



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

数字逻辑电路

杨文霞 孙青林 编著

 科学出版社
www.sciencep.com



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

数字逻辑电路

杨文霞 孙青林 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是为普通高等院校电子信息类、自动化类以及其他相关专业编写的教材。本书在介绍基本理论和基本分析方法的基础上,引入了数字系统设计的内容,并介绍了EDA和硬件描述语言,强化了可编程逻辑器件的内容。

主要内容包括逻辑代数基础、门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路分析与设计、脉冲波形的产生和整形、半导体存储器和可编程逻辑器件、数字系统设计、EDA及硬件描述语言和数/模和模/数转换器。

本书既注重基本理论的阐述,又注重实际应用能力的培养。既可作为高等学校电子信息类、自动化类及相关专业的专业基础课教材,也可供从事电子技术工作的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字逻辑电路/杨文霞,孙青林编著. —北京:科学出版社,2007
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
ISBN 978-7-03-018497-9

I. 数… II. ①杨…②孙… III. 数字电路-高等学校-教材 IV. TN79
中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第012824号

责任编辑:马长芳 潘继敏 / 责任校对:张小霞
责任印制:张克忠 / 封面设计:陈 敬

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号
邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007年3月第一版 开本:B5(720×1000)

2007年3月第一次印刷 印张:26 1/2

印数:1—4 000 字数:502 000

定价:34.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈路通〉)

前 言

本书是作者在总结多年从事数字电路课程教学经验的基础上,结合电子技术的发展趋势以及后续课程的需要编写的。本书作为电子信息类本科生的专业基础课教材,主要适于对象为通信、电子、自动化、计算机、光电子、通信工程等专业的学生。

随着数字电子技术研究和应用的飞速发展,电子产品的设计和生产发生了许多革命性的变化。本书为适应这一变化,在详细介绍基本理论和基本分析方法的基础上,引入了数字系统的设计方法,介绍了 EDA 和硬件描述语言,并强化了可编程逻辑器件的内容。

全书共分 10 章。前两章分别为该课程的数学基础——逻辑代数和最基本的逻辑电路单元。为了便于没有学过模拟电子技术的同学入门,硬件电路从二极管和三极管的开关特性和模型开始介绍。第 3 章介绍组合逻辑电路的结构特点、分析方法和设计方法,中规模组合逻辑组件。第 4 章介绍时序逻辑电路的基础器件——触发器。第 5 章介绍时序逻辑电路的基本分析和设计方法。第 6 章介绍常用的脉冲变换电路——单稳态触发器和施密特触发器,脉冲产生电路——多谐振荡器和通用的集成函数信号发生器。第 7 章介绍各种半导体存储器的结构和工作原理,并讲述几种典型的可编程逻辑器件的结构特点、工作原理和使用方法。第 8 章概要介绍数字系统的定义和一般结构,介绍了数字系统的基本设计方法、数字系统设计的工具 ASM 图等。第 9 章概要介绍 EDA 技术的发展过程、EDA 工具的结构,以及基于 EDA 技术的电子系统设计步骤,概述硬件描述语言 VHDL 的程序结构、基本语法和语句。第 10 章介绍 D/A 转换器和 A/D 转换器的基本原理和常见的典型电路及应用。

本书第 1~4 章由杨文霞编写,第 5~10 章由孙青林编写。

南开大学信息学院的李维祥教授在百忙中拨冗对全书进行了审核,并提出了一些宝贵的修改意见,在此编者对李教授表示深深的谢意。另外,刘波副教授对部分章节进行了校对,书中大量插图、表格的制作和部分文字的录入工作由张春燕、周云海、贾丕军、雷波、董娜等同学完成,对于他们所付出的辛勤劳动,在

