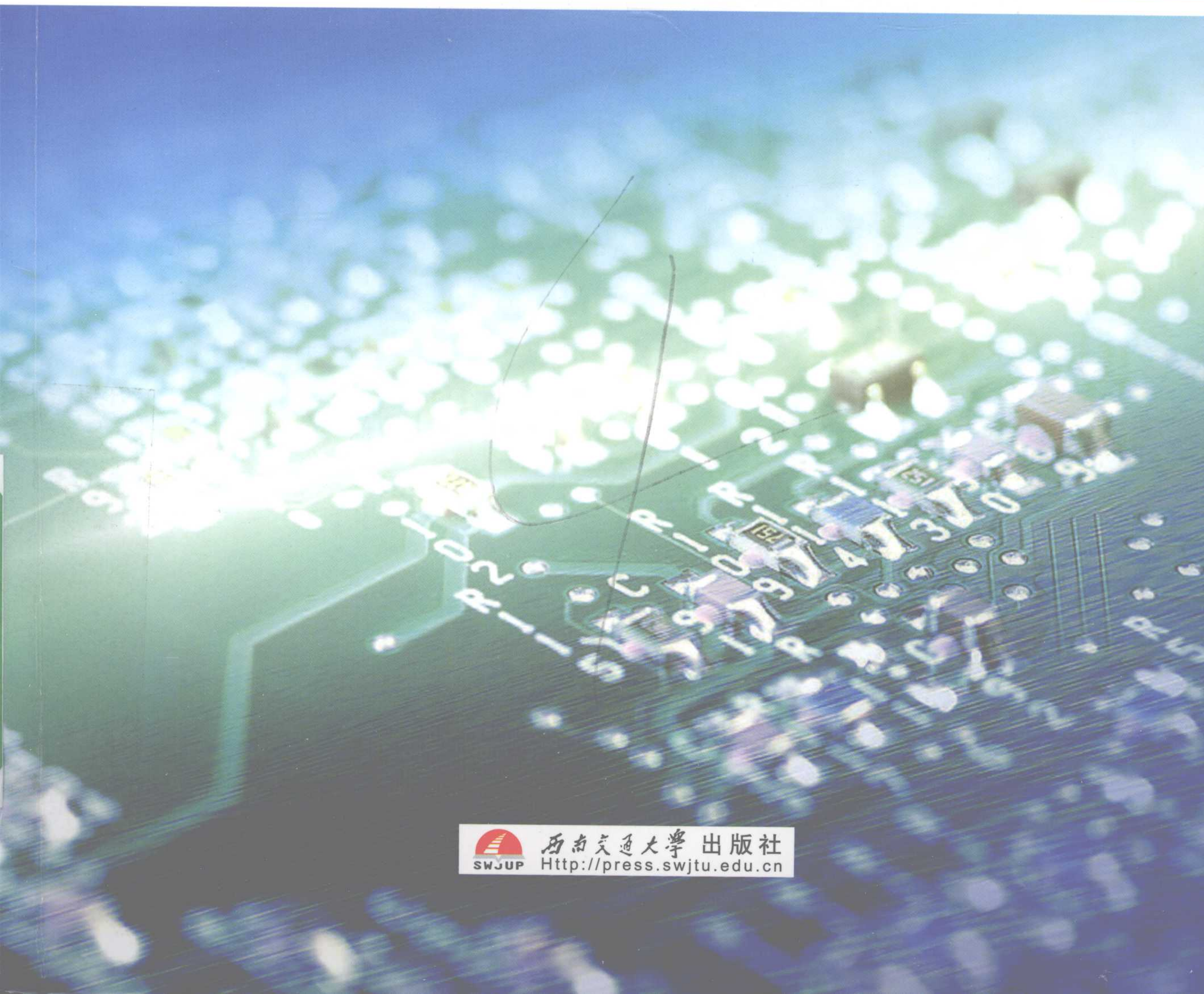
数字电路基础

Shuzi Dianlu Jichu

主　编　刘红云　邱太俊
副主编　王康年　高　凯
主　审　曾宪文



SWJUP 西南交通大学 出版社
Http://press.swjtu.edu.cn

TN79/188

2009

数字电路基础

主　编　刘红云　邱太俊

副主编　王康年　高凯

主　审　曾宪文

西南交通大学出版社

·成　都·

内 容 提 要

本书是通信、电子信息等相关专业的专业基础课教材。全书共分 7 章，主要内容有：数字逻辑基础、组合逻辑电路、时序逻辑电路、脉冲信号的产生与变换电路、半导体存储器、数模与模数转换器、PLD 和 Verilog-HDL 简介。各章配有例题、小结及习题。

