



高职高专计算机精品系列规划教材

数字电路基础

严仲兴 主编
袁丽娟 陈春华 副主编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE



数字电路基础

主编 王 强
副主编 王 强 王 强
编 者 王 强 王 强



清华大学出版社
北京

高职高专计算机精品系列规划教材

数字电路基础

严仲兴 主编

袁丽娟 陈春华 副主编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书共分8章,系统地介绍了数字电路基础、逻辑门电路、组合逻辑电路及其应用、触发器、时序逻辑电路、脉冲产生电路、半导体存储器、数/模与模/数转换等相关内容。

本书语言精练,深入浅出,强化集成电路及应用,注重实用知识,加强理论与实际的结合,从实例中培养学生的动手实践能力。

本书适合作为高等职业院校电子信息类各专业的教材,也可供其他非电专业、成人教育及职业培训等使用。

图书在版编目(CIP)数据

数字电路基础/严仲兴主编.—北京:中国铁道出版社,
2008.1

(高职高专计算机精品系列规划教材)

ISBN 978-7-113-08602-2

I. 数… II. 严… III. 数字电路—高等学校:技术学校—
教材 IV. TN79

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第004716号

书 名: 数字电路基础

作 者: 严仲兴 等

策划编辑: 严晓舟 秦绪好

责任编辑: 周 欢

特邀编辑: 韩玉彬

封面设计: 付 巍

责任印制: 李 佳

编辑部电话: (010) 63583215

责任校对: 王艳霞

封面制作: 白 雪

出版发行: 中国铁道出版社(北京市宣武区右安门西街8号 邮政编码: 100054)

印 刷: 河北省遵化市胶印厂

版 次: 2008年4月第1版 2008年4月第1次印刷

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 12 字数: 274千

印 数: 1~5 000册

书 号: ISBN 978-7-113-08602-2/TP·2696

定 价: 19.00元

版权所有 侵权必究

本书封面贴有中国铁道出版社激光防伪标签,无标签者不得销售

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社计算机图书批销部调换。

高职高专计算机精品系列规划教材

编
审
委
员
会

主任：朱 敏

副主任：李 畅 周 源 宣仲良 邓 凯

委员：（按姓氏音序排列）

迟 磊	陈天滋	刁爱军	范爱华	冯茂岩
高佳琴	何福男	郝建春	姜大庆	蒋道霞
陆锦军	刘立军	刘 燕	李志球	慕东周
潘永惠	邱伟江	眭碧霞	宋维堂	王富荣
王继水	王向中	王养森	肖 玉	袁启昌
俞伟新	严仲兴	张洪斌	赵 空	赵明生
张幸儿	周孝林	朱志伯	张祖鹰	

近 10 年来,我国高等职业教育得到快速发展,基本形成了每个市(地)至少设有一所高职院校的格局。院校数、招生数和在校学生数的规模已经占据了高等教育的“半壁江山”。高等职业教育作为高等教育发展中的一个类型,肩负着培养面向生产、建设、服务和管理第一线需要的高技能人才的使命,在我国加快推进社会主义现代化建设进程中具有不可替代的作用,也顺应了人民群众接受高等教育的强烈需求。

随着我国走新型工业化道路、建设社会主义新农村和创新型国家对高技能人才要求的不断提高,高等职业教育既面临着极好的发展机遇,也面临着严峻的挑战。温家宝总理在政府工作报告中指出,要把发展职业教育放在更加突出的位置,使教育真正成为面向全社会的教育,这是一项重大变革和历史任务。

为贯彻落实《国务院关于大力发展职业教育的决定》、《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》和《国家示范性高等职业院校建设计划》等文件精神,使我国的高等职业教育从规模发展走向内涵建设、提高教学质量,中国铁道出版社策划组织了本套教材的编写。

本套教材的特点是:

(1) 定位准确。本套教材面向高等职业院校,其指导思想是“以全面素质为基础,以能力为本位”,其宗旨是培养生产、管理、服务一线需要的技术应用人才。

(2) 内容先进。教材是在建立了突出职业能力培养的课程标准、规范了课程教学的基本要求的基础上而编写的。教材内容紧贴时代前沿,与企业生产紧密结合。

(3) 突出实践能力培养。高等职业教育以就业为导向,要求学生不仅具备与高等教育相适应的基本知识、理论和素养,更为重要的是应能掌握相应的新知识、新技术和新工艺,有较强的职业能力和分析问题、解决生产实际问题的能力。教材对理论和实践的安排合理,取舍恰当;突出应用、强化实践、培养能力。

本套教材由全国高职高专院校中有多年教学经验的老师编写。他们长期在教学第一线工作,积极探索人才培养模式改革,不仅熟悉有关技术内容,而且了解读者对象。我们希望本套教材的出版对提高高等职业院校的教学质量有所帮助,并在使用中不断改进和完善,恳望读者不吝指正。

最后,向为本套教材的设计、编写、审定等工作付出辛勤劳动的各位同仁表示衷心的感谢!

朱敏

2007年7月

当前电子技术的发展促进了计算机技术、通信技术和信息技术的迅速发展及其广泛应用,计算机、通信和信息技术均与数字电子技术紧密相连。《数字电路基础》是实用型高等职业人才培养中针对电力、电子、通信、机电一体化、计算机和电气工程技术及其相关专业编写的专业基础课教材。

高等职业教育以“就业为导向、能力为本位”作为指导思想,面向应用型的人才培养需求,结合数字电路课程的基本特点和实践环节,通过对教学内容及教学过程中的每个环节进行认真研究,将教学环境安排在实验室或实验现场进行教学,将数字电路应用技术作为教学的首要内容。让学生“现在学的”技术应用能力和“今后做的”基本保持一致,尽可能缩短学习与应用之间的距离,以利于学生增强创新意识,培养实践操作能力,做到学以致用,独立解决实际工作中遇到的问题。

全书共分8章,主要内容包括:第1章数字电路基础,介绍数字信号的概念,数制与编码,逻辑代数的基本概念、公式、定理,逻辑函数的化简。第2章逻辑门电路,介绍分立元件的开关特性,介绍与、或、非三种基本逻辑门电路。第3章组合逻辑电路及其应用,介绍组合逻辑电路的基本分析和设计方法,以及加法器、编码器、译码器等中规模集成电路的构成原理与基本逻辑功能。第4章触发器,介绍触发器的基本电路结构、逻辑功能及常用芯片的使用功能,还有不同类型触发器之间的相互转换。第5章时序逻辑电路,介绍时序逻辑电路的分析和设计方法,计数器、寄存器等常用时序逻辑电路的工作原理及其应用。第6章脉冲产生电路,脉冲波形产生与变换的基本单元,用集成555定时器构成单稳态触发器、施密特触发器等。第7章半导体存储器,介绍随机存储器与只读存储器的电路结构、工作原理和扩展方法。第8章数/模与模/数转换,介绍数/模转换和模/数转换的基本原理,以及几种常用的典型电路。

本书由严仲兴担任主编,袁丽娟、陈春华担任副主编,袁丽娟编写了第1、2章,严仲兴编写了第3、4、7章,陈春华编写了第5、6、8章。全书由严仲兴统稿和定稿。

由于时间仓促加上编者水平有限,书中疏漏不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2007年10月

第 1 章 数字电路基础	1
1.1 数字电路概述	1
1.1.1 数字信号与数字电路	1
1.1.2 数字电路的特点	2
1.1.3 数字电路的发展与应用	2
1.1.4 数字电路的分类	2
1.2 数制和编码	3
1.2.1 数制	3
1.2.2 不同进制数之间的转换	5
1.2.3 编码	8
1.3 逻辑代数基础	9
1.3.1 逻辑代数概述	9
1.3.2 逻辑代数的基本运算	9
1.3.3 逻辑代数的基本公式和运算规则	12
1.3.4 逻辑函数的化简	15
1.3.5 含随意项的逻辑函数化简	23
1.4 逻辑函数的表示方法	24
本章小结	26
习题	26
第 2 章 逻辑门电路	29
2.1 半导体的开关特性	29
2.1.1 二极管开关特性	29
2.1.2 三极管开关特性	31
2.1.3 场效应管开关特性	32
2.2 分立元件门电路	32
2.2.1 与门	33
2.2.2 或门	34
2.2.3 非门	34
2.2.4 复合门	35
2.3 TTL 门电路	36
2.3.1 TTL 与非门工作原理	36
2.3.2 TTL 集电极开路门	37
2.3.3 TTL 三态门	38
2.3.4 TTL 集成电路主要参数	39
2.4 CMOS 集成门电路	40
2.4.1 CMOS 反相器	40
2.4.2 CMOS 逻辑门	41

