

21世纪高职高专规划教材

电子信息系列

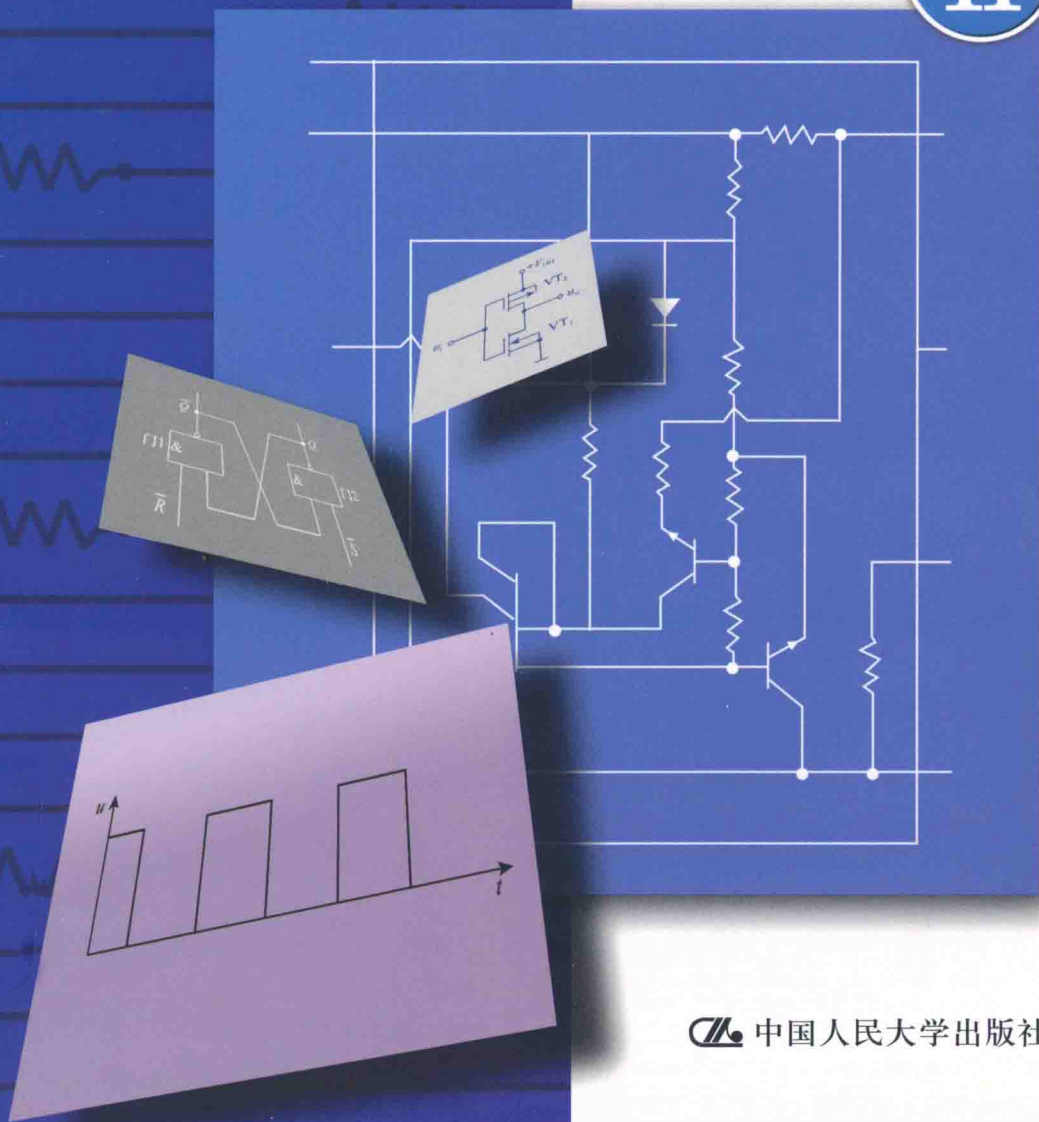
电子技术与项目训练

主 编◎王 露

副主编◎钱声强

陈 琳

II



21 世纪高职高专规划教材·电子信息系列

电子技术与项目训练 II

主 编 王 露

副主编 钱声强 陈 琳

中国人民大学出版社

• 北京 •

图书在版编目 (CIP) 数据

电子技术与项目训练. 2/王露主编. —北京: 中国人民大学出版社, 2011. 8
21 世纪高职高专规划教材. 电子信息系列
ISBN 978-7-300-13622-6

