

高等职业教育“十二五”规划教材

数字电子技术及应用

主 编 张仁霖

副主编 江 力 张留忠

盖晓晶 倪炳巍

主 审 蔡 骏



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

高等职业教育“十二五”规划教材

内容简介

本书共分10章，主要介绍数字电子技术的基本概念、基本逻辑运算、组合逻辑电路、时序逻辑电路、可编程逻辑器件、数字信号处理、数字通信、数字图像处理、数字视频技术等。本书可作为高等职业院校电子类及相关专业教材，也可供从事电子技术工作的工程技术人员参考。

数字电子技术及应用



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

内容简介

本书系统地介绍了数字电子技术及其应用。全书共 12 章,内容包括逻辑代数基础、集成逻辑门电路、组合逻辑电路的分析和设计、常用组合逻辑器件及其应用、触发器及其应用、时序逻辑电路的分析和设计、常用时序逻辑器件及其应用、脉冲波形的产生与变换电路、D/A 转换电路、A/D 转换电路、可编程逻辑器件、Multisim2001 电路设计仿真入门与仿真应用。书中通过适量的项目设计实例,加深了读者对基本概念和基本电路工作原理的理解。书中提供了一些常用的数字集成电路型号及功能,以供参考。

本书知识结构合理,适应面广,实用性强,可作为高等职业院校电子与信息类专业及其相近专业的专业理论课教材,还可作为相关工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术及应用/张仁霖主编. —西安:西安交通大学出版社, 2010. 8
ISBN 978-7-5605-3576-0

I. ①数… II. ①张 III. ①数字电路-电子技术-高等学校-教材 IV. ①TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 099863 号

书 名 数字电子技术及应用
主 编 张仁霖
责任编辑 张 梁 曹 昉

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)
网 址 <http://www.xjtupress.com>
电 话 (029)82668357 82667874(发行中心)
(029)82668315 82669096(总编办)
传 真 (029)82668280
印 刷 陕西丰源印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 18 字数 429 千字
版次印次 2010 年 8 月第 1 版 2010 年 8 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5605-3576-0/TN·124
定 价 30.00 元

读者购书、书店添货,如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。
订购热线:(029)82665248 (029)82665249
投稿热线:(029)82664954
读者信箱:jdjgy@yahoo.cn

版权所有 侵权必究

前 言

本教材是根据教育部高等职业院校教育的指导思想以及信息化时代对数字技术高等应用型人才的需求,并遵循教材改革的需要而编写的。本教材在编写过程中把理论教学与实践教学融为一体,注重数字电子技术在实际中的应用,充分体现了教、学、做相结合的教学模式。

在编写本教材的过程中力求体现最新的教学思想和观念,在保证基本概念、基本原理、基本分析和设计的前提下,尽可能简化集成电路的内容、结构和工作原理的讲解,着重强调电路的外部特性、逻辑功能及其应用,突出新器件、新知识、新工艺在数字电子技术方面的应用;同时,将数字电路仿真软件 Multisim2001 融入理论教学,讲解相关理论知识的仿真测试方法。本书适合教、学、做的教学方法,全书共安排了 14 个项目设计实例,保证理论教学和实践教学同步进行,加强理论教学与实践教学的联系,培养学生解决实际问题的能力。为了保证教材的通用性,书中的项目设计实例及实验仿真在一般院校均有条件完成。

全书共分 12 章,主要内容包括:逻辑代数基础、集成逻辑门电路、组合逻辑电路的分析和设计、常用组合逻辑器件及其应用、触发器及其应用、时序逻辑电路的分析和设计、常用时序逻辑器件及其应用、脉冲波形的产生与变换电路、D/A 转换电路、A/D 转换电路、可编程逻辑器件、Multisim2001 电路设计仿真入门与仿真应用。

