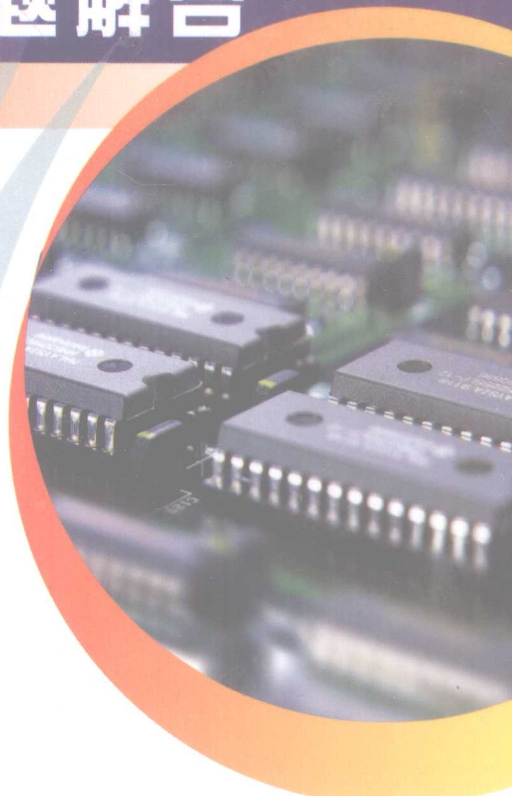
21 面向CENTURY 高等学校信息工程类专业规划教材

《数字电路与逻辑设计(第二版)》学习指导与习题解答



王　娜　蔡良伟　梁松海　编著

西安电子科技大学出版社
http://www.xduph.com

面向21世纪高等学校信息工程类专业规划教材

《数字电路与逻辑设计(第二版)》学习指导与习题解答

王　娜　蔡良伟　梁松海　编著

西安电子科技大学出版社

2009

内 容 简 介

本书是蔡良伟主编的高等学校信息工程类专业规划教材《数字电路与逻辑设计(第二版)》的配套学习指导与习题解答。内容包括《数字电路与逻辑设计(第二版)》各章的内容提要、重点难点、典型例题及习题解答，对数字电子技术主要内容进行了全面、扼要的分析和总结，目的在于帮助学生掌握每章的基本知识点及重点、难点内容，拓宽解题思路和方法，提高运用知识的能力和学习效率，以便更好地掌握教材的内容。

本书可以作为高等学校电子电气、电子、通信、计算机、自动化等专业学生的学习指导教材，也可作为考研生的复习用书，还可作为教师的教学参考书，亦可供本学科及其他相近学科工程技术人员用作自学参考书。

★本书配有电子教案，有需要的老师可与出版社联系，免费提供。

图书在版编目(CIP)数据

《数字电路与逻辑设计(第二版)》学习指导与习题解答/王娜，蔡良伟，梁松海编著.
—西安：西安电子科技大学出版社，2009.7
面向21世纪高等学校信息工程类专业规划教材
ISBN 978-7-5606-2236-1
Ⅰ.数…　Ⅱ.①王…　②蔡…　③梁　Ⅲ.数字电路—逻辑设计—高等学校—教学参考资料　Ⅳ.TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 052063 号

策　　划　马晓娟
责任编辑　马晓娟
出版发行　西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)
电　　话　(029)88242885　88201467　　邮　　编　710071
网　　址　www.xduph.com　　电子邮箱　xdupfxb001@163.com
经　　销　新华书店
印刷单位　陕西天意印务有限责任公司
版　　次　2009年7月第1版　2009年7月第1次印刷
开　　本　787毫米×1092毫米　1/16　印 张 11.875
字　　数　280千字
印　　数　1～4000册
定　　价　17.00元
ISBN 978-7-5606-2236-1/TN·0504

