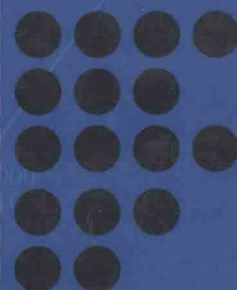


高职高专机电类系列教材

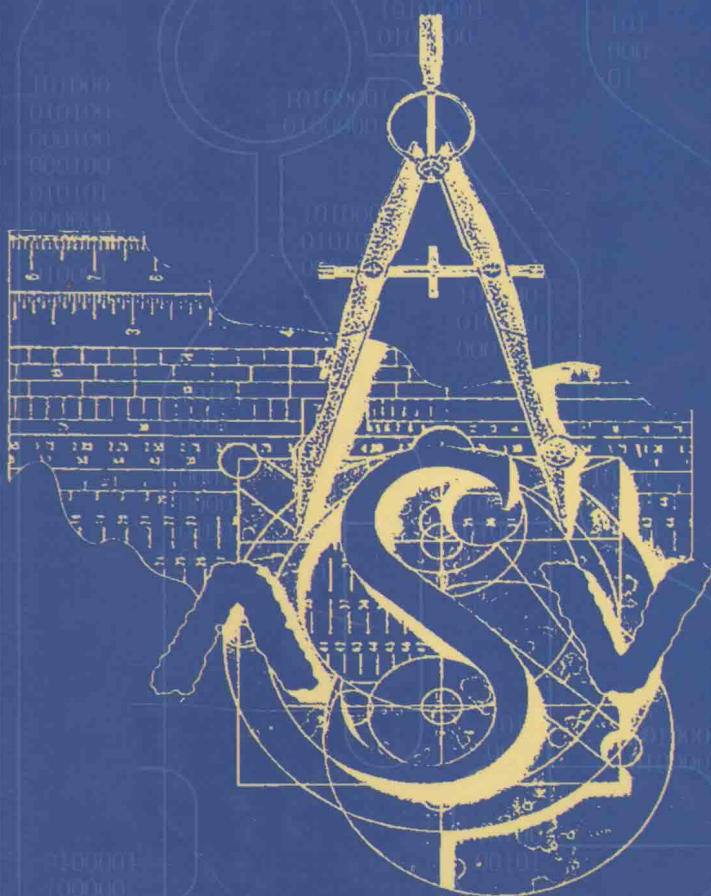
数字电子技术

GAOZHIGAOZHUANJIDIANLEI
XILIEJIAOCAI

韦建英 主编



中国
人民
大
学
出
版
社



高职高专机电类系列教材

数字电子技术

韦建英 主编

肖仲平 余席桂 王波 副主编

中国人民大学出版社

前 言

本书是编者在多年从事高等职业教学实践的基础上，结合兄弟院校相关教材的特点而编写的，具有很强的针对性。

编写本书的指导思想是：

1. 易于入门。除了将数制和编码、逻辑代数和逻辑函数的化简在第一章讲述以外，各章都从基本概念入手，由浅入深。

2. 体现实用性。对典型功能部件着重叙述其功能表，不对其内部逻辑图进行分析；典型电路着重分析其功能和外特性，并通过实例使学生掌握其使用方法；在电路分析与设计方面，则着重于分析（识图）的技巧。

3. 反映新技术。数字电子技术是发展很快的一门技术，因此，必须使学生在掌握基本概念、基本原理的基础上，了解新技术，为此本书安排了“可编程逻辑器件”一章，从而让学生对数字电路的新器件、新的设计方法有所了解。

4. 加强实践环节。本书配有一定数量的应用性、趣味性很强的应用实例，把基本理论与应用有机地结合在一起。每章末都有习题和自测题，以便提高学生的独立分析问题和解决实际问题的能力。此外，与本书配套的还有一本《数字电路实验与学习辅导》，通过实验教学，培养学生的动手能力。