本教材由张仁霖(安徽电子信息职业技术学院)任主编,负责全书的统稿工作,并编写了第 1~4 章;袁媛(安徽电子信息职业技术学院)编写了第 5 章;江力(安徽电子信息职业技术学院)编写了第 6、7 章;倪炳巍(吉林交通职业技术学院)编写了第 8 章;盖晓晶(吉林省经济管理干部学院)编写了第 9 章;陈晓蕾(松原职业技术学院)编写了第 10 章;张留忠(安徽电子信息职业技术学院)编写了第 11、12 章和附录。全书由蔡骏(安徽电子信息职业技术学院)主审。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 逻辑代数基础	(1)
1.1 数制和码制	(1)
1.1.1 数制	(1)
1.1.2 不同数制间的相互转换	(3)
1.1.3 码制	(4)
1.2 逻辑代数的基本概念、公式和定理.....	(6)
1.2.1 三种基本逻辑关系	(6)
1.2.2 逻辑代数的基本公式	(8)
1.2.3 逻辑代数的基本定律	(8)
1.2.4 逻辑代数的基本运算规则	(9)
1.3 逻辑函数表示方法及其相互转换.....	(10)
1.3.1 逻辑函数表示方法.....	(10)
1.3.2 逻辑函数表示方法的相互转换.....	(11)
1.4 逻辑函数的化简.....	(12)
1.4.1 逻辑函数化简的意义及其最简形式.....	(12)
1.4.2 逻辑函数的公式化简法.....	(13)
1.4.3 逻辑函数的卡诺图化简法.....	(14)
1.4.4 具有约束项的逻辑函数的化简.....	(18)
本章小结	(19)
习题	(19)
第 2 章 集成逻辑门电路	(22)
2.1 TTL 集成门电路	(22)
2.1.1 分立元件门电路.....	(22)
2.1.2 TTL 集成门电路	(25)
2.1.3 常用 TTL 门电路芯片	(30)
2.1.4 其他类型的 TTL 门电路	(32)
2.2 CMOS 集成门电路	(34)
2.2.1 CMOS 门电路	(35)
2.2.2 常用 CMOS 门电路简介	(38)
2.3 集成逻辑电路的接口电路.....	(39)

本章小结	(41)
习题	(41)
第 3 章 组合逻辑电路的分析与设计	(44)
3.1 组合逻辑电路概述	(44)
3.2 组合逻辑电路的分析	(44)
3.2.1 组合逻辑电路的分析步骤	(44)
3.2.2 组合逻辑电路的分析举例	(45)
3.3 组合逻辑电路的设计	(46)
3.3.1 组合逻辑电路的设计步骤	(46)
3.3.2 组合逻辑电路的设计举例	(46)
3.4 组合逻辑电路中的竞争冒险	(50)
3.4.1 产生竞争冒险的原因	(50)
3.4.2 竞争与冒险的识别	(50)
3.4.3 消除竞争冒险的方法	(51)
3.5 项目设计实例	(53)
3.5.1 实例 1——简易密码锁电路的设计	(53)
3.5.2 实例 2——数字逻辑信号测试笔的设计	(53)
本章小结	(54)
习题	(55)
第 4 章 常用组合逻辑器件及其应用	(59)
4.1 编码器	(59)
4.1.1 二进制优先编码器	(59)
4.1.2 二-十进制优先编码器	(61)
4.1.3 字符编码器	(63)
4.1.4 编码器的应用	(63)
4.2 译码器	(64)
4.2.1 二进制译码器	(65)
4.2.2 二-十进制译码器	(66)
4.2.3 显示译码器	(67)
4.2.4 译码器的应用	(70)
4.3 数据选择器	(72)
4.3.1 集成双 4 选 1 数据选择器	(72)
4.3.2 集成 8 选 1 数据选择器	(73)
4.3.3 数据选择器的应用	(74)
4.4 数据分配器	(76)
4.4.1 集成 1 路-4 路数据分配器	(77)
4.4.2 集成 1 路-8 路数据分配器	(77)

