



普通高等教育 **电气信息类** 应用型规划教材

数字电子技术及应用

(第二版)

李继凯 杨 艳 编著



科学出版社



免费提供电子教案

普通高等教育电气信息类应用型规划教材

数字电子技术及应用

(第二版)

李继凯 杨 艳 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书以教育部高等学校电工电子基础课程教学指导委员会最新修订的《数字电子技术基础课程教学基本要求》为依据编写,内容简明扼要、深入浅出、通俗易懂,突出“工程应用”的特点,特别适合培养应用技术型人才的高校使用。本书共分9章,主要内容包括数字逻辑基础、逻辑运算与集成逻辑门电路、逻辑代数基础、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、半导体存储器和可编程逻辑器件、脉冲波形的产生与整形、数-模和模-数转换器。

为方便教师授课和学生学习,本书配有与各章节教学内容完全对应的、高质量的多媒体教学课件(包括习题课的课件);各章均提供了复习思考题和习题,书后附有习题参考答案。另外,《电子技术及应用学习指导》(李继凯主编,科学出版社出版)可与本书配套使用。

本书定位明确,针对性强,特色鲜明,可作为普通本科院校或高职高专院校电子信息工程、通信工程、自动化、计算机科学与技术、仪器仪表等电气、信息类专业和部分非电类专业的本、专科学生的教科书,尤其适合以培养应用型、技术技能型人才为主的地方本科高校(二本、三本)的师生选用,也可作为其他理工科相关专业和广大科技工作者的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术及应用/李继凯,杨艳编著. —2版. —北京:科学出版社, 2016.9

ISBN 978-7-03-049718-5

I. ①数… II. ①李… ②杨… III. ①数字电路—电子技术—高等学校—教材 ①TN79

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第203841号

责任编辑:孙露露 张瑞涛 / 责任校对:刘玉靖
责任印制:吕春珉 / 封面设计:耕者设计工作室

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

北京市京宇印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

2012年8月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2016年9月第 二 版 印张:17

2016年9月第四次印刷 字数:250 000

定价:37.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈北京京宇〉)
销售部电话 010-62136230 编辑部电话 010-62135763-2010

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

普通高等教育电气信息类应用型规划教材

编 委 会

主 任：刘向东

副主任：方志刚 张明君

成 员：万 旭 万林生 王泽兵 龙建忠 叶时平 代 燕

伍良富 刘加海 祁亨年 杜益虹 李联宁 张永炬

张永奎 张克军 杨起帆 周永恒 金小刚 洪 宁

秦洪军 凌惜勤 陶德元

秘书长：刘加海（兼）

秘 书：陈晓萍 周钗美

第二版前言

《数字电子技术及应用》自 2012 年出版至今,受到了广大读者的欢迎和好评。该书 2014 年被评为广东省(首届)“精品教材”。

为应对地方高校转型发展,提高应用型人才培养质量,本书在第一版的基础上,进一步缩减了理论性强的内容,增加了应用性和实践性强的内容,并把目前产业界对学生要求的最新内容充实到教材中。根据广大读者提出的意见和建议,本书做了如下修订。

1. 第 1 章 1.3 节增加了无权码、有权码以及余 3 循环码的概念,引入了逻辑相邻的概念,为后续逻辑函数的卡诺图化简打下基础。

2. 随着集成电路技术的快速发展,TTL 门电路已逐渐被 CMOS 电路所取代,CMOS 已成为数字逻辑电路的主流工艺技术。因此,把第 2 章 2.3.1 节的 TTL 集成逻辑门系列和 2.3.2 节的 CMOS 集成逻辑门系列合并,重点介绍 CMOS 集成逻辑门系列,简化了对 TTL 门电路的介绍,但增加了对 BiCMOS 门电路的介绍;删除了 OC/OD 门上拉电阻的计算过程,采用近似估算的方法,同时删除了计算 OC/OD 门上拉电阻的习题,增加了与本章重点内容相关的习题。

