

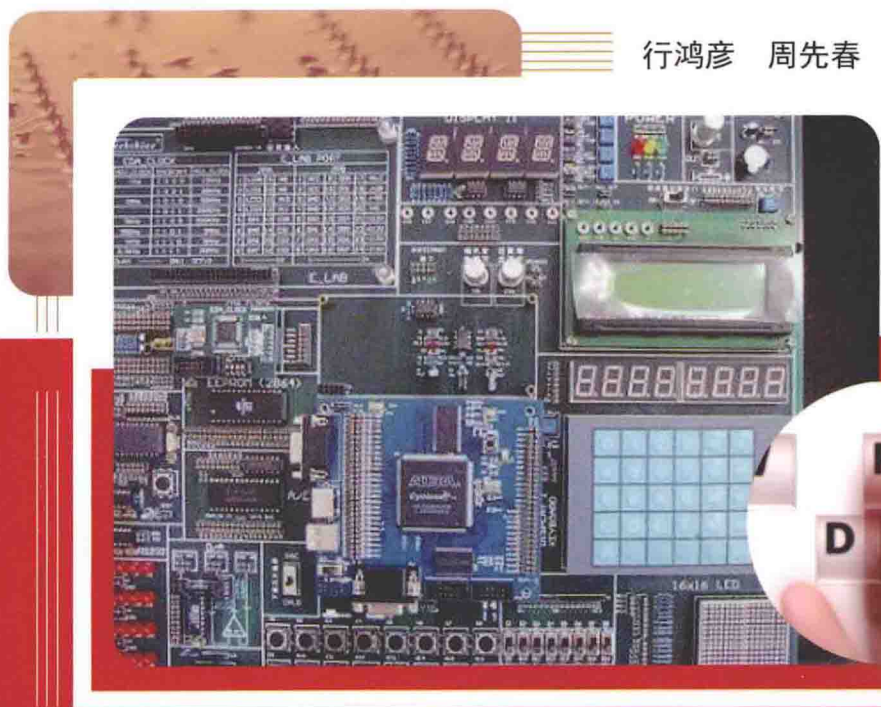


21世纪高等院校**自动化类**实用规划教材

# 数字电子技术基础

张宏群 主 编

行鸿彦 周先春 张秀再 副主编



免费赠送  
电子课件

- 突出基础课的特点，强调基础，尽量简化分析，注重应用，使学生在在学习过程中逐步建立理论联系实际的观点。
- 加大了集成芯片及系列产品的介绍和应用举例，同时注重对集成电路的认知和使用方面的讲解，以培养学生的应用能力。



清华大学出版社

21 世纪高等院校自动化类实用规划教材

# 数字电子技术基础

张宏群 主 编

行鸿彦 周先春 张秀再 副主编



清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书概念清楚,实践性强,突出了基础课的特点,强调基础,注重应用,可使学生在学习过程中逐步建立理论联系实际的观点。全书内容共分8章,包括数字电路基础、基本逻辑门电路、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、数模与模数转换器、半导体存储器与可编程逻辑器件。

本书可作为高等学校自动化、电子信息、电气、通信、控制和计算机等专业的教材,同时也可供电子信息领域的广大科技工作者学习参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。  
版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术基础/张宏群主编. --北京:清华大学出版社,2014  
(21世纪高等院校自动化类实用规划教材)  
ISBN 978-7-302-33292-3

I. ①数… II. ①张… III. ①数字电路—电子技术—高等学校—教材 IV. ①TN79

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第168798号

责任编辑:李春明 郑期彤

装帧设计:杨玉兰

责任校对:李玉萍

责任印制:刘海龙

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62791865

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:17.25 字 数:416千字

版 次:2014年1月第1版 印 次:2014年1月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:34.00元

# 前 言

高等教育对自动化和电气信息类人才的培养提出了更高要求，教材内容更新和定位面临着新的挑战。为适应新形势下数字电子技术的发展和社会需求，依据教育部教学指导委员会颁布的课程教学基本要求，我们组织从事数字电子技术基础教学工作多年的教师编写了此书。教学的实践和体会使我们感到，在器件的更新、技术的发展使教学内容不断增加，而课内教学时数又在减少的形势下，编写一本概念清楚、实践性强、简明扼要、通俗易懂的教材是非常必要的。

