



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
(五年制) 高等职业教育电子信息类教学用书

21世纪高职高专系列规划教材

数字电子技术

主 编 朱凤芝 裴咏枝

副主编 游志平 王继辉



北京师范大学出版社

教育部职业教育与成人教育司推荐教材
21世纪高职高专系列规划教材

数字电子技术

主 编 朱凤芝 裴咏枝

副主编 游志平 王继辉



北京师范大学出版社

内 容 简 介

本书是高职高专电子信息类专业基础课程。本书内容共分9章,第1章主要介绍了数字电路的基本内容;数制与码制及数制之间的相互转换,介绍了逻辑函数及化简方法;第2章主要介绍了基本门电路及复合门电路的组成方法及逻辑关系特征;第3章介绍了组合逻辑电路的分析方法、设计方法及典型组合逻辑电路的功能特点及应用;第4章介绍了集成触发器的逻辑功能及典型芯片;第5章主要介绍了时序逻辑电路的分析方法及寄存器、计数器等常用电路的功能特点及应用;第6章主要介绍只读存储器、随机存取存储器及可编程逻辑阵列的基本原理和应用;第7章主要介绍555定时器的功能特点和典型应用;第8章主要介绍模数转换的典型芯片0809和数模转换的典型芯片0832等。第9章介绍可编程逻辑器件及其应用。

本书可作为高职高专教材,亦可供有关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术/朱凤芝,裴咏枝编著. -北京:北京师范大学出版社,2005.8

(21世纪高职高专系列规划教材)

ISBN 7-303-07665-4

I. 数… II. ①朱…②裴… 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(2005)第 086355 号

北京师范大学出版社出版发行

(北京新街口外大街 19 号 邮政编码:100875)

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

出版人:赖德胜

唐山市润丰印务有限公司印装 全国新华书店经销

开本:185mm×260mm 印张:12 字数:268千字

2005年9月第1版 2005年9月第1次印刷

印数:1~3 000册 定价:17.00元

出版说明

随着我国经济建设的发展,社会对技术型应用人才的需求日趋紧迫,这也促进了我国职业教育的迅猛发展,我国职业教育已经进入了平稳、持续、有序的发展阶段。为了适应社会对技术型应用人才的需求和职业教育的发展,教育部对职业教育进行了卓有成效的改革,职业教育与成人教育司、高等教育司分别颁布了调整后的中等职业教育、高等职业教育专业设置目录,为职业学校专业设置提供了依据。教育部连同其他五部委共同确定数控技术应用、计算机应用与软件技术、汽车运用与维修、护理等四个专业领域为紧缺人才培养专业,选择了上千家高职、中职学校和企业作为示范培养单位,拨出专款进行扶持,力争培养一批具有较高实践能力的紧缺人才。

职业教育的快速发展,也为职业教材的出版发行迎来了新的春天和新的挑战。教材出版发行为职业教育的发展服务,必须体现新的理念、新的要求,进行必要的改革。为此,在教育部高等教育司、职业教育与成人教育司、北京师范大学等的大力支持下,北京师范大学出版社在全国范围内筹建了“全国职业教育教材改革与出版领导小组”,集全国各地上百位专家、教授于一体,对中等职业、高等职业文化基础课、专业基础课、专业课教材的改革与出版工作进行深入地研究与指导。2004年8月,“全国职业教育教材改革与出版领导小组”召开了“全国有特色高职教材改革研讨会”,来自全国20多个省、市、区的近百位高职院校的院校长、系主任、教研室主任和一线骨干教师参加了此次会议。围绕如何编写出版好适应新形势发展的高等职业教育教材,与会代表进行了热烈的研讨,为新一轮教材的出版献计献策。这次会议共组织高职教材50余种,包括文化基础课、电工电子、数控、计算机教材。其特点如下:

1. 紧紧围绕教育改革,适应新的教学要求。教育部等六部委联合发文确定紧缺型人才培养战略,并明确提出了高等职业教育将从3年制逐渐向2年制过渡。过渡时期具有新的教学要求,这批教材是在教育部的指导下,针对过渡时期教学的特点,以2年制为基础,兼顾3年制,以“实用、够用”为度,淡化理论,注重实践,消减过时、用不上的知识,内容体系更趋合理。