3. 第 3 章删除了 5 变量卡诺图的内容,简化了卡诺图化简逻辑函数的描述方法,使其更加简单明了。增加一个实例,来说明具有无关项的逻辑函数的化简,使学生对无关项更容易理解。

4. 第 4 章的内容体系做了较大改变,按照组合逻辑电路的分析、组合逻辑电路的设计和规模组合逻辑电路的顺序来介绍。这样前后逻辑性强,条理更清楚。把基于中规模组合逻辑电路的分析和设计以例题的形式放到了中规模组合逻辑电路的应用中去介绍。

5. 第 5 章把 5.2 节和 5.4 节合并为 5.2 节触发器的逻辑功能及其描述方法。这样,内容更加简明扼要。

6. 第 6 章的内容体系也做了较大改变,按照时序逻辑电路的分析、时序逻辑电路的设计和常用中规模时序逻辑电路的顺序来介绍,前后逻辑性强,条理更加清楚。另外,把基于中规模时序逻辑电路的分析和设计以实例的形式放到了计数器和寄存器的应用中介绍;同时,把时序逻辑电路的分析中的第一个例子换成十六进制计数器,这样便于引入计数器的相关概念。

7. 第 7 章除了文字叙述做了一些改变,内容没有太大的变化。

8. 由于施密特触发器、单稳态触发器和第 5 章的触发器有着根本的区别,学生学习时容易把它们混为一谈。因此,第 8 章中把施密特触发器、单稳态触发器改为施密特触发电路和单稳态触发电路,并调整了部分难度较大的习题。

9. 第 9 章增加了 DAC 的相关实例,能使学生加深对 DAC 工作原理的理解。

全书突出“工程应用”的特点,在教材内容和教学方法上做了科学有益的探索。全书知识体系完整、系统,内容安排合理,注意理论与实践的结合,内容由浅入深、循序渐进,符合学生的认知规律。一些重点、难点概念的叙述简明扼要、深入浅出、通俗易懂。

本书适合学时数为40~60学时。书中标注有“*”的内容，教师和学生可以选讲、选学。全书由广东石油化工学院李继凯执笔并统稿。参加编写工作的还有广东石油化工学院杨艳，浙江大学宁波理工学院李林功，惠州学院林伟民，河南师范大学王长清，湛江师范学院林汉、朱齐媛，茂名职业技术学院林静等。

在编写本书过程中，我们参阅了大量文献资料，在此向相关作者表示诚挚的感谢。限于作者水平，不当之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

李继凯

2016年7月

第一版前言

“数字电子技术”是高等学校电气、电子信息类和部分非电类专业的技术基础课，通过本课程的学习，学生可获得数字电子技术的基本知识、基本理论和基本技能，为学习、提高专业技能打好基础。

当前，我国的高等教育已由精英教育过渡到大众化教育，各类院校生源质量参差不齐，不同学校的定位和人才培养目标也不尽相同。根据“数字电子技术”课程的性质和任务，结合应用型人才培养目标，本书内容精挑细选，实用有趣；简化（集成电路）内部原理，强化外部特性；简化理论推导，强化应用设计；从而达到易教、易学、易用的教学目的。与其他教材相比，本书具有以下特色。

1. 本书严格按照教育部高等学校电子信息与电气学科基础课程教学指导分委员会最新修订的《数字电子技术基础课程教学基本要求》编写，教学内容完全满足各普通本科院校相关专业的教学要求。

2. 本书突出课程的应用性、先进性和科学性。考虑到与其他课程内容的合理衔接和学生实践能力、创新能力的培养，本书充实了适量的应用实例及反映本学科最新发展的科技成果。

