



普通高等教育“十三五”创新型规划教材

电气工程及其自动化系列

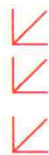
# 数字逻辑电路设计 (第2版)

## SHUZI LUOJI DIANLU SHEJI

张玉茹 主 编

赵 明 李 云 李 晖 副主编

苏晓东 主 审



- ◆ 详述基础理论，深入浅出
- ◆ 注重知识体系，强化应用
- ◆ 精选设计实例，培养创新



哈尔滨工业大学出版社  
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

普通高等教育“十三五”创新型规划教材·电气工程及其自动化系列

# 数字逻辑电路设计

(第2版)

主 编 张玉茹

副主编 赵 明 李 云 李 晖

主 审 苏晓东



哈爾濱工業大學出版社

## 内 容 简 介

“数字逻辑电路设计”是电类专业必修的一门专业基础课。本书主要介绍数字电路及逻辑设计的基本知识、分析与设计的基本方法及常用集成芯片的使用等方法。全书共分9章,基础理论部分深入浅出,简要、透彻;数字逻辑电路的分析与设计部分注重实践性;常用集成芯片的选型考虑实用性。书中备有大量例题和习题,部分章节后附带实验内容,最后一章给出数字系统设计案例。

本书定位于本科层次,既可作为高等院校数字逻辑电路教学用书,也可作为教师、科技人员和有关专业学生的参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

数字逻辑电路设计/张玉茹主编. —2版. —哈尔滨:  
哈尔滨工业大学出版社,2018.1  
ISBN 978-7-5603-7208-2

I. ①数… II. ①张… III. ①数字电路-逻辑电路-  
电路设计-高等学校-教材 IV. ①TN790.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第330065号

策划编辑 王桂芝  
责任编辑 范业婷 高婉秋  
出版发行 哈尔滨工业大学出版社  
社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街10号 邮编 150006  
传 真 0451-86414749  
网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>  
印 刷 哈尔滨经典印业有限公司  
开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 19.25 字数 472千字  
版 次 2016年2月第1版 2018年1月第2版  
2018年1月第1次印刷  
书 号 ISBN 978-7-5603-7208-2  
定 价 39.00元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

# 普通高等教育“十三五”创新型规划教材

## 电气工程及其自动化系列

### 编 委 会

主 任 戈宝军

副主任 王淑娟 叶树江 程德福

编 委 (按姓氏笔画排序)

王月志 王燕飞 付光杰 付家才 白雪冰

刘宏达 宋义林 张丽英 周美兰 房俊龙

郭 媛 贾文超 秦进平 黄操军 嵇艳菊

# 序

随着产业国际竞争的加剧和电子信息科学技术的飞速发展,电气工程及其自动化领域的国际交流日益广泛,而对能够参与国际化工程项目的工程师的需求越来越迫切,这自然对高等学校电气工程及其自动化专业人才的培养提出了更高的要求。

根据《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020)》及教育部“卓越工程师教育培养计划”文件精神,为适应当前课程教学改革与创新人才培养的需要,使“理论教学”与“实践能力培养”相结合,哈尔滨工业大学出版社邀请东北三省十几所高校电气工程及其自动化专业的优秀教师编写了《普通高等教育“十二五”创新型规划教材·电气工程及其自动化系列》教材。该系列教材具有以下特色:

1. 强调平台化完整的知识体系。系列教材涵盖电气工程及其自动化专业的主要技术理论基础课程与实践课程,以专业基础课程为平台,与专业应用课、实践课有机结合,构成了一个通识教育和专业教育的完整教学课程体系。

2. 突出实践思想。系列教材以“项目为牵引”,把科研、科技创新、工程实践成果纳入教材,以“问题、任务”为驱动,让学生带着问题主动学习,在“做中学”,进而将所学理论知识与实践统一起来,适应企业需要和社会需求。

