

数字电子技术

(第2版)

● 主 编 张建国

数字电子技术（第2版）

主 编 张建国

副主编 孙玉珍 霍英杰 方惠蓉



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是根据高等教育教学改革的要求和多年教学改革实践编写的。主要内容有数字电路的基本知识、数字逻辑的应用、逻辑门电路的应用、组合逻辑电路及其应用、触发器的应用、时序逻辑电路的应用、脉冲波形的产生和变换、数模和模数转换器的应用、半导体存储器及其应用、可编程逻辑器件及其应用和数字电子技术技能综合实训等。在内容选取和安排上,编写时突出基本知识、原理、工作过程和基本技能及实训方法,主要讲述分析和设计的方法、实际技能,不追求系统性和完整性。为便于读者学习,着重讲清思路,交代方法,每章都配有技能训练、小结、思考和练习题,并在最后一章突出综合技能训练,以帮助复习和巩固所学知识及必要的技能,进一步提高应用能力。

本书可作为高等院校电子信息类专业“数字电子技术”课程的教材,也可供从事电子技术工作的技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术/张建国主编.—2版.—北京:北京理工大学出版社,2018.8

ISBN 978-7-5682-5917-0

I. ①数… II. ①张… III. ①数字电路-电子技术-高等职业教育-教材 IV. ①TN79

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第163003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南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010) 68914775(总编室)

(010) 82562903(教材售后服务热线)

(010) 68948351(其他图书服务热线)

网 址/http://www.bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/涿州市新华印刷有限公司

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/18

字 数/430千字

版 次/2018年8月第2版 2018年8月第1次印刷

定 价/70.00元

责任编辑/张鑫星

文案编辑/张鑫星

责任校对/周瑞红

责任印制/施胜娟

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

前言

Preface

为了适应现代电子技术飞速发展的需要,适应高等教育教学的要求,更好地培养应用型、技能型高级电子技术人才,根据教育部制定的课程教学基本要求,在多年教学改革与实践的基础上,以培养学生综合应用能力为出发点编写了本教材。本书可作为高等院校电子信息类专业“数字电子技术”课程的教材,也可供从事电子技术工作的技术人员参考。

数字电子技术是一门应用性很强的技术基础课程,主要任务是在传授有关数字电子技术基本知识的基础上,培训分析和设计数字电路的能力。本教材根据学生的学习规律,在内容的编写上力求通俗易懂,在内容的处理上符合高等院校教学“以应用为目的,以必需、够用为度”的原则。

本书共分11章。第1章讲解了数字电子中所用数制和编码;第2章是全书的学习基础,讲述了数字技术的数学基础——逻辑代数及逻辑函数的化简;第3章讲述了TTL和MOS门电路;第4章讲述了组合逻辑电路的分析与设计;第5章为触发器的应用,它是学习时序电路的基础;第6章介绍了常用的时序逻辑部件及其应用,主要讲述了计数器和移位寄存器的设计、分析及应用;第7章介绍脉冲产生电路和定时电路,主要讲述了555定时电路及其应用;第8章为数模和模数转换器的应用;第9章介绍了半导体存储器及其应用;第10章介绍了可编程逻辑器件及其应用;第11章为数字电子技术技能综合实训,共安排了5个综合训练项目。在内容选取和安排上,编写时突出基本原理、工作原理和基本技能方法,主要讲述分析和设计的技能方法,不追求系统性和完整性。为便于读者学习,着重讲清思路,交代方法,每章都配有技能训练、小结、思考和练习题,以帮助复习和巩固所学知识及掌握必要的技能。

本书由张建国、方惠蓉、林蔚、黄燕琴、欧庆荣、林隽生、孙玉珍和霍英杰等共同参与编写。全书由张建国进行统稿,并担任主编;孙玉珍、霍英杰、方惠蓉为副主编,林蔚、黄燕琴、欧庆荣、林隽生、戴树春、苏秀珍参与编写。由于编者水平有限,书中的错误和缺点在所难免,恳请读者提出批评与建议。

