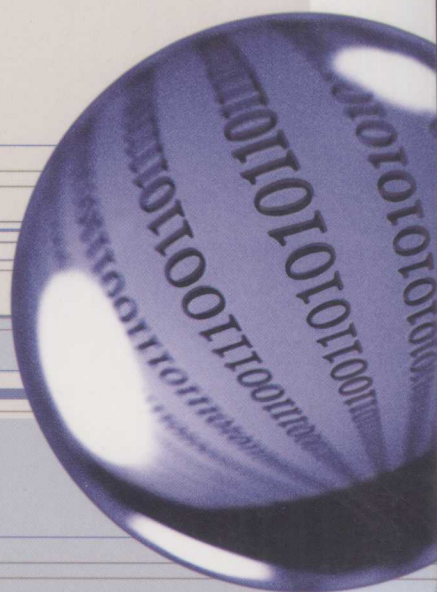


新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材·应用电子技术专业



数字电路

徐新艳 主编 张德顺 主审



新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材·应用电子技术专业

数 字 电 路

徐新艳 主编

张德顺 主审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书主要讲述数字电路的基本原理、外特性及基本应用。内容包括：数字电路的基础知识、组合逻辑电路、时序逻辑电路、半导体存储器和可编程逻辑器件、脉冲电路、数/模转换与模/数转换电路。

本书内容深浅适度，在结构体系上有所创新。通过介绍大量的“工程应用”、“实例”以及项目技能训练，使读者巩固和掌握数字电路的基本知识及其应用，为学习后续课程及今后的实际工作奠定必要的基础。

本书既可作为高职高专电子信息类及相关专业的教材，也可供工程技术人员参考或作为培训教材。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

数字电路/徐新艳主编. —北京：电子工业出版社，2007.9
新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材·应用电子技术专业

ISBN 978-7-121-04940-8

I. 数… II. 徐… 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（2007）第 134421 号

责任编辑：陈晓明 特约编辑：李双庆

印 刷：涿州市京南印刷厂

装 订：涿州市桃园装订有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：787×1 092 1/16 印张：16.5 字数：422 千字

印 次：2007 年 9 月第 1 次印刷

印 数：4 000 册 定价：23.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：（010）88258888。

新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材（第 2 版）

出版说明

2002 年 10 月,电子工业出版社组织 90 余所高职院校的优秀教师编写了“应用电子技术”、“机电一体化技术”、“电气自动化技术”和“通信技术”4 个专业的高职教材,从 2003 年 7 月第 1 本教材问世截至 2004 年 10 月,已经出版了 70 余种。时至今日已有 2 年多的教材使用时间,这批教材的大部分得到使用者的好评。随着教育的不断深入及社会用人单位对高职毕业生的更高要求,为使教材更好地适应高职毕业生的就业、使教材有益于培养高职毕业生的生产实践技能,2005 年 7 月,我们在杭州组织召开了教材研讨会,针对上述 4 个专业的大部分教材的内容的修订听取了到会老师的意见,明确了修订教材的编写思路和编写原则,确定了修订版教材的编写人员,计划在 2006 年底~2007 年上半年基本出版齐全修订版教材。为便于读者区分,这批修订版教材均标明“(第 2 版)”。教材的丛书名仍沿用“新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材”。

第 2 版教材的主要特点如下:

1. 内容更加突出“实用性、技能性、应用性”。
2. 实训内容的选择以技能为要素。
3. 适当拓展了教材的广度,其目的是为方便不同学校、不同专业的学生选用。
4. 专业课以目前企业主要设备为主线进行讲解。
5. 习题尽量避免问答式、叙述式,而多为技能型、解决问题型。
6. 配备电子教案,以便于老师教学和学术交流。

我们的初衷是希望第 2 版教材的问世能够弥补第 1 版教材的不足,使其内容更加贴近企业用人的需求,更加有利于学生就业,让学生能够真正掌握一些实际的生产技能。同时,我们亦深知:高等职业教育的改革不能一蹴而就,编写出适合高职教育的教材也是一个渐进的过程。我们期待和全国高职院校的老师们一同努力,不断改进创新,为出版真正适合高职教育的好教材尽力。