3. 培养工程意识。系列教材结合企业需要,注重学生在校工程实践基础知识的学习和新工艺流程、标准规范方面的培训,以缩短学生由毕业生到工程技术人员转换的时间,尽快达到企业岗位目标需求。如从学校出发,为学生设置“专业课导论”之类的铺垫性课程;又如从企业工程实践出发,为学生设置“电气工程师导论”之类的引导性课程,帮助学生尽快熟悉工程知识,并与所学理论有机结合起来。同时注重仿真方法在教学中的作用,以解决教学实验设备因昂贵而不足、不全的问题,使学生容易理解实际工作过程。

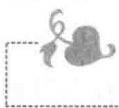
本系列教材是哈尔滨工业大学等东北三省十几所高校多年从事电气工程及其自动化专业教学科研工作的多位教授、专家们集体智慧的结晶,也是他们长期教学经验、工作成果的总结与展示。

我深信:这套教材的出版,对于推动电气工程及其自动化专业的教学改革、提高人才培养质量,必将起到重要推动作用。

教育部高等学校电子信息与电气学科教学指导委员会委员  
电气工程及其自动化专业教学指导分委员会副主任委员



2011年7月



## 再版前言

“数字逻辑电路设计”是高等院校电子信息工程、计算机科学与技术、软件工程、信息管理与信息处理和物联网工程等专业的一门重要的专业基础课,是后续学习“微机原理”“单片机原理及应用”“感测技术”“计算机组成原理”和“嵌入式系统”等课程以及相关课程设计的必修基础课。

本书是在总结多年教学经验的基础上,结合数字逻辑电路技术的发展趋势,充分考虑以数字逻辑电路为基础的相关专业的培养目标,参考诸多数字逻辑电路教材和资料的基础上编写而成。

全书共分为9个章节,分别是:数制和码制、逻辑代数基础、小规模组合逻辑电路、中规模组合逻辑电路、触发器级时序逻辑电路、模块级时序逻辑电路、脉冲信号的产生与变换电路、D/A和A/D转换电路和数字系统设计实例等。

此次再版,除了更正第一版中的少许错误之外,主要做了以下三方面的修订:

- (1)部分章节增加了例题,以便引导读者更好地掌握数字逻辑电路的分析和设计方法;
- (2)对部分章节的内容进行了调整,知识阐述更加深入浅出,分布更加合理;
- (3)对第9章数字系统设计实例的文字部分重新进行了撰写,细化了电路结构,方便读者进行电路调试时能够分模块进行,帮助读者更好地掌握设计原理,有效地提高调试效率;9.8节的设计实例更换成A/D和D/A转换实例,为后续学习“计算机组成原理”和“单片机原理及应用”等课程做好衔接。

修订后的版本保持了第一版“重视基础,强调功能,注重应用,以提高读者分析和设计能力为目的”的特点:

(1)注重基础:书中逻辑代数基础讲解详细,由浅入深,在讲解逻辑代数基础知识的过程中深化对逻辑门概念的理解,完成由逻辑代数到逻辑器件的无缝连接;逻辑门精选了TTL门和CMOS门两种典型电路,帮助读者更好地理解 and 掌握逻辑器件的逻辑功能和工作原理;

(2)注重逻辑器件选择的实用性:书中涉及的逻辑器件及其应用均结合相关专业的特点,在器件的应用上力求与专业知识相关联;

(3)重点章节编入实验:“数字逻辑电路设计”课程是一门应用性极强的专业基础课,在教材中编入了6个典型实验,实验采用开放式设计方法,做到了基础实验有指导题目,深入实验有提示环节,扩展实验可创新设计;



(4)每章习题按照基础、应用和综合的结构安排:可满足不同层次的学习需求,习题的设置涵盖了相应章节重要的知识点;

