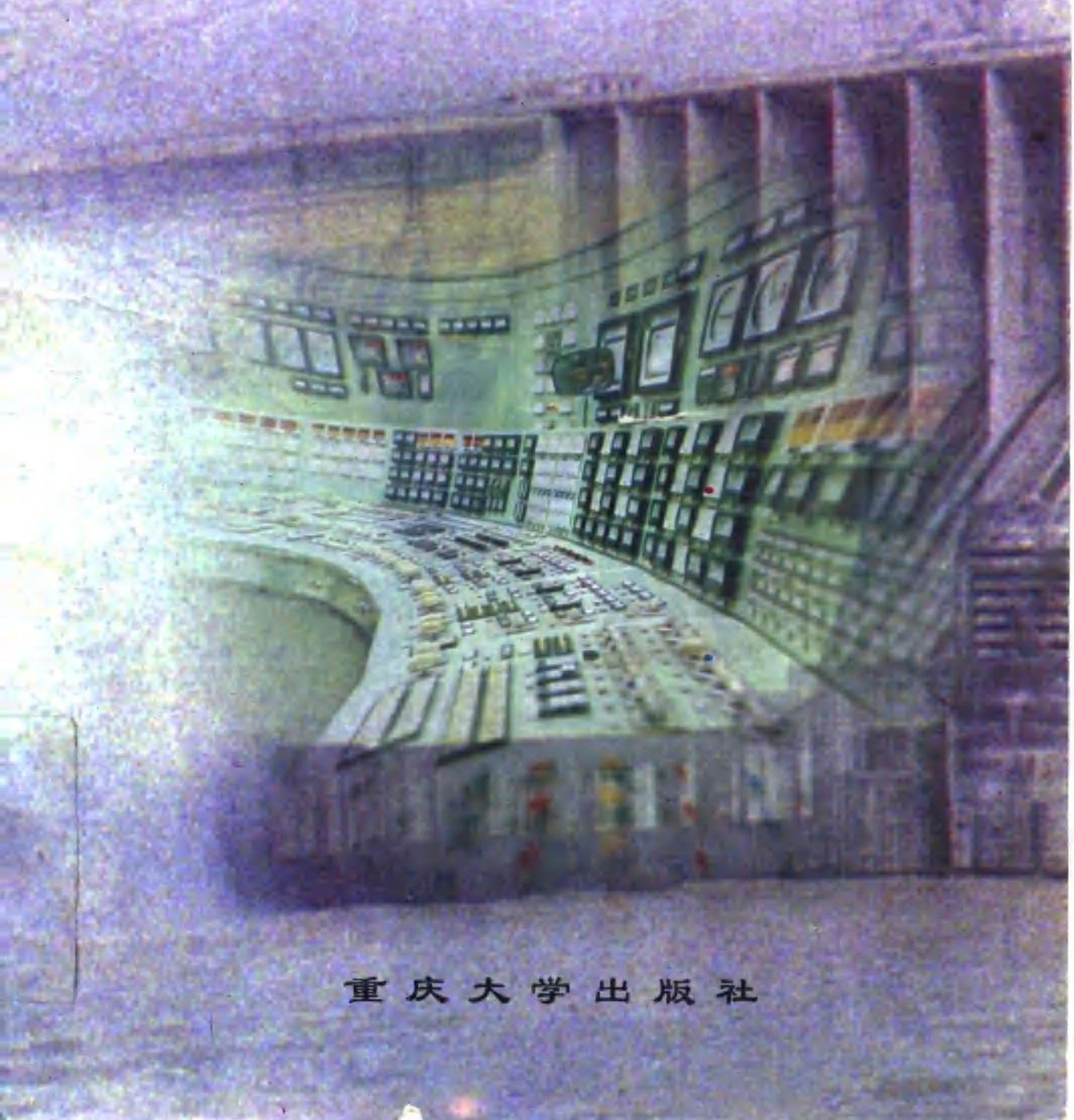
高等学校电气类系列教材

数字电子技术

李鸿恩　熊国奎　主编



重庆大学出版社

数字电子技术

李鸿恩　熊国奎　主编

重 庆 大 学 出 版 社

内容提要

本书是按照1989年国家教委组织制订的《高等工程专科学校电子技术基础课程教学基本要求》(草案)编写的。

全书共分8章。内容包括数字逻辑电路基础知识,逻辑门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、大规模集成电路、脉冲信号的产生与整形、A/D与D/A转换器。各章后附有习题。