3. 全书突出“应用性”和“精、简、易”的特点。考虑到国内应用型院校以培养高级应用型人才为目标，这类学校毕业的学生绝大多数都在生产一线工作，他们学习集成逻辑器件时，应重点掌握器件的逻辑功能、外特性和使用方法。因此，本书简化了教师和学生在学习过程中普遍感觉棘手的集成 TTL、CMOS 门电路、集成触发器、集成计数器等集成电路内部电路的介绍，重点介绍它们的外特性、逻辑功能和使用方法。这样处理，既满足教学要求，又使教师好教、学生易学。

4. 本书内容简明扼要、语言流畅、易学易懂。简化了理论性强的部分内容，加强了集成电路的应用和逻辑电路的分析、设计内容。

5. 制作了与本书内容配套、真正适合教师教学使用的高质量多媒体课件（包括习题课件）和 Proteus 仿真资料，为教师教学提供了极大的方便。

全书共分 9 章。第 1 章为“数字逻辑基础”，主要介绍数字信号和模拟信号的概念、数制的概念及不同数制间的相互转换和常用编码等内容。第 2 章为“逻辑运算与集成逻辑门电路”，主要介绍三种基本逻辑运算和常用复合逻辑运算，删除了现有教材普遍讲解的集成逻辑门电路的内部电路等内容，重点介绍了常用集成逻辑门电路（TTL 和 CMOS）的外特性及其主要电气参数、常用集成逻辑门电路使用中需要注意的问题等内容。第 3 章为“逻辑代数基础”，主要介绍逻辑代数的基本公式和定理、逻辑函数的几种常用表示方法及其相互转换、逻辑函数的化简，无关项及其在逻辑函数化简中的应用等内容。第 4 章为“组合逻辑电路”，主要介绍组合逻辑电路的逻辑功能和电路结构特点、基于 SSIC 的组合逻辑电路的分析和设计方法、常见 MSIC 组合逻辑功能器件、基于 MSIC 的组合逻辑电路的分析和设计方法、组合逻辑电路中的竞争—冒险等。第 5 章为“触发器”，主要介绍触发器的基

本概念及分类、触发器的逻辑功能及其描述方法、触发器的触发方式；删除了现有教材普遍讲解的触发器的内部电路等内容，重点介绍常用的集成触发器（D 触发器和 JK 触发器）的逻辑功能及使用方法。第 6 章为“时序逻辑电路”，主要介绍时序逻辑电路的逻辑功能和电路结构的特点、基于 SSIC 的时序逻辑电路的分析和设计方法、常见 MSIC 时序逻辑功能器件（计数器和寄存器）、基于 MSIC 的时序逻辑电路的分析和设计方法。第 7 章为“半导体存储器和可编程逻辑器件”，主要介绍半导体存储器的基本概念、随机存取存储器（RAM）、只读存储器（ROM）、PLD 的基本概念、各种 PLD（PLA、PAL、GAL、CPLD、FPGA 等）的基本结构和工作原理。第 8 章为“脉冲波形的产生与整形”，主要介绍矩形脉冲及其特性参数、集成施密特触发器和单稳态触发器的工作原理及应用、555 定时器的结构及其工作原理、555 定时器组成的施密特触发器、单稳态触发器和多谐振荡器及其工作原理。第 9 章为“数-模和模-数转换”，主要介绍数-模（D/A）和模-数（A/D）转换的概念及分类、倒 T 形电阻网络和权电流型 DAC 的工作原理、常用集成 DAC 及其应用。模-数（A/D）转换的一般过程、逐次渐近型和双积分型 ADC 的工作原理、常用集成 ADC 及其应用、DAC 和 ADC 的主要技术指标等。

全书采用了国际上流行的图形逻辑符号，该符号体系是由电气与电子工程师协会/美国国家标准化组织（The Institute of Electrical Engineers/American National Standards Institute, IEEE/ANSI）制定的国际标准。中、大规模集成电路的图形符号采用国外教材、技术资料 and EDA 软件中普遍使用的习惯画法。书后附录 B 给出了基本逻辑门电路国标符号和国际流行符号的图形符号对照表。

