



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会推荐教材  
电子信息学科基础课程系列教材

# 逻辑与数字系统设计 学习指导及题解

李晶皎 李景宏 闫爱云 王爱侠 编著

清华大学出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会推荐教材  
电子信息学科基础课程系列教材

# 逻辑与数字系统设计 学习指导及题解

李晶皎 李景宏 闫爱云 王爱侠 编著

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材《逻辑与数字系统设计》(李晶皎、李景宏、曹阳编著,清华大学出版社出版)的配套用书。前9章的主要内容是教材各章的学习要点、例题解析和习题解答。后面的两个附录是2006年以来东北大学研究生入学考试试题和考题解答。

本书可作为高等学校计算机类、电子类、自动化类等有关专业学生的辅导教材,也可作为研究生入学考试的指导用书,还可作为教师的参考用书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

## 图书在版编目(CIP)数据

逻辑与数字系统设计学习指导及题解/李晶皎,李景宏,闫爱云,王爱侠编著. —北京:清华大学出版社,2010.2

(电子信息学科基础课程系列教材)

ISBN 978-7-302-21531-8

I. 逻… II. ①李… ②李… ③闫… ④王… III. ①数字逻辑—高等学校—教学参考资料 ②数字系统—系统设计—高等学校—教学参考资料 IV. ①TP331.2 ②TP271

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 216210 号

责任编辑: 陈志辉 刘佩伟

责任校对: 梁毅

责任印制: 杨艳

出版发行: 清华大学出版社

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

社总机: 010-62770175

投稿与读者服务: 010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈: 010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印刷者: 北京嘉实印刷有限公司

装订者: 三河市李旗庄少明装订厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260 印 张: 14.75 字 数: 361 千字

版 次: 2010年2月第1版 印 次: 2010年2月第1次印刷

印 数: 1~3000

定 价: 23.00 元

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编: 100084

邮 购: 010-62786544



本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号: 024306-01

《电子信息学科基础课程系列教材》  
编 审 委 员 会

主任委员

王志功(东南大学)

委员 (按姓氏笔画)

马旭东(东南大学)	邓建国(西安交通大学)
王小海(浙江大学)	王诗宓(清华大学)
王 萍(天津大学)	王福昌(华中科技大学)
刘宗行(重庆大学)	刘润华(中国石油大学)
刘新元(北京大学)	张 石(东北大学)
张晓林(北京航空航天大学)	沈连丰(东南大学)
陈后金(北京交通大学)	郑宝玉(南京邮电大学)
郭宝龙(西安电子科技大学)	柯亨玉(武汉大学)
高上凯(清华大学)	高小榕(清华大学)
徐淑华(青岛大学)	袁建生(清华大学)
崔 翔(华北电力大学)	傅丰林(西安电子科技大学)
董在望(清华大学)	曾孝平(重庆大学)
蒋宗礼(北京工业大学)	

## 《电子信息学科基础课程系列教材》 丛书序

电子信息学科是当今世界上发展最快的学科,作为众多应用技术的理论基础,对人类文明的发展起着重要的作用。它包含诸如电子科学与技术、电子信息工程、通信工程和微波工程等一系列子学科,同时涉及计算机、自动化和生物电子等众多相关学科。对于这样一个庞大的体系,想要在学校将所有知识教给学生已不可能。以专业教育为主要目的的大学教育,必须对自己的学科知识体系进行必要的梳理。本系列丛书就是试图搭建一个电子信息学科的基础知识体系平台。

目前,中国电子信息类学科高等教育的教学中存在着如下问题:

- (1) 在课程设置和教学实践中,学科分立,课程分立,缺乏集成和贯通;
- (2) 部分知识缺乏前沿性,局部知识过细、过难,缺乏整体性和纲领性;
- (3) 教学与实践环节脱节,知识型教学多于研究型教学,所培养的电子信息学科人才不能很好地满足社会的需求。