XDUP 2528001-1

欢迎选购西安电子科技大学出版社教材类图书

～～～～“十一五”国家级规划教材～～～～

计算机系统结构(第四版)(李学干)	25.00
计算机系统安全(第二版) (马建峰)	30.00
计算机网络 (第三版)(蔡皖东)	27.00
计算机应用基础教程(第四版)(陈建铎) (for Windows XP/Office XP)	30.00
计算机应用基础(冉崇善) (高职) (Windows XP & Office 2003 版)	23.00
《计算机应用基础》实践技能训练与案例分析(高职)(冉崇善)	18.00
微型计算机原理(第二版)(王忠民)	27.00
微型计算机原理及接口技术(第二版)(裘雪红)	36.00
微型计算机组成与接口技术(第二版)(高职)	28.00
微机原理与接口技术(第二版)(龚尚福)	37.00
单片机原理及应用(第二版)(李建忠)	32.00
单片机应用技术(第二版)(高职)(刘守义)	30.00
Java程序设计(第二版)(高职)(陈圣国)	26.00
编译原理基础(第二版)(刘坚)	29.00
人工智能技术导论 (第三版)(廉师友)	24.00
多媒体软件设计技术(第三版)(陈启安)	23.00
信息系统分析与设计(第二版)(卫红春)	25.00
信息系统分析与设计(第三版)(陈圣国)(高职)	20.00
传感器原理及工程应用(第三版)	28.00
数字图像处理(第二版)(何东健)	30.00
电路基础(第三版)(王松林)	39.00
模拟电子电路及技术基础(第二版)(孙肖子)	35.00
模拟电子技术(第三版)(江晓安)	25.00
数字电子技术(第三版)(江晓安)	23.00
数字电路与系统设计(第二版)(邓元庆)	35.00
数字信号处理(第三版)(高西全)	29.00
电磁场与电磁波(第二版)(郭辉萍)	28.00
现代通信原理与技术(第二版)(张辉)	39.00
移动通信(第四版)(李建东)	30.00
移动通信(第二版)(章坚武)	24.00
物理光学与应用光学(第二版)(石顺祥)	42.00
数控机床故障分析与维修(高职)(第二版)	25.00
液压与气动技术(第二版)(朱梅) (高职)	23.00

～～～～～～计算机提高普及类～～～～～～

计算机应用基础(第三版)(丁爱萍) (高职)	22.00
计算机文化基础(高职)(游鑫)	27.00
计算机文化基础上机实训及案例(高职)	15.00
计算机科学与技术导论(吕辉)	22.00
计算机应用基础(高职)(赵钢)	29.00
计算机应用基础——信息处理技术教程	31.00
《计算机应用基础——信息处理技术教程》习题集与上机指导(张郭军)	14.00
计算机组装与维修(中职)(董小莉)	23.00
微型机组装与维护实训教程(高职)(杨文诚)	22.00

～～～～～～计 算 机 网 络 类 ～～～～～～

计算机网络技术基础教程(高职)(董武)	18.00
计算机网络管理(雷震甲)	20.00
网络设备配置与管理(李飞)	23.00
网络安全与管理实验教程(谢晓燕)	35.00
网络安全技术(高职)(廖兴)	19.00
网络信息安全技术(周明全)	17.00
动态网页设计实用教程(蒋理)	30.00
ASP动态网页制作基础教程(中职)(苏玉雄)	20.00
局域网组建实例教程(高职)(尹建璋)	20.00
Windows Server 2003组网技术(高职)(陈伟达)	30.00
组网技术(中职)(俞海英)	19.00
综合布线技术(高职)(王趾成)	18.00
计算机网络应用基础(武新华)	28.00
计算机网络基础及应用(高职)(向隅)	22.00

～～～～～～计 算 机 技 术 类 ～～～～～～

计算机系统结构与组成(吕辉)	26.00
电子商务基础与实务(第二版)(高职)	16.00
数据结构—使用 C++语言 (第二版) (朱战立)	23.00
数据结构(高职)(周岳山)	15.00
数据结构教程——Java 语言描述(朱振元)	29.00
离散数学(武波)	24.00