在组织高职电子信息类教材的编写全过程近 4 年的时间内,我们结交了全国的许多优秀教师,他们的人品德行、人格魅力、学识水平均达到很高的水准。与他们的交往让我们受益匪浅,并且给我们以启迪:学校确是藏龙卧虎之地。我们愿意继续结交新的朋友,目的只有一个,那就是共同为高等职业教育的发展贡献我们大家的力量,在这个目标下达到学校、老师、出版社多赢。

我们亦衷心欢迎各高职院校有意愿、有能力的老师参加我们的教材编写。具体专业范围如下:

机电一体化技术,电气自动化技术,数控技术,模具技术,应用电子技术,通信技术。

电子工业出版社高等职业教育教材事业部

2006 年 3 月

参加“新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材”
编写的院校名单（排名不分先后）

桂林工学院南宁分院

江西信息应用职业技术学院

江西蓝天职业技术学院

吉林电子信息职业技术学院

保定职业技术学院

安徽职业技术学院

杭州中策职业学校

黄石高等专科学校

天津职业技术师范学院

福建工程学院

湖北汽车工业学院

广州铁路职业技术学院

台州职业技术学院

重庆工业高等专科学校

济宁职业技术学院

四川工商职业技术学院

吉林交通职业技术学院

连云港职业技术学院

天津滨海职业技术学院

杭州职业技术学院

重庆职业技术学院

重庆工业职业技术学院

广州大学科技贸易技术学院

湖北孝感职业技术学院

江西工业工程职业技术学院

四川工程职业技术学院

广东轻工职业技术学院

西安理工大学

辽宁大学高职学院

天津职业大学

天津大学机械电子学院

九江职业技术学院

包头职业技术学院

北京轻工职业技术学院

黄冈职业技术学院

郑州工业高等专科学校

泉州黎明职业大学

浙江财经学院信息学院

南京理工大学高等职业技术学院

南京金陵科技学院

无锡职业技术学院

西安科技学院

西安电子科技大学

河北化工医药职业技术学院

石家庄信息工程职业学院
三峡大学职业技术学院
桂林电子工业学院高职学院
桂林工学院
南京化工职业技术学院
湛江海洋大学海滨学院
江西工业职业技术学院
江西渝州科技职业学院
柳州职业技术学院
邢台职业技术学院
漯河职业技术学院
太原电力高等专科学校
苏州经贸职业技术学院
金华职业技术学院
河南职业技术师范学院
新乡师范高等专科学校
绵阳职业技术学院
成都电子机械高等专科学校
河北师范大学职业技术学院
常州轻工职业技术学院
常州机电职业技术学院
无锡商业职业技术学院
河北工业职业技术学院
天津中德职业技术学院

安徽电子信息职业技术学院
浙江工商职业技术学院
河南机电高等专科学校
深圳信息职业技术学院
河北工业职业技术学院
湖南信息职业技术学院
江西交通职业技术学院
沈阳电力高等专科学校
温州职业技术学院
温州大学
广东肇庆学院
湖南铁道职业技术学院
宁波高等专科学校
南京工业职业技术学院
浙江水利水电专科学校
成都航空职业技术学院
吉林工业职业技术学院
上海新侨职业技术学院
天津渤海职业技术学院
驻马店师范专科学校
郑州华信职业技术学院
浙江交通职业技术学院
山东电子职业技术学院

前 言

本书作为技术基础课程教材,充分考虑高职高专院校的教学实际和教学特点,注重把传授知识和培养能力紧密结合起来,具体表现在:

1. 突出知识的应用性。在基础知识方面,根据高职高专教育对学生的要求,适当降低理论上的难度和深度,对较深层的知识只作定性解释,重点突出知识的应用,特别是所举实例,多与日常生活结合紧密,增强了内容的实用性、趣味性。

2. 突出对能力的培养。书中有大量的“阅读”“工程应用”等内容,这些内容多是对基础知识的扩充。通过鼓励学生自学这部分内容,锻炼学生自我获取知识的能力,使学生熟悉与实际结合密切的“工程应用”、“实例”,掌握数字电路的应用,使学习更有针对性。