(5)精选了8个综合设计实例:给出了设计实例的 Proteus 电路仿真图,并在附录中列出了 Proteus 中常用逻辑器件清单,方便读者参考学习。

本书既可作为高等院校数字逻辑电路课程的教学用书,也可作为教师、科技人员和相关专业学生的参考用书。作为教材用书适合于68学时的课程,实验环节可根据需要设置在15学时左右;第9章可作为数字逻辑课程设计或综合实验的参考资料,精选的题目均可作为20学时课程设计使用。

本书参编人员均为多年从事电工电子基础教学、电子信息工程专业教学及实验指导的一线教师,具体编写分工:第1章由陈得宇编写;第2章由李晖编写;第3章由赵明和韩轲编写;第4章由李云编写;第5章由金浩编写;第6章和第7章由张玉茹编写;第8章由赵明和张楠编写;第9章由赵明和李艺琳编写;附录部分由金浩和李艺琳整理编写。本书由张玉茹教授担任主编,赵明、李云和李晖担任副主编,苏晓东教授担任主审。

由于编者研究水平和资料查阅范围有限,书中难免存在不足和疏漏之处,敬请广大读者指正。

编者

2018年1月



# 目 录

第 1 章 数制与代码	1
1.1 概述	1
1.1.1 模拟信号和数字信号	1
1.1.2 数字电路的发展	1
1.2 常用数制	2
1.2.1 常用数制	2
1.2.2 数制的转换	3
1.2.3 无符号二进制数运算	5
1.3 有符号数表示法	7
1.3.1 原码表示法	7
1.3.2 反码表示法	7
1.3.3 补码表示法	7
1.3.4 有符号数的补码运算	8
1.4 常用编码	9
1.4.1 BCD 码	9
1.4.2 ASCII 码	11
1.4.3 奇偶校验码	12
1.4.4 格雷码	13
本章小结	14
习题	14
第 2 章 逻辑代数基础	16
2.1 逻辑代数的基本运算	16
2.1.1 逻辑变量及基本逻辑运算	16
2.1.2 复合逻辑运算	18
2.1.3 逻辑函数及逻辑函数相等	20
2.2 逻辑代数的基本定律和运算规则	21
2.2.1 逻辑代数基本定律	21
2.2.2 逻辑代数运算规则	23



2.2.3	逻辑代数运算优先级别	24
2.3	逻辑函数的描述方法	25
2.3.1	真值表描述法	25
2.3.2	代数式描述法	26
2.3.3	逻辑图描述法	29
2.3.4	卡诺图描述法	29
2.3.5	波形图描述法	31
2.3.6	描述方法之间的转换	32
2.4	逻辑函数的化简方法	35
2.4.1	逻辑函数的化简依据和最简标准	35
2.4.2	代数化简法	37
2.4.3	卡诺图化简法	38
2.4.4	含有任意项的逻辑函数化简	43
	本章小结	46
	习题	47
<b>第3章</b>	<b>小规模组合逻辑电路</b>	<b>51</b>
3.1	集成逻辑门	51
3.1.1	集成逻辑门的主要参数	51
3.1.2	三极管反相器	53
3.1.3	TTL 逻辑门	54
3.1.4	CMOS 逻辑门	57
3.1.5	集成逻辑门系列简介	62
3.2	小规模组合逻辑电路的分析与设计	63
3.2.1	小规模组合逻辑电路分析	64
3.2.2	小规模组合逻辑电路设计	68
3.3	组合逻辑电路中的竞争与冒险	71
3.3.1	竞争与冒险的分析	71
3.3.2	冒险的消除	73
3.4	小规模组合逻辑电路实验	74
3.4.1	实验目的和意义	74
3.4.2	实验预习要求	74
3.4.3	实验仪器和设备	74
3.4.4	实验注意事项	75
3.4.5	实验内容	75
3.4.6	实验思考题	78
	本章小结	79
	习题	79