此表示感谢。

限于编者的水平，书中难免有疏漏错误之处，殷切希望读者给予批评指正，我们将虚心接受，以便进一步修订完善。

编 者

2006年10月于南开大学

目 录

第 1 章 逻辑代数基础	1
1.1 数字逻辑电路概述	1
1.1.1 数字信号和数字电路	1
1.1.2 数字电路的特点	1
1.1.3 数字电路的分类	2
1.2 数制	2
1.2.1 十进制	3
1.2.2 二进制	3
1.2.3 八进制和十六进制	4
1.2.4 各种数制之间的转换	4
1.3 码制与编码	7
1.3.1 原码、反码和补码	8
1.3.2 二十进制码(BCD 码)	8
1.3.3 ASCII 码	9
1.4 逻辑代数.....	10
1.4.1 逻辑变量和逻辑函数概念.....	10
1.4.2 三种基本逻辑及其运算	11
1.4.3 复合逻辑运算	13
1.5 逻辑代数的基本公式和定理.....	16
1.5.1 逻辑代数的基本公式	16
1.5.2 基本定律.....	16
1.5.3 逻辑代数的三个基本定理.....	18
1.5.4 “异或”运算的公式	19
1.6 逻辑函数及其表示方法.....	19
1.6.1 逻辑函数的几种表示方法.....	20
1.6.2 逻辑函数式的两种标准形式	23
1.7 逻辑函数的化简.....	27
1.7.1 公式化简法	27
1.7.2 图形化简法	29
1.7.3 具有无关项的逻辑函数及其化简	34

本章小结	36
习题	36
第 2 章 门电路	40
2.1 半导体二极管、三极管和 MOS 管的开关特性	40
2.1.1 半导体二极管的开关特性	40
2.1.2 半导体三极管的开关特性	42
2.1.3 MOS 管的开关特性	45
2.2 分立元件门电路	48
2.3 TTL 集成门电路	53
2.3.1 数字集成电路的分类	53
2.3.2 TTL “与非”门	54
2.3.3 其他类型的 TTL 门电路	63
2.3.4 其他系列的 TTL 电路	70
2.4 其他类型的双极型数字集成电路	73
2.4.1 ECL 门电路	73
2.4.2 I ² L 门电路	75
2.5 CMOS 集成门电路	77
2.5.1 CMOS 反相器	77
2.5.2 CMOS 门电路	81
2.5.3 CMOS 门电路使用注意事项	86
2.6 TTL 电路与 CMOS 门电路之间的连接	87
2.6.1 TTL 电路驱动 CMOS 电路	87
2.6.2 CMOS 电路驱动 TTL 电路	88
本章小结	89
习题	90
第 3 章 组合逻辑电路	96
3.1 组合逻辑电路简介	96
3.1.1 组合逻辑电路的特点	96
3.1.2 组合逻辑电路的功能描述	96
3.2 组合逻辑电路的分析与设计	97
3.2.1 组合逻辑电路的分析方法	97
3.2.2 组合逻辑电路的设计方法	99
3.3 常用组合逻辑电路	102
3.3.1 编码器	102
3.3.2 译码器	109

3.3.3	数据选择器和数据分配器	117
3.3.4	加法器	120
3.3.5	数值比较器	124
3.4	用中规模集成电路 (MSI) 设计组合逻辑电路	127
3.4.1	用数据选择器设计组合逻辑电路	127
3.4.2	用译码器设计组合逻辑电路	129
3.4.3	用加法器设计码转换器	130
3.5	组合逻辑电路中的竞争-冒险	130
3.5.1	竞争-冒险的概念及其成因	130
3.5.2	检查竞争-冒险的方法	131
3.5.3	消除竞争-冒险的方法	132
	本章小结	134
	习题	134
第 4 章	触发器	140
4.1	概述	140
4.2	基本 RS 触发器	140
4.2.1	“与非”型基本 RS 触发器	141
4.2.2	“或非”型基本 RS 触发器	143
4.3	同步触发器	144
4.3.1	同步 RS 触发器	145
4.3.2	同步 D 触发器	147
4.3.3	同步 JK 触发器	149
4.3.4	同步 T 触发器和 T' 触发器	151
4.3.5	同步触发器的动作特点	152
4.4	主从型触发器	153
4.4.1	主从型 RS 触发器	153
4.4.2	主从型 D 触发器	155
4.4.3	主从型 JK 触发器	156
4.5	边沿触发器	160
4.5.1	维持阻塞型 D 触发器	161
4.5.2	边沿 JK 触发器	163
4.5.3	CMOS 传输门构成的触发器	166
4.6	触发器的逻辑功能及其描述方法	167
4.6.1	触发器逻辑功能的分类	167
4.6.2	触发器的电路结构和逻辑功能的关系	168

