

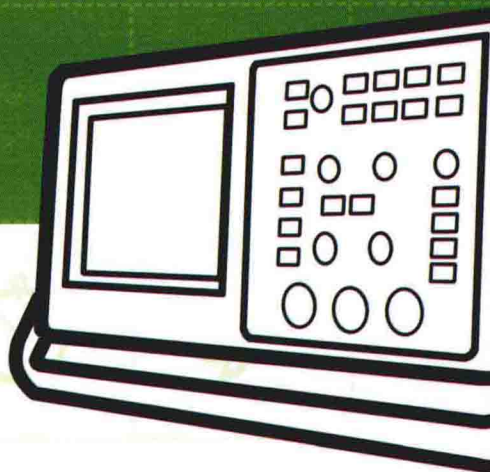


即学即用 电工电子技术丛书

轻松学 同步用

数字电子技术

◎ 陈永甫 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

即学即用电工电子技术丛书

轻松学同步用数字电子技术

陈永甫 编著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书从数字信号特征和数字逻辑知识入手,分章介绍了数字电子技术基础、逻辑门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、脉冲信号的产生及应用等。为将所学内容学以致用,每节都配备了应用例题,每章末尾均配有同步自测练习题及答案,有助于读者把握知识重点和应用要点,便于读者自学自查或办班培训。

本书编写以着重物理概念、突出应用性为出发点,选材讲究、内容精练、图文结合、易学易读,融知识性、趣味性和实用性于一体,可作为电工、电子、计算机应用等行业的从业人员和转岗人员的培训教材,也适合大中专院校、技校及职业院校相应专业的师生和工程技术人员、技师、技工和维修人员阅读与参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

轻松学同步用数字电子技术/陈永甫编著. —北京:电子工业出版社,2014. 6

(即学即用电工电子技术丛书)

ISBN 978-7-121-23349-4

I. ①轻… II. ①陈… III. ①数字电路-电子技术 IV. ①TN79

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第112724号

策划编辑:柴 燕

责任编辑:毕军志

印 刷:北京天宇星印刷厂

装 订:北京天宇星印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编100036

开 本:787×1092 1/16 印张:12.25 字数:313.6千字

版 次:2014年6月第1版

印 次:2014年6月第1次印刷

印 数:3000册 定价:38.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

科技的高速发展，尤其是数字电子技术的发展，把世界带入了数字化的信息时代。从居家的高清晰 HTDV 电视、高保真度 CD 机、4G 超功能手机、10 ~ 100MHz 宽带网，到空天的飞机、卫星通信、导航、遨游太空的航天器、嫦娥探月工程、宇宙探密等，可以说数字电子技术的应用无处不在。

对于生活在数字化信息时代的每个公民，了解并学习一些数字电子知识，对掌控计算机和处理一些相关的技术性问题是很有帮助的，还能给工作、生活带来极大的方便，让你尽快地融入这个五彩缤纷的电子世界，使业余生活更加丰富多彩。

《轻松学同步用数字电子技术》作为读者步入数字电子应用园地的基础读物，根据编著者对数字电子应用的教学和技能培训的经验，参考劳动部颁发的《国家职业技能鉴定规范》中对电气、电子等相关工种的知识要求的内容，在编写上从数字信号的特征和数字逻辑知识入手，分章介绍了数字电子技术基础、逻辑门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、脉冲信号的产生及应用等。

《轻松学同步用数字电子技术》一书有如下特点。

(1) 选材特点：书中各章节内容选材讲究，体系严谨。在编写方法上由浅入深、重点突出，理论联系实际。重在应用，图文结合、易学易读。

(2) 知识结构图：每章始页绘出了该章的知识结构图，它概括了各章的知识内容和主要知识点。读者只需浏览片刻，就能迅速理清各知识点之间的脉络联系及体系结构。

(3) 典型例题解析：结合各章节的主要内容，列举典型例题，使读者深入理解课程内容，消化所学知识，并从中学习解决问题的方法，提高分析问题的能力。

(4) 同步自测练习题与逐题详解：每章末尾均配有同步自测练习题，它涵盖了该章的各重要知识点和应用要点，理论紧密联系实际，即学即用，章尾附各题答案，解题思路清晰、过程完整，答案精准。

(5) 解题提示和题后分析：对于一些具有代表性的典型例题（或自测题）及可能有多解或思路不同的解法，解题前设置了解题提示，解题后设置了题后分析，请读者参看前言后的“关于书中相关栏目的说明”。不重述。

