普通高等教育"十五"规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIWU GUIHUA JIAOCAI

数字电子技术基础

王树昆 主编 赵晓巍 张桂青 副主编

3

中国电力出版社
http://jc.cepp.com.cn

普通高等教育“十五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU SHIWU GUIHUA JIAOCAI

数字电子技术基础

主　编　王树昆

副主编　赵晓巍　张桂青

编　写　张志恒　耿淑[illegible]

　　　　丁绪东

主　审　王祖强

中国电力出版社

http://jc.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十五”规划教材，是依据教育部《高等工业学校电子技术基础课程教学基本要求》，并融合了作者长期教学中积累的经验和成果编写而成。

全书共分九章，内容包括：数字逻辑基础、逻辑门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、脉冲波形的产生与整形、半导体存储器、可编程逻辑器件、数/模和模/数转换器。为配合正文的学习，书中每章均附有内容提要、本章小结、复习思考题和习题，以便于组织教学和自学。

本书主要作为普通高等学校电气信息类、电子信息类各专业的本科教材，也可作为专科、高职及函授教材和相关专业工程技术人员的参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

数字电子技术基础/王树昆主编．—北京：中国电力出版社，2005

普通高等教育“十五”规划教材

ISBN 7－5083－2066－2

Ⅰ．数…　Ⅱ．王…　Ⅲ．数字电路－电子技术－高等学校－教材　Ⅳ．TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2005）第 010730 号

中国电力出版社出版、发行

（北京三里河路 6 号　100044　http://jc.cepp.com.cn）

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2005 年 3 月第一版　2005 年 3 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米　16 开本　15.25 印张　351 千字

印数 0001—3000 册　定价 **23.80** 元

序

由中国电力教育协会组织的普通高等教育“十五”规划教材，经过各方的努力与协作，现在陆续出版发行了。这些教材既是有关高等院校教学改革成果的体现，也是各位专家教授丰富的教学经验的结晶。这些教材的出版，必将对培养和造就我国21世纪高级专门人才发挥十分重要的作用。

自1978年以来，原水利电力部、原能源部、原电力工业部相继规划了一至四轮统编教材，共计出版了各类教材1000余种。这些教材在改革开放以来的社会主义经济建设中，为深化教育教学改革，全面推进素质教育，为培养一批批优秀的专业人才，提供了重要保证。原全国高等学校电力、热动、水电类专业教学指导委员会在此间的教材建设工作中，发挥了极其重要的历史性作用。

特别需要指出的是，“九五”期间出版的很多高等学校教材，经过多年的教学实践检验，现在已经成为广泛使用的精品教材。这批教材的出版，对于高等教育教材建设起到了很好的指导和推动作用。同时，我们也应该看到，现用教材中有不少内容陈旧，未能反映当前科技发展的最新成果，不能满足按新的专业目录修订的教学计划和课程设置的需要，而且一些课程的教材可供选择的品种太少。此外，随着电力体制的改革和电力工业的快速发展，对于高级专门人才的需求格局和素质要求也发生了很大变化，新的学科门类也在不断发展。所有这些，都要求我们的高等教育教材建设必须与时俱进，开拓创新，要求我们尽快出版一批内容新、体系新、方法新、手段新，在内容质量上、出版质量上有突破的高水平教材。

根据教育部《关于“十五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》的精神，“十五”期间普通高等教育教材建设的工作任务就是通过多层次的教材建设，逐步建立起多学科、多类型、多层次、多品种系列配套的教材体系。为此，中国电力教育协会在充分发挥各有关高校学科优势的基础上，组织制订了反映电力行业特点的“十五”教材规划。“十五”规划教材包括修订教材和新编教材。对于原能源部、电力工业部组织原全国高等学校电力、热动、水电类专业教学指导委员会编写出版的第一至四轮全国统编教材、“九五”国家重点教材和其他已出版的各类教材，根据教学需要进行修订。对于新编教材，要求体现电力及相关行业发展对人才素质的要求，反映相关专业科技发展的最新成就和教学内容、课程体系的改革成果，在教材内容和编写体系的选择上不仅要有本学科（专业）的特色，而且注意体现素质教育和创新能力与实践能力的培养，为学生知识、能力、素质协调发展创造条件。考虑到各校办学特色和培养目标不同，同一门课程可以有多本教材供选择使用。上述教材经中国电力教育协会电气工程学科教学委员会、能源动力工程学科教学委员会、电力经济管理学科教学委员会的有关专家评审，推