编者

目 录

Contents

► 第1章 数字电路的基本知识	1
1.1 概述	1
1.1.1 数字信号和数字电路	1
1.1.2 数字电路的分类及其特点	2
1.2 数制和码制	3
1.2.1 数制	3
1.2.2 码制	7
本章小结	10
思考与练习题	10
► 第2章 数字逻辑的应用	12
2.1 几个基本概念	12
2.2 逻辑代数及其运算	13
2.2.1 逻辑代数中的三种基本逻辑运算	13
2.2.2 逻辑代数中的五种复合逻辑运算	17
2.3 逻辑代数的公式和运算规则	18
2.3.1 逻辑代数中的基本公式	18
2.3.2 逻辑代数的常用公式	19
2.3.3 逻辑代数的三个重要运算规则	20
2.4 逻辑函数及其表示方法	21
2.4.1 逻辑函数	21
2.4.2 逻辑函数的表示方法	21
2.5 逻辑函数的公式化简法	23
2.5.1 化简的意义与标准	23
2.5.2 逻辑函数的公式化简法	23
2.6 逻辑函数的卡诺图化简法	24
2.6.1 逻辑函数的最小项表达式	24
2.6.2 逻辑函数的卡诺图表示法	26
2.6.3 用卡诺图化简逻辑函数	29
2.6.4 具有无关项的逻辑函数的化简	32
本章小结	32

思考与练习题	33
► 第3章 逻辑门电路的应用	35
3.1 二极管与三极管的开关特性	36
3.1.1 二极管的开关特性	36
3.1.2 三极管的开关特性	36
3.1.3 MOS管的开关特性	38
3.2 TTL集成门电路	38
3.2.1 TTL与非门电路	39
3.2.2 其他功能的TTL门电路	45
3.2.3 TTL集成电路系列介绍	48
3.3 CMOS集成逻辑门电路	49
3.3.1 CMOS反相器	49
3.3.2 其他CMOS门电路	51
3.3.3 CMOS门电路系列及型号的命名法	52
3.4 门电路使用及连接的问题	53
3.4.1 TTL集成电路使用中应注意的问题	53
3.4.2 CMOS集成电路使用中应注意的问题	54
3.4.3 CMOS电路与TTL电路的连接	54
技能训练1 TTL集成逻辑门的逻辑功能与参数测试	56
技能训练2 CMOS集成逻辑门的逻辑功能与参数测试	58
本章小结	60
思考与练习题	60
► 第4章 组合逻辑电路及其应用	63
4.1 概述	63
4.2 组合逻辑电路的分析和设计	64
4.2.1 组合逻辑电路的分析方法	64
4.2.2 组合逻辑电路的设计方法	68
4.3 编码器和译码器	74
4.3.1 编码器	74
4.3.2 译码器	78
4.4 数据选择器与数据分配器	87
4.4.1 数据选择器	87
4.4.2 数据分配器	90
4.5 加法器和数值比较器	91
4.5.1 加法器	91
4.5.2 数值比较器	95
* 4.6 组合逻辑电路中的竞争-冒险现象	97
4.6.1 竞争-冒险现象及其产生原因	97