在新世纪之初,积极总结我国电子信息类学科高等教育的经验,分析发展趋势,研究教学与实践模式,从而制定出一个完整的电子信息学科基础教程体系,是非常有意义的。

根据教育部高教司 2003 年 8 月 28 日发出的[2003]141 号文件,教育部高等学校电子信息与电气信息类基础课程教学指导分委员会(基础课分教指委)在 2004—2005 两年期间制定了“电路分析”、“信号与系统”、“电磁场”、“电子技术”和“电工学”5 个方向电子信息科学与电气信息类基础课程的教学基本要求。然而,这些教学要求基本上是按方向独立开展工作的,没有深入开展整个课程体系的研究,并且提出的是各课程最基本的教学要求,针对的是“2+X+Y”或者“211 工程”和“985 工程”之外的大学。

同一时期,清华大学出版社成立了“电子信息学科基础教程研究组”,历时 3 年,组织了各类教学研讨会,以各种方式和渠道对国内外一些大学的 EE(电子电气)专业的课程体系进行收集和 research,并在国内率先推出了关于电子信息学科基础课程的体系研究报告《电子信息学科基础教程 2004》。该成果得到教育部高等学校电子信息与电气学科教学指导委员会的高度评价,认为该成果“适应我国电子信息学科基础教学的需要,有较好的指导意义,达到了国内领先水平”,“对不同类型院校构建相关学科基础教学平台均有较好的参考价值”。

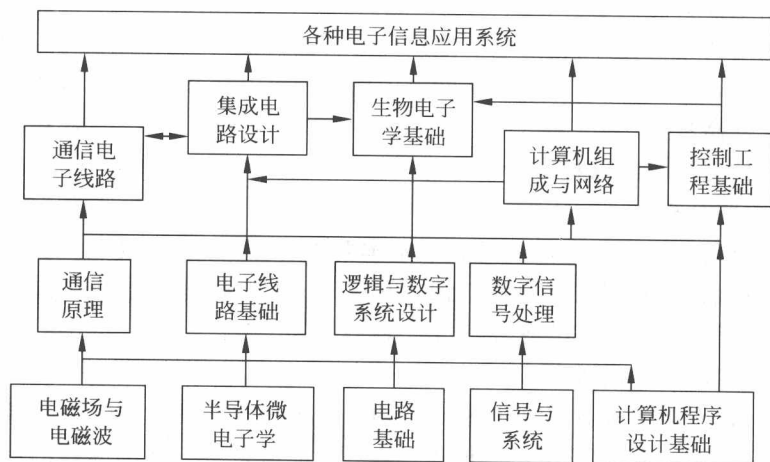
在此基础上,由我担任主编,筹建了“电子信息学科基础课程系列教材”编委会。编委会多次组织部分高校的教学名师、主讲教师和教育部高等学校教学指导委员会委员,进一步探讨和完善《电子信息学科基础教程 2004》研究成果,并组织编写了这套“电子信息学科基础课程系列教材”。

在教材的编写过程中,我们强调了“基础性、系统性、集成性、可行性”的编写原则,突出了以下特点:

- (1) 体现科学技术领域已经确立的新知识和新成果。
- (2) 学习国外先进教学经验,汇集国内最先进的教学成果。
- (3) 定位于国内重点院校,着重于理工结合。
- (4) 建立在对教学计划和课程体系的研究基础之上,尽可能覆盖电子信息学科的全部基础。本丛书规划的 14 门课程,覆盖了电气信息类如下全部 7 个本科专业:

- 电子信息工程
- 通信工程
- 信息工程
- 计算机科学与技术
- 自动化
- 电气工程与自动化
- 生物医学工程

(5) 课程体系整体设计,各课程知识点合理划分,前后衔接,避免各课程内容之间交叉重复,目标是使各门课程的知识点形成有机的整体,使学生能够在规定的课时数内,掌握必需的知识和技术。各课程之间的知识点关联如下图所示:



即力争将本科生的课程限定在有限的与精选的一套核心概念上,强调知识的广度。

(6) 以主教材为核心,配套出版习题解答、实验指导书、多媒体课件,提供全面的教学解决方案,实现多角度、多层面的人才培养模式。

(7) 由国内重点大学的精品课主讲教师、教学名师和教指委委员担任相关课程的设计和教材的编写,力争反映国内最先进的教改成果。


我国高等学校电子信息类专业的办学背景各不相同,教学和科研水平相差较大。本系列教材广泛听取了各方面的意见,汲取了国内优秀的教学成果,希望能为电子信息学科教学提供一份精心配备的搭配科学、营养全面的“套餐”,能为国内高等学校教学内容

和课程体系的改革发挥积极的作用。

然而,对于高等院校如何培养出既具有扎实的基本功,又富有挑战精神和创造意识的社会栋梁,以满足科学技术发展和国家建设发展的需要,还有许多值得思考和探索的问题。比如,如何为学生营造一个宽松的学习氛围?如何引导学生主动学习,超越自己?如何为学生打下宽厚的知识基础和培养某一领域的研究能力?如何增加工程方法训练,将扎实的基础和宽广的领域才能转化为工程实践中的创造力?如何激发学生深入探索的勇气?这些都需要我们教育工作者进行更深入的研究。

提高教学质量,深化教学改革,始终是高等学校的工作重点,需要所有关心我国高等教育事业人士的热心支持。在此,谨向所有参与本系列教材建设工作的同仁致以衷心的感谢!

本套教材可能会存在一些不当甚至谬误之处,欢迎广大的使用者提出批评和意见,以促进教材的进一步完善。



2008年1月

## 前言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材《逻辑与数字系统设计》(李晶皎、李景宏、曹阳编著,清华大学出版社出版)的配套用书,是为任课教师和学习该课的学生编写的,既可作为任课教师教学的参考书,也可作为学生学习的指导书,还可作为研究生入学考试的指导用书。

本书有助于学生深入理解教材内容,巩固基本概念和定义,培养分析问题和解决问题的能力,做到学以致用。

全书由1~9章和附录A、B组成,1~9章内容涉及数字逻辑基础、逻辑门电路、硬件描述语言VHDL基础、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、半导体存储器、可编程逻辑器件基础、数字系统设计基础。每章由学习要点、例题解析和习题解答三部分组成。“学习要点”对本章内容进行高度概括,使读者可以快速地把握知识要点,从而提高复习效率;“例题解析”选取了具有代表性的例题,并进行细致的分析与解答;“习题解答”给出了主教材习题的详细解答。附录A给出了2006年以来东北大学研究生入学考试试题,附录B是附录A研究生入学考试试题的详细解答。

本书第1章、第5章由闫爱云、王爱侠、吴鹏编写,第2章、第3章、第7章、第9章、附录A、附录B由李晶皎、王爱侠、闫爱云编写,第4章、第6章、第8章由李景宏编写。在整个编写过程中,李亮、王亮、薛长江、刘宇、王光勇等都付出了辛勤劳动,在此一并向他们表示衷心的感谢。

书中可能存在错误之处,敬请读者批评指正。

李晶皎

2009年4月



## 参 考 文 献

- [1] 海欣,何嘉扬,温正. 数字电子技术学习及考研指导. 北京: 国防工业出版社,2008
- [2] 朱红卫,曹汉房. 现代数字电路设计学习指导与题解. 武汉: 华中科技大学出版社,2008
- [3] 刘浩斌. 数字电路与逻辑设计(解题指南及实验指导). 北京: 电子工业出版社出版,2007
- [4] 研究生入学考试试题研究组,研究生入学考试考点解析与真题详解——数字电子技术. 北京: 电子工业出版社出版,2008
- [5] 王毓银. 数字电路逻辑设计.(第2版). 学习指导. 北京: 高等教育出版社,2006
- [6] 尹明富. 数字电子技术基础习题解答与考试指导. 北京: 清华大学出版社,2006
- [7] 清华大学电子学教研组编,阎石主编. 数字电子技术基础. 第5版. 北京: 高等教育出版社,2006
- [8] 王永军,李景华主编. 数字逻辑与数字系统设计. 北京: 高等教育出版社,2006
- [9] 林生译,韦克利等著. 数字设计原理与实践(原书第3版). 北京: 机械工业出版社,2003
- [10] 李景华,杜玉远. 可编程逻辑器件及EDA技术. 沈阳: 东北大学出版社,2001
- [11] 张春译,Robert K. Dueck 著. 数字系统设计——CPLD 应用与 VHDL 编程. 北京: 清华大学出版社,2005
- [12] 华中科技大学电子学教研室编,康华光主编. 电子技术基础——数字部分(第5版). 北京: 高等教育出版社,2006
- [13] 张兴忠. 数字逻辑与数字系统实践技术——学习指导实验与课程设计. 北京: 科学出版社,2005
- [14] Ronald J. Tocci, Neal S. Widmer, Gregory L. Moss. Digital Systems: Principles and Applications, Tenth Edition. 北京: 机械工业出版社,2006