本书可作为高等工业专科电气类、电子类和其它相近专业的教材,也可供有关工程技术人员参考。

数字电子技术
李鸿恩 熊国奎 主编
责任编辑 韩洁
*
重庆大学出版社出版发行
新 华 书 店 经 销
中国人民解放军重庆通信学院印刷厂印刷
*
开本:787×1092 1/16 印张:13.75 字数:343千
1994年8月第1版 1998年4月第3次印刷
印数:18001—23000
ISBN 7-5624-0921-8/TN·17 定价: 14.00元

序

近年来我国高等专科教育发展很快，各校招收专科生的人数呈逐年上升趋势，但是专科教材颇为匮乏，专科教材建设工作进展迟缓，在一定程度上制约了专科教育的发展。在重庆大学出版社的倡议下，中国西部地区 14 所院校（云南工学院、贵州工学院、宁夏工学院、新疆工学院、陕西工学院、广西大学、广西工学院、兰州工业高等专科学校、昆明工学院、攀枝花大学、四川工业学院、四川轻化工学院、渝州大学、重庆大学）联合起来，编写、出版机类和电类专科教材，开创了一条出版系列教材的新路。这是一项有远见的战略决策，得到国家教委的肯定与支持。

质量是这套教材的生命。围绕提高系列教材质量，采取了一系列重要举措：

第一，组织数十名教学专家反复研究机类、电类三年制专科的培养目标和教学计划，根据高等工程专科教育的培养目标——培养技术应用型人才，确定了专科学生应该具备的知识和能力结构，据此制订了教学计划，提出了 50 门课程的编写书目。

第二，通过主编会议审定了 50 门课程的编写大纲，不过分强调每门课程自身的系统性和完整性，从系列教材的整体优化原则出发，理顺了各门课程之间的关系，既保证了各门课程的基本内容，又避免了重复和交叉。

第三，规定了编写系列专科教材应该遵循的原则：

1. 教材应与专科学生的知识、能力结构相适应，不要不切实际地拔高；

2. 基础理论课的教学应以“必须、够用”为度，所谓“必须”是指专科人才培养规格之所需，所谓“够用”是指满足后续课程之需要。

3. 根据专科的人才培养规格和人才的主要去向，确定专业课教材的内容，加强针对性和实用性；

4. 减少不必要的数理论证和数学推导；

5. 注意培养学生解决实际问题的能力，强化学生的工程意识；

6. 教材中应配备习题、复习思考题、实验指示书等，以方便组织教学；

7. 教材应做到概念准确，数据正确，文字叙述简明扼要，文、图配合适当。

第四，由出版社聘请学术水平高、教学经验丰富、责任心强的专家担任主审，严格把住每门教材的学术质量关。

出版系列专科教材堪称一项“浩大的工程”。经过一年多的艰苦努力，系列专科教材陆续面市了。它汇集了中国西部地区 14 所院校专科教育的办学经验，是西

部地区广大教师长期教学经验的结晶。

纵观这套教材，具有如下的特色：它符合我国国情，符合专科教育的教学基本要求和教学规律；正确处理了与本科教材、中专教材的分工，具有很强的实用性；与出版单科教材不同，有计划地成套推出，实现了整体优化。

这套教材立足于我国西部地区，面向全国市场，它的出版必将对繁荣我国的专科教育发挥积极的作用。这套教材可以作为大学专科及成人高校的教材，也可作为大学本科非机类或非电类专业的教材，亦可供有关工程技术人员参考。因此我不揣冒昧向广大读者推荐这套系列教材，并希望通过教学实践后逐版修订，使之日臻完善。

吴云鹏

1993年

仲夏

前　言

本书是按照国家教育委员会制订的《高等工程专科学校电子技术基础课程教学基本要求》(草案)编写的。

根据国家教委1990年11月在广州召开的中国高等专科教育工作会议精神和制订的有关文件,在编写中充分体现专科特点。理论推导删繁就简;内容安排以应用为限,够用为度;突出了应用,加强了实践。教材正文与例题、习题紧密配合。例题是正文的补充,某些内容通过习题让学生加深理解和掌握。