2. 教材配套齐全。将逐步完善各类专业课、专业基础课、文化基础课教

材,所出版的教材都配有电子教案,部分教材配有电子课件和实验、习题指导。

3.教材编写力求语言通俗简练,讲解深入浅出,使学生在理解的基础上学习,不囫圇吞枣,死记硬背。

4.教材配有大量的例题、习题、实训,通过例题讲解、习题练习、实验实训,加强学生对理论的理解以及动手能力的培养。

5.反映行业新的发展,教材编写注重吸收新知识、新技术、新工艺。

北京师范大学出版社是教育部职业教育教材出版基地之一,有着近20年的职业教育出版历史,具有丰富的编辑出版经验。这批高职教材是针对2/3年制编写的,同时也向教育部申报了“2004—2007年职业教育教材开发编写规划”,部分教材通过教育部审核,被列入职业教育与成人教育司5年制高职推荐教材。我们还将开发电子信息类的通信、机电、电气、计算机等其他专业,以及工商管理、财会等方面教材,希望广大师生积极选用。

教材建设是一项任重道远的工作,需要教师、专家、学校、出版社、教育行政部门的共同努力才能逐步获得发展。我们衷心希望更多的学校、更多的专家加入到我们的教材改革出版工作中来,北京师范大学出版社职业与成人教育事业部全体人员也将备加努力,为职业教育的改革与发展服务。

全国职业教育教材改革与出版领导小组

北京师范大学出版社

参加教材编写的单位名单

(排名不分先后)

沈阳工程学院
山东劳动职业技术学院
济宁职业技术学院
辽宁省交通高等专科学校
浙江机电职业技术学院
杭州职业技术学院
西安科技大学电子信息学院
西安科技大学机械学院
天津渤海职业技术学院
天津渤海集团公司教育中心
连云港职业技术学院
景德镇高等专科学校
徐州工业职业技术学院
广州大学科技贸易技术学院
江西信息应用职业技术学院
浙江商业职业技术学院
内蒙古电子信息职业技术学院
济源职业技术学院
河南科技学院
苏州经贸职业技术学院
浙江工商职业技术学院
温州大学
四川工商职业技术学院

常州轻工职业技术学院
河北工业职业技术学院
太原理工大学轻纺学院
浙江交通职业技术学院
保定职业技术学院
绵阳职业技术学院
北岳职业技术学院
天津职业大学
北京轻工职工职业技术学院
石家庄信息工程职业学院
襄樊职业技术学院
九江职业技术学院
青岛远洋船员学院
无锡科技职业学院
广东白云职业技术学院
三峡大学职业技术学院
西安欧亚学院实验中心
天津机电职业技术学院
漯河职业技术学院
济南市高级技工学校
沈阳职业技术学院
江西新余高等专科学校
赣南师范学院

前 言

本书从目前数字集成电路的最新发展和工程运用出发,以组合逻辑电路和时序逻辑电路为核心,以常用的 LSI、MSI 数字集成芯片为主线,介绍典型芯片的外部逻辑功能及主要应用。而对其内部电路不做具体的介绍,避免了繁琐的分析,删减了许多陈旧的内容,具有简单清晰的特点。本书内容在尽量减少理论分析的同时,突出实用技术,在重点章节均有大量的实例,体现以应用为主导的思想,从而培养学生的实践能力。本书内容“少而精”,是非常实用的数字电路基础教材。

本书内容共分 9 章,第 1 章主要介绍数字电路的基本内容、数制与码制及数制之间的相互转换、逻辑函数及化简方法;第 2 章主要介绍基本门电路及复合门电路的组成方法及逻辑关系特征;第 3 章介绍组合逻辑电路的分析方法、设计方法及典型组合逻辑电路的功能特点及应用;第 4 章介绍集成触发器的逻辑功能及典型芯片;第 5 章主要介绍时序逻辑电路的分析方法及寄存器、计数器等常用电路的功能特点及应用;第 6 章主要介绍只读存储器、随机存储器及可编程逻辑阵列的基本原理和应用;第 7 章主要介绍 555 定时器的功能特点和典型应用;第 8 章主要介绍模数转换的典型芯片 0809 和数模转换的典型芯片 0832 等;第 9 章主要介绍可编程逻辑器件及其应用。考虑到各学校的实验设施各不相同,本书中对数字电路的基本实验未做介绍。

