



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
职业教育电力技术类专业教学用书

数字电子技术基础

(第二版)

张 钢 主 编
李云松 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
职业教育电力技术类专业教学用书

数字电子技术基础

(第二版)

主 编 张 钢
副主编 李云松
编 写 赵 峥 郭雷岗
主 审 郝 波 尹常永



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为教育部职业教育与成人教育司推荐教材。

本书共分九章，主要内容包括数字逻辑基础、集成逻辑门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、脉冲波形的产生与变换、数模与模数转换器、半导体存储器与可编程逻辑器件、数字电路综合应用与仿真等。本书遵循教学规律，力求由浅入深，由易到难，由简到繁，循序渐进，便于教学。

本书主要作为高职高专及中职中专“数字电子技术”课程教材，也可作为成人教育教材，同时可供从事电子技术工作的工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

数字电子技术基础/张钢主编. —2 版. —北京: 中国电力出版社, 2011. 7

教育部职业教育与成人教育司推荐教材

ISBN 978-7-5123-1920-2

I. ①数… II. ①张… 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 (2011) 第 141782 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 http: //www. cepp. sgcc. com. cn)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2005 年 8 月第一版

2011 年 8 月第二版 2011 年 8 月北京第四次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 21.25 印张 390 千字

定价 27.50 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

前言

《数字电子技术基础（第二版）》是在第一版的使用基础上，根据电子技术的发展状况，并广泛吸纳多所院校师生的意见，总结提高、修改增删而成的。本教材力求有较宽的覆盖面以容纳较大的信息量，力求合理的理论深度，并淡化原理的分析，强化功能的应用。

《数字电子技术基础（第二版）》除继续保持第一版的特点外，在修订时，本着“必需”和“够用”的原则，制定了“保证基础、精选内容、浅显易懂、突出应用、体现先进、优化体系、联系实际、利于教学、引导创新”的修订方针。在内容上，精选了传统数字技术中经典及有应用价值的内容，引入了现代新型逻辑器件、新技术及新的分析与设计方法，在介绍数制、码制、逻辑代数、卡诺图、真值表、逻辑符号和逻辑函数式表示方法和分析方法的基础上，以集成电路为主线，介绍各种常用的组合和时序逻辑电路的逻辑功能、使用方法，并适当介绍一些常用 DAC、ADC 和可编程逻辑器件的基本知识。各章中增加了各种典型的设计和实例，使理论与实践应用相结合，拓宽读者应用思路，培养创新思维。考虑到计算机的普及，最后一章介绍了 Multisim 仿真软件，使读者了解数字电路的仿真方法。本书原则上侧重理论学习，实践内容通常由学校配合教材安排，这一模式依然比较适合当前的国情，毕竟国内院校普遍没有理实一体化的硬件教学条件。我们也看到国外一些优秀教材的优点，就是图文并茂，容易看懂。这些特点都值得我们借鉴。本书改版主要工作如下：

（1）调整、修改了部分内容。表述方面，充分利用图、表等形象化的语言，使问题的叙述更为简练、直观、清晰。

（2）删去了第三章第八节的内容。

（3）重点拓展了第三、五章的内容，加强了应用实例的篇章，各章节前后呼应，自成一体。

（4）调整加强了部分习题内容。

（5）重写了第九章的内容，增加多个数字电路综合应用的实例和升级版 Multisim 仿真软件的介绍。

本教材由张钢任主编，并修订第五至八章；李云松任副主编，并修订第一至三章；赵峥编写第九章及附录；郭雷岗修订第四章。

本教材由郝波教授和尹常永教授主审，对书稿进行了认真详尽的审阅，提出了许多很有价值的宝贵意见，在此表示深切的谢意。

本教材内容将制作成用于多媒体教学的 Powerpoint 课件及 Multisim 电路仿真源程序，并免费提供给读者。如有需要可登录 <http://jc.cepp.sgcc.com.cn> 免费下载。