2.4.3	CMOS 传输门	43
2.4.4	CMOS 漏极开路门、三态门	43
2.4.5	CMOS 门电路的特点和在使用中应注意的问题	44
	本章小结	45
	习题	45
第 3 章	组合逻辑电路及其应用	49
3.1	组合逻辑电路的分析与设计	49
3.1.1	组合逻辑电路的基本概念	49
3.1.2	组合逻辑电路的分析方法	50
3.1.3	组合逻辑电路的设计方法	50
3.1.4	组合逻辑电路中的竞争冒险	51
3.2	加法器	53
3.2.1	半加器	53
3.2.2	全加器	54
3.2.3	多位加法器	55
3.2.4	二进制并行加/减运算器	57
3.3	编码器	57
3.3.1	编码器原理	57
3.3.2	二进制编码器	58
3.3.3	集成编码器	59
3.3.4	编码器的应用	62
3.4	译码器	63
3.4.1	二进制译码器	63
3.4.2	二-十进制译码器	66
3.4.3	显示译码器	67
3.5	数据选择器	70
3.5.1	数据选择器原理	70
3.5.2	集成数据选择器	71
3.6	数据分配器	74
3.6.1	数据分配器原理	74
3.6.2	集成数据分配器	75
	本章小结	76
	习题	76
第 4 章	触发器	78
4.1	基本触发器	78
4.1.1	触发器的基本概念	78
4.1.2	基本 RS 触发器	79
4.2	同步触发器	81
4.2.1	同步 RS 触发器	81
4.2.2	同步 JK 触发器	83

4.2.3	同步 D 触发器	84
4.3	主从触发器	86
4.3.1	主从 RS 触发器	86
4.3.2	主从 JK 触发器	87
4.3.3	主从 T 触发器	89
4.4	边沿触发器	90
4.4.1	边沿 D 触发器	90
4.4.2	边沿 JK 触发器	92
4.5	触发器的相互转换	93
4.5.1	JK 触发器转换为 RS、D 和 T 触发器	93
4.5.2	将 D 触发器转换为 JK、T 和 RS 触发器	94
	本章小结	96
	习题	96
第 5 章	时序逻辑电路	98
5.1	时序逻辑电路分析	98
5.1.1	时序逻辑电路的结构	98
5.1.2	时序逻辑电路的描述方法	99
5.1.3	时序逻辑电路分析	99
5.2	计数器	102
5.2.1	二进制计数器	103
5.2.2	十进制计数器	105
5.2.3	集成计数器简介	107
5.2.4	集成计数器的应用	110
5.3	寄存器	114
5.3.1	数码寄存器	114
5.3.2	移位寄存器	115
5.3.3	移位寄存器构成的移位型计数器	117
5.4	时序逻辑电路设计	118
5.4.1	同步时序逻辑电路的设计	118
5.4.2	异步时序逻辑电路的设计	122
	本章小结	124
	习题	124
第 6 章	脉冲产生电路	127
6.1	集成 555 定时器	127
6.2	多谐振荡器	129
6.2.1	由门电路构成多谐振荡器	129
6.2.2	由 555 定时器构成多谐振荡器	131
6.2.3	多谐振荡器的应用实例	132
6.3	单稳态触发器	134
6.3.1	由门电路构成单稳态触发器	134