本书内容丰富、结构合理、实用性强，既可作为通信、电子信息等相关专业的专科、本科教材，也可以作为从事相关专业的技术人员参考书。

本书建议学时为 60～80 学时。

图书在版编目（CIP）数据

数字电路基础 / 刘红云，邱太俊主编. —成都：西南交通大学出版社，2009.2

ISBN 978-7-5643-0192-7

Ⅰ. 数… Ⅱ. ①刘…②邱… Ⅲ. 数字电路－高等学校－教材 Ⅳ. TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2009）第 013182 号

数字电路基础

主编 刘红云 邱太俊

*

责任编辑 高 平

特邀编辑 张 阅

封面设计 罗 林

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码：610031 发行部电话：028-87600564)

http: //press.swjtu.edu.cn

成都经纬印务有限公司印刷

*

成品尺寸：185 mm×260 mm 印张：15.75

字数：392 千字

2009 年 2 月第 1 版 2009 年 2 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-0192-7

定价：27.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话：028-87600562

前　言

“数字电路基础”是一门通信、电子信息等相关专业的必修专业基础课程。本书以基本概念、基本电路、基本方法为重点，体现了淡化内部结构、强调外部特性；淡化分立元件、突出集成电路；弱化理论推导、注重电路应用等特点。

全书分为7章。第1章为逻辑代数基础，主要介绍数制与代码、常用逻辑门的符号及功能、逻辑函数的描述方法及化简，是学习数字电路的基础。第2章为组合逻辑电路，先介绍集成逻辑门的工作原理和逻辑功能，这是构成组合电路的硬件基础，然后重点介绍组合逻辑电路的分析和设计方法，常见组合逻辑模块的功能和典型应用。第3章为时序逻辑电路，先介绍时序逻辑电路的基本概念和构成时序逻辑电路的基本单元——各种集成触发器的功能，然后重点介绍时序逻辑电路的分析和设计方法，常见时序逻辑模块的功能和应用。第4章为脉冲信号的产生与变换电路，主要介绍了555定时器、多谐振荡器、施密特触发器和单稳态触发器及其基本应用。第5章为半导体存储器，简单介绍半导体存储器的特点及用ROM实现组合逻辑函数的方法。第6章为数模与模数转换器，介绍了数/模转换器和模/数转换器的基本概念、基本原理和典型电路。第7章为PLD和Verilog-HDL简介，简单介绍了可编程逻辑器件PLD的发展概况和Verilog－HDL语言。

本书由重庆通信学院刘红云副教授和邱太俊副教授主编，刘红云负责全书的统稿，并编写第2、3章；第1章由重庆通信学院王康年副教授编写；第4章由重庆通信学院高凯讲师编写；第5、6、7章由重庆通信学院邱太俊副教授编写。本书由重庆通信学院曾宪文副教授主审。