本书与韦建英主编的《模拟电子技术》同为高职高专院校机电类专业的电子技术课程教材。本书所用触发器的逻辑符号为旧符号，其新旧符号对照见附录 A。

参加本书编写工作的有肖伸平（第 1、2、3 章），柴雅静、李皓瑜（第 4、5、6 章和第 2 章的触发器部分）。由韦建英任主编，肖伸平、余席桂、王波任副主编。

全书由詹卫东、何超教授组织和策划。

由于编者的学识水平有限，难免有错误和不妥之处，敬请各位专家和广大读者批评指正。

编者

2000 年 8 月

内容简介

本书为高职高专机电类专业的电子技术课程教材，数字电子技术部分。

本书共分6章，包括数字电路基础、数字电路基本单元、数字电路常用功能部件、可编程逻辑器件、数字电路的分析与设计、数字信号的产生与变换。各章还附有小结、习题和自测题。

本书根据新高职高专教学的特点，以数字电路基本单元为基点，数字电路常用功能部件为主要内容，介绍数字电路的基本概念、基本原理、分析方法和设计方法；介绍实用的数字逻辑功能部件的选择与使用。其内容简明扼要，深入浅出，突出应用，注重素质培训。

本书主要作为新高职高专机电类专业的教材，也可供电力类、计算机类、仪器仪表类专业选作教材，还可供广大电子技术爱好者自学与参考。

目 录

1 数字电路基础	(1)
1.1 数字电路及其特点	(1)
1.1.1 数字信号与数字电路	(1)
1.1.2 数字电路及数字设备的优点	(2)
1.1.3 数字电路的发展	(3)
1.2 数字电路采用的数制和编码	(4)
1.2.1 数制	(4)
1.2.2 编码	(7)
1.3 数字电路的基础器件	(10)
1.3.1 二极管的开关特性	(10)
1.3.2 三极管的开关特性	(13)
1.4 数字电路的基础理论	(15)
1.4.1 逻辑代数的基本知识	(15)
1.4.2 逻辑代数的基本定律和重要规则	(20)
1.5 逻辑函数的化简	(23)
1.5.1 逻辑函数的常用表示方法	(23)
1.5.2 代数化简法	(24)
1.5.3 卡诺图化简法	(26)
1.5.4 逻辑图	(29)
小结	(30)
习题一	(31)
自测题一	(33)
2 数字电路基本单元	(34)
2.1 TTL 集成门电路	(34)
2.1.1 TTL 集成门电路的几种系列	(34)
2.1.2 典型的 TTL 与非门	(36)
2.1.3 TTL 与非门电路的改进与发展	(37)
2.1.4 TTL 与非门特性曲线和主要参数	(38)
2.1.5 其他 TTL 集成门电路	(44)
2.2 CMOS 集成门电路	(47)

2.2.1	CMOS 集成门电路的几种系列	(47)
2.2.2	CMOS 反相器	(48)
2.2.3	CMOS 与非门、或非门和传输门	(50)
2.3	集成门电路使用中应注意的问题	(52)
2.3.1	TTL 集成门电路使用的注意事项	(52)
2.3.2	CMOS 集成门电路使用的注意事项	(53)
2.3.3	TTL 门与 CMOS 门的电路接口	(54)
2.4	集成门电路的应用	(56)
2.4.1	基本应用	(57)
2.4.2	集成门构成的振荡器	(58)
2.4.3	集成门构成的单稳态触发器	(61)
2.4.4	集成门构成的施密特触发器	(62)
2.5	集成触发器	(64)
2.5.1	基本 RS 触发器	(64)
2.5.2	时钟控制 RS 触发器	(67)
2.5.3	D 触发器	(69)
2.5.4	JK 触发器	(71)
2.5.5	T 触发器	(73)
2.5.6	CMOS 集成触发器简介	(73)
2.5.7	触发器的应用	(74)
2.5.8	触发器使用中应注意的问题	(77)
小结	.....	(78)
习题二	.....	(79)
自测题二	.....	(85)
3	数字电路常用功能部件	(87)
3.1	编码器和译码器	(87)
3.1.1	编码器及其应用	(87)
3.1.2	译码器及其应用	(92)
3.2	数据选择器和数据分配器	(101)
3.2.1	数据选择器及其应用	(101)
3.2.2	数据分配器及其应用	(103)
3.3	加法器和比较器	(104)
3.3.1	加法器及其应用	(104)
3.3.2	比较器及其应用	(108)
3.4	寄存器和存储器	(111)
3.4.1	寄存器及其应用	(111)
3.4.2	存储器及其应用	(114)
3.5	计数器和分频器	(119)