本书每章后面都精选了思考题和习题，供学生课外练习、巩固所学内容，书后附有参考答案。书中某些章节的习题量比较大，考虑到不同学校的生源质量、教学要求有比较大的差异，教师可根据本校学生实际情况选做。书中注有“*”的习题难度稍大，学习程度较好的学生可以选做。

本书可作为普通高校或高职院校电子信息工程、通信工程、计算机科学与技术、仪器仪表等电类专业和部分非电类专业的本、专科学生的教科书，尤其适合以培养应用型人才为目标的高校的本科学生选用。也可作为其他理工科相关专业和广大科技工作者的参考用书。

全书由广东石油化工学院李继凯执笔并统稿。参加编写工作的还有：浙江大学宁波理工学院李林功、王卓远，广东石油化工学院杨艳，河南师范大学王长清，湛江师范学院林汉、朱齐媛，延安大学薛妮妮等。李林功、杨艳对全书进行了修改、校对。为方便教师授课和学生学习，本书配有与各章节教学内容完全对应、高质量的多媒体教学课件（包括习题课的课件）、例题的 Proteus 仿真资料，可向出版社或作者索取。

在编写本书过程中，我们参阅了大量文献资料，在此向相关作者表示诚挚的感谢。

限于作者水平，不当之处在所难免，恳请读者批评指正，有关意见可发至主编电子邮箱：13727840821@qq.com。

李继凯

2012 年 4 月

目 录

第二版前言

第一版前言

第 1 章 数字逻辑基础	1
1.1 概述	1
1.1.1 模拟信号与数字信号	1
1.1.2 数字电路的优点	1
1.1.3 数字电路中 1 和 0 的表示方法	2
1.2 数制	3
1.2.1 常用数制	3
1.2.2 不同数制间的转换	4
1.3 常用二进制代码	6
小结	8
复习思考题	8
习题	8
第 2 章 逻辑运算与集成逻辑门电路	10
2.1 逻辑运算	10
2.1.1 3 种基本逻辑运算	10
2.1.2 复合逻辑运算	11
2.2 集成逻辑门电路	13
2.2.1 各种集成逻辑门电路系列简介	13
2.2.2 常用逻辑门	15
2.2.3 其他形式逻辑门	16
2.3 逻辑门电路的主要电气参数	18
2.4* 逻辑门电路使用中的几个实际问题	26
2.4.1 CMOS 集成电路的主要特点和使用注意事项	26
2.4.2 TTL 电路与 CMOS 电路的接口	27
2.4.3 门电路带负载时的接口电路	29
2.4.4 抗干扰措施	30
小结	31
复习思考题	32
习题	32
第 3 章 逻辑代数基础	36
3.1 逻辑代数的公式与基本定理	36
3.1.1 基本公式和常用公式	36

3.1.2	基本定理	38
3.2	逻辑函数及其表示方法	39
3.2.1	逻辑函数及其表示方法	39
3.2.2	逻辑函数几种常用表示方法之间的相互转换	41
3.2.3	逻辑函数的两种标准形式	41
3.2.4	逻辑函数形式的变换	44
3.3	逻辑函数的化简	44
3.3.1	公式法化简	44
3.3.2	卡诺图法化简	46
3.3.3	具有无关项的逻辑函数及其化简	49
	小结	51
	复习思考题	51
	习题	52
第4章	组合逻辑电路	55
4.1	组合逻辑电路的特点和功能描述方法	55
4.2	组合逻辑电路的分析	55
4.3	组合逻辑电路的设计	58
4.4	常用中规模组合逻辑电路	62
4.4.1	编码器	62
4.4.2	译码器	66
4.4.3	数据选择器	75
4.4.4	数值比较器	80
4.4.5	加法器	82
4.5*	组合逻辑电路中的竞争—冒险	85
4.5.1	竞争—冒险及其产生的原因	85
4.5.2	竞争—冒险的识别	86
4.5.3	竞争—冒险的消除方法	86
	小结	87
	复习思考题	87
	习题	88
第5章	触发器	91
5.1	触发器的基本特点及分类	91
5.2	触发器的逻辑功能及其描述方法	92
5.2.1	RS 触发器	92
5.2.2	JK 触发器	94
5.2.3	D 触发器	95
5.2.4	T 与 T' 触发器	96
5.3	触发器的触发方式	97
5.3.1	电平触发	97

