

数字电子技术

吴雪琴 主编



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

数字电子技术

主 编 吴雪琴

副主编 程建新

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

本书系统阐述了数字电子技术的相关知识,全书共9章,主要内容包括:数制与编码、逻辑代数基础、逻辑门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、脉冲波形的产生和整形、模拟信号与数字信号的转换、半导体存储器与可编程器件等内容。本书每章后面都设有小结、习题,书后对本书中的主要文字符号及其说明、常用标准集成电路器件、常用74LS系列集成电路,以及常用逻辑符号等加以了汇总。书中给出了较多的例题和应用实例,特别针对每章节的重点内容,在“任务训练”部分里用Multisim10电路仿真和设计的软件进行每章教学任务的模拟训练。

本书适用于高等院校电子信息类、自动化类、检测与控制技术及仪器、计算机类、通信工程、汽车电子等专业的教材,可供夜大、电大等成人教育类型学校及职业培训机构使用,还可以供其他工科专业师生和从事电子技术工作的工程技术人员阅读。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术 / 吴雪琴主编. -- 北京:北京理工大学出版社, 2016.8

ISBN 978-7-5640-9451-5

I. ①数… II. ①吴… III. ①数字电路—电子技术—教材 IV. ①TN79

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第205419号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(总编室)

68944990(批销中心)

68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京泽宇印刷有限公司

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 19.25

字 数 / 468千字

印 次 / 2016年8月第1版 2016年8月第1次印刷

定 价 / 52.00元

责任编辑 / 李志敏

文案编辑 / 李志敏

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

Foreword

前言

Foreword

根据教育部对高等教育紧缺人才的培养方案和人力资源社会保障部门制定的有关国家职业标准及相关的职业技能鉴定规范,按照新课程标准的内容和安排,同时结合作者长期从事高等教育教学的工作实践经验,体现作者在教学改革及教材建设等方面取得的成果,力求使本书能够全面彰显普通高等教育的特色,满足现行教学的基本要求。

自 20 世纪 70 年代以来,数字化浪潮几乎席卷了电子技术所有的应用领域。随着信息化社会的迅猛发展,数字电子技术在信号处理等方面的应用优势日益凸显,其自身功能也日益强大。

全书系统阐述了数字电子技术的基本概念和基本规律、电路的分析和设计方法等。全书共分为 9 章,内容涵盖了数制与编码、逻辑代数基础、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、模拟信号与数字信号的转换、半导体存储器与可编程器件等方面。

本书在内容编排上,从小规模数字集成电路入手,突出介绍了数字电子技术的基本原理、基本分析方法和设计方法以及理论及工程应用在软件上的运行和训练;在内容体系上,为适应数字电子技术发展的需要,以小、中规模数字集成电路为主,适当地介绍一些大规模数字集成电路的知识;在编写中,力求基本概念清晰,突出数电知识的工程应用,并为后续专业课程做好基础知识的铺垫。

本书参考了许多同类教材和其他文献资料,力图保证基本概念和基本观点的正确性、严谨性,特别注重理论和实际工程应用相结合,每章都列举许多电路应用实例,同时每章都配有用 Multisim 10 电路仿真和设计软件仿真典型、新型的应用实例,目的是使学生易于理解和掌握所学理论知识,提高学生的学习效果和实践能力,拓展学生的知识面。

本书为了便于教师的教学和读者的自学,特制作了 PPT 课件、试卷若干套,并对每章课后习题给出配套的习题答案。

本书由倪依纯教授担任本书的主审;吴雪琴副教授担任主编并执笔第 1、2、5、8 章及附录部分;程建新高级讲师担任副主编,执笔第 3、4、9 章;李淑芳执笔第 6、

7章;曹淳执笔各章节的任务训练部分。在本书的整理和定稿过程中,倪依纯教授百忙中抽出时间进行了认真审稿并提出了独到的修改意见,同时承蒙兄弟院校的教师对初稿提出宝贵的修改意见,在此谨致以诚挚的谢意。

