sim +\infty$  之间的任意整数， $10^i$  则为第  $i$  位的“权”数。例如：

$$(2347.35)_{10} = 2 \times 10^3 + 3 \times 10^2 + 4 \times 10^1 + 7 \times 10^0 + 3 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2}$$

#### 2. 二进制

二进制数只有两个数码 0 和 1，每位的基数为 2，即相邻两位数值相差 2 倍基数，计数规律是“逢二进一”。如一个二进制数 101101 可表示为

$$\begin{aligned} (101101)_2 &= 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 \\ &= 32 + 8 + 4 + 1 \\ &= (45)_{10} \end{aligned}$$

任意二进制数可表示为

$$(N)_2 = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} K_i 2^i \quad (1-2)$$

其中,  $i$  同样为  $-\infty \sim +\infty$  之间的任意整数;  $K_i$  为第  $i$  位的数码, 可是 0 或 1;  $2^i$  为第  $i$  位的“权”数。如一个带小数的二进制数 101.101 可按式(1-2) 展开表示为

$$\begin{aligned} (101.101)_2 &= 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} \\ &= 4 + 1 + 0.5 + 0.125 = (5.625)_{10} \end{aligned}$$

此表达式也称为按权展开式。

### 3. 八进制

八进制有 0~7 八个数码, 每位的基数为 8, 计数规律是“逢八进一”。其表达式为

$$(N)_8 = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} K_i 8^i \quad (1-3)$$

其中,  $K_i$  可取 0~7 八个数码之一,  $8^i$  为第  $i$  位的“权”数。例如一个八进制数 132.4 可按式(1-3) 展开表示为

$$\begin{aligned} (132.4)_8 &= 1 \times 8^2 + 3 \times 8^1 + 2 \times 8^0 + 4 \times 8^{-1} \\ &= (90.5)_{10} \end{aligned}$$

### 4. 十六进制

十六进制数使用 0~9、A、B、C、D、E、F 等 16 个数码, 其中 A 代表 10、B 代表 11、C 代表 12、D 代表 13、E 代表 14、F 代表 15, 每位的基数为 16。其表达式为

$$(N)_{16} = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} K_i 16^i \quad (1-4)$$

其中,  $K_i$  可取 0~F 这 16 个数中的任意一个数码,  $16^i$  则为第  $i$  位的“权”数。例如一个十六进制数 A3F.C 可按式(1-4) 展开表示为

$$\begin{aligned} (A3F.C)_{16} &= A \times 16^2 + 3 \times 16^1 + F \times 16^0 + C \times 16^{-1} \\ &= 2560 + 48 + 15 + 0.75 = (2623.75)_{10} \end{aligned}$$

## 1.1.2 不同进制间的转换

十进制是我们日常生活中惯用的计数体制, 二进制是数字电路中使用的计数体制, 而八进制和十六进制则是在数字电路中辅助二进制计数所用的计数体制。在今后的应用中, 需要经常将各种进制进行转换。

### 1. 二进制转换成十进制

将二进制转换成十进制的方法为按式(1-2)按权展开, 二进制的权为  $2^i$ 。为便于熟练转换, 表 1-1 给出了 9 位二进制的权值。

表 1-1 9 位二进制的权值

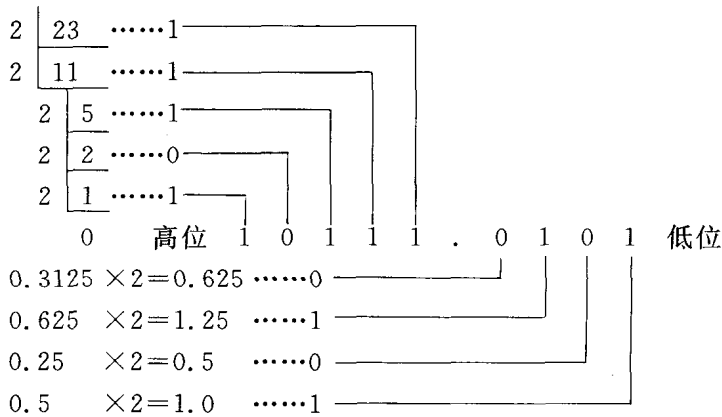
2 的加权	$2^8$	$2^7$	$2^6$	$2^5$	$2^4$	$2^3$	$2^2$	$2^1$	$2^0$
权 值	256	128	64	32	16	8	4	2	1

例 1-1 将二进制数  $(101101011)_2$  转换成十进制数。



**例 1-5** 将十进制数 $(23.3125)_{10}$ 转换成二进制数。

解



得  $(23.3125)_{10} = (10111.0101)_2$ 。

### 3. 二进制与八进制、十六进制的转换

由于八进制的基数为 8，而  $8=2^3$ ，因此，1 位八进制数刚好换成 3 位二进制数。同样，十六进制的基数为 16，而  $16=2^4$ ，因此，1 位十六进制数刚好换成 4 位二进制数。

