

数字电子技术

朱凤芝 主编

吴镜峰 周国娟 副主编



SHUZI DIANZI JISHU

教育部高职高专自动化技术类专业教学指导委员会推荐教材
全国 高 职 高 专 院 校 机 电 类 专 业 规 划 教 材

数 字 电 子 技 术

朱风芝 主 编
吴镜峰 周国娟 副主编
许 珊 参 编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书是高职高专自动化技术类及电子信息类专业基础课程的教材, 主要包括数字电路的基本知识“数制和码制、逻辑函数运算和化简”等, 学习重点是组合逻辑电路、时序逻辑电路和脉冲波形的产生、整形等, 另外, 还介绍了存储器、数/模和模/数转换等内容, 为后续专业课程的学习奠定必要的基础。为了突出实践性, 本书在每章后还配备了“实践与应用”课题, 每个课题都是作者经过多年实践积累而成, 具有实用性和趣味性。

本书的特点是以典型功能芯片的逻辑功能为主、以应用为核心, 突出高职教育特色。

本书适合作为高职高专自动化技术类及电子信息类专业的教材, 也可作为电子技术爱好者自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术/朱凤芝主编. —北京: 中国铁道出版社, 2011. 10

全国高职高专院校机电类专业规划教材. 教育部高职高专自动化技术类专业教学指导委员会推荐教材

ISBN 978-7-113-13239-2

I. ①数… II. ①朱… III. ①数字电路—电子技术—高等职业教育—教材 IV. ①TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 183063 号

书 名: 数字电子技术

作 者: 朱凤芝 主编

策 划: 秦绪好

读者热线: 400-668-0820

责任编辑: 何红艳

编辑助理: 尤文友

封面设计: 付 巍

封面制作: 白 雪

责任印制: 李 佳

出版发行: 中国铁道出版社(100054, 北京市西城区右安门西街8号)

网 址: <http://www.edusources.net>

印 刷: 北京新魏印刷厂

版 次: 2011年10月第1版 2011年10月第1次印刷

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 10.25 字数: 237千

印 数: 1~3000册

书 号: ISBN 978-7-113-13239-2

定 价: 19.00元

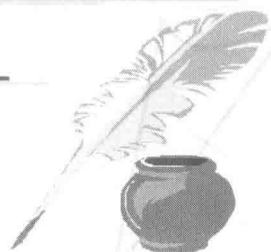
版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书, 如有印制质量问题, 请与本社教材图书营销联系调换。电话: (010) 63550836

打击盗版举报电话: (010) 63549504

Learn more about it!

笔 记 栏



全国高职高专院校机电类专业规划教材

编审委员会

主任：吕景泉

副主任：严晓舟 史丽萍

委员：（按姓氏笔画排序）

王文义	刘建超	肖方晨	李向东	狄建雄
汪敏生	宋淑海	张耀	明立军	陈铁牛
钟江生	胡学同	凌艺春	秦绪好	钱逸秋
梁荣新	常晓玲	程周	谭有广	

王立	王龙义	王建明	牛云陞	关健
朱凤芝	牟志华	汤晓华	刘薇娥	李文
李军	张文明	张永花	陆建国	陈丽
林嵩	金卫国	宝爱群	姚吉	姚永刚
祝瑞花	徐国林	秦益霖	韩丽	曾照香

随着我国高等职业教育改革的不断深化发展,我国高等职业教育改革和发展进入一个新阶段。教育部下发的《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》教高[2006]16号文件旨在进一步适应经济和社会发展对高素质技能型人才的需求,推进高职人才培养模式改革,提高人才培养质量。

教材建设工作是整个高等职业院校教育教学工作中的重要组成部分,教材是课程内容和课程体系的知识载体,对课程改革和建设既有龙头作用,又有推动作用,所以提高课程教学水平和质量的关键在于建设高水平高质量的教材。

出版面向高等职业教育的“以就业为导向的,以能力为本位”的优质教材一直以来就是中国铁道出版社优先开发的领域。我社本着“依靠专家、研究先行、服务为本、打造精品”的出版理念,于2007年成立了“中国铁道出版社高职机电类课程建设研究组”,并经过2年的充分调查研究,策划编写、出版了本系列教材。

本系列教材主要涵盖高职高专机电类的公共平台课和6个专业及相关课程,即电气自动化专业、机电一体化专业、生产过程自动化专业、数控技术专业、模具设计与制造专业以及数控设备应用与维护专业,既自成体系又具有相对独立性。本系列教材在研发过程中邀请了高职高专自动化教指委专家、国家级教学名师、精品课负责人、知名专家教授、学术带头人及骨干教师。他们针对相关专业的课程设置融合了多年教学中的实践经验,同时吸取了高等职业教育改革的成果,无论从教学理念的导向、教学标准的开发、教学体系的确立、教材内容的筛选、教材结构的设计,还是教材素材的选择都极具特色。

归纳而言,本系列教材体现如下几点编写思想:

(1) 围绕培养学生的职业技能这条主线设计教材的结构,理论联系实际,从应用的角度组织内容,突出实用性,同时注意将新技术、新工艺等内容纳入教材。

(2) 遵循高等职业院校学生的认知规律和学习特点,对于基本理论和方法的讲述力求通俗易懂,多用图表来表达信息,以解决日益庞大的知识内容与学时偏少之间的矛盾;同时增加相关技术在实际生产和生活中的应用实例,引导学生主动学习。

(3) 将“问题引导式”、“案例式”、“任务驱动式”、“项目驱动式”等多种教学方法引入教材体例的设计中,融入启发式教学方法,务求好教好学爱学。

(4) 注重立体化教材的建设,通过主教材、配套素材光盘、电子教案等教学资源的有机结合,提高教学服务水平。

总之,本系列教材在策划出版过程中得到了教育部高职高专自动化技术类专业教学指导委员会以及广大专家的指导和帮助,在此表示深深的感谢。希望本系列教材的出版能为我国高等职业院校教育改革起到良好的推动作用,欢迎使用本系列教材的老师和同学提出宝贵的意见和建议。书中如有不妥之处,敬请批评指正。

中国铁道出版社

2010年8月

本课程是高职高专自动化技术类和电子信息类专业的核心课程,是培养学生逻辑思维的关键课程,为学生今后学习单片机应用技术、计算机控制技术等课程打下必备的基础。随着半导体器件技术的不断发展,全球数字化技术已渗透到工业、民用、军工等各行各业,学习数字电子技术显得越来越重要。

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,对其内部电路不做具体的介绍,避免了烦琐的分析,具有简单清晰的特点。本书内容尽量突出实用技术,书中选用的实例均是编者自行设计开发的项目,并经过 5 年的使用,不断更新改进,使理论与实际结合得更紧密,可以配合“教、学、做”一体化教学模式,体现了以应用为主导的编写理念,能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子基础教材。

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,即数制与码制及数制之间的相互转换、逻辑函数及化简方法等;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 章主要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 章以经典的“抢答器的设计与制作”课题为例,将数字电子的核心内容串联起来。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。为了使理论与实践结合得更紧密、突出教学内容的应用价值,本教材在每章后面增加了“实践与应用”课题,配有电路原理图和部分 PCB 图。

本书第 1~3 章由吴镜峰编写;第 4、5 章由朱凤芝编写;第 6、7 章由许珊编写;第 8、9 章由周国娟编写。全书由朱凤芝统稿。

在本书的编写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,书中错误在所难免,欢迎读者批评指正!

编者

2011 年 8 月

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	6
1.3.1 基本概念	6
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	10
1.4.1 基本公式	10
1.4.2 基本规则	11
1.4.3 几个常用公式	12
1.4.4 逻辑函数的基本表示方法	13
1.5 逻辑函数的化简	14
1.5.1 逻辑函数的公式化简法	14
1.5.2 逻辑函数的图形化简法	15
1.5.3 具有约束项的逻辑函数的化简	22
1.6 实践与应用——常用数字集成芯片的识别与主要性能参数	23
小结	30
思考题及习题	31
第 2 章 集成逻辑门	34
2.1 逻辑门电路概述	34
2.1.1 逻辑门电路基本概念	34
2.1.2 基本逻辑门	35
2.2 典型集成逻辑门	37
2.2.1 典型 TTL 集成逻辑门	37
2.2.2 典型 CMOS 集成逻辑门	40
2.2.3 复合门电路	41
2.3 集成逻辑门的主要性能指标	42
2.3.1 逻辑电平和抗干扰能力	42
2.3.2 带负载能力	42

2.3.3	工作速度(开关速度)	42
2.3.4	功耗	43
2.4	集成逻辑门的使用常识	43
2.4.1	使用TTL电路应注意的问题	43
2.4.2	使用CMOS电路应注意的问题	44
2.5	实践与应用——微型电动机控制电路	45
2.5.1	工作原理	45
2.5.2	元器件的选择与调试	46
	小结	46
	思考题与习题	46
第3章	组合逻辑电路	49
3.1	组合逻辑电路概述	49
3.1.1	组合逻辑电路的特点及分类	49
3.1.2	组合逻辑电路的分析方法	50
3.1.3	组合逻辑电路的设计方法	51
3.2	典型MSI组合逻辑电路	52
3.2.1	加法器	52
3.2.2	数值比较器	54
3.2.3	编码器	55
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	64
3.3.1	竞争与冒险	64
3.3.2	竞争与冒险的识别	65
3.3.3	冒险现象的消除	65
3.4	实践与应用——四人无弃权表决电路设计与实现	66
3.4.1	设计要求	66
3.4.2	设计思路	66
	小结	67
	思考题与习题	68
第4章	集成触发器	69
4.1	集成触发器概述	69
4.1.1	集成触发器的概念及分类	69
4.1.2	基本RS触发器	69
4.1.3	同步RS触发器	71
4.2	典型集成触发器	72
4.2.1	边沿触发器	72
4.2.2	维持阻塞触发器	73

4.2.3	主从触发器	73
4.2.4	带直接置位端和直接复位端的集成时钟触发器	74
4.2.5	触发器之间的相互转换	75
4.3	实践与应用——交通灯控制电路设计与实现	76
4.3.1	设计要求	76
4.3.2	设计思路	76
	小结	79
	思考题与习题	79
第5章 时序逻辑电路		81
5.1	时序逻辑电路概述	81
5.1.1	时序逻辑电路的概念	81
5.1.2	时序逻辑电路的功能描述方法	82
5.1.3	时序逻辑电路的分类	82
5.2	时序逻辑电路的分析	82
5.2.1	同步时序逻辑电路的分析方法	82
5.2.2	异步时序逻辑电路的分析方法	86
5.3	典型 MSI 时序逻辑电路	88
5.3.1	寄存器	88
5.3.2	计数器及应用	91
5.3.3	脉冲分配器及应用	95
5.4	实践与应用——彩灯循环控制器的设计与制作	96
5.4.1	设计要求	96
5.4.2	设计思路	96
	小结	99
	思考题与习题	100
第6章 存储器		101
6.1	存储器概述	101
6.1.1	存储器的基本概念	101
6.1.2	存储器的分类	101
6.2	只读存储器及应用	102
6.3	存储器的应用	105
6.3.1	ROM实现组合逻辑设计	105
6.3.2	用ROM (2716) 实现的信号发生器	107
6.4	随机存取存储器及应用	108
6.4.1	RAM的结构	108
6.4.2	RAM的存储单元	110
6.4.3	RAM的扩展	114
6.4.4	常用存储器集成电路简介	116

6.5 可编程逻辑阵列及应用	116
6.5.1 概述	116
6.5.2 可编程逻辑器件的结构	116
6.6 实践与应用——楼宇门呼叫显示电路的设计与制作	119
6.6.1 设计要求	119
6.6.2 设计思路	119
小结	121
思考题与习题	121
第7章 脉冲波形的产生与整形	123
7.1 概述	123
7.2 555 定时器及其应用	123
7.2.1 555定时器的组成与功能	123
7.2.2 555定时器的典型应用	125
7.3 集成单稳态触发器	129
7.3.1 74LS121的简介	129
7.3.2 74LS121的主要性能	130
7.4 实践与应用——报警电路设计与实现	131
7.4.1 设计要求	131
7.4.2 设计思路	131
小结	132
思考题及习题	132
第8章 数/模和模/数转换	133
8.1 D/A 和 A/D 转换概述	133
8.2 D/A 转换原理及应用	133
8.3 A/D 转换原理及应用	137
8.3.1 A/D转换的一般步骤	138
8.3.2 常用集成ADC简介	142
8.4 实践与应用—— $3\frac{1}{2}$ 位数字电压表的设计与制作	143
8.4.1 设计要求	143
8.4.2 设计思路	143
小结	144
思考题与习题	145
第9章 综合训练——抢答器的设计与制作	146
9.1.1 设计要求	146
9.1.2 设计思路	146
参考文献	152

第1章

数制与逻辑函数



本章要点

- 数制和码制。
- 逻辑代数的基本概念和逻辑运算。
- 逻辑函数的化简。
- 基本逻辑门电路和复合逻辑电路的逻辑功能。

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，十进制数的特点如下：

- 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。如数 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 、 $10^2 \cdots$ ，小数点右边的数码，位权分别为 10^{-1} 、 10^{-2} 、 $10^{-3} \cdots$ 。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

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

式中, 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

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

式中的下角标 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:

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“壹零”)。

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 表示第 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:

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

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:

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

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

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

式中的下角标 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)、(1.4)、(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	余 0 即: $K_0=0$
2	38	余 0 即: $K_1=0$
2	19	余 1 即: $K_2=1$
2	9	余 1 即: $K_3=1$
2	4	余 0 即: $K_4=0$
2	2	余 0 即: $K_5=0$
2	1	余 1 即: $K_6=1$
	0	

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:

8	76	余 4 即 $K_0=4$
8	9	余 1 即 $K_1=1$
8	1	余 1 即 $K_2=1$
	0	

则: $[76]_{10} = [114]_8$

例 1.3 将 $[76]_{10}$ 转换成十六进制数。

解:

16	76	余 12 即 $K_0=C$
16	4	余 4 即 $K_1=4$
	0	

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 乘以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} 、 $\dots$, 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:

0.925	
× 2	
1.850	整数部分为 1, 即 $K_{-1}=1$
0.850	
× 2	
1.700	整数部分为 1, 即 $K_{-2}=1$
0.700	
× 2	
1.400	整数部分为 1, 即 $K_{-3}=1$
0.400	
× 2	
0.800	整数部分为 0, 即 $K_{-4}=0$

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 位二进制数看作 1 位八进制数, 或把 1 位八进制数看作 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

$$[576.4]_8 = [10111110.1]_2$$

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 位二进制数看作 1 位十六进制数, 或把 1 位十六进制数看作 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

$$[12A.5]_{16} = [100101010.0101]_2 \quad (\text{最高位为 0 可舍去})$$

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,指的是用 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。

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	1101

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: $[48]_{10} = [01001000]_{8421BCD} = [01001011]_{5421BCD} = [01001110]_{2421BCD}$, 下标表示该数分别为 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, 故称余三码, 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 (又称格雷码) 也属于无权码。从表 1.1 可见, 格雷码特点是: 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, 其最高位的代码一一相反, 其余各位的代码则相同, 即各代码之间对中线一一“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作:

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

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。