由于作者业务水平有限,对数字电子技术前沿的知识了解不够,积累的经验不足,虽然根据兄弟院校教师们的意见对书稿进行了部分修改,但由于本书编写时间紧迫,编写过程难免有不妥和错误之处,敬请各位专家与读者拨冗指教,我们将不胜感激。

编 者

Contents

目录

Contents

第 1 章 数制与编码

1.1 数 制	1
1.1.1 概述	1
1.1.2 十进制数	2
1.1.3 二进制数、八进制数和十六进制数	3
1.1.4 不同数制之间的转换	5
1.2 编 码	9
1.2.1 二-十进制编码	9
1.2.2 其他编码简介	11
1.3 任务训练: 熟悉 Multisim 仿真软件的使用	11
1.3.1 Multisim 概述	11
1.3.2 Multisim 10 的元器件库	12
1.3.3 Multisim 10 的仪器仪表库	12
1.3.4 构建仿真电路的基本操作	13
知识拓展 二进制正负数表示法	15
本章小结	17
习 题	17

第 2 章 逻辑代数基础

2.1 逻辑代数的基本概念	20
2.1.1 基本逻辑运算	20
2.1.2 逻辑函数及其表示方法	24
2.2 逻辑代数的基本定律和规则	26
2.2.1 逻辑代数的基本定律	26
2.2.2 逻辑代数的重要运算规则	28
2.3 逻辑函数的化简	30

2.3.1	逻辑函数的最简表达式	30
2.3.2	逻辑函数的公式化简法	33
2.3.3	逻辑函数的卡诺图化简法	35
2.4	任务训练：用 Multisim 进行逻辑函数的化简和表述方法的转换	40
2.4.1	逻辑函数表达式转换成真值表	40
2.4.2	逻辑函数表达式转换成逻辑图	41
2.4.3	逻辑图转换成真值表和逻辑函数表达式	41
2.4.4	逻辑函数的化简	43
知识拓展	具有随意项的逻辑函数及其化简	43
本章小结		45
习 题		47

第 3 章 逻辑门电路

3.1	概 述	52
3.1.1	逻辑门电路概述	52
3.1.2	半导体的开关特性	53
3.2	基本逻辑门电路	60
3.2.1	逻辑关系	60
3.2.2	与门、或门和非门电路	61
3.2.3	其他门电路	63
3.3	TTL 门电路	63
3.3.1	TTL 与非门的工作原理	63
3.3.2	TTL 与非门的特性和参数	64
3.3.3	TTL 门电路应用中的注意事项	70
3.4	CMOS 门电路	70
3.4.1	常见 CMOS 门电路	71
3.4.2	CMOS 集成电路使用注意事项	81
3.5	任务训练：用 Multisim 仿真 TTL 与非门的逻辑功能	83
3.5.1	仿真方案设计	83
3.5.2	仿真电路的构建及仿真运行	83
3.5.3	说明	85
知识拓展	TTL 和 CMOS 门电路的接口	85
本章小结		88
习 题		89

第4章 组合逻辑电路

4.1 组合逻辑电路的分析与设计	92
4.1.1 组合逻辑电路的分析	92
4.1.2 组合逻辑电路的设计	95
4.2 常见的组合逻辑电路	97
4.2.1 加法器	97
4.2.2 编码器	99
4.2.3 译码器	103
4.2.4 数据选择器和分配器	112
4.3 任务训练: 用 Multisim 仿真译码器及其应用电路	116
4.3.1 仿真方案设计	116
4.3.2 仿真电路的构建及仿真运行	116
知识拓展 组合电路中的竞争与险象	119
本章小结	122
习 题	123