由于编者水平有限，书中疏漏和不妥之处在所难免，恳请使用本书的师生和读者不吝批评指正，以便不断完善与提高。

编者

2011 年 6 月

第一版前言

本书为教育部职业教育与成人教育司推荐教材，是根据教育部审定的电力技术类专业主干课程的教学大纲编写而成的，并列入教育部《2004～2007 年职业教育教材开发编写计划》。本书经中国电力教育协会和中国电力出版社组织专家评审，又列为全国电力职业教育规划教材，作为职业教育电力技术类专业教学用书。

本书体现了职业教育的性质、任务和培养目标；符合职业教育的课程教学基本要求和有关岗位资格和技术等级要求；具有思想性、科学性、适合国情的先进性和教学适应性；符合职业教育的特点和规律，具有明显的职业教育特色；符合国家有关部门颁发的技术质量标准。本书既可以作为学历教育教学用书，也可作为职业资格和岗位技能培训教材。

电子技术的发展日新月异，而数字电子技术的知识更新速度更是高于整个科技领域发展的平均速度。通信、计算机、广播、电视、数码产品直到家用电器，几乎各个领域都在向数字化发展，这就对以数字系统应用为主要教学内容的数字电子技术课程提出了更高的要求。

根据职业技术教育以培养工程应用型技术人才为主的培养目标，本书力求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，力求突出职业教学的特色。

本教材充分考虑了职业技术教育数字电子技术课程教学的要求，在内容安排上既涵盖了课程必需的基本内容，又增加了许多能反映电子技术最新成就的相关内容。为此，对课程的内容进行了适当的调整，精简压缩了分立元件、优化了小规模集成电路与脉冲数字电路的内容，突出讲述了中规模集成电路及其应用实例，引入可编程逻辑器件与电子电路仿真软件。

本书遵循教学规律，力求由浅入深，由易到难，由简到繁，循序渐进，便于自学。突出电路课程的特点和重点。

在内容上，掌握数制、码制、逻辑代数、卡诺图、真值表、逻辑符号和逻辑函数式表示方法和分析方法的基础上，以集成电路为主线，介绍各种常用的组合和时序逻辑电路的逻辑功能、使用方法，并适当介绍一些常用 DAC、ADC 和可编程逻辑器件的基本知识。在介绍集成数字电路的各章中，列举了各种典型的应用电路，使理论与实践应用相结合，拓宽读者的应用思路，了解应用规律和方法。力图做到取材精练，组织合理，深入浅出，富有新意。考虑到计算机的日益普及，本书最后一章介绍了电子电路仿真软件，以期使读者了解数字电路的仿真方法，有条件的读者可在计算机上完成数字电路的虚拟实验，相信这些会十分有助于理论课的深化学习。

本教材适用于各类职业院校多种专业数字电子技术课程的教学。如电力类、电气类、机电类、计算机类和电子类专业等。各专业可根据需要及教学时数情况对内容酌情取舍。

目前国内教材上电子元器件的图形符号和字母代号难以统一。考虑到读者使用方便，本书采用了国标图形符号和字母代号。

全书共分九章。张钢编写了第五、六、七、八章，第一章至第四章由方舒燕编写，赵峥

编写第九章及附录。全书由张钢、方舒燕任主编，负责全书的组织、修改和定稿工作。

本教材由郝波副教授和尹常永副教授主审，他们对书稿进行了认真详尽的审阅，提出了许多很有价值的宝贵意见，在此表示深切的谢意。

本教材在编写过程中得到了各级领导和各方面的大力支持，在此向他们表示衷心的感谢。另外，教材的编写参考了一些相关著作与资料。谨向书籍和文章的作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，时间紧促，书中难免存在错漏和不妥之处。敬请广大读者提出批评和指正。

