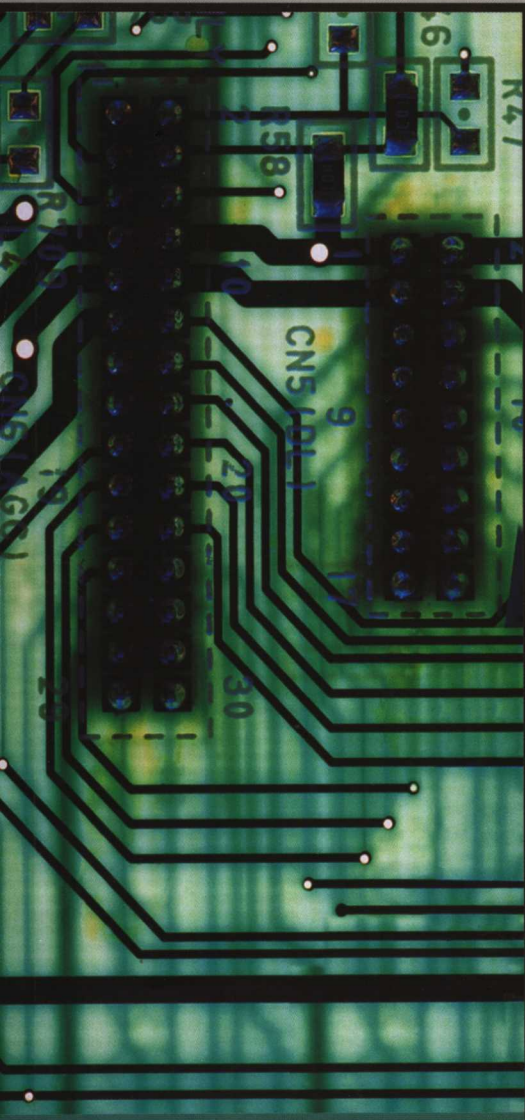


普通高等教育应用型人才培养教材

数字电路与 逻辑设计教程

主 编 罗中华

副主编 刘耀元 杨玲明 蔡国瑞



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

数字电路与逻辑设计教程

主 编 罗中华

副主编 刘耀元 杨玲明 蔡国瑞

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书详细讲解了数字逻辑电路基础,重点介绍逻辑门电路、组合逻辑电路、触发电路、时序逻辑电路、脉冲产生电路和变换电路、数/模与模/数转换电路、半导体存储器和可编程逻辑器件的电路结构、特点及工作原理、实验和课程设计。

本书中还安排了多个实验和课程实验,对前部分章节进行实践训练。并且,在附录中汇编了常用数字集成电路的名称、型号、引脚排列等内容。

本书可作为大中专院校电子类、电气类、计算机类、自动化类等专业的教学用书,也可供相同专业的应用性本科生及函授、自考学生使用。

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

数字电路与逻辑设计教程 / 罗中华主编. —北京: 电子工业出版社, 2006.4
ISBN 7-121-02476-4

I. 数... II. 罗... III. 数字电路—逻辑设计—教材 IV. TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 033211 号

策划编辑: 谭佩香

责任编辑: 何 丛

印 刷: 河北省邮电印刷厂

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

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 16 字数: 358 千字

印 次: 2006 年 4 月第 1 次印刷

印 数: 6000 册 定价: 20.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。
联系电话: (010)68279077。质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

前 言

作为高等工科院校电子专业的一门专业基础学科,数字电路与逻辑设计的发展十分迅速,并日益渗透到电子专业的各个领域,成为工科院校学生知识结构中不可缺少的重要组成部分。从某种意义上说,它已经成为当今工科院校一门必修的素质教育课。

本书是依照教育部《高职高专教育基础课程教学基本要求》来编写的。编写时我们坚持了以下几点:

(1) 基本理论选择适当,够用为度,整个教学内容贯穿“教—学—做”相结合的思想。对基本理论的阐述做到概念清晰,水平适中,学生易学易懂。

(2) 突出实用性,删除了繁杂的数学推导,突出概念,尽可能多地让学生接触器件,以提高学生的学习兴趣。

(3) 坚持“四”多:多举实例,多画插图,多做练习,多思考问题。

(4) 更新体系。坚持采用“管路结合,管为路用”的原则,突出了以中规模集成电路为重点内容,以数字电路为主导内容,加入可编程控制器(PLC)和可编程逻辑器件(PLD)等现代控制内容。