第5章 触发器

5.1 概 述	128
5.2 基本 RS 触发器	129
5.2.1 基本 RS 触发器的电路结构	129
5.2.2 基本 RS 触发器的工作原理	129
5.2.3 基本 RS 触发器的逻辑功能描述	130
5.2.4 基本 RS 触发器的特点	132
5.3 同步 RS 触发器	132
5.3.1 同步 RS 触发器的电路结构	133
5.3.2 同步 RS 触发器的逻辑功能	133
5.3.3 同步 RS 触发器的真值表	134
5.3.4 同步 RS 触发器的特点	134
5.4 主从触发器	135
5.4.1 主从 RS 触发器	135
5.4.2 主从 JK 触发器	137
5.5 其他触发器的介绍	139
5.5.1 T 触发器	139
5.5.2 T' 触发器	139
5.5.3 D 触发器	140

5.6 任务训练：用 Multisim 仿真主从 JK 触发器	140
5.6.1 仿真方案设计	140
5.6.2 仿真电路的构建及仿真运行	141
5.6.3 仿真结果分析	142
5.6.4 说明	143
知识拓展 触发器的脉冲工作特性	143
本章小结	144
习 题	145

第 6 章 时序逻辑电路

6.1 概 述	149
6.1.1 时序逻辑电路的结构及特点	149
6.1.2 时序逻辑电路的分类	150
6.1.3 时序逻辑电路的描述方法	151
6.2 时序逻辑电路的分析	152
6.2.1 时序逻辑电路的分析方法	152
6.2.2 时序逻辑电路的分析实例	152
6.3 常用时序逻辑电路	156
6.3.1 计数器	156
6.3.2 寄存器	170
6.4 同步时序逻辑电路的设计	175
6.4.1 同步时序逻辑电路的设计方法	175
6.4.2 同步时序逻辑电路的设计实例	176
6.4.3 异步时序逻辑电路的设计	180
6.5 任务训练：用 Multisim 仿真移位寄存器及其应用电路	182
6.5.1 仿真方案设计	182
6.5.2 仿真电路的构建及仿真运行	183
知识拓展 数字钟	186
本章小结	188
习 题	189

第 7 章 脉冲波形的产生与整形

7.1 概 述	196
7.2 555 定时器	197
7.2.1 555 定时器的电路结构与工作原理	198

7.2.2	555 定时器的功能表	200
7.3	施密特触发器	201
7.3.1	施密特触发器概述	201
7.3.2	用 555 定时器构成的施密特触发器	201
7.3.3	施密特触发器的典型应用	203
7.4	单稳态触发器	204
7.4.1	单稳态触发器概述	204
7.4.2	用 555 定时器构成的单稳态触发器	205
7.4.3	集成单稳态触发器	207
7.4.4	单稳态触发器的典型应用	209
7.5	任务训练: 用 Multisim 仿真 555 定时器及其应用电路	211
7.5.1	仿真方案设计	211
7.5.2	仿真电路的构建及仿真运行	211
知识拓展	多谐振荡器	214
本章小结		219
习 题		219

第 8 章 模拟信号与数字信号的转换

8.1	概 述	225
8.2	D/A 转换器	226
8.2.1	D/A 转换器的工作原理和转换电路	226
8.2.2	D/A 转换器的主要技术参数	231
8.3	A/D 转换器	231
8.3.1	A/D 转换器的工作原理和转换电路	232
8.3.2	A/D 转换器的主要技术参数	237
8.4	任务训练: 用 Multisim 仿真集成 D/A、A/D 转换器	238
8.4.1	仿真方案设计	238
8.4.2	仿真电路的构建及仿真运行	238
知识拓展	调制解调器	240
本章小结		242
习 题		243