第 1 章 数字逻辑基础 .....	<b>1</b>
1.1 学习要点 .....	2
1.2 例题解析 .....	7
1.3 习题解答 .....	10
第 2 章 逻辑门电路 .....	<b>31</b>
2.1 学习要点 .....	32
2.2 例题解析 .....	36
2.3 习题解答 .....	38
第 3 章 硬件描述语言 VHDL 基础 .....	<b>43</b>
3.1 学习要点 .....	44
3.1.1 设计实体 .....	44
3.1.2 并行语句 .....	46
3.1.3 顺序语句 .....	48
3.1.4 包集合、库及配置 .....	51
3.1.5 数据对象和类型 .....	52
3.1.6 运算操作符 .....	52
3.2 例题解析 .....	53
3.3 习题解答 .....	55
第 4 章 组合逻辑电路 .....	<b>58</b>
4.1 学习要点 .....	59
4.2 例题解析 .....	69
4.3 习题解答 .....	73
第 5 章 触发器 .....	<b>88</b>
5.1 学习要点 .....	89
5.2 例题解析 .....	91
5.3 习题解答 .....	93
第 6 章 时序逻辑电路 .....	<b>107</b>
6.1 学习要点 .....	108

# 目录

6.2	例题解析	118
6.3	习题解答	125
<b>第7章</b>	<b>半导体存储器</b>	<b>141</b>
7.1	学习要点	142
7.2	例题解析	144
7.3	习题解答	152
<b>第8章</b>	<b>可编程逻辑器件基础</b>	<b>161</b>
8.1	学习要点	162
8.2	例题解析	165
8.3	习题解答	166
<b>第9章</b>	<b>数字系统设计基础</b>	<b>168</b>
9.1	学习要点	169
9.2	例题解析	169
9.3	习题解答	176
<b>附录A</b>	<b>东北大学硕士研究生入学考试试题</b>	<b>201</b>
A1	东北大学 2006 年	202
A2	东北大学 2007 年	203
A3	东北大学 2008 年	205
<b>附录B</b>	<b>东北大学硕士研究生入学考试试题解答</b>	<b>207</b>
B1	东北大学 2006 年	208
B2	东北大学 2007 年	212
B3	东北大学 2008 年	216
<b>参考文献</b>		<b>221</b>

# 第1章 数字逻辑基础

## 1.1 学习要点

### 1. 数制

#### 1) 数制

数制是指用一组固定的符号和统一的规则来表示数值的方法。如果按照进位的方法进行计数,则称为进位计数制。最常用的是十进制、二进制、八进制和十六进制,任何一个进制都含有两个基本要素:权和基数。

基数为 $R$ 的数制称为 $R$ 进制,计数符为 $0,1,2,\dots,R-1$ ,它的进位规则为逢 $R$ 进1。如果按权展开, $R$ 进制数可表示为

$$D = \sum k_i \times R^i \quad (R \geq 2 \text{ 且为整数})$$

其中 $R$ 为计数的基数, $k_i$ 为第 $i$ 位的系数, $R^i$ 为第 $i$ 位的权。

(1) 十进制数可以表示为

$$D = \sum k_i \times 10^i$$

其中 $k_i$ 是第 $i$ 位的系数,它可以是 $0,1,2,\dots,9$ 中的任何一个。如果整数部分的位数为 $n$ ,小数部分的位数为 $m$ ,则 $i$ 包含从 $n-1$ 到 $0$ 的所有正整数和从 $-1$ 到 $-m$ 的所有负整数。例如:十进制数 $1234.56$ 可表示为

$$(1234.56)_{10} = 1 \times 10^3 + 2 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 4 \times 10^0 + 5 \times 10^{-1} + 6 \times 10^{-2}$$