由于电子科学技术发展迅速,新的电子科技理论和电子产品不断问世,因而本教材在保证基本原理前提下,注意到把最新的、成熟的科技理论和知识充实到教材中,使学生学完本课程后,能尽快适应实际工作的需要。打★号部分可选讲。

本教材还设有3个附录。附录除介绍了常用集成芯片引脚图和数字集成电路应用实例外,还介绍了时序逻辑电路新颖的设计方法。供读者参阅。

参加本书编写工作的有:陕西工学院王选民(第一章和附录二)、昆明工学院杨立功(第二章和附录一)、云南工学院熊国奎(第三章)、新疆工学院李鸿恩(第四、五章和附录三)、四川轻化工学院蒋宁(第六章)、四川工业学院杨燕翔(第七、八章)。李鸿恩为主编、熊国奎为副主编,全书由李鸿恩统稿。

本书由重庆大学程开明主审,参加审稿的还有唐治德、杨永明。

由于我们水平有限,加之时间仓促,书中一定存在不少错误和不妥之处,敬请读者予以批评指正。

编　者

1993年8月

目　　录

第一章　数字逻辑电路基础知识

§1-1　计数体制与码

一、计数体制

计数进位的规则称为计数体制，简称数制。在日常生活中多用十进制，在数字电路中要用到二进制、八进制、十六进制。

1. 十进制

十进制数中，每一位可取 0、1、2、……9 十个数码之一，相邻低位和高位的关系是"逢十进一，借一当十"。由于十进制数有 10 个不同的数码，常称其计数基数为 10。十进制数也可以用多项式表示，例如：

$$324.56 = 3 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 4 \times 10^0 + 5 \times 10^{-1} + 6 \times 10^{-2}$$

所以，任意一个十进制数都可以展开为：

$$\begin{aligned}(N)_{10} &= K_{n-1}K_{n-2}\cdots K_1K_0K_{-1}K_{-2}\cdots K_{-m} \\ &= K_{n-1} \times 10^{n-1} + K_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + K_1 \times 10^1 + K_0 \times 10^0 + K_{-1} \times 10^{-1} \\ &\quad + K_{-2} \times 10^{-2} + \cdots + K_{-m} \times 10^{-m} \\ &= \sum_{i=-m}^{n-1} K_i \times 10^i \end{aligned} \tag{1-1}$$

式中 K_i 为第 i 位的数码，取值范围为 0、1、2、…9；n 表示整数部分的位数；m 表示小数部分的位数；10^i 为第 i 位的权。

十进制数虽然在日常生活中普遍使用，但在数字电路中无法直接使用，因为十进制数有 10 个不同的数码 0、1、2、…9，要表示这些数码就要求电路元件具有 10 个稳定的状态，实际上是很难做到的。

根据十进制数的按权展开式(1-1)可推出任意进制数（如 R 进制数）的按权展开式为

$$(N)_R = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i \times R^i \tag{1-2}$$

式中 K_i 为第 i 位的数码，取值范围为 0、1、2、…$R-1$；R^i 为第 i 位的权；n、m 分别表示整数部分及小数部分的位数。

2. 二进制

二进制数中每一位可取 0、1 两个数码之一，进位规则是"逢二进一"，计数基数为 2。根据式(1-2)，任何一个二进制数的按权展开式为

$$(N)_2 = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i \times 2^i \tag{1-3}$$

例 1　写出二进制数 11011.11 的按权展开式。

解： $(11011.11)_2 = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} - 1 \times 2^{-2}$

二进制数的主要优点是容易用器件实现。由于二进制数的每一位只有 0、1 两种取值，因此可以用具有两个稳态的元件来表示一位二进制数。例如用三极管的饱和与截止、灯泡的亮与灭、继电器触点的闭合与断开等分别表示一位二进制数的 0、1。采用二进制数的缺点是当数值较大时位数较多，阅读不太方便。例如，十进制数 53，表示为二进制数时即为 110101。