现代控制理论基础(舒欣梅)	14.00
过程控制系统及工程(杨为民)	25.00
控制系统仿真(党宏社)	21.00
模糊控制技术(席爱民)	24.00
工程电动力学(修订版)(王一平)(研究生)	32.00
工程力学(张光伟)	21.00
工程力学(皮智谋)(高职)	12.00
理论力学(张功学)	26.00
材料力学(张功学)	27.00
材料成型工艺基础(刘建华)	25.00
工程材料及应用(汪传生)	31.00
工程材料与应用(戈晓岚)	19.00
工程实践训练(周桂莲)	16.00
工程实践训练基础(周桂莲)	18.00
工程制图(含习题集)(高职)(白福民)	33.00
工程制图(含习题集)(周明贵)	36.00
工程图学简明教程(含习题集)(尉朝闻)	28.00
现代设计方法(李思益)	21.00
液压与气压传动(刘军营)	34.00
先进制造技术(高职)(孙燕华)	16.00
机械原理多媒体教学系统(资料)(书配盘)	120.00
机械工程科技英语(程安宁)	15.00
机械设计基础(郑甲红)	27.00
机械设计基础(岳大鑫)	33.00
机械设计(王宁侠)	36.00
机械设计基础(张京辉)(高职)	24.00
机械基础(安美玲)(高职)	20.00
机械 CAD/CAM(葛友华)	20.00
机械 CAD/CAM(欧长劲)	21.00
机械 CAD/CAM 上机指导及练习教程(欧)	20.00
画法几何与机械制图(叶琳)	35.00
《画法几何与机械制图》习题集(邱龙辉)	22.00
机械制图(含习题集)(高职)(孙建东)	29.00
机械设备制造技术(高职)(柳青松)	33.00
机械制造基础(高职)(郑广花)	21.00
数控加工与编程(第二版)(高职)(詹华西)	23.00
数控加工工艺学(任同)	29.00
数控加工工艺(高职)(赵长旭)	24.00
数控加工工艺课程设计指导书(赵长旭)	12.00
数控加工编程与操作(高职)(刘虹)	15.00
数控机床与编程(高职)(饶军)	24.00
数控机床电气控制(高职)(姚勇刚)	21.00
数控应用专业英语(高职)(黄海)	17.00
机床电器与 PLC(高职)(李伟)	14.00
电机及拖动基础(高职)(孟宪芳)	17.00
电机与电气控制(高职)(冉文)	23.00
电机原理与维修(高职)(解建军)	20.00
供配电技术(高职)(杨洋)	25.00
金属切削与机床(高职)(聂建武)	22.00
模具制造技术(高职)(刘航)	24.00
模具设计(高职)(曾霞文)	18.00
冷冲压模具设计(高职)(刘庚武)	21.00
塑料成型模具设计(高职)(单小根)	37.00
液压传动技术(高职)(简引霞)	23.00
发动机构造与维修(高职)(王正键)	29.00
机动车辆保险与理赔实务(高职)	23.00
汽车典型电控系统结构与维修(李美娟)	31.00
汽车机械基础(高职)(娄万军)	29.00
汽车底盘结构与维修(高职)(张红伟)	28.00
汽车车身电气设备系统及附属电气设备(高职)	23.00
汽车单片机与车载网络技术(于万海)	20.00
汽车故障诊断技术(高职)(王秀贞)	19.00
汽车营销技术(高职)(孙华宪)	15.00
汽车使用性能与检测技术(高职)(郭彬)	22.00
汽车电工电子技术(高职)(黄建华)	22.00
汽车电气设备与维修(高职)(李春明)	25.00
汽车使用与技术管理(高职)(边伟)	25.00
汽车空调(高职)(李祥峰)	16.00
汽车概论(高职)(邓书涛)	20.00
现代汽车典型电控系统结构原理与故障诊断	25.00