3.5.1	计数器及其应用	(119)
3.5.2	分频器及其应用	(126)
小结	.....	(126)
习题三	.....	(127)
自测题三	.....	(128)
4	可编程逻辑器件	(130)
4.1	可编程逻辑器件的逻辑符号	(130)
4.2	可编程只读存储器 PROM	(131)
4.2.1	PROM 的结构和工作原理	(132)
4.2.2	EPROM 的结构和工作原理	(133)
4.2.3	E ² PROM 的结构和工作原理	(133)
4.2.4	PROM 的 PLD 表示法	(134)
4.3	可编程逻辑阵列 PLA	(134)
4.3.1	PLA 的结构和工作原理	(135)
4.3.2	PLA 电路系列	(135)
4.4	可编程阵列逻辑 PAL	(136)
4.4.1	PAL 的结构和工作原理	(136)
4.4.2	PAL 电路系列	(136)
4.5	通用阵列逻辑 GAL	(139)
4.5.1	GAL 的基本工作原理	(140)
4.5.2	GAL 电路系列	(141)
4.6	高密度可编程逻辑器件	(143)
4.6.1	阵列型 HDPLD	(143)
4.6.2	单元型 HDPLD	(144)
4.7	PLD 器件的开发工具	(144)
小结	.....	(144)
习题四	.....	(145)
自测题四	.....	(145)
5	数字电路的分析与设计	(146)
5.1	组合电路的分析与设计	(146)
5.1.1	组合电路的分析	(146)
5.1.2	组合电路的设计	(149)
5.2	时序电路的分析与设计	(158)
5.2.1	时序电路的分析	(158)
5.2.2	时序电路的设计	(165)
小结	.....	(171)
习题五	.....	(172)
自测题五	.....	(179)

6 数字信号的产生与变换	(181)
6.1 单稳态触发器及其应用	(181)
6.1.1 555 定时器	(181)
6.1.2 555 定时器构成的单稳态触发器	(183)
6.1.3 集成单稳态触发器	(184)
6.1.4 单稳态触发器的应用	(186)
6.2 多谐振荡器及其应用	(188)
6.2.1 555 定时器构成的多谐振荡器	(188)
6.2.2 多谐振荡器的应用	(189)
6.3 施密特触发器及其应用	(191)
6.3.1 555 定时器构成的施密特触发器	(191)
6.3.2 集成施密特触发器	(192)
6.3.3 施密特触发器的应用	(195)
6.4 模拟量与数字量之间的转换	(197)
6.4.1 D/A 转换器及其应用	(198)
6.4.2 A/D 转换器及其应用	(205)
小结	(211)
习题六	(212)
自测题六	(216)
附录 触发器的逻辑符号新旧对照表	(218)
参考文献	(219)

1 数字电路基础

本章首先介绍数字信号的特征、数字电路采用的数制和编码以及处理数字信号的基础器件——半导体二极管和三极管的开关特性，其次介绍数字电路的理论基础——逻辑代数，最后介绍逻辑函数的化简方法。

1.1 数字电路及其特点

1.1.1 数字信号与数字电路

电子电路中的电信号分为两大类：

一类是连续变化的信号。如话音在扬声器线圈中产生的音频电流信号；测温用的热电偶上得到的电压信号，它们分别模拟了话音的强弱和温度的高低。自然界和生产、生活中的许多物理量都可通过某种装置变成电压信号或电流信号来模拟，因而称为模拟信号。处理模拟信号的电路称为模拟电路。

另一类是不连续的信号。如开关的断、通，脉搏的跳动等物理量，同样可通过某种装置变成电信号，但这种信号与模拟信号不同，它会有脉动、短促、离散的特征。这类信号很多，常见的有矩形波、梯形波、锯齿波和尖顶波，如图 1.1.1 所示，通常人们把这类信号称为脉冲信号。产生与变换这些脉冲波形的电路称为脉冲电路。