本书在编写上具有以下几个特点。

## 1. 强调“保基础，重实践，少而精”的原则

突出基础课的特点，强调基础，尽量简化分析，注重应用，使学生在在学习过程中逐步建立理论联系实际的观点。在内容组织上以讲清组合逻辑电路和时序逻辑电路的分析方法和设计方法为主线来介绍各种逻辑器件的功能及应用，贯彻理论联系实际和少而精的原则，加强了对中规模集成电路的应用。对课程教学基本要求中必须掌握的基本概念、基本原理和基本分析方法做到讲深讲透，并注意讲清思路，启发思维，以培养举一反三的能力。

## 2. 突出了集成电路的内容

除门电路和触发器较多涉及内部电路外，加大了对集成芯片及系列产品的介绍和应用举例，把侧重点放在对集成电路的认知和使用方面，以培养学生的应用能力，加强学生的工程意识。

## 3. 增加可读性

本书内容通俗易懂，便于学生学习。在讲解的过程中，注意引导学生对概念的理解，引发学生开放性的思维方式，选用大量的应用实例，利用不同的方法，培养学生从不同的渠道对同一个问题进行讨论，加深学生对所学知识的理解。

本书主要内容包括数字电路基础、基本逻辑门电路、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、数模与模数转换器、半导体存储器与可编程逻辑器件等。

本书编写单位为南京信息工程大学。全书由张宏群副教授任主编，并负责统稿和定稿；行鸿彦教授、周先春副教授、张秀再讲师任副主编；刘建成副教授任主审。具体分工如下：张宏群编写第1、2、3章，张秀再编写第4、5章，周先春编写第6、7章，刘建成编写第8章；行鸿彦对全书进行了审阅。

本书的出版得到了江苏省“十一五”高等学校重点专业建设项目(序号 164)的支持,也得到了南京信息工程大学教材建设基金项目和精品课程“数字电子技术基础”建设基金的支持,同时,清华大学出版社给予了大力帮助,在此表示诚挚的感谢。另外,对本书选用的参考文献的著作者,在此致以真诚的感谢。限于编者水平,书中一定还有许多不完善之处,殷切期望读者给予批评指正。

编 者

# 目 录

第 1 章 数字电路基础 .....	1	本章小结 .....	38
1.1 模拟信号与数字信号 .....	2	习题 .....	39
1.2 数制与编码 .....	2	第 3 章 组合逻辑电路 .....	45
1.2.1 数制 .....	2	3.1 组合逻辑电路的分析与设计 .....	46
1.2.2 数制的转换 .....	3	3.1.1 组合逻辑电路的分析 .....	46
1.2.3 编码 .....	5	3.1.2 组合逻辑电路的设计 .....	48
本章小结 .....	8	3.2 加法器 .....	51
习题 .....	9	3.2.1 半加器和全加器 .....	51
第 2 章 基本逻辑门电路 .....	11	3.2.2 多位加法器 .....	53
2.1 基本逻辑运算的概念、公式和定理 ..	12	3.2.3 加法器的扩展与应用 .....	54
2.1.1 与、或、非逻辑运算 .....	12	3.3 比较器 .....	56
2.1.2 其他逻辑运算 .....	14	3.3.1 一位比较器 .....	56
2.1.3 逻辑代数的定律 .....	16	3.3.2 多位比较器 .....	57
2.1.4 三个重要规则 .....	17	3.3.3 集成数值比较器及应用 .....	58
2.1.5 逻辑函数的标准与或式 .....	17	3.4 编码器 .....	59
2.2 逻辑函数的化简 .....	19	3.4.1 二进制普通编码器 .....	59
2.2.1 逻辑函数的代数化简 .....	19	3.4.2 二进制优先编码器 .....	60
2.2.2 逻辑函数的卡诺图化简 .....	20	3.4.3 8421BCD 普通编码器 .....	63
2.2.3 约束项及约束项的应用 .....	24	3.4.4 8421BCD 优先编码器 .....	65
2.3 TTL 集成逻辑门电路 .....	25	3.5 译码器 .....	67
2.3.1 TTL 与非门 .....	26	3.5.1 二进制译码器 .....	67
2.3.2 集电极开路与非门和三态 输出与非门 .....	31	3.5.2 二—十进制译码器 .....	69
2.3.3 TTL 集成逻辑门电路系列 .....	33	3.5.3 显示译码器 .....	71
2.4 CMOS 集成逻辑门电路 .....	34	3.5.4 译码器的应用 .....	75
2.4.1 CMOS 反相器 .....	34	3.6 数据选择器 .....	76
2.4.2 CMOS 传输门、CMOS 三态门和 CMOS 漏极开路门 ..	36	3.6.1 数据选择器电路 .....	76
2.4.3 CMOS 集成逻辑门电路系列 及主要特点 .....	37	3.6.2 利用数据选择器实现逻辑 函数 .....	79
2.4.4 集成逻辑门使用中的 实际问题 .....	37	3.7 数据分配器 .....	81
		3.8 组合逻辑电路中的竞争冒险 .....	83
		本章小结 .....	85
		习题 .....	86