I. ①电… II. ①王… III. ①电子技术-高等职业教育-教材 IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 123889 号

21 世纪高职高专规划教材·电子信息系列

电子技术与项目训练 II

主 编 王 露

副主编 钱声强 陈 琳

Dianzi Jishu yu Xiangmu Xunlian II

出版发行	中国人民大学出版社	邮政编码	100080
社 址	北京中关村大街 31 号		
电 话	010-62511242 (总编室)	010-62511398 (质管部)	
	010-82501766 (邮购部)	010-62514148 (门市部)	
	010-62515195 (发行公司)	010-62515275 (盗版举报)	
网 址	http://www.crup.com.cn http://www.ttrnet.com (人大教研网)		
经 销	新华书店		
印 刷	三河市汇鑫印务有限公司	版 次	2011 年 9 月第 1 版
规 格	170 mm×228 mm 16 开本	印 次	2011 年 9 月第 1 次印刷
印 张	17.5	定 价	32.00 元
字 数	315 000		

版权所有 侵权必究

印装差错 负责调换

前言

随着时代的发展,特别是工业化、信息化的不断深入,社会对专业技术人员的要求日益提高。学校作为培养人才的基地,面对社会的需求,应当将提高职业人员的综合素质作为己任,不断探索教学方法。

在探索中,中国高等职业教育从无到有,不断发展。本书以培养学生独立地、有责任感地在团队中有效地完成工作任务为职业教育目标,以提高学生的综合素质为依托,以帮助学生迅速提高社会能力、方法能力和专业能力为宗旨,采用先进的行动导向教学法和典型的工作任务,配合行动导向教学,充分考虑理论联系实际,力求理论内容完整实用,论述深入浅出、通俗易懂,便于阅读,易于理解。本书实践内容典型且丰富,全面接近企业实际环境,切合高等职业教育理论,是一本不可多得的教材。

本书共分为制作加减计算器,设计与制作抢答器,设计、制作与调试可逆循环灯控制器,制作与分析数字式直流电压表,设计、制作与调试数字电子钟系统5个项目,每一个项目又包括若干任务,每一个任务均包括“相关知识”、“任务实施”等栏目。学生凭借理论知识及其他相关知识的学习,通过与团队人员的合作以及亲手实践,可以更加熟悉企业实际环境,提高自身综合素质。

本书按照“项目导入,任务驱动”的教学法组织编写,建议具备一定实训条件的学校进行一体化教学,以学生团队独立完成任务为主,教师协助为辅,全面培养学生的能力。

本书项目1由常州信息职业技术学院王露、朱幼娟编写,项目2由常州信息职业技术学院王露、杨娜编写,项目3由常州信息职业技术学院陈琳、王露编写,项目4由常州信息职业技术学院陆海空编写,项目5由常州信息职业技术学院钱声强编写。王露担任主编,钱声强、陈琳担任副主编,负责全书的组织、策划、修改和定稿工作。本书在编写过程中得到了常州信息职业技术学院的领导和老师们的大力支持和帮助,中国人民大学出版社凌利、田野编辑为此书的出版付

出了辛勤的劳动，在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中错误和不妥之处在所难免，敬请各位专家、同行批评、指正。

王露

2011 年 8 月

目 录

绪论 数字电路概述	1
项目 1 制作加减计算器	4
任务 1 各种逻辑门电路功能测试	5
任务 2 三人表决器的制作	38
任务 3 加减计算器的制作	45
小 结	60
思考与练习	61
项目 2 设计与制作抢答器	64
任务 1 译码器、数据选择器及分配器的测试与分析	65
任务 2 数值比较器、全加器的测试与分析	86
任务 3 三人抢答器的设计与制作	101
小 结	118
思考与练习	118
项目 3 设计、制作与调试可逆循环彩灯控制器	120
任务 1 触发器逻辑功能测试	121
任务 2 十六进制计数器的制作与调试	141
任务 3 电子秒表的制作与调试	158
任务 4 分频器的制作与调试	172
任务 5 可逆循环彩灯控制器的设计、制作与调试	182
小 结	187
思考与练习	188

项目 4 制作与分析数字式直流电压表	191
任务 1 D/A 转换器的测试与分析	191
任务 2 数字式直流电压表的制作与分析	198
小 结	209
思考与练习	209
项目 5 设计、制作与调试数字电子钟系统	211
任务 1 1 Hz 信号源的设计、制作与调试	213
任务 2 计时显示电路的设计、制作和调试	226
任务 3 校时、报时电路的设计、制作与调试	232
小 结	238
思考与练习	238
附 录	239
附录 1 项目报告要求	239
附录 2 实验电路的故障检查和排除	239
附录 3 数字电路的安装与测试技术	241
附录 4 常用数字集成电路产品明细表	243
附录 5 部分数字集成电路引脚功能图	250
参考文献	271