(2) 二进制数可以表示为

$$D = \sum k_i \times 2^i$$

其中 $k_i$ 是第 $i$ 位的系数,它可以是 $0,1$ 中的任何一个。例如:二进制数 $1101.01$ 可表示为

$$(1101.01)_2 = (1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2})_{10}$$

(3) 八进制数可以表示为

$$D = \sum k_i \times 8^i$$

其中 $k_i$ 是第 $i$ 位的系数,它可以是 $0,1,2,\dots,7$ 中的任何一个。例如:八进制数 $3456.12$ 可表示为

$$(3456.12)_8 = (3 \times 8^3 + 4 \times 8^2 + 5 \times 8^1 + 6 \times 8^0 + 1 \times 8^{-1} + 2 \times 8^{-2})_{10}$$

(4) 十六进制数可以表示为

$$D = \sum k_i \times 16^i$$

其中 $k_i$ 是第 $i$ 位的系数,它可以是 $0,1,2,\dots,9,A,B,C,D,E,F$ 中的任何一个。例如:十六进制数 $ABCD.EF$ 可表示为

$$(ABCD.EF)_{16} = (10 \times 16^3 + 11 \times 16^2 + 12 \times 16^1 + 13 \times 16^0 + 14 \times 16^{-1} + 15 \times 16^{-2})_{10}$$

## 2) 进制间的转换

### (1) 非十进制数到十进制数的转换

一般采用的方法是按权相加。按照十进制数的运算规则,将非十进制数各位的数码乘以对应的权再累加起来。例如:将 $(10011.101)_2$ 转换成十进制数,为

$$\begin{aligned}(10011.101)_2 &= (2^4 + 2^1 + 2^0 + 2^{-1} + 2^{-3})_{10} \\ &= (16 + 2 + 1 + 0.5 + 0.125)_{10} = (19.625)_{10}\end{aligned}$$

### (2) 十进制数到非十进制数的转换

整数部分和小数部分要分别进行转换,整数部分的转换采用除基取余法,小数部分的转换采用乘基取整法。

### (3) 非十进制数之间的转换

主要是指二进制数、八进制数、十六进制数之间的转换。

#### ① 二进制数和八进制数之间的转换

将八进制数转换成二进制数时,直接将每位八进制数码转换成三位二进制数码。二进制数到八进制数转换,从小数点开始向两边分别将整数和小数每三位划分成一组,整数部分的最高一组不够三位时,在高位补 0,小数部分的最后一组不足三位时,在末位补 0,然后将每组的三位二进制数转换成一位八进制数即可。

#### ② 二进制数和十六进制数之间的转换

十六进制数转换成二进制数时,直接将每位十六进制数码转换成四位二进制数码。二进制数到十六进制数的转换,从小数点开始向两边分别将整数和小数每四位划分成一组,整数部分的最高一组不够四位时,在高位补 0,小数部分的最后一组不足四位时,在末位补 0,然后将每组的四位二进制数转换成一位十六进制数即可。

## 2. 常用编码

### 1) 十进制编码

用二进制数码表示 1 位十进制数(0~9)称为二-十进制编码,简称 BCD(Binary Coded Decimal)码。常用的 BCD 码为有权码 8421BCD、2421BCD、5421BCD 等,无权码有余 3 码、余 3 循环码等。

### 2) 二进制编码

用二进制数码表示一个特定对象,例如英文字符、汉字字符等,称为二进制编码。常用的二进制编码有 ASCII 码、格雷码、奇偶校验码等。

## 3. 二进制数运算

### 1) 原码

原码表示规则:用 0 表示正号,用 1 表示负号,有效值部分用二进制的绝对值表示。注意:零的原码有正零和负零两种形式, $[+0]_{\text{原}} = 000\cdots 00$   $[-0]_{\text{原}} = 100\cdots 00$ ,其中最高位为符号位。