书中的实验与技能训练项目分为三类:基本项目、提高项目和自创性项目。基本项目用以加强对所学知识点认识,表现为一般的验证性实验;提高项目是对知识点的扩充,帮助学生学会举一反三,触类旁通,以培养学生的工程应用能力;自创性项目采用启发和探究的形式引导学生进行知识和技能的拓展,培养学生的创造能力,提高学习兴趣,在独立解决问题的过程中树立创新意识,锻炼实践能力。

每小节后有思考与练习,便于学生有的放矢地复习和巩固学习内容。每章最后有检测题,是对学生所掌握知识和技能的全面检测。

3. 体现电子技术新知识、新器件、新工艺的应用。本书内容以中规模集成电路为重点,同时考虑技术基础课程的特点,把握好新知识与基础知识的衔接。此外,还增加了对新器件、新工艺等内容的介绍,以使了解当前电子技术的工程应用方法。

本课程参考教学时数 90 学时。在教学中,可以根据需要调整第 6、7、8 章的章次顺序,不影响学习的系统性。

本书由徐新艳、王琰、常红、王振华和闫云祥编写,其中,王琰编写第 1、2 章,常红编写第 3、4 章,王振华编写第 6 章及全部“阅读”内容,闫云祥编写了实验与技能训练,其余部分由徐新艳编写。由徐新艳任主编并统稿。

本书承山东电子职业技术学院张德顺老师主审。

此外,青岛朗讯公司赵振工程师阅读了全书,并提出许多建议,在此表示衷心感谢!

限于作者水平,书中难免存在缺点和不足,恳请广大读者不吝赐教。意见或要求请联系电子信箱: xuxinyan@btamail.net.cn。

编 者
2007 年 1 月

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

目 录

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 数字系统与数字技术	(2)
1.1.3 本课程的性质和任务	(2)
1.2 数制及其不同进制数的转换	(3)
1.2.1 数制	(3)
1.2.2 数制的转换	(4)
1.3 码制	(7)
1.4 算术运算与逻辑运算	(8)
1.5 逻辑代数	(9)
1.5.1 逻辑代数与逻辑变量	(9)
1.5.2 逻辑运算	(9)
1.5.3 逻辑函数及其表示方法	(11)
1.5.4 逻辑代数的基本定律与规则	(13)
1.6 逻辑函数化简	(16)
1.6.1 公式化简法	(17)
1.6.2 卡诺图化简法	(18)
1.6.3 具有约束项的逻辑函数及其化简	(23)
本章小结	(25)
目标检测	(26)
第 2 章 逻辑门电路	(30)
2.1 分立元件门电路	(30)
2.1.1 二极管门电路	(30)
2.1.2 三极管门电路	(32)
2.2 TTL 门电路	(35)
2.2.1 与非门	(35)
2.2.2 其他功能的门电路	(44)
2.2.3 门电路的改进	(49)
2.2.4 TTL 门使用注意事项	(50)
2.3 CMOS 门电路	(52)
2.3.1 MOS 管特性	(52)
2.3.2 CMOS 非门	(53)
2.3.3 其他功能的 CMOS 门电路	(53)
2.3.4 CMOS 门使用注意事项	(55)

2.4 接口电路	(59)
2.4.1 TTL 电路驱动 CMOS 电路	(60)
2.4.2 CMOS 电路驱动 TTL 电路	(61)
2.4.3 CMOS 4000 与 54/74AHC 间的接口电路	(61)
本章小结	(63)
实验与技能训练	(63)
实验 1 使用器件手册	(63)
实验 2 使用仪器	(64)
实验 3 门电路性能与功能测试	(65)
实验 4 三态门、OC 门功能测试及应用	(66)
目标检测	(68)
第 3 章 组合逻辑电路	(72)
3.1 组合逻辑电路的分析	(72)
3.2 组合逻辑电路的设计	(74)
3.3 常用的组合逻辑电路	(75)
3.3.1 加法器	(75)
3.3.2 编码器和优先编码器	(77)
3.3.3 译码器	(80)
3.3.4 数值比较器	(89)
3.3.5 数据选择器与分配器	(90)
3.3.6 算术逻辑单元	(94)
3.4 组合逻辑电路的竞争与冒险	(98)
3.4.1 竞争与冒险	(98)
3.4.2 冒险的判断	(99)
3.4.3 消除冒险的方法	(100)
本章小结	(101)
实验与技能训练	(101)
实验 5 组合逻辑电路	(101)
实验 6 译码器	(102)
目标检测	(104)
第 4 章 触发器	(107)
4.1 基本 RS 触发器	(107)
4.1.1 逻辑功能分析	(108)
4.1.2 逻辑功能描述	(108)
4.2 同步触发器	(111)
4.2.1 同步 RS 触发器	(111)
4.2.2 同步 D 触发器	(113)
4.2.3 电平触发方式的空翻现象	(114)
4.3 主从触发器	(115)