6.3.2	由 555 定时器构成单稳态触发器	136
6.3.3	单稳态触发器的应用	137
6.4	施密特触发器	139
6.4.1	由门电路构成的施密特触发器	139
6.4.2	由 555 定时器构成的施密特触发器	141
6.4.3	施密特触发器的应用	142
本章小结	.....	144
习题	.....	144
第 7 章	半导体存储器	147
7.1	随机存取存储器	147
7.1.1	RAM 的基本结构	147
7.1.2	RAM 的存储单元	149
7.1.3	集成 RAM 的芯片	151
7.1.4	RAM 的容量扩展	151
7.2	只读存储器	152
7.2.1	ROM 的分类	152
7.2.2	ROM 的结构及工作原理	153
7.2.3	ROM 的应用	155
本章小结	.....	159
习题	.....	159
第 8 章	数/模与模/数转换	160
8.1	概述	160
8.2	D/A 转换器	160
8.2.1	D/A 转换的基本原理	160
8.2.2	典型 D/A 转换电路	161
8.2.3	D/A 转换器中的电子开关	165
8.2.4	D/A 转换器的主要性能参数	166
8.2.5	集成 D/A 转换器及应用	167
8.3	A/D 转换器	169
8.3.1	A/D 转换器的基本原理	169
8.3.2	典型 A/D 转换电路	171
8.3.3	A/D 转换器的主要技术指标	176
8.3.4	集成 A/D 转换器及应用	176
本章小结	.....	178
习题	.....	178
参考文献	.....	180

第 1 章

数字电路基础

教学提示

电子电路中的信号可分为两类：模拟信号和数字信号。处理模拟信号的电路称做模拟电路；处理数字信号的电路称做数字电路。本章主要介绍数字信号和数字电路的基本概念，以及各种计数制：二进制、八进制、十六进制及其相互转换方法；还介绍了逻辑代数的基本概念，逻辑代数的三种基本运算：与运算、或运算和非运算，逻辑代数的常用公式和定理，以及逻辑函数的公式化简法和卡诺图化简法。

教学目标

通过对本章的学习，掌握二进制及二进制与十进制的相互转换，逻辑代数的基本运算和基本公式、定理以及卡诺图化简方法，理解 8421 BCD 码，了解八进制、十六进制以及编码的含义，学会用逻辑代数研究逻辑电路，理解不同类型逻辑表达式的相互转换及最简与或表达式，了解逻辑代数的基本规则，逻辑函数的公式化简法。

1.1 数字电路概述

1.1.1 数字信号与数字电路

电子电路中按照工作信号的不同，分为模拟电路和数字电路。凡在数值上和时间上都是连续变化的电信号，称为模拟信号（Analog Signal），例如，随声音、温度、压力等物理量作连续变化的电压或电流。用来处理模拟信号的电路称为模拟电路，如放大器、滤波器、信号发生器等。而在时间和幅度上都是离散的电信号，称为数字信号（Digital Signal），例如，只有高、低电平跳变的矩形脉冲信号。用来处理数字信号的电路称为数字电路，如脉冲信号的产生、放大、整形、传送、控制、记忆、计数等电路。

数字信号又称脉冲信号，常见的数字信号波形有矩形波、锯齿波、三角波、尖峰波、阶梯波等，如图 1-1 所示。数字电路中用到的脉冲波形通常为矩形波。

由于数字信号是不连续的，反映在电路上具有高电位和低电位两种状态，所以在数字电路中工作的二极管和三极管一般都是工作在开关状态。开关的接通与断开两种状态，用二极管或者三极管的导通与截止来实现。在数字电路中，高电位也称为高电平，低电位也称为低电平。在实际数字电路中，高电平通常为 +3.5 V 左右，低电平通常为 +0.3 V 左右。为了分析方便，在数字电路中分别用 1 和 0 来表示高电平和低电平。这种高电平对应 1，低电平对应 0 的关系称为正逻辑。也可用高电平对应 0，低电平对应 1，这种关系称为负逻辑关系。本书中所采用的都是正逻辑。