4.4.3	数据分配器的应用	(78)
4.5	数值比较器	(78)
4.5.1	1位数值比较器	(78)
4.5.2	集成多位数值比较器	(79)
4.5.3	数值比较器的应用	(80)
4.6	加法器	(81)
4.6.1	半加器	(81)
4.6.2	全加器	(81)
4.6.3	多位加法和集成加法器	(83)
4.6.4	加法器的应用	(84)
4.7	项目设计实例	(85)
4.7.1	实例3——数码显示电路的设计	(85)
4.7.2	实例4——LED滚环追逐电路的设计	(86)
	本章小结	(88)
	习题	(88)
第5章	触发器及其应用	(89)
5.1	基本RS触发器	(89)
5.1.1	基本RS触发器的组成	(89)
5.1.2	基本RS触发器工作过程	(90)
5.1.3	基本RS触发器的功能描述方法	(90)
5.1.4	基本RS触发器的应用	(91)
5.2	同步RS触发器	(92)
5.2.1	同步RS触发器的结构	(92)
5.2.2	同步RS触发器工作过程	(93)
5.2.3	同步RS触发器的功能描述方法	(93)
5.3	主从触发器	(94)
5.3.1	主从RS触发器	(95)
5.3.2	主从JK触发器	(96)
5.4	边沿触发器	(98)
5.4.1	边沿型JK触发器	(98)
5.4.2	维持阻塞D触发器	(99)
5.4.3	其他类型触发器	(101)
5.5	不同类型触发器间的转换	(102)
5.5.1	不同类型触发器转换的方法	(102)
5.5.2	JK触发器转换成D触发器、T触发器和T'触发器	(102)
5.5.3	D触发器转换成JK触发器、T触发器和T'触发器	(103)
5.6	项目设计实例	(105)
5.6.1	实例5——电子密码锁电路的设计	(105)

5.6.2 实例6——八路智力竞赛抢答器	(107)
本章小结	(112)
习题	(112)
第6章 时序逻辑电路的分析与设计	(116)
6.1 概述	(116)
6.2 时序逻辑电路的分析	(117)
6.2.1 时序逻辑电路分析方法	(117)
6.2.2 同步时序逻辑电路分析举例	(118)
6.2.3 异步时序逻辑电路分析举例	(121)
6.3 时序逻辑电路的设计	(122)
6.3.1 时序逻辑电路设计方法	(122)
6.3.2 同步时序逻辑电路设计举例	(123)
6.4 项目设计实例	(125)
6.4.1 实例7——计数器显示电路的设计	(125)
6.4.2 实例8——汽车尾灯控制电路的设计	(126)
本章小结	(130)
习题	(130)
第7章 常用时序逻辑器件及其应用	(133)
7.1 计数器	(133)
7.1.1 同步集成计数器	(133)
7.1.2 异步集成计数器	(141)
7.1.3 集成计数器构成 N 进制计数器的方法	(146)
7.2 寄存器	(150)
7.2.1 基本寄存器	(151)
7.2.2 集成移位寄存器	(152)
7.2.3 集成移位寄存器的应用	(155)
7.3 顺序脉冲发生器	(157)
7.4 项目设计实例	(159)
7.4.1 实例9——八路彩灯循环控制电路	(159)
7.4.2 实例10——数字显示秒表电路的设计	(160)
本章小结	(164)
习题	(164)
第8章 脉冲波形的产生与变换电路	(168)
8.1 概述	(168)
8.2 集成555定时器	(169)
8.2.1 集成555定时器的结构	(169)