### 2) 补码

补码表示规则:正数的补码与原码相同;负数的补码符号位为 1,数值部分求反加 1。

注意：零的补码是唯一的， $[+0]_{补} = [-0]_{补} = 00 \cdots 00$ 。

3) 反码

正数的反码与原码相同；负数的反码符号位为1，数值部分求反。注意： $[+0]_{反} = 000 \cdots 00$ ， $[-0]_{反} = 111 \cdots 11$ 。

4) 二进制数的加法及减法运算

二进制的加法运算规则为： $0+0=0, 0+1=1, 1+0=1, 1+1=10$ 。

二进制减法运算的规则为： $0-0=0, 1-0=1, 1-1=0, 0-1=1$ (有借位)。

有符号数加减运算规则为： $[x+y]_{补} = [x]_{补} + [y]_{补}$ ， $[x-y]_{补} = [x]_{补} + [-y]_{补}$ 。

4. 逻辑代数基础

1) 基本逻辑运算

与运算：当所有条件都具备时结果才会发生，可表示为  $F = A \cdot B$ 。

或运算：当任一条件具备时结果就会发生，可表示为  $F = A + B$ 。

非运算：当条件不具备时结果却发生了，可表示为  $F = A'$ 。

用这3种运算可以构成任何复杂的复合逻辑运算。表1-1给出了3种基本运算和5种复合运算的逻辑表达式和逻辑符号。

表 1-1 常见运算的逻辑表达式和逻辑符号

逻辑运算	逻辑表达式	逻辑符号		
		国外常用符号	惯用符号	国标符号
与	$F = A \cdot B$			
或	$F = A + B$			
非	$F = A'$			
与非	$F = (AB)'$			
或非	$F = (A+B)'$			
与或非	$F = (AB+CD)'$			
同或	$F = A \odot B$			
异或	$F = A \oplus B$			

## 2) 逻辑代数的常用公式(表 1-2)

表 1-2 逻辑代数的常用公式

名 称	公 式	
0-1 律	$A+1=1$	$A \cdot 0=0$
自等律	$A+0=A$	$A \cdot 1=A$
互补律	$A+A'=1$	$A \cdot A'=0$
交换律	$A+B=B+A$	$A \cdot B=B \cdot A$
结合律	$A+(B+C)=(A+B)+C$	$A \cdot (B \cdot C)=(A \cdot B) \cdot C$
分配律	$A+B \cdot C=(A+B) \cdot (A+C)$	$A \cdot (B+C)=A \cdot B+A \cdot C$
吸收律	$A+A \cdot B=A$	$A \cdot (A+B)=A$
	$A \cdot B+A \cdot B'=A$	$(A+B) \cdot (A+B')=A$
	$A+A' \cdot B=A+B$	$A \cdot (A'+B)=A \cdot B$
	$A \cdot B+A' \cdot C+BC=A \cdot B+A' \cdot C$	$(A+B)(A'+C)(B+C)=(A+B)(A'+C)$
重叠律	$A+A=A$	$A \cdot A=A$
反演律(摩根定律)	$(A \cdot B)'=A'+B'$	$(A+B)'=A' \cdot B'$
还原律	$A''=A$	
交叉互换律	$A \cdot B+A' \cdot C=(A+C)(A'+B)$	$(A+B)(A'+C)=A \cdot C+A' \cdot B$

## 3) 逻辑代数的 3 个重要运算规则

(1) 代入规则: 将逻辑等式中的某一个逻辑变量全部用同一个逻辑函数代替, 则逻辑等式仍然成立。

(2) 反演规则: 将逻辑函数  $F$  表达式中所有的“ $\cdot$ ”换成“ $+$ ”, 所有的“ $+$ ”换成“ $\cdot$ ”, 常量“1”换成“0”, “0”换成“1”, 原变量换成反变量, 反变量换成原变量, 所得到的逻辑函数就是  $F$  的非。