3. 十六进制

十六进制中有 16 个基本的数码 0、1、2、…9、A、B、C、D、E、F。计数基数为 16，进位规则为“逢十六进一”，任何一个十六进制数可以用按权展开式表示为

$$(N)_{16} = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i \times 16^i \tag{1-4}$$

例 2　写出十六进制数 $8A \cdot 3E$ 的按权展开式

解： $(8A.3E)_{16} = 8 \times 16^1 + A \times 16^0 + 3 \times 16^{-1} + E \times 16^{-2}$

$= 8 \times 16^1 + 10 \times 16^0 + 3 \times 16^{-1} + 14 \times 16^{-2}$

目前微型计算机中多用 8 位(16 位) 二进制数，而 8 位(16 位) 二进制数可以表示用两位(4 位) 十六进制数，所以常用十六进制数书写程序。

前面介绍了十进制、二进制、十六进制数，为便于对照，将它们之间的关系列于列 1-1 中

表 1-1　几种数制之间的关系对照表

十进制数	二　进　制　数	十六进制数
0	0 0 0 0 0	0
1	0 0 0 0 1	1
2	0 0 0 1 0	2
3	0 0 0 1 1	3
4	0 0 1 0 0	4
5	0 0 1 0 1	5
6	0 0 1 1 0	6
7	0 0 1 1 1	7
8	0 1 0 0 0	8
9	0 1 0 0 1	9
10	0 1 0 1 0	A
11	0 1 0 1 1	B
12	0 1 1 0 0	C
13	0 1 1 0 1	D
14	0 1 1 1 0	E
15	0 1 1 1 1	F
16	1 0 0 0 0	10
17	1 0 0 0 1	11
18	1 0 0 1 0	12
19	1 0 0 1 1	13
20	1 0 1 0 0	14

4. 二进制数与十进制数间的互相转换

(1) 二进制数转换为十进制数

二进制数转换为十进制数的方法很简单，只要把二进制数按权展开相加，即可得到对应的十进制数。

例 3　把$(1011.01)_2$转换为十进制数。

解：$(1011.01)_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$

$= (11.25)_{10}$

(2) 十进制数转换成二进制数

十进制数转换成二进制数时要将十进制数分成整数与小数两部分分别转换，然后再将转换结果合成一个二进制数。

设十进制整数为$(N)_{10}$，对应的二进制数为$(K_{n-1}K_{n-2}\cdots K_2K_1K_0)_2$，则有

$$(N)_{10} = K_{n-1}2^{n-1} + \cdots + K_2 2^2 + K_1 2^1 + K_0 2^0$$
$$= 2(K_{n-1}2^{n-2} + \cdots + K_2 2^1 + K_1 2^0) + K_0$$

若将上式两边同除以 2，右边的商为$K_{n-1}2^{n-2} + \cdots + K_2 2^1 + K_1 2^0$，余数为$K_0$。由于等式两边的商和余数相等，故左边余数也为$K_0$，也就是说把十进制数$(N)_{10}$除以 2 后，余数即为对应二进制数的最低位$K_0$。

设左边的商为$(N)'_{10}$，则有

$$(N)'_{10} = K_{n-1}2^{n-2} + \cdots + K_2 2^1 + K_1 2^0$$
$$= 2(K_{n-1}2^{n-3} + \cdots + K_2 2^0) + K_1$$

若又将上式两边同除以 2，则右边余数为K_1，同理，左边余数也为K_1，也就是说把上次十进制数的商$(N)'_{10}$除以 2 后，其余数即为对应二进制数的次低位K_1。

依此类推，每次用 2 除前次的商，得到的余数即为对应位的二进制数。直到商为 0 为止，这时的余数即为二进制数的最高位K_{n-1}。

例 4　将十进制数 53 转换为二进制数。

解：

	余数
2 | 53	
2 | 26	$1(K_0)$
2 | 13	$0(K_1)$
2 | 6	$1(K_2)$
2 | 3	$0(K_3)$
2 | 1	$1(K_4)$
0	$1(K_5)$