8.2.2	集成 555 定时器的工作原理	(171)
8.3	单稳态触发器	(171)
8.3.1	用 555 定时器构成的单稳态触发器	(172)
8.3.2	单稳态触发器的应用	(173)
8.4	施密特触发器	(174)
8.4.1	用 555 定时器构成的施密特触发器	(174)
8.4.2	施密特触发器的应用	(175)
8.5	多谐振荡器	(176)
8.5.1	用 555 定时器构成的多谐振荡器	(176)
8.5.2	用 555 定时器构成占空比可调的多谐振荡器	(177)
8.5.3	多谐振荡器的应用	(178)
8.6	项目设计实例	(179)
8.6.1	实例 11——压控式报警器的设计	(179)
8.6.2	实例 12——篮球竞赛 30 秒定时电路的设计	(180)
	本章小结	(184)
	习题	(184)
第 9 章	数/模转换电路	(187)
9.1	数字/模拟转换器的基本原理	(187)
9.2	数字/模拟转换器的基本电路	(189)
9.2.1	T 型电阻网络 4 位 D/A 转换器	(189)
9.2.2	倒 T 型电阻网络 D/A 转换器	(190)
9.2.3	数字/模拟转换器中的电子开关	(191)
9.3	数字/模拟转换器的主要技术指标	(192)
9.4	常用集成数字/模拟转换器及其应用举例	(193)
9.4.1	集成 D/A 转换器 DAC0832	(193)
9.4.2	集成 D/A 转换器 DAC0832 的应用	(195)
9.5	项目设计实例	(195)
9.5.1	实例 13——加法计数器 D/A 转换显示电路的设计	(195)
	本章小结	(197)
	习题	(197)
第 10 章	模/数转换电路	(198)
10.1	模拟/数字转换器的基本原理	(198)
10.2	模拟/数字转换器的基本电路	(199)
10.2.1	并行比较型模拟/数字转换器	(199)
10.2.2	逐位逼近型模拟/数字转换器	(201)
10.2.3	双积分型模拟/数字转换器	(203)
10.3	模拟/数字转换器的主要技术指标	(205)

10.4 常用集成模拟/数字转换器及其应用举例	(206)
10.4.1 集成模拟/数字转换器 ADC0809	(206)
10.4.2 集成模拟/数字转换器 ADC0809 的应用	(208)
10.5 项目设计实例	(209)
10.5.1 实例 14——数字显示电压表的设计	(209)
本章小结	(213)
习题	(214)
第 11 章 可编程逻辑器件	(215)
11.1 概述	(215)
11.1.1 可编程逻辑器件的基本结构	(215)
11.1.2 可编程逻辑器件的发展	(215)
11.1.3 可编程逻辑器件的分类	(216)
11.1.4 可编程逻辑器件的表示方法	(217)
11.2 可编程逻辑阵列(PLA)	(218)
11.3 可编程阵列逻辑(PAL)	(219)
11.3.1 可编程阵列逻辑的基本组成	(219)
11.3.2 可编程阵列逻辑的输出电路结构	(220)
11.4 通用阵列逻辑(GAL)	(222)
11.4.1 通用阵列逻辑的基本结构	(223)
11.4.2 输出逻辑宏单元 OLMC 结构	(224)
11.5 CPLD、FPGA 可编程逻辑器件	(225)
11.5.1 CPLD 可编程逻辑器件	(225)
11.5.2 FPGA 现场可编程门阵列	(226)
11.6 可编程逻辑器件的开发技术	(229)
本章小结	(230)
习题	(230)
第 12 章 Multisim 2001 电路设计仿真入门与仿真应用	(231)
12.1 Multisim 2001 软件介绍	(231)
12.1.1 Multisim 2001 的操作界面	(231)
12.1.2 Multisim 2001 的基本使用方法	(235)
12.2 Multisim 2001 在数字电子技术实验中的应用	(243)
12.2.1 集成门电路参数测试	(243)
12.2.2 组合逻辑电路的分析与设计	(243)
12.2.3 静态冒险现象的分析与测试	(246)
12.2.4 常用组合逻辑器件功能测试及应用	(247)
12.2.5 集成触发器功能测试与应用	(254)
12.2.6 时序逻辑电路功能分析	(256)

12.2.7	常用时序逻辑器件功能测试及应用	(258)
12.2.8	集成 555 定时器的应用	(262)
12.2.9	模/数转换器和数/模转换器的应用	(266)
12.2.10	典型综合实训项目仿真	(267)
	本章小结	(270)
	习题	(271)
	附 录	(272)
	参考文献	(275)