4.6.2 竞争-冒险现象的判别和消除竞争-冒险的方法	98
技能训练3 组合逻辑电路的设计及应用	100
本章小结	101
思考与练习题	102
► 第5章 触发器的应用	105
5.1 概述	105
5.1.1 触发器的性质	106
5.1.2 触发器的分类	106
5.2 基本触发器	106
5.2.1 用与非门构成的基本触发器	106
5.2.2 用或非门构成的基本触发器	107
5.3 时钟触发器的逻辑功能	109
5.3.1 SR 触发器	109
5.3.2 D 触发器	111
5.3.3 JK 触发器	112
5.3.4 T 触发器	113
5.4 时钟触发器的结构及触发方式	114
5.4.1 同步式触发器	114
5.4.2 维持阻塞触发器	115
5.4.3 边沿触发器	116
5.4.4 主从触发器	116
5.5 集成触发器及其应用	117
技能训练4 触发器及其应用	122
本章小结	125
思考与练习题	126
► 第6章 时序逻辑电路的应用	129
6.1 概述	129
6.1.1 时序逻辑电路的特点	129
6.1.2 时序电路逻辑功能的描述方法	130
6.2 时序逻辑电路的分析	132
6.2.1 时序逻辑电路的分析方法	132
6.2.2 同步时序逻辑电路的分析	132
6.2.3 异步时序逻辑电路的分析	137
6.3 寄存器和移位寄存器的应用	139
6.3.1 寄存器	139
6.3.2 移位寄存器	142
6.3.3 移位寄存器的应用	145
6.4 计数器的应用	148

6.4.1 二进制计数器	150
6.4.2 构成任意进制计数器的方法	157
技能训练5 计数器及其应用	166
技能训练6 移位寄存器及其应用	170
本章小结	173
思考与练习题	174
► 第7章 脉冲波形的产生和变换	177
7.1 多谐振荡器	177
7.1.1 门电路组成的多谐振荡器	178
7.1.2 石英晶体多谐振荡器	179
7.2 单稳态触发器	180
7.2.1 门电路组成的单稳态触发器	181
7.2.2 集成单稳态触发器	183
7.2.3 单稳态触发器的应用	185
7.3 施密特触发器	186
7.3.1 由门电路组成的施密特触发器	187
7.3.2 集成施密特触发器	187
7.3.3 施密特触发器的应用	188
7.4 555 定时器及其应用	190
7.4.1 555 定时器的电路结构及工作原理	190
7.4.2 555 定时器的应用	191
技能训练7 使用门电路产生脉冲信号—自激多谐振荡器—	195
技能训练8 单稳态触发器与施密特触发器—脉冲延时与波形整形电路—	197
技能训练9 555 时基电路及其应用	200
本章小结	203
思考与练习题	203
► 第8章 数模和模数转换器的应用	206
8.1 概述	206
8.2 数/模转换器 (DAC)	207
8.2.1 D/A 转换器的基本工作原理	207
8.2.2 倒 T 型电阻网络 DAC	207
8.2.3 DAC 的主要技术指标	209
8.2.4 集成 DAC 举例	209
8.3 模/数转换器 (ADC)	213
8.3.1 ADC 的基本工作原理	213
8.3.2 逐次逼近型 ADC	215
8.3.3 ADC 的主要技术指标	216
8.3.4 集成 ADC 举例	216

技能训练 10 A/D 和 D/A 转换器的应用	218
本章小结	221
思考与练习题	221
► 第 9 章 半导体存储器及其应用	222
9.1 概述	222
9.2 只读存储器 (ROM)	223
9.2.1 掩模 ROM	225
9.2.2 可编程存储器 (PROM)	225
9.2.3 可擦除可编程只读存储器 (EPROM)	225
9.2.4 ROM 的应用举例	226
9.3 随机存储器	227
9.3.1 RAM 的结构和工作原理	227
9.3.2 RAM 的扩展	228
技能训练 11 随机存取存储器及其应用	230
本章小结	233
思考与练习题	234
► 第 10 章 可编程逻辑器件及其应用	235
10.1 概述	235
10.1.1 PLD 器件的基本结构	236
10.1.2 PLD 器件的分类及特点	237
10.2 可编程阵列逻辑 (PAL)	239
10.3 通用阵列逻辑 (GAL)	241
10.3.1 GAL 的结构特点	241
10.3.2 输出逻辑宏单元 (OLMC) 的结构与输出组态	242
10.4 PLD 器件的应用开发简介	245
10.5 可编程逻辑器件 PLD 的应用	246
技能训练 12 七段译码显示电路的 PLD 设计	249
本章小结	251
思考与练习题	251
► 第 11 章 数字电子技术技能综合实训	252
11.1 智力竞赛定时抢答器的设计实训	252
11.1.1 实训目的	252
11.1.2 设计要求	252
11.1.3 设计原理与参考电路	253
11.1.4 实训内容及步骤	255
11.1.5 实训报告要求	255
11.2 交通信号灯控制器的设计实训	256