5.3.2 脉冲触发	98
5.3.3 边沿触发	100
5.4 集成触发器	102
5.4.1 集成 JK 触发器	102
5.4.2 集成 D 触发器	103
5.5 触发器逻辑功能的转换	103
5.6* 触发器的动态特性	105
5.7 RS 锁存器	106
小结	107
复习思考题	108
习题	108
第 6 章 时序逻辑电路	113
6.1 时序逻辑电路的特点和功能描述	113
6.2 时序逻辑电路的分析	115
6.3 时序逻辑电路的设计	124
6.4 常用中规模时序逻辑电路	128
6.4.1 寄存器	128
6.4.2 计数器	133
小结	146
复习思考题	147
习题	147
第 7 章 半导体存储器和可编程逻辑器件	151
7.1 概述	151
7.2 半导体存储器	152
7.2.1 随机存取存储器	152
7.2.2 只读存储器	157
7.2.3 半导体存储器的应用	161
7.3 可编程逻辑器件	166
7.3.1 可编程逻辑器件的基本概念	166
7.3.2 可编程逻辑阵列	170
7.3.3 可编程阵列逻辑	171
7.3.4 通用阵列逻辑	174
7.3.5 复杂可编程逻辑器件	178
7.3.6 现场可编程门阵列	179
7.3.7 PLD 的编程及硬件描述语言	181
小结	182
复习思考题	183
习题	183

第 8 章 脉冲波形的产生与整形	188
8.1 矩形脉冲及主要参数	188
8.2 施密特触发电路	189
8.2.1 施密特触发电路的工作特点	189
8.2.2 施密特触发电路的应用	190
8.3 单稳态触发电路	192
8.3.1 集成单稳态触发电路	192
8.3.2 单稳态触发电路的应用	195
8.4 555 定时器及其应用	197
8.4.1 555 定时器的电路结构与功能	197
8.4.2 555 定时器构成的施密特触发电路	199
8.4.3 555 定时器组成的单稳态触发电路	200
8.4.4 555 定时器组成的多谐振荡器	202
小结	204
复习思考题	204
习题	205
第 9 章 数-模和模-数转换器	209
9.1 概述	209
9.2 D/A 转换器	209
9.2.1 倒 T 形电阻网络 DAC	210
9.2.2 权电流型 DAC	212
9.2.3 集成 DAC 芯片及其应用	213
9.2.4 DAC 的主要技术指标	216
9.2.5 DAC 芯片的选用方法	217
9.3 A/D 转换器	218
9.3.1 A/D 转换的一般过程	218
9.3.2 逐次逼近型 ADC	220
9.3.3 双积分型 ADC	221
9.3.4 常用集成 ADC 芯片及其典型应用	225
9.3.5 ADC 的主要技术指标	228
小结	229
复习思考题	229
习题	230
附录	233
附录 A ASCII 码	233
附录 B 基本逻辑门电路图形符号对照表	235
习题参考答案	237
参考文献	259

第 1 章 数字逻辑基础

本章基本内容

- 模拟信号和数字信号的概念
- 数制的概念及不同数制间的相互转换
- 常用二进制代码

1.1 概述

1.1.1 模拟信号与数字信号

自然界的物理量按照其变化规律的不同可分为模拟量和数字量两大类。模拟量是指大小随时间连续变化的物理量，如温度、压力、速度、流量、声音等。用传感器将上述模拟量转换为电压/电流信号以后，得到的电信号称为模拟信号，它在时间和数值上都是连续的，如图 1.1.1 (a) 所示。