编 者

2005年5月

目 录

前言

第一版前言

第一章 数字逻辑基础	1
第一节 数制和代码	2
第二节 逻辑代数基础	8
第三节 逻辑函数的化简	15
本章小结	21
习题	21
第二章 集成逻辑门电路	25
第一节 晶体二极管和三极管的开关特性	25
第二节 基本逻辑门电路	27
第三节 TTL 集成逻辑门电路	29
第四节 CMOS 集成逻辑门电路	37
第五节 各种类型门电路接口技术	41
本章小结	45
习题	45
第三章 组合逻辑电路	49
第一节 组合逻辑电路的分析	49
第二节 组合逻辑电路的设计	52
第三节 编码器	55
第四节 译码器	58
第五节 加法器	65
第六节 数值比较器和数据选择器	68
第七节 中规模组合集成电路综合应用	75
本章小结	78
习题	78
第四章 触发器	83
第一节 基本 RS 触发器	83
第二节 同步触发器	87
第三节 常用的钟控触发器	91
本章小结	101

习题	101
第五章 时序逻辑电路	105
第一节 概述	105
第二节 时序逻辑电路的分析	107
第三节 异步计数器	111
第四节 同步计数器	118
第五节 任意进制计数器	125
第六节 寄存器	130
第七节 时序逻辑电路综合应用	138
本章小结	143
习题	143
第六章 脉冲波形的产生与变换	148
第一节 集成 555 定时器	148
第二节 单稳态触发器	151
第三节 施密特触发器	157
第四节 多谐振荡器	162
本章小结	167
习题	168
第七章 数模与模数转换器	171
第一节 概述	171
第二节 D/A 转换器	172
第三节 A/D 转换器	179
本章小结	190
习题	191
第八章 半导体存储器与可编程逻辑器件	193
第一节 概述	193
第二节 只读存储器	194
第三节 随机存储器	202
第四节 可编程逻辑器件概述	207
第五节 低密度可编程逻辑器件	209
第六节 高密度可编程逻辑器件	216
本章小结	220
习题	220
第九章 数字电路综合应用与仿真	223
第一节 数字电路综合应用举例	223
第二节 电子电路的计算机仿真	228
习题	235

附录一	半导体集成电路型号命名方法 (GB 3430—1989)	236
附录二	常用逻辑符号对照表	238
附录三	54/74 常用数字集成电路简介	240
附录四	数的原码、反码和补码	244
参考文献		247

数字逻辑基础

引言：数字电路是一门研究数字信号的编码、运算、记忆、计数、存储、分配、测量与传输的科学技术。简单地说是用数字信号去实现运算、控制、测量的一门学科。数字化已成为当今现代电子技术的发展潮流。本章是基础知识，介绍的主要内容有：常用的数制和码制；与、或、非三种基本逻辑关系及与非、或非、与或非、异或和同或几种复合逻辑关系以及实现这些逻辑关系的对应的门电路；逻辑函数的几种表示方法——真值表、逻辑表达式、逻辑电路图、卡诺图，以及它们的特点和相互转换的方法；逻辑函数的化简方法——公式法和卡诺图法。

电子电路所处理的电信号可以分为**模拟信号**和**数字信号**两大类。**模拟信号**是指在时间和数值上都**连续**变化的信号，如温度、压力、正弦波电压和电流以及广播电视系统中传送的各种语言信号和图像信号等；模拟信号可以用计量仪器测量出某个时刻模拟量的瞬时值，或某一段时间之内的平均值，或有效值来表示。传送和处理模拟信号的电路称为**模拟电路**（Analog Circuit）。**数字信号**是在时间和数值上都是断续变化的**离散**信号，是从脉冲演变而来的，一般是在两个稳定状态之间阶跃式变化的信号，如记录个数的记数信号、灯光闪烁等。传送和处理数字信号的电路称为**数字电路**（Digital Circuit）。图 1.0.1 为典型模拟信号与数字信号波形图。