11.2.1	设计任务	256
11.2.2	设计课题分析	256
11.2.3	控制器参考电路	258
11.2.4	实训内容	259
11.2.5	实训报告要求	259
11.3	霓虹灯控制器的设计实训	259
11.3.1	设计任务	259
11.3.2	设计思想与参考电路	260
11.3.3	制作与调试	262
11.3.4	实训报告要求	263
11.4	GAL 时序逻辑电路的设计实训	263
11.4.1	实训目的	263
11.4.2	实训设备和器件	263
11.4.3	实训内容	263
11.4.4	实训要求	264
11.4.5	实训报告	265
11.5	数字频率计设计实训	265
11.5.1	设计任务和要求	265
11.5.2	工作过程	266
11.5.3	有关单元电路的设计及工作原理	267
11.5.4	实训设备与器件	269
►	参考文献	272

第 1 章

数字电路的基本知识

学习目标

- (1) 理解数字电路的分类及其特点。
- (2) 理解数制与码制，掌握数制间的转换。

能力目标

能够进行数制转换与编码。

1.1 概 述

1.1.1 数字信号和数字电路

自然界中存在着各种各样、千变万化的物理量，但就其变化规律，不外乎两大类。

其中一类物理量在时间和数值上均做连续变化。如收音机、电视机接收的音频信号、视频信号，在正常情况下它们的电压信号不会发生突变，都是随时间做连续变化，这种物理量称为模拟量，把表示模拟量的信号叫作模拟信号。语音信号、正弦波信号就是典型的模拟信号。产生、变换、传送、处理模拟信号的电路叫作模拟电路。

另一类物理量在时间和数值上均做断续变化，也就是说它们的变化在时间和数值上是不连续的、离散的。如操场上的人数、仓库里元器件的个数等，它们的数量大小和增减变化都是最小单位“1”的整数倍，而小于这个最小单位“1”的数值是没有物理意义的。这种物理量称为数字量，把表示数字量的信号叫作数字信号。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、离散信号，一般来说数字信号在两个稳定的状态之间做阶跃式变化，它有电位型和脉冲型两种，用高低两个电位信号表示数字“1”和“0”是电位型表示法，用有无脉冲表示数字“1”和“0”是脉冲型表示法。产生、存储、变换、处理、传送数字信号的电路叫作数字电路。

严格来说，数字电路包括脉冲电路和数字电路两大部分，所以数字电路又称为脉冲数字电路。其中脉冲电路主要研究脉冲信号的产生、处理和变换，在本书第7章介绍；而其他内容则主要围绕组合电路和时序电路两部分，在其余各章节中逐步介绍。

1.1.2 数字电路的分类及其特点

1. 数字电路的分类

1) 按结构分类

按结构分类，数字电路分为分立元件电路和集成电路两类。

所谓分立元件电路，是将一个个基本元器件如电阻、电容、二极管、三极管、场效应管等用导线连接起来的电路。

所谓集成电路，就是把各个基本元器件及它们之间的连线制作在一块基片上，然后按照一定的封装形式封装，提供给用户。用户使用，通过外部的管脚来利用芯片内部的电路。

集成电路按照一个基片上集成的基本元器件的数量多少即所谓集成度大小又可分为：小规模集成电路（Small Scale Integrated Circuits, SSIC），其每块电路包含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（Middle Scale Integrated Circuits, MSIC），其每块电路包含100~1000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），其每块电路包含1000~10000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），其每块电路包含10000个以上的基本元器件，如各种微处理器等。本书将重点介绍由基本逻辑电路和触发器构成的中小规模集成电路的原理及应用，并适当介绍可编程逻辑器件PLD。