第 1 章 逻辑代数基础

1.1 数制和码制

数字电路经常遇到计数问题,人们在日常生活中,习惯于用十进制,而在数字系统中,例如在计算机中,多采用二进制,有时也采用八进制或十六进制。

1.1.1 数制

数制全称计数体制,是用以表示数值大小的方法。人们是按照进位的方式来计数的,称为进位制,简称进制,根据需要可以有多种不同的进制。在讲述数制之前,必须先说明以下几个概念。

基数或基:在某种数制中,允许使用的数字符号的个数,称为这种数制的基数或基。

系数:任一种 N 进制中,第 i 位的数字符号 K_i ,称为第 i 位的系数。

权:任一种 N 进制中, N^i 称为第 i 位的权。

1. 十进制数

十进制是我们最熟悉的计数制,它用 $0\sim 9$ 十个数字符号,以一定的规律排列起来表示数值的大小。相邻位之间,低位逢十向高位进一,即为十进制。它的基数为 10,各位的系数 K_i 可以是 $0\sim 9$ 十个数字中的任意一个,各位的权为 10^i 。因而,任意一个十进制数 $[M]_{10}$ 可以表示为

$$[M]_{10} = K_{n-1} \times 10^{n-1} + K_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + K_1 \times 10^1 + K_0 \times 10^0 = \sum_{i=0}^{n-1} K_i \times 10^i$$

如, $[1898]_{10} = 1 \times 10^3 + 8 \times 10^2 + 9 \times 10^1 + 8 \times 10^0$ 。

2. 二进制数

二进制是数字电路中应用最广泛的计数制。因为在数字电路中通常只有高电平和低电平两个状态,这两个状态刚好可以分别用二进制数中的两个符号 1 和 0 来表示。它的运算规则简单,在电路中易于实现。在二进制中,相邻位之间,低位逢二向高位进一,即为二进制。它的基数为 2,各位的系数 K_i 可以是 0 或 1,各位的权为 2^i 。因而,任一个二进制数 $[M]_2$ 表示为

$$[M]_2 = K_{n-1} \times 2^{n-1} + K_{n-2} \times 2^{n-2} + \cdots + K_1 \times 2^1 + K_0 \times 2^0 = \sum_{i=0}^{n-1} K_i \times 2^i$$

如, $[101110]_2 = 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0$ 。

3. 八进制数

如果将一个十进制数变换为二进制数,不仅位数多,难以记忆,且不利于书写,易出错,而在数字系统中,常用与二进制有对应关系的八进制或十六进制。

在八进制中,各相邻位之间,低位逢八向高位进一。它的基数为 8,各位的权为 8^i ,各位的

系数 K_i 可以是 0~7 八个数字中任一个。因而,任一个八进制数 $[M]_8$ 可以表示为

$$[M]_8 = K_{n-1} \times 8^{n-1} + K_{n-2} \times 8^{n-2} + \dots + K_1 \times 8^1 + K_0 \times 8^0 = \sum_{i=0}^{n-1} K_i \times 8^i$$

如, $[268]_8 = 2 \times 8^2 + 6 \times 8^1 + 8 \times 8^0$ 。

4. 十六进制数

在十六进制数中,各相邻位之间,低位逢十六向高位进一。它的基数为 16,为了书写和计算方便,在十六进制数中,各位的系数 K_i 可以是 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F 十六个数字符号中任一个。各位的权为 16^i ,因而任一个十六进制数 $[M]_{16}$ 可以表示为

$$[M]_{16} = K_{n-1} \times 16^{n-1} + K_{n-2} \times 16^{n-2} + \dots + K_1 \times 16^1 + K_0 \times 16^0 = \sum_{i=0}^{n-1} K_i \times 16^i$$

如, $[90FE]_{16} = 9 \times 16^2 + 14 \times 16^1 + 15 \times 16^0$ 。

表 1-1 所示为几种常用进制及对应关系。

表 1-1 几种常用进制及对应关系

项 目	十进制	二进制	十六进制
数 符	0,1,2,3,4 5,6,7,8,9	0,1	0,1,2,3,4,5,6,7, 8,9,A,B,C,D,E,F
第 i 位的权	10^i	2^i	16^i
运算规则	逢 10 进 1,借 1 为 10	逢 2 进 1,借 1 为 2	逢 16 进 1,借 1 为 16
对应关系	0	0	0
	1	1	1
	2	10	2
	3	11	3
	4	100	4
	5	101	5
	6	110	6
	7	111	7
	8	1000	8
	9	1001	9
	10	1010	A
	11	1011	B
	12	1100	C
	13	1101	D
	14	1110	E
	15	1111	F
	16	10000	10