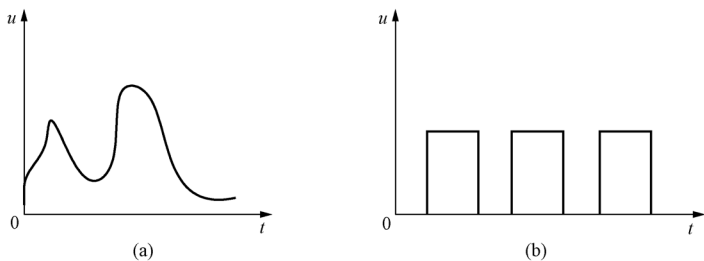


图 1.0.1 典型模拟信号与数字信号波形图

(a) 模拟信号；(b) 数字信号

【例 1.0.1】 判断下列仪表或设备反映的物理量哪些是模拟量，哪些是数字量？

(1) 水银温度计；(2) 产品数量统计仪表；(3) 电阻箱；(4) 收音机音量旋钮控制。

解 (1) 为模拟量；

(2) 为数字量；

(3) 为数字量；

(4) 为模拟量。

数字电路广泛应用于通信系统、测量仪表、控制装置和电子计算机等领域，数字化已成为当今现代电子技术的发展潮流，如数字手表、数字电视、数字通信、数字控制等。

与模拟电路相比，数字电路有很多优点：

(1) 数字电路易于设计，使用方便。数字电路采用开关电路，不要求物理量的精确数值，只要求物理量的范围。

(2) 数字电路便于信息的储存和传输。数字电路的信息储存是由特定的开关电路完成的。根据需要，开关电路就能将信息锁存并保持下来，数字信号可以无限地长期存储。

(3) 数字电路的准确度和精确度高。数字电路可以控制精确数字，只需按要求增减开关电路即可。

(4) 数字电路工作可靠性高，抗干扰能力强。在数字电路中，因为不要求物理量的准确值，所以只要干扰不影响对高、低电平的区别即可。

(5) 数字电路便于实现程控，便于采用数字计算机和微处理器来处理信息和参与控制。

(6) 数字电路便于集成化、系列化生产，成本低。

数字电路的特点：①数字电路的工作信号是离散的数字信号；②在稳定状态时，数字电路的电子器件（如二极管、三极管）均工作在开关状态，即工作在饱和区和截止区；③数字电路研究的主要问题是输入和输出之间的逻辑关系；④数字电路主要分析工具是逻辑代数。

数字电路的分类：根据电路结构的不同，数字电路可分为分立组件电路和集成电路两种；集成电路根据集成度（集成度是指每一芯片所包含的晶体管的个数）不同又可分为小规模集成电路（SSI，每片数十个器件）、中规模集成电路（MSI，每片数百个器件）、大规模集成电路（LSI，每片数千个器件）、超大规模集成电路（VLSI，每片器件数目大于1万）。

根据电路制造工艺不同，数字电路主要分为双极型（TTL 电路）和单极型（CMOS 电路）两种。近年来，可编程逻辑器件（PLD）特别是现场可编程门阵列（FPGA）的飞速进步，使数字电子技术开创了新局面，不仅规模大，而且将硬件与软件相结合，使器件的功能更加完善，使用也更加灵活。

根据电路的工作原理不同，数字电路可分为组合逻辑电路和时序逻辑电路两种。

随着数字电子技术的迅速发展，尤其是计算机的普遍应用，用数字电路和计算机来处理模拟信号的系统越来越多。数字系统的构成框图如图 1.0.2 所示。

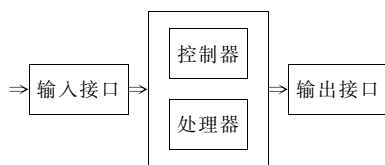


图 1.0.2 数字系统构成框图

数字系统通常由输入接口、输出接口、处理器和控制器构成。输入接口和输出接口的主要任务是将模拟量转换为数字量，或将数字量转换为模拟量；处理器的主要作用是控制系统内部各部件的工作，使它们按照一定的程序操作；控制器通常作为区分功能部件和数字系统的标志；凡是包含控制器且能够按顺序进行操作的系统，无论规模大小，一律称为数字系统。

第一节 数制和代码

一、数制

数制（Digital Number Systems）即计数体制，也就是计数方法。日常生活中最常用的是十进制数，而数字系统和计算机中主要采用的是二进制数，另外还有十六进制数和八进制数。

1. 十进制

十进制 (Decimal) 是指采用 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 十个不同的数码来表示任何一个数的数制。进位规律是“逢十进一，借一当十”，其基数是 10。各数码在不同数制时，所代表的数值是不同的。