2) 按构成数字电路的半导体器件分类

按构成数字电路的半导体器件分类，数字电路分为双极性电路和单极性电路两类。

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

以双极性管为基本器件的集成电路称为双极性集成电路，如TTL电路、ECL电路和 I^2L 电路。

以单极性管为基本器件的集成电路称为单极性集成电路，如NMOS电路、PMOS电路和CMOS电路。

3) 按电路的记忆功能分类

按电路的记忆功能分类，数字电路分为组合逻辑电路和时序逻辑电路。

如果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，这种电路称为组合逻辑电路。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。

如果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，这

种电路称为时序逻辑电路。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。

2. 数字电路的特点

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制造。随着半导体技术和工艺的飞速发展，数字电路几乎就是数字集成电路。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，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) 保密性好。数字电路中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。

(5) 通用性强。数字电路系统中，通常采用数字集成电路组成，因此数字电路具有较强的通用性。

1.2 数制和码制

1.2.1 数制

用数字量表示物理量的大小时，一位数码往往不够用，因此经常需要用多位数码按照进位方式来实现计数。一般把多位数码中每一位的构成方法以及从低位到高位进位的规则称为进位计数制，简称数制。

在生产实践中，人们普遍采用的数制是十进制，而在数字电路和微机系统中应用最广泛的是二进制和十六进制。

1. 十进制 (Decimal)

十进制数是日常生活中最常使用的计数方法。在十进制中，每一位有0、1、2、3、4、5、6、7、8、9这十个数字符号， N 位十进制数自左向右、由高向低依次排列。计数规则为低位逢10向相邻的高位进1；低位不够时向相邻的高位借1，低位当10用。其中10称为基数或模。所谓基数，是指数制中允许使用的数字符号的个数。十进制就是以10为基数的计数体制。

N 位十进制数中，每个数字所处的位置不同其代表数值是不同的，如十进制数172.83可表示为

$$172.83 = 1 \times 10^2 + 7 \times 10^1 + 2 \times 10^0 + 8 \times 10^{-1} + 3 \times 10^{-2}$$

式中， 10^2 、 10^1 、 10^0 、 10^{-1} 、 10^{-2} 称为各位的权 (Weight)。所谓权，是指处于不同位置上

的 1 所代表的实际数值大小。位数越高权值越大，对于十进制数，相邻高位的权值是相邻低位的 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； m 、 n 为 $-\infty \sim +\infty$ 中的任意整数。小数点以右的权是 10 的负次幂。

将以上分析推广至任意 R 进制的数 N ，可表示为

$$D = \sum_{m}^n K_i \times R^i \quad (1-2)$$

式中， K_i 为第 i 位的系数； R 为基数； R^i 为第 i 位的权。一般地， R 进制需要用到 R 个数码，基数是 R ；运算规律为逢 1，借 1 当 R 。小数点以右的权是 R 的负次幂。

2. 二进制 (Binary)

数字信号只有高、低两种电平，分别用“1”和“0”两个符号表示，所以在数字电路中用得最多的是二进制数。

任意一个二进制数可表示为

$$D = \sum_{m}^n K_i \times 2^i \quad (1-3)$$

二进制数有 0 和 1 两个数码，因此 K_i 为 0 或 1，计数基数为 2，第 i 位的权为 2^i 。计数规则为低位逢 2 向相邻的高位进 1；低位不够时向相邻的高位借 1，低位当 2 使用。式 (1-3) 中 m 、 n 为 $-\infty \sim +\infty$ 中的任意整数，小数点以右的权是 2 的负次幂。

例如：

$$(101.11)_2 = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = (5.75)_{10}$$