二进制转换成八进制，可将二进制数以小数点为基点，分别向左和向右“每 3 位为一组，不够添 0”，直接将二进制转换成八进制。

二进制转换成十六进制，可将二进制数以小数点为基点，分别向左和向右“每 4 位为一组，不够添 0”，直接将二进制转换成十六进制。

**例 1-6** 将二进制数 $(11101.01)_2$ 转换成八进制数。

解  $\begin{array}{ccc} \underline{011} & \underline{101} & \underline{010} \\ 3 & 5 & . 2 \end{array}$

得  $(11101.01)_2 = (35.2)_8$ 。

**例 1-7** 将二进制数 $(1011010101.01)_2$ 转换成十六进制数。

解  $\begin{array}{cccc} \underline{0010} & \underline{1101} & \underline{0101} & \underline{0100} \\ 2 & D & 5 & . 4 \end{array}$

得  $(1011010101.01)_2 = (2D5.4)_{16}$ 。

八进制、十六进制转换成二进制的过程与上述过程相反，如十六进制转换成二进制采用“一分为四，不够添 0”的方法。

**例 1-8** 将十六进制数 $(7A3F.2C)_{16}$ 转换成二进制数。

解  $\begin{array}{cccccc} 7 & A & 3 & F & . & 2 & C \\ \underline{0111} & \underline{1010} & \underline{0011} & \underline{1111} & . & \underline{0010} & \underline{1100} \end{array}$

得  $(7A3F.2C)_{16} = (0111101000111111.00101100)_2$ 。

由以上讨论可看出，二进制数位多时不便于书写和记忆，如采用八进制或十六进制，则位数要少得多，如 32 位二进制数只需 8 位十六进制数即可表示。表 1-2 给出了几种不同进制的对应关系。

表 1-2 几种不同进制对照表

十进制	二进制	八进制	十六进制	十进制	二进制	八进制	十六进制
0	0000	0	0	8	1000	10	8
1	0001	1	1	9	1001	11	9
2	0010	2	2	10	1010	12	A
3	0011	3	3	11	1011	13	B
4	0100	4	4	12	1100	14	C
5	0101	5	5	13	1101	15	D
6	0110	6	6	14	1110	16	E
7	0111	7	7	15	1111	17	F

### 1.1.3 二进制码

由于数字系统只能处理包含 0、1 的二进制数码，因此二进制数码除了表示数值的大小外，还常用于表达一些特定的信息。如用 0 表示低电平，1 表示高电平。这些表示特定信息的二进制数码称为二进制码。二进制码很多，本节介绍几种常见的二进制码。

#### 1. 二—十进制码(BCD 码)

用 4 位二进制数码来表示 1 位十进制数的编码方式称为二—十进制码，亦称 BCD (Binary Coded Decimal) 码。BCD 码分为有权码和无权码。有权码是指二进制数码的每一位都有固定的权值，所代表的十进制数为每位二进制数加权之和；而无权码无需加权。无论是有权码还是无权码，4 位二进制数码共有 16 种组合，而十进制数码仅有 0~9 这 10 个数，因此，BCD 码是利用 4 位二进制数码编出的 1 个十进制代码，表 1-3 列出了常用的二—十进制编码。

##### 1) 8421 码

8421 码是使用最多的有权 BCD 码，因为它的 4 位二进制数对应的权为 8、4、2、1，所以称为 8421 BCD 码。它取自然二进制数的前 10 个数码来对应十进制的 0~9，即 0000(0)~1001(9)。如果要求 8421 BCD 码，只需将每位二进制数加权求和即可。如

$$(0101)_{8421\text{BCD}} = 0 \times 8 + 1 \times 4 + 0 \times 2 + 1 \times 1 = 5$$

##### 2) 2421 码和 5421 码

2421 码和 5421 码也是有权码，其名称即为二进制的权。其中 2421 码的编码顺序有两种：2421(A) 和 2421(B) 码。2421(B) 码具有互补性，即 0 和 9、1 和 8、2 和 7、3 和 6、4 和 5 互为反码。

##### 3) 余 3 码

余 3 码是一种无权码，它是由 8421 码加 0011 得来的。即用 0011~1100 来表示十进制 0~9 这 10 个数。它比对应的 8421 码都多 3，所以称为余 3 码。这种代码也具有互补性，很适用于加法运算。

##### 4) 余 3 循环码和格雷码

余 3 循环码和格雷码这两种码也是无权码，又称循环码。它们的特点是两组相邻数码之间只有一位代码取值不同。利用这个特性，可避免计数过程中出现瞬态模糊状态，常用于高分辨率设备中。

表 1-3 常用二一十进制编码表

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

## 2. ASCII 码

ASCII 码全名为美国信息交换标准码，是一种现代字母数字编码。ASCII 码采用 7 位二进制数码来对字母、数字及标点符号进行编码，用于与微型计算机之间读取和输入信息。表 1-4 给出了 ASCII 码中对 26 个大写英文字母的编码表。完整的 ASCII 码表可参看附录 C。