荐作为高等学校教材。

在“十五”教材规划的组织实施过程中，得到了教育部、国家经贸委、国家电力公司、中国电力企业联合会、有关高等院校和广大教师的大力支持，在此一并表示衷心的感谢。

教材建设是一项长期而艰巨的任务，不可能一蹴而就，需要不断完善。因此，在教材的使用过程中，请大家随时提出宝贵的意见和建议，以便今后修订或增补。（联系方式：100761 北京市宣武区白广路二条1号综合楼9层　中国电力教育协会教材建设办公室 010－63416237）

中国电力教育协会

前　言

《数字电子技术基础》是电气信息类、电子信息类专业的一门重要的技术基础课，历来受到各工科高等院校的重视。为适应电子信息时代的新形势和培养面向21世纪电子技术人才的迫切需要，依据教育部《高等工业学校电子技术基础课程教学基本要求》，并融合了作者长期教学中积累的经验和成果编写了此教材。在编写过程中考虑了以下几点：

(1) 在内容的选取上，首先立足于打好基础。在确保基本概念、基本原理和基本教学方法的前提下，简化集成电路内部结构和工作原理的讲述，减少小规模集成电路的内容，尽可能多地介绍中大规模集成电路及其应用。以能力培养为主线，以应用为目的，突出思路与方法阐述，力求反映当今数字电子技术的新发展。

(2) 在教材内容编排上精心组合，深入浅出，概念清晰，体系严谨。做到重点突出，层次分明，互相衔接，逻辑性强，以有利于教学。在文字上力求文字简洁流畅，通顺易懂，便于学生自学。

(3) 每章均附有内容提要和本章小结与正文配合，并编写了具有启发意义的复习思考题和习题。这些内容旨在强调重点内容和各个知识点之间的联系，以使读者系统地运用所学的理论知识。

参加本书编写工作的有王树昆（第一、二、三、四、五、六章）、赵晓巍（第一章）、张桂青（第六章）、张志恒（第一、二、七、九章）、耿淑娟（第八章）、丁绪东（第二章）。王树昆任主编，负责全书的组织、统稿和定稿。赵晓巍、张桂青任副主编，负责修改了第七、九章的内容。

山东大学信息科学与工程学院王祖强教授对本书的编写给予了大力支持并担任主审，王教授不辞辛苦地认真审阅了全部书稿并提出了许多宝贵的意见，在此表示衷心的感谢。借此机会也向所有关心、支持和帮助过本书编写、出版、发行工作的同志们致以诚挚的谢意。

由于作者水平有限，加之时间比较仓促，书中难免有不妥和疏漏之处，殷切希望使用本教材的师生和读者给予批评指正。

编　者

2005年1月

目　录

第1章 数字逻辑基础

内容提要

数字逻辑基础亦称逻辑代数基础。本章主要介绍描述数字电路逻辑功能的数学方法。首先介绍了数字电路中常用的计数体制及其相互转换方法和几种常用的编码，然后介绍了逻辑代数的基本运算、复合运算、基本公式、定律、定理、规则和逻辑函数的表示方法及其相互转换方法，最后着重讲述了逻辑函数的代数化简法和卡诺图化简法。

1.1 概述

1.1.1 信号的分类

在自然界存在的许多物理量中，有一类物理量如温度、湿度、压力、速度等，它们在时间和数值上都具有连续变化的特点，这一类物理量称为模拟量。把表示模拟量的信号叫做**模拟信号**。用以产生、传递和处理模拟信号的电路称为模拟电路。

另一类物理量如自动生产线上输出的零件数目等，在时间和数量上都是离散变化的，即变化在时间上是不连续的，总是发生在一系列离散的瞬间，且数量大小和每次的增减变化都是某一个最小数量单位的整数倍，而小于这个最小数量单位的数值是没有任何物理意义的，这一类物理量称为数字量。把表示数字量的信号叫做**数字信号**。用以产生、传递和处理数字信号的电路称为数字电路。