4.6.3 不同类型触发器之间的转换	168
4.7 触发器的动态参数	170
本章小结	172
习题	172
第5章 时序逻辑电路的分析与设计	178
5.1 时序电路概述	178
5.1.1 时序电路的特点	178
5.1.2 时序电路的分类	179
5.1.3 时序电路的功能描述	180
5.2 时序逻辑电路的分析	182
5.2.1 同步时序逻辑电路的分析	182
5.2.2 异步时序逻辑电路的分析	183
5.3 若干常用的时序逻辑电路	186
5.3.1 寄存器和移位寄存器	186
5.3.2 计数器	189
5.3.3 序列信号发生器	194
5.3.4 常用集成时序逻辑器件及应用	195
5.4 同步时序电路的设计方法	207
5.4.1 建立原始状态图和状态表	207
5.4.2 状态化简	210
5.4.3 状态分配	213
5.4.4 同步时序电路的设计举例	214
5.5 异步时序逻辑电路的设计	218
本章小结	222
习题	223
第6章 脉冲波形的产生和整形	228
6.1 概述	228
6.1.1 脉冲产生电路和整形电路的特点	228
6.1.2 脉冲电路的基本分析方法	229
6.2 多谐振荡器	229
6.2.1 环形振荡器	229
6.2.2 石英晶体振荡器	233
6.2.3 多谐振荡器的应用	234
6.3 单稳态触发器	235
6.3.1 门电路构成的单稳态触发器	235

6.3.2 集成单稳态触发器	239
6.3.3 单稳态触发器的应用	241
6.4 施密特触发器	243
6.4.1 门电路构成的施密特触发器	244
6.4.2 集成施密特触发器	245
6.4.3 施密特触发器的应用	246
6.5 集成函数信号发生器	247
6.5.1 集成函数信号发生器 ICL8038	247
6.5.2 高频精密函数波形发生器 MAX038	249
本章小结	252
习题	253
第7章 半导体存储器和可编程逻辑器件	254
7.1 概述	254
7.2 可编程逻辑器件的表示方法和基本结构	256
7.2.1 可编程逻辑器件的表示方法	257
7.2.2 可编程逻辑器件的基本结构	259
7.3 只读存储器	262
7.3.1 ROM的基本结构和原理	262
7.3.2 可编程只读存储器	267
7.3.3 可擦除可编程只读存储器	270
7.4 随机存取内存	274
7.4.1 静态随机内存	275
7.4.2 动态随机内存	276
7.4.3 内存容量的扩展	278
7.5 初级的可编程逻辑器件	279
7.5.1 可编程逻辑数组	279
7.5.2 可编程数组逻辑	281
7.5.3 通用数组逻辑	285
7.5.4 初级可编程逻辑器件的应用	293
7.6 现场可编程门阵列	302
7.6.1 可编程逻辑块	304
7.6.2 可编程输入/输出块	306
7.6.3 可编程内部连线	307
7.6.4 编程数据	307
7.7 复杂可编程逻辑器件	310

7.7.1 嵌入式阵列块	310
7.7.2 逻辑单元及逻辑阵列块	313
7.7.3 快速通道	316
7.7.4 I/O 单元	317
7.7.5 FPGA 与 CPLD 比较	320
7.7.6 FPGA/CPLD 进行电路设计的一般流程	321
本章小结	323
习题	323
第 8 章 数字系统设计	325
8.1 数字系统设计概述	325
8.1.1 数字系统定义	325
8.1.2 数字系统设计的一般过程	326
8.1.3 数字系统的总体方案与逻辑划分	327
8.1.4 数据子系统的构造方法	331
8.2 控制子系统的设计工具	334
8.2.1 ASM 图	334
8.2.2 分组-按序算法语言	338
8.3 控制子系统的实现方法	342
8.3.1 硬件控制器的实现方法	343
8.3.2 微程序控制器的实现方法	345
8.4 数字系统设计举例	347
本章小结	354
习题	355
第 9 章 EDA 及硬件描述语言初步	357
9.1 EDA 概述	357
9.1.1 EDA 的发展概况	357
9.1.2 EDA 设计语言	360
9.1.3 EDA 开发工具	361
9.1.4 EDA 设计方法	362
9.2 硬件描述语言 VHDL 初步	364
9.2.1 VHDL 源程序的基本结构	364
9.2.2 VHDL 的基本语法	370
9.2.3 VHDL 的主要描述语句	375
9.3 VHDL 设计实例	382
9.3.1 组合电路设计	382