本书的主编由天津渤海职业技术学院朱凤芝老师和连云港职业技术学院裴咏枝老师担任,统稿工作由朱凤芝老师完成,两位副主编分别是襄樊职业技术学院的游志平老师和沈阳职业技术学院的王继辉老师。本书的第 1 章由王继辉老师编写,第 2 章由游志平老师编写,第 3、4、5、7 章由朱凤芝老师编写,第 6、8 章由裴咏枝老师编写,第 9 章由天津大学李纲编写。

在本书编写的过程中,参考了大量的资料,在此表示衷心的感谢!

由于编者的水平有限,书中错误难免,欢迎读者批评指正。

目 录

第 1 章 数制与逻辑函数	1
1.1 数制和码制	1
1.1.1 数制	1
1.1.2 不同进制数之间的相互转换	3
1.2 编码	5
1.2.1 二十进制码(BCD 码)	5
1.2.2 格雷码	6
1.3 逻辑代数概述	7
1.3.1 基本概念	7
1.3.2 逻辑运算	7
1.4 逻辑代数运算的基本公式、定律和基本规则	11
1.4.1 基本公式	11
1.4.2 基本规则	12
1.4.3 几个常用公式	13
1.4.4 逻辑函数的基本表示方法	14
1.5 逻辑函数的化简	15
1.5.1 逻辑函数的公式化简法	15
1.5.2 逻辑函数的图形化简法	17
1.5.3 具有约束项的逻辑函数的化简	24
1.6 实践与应用——TTL 逻辑测试仪的安装与调试	25
本章小结	27

第 2 章 集成逻辑门	31
2.1 逻辑门电路概述	31
2.1.1 逻辑门电路基本概念	31
2.1.2 基本逻辑门	33
2.2 典型集成逻辑门	34
2.2.1 典型 TTL 集成逻辑门	34
2.2.2 典型 CMOS 集成逻辑门	37
2.2.3 复合门电路	38
2.3 集成逻辑门的主要性能指标	39
2.3.1 逻辑电平和抗干扰能力	39
2.3.2 带负载能力	40
2.3.3 工作速度(开关速度)	40
2.3.4 功耗	40
2.4 集成逻辑门的使用常识	41
2.4.1 使用 TTL 电路应注意的问题	41
2.4.2 使用 CMOS 电路应注意的问题	41
2.5 实践与应用——微电机控制电路	43
本章小结	44
习题与思考题	44

第3章 组合逻辑电路	47
3.1 组合逻辑电路概述	47
3.1.1 组合逻辑电路的特点及分类	47
3.1.2 组合逻辑电路的分析方法	48
3.1.3 组合逻辑电路的设计方法	49
3.2 典型 MSI 组合逻辑电路	51
3.2.1 加法器	51
3.2.2 数值比较器	52
3.2.3 编码器	54
3.2.4 译码器及应用	57
3.2.5 数据选择器及应用	62
3.3 组合逻辑电路中的竞争与冒险	63
3.3.1 竞争与冒险	63
3.3.2 竞争与冒险的识别	64
3.3.3 冒险现象的消除	65
3.4 实践与应用——抢答器设计与制作	65
本章小结	69
习题与思考题	70
第4章 集成触发器	72
4.1 集成触发器概述	72
4.1.1 集成触发器的概念及分类	72
4.1.2 基本 RS 触发器	72
4.1.3 同步 RS 触发器	74
4.2 典型集成触发器	74
4.2.1 边沿触发器	74
4.2.2 维持阻塞触发器	75
4.2.3 主从触发器	76
4.2.4 带直接置位端和直接复位端的集成时钟触发器	77