1.1.2 计数体制

“数”有多种多样的表示方法，最常用的是进位计数制，进位计数制只用几个“数码”就能将任意大小的数表示出来。在日常生活中有各种各样的进位制，但在数字系统中最常用的是二进制、八进制、十六进制和十进制。

一、十进位计数制

十进位计数制是一种标位计数制，它只用十个数码0，1，2，3，4，5，6，7，8，9就能将任意大小的数表示出来，其计数规律是“逢十进一”，简称十进制。例如：3658.47，它可以表示为

$$3658.47=3\times10^{3}+6\times10^{2}+5\times10^{1}+8\times10^{0}+4\times10^{-1}+7\times10^{-2}$$

等号左边的形式称之为十进制数的标位计数法，或称为并列表示法。365847分别是等号右边形式千位、百位、十位、个位、十分位、百分位的系数。由此可见处于不同位置上的数字符号具有不同的意义，或者说有着不同权，即乘数10^{3}、10^{2}、10^{1}、10^{0}、10^{-1}、10^{-2}是十进制数3658.47各位的“权”。乘上了权的系数叫加权系数，十进制数的数值就是各加权系数之和。

因此，称上式等号右边形式为按权展开式。

十进制数中有一个基本特征数“10”，它表征了该进位计数制所具有的数码个数及进位规则，称之为十进位计数制的“基数”。

基数和权是进位制的两个要素，正确理解其含意，便可掌握进位计数制的全部内容。对于一个任意大小的十进制数，可以表示为

$$(D)_{10} = \sum_{i=-m}^{n-1} a_i \times 10^i \tag{1.1.1}$$

式中：a_i 为基数“10”的第 i 次幂的系数，它可以是 0～9 这十个数码中的任何一个；10^i 为第 i 位的权；m、n 为正整数，m 表示小数部分的位数，n 表示整数部分的位数；下角标 10 表示括号里的数是十进制数。式（1.1.1）称为任意十进制数的按“权”展开式。

若以 N 代替上式中的 10，就可得到任意进制（N 进制）数的按权展开式

$$(D)_N = \sum_{i=-m}^{n-1} a_i \times N^i \tag{1.1.2}$$

二、二进制数

二进制计数制是以“2”为基数，“逢二进一”的标位计数制。二进制数中每一位仅有 0 或 1 两个可能的数码。任何一个二进制数均可展开为

$$(D)_2 = \sum_{i=-m}^{n-1} a_i \times 2^i \tag{1.1.3}$$

式中 a_i 为基数“2”的第 i 次幂的系数，它可以是 0 和 1 这两个数码中的任何一个。例如

$$(1101.101)_2 = 1\times 2^3 + 1\times 2^2 + 0\times 2^1 + 1\times 2^0 + 1\times 2^{-1} + 0\times 2^{-2} + 1\times 2^{-3}$$

三、八进制数

八进制数是以“8”为基数，“逢八进一”的标位计数制。在八进制数中，每一位可以用 0～7 八个数码中的任何一个表示。任何一个八进制数均可展开为

$$(D)_8 = \sum_{i=-m}^{n-1} a_i \times 8^i \tag{1.1.4}$$

式中 a_i 为基数“8”的第 i 次幂的系数，它可以是 0～7 八个数码中的任何一个。例如

$$(3507.461)_8 = 3\times 8^3 + 5\times 8^2 + 0\times 8^1 + 7\times 8^0 + 4\times 8^{-1} + 6\times 8^{-2} + 1\times 8^{-3}$$

四、十六进制数

十六进制数是以“16”为基数，“逢十六进一”的计数制。在十六进制数中，每一位可以用 0～9、A(10)、B(11)、C(12)、D(13)、E(14)、F(15)十六个数码中的任何一个表示。任何一个十六进制数均可展开为

$$(D)_{16} = \sum_{i=-m}^{n-1} a_i \times 16^i \tag{1.1.5}$$

式中 a_i 为基数“16”的第 i 次幂的系数，它可以是 0～9、A(10)、B(11)、C(12)、D(13)、E(14)、F(15)十六个数码中的任何一个。例如

$$(8A6E.4B1)_{16} = 8\times 16^3 + A\times 16^2 + 6\times 16^1 + E\times 16^0 + 4\times 16^{-1} + B\times 16^{-2} + 1\times 16^{-3}$$