9.3.2 时序电路设计	383
本章小结	385
习题	386
第 10 章 数/模和模/数转换	387
10.1 概述	387
10.2 D/A 转换器	388
10.2.1 D/A 转换器的基本工作原理	388
10.2.2 权电阻网络 D/A 转换器	388
10.2.3 倒 T 形电阻网络 D/A 转换器	390
10.2.4 权电流型 D/A 转换器	391
10.2.5 D/A 转换器的主要技术指标	392
10.3 A/D 转换器	394
10.3.1 A/D 转换器的基本工作原理	394
10.3.2 A/D 转换器的主要电路类型	397
10.3.3 A/D 转换器的主要技术指标	404
10.3.4 集成 ADC 芯片简介	405
本章小结	408
习题	408
参考文献	410

第 1 章 逻辑代数基础

内 容 提 要

逻辑代数是分析和设计数字逻辑电路的数学工具。本章首先介绍数字系统中常用的几种数制和码制，然后介绍逻辑代数中的基本公式、常用公式和基本定理及逻辑函数的表示方法，最后重点介绍逻辑函数的化简方法。

1.1 数字逻辑电路概述

1.1.1 数字信号和数字电路

电子技术中的工作信号分为模拟信号和数字信号两大类。模拟信号是指时间上和数值上都连续变化的信号，如电视的图像和伴音信号、在生产过程中由传感器检测的由某种物理量（如温度、压力）转化成的电信号等。传输和处理模拟信号的电路称为模拟电路。数字信号是指时间上和数值上都不连续变化的离散信号，如生产中记录零件个数的计数信号、电子表的秒信号等。它们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。传输和处理数字信号的电路称为数字逻辑电路，简称数字电路。

1.1.2 数字电路的特点

在数字电路中，数字信号往往表现为突变的电压或电流，因此用 0 和 1 组成的二值量表示数字信号最为简单。在数字电路中，常用电压的高、低及脉冲的有、无分别代表两个离散值 0 和 1。所以数字电路在电路结构、工作状态、研究内容和分析方法等方面都与模拟电路不同，具有如下一些特点。

① 数字信号常用二进制数来表示。由于数字电路中只有 0 和 1 两个数字，所以在数字运算时采用二进制数制比较方便。电路上可用电子器件的开关特性表示 0 和 1 两种对立的状态。

② 数字电路在稳态时，电子器件（如三极管）工作于开关状态，即工作在饱和区和截止区。由于三极管的饱和与截止两种状态的外部表现为电流的有、无，电压的高、低，所以这两种状态可分别对应于 1 和 0 两个数码。而在模拟电路中，电子器件通常工作于放大状态。

③ 数字电路的基本单元电路简单,对元件的精度要求不高,允许有较大的误差。因为数字信号的0和1没有数量的含义,而只是状态的含义,所以电路工作时只要能可靠地区分0和1两个状态即可。因此数字电路便于集成化、系列化生产,具有使用方便、可靠性高、价格低廉等优点。

④ 数字电路研究的对象是输入信号和输出信号之间的逻辑关系。而模拟电路研究的对象是电路对输入信号的放大和变换功能。

⑤ 数字电路的分析工具是逻辑代数,表达电路功能主要用功能表、真值表、逻辑表达式和波形图等。而模拟电路采用的分析方法是图解法和微变等效电路。

⑥ 数字电路能对数字信号进行各种逻辑运算和算术运算,所以在各种数控装置、智能仪表及计算机中得到广泛应用。

由于数字电路具有误差小、抗干扰性强、精度高、数据容易保存等优点,使得数字电路近年来得到长足的发展,数字系统和数字设备已经广泛应用于各个领域。

1.1.3 数字电路的分类

数字电路按其组成的结构不同可分为分立元件电路和集成电路两大类。其中集成电路按集成度大小分为小规模集成电路(SSI,集成度为1~10门/片)、中规模集成电路(MSI,集成度为10~100门/片)、大规模集成电路(LSI,集成度为100~1000门/片)和超大规模集成电路(VLSI,集成度大于1000门/片)。

按电路所用器件的不同,数字电路可分为双极型和单极型电路。其中双极型电路又有DTL、TTL、ECL、IIL、HTL等多种;单极型电路有JFET、NMOS、PMOS、CMOS等四种。