本书由陈永甫编著，参与编写的还有谭秀华，王文理，龙海南，张梦儒等。由于电工电子技术发展极为迅速，限于作者水平，书中难免存在不足之处，诚请专家和读者批评指正。

编著者
2014 年 4 月于紫园

关于书中相关栏目的说明

◆ **各章知识结构**：每章始页绘出了该章的知识结构图，它概括了该章的知识内容、重要定理、推理、公式和主要知识点。读者只需浏览片刻，就能迅速地了解该章的重要知识点，理清各知识点之间的脉络联系及体系结构。

◆ **要点**：位于每节的开始，点明该节的实质内容或结论，以便于读者了解所讲述的中心内容和精髓所在。

◆ **基本内容**：本节的主要部分，对“要点”点明的内容进行详细介绍或系统论证，突出基本概念和基本定律，语言通俗，易学易懂。

◆ **例题**：结合内容，列举典型例题，以有助于深入理解课程内容，消化所学知识，并从中学习解决问题的方法，提高分析问题的能力。

◆ **相关知识**：穿插于各章节之中，对与所讲内容相关的知识或连带的技术（信息）做扼要说明或介绍，加强知识间的链接，拓宽知识面。

◆ **应用知识**：穿插于各章节中，结合书中内容，联系实际，列举应用实例或典型现象，进行简短说明或分析，学用结合，提高读者的应用能力和动手制作能力。

◆ **图表的使用**：为了便于理解所讲内容，书中安插了大量配图，图形绘制精细，表达准确，图文结合，易学易懂；书中也配备了大量数据表格，资料来源确切、翔实，可直接用来进行电路计算或工程设计。

◆ **解题提示**：对有代表性的例题和较难的练习题，从分析其题意（或电路模型）、给定条件和求证（结果或结论）之间的关系入手，引导读者分析前因后果关系，理清解题思路，找出问题的症结所在，给出解决问题的方法。

◆ **题后分析**：有些习题可能有多解或思路不同的解法（或做法）。题后进行讨论、分析、比较，一者引导读者广开思路，找出最简解法（或做法），提升综合分析能力；二者通过归纳解题技巧和做题方法，提高读者解题的思维技巧，巩固所学，做到融会贯通，达到触类旁通的功效。

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为，歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

目 录

第 1 章 数字电子技术基础	1
1.1 数字信号及逻辑赋值	3
1.2 数制、码制及数制间的转换	5
1.2.1 数制	5
1.2.2 码制	6
1.2.3 不同数制间的相互转换	7
1.3 逻辑函数基础	10
1.3.1 逻辑函数中的基本运算	10
1.3.2 逻辑函数的基本定律、基本公式及运算规则	13
1.3.3 逻辑函数的表示方法	15
1.3.4 逻辑函数表达式的相互转换	17
1.3.5 逻辑函数的公式化简法	18
同步自测练习题	20
第 1 章同步自测练习题答案	21
第 2 章 逻辑门电路	27
2.1 基本逻辑门电路	29
2.1.1 三种基本门电路	29
2.1.2 常用复合门电路	31
2.2 TTL 集成门电路	33
2.2.1 TTL 集成与非门电路	34
2.2.2 集电极开路与非门 (OC 门)	36
2.2.3 三态输出门 (TSL 门)	37
2.2.4 常用 TTL 逻辑门电路的图形符号及其功能	38
2.2.5 TTL 集成门电路的使用规则	39
2.3 CMOS 集成门电路	42
2.3.1 CMOS 集成电路的由来和优点	42
2.3.2 CMOS 反相器 (非门)	42
2.3.3 CMOS 型 2 输入与非门	45
2.3.4 CMOS 型或非门	45
2.3.5 常用的 CMOS 逻辑门及其图形符号和运算诀窍	46
2.3.6 CMOS 集成门电路的使用注意事项	48
同步自测练习题	50
第 2 章同步自测练习题答案	52