1.1.3　各种进制数之间的互相转换

一、二、八、十六进制数转换为十进制数

由以上讨论可知，不同进位计数制只是描述数值的方式不同。因而它们是可以互相转换的，转换的前提是保证转换前后数值相等。

要将一个任意进制数（N 进制）数转换为一个十进制数，只要将该 N 进制数按式（1.1.2）展开，然后把各项数值按十进制数相加，就可以得到等值的十进制数了。例如

$$\begin{aligned}(1101.1011)_2 &= 1\times2^3+1\times2^2+0\times2^1+1\times2^0+1\times2^{-1}+0\times2^{-2}+1\times2^{-3}+1\times2^{-4}\\ &= 8+4+1+0.5+0.125+0.0625=(13.6875)_{10}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(243.17)_8 &= 2\times8^2+4\times8^1+3\times8^0+1\times8^{-1}+7\times8^{-2}\\ &= 128+32+3+0.125+0.109375=(163.234375)_{10}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(6E.41)_{16} &= 6\times16^1+E\times16^0+4\times16^{-1}+1\times16^{-2}\\ &= 96+14+0.25+0.00390625=(110.25390625)_{10}\end{aligned}$$

二、十进制数转换为二、八、十六进制数

十进制数转换为任意进制（N 进制）数，须对整数和小数部分分别进行转换。

1. 整数部分的转换

假设十进制整数为 $(D)_{10}$，它所对应的任意 N 进制数为 $(a_na_{n-1}\cdots a_1a_0)_N$，则有

$$(D)_{10}=a_nN^n+a_{n-1}N^{n-1}+\cdots+a_1N^1+a_0=N(a_nN^{n-1}+a_{n-1}N^{n-2}+\cdots+a_1)+a_0 \tag{1.1.6}$$

将式（1.1.6）两边同除以 N，那么两边的商和余数必然对应相等，所得的商为 $(a_nN^{n-1}+a_{n-1}N^{n-2}+\cdots+a_1)$，所得的余数就是 a_0。

同理这个商又可以写为

$$\frac{(D)_{10}-a_0}{N}=N(a_nN^{n-2}+a_{n-1}N^{n-3}+\cdots+a_2)+a_1 \tag{1.1.7}$$

将式（1.1.7）两边再除以 N，则所得之余数即为 a_1。

依此类推，反复将每次得到的商再除以 N，直至最后商为 0，便可以求出对应于任意 N 进制数的每一位系数。

例 1.1.1　将 $(241)_{10}$ 转换为二进制数和八进制数。

解　(1)

2	241	…… 1	a_0	低位
2	120	…… 0	a_1	
2	60	…… 0	a_2	
2	30	…… 0	a_3	
2	15	…… 1	a_4	
2	7	…… 1	a_5	
2	3	…… 1	a_6	
	1	…… 1	a_7	高位

于是得到 $(241)_{10}=(11110001)_2$。

(2)

8	241	…… 1	a_0	低位
8	30	…… 6	a_1	
	3	…… 3	a_2	高位

于是得到 $(241)_{10}=(361)_8$。

例 1.1.2 将 $(2803)_{10}$转换为十六进制数。

解

16	2803	…… 余数 $(3)_{10}=(3)_{16}$	a_0	低位
16	175	…… 余数 $(15)_{10}=(F)_{16}$	a_1	
16	10	…… 余数 $(10)_{10}=(A)_{16}$	a_2	高位
	0			

于是得到 $(2803)_{10}=(AF3)_{16}$。

2. 小数部分的转换

假设十进制小数为 $(D)_{10}$，对应的任意 N 进制数为 $(0.a_{-1}a_{-2}\cdots a_{-m+1}a_{-m})_N$，则有

$$(D)_{10}=a_{-1}N^{-1}+a_{-2}N^{-2}+a_{-3}N^{-3}+\cdots+a_{-m}N^{-m} \tag{1.1.8}$$

将式 (1.1.8) 两边同乘以 N 得

$$N(D)_{10}=a_{-1}+(a_{-2}N^{-1}+a_{-3}N^{-2}+\cdots+a_{-m}N^{-m+1}) \tag{1.1.9}$$