数字量是指在时间和数值上都是离散的物理量，如用自动监测仪统计进入教室的人数、自动生产线上的零件记录量、台阶的阶数等。表示数字量的电信号称为数字信号，它在时间和数值上都是离散的，如图 1.1.1 (b) 所示。

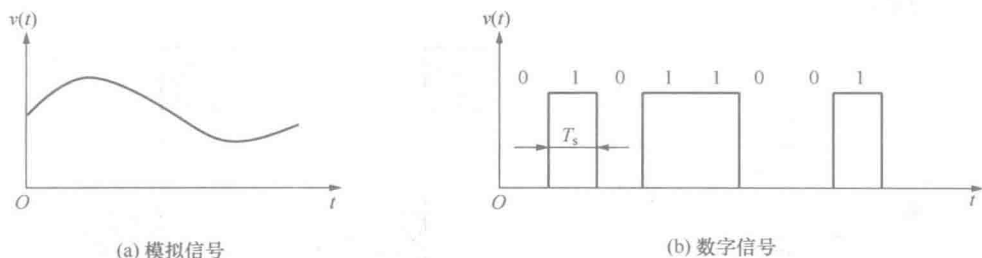


图 1.1.1 模拟信号与数字信号

用来处理数字信号电子电路称为数字电子电路（简称为数字电路），用来处理模拟信号电子电路称为模拟电子电路（简称为模拟电路）。因为数字电路和模拟电路所研究的问题、使用的分析方法和设计方法都不相同，所以将电子技术的内容分成了数字电子技术和模拟电子技术两部分。

1.1.2 数字电路的优点

随着信息技术的迅猛发展，自 20 世纪 70 年代开始，数字电路的应用日益广泛，目前

已经渗透到人们生活的各个方面，如计算机、互联网、数字电视、数码相机、数码摄像机、手机等各种数码产品。数字电路之所以发展如此迅速，是因为与模拟电路相比，数字电路有以下显著的优点。

(1) 抗干扰能力强、稳定性好。由于在数字电路中采用二进制，其加工、处理的是二值信息，受外界的干扰影响小。因此，数字电路抗干扰能力强、工作可靠、稳定性好。

(2) 便于存储、传输和处理。数字信号与计算机所用信号一致，因此，便于数字系统与计算机连接，利用计算机对数字信号进行存储、处理和控制。

(3) 便于集成，成本低。数字电路便于集成化，可用大规模或超大规模集成电路实现。因此，体积小、成本低、功耗小。

(4) 保密性好。在数字电路中可以进行加密处理，使一些重要的信息资源不易被窃取。

(5) 可编程、通用性强。现代数字系统的设计，大多采用可编程逻辑器件，即厂家生产的一种半成品芯片。用户根据需要用硬件描述语言在计算机上完成电路设计和仿真，并写入芯片，这为用户研制、开发产品带来了极大的方便和灵活性。

由于数字电路具有上述优点，其发展十分迅速，因而在计算机、数控、通信等众多领域都得到了越来越广泛的应用。数字电路在众多领域甚至有取代模拟电路的趋势。

1.1.3 数字电路中 1 和 0 的表示方法

在数字电路中，通常采用二进制代码（1 和 0）表示电路的工作状态。二进制代码中的 1 和 0 用电路中的高、低电平来表示。获得高、低电平的基本原理可用图 1.1.2 来说明。当开关 S 断开时，输出电压 v_O 为电源电压 V_{CC} ，称为高电平；而当开关 S 接通以后，输出电压 v_O 等于 0V，则称为低电平。开关 S 可用半导体二极管或三极管组成，利用二极管的单向导电性或控制三极管工作在截止或饱和导通两种状态，即可实现图中开关 S 的功能。