第 4 章 模块级组合逻辑电路 .....	85
4.1 加法器 .....	85
4.1.1 串行进位加法器 .....	85
4.1.2 超前进位加法器 .....	85
4.2 编码器 .....	88
4.2.1 普通编码器 .....	88
4.2.2 优先编码器 .....	89
4.3 译码器 .....	92
4.3.1 变量译码器 .....	92
4.3.2 显示译码器 .....	97
4.4 数值比较器 .....	102
4.4.1 1 位数值比较器 .....	102
4.4.2 4 位数值比较器 7485 .....	102
4.5 数据选择器 .....	104
4.5.1 数据选择器的逻辑功能 .....	104
4.5.2 集成数据选择器 .....	105
4.5.3 数据选择器的应用 .....	106
4.6 模块级组合逻辑电路的分析与设计 .....	109
4.6.1 模块级组合逻辑电路的分析 .....	109
4.6.2 模块级组合逻辑电路的设计 .....	111
4.7 模块级组合逻辑电路实验 .....	113
4.7.1 实验目的和意义 .....	113
4.7.2 实验仪器与器件 .....	114
4.7.3 实验预习要求 .....	114
4.7.4 实验注意事项 .....	114
4.7.5 实验原理 .....	114
4.7.6 实验内容 .....	114
4.7.7 实验思考题 .....	115
本章小结 .....	116
习题 .....	116
第 5 章 触发器级时序逻辑电路 .....	119
5.1 时序逻辑电路概述 .....	119
5.1.1 时序逻辑电路的组成 .....	119
5.1.2 时序逻辑电路的分类 .....	119
5.1.3 时序逻辑电路的描述方法 .....	120
5.2 触发器 .....	122

5.2.1	基本 RS 触发器	122
5.2.2	时钟同步 RS 触发器	125
5.2.3	JK 触发器	128
5.2.4	D 触发器	132
5.2.5	T 触发器与 T' 触发器	134
5.2.6	触发器类型转换	135
5.2.7	触发器的应用	137
5.3	触发器级时序逻辑电路的分析	138
5.3.1	同步时序电路分析	138
5.3.2	异步时序电路分析	145
5.4	触发器级同步时序逻辑电路的设计	147
5.4.1	设计步骤	147
5.4.2	设计举例	158
*5.5	触发器级异步时序逻辑电路的设计	164
5.6	触发器级时序逻辑电路实验	169
5.6.1	实验目的和意义	169
5.6.2	实验预习要求	170
5.6.3	实验仪器与器件	170
5.6.4	实验内容	170
5.6.5	实验报告要求	170
	本章小结	171
	习题	171
第 6 章	模块级时序逻辑电路	177
6.1	集成计数器	177
6.1.1	4 位二进制同步加法计数器 74161	177
6.1.2	十进制可逆计数器 74192	187
6.1.3	计数器的应用	194
6.2	寄存器与移位寄存器	195
6.2.1	寄存器	195
6.2.2	移位寄存器	196
6.3	数据锁存器	201
6.4	模块级时序逻辑电路的分析	202
6.5	模块级时序逻辑电路的设计	208
6.6	计数器及其应用实验	212
6.6.1	实验目的和意义	212
6.6.2	实验预习要求	212
6.6.3	实验仪器与器件	212