(5) 教材内容覆盖面广,航天应用技术、计算机类专业均可选用其中不同的内容讲授。

参加本书编写人员有罗中华、刘耀元、杨玲明、蔡国瑞等。刘耀元(第1章、第2章)、杨玲明(第3章、第8章)、罗中华(第4章、第5章)、蔡国瑞(第6章、第7章、第9章)等。全书的实训内容由罗中华进行了验证与审核。全书由罗中华、刘耀元、杨玲明、蔡国瑞统稿和审定。

南昌理工学院邱小林院长十分重视全书的撰写工作,对编写工作给予了极大的关心与支持,在此深表感谢!

由于编者水平有限,本书难免会存在不当之处,敬希读者批评指正。

我们的联系方式:tan_peixiang@phei.com.cn

编者

2006年2月

目 录

第 1 章 数字逻辑电路基础	1
1.1 数字电路的概述	1
1.1.1 数字信号和数字电路	1
1.1.2 数字电路的特点与分类	2
1.2 数制和码制	3
1.2.1 进位计数制与常用计数制	3
1.2.2 数制转换	5
1.2.3 码制和常用代码	8
1.3 逻辑代数基础	11
1.3.1 基本逻辑运算与复合逻辑运算	11
1.3.2 逻辑代数基本定律及基本规则	15
1.3.3 逻辑函数的表示及化简	19
1.3.4 逻辑函数的化简	22
1.4 本章小结	38
1.5 习题	38
第 2 章 逻辑门电路	41
2.1 半导体器件的开关特性	41
2.1.1 二极管的开关特性	41
2.1.2 三极管的开关特性	43
2.1.3 MOS 管的开关特性	44
2.2 双极型逻辑门电路	45
2.2.1 与门、或门、非门	45
2.2.2 TTL 与非门	48
2.2.3 其他类型 TTL 门	55
2.3 单极型逻辑门电路	60
2.3.1 常见的 MOS 逻辑门	61
2.3.2 MOS 逻辑门电路特点	73
2.4 本章小结	74

2.5 习题	75
第 3 章 组合逻辑电路	79
3.1 组合逻辑电路的分析	79
3.1.1 组合逻辑电路的特点	79
3.1.2 组合逻辑电路的一般分析方法	80
3.1.3 组合逻辑电路分析举例	80
3.2 组合逻辑电路的设计	82
3.2.1 组合逻辑电路的一般设计方法	82
3.2.2 组合逻辑电路设计举例	83
3.3 常见组合逻辑电路及其应用	85
3.3.1 全加器	86
3.3.2 译码器	92
3.3.3 编码器	104
3.3.4 数据选择器和分配器	106
3.4 组合逻辑电路中的险象及其消除	109
3.4.1 险象及产生原因	109
3.4.2 险象的检查与消除	110
3.5 本章小结	111
3.6 习题	112
第 4 章 触发器	113
4.1 触发器概述	113
4.1.1 触发器的基本性质	113
4.1.2 基本 (RS) 触发器	113
4.1.3 触发器逻辑功能的描述	114
4.2 时钟型触发器	117
4.2.1 时钟型 RS 触发器	117
4.2.2 时钟型 D 触发器	118
4.2.3 时钟型 JK 触发器	119
4.2.4 时钟型 T 触发器	121
4.3 主从型触发器	122
4.3.1 时钟型触发器的空翻现象	122
4.3.2 主从型 RS 触发器	123
4.3.3 主从型 JK 触发器	124