前　　言

本书是高等学校信息工程类专业规划教材《数字电路与逻辑设计(第二版)》(蔡良伟主编，西安电子科技大学出版社出版)的配套学习指导与习题解答。编者根据数字电路课程教学实践和课程教学的基本要求，针对学生在数字电路学习中对基本概念、基本方法的深入理解和灵活应用上存在的一些问题，对教材内容进行了归纳、总结、提炼和解答。希望通过本书的学习能够帮助学生把握好课程内容的重点，深入理解基本概念并正确掌握解题的基本方法，从而提高分析问题、解决问题的能力。

本书共9章，依次对应教材中的逻辑代数基础、组合逻辑电路、常用组合逻辑电路及MSI组合电路模块的应用、时序逻辑电路、常用时序逻辑电路及MSI时序电路模块的应用、可编程逻辑器件、VHDL语言与数字电路设计、数/模和模/数转换、脉冲信号的产生与整形等内容。每章包括四方面内容：

1. 内容提要：简要概括了本章的基本概念、基本原理，总结了本章的知识点，形成学习要点。

2. 重点难点：指出本章的重点和难点内容并进行详细分析，加强学生对重点、难点内容的理解。

3. 典型例题：以典型电路或典型问题来说明和讲解该章的分析方法和相关知识，帮助学生深入理解知识点，使学生能够掌握重点，理解难点，学会解题方法、特点和技巧。

4. 习题解答：本部分是《数字电路与逻辑设计(第二版)》的所有习题解答，每个解答都有详细的解题过程和结果，一方面给使用本教材教学的教师带来教学上的方便，另一方面也满足了学生学习的需求，使之在学习时目的更加明确，演算习题后可以方便地核对计算结果和检查计算方法，让教学者和学习者都能够比较顺利地完成数字电路的教学或学习。