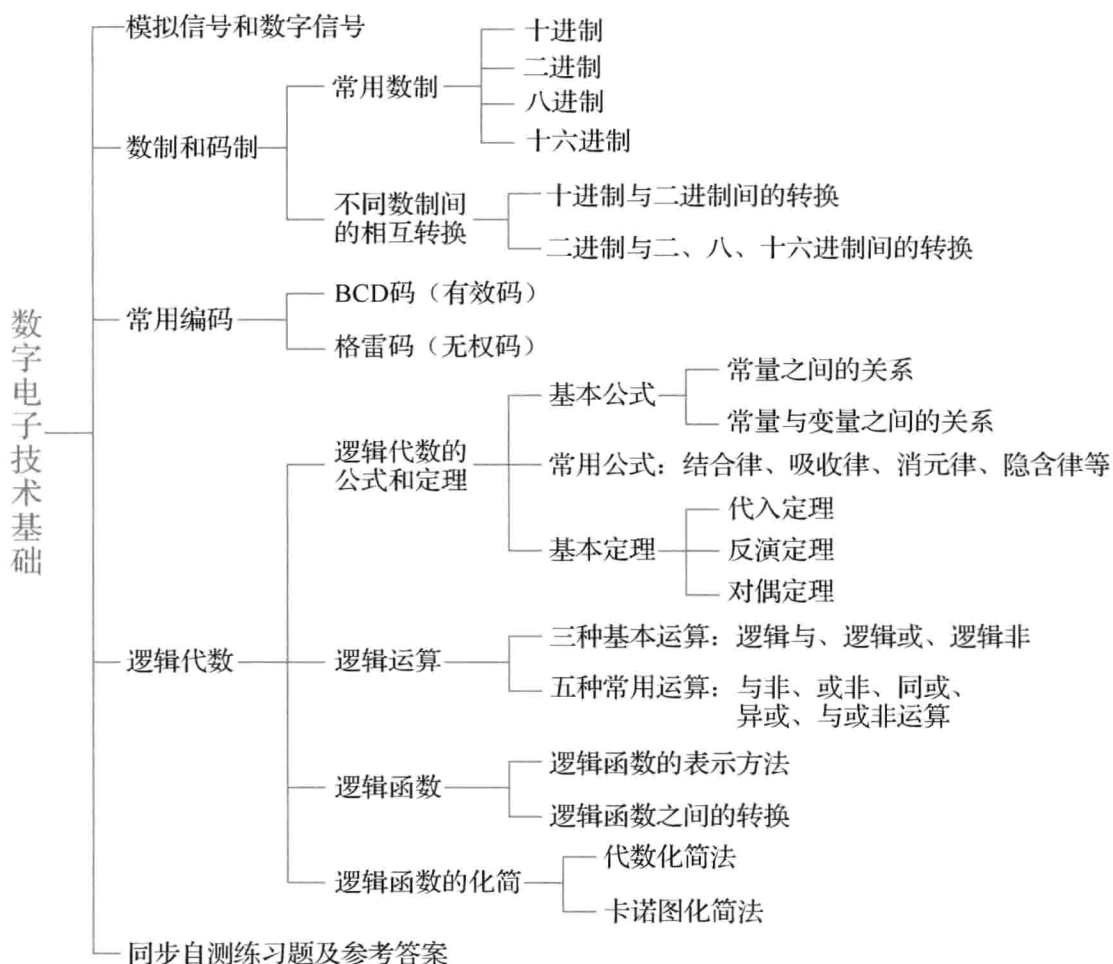
第3章 组合逻辑电路	55
3.1 组合逻辑电路的分析与设计	57
3.1.1 组合逻辑电路的特点及其分析方法	57
3.1.2 组合逻辑电路的设计方法	59
3.2 编码器	62
3.2.1 二进制编码器	62
3.2.2 优先编码器	63
3.2.3 常用集成优先编码器	65
3.3 译码器	65
3.3.1 二进制译码器	66
3.3.2 数字显示译码器	68
3.3.3 七段数字译码/驱动器 74LS48	70
3.3.4 常用集成译码器/驱动器	73
3.4 加法器	74
3.4.1 半加法器	74
3.4.2 全加法器	75
3.4.3 多位数加法和超前进位加法器	76
3.4.4 常用集成加法器	78
3.4.5 用加法器设计组合逻辑电路	79
同步自测练习题	81
第3章同步自测练习题答案	82
第4章 触发器	87
4.1 触发器的特点和分类	89
4.2 RS 触发器	89
4.2.1 基本 RS 触发器	90
4.2.2 同步 RS 触发器	91
4.3 JK 触发器	92
4.3.1 同步 JK 触发器	93
4.3.2 边沿型 JK 触发器	94
4.4 维持阻塞 D 触发器	96
4.5 T 触发器和 T' 触发器	97
4.5.1 T 触发器	98
4.5.2 T' 触发器	98
4.5.3 D 触发器也可构成 T 触发器和 T' 触发器	99
4.6 常用集成触发器	99
4.7 不同类型触发器间的转换	100
4.7.1 不同类型触发器的功能转换及转换方法	100
4.7.2 JK 触发器转换成 D、T (T') 和 RS 触发器	101
4.7.3 D 触发器转换成 JK、T、T' 和 RS 触发器	102
同步自测练习题	106
第4章同步自测练习题答案	108