位权：在一个进位计数制表示的数中，处于不同数位的数码，代表不同的数值，某一个数位的数值是由这一位数码的值乘上处于该位的一个固定常数，不同数位上的固定常数称为位权值，简称位权，或权。不同数位有不同的位权值，例如， $286.32_{(10)} = 2 \times 10^2 + 8 \times 10^1 + 6 \times 10^0 + 3 \times 10^{-1} + 2 \times 10^{-2}$ 。其中， 10^2 、 10^1 、 10^0 、 10^{-1} 、 10^{-2} 分别称为十进制数各数位的权，都是 10 的幂。任何一个十进制数都可以写成以 10 为底的幂之和的形式，即

$$(N)_{10} = K_{n-1} \times 10^{n-1} + K_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + K_0 \times 10^0 + K_{-1} \times 10^{-1} + K_{-2} \times 10^{-2} + \cdots + K_{-m} \times 10^{-m} = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i \times 10^i$$

式中： i 为数字中各数码 K 的位置号； K_i 为基数“10”的第 i 次幂的系数，小数点前的第一位 $i=0$ ，第二位 $i=1$ ，依次类推，小数点后第一位 $i=-1$ ，第二位 $i=-2$ ， $\cdots$ ； 10^i 为第 i 位的权。

从数字电路的角度来看，采用十进制是不方便的，因为构成数字电路的基本思路是把电路的状态与数码对应起来；而十进制的十个数码，必须有十个不同的而且能严格区分的电路状态与之对应起来，这样将在技术上带来许多困难且不经济，因而在数字电路中一般不直接采用十进制，而采用二进制。

2. 二进制

二进制 (Binary) 是指采用 0、1 两个数码来表示任何一个数的数制。进位规律是“逢二进一，借一当二”，其基数是 2。类似于十进制，任何一个二进制数都可以写成以 2 为底的幂之和的形式，例如， $(110.01)_2 = 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$ 。其中， 2^2 、 2^1 、 2^0 、 2^{-1} 、 2^{-2} 分别称为二进制数各数字的权，都是 2 的幂。二进制数也可以按权展开，即

$$(N)_2 = K_{n-1} \times 2^{n-1} + K_{n-2} \times 2^{n-2} + \cdots + K_0 \times 2^0 + K_{-1} \times 2^{-1} + K_{-2} \times 2^{-2} + \cdots + K_{-m} \times 2^{-m} = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i \times 2^i$$

例如

$$(1101.01)_2 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$$

二进制的优点：

(1) 二进制的数字装置简单、可靠，应用元件少；二进制只有两个数码 0 和 1，因此，它的每一位都可以用任何具有两个不同稳定状态的元件来表示，如三极管的饱和与截止，继电器触点的闭合与断开，灯泡的亮与不亮等。只要规定一种状态表示 1，另一种状态表示 0，就可以表示二进制数。这样，数码的存储、分析和传输，就可以用最简单而可靠的方式进行。

(2) 二进制的基本运算规则简单，与十进制数的运算相似，运算操作方便。

二进制的缺点：用二进制表示一个数时，位数多，使用起来不方便也不习惯。因此在运算中，原始数据多用人们习惯的十进制，在送入计算机时，就必须将十进制数转换成数字系

统能接收的二进制数，而运算结束后再将二进制数转换为十进制数，表示最终结果。

3. 十六进制

十六进制（Hexadecimal）是指采用 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F 十六个不同的数码来表示任何一个数，符号 A~F 分别代表十进制的 10~15。进位规律是“逢十六进一，借一当十六”，其基数是 16。每个数字的权是 16 的幂。十六进制按权展开为

$$(N)_{16} = K_{n-1} \times 16^{n-1} + K_{n-2} \times 16^{n-2} + \cdots + K_0 \times 16^0 + K_{-1} \times 16^{-1} \\ + K_{-2} \times 16^{-2} + \cdots + K_{-m} \times 16^{-m} = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i \times 16^i$$

例如

$$(3DA)_{16} = 3 \times 16^2 + D \times 16^1 + A \times 16^0 = 3 \times 16^2 + 13 \times 16^1 + 10 \times 16^0 = (986)_{10}$$