在本书的编写过程中，蔡良伟参与了整本书的讨论与组织工作；梁松海编写了第6、7章；王娜编写了其余章节；研究生崔英杰、刘玲君、王运金参与了部分例题与习题的解答工作。

由于编者水平有限，书中难免存在不妥和错误之处，恳请读者批评指正。

编　者

2009年元月

目　　录

第 1 章　逻辑代数基础

1.1 内容提要

1. 数制

数制是多位数码中每一位的构成方法以及从低位到高位的进位规则，常见的有十进制、二进制、十六进制和八进制等。

2. 逻辑代数的基本运算

(1) 逻辑与：只有当决定某事件的全部条件同时具备时，该事件才发生，这样的逻辑关系称为逻辑与，或称逻辑相乘。

(2) 逻辑或：在决定某事件的诸多条件中，当有一个或一个以上具备时，该事件都会发生，这样的逻辑关系称为逻辑或，或称逻辑相加。

(3) 逻辑非：在只有一个条件决定某事件的情况下，如果当条件具备时，该事件不发生，而当条件不具备时，该事件反而发生，则这样的逻辑关系称为逻辑非，也称为逻辑反。

3. 门电路

常用门电路的逻辑符号如图 1-1 所示。

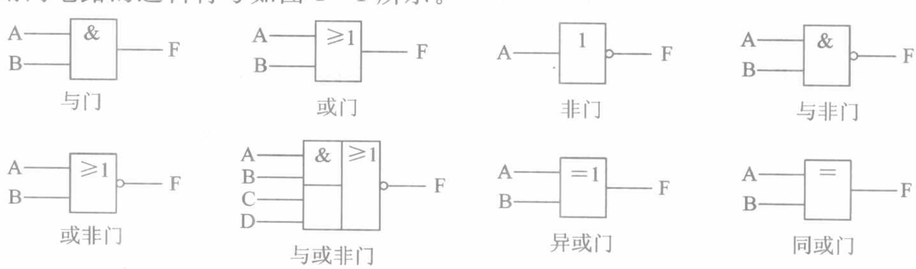


图 1-1　常用门电路的逻辑符号

4. 逻辑代数的基本公式

(1) $0 \cdot 0=0$　　(1′) $0+0=0$

(2) $0 \cdot 1=0$　　(2′) $0+1=1$

(3) $1 \cdot 1=1$　　(3′) $1+1=1$

(4) $\overline{0}=1$　　(4′) $\overline{1}=0$

(5) $0 \cdot A=0$　　(5′) $0+A=A$

(6) $1 \cdot A=A$　　(6′) $1+A=1$

(7) $A \cdot \overline{A}=0$　　(7′) $A+\overline{A}=1$

(8) $A \cdot A=A$　　(8′) $A+A=A$

(9) $A \cdot B=B \cdot A$　　(9′) $A+B=B+A$

(10) $A \cdot (B \cdot C)=(A \cdot B) \cdot C$　　(10′) $A+(B+C)=(A+B)+C$

(11) $A \cdot (B+C)=A \cdot B+A \cdot C$　　(11′) $A+B \cdot C=(A+B) \cdot (A+C)$

(12) $\overline{A+B}=\overline{A} \cdot \overline{B}$　　(12′) $\overline{A \cdot B}=\overline{A}+\overline{B}$

(13) $\overline{\overline{A}}=A$

式(8)、(8′)称为同一律；式(9)、(9′)称为交换律；式(10)、(10′)称为结合律；式(11)、(11′)称为分配律；式(12)、(12′)称为德·摩根定律；式(13)称为还原律。

5. 逻辑代数的常用公式

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

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

(3) $A \cdot B+\overline{A} \cdot C=A \cdot B+\overline{A} \cdot C+B \cdot C$

(4) $A \cdot B+\overline{A} \cdot C=A \cdot B+\overline{A} \cdot C+B \cdot C \cdot D$

6. 逻辑代数的三个规则

(1) 代入规则：在一个逻辑等式两边出现某个变量(或表达式)的所有位置都代入另一个变量(或表达式)，则等式仍然成立。

(2) 反演规则：对一个逻辑函数 F，将所有的“·”换成“+”，“+”换成“·”，“0”换成“1”，“1”换成“0”，原变量换成反变量，反变量换成原变量，则得到函数 F 的反函数 $\overline{F}$。