在本书的编写过程中，教研室的老师以及学院各位专家提出了许多建议，在此谨表示诚挚的谢意。

由于时间仓促和编者水平有限，书中难免存在不妥之处，恳请读者批评指正。

编　者

2008年12月

目　　录

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

第 1 章

数字逻辑基础

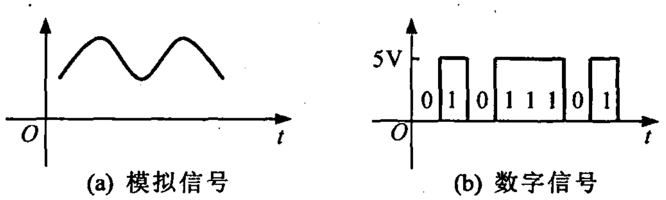
随着计算机技术和微电子技术的发展,数字电子技术已成为当今电子技术的发展潮流,数字化电子产品正在改变我们的生活:数字手机取代模拟手机,高清晰数字电视正逐渐取代模拟制式电视,数字视听设备(如 DVD、MP4 等)带给我们美的享受,数码相机和录像机可以帮助我们记忆生活中的美景,在 Internet 上与朋友聊天、办公可以跨越地域的界限……这些高质量的信息传送都是数字电子技术应用的结果。数字电路则是数字电子技术的核心,是计算机和数字通信的基础,如数字通信中的编码器、译码器和缓存器,数字电视和数码相机的信息存储和处理单元,计算机中的运算器、控制器、寄存器、存储器等都是依靠数字电路来实现。数字电路是存储、传送、变换和处理数字信息的一类电子电路的总称。

1.1 绪 论

1.1.1 数字电路的基本概念

1. 模拟信号与数字信号

在电子设备中,无论是数字量还是模拟量都是以电信号形式出现的。电子电路所处理的信号可分为两大类,一类是在时间和数值上都是连续的信号,称为模拟信号,如图 1-1(a)所示。另一类是在时间和数值上都是离散(不连续)的信号,称为数字信号,如图 1-1(b)所示。正弦波信号、话音信号就是典型的模拟信号,矩形波、方波信号就是典型的数字信号。数字信号通常又称为脉冲信号,脉冲信号具有边沿陡峭、持续时间短的特点。广义讲,凡是非正弦信号都称为脉冲信号。



(a) 模拟信号　　(b) 数字信号

图 1-1　模拟信号与数字信号

数字信号有两种传输波形,一种称为电平型,另一种称为脉冲型。

若数字信号用一个节拍内的高、低电平(电平是指一定幅度的电压值)来表示和传送信号"1"和信号"0",则称这种数字信号为电平型数字信号,如在图 1-2(a)中用 0 V 表示信号"0",用

5 V 表示信号“1”，所传送的八位数字信号为 010011010。若用一个节拍内有无脉冲来表示和传送信号“1”和信号“0”，则称这种数字信号为脉冲型数字信号，如图 1-2(b)所示。

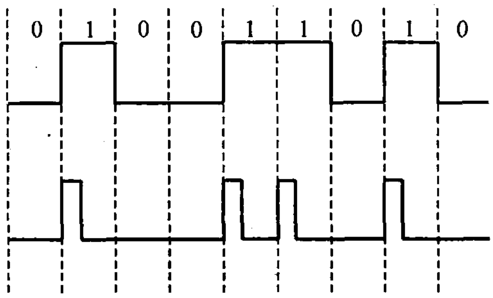


图 1-2 数字信号的传输波形

与模拟信号相比，数字信号具有抗干扰能力强、存储和处理容易等优点。

2. 数字电路及其特点

在电子电路中，通常将产生、变换、传送、处理模拟信号的电子电路称为模拟电路；将产生、存储、变换、传送、处理数字信号的电子电路称为数字电路。在模拟电子技术中介绍的各种放大电路、集成运算放大器、正弦波振荡电路等就是典型的模拟电路；而寄存器、计数器、数字钟等则是典型的数字电路。从整体来看，数字电路可以分为组合逻辑电路和时序逻辑电路两大类。

由于数字电路主要研究对象是输出与输入间的逻辑关系(因果关系)，数字电路中三极管一般是作为开关元件来使用，工作在开关状态(截止区或饱和区)，因而在数字电路中不能采用模拟电路的分析方法(如小信号微变等效电路法)。数字电路所采用的主要分析工具是逻辑代数，描述电路的功能主要用真值表、逻辑表达式及波形图等。随着计算机技术的发展，为了分析、仿真与设计数字电路或数字系统，可以采用硬件描述语言(如 VHDL 语言、Verilog-HDL 语言)和 EDA 软件借助计算机以实现设计自动化。