此外还有**八进制**（Octal），其采用 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 八个不同的数码来表示任何一个数。进位规律是“逢八进一，借一当八”，其基数是 8。每个数字的权是 8 的幂。**八进制**按权展开为

$$(N)_8 = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i 8^i$$

几种进制数之间的对应关系见表 1.1.1。

表 1.1.1 几种进制数之间的对应关系

十进制数	二进制数	八进制数	十六进制数	十进制数	二进制数	八进制数	十六进制数
0	0	0	0	9	1001	11	9
1	1	1	1	10	1010	12	A
2	10	2	2	11	1011	13	B
3	11	3	3	12	1100	14	C
4	100	4	4	13	1101	15	D
5	101	5	5	14	1110	16	E
6	110	6	6	15	1111	17	F
7	111	7	7	16	10000	20	10
8	1000	10	8				

二、数制的转换

各种数制之间可以互相转换，以方便设计和使用。

1. 任意进制转换成十进制

任意进制转换成十进制的方法是按权展开，求和即可。

例如

$$(11010)_2 = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = (26)_{10}$$

$$(11010.11)_2 = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} \\ = (26.75)_{10}$$

$$(1AB)_{16} = 1 \times 16^2 + A \times 16^1 + B \times 16^0 = 1 \times 16^2 + 10 \times 16^1 + 11 \times 16^0 \\ = (427)_{10}$$

$$(245)_8 = 2 \times 8^2 + 4 \times 8^1 + 5 \times 8^0 = (165)_{10}$$

2. 十进制转换成任意进制

十进制数整数转换为任意进制数都可以采用“除基取余法”，即“除基数，得余数，从低位到高位排列”。其步骤为：

- (1) 将给定的十进制数除以基数，余数就是欲转换进制数的最低位。
- (2) 将上一步得到的商继续除基数，余数即是次低位。
- (3) 重复用得到的商除基数，直至商为 0，此时的余数为最高位。

【例 1.1.1】 将十进制数 $(13)_{10}$ 转换为二进制数。

解 这里基数是 2，因为

13	6	3	1	0	商
÷ 2	1	0	1	1	余数

故 $(13)_{10} = (1101)_2$

【例 1.1.2】 将十进制数 $(32)_{10}$ 转换为十六进制数。

解 这里基数是 16，因为

32	2	0	商
÷ 16	0	2	余数

故 $(32)_{10} = (20)_{16}$

十进制数小数转换为任意进制小数可以采用“乘基取整法”，即“乘基数，取整数，从高位到低位排列”。步骤为：

- (1) 将给定的十进制小数乘以要转换的数制的基数，其乘积的整数就是欲转换进制数的最高位；
- (2) 将上一步得到的乘积的小数部分继续乘以基数，乘积的整数部分即是次高位；
- (3) 重复用得到的积乘基数，直到其纯小数部分为 0 或者满足一定误差要求为止。

【例 1.1.3】 将十进制数 $(0.135)_{10}$ 转换为二进制数（精确到第五位）。

解 $0.135 \times 2 = 0.270 \cdots 0$ 最高位

$$0.270 \times 2 = 0.540 \cdots 0$$

$$0.540 \times 2 = 1.080 \cdots 1$$

$$0.080 \times 2 = 0.160 \cdots 0$$

$$0.160 \times 2 = 0.320 \cdots 0 \quad \text{最低位}$$

则 $(0.135)_{10} = (0.00100)_2$ 。

3. 二进制与十六进制、八进制之间的转换

因为每一个十六进制数都可以用 4 位二进制数来表示，所以可以将二进制数每 4 位一组，写出各组的数值。如果是整数，从右至左划分，从左至右读写，就是十六进制数。注意整数按 4 位一组划分时，最高位一组不够 4 位时用 0 补齐。如果是小数，从小数点后第一位从左到右划分，从左至右读写，最低位一组不够 4 位时用 0 补齐。