6.6.4	实验内容 .....	212
6.6.5	实验思考题 .....	212
6.6.6	实验报告要求 .....	213
6.7	移位寄存器及其应用实验 .....	213
6.7.1	实验目的和意义 .....	213
6.7.2	实验预习要求 .....	213
6.7.3	实验仪器与器件 .....	213
6.7.4	实验内容 .....	213
6.7.5	实验思考题 .....	213
6.7.6	实验报告要求 .....	213
	本章小结 .....	214
	习题 .....	214
<b>第7章</b>	<b>脉冲信号的产生与变换电路 .....</b>	<b>218</b>
7.1	多谐振荡器 .....	218
7.1.1	环形振荡器 .....	218
7.1.2	石英晶体振荡器 .....	220
7.1.3	多谐振荡器的应用 .....	221
7.2	单稳态触发器 .....	222
7.2.1	门电路组成的单稳态触发器 .....	222
7.2.2	集成单稳态触发器 .....	226
7.2.3	单稳态触发器的应用 .....	228
7.3	施密特触发器 .....	230
7.3.1	集成施密特触发器 .....	230
7.3.2	施密特触发器的应用 .....	231
7.4	555 定时器 .....	232
7.4.1	555 定时器的芯片结构及功能 .....	232
7.4.2	555 定时器构成多谐振荡器 .....	233
7.4.3	555 定时器构成单稳态触发器 .....	234
7.4.4	555 定时器构成施密特触发器 .....	235
7.5	555 定时器实验 .....	236
7.5.1	实验目的和意义 .....	236
7.5.2	实验预习要求 .....	236
7.5.3	实验仪器与器件 .....	236
7.5.4	实验原理 .....	237
7.5.5	实验内容 .....	237
7.5.6	实验思考题 .....	238
7.5.7	实验报告要求 .....	238

本章小结	238
习题	239
<b>第8章 D/A 和 A/D 转换</b>	<b>241</b>
8.1 D/A 转换	241
8.1.1 D/A 转换的基本概念	241
8.1.2 常用 D/A 转换技术	242
8.1.3 集成 DAC 的主要技术指标	247
8.1.4 集成 DAC 芯片 0832	249
8.2 A/D 转换	252
8.2.1 量化和编码	252
8.2.2 ADC 的主要性能指标	253
8.2.3 常用 A/D 转换技术	254
8.2.4 集成 ADC 芯片 0809	259
8.2.5 数据采集与控制系统	261
本章小结	262
习题	263
<b>第9章 数字系统设计实例</b>	<b>265</b>
9.1 数字电子时钟的设计	265
9.1.1 功能要求	265
9.1.2 电路组成	265
9.1.3 电路实现	266
9.2 循环彩灯控制电路设计	268
9.2.1 功能要求	268
9.2.2 电路组成	268
9.2.3 电路实现	268
9.3 点名器电路设计	270
9.3.1 功能要求	270
9.3.2 电路组成	270
9.3.3 电路实现	270
9.4 抢答器的设计	272
9.4.1 功能要求	272
9.4.2 电路组成	272
9.4.3 电路实现	273
9.5 交通灯控制电路设计	275
9.5.1 功能要求	275
9.5.2 电路组成	275

9.5.3	电路实现 .....	275
9.5.4	交通灯控制电路状态表及输出方程 .....	276
9.6	汽车尾灯控制电路设计 .....	278
9.6.1	功能要求 .....	278
9.6.2	电路组成 .....	278
9.6.3	电路实现 .....	278
9.7	电子密码锁控制电路设计 .....	280
9.7.1	功能要求 .....	280
9.7.2	电路组成 .....	280
9.7.3	电路实现 .....	281
9.8	信号的 A/D 和 D/A 转换 .....	283
9.8.1	功能要求 .....	283
9.8.2	电路组成 .....	283
9.8.3	电路实现 .....	283
9.8.4	转换结果理论分析 .....	285
附录	常用元器件一览表 .....	286
参考文献	.....	291

# 第1章 数制与代码

数字逻辑电路是用于处理数字信号的电路。本章首先介绍有关数制和代码的基本概念及编码方法,然后介绍几种常用的编码。

## 1.1 概述

在电路中,根据信号自身特性的不同,通常把信号分为模拟信号和数字信号两大类。

### 1.1.1 模拟信号和数字信号

#### 1. 模拟信号

人们在自然界感知的许多物理量,如速度、压力、温度和声音等都具有一个共同的特点,即它们在时间上是连续变化的,幅值上也是连续取值的,这种连续变化的物理量称为模拟量。表示模拟量的电信号称为模拟信号。处理模拟信号电子电路称为模拟电路。正弦电压信号就是典型的模拟信号,如图 1.1 所示。