4.3.1 主从 RS 触发器	(115)
4.3.2 主从 JK 触发器	(117)
4.4 边沿触发器	(120)
本章小结	(124)
实验与技能训练	(125)
实验 7 触发器	(125)
目标检测	(126)
第 5 章 时序逻辑电路	(129)
5.1 计数器	(130)
5.1.1 同步计数器	(130)
5.1.2 异步计数器	(137)
5.1.3 集成计数器构成 N 进制计数器的方法	(139)
5.1.4 计数器的设计与分析	(141)
5.2 寄存器	(146)
5.2.1 数码寄存器	(146)
5.2.2 移位寄存器	(149)
5.3 移存型计数器	(153)
5.3.1 环形计数器	(153)
5.3.2 扭环形计数器	(154)
5.3.3 最大长度移存型计数器	(155)
本章小结	(157)
实验与技能训练	(157)
实验 8 计数器	(157)
实验 9 寄存器及应用	(158)
实验 10 综合实验——动态扫描显示电路	(159)
实验 11 综合实验——示波器多踪显示接口电路	(160)
目标检测	(161)
第 6 章 半导体存储器与可编程器件	(164)
6.1 半导体存储器	(164)
6.1.1 RAM	(164)
6.1.2 ROM	(173)
6.2 可编程逻辑器件	(179)
6.2.1 PLD 一般组成与电路表示法	(179)
6.2.2 PAL	(180)
6.2.3 GAL	(184)
本章小结	(188)
实验与技能训练	(189)
实验 12 存储器	(189)
目标检测	(191)

第 7 章 脉冲电路	(193)
7.1 RC 电路	(193)
7.1.1 微分电路	(193)
7.1.2 积分电路	(194)
7.1.3 脉冲分压器	(195)
7.2 施密特触发器	(198)
7.3 单稳态触发器	(201)
7.3.1 集成门单稳态触发器	(202)
7.3.2 集成单稳态触发器	(204)
7.4 多谐振荡器	(208)
7.4.1 基本多谐振荡器	(208)
7.4.2 简易多谐振荡器	(210)
7.4.3 晶体振荡器	(211)
7.5 555 定时器	(211)
7.5.1 定时器电路构成及功能	(211)
7.5.2 用定时器构成脉冲电路	(212)
本章小结	(216)
实验与技能训练	(217)
实验 13 多谐振荡器	(217)
实验 14 CC7555 定时器	(218)
实验 15 综合实验——数字钟	(219)
目标检测	(219)
第 8 章 数/模转换器与模/数转换器	(222)
8.1 DAC	(222)
8.1.1 D/A 转换基本原理	(222)
8.1.2 DAC	(223)
8.1.3 DAC 主要参数	(228)
8.2 ADC	(231)
8.2.1 A/D 转换基本原理	(231)
8.2.2 ADC 主要参数	(233)
8.2.3 ADC	(235)
本章小结	(244)
实验与技能训练	(245)
实验 16 DAC	(245)
目标检测	(246)
附录 A 图形符号说明	(247)
参考文献	(251)

第1章 数字电路基础

当代社会已经是数字化社会。数字化手机, 数字化电视, DVD, MP4, 电子阅读器, ……等等, 而 3C (Computer、Communication 和 Consumer Electronic) 技术的融合, 更是带来了人类生活、学习和工作方式的巨大变化, 网络教育, 网络办公, 网上科研、气象、交通、物价等各种信息和资料, 网上购物, 网上影视节目点播, ……人们正无处不在强烈感受着数字化带来的方便、迅捷和奇妙。