4.4	边沿型触发器和维持—阻塞型触发器.....	126
4.4.1	边沿型触发器.....	126
4.4.2	维持—阻塞型触发器.....	127
4.5	常用集成触发器.....	129
4.5.1	7474 双 D 触发器芯片.....	129
4.5.2	74112 双 JK 触发器芯片.....	129
4.5.3	集成触发器的主要指标.....	130
4.6	本章小结.....	131
4.7	习题.....	131
第 5 章	时序逻辑电路.....	135
5.1	时序逻辑电路的分析.....	135
5.1.1	时序逻辑电路概述.....	135
5.1.2	时序逻辑电路的分析方法.....	136
5.1.3	时序逻辑电路分析举例.....	137
5.2	常见时序逻辑部件及应用.....	142
5.2.1	寄存器.....	142
5.2.2	计数器.....	146
5.3	同步时序逻辑电路设计.....	157
5.4	本章小结.....	163
5.5	习题.....	163
第 6 章	脉冲的产生和变换电路.....	167
6.1	概述.....	167
6.2	555 定时器电路.....	167
6.2.1	555 定时器电路组成和工作原理.....	167
6.3	单稳态触发器.....	169
6.3.1	由 555 定时器构成的单稳态触发器.....	169
6.3.2	单稳态触发器应用举例.....	171
6.4	施密特触发器.....	172
6.4.1	用 555 定时器构成的施密特触发器.....	172
6.4.2	施密特触发器应用举例.....	173
6.5	多谐振荡器.....	175
6.5.1	用 555 定时器构成的多谐振荡器.....	175
6.5.2	多谐振荡器应用举例.....	176

6.6	本章小结	177
6.7	习题	177
第 7 章	数/模与模/数转换	179
7.1	数/模转换器 (DAC)	179
7.1.1	DAC 概述	179
7.1.2	DAC 的电路形式及工作原理	179
7.1.3	集成 DAC	183
7.2	模/数转换器 (ADC)	184
7.2.1	ADC 概述	184
7.2.2	ADC 的电路形式及工作原理	185
7.2.3	集成 ADC	187
7.3	本章小结	189
7.4	习题	190
第 8 章	存储器与可编程逻辑器件	191
8.1	大规模和超大规模集成电路的特点和分类	191
8.1.1	大规模和超大规模集成电路的特点	191
8.1.2	大规模和超大规模集成电路的分类	192
8.2	存储器	193
8.2.1	存储器的分类	193
8.2.2	只读存储器	194
8.2.3	随机存取存储器	201
8.3	可编程逻辑器件	204
8.3.1	可编程逻辑阵列 (PLA) 的功能与应用	204
8.3.2	可编程阵列逻辑 (PAL) 的功能与应用	206
8.3.3	通用阵列逻辑 (GAL) 简介	208
8.3.4	现场可编程门阵列逻辑电路 (FPGA) 简介	209
8.3.5	标准单元逻辑电路 (SCL) 简介	209
8.4	本章小结	210
8.5	习题	210
第 9 章	实验与课程设计	213
9.1	电路实验要求	213

9.1.1	实验课的重要性	213
9.1.2	实验前的预习及预习报告	213
9.1.3	实验过程中应注意的问题	213
9.1.4	实验报告的书写要求	214
9.2	数字电路实验	214
9.2.1	实验 1 门电路	214
9.2.2	实验 2 组合逻辑设计	218
9.2.3	实验 3 触发器	220
9.2.4	实验 4 555 定时器及应用	224
9.3	课程设计	227
9.3.1	交通信号灯控制器	227
9.3.2	脉搏计设计	229
附录		237
附录 A	常用逻辑符号对照表	237
附录 B	半导体集成电路的型号命名法	238
附录 C	数字集成电路功能端符号	239
附录 D	集成电路主要性能参数	242

第 1 章 数字逻辑电路基础

本章主要介绍数字逻辑电路的基本概念、基础知识、逻辑代数基础知识及化简方法。主要内容有数字信号和数字电路的概念、特点等；计算机中常用的数制和码制及其转换；逻辑运算；逻辑代数重要定律和规则；逻辑函数的代数化简法和卡诺图化简法。