(3) 对偶规则：对一个逻辑函数 F，将所有的“·”换成“+”，“+”换成“·”，“0”换成“1”，“1”换成“0”，则得到函数 F 的对偶函数 F'。

7. 逻辑函数常用的描述方法

逻辑函数常用的描述方法有表达式、真值表、卡诺图和逻辑图。

(1) 表达式：由逻辑变量和逻辑运算符号组成，用于表示变量之间逻辑关系的式子。

(2) 真值表：用来反映变量所有取值组合及对应函数值的表格。

(3) 卡诺图：将逻辑变量分成两组，分别在横、竖两个方向用循环码形式排列出各组变量的所有取值组合。

(4) 逻辑图：由逻辑门电路符号构成的，用来表示逻辑变量之间关系的图形。

8. 最小项与最大项

最小项：为一与项，包含了所有相关的逻辑变量，每个变量以原变量或反变量形式出现一次且仅出现一次。

最大项：为一或项，包含了所有相关的逻辑变量，每个变量以原变量或反变量形式出现一次且仅出现一次。

9. 标准与或表达式与标准或与表达式

标准与或表达式：一种特殊的与或表达式，其中的每个与项都是最小项。

标准或与表达式：一种特殊的或与表达式，其中的每个或项都是最大项。

10. 最简与或表达式与最简或与表达式

最简与或表达式必须满足的条件：① 与项个数最少；② 与项中变量的个数最少。

最简或与表达式必须满足的条件：① 或项个数最少；② 或项中变量的个数最少。

11. 无关项

约束项：函数中不会发生的变量的取值组合所对应的最小项。

任意项：函数值取值可 0 可 1 的变量组合所对应的最小项。

约束项和任意项统称为无关项。

1.2 重点难点

1. 逻辑函数不同描述方法之间的转换

1）表达式→真值表

由表达式列函数的真值表时，一般先按自然二进制码的顺序列出函数所含逻辑变量的所有不同取值组合，再确定出相应的函数值。

2）真值表→表达式

由真值表求函数的标准与或表达式时，找出真值表中函数值为 1 的对应组合，将这些组合对应的最小项相或即可。

由真值表求函数的标准或与表达式时，找出真值表中函数值为 0 的对应组合，将这些组合对应的最大项相与即可。

3）真值表→卡诺图

只需找出真值表中函数值为 1 的变量组合，确定其大小编号，并在卡诺图中具有相应编号的方格中标上 1，即得到该函数的卡诺图。

4）卡诺图→真值表

只需找出卡诺图中函数值为 1 的方格所对应的变量组合，并在真值表中让相应组合的函数值为 1，即得到函数真值表。

5）表达式→卡诺图

可以先将逻辑函数转化为一般的与或表达式，再找出使每个与项等于 1 的取值组合，最后将卡诺图中对应这些组合的方格标为 1 即可。

6）卡诺图→标准表达式

已知函数的卡诺图，要写出函数的标准与或表达式时，将卡诺图中所有函数值为 1 的方格对应的最小项相或即可。

已知函数的卡诺图，要写出函数的标准或与表达式时，将卡诺图中所有函数值为 0 的方格对应的最大项相与即可。

2. 逻辑函数的公式法化简

(1) 并项法：利用公式 $AB+\overline{A}B=B$ 将两个与项合并为一个，消去其中的一个变量。

(2) 吸收法：利用公式 $A+AB=A$ 吸收多余的与项。

(3) 消去法：利用公式 $A+\overline{A}B=A+B$ 消去与项多余的因子。

(4) 配项消项法：利用公式 $AB+\overline{A}C=AB+\overline{A}C+BC$ 进行配项，以消去更多的与项。

3. 逻辑函数的卡诺图法化简

求函数最简与或表达式的一般步骤如下：

(1) 画出函数的卡诺图。

(2) 对相邻的 1 方格对应的最小项进行分组合并。

(3) 写出最简与或表达式。

求函数的最简与或表达式的原则如下：

(1) 每个值为 1 的方格至少被圈一次。

(2) 每个圈中至少有一个 1 方格是其余所有圈中不包含的。

(3) 任一圈中都不能包含取值为 0 的方格。

(4) 圈的个数越少越好。

(5) 圈越大越好，但每个圈中包含 1 方格的个数必须是 2 的整数次方。

求函数最简或与表达式的一般步骤如下：

(1) 画出函数的卡诺图。

(2) 对相邻的 0 方格对应的最小项进行分组合并，求反函数的最简与或表达式。

(3) 对所得反函数的最简与或表达式取反，得函数的最简或与表达式。

4. 带无关项逻辑函数的化简

化简具有无关项的逻辑函数时，合理利用无关项，可得到更加简单的化简结果。

合并最小项时，究竟把卡诺图中的×(无关项)作为 1(即认为函数式中包含了这个最小项)还是作为 0(即认为函数式中不包含这个最小项)对待，应以得到的相邻最小项使圈最大、圈的个数最少为原则。

1.3 典型例题

【例 1-1】 求二进制数 10111.11 对应的 BCD8421 码和余三码。

解

$$(10111.11)_2 = 2^4 + 2^2 + 2^1 + 2^0 + 2^{-1} + 2^{-2} = (23.75)_{10}$$

$$(23.75)_{10} = (00100011.01110101)_{BCD8421}$$

$$(23.75)_{10} = (01010110.10101000)_{余三码}$$

【解题指南与点评】 BCD 码是用四位二进制数码表示一位十进制数字的一种编码方式，所以求给定的二进制数的 BCD8421 码和余三码，首先应将给定的二进制数转换为十进制数，然后再求十进制数对应的 BCD 码。