数字化的基础是数字技术, 而数字技术的核心是数字电路。本书正是由数字电路的基础知识出发, 引导读者深入学习并掌握数字电路的基本原理及应用, 为读者掌握数字技术, 走进数字化世界奠定基础。

本章内容是数字电路的基础知识。首先介绍数字信号、数字电路等基本概念; 然后介绍数字系统中数及代码的表示方法; 最后介绍分析、设计数字电路的基本工具: 逻辑函数表达式、真值表、逻辑图、卡诺图, 以及它们的数学基础: 逻辑代数。

学习目标

- (1) 了解数字信号的特点, 掌握数字信号的表示方法, 掌握数字电路的基本概念。
- (2) 熟知二、十、十六进制数的表示方法, 掌握数制间的转换。
- (3) 熟知 8421BCD 码, 掌握 8421BCD 码与十进制数的相互转换; 了解其他编码 (余 3 码、循环码等)。
- (4) 掌握基本逻辑关系及其表示方法、逻辑代数的基本运算和基本定律。
- (5) 理解不同类型逻辑表达式的相互转换和最简与或表达式。
- (6) 会用公式法化简逻辑函数表达式为最简与或式。会用卡诺图化简 4 变量及 4 变量以下逻辑函数表达式为最简与或式。

1.1 数字电路概述

1.1.1 数字信号与数字电路

在自然界中, 有许多物理量具有连续变化的特点, 如温度、压力和距离等, 这类连续变化的物理量称为模拟量。在工程中, 为了测量、传输和处理这些物理量, 常把它们转换成与之成比例的电压或电流信号, 这些电信号被称为模拟信号。处理模拟信号的电路称为模拟电子线路。

还有一类物理量, 它们的变化在时间上和数值上都是离散的, 或者说是断续的, 例如, 学生成绩的记录, 工厂产品的统计, 电路开关的状态等。这一类物理量的变化可以用不同的数字反映, 所以称之为数字量。表示数字量的电信号称为数字信号。

数字信号的最常见形式是矩形脉冲序列，即可以用数字 0 和 1 表示的序列，举例如图 1-1 所示。通常规定：0 表示矩形脉冲低电平 U_L ；1 表示矩形脉冲高电平 U_H 。当然，也可以反过来规定。

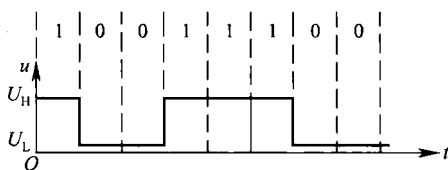


图 1-1 用矩形脉冲表示数字信号 10011100

处理数字信号的电路称为数字电子线路，简称数字电路。数字电路重点考虑的是电路输出信号状态（低电平或高电平，即 0 或 1）与输入信号状态（低电平或高电平，即 0 或 1）之间的对应关系，这种对应关系也称为逻辑关系。分析数字电路的方法是逻辑分析法，所用工具是逻辑代数，所以，有时又将数字电路称为逻辑电路，其电路功能又称为逻辑功能。

由于数字电路只要能区分高、低电平就可以，因此数字电路对元器件的精度要求不高，易于电路集成，并且抗干扰能力强，保真度高，所以，数字电路在电子计算机、数字通信、自动控制、智能化仪器仪表以及家用电器等技术领域得到广泛的应用。

1.1.2 数字系统与数字技术

数字系统是一个能对数字信号进行处理、传输和存储的实体，它由实现各种功能的数字电路相互连接而成。例如，数字电子计算机就是一种最具代表性的数字系统。

数字技术是关于数字信号的产生、整形、编码、解码、计算（包括算术运算和逻辑运算、判断）、存储和传输的科学技术。

1.1.3 本课程的性质和任务

随着半导体技术的发展，数字电路几乎都是数字集成电路。集成电路（Integration Circuit，缩写 IC）是指将晶体管、电阻、电容及连接导线等集中制作在一块半导体基片（亦称芯片）上并加以封装而构成的具有一定功能的电路。通常，单块芯片上集成元器件数量的多少称为集成度。据此把集成电路分为小规模、中规模、大规模、超大规模集成电路。小规模集成电路（Small Scale Integration Circuit，缩写 SSIC）包含 10~100 个元器件，如集成逻辑门和集成触发器；中规模集成电路（Medium Scale Integration Circuit，缩写 MSIC）包含 100~1000 个元器件，如集成计数器、寄存器和译码器等；大规模集成电路（Large Scale Integration Circuit，缩写 LSIC）包含 1000~10000 个元器件，如存储器和某些设备的控制器等；超大规模集成电路（Very Large Scale Integration Circuit，缩写 VLSIC）包含 10000 个以上元器件，如单片微型计算机等。