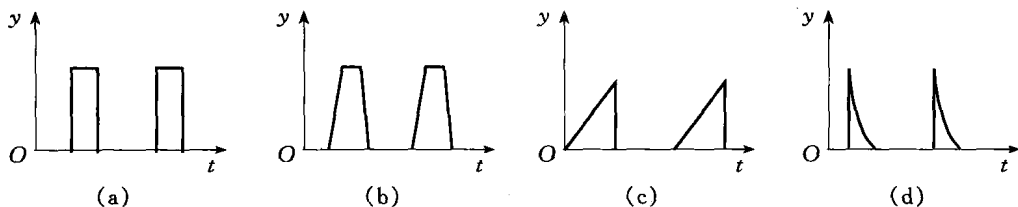


图 1.1.1 脉冲信号波形

(a)矩形波;(b)梯形波;(c)锯齿波;(d)尖顶波

脉冲信号的典型代表是矩形波。这种信号有两种状态，通常表现为电流的有、无，电位的高、低。对此，又常用“0”、“1”两个数字来表示，有为1、无为0，高为1、低为0；或者有为0、无为1，高为0、低为1。因此，这种信号称为数字信号。处理数

字信号的电路称为数字电路。

随着电子技术的发展，特别是数字集成电路的发展，使数字电路从理论到实践的每一个环节都脱离了脉冲电路，而发展成为一门引人注目的新学科——数字电子技术。

脉冲电路注重脉冲波形的产生与变换，其波形是研究的重点，所应用的数学工具是微分方程和拉氏变换一类的暂态分析方法。通常脉冲电路是由储能元件电感器、电容器，开关元件半导体二极管、三极管及电阻器等组成。

数字电路注重信号两种状态“1”和“0”之间的处理与变换，研究的重点是“状态”。它应用的数学工具是逻辑代数。通常数字电路是由门电路和触发器组成。

对典型的模拟信号正弦波，人们用三个参数来表征：幅值 A 、周期 T 和初相 φ ，如图 1.1.2 所示。而对典型的数字信号矩形波，人们用 4 个参数来表征：幅值 U_m 、周期 T 、脉宽 t_p 和占空比 D ($D = t_p/T$)，如图 1.1.3 所示。

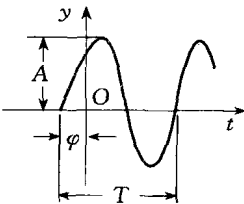


图 1.1.2 正弦波

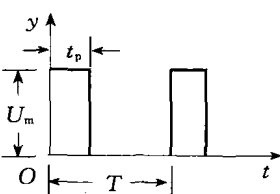


图 1.1.3 矩形波

在数字电路中也时常采用脉冲信号作触发信号，因而常提到其有关波形的上升沿、下降沿、正脉冲和负脉冲等概念。现在将其含义简述如下：

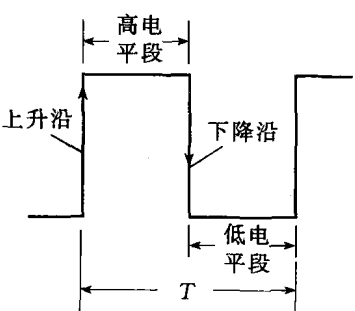


图 1.1.4 脉冲波形的划分

- (1) 脉冲上升沿 脉冲信号由低电平跃变到高电平的变化过程，又称为上跳沿。如图 1.1.4 中的“ $\nearrow$ ”变化过程。
- (2) 脉冲下降沿 脉冲信号由高电平跃变到低电平的变化过程，又称为下跳沿。如图 1.1.4 中的“ $\searrow$ ”变化过程。
- (3) 正脉冲 脉冲信号由低电平变化到高电平，则称该脉冲为正脉冲。
- (4) 负脉冲 脉冲信号由高电平变为低电平则称该脉冲为负脉冲。