第 9 章 半导体存储器与可编程器件

9.1	存 储 器	245
-----	-------	-----

9.1.1	概述	245
9.1.2	存储器的基本结构及工作原理	246
9.2	可编程逻辑器件 PLD	251
9.2.1	PLD 的基本结构	252
9.2.2	PLD 的逻辑符号画法和约定	255
9.3	可编程逻辑阵列 PLA	256
9.3.1	PLA 的工作原理及应用	256
9.3.2	PLA 的扩展	257
9.4	可编程逻辑阵列 PAL	258
9.4.1	PAL 器件结构	258
9.4.2	PAL 器件实例及应用	260
9.5	通用阵列逻辑 GAL	261
9.5.1	GAL 器件概述	261
9.5.2	GAL 器件的基本结构	262
9.5.3	GAL 器件的工作模式及应用	264
9.6	现场可编程门阵列 FPGA	269
9.6.1	概述	269
9.6.2	FPGA 器件的基本结构	269
9.6.3	FPGA 器件的应用实例	272
9.7	任务训练：用 Multisim 仿真随机存储器	273
9.7.1	仿真方案设计	274
9.7.2	仿真电路的构建及仿真运行	274
知识拓展 在系统可编程逻辑器件		276
本章小结		282
习 题		283
附 录		287
附录 A	本书中的主要文字符号及其说明	287
附录 B	常用标准集成电路器件	290
附录 C	常用 74LS 系列集成电路	293
附录 D	常用逻辑符号的对照表	295
参考文献		297

第 1 章

数制与编码

本章知识点

- ☆ 了解数制、码制的概念和常用的计数制；
- ☆ 掌握各数制的计数规则及按加权系数展开法；
- ☆ 掌握不同数制之间的转换；
- ☆ 了解二-十进制编码（BCD 码）的方法。

先导案例

数字电子技术是现代科学技术的一个重要的组成部分，特别是在电子计算机、自动控制、遥感遥测、雷达、通信等许多领域应用广泛。它已经渗透到了人类生产、生活的各个方面，如在计算机技术中它主要用于数据信息的处理。那么计算机是如何处理数据信息的呢？



1.1 数 制

1.1.1 概述

在大自然形形色色的物理量中，根据其变化规律可以分为两类。

一类物理量的变化在时间上或数值上是连续的，称为模拟量。通常把模拟量的信号称为模拟信号，把在模拟信号下工作的电子电路称为模拟电路。关于模拟电子技术方面的知识在本书中就不作介绍了。

另一类是物理量变化是在时间上和数量上都是离散的，即它们的变化在时间上是不连续的，在数值上，其大小和每次增减都是某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没有任何物理意义，这一类的物理量称为数字量。把表示数字量的信号称为数字信号，

把在数字信号下工作的电子电路称为数字电路。比如生产流水线上的计件装置就是靠电子电路记录生产线上输出的零件数目的。

长久以来,人类已经积累了许多表示数以及计数的方法,数制就是方法之一。数制,即计数制或进位制,是用一组固定的符号以进位的方式来表示数值的一种规则。通常人们采用的数制有十进制、二进制、八进制和十六进制,其中接触最多的计数方法是十进制,而在数字电路中通常采用的是二进制。下面先介绍几个数制的基本概念。

1. 数码

在数制中表示基本数值大小的不同计数符号,称为数码。例如,十进制数有 10 个数码: 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9; 八进制数用 0、1、2、3、4、5、6、7 这 8 个数码来表示; 二进制数只有 2 个数码: 0, 1。

2. 基数

数制所使用数码的个数,称为基数。如基数为 R 的进位制,简称 R 进制。例如,基数为 10 的进位制称为十进制; 基数为 2 的进位制称为二进制; 十六进制的基数为 16。

3. 位权

在进位数制中,表示不同数位上数码的单位数值称为位权。在 R 进制中,第 i 位的权就是基数 R 的 i 次幂,即 R^i 。例如,十进制的 321, 3 的位权是 10^2 , 2 的位权是 10^1 , 1 的位权是 10^0 。二进制中的 1011, 从左到右第一个 1 的位权是 2^3 , 0 的位权是 2^2 , 第二个 1 的位权是 2^1 , 第三个 1 的位权是 2^0 。