在数字电路中，通常将二极管的通和断，三极管的饱和和截止，电平的高和低分别用“1”和“0”来表示，所以在数字电路中用二进制数来表示较为简单可靠，存储和传送信号也较为方便。同时二进制数的运算规则与十进制数相似，但要简单得多。计算机作为超大规模数字集成电路的产物，其内部电路使用的均为二进制数。但由于人们对二进制数不熟悉，经常要将计算机的二进制数转换成熟悉的十进制数来使用，有时又要将原始的十进制数转换成计算机能接受的二进制数，这样就需要进行“十变二”和“二变十”运算。

3. 十六进制 (Hexadecimal)

任意一个十六进制数可表示为

$$D = \sum_{m}^n K_i \times 16^i \quad (1-4)$$

式中， K_i 为 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F 这十六个数码中的一个，其中 A、B、C、D、E、F 表示十进制数 10、11、12、13、14、15，计数基数为 16，第 i 位的权为 16^i 。计数规则为低位逢 16 向相邻的高位进 1；低位不够时向相邻的高位借 1，低位当 16 使用。式 (1-4) 中 m 、 n 为 $-\infty \sim +\infty$ 中的任意整数。小数点以右的权是 16 的负次幂。例如：

$$(AD5.C) = 10 \times 16^2 + 13 \times 16^1 + 5 \times 16^0 + 12 \times 16^{-1} = (2773.75)_{10}$$

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8位、16位、32位二进制数并行运算,而8位、16位、32位二进制数可以用2位、4位、8位十六进制数表示,因此微型计算机中一般用十六进制符号书写程序。

表1-1所示为数制对照表,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
9	9	1001
10	A	1010
11	B	1011
12	C	1100
13	D	1101
14	E	1110
15	F	1111

4. 三种数制之间的转换

1) 二进制数转换成十进制数

按权展开法可以将任意二进制数转换成十进制数。所谓按权展开法,就是按式(1-3)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。

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

为了方便利用按权展开法将二进制数转换成十进制数,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) 十进制数转换成二进制数

十进制数转换成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。除 2 取余法的步骤如下：

- (1) 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) 把第 (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 $(127)_{10}$ 转换为二进制数。

$ \begin{array}{r} 2 \overline{) 127} \\ \underline{2 } 63 \\ 2 \overline{) 63} \\ \underline{2 } 31 \\ 2 \overline{) 31} \\ \underline{2 } 15 \\ 2 \overline{) 15} \\ \underline{2 } 7 \\ 2 \overline{) 7} \\ \underline{2 } 3 \\ 2 \overline{) 3} \\ \underline{2 } 1 \\ 2 \overline{) 1} \\ \underline{2 } 0 \end{array} $	<table border="0"> <tr><td>余数</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>(LSB)</td></tr> <tr><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>(MSB)</td></tr> </table>	余数		1	(LSB)	1		1		1		1		1		1		1		1	(MSB)
余数																					
1	(LSB)																				
1																					
1																					
1																					
1																					
1																					
1																					
1																					
1	(MSB)																				



读取顺序

因此， $(127)_{10} = (1111111)_2$ 。

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，直至乘积为 0 或到一定的精度。

例 1-3 将十进制数 0.1875 转换为二进制数。

$ \begin{array}{l} 0.1875 \times 2 = 0.3750 \\ 0.3750 \times 2 = 0.7500 \\ 0.7500 \times 2 = 1.5000 \\ 0.5000 \times 2 = 1.0000 \end{array} $	<table border="0"> <tr><td>0</td><td>(MSB)</td></tr> <tr><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>(LSB)</td></tr> </table>	0	(MSB)	0		1		1	(LSB)
0	(MSB)								
0									
1									
1	(LSB)								