根据电路逻辑功能的不同特点,数字电路又可分为组合逻辑电路和时序逻辑电路两大类。

1.2 数 制

在用数字量表示物理量的数值大小时,对于比较大的数字,一位数显然不够,需要用多位数码。多位数中每一位的构成方式和进位规则称为数制。数制是用计数符号的个数(亦称基数)来命名的。日常生活中最常用的是十进制。而在数字系统中,多采用二进制,有时也采用八进制和十六进制。

一种进位计数制包含两个基本因素。

1) 基数

基数是计数制中所用计数符号(数码)的个数,常用 R 表示。例如,在十进制中,包含0, 1, 2, ..., 9等10个计数数码,进位规则是“逢10进1”,所

以它的基数是 10。

2) 位权

在一个多位数中,处在不同数位的同一数码代表着不同的数值。每一数位的数值是由该位数码的值乘以处在该位的一个固定常数,这一常数称为位权值,亦称位权或权值。例如,在十进制中,个位的位权是 10^0 ,十位的位权是 10^1 ,百位的位权是 10^2 ,以此类推。由此可见,数位的位权是基数的幂。或者说,数码 1 在该位的数值即是该位的权值。

1.2.1 十进制

基数 $R=10$ 的数制就是十进制 (decimal)。它是人们最熟悉的一种计数体制。它有 $0\sim 9$ 十个计数符号,按照一定的规律排列起来,表示数值的大小。低位向高位的进位规则是“逢 10 进 1”。每个数位的权值是基数从 0 开始的连续次幂。任意一个十进制数 $(N)_{10}$ 可表示为

$$\begin{aligned}(N)_{10} &= k_{n-1} \times 10^{n-1} + k_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + k_0 \times 10^0 + k_{-1} \times 10^{-1} + \cdots + k_{-m} \times 10^{-m} \\ &= \sum_{i=-m}^{n-1} k_i \times 10^i\end{aligned}\quad (1.1)$$

式中, k_i 是第 i 位的系数,它的取值为 $0\sim 9$ 十个数码中的任意一个; 10 是基数; 10^i 为第 i 位的权值; n 为整数的位数; m 为小数的位数。由此可见,任何一个十进制数都可以写成按权值展开的形式。如十进制数 $(123.45)_{10}$ 按权值展开为

$$(123.45)_{10} = 1 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 3 \times 10^0 + 4 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2}$$

十进制数的表示方法可以推广到任意进制数。任意进制数的一般表示式为

$$(N)_R = \sum_{i=-m}^{n-1} k_i \times R^i\quad (1.2)$$

式中, R 为基数; R^i 为第 i 位的权值; k_i 是第 i 位的系数,它的取值为 $0\sim(R-1)$ 中的任一个。

1.2.2 二进制

二进制 (binary) 就是以 2 为基数的计数体制。它的特点是只有 0、1 两个计数符号,进位规则是“逢 2 进 1”。任意一个二进制数 $(N)_2$ 可展开表示为

$$\begin{aligned}(N)_2 &= k_{n-1} \times 2^{n-1} + k_{n-2} \times 2^{n-2} + \cdots + k_0 \times 2^0 + k_{-1} \times 2^{-1} + \cdots + k_{-m} \times 2^{-m} \\ &= \sum_{i=-m}^{n-1} k_i \times 2^i\end{aligned}\quad (1.3)$$

式中符号的意义同十进制,只是系数 k_i 的取值仅为 0 和 1 中的一个。例如,二进制数 $(1101.101)_2$ 可展开为

$$(1101.101)_2 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3}$$

1.2.3 八进制和十六进制

用二进制表示一个较大的数时，位数太多，书写和阅读均不方便。因此在计算机中还常常使用八进制（octadic）和十六进制（hexadecimal）。对于同一个数表示起来位数少，并且它们和二进制之间的转换也很方便。

八进制是基数为 8 的计数体制，所用计数符号为 0、1、2、3、4、5、6、7。进位规则是“逢 8 进 1”。一个八进制数可表示为

$$(N)_8 = \sum_{i=-m}^{n-1} k_i \times 8^i \quad (1.4)$$

系数 k_i 的取值为数码 0~7 中的一个。八进制数 $(123.45)_8$ 按权值展开为

$$(123.45)_8 = 1 \times 8^2 + 2 \times 8^1 + 3 \times 8^0 + 4 \times 8^{-1} + 5 \times 8^{-2}$$

