



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

数字逻辑电路

· 梅开乡 主 编 · 余宏生 副主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

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

数字逻辑电路

梅开乡 主 编

余宏生 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书是根据教育部颁发的《关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》与《电子技术基础课程教学基本要求(1995年修订版)》而编写的。本书主要内容包括:数字逻辑基础、集成门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、半导体存储器和可编程逻辑器件、脉冲产生和整形电路、数/模转换与模/数转换。每章有内容提要、学习要求、学习小结。与之配套使用的有《数字电子电路学习指导与学生实验(CAI)》,本书思考题与习题在《数字电子电路学习指导与学生实验(CAI)》上有参考答案。

本书在内容安排上,以高速发展的中规模数字集成芯片为主线,以“必须”和“够用”为度,讲清概念,注重“实用”,注重动手能力、操作技能与知识点的有机结合,叙述深入浅出。

本书内容覆盖面广,安排灵活,可作为高等职业教育的应用电子技术、电子信息技术、计算机应用、电气自动化、机电一体化等专业的教材,也可作为自学考试或从事电子工程技术工作人员的学习用书。

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

数字逻辑电路 / 梅开乡主编. —北京:电子工业出版社, 2003.8
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 7-5053-9075-9

I. 数… II. 梅… III. 数字电路: 逻辑电路—高等学校: 技术学校—教材 IV. TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 074061 号

责任编辑:周光明

印 刷:北京彩艺印刷有限公司

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

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:12.5 字数:320 千字

版 次:2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月第 1 次印刷

印 数:6000 册 定价:16.00 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 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

出版说明

高等职业教育是我国高等教育的重要组成部分。其根本任务是培养和造就适应生产、建设、管理、服务第一线需要的德、智、体、美全面发展的高等技术应用型人才。近年来,高等职业教育发展迅猛,其宏观规模发生了历史性变化。为适应我国社会进步和经济发展的需要,高等职业教育的教学模式、教学方法需要不断改革,高职教材也必须与之相适应,进行重新调整与定位,突出自身的特色。为此,在国家教育部、信息产业部有关司局的支持、指导和帮助下,电子工业出版社在全国范围内筹建成立“全国高职高专教育教材建设领导小组”,下设“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”等专业的多个编委会。各专业编委会成员由电子信息战线辛勤耕耘、功绩卓著的专家、教授、高工和富有高职教学经验的一线优秀教师组成。

2002年10月,“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”等四个专业的编委会精心组织全国范围内的优秀一线教师编写了《新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材》60余种。这批教材的主要特点是:

1. 在编写方法上打破了以往教材过于注重“系统性”的倾向,摒弃了一些一般内容和烦琐的数学推导,采用阶跃式、有选择的编写模式,强调实践和实践属性,精炼理论,突出实用技能,内容体系更加合理;

2. 注重现实社会发展和就业需求,以培养职业岗位群的综合能力为目标,充实训练模块的内容,强化应用,有针对性地培养学生较强的职业技能;

3. 教材内容的设置有利于扩展学生的思维空间和学生的自主学习;着力于培养和提高学生的综合素质,使学生具有较强的创新能力,促进学生的个性发展;

4. 教材内容充分反映新知识、新技术、新工艺和新方法,具有超前性、先进性。

首批教材共有60余种,将于2003年8月陆续出版。所有参加教材编写的高职院校都有一个共同的愿望:希望通过教材建设领导小组、编委会和全体作者的共同努力,使这批教材在编写指导思想、编写内容和编写方法上具有新意,突出高等职业教育的特点,满足高职学生学习和就业的需要。

高等职业教育改革与教材建设是一项长期的任务,不会一蹴而就,而是要经历一个发展过程。这批高职教材的问世,还有许多不尽人意之处。随着教育的不断深化,我国经济和科学技术的不断发展,高职教材的改革与开发将长期与之相伴而行。在教育部和信息产业部的指导和帮助下,我们将一如既往地依靠本行业的专家,与科研、教学第一线的教研人员紧密联系,加强合作,与时俱进,不断开拓,逐步完善各类专业课教材、专业基础课教材、实训指导书、电子教案、电子课件及配套教材,为高等职业教育提供优质的教学资源和服务。

电子工业出版社高职高专教育教材事业部的全体成员殷切地希望全国高职高专院校的教师们能够踊跃投稿,提出选题建议,并对已出版的教材从多方面提出修改建议。除以上四个专业外,我们还设立了“计算机技术”“电子商务”“物流管理”、“会计类”、“金融类”、“环保类”等专业的编委会,我们衷心欢迎更多的志士仁人加入到各个编委会中来。

电子工业出版社的全体员工将竭诚为教育服务,为高等职业教育战线的广大师生服务。

全国高职高专教育教材建设领导小组
电子工业出版社

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	广州大学科技贸易技术学院
江西信息应用职业技术学院	湖北孝感职业技术学院
江西蓝天职业技术学院	江西工业工程职业技术学院
吉林电子信息职业技术学院	四川工程职业技术学院
保定职业技术学院	广东轻工职业技术学院
安徽职业技术学院	西安理工大学
杭州中策职业学校	辽宁大学高职学院
黄石高等专科学校	天津职业大学
天津职业技术师范学院	天津大学机械电子学院
福建工程学院	九江职业技术学院
湖北汽车工业学院	包头职业技术学院
广州铁路职业技术学院	北京轻工职业技术学院
台州职业技术学院	黄冈职业技术学院
重庆工业高等专科学校	郑州工业高等专科学校
济宁职业技术学院	泉州黎明职业大学
四川工商职业技术学院	浙江财经学院信息学院
吉林交通职业技术学院	南京理工大学高等职业技术学院
连云港职业技术学院	南京金陵科技学院
天津滨海职业技术学院	无锡职业技术学院
杭州职业技术学院	西安科技学院
重庆职业技术学院	西安电子科技大学
重庆工业职业技术学院	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
苏州工商职业技术学院
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

前 言

迅速发展的数字逻辑器件和数字电子技术,既使数字系统的设计方法产生了革命性变化,又给传统的《数字逻辑电路》课程的教学体系、教学内容、教学手段、教学方法和人才培养模式,提出了新的挑战。经济全球化、教育国际化的逼人形势,给《数字逻辑电路》课程体系进行系统的、整体的改革提出了更高的要求,教材建设是改革的重要内容,也是关键环节。

本教材是依照1995年原国家教委颁发的《高等工业学校电子技术基础课程教学的基本要求》,在总结高专、高职二十余年教学改革实践与教学经验的基础上,凝聚了电气自动化、计算机科学技术、应用电子技术、电子信息工程、机电一体化等专业长期从事本课程教学的数十位老师的集体智慧,由二位老师执笔编写而成的。

在编写过程中,我们注意了以下六点。

1. 广泛吸收本课程省级科研项目“数字逻辑电路教学改革探索与实践”的科研成果与教学经验。

2. 以高速发展的中规模数字集成芯片为主线,较完整地阐述了TTL、CMOS数字集成芯片及其在数字系统设计中的应用,使学生在掌握了逻辑设计基本理论和基本方法的基础上,进一步了解新器件、新技术、新动向,以适应数字技术快速发展的需要。

3. 跟踪日本OHM社图解电子电路系列教材《数字电路》和美国理查德J·希金斯著《数字和模拟集成电路电子学》教材。

4. 讲清概念,立足应用。

5. 既满足应用电子技术、计算机科学技术专业的教学要求,又充分涵盖电气自动化、电子信息工程、机电一体化等专业的教学要求。

6. 注意选取一定数量典型的、有代表性的、基础性的例题及有一定深度的思考性例题,以便培养学生的自学能力。

高职高专的培养目标强调技能与能力。本课程是电类各专业的专业基础课,与本教材配套的辅助教材有《数字逻辑电路学习指导与学生实验(CAI)》、《数字逻辑电路实训与课程设计》、《数字逻辑电路试题库(光盘)》等。书中注有“※”号都是选讲内容,可根据学时多少决定取舍。

本教材由湖北工程学院(黄石高等专科学校)梅开乡副教授任主编,余宏生副教授任副主编。第1,2,3,4章由余宏生编写,第5,6,7,8章和附录由梅开乡编写,全书由梅开乡统稿。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中有不少缺点和错误,恳切希望读者指正。

编 者

2003年5月



Contents

第 1 章 数字逻辑基础	(1)
1.1 数字电路概述	(1)
1.1.1 数字信号和模拟信号	(1)
1.1.2 数字技术和数字系统	(1)
※ 1.1.3 数字逻辑和逻辑代数	(3)
※ 1.2 数制与编码	(4)
1.2.1 二进制数	(4)
1.2.2 比特	(4)
1.2.3 二进制小数表示	(5)
1.2.4 十六进制数	(6)
1.2.5 二一十进制码	(6)
1.2.6 有符号的二进制数	(7)
1.3 数字器件和逻辑符号	(7)
1.3.1 与门电路	(7)
1.3.2 或门电路	(8)
1.3.3 非门电路	(9)
1.3.4 复合逻辑运算及其逻辑门	(10)
1.4 逻辑代数基础	(11)
1.4.1 逻辑函数	(11)
1.4.2 逻辑代数的公式、定理和规则	(12)
1.4.3 逻辑函数的表达式	(14)
1.4.4 逻辑函数的化简	(16)
1.4.5 含随意项的逻辑函数的化简	(23)
本章小结	(26)
思考题和习题 1	(27)
第 2 章 集成门电路	(29)
2.1 TTL 数字集成电路	(29)
2.1.1 基本 TTL 与非门	(30)
※ 2.1.2 TTL 与非门的外特性与参数	(31)
2.1.3 典型 TTL 与非门芯片介绍	(33)
2.1.4 TTL 集电极开路门和三态门	(34)



2.1.5 TTL 集成门电路使用注意事项	(37)
2.2 CMOS 数字集成电路	(37)
2.2.1 CMOS 门电路	(38)
※ 2.2.2 CMOS 集成电路系列及技术参数	(39)
2.2.3 CMOS 集成电路使用注意事项	(41)
2.2.4 CMOS 电路与 TTL 电路的连接	(41)
本章小结	(42)
思考题和习题 2	(43)
第 3 章 组合逻辑电路	(45)
3.1 算术运算电路	(45)
3.1.1 半加器电路	(45)
3.1.2 全加器电路	(46)
3.1.3 集成算术/逻辑运算单元	(47)
3.2 信号变换电路	(48)
3.2.1 编码器	(48)
3.2.2 译码器	(50)
3.2.3 数据选择器	(54)
3.2.4 数据分配器	(56)
※ 3.3 数值比较器	(57)
3.3.1 1 位数值比较器	(57)
3.3.2 集成数值比较器	(58)
本章小结	(60)
思考题和习题 3	(60)
第 4 章 触发器电路	(64)
4.1 基本 RS 触发器	(64)
4.2 钟控触发器	(67)
4.2.1 钟控 RS 触发器	(67)
4.2.2 D 触发器	(69)
4.2.3 JK 触发器	(70)
4.3 集成触发器	(71)
※ 4.3.1 电平触发器	(71)
4.3.2 主从触发器	(72)
4.3.3 边沿触发器	(73)
4.3.4 触发器的异步输入端	(77)
本章小结	(78)
思考题和习题 4	(80)
第 5 章 时序逻辑电路	(83)
5.1 时序逻辑电路的分析和设计方法	(83)

5.1.1 时序逻辑电路概述	(83)
5.1.2 时序逻辑电路的分析方法	(84)
5.1.3 时序逻辑电路的设计方法	(87)
5.2 同步计数器	(92)
5.2.1 同步二进制计数器	(92)
5.2.2 同步非二进制计数器	(96)
5.2.3 集成同步计数器	(99)
※ 5.3 异步计数器	(103)
5.3.1 异步计数器分析	(103)
5.3.2 集成异步计数器	(104)
5.4 寄存器	(107)
5.4.1 数据寄存器	(107)
5.4.2 移位寄存器	(110)
本章小结	(116)
思考题和习题 5	(116)
第 6 章 半导体存储器和可编程逻辑器件	(119)
6.1 半导体存储器	(119)
6.1.1 半导体存储器的种类和用途	(119)
6.1.2 ROM/RAM 容量的扩展	(120)
6.2 ROM 应用举例	(122)
6.2.1 利用 ROM 实现组合逻辑电路	(122)
6.2.2 利用 ROM 实现数学函数表	(123)
※ 6.3 半导体存储器的使用方法	(123)
6.3.1 静态 RAM 的使用方法	(123)
6.3.2 EPROM 的使用方法	(124)
6.3.3 PROM 的使用方法	(125)
※ 6.4 可编程逻辑器件 (PLD)	(126)
6.4.1 可编程逻辑阵列 (PLA)	(127)
6.4.2 可编程阵列逻辑 (PAL)	(127)
6.4.3 通用阵列逻辑 (GAL)	(128)
本章小结	(129)
思考题和习题 6	(130)
第 7 章 脉冲产生和整形电路	(131)
7.1 555 时基集成电路	(131)
7.1.1 555 时基集成电路的分类	(131)
7.1.2 555 时基集成电路的组成	(132)
7.1.3 555 时基集成电路的功能	(133)
※ 7.1.4 555 时基集电路的主要参数	(134)



※ 7.2	555 时基集成芯片的应用	(135)
7.2.1	施密特触发器	(135)
7.2.2	单稳态触发器	(136)
7.2.3	多谐振荡器	(138)
※ 7.3	图像接收机中的脉冲电路	(140)
7.3.1	偏转用的锯齿波电流	(140)
7.3.2	水平偏转电路	(140)
7.3.3	垂直偏转电路	(141)
本章小结		(142)
思考题和习题 7		(143)
第 8 章	数 / 模转换和模 / 数转换	(145)
8.1	概述	(145)
8.1.1	A/D 和 D/A 转换器	(145)
※ 8.1.2	DAC 的主要性能指标	(146)
※ 8.1.3	ADC 的主要性能指标	(147)
8.2	数 / 模转换器(DAC)	(148)
8.2.1	权电阻网络 D/A 转换器	(149)
8.2.2	倒 T 型电阻网络 D/A 转换器	(150)
8.2.3	8 位 DAC 集成芯片及其应用	(152)
8.3	模 / 数转换器(ADC)	(155)
8.3.1	ADC 的基本原理	(156)
8.3.2	直接 A/D 转换器	(158)
8.3.3	间接 A/D 转换器	(160)
8.3.4	集成芯片 ADC0809 及其应用	(163)
本章小结		(165)
思考题和习题 8		(165)
附录 A	电气图用图形符号二进制逻辑单元(GB4728.12—85)简介	(167)
A.1	二进制逻辑单元图形符号的组成	(167)
A.1.1	方框	(167)
A.1.2	定性符号	(168)
A.2	关联标注法	(170)
A.2.1	约定	(171)
A.2.2	关联类型及用途	(171)
A.3	逻辑状态、逻辑电平与逻辑约定	(172)
A.3.1	内、外部逻辑状态与逻辑电平	(172)
A.3.2	逻辑约定	(172)
A.4	典型逻辑器件图形符号示例	(173)
附录 B	常用逻辑符号对照表	(175)



附录 C 常用数字集成电路引脚排列图	(177)
C.1 TTL 数字集成电路	(177)
C.2 CMOS 集成电路	(180)
附录 D TTL 与 CMOS 逻辑门电路的技术参数	(184)
附录 E 数字电路用于 CPU 与 STD 总线间接口举例	(185)
参考文献	(187)

第 1 章 数字逻辑基础



内容提要与学习要求

本章首先介绍数字信号、数字技术和数字系统等基本概念,然后介绍计算机中各种进制数的表示方法,最后介绍逻辑代数的基本概念、公式和定理,逻辑函数的代数化简法和卡诺图化简法。逻辑代数是分析及设计数字电路的基本工具,逻辑函数化简是数字电路分析及设计的基础。

通过本章的学习,应达到以下要求:

- (1) 理解数字信号和数字系统的基本概念,掌握二进制数的表示方法,理解 8421 BCD 码;
- (2) 熟练掌握逻辑代数的基本逻辑运算和基本定律,熟练掌握代数法和卡诺图法化简逻辑函数的基本方法;
- (3) 熟悉几种常用的数字器件及其逻辑符号的表示方法。

1.1 数字电路概述

1.1.1 数字信号和模拟信号

模拟信号是在时间和幅值上都连续变化的信号,如温度、压力、磁场、电场等物理量通过传感器变成的电信号,模拟语音的音频信号和模拟图像的视频信号等,如图 1.1(a)所示。对模拟信号进行传输、处理的电子线路称为模拟电路。数字信号是在时间和幅值上都不连续,并取一定离散数值的信号,通常是由数字 0 和 1,也可以说是由低电平电信号和高电平电信号组成的信号。例如,计算机中各部件之间传输的信息、VCD 中的音视频信号等,如图 1.1(b)所示。对数字信号进行传输、处理的电子线路称为数字电路,如数字电子钟、数字万用表的电子电路都是由数字电路组成的。

1.1.2 数字技术和数字系统

数字信号和模拟信号之间可以相互转换,模拟信号经过取样、量化、编码转换为数字信号的过程称为模 / 数转换 (A / D 转换或 ADC)。对模拟信号进行数字式处理时,只要取样频率大于或等于信号最高频率的两倍,并有足够的二进制位数来表示每一个取样信号,就可以用序列的离散二进制数来表示模拟信号,并可以根据它的离散值恢复出原始的离散信号。

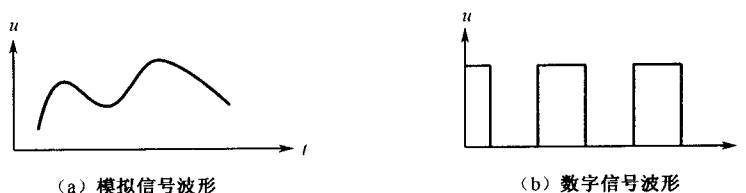


图 1.1 模拟信号和数字信号的电压—时间波形

数字技术就是为了适应和满足不同的应用需要，通过变换电路把模拟信号变成由 0 和 1 组成的数字信号，然后由数字系统对数字信号进行存储、运算、处理、变换、合成等。所谓数字系统，是指交互式的以离散形式表示的具有存储、传输、处理信息能力的逻辑子系统的集合物。简言之，输入和输出都是数字信号而且具有存储、传输、处理信息能力的系统称为数字系统。一台微型计算机就是一个典型的、完善的数字系统。

随着数字技术的不断发展，采用数字系统来处理模拟信号将会越来越普遍，数字电路被广泛应用于数字电子计算机、数字通信系统、数字式仪表、数字控制装置及工业自动化系统等领域。数字系统具有如下几个优点。

1. 精度高

模拟系统的精度主要取决于电路中元器件的精度，模拟电路中元器件的精度一般很难达到 10^{-3} 以上；数字系统的精度主要取决于表示信息的二进制的位数即字长，数字系统 17 位字长就可达到 10^{-5} 的精度，在一些高精密的系统中还可以通过增加字长来进一步提高精度。

2. 可靠性强

因为数字系统只有两个电平信号：“1”和“0”，受噪声和环境条件的影响小，不像模拟系统各参数易受温度、电磁感应、振动等环境条件的影响；另外，数字系统多采用大规模集成电路，其故障率远比采用众多分立元件构成的模拟系统低。

3. 应用范围广

数字系统不但适用于数值信息的处理，而且适用于非数值性信息的处理，而模拟系统却只能处理数值信息。

4. 集成度高且成本低

由于数字电路主要工作在饱和截止状态，对元件的参数要求不高，便于大规模集成和生产，随着微电子技术的发展，可以以更低的成本和更高的性能来开发更复杂的数字系统，即大规模、超大规模数字集成电路；尽管模拟系统集成化的开发成本在不断下降，性能也在不断增强，但由于基本数字器件的简单性，数字系统集成化发展更为迅速。另外，数字系统处理信息可以采用通用的信息处理系统（如计算机）来处理不同的任务，从而减少专门系统的成本。

5. 使用效率高

数字系统的一个最大的优点是所谓的“时分复用”，即可利用同一数字信号处理器同时处



理几个通道的信号。如图 1.2 所示,在“同步控制器”控制下,各路输入信号按先后顺序分别送入“数字信号处理器”进行处理,然后分别送给各路输出,处理器的运算速度越高,它能同时处理的信道数也就越多。

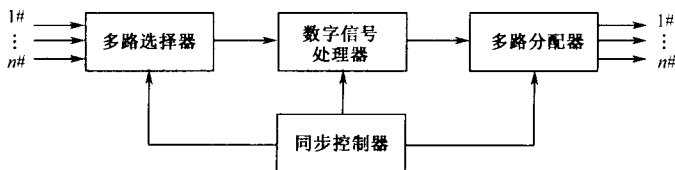


图 1.2 时分复用的数字系统

※ 1.1.3 数字逻辑和逻辑代数

数字电路与模拟电路之间,除了输入、输出和处理的信号不同之外,还有一个主要区别就是输入和输出之间表达的关系不同。模拟电路输入和输出之间表达的是一种数值关系,而数字电路输入和输出之间表达的是一种因果关系,即逻辑关系。因此,数字电路也称为逻辑电路,或称为数字逻辑电路。

在数字电路中,输出和输入变量都是只有两种状态的逻辑变量。逻辑变量的两种状态分别是状态为“真”和状态为“假”,通常用数字 1 表示“真”,用数字 0 表示“假”。逻辑变量的取值只能在数字 0 和 1 中选择,而不能有第三种取值。数字电路中基本的逻辑关系(或称逻辑运算)有逻辑与、逻辑或和逻辑非,由这三种基本逻辑运算可以组成多种复合逻辑运算。

实现逻辑运算的电路,称为逻辑门。逻辑门是组成数字电路的最小单元。数字逻辑电路根据功能和结构特点不同,可划分为组合逻辑电路和时序逻辑电路。组合逻辑电路完全是由逻辑门构成的,不包含存储器件。数字逻辑电路的存储功能是由存储器件完成的,最基本的存储器件是触发器。时序逻辑电路是既包含存储器件又包含逻辑门的电路。在数字逻辑电路实际应用中,通常既包括组合逻辑电路,又包括时序逻辑电路。

逻辑代数是分析和设计数字逻辑电路的数学工具,也称为布尔代数或开关代数。开关代数是 1938 年在美国贝尔电话实验室工作的数学家、现代信息理论的创始人克劳德·仙农提出的。开关代数实际上是将近百年前英国数学家和逻辑学家乔治·布尔创立的布尔代数直接运用于开关电路的结果,也就是将前面提及的开关代数与、或、非逻辑运算应用于开关电路的分析和设计。尽管开关代数仅是布尔代数的一种特殊情况,即二值的布尔代数,但是大多数人还是习惯使用术语“布尔代数”。目前,一般情况下所提的布尔代数、逻辑代数都是开关代数,而不是早期的布尔代数。

布尔在 1854 年发表的《思维的规律》中,把公元前 300 年的希腊哲学家亚里士多德提出的逻辑概念简化为代数符号,并用于描述人们语言表达的复杂逻辑关系。这种对语言逻辑符号的描述是非常重要的。仙农的开关代数在逻辑上将人们对电路的复杂和意义不确切的文字描述转换为简洁明了的数学描述——逻辑表达式,将原来仅停留在数学涵义上的布尔代数应用于工程实际。这个理论是非常有意义的,因为它由此揭开了开关网络系统(即数字系统分析和设计)的新篇章,同时也奠定了计算机逻辑设计的理论基础。

※ 1.2 数制与编码

1.2.1 二进制数

如果用表达两种状态的方法来表示 1 个数位, 就是二进制数的表示方法。比如手指头, 可以弯下也可以伸直, 若约定弯下的状态与“1”对应, 伸直的状态与“0”对应, 则用手指就可以表示二进制数。图 1.3 示出了把右手的拇指弯下来表示第 1 位数。由于一只手有 5 个手指, 故可以表达 5 位数。图 1.3 所表示的是“00001”。由于食指是第 2 位, 所以图 1.4 所示的二进制数为“00010”。