1.1.2 数字电路及数字设备的优点

数字技术已广泛应用到工农业生产和日常生活当中，数字化的电子产品琳琅满目、层出不穷，可以说，当今社会是数字化的时代。数码电视、数字交换机及电子计算机等已成为家喻户晓的电子产品，为推动国民经济的发展发挥了巨大的作用。这是因为数字电路及数字设备具有如下的主要优点：

(1) 工作稳定可靠 在数字电路中, 通常是根据脉冲信号的有无、个数、宽度或频率来工作的, 由于外界干扰往往只影响脉冲的幅度, 只要电平的高低幅值在一定的范围内变化, 就可以认为是逻辑“1”或逻辑“0”, 如图 1.1.5 所示。故数字电路抗干扰能力强, 稳定性好, 可靠性高。

(2) 状态调整方便 数字电路中, 绝大多数器件(二极管、三极管等)和门电路在稳态时工作于开关状态, 即管子的导通与截止和门电路的开与关。这种仅存在“1”或“0”两种状态的电路易于实现算术和逻辑运算、易于实现记忆和存储功能。因此, 易于调整, 便于使用。

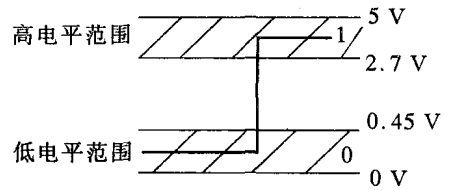


图 1.1.5 高、低电平的变化范围

(3) 电路集成简单 与模拟电路相比较, 数字电路结构更加简单, 易于集成和生产。目前, 大规模、超大规模集成电路甚至可编程逻辑器件基本上都是数字集成电路, 且实现了大批量生产。

1.1.3 数字电路的发展

数字电路的发展首先得益于半导体技术和集成电路技术的飞速发展。1947 年, 半导体三极管问世, 它以体积小、寿命长、功耗小及工作可靠等优点而得到广泛应用。60 年代初期出现了半导体集成电路, 它是利用半导体工艺把半导体二极管、三极管、电阻器等分立元件制作在几平方毫米的基片上, 并按一定的功能连接成相应的电路, 亦称微电子器件。不过限于当时的工艺水平, 每个芯片上只能集成 100 个以下的门, 称之为小规模集成电路 (SSI)。随着材料科学, 特别是半导体工艺水平的不断提高, 相继发展了中规模集成电路 (MSI, 门数为 100~1 000)、大规模集成电路 (LSI, 门数为 1 000~10 000) 和超大规模集成电路 (VLSI, 门数为 10 000 以上)。在各个不同阶段的数字电路产品主要有:

小规模集成电路主要是门电路和触发器等; 中规模集成电路主要有计数器、寄存器、译码器、数据选择器和比较器等; 大规模集成电路有各种存储器和 ASIC 电路等; 超大规模集成电路主要有微处理器(如计算机的中央处理器 CPU)等。

特别值得提出的是世界各大半导体公司都竞相开发专用集成电路 (ASIC), 广泛应用于通信、家用电器、仪表测量等方面。另外, 在 ASIC 中还有一类产品是由用户自己而不是芯片生产厂家最后完成其逻辑功能的, 这种产品称为可编程逻辑器件 (PLD)。早期的 PLD 只是一些集成规模较小的器件, 如 PROM、FPLA、PAL 及 GAL 等。随着集成电路工艺的飞速发展, PLD 的集成规模越来越大, 标准门单元数目早已突破 1 万门而达 10 万门级, 引脚数达几百个, 体现了现代电子技术发展的潮流。

目前大规模 PLD 器件基本上包括了两种类型, 一种是内部结构以基本门单元为基础, 构成门单元阵列, 可编程的连线分布在门单元与门单元之间的布线区。这种结构一般称为 FPLA (现场可编程门阵列) 器件。另一种是内部结构以可编程的宏逻辑单元为