1.1 数字电路的概述

1.1.1 数字信号和数字电路

电子技术中的工作信号可以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是连续变化的信号，如电视的图像信号和伴音信号、生产过程中由传感器检测的由某种物理量（如温度、压力）转化成电信号等。传输、处理模拟信号的电路称为模拟电路。数字信号是指时间和数值上都是断续变化的离散信号，它们的变化发生在离散的瞬间，如电子表的秒信号、由计算机键盘输入到计算机的信号等。它们的值也仅在有限个量化值间阶跃变化。数字电路就是传送、处理这些数字信号的。这类信号在两种稳定状态（如电位的高、低或脉冲的有、无）之间作阶跃式变化，可以分别表示“0”和“1”两种信号，如脉冲就是其典型的信号。

什么是脉冲？所谓脉冲就是短时间内出现的电压或电流。或者说间断性的电压或电流叫做脉冲电压或脉冲电流。很明显，前面提及的模拟信号——直流和正弦交流信号不是脉冲信号。广义地讲，按非正弦规律变化的电压或电流称为脉冲电压或电流。

数字信号是脉冲信号。正因为如此，有时候把数字电路也叫做脉冲电路。但一般情况下，脉冲电路着重研究脉冲信号的产生、变换、放大、测量等。数字电路着重研究构成数字电路各单元之间的逻辑关系。

脉冲参数：为了表征脉冲信号的特性，常用一些参数来描述。现在以矩形脉冲电压为例介绍脉冲参数。矩形脉冲电压参数如图 1-1 所示。

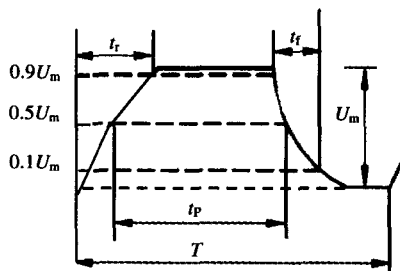
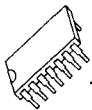


图 1-1 矩形脉冲电压参数

图中，脉冲幅度 U_m ——脉冲电压变化的最大值；



脉冲宽度 t_p ——脉冲前沿 $0.5 U_m$ 至脉冲后沿 $0.5 U_m$ 的一段时间，又称脉冲持续的时间；

脉冲周期 T ——周期性脉冲信号前后两次出现的时间间隔；

重复频率 $f (1/T)$ ——单位时间内脉冲重复的次数；

上升时间 t_r ——由 $0.1 U_m$ 上升到 $0.9 U_m$ 所需要的时间；

下降时间 t_f ——由 $0.9 U_m$ 下降到 $0.1 U_m$ 所需要的时间。

1.1.2 数字电路的特点与分类

数字电路的工作信号一般都是数字信号。在电路中，它往往表现为突变的电压或电流，并且只有两个可能的状态。所以，数字电路中的半导体器件应工作在开关状态。利用器件导通和截止这两种不同的工作状态，代表不同的数字信息，完成信号的传输、传递和处理任务。

通常用 0 和 1 表示数字信号最为简单，常用的数字信号是用电压的高、低，脉冲的有、无，分别代表两个离散数值 1 和 0。所以，数字电路在结构、工作状态、研究内容和分析方法等方面都与模拟电路不同，它具有以下特点。

(1) 数字电路在稳态时，半导体器件（如三极管）处于开关状态，即工作在饱和区和截止区。这和二进制信号的要求是相对应的，因为饱和截止两种状态的外部表现为电流的有、无，电压的高、低，这种有和无、高和低相对应的两种状态，分别用 1 和 0 两个数码来表示。

(2) 数字电路的基本单元电路比较简单，对元器件的精度要求不高，允许有较大的误差。因为数字信号的 1 和 0 没有任何数量的含义，而只是状态的含义，所以电路工作时只要能可靠地区分 1 和 0 两种状态就可以了。因此，数字电路便于集成化、系列化生产。它具有使用方便、可靠性高、价格低廉等优点。

(3) 在数字电路中，重点研究的是输入信号和输出信号之间的逻辑关系，以反映电路的逻辑功能。数字电路研究可以分为两种：一种是对已有电路分析其逻辑功能叫做逻辑分析；另一种是按逻辑功能要求设计出满足逻辑功能的电路，称为逻辑设计。

(4) 数字电路的工作状态、研究内容与模拟电路不同，所以分析方法也不相同。在数字电路中，常常是使用真值表、逻辑表达式、波形图、卡诺图、特性方程、状态方程、状态转换表、时序图以及状态转换图等表示电路功能。