故$(53)_{10} = (110101)_2$

十进制整数转换为二进制整数的方法可概括为“除 2 取余，逆序排列”。即将十进制整数除以 2，得到一个商和余数，再将新的商除以 2，…… 一直除下去，直到商是 0 为止；然后将每次得到的余数从后向前排列，就是对应的二进制数。

设十进制小数为$(N)_{10}$，对应的二进制小数为$(0.K_{-1}K_{-2}\cdots K_{-m})_2$，则有

$$(N)_{10} = K_{-1}2^{-1} + K_{-2}2^{-2} + K_{-3}2^{-3} + \cdots + K_{-m}2^{-m}$$

若将上式两边同乘以 2，则有

$$2(N)_{10} = K_{-1} + K_{-2}2^{-1} + K_{-3}2^{-2} + \cdots + K_{-m}2^{-(m-1)}$$

可见右边的整数部分为K_{-1}，小数部分为$K_{-2}2^{-1} + K_{-3}2^{-2} + \cdots + K_{-m}2^{-(m-1)}$；由于等式两边的整数及小数部分对应相等，故左边的整数部分也为K_{-1}，也即将十进制小数$(N)_{10}$乘以 2 后，

其整数部分即为对应二进制小数的最高位 K_{-1}。

设左边的小数部分为 $(N)_{10}^{1}$，则有

$$(N)_{10}^{1} = K_{-2}2^{-1} + K_{-3}2^{-2} + \cdots + K_{-m}2^{-(m-1)}$$

若又将上式两边同乘以 2 则有：

$$2(N)_{10}^{1} = K_{-2} + K_{-3}2^{-1} + \cdots + K_{-m}2^{-(m-2)}$$

可见，右边的整数部分为 K_{-2}，同理，左边的整数部分也为 K_{-2}，也即把前次十进制数的小数部分 $(N)_{10}^{1}$ 乘以 2 后，其整数部分即为对应二进制数的次高位 K_{-2}。

依此类推，每次把前次的小数部分乘以 2，得到的整数即为对应位的二进制数。直到小数部分为 0 为止（或要求的精度为止），这时得到的是二进制小数的最低位 K_{-m}。

例 5　将十进制数 0.8125 转换为二进制数。

解：

$0.8125 \times 2 = 1.625$	整数部分 $1(K_{-1})$
$0.625 \times 2 = 1.25$	$1(K_{-2})$
$0.25 \times 2 = 0.5$	$0(K_{-3})$
$0.5 \times 2 = 1.0$	$1(K_{-4})$

故 $(0.8125)_{10} = (0.1101)_2$

十进制小数转换为二进制小数的方法可概括为“乘 2 取整，顺序排列”。即把十进制小数乘以 2，记下乘积中的整数部分；再把小数部分乘以 2，…… 依此类推，直到小数部分是 0 为止（或要求的精度为止）；然后将每次得到的整数从前向后排列就得到对应的二进制小数。

5. 二进制数与十六进制数间的互相转换

(1) 二进制数转换为十六进制数

由于 4 位二进制数共有 16 种组合，即 0000、0001、…1111，而且当我们把 4 位二进制数看成一个整体时，它的进位输出正好是逢十六进一，所以 4 位二进制数对应一位十六进制数。据此，可推出二进制数转换为十六进制数的方法：先将二进制数分组，其中整数部分从最低位起每 4 位分成一组（最左边一组不足 4 位时可在有效位之前添零补齐），小数部分从最高位起每 4 位分为一组（最右边一组不足 4 位时可在有效位之后添零补齐），然后将每组二进制数用对应的十六进制数表示即得转换成的十六进制数。