基础，可编程的连线集中在一个全局布线区，这种结构一般称为复杂的可编程逻辑器件（CPLD）。Lattice 公司的高密度 PLD 器件就属于这一类型，它已形成了从相当于 2 000 个 PLD 标准门的器件到相当于 25 000 个 PLD 标准门的器件系列。这些高密度器件的内部容量大，运行速度快，有的器件内部还提供存储器、寄存器和计数器模块，足以完成复杂的逻辑功能，其外部引脚数为 44~240 个。这些器件的在系统可编程特性，使电子技术发生了革命性的变化。

1.2 数字电路采用的数制和编码

在现实生活中，人们用习惯的十进制计数方式来表示一个数的大小，并对数值进行各种运算和处理。若利用数字设备来进行处理，由于数字电路只能识别逻辑“1”和逻辑“0”两种电平状态，故必须先将所需处理的数据信息转换为数字系统能识别的代码。因此，学习数字电路，必须先掌握数的表示和编码方法。

1.2.1 数制

用数字来表示一个物理量的大小时，只用一位数字往往是不够的，必须采用多位数字，而多位数字量的每一位构成以及由低位向高位的进位规则等则称为数制。

1.2.1.1 十进制

这种数制的每一位可以取 0~9 十个数字之一，其运算规律是“逢十进一”。即计数的基数是 10，高于 9 的数只能用多位数来表示。

十进数的表示方式如下：

$$127.85_{(10)} = 1 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 7 \times 10^0 + 8 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2}$$

式中， 10^2 、 10^1 、 10^0 、 10^{-1} 、 10^{-2} 等表示了各数字位的位置，称为位权。

同理，任意一个正的十进制数可表示为：

$$D = K_{n-1} \cdot N^{n-1} + K_{n-2} \cdot N^{n-2} + \cdots + K_0 \cdot N^0 + K_{-1} \cdot N^{-1} + \cdots +$$

$$K_{-m} \cdot N^{-m} = \sum_{i=n-1}^m K_i \cdot N^i \quad (1.2.1)$$

式中： n ——表示小数点左边的位数；

m ——表示小数点右边的位数；

K_i ——表示第 i 位数字的大小或系数；

N ——表示进位计数制的基数（此处 $N=10$ ）；

N^i ——表示 K_i 在数值中的位置，称 N^i 为第 i 位的权。一般地， $0 \leq K_i < N$ 。

1.2.1.2 二进制

式 (1.2.1) 中, 取 $N=2$, 则得到:

$$D = \sum_{i=n-1}^m K_i \cdot 2^i$$

式中 $K_i=0$ 或 1 , 即各数字位的系数只有两种取值状态, 这就是二进制数的表达式。显然, 二进制数的计数中, 每位仅有 0 或 1 两种状态的其中之一, 因而在数字电路中被广泛采用。

二进制数的基数为 2 , 运算规则是“逢二进一”。例如:

$$101.11_{(2)} = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$$

需要说明的是 101.11 应读作“幺零幺点幺幺”, 以免与十进制数相混淆, 下标括号内数字表示相应的进制数, 也可用字母来表示。即: D 表示十进制、 B 表示二进制和 H 表示十六进制。

在多位二进制数中, 把其中的每一位数字称为 bit (位), 最高的数位一般称为最高有效位 (MSB); 最低的数位称为最低有效位 (LSB)。以一个八位二进制数为例, 具体描述如下:

D_7	D_6	D_5	D_4	D_3	D_2	D_1	D_0
1	0	1	1	0	0	1	1
MSB				LSB			

以上二进制数的几个概念已在微机系统中被广泛采用。

同理, 式 (1.2.1) 取 $N=8$, 得到一个八进制数的表达式, 八进制数的每一个数位的取值范围为 $0 \sim 7$ 之间的一个。其计数基数为 8 , 运算规则是“逢八进一”。取 $N=16$, 得到一个十六进制数的表达式, 十六进制数的每一个数位的取值范围为 $0 \sim 9$ 和 A 、 B 、 C 、 D 、 E 、 F 中的任意一个。其计数基数为 16 , 运算规则是“逢十六进一”。其他进制依此类推。