同理，十六进制转换为二进制时，可将十六进制数的每一位写成 4 位二进制数，不改变顺序，即可将十六进制转换为二进制。

【例 1.1.4】 将二进制数 $(1101010)_2$ 转换为十六进制数。

解 $(1101010)_2 = (0110, 1010)_2 = (6A)_{16}$

【例 1.1.5】 将二进制数 $(0.101011)_2$ 转换为十六进制数。

解 $(0.101011)_2 = (0.1010, 1100)_2 = (0.AC)_{16}$

【例 1.1.6】 将十六进制数 $(A.3B)_{16}$ 转换为二进制数。

解 $(A.3B)_{16} = (1010.0011, 1011)_2$

十进制转换为十六进制也可以先转换为二进制，由二进制转换为十六进制。

因为每一个八进制数码都可以用 3 位二进制数来表示，因此可以将二进制数每 3 位一组，写出各组的数值。如果是整数，从右至左划分，从左至右读写，就是八进制数。注意整数按 3 位一组划分时，最高位一组不够 3 位时用 0 补齐。如果是小数，从小数点后第一位从左至右划分，从左至右读写，最低位一组不够 3 位时用 0 补齐。

同理，八进制转换为二进制时，可将八进制数的每一位写成 3 位二进制数，不改变顺序，即可将八进制转换为二进制。

【例 1.1.7】 将二进制数 $(10110.1011)_2$ 转换为八进制数。

解 $(10110.1011)_2 = (010, 110.101, 100)_2 = (26.54)_8$

【例 1.1.8】 将八进制数 $(3.7)_8$ 转换为二进制数。

解 $(3.7)_8 = (011.111)_2$

另外，十进制与十六进制、八进制之间的转换也可以利用二进制为中介。先把十进制数转换为二进制，再利用二进制与十六进制、八进制的转换关系得到。

三、码制

数字系统中的信息可分为两类，一类是数值，另一类是文字符号（包括控制符）。为了表示文字符号信息，往往也采用一定位数的二进制码表示，这个特定的二进制码称为**代码**。建立代码与十进制数、字母、符号的一一对应关系的方法称为**编码**。不同的编码方式称为**码制**。常用的编码有**二—十进制码（BCD 码）**和**字符代码**等，见表 1.1.2。

表 1.1.2 常用的编码

十进制数码 \ BCD 码	8421 码	5421 码	2421 码	余 3 码 (无权码)	格雷码 (无权码)
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	1000	1011	1000	0111
6	0110	1001	1100	1001	0101
7	0111	1010	1101	1010	0100
8	1000	1011	1110	1011	1100
9	1001	1100	1111	1100	1000

1. 二—十进制码

用二进制代码表示一个给定的十进制数 $0\sim 9$ ，称为二—十进制码，简称 **BCD 码** (Binary Coded Decimal)。表 1.1.2 给出了几种常用的 BCD 码。

因为 4 位二进制代码共有 16 个不同的组合，用它对 $0\sim 9$ 十个十进制数编码总有 6 个不用的状态，称为无关状态，或称为**伪码**。例如，8421 码中的 1010~1111 为 6 个伪码。

BCD 码分为**有权码**和**无权码**。

有权码都是将自然 4 位二进制数的 16 个组合去掉 6 个而得到的，只不过舍去的组合不同，被保留的十个组合中的每一位都是有位权的，见表 1.1.2 中的 8421 码 $b_3b_2b_1b_0$ ，每位都有相应的位权值，如 b_0 的位权为 $2^0=1$ ， b_1 的位权为 $2^1=2$ ， b_2 的位权为 $2^2=4$ ， b_3 的位权为 $2^3=8$ ，由于每位的位权值分别为 8，4，2，1，所以这种代码称为 8421BCD 码。它们的权展开式的计算结果分别对应十个阿拉伯数字，因而也叫**二—十进制码**。