在数字电路中，电路的状态以及输入、输出信号的状态均只有两种可能，即 1 态和 0 态，

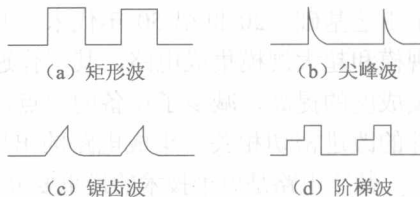


图 1-1 常见的几种脉冲波形

而数字电路研究的主要问题就是输出信号的状态与输入信号之间的关系。由于这种关系是一种因果关系,也就是所谓的逻辑关系,所以数字电路又称为逻辑电路。

1.1.2 数字电路的特点

与模拟电路相比,数字电路具有以下显著的特点:

(1) 结构简单,便于集成化

由于数字信号简单,只需要用两种不同状态表示,通常用晶体管的截止、饱和和两种不同的状态来表示。因此构成数字电路的基本单元电路也比较简单,而且允许元器件参数有比较大的分散性,只要能区分高电平和低电平就可以了,从而可以把很多的基本单元电路集成到一块芯片上。

(2) 抗干扰能力强

数字电路是利用数字信号的高电平和低电平两种状态来进行处理和传输数字信息的,只有环境干扰相当强才能改变信号的状态。因此,数字电路的抗干扰能力强,电路工作可靠。

(3) 精度高

通过增加二进制位数,可使数字电路处理数字的结果达到人们所希望的精度。因此,由数字电路组成的数字系统工作准确、精度高。

(4) 分析数字电路的数学工具是逻辑代数

数字电路研究的主要问题是电路输出与输入的逻辑关系,即电路的逻辑功能。而描述逻辑功能的主要方式是真值表、逻辑表达式、卡诺图、逻辑图和时序图。

(5) 数字电路能对数字信号进行各种逻辑运算

所谓逻辑运算,就是按照逻辑规则进行逻辑推理和逻辑判断。可见数字电路不仅具有运算能力,还具有逻辑思维能力,从而人们制造出各种数控装置、智能仪表以及数字电子计算机等现代科技产品。

1.1.3 数字电路的发展与应用

数字电路的主要元件是开关元件,早期的开关元件是电子管。20世纪40年代末,体积小、重量轻、寿命长、耗电低的晶体管的出现,逐渐取代电子管,并为集成电路的发展提供了工艺基础。20世纪50年代末,开始制造出集成电路,并且已由小规模、中规模发展到大规模和超大规模集成电路,其工作速度也越来越快,耗电量越来越低。此外,随着集成电路集成度的提高,减少了设备的焊点,提高了整机工作的可靠性。总之,数字电路的发展与器件的改进密切相关,集成电路的出现,促进了数字电路的发展。

数字电路是电子技术的最重要分支,由于数字电路相对于模拟电路有一系列优点,使它的应用十分广泛,而且还在不断的发展。它不仅应用于计算机技术、雷达、电视、通信、自动控制等方面,并且在核物理、航天、激光、医药等各个技术领域的控制设备和数字测量中,也发挥着重要的作用,对现代科学、工业、农业、医学、社会和人类文明产生着越来越深刻的影响。

1.1.4 数字电路的分类

最基本的数字电路由二极管、三极管、电阻等元器件组成。现在的数字电路一般都采用集成电路组成。数字电路的分类方式较多,大致可以从以下几个方面来分类:

按集成度分类,可将数字电路分为小规模集成电路(Small Scale Integrated Circuit)、中规

模集成电路 (Medium Scale Integrated Circuit)、大规模集成电路 (Large Scale Integrated Circuit) 和超大规模集成电路 (Very Large Scale Integrated Circuit), 如表 1-1 所示。集成电路从应用角度又可分为通用型和专用型两大类型。通用型是指已被定型的标准化、系列化产品, 适用于各种不同的数字电路。专用型是指为某种特殊用途专门设计、具有复杂而完整的特定功能的产品, 只适用于专用的数字电路。典型的专用型数字集成电路有计算机中的存储器芯片 (RAM、ROM)、微处理器芯片 (CPU) 及语音芯片等。