1.2.1.3 不同数制之间的转换

人们习惯于采用十进制数, 但在数字系统中往往采用的是二进制数或者二进制表示的十进制数等。所以, 在许多场合下需要将两种不同的数制进行相互转换。

(1) 二进制数与十进制数的相互转换 将二进制数转换成相应的十进制数, 只要将二进制数按位权展开的多项式进行相加即可。例如:

$$\begin{aligned} 101.11_{(B)} &= 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} \\ &= 4 + 0 + 1 + 0.5 + 0.25 \\ &= 5.75_{(D)} \end{aligned}$$

将十进制数转换为相应的二进制数, 需将整数部分和小数部分分别进行转换。由二

进制数按位展开的多项式可以看出，对整数部分，采用连续除 2 取余数的方法，可依次得到各位的数字量。现仍以上例来分析，其整数部分为 5，它的二进制表示式为：

$$1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0$$

转换过程如下：

2	5	$1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0$		余 1	(低位)
2	2	$1 \times 2^1 + 0 \times 2^0$		余 0	
2	1	1×2^0		余 1	(高位)

按由高位到低位顺序依次写出结果为 101。注意，上例中按位展开的二进制多项式是给大家理解用的，实际上不可能事先知道该多项式的，而是按左边直接求出。

对小数部分，则采取连续乘 2 取整的方法，可依次得到各小数位的数字。以上例小数部分 $0.75_{(D)}$ 为例，其转换过程如下：

0.75	$1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$	
	$\times 2$	
1.5	$1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1}$	
↓	取小数部分	取整数 1 → K_{-1} 位
0.5	1×2^{-1}	
	$\times 2$	
1.0	1×2^0	
↓	取整数 1 → K_{-2} 位	

所以， $0.75_{(D)} = 0.11_{(B)}$ 。

(2) 二进制数与十六进制数的相互转换 将二进制转换成十六进制数，该方法是从小数点开始向左、右两侧取每四位为一组，不足四位的补零，将每组四位二进制数转换为十六进制数即可。

例 1.2.1 求 $1010111.101_{(B)}$ 对应的十六进制数。

解 将 $1010111.101_{(B)}$ 由小数点向左、右两侧取每四位一组，即：

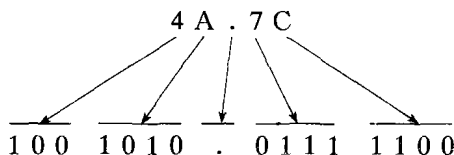
0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0
↓				↓				↓			
5				7				A			

转换结果是： $1010111.101_{(B)} = 57.A_{(H)}$

将十六进制数转换为二进制数，该方法是将十六进制数的每一位用对应的四位二进制来代换即可。

例 1.2.2 求 $4A.7C_{(H)}$ 的二进制数。

解



转换结果为: $4A.7C_{(H)} = 1001010.011111_{(B)}$ 。

二进制—十六进制对照表见表 1.2.1。

表 1.2.1

二进制—十六进制对照表

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

1.2.2 编码

数制中的数值表示了物理量的实际大小，但在数字系统中，有时用数字所表示的物理量并不代表其数值的大小，而只是表示其代号而已。如某学生的学号只代表该学生的身份代号，这种具有一定特征含义的数字代码及其编制规则称为编码，也称为码制。下面介绍几种常用的编码方法。

1.2.2.1 二进制—十进制编码 (BCD 码)

二进制—十进制编码亦称 BCD 码^①，它是指用 4 位二进制数来表示十进制数中的 0~9 十个数码。由于 4 位二进制数码具有 0000~1111 共 16 种不同的代码，而用来表示十进制数只需要其中的 10 个代码。根据组合的方式不同，可以得到不同的二进制—十进制码。常见的几种 BCD 编码见表 1.2.2。