1.1.2 不同数制间的相互转换

1. 二进制数与八进制数之间的相互转换

3位二进制代码可以组合为0~7八个数字符号,所以用3位二进制数正好可以表达1位八进制数,因而二进制数转换为八进制数的方法为:以小数点为界,将二进制数的整数部分从低位开始,小数部分从高位开始,每3位一组,首尾不足3位的补零,然后将每组3位二进制数用1位八进制数表示。

【例1-1】 将二进制数 $(1111010010.01)_2$ 转换为八进制数。

解 $(001, 111, 010, 010, 010)_2 = (1722.2)_8$

↓	↓	↓	↓	↓
1	7	2	2.	2

将八进制数转换为二进制数的方法:与上面的转换相反,将1位八进制数用3位二进制数表示即可。

【例1-2】 将八进制数 $(6407.2)_8$ 转换为二进制数。

解 $(6\ 4\ 0\ 7.\ 2)_8 = (110\ 100\ 000\ 111.\ 010)_2$

↓	↓	↓	↓	↓
110100000111.010				

2. 二进制数与十六进制数间的转换

4位二进制数可以组合为0~15十六个数字符号,所以用4位二进制数正好可以表示1位十六进制数。二进制数转换为十六进制数方法:以小数点为界,将二进制数整数部分从低位开始,小数部分从高位开始,每4位一组,首尾不足4位的补零,然后将每组4位二进制数用1位十六进制数表示。

【例1-3】 将二进制数 $(10110100111100.01001)_2$ 转换为十六进制数。

解 $(0010, 1101, 0011, 1100, 0100, 1000)_2 = (2D3C.48)_{16}$

↓	↓	↓	↓	↓	↓
2	D	3	C.	4	8

十六进制转换为二进制数方法:与上面的转换方法相反,将1位十六进制数用4位二进制数表示即可。

【例1-4】 将十六进制数 $(4FB.CA)_{16}$ 转换为二进制数。

解 $(4\ F\ B.\ C\ A)_{16} = (010011111011.11001010)_2$

↓	↓	↓	↓	↓
0100 11111011. 1100 1010				

3. 十进制数转换为二进制数、八进制数、十六进制数

将十进制整数转换为其他进制数一般采用除基取余法。将十进制小数转换为其他进制数一般采用乘基取整法。具体方法是将十进制整数连续除以 N 进制的基数 N , 取得各次的余数, 将先得到的余数列在低位, 后得到的余数列在高位, 即得 N 进制的整数。再将十进制小数连续乘以 N 进制的基数 N , 求得各次乘积的整数部分, 将其转换为 N 进制的数字符号, 先得到的整数列在高位, 后得到的整数列在低位, 即得到 N 进制的小数。

【例 1-5】 将十进制数 $(342.6875)_{10}$ 分别转换为二进制数、八进制数、十六进制数。

解 整数部分 $(342)_{10} = (101010110)_2 = (526)_8 = (156)_{16}$ 。

$$\begin{array}{r}
 2 \overline{) 342} \\
 \underline{2 \ 171} \quad \dots 0 \\
 2 \overline{) 85} \quad \dots 1 \\
 \underline{2 \ 42} \quad \dots 1 \\
 2 \overline{) 21} \quad \dots 0 \\
 \underline{2 \ 10} \quad \dots 1 \\
 2 \overline{) 5} \quad \dots 0 \\
 \underline{2 \ 2} \quad \dots 1 \\
 2 \overline{) 1} \quad \dots 0 \\
 \underline{0} \quad \dots 1
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 8 \overline{) 342} \\
 \underline{8 \ 42} \quad \dots 6 \\
 8 \overline{) 5} \quad \dots 2 \\
 \underline{0} \quad \dots 5
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 16 \overline{) 342} \\
 \underline{16 \ 21} \quad \dots 6 \\
 16 \overline{) 1} \quad \dots 5 \\
 \underline{0} \quad \dots 1
 \end{array}$$