表 1-1 数字集成电路分类表

集成电路分类	集成度	电路使用范围
小规模集成电路 (SSI)	1~10 门/片 10~100 元件/片	逻辑单元电路: 逻辑门、触发器
中规模集成电路 (MSI)	10~100 门/片 100~1000 元件/片	逻辑功能部件: 编码器、译码器、选择器、运算器、计数器、寄存器、比较器和转换器
大规模集成电路 (LSI)	>100 门/片 >1000 元件/片	数字逻辑系统: 存储器、中央控制器、串并行接口电路
超大规模集成电路 (VLSI)	>1000 门/片 >10 万元件/片	高集成度数字逻辑系统: 在一硅片上集成一个完整的微处理器

按所用器件制作工艺的不同, 可将数字电路分为双极型 (TTL 型) 电路和单极型 (MOS 型) 电路两类。双极型电路开关速度快, 频率高, 信号传输延迟时间短, 但制造工艺较复杂。单极型电路输入阻抗高, 功耗小, 工艺简单, 集成密度高, 易于大规模集成。

按照电路的结构和工作原理的不同, 可将数字电路分为组合逻辑电路和时序逻辑电路两类。组合逻辑电路的输出信号只与当时的输入信号有关, 而与电路以前的状态无关, 没有记忆功能, 如加法器、编码器、译码器等都是典型的组合逻辑电路。时序逻辑电路的输出信号不仅和当时的输入信号有关, 而且与电路以前的状态有关, 具有记忆功能, 如触发器、计数器、寄存器等都是典型的时序逻辑电路。组合逻辑电路和时序逻辑电路是各种数字系统和数字设备的基本组成部件。

1.2 数制和编码

在日常生活中常用的是十进制, 而数字系统中进行数字运算和处理时, 采用二进制、八进制、十六进制较为方便。对于任何一个数, 可以用不同的进位制来表示。本节将介绍几种常用进制的表示方法以及它们之间的相互转换, 此外还介绍常用的编码。

1.2.1 数制

在介绍数制前, 先引入两个术语: 一个是“基数”, 即某种进位制所具有数字符号或数码的个数; 另一个是“权”, 即某种进位制的数中不同位置上的数的单位数值。基数和权是进位制的两个要素。

1. 十进制数

十进制数有 10 个数字符号, 或者说 10 个数码, 即 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9, 因此十进制的基数为 10。任意一个十进制数都可以用这 10 个数码按一定规律并列在一起表

示, 由低位向高位的进位规律是“逢十进一”, 这就是十进制的特点。

利用基数和权, 任何一个十进制数都可以展开成一个按权展开式。例如, 十进制的 154.6 可以表示成

$$154.6 = 1 \times 10^2 + 5 \times 10^1 + 4 \times 10^0 + 6 \times 10^{-1}$$

一般地, 任何一个十进制数 N 可以表示为

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

式中, n 表示整数部分的位数, m 表示小数部分的位数, 10 表示基数, 10^i 为第 i 位的权, K_i 表示第 i 位的系数。

实际应用中使用的进制位不仅限于十进制, 对于一个任意的 R 进制数 N , 都可表示成

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

式中, n 表示整数部分的位数, m 表示小数部分的位数, R 表示基数, R^i 为第 i 位的权, K_i 表示 R 进制数第 i 位的系数, 这种把任意进制转换为十进制的方法称为乘权相加法。

2. 二进制

在数字系统中, 常采用二进制数, 因为二进制数只有 0 和 1 两个数码组成, 它运算简单, 容易用数字电路实现。

二进制的进位规则是“逢二进一”, 即 $1+1=10$ (读作“壹零”), 它相当于十进制数 2, 它和十进制数 10 (拾) 是完全不同的, 二进制数是以 2 为基数的计数体制。

二进制算术运算的规则为:

加法运算规则

$$0+0=0$$

$$0+1=1$$

$$1+0=1$$

$$1+1=10$$

乘法运算规则

$$0 \times 0 = 0$$

$$0 \times 1 = 0$$

$$1 \times 0 = 0$$

$$1 \times 1 = 1$$

任何一个二进制数 N 可以表示为

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

如

$$(1101101)_2 = 1 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = (109)_{10}$$