表 1-4 英文字母的 ASCII 编码表

字 母	ASCII 码	字 母	ASCII 码
A	1000001	N	1001110
B	1000010	O	1001111
C	1000011	P	1010000
D	1000100	Q	1010001
E	1000101	R	1010010
F	1000110	S	1010011
G	1000111	T	1010100
H	1001000	U	1010101
I	1001001	V	1010110
J	1001010	W	1010111
K	1001011	X	1011000
L	1001100	Y	1011001
M	1001101	Z	1011010

## 思考题

1. 数字电路中为什么采用二进制？
2. 什么是二进制编码？为什么采用二进制编码？

## 1.2 逻辑函数

### 1.2.1 逻辑变量与逻辑函数

一件事物的因果关系一定具有某种内在的逻辑规律，即存在着逻辑关系。事物的原因即为这种逻辑关系的自变量，称为逻辑变量。而由原因所引起的结果则是这种逻辑关系的因变量，称为逻辑函数。

19世纪英国数学家乔治·布尔首先提出了用代数的方法来研究、证明、推理逻辑问题，自此产生了逻辑代数。和普通代数一样，逻辑代数也用A、B等字母表示变量及函数，所不同的是，在普通代数中，变量的取值可以是任意实数，而在逻辑代数中，每一个变量只有0、1两种取值，因而逻辑函数也只能有0和1两种取值。在逻辑代数中，0和1不再具有数量的概念，仅是代表两种对立逻辑状态的符号。

任何事物的因果关系均可用逻辑代数中的逻辑关系表示，这些逻辑关系也称逻辑运算。

### 1.2.2 基本逻辑关系

基本的逻辑关系有3种，即与逻辑、或逻辑、非逻辑；与之相对，在逻辑代数中，基本的逻辑运算也有3种：与运算、或运算、非运算。

#### 1. 与逻辑

与逻辑的逻辑关系为所有原因均满足条件时结果成立。在逻辑代数中，与逻辑又称逻辑乘。如图1-1所示用2个串联开关控制一盏灯电路，很显然，若要灯亮，则2个开关必须全都闭合。如有一个开关断开，灯就不亮。如用A和B分别代表2个开关，并假定闭合时记为1，断开时记为0，F代表灯，亮为1，灭为0，则这一逻辑关系可用表1-5表示。此表是将A、B两个变量的所有变化组合的值及对应的F值依次列出，称为真值表。由表1-5可见，与逻辑可表述为：输入全1，输出为1；输入有0，输出为0。与逻辑的函数表达式为

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

其中，“·”为逻辑乘符号，也可省略。

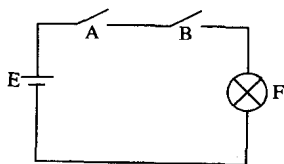


图 1-1 与电路图

表 1-5 与真值表

A	B	F
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



逻辑乘的运算规则是

$$\begin{aligned} 0 \cdot 0 &= 0 \\ 0 \cdot 1 &= 0 \\ 1 \cdot 0 &= 0 \\ 1 \cdot 1 &= 1 \end{aligned}$$

### 2. 或逻辑

或逻辑的逻辑关系为当所有原因中的一个原因满足条件时结果就成立。在逻辑代数中，或逻辑又称逻辑加。图 1-2 所示的是用 2 个并联开关控制一盏灯电路，为或逻辑电路。可看出，2 个开关中只要有一个闭合，灯就亮；如果想要灯灭，则 2 个开关必须全断开。或逻辑关系的真值表见表 1-6，由表可得，或逻辑为：输入有 1，输出为 1；输入全 0，输出为 0。或逻辑的函数表达式为

$$F = A + B \quad (1-6)$$

其中，“+”为逻辑加符号。

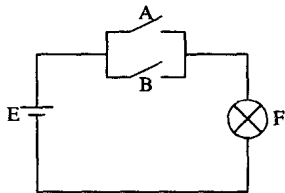


图 1-2 或电路图

表 1-6 与真值表

A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

逻辑加的运算规则是

$$\begin{aligned} 0 + 0 &= 0 \\ 0 + 1 &= 1 \\ 1 + 0 &= 1 \\ 1 + 1 &= 1 \end{aligned}$$

### 3. 非逻辑

非逻辑的逻辑关系是结果总是与原因相反，即只要某一原因满足条件，则结果就不成立。例如图 1-3 所示的控制灯电路，图中开关与灯的状态是相反的，开关闭合，灯就灭，如果想要灯亮，则开关需断开。非逻辑真值表见表 1-7，由表可得，非逻辑为：输入为 0，输出为 1；输入为 1，输出为 0。非逻辑的代数表达式为

$$F = \bar{A} \quad (1-7)$$

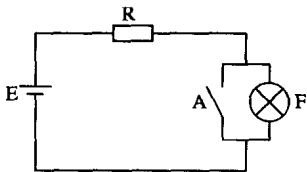


图 1-3 非电路

表 1-7 非真值表

A	F
0	1
1	0