可以看出用 N 乘 $(D)_{10}$所得乘积的整数部分就是 a_{-1}。乘积的小数部分又可写为

$$N(D)_{10}-a_{-1}=a_{-2}N^{-1}+a_{-3}N^{-2}+\cdots+a_{-m}N^{-m+1} \tag{1.1.10}$$

将式 (1.1.10) 两边再乘以 N 得

$$N[N(D)_{10}-a_{-1}]=a_{-2}+a_{-3}N^{-1}+a_{-4}N^{-2}+\cdots+a_{-m}N^{-m+2} \tag{1.1.11}$$

所得乘积的整数部分就是 a_{-2}。

依此类推，将每次乘 N 后所得乘积的小数部分再乘以 N，直至最后乘积的小数部分为 0 或达到一定的精度为止，便可求得任意 N 进制小数的每一位系数。

例 1.1.3 将 $(0.1285)_{10}$转换为二进制数、八进制数和十六进制数，要求精确到小数 4 位。

解 (1)

$$\begin{array}{r l}
0.1285 & \\
\times \quad 2 & \\
\hline
0.2570 & \cdots\cdots \text{整数为 } 0,\ a_{-1}=0 \\
\times \quad 2 & \\
\hline
0.5140 & \cdots\cdots \text{整数为 } 0,\ a_{-2}=0 \\
\times \quad 2 & \\
\hline
1.0280 & \cdots\cdots \text{整数为 } 1,\ a_{-3}=1 \\
-1 \quad & \\
\hline
0.0280 & \\
\times \quad 2 & \\
\hline
0.0560 & \cdots\cdots \text{整数为 } 0,\ a_{-4}=0
\end{array}$$

于是得到 $(0.1285)_{10} \approx (0.0010)_2$。

(2)

$$\begin{array}{r l}
0.1285 & \\
\times \quad 8 & \\
\hline
1.0280 & \cdots\cdots \text{整数为 } 1,\ a_{-1}=1 \\
-1 \quad & \\
\hline
0.0280 & \\
\times \quad 8 & \\
\hline
0.2240 & \cdots\cdots \text{整数为 } 0,\ a_{-2}=0 \\
\times \quad 8 & \\
\hline
1.7920 & \cdots\cdots \text{整数为 } 1,\ a_{-3}=1 \\
-1 \quad & \\
\hline
0.7920 & \\
\times \quad 8 & \cdots\cdots \text{整数为 } 6,\ a_{-4}=6 \\
\hline
6.3360 &
\end{array}$$

于是得到 $(0.1285)_{10} \approx (0.1016)_8$。

(3)

$$\begin{array}{r l}
0.1285 & \\
\times \quad 16 & \\
\hline
2.0560 & \cdots\cdots \text{整数为 } 2,\ a_{-1}=2 \\
-2 \quad & \\
\hline
0.0560 & \\
\times \quad 16 & \\
\hline
0.8960 & \cdots\cdots \text{整数为 } 0,\ a_{-2}=0 \\
\times \quad 16 & \\
\hline
14.3360 & \cdots\cdots \text{整数为 } 14,\ a_{-3}=\text{E}
\end{array}$$

于是得到 $(0.1285)_{10} \approx (0.20\text{E})_{16}$。

由以上例题可以发现，在实现小数转换时，不一定能正好转换为有限位小数，因而必须考虑转换精度问题，即根据需要来确定转换位数。

三、二进制与八进制的相互转换

因为 3 位二进制数从（**000**）～（**111**）共有八个不同的状态，如果 **111** 再加 **1** 就成为4位二进制数**1000**，且前三位回到 **000**，满足逢八进一的计数规律，所以 3 位二进制数恰好相当于 1 位八进制数。这样将二进制数转换为八进制数时，对整数部分，只需从最低位到高位每 3 位二进制数分为一组，高位不足 3 位时补 **0** 凑足 3 位，然后将每一组二进制数用一个等值的八进制数代替即可。小数部分从小数点后一位开始向后每 3 位二进制数分为一组，低位不足 3 位时补 **0** 凑足3位，然后将每一组二进制数用一个等值的八进制数代替即可。同理八进制转换为二进制时，每一位八进制数只需用等值的 3 位二进制数代替即可。