十六进制就是以 16 为基数的计数体制，用 0~9 和 A、B、C、D、E、F 这 16 个符号表示，进位规则是“逢 16 进 1”。一个十六进制数的一般表示为

$$(N)_{16} = \sum_{i=-m}^{n-1} k_i \times 16^i \quad (1.5)$$

十六进制数 $(3A.4B)_{16}$ 按权值展开为

$$(3A.4B)_{16} = 3 \times 16^1 + 10 \times 16^0 + 4 \times 16^{-1} + 11 \times 16^{-2}$$

为了区别不同数值，需要加下标加以标注。有时下标可用不同数制的英文字母表示，如 $(N)_B$ 、 $(N)_O$ 、 $(N)_D$ 和 $(N)_H$ 分别表示二进制、八进制、十进制和十六进制数。

1.2.4 各种数制之间的转换

在实际应用中，常常需要进行各种数制之间的相互转换。数制之间的转换可归为两类：十进制数和非十进制数之间的转换； 2^n 进制数之间的转换。分别介绍如下。

1. 十进制数和非十进制数之间的转换

1) 非十进制数转换成十进制数

由二进制、八进制、十六进制数的表示式可知，只要将它们按位权展开，求出各位数值之和，即可得到对应的十进制数。

【例 1.1】 将二进制数 $(1011.01)_2$ 转换为十进制数。

解：将 $(1011.01)_2$ 按位权展开

$$\begin{aligned} (1011.01)_2 &= 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} \\ &= 8 + 2 + 1 + 0.25 = 11.25 \end{aligned}$$

所以 $(1011.01)_2 = (11.25)_{10}$ 。

【例 1.2】 将十六进制数 $(A2.8C)_{16}$ 转换为十进制数。

$$\begin{aligned} \text{解: } (A2.8C)_{16} &= 10 \times 16^1 + 2 \times 16^0 + 8 \times 16^{-1} + 12 \times 16^{-2} \\ &= 160 + 2 + \frac{1}{2} + \frac{3}{64} = \left(162 \frac{35}{64}\right)_{10} \\ &\approx (162.547)_{10} \end{aligned}$$

2) 十进制数转换成非十进制数

十进制数转换成非十进制数时,要将其整数部分和小数部分分别转换,再把结果合并成目的数制。

(1) 整数部分的转换——除基 (R) 取余法

整数部分转换采用除基取余法。即用目的数制的基数去除十进制数,第一次所得的余数为目的数的最低位,把得到的商再除以 R ,所得余数为目的数的次低位,以此类推,直至商为 0 时,所得余数为目的数的最高位。这种方法称为“除基取余法”。

【例 1.3】 将十进制数 $(29)_{10}$ 转换为二进制数、八进制数和十六进制数。

解:因为是十进制整数,按照除基取余法,转换为二进制数应逐次除以 2 取余数,所以

$$(29)_{10} = (11101)_2$$

同一方法可把十进制数 29 转换为八进制数和十六进制数:

2	29		余数	
	14	.....	1	(k_0)
	7	.....	0	(k_1)
	3	.....	1	(k_2)
	1	.....	1	(k_3)
	0	.....	1	(k_4)

8	29		余数	
	3	.....	5	(k_0)
	0	.....	3	(k_1)

16	29		余数	
	1	.....	13	(k_0)
	0	.....	1	(k_1)

所以 $(29)_{10} = (11101)_2$ $(29)_{10} = (35)_8$ $(29)_{10} = (1D)_{16}$

(2) 小数部分的转换——乘基 (R) 取整法

小数部分的转换采用乘基取整法。即用目的数制的基数 R 乘以十进制数,第一次相乘,其结果的整数部分为目的数的最高位 (k_{-1}),把结果的小数部分再乘以 R ,所得结果的整数部分为目的数的次高位,以此类推,直至小数部分为 0 或者达到要求的精度为止。所以这种方法称为“乘基取整法”。

【例 1.4】 将十进制数 $(0.625)_{10}$ 转换为二进制数、八进制数和十六进制数。

解:按乘基取整的方法,有

$$\begin{aligned} 0.625 \times 2 &= 1.25 & 1 \cdots k_{-1} & \quad 0.625 \times 8 &= 5.00 & \quad 0.625 \times 16 &= 10.00 \\ 0.25 \times 2 &= 0.50 & 0 \cdots k_{-2} & & & & \\ 0.5 \times 2 &= 1.00 & 1 \cdots k_{-3} & & & & \end{aligned}$$