第4章 触发器 .....	91	5.2.4 N 进制计数器 .....	167
4.1 基本触发器 .....	92	5.3 寄存器 .....	176
4.1.1 触发器的基本概述 .....	92	5.3.1 寄存器的特点和分类 .....	176
4.1.2 用与非门构成的基本 RS 触发器 .....	92	5.3.2 基本寄存器 .....	177
4.1.3 用或非门构成的基本 RS 触发器 .....	96	5.3.3 移位寄存器 .....	178
4.2 同步触发器 .....	97	5.3.4 移位寄存器计数器 .....	183
4.2.1 同步 RS 触发器 .....	98	本章小结 .....	185
4.2.2 同步 JK 触发器 .....	99	习题 .....	185
4.2.3 同步 D 触发器 .....	102	第6章 脉冲波形的产生与整形 .....	191
4.2.4 同步触发器存在的问题 ——空翻 .....	103	6.1 集成逻辑门构成的脉冲单元电路 .....	192
4.3 主从触发器 .....	104	6.1.1 自激多谐振荡器 .....	192
4.3.1 主从 RS 触发器 .....	104	6.1.2 单稳态触发器 .....	195
4.3.2 主从 JK 触发器 .....	106	6.1.3 施密特触发器 .....	199
4.4 边沿触发器 .....	108	6.2 555 定时器及其应用 .....	203
4.4.1 边沿 D 触发器 .....	108	6.2.1 555 定时器的组成与功能 .....	203
4.4.2 维持-阻塞边沿 D 触发器 .....	109	6.2.2 555 定时器的典型应用 .....	204
4.4.3 边沿 JK 触发器 .....	111	本章小结 .....	210
4.4.4 CMOS 主从结构的边沿 触发器 .....	112	习题 .....	210
4.5 集成触发器 .....	113	第7章 数模与模数转换器 .....	213
4.5.1 集成触发器举例 .....	113	7.1 概述 .....	214
4.5.2 触发器功能的转换 .....	115	7.2 D/A 转换器 .....	214
4.5.3 集成触发器的脉冲工作 特性 .....	117	7.2.1 D/A 转换器的基本原理 .....	214
本章小结 .....	120	7.2.2 倒 T 形电阻网络 D/A 转换器 .....	215
习题 .....	121	7.2.3 权电流型 D/A 转换器 .....	216
第5章 时序逻辑电路 .....	127	7.2.4 D/A 转换器的主要技术 指标 .....	219
5.1 时序逻辑电路的分析和设计方法 .....	128	7.3 A/D 转换器 .....	219
5.1.1 时序逻辑电路的基本概念 .....	128	7.3.1 A/D 转换的一般步骤和 取样定理 .....	219
5.1.2 时序逻辑电路的分析方法 .....	129	7.3.2 取样-保持电路 .....	222
5.1.3 时序逻辑电路的设计方法 .....	136	7.3.3 并行比较型 A/D 转换器 .....	223
5.2 计数器 .....	145	7.3.4 逐次比较型 A/D 转换器 .....	224
5.2.1 计数器的特点和分类 .....	145	7.3.5 双积分型 A/D 转换器 .....	227
5.2.2 二进制计数器 .....	146	7.3.6 A/D 转换器的主要技术 指标 .....	230
5.2.3 十进制计数器 .....	158	本章小结 .....	231