例 1.1.4　将 $(1010011.11001)_2$ 转换为八进制数，$(273.34)_8$ 转换为二进制数。

解　(1)

$$\begin{array}{cccccc} & (001, & 010, & 011. & 110, & 010)_2 \\ & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ =(& 1 & 2 & 3. & 6 & 2\ )_8 \end{array}$$

(2)

$$\begin{array}{cccccc} & (2 & 7 & 3. & 3 & 4)_8 \\ & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ & \multicolumn{5}{c}{=(010111011.011100)_2} \end{array}$$

四、二进制与十六进制之间的转换

因为 4 位二进制数从（**0000**）～（**1111**）共有 16 个不同的状态，如果 **1111** 再加 **1** 就成为 5 位二进制数**10000**，且前四位回到 **0000**，满足逢十六进一的计数规律，所以 4 位二进制数恰好相当于 1 位十六进制数。这样将二进制数转换为十六进制数时，对整数部分，只需从最低位到高位每 4 位二进制数分为一组，高位不足 4 位时补 **0** 凑足4位，然后将每一组二进制数用一个等值的十六进制数代替即可。小数部分从小数点后一位开始向后每 4 位二进制数分为一组，低位不足 4 位时补 **0** 凑足4位，然后将每一组二进制数用一个等值的十六进制数代替即可。同理十六进制变为二进制时，每 1 位十六进制数只需用等值的 4 位二进制数代替即可。

例 1.1.5　将 $(1010011.11001)_2$ 转换为十六进制数，$(2A9.3C)_{16}$转换为二进制数。

解　(1)

$$\begin{array}{ccccc} & (0101, & 0011. & 1100, & 1000)_2 \\ & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ =(& 5 & 3. & C & 8)_{16} \end{array}$$

(2)

$$\begin{array}{cccccc} & (2 & A & 9. & 3 & C)_{16} \\ & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ & \multicolumn{5}{c}{=(0010\ \ 1010\ \ 1001.\ 00111100)_2} \end{array}$$

1.1.4　二进制码

数字系统中的信息包括数字、文字、符号等，它们都可以用多位二进制数码来表示。用二进制数码表示数字、文字、符号等信息的过程叫**编码**，用来进行编码的二进制数码称为**二进制代码**。如果需要编码的信息量为 N，则用以编码的一组二进制代码所需位数 n 应满足

$2^n \geq N$。例如：若信息量为 $N=8$，则编码所需的二进制代码位数 $n=3$。

一、二－十进制码

凡是利用若干位二进制数码来表示1位十进制数码的方法称为二－十进制编码，简称为二－十进制码，即 **BCD**（Binary－Coded Decimal）**码**。

1位十进制数有0～9十个不同数码，需要用4位二进制数才能表示。4位二进制数码有 $2^4=16$ 种不同的组合。因而，从16种组合状态中选用其中10种组合状态来表示1位十进制数0～9的编码方法很多，常用的二－十进制编码有以下几种：

1. 8421BCD码（简称8421码）

这种编码的4位二进制数码从高位至低位每位的权分别为8、4、2、1，故称为8421码，如表1.1.1所示，它是一种有权码。就 **0000**～**1001** 这十个二进制数而言，8421码和通常的4位二进制数没有区别，但需注意8421码中没有 **1010**～**1111** 这几个组合，这和通常的4位二进制数不同。8421码容易识别，转换也很方便，是广泛应用的一种编码。

对于有权码，应满足下列关系式

$$(D)_{10} = \sum_{i=0}^{3} a_i \times W_i \tag{1.1.12}$$

式中：a_i 是 i 位的二进制数码（**0** 或 **1**），W_i 是 i 位的权。

例如8421码中的 **0110** 所代表的十进制数为

$$(\mathbf{0110})_{8421} = \mathbf{0} \times 8 + \mathbf{1} \times 4 + \mathbf{1} \times 2 + \mathbf{0} \times 1 = (6)_{10}$$