绪论

数字电路概述

一、模拟信号与数字信号

1. 模拟信号

模拟信号是在时间上和数值上均作连续变化的电信号,如图1所示。如收音机、电视机通过天线接收的音频信号、视频信号,在正常情况下它们的电压信号不会发生突变,而是随时间作连续变化。

对模拟信号进行产生、放大、处理、运用的电路称为模拟电路。

2. 数字信号

数字信号是在时间上和数值上均作断续变化的电信号,也称离散信号,如图2所示。如开与关、亮与灭、低与高等。一般来说,数字信号在两个稳定的状态之间作阶跃式变化,常用数字0和1来表示。这里的0和1不是十进制数中的数字,而是逻辑0和逻辑1,因而称之为二值数字逻辑。

对数字信号进行产生、存储、变换、处理、传送的电路称为数字电路。

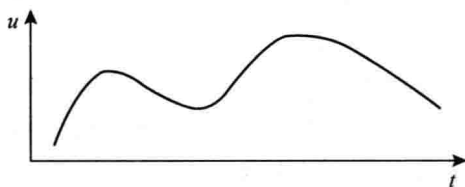


图1 模拟信号

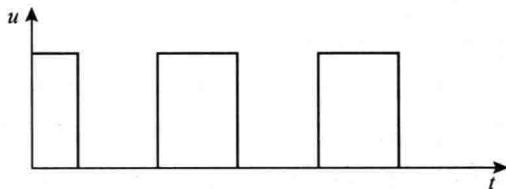


图2 数字信号

二、数字电路的分类

1. 按电路组成的结构分,可分为分立元件电路和集成电路两类

分立元件电路是将元件和器件等用导线连接起来的电路。

集成电路就是把各个元件、器件及它们之间的连线均用半导体工艺集成制作

在同一块硅片上构成的电路, 然后按照一定的封装形式封装, 提供给用户。用户在使用时, 通过外部的管脚来利用芯片内部的电路。

2. 按集成度的大小分, 可分为小规模集成电路、中规模集成电路、大规模集成电路和超大规模集成电路四类

集成度大小是指在同一集成芯片上制作的逻辑门电路或元器件数量的多少。

小规模集成电路 (small scale integrated circuits, SSIC), 其每块电路大约包含 10~100 个基本元器件, 如各种逻辑门电路、集成触发器等; 中规模集成电路 (medium scale integrated circuits, MSIC), 其每块电路大约包含 100~1 000 个基本元器件, 如编码器、译码器、计数器、寄存器等; 大规模集成电路 (large scale integrated circuits, LSIC), 其每块电路大约包含 1 000~10 000 个基本元器件, 如存储器、串并接口电路、中央控制器等; 超大规模集成电路 (very large scale integrated circuits, VLSIC), 其每块电路大约包含 10 000 个以上的基本元器件, 如各种微处理器等。

3. 按构成数字电路的半导体器件分, 可分为双极型电路和单极型电路两类

二极管、三极管工作时内部有两种载流子, 所以称为双极型半导体器件。场效应管则靠导电沟道工作, 称为单极型半导体器件。

以双极型管为基本器件的集成电路称为双极型集成电路, 如 TTL 电路、ECL 电路、 I^2L 电路; 以单极型管为基本器件的集成电路称为单极型集成电路, 如 NMOS 电路、PMOS 电路、CMOS 电路。

4. 按电路的记忆功能分, 可分为组合逻辑电路和时序逻辑电路两类

组合逻辑电路是指电路任意时刻的输出仅取决于电路当前的输入, 而与电路过去的状态无关的逻辑电路。如全加器、编码器、译码器、数据选择器等, 这些集成电路均为组合逻辑电路, 它们不能“记忆”过去的输入。

时序逻辑电路是指电路任意时刻的输出不仅取决于电路当前的输入, 而且与电路过去的状态有关的逻辑电路。如触发器、计数器、寄存器等, 这些集成电路均为时序逻辑电路, 它们能“记忆”过去的输入, 带记忆功能。

三、数字电路的优点

数字电路与模拟电路相比主要具有以下优点:

(1) 数字电路不仅能够完成算术运算 (加、减、乘、除), 而且能够完成逻辑运算 (与、或、非等), 这在控制系统中是必不可少的, 因此数字电路也常被称为数字逻辑电路或逻辑电路。

(2) 数字电路中, 无论是算术运算还是逻辑运算, 其信号代码符号只有 0 和

1 两种, 电路的基本单元相对简单, 便于集成和批量生产。批量生产的集成电路成本低廉, 使用方便。

(3) 数字电路组成的数字系统, 其工作的信号只有高、低两种电平, 所以数字电路的半导体器件一般工作在导通和截止这两种开关状态, 抗干扰能力强, 功耗低, 可靠性高, 稳定性好。

(4) 数字电路可以对数字信号进行加密处理, 使信号在传输过程中不易被窃取, 保密性好。

(5) 数字电路系统通常由数字集成电路组成, 因此具有较强的通用性。

四、数字电路的分析方法与测试技术

1. 数字电路的分析方法

数字电路的主要研究对象是电路的输出与输入之间的逻辑关系, 由于数字电路中的器件处于开关状态, 因而这里所采用的分析工具是逻辑代数, 表达电路的功能主要采用功能表、真值表、逻辑表达式及波形图。

2. 数字电路的测试技术

数字电路在正确设计和安装后, 必须经过严格的测试。测试的基本仪器设备包括:

(1) 数字电压表, 即用来测量电路中各点的电压, 并观察其测试结果是否与理论分析一致。

(2) 示波器, 即用来观察电路中各点的波形, 验证输入与输出的逻辑关系。

项目 1

制作加减计算器

学习目标

- 会测试各种逻辑门电路的功能
- 掌握数制、码制的表示形式及相互之间的转换方法
- 会分析各种逻辑门组成的组合逻辑电路的功能
- 学会利用各种逻辑门设计组合逻辑电路
- 能对组合逻辑电路的故障现象进行分析、判断并加以解决
- 能利用组合逻辑电路设计和制作加减计算器，并能通过调试得到正确的

结果

项目任务

- 各种逻辑门电路的功能测试
- 三人表决器电路的分析及功能测试
- 加减计算器的设计、制作与调试

计算器应用相当广泛，人人都会用，人人都能用，它已经在不知不觉中成为人们日常生活中不可缺少的一部分。但需要指出的是，学习、工作、生活中这些计算器电路设计往往比本书介绍的加减计算器电路设计复杂得多。

本书介绍的简易计算器是由若干集成逻辑门电路组成的，因此这里我们通过若干任务实施来学习和了解集成逻辑门电路的相关知识。

任务 1 各种逻辑门电路功能测试

任务目标

- 会查阅电子元器件手册并正确选用集成逻辑门电路
- 能正确测试集成逻辑门电路功能

任务内容

- 集成与非门电路功能测试与结果的分析
- 集成或非门电路功能测试与结果的分析
- 集成与或非门电路功能测试与结果的分析
- 集成异或门电路功能测试与结果的分析
- 集成 OC 门电路功能测试与结果的分析
- 集成三态门电路功能测试与结果的分析
- 编写文档, 记录逻辑门电路学习过程和测试结果 (一组交一份)

知识点

- 数制与码制
- 各种集成逻辑门电路的功能及主要参数



相关知识 1

一、数制

数字量的计算方法就是数制。在生产实践中人们普遍采用的数制是十进制, 而在数字电路中和微机系统中应用最广泛的是二进制和十六进制。

(一) 十进制

十进制 (decimal) 是日常生活中最常使用的计数方法。十进制数的特点是:

- (1) 有 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9 共 10 个数码, 其计数基数为 10;
- (2) 逢十进一, 借一当十;
- (3) 每位授权系数为 10^i (i 可为正、负、0), 高低相邻位权值是 10 倍的

关系。

基数是指指数制中允许使用的数字符号的个数。十进制是以 10 为基数的计数体制。如十进制数 172.83 可表示为： $(172.83)_{10} = 1 \times 10^2 + 7 \times 10^1 + 2 \times 10^0 + 8 \times 10^{-1} + 3 \times 10^{-2}$ ，其中 10^2 、 10^1 、 10^0 、 10^{-1} 、 10^{-2} 称为各位的权 (weight)，相邻高位的权值是相邻低位的权值的 10 倍。

任意一个正的十进制数可表示为：

$$D = \sum_m^n K_i \times 10^i \quad (1.1)$$

式中， K_i 为 0~9 中的某一个数； 10^i 为第 i 位的权，小数点以右的权是 10 的负次幂； m 、 n 为 $-\infty \sim +\infty$ 中的任意整数。