1.1.2 十进制数

人们使用最多的进位计数制就是十进制 D (Decimal), 用 0~9 这 10 个计数符号来描述。在计数过程中,当某一位累计到基数时,便向高位进 1, 而本位又从零开始计数。因十进制的基数为 10, 故进位规则是“逢十进一, 借一当十”。

在十进制中,为了区别,十进制数通常用“()_D”或“()₁₀”表示。每一个数码在不同位置时代表的数值是不一样的。如十进制数 829 可以表示为

$$(829)_{10}=8\times10^2+2\times10^1+9\times10^0$$

又如十进制数 5.315 可以表示为

$$(5.315)_{10}=5\times10^0+3\times10^{-1}+1\times10^{-2}+5\times10^{-3}$$

上述两式均为十进制数的按权系数展开式。式中 10^2 、 10^1 、 10^0 为百、十、个位的权,高位权值是相邻低位权值的 10 倍。由此可以看出,十进制的权是按 10 的次幂变化的,次幂以小数点为基准,小数点左边的幂次从右到左按 0, 1, 2, …的顺序递增,小数点右边的幂次从左到右按 -1, -2, …的顺序递减。

依此类推,任意一个十进制数均有两种表示方法。

1) 并列表示法

$$(N)_{10}=(a_{n-1} a_{n-2} \cdots a_1 a_0 . a_{-1} a_{-2} \cdots a_{-m})_{10}$$

2) 多项式表示法

$$(N)_{10} = (a_{n-1} \times 10^{n-1} + a_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + a_1 \times 10^1 + a_0 \times 10^0 + a_{-1} \times 10^{-1} + a_{-2} \times 10^{-2} + \cdots + a_{-m} \times 10^{-m})_{10}$$

$$= \sum_{i=-m}^{n-1} a_i 10^i$$

式中, a_i 为十进制数码中第 i 位的值, 可以是十进制中 $0 \sim 9$ 中任一个; n 表示整数部分的位数, m 表示小数部分的位数。

在数字电路中, 除了以 10 为基数的十进制外, 还有以其他数字为基数的进制。通过对十进制数的分析, 可以得出任一基数为 R 的进位制, 进位规则为“逢 R 进一, 借一当 R ”。其表达式为

$$(N)_R = (a_{n-1} a_{n-2} \cdots a_1 a_0 . a_{-1} a_{-2} \cdots a_{-m})_R$$

或为

$$(N)_R = \sum_{i=-m}^{n-1} a_i R^i$$

1.1.3 二进制数、八进制数和十六进制数

1. 二进制

1) 二进制的表示

基数 R 为 2 的数制称二进制 B (Binary)。在二进制中只有 0 和 1 两个数码, 其进位规则为“逢二进一, 借一当二”。为了区别, 二进制数通常用“()₂”或“()_B”表示。任意一个二进制数均可以用以下的多项式表示

$$(N)_2 = (a_{n-1} \times 2^{n-1} + a_{n-2} \times 2^{n-2} + \cdots + a_1 \times 2^1 + a_0 \times 2^0 + a_{-1} \times 2^{-1} + a_{-2} \times 2^{-2} + \cdots + a_{-m} \times 2^{-m})_2$$

$$= \sum_{i=-m}^{n-1} a_i 2^i$$

式中, $a_i \in \{0, 1\}$, 2^i 为第 i 位的权。

【例 1-1】 将下列二进制数按权系数展开。

(1) 110101 (2) 101.011

解

$$(110101)_2 = 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0$$

$$(101.011)_2 = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3}$$

2) 二进制的运算

当两个二进制数码表示两个数量大小时, 它们之间可以进行数值运算, 这种运算称为算术运算。二进制的算术运算规则和十进制基本相同, 唯一区别就是二进制数逢二进一, 借一当二。

二进制数的算术运算规则如下。

加法: $0+0=0$ $0+1=1$ $1+0=1$ $1+1=1$ (有进位)