二进制数的运算方法与十进制的运算方法相似, 由于二进制只有 0 和 1 两个数码, 所以二进制的运算比十进制的运算简单。

3. 八进制和十六进制

二进制数在数字系统中应用广泛，但当二进制数的位数很多时，书写和阅读较困难，容易出错。因此，为简化多位二进制数，常采用八进制或十六进制数。

八进制数基数是 8，由 0、1、2、3、4、5、6、7 八个数字符号组成，进位规则是“逢八进一”，即 $7 + 1 = 10$ （十进制数的 8）。任何一个八进制数 N 可以表示为

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

利用上式，可以将任何一个八进制数转换成十进制数。例如

$$(753.64)_8 = (7 \times 8^2 + 5 \times 8^1 + 3 \times 8^0 + 6 \times 8^{-1} + 4 \times 8^{-2})_{10} = (491.8125)_{10}$$

十六进制的基数是 16，这十六个数字符号是 0、1、2、…、9、A、B、C、D、E、F，其中，字母 A、B、C、D、E、F 分别代表 10、11、12、13、14、15。十六进制的进位规则是“逢十六进一”，即 $F + 1 = 10$ （十进制数的 16）。任何一个十六进制数 N 可以表示为

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

利用上式，可以将任何一个十六进制数转换为十进制数。例如

$$(5DF.4)_{16} = (5 \times 16^2 + 13 \times 16^1 + 15 \times 16^0 + 4 \times 16^{-1})_{10} = (1503.25)_{10}$$

表 1-2 列出了十进制、二进制、八进制、十六进制数之间的对应关系。

表 1-2 几种进制数之间的对应关系

十进制数	二进制数	八进制数	十六进制数
0	0000	0	0
1	0001	1	1
2	0010	2	2
3	0011	3	3
4	0100	4	4
5	0101	5	5
6	0110	6	6
7	0111	7	7
8	1000	10	8
9	1001	11	9
10	1010	12	A
11	1011	13	B
12	1100	14	C
13	1101	15	D
14	1110	16	E
15	1111	17	F

1.2.2 不同进制数之间的转换

1. 任意进制数转换为十进制数

将二进制、八进制、十六进制数转换为十进制数的方法为前面所述的乘权相加法。如：

$$\begin{aligned} (1101001)_2 &= 1 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 \\ &= 1 \times 64 + 1 \times 32 + 0 \times 16 + 1 \times 8 + 0 \times 4 + 0 \times 2 + 1 \times 1 \\ &= 105 \\ (69)_{16} &= 6 \times 16^1 + 9 \times 16^0 = 105 \end{aligned}$$

2. 十进制数转换为其他进制数

(1) 整数的转换

把十进制整数转换为其他进制数一般采用除基取余法。若将十进制整数转换为 N 进制整数，其方法是将十进制整数连续除以 N 进制的基数 N ，逐次记下余数，直到其商为 0，所得的余数从下往上排列即为该十进制数所对应的 N 进制的整数。

【例 1.1】 把 $(157)_{10}$ 转换成二进制、八进制和十六进制数。

解：

2	157	余数	
2	78	.....	1
2	39	.....	0
2	19	.....	1
2	9	.....	1
2	4	.....	1
2	2	.....	0
2	1	.....	0
2	0	.....	1

↑ 低位

↓ 高位

所以，转换结果为

$$(157)_{10} = (10011101)_2$$

同理

$$(157)_{10} = (235)_8$$

$$(157)_{10} = (9D)_{16}$$

(2) 小数的转换

把十进制小数转换为其他进制数一般采用乘基取整法。若将十进制小数转换为 N 进制小数，其方法是将十进制小数连续乘以 N 进制的基数 N ，每乘一次取整数，直到小数部分为 0 或达到所需的位数为止。最后所得的整数从上往下排列即为该十进制小数所对应的 N 进制的小数。

【例 1.2】 把 $(0.375)_{10}$ 转换成二进制、八进制和十六进制数。

解：

0.375	× 2	整数部分	高位
0.750		0	
0.750	× 2		
1.500		1	
0.500	× 2		
1.000		1	↓ 低位

所以，转换结果为

$$(0.375)_{10} = (0.011)_2$$

同理

$$(0.375)_{10} = (0.3)_8$$

$$(0.375)_{10} = (0.6)_{16}$$