《数字电路》是电子信息类专业的技术基础课。本课程主要介绍中、小规模数字集成电路的工作原理和主要电气特性，常用的组合逻辑电路和时序逻辑电路模块的功能及使用方法。介绍半导体存储器及可编程逻辑器件的基本原理、基本结构及典型应用。此外还介绍与数字电路密切相关的脉冲电路，以及将模拟信号转换成数字信号的模数转换电路和将数字信号转换成模拟信号的数模转换电路。

必须说明, 数字技术是一门发展很快的学科, 数字电路及数字系统的设备随着新技术的发展在不断变化, 类型层出不穷。本课程内容仅仅是数字电路的基础, 有了一定的基础, 对于新器件、新类型电路也就能很快地理解、掌握和使用。

思考与练习

1. 什么是模拟信号? 模拟信号具有哪些特点?
2. 什么是数字信号? 数字信号具有哪些特点?
3. 画出数字信号 0110111010010 的波形图。
4. 数字电路输入与输出信号之间的对应关系称作什么?
5. 试总结数字电路的特点。
6. 数字系统的功能是什么?
7. 何为数字技术?

1.2 数制及其不同进制数的转换

1.2.1 数制

数制是进位计数制的简称。当用数字表示一个量的多少时, 只用一位数在绝大多数情况下是不够的, 因此必须使用多位数。而多位数按某种进位方式实现计数, 这就是进位计数制。

日常生活中人们常用的是十进制 (如计数)、二十四进制 (如小时)、六十进制 (如分、秒)。而在数字系统中是用二进制, 为了书写方便, 有时也使用十六进制。

1. 十进制 (Decimal System, 缩写 DEC)

十进制采用 0, 1, ..., 9 共十个数码计数。通常将计数数码的个数称作基数, 因此, 十进制基数是“10”。超过 9 的数用多位数表示, 进位规则是“逢十进一”, 故称为十进制。

任意一个 k 位整数、 m 位小数的十进制数 N , 都可写成:

$$\begin{aligned} N_{10} &= d_{k-1}d_{k-2}\cdots d_1d_0.d_{-1}d_{-2}\cdots d_{-m} \\ &= d_{k-1}\times 10^{k-1} + d_{k-2}\times 10^{k-2} + \cdots + d_1\times 10^1 + d_0\times 10^0 + d_{-1}\times 10^{-1} + d_{-2}\times 10^{-2} + \cdots + d_{-m}\times 10^{-m} \\ &= \sum_{i=-m}^{k-1} d_i \times 10^i \end{aligned} \quad (1-1)$$

式中, i 表示位;

d_i 表示第 i 位的系数, 是 0~9 中任意一个数码;

10^i 称作第 i 位的权, 表示 d_i 所代表的数值大小。例如, 将 7276 按权展开为 $7\times 10^3 + 2\times 10^2 + 7\times 10^1 + 6\times 10^0$, 其中有两个数码是 7, 但前一个 7 的权是 10^3 , 表示 7000; 后一个 7 的权是 10^1 , 表示 70。可见, d_i 实际所表示数值的大小为 $d_i\times 10^i$, 习惯上称 $d_i\times 10^i$ 为加权系数;

下标 10 表示 N 是十进制数, 有时也用 D 代替这个下标。

2. 二进制 (Binary System, 缩写 BIN)

二进制只有 0、1 两个数码, 基数为“2”, 进位规则是“逢二进一”。任意一个二进制数

可表示为

$$\begin{aligned} N_2 &= d_{k-1}d_{k-2}\cdots d_1d_0.d_{-1}d_{-2}\cdots d_{-m} \\ &= d_{k-1}\times 2^{k-1} + d_{k-2}\times 2^{k-2} + \cdots + d_1\times 2^1 + d_0\times 2^0 + d_{-1}\times 2^{-1} + d_{-2}\times 2^{-2} + \cdots + d_{-m}\times 2^{-m} \\ &= \sum_{i=-m}^{k-1} d_i \times 2^i \end{aligned} \tag{1-2}$$