(5) 数字电路能够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、智能仪表以及计算机中得到广泛应用。

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，集成度为大于 1000 门/片）。

按电路所用元器件的不同，数字电路可分为双极型电路和单极型电路。其中，双极型电路又有 TTL、DTL、ECL、IIL、HTL 等多种，单极型电路有 JFET、NMOS、PMOS、CMOS 等 4 种。

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

1.2 数制和码制

在上一节介绍了数字信号的两种取值, 实际生活中的数字表示大多采用进位计数制。

1.2.1 进位计数制与常用计数制

用数字量表示物理量小时, 仅用一位数码往往不够用, 经常需要用进位计数制的方法组成多位数码使用。我们把多位数码中每一位的构成方法以及从低位到高位进位的规则称为计数制。在生产实践中除人们最熟悉的十进制以外, 还大量使用各种不同的进位计数制。如八进制、十六进制等。在数字设备中, 机器只认识二进制代码, 由于二进制代码书写长, 所以在数字设备中又常采用八进制代码或十六进制代码。

无论使用哪种进位计数制, 数值的表示都包含两个基本要素: 基数和位权。

一种进位计数制允许使用的基本数字符号的个数称为这种进位计数制的基数。一般而言, J 进制数的基数为 J , 可供使用的基本数字符号有 J 个, 它们分别是 $0 \sim (J-1)$, 每个数位计满 J 就向其高位进 1, 即“逢 J 进 1”。

进位计数制中每位数字符号所表示的数值, 等于该数字符号值乘以一个与数字符号所处位置有关的常数, 这个常数就称为位权, 简称权。位权的大小是以基数为底、数字符号所处位置的序号为指数的整数次幂。各数字符号所处位置的序号计法为: 以小数点为基准, 整数部分自右向左依次为 $0, 1, 2, \dots$, 小数部分自左向右依次为 $-1, -2, \dots$ 。

任何进制数的值都可以表示为该进制数中各位数字符号值与相应权乘积的累加和形式, 该形式称为按权展开的多项式之和。一个 J 进制数 $(N)_J$ 按权展开的多项式的普遍形式表示为:

$$(N)_J = \sum_{i=n-1}^m K_i \cdot J^i$$

式中, K_i 是为任意进制数中第 i 位的系数, 可以为 $0 \sim (J-1)$ 数码中的任何一个; i 是数字符号所处位置的序号; m 和 n 为整数, m 为小数部分位数 (取负整数), n 为整数部分位数 (取正整数); J 为进位基数, J^i 为第 i 位的权值。例如: 十进制数 $(123.75)_{10}$ 表示为:

$$(123.75)_{10} = \sum_{i=2}^{-2} K_i \times 10^i = 1 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 3 \times 10^0 + 7 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2}$$

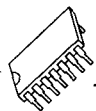
1. 十进制 (Decimal)

十进制是日常生活中最常使用的进位计数制。在十进制数中, 每一位有 $0 \sim 9$ 十个数码, 所以计数的基数是 10。超过 9 的数必须用多位数表示, 其中低位和相邻高位之间的关系是

“逢十进一”, 故称为十进制。根据式 $(N)_J = \sum_{i=n-1}^m K_i \cdot J^i$ 任何一个十进制数均可展开并计

算其数值的大小。例如:





$$\begin{aligned}(4567.8)_{10} &= \sum_{i=2}^1 K_i \times 10^i = 4 \times 10^3 + 5 \times 10^2 + 6 \times 10^1 + 7 \times 10^0 + 8 \times 10^{-1} \\ &= 4000 + 500 + 60 + 7 + 0.8\end{aligned}$$

2. 二进制 (Binary)

目前在数字电路中应用最多的是二进制。在二进制数中每一位数有 0 和 1 两个可能, 所以计数基数为 2。低位和相邻高位间的进位关系是“逢二进一”, 故称为二进制。例如:

$$\begin{aligned}(101.11)_2 &= \sum_{i=2}^2 K_i \times 2^i = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} \\ &= (5.75)_{10}\end{aligned}$$