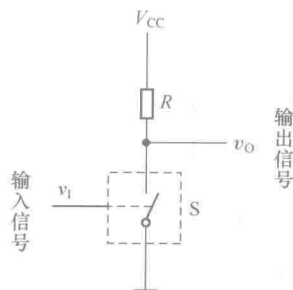


图 1.1.2 获得高、低电平的基本原理图

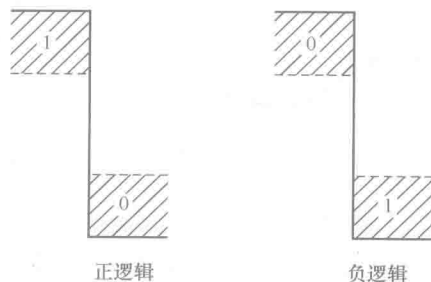


图 1.1.3 正逻辑与负逻辑表示法

以高、低电平表示两种不同逻辑状态时，有两种定义方法。如果以高电平表示逻辑 1，低电平表示逻辑 0，则称这种表示方法为正逻辑；反之，若以高电平表示逻辑 0，低电平表示逻辑 1，则称这种表示方法为负逻辑，如图 1.1.3 所示。今后除非特殊说明，本书中一律采用正逻辑。

1.2 数制

日常生活中,人们已经习惯了使用十进制数,但为了简化电路设计,提高电路的可靠性,在数字电路中主要采用二进制数。但二进制数位多了以后,听说读写都不方便,又引入八进制、十六进制等表示方法,这就有了不同的数制。

1.2.1 常用数制

在表示数量大小时,用一位数往往不够用,因而常常采用多位数。多位数中每一位的构成和从低位向高位的进位规则称为数制或进位计数制。在数字电路中应用最多的是十进制(Decimal)和二进制(Binary),有时也用到十六进制(Hexadecimal)和八进制(Octal)等。

1. 十进制

十进制由0、1、2、3、4、5、6、7、8、9共10个数码组成,进位规则是逢十进一,计数基数为10。

多位数中不同位置的数码代表的数量大小称为这一位的“权”。整数部分从低位到高位每位的权重依次为 $10^0, 10^1, 10^2, \dots$ 。小数部分从高位到低位每位的权重依次为 $10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, \dots$ 。因此,一个多位数表示的数值等于每一位数码乘以它的权重,然后相加(加权求和)。例如:

$$645.78 = 6 \times 10^2 + 4 \times 10^1 + 5 \times 10^0 + 7 \times 10^{-1} + 8 \times 10^{-2}$$

将上述关系写成一般形式,则任意一个十进制数 D 均可表示为

$$D = \sum k_i \times 10^i \quad (1.2.1)$$

式中, k_i 是第 i 位的系数,它是0~9当中的某一个数。若整数部分有 n 位,小数部分有 m 位,则 i 应包括0~ $n-1$ 所有的正整数和 $-m \sim -1$ 的所有负整数。

2. 二进制

在二进制中,每一位只有0和1两个数码,进位规则是逢二进一,计数基数为2。整数部分从低位到高位每位的权重依次为 $2^0, 2^1, 2^2, \dots$ 。小数部分从高位到低位每位的权重依次为 $2^{-1}, 2^{-2}, 2^{-3}, \dots$ 。因此,可以将任何一个二进制数按每位的权重展开,并按十进制数相加,即得到它所表示的十进制数。例如:

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

因此,任意一个二进制数 B 均可表示为

$$B = \sum k_i \times 2^i \quad (1.2.2)$$

式中, k_i 是第 i 位的系数,它的取值只有0或1两种可能, i 的取值范围与式(1.2.1)相同。

3. 八进制

八进制由0、1、2、3、4、5、6、7共8个数码组成,进位规则是逢八进一,计数基数

为 8。同上原理，任意一个八进制数 O 均可表示为

$$O = \sum k_i \times 8^i \quad (1.2.3)$$

根据式 (1.2.3) 可以求出任意一个八进制数等效的十进制数。例如：

$$(17.4)_8 = 1 \times 8^1 + 7 \times 8^0 + 4 \times 8^{-1} = (15.5)_{10}$$

4. 十六进制

十六进制由 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F 共 16 个数码组成，进位规则是逢十六进一，计数基数为 16，任意一个十六进制数 H 均可表示为

$$H = \sum k_i \times 16^i \quad (1.2.4)$$

例如：

$$(3B.2)_{16} = 3 \times 16^1 + 11 \times 16^0 + 2 \times 16^{-1} = (59.125)_{10}$$

1.2.2 不同数制间的转换

1. 二、八、十六进制到十进制数的转换

只需分别按式 (1.2.2) ~ 式 (1.2.4) 展开，加权求和即可得到二、八、十六进制数对应的十进制数。

2. 十进制到二进制的转换

十进制转换为二进制的时候，整数部分和小数部分的转换方法是不一样的，要分别转换。

1) 整数部分

把整数部分除以 2，取余数（余数要么是 0，要么是 1），得到的商再除以 2，第二次取出余数。以后反复地将得到的商除以 2，求得余数，直到商等于 0 为止。把得到的余数按次序（最后得到的余数排在最前面，最先得到的余数排在最后面）排列，就得到了整数部分对应的二进制数。

例如，将 $(179)_{10}$ 转换成二进制数，可按以下步骤进行：

2	179	(1)	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 10px;">最低位(LSB)</div> <div style="margin-top: 10px;">最高位(MSB)</div> </div>
2	89	(1)	
2	44	(0)	
2	22	(0)	
2	11	(1)	
2	5	(1)	
2	2	(0)	
2	1	(1)	
	0 余数		

转换结果为： $(179)_{10} = (10110011)_2$

该方法可归纳为：除 2 取余，自下而上排列。

2) 小数部分

把小数部分乘以 2，取整数（整数要么是 0，要么是 1），把剩下的余数再乘以 2 取出整数。以此类推，每次都把乘积的小数部分乘以 2，得到新乘积的整数部分，一直乘到小数部分等于 0。最后把得到的整数按先后次序排列（最先得到的整数排在最前面，最后得到的整数排在最后面），就得到了小数部分对应的二进制数。

例如，将 $(0.726)_{10}$ 转换成二进制数，可按以下步骤进行：

		0.726×2
最高位(MSB)	1)	0.452×2
	0)	0.904×2
	1)	0.808×2
	1)	0.616×2
	1)	0.232×2
最低位(LSB)	0)	0.464
		整数

转换结果为：

$$(0.726)_{10} \approx (0.101110)_2$$

该方法可归纳为：乘 2 取整，自上而下排列。

当被转换的十进制数既有整数部分，又有小数部分时，可将整数和小数部分分别转换后合并在一起即可。例如：

$$(179.726)_{10} \approx (10110011.101110)_2$$

3. 十进制到八进制、十六进制的转换

十进制到八进制、十六进制的转换方法与上述转换为二进制的方法类似，整数部分分别除以 8 或 16 取余，小数部分分别乘以 8 或 16 取整。例如，将 $(179.726)_{10}$ 转换成八、十六进制数，其整数部分和小数部分可分别按以下步骤进行。

最低位(LSB)	8 179 (3)	0.726×8
	8 22 (6)	5) 0.808×8
	8 2 (2)	6) 0.464×8
	0	3) 0.712×8
	$(179)_{10} = (263)_8$	5) 0.696×8
	16 179 (3)	5) 0.568×8
	16 11 (B)	4) 0.544
	0	
最高位(MSB)	$(179)_{10} = (B3)_{16}$	$(0.726)_{10} \approx (0.563554)_8$

转换结果为： $(179)_{10} = (263)_8 = (B3)_{16}$

$$(0.726)_{10} \approx (0.563554)_8$$