例 6　将二进制数 1011101.111011 转换为十六进制数。

解：$(1011101.111011)_2 = (0101\ \ 1101.1110\ \ 1100)_2$

$= (5D.EC)_{16}$

(2) 十六进制数转换为二进制数

要将十六进制数转换成二进制数，只需将十六进制数逐位用对应的 4 位二进制数表示，便得到转换的二进制数。

例 7　将十六进制数 8FA.C6 转换为二进制数。

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

二、二——十进制码（BCD 码）

数字电路和计算机只识别二进制数，为此常用一定位数的二进制数码来表示十进制数、字符等，这个一定位数的二进制数码称为代码；而把用来表示一位十进制数的二进制代码称为二

——十进制码，简称BCD码①

用二进制代码来表示十进制数时，由于一位十进制数有10个不同的数码0、1、2、…、9，所以至少需要4位二进制数码。4位二进制数码共有$2^4=16$种组合，我们可任选10种组合来表示十进制数的10个数码，选取的方法不同得到的代码就不同，常见的BCD码有8421码，余3码，2421码，格雷码等，如表1-2所示。BCD码分为有权码和无权码，有权码中代码的每一位有确定的权，若把代码按权展开即得所表示的十进制数。无权码中每一位没有确定的权，也就不能通过运算得到所表示的十进制数。

表1-2 常用的二——十进制码

码类 / 十进制数	8421码	余3码	2421(A)码	2421(B)码	格雷码
0	0 0 0 0	0 0 1 1	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0
1	0 0 0 1	0 1 0 0	0 0 0 1	0 0 0 1	0 0 0 1
2	0 0 1 0	0 1 0 1	0 0 1 0	0 0 1 0	0 0 1 1
3	0 0 1 1	0 1 1 0	0 0 1 1	0 0 1 1	0 0 1 0
4	0 1 0 0	0 1 1 1	0 1 0 0	0 1 0 0	0 1 1 0
5	0 1 0 1	1 0 0 0	0 1 0 1	1 0 1 1	0 1 1 1
6	0 1 1 0	1 0 0 1	0 1 1 0	1 1 0 0	0 1 0 1
7	0 1 1 1	1 0 1 0	0 1 1 1	1 1 0 1	0 1 0 0
8	1 0 0 0	1 0 1 1	1 1 1 0	1 1 1 0	1 1 0 0
9	1 0 0 1	1 1 0 0	1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 0 1
权	8421		2421	2421	

1．8421码

8421码用4位二进制数码的前10种组合依次表示十进制数的10个数码0、1、2、…、9，它是一种有权码，各位的权依次为8、4、2、1，由于它与4位自然二进制数的权2^3、2^2、2^1、2^0完全相同，因此8421码也称为自然权BCD码。

8421码具有下列特点：

①具有奇偶对称性。当十进制数为奇数时，其8421码的最低位为1；当十进制数为偶数时，其8421码的最低位为0。

②转换方便。要把十进制数转换为8421码时，只需按顺序把每位十进制数用4位8421码表示即可；而当把8421码转换为十进制数时，只需按顺序把4位8421码用对应的十进制数代替即可。

③有6个多余组合1010～1111。8421码只使用了4位二进制数码的前10种组合，后6种组合没有使用，正常工作时禁止出现。

2．余3码

余3码的组成方法是在4位二进制数码的16种组合中舍去前后各3种组合，用中间的10种组合依次表示十进制数的0、1、2、…9十个数，余3码是一种无权码。比较余3码和8421码可知，同一个十进制数的余3码比8421码多3，因此，余3码可由8421码加3得到。即：

① BCD码是Binaty-Coded-Decimal的缩写，即二进制编码的十进制数码。

$$a_3a_2a_1a_{0(\text{余3码})} = b_3b_2b_1b_{0(\text{8421码})} + 0011$$

余 3 码的特点是表示十进制数 0 和 9，1 和 8，2 和 7，3 和 6，4 和 5 的码互为反码。例如：$(1)_{10}$ 的余 3 码为 0100，$(8)_{10}$ 的余 3 码为 1011。

3. 2421 码

2421 码是一种有权码，各位的权依次为 2、4、2、1。根据权有两种对十进制数编码的方法，一种是低位优先考虑，得到的编码称为 2421(*A*) 码，它由 4 位二进制数码的前 8 种和后 2 种组合构成；另一种是高位优先考虑，得到的编码称为 2421(*B*) 码，它由 4 位二进制数码的前 5 种和后 5 种组合构成。2421(*B*) 码的应用比 2421(*A*) 码广泛，2421(*B*) 码有一特点，它表示十进制数 0 和 9、1 和 8、2 和 7、3 和 6、4 和 5 的码互为反码。