(二) 二进制

二进制 (binary) 数只由两个数字符号 1 和 0 组成，它同十进制数一样，自左向右是高位到低位排列。在数字电路中用得最多的是二进制数，二进制数 1 和 0 使电路高电平为 1、低电平为 0 很容易实现。

1. 二进制数的特点

- (1) 有 0 和 1 两个数码，计数基数为 2；
 - (2) 逢二进一，借一当二；
 - (3) 每位授权系数为 2^i (i 可为正、负、0)，高低相邻位权值是 2 倍的关系。
- 任意一个正的二进制数可表示为：

$$D = \sum_m^n K_i \times 2^i \quad (1.2)$$

式中， K_i 为 0 或 1； 2^i 为第 i 位的权，小数点以右的权是 2 的负次幂； m 、 n 为 $-\infty \sim +\infty$ 中的任意整数。如二进制数 101.11 可表示为： $(101.11)_2 = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = (5.75)_{10}$ 。

2. 二进制的优点和缺点

(1) 优点：一是电路容易实现 1 或 0 两种状态，而且存贮、传送方便；二是基本运算很容易实现，例如， $0 \times 0 = 0$ ， $0 \times 1 = 0$ ， $1 \times 0 = 0$ ， $1 \times 1 = 1$ 。

(2) 缺点：一是人们对二进制不习惯；二是对于同样一个数，二进制位数比十进制位数多。

(三) 十六进制

十六进制 (hexadecimal) 数比二进制数位数少，便于书写和记忆，因此在

计算机中经常使用。十六进制数的特点是：

(1) 有 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9 和 A、B、C、D、E、F 共 16 个数码，其计数基数为 16；

(2) 逢十六进一，借一当十六；

(3) 每位授权值为 16^i ，高低相邻位权值是 16 倍的关系。

任意一个十六进制数可表示为：

$$D = \sum_m^n K_i \times 16^i \quad (1.3)$$

式中， K_i 为 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F 这 16 个数码中的一个，其中 A、B、C、D、E、F 分别表示十进制数中的 10、11、12、13、14、15，计数基数为 16； 16^i 为第 i 位的权，小数点以右的权是 16 的负次幂； m 、 n 为 $-\infty \sim +\infty$ 中的任意整数。如十六进制数 AD5.C 可表示为： $(AD5.C)_{16} = 10 \times 16^2 + 13 \times 16^1 + 5 \times 16^0 + 12 \times 16^{-1} = (2773.75)_{10}$ 。

由于二进制数比十进制数位数多，不便于记忆和书写，而且目前微型计算机中普遍采用八位、十六位、三十二位二进制数并行运算，而八位、十六位、三十二位二进制数可以用二位、四位、八位十六进制数表示，因此微型计算机中一般用十六进制数符号书写程序。

表 1—1 为十进制数 0~15 所对应的十六进制数和二进制数。

表 1—1

数制对照表

十进制数	十六进制数	二进制数
0	0	0000
1	1	0001
2	2	0010
3	3	0011
4	4	0100
5	5	0101
6	6	0110
7	7	0111
8	8	1000

续前表

十进制数	十六进制数	二进制数
9	9	1001
10	A	1010
11	B	1011
12	C	1100
13	D	1101
14	E	1110
15	F	1111

(四) 三种数制之间的转换

1. 二进制数转换为十进制数

用按权展开法可以将任意二进制数转换为十进制数。所谓按权展开法，就是按式 (1.2) 展开，将各位二进制数的权值乘上系数，再相加即可得相应的十进制数。

例 1.1 将二进制数 $(11010.011)_2$ 转换为十进制数。

解： $(11010.011)_2 = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} = (26.375)_{10}$ 。

为了方便利用按权展开法进行二进制数转换为十进制数的换算，应熟记表 1—2。

表 1—2 常用二进制的位权

i	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2^i	0.125	0.25	0.5	1	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1 024

2. 十进制数转换为二进制数

十进制数转换为二进制数需要分两部分转换：整数部分和小数部分。

整数部分采用除 2 取余法，步骤如下：

(1) 将给定的十进制数除以 2，余数作为二进制数的最低位 (least significant bit, LSB)；

(2) 将第 (1) 步的商再除以 2，余数作为二进制数的次低位；

(3) 重复第 (2) 步，直至商为 0，最后的余数作为二进制数的最高位 (most significant bit, MSB)。

例 1.2 将十进制数 $(13)_{10}$ 转换为二进制数。

解:

	余数	
2 $\overline{13}$	 1 (LSB)	↑ 读取顺序
2 $\overline{6}$	 0	
2 $\overline{3}$	 1	
2 $\overline{1}$	 1 (MSB)	
0		

因此, $(13)_{10} = (1101)_2$ 。

小数部分采用乘 2 取整法。所谓乘 2 取整法, 是将小数部分逐次乘以 2, 取乘积的整数部分作为二进制数的各位, 乘积的小数部分继续乘以 2, 直至乘积的小数部分为 0 或到一定的精度。

例 1.3 将十进制数 $(0.1875)_{10}$ 转换为二进制数。

解:

$0.1875 \times 2 = 0.3750$	0 (MSB)	↓ 取整	
$0.3750 \times 2 = 0.7500$	0		
$0.7500 \times 2 = 1.5000$	1		
$0.5000 \times 2 = 1.0000$	1 (LSB)		小数部分为 0, 结束

因此, $(0.1875)_{10} = (0.0011)_2$ 。

例 1.4 将十进制数 $(0.542)_{10}$ 转换为误差不大于 2^{-6} 的二进制数。

解:

$0.542 \times 2 = 1.084$	1 (MSB)	↓ 取整	
$0.084 \times 2 = 0.168$	0		
$0.168 \times 2 = 0.336$	0		
$0.336 \times 2 = 0.672$	0		
$0.672 \times 2 = 1.344$	1		
$0.344 \times 2 = 0.688$	0 (LSB)		满足精度要求, 结束

至此, 已满足误差不大于 2^{-6} 的精度要求, 因此 $(0.542)_{10} = (0.10001)_2$ 。

把一个带有整数和小数的十进制数转换为二进制数时, 只要将整数部分和小数部分分别转换, 然后将结果合并起来即可。

例 1.5 将十进制数 $(13.542)_{10}$ 转换为误差不大于 2^{-6} 的二进制数。

解: 根据例 1.2 与例 1.4 的结果可得: $(13.542)_{10} = (1101.10001)_2$ 。

3. 二进制数转换为十六进制数

由表 1—1 可知四位二进制数等价于一位十六进制数，所以二进制数转换成十六进制数的方法是：将二进制数的整数部分由右向左四位一组直至最高位，若整数部分有不足四位的，则在高位补零，因为整数的高位添零不影响数值；小数部分由左向右四位一组直至最低位，若小数部分有不足四位的，则在低位补零，因为小数的低位添零不影响数值。

例 1.6 将二进制数 $(1001011.100011)_2$ 转换为十六进制数。

解：将 1001011.100011 分组为整数部分和小数部分各两组，即 (0100 1011. 1000 1100)，因此结果为： $(4B.8C)_{16}$ 。

4. 十六进制数转换为二进制数

因为一位十六进制数等价于四位二进制数，因此只要根据表 1—1 中一位十六进制数对应的四位二进制数，将各位十六进制数按原来的顺序展开即可。

例 1.7 将十六进制数 $(3A9.C8)_{16}$ 转换为二进制数。

解： $(3A9.C8)_{16} = (1110101001.11001)_2$ 。

5. 十六进制数转换为十进制数

将十六进制数按权展开即可转换为十进制数。

例 1.8 将十六进制数 $(4E7)_{16}$ 转换为十进制数。

解： $(4E7)_{16} = 4 \times 16^2 + 14 \times 16^1 + 7 \times 16^0$
 $= 1\,024 + 224 + 7$
 $= (1\,255)_{10}$ 。

6. 十进制数转换为十六进制数

可以将十进制数先转换为二进制数，再将二进制数转换为十六进制数。

例 1.9 将十进制数 $(25.625)_{10}$ 转换为十六进制数。

解：先将 25.625 分整数部分和小数部分转换为二进制数，即 $(25.625)_{10} = (11001.101)_2$ ；再将 $(11001.101)_2$ 四位一组转换为十六进制数，即 $(11001.101)_2 = (00011001.1010)_2 = (19.A)_{16}$ 。

二、码制

在数字系统中，必须将数字、文字、符号用一定规则规定的二进制码来表示，编码的规则称为码制。需要注意的是，二进制码不表示二进制数，它代表的含义完全由人们预先指定。常用的二进制码有以下几种。

(一) BCD 码

BCD 码是二—十进制码 (binary coded decimal) 的简称，它是用四位二进制代码来表示一位十进制数，四位二进制数共有 16 个码组。十进制数从四位二进