4.2.5 触发器之间的相互转换	78
4.3 实践与应用——电子秒表的设计	79
本章小结	83
习题与思考题	84
第5章 时序逻辑电路	86
5.1 时序逻辑电路概述	86
5.1.1 时序逻辑电路的概念	86
5.1.2 时序逻辑电路的功能描述方法	86
5.1.3 时序逻辑电路的分类	87
5.2 时序逻辑电路的分析	87
5.2.1 同步时序逻辑电路的分析方法	87
5.2.2 异步时序逻辑电路的分析方法	90
5.3 典型 MSI 时序逻辑电路	92
5.3.1 寄存器	92
5.3.2 计数器及应用	95
5.3.3 脉冲分配器及应用	98
5.4 实践与应用——定时电路	100
本章小结	101
习题与思考题	101
第6章 存储器	102
6.1 存储器概述	102
6.1.1 存储器的基本概念	102
6.1.2 存储器的分类	102
6.2 只读存储器及应用	103
6.3 存储器的应用	106
6.4 随机存取存储器(RAM)及应用	110
6.4.1 RAM 的结构	110
6.4.2 RAM 的存储单元	111

6.4.3 RAM 的扩展	114	应用	150
6.4.4 常用存储器集成电路 简介	116	9.1 可编程逻辑阵列(PLA) 器件	150
6.5 可编程逻辑阵列及应用	116	9.2 可编程阵列逻辑(PAL) 器件	153
6.5.1 概述	116	9.2.1 PAL 器件的基本结构	153
6.5.2 可编程逻辑器件的结构	117	9.2.2 PAL 器件的输出结构	153
本章小结	119	9.2.3 PAL 器件的应用	156
习题与思考题	120	9.3 通用阵列逻辑(GAL) 器件	157
第 7 章 脉冲波形的产生与整形 ...	122	9.3.1 GAL 器件的基本类型	158
7.1 概述	122	9.3.2 GAL 器件的基本结构	159
7.2 555 定时器及其应用	122	9.3.3 GAL 器件的输出逻辑宏 单元 OLMC	160
7.2.1 555 定时器的组成与功能	122	9.3.4 GAL 器件的工作模式	161
7.2.2 555 定时器的典型应用	124	9.3.5 GAL 器件应用	163
7.3 集成单稳态触发器	128	9.4 复杂可编程逻辑器 件 CPLD	166
7.4 实践与应用——报警 电路	129	9.4.1 CPLD 的基本结构	166
本章小结	130	9.4.2 CPLD 典型器件及其应用	168
习题与思考题	130	9.5 现场可编程逻辑器 件 FPGA	170
第 8 章 数模和模数转换	131	9.5.1 概述	170
8.1 数模和模数转换概述 ...	131	9.5.2 FPGA 器件的基本结构	170
8.2 D/A 转换原理及应用 ...	131	9.5.3 FPGA 应用举例	173
8.3 A/D 转换原理及应用 ...	136	习题与思考题	174
8.3.1 A/D 转换的一般步骤	136	主要参考书目	177
8.3.2 常用集成 ADC 简介 ...	141		
8.4 实践与应用—— $3\frac{1}{2}$ 位直 流数字电压表的设计 ...	142		
本章小结	148		
习题与思考题	148		
第 9 章 可编程逻辑器件及其			

第1章 数制与逻辑函数

本章要点

1. 数字逻辑的基本知识,包括数制、码制及数制之间的相互转换;
2. 逻辑代数的基本概念和逻辑运算;
3. 逻辑函数的公式化简方法和卡诺图化简方法;
4. 基本门电路和复合门电路的逻辑功能。

1.1 数制和码制

数制是计数的方法,最常见的进位计数制是十进制,而在数字系统中进行数字的运算和处理时,广泛采用的则是二进制、八进制和十六进制。本节将介绍几种常见数制的表示方法及不同数制相互间的转换方法和几种常见的二十进制码(简称BCD码)。