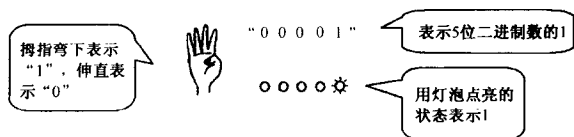


图 1.3 用手指表示二进制的“1”

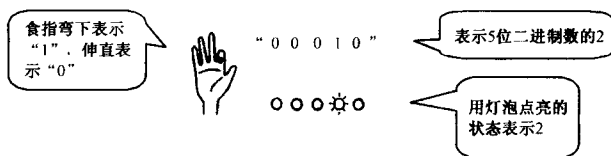


图 1.4 用手指表示二进制的“2”

如果用十进制数来表达的话, 则数字 0~9 用 1 个数位即可表示, 但是二进制的数却只有“0”和“1”两个值。因此, “2”就必须用第 2 个数位来表示。然而, 不管是谁, 在刚开始学数数时, 都有过用两只手从 1 数到 10 的经历。在这种情况下, 只能用 1 只手表示 5 个数, 两只手表示 10 个数。所以只能记忆十进制数的 1~10。可是如果采用图 1.3、图 1.4 所示方法, 则可以表达到十进制数的 1~1023。

表 1.1 给出了十进制数的 0~15 和二进制数的 0000~1111 的表示方法。这里, 为防止混淆, 十进制数用 $()_{10}$ 表示, 二进制数用 $()_2$ 表示。

十进制数用 1 个数位即可表示 $(1)_{10} \sim (9)_{10}$, 但若用二进制数表示, 则由于 $(9)_{10}$ 是 $(1001)_2$, 故十进制数中的 $(9)_{10}$ 在二进制数中需用 4 个数位表示。另外, 由于 $(111)_2 = (7)_{10}$, 故用二进制数的 3 个数位只能表示到十进制数的 $(7)_{10}$; 由于 $(1111)_2 = (15)_{10}$, 则二进制数的 4 个数位可以表达到十进制数的 15。

1.2.2 比特

在二进制中, 把相当于位的数叫做比特 (bit: binary digit)。现在看一下各个数位所表示的数。由表 1.1 可知, 二进制数中第一个数位的“1”表示 $(1)_{10}$, 第二个数位的“1”表示 $(2)_{10}$, 第三个数位的“1”表示 $(4)_{10}$, 第四个数位的“1”表示 $(8)_{10}$, 依次类推, 形成表 1.2。一般来说, 一个 n 位二进制数中第 i 个数位的“1”表示数值 2^{i-1} 。这个值叫做二进制数



的权($i=1, 2, \dots, n$)。第一个数位是最低的数位叫做最低有效位 (LSB: Least Significant Bit), 第 n 个数位是最高的数位叫做最高有效位 (MSB: Most Significant Bit)。

一个二进制数对应的十进制数值就是数位为“1”的各位权值之和。

表 1.1 二进制数与十进制数的比较

二进制数	十进制数
0000	0
0001	1
0010	2
0011	3
0100	4
0101	5
0110	6
0111	7
1000	8
1001	9
1010	10
1011	11
1100	12
1101	13
1110	14
1111	15

表 1.2 二进制数数位的权

n 位	各位的二进制数	权的十进制数	用乘方表示的权
1	1	1	2^0
2	10	2	2^1
3	100	4	2^2
4	1000	8	2^3
5	10000	16	2^4
6	100000	32	2^5
7	1000000	64	2^6
8	10000000	128	2^7
9	100000000	256	2^8
10	1000000000	512	2^9

例 1.1 $(11001)_2 = (?)_{10}$

解: $(11001)_2 = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0$
 $= 16 + 8 + 0 + 0 + 1 = (25)_{10}$

1.2.3 二进制小数表示

把二进制数数位的权进行扩展, 表 1.3 列出了 5 位小数数位的权。 2^{-1} 的数位是小数第 1