小数部分 $(0.6875)_{10} = (0.1011)_2 = (0.548)_8 = (0.B)_{16}$ 。

$$\begin{array}{r}
 0.6875 \\
 \times \quad 2 \\
 \hline
 1.3750 \quad \dots 1 \\
 0.3750 \\
 \times \quad 2 \\
 \hline
 0.7500 \quad \dots 0 \\
 \times \quad 2 \\
 \hline
 1.5000 \quad \dots 1 \\
 0.5000 \\
 \times \quad 2 \\
 \hline
 1.0000 \quad \dots 1
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 0.6875 \\
 \times \quad 8 \\
 \hline
 5.5000 \quad \dots 5 \\
 0.5000 \\
 \times \quad 8 \\
 \hline
 4.0000 \quad \dots 4
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 0.6875 \\
 \times \quad 16 \\
 \hline
 11.0000 \quad \dots 11 \\
 (11)_{10} = (B)_{16}
 \end{array}$$

所以, $(342.6875)_{10} = (101010110.1011)_2 = (526.54)_8 = (156.B)_{16}$ 。

4. 二进制数、八进制数、十六进制数转换为十进制数

二进制、八进制、十六进制按权展开, 求各位数值之和即可得到相应的十进制数。

【例 1-6】 分别将 $(1001111)_2$ 、 $(246)_8$ 、 $(8E)_{16}$ 转换为十进制数。

解 $(1001111)_2 = 1 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = (47)_{10}$

$(246)_8 = 2 \times 8^2 + 4 \times 8^1 + 6 \times 8^0 = (166)_{10}$

$(8E)_{16} = 8 \times 16^1 + 14 \times 16^0 = (144)_{10}$

1.1.3 码制

码制是指利用二进制代码表示数字或符号的编码规则。在数字系统中, 各种数据、信息、文档、符号等都必须转换成二进制字符来表示, 这个过程称为编码。这些特定的二进制数字符号称为二进制代码。用四位二进制代码表示一位十进制数的编码方法, 称为二-十进制代码, 或称 BCD 码。BCD 码有多种形式, 常用的有 8421 码、2421 码、5421 码、余 3 码, 如表 1-2 所示。

表 1-2 几种常用的 BCD 码

代码种类 十进制数	8421 码	2421(A)码	2421(B)码	5421 码	余 3 码
0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 1 1
1	0 0 0 1	0 0 0 1	0 0 0 1	0 0 0 1	0 1 0 0
2	0 0 1 0	0 0 1 0	0 0 1 0	0 0 1 0	0 1 0 1
3	0 0 1 1	0 0 1 1	0 0 1 1	0 0 1 1	0 1 1 0
4	0 1 0 0	0 1 0 0	0 1 0 0	0 1 0 0	0 1 1 1
5	0 1 0 1	0 1 0 1	1 0 1 1	1 0 0 0	1 0 0 0
6	0 1 1 0	0 1 1 0	1 1 0 0	1 0 0 1	1 0 0 1
7	0 1 1 1	0 1 1 1	1 1 0 1	1 0 1 0	1 0 1 0
8	1 0 0 0	1 1 1 0	1 1 1 0	1 0 1 1	1 0 1 1
9	1 0 0 1	1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 0 0	1 1 0 0
权	8 4 2 1	2 4 2 1	2 4 2 1	5 4 2 1	