1.1.1 数制

1. 十进制数

十进制数是人们最常用的计数体制,它采用0、1、2、3、4、5、6、7、8、9十个基本数码,任何一个十进制数都可以用上述十个数码按一定规律排列起来表示,其计数规律是“逢十进一”。十进制数是以10为基数的计数体制。

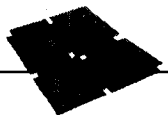
例如,1681可写为

$$1681 = 1 \times 10^3 + 6 \times 10^2 + 8 \times 10^1 + 1 \times 10^0$$

由上式可见,十进制数的特点是:

- (1) 基数是10。基数即是计数制中所用到的数码的个数。十进制数中的每一位必定是0~9十个数码中的一个。
- (2) 计数规律是“逢十进一”。
- (3) 同一数码处于不同的位置时,它代表的数值是不同的,即不同的数位有不同的位权。

上述表示方法也可扩展到小数,但小数点右边的各位数码要乘以基数的负的幂次。例如,23.14表示为: $23.14 = 2 \times 10^1 + 3 \times 10^0 + 1 \times 10^{-1} + 4 \times 10^{-2}$ 。对于一个十进制数来说,小数点左边的数码,位权依次为 10^0 、 10^1 、 10^2 ... 小数点右边的数码,位权



分别为 10^{-1} 、 10^{-2} 、 10^{-3} …。广义来讲,任意一个十进制数 N 所表示的数值,等于其各位加权系数之和,可表示为

$$[N]_{10} = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i \times 10^i \quad (1.1)$$

其中, n 为整数部分的数位; m 为小数部分的数位; K_i 为不同数位的数值; $0 \leq K_i \leq 9$ 。

任意一个 N 位十进制正整数,可表示为

$$[N]_{10} = K_{n-1} \times 10^{n-1} + K_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + K_1 \times 10^1 + K_0 \times 10^0 = \sum_{i=0}^{n-1} K_i \times 10^i \quad (1.2)$$

式中,下角标 10 表示 N 是十进制数,也可以用字母 D 来代替数字“10”。例如

$$[168]_{10} = [168]_D = 1 \times 10^2 + 6 \times 10^1 + 8 \times 10^0 = 168$$

2. 二进制数

数字电路和计算机中经常采用二进制。二进制只有两个数码:0 和 1,二进制数的特点为:

- (1) 基数是 2,采用两个数码 0 和 1;
- (2) 计数规律是“逢二进一”,即 $1+1=10$ (读作“一零”);
- (3) 二进制数各位的权为 2 的幂。

例如,4 位二进制数 1011,可以表示为

$$[1011]_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = [11]_{10}$$

任何一个 N 位二进制正整数,可表示为

$$[N]_2 = K_{n-1} \times 2^{n-1} + K_{n-2} \times 2^{n-2} + \cdots + K_1 \times 2^1 + K_0 \times 2^0 = \sum_{i=0}^{n-1} K_i \times 2^i \quad (1.3)$$

式中, $[N]_2$ 表示二进制; K_i 表示 i 位的系数,只取 0 或 1 中的任意一个数码; 2^i 为第 i 位的权;下角标 2 表示 N 是二进制数,也可以用字母 B 来代替数字“2”。例如

$$\begin{aligned} [1011.01]_2 &= [1011.01]_B \\ &= 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = [11.25]_{10} \end{aligned}$$

3. 八进制数

八进制数的基数是 8,采用 8 个数码:0、1、2、3、4、5、6、7。八进制数的计数规律是“逢八进一”,各位的位权是 8 的幂。 N 位八进制正整数可表示为

$$[N]_8 = K_{n-1} \times 8^{n-1} + K_{n-2} \times 8^{n-2} + \cdots + K_1 \times 8^1 + K_0 \times 8^0 = \sum_{i=0}^{n-1} K_i \times 8^i \quad (1.4)$$

式中,下角标 8 表示 N 是八进制数,也可以用字母 O 来代替数字“8”。例如

$$[168]_8 = [168]_0 = 1 \times 8^2 + 6 \times 8^1 + 8 \times 8^0 = [120]_{10}$$

4. 十六进制数

十六进制数的基数是 16, 采用 16 个数码: 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F, 其中 10 ~ 15 分别用 A ~ F 表示。十六进制数的计数规律是“逢十六进一”, 各位的位权是 16 的幂。 N 位十六进制正整数可表示为

$$[N]_{16} = K_{n-1} \times 16^{n-1} + K_{n-2} \times 16^{n-2} + \cdots + K_1 \times 16^1 + K_0 \times 16^0 = \sum_{i=0}^{n-1} K_i \times 16^i \quad (1.5)$$

式中, 下角标 16 也可以用字母 H 来代替。例如

$$[60]_{16} = [60]_H = 6 \times 16^1 + 0 \times 16^0 = [96]_{10}$$

$$[9C]_{16} = [9C]_H = 9 \times 16^1 + 12 \times 16^0 = [156]_{10}$$

1.1.2 不同进制数之间的相互转换

1. 二进制、八进制、十六进制数转换为十进制数

只要将二进制、八进制、十六进制数按式(1.3)、式(1.4)、式(1.5)展开, 求出其各位加权系数之和, 则得相应的十进制数。

2. 十进制数转换为二进制数、八进制、十六进制数

将十进制正整数转换为二进制、八进制、十六进制数可以采用除 R 倒取余法, R 代表所要转换成的数制的基数。转换步骤如下:

第一步: 把给定的十进制数 $[N]_{10}$ 除以 R , 取出余数, 即为最低位数的数码 K_0 。

第二步: 将前一步得到的商再除以 R , 再取出余数, 即得次低位数的数码 K_1 。

以下各步类推, 直到商为 0 为止, 最后得到的余数即为最高位数的数码 K_{n-1} 。

例 1.1 将 $[76]_{10}$ 转换成二进制数。

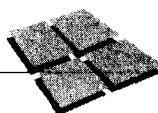
解:

2 76	
2 38	余 0, 即 $K_0 = 0$
2 19	余 0, 即 $K_1 = 0$
2 9	余 1, 即 $K_2 = 1$
2 4	余 1, 即 $K_3 = 1$
2 2	余 0, 即 $K_4 = 0$
2 1	余 0, 即 $K_5 = 0$
0	余 1, 即 $K_6 = 1$

则 $[76]_{10} = [K_6 K_5 K_4 K_3 K_2 K_1 K_0]_2 = [1001100]_2$

例 1.2 将 $[76]_{10}$ 转换成八进制数。

解:



$$\begin{array}{r}
 8 \overline{) 76} \\
 \underline{8 9} \\
 8 \overline{) 1} \\
 \underline{0}
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 \text{余 } 4, \text{即 } K_0 = 4 \\
 \text{余 } 1, \text{即 } K_1 = 1 \\
 \text{余 } 1, \text{即 } K_2 = 1
 \end{array}$$

则 $[76]_{10} = [114]_8$

例 1.3 将 $[76]_{10}$ 转换成十六进制数。

解:

$$\begin{array}{r}
 16 \overline{) 76} \\
 \underline{16 4} \\
 0
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 \text{余 } 12, \text{即 } K_0 = C \\
 \text{余 } 4, \text{即 } K_1 = 4
 \end{array}$$

则 $[76]_{10} = [4C]_{16}$

十进制小数转换为二进制小数的方法是:不断用 2 乘要转换的十进制小数,将每次所得的整数(0 或 1),依次记为 K_{-1} 、 K_{-2} 、 K_{-3} ... 直到小数为 0 或达到转换所要求的精度为止。然后将所得的整数从高到低读出即可。

例如,将 $[0.925]_{10}$ 转换为二进制数,假设精度要求为 $m = 4$,其转换过程如下:

$$\begin{array}{r}
 0.925 \\
 \times \quad 2 \\
 \hline
 1.850 \quad \text{整数部分为 } 1, \text{即 } K_{-1} = 1 \\
 0.850 \\
 \times \quad 2 \\
 \hline
 1.700 \quad \text{整数部分为 } 1, \text{即 } K_{-2} = 1 \\
 0.700 \\
 \times \quad 2 \\
 \hline
 1.400 \quad \text{整数部分为 } 1, \text{即 } K_{-3} = 1 \\
 0.400 \\
 \times \quad 2 \\
 \hline
 0.800 \quad \text{整数部分为 } 0, \text{即 } K_{-4} = 0
 \end{array}$$

即 $[0.925]_{10} = [0.1110]_2$

3. 二进制数与八进制数之间的转换

因为二进制数与八进制数之间正好满足 2^3 关系,所以可将 3 位二进制数看做 1 位八进制数,或把 1 位八进制数看做 3 位二进制数。

(1) 二进制数转换为八进制数

将二进制数从小数点开始,分别向两侧每 3 位分为一组,若整数最高位不足一组,在左边加 0 补足一组,小数最低位不足一组,在右边加 0 补足一组,然后将每组二进制数都相应转换为 1 位八进制数。

例 1.4 将二进制数 $[10110011.11]_2$ 转换为八进制数。

解:二进制数 010 110 011 . 110
 八进制数 2 6 3 . 6
 $[10110011.11]_2 = [263.6]_8$

(2) 八进制数转换为二进制数

将每位八进制数用 3 位二进制数表示。

例 1.5 将八进制数 $[576.4]_8$ 转换为二进制数。

解:八进制数 5 7 6 . 4
 二进制数 101 111 110 . 100
 $[576.4]_8 = [101111110.1]_2$

4. 二进制数与十六进制数的相互转换

因为二进制数与十六进制数之间正好满足 2^4 关系,所以可将 4 位二进制数看做 1 位十六进制数,或把 1 位十六进制数看做 4 位二进制数。

(1) 二进制数转换为十六进制数

将二进制数从小数点开始,分别向两侧每 4 位分为一组,若整数最高位不足一组,在左边加 0 补足一组,小数最低位不足一组,在右边加 0 补足一组,然后将每组二进制数都相应转换为 1 位十六进制数。

例 1.6 将二进制数 $[1001011.110]_2$ 转换为十六进制数。

解:二进制数 0100 1011 . 1100
 十六进制数 4 B . C
 $[1001011.110]_2 = [4B.C]_{16}$

(2) 将十六进制数转换为二进制数

将十六进制数的每一位转换为相应的 4 位二进制数即可。

例 1.7 将 $[12A.5]_{16}$ 转换为二进制数。

解:十六进制数 1 2 A . 5
 二进制数 0001 0010 1010 . 0101
 $[12A.5]_{16} = [100101010.0101]_2$ (最高位为 0 可舍去)

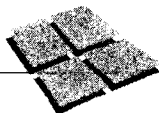
十六进制和二进制数的相互转换在计算机编程中使用较为广泛。

1.2 编码

1.2.1 二 - 十进制码(BCD 码)

数字系统中常常用 0 和 1 组成的二进制数码表示数值的大小,同时也采用一定位数的二进制数码来表示各种文字、符号信息,这个特定的二进制码称为代码。建立这种代码与文字、符号或特定对象之间的一一对应的关系称为编码。

所谓二 - 十进制码,是指用 4 位二进制数来表示 1 位十进制数的编码方式,简称



BCD 码。由于 4 位二进制数码有 16 种不同的组合状态,若从中取出 10 种组合用以表示十进制数中 0~9 的十个数码时,其余 6 种组合则不使用(称为无效组合)。因此,按选取方式的不同,可以得到的只需选用其中十种组合 BCD 码的编码方式有很多种(见表 1.1)。

表 1.1 常见的几种 BCD 编码及格雷码

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

在二 - 十进制编码中,一般分为有权码和无权码。表 1.1 中列出了几种常见的 BCD 码。8421BCD 码是一种最基本的,应用十分普遍的 BCD 码,它是一种有权码,8421 就是指在用 4 位二进制数码表示 1 位十进制数时,每一位二进制数的权从高位到低位分别是 8,4,2,1。另外,5421BCD 码、2421BCD 码也属于有权码,均为四位代码,它们的位权自高到低分别是 5,4,2,1 及 2,4,2,1。

二 - 十进制数的表示方法很简单,即将十进制数的每一位分别用 4 位二进制码表示出来,所构成的数称为二 - 十进制数。

例如, $[48]_{10} = [01001000]_{8421\text{BCD}} = [01001011]_{5421\text{BCD}} = [01001110]_{2421\text{BCD}}$,下角标表示该数分别为 8421,5421,2421 编码方式的二 - 十进制数,在二 - 十进制数中,每 4 位数形成一组,代表一个十进制数码,组与组之间的关系仍是十进制关系。

而余 3 码属于无权码。十进制数用余 3 码表示,要比 8421 码在二进制数值上多 3,故称余 3 码,它可由 8421 码加 0011 得到。从表 1.1 可见,余 3 码中的 0 和 9、1 和 8、2 和 7、3 和 6、4 和 5 互为反码。所以,余 3 码作十进制的算术运算是比较方便的。

1.2.2 格雷码

格雷循环码(也称格雷码)也属于无权码。从表 1.1 可见,格雷码的特点是:任何两个相邻的十进制的格雷码仅有一位不同,且相对于该组编码的中线(中线位于十进制数 4,5 之间)而言,其最高位的代码——相反,其余各位的代码则相同,即各代码之间对中线——“反射”,故又称反射格雷码。格雷码虽不直观,但可靠性高,在输入、输出等场合应用广泛。

1.3 逻辑代数概述

逻辑代数又称布尔代数,是分析和研究逻辑电路的数学工具,是学习数字电路的基础。逻辑代数所研究的内容,是逻辑函数与逻辑变量之间的关系。应用逻辑代数可将复杂的逻辑函数式进行恒等变换,以便得到合理的逻辑电路。

1.3.1 基本概念

1. 逻辑变量

自然界中,许多现象总是存在着对立的双方,为了描述这种相互对立的逻辑关系,往往采用仅有两个取值的变量来表示,这种二值变量就称为逻辑变量。例如,电位的高或低、灯泡的亮或灭、脉冲的有或无、三极管的饱和或截止等现象,都可以用逻辑变量来表示。

逻辑变量和普通代数中的变量一样,可以用字母 $A, B, C \cdots X, Y, Z$ 等来表示。但逻辑变量表示的是事物的两种对立的状态,只允许取两个不同的值,分别是逻辑 0 和逻辑 1。

2. 逻辑函数

在数字逻辑电路中,如果输入变量 $A, B, C \cdots$ 的取值确定后,输出变量 Y 的值也被唯一确定了,称 Y 是 $A, B, C \cdots$ 的逻辑函数。逻辑函数的一般表达式可以写为

$$Y = f(A, B, C \cdots)$$

也就是说,如果某逻辑变量 Y 是由其他逻辑变量 $A, B, C \cdots$ 经过有限个基本逻辑运算确定的,则 Y 就是 $A, B, C \cdots$ 的逻辑函数。

在逻辑代数中,逻辑函数和逻辑变量一样,都只有逻辑 0 和逻辑 1 两种取值,但要注意它们没有大小之分,不同于普通代数中的 0 和 1。

1.3.2 逻辑运算

1. 基本逻辑运算

在数字电路中,利用输入信号来反映“条件”,用输出信号来反映“结果”,于是输出与输入之间就有一定的因果关系,即逻辑关系。逻辑代数中,基本的逻辑关系有三种:与逻辑、或逻辑、非逻辑。相对应的基本运算有与运算、或运算、非运算。实现这三种逻辑关系的电路分别叫做与门、或门、非门。

(1) 与逻辑和与运算

在图 1.1 所示电路中, A, B 是两个串联开关, Y 是灯,只有开关 A 与开关 B 都闭合时,灯才亮,其中只要有一个开关断开灯就灭。

若我们把开关闭合作为条件,灯亮作为结果,则图 1.1 所示电路表示了这样一种因果关系:只有当决定某一种结果的所有条件都具备时,这个结果才能发生,这种因果关系称为与逻辑关系,简称与逻辑(见表 1.2)。