(3) 对偶规则: 将逻辑函数  $F$  表达式中所有的“ $\cdot$ ”换成“ $+$ ”, 所有的“ $+$ ”换成“ $\cdot$ ”, 常量“1”换成“0”, “0”换成“1”, 而变量保持不变, 所得到的逻辑函数就是  $F$  的对偶式, 记为  $F^*$  或  $F^D$ 。

## 4) 逻辑函数的表示方法

逻辑函数常用的表示方法有逻辑表达式、逻辑真值表、逻辑图、波形图、卡诺图等。

(1) 逻辑表达式(也称逻辑函数式): 将输入、输出之间的逻辑关系写成与、或、非等运算的组合式, 即逻辑代数式, 就得到了所需的逻辑函数式。常见的函数式的形式有与或式、或与式、与或非式、与非-与非式、或非-或非式。同一函数式可以表达为上述 5 种形式, 且相互之间可以转换。

(2) 逻辑真值表: 将输入变量所有取值下对应的输出值找出来, 列成表格, 即可得到真值表。这种表示方法是唯一的。

(3) 逻辑图: 将逻辑函数式中各变量之间的与、或、非等逻辑关系用逻辑图形符号表示出来, 即为逻辑图。

(4) 波形图: 将逻辑函数输入变量每一组可能出现的取值与对应的输出值按时间顺序依次排列起来, 就得到了表示该逻辑函数的波形图, 这种波形图也称为时序图。



(5) 卡诺图: 这是真值表的一种图形化表示方法, 是按逻辑相邻特性画出的一种方块图。它主要用于逻辑电路的分析、设计和变换。

#### 5) 各种表示方法之间的相互转换

(1) 由真值表写出逻辑函数式, 方法如下:

- 找出真值表中所有使逻辑函数  $F=1$  的那些输入变量取值的组合;
- 每组输入变量取值的组合对应一个乘积项, 其中取值为“1”的写为原变量, 取值为“0”的写为反变量;
- 将这些乘积项相或, 即得  $F$  的逻辑函数式。

(2) 由逻辑函数式画出逻辑图, 方法如下:

- 按照题目要求将逻辑函数式转换成指定形式;
- 用逻辑图形符号代替逻辑函数中的运算符号;
- 按照从输入到输出的顺序将逻辑图形符号连接起来。

(3) 由逻辑图写出逻辑函数式, 方法如下:

- 从输入到输出逐级写出各逻辑符号所对应的逻辑运算式;
- 从输出到输入依次写出各级的逻辑运算式, 最终得到该电路的逻辑表达式。

(4) 由逻辑函数式画出卡诺图, 方法如下:

- 将逻辑函数式转换成标准的与或式;
- 在卡诺图中填入具体的值, 如果最小项出现在函数式中, 则在卡诺图的对应小方格中填 1, 否则填 0;
- 如果函数式中含有无关项, 则在卡诺图的对应小方格中填  $\times$ 。

#### 6) 逻辑函数的两种标准表达式

逻辑函数的两种标准表达式为: 最小项构成的“与或”表达式和最大项构成的“或与”表达式。

(1) 最小项: 如果一个具有  $n$  个变量的逻辑函数的“与项”包含全部  $n$  个变量, 每个变量以原变量或反变量的形式出现, 且仅出现一次, 则这种“与项”被称为最小项。最小项的特点有:

- 仅一组变量的取值能使某个最小项的取值为 1, 其他组变量的取值全部使该最小项的取值为 0;
- 任意两个最小项的逻辑与恒为 0;
- 对  $n$  个变量的最小项, 每个最小项有  $n$  个相邻项; 相邻项是指两个最小项仅有一个变量互为相反变量。

(2) 最大项: 如果一个具有  $n$  个变量的逻辑函数的“或项”包含全都  $n$  个变量, 每个变量以原变量或反变量的形式出现, 且仅出现一次, 则这种“或项”被称为最大项。最大项的特点有:

- 仅一组变量的取值能使某个最大项的取值为 0, 其他组变量的取值全部使该最大项的取值为 1;