#### 2. 数字信号

与模拟量相对应的另一类物理量是数字量,它的变化发生在一系列离散的瞬间,数值的大小和增减总是某一最小单位的整数倍,即数字量是一系列时间离散、数值也离散的信号。表示数字量的电信号称为数字信号。对数字量进行算术运算和逻辑运算的电路称为数字电路。数字信号的典型例子是应用比较广泛的二值信号,图 1.2 所示是一个二值电压信号的波形,该信号只有 0 V(低电平)和 +5 V(高电平)两种电压值。在逻辑分析和设计中,通常用两个抽象的符号“1”和“0”分别表示高、低电平。

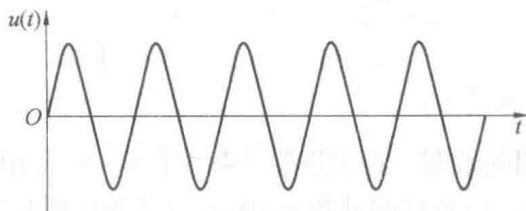


图 1.1 正弦电压信号的波形图

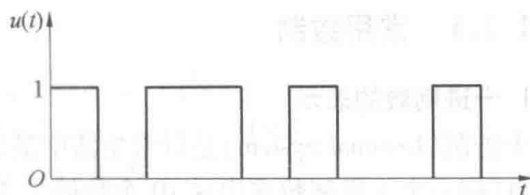


图 1.2 二值电压信号的波形图

电子系统通常采用计算机对信号进行处理。由于计算机无法直接处理模拟信号,所以需要将模拟信号转换为数字信号后,再送到电子系统做进一步处理。

### 1.1.2 数字电路的发展

最初的数字电路是用若干个分立的半导体元件、电阻及电容连接而成的。不难想象,用这

种分立元件组成大规模的数字电路非常困难,这就严重制约了数字电路的普遍应用。

1961年美国得克萨斯仪器公司率先将数字电路的元件制作在同一硅片上,制成了数字集成电路(Integrated Circuit, IC)。由于集成电路体积小、质量轻、可靠性好,因此在许多领域里迅速取代了分立元件组成的数字电路。直到20世纪80年代初,这种采用双极型三极管组成的TTL(Transistor-Transistor Logic)型集成电路一直是数字集成电路的主流产品。

然而,TTL电路也存在着严重的缺点,即它的功耗比较大。因此,只能用TTL电路制作小规模集成电路(Small Scale Integration, SSI)(SSI仅包含10个以内的门电路)和中等规模集成电路(Medium Scale Integration, MSI)(MSI包含10~100个门电路),而无法制作成大规模集成电路(Large Scale Integration, LSI)(LSI包含100~10 000个门电路)和超大规模集成电路(Very Large Scale Integration, VLSI)(VLSI包含10 000个以上的门电路)。CMOS(互补对称式金属-氧化物-半导体)(Complementary Symmetry Metal-Oxide-Semiconductor)集成电路出现于20世纪60年代后期,它最突出的优点在于功耗低,所以非常适合制作大规模集成电路。随着CMOS制作工艺的不断进步,无论在运行速度上还是在驱动能力上,CMOS电路已经不比TTL电路逊色。因此CMOS电路也成为当前数字集成电路的主流产品,不过在现有的一些设备上仍然使用TTL电路。

随着数字集成电路的问世和大规模集成电路工艺水平的不断提高,如今已经可以把大量的门电路集成在一块很小的芯片上,构成功能复杂的“片上系统”(System on Chip, SOC)。目前所生产的巨大规模集成电路(Great Large Scale Integration, GLSI)的一个芯片所含等效门电路的个数已超过一百万。数字电路已从简单的电路集成走向数字逻辑系统集成,即把整个数字逻辑系统制作在一个芯片上。