第 5 章 时序逻辑电路	113
5.1 时序逻辑电路的组成、特点和分类	115
5.2 时序逻辑电路的分析方法	116
5.2.1 同步时序逻辑电路的分析方法	117
5.2.2 异步时序逻辑电路的分析方法	119
5.3 寄存器	121
5.3.1 数码寄存器	121
5.3.2 移位寄存器	122
5.3.3 集成双向 4 位移位寄存器 74LS194	124
5.3.4 移位寄存器的应用	126
5.3.5 常用集成移位寄存器	127
5.4 计数器	128
5.4.1 异步二进制加法计数器	128
5.4.2 异步二进制减法计数器	130
5.4.3 同步二进制加法计数器	131
5.4.4 同步二进制减法计数器	133
5.4.5 集成二进制同步加法计数器 74LS161	134
5.4.6 二 - 五 - 十进制异步计数器 74LS290	136
5.4.7 N 进制计数器	138
5.4.8 常用 TTL 型、CMOS 型集成计数器	142
同步自测练习题	143
第 5 章同步自测练习题答案	145
第 6 章 脉冲信号的产生及应用	153
6.1 脉冲信号及其产生	155
6.1.1 脉冲信号及其参数	155
6.1.2 矩形脉冲的产生	156
6.2 多谐振荡器	156
6.2.1 对称多谐振荡器	156
6.2.2 不对称多谐振荡器	157
6.2.3 RC 环形多谐振荡器	158
6.3 单稳态触发器	158
6.3.1 微分型单稳态触发器	158
6.3.2 积分型单稳态触发器	159
6.3.3 集成单稳态触发器	161
6.3.4 单稳态触发器的应用	165
6.3.5 常用 TTL 型和 CMOS 型集成单稳态触发器	167
6.4 石英晶体振荡器	167
6.4.1 石英晶体谐振器的外形和等效电路	167
6.4.2 石英晶体谐振器的频率特性	168
6.4.3 石英晶体谐振器的常见种类及性能参数	169
6.4.4 晶振电路	170

6.4.5 5MHz 串联谐振型晶振电路	173
6.4.6 5MHz 并联谐振型晶振电路	173
6.4.7 石英晶体谐振器的检测	175
6.4.8 石英晶体使用注意事项	176
同步自测练习题	178
第6章同步自测练习题答案	180
参考文献	185

数字电子技术基础

本章知识结构





1.1 数字信号及逻辑赋值

数字信号是指在时间上和幅度取值上都是离散的，其取值只有两个离散值，即“0”和“1”数码。它们不表示数值的大小，仅表示两种逻辑状态。处理数字信号的电路称为数字电路。数字电路研究的目的是输出与输入间的逻辑关系，故数字电路也称逻辑电路。在逻辑电路中有两种逻辑体制，本书将采用正逻辑。

1. 数字信号

数字信号是指电流或电压的幅度在数值上是离散的，即取值为有限值。通常，数字信号的取值为“0”和“1”两个离散值。它们不表示数值的大小，仅表示两种相反的逻辑状态，如电位的高、低，或脉冲的有、无等。“0”和“1”只代表两种对立的状态，称为逻辑0和逻辑1，也称为二值数字逻辑。

2. 数字电路及其特点

用于产生、变换、传输、加工和处理数字信号的电路称为数字电路。数字电路主要研究输出与输入信号之间的对应逻辑关系，分析、研究的主要工具是逻辑函数和以二进制为主的计数法。因此，数字电路又称作逻辑电路。

数字电路有如下特点。

(1) 工作可靠性高、抗干扰能力强。由于数字信号只有0和1两种状态（表示电位的高、低或脉冲的有、无），数字电路很容易辨别信号的有、无，从而大大提高了电路的工作可靠性，抗干扰能力强。

(2) 容易实现集成化。数字电路的基本单元电路的结构简单，便于批量生产，集成度高。

(3) 数字电路不仅能进行数值运算，还能进行逻辑判断和逻辑运算，广泛应用于自动化系统和智能装置中。

(4) 数字集成电路产品系列多，通用性强，成本低。

(5) 数字信息便于长期保存。借助小巧的磁盘、光盘等，数字信息可长期保存。

(6) 数字信息容易进行加密处理，保密性好。

在数字电路中，输入、输出信号的大小均以逻辑表示，高于某值（如 $\geq 2.6\text{V}$ ）时称为高电平，用“1”表示；低于某值（如 0.4V ）时称为低电平，用“0”表示。