减法: $0-0=0$ $1-0=1$ $1-0=0$ $0-1=1$ (有借位)

乘法: $0\times 0=0$ $0\times 1=0$ $1\times 0=0$ $1\times 1=1$

除法: $0\div 1=0$ $1\div 1=1$

【例 1-2】 两个二进制数相加减。

(1) $1011+1101$

$$\begin{array}{r} 1011 \\ + 1101 \\ \hline 11000 \end{array}$$

$$1011+1101=11000$$

(2) $101-011$

$$\begin{array}{r} 101 \\ - 011 \\ \hline 10 \end{array}$$

$$101-011=10$$

3) 二进制的特点

在数字电路中,人们通常使用二进制数来表示电子器件的两种不同的工作状态。如“1”表示二极管的导通,“0”则表示二极管的截止;开关的闭合用“1”表示,开关的打开用“0”表示。在用电子电路记录从自动流水线上输出的零件数目时,每送出一个零件便给计件装置一个记为“1”的信号,而无零件输出时加给计数装置一个“0”的信号。二进制数的物理实现简单,节省元器件,且其存储和传输便捷,运算规则也简单。但由于二进制数的位数多,书写和阅读不方便,难记忆,易出错,人们通常采用八进制数和十六进制数作为二进制数的缩写形式。

2. 八进制

基数 R 为 8 的数制称八进制 O (Octal)。用 0~7 这八个数码来表示,其进位规则为“逢八进一,借一当八”。任意一个八进制数用多项式表示为

$$\begin{aligned} (N)_8 &= (a_{n-1} \times 8^{n-1} + a_{n-2} \times 8^{n-2} + \cdots + a_1 \times 8^1 + a_0 \times 8^0 + a_{-1} \times 8^{-1} + a_{-2} \times 8^{-2} + \cdots + a_{-m} \times 8^{-m})_8 \\ &= \sum_{i=-m}^{n-1} a_i 8^i \end{aligned}$$

式中, $a_i \in \{0,1,\cdots,7\}$, 8^i 为第 i 位的权。

3. 十六进制

基数 R 为 16 的数制称为十六进制 H (Hexadecimal)。用数字 0~9 和字母 A、B、C、D、E、F,这 16 个数码来表示,其进位规则为“逢十六进一,借一当十六”。为了区别,十六进制数通常用“()_H”或“()₁₆”表示。任意一个十六进制数用多项式表示为

$$\begin{aligned} (N)_{16} &= (a_{n-1} \times 16^{n-1} + a_{n-2} \times 16^{n-2} + \cdots + a_1 \times 16^1 + a_0 \times 16^0 + a_{-1} \times 16^{-1} + a_{-2} \times 16^{-2} + \cdots + a_{-m} \times 16^{-m})_{16} \\ &= \sum_{i=-m}^{n-1} a_i 16^i \end{aligned}$$

式中, $a_i \in \{0,1,\cdots,9,A,B,C,D,E,F\}$, 16^i 为第 i 位的权。

【例 1-3】 将下列数码分别按权系数展开。

$$(1) (1113.714)_{10} \quad (2) (1001.01)_2 \quad (3) (103.21)_8 \quad (4) (13A.2E)_{16}$$

解

$$(1113.714)_{10} = 1 \times 10^3 + 1 \times 10^2 + 1 \times 10^1 + 3 \times 10^0 + 7 \times 10^{-1} + 1 \times 10^{-2} + 4 \times 10^{-3}$$

$$(1001.01)_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$$

$$(103.21)_8 = 1 \times 8^2 + 0 \times 8^1 + 3 \times 8^0 + 2 \times 8^{-1} + 1 \times 8^{-2}$$

$$\begin{aligned} (13A.2E)_{16} &= 1 \times 16^2 + 3 \times 16^1 + A \times 16^0 + 2 \times 16^{-1} + E \times 16^{-2} \\ &= 1 \times 16^2 + 3 \times 16^1 + 10 \times 16^0 + 2 \times 16^{-1} + 14 \times 16^{-2} \end{aligned}$$