习题 .....	231	8.1.4 随机存取存储器 .....	246
<b>第 8 章 半导体存储器与可编程逻辑 器件</b> .....	<b>233</b>	8.2 可编程逻辑器件 .....	251
8.1 半导体存储器 .....	234	8.2.1 数字集成电路概述 .....	251
8.1.1 只读存储器 .....	235	8.2.2 PLD 的基本结构 .....	252
8.1.2 ROM 在组合逻辑设计中的 应用 .....	242	8.2.3 PLD 的应用 .....	256
8.1.3 ROM 的编程及分类 .....	243	本章小结 .....	263
		习题 .....	263
		<b>参考文献</b> .....	<b>266</b>





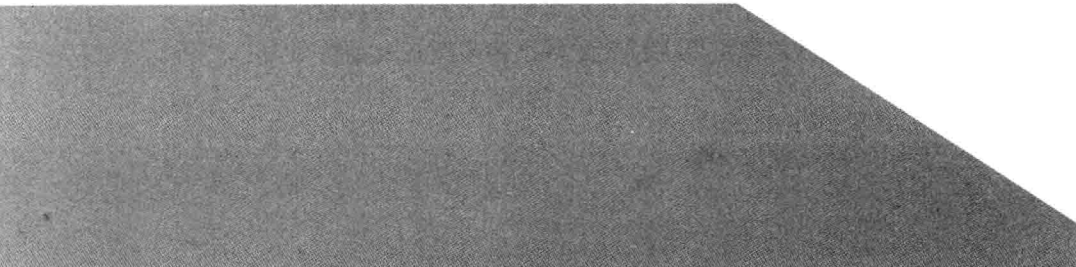

# 第 1 章

## 数字电路基础

---

### 【教学目标】

本章主要讲解数字电路的基本概念，如模拟信号与数字信号的概念、数制与编码的基本概念，并对几种常用的数制和各种数制之间的转换关系，以及几种常用的编码作了必要的介绍。要求了解数字电路的信号特点和电路性质，理解各种数制的特点，掌握各种进制之间的转换方法。



## 1.1 模拟信号与数字信号

电子电路中的信号可以分为两大类：模拟信号和数字信号。模拟信号是指时间连续、数值也连续的信号。数字信号是指时间上和数值上均离散的信号，如电子表的秒信号、生产流水线上记录零件个数的计数信号等，这些信号的变化发生在一系列离散的瞬间，其值也是离散的。

在电子设备中，处理模拟信号的电路称为模拟电路，处理数字信号的电路称为数字电路。与模拟电路相比，数字电路主要具有以下优点。

- (1) 数字电路结构简单，制造容易，便于集成和系列化生产，成本低，使用方便。
- (2) 数字电路不仅能够完成算术运算，而且能够完成逻辑运算，具有逻辑推理和逻辑判断能力，因此被称为数字逻辑电路或逻辑电路。
- (3) 由数字电路组成的数字系统，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。

## 1.2 数制与编码

按进位的原则进行计数，称为进位计数制，简称数制。每一种数制都有一组特定的数码，例如，十进制数有 10 个数码，二进制数只有 2 个数码，而十六进制数有 16 个数码。每种数制中允许使用的数码总数称为基数或底数。

在任意一种数制中，任意一个数都由整数和小数两部分组成，并且具有两种书写形式：位置记数法和多项式表示法。

### 1.2.1 数制

#### 1. 十进制

十进制数的基数  $R=10$ ，它采用 10 个不同的数码，分别为 0、1、2、…、9，进位规则是“逢十进一”。

若干个数码并列在一起可以表示一个十进制数。例如，对于 435.86 这个数，小数点左边第一位的 5 代表个位，它的数值为  $5 \times 10^0$ ；小数点左边第二位的 3 代表十位，它的数值为  $3 \times 10^1$ ；小数点左边第三位的 4 代表百位，它的数值为  $4 \times 10^2$ ；小数点右边第一位的数值为  $8 \times 10^{-1}$ ；小数点右边第二位的数值为  $6 \times 10^{-2}$ 。可见，数码处于不同的位置，代表的数值是不同的。这里， $10^2$ 、 $10^1$ 、 $10^0$ 、 $10^{-1}$ 、 $10^{-2}$  称为权或位权，即十进制数中各位的权是基数 10 的幂，各位数码的值等于该数码与权的乘积，因此有

$$435.86 = 4 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 5 \times 10^0 + 8 \times 10^{-1} + 6 \times 10^{-2}$$

上式左边称为位置记数法或并列表示法，右边称为多项式表示法或按权展开法。

一般，对于任意一个十进制数  $N$ ，都可以用位置记数法和多项式表示法写为

$$\begin{aligned}
 (N)_{10} &= a_{n-1}a_{n-2}\cdots a_1a_0 \cdot a_{-1}a_{-2}\cdots a_{-m} \\
 &= a_{n-1}\times 10^{n-1} + a_{n-2}\times 10^{n-2} + \cdots + a_1\times 10^1 + a_0\times 10^0 + a_{-1}\times 10^{-1} \\
 &\quad + a_{-2}\times 10^{-2} + \cdots + a_{-m}\times 10^{-m} \\
 &= \sum_{i=-m}^{n-1} a_i \times 10^i
 \end{aligned} \tag{1.1}$$

式中,  $n$  为整数位数;  $m$  为小数位数;  $a_i(-m \leq i \leq n-1)$  为第  $i$  位数码, 它可以是 0、1、2、3、…、9 中的任意一个;  $10^i$  为第  $i$  位数码的权值。十进制数一般用下标 10 或 D 表示, 如  $(23)_{10}$ ,  $(87)_D$  等。

## 2. 二进制

二进制的基数  $R=2$ , 它采用 2 个不同的数码, 分别为 0、1, 进位规则是“逢二进一”, 各位的权是基数 2 的幂。任意一个二进制数  $N$  可表示为

$$\begin{aligned}
 (N)_2 &= a_{n-1}a_{n-2}\cdots a_1a_0 \cdot a_{-1}a_{-2}\cdots a_{-m} \\
 &= a_{n-1}\times 2^{n-1} + a_{n-2}\times 2^{n-2} + \cdots + a_1\times 2^1 + a_0\times 2^0 + a_{-1}\times 2^{-1} \\
 &\quad + a_{-2}\times 2^{-2} + \cdots + a_{-m}\times 2^{-m} \\
 &= \sum_{i=-m}^{n-1} a_i 2^i
 \end{aligned} \tag{1.2}$$

例如:  $(1011.011)_2 = 1\times 2^3 + 0\times 2^2 + 1\times 2^1 + 1\times 2^0 + 0\times 2^{-1} + 1\times 2^{-2} + 1\times 2^{-3}$ 。

## 3. 八进制

八进制的基数  $R=8$ , 它采用 8 个不同的数码, 分别为 0、1、2、3、4、5、6、7, 进位规则是“逢八进一”, 各位的权是基数 8 的幂。任意一个八进制数  $N$  可表示为

$$(N)_8 = \sum_{i=-m}^{n-1} a_i 8^i \tag{1.3}$$

例如:  $(376.4)_8 = 3\times 8^2 + 7\times 8^1 + 6\times 8^0 + 4\times 8^{-1}$ 。

## 4. 十六进制

十六进制的基数  $R=16$ , 它采用 16 个不同的数码, 分别为 0、1、2、…、9、A、B、C、D、E、F, 其中符号 A~F 分别代表十进制数的 10~15, 进位规则是“逢十六进一”, 各位的权是基数 16 的幂。任意一个十六进制数  $N$  可表示为

$$(N)_{16} = \sum_{i=-m}^{n-1} a_i 16^i \tag{1.4}$$

例如:  $(3AB.11)_{16} = 3\times 16^2 + 10\times 16^1 + 11\times 16^0 + 1\times 16^{-1} + 1\times 16^{-2}$ 。

# 1.2.2 数制的转换

## 1. 二进制数与十进制数之间的转换

### 1) 二进制数转换成十进制数——按权展开法

二进制数转换成十进制数时, 只要将二进制数按式(1.2)展开, 然后将各项数值按十进制

数相加，便可得到等值的十进制数。

例如：

$$(10110.11)_2 = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = (22.75)_{10}$$

同理，若将任意进制数转换为十进制数，只需将数 $(N)_R$ 写成按权展开的多项式表示式，并按十进制规则进行运算，便可求得相应的十进制数 $(N)_{10}$ 。

2) 十进制数转换成二进制数

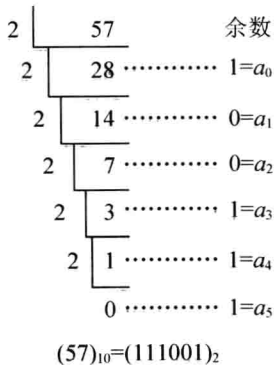
十进制数转换成二进制数的过程相对复杂一些，需要将整数部分和小数部分分别进行转换。

(1) 十进制整数转换成二进制整数——除 2 取余法。

进行整数部分转换时，先将十进制整数除以 2，再对每次得到的商除以 2，直至商等于 0 为止。然后将各次余数按倒序写出来，即第一次的余数为二进制整数的最低有效位(LSB)，最后一次的余数为二进制整数的最高有效位(MSB)，所得数值即为等值二进制整数。

**【例 1.1】** 将 $(57)_{10}$ 转换成二进制整数。

**解：**转换过程如下。

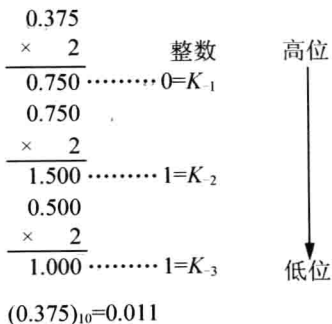


(2) 十进制小数转换成二进制小数——乘 2 取整法。

进行小数部分转换时，先将十进制小数乘以 2，积的整数作为相应的二进制小数，再对积的小数部分乘以 2。如此类推，直至小数部分为 0，或按精度要求确定小数位数。第一次积的整数为二进制小数的最高有效位，最后一次积的整数为二进制小数的最低有效位，所得数值即为等值二进制小数。

**【例 1.2】** 将 $(0.375)_{10}$ 转换成二进制小数。

**解：**转换过程如下。



将一个带有整数和小数的十进制数转换成二进制数时, 必须将整数部分和小数部分分别按除 2 取余法和乘 2 取整法进行转换, 然后再将两者的转换结果合并起来即可。

## 2. 二进制数与八进制数、十六进制数之间的相互转换

八进制数和十六进制数的基数分别为  $8=2^3$  和  $16=2^4$ , 所以三位二进制数恰好相当于一位八进制数, 四位二进制数相当于一位十六进制数, 它们之间的相互转换是很方便的。

### 1) 二进制数转换成八进制数

二进制数转换成八进制数的方法是从小数点开始, 分别向左、向右, 将二进制数按每三位一组进行分组(不足三位的补 0), 然后写出每一组等值的八进制数。

**【例 1.3】** 将二进制数  $10111011.1011$  转换成八进制数。

**解:** 转换过程如下。

$$\begin{array}{cccccc} \text{二进制数:} & 010 & 111 & 011 & .101 & 100 \\ & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ \text{八进制数:} & 2 & 7 & 3 & 5 & 4 \end{array}$$

$$(10111011.1011)_2 = (273.54)_8$$

### 2) 二进制数转换成十六进制数

二进制数转换成十六进制数的方法和二进制数转换成八进制数的方法相似, 从小数点开始, 分别向左、向右, 将二进制数按每四位一组进行分组(不足四位的补 0), 然后写出每一组等值的十六进制数。

**【例 1.4】** 将二进制数  $(111010111101.101)_2$  转换成十六进制数。

**解:** 转换过程如下。

$$\begin{array}{cccc} 1110 & 1011 & 1101 & .1010 \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ E & B & D & A \end{array}$$

$$(111010111101.101)_2 = (EBD.A)_{16}$$

将八进制数、十六进制数转换成二进制数时, 可以采用与前面相反的步骤, 即只要按原来顺序将每一位八进制数(或十六进制数)用相应的三位(或四位)二进制数代替即可。

**【例 1.5】** 将八进制数  $(36.24)_8$  转换成二进制数。

**解:**  $(36.24)_8 = (011110.010100)_2$

**【例 1.6】** 将十六进制数  $(3DB.46)_{16}$  转换成二进制数。

**解:**  $(3DB.46)_{16} = (001111011011.01000110)_2$

## 1.2.3 编码

用一定位数的二进制数来表示十进制数码、符号、文字等信息称为编码。编码的方式有多种。

### 1. 二-十进制编码(BCD 码)

二-十进制编码是用二进制码元来表示十进制数码 0~9 的代码, 简称 BCD 码(Binary Code Decimal)。



“0~9”这10个数码，必须用四位二进制码元来表示。四位二进制码元共有16种组合，从中取出10种组合来表示0~9的编码方案约有 $2.9 \times 10^{10}$ 种。几种常用的BCD码如表1.1所示。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，简称为有权码；否则，称为无权码。

表 1.1 几种常用的 BCD 码

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

### 1) 8421BCD 码

8421BCD 码是最基本和最常用的 BCD 码，它和四位自然二进制码相似，各位的权值为 8、4、2、1，故称为有权 BCD 码。和四位自然二进制码不同的是，它只选用了四位自然二进制码中的前 10 组代码，即用 0000~1001 分别代表它所对应的十进制数，余下的 6 组代码不用。

### 2) 余 3 码

余 3 码是 8421BCD 码的每个码组加 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，具有这种特性的代码称为自补代码。余 3 码各位无固定权值，故属于无权码。

### 3) 2421BCD 码

2421BCD 码的各位权值分别为 2、4、2、1。2421BCD 码是有权码，也是一种自补代码。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、向右每四位分成一组，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】** 分别用 8421BCD 码和余 3 码表示十进制数 $(258.369)_{10}$ 。

**解：** $(258.369)_{10} = (0010\ 0101\ 1000.0011\ 0110\ 1001)_{8421BCD}$

$(258.369)_{10} = (0101\ 1000\ 1011.0110\ 1001\ 1100)_{\text{余}3\text{码}}$

## 2. 可靠性编码

### 1) 格雷码

格雷码是一种无权循环码，它的特点是：相邻的两组代码之间只有一位不同。格雷码常用于模拟量的转换中，当模拟量发生微小变化而可能引起数字量发生变化时，格雷码仅改变

一位,这样与其他码同时改变两位或多位的情况相比更为可靠,可减少出错的可能性。表 1.2 列出了十进制数 0~15 的四位格雷码。

表 1.2 典型的格雷码

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

## 2) ASCII 码

ASCII 码,即美国信息交换标准码(American Standard Code for Information Interchange),是目前国际上广泛采用的一种字符码。ASCII 码用七位二进制代码来表示 128 个不同的字符和符号,如表 1.3 所示。

表 1.3 中一些控制符的含义如下。

- NUL: Null, 空白。
- DC1: Device Control 1, 设备控制 1。
- SOH: Start of Heading, 标题开始。
- DC2: Device Control 2, 设备控制 2。
- STX: Start of Text, 正文开始。
- DC3: Device Control 3, 设备控制 3。
- ETX: End of Text, 正文结束。
- DC4: Device Control 4, 设备控制 4。
- EOT: End of Transmission, 传输结束。
- NAK: Negative Acknowledge, 否认。
- ENQ: Enquiry, 询问。
- SYN: Synchronous Idle, 同步空传。
- ACK: Acknowledge, 确认。
- ETB: End of Transmission Block, 块结束。
- BEL: Bell, 响铃。
- CAN: Cancel, 取消。
- BS: Backspace, 退一格。
- EM: End of Medium, 纸尽。