十进制数和8421码之间可直接按位转换。例如：

$$(94.12)_{10} = (\mathbf{10010100.00010010})_{8421}$$

2. 余三码

每个1位十进制数码用余三码表示时，比8421码多3（即多 **0011**），故称为余三码。例如1位十进制数码 $(5)_{10}$，用余三码表示为 **1000**，而用8421码为 **0101**，**1000** － **0101** = **0011**。余三码是一种无权码。

常用的几种二－十进制编码表如表1.1.1所示。

表1.1.1 **常用的几种二－十进制编码**

十进制数 \ 编码种类	8421码	2421A码	2421B码	5421码	余3码
0	**0000**	**0000**	**0000**	**0000**	**0011**
1	**0001**	**0001**	**0001**	**0001**	**0100**
2	**0010**	**0010**	**0010**	**0010**	**0101**
3	**0011**	**0011**	**0011**	**0011**	**0110**
4	**0100**	**0100**	**0100**	**0100**	**0111**
5	**0101**	**0101**	**1011**	**1000**	**1000**
6	**0110**	**0110**	**1100**	**1001**	**1001**
7	**0111**	**0111**	**1101**	**1010**	**1010**
8	**1000**	**1110**	**1110**	**1011**	**1011**
9	**1001**	**1111**	**1111**	**1100**	**1100**
权	8421	2421	2421	5421	无

表 1.1.1 中还列出了 2421 码和 5421 码，它们都是有权码，2421 码和 5421 码的编码方案不是唯一的。例如 5421 码的 $(7)_{10}$，既可以用 **1010** 表示也可以用 **0111** 表示；2421 码的 $(5)_{10}$，既可以用 **0101** 表示，也可以用 **1011** 表示。

从表 1.1.1 中可以看出：同一代码用不同的编码方法时，其表示的意义不同。如表中 **0100** 代码，在 8421 码、2421A 码、2421B 码和 5421 码中代表 $(4)_{10}$，而在余 3 码中代表 $(1)_{10}$。

二、格雷码（Gray 码）

格雷码的基本特点是：任何两个代码之间仅有一位不同，因而又叫单位距离码。

格雷码属于无权码，它有多种编码形式，其中最常用的一种是循环码，表 1.1.2 给出了 4 位代码的循环码编码表。

表 1.1.2　四位代码的循环码编码表

十进制数	$G_3\ G_2\ G_1\ G_0$	十进制数	$G_3\ G_2\ G_1\ G_0$	十进制数	$G_3\ G_2\ G_1\ G_0$
0	0 0 0 0	6	0 1 0 1	11	1 1 1 0
1	0 0 0 1	7	0 1 0 0	12	1 0 1 0
2	0 0 1 1	8	1 1 0 0	13	1 0 1 1
3	0 0 1 0	9	1 1 0 1	14	1 0 0 1
4	0 1 1 0	10	1 1 1 1	15	1 0 0 0
5	0 1 1 1				

由表 1.1.2 可见，格雷码从一个代码变为相邻的另一个代码时，其中只有一位二进制数码变化，例如从 7 变到 8，即由 **0100** 变到 **1100**，只有最左一位发生变化，而 8421 码则由 **0111** 变为 **1000**，四位都发生了变化。显然，采用格雷码可减少代码在进行变化时产生错误的概率。

格雷码广泛用于输入、输出设备和模拟－数字转换器等。

复习思考题

1.1.1　数字信号和模拟信号各有什么特点？

1.1.2　数字系统中有哪几种计数体制？它们之间如何相互转换？

1.1.3　什么是 BCD 码？常用的 BCD 码有哪几种？

1.1.4　格雷码有什么特点，用于什么场合？

1.2　逻　辑　代　数

在客观世界中，许多事物之间的关系具有因果性。例如，照明线路中开关与灯的关系，灯亮与灯灭取决于开关的闭合与断开。开关闭合与否是因，灯亮不亮是果，这种因果关系称为逻辑关系。所谓逻辑，就是指“条件”与“结果”之间的因果关系。用以分析研究这种逻辑关系的数学工具就是逻辑代数，也称为布尔代数。

在日常生活中，许多事物都只有相互对立的两种不同状态。例如，开关的闭合与断开、灯的亮与灭、一件事情的真与假、电压的高与低、电流的有与无等等。如果用 **0** 来代表其中