在逻辑运算中，“1”和“0”只是表示两个相反的逻辑状

要点

数字信号

0, 1 二值数字逻辑

数字电路研究什么

数字电路的特点

二值：高电平，“1”；
低电平，“0”

如何赋值



如何赋值

态，例如，开关的开和关、电路的通与断、电平的高和低等。
在数字电路（也称逻辑电路）中有两种逻辑体制。

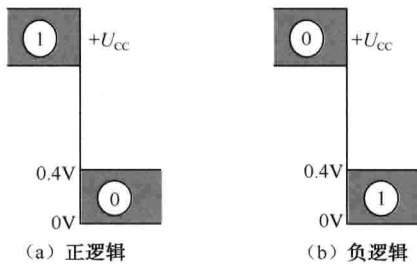


图 1-1 高、低电平的逻辑赋值

两种逻辑赋值

正逻辑——约定高电平为“1”，低电平为“0”，如图 1-1 (a) 所示；

负逻辑——约定低电平为“1”，高电平为“0”，如图 1-1 (b) 所示。

需要说明的是，本书的逻辑约定与大多数数字系统一样，采用正逻辑。

实际脉冲

通常将数字电路中的工作信号表示为理想的矩形脉冲，但实际的脉冲达不到理想脉冲那么陡峭，而是有上升沿和下降沿的脉冲信号，如图 1-2 所示。脉冲波形常用以下参数来表征。

脉冲的常见参数

- (1) 脉冲幅度 U_m ：脉冲信号变化的最大值，单位为伏 (V)。
- (2) 脉冲前沿 t_r ：从脉冲幅值的 10% 上升到 90% 所需的时间，单位为秒 (s)。
- (3) 脉冲后沿 t_f ：从脉冲幅值的 90% 下降到 10% 所需的时间 (s)。
- (4) 脉冲宽度 t_w ：脉冲波形从上升沿的 50% 到下降沿 50% U_m 所需要的时间 (s)。

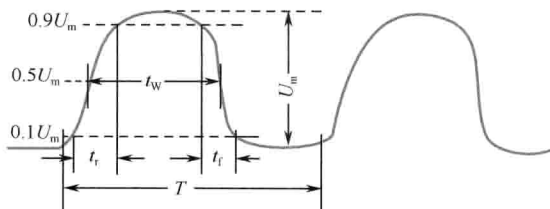


图 1-2 实际的矩形脉冲信号及参数描述



(5) 脉冲周期 T : 在周期脉冲中, 相邻两个脉冲波形重复出现所需要的时间 (s)。

(6) 脉冲频率 f : 单位时间的脉冲数, $f = 1/T$, 单位为 Hz。

(7) 占空比 D : 脉冲宽度与周期的比值 (百分比), 即

$$D = \frac{t_w}{T} (\%) \quad (1-1)$$

1.2 数制、码制及数制间的转换

数制是指计数的方法, 它是进位计数制的简称, 常用的数制有二进制、十进制、八进制和十六进制。码制是指利用二进制码表示数字或符号的编码方法。常用的码制有二进制 (BCD) 码、余 3 码和格雷码等。

◀ 要点

1.2.1 数制

计数体制简称数制, 指的是计数的方法, 即计数进位的规则。

数制

1. 二进制

二进制 (Binary Notation) 是以“2”为计数基数的计数体制。二进制有 0、1 这两个数码, 即基数是 2, 计数规律是“逢二进一”。在二进制数中, 各位的权都是 2 的幂, 如 $(1010.01)_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = (10.25)_{10}$ 。

逢二进一

2. 十进制

十进制是以“10”为基数的计数体制, 用 0~9 十个数码和一个小数点“.”表示任意大小的数, 计数规律是“逢十进一”。例如, $(2538.98)_{10} = 2 \times 10^3 + 5 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 8 \times 10^0 + 9 \times 10^{-1} + 8 \times 10^{-2}$ 。该式称为十进制的按权 (10^n) 展开式, 下角中的“10”表示括号内的数是十进制数。