1.1.4 不同数制之间的转换

由于不同数制只是描述数的方式不同,同一个数可以用不同的数制来表述,在数制的实际应用中,往往需要对各种不同进制的数进行转换。当然,转换前后不同数制所表示的数值必须相等,或者在允许的误差范围内近似相等。

1. 非十进制数转换成十进制数

任意一个非十进制数转换成十进制数,只要将非十进制数按照“加权系数展开”的方法展开,然后把所有各项的数值按十进制相加,计算出结果即可。

【例 1-4】 将下列数码分别转换成十进制数。

$$(1) (10110.101)_2 \quad (2) (301.52)_8 \quad (3) (28B.3E)_{16}$$

解

$$\begin{aligned} (10110.101)_2 &= 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} \\ &= (22.625)_{10} \end{aligned}$$

$$(301.52)_8 = 3 \times 8^2 + 0 \times 8^1 + 1 \times 8^0 + 5 \times 8^{-1} + 2 \times 8^{-2} = (193.65625)_{10}$$

$$\begin{aligned} (28B.3E)_{16} &= 2 \times 16^2 + 8 \times 16^1 + B \times 16^0 + 3 \times 16^{-1} + E \times 16^{-2} \\ &= 2 \times 16^2 + 8 \times 16^1 + 11 \times 16^0 + 3 \times 16^{-1} + 14 \times 16^{-2} \\ &= (651.2421875)_{10} \end{aligned}$$

2. 十进制数转换成二进制数

把十进制转换成等值的二进制数称为十-二转换。讨论时分为整数部分和小数部分进行。

1) 十进制整数转换成二进制整数

整数的转换采用基数除法,又称“除 2 取余逆排”法。也就是说,用该十进制整数不断地除以 2,将每次所得的余数(0 或 1)按先后顺序依次记下,直到商等于 0 为止。最终转换后的二进制整数的表示方法为:最后一次计算的余数作为转换后的最高位,首次得到的余数作为转换后的二进制数的最低位,其余位逆推。

【例 1-5】 将十进制数 34 和 126 转换成二进制数。

解 采用基数除法，转换过程如下：

2	126	余数	低位
2	63	0	
2	31	1	
2	15	1	
2	7	1	
2	3	1	
2	1	1	
	0	1	高位

所以， $(34)_{10} = (100010)_2$ 。

2	126	余数	低位
2	63	0	
2	31	1	
2	15	1	
2	7	1	
2	3	1	
2	1	1	
	0	1	高位

所以， $(126)_{10} = (1111110)_2$ 。

2) 十进制小数转换成二进制小数

小数的转换采用基数乘法，即用该十进制数的小数部分不断地乘以 2，将每次所得的整数部分（0 或 1）按先后顺序依次记下，直到所得数的小数部分等于 0 或者达到规定的精度要求为止。最终转换后的二进制小数的表示方法为：首次得到的整数部分作为转换后二进制数的最高位，最后一次乘积计算的整数部分作为转换后的最低位，其余位顺推。

【例 1-6】 将十进制数 0.829 转换成二进制数。要求转换误差 $\varepsilon < 2^{-6}$ 。

解 采用基数乘法，转换过程如下：

	取整	高位
$0.829 \times 2 = 1.658$	1	
$0.658 \times 2 = 1.316$	1	
$0.316 \times 2 = 0.632$	0	
$0.632 \times 2 = 1.264$	1	
$0.264 \times 2 = 0.528$	0	
$0.528 \times 2 = 1.056$	1	低位

所以， $(0.829)_{10} \approx (0.110101)_2$ 。

3) 十进制数转换成二进制数

十进制数转换成二进制数，需要将十进制数的整数部分和小数部分分别进行转换，最后将转换结果相加便得到完整的转换结果。