数字电路与模拟电路相比主要有以下优点：

(1) 电路结构简单、易集成和系列化生产，成本低，使用方便。

(2) 数字信号在传输时采用高、低电平二值信号，因此数字电路抗干扰能力强、可靠性高、精确性和稳定性好，便于使用、维护和进行故障诊断。

(3) 数字电路不仅能完成算术运算，还可以完成逻辑运算，具有逻辑推理和逻辑判断的能力，因此数字电路又称数字逻辑电路。

(4) 数字电路中的元件处于开关状态，功耗较小。

由于数字电路具有上述优点，故在计算机、数字通信、数字仪表、数控装置、雷达及家电等方面得到了广泛的应用。

1.1.2 数字电路的发展趋势与分类

数字电路的发展历史与模拟电路一样，经历了由电子管、半导体分离元件到集成电路的过程。但数字集成电路比模拟集成电路的发展更快，从 20 世纪 60 年代开始，数字集成器件以双极型工艺制成了小规模逻辑器件，随后发展到中规模；70 年代末，微处理器、可编程逻辑器件的出现使数字集成电路的性能产生了质的飞跃。近几年，随着可编程逻辑器件(CPLD)特别

是现场可编程门阵列(FPGA)的飞速发展,数字电子技术开创了新局面。不仅集成规模大,而且将硬件设计与软件设计相结合,使硬件设计变得像软件设计一样易于修改,器件的功能可以随时进行修改,或按预定程序改变组态得到重构,从而使器件的功能更加完善,使用也更加灵活。

数字集成电路按照集成度可分为小规模集成电路(SSI)、中规模集成电路(MSI)、大规模集成电路(LSI)、超大规模集成电路(VLSI)和甚大规模集成电路(VSI)等五类。所谓集成度,是指每一芯片所包含的元器件或逻辑门电路个数,表 1-1 列出了数字集成电路的分类依据。

表 1-1 集成度划分

分 类	集成度	典型集成电路
小规模	最多 10 个	逻辑门、触发器
中规模	10～100	译码器、计数器
大规模	100～1000	小型存储器、门阵列
超大规模	10^3～10^6	大型存储器、微处理器
甚大规模	10^6 以上	可编程逻辑器件

目前,数字集成电路正向着大规模、低功耗、高速度、可编程、可测试和多值化方向发展。

逻辑代数基础是数字电路学习的基本工具,本章首先介绍数制和代码,然后介绍逻辑代数的公式、定理和规则,逻辑函数及其表示方法,最后介绍逻辑函数化简的方法。

1.2 数制与代码

人们在日常生活中,习惯用十进制数。在数字系统中,常用电路的通、断或电平的高、低来表示“1”和“0”,因此采用二进制数计数方式更加方便和实用。此外,在计算机中为了读写和操作方便,还常使用八进制和十六进制数。不同进制之间可以相互转换。

1.2.1 数制的基本概念

数制是进位计数制的简称,十进制就是一种典型的进位计数制。一种数制中规定允许使用的数码符号的个数叫该计数进位制的基数或基,记作 R。例如十进制,每个数位规定使用的数码符号为 0,1,2,…,9,共 10 个,故其基数 $R=10$。

把某个数位上数码为“1”时所代表的十进制数的数值,称为该数位的权值,简称“权”。各个数位的权值均可用 R^i 表示,其中 R 是进位基数,i 是各数位的序号。i 的取值对该数的整数部分而言,以小数点为起点,自右向左依次为 0,1,2,…,$n-1$;对于小数部分,以小数点为起点,自左向右依次为 $-1,-2,\cdots,-m$。n 是整数部分的位数,m 是小数部分的位数。

“权”的概念表明,处于不同位置上的相同数符所代表的数值大小是不同的。如十进制数 $(523.25)_{10}$,其最高位和最低位均为 5,但它们所代表的数值却分别为 $500(5\times10^2)$ 和 $0.05(5\times10^{-2})$;同样其次高位和次低位都为 2,但它们所代表的数值却分别为 $20(2\times10^1)$ 和 $0.2(2\times10^{-1})$。

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

可见，某个数位上的数码 a_i 所表示的数值等于数码 a_i 与该位的权值 R^i 的乘积。所以，R 进制的数 $(N)_R$，其按位置记数法的表示式为

$$(N)_R = a_{n-1}a_{n-2}\cdots a_2a_1a_0.a_{-1}a_{-2}\cdots a_{-m} \tag{1-1}$$

按位置记数法实际上是多项式记数法省略各位权值和运算符号，并增加小数点后的简记形式。$(N)_R$ 又可以按权展开写成如下多项式的形式，即

$$\begin{aligned}(N)_R &= a_{n-1}R^{n-1} + a_{n-2}R^{n-2} + \cdots + a_2R^2 + a_1R^1 + a_0R^0 + a_{-1}R^{-1}a_{-2}R^{-2} + \cdots + a_{-m}R^{-m} \\ &= \sum_{i=-m}^{n-1} a_iR^i \end{aligned} \tag{1-2}$$

1.2.2 常用进位计数制

1. 十进制数

在十进制数中，每个数位规定使用的数码为 0,1,2,…,9 共 10 个，故其进位基数 R 为 10，其计数规则是“逢十进一”。各位的权值为 10^i，i 是各数位的序号。十进制数用下标“10”表示，也可用下标“D”表示，例如

$$(367.25)_{10} = 3\times10^2 + 6\times10^1 + 7\times10^0 + 2\times10^{-1} + 5\times10^{-2}$$

尽管十进制数人们最熟悉，但机器实现十进制比较困难，因此在计算机等数字设备中，用得最多的是二进制数和十六进制数。

2. 二进制数

在二进制数中，每个数位规定使用的数码为 0 和 1 共 2 个数码，故其进位基数 R 为 2，其计数规则是“逢二进一”。各位的权值为 2^i，i 是各数位的序号。二进制数用下标“2”表示，也可用下标“B”表示，例如

$$(1110.01)_2 = 1\times2^3 + 1\times2^2 + 1\times2^1 + 0\times2^0 + 0\times2^{-1} + 1\times2^{-2} = (14.25)_{10}$$

可见，二进制数变为十进制只需要按权展开相加即可。

1) 二进制数的加法法则

$$0+0=0,0+1=1,1+0=1,1+1=10$$

即加法运算时“1+1=10”。这里要注意和十进制数中“1+1=2”的区别，二进制数中没有“2”这个字符，按照进位规则用“10”表示。

2) 二进制数的乘法法则

$$0\times0=0,0\times1=0,1\times0=0,1\times1=1$$

由于二进制数只需 0 和 1 两个状态，运算规则简单，容易用电路实现，因而二进制是数字系统唯一认识的代码。但当位数较多时，二进制不易读写，此时可将二进制数用八进制或十六进制来表示。

3. 八进制数

在八进制数中，每个数位上规定使用的数码为 0,1,2,3,4,5,6,7 共 8 个，故其进位基数 R 为 8，其计数规则为“逢八进一”。各位的权值为 8^i，i 是各数位的序号。八进制数用下标“8”表示，也可用下标“O”表示，例如

$$(752.34)_8 = 7\times8^2 + 5\times8^1 + 2\times8^0 + 3\times8^{-1} + 4\times8^{-2} = (490.4375)_{10}$$

可见，八进制数变为十进制只需要按权展开相加即可。

由于 $2^3 = 8$，因此，三位二进制数可用一位八进制数表示。

4. 十六进制数

在十六进制中，每个数位上规定使用的数码符号为0，1，…，9，A，B，C，D，E，F，共16个，故其进位基数R为16，其计数规则是“逢十六进一”。各位的权值为16^i，i是各个数位的序号。十六进制数用下标“16”表示，也可用下标“H”表示，例如

$$(2B.4)_{16} = 2 \times 16^1 + 11 \times 16^0 + 4 \times 16^{-1} = (43.25)_{10}$$

可见，十六进制数变为十进制按权展开相加即可。

由于 $2^4 = 16$，因此，四位二进制数可用一位十六进制数表示。

在计算机系统中，二进制主要用于机器内部的数据处理，八进制和十六进制主要用于编写程序，十进制主要用于运算最终结果的输出。

1.2.3 数制转换

1. 任意进制数转换成十进制数

把非十进制数转换成十进制数采用按权展开相加法。在前面讲各种计数制数的表示时已经说明了这个方法，这里不再重复。

2. 十进制数转换成二进制数

十进制转换成二进制数制时，其整数部分和小数部分的转换方法是不相同的，因此需要分别进行转换。

1) 整数的转换

整数的转换方法是采用连续“除 2 取余”，一直除到商数为 0 为止。最先得到的余数为整数部分的最低位 a_0。

【例 1-1】 将$(25)_{10}$ 转换为二进制形式。

解

2 | 25	余数 = 1	… $a_0 = 1$	低位 ↑
2 | 12	余数 = 0	… $a_1 = 0$	
2 | 6	余数 = 0	… $a_2 = 0$	读写顺序
2 | 3	余数 = 1	… $a_3 = 1$	
2 | 1	余数 = 1	… $a_4 = 1$	高位
0			

所以，$(25)_{10} = (11001)_2$

2) 小数的转换

小数转换的转换方法是采用连续“乘 2 取整”，一直进行到乘积的小数部分为 0 或满足要求的精度为止。最先得到的整数为小数部分的最高位 a_{-1}。

注意：每次取整后，原整数要变为“0”再继续乘以 2。

【例 1-2】 将$(0.6875)_{10}$转换为二进制形式。

解

$$\begin{array}{rl}
& 0.6875 \\
\times & \quad 2 \\ \hline
& 1.3750 \\
& 0.3750 \\
\times & \quad 2 \\ \hline
& 0.7500 \\
& 0.7500 \\
\times & \quad 2 \\ \hline
& 1.5000 \\
& 0.5000 \\
\times & \quad 2 \\ \hline
& 1.0000
\end{array}$$

整数 1 … $a_{-1}=1$　　高位

整数 0 … $a_{-2}=0$　　读写顺序

整数 1 … $a_{-3}=1$

整数 1 … $a_{-4}=1$　　低位

所以，$(0.6875)_{10}=(0.1011)_2$。

注意：小数转换不一定能算尽，只能算到一定精度的位数为止，故可能产生误差，不过当位数较多时，这个误差就很小了。

如果一个十进制数既有整数部分又有小数部分，可将整数部分和小数部分分别按要求进行等值转换，然后合并就可得到结果。

【例 1-3】 将$(20.75)_{10}$转换为二进制形式。

解

$$\begin{array}{r|l}
2 & 20 \\ \hline
2 & 10 \\ \hline
2 & 5 \\ \hline
2 & 2 \\ \hline
2 & 1 \\ \hline
 & 0
\end{array}
\quad
\begin{array}{l}
余数=0 \\ 余数=0 \\ 余数=1 \\ 余数=0 \\ 余数=1 \\ \
\end{array}
\qquad\qquad
\begin{array}{rl}
& 0.75 \\
\times & \quad 2 \\ \hline
& 1.50 \quad 整数1 \\
\times & \quad 2 \\ \hline
& 1.00 \quad 整数1
\end{array}$$

所以，$(20.75)_{10}=(10100.11)_2$

3. 二进制数转换成八进制数或十六进制数

二进制数转换成八进制数（或十六进制数）时，其整数部分和小数部分可以同时进行转换。其方法是：以二进制数的小数点为起点，分别向左、向右每三位（或四位）分一组。对于小数部分，最低位一组不足三位（或四位）时，必须在有效位右边补 0，使其足位；然后，把每一组二进制数转换成八进制（或十六进制）数，并保持原排序。对于整数部分，最高位一组不足位时，可在有效位的左边补 0，也可不补。

【例 1-4】 将$(1011010111.10011)_2$ 转换为八进制和十六进制形式。

解　$(\underline{001}\ \underline{011}\ \underline{010}\ \underline{111}.\ \underline{100}\ \underline{110})_2=(1327.46)_8$

即　$(\underline{0010}\ \underline{1101}\ \underline{0111}.\ \underline{1001}\ \underline{1000})_2=(2D7.98)_{16}$

4. 八进制数或十六进制数转换成二进制数

八进制（或十六进制）数转换成二进制数时，只要把八进制（或十六进制）数的每一位数码分别转换成三位（或四位）的二进制数，并保持原排序即可。整数最高位一组左边的 0，及小数最低位一组右边的 0，可以省略。

【例 1-5】 将$(35.24)_8$转换为二进制形式。

解 $(35.24)_8=(\underset{3}{\underline{011}}\ \underset{5}{\underline{101}}.\ \underset{2}{\underline{010}}\ \underset{4}{\underline{100}})_2=(11101.0101)_2$

【例 1-6】 将$(3AB.18)_{16}$转换为二进制形式。

解 $(3AB.18)_{16}=(\underset{3}{\underline{0011}}\ \underset{A}{\underline{1010}}\ \underset{B}{\underline{1011}}.\ \underset{1}{\underline{0001}}\ \underset{8}{\underline{1000}})_2=(1110101011.00011)_2$

由上可见,非十进制数转换成十进制数可采用按权展开法;十进制数转换成二进制数时可采用基数乘除法;二进制数与八进制数、十六进制数转换时可采用分组转换法。两个非十进制数之间相互转换时,若它们满足 2 的 n 次幂,则可通过二进制数来进行转换。

1.2.4 常用代码

在数字系统中,可用多位二进制数来表示数量的不同大小,也可以表示数字、文字或符号等各种特定信息。这种用多位二进制数的组合来表示给定字母、数字、符号等信息的方法称为编码,编码的结果(这时的二进制数)称为代码(Code),代码只代表某种信息,并不代表其数值的大小。寄信时收发信人的邮政编码、因特网上计算机主机的 IP 地址等,就是生活中常见的编码实例。从编码的角度看,前面介绍的用各种进制来表示数的大小的方法也可以看做是一种编码。当用二进制表示一个数的大小时,按上述方式表示的结果常称为自然二进制码。

1. 自然二进制码

自然二进制码的形式与四位二进制数相同,但它已经没有数的大小概念,只是作为代表"0～15"的 16 个四位二进制符号。

2. 二-十进制码(BCD 码)

二-十进制码是用二进制数码来表示十进制数符"0～9"的代码,简称 BCD 码(Binary Coded Decimal)。BCD 码用四位二进制数码来分别表示"0～9"这 10 个数字。而四位二进制数共有 16 种组合,原则上可以从中任选 10 个来代表十进制的 10 个数符,多余的 6 个码组称为禁用码,平时不允许使用。从中取出 10 种组合来表示"0～9"的编码方案很多种,几种常用的 BCD 码见表 1-2。

表 1-2 几种常用的 BCD 码

十进制数	8421 码	5421 码	2421 码	余 3 码	余 3 循环码
0	0000	0000	0000	0011	0010
1	0001	0001	0001	0100	0110
2	0010	0010	0010	0101	0111
3	0011	0011	0011	0110	0101
4	0100	0100	0100	0111	0100
5	0101	1000	1011	1000	1100
6	0110	1001	1100	1001	1101
7	0111	1010	1101	1010	1111
8	1000	1011	1110	1011	1110
9	1001	1100	1111	1100	1010

若某种代码的每一位都有固定的“权值”，则称这种代码为有权代码；否则叫无权代码。所以，判断一种代码是否是有权代码，只需检验这种代码的每个码组的各位是否具有固定的权值。如果发现一种代码中至少有 1 个码组的权值不同，这种代码就是无权码。

1）8421BCD 码

8421BCD 码是有权码，各位的权值分别为 8，4，2，1。虽然 8421BCD 码的权值与四位自然二进制码的权值相同，但二者是两种不同的代码。8421BCD 码只取用了四位自然二进制代码的前 10 种组合。

2）2421BCD 码

2421BCD 码是有权码，各位的权值分别为 2，4，2，1。它是一种自补代码，所谓自补特性是指将任意一个十进制数符 D 的代码的各位取反，正好是与 9 互补（9－D）的那个十进制数符的代码。如将 4 的代码 0100 取反，得到的 1011 正好是 9－4＝5 的代码。这种特性称为自补特性，具有自补特性的代码称为自补码（Self Complementing Code）。

3）5421BCD 码

5421BCD 码也是有权码，各位的权值分别为 5，4，2，1。其显著特点是最高位连续 5 个 0 后连续 5 个 1。当计数器采用这种编码时，最高位可产生对称方波输出。

4）余 3 码

余 3 码是 8421BCD 码的每个码组加 3（0011）形成的。其中的 0 和 9，1 和 8，2 和 7，3 和 6，4 和 5，各对码组相加均为 1111，余 3 码也是自补代码。余 3 码各位无固定权值，故属于无权码。

5）余 3 循环码

余 3 循环码是一种无权码，其特点是每两个相邻编码之间只有一位码元不同。这一特点使数据在形成和传输时不易出现错误。

用 BCD 码表示十进制数时，只要把十进制数的每一位数码，分别用 BCD 码取代即可。反之，若要知道 BCD 码代表的十进制数，只要把 BCD 码以小数点为起点向左、向右每四位分一组，再写出每一组代码代表的十进制数，并保持原排序即可。

【例 1-7】 $(39.16)_{10}=(?)_{8421BCD}$

解 $(39.16)_{10}=(0011\ 1001.0001\ 0110)_{8421BCD}$

在这里，要注意每一位十进制数必须和四位 BCD 码对应，即使是整数的最高位或小数的最低位为“0”也不能省略，这与十进制数变二进制数是不同的。

【例 1-8】 $(10000011.1001)_{5421BCD}=(?)_{10}$

解 $(\underbrace{1000}_{5}\ \underbrace{0011}_{3}\,.\,\underbrace{1001}_{6})_{5421BCD}=(53.6)_{10}$

若把一种 BCD 码转换成另一种 BCD 码，应先求出某种 BCD 码代表的十进制数，再将该十进制数转换成另一种 BCD 码。

【例 1-9】 $(01011000.1011)_{余3BCD}=(?)_{8421BCD}$

解 $(01011000.1011)_{余3BCD}=(25.8)_D=(00100101.1000)_{8421BCD}$

若将任意进制数用 BCD 码表示，应先将其转换成十进制数，再将该十进制数用 BCD 码表示。

【例 1-10】 $(73.4)_8=(?)_{8421BCD}$

解 $(73.4)_8=(59.5)_{10}=(0101\ 1001.0101)_{8421BCD}$

3. 格雷码(Gray Code)

格雷码是一种典型的循环码,属于无权码,它有许多形式(如余 3 循环码等)。循环码有两个特点:一个是相邻性,是指任意两个相邻代码仅有一位数码不同;另一个是循环性,是指首尾的两个代码也具有相邻性。因为格雷码的这些特性可以减少代码变化时产生的错误,所以它是一种可靠性较高的代码。在自动化控制中生产设备多采用格雷码,如光电读码器,它可将光电读取头和代码盘之间的位移转换成相应的代码,以控制机械运动的行程和速度。使用二进制数虽然直观、简单,但对码盘的制作和安装要求十分严格,否则易出错。例如,当二进制码盘从 0111 变化为 1000 时,四位二进制数码必须同时变化,若最高位光电转换稍微早一些,就会出现错码 1111,这是不允许的。而采用格雷码码盘时,从 0100 变化为 1100 只有最高位变化,从而有效避免了由于安装和制作误差所造成的错码。

十进制数 0~15 的 4 位二进制格雷码见表 1-3,显然它符合循环码的两个特点。

表 1-3　4 位二进制格雷码

十进制数	格雷码	十进制数	格雷码
0	0000	8	1100
1	0001	9	1101
2	0011	10	1111
3	0010	11	1110
4	0110	12	1010
5	0111	13	1011
6	0101	14	1001
7	0100	15	1000

格雷码除了一般循环码的特点之外,还具有反射特性。即最高位的 0 和 1 只改变一次。若以最高位的 0 和 1 的交界为轴,其他低位的代码以此轴对称。如表 1-3 中,处于对称位置的 7 和 8 的代码 0100 和 1100 只有最高位不同,处于对称位置的 1 的代码 0001 和 14 的代码 1001 也只有最高位不同。利用这一特点可以很容易地构成位数不同的格雷码。

4. ASCII 码

数字系统中对数字、字母和符号进行处理时,需要采用字符编码。ASCII 码就是目前国际上最通用的一种字符码,它是美国国家信息交换标准代码(American Standard Code for Information Interchange)的英文缩写,它采用 7 位二进制编码表示 10 个十进制数字、英文大小写字母、运算符、控制符以及特殊符号等共 128 种符号。

5. 奇偶校验码

奇偶校验码是最简单的检错码,它能够检测出传输码组中的奇数个码元错误。

奇偶校验码的编码方法:在信息码组中增加 1 位奇偶校验位,使得增加校验位后的整个码组具有奇数个 1 或偶数个 1 的特点。如果每个码组中 1 的个数为奇数,则称为奇校验码;如果

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com