表 1.1.2 中，余 3 码和格雷码为无权码。

余 3 码是由 8421 码加 3 (0011) 得到的，不能使用权展开式来表示其转换关系。

格雷码的特点是按照“相邻性”编码的，即相邻两码之间只有一位数字不同。一般可在下面情况下使用：如果用其他代码转换时，若代码的变化位数多于一位时可能产生错误或模糊的结果。例如，当二进制代码从 0111 转换成 1000 时，需要所有的位数都变化，不同位数的过渡时间可能有较大区别，它取决于构成这些位的器件或电路。因此，从 0111 到 1000 可能出现一个或几个中间状态。如果最高位变化的快，将会出现如下过渡状态：

0111	十进制数 7
1111	错误码
1000	十进制数 8

虽然 1111 状态的出现只是暂时的，但由这些位所控制的器件就可能出现误操作。使用格雷码是因为每次变换只有一位发生变化，各位之间不会出现竞争，可以避免这种错误。格雷码还常用于模拟量与数字量的转换。

除还有其他编码方法，如奇偶校验码、汉明码等。

2. 字符编码

常用的字母和字符编码有 ASCII 码和 ISO 码。ASCII 码是美国标准信息交换码的简称，其编码见表 1.1.3。这是一组 8 位二进制代码，用 $b_0\sim b_7$ 7 位表示 $2^7=128$ 个不同的字符信息，比如键盘上的每个英文字符都可以用特定的 ASCII 码表示。第 8 位为奇偶校验位。

表 1.1.3 ASCII 编 码

字符 $b_3b_2b_1b_0$	$b_6b_5b_4$	000	001	010	011	100	101	110	111
0000		NUL	DLE	SP	0	@	P	\	p
0001		SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0010		STX	DC2	"	2	B	R	b	r
0011		ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0100		EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
0101		ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u

续表

字符 b ₃ b ₂ b ₁ b ₀	b ₆ b ₅ b ₄	000	001	010	011	100	101	110	111
0110		ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0111		BEL	ETB	,	7	G	W	g	w
1000		BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1001		HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1010		LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011		VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1100		FF	FS	,	>	L	\	l	
1101		CR	GS	-	=	M	]	m	}
1110		SO	RS	.	<	N	^	n	~
1111		SI	US	/	?	O	_	o	DEL

【例 1.1.9】 下面按 ASCII 码所编的信息表示什么含义？

1001000 1000101 1001100 1010000

解 从表 1.1.3 中可查出每个七位代码所代表的字母，结果是 HELP。

ASCII 码常用在计算机和输入/输出装置（如视频端或打印机）之间字母和数字的转换。

第二节 逻辑代数基础

一、逻辑变量与逻辑函数

广义地讲，逻辑就是规律。逻辑代数（Logic Algebra）也称为布尔代数，是一种描述事物逻辑关系的数学方法，是研究逻辑电路的数学工具。逻辑代数中的变量和普通代数中的变量一样，也由字母表示。在对实际问题进行逻辑抽象时，一般称决定事物的原因为逻辑自变量，而称被决定事物的结果为逻辑因变量。

以某种形式表达的逻辑自变量和逻辑因变量的函数关系称为逻辑函数（Logic Function）。它是由逻辑变量、常量通过运算符连接起来的代数式，一般写作

$$L = F(A, B, C, D, \dots) \quad (1.2.1)$$

与普通代数不同的是，逻辑代数的变量只有 0 和 1 两个取值。而且这里的“0”和“1”不表示数值的大小，只表示两种相互对立的逻辑状态。例如，用“1”和“0”表示灯的亮和灭、门的开与关、电平的高与低等。因此，常把“1”状态称为逻辑 1，“0”状态称为逻辑 0。逻辑代数有一系列的定律和规则，用它们对逻辑表达式进行处理，可以完成电路的化简、变换、分析和设计。

二值数字逻辑的产生，是基于客观世界的许多事物可以用彼此相关又互相对立的两种状态来描述，例如，是与非、真与假、开与关、低与高等。而且在电路上，可以用电子器件的开关特性来实现，由此形成离散信号电压或数字电压。这些数字电压通常用逻辑电平来表示，如高电平、低电平。应当注意，逻辑电平不是物理量，而是物理量的相对表示。

由于逻辑代数可以使用二值函数进行逻辑运算，一些用语言描述显得十分复杂的逻辑命