1. 8421 码

8421 码是恒权代码,用 4 位二进制代码表示 1 位十进制数,从高位到低位各位的权分别为 8、4、2、1,即 2^3 、 2^2 、 2^1 、 2^0 。它们代表的值为 $M=K_3 \times 2^3 + K_2 \times 2^2 + K_1 \times 2^1 + K_0 \times 2^0$,与普通 4 位二进制数权值相同。但在 8421 码中只利用了 4 位二进制数 0000~1111 十六种组合的前十种,即 0000~1001,分别表示 0~9 十个数码,其余 6 种组合 1010~1111 是无效的。8421 码与十进制间直接按各位转换。

$$\begin{array}{ccc} (8 & 6)_{10} & = (10000110)_{\text{BCD}} \\ \downarrow & & \downarrow \\ & & 1000 \ 0110 \end{array}$$

2. 2421 码和 5421 码

2421 码和 5421 码也属于恒权码,也是用 4 位二进制数代表 1 位十进制数,从高位到低各位的权分别为 2、4、2、1 和 5、4、2、1。由表 1-3 可见,2421 码分为 A 码和 B 码,在 2421(B)码中 0 和 9、1 和 8、2 和 7、3 和 6、4 和 5 互为反码。

设各位系数为 K_3 、 K_2 、 K_1 、 K_0 ,则它们所代表的值分别为

$$(M)_{2421} = K_3 \times 2 + K_2 \times 4 + K_1 \times 2 + K_0 \times 1$$

$$(M)_{5421} = K_3 \times 5 + K_2 \times 4 + K_1 \times 2 + K_0 \times 1$$

3. 余 3 码

余 3 码是无权码,每位无固定权值。它也是用 4 位二进制数代表 1 位十进制数,但不能由各位二进制数的权求得代表的十进制数。它们组成的 4 位二进制数比它代表的十进制数多 3,它是将普通的 4 位二进制数的首尾 3 组去掉而得到(即 0000、0001、0010、1101、1110、1111),故称余 3 码。由表 1-3 可见,这种码的 0 和 9、1 和 8、2 和 7、3 和 6、4 和 5 也是互为反码。如: $(86.2)_{10} = (1011 \ 1001 \ .0101)_{\text{余 3 码}}$ 。

4. 格雷码

格雷码又称循环码,是无权码。它有多种编码形式,但有一个特点:相邻两个代码之间仅有一位不同,且以中间为对称的两个代码也有一位不同。当计数状态按格雷码递增或递减时,每次状态更新仅有一位代码变化,减少了出错的可能性。实际应用中很有意义。表 1-3 所示为 4 位循环码编码表。

表 1-3 4 位循环码编码表

十进制数	循环码	十进制数	循环码
0	0 0 0 0	8	1 1 0 0
1	0 0 0 1	9	1 1 0 1
2	0 0 1 1	10	1 1 1 1
3	0 0 1 0	11	1 1 1 0
4	0 1 1 0	12	1 0 1 0
5	0 1 1 1	13	1 0 1 1
6	0 1 0 1	14	1 0 0 1
7	0 1 0 0	15	1 0 0 0

1.2 逻辑代数的基本概念、公式和定理

1.2.1 三种基本逻辑关系

1. 基本概念

(1) 逻辑常量与变量:逻辑常量只有两个,即 0 和 1,用来表示两个对立的逻辑状态。逻辑变量与普通代数一样,也可以用字母、符号、数字及其组合来表示,但它们之间有着本质区别,因为逻辑变量的取值只有两个,即 0 和 1,而没有中间值。

(2) 逻辑运算:在逻辑代数中,有与、或、非三种基本逻辑运算。表示逻辑运算的方法有多种,如语句描述、逻辑代数式、真值表、卡诺图等。

(3) 逻辑函数:逻辑函数是由逻辑变量、常量通过运算符连接起来的代数式。同样,逻辑函数也可以用表格和图形的形式表示。

(4) 逻辑代数:逻辑代数是研究逻辑函数运算和化简的一种数学系统。逻辑函数的运算和化简是数字电路课程的基础,也是数字电路分析和设计的关键。

下面分别介绍三种基本的逻辑运算关系。

2. 与运算

与运算又叫逻辑乘,它所对应的逻辑关系为:只有当一件事情(图 1-1 中灯 Y 亮)的几个条件(开关 A 与 B 都接通)全部具备之后,这件事情才会发生,这种关系称为与运算。