上式中使用下脚注的 2 和 10 表示括号里的数是二进制数和十进制数, 有时也用 B (Binary) 和 D (Decimal) 代替 2 和 10 这两个脚注。

计算机内部采用二进制表示, 具有以下优点:

(1) 技术容易实现

因为组成计算机的电子器件本身具有可靠稳定的“开”和“关”两种状态, 用于表示二进制数位上的 0、1 时, 易于存放、传送和处理。

(2) 运算规则简单

两个一位二进制数的和、积运算组合各仅有 3 种: $0+0=0$ 、 $0+1=1+0=1$ 、 $1+1=0$ (向高位进 1) 及 $0 \cdot 0=0$ 、 $0 \cdot 1=1 \cdot 0=0$ 、 $1 \cdot 1=1$ 。而两个一位十进制数和、积运算组合各有 55 种之多。二进制数运算规则简单, 有利于简化计算机内部结构、提高运算速度。

(3) 与逻辑量吻合

逻辑量 1、0 表示一个事物的正、反两个方面, 如是/非、真/假、对/错等。虽然逻辑量并不具有数值概念, 但形式上正好与二进制代码相吻合, 为计算机进行逻辑运算提供了条件。

3. 十六进制 (Hexadecimal)

十六进制数的每一位有十六个不同的数码, 分别用 0~9、A (10)、B (11)、C (12)、D (13)、E (14)、F (15) 表示。根据式

$$(N)_J = \sum_{i=n-1}^m K_i \cdot J^i$$

任意一个十六进制数可展开并计算其大小。例如:

$$\begin{aligned}(2A.7F)_{16} &= \sum_{i=1}^2 K_i \times 16^i = 2 \times 16^1 + 10 \times 16^0 + 7 \times 16^{-1} + 15 \times 16^{-2} \\ &= 32 + 10 + 0.4375 + 0.0535937 \\ &= (42.4960937)_{10}\end{aligned}$$

式中的下脚注 16 表示括号里的数是十六进制数, 有时也用 H (Hexadecimal) 代替这个脚注。

另外, 以前也常用八进制 (Octadic) 作为计算机应用中数据的书写形式。八进制数与二进制数也有简单的对应关系。

表 1-1 给出了 J 进制数 ($K_2 K_1 K_0 K_{-1}$) _{J} , 当 J 分别为 2、8、10、16 时的各位权值对照。



表 1-1 各种进位制位权值对照

	K_2	K_1	K_0	小数点	K_{-1}
$J=2$	$2^2=4$	$2^1=2$	$2^0=1$	.	$2^{-1}=0.5$
$J=8$	$8^2=64$	$8^1=8$	$8^0=1$	.	$8^{-1}=0.125$
$J=10$	$10^2=100$	$10^1=10$	$10^0=1$	.	$10^{-1}=0.1$
$J=16$	$16^2=256$	$16^1=16$	$16^0=1$	.	$16^{-1}=0.06255$

1.2.2 数制转换

1. 非十进制数转换成十进制数

如前所述，任何进制数只要求得其按权展开的多项式之和，该和值便是对应的十进制数。非十进制数只要利用它们按权展开的多项式，再逐项相加，所得的值便是对应的十进制数。

[例 1.1] 求二进制数 $(1011.011)_2$ 所对应的十进制数。

解：把二进制数 $(1011.011)_2$ 按权展开得

$$\begin{aligned}(1011.011)_2 &= 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} \\ &= 8 + 2 + 1 + 0.25 + 0.125 \\ &= (11.375)_{10}\end{aligned}$$

[例 1.2] 求八进制数 $(153.07)_8$ 所应的十进制数。

解：把八进制数 $(153.07)_8$ 按权展开得

$$\begin{aligned}(153.07)_8 &= 1 \times 8^2 + 5 \times 8^1 + 3 \times 8^0 + 0 \times 8^{-1} + 7 \times 8^{-2} \\ &= 64 + 40 + 3 + 0.109 \\ &= (107.109)_{10}\end{aligned}$$