取整

小数部分为 0，结束

因此， $(0.1875)_{10} = (0.0011)_2$ 。

例 1-4 将 0.572 十进制数转换为误差不大于 2^{-7} 的二进制数。

$ \begin{array}{l} 0.572 \times 2 = 1.144 \\ 0.144 \times 2 = 0.288 \\ 0.288 \times 2 = 0.566 \\ 0.566 \times 2 = 1.132 \\ 0.132 \times 2 = 0.264 \\ 0.264 \times 2 = 0.528 \\ 0.528 \times 2 = 1.056 \end{array} $	<table border="0"> <tr><td>取整1</td></tr> <tr><td>0</td></tr> <tr><td>0</td></tr> <tr><td>1</td></tr> <tr><td>0</td></tr> <tr><td>0</td></tr> <tr><td>1</td></tr> </table>	取整1	0	0	1	0	0	1
取整1								
0								
0								
1								
0								
0								
1								

至此，已满足误差不大于 2^{-7} 的精度要求，因此 $(0.572)_{10} = (0.1001001)_2$ 。

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 218.1875 转换为二进制数。

$$(218.1875)_{10} = (11011010.0011)_2$$

3) 二进制数转换成十六进制数

因为可以将四位二进制数等价于一位十六进制数,所以要将二进制数转换成十六进制数,然后将二进制数的整数部分由右向左四位一组直至最高位,因为整数的高位添零不影响数值,若整数部分有不足四位的,则在高位补零;小数部分由左向右四位一组直至最低位,因为小数的低位添零不影响数值,若小数部分有不足四位的,在低位补零。完成上述分组后,只要熟记表 1-1,根据表 1-1 中四位二进制数对应的一位十六进制数,按照原来的顺序,将每组的四位二进制数转换为十六进制数即可。

例 1-6 将二进制数 1001011.100011 转换为十六进制数。

将 1001011.100011 分组为整数部分和小数部分各两组:

$$(0100 \ 1011.1000 \ 1100)$$

因此结果得: $(4B.8C)_{16}$ 。

4) 十六进制数转换成二进制数

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 转换为二进制数。

$$3A9.C8 = 1110101001.11001$$

5) 十六进制数转换成十进制数

根据式 (1-4) 将十六进制数按权展开即可转换为十进制数。

$$\begin{aligned} (1011001.001)_2 &= 2^6 \times 1 + 2^5 \times 0 + 2^4 \times 1 + 2^3 \times 1 + 2^2 \times 0 + \\ &\quad 2^1 \times 0 + 2^0 \times 1 + 2^{-1} \times 0 + 2^{-2} \times 0 + 2^{-3} \times 1 \\ &= 64 + 0 + 16 + 8 + 0 + 0 + 1 + 0 + 0 + 0.125 \\ &= (89.125)_{10} \end{aligned}$$

例 1-8 将十六进制数 AD5.C 转换为十进制数。

$$\begin{aligned} (AD5.C)_{16} &= 16^2 \times A + 16^1 \times D + 16^0 \times 5 + 16^{-1} \times C \\ &= 256 \times 10 + 16 \times 13 + 1 \times 5 + 16^{-1} \times 12 \\ &= 2560 + 208 + 5 + 0.75 \\ &= (2773.75)_{10} \end{aligned}$$

可以将十进制数先转换成二进制数,再将二进制数转换成十六进制数。

例 1-9 将十进制数 25.625 转换成十六进制数。

先将 25.625 分整数部分和小数部分转换成二进制数:

$$(25.625)_{10} = (11001.101)_2$$

再将 $(11001.101)_2$ 四位一组转换成十六进制数:

$$(11001.101)_2 = (00011001.1010)_2 = (19.A)_{16}$$

1.2.2 码制

人们在传输信息时,不仅要规定信号的大小,有时还要规定信号的性质。不同的数码可以表示数量的大小,还能用来表示不同的事物。利用数码作为某一特定信息的代号叫作代码。而且由于事先约定不同,同一个代码在不同场合可以表示不同的信号。例如“208”表示公交车,“25”表示中学,“060319”表示学号,等等。显然,这些数码不再表示数量大小。