4. 格雷码

格雷码是一种无权码，它的编码原则是相邻两个数的代码中只有一位数码不同，因此它的编码方案很多，最常见的是循环码。循环码的构成方法是最低位按 0110 重复，次低一位按 00111100 重复，……。1 ～ 4 位循环码的排列见表 1 － 3。

表 1-3　循环码排列表

1	2	3	4
0	0 0	0 0 0	0 0 0 0
1	0 1	0 0 1	0 0 0 1
	1 1	0 1 1	0 0 1 1
	1 0	0 1 0	0 0 1 0
		1 1 0	0 1 1 0
		1 1 1	0 1 1 1
		1 0 1	0 1 0 1
		1 0 0	0 1 0 0
			1 1 0 0
			1 1 0 1
			1 1 1 1
			1 1 1 0
			1 0 1 0
			1 0 1 1
			1 0 0 1
			1 0 0 0

BCD 码中的格雷码是选用 4 位循环码中的前 10 种组合，依次表示十进制数 0、1、2、…9。

格雷码具有下列特点：

① 任意两个数的格雷码只有一位数码不同。例如，$(4)_{10}$ 和 $(5)_{10}$ 的格雷码分别为 0110 和 1110。

当数字电路中采用格雷码计数时，由于相邻代码只有一位数码变化，所以可大大减少电路中竞争与冒险的可能性(见第三章)。

② 具有反射特性：观察格雷码可以看出以中间为对称的两个代码最高位相反，其余位相同，因此说格雷码具有反射特性。并称格雷码为反射码。

§1-2 逻辑函数与逻辑代数

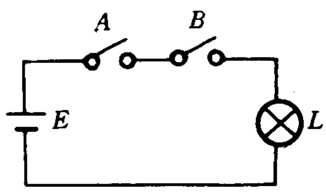
一、逻辑函数

1. 基本逻辑运算

研究逻辑问题的数学工具是逻辑代数，它是英国数学家乔治·布尔在 1845 年创立的，所以又名布尔代数。逻辑代数中的变量叫逻辑变量，逻辑变量的取值只有 0、1 两种，分别用来表示事物中矛盾的两个方面。例如，电平的高与低、信号的有与无、开关的闭合与断开等。逻辑代数中有 3 种基本逻辑运算即与运算、或运算、非运算。

(1) 与运算

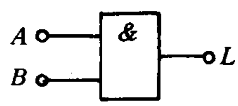
我们先看一个简单的电路，如图 1-1(*a*) 所示。在该电路中，只有当开关 *A* 和 *B* 同时闭合时，灯 *L* 才会亮。由此我们可得出一种因果关系：只有决定某事件的所有条件全部具备时，该事件才会发生，这种因果关系称为与逻辑关系，简称与逻辑。与逻辑可用真值表、逻辑表达式、逻辑符号等表示。



(*a*)

A	*B*	*L*
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

(*b*)



(*c*)

图 1-1 与逻辑

(*a*) 电路图 (*b*) 真值表 (*c*) 逻辑符号

对于图 1-1(*a*) 所示电路，如果我们用 1 表示开关闭合及灯亮，用 0 表示开关断开及灯灭，则可列出用 0、1 表示的开关状态与灯状态关系的表格，如图 1-1(*b*) 所示。我们把这种表示输入变量的所有取值组合与其对应的输出变量取值的关系表叫做逻辑真值表，简称真值表。

在逻辑代数中为了用数学的方法研究逻辑问题，与逻辑关系常用与逻辑表达式表示为：

$$L = A \cdot B \tag{1-5}$$

该式读做 *L* 等于 *A* 与 *B*。*A*、*B* 间的运算关系称为与运算，也称逻辑乘运算；"·"为与运算符号，常可省略。与运算的规则满足与逻辑真值表，即：

$$0 \cdot 0 = 0$$

$$0 \cdot 1 = 1 \cdot 0 = 0$$

$$1 \cdot 1 = 1$$

与逻辑关系还可用图 1-1(*c*) 所示的图形符号表示，称为与逻辑符号。在数字电路中由于与运算是由与门(实现与运算的电路)完成的，所以该符号也用来表示与门。

(2) 或运算

对于图 1-2(*a*) 所示的简单电路，只要有一个开关闭合灯就亮，当两个开关全部断开时灯