逢十进一

3. 八进制

八进制 (Octal Notation) 是以 8 为基数的计数体制, 每位分别用 0~7 表示, 计数规律是“逢八进一”, 各位的权为 8 的幂。例如, $(715.41)_8 = 7 \times 8^2 + 1 \times 8^1 + 5 \times 8^0 + 4 \times 8^{-1} + 1 \times 8^{-2}$ 。

逢八进一

4. 十六进制

十六进制 (Hexadecimal Notation) 是以 16 为基数的计

逢十六进一



数体制，每位分别为 0~9、A (10)、B (11)、C (12)、D (13)、E (14)、F (15)，计数基数是 16，相邻低位和高位的进位关系是“逢十六进一”，各位的权为 16 的幂。例如， $(3BF \cdot C4)_{16} = 3 \times 16^2 + 11 \times 16^1 + 15 \times 16^0 + 12 \times 16^{-1} + 4 \times 16^{-2} = (959.765625)_{10}$ ，式中的下标 16 表示括号中的数是十六进制数。

1.2.2 码制

码制即编码规则

码制 (Code System) 是指利用二进制代码表示数字或符号的编码规则。

BCD 码——二-十进制码

十进制数码 (0~9) 不能在数字电路中进行逻辑运算，必须将其转换为二进制数。用二进制数表示十进制数的编码方法称为二-十进制码，即 BCD 码。由于十进制数有 10 个 (0~9) 不同的数码，所以需要 4 位二进制数来表示。而 4 位二进制码有 $2^4 = 16$ 种不同的组合，可从中取出 10 种组合并形成不同的编码方案。表 1-1 列出了几种 BCD 码，其中加权码 4 种、无权码 2 种。

表 1-1 几种常用 BCD 码

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

有权与无权

所谓有权或无权，是指在将自然 4 位二进制数的 16 个组合舍去 6 个得到的 10 个组合，若组合中的每一位都是有权的，即它们按权展开式的计算结果分别对应 10 个阿拉伯数字 (0~9)，这种组合码就是有权码 (或称加权码)；而不能用权展开式表示其转换关系的，称无权码。

1. 8421 BCD 码

用 4 位二进制数表示十进制数 (0~9) 中的 10 个数时，



这4位二进制数码的“权”符合8、4、2、1的规律。例如，

百 位	十 位	个 数
$(926)_{10} = (1\ 0\ 0\ 1$	$0\ 0\ 1\ 0$	$0\ 1\ 1\ 0)_{8421\text{ BCD}}$
$\begin{array}{c} \\ \\ \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} \\ \\ \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} \\ \\ \\ \end{array}$
权数 $(8\ 4\ 2\ 1) \times 10^2$	$(8\ 4\ 2\ 1) \times 10^1$	$(8\ 4\ 2\ 1) \times 10^0$

$$(527.5)_{10} \approx (0101\ 0010\ 0111.0101)_{8421\text{ BCD}}$$

可见，8421 BCD 码是一种有权码（恒权码），从高位到低位的权分别是8、4、2、1。

2. 5421 BCD 码

这也是一种有权码，从高位到低位的权分别是5、4、2、1。例如， $(1001)_2$ 按位展开便得到相应的十进制数6。

3. 2421 BCD 码

这种码也是有权码，从高位到低位的权分别是2、4、2、1。2421A 码中的0111，按位展开即得到相应的十进制数7；而2421B 码中的1100，按位展开得到的相应十进制数是6。

上述的2421A 码和2421B 码是有区别的。2421B 码具有互补性，码内有5对反码，即0000 (0) 与1111 (9)、0001 (1) 与1110 (8)、0010 (2) 与1101 (7)、0011 (3) 与1100 (6)、0100 (4) 与1011 (5) 互为反码。例如， $0010 = \overline{1\ 1\ 0\ 1}$ 。

4. 余3 码

这是一种无权码，是由8421 码加(0011)得到的，即每一码字比8421 码的相应码多余3。因此，余3 码不能用权展开式来表示其转换关系。

5. 格雷码

这也是一种无权码，它的特点是相邻两个码字之间只有1位不同。格雷码常用于模拟量与数字量的转换，在模拟量发生微小变化而可能引起数字量发生变化时，格雷码只改变1位，可降低转换和传输出错的可能性，比同时改变两位或多位的码更可靠。

除了上面介绍的几种编码外，还有其他的编码方法，如5211 码、4211 码、奇偶检验码、汉明码、ISO 码、ASCII 码等。

1.2.3 不同数制间的相互转换

1. 非十进制数转换为十进制数

将非十进制数按权展开，求出各加权系数之和，然后相加。