式中， d_i 表示第*i*位的系数， d_i 是0和1两数码中的任意一个；

2^i 是第*i*位的权；

下标2也可用B代替。

3. 十六进制（Hexadecimal System，缩写 HEX）

十六进制有0，1，…，9，A，B，C，D，E，F共十六个数码，基数“16”，进位规则“逢十六进一”。任意一个十六进制数*N*按权展开可写成：

$$\begin{aligned} N_{16} &= d_{k-1}\times 16^{k-1} + d_{k-2}\times 16^{k-2} + \cdots + d_1\times 16^1 + d_0\times 16^0 + d_{-1}\times 16^{-1} + d_{-2}\times 16^{-2} + \cdots + d_{-m}\times 16^{-m} \\ &= \sum_{i=-m}^{k-1} d_i \times 16^i \end{aligned} \tag{1-3}$$

式中， d_i 是0，1，2，3，4，5，6，7，8，9，A，B，C，D，E，F中任一数码；

下标16也可以用H表示。

表1-1列出了若干个与十进制数相对应的二进制、十六进制数，同时列出的还有八进制数。

表 1-1 二、八、十、十六进制数对照表

十进制数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
二进制数	0	1	10	11	100	101	110	111	1000	1001	1010
八进制数	0	1	2	3	4	5	6	7	10	11	12
十六进制数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A
十进制数	11	12	13	14	15	16	17	18	32	64	100
二进制数	1011	1100	1101	1110	1111	10000	10001	10010	100000	1000000	1100100
八进制数	13	14	15	16	17	20	21	22	40		144
十六进制数	B	C	D	E	F	10	11	12	20		64
十进制数	128	256	512	1000	1024						
二进制数	10000000	100000000	1000000000	1111101000	10000000000						
八进制数				1750							
十六进制数				3E8							

1.2.2 数制的转换

1.2.2.1 十进制与其他进制数的转换

1. 非十进制数转换为十进制数

非十进制数转换为十进制数时，将非十进制数按权展开求和即得相应十进制数。

例 1-1 将 1010.01_2 , $4F.3A_{16}$ 转换为十进制数。

解: $1010.01_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = 10.25_{10}$

$$\begin{aligned} 4F.3A_{16} &= 4 \times 16^1 + F \times 16^0 + 3 \times 16^{-1} + A \times 16^{-2} \\ &= 4 \times 16^1 + 15 \times 16^0 + 3 \times 16^{-1} + 10 \times 16^{-2} = 79.2265625_{10} \end{aligned}$$

2. 十进制数转换为非十进制数

十进制数转换为非十进制数时, 需将整数部分与小数部分分别转换, 合并两部分转换结果即为所求数。

整数转换采用除基取余法, 即将十进制数逐次去除所求数基数并依次记下余数, 直到商为 0 止, 首次所得余数为所求数最低位, 末次所得余数为所求数最高位。

例如, 将 11_{10} 转换成二进制数。所求数基数是“2”, 所以

2	11	余数	
2	5	1	最低位
2	2	1	
2	1	0	
2	0	1	最高位

$\uparrow$
 $11_{10} = 1011_2$

小数转换采用乘基取整法, 即将十进制小数乘所求数基数, 首次乘积的整数为所求数小数最高位, 再用小数部分继续乘所求数基数, 所得乘积整数为次高位, 依次进行, 直至满足转换精度要求为止。如果乘基取整后的积最终能为 0, 则可以精确转换, 但有部分小数在乘基过程中, 取整后的积永远也得不到 0, 此时只能按转换精度要求, 取有限位数后截断。

例如, 将 0.723_{10} 转换成二进制数 (要求精确到小数点后第 4 位)。

0.223	整数	
× 2		
0.446	0	
× 2		
0.892	0	
× 2		
1.784	1	
× 2		
0.784	1	
× 2		
1.568	1	
× 2		
0.568		
× 2		
1.136	1 (按“0 舍 1 入”处理)	

$\downarrow$
 $0.223_{10} \approx 0.0100_2$