表 1.3 ASCII 码编码表

ASCII 值	控制字符	ASCII 值	控制字符	ASCII 值	控制字符	ASCII 值	控制字符
0	NUT	32	(space)	64	@	96	,
1	SOH	33	!	65	A	97	a
2	STX	34	"	66	B	98	b
3	ETX	35	#	67	C	99	c
4	EOT	36	\$	68	D	100	d
5	ENQ	37	%	69	E	101	e
6	ACK	38	&	70	F	102	f
7	BEL	39	,	71	G	103	g
8	BS	40	(	72	H	104	h
9	HT	41	)	73	I	105	i
10	LF	42	*	74	J	106	j
11	VT	43	+	75	K	107	k
12	FF	44	,	76	L	108	l
13	CR	45	-	77	M	109	m
14	SO	46	.	78	N	110	n
15	SI	47	/	79	O	111	o
16	DLE	48	0	80	P	112	p
17	DC1	49	1	81	Q	113	q
18	DC2	50	2	82	R	114	r
19	DC3	51	3	83	X	115	s
20	DC4	52	4	84	T	116	t
21	NAK	53	5	85	U	117	u
22	SYN	54	6	86	V	118	v
23	TB	55	7	87	W	119	w
24	CAN	56	8	88	X	120	x
25	EM	57	9	89	Y	121	y
26	SUB	58	:	90	Z	122	z
27	ESC	59	;	91	[	123	{
28	FS	60	<	92	\	124	
29	GS	61	=	93	]	125	}
30	RS	62	>	94	^	126	~
31	US	63	?	95	_	127	DEL

## 本章小结

- (1) 数字信号在时间上和数值上均是离散的。对数字信号进行传送、加工和处理的电路



称为数字电路。由于数字电路是以二值数字逻辑为基础的，即利用数字 1 和 0 来表示信号，因此数字信号的存储、分析和传输要比模拟信号容易。

(2) 数字电路中用高电平和低电平分别来表示逻辑 1 和逻辑 0，它和二进制数中的 0 和 1 正好对应。因此，数字系统中常用二进制数来表示数据。在二进制位数较多时，常用十六进制或八进制作为二进制的简写。各种数制之间可以相互转换。

(3) 常用 BCD 码有 8421 码、2421 码、5421 码、余 3 码等，其中 8421 码使用最广泛。另外，格雷码由于可靠性高，也是一种常用码。

## 习 题

1. 将下列二进制数转换成等值的十六进制数和等值的十进制数。

(1)  $(1010111)_2$  (2)  $(110111011)_2$

(3)  $(0.01011111)_2$  (4)  $(11.001)_2$

2. 将下列十六进制数转换成等值的二进制数和等值的十进制数。

(1)  $(8C)_{16}$  (2)  $(3D.BE)_{16}$

(3)  $(8F.FF)_{16}$  (4)  $(10.00)_{16}$

3. 将下列十进制数转换成等值的二进制数和等值的十六进制数。要求二进制数保留小数点后四位有效数字。

(1)  $(17)_{10}$  (2)  $(127)_{10}$  (3)  $(0.39)_{10}$  (4)  $(25.7)_{10}$

4. 试将下列数转换成二进制数。

(1)  $(136.45)_8$  (2)  $(372)_8$  (3)  $(69C)_{16}$  (4)  $(57B.F2)_{16}$

5. 试将下列十进制数表示为 8421BCD 码。

(1)  $(43)_{10}$  (2)  $(95.12)_{10}$

6. 试将下列 BCD 码转换成十进制数。

(1)  $(010101111001)_{8421BCD}$  (2)  $(010011011011)_{2421BCD}$

(3)  $(001110101100.1001)_{5421BCD}$  (4)  $(10001011.0101)_{余3BCD}$

7. 请回答下列问题。

(1) 在数字系统中为什么要采用二进制？

(2) 格雷码的特点是什么？

(3) ASCII 码是什么？