## 1.2 常用数制

用数码表示数量的多少称为计数,把多位数码中每位的构成方法以及从低位到高位 的进位规则称为数制(Number System)。在日常生活中,人们习惯使用十进制。在数字系统中,所有信息都以高、低两种电平的形式存在,其处理的对象被抽象为“1”和“0”两个符号。在目前应用广泛的计算机系统中,指令、数据和字母等所有信息都必须转换成硬件系统可以接受的信号——“1”和“0”,采用的数制通常是二进制,有时也采用八进制或十六进制。

### 1.2.1 常用数制

#### 1. 十进制数的表示

十进制(Decimal System)是日常生活中最常用的数制。在十进制计数中有0~9共10个数码,任何一个十进制数均用这10个数码来表示。计数时的基数为10,并且计数规则是“逢十进一、借一为十”,同一数码在不同位置上表示的数值不同。例如,十进制数7 326.51可以表示为

$$7\ 326.51 = 7 \times 10^3 + 3 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 6 \times 10^0 + 5 \times 10^{-1} + 1 \times 10^{-2}$$

其中, $10^3$ ,  $10^2$ ,  $10^1$  和  $10^0$  分别为千位、百位、十位和个位数码的权值,而小数点以右数码的权值是10的负幂。

对于任意一个十进制数  $N$  可表示为



$$(N)_{10} = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i \times 10^i \quad (1.1)$$

其中,  $K_i$  是第  $i$  位的系数, 可以是  $0 \sim 9$  中的任意一个,  $n$  为整数部分的位数,  $m$  为小数部分的位数。  $10^i$  称为第  $i$  位的权值。

## 2. 二进制数的表示

在二进制(Binary System)计数中, 只有“1”和“0”两个数码, 计数的基数为 2, 并且计数规则是“逢二进一、借一为二”。对于任意一个二进制数  $N$  可表示为

$$(N)_2 = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i \times 2^i \quad (1.2)$$

例如  $(1010.101)_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3}$ 。

## 3. 八进制数、十六进制数的表示

除了二进制计数制, 数字系统中还采用八进制(Octal System)计数制和十六进制(Hexadecimal System)计数制。

### (1) 八进制数的表示。

八进制数由  $0 \sim 7$  共 8 个数码表示, 计数的基数为 8, 且计数规则是“逢八进一、借一为八”。对于任意一个八进制数  $N$  可表示为

$$(N)_8 = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i \times 8^i \quad (1.3)$$

例如  $(367.2)_8 = 3 \times 8^2 + 6 \times 8^1 + 7 \times 8^0 + 2 \times 8^{-1}$ 。

### (2) 十六进制数的表示。

十六进制数有十六个数码, 分别为  $0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F$ , 其中  $A, B, C, D, E, F$  分别代表十进制的  $10, 11, 12, 13, 14, 15$ 。计数的基数为 16, 且计数规则是“逢十六进一、借一为十六”。对于任意一个十六进制数  $N$  可表示为

$$(N)_{16} = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i \times 16^i \quad (1.4)$$

例如  $(4AB.22)_{16} = 4 \times 16^2 + 10 \times 16^1 + 11 \times 16^0 + 2 \times 16^{-1} + 2 \times 16^{-2}$ 。

## 1.2.2 数制的转换

### 1. 二进制数和十进制数之间的转换

#### (1) 二进制数转换为十进制数。

根据式(1.2), 很容易将一个二进制数转换为十进制数, 例如:

$$\begin{aligned} (1001.01)_2 &= 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} \\ &= 8 + 0 + 0 + 1 + 0 + 0.25 = 9.25 \end{aligned}$$

#### (2) 十进制数转换为二进制数。

转换方法是把整数部分与小数部分分开处理。

①整数部分的转换。把十进制整数转换为二进制整数时, 可将十进制数连续除以 2, 直到商为 0, 每次所得余数依次是二进制由低位(LSB)到高位(MSB)的各位数字。

例如  $(37)_{10} = (100101)_2$ , 运算过程如下: