

新
版

21世纪

高职高专系列教材

数字电子技术 学习指导与习题解答

©张志良 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



21 世纪高职高专系列教材

数字电子技术学习指导 与习题解答

张志良 主编
华天京 副主编
邵菁 参编
张慧莉 参编



机械工业出版社

本书是与张志良主编的《数字电子技术基础》配套的学习指导与习题解答教材。但也自成体系,可单独使用。每章均给出了基本知识点、重点与难点、典型例题分析和习题解答,对数字电子技术主要内容进行全面、扼要的分析和总结,帮助读者把握教材的基本要求、重点和难点,并通过典型例题分析、复习思考题和习题,加深读者对基本概念的理解,提高分析和解决问题的能力。

本书共有各种不同层次的习题 1000 余道,相当于一本习题集,并给出了全部解答。

本书适用于高职高专院校“数字电子技术”课程的教学参考书或自学指导书,也可供工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术学习指导与习题解答/张志良主编. —北京:机械工业出版社, 2007.7

(21 世纪高职高专系列教材)

ISBN 978-7-111-21517-2

I. 数… II. 张… III. 数字电路—电子技术—高等学校:技术学校—教学参考资料 IV. TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 070779 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:赵丽欣 王 颖

责任印制:洪汉军

三河市宏达印刷有限公司印刷

2007 年 7 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·14.5 印张·353 千字

0001—5000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-21517-2

定价:21.00 元

凡购本书,如有缺页,倒页,脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379739

封面无防伪标均为盗版

目录

21 世纪高职高专电子技术专业系列教材 编委会成员名单

主 任 曹建林

副 主 任 张中洲 张福强 祖 炬 董维佳

俞 宁 蒋蒙安 吕何新 伍湘彬

任德齐 华永平 吴元凯

委 员 (按姓氏笔画排序)

马 彪 邓 红 王树忠 王新新 尹立贤

白直灿 包中婷 冯满顺 华天京 吉雪峰

刘美玲 刘 涛 孙吉云 孙津平 朱晓红

李菊芳 邢树忠 陈子聪 杨元挺 张立群

张锡平 苟爱梅 姚建永 曹 毅 崔金辉

黄永定 章大钧 彭文敏 曾日波 谭克清

秘 书 长 胡毓坚

副秘书长 戴红霞

出版说明

根据《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》中提出的高等职业院校必须把培养学生动手能力、实践能力和可持续发展能力放在突出的地位,促进学生技能的培养,以及教材内容要紧密结合生产实际,并注意及时跟踪先进技术的发展等指导精神,机械工业出版社组织全国近 60 所高等职业院校的骨干教师对在 2001 年出版的“面向 21 世纪高职高专系列教材”进行了全面的修订和增补,并更名为“21 世纪高职高专系列教材”。

本系列教材是由高职高专计算机专业、电子技术专业和机电专业教材编委会分别会同各高职高专院校的一线骨干教师,针对相关专业的课程设置,融合教学中的实践经验,同时吸收高等职业教育改革的成果而编写完成的,具有“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理和叙述通俗”的编写特色。在几年的教学实践中,本系列教材获得了较高的评价,并有多品种被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。在修订和增补过程中,除了保持原有特色外,针对课程的不同性质采取了不同的优化措施。其中,核心基础课的教材在保持扎实的理论基础的同时,增加实训和习题;实践性较强的课程强调理论与实训紧密结合;涉及实用技术的课程则在教材中引入了最新的知识、技术、工艺和方法。同时,根据实际教学的需要对部分课程进行了整合。

归纳起来,本系列教材具有以下特点:

- (1) 围绕培养学生的职业技能这条主线来设计教材的结构、内容和形式。
- (2) 合理安排基础知识和实践知识的比例。基础知识以“必需、够用”为度,强调专业技术应用能力的训练,适当增加实训环节。
- (3) 符合高职学生的学习特点和认知规律。对基本理论和方法的论述要容易理解、清晰简洁,多用图表来表达信息;增加相关技术在生产中的应用实例,引导学生主动学习。
- (4) 教材内容紧随技术和经济的发展而更新,及时将新知识、新技术、新工艺和新案例等引入教材。同时注重吸收最新的教学理念,并积极支持新专业的教材建设。
- (5) 注重立体化教材建设。通过主教材、电子教案、配套素材光盘、实训指导和习题及解答等教学资源的有机结合,提高教学服务水平,为高素质技能型人才的培养创造良好的条件。

由于我国高等职业教育改革和发展的速度很快,加之我们的水平和经验有限,因此在教材的编写和出版过程中难免出现问题和错误。我们恳请使用这套教材的师生及时向我们反馈质量信息,以利于我们今后不断提高教材的出版质量,为广大师生提供更多、更适用的教材。

机械工业出版社

前言

本书是与张志良主编的《数字电子技术基础》配套的学习指导与习题解答，但也自成体系，可单独使用。每章均给出了基本知识点、重点与难点、典型例题分析和习题解答，对数字电子技术的主要内容进行全面、扼要的分析和总结，帮助读者把握教材的基本要求、重点和难点，并通过典型例题、复习思考题解答和习题解答，加深读者对基本概念的理解，提高分析和解决问题的能力。

本书在编写中注意了以下几点：(1) 在阐明基本概念的基础上，侧重外部特性分析，侧重结论和结论的应用，侧重中规模集成电路应用。

(2) 文字叙述注重条理化，使学生容易理解、容易记忆，也便于教师教学。对学生不易理解和容易混淆的概念，给出较为详尽的解说，便于学生自学。

(3) 习题编排注意针对性（基本上每一个基本概念均有习题）、可布置性（单一概念多，判断题、填空题、选择题多，模仿题多）、实用性（有典型应用和实际应用价值）。

(4) 习题量多，共有 1000 余道，相当于一本习题集。并给出全部解答，既便于学生练习，又便于教师选用和批改作业。

(5) 增加了“数字电路基础实验”，可由学生利用面包板、简易电源、集成块和少量电子元件在课下练习和完成。

本书适用于高职高专院校“数字电子技术”课程的教学参考书或自学指导书，也可供工程技术人员学习参考。

本书由上海电子信息职业技术学院高级讲师张志良任主编，华天京任副主编，邵菁、张慧莉参编。其中第 1、2、3 章由华天京编写，第 4、6 章由张慧莉编写，第 5、7 章由邵菁编写，其余部分由张志良编写并统稿。上海电子信息职业技术学院沈新宝、洪志刚、谭克清老师审阅了部分书稿。

限于编者水平，书中错误不妥之处，请读者批评指正。

编者：华天京、邵菁、张慧莉

审稿：邵菁、张慧莉

校对：邵菁、张慧莉

设计：邵菁、张慧莉

排版：邵菁、张慧莉

印刷：邵菁、张慧莉

数字电子技术学习方法建议

电子技术飞速发展,电子产品日新月异。数字电路已十分广泛地应用于数字通信、自动控制、家用电器、仪器仪表、计算机等各个领域。数字电路的迅猛发展,标志着电子技术发展到了一个新的阶段,当今电子技术的飞速发展是以数字化作为主要标志的。因此,数字电子技术是高职高专工科类专业的一门非常重要的专业基础课。

一、学习数字电子技术课程的基本要求

电子技术根据其传输信号的性质可分为模拟电子技术和数字电子技术,数字电子技术是电子技术中发展最快的一部分,各种专用功能大规模集成电路大量涌现,中小规模数字集成电路单独应用越来越少,而是作为单元电路集成在专用功能大规模集成电路之中。智能化单片机技术的发展,使软件替代硬件功能成为可能。例如计数、延时、波形发生、组合逻辑功能等。因此,数字电子技术传统教材和教学侧重点也应据此作相应调整。从学习和应用的角度看,主要有以下几点:

① 在理解基本原理的基础上,侧重结论和结论的应用。例如,门电路的电压传输特性、输入伏安特性、输入负载特性、输出拉电流负载特性和输出灌电流负载特性对门电路的应用很重要,但分析起来较复杂,我们只需要记住这些特性的结论和学会结论的应用。

② 在理解基本概念的基础上,侧重数字集成电路外部特性分析,淡化内部的具体电路结构。例如与或非门电路、触发器、计数器的基本概念很重要,但由分立元件组成门电路、由门电路组成触发器、由触发器组成计数器的具体电路结构就不需深入展开。A/D、D/A 转换、存储器很重要,但只需熟悉其应用特点,具体电路结构就不需深入展开;又因其主要用于微机系统,甚至已植入单片机芯片内部,在数字电路中单独应用就不需要展开。

③ 在理解基本概念的基础上,重视具体数字集成电路芯片的应用。高职教育的要求是培养应用型人才,重点应放在“应用”上。“应用”就必然涉及到具体的数字集成电路芯片的应用。

高职高专应用电子技术专业的学生,学习数字电子技术,具体可从以下三个方面入手:掌握基本概念、熟悉基本单元电路和学会基本应用。

(1) 掌握基本概念

掌握以下基本概念:二进制数;与、或、非基本逻辑运算;门电路及其输入/输出特性;组合逻辑电路和时序逻辑电路;竞争与冒险;D/A 和 A/D 转换;ROM 和 RAM 等。

(2) 熟悉基本单元电路

熟悉以下基本单元电路:TTL 和 CMOS 门电路;编码器、译码器、数据选择器、模拟开关、加法器;JK 触发器和 D 触发器;数码寄存器和移位寄存器;计数器;顺序脉冲发生器;施密特触发器;单稳态电路;多谐振荡器;555 定时器等。

(3) 学会基本应用

学会以下基本应用:组合逻辑控制;显示译码;N 进制加减计数;脉冲波产生和变换;D/A 和 A/D 转换;ROM 和 RAM 应用等。

具体要求可参阅本书每章的“重点和难点”。

二、学习数字电子技术为什么比较难

学习数字电子技术比较难的原因主要有两个:

① 数字电子技术内容广、概念多、关联度强,有大量名词、概念、参数,需要理解,需要记忆,需要应用。解释一个名词概念,常会引出另外一大堆名词概念。前面内容未学好,后面内容很难学。而且,真正学好数字电子技术,还需要加强实验实践,提高动手实践能力。

② 要有好的学习方法。数字电子技术名词概念多,关联度强,需要理解记忆,需要整理归纳,这都要求学生不但要在上课时专心听讲,而且要在课后及时复习,及时完成作业。另外,学生还应通过实验培养自己的动手能力和学习兴趣。

三、学习方法建议

学习数字电子技术与其他课程的基本方法是相同的,但也有其自身的特点和要求,在学习时需注意以下几个方面。

(1) 理解

理解是学习的基础,不理解就没法学下去。就像建造高楼大厦,基础未打好,下层未巩固,怎么能造上去呢?对于数字电子技术来讲,不理解二进制数、门电路和触发器等基础知识怎么能应用它们呢?不理解基本单元电路的特性,怎么能把它们组成基本功能电路?许多学生之所以学不好数字电子技术,是因为前面的内容不理解,后面的内容没法学。数字电子技术是一门前后内容联系紧密的课程,必须理解。为了达到理解,又须做到以下几点:

① 课前预习,能增强听课效果,利于理解。

② 课后复习,巩固理解。

③ 多做练习,深入理解。

(2) 记忆

记忆是学习的支柱,不记忆数字电子技术中一些基本和必要的内容,就无法达到应用的目的。数字电子技术课程含有大量的、学生从未接触过的名词和概念,需要学生理解记忆,在理解的基础上记忆。

(3) 多练

要达到上述理解和记忆的目标,离不开多练,俗话说“熟能生巧”就是这个道理。这里所说的“练”是指自己动手练,如果自己不动,只看老师练,看同学练,只看书中例题和习题解答练,那么这种练意义就不大。可能开始练时会遇到困难,可先从模仿练起。

(4) 实验实践

数字电子技术是一门实践性很强的课程,学习的最终目的是为了应用,因此需要多实验、多实践,才能进一步深刻理解并巩固已学到的概念和理论知识。

数字电子技术实验实践至少有两个好处:一是帮助理解理论知识;二是提高学习数字电子技术课程的兴趣。原来理论上不太清楚的,一做实验就清楚了;原来理解不深刻的,一做实验就理解透彻了;有了学习兴趣又会反过来促进学习的自觉性和积极性。因此有条件的院校应尽量有计划地由浅入深地多安排学生做一些实验实践。若最后能用1~2周时间开设数字电子技术课程设计,搞一些小制作、小设计,定能收到好的效果。

目 录

出版说明	3.6 自我检测题	91
前言	第4章 触发器	94
数字电子技术学习方法建议	4.1 基本知识点	94
第1章 数字逻辑基础	4.1.1 触发器的基本概念	94
1.1 基本知识点	4.1.2 功能触发器	95
1.1.1 数字电路概述	4.1.3 集成触发器的应用	97
1.1.2 数制与编码	4.2 重点与难点	97
1.1.3 逻辑代数基础	4.3 典型例题分析	98
1.1.4 逻辑函数	4.4 复习思考题解答	100
1.2 重点与难点	4.5 习题解答	103
1.3 典型例题分析	4.6 自我检测题	115
1.4 复习思考题解答	第5章 时序逻辑电路	117
1.5 习题解答	5.1 基本知识点	117
1.6 自我检测题	5.1.1 时序逻辑电路的基本概念	117
第2章 逻辑门电路	5.1.2 寄存器	117
2.1 基本知识点	5.1.3 计数器	119
2.1.1 分立元件门电路概述	5.1.4 顺序脉冲发生器	121
2.1.2 TTL集成门电路	5.2 重点与难点	122
2.1.3 CMOS集成门电路	5.3 典型例题分析	123
2.1.4 常用集成门电路	5.4 复习思考题解答	126
2.2 重点与难点	5.5 习题解答	132
2.3 典型例题分析	5.6 自我检测题	149
2.4 复习思考题解答	第6章 脉冲波的产生与变换	
2.5 习题解答	电路	152
2.6 自我检测题	6.1 基本知识点	152
第3章 组合逻辑电路	6.1.1 施密特触发器	152
3.1 基本知识点	6.1.2 单稳态触发器	152
3.1.1 组合逻辑电路的基本概念	6.1.3 多谐振荡器	152
3.1.2 编码器和译码器	6.1.4 石英晶体多谐振荡器	153
3.1.3 数据选择器和数据分配器	6.1.5 555定时器	153
3.1.4 加法器	6.2 重点与难点	155
3.1.5 组合逻辑电路的竞争冒险现象	6.3 典型例题分析	155
3.2 重点与难点	6.4 复习思考题解答	157
3.3 典型例题分析	6.5 习题解答	162
3.4 复习思考题解答	6.6 自我检测题	174
3.5 习题解答	第7章 数模转换和模数转换电路	176

7.1 基本知识点	176	8.6 自我检测题	200
7.1.1 数模转换和模数转换基本 概念	176	第9章 数字电路基础实验	201
7.1.2 数模转换电路	176	9.1 逻辑门电路	201
7.1.3 模数转换电路	177	9.2 门电路特性参数测试	202
7.2 重点与难点	179	9.3 组合逻辑电路	203
7.3 典型例题分析	180	9.4 集成编码器	204
7.4 复习思考题解答	180	9.5 集成译码器	205
7.5 习题解答	185	9.6 集成显示译码器	206
7.6 自我检测题	189	9.7 集成数据选择器和多路模拟 开关	207
第8章 半导体存储器与可编程逻辑 器件	190	9.8 触发器	208
8.1 基本知识点	190	9.9 集成寄存器	209
8.1.1 半导体存储器	190	9.10 集成计数器	210
8.1.2 可编程逻辑器件	192	9.11 集成顺序脉冲发生器	211
8.2 重点与难点	193	9.12 多谐振荡器	212
8.3 典型例题分析	193	9.13 秒信号发生器	213
8.4 复习思考题解答	194	9.14 集成单稳态电路	213
8.5 习题解答	197	9.15 555 定时电路	214
		自我检测题答案	216

第 1 章 数字逻辑基础

1.1 基本知识

1.1.1 数字电路概述

1. 模拟电路和数字电路

在时间上和数值上都是连续变化的信号,称为模拟信号。处理模拟信号的电子电路称为模拟电路。

在时间上和数值上都是离散(变化不连续)的信号,称为数字信号。处理数字信号的电子电路称为数字电路。

2. 数字电路的特点

① 数字电路内部的晶体管(包括单、双极型)主要工作在饱和导通或截止状态;模拟电路内部的晶体管主要工作在放大状态。

② 数字电路的信号只有两种状态:高电平和低电平,分别对应于(或代表)二进制数中的 1 和 0,表示信号的有和无,便于数据处理。

③ 数字电路结构相对简单,功耗较低,便于集成。

④ 数字电路抗干扰能力强。其原因是利用脉冲信号的有无传递 1 和 0 的数字信息,高低电平间容差较大,幅度较小的干扰不足以改变信号的有无状态。

⑤ 数字电路不仅能完成数值运算,而且还能进行逻辑运算和比较判断,从而在计算机系统中得到广泛应用。

3. 脉冲波形参数

脉冲波形的主要参数有脉冲幅度 U_m 、上升时间 t_r 、下降时间 t_f 、脉冲宽度 t_w 、脉冲周期 T 、重复频率 f 和占空比 q 。

1.1.2 数制与编码

1. 二进制数

(1) 主要特点

① 基数是 2。只有两个数码:0 和 1。

② 进位规则是“逢二进一”。

(2) 数值表达式

$$[N]_2 = b_{i-1} \times 2^{i-1} + b_{i-2} \times 2^{i-2} + \cdots + b_1 \times 2^1 + b_0 \times 2^0 = \sum_{n=0}^{i-1} b_n \times 2^n$$

2^{i-1} 、 2^{i-2} 、 $\cdots$ 、 2^1 、 2^0 称为二进制数各数位的权。

二进制数一般用 N_B 表示,尾缀 B 一般不能省略。

(3) 在数字电路和计算机中采用二进制数的原因

- ① 二进制数只有两个数码 0 和 1,代表两个不同的稳定状态,可用电路来实现。
- ② 运算规则简单,便于数据处理。

2. 十六进制数

(1) 主要特点

- ① 基数是 16。有 16 个数码:0、1、⋯、9、A、B、C、D、E、F。其中 A、B、C、D、E、F 分别代表 10、11、12、13、14、15。
- ② 进位规则是“逢十六进一”。

(2) 数值表达式

$$[N]_{16} = h_{i-1} \times 16^{i-1} + h_{i-2} \times 16^{i-2} + \cdots + h_1 \times 16^1 + h_0 \times 16^0 = \sum_{n=0}^{i-1} h_n \times 16^n$$

16ⁱ⁻¹、16ⁱ⁻²、⋯、16¹、16⁰ 称为十六进制数各位的权。

十六进制数一般用 N H 表示,尾缀 H 一般不能省略。

十六进制数与二进制数相比,大大缩小了位数,缩短了字长。

十六进制数、二进制数、十进制数对应关系表如表 1-1 所示。

表 1-1 十六进制数、二进制数和十进制数对应关系表

十 进 制 数	十六进制数	二 进 制 数	十 进 制 数	十六进制数	二 进 制 数
0	00H	0000B	11	0BH	1011B
1	01H	0001B	12	0CH	1100B
2	02H	0010B	13	0DH	1101B
3	03H	0011B	14	0EH	1110B
4	04H	0100B	15	0FH	1111B
5	05H	0101B	16	10H	0001 0000B
6	06H	0110B	17	11H	0001 0001B
7	07H	0111B	18	12H	0001 0010B
8	08H	1000B	19	13H	0001 0011B
9	09H	1001B	20	14H	0001 0100B
10	0AH	1010B	21	15H	0001 0101B

3. 不同进制数间相互转换

- ① 二进制数、十六进制数转换为十进制数——按位权展开相加。
- ② 十进制整数转换为二进制数——用“除 2 取余法”。
- ③ 十进制整数转换为十六进制数——用“除 16 取余法”。
- ④ 二进制数与十六进制数相互转换——按 4 位二进制数与 1 位十六进制数之间对应关系,相互代换。

4. 二进制数加减运算

(1) 二进制数加法运算

- 运算规则：
- ① 0 + 0 = 0
 - ② 0 + 1 = 1 + 0 = 1
 - ③ 1 + 1 = 10,向高位进位 1

运算方法:两个二进制数相加时,先将相同权位对齐,然后按运算规则从低到高逐位相加,若低位有进位,则必须同时加入。

(2) 二进制数减法运算

- 运算规则:
- ① $0-0=0$
 - ② $1-0=1$
 - ③ $1-1=0$
 - ④ $0-1=1$,向高位借位1

运算方法:两个二进制数相减时,先将相同权位对齐,然后按运算规则从低到高逐位相减。不够减时可向高位无条件借位,借1当2。

(3) 二进制数移位

二进制数左移一位(低位移进位为0),相当于该二进制数乘2;右移一位(高位移进位为0),移出位作废,相当于该二进制数除以2。

5. BCD 码

BCD 码也称为二-十进制码。

(1) 编码方法

BCD 码是十进制数,逢十进一,只是数符0~9用4位二进制码0000~1001表示而已。8421 BCD 码每4位以内按二进制进位;4位与4位之间按十进制进位。

(2) 转换关系

把数符0~9与0000~1001对应互换。

BCD 码与二进制数之间不能直接转换,通常需先转换为十进制数,然后再转换。注意BCD 码与二进制数之间的区别。

1.1.3 逻辑代数基础

逻辑代数又称布尔(Boole)代数,是研究逻辑电路的数学工具。逻辑代数与数学代数不同,逻辑代数不是研究变量大小之间的关系,而是分析研究变量之间的逻辑关系。

1. 基本逻辑运算

基本逻辑运算有三种:与、或、非。

(1) 与逻辑运算

逻辑关系:条件全部满足,结果才能产生。

逻辑表达式: $F = AB$

运算规则:① $0 \cdot 0 = 0$;② $0 \cdot 1 = 1 \cdot 0 = 0$;③ $1 \cdot 1 = 1$;

口诀:有0出0,全1出1。

逻辑电路符号:如图1-1a所示。

(2) 或逻辑运算

逻辑关系:条件只需一个满足,结果就能产生。

逻辑表达式: $F = A + B$

运算规则:① $0 + 0 = 0$;② $0 + 1 = 1 + 0 = 1$;③ $1 + 1 = 1$;

口诀:有1出1,全0出0。

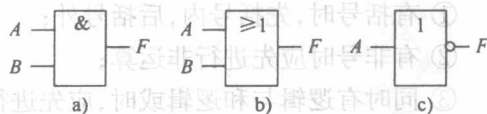


图 1-1 基本逻辑电路符号

a) 与 b) 或 c) 非

⑤ 交换律: $A \cdot B = B \cdot A$

$A + B = B + A$

图 1-1-2

⑥ 结合律: $A \cdot (B \cdot C) = (A \cdot B) \cdot C$

$A + (B + C) = (A + B) + C$

图 1-1-3

⑦ 分配律: $A \cdot (B + C) = AB + AC$

$A + B \cdot C = (A + B)(A + C)$

图 1-1-4

⑧ 吸收律: $A(A + B) = A$

$A + AB = A$

图 1-1-5

⑨ 反演律: $\overline{AB} = \overline{A} + \overline{B}$

$\overline{A + B} = \overline{A} \overline{B}$

图 1-1-6

⑩ 非非律: $\overline{\overline{A}} = A$

4. 逻辑代数三项规则

(1) 代入规则

任一逻辑等式,若将等式两边同一变量代之以一个逻辑函数,则等式仍然成立。

(2) 反演规则

若将原函数 F 中的原变量变为反变量,反变量变为原变量,“ $\cdot$ ”变为“ $+$ ”,“ $+$ ”变为“ $\cdot$ ”,“1”变为“0”,“0”变为“1”,则得到的新函数为原函数的反函数 $\overline{F}$ 。

(3) 对偶规则

若将逻辑函数中的“ $\cdot$ ”变为“ $+$ ”,“ $+$ ”变为“ $\cdot$ ”,“1”变为“0”,“0”变为“1”,则得到的新函数与原来的函数成对偶关系。

5. 逻辑代数常用公式

(1) $A + \overline{AB} = A + B$

(2) $AB + A\overline{B} = A$

(3) $AB + \overline{AC} + BC = AB + \overline{AC}$

1.1.4 逻辑函数

1. 逻辑函数定义

输入输出变量为逻辑变量的函数称为逻辑函数。

在数字电路中,逻辑变量只有逻辑 0 和逻辑 1 两种取值,它们之间没有大小之分,不同于数学中的 0 和 1。

2. 逻辑函数的表示方法

逻辑函数的表示方法主要有真值表、逻辑表达式、逻辑电路图、卡诺图和波形图等。

(1) 真值表

真值表是将输入逻辑变量各种可能的取值和相应的函数值排列在一起而组成的表格。

n 个逻辑变量可列出 2^n 种状态,按 $0 \rightarrow (2^n - 1)$ 排列。既不能遗漏,又不能重复。

(2) 逻辑表达式

逻辑表达式是用各逻辑变量相互间与、或、非逻辑运算组合表示的逻辑函数,相当于数学中的代数式、函数式。

书写逻辑表达式的方法是:把真值表中逻辑值为 1 的所有项相加(或);每一项中, A 、 B 、 C 的关系为“与”,变量值为 1 时取原码,变量值为 0 时取反码。

(3) 逻辑电路图

逻辑电路图是用规定的逻辑电路符号连接组成的电路图。

(4) 卡诺图

卡诺图是按一定规则画出的方格图,是真值表的另一种形式,主要用于化简逻辑函数。

(5) 波形图

波形图是逻辑函数输入变量每一种可能出现的取值与对应的输出值按时间顺序依次排列的图形,也称为时序图。波形图可通过实验观察,在逻辑分析仪和一些计算机仿真软件工具中,常用这种方法给出分析结果。

真值表、逻辑表达式、逻辑电路图、卡诺图和波形图具有对应关系,可相互转换。对同一逻辑函数,真值表、卡诺图和波形图具有唯一性;逻辑表达式和逻辑电路图可有多种不同的表达形式。

3. 逻辑函数的有关概念

(1) 最小项

定义:真值表中所有输入变量的组合称为最小项。

特点:① n 个逻辑变量有 2^n 个最小项;② 每项都包括了所有输入逻辑变量;③ 每个逻辑变量均以原变量或反变量形式出现一次。

将最小项按序编号,并使其编号值与变量组合值对应一致,记作 m_i 。

(2) 最小项表达式

由最小项组成的逻辑表达式称为最小项表达式,也称为与或表达式。

最小项表达式可用式: $F(A, B, C, \dots) = \sum m_i$ 表示。

(3) 最简与或表达式

条件:① 乘积项个数最少;② 每个乘积项中变量最少。

(4) 逻辑函数相等概念

若两个逻辑函数具有相同的真值表,则认为该两个逻辑函数相等。

4. 公式法化简逻辑函数

公式法化简逻辑函数是运用逻辑代数公式,消去多余的“与”项及“与”项中多余的因子。

公式法化简一般有以下几种方法:并项法、吸收法、消去法和配项法。

① 并项法是利用 $AB + A\bar{B} = A$ 将两个乘积项合并为一项,合并后消去一个互补的变量。

② 吸收法是利用公式 $A + AB = A$ 吸收多余的乘积项。

③ 消去法是利用 $A + \bar{A}B = A + B$ 消去多余的因子。

④ 配项法是利用 $X + \bar{X} = 1$,将某乘积项一项拆成两项,然后再与其他项合并,消去多余项。有时多出一项后,反而有利于化简逻辑函数。

5. 卡诺图化简逻辑函数

(1) 卡诺图

卡诺图是根据真值表按相邻原则排列而成的方格图,是真值表的另一种形式。

(2) 卡诺图主要特点

① n 变量卡诺图有 2^n 个方格,每个方格对应一个最小项。

② 相邻两个方格所代表的最小项只有一个变量不同;

(3) 3 变量和 4 变量逻辑函数卡诺图

如图 1-2a、b 所示。

		CD			
		00	01	11	10
AB	00	m_0	m_1	m_3	m_2
	01	m_4	m_5	m_7	m_6
	11	m_{12}	m_{13}	m_{15}	m_{14}
	10	m_8	m_9	m_{11}	m_{10}

a)

b)

图 1-2 卡诺图

a) 3 变量 b) 4 变量

(4) 卡诺圈合并

卡诺图的主要功能是合并相邻项。其方法是将最小项为1(称为1方格)的相邻项圈起来,称为卡诺圈。一个卡诺圈可以包含多个1方格,一个卡诺圈可以将多个1方格合并为一项。

(5) 卡诺图化简规则

① 卡诺圈内的1方格应尽可能多,卡诺圈越大,消去的乘积项数越多。但卡诺圈内的1方格个数必须为 2^n 个,即2、4、8、16等,不能是其他数字。

② 卡诺圈的个数应尽可能少,卡诺圈数即与或表达式中的乘积项数。

③ 每个卡诺圈中至少有一个1方格不属于其他卡诺圈。

④ 不能遗漏任何一个1方格。若某个1方格不能与其他1方格合并,可单独作为一个卡诺圈。

(6) 具有无关项的卡诺图化简

具有无关项的卡诺图化简时,无关项可以视作1,也可以视作0,以有利于化得最简为前提。

(7) 卡诺图化简的特点

卡诺图化简法的优点是简单、直观,而且有一定的操作步骤可循,化简过程中易于避免差错,便于检验逻辑表达式是否化至最简,初学者容易掌握。但逻辑变量超过5个(含)时,将失去简单直观的优点,也就没有太大的实用意义了。

公式法化简的优点是它的使用不受条件限制,但化简时没有一定的操作步骤可循,主要靠熟练、技巧和经验;且一般较难判定逻辑表达式是否化至最简。

1.2 重点与难点

本章内容为数字电路基础知识,是学习数字电路的入门篇。以理解和掌握二进制数、与或非基本逻辑运算、逻辑代数基本定律和逻辑函数的基本概念为重点。

1. 重点

(1) 数字电路概述

① 理解数字电路和模拟电路的区别。

② 理解数字电路的特点。

③ 理解脉冲 waveform 的主要参数。

(2) 数制与编码

① 熟悉二进制数和十六进制数。

② 掌握不同进制数间相互转换;熟记十六进制数、二进制数、十进制数对应关系表。

③ 掌握二进制数加减运算方法;了解二进制数移位操作结果。

④ 理解8421 BCD码编码方法和与十进制数转换的方法。

(3) 逻辑代数基础

① 掌握与、或、非三种基本逻辑运算的逻辑关系、逻辑表达式、运算规则;熟记逻辑运算口诀和逻辑电路符号。

② 理解几种主要复合逻辑运算;理解多种逻辑运算组合时的运算次序规则。