[例 1.3] 求十六进制数 $(E93.A)_{16}$ 所对应的十进制数。

解：把十六进制数 $(E93.A)_{16}$ 按权展开得

$$\begin{aligned}(E93.A)_{16} &= 14 \times 16^2 + 9 \times 16^1 + 3 \times 16^0 + 10 \times 16^{-1} \\ &= 3584 + 144 + 3 + 0.625 \\ &= (3731.625)_{10}\end{aligned}$$

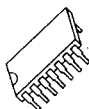
2. 十进制数转换成其他进制数

十进制数转换成其他进制数，相对非十进制数转换成十进制数来要复杂一点，其中，十进制数的整数部分和小数部分要用不同的方法加以处理。

整数转换，采用基数除法，即将待转换的十进制数除以新进位制的基数，取其余数，其步骤如下。

(1) 将待转换的十进制数除以新进位制的基数 R ，使其余数作为新进位制数的最低位；

(2) 将步骤 (1) 所得之商再除以新进位制基数 R ，记下余数，作为新进位制数的次低位；



(3) 重复步骤(2), 将每次所得之商除以新进位制基数, 记下余数, 得到新进位制数相应的各位, 直到最后相除之商为 0, 这时的余数即为新进位制数的最高位。

[例 1.4] 求十进制数 $(26)_{10}$ 所对应的二进制数。

解:

	余数	二进制位数
$2 \overline{) 26}$	0	K_0 (最低位)
$2 \overline{) 13}$	1	K_1
$2 \overline{) 6}$	0	K_2
$2 \overline{) 3}$	1	K_3
$2 \overline{) 1}$	1	K_4 (最高位)
0		

因此 $(26)_{10}=(11010)_2$

[例 1.5] 求十进制数 $(357)_{10}$ 所对应的八进制数。

解:

	余数	八进制位数
$8 \overline{) 357}$	5	K_0 (低位)
$8 \overline{) 44}$	4	K_1
$8 \overline{) 5}$	5	K_2 (高位)
0		

因此 $(357)_{10}=(545)_8$

[例 1.6] 求十进制数 $(367)_{10}$ 所对应的十六进制数。

解:

	余数	十六进制位数
$16 \overline{) 367}$	15=F	K_0 (低位)
$16 \overline{) 22}$	6	K_1
$16 \overline{) 1}$	1	K_2 (高位)
0		

因此 $(367)_{10}=(16F)_{16}$

纯小数部分的转换, 采用基数乘法, 即将待转换的十进制的纯小数, 逐次乘以新进位制基数 R , 取乘积的整数部分作为新进位制纯小数的有效数字。

(1) 待转换的十进制纯小数乘以新进位制基数 R , 取其积的整数部分作为新进位制纯小数的最高位 K_{-1} ;

(2) 将前步(1)所得小数部分再乘以新进位制基数 R , 取其积的整数部分作为新进位制纯小数的次高位 K_{-2} ;

(3) 重复前一步, 直到小数部分变成 0 时, 转换结束。或者小数部分虽未变成 0, 但新进位制纯小数的位数已达到预定的要求(如位数的要求或者精度的要求)为止, 最后一位积的整数部分作为新进位制小数最低位的系数 K_{-m} 。积的整数部分序列 $K_{-1} K_{-2} \cdots K_{-m+1} K_{-m}$ 便构成了对应的新进位制数。

[例 1.7] 求十进制数 $(0.875)_{10}$ 所对应的二进制数

解:	0.875	积的整数部分	二进制位数
$\times 2$	1.75	1	K_{-1}
	0.75		
$\times 2$	1.5	1	K_{-2}
	0.5		
$\times 2$	1.0	1	K_{-3}

因此 $(0.875)_{10}=(0.111)_2$

如果是一个有整数又有小数的数，则整数小数应分开转换，再相加得转换结果。

[例 1.8] 求十进制数 $(52.375)_{10}$ 所对应的二进制数。

解：整数为 52 按整数转换方法——基数除法得

$$(52)_{10}=(110100)_2$$

小数为 $(0.375)_{10}$ 按基数乘法转换得

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

因此 $(52.375)_{10}=(110100.011)_2$

至于十进制数转换为八进制数、十六进制数，读者可根据上述方法自己练习。

3. 二进制与八进制、十六进制的相互转换

由于二进制与八进制和十六进制之间正好满足 2^3 和 2^4 关系，因此它们之间的转换十分方便。

二进制转换为八进制、十六进制分整数和小数两个部分进行。以小数点为界，整数部分向左、小数部分向右每三位或每四位一组，若遇到最高或最低位一组不足位，则在有效位两边补 0，然后按每组二进制数转换为八进制数和十六进制数。