表 1.2.2 中的 BCD 码分为有权码和无权码两大类，所谓有权码，是指这种编码中的各位有固定的权。如 8421BCD 码、2421BCD 码和 5421BCD 码等，其中 8421BCD 码是最基本、应用最普遍的一种 BCD 码，它的各位权分别是 8、4、2、1，故名为 8421BCD 码。若 8421BCD 码的各位系数分别为 K_3 、 K_2 、 K_1 、 K_0 时，它所表示的十进制数值为：

$$\begin{aligned}
 D &= K_3 \cdot 2^3 + K_2 \cdot 2^2 + K_1 \cdot 2^1 + K_0 \cdot 2^0 \\
 &= K_3 \cdot 8 + K_2 \cdot 4 + K_1 \cdot 2 + K_0 \cdot 1
 \end{aligned}
 \quad (1.2.2)$$

式中， $K_0 \sim K_3$ 取值为 0 或 1。

显然，这种编码规律正好与十进制数相一致。由此，8421BCD 码在数字系统中得到广泛应用，不足之处是采用该编码工作的计数电路容易产生“毛刺”信号。

① BCD 是 Binary Coded Decimal 的缩写，意为二进制—十进制。

表 1.2.2

常见的几种 BCD 码

二进制码 $b_3 b_2 b_1 b_0$	BCD 码			
	8421 码	2421 码	5421 码	余 3 码
0 0 0 0	0	0	0	
0 0 0 1	1	1	1	
0 0 1 0	2	2	2	
0 0 1 1	3	3	3	0
0 1 0 0	4	4	4	1
0 1 0 1	5			2
0 1 1 0	6			3
0 1 1 1	7			4
1 0 0 0	8		5	5
1 0 0 1	9		6	6
1 0 1 0			7	7
1 0 1 1		5	8	8
1 1 0 0		6	9	9
1 1 0 1		7		
1 1 1 0		8		
1 1 1 1		9		

与 8421BCD 码相比较, 余 3 码不存在用式 (1.2.2) 所对应的十进制数, 它是由 8421BCD 码加 3 得来的, 其编码中的各位无固定的权, 这种码制称为无权码。

1.2.2.2 字母与字符的编码

在数字系统中, 有许多场合需要对文字符号等信息进行处理, 这些信息必须采用一定位数的二进制数码来表示, 对此数字系统才能进行识别。常见的字母与符号的编码是 ASCII 码^①, 它是美国国家信息交换标准代码, 其编码规则见表 1.2.3。

^① ASCII 是 American Standard Code for Information Interchange 的缩写, 意为美国信息交换标准 (代) 码。

表 1.2.3

美国信息交换码 (ASCII 码)

b ₃ b ₂ b ₁ b ₀	b ₆ b ₅ = 00		b ₆ b ₅ = 01		b ₆ b ₅ = 10		b ₆ b ₅ = 11	
	b ₄ = 0	b ₄ = 1	b ₄ = 0	b ₄ = 1	b ₄ = 0	b ₄ = 1	b ₄ = 0	b ₄ = 1
0 0 0 0	控制符		间隔	0	@	P		p
0 0 0 1			!	1	A	Q	a	q
0 0 1 0			"	2	B	R	b	r
0 0 1 1			#	3	C	S	c	s
0 1 0 0			\$	4	D	T	d	t
0 1 0 1			%	5	E	U	e	u
0 1 1 0			&	6	F	V	f	v
0 1 1 1			'	7	G	W	g	w
1 0 0 0			(	8	H	X	h	x
1 0 0 1			)	9	I	Y	i	y
1 0 1 0			*	:	J	Z	j	z
1 0 1 1			+	;	K	[	k	{
1 1 0 0			,	<	L	\	l	|
1 1 0 1			-	=	M	]	m	}
1 1 1 0			.	>	N	^	n	~
1 1 1 1			/	?	O	_	o	注销

ASCII 码在计算机和通信设备中应用广泛，它由七位二进制代码组成，共有 $2^7 = 128$ 个代码，可以表示大小写英文字母、十进制数、标点符号、运算符号及一些控制符号，已用于计算机键盘输入指令和数据。

1.2.2.3 格雷码

格雷码是一种单位距离码，它的特点是任何两个相邻代码之间，仅有一位不相同。因此，在其传送过程中稳定而可靠，所以也称为可靠性编码，编码的位数不受限制，位数越多精确度越高。一种四位的格雷码的编码见表 1.2.4。