[例 1.9] 求二进制数 $(1110110101.01101)_2$ 所对应的八进制数和十六进制数。

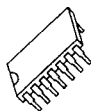
解:	<u>001</u>	<u>110</u>	<u>110</u>	<u>101</u>	.	<u>011</u>	<u>010</u>
	↓	↓	↓	↓		↓	↓
	1	6	6	5	.	3	2
	<u>0011</u>	<u>1011</u>	<u>0101</u>		.	<u>0110</u>	<u>1000</u>
	↓	↓	↓			↓	↓
	3	B	5		.	6	8

因此 $(1110110101.01101)_2=(1665.32)_8$

$(1110110101.01101)_2=(3B5.68)_{16}$

八进制数、十六进制数转换为二进制数是上述过程的逆过程，分别将每位八进制数或十六进制数用二进制代码写出来，然后写成相应的二进制数。





[例 1.10] 分别求八进制数 $(563.4)_8$ 和十六进制数 $(563.4)_{16}$ 所对应的二进制数。

解: $(563.4)_8=(101, 110, 011.100)_2$

$(5E3.4)_{16}=(0101, 1110, 0011.0100)_2$

当要将八进制数和十六进制数相互转换时, 借二进制数作为过渡, 用十六进制数转换为二进制数, 再转换为八进制数(或相反)的转换方法来实现。

1.2.3 码制和常用代码

在数字设备中, 任何数据和信息都是用代码来表示的。在二进制数中只有两个符号 0 和 1, 如有 n 位二进制数, 它有 2^n 种不同的组合, 即可以代表 2^n 种不同的信息。指定某一组合去代表某个给定的信息, 这一过程就是编码, 将表示给定信息的这组符号叫做码或代码。实际上, 前面讨论数制时, 我们用一组符号来表示数, 这就是编码过程。由于指定可以是任意的, 故存在多种多样的编码方案。本节介绍几种常用的编码。

1. 二—十进制码 (BCD 码)

由于二进制计数容易实现, 所以数字设备中广泛采用二进制。但是, 人们对十进制熟悉, 对二进制不习惯, 兼顾两者, 我们用一组二进制数符来表示十进制数, 这就是用二进制码表示的十进制数, 简称BCD码 (Binary Coded Decimals)。一位十进制数有0~9共10个数符, 必须用四位二进制数来表示, 而四位二进制数有16种组态, 指定其中的任意10个组态来表示十进制的10个数, 其编码方案有很多, 但较常用的只有有权BCD码和无权BCD码。

在有权 BCD 码中, 每一个十进制数符均用一个四位二进制码来表示, 这四位二进制码中的每一位均有固定的权值。常见的 BCD 码如表 1-2 所示。

表 1-2 常见的 BCD 码

十进制数	8421	5421	2421	631-1	余 3 码	7321
0	0000	0000	0000	0000	0011	0000
1	0001	0001	0001	0010	0100	0001
2	0010	0010	1000	0101	0101	0010
3	0011	0011	1001	0100	0110	0011
4	0100	0100	1010	0110	0111	0101
5	0101	1000	1011	1001	1000	0110
6	0110	1001	1100	1000	1001	0111
7	0111	1010	1101	1010	1010	1000
8	1000	1011	1110	1101	1011	1001
9	1001	1100	1111	1100	1100	1010

表中所列权值就是该编码方式相应各位的权, 如 8421BCD 码, 各位权值为 8、4、2、1。如代码为 1001, 其十进制数值为 $8+1=9$ 。而同一代码 1001, 对应其他代码所表示的数就不同了, 如 5421 码为 6; 2421 码为 3; 631-1 码为 5; 余 3 码为 6; 7321 码则是 8。