【例 1-2】 求逻辑函数 $F(A, B, C, D) = A + B\,\overline{CD + \overline{AD}}$的对偶函数和反函数。

解 根据对偶规则，函数 F 的对偶函数 F′为

$$F' = A[B + \overline{(C+D)\overline{A+D}}]$$

原函数的反函数求法有两种，一是反演规则，二是利用摩根定理。下面求 F 的反函数：

方法 1　根据反演规则，函数 F 的反函数 $\overline{F}$ 为

$$\overline{F} = \overline{A}[\overline{B} + \overline{(\overline{C}+\overline{D})\overline{\overline{A}+\overline{D}}}] = \overline{A}[\overline{B} + (CD + \overline{AD})]$$

方法 2　利用摩根定理，函数 F 的反函数 $\overline{F}$ 为

$$\overline{F} = \overline{A + B\,\overline{CD + \overline{AD}}} = \overline{A} \cdot \overline{B\,\overline{CD + \overline{AD}}} = \overline{A}[\overline{B} + CD + \overline{AD})]$$

【解题指南与点评】 在应用对偶和反演规则时，原函数运算的先后顺序不能改变，而且不是一个变量上的反号不能变动。对偶规则对函数中的原变量、反变量不进行变换，而

反演规则包含原变量和反变量之间的变换。

【例 1－3】 写出逻辑函数 $F(A,B,C)=\overline{(A\overline{B}+C)\overline{BC}}$的标准与或式和标准或与式。

解　方法 1　用代数法求取逻辑函数的标准表达式，就是反复应用摩根定律和基本公式 $A+\overline{A}=1$ 进行配项的过程。

$$
\begin{aligned}
F(A,B,C)&=\overline{(A\overline{B}+C)\overline{BC}}=\overline{A\overline{B}+C}+BC\\
&=\overline{A\overline{B}}\,\overline{C}+BC=(\overline{A}+B)\overline{C}+BC=\overline{A}\,\overline{C}+B\overline{C}+BC\\
&=\overline{A}(\overline{B}+B)\overline{C}+(\overline{A}+A)B\overline{C}+(\overline{A}+A)BC\\
&=\overline{A}\,\overline{B}\,\overline{C}+\overline{A}B\overline{C}+\overline{A}B\overline{C}+AB\overline{C}+\overline{A}BC+ABC\\
&=\overline{A}\,\overline{B}\,\overline{C}+\overline{A}B\overline{C}+AB\overline{C}+\overline{A}BC+ABC\\
&=\sum m(0,2,3,6,7)
\end{aligned}
$$

由标准与或式可知，当变量 ABC 的取值为 000、010、011、110、111 时，函数 F 的逻辑值为 1，其他取值为 0。因为函数的标准或与式是由使函数值为 0 的变量取值组合对应的最大项相与构成的，所以 F 的标准或与式为 $F(A,B,C)=(A+B+\overline{C})(\overline{A}+B+C)(\overline{A}+B+\overline{C})=\prod M(1,4,5)$

方法 2　采用真值表(或画卡诺图)法。函数 F 的真值表如表 1－1 所示，将真值表中使函数逻辑值为 1 的变量取值组合对应的最小项相或得到 F 的标准与或式；将真值表中使函数逻辑值为 0 的变量取值组合对应的最大项相与得到 F 的标准或与式。

$$F(A,B,C)=\sum m(0,2,3,6,7)$$

$$F(A,B,C)=\prod M(1,4,5)$$

表 1－1　例 1－3 的真值表

m	A	B	C	F
0	0	0	0	1
1	0	0	1	0
2	0	1	0	1
3	0	1	1	1
4	1	0	0	0
5	1	0	1	0
6	1	1	0	1
7	1	1	1	1

【解题指南与点评】 逻辑函数的标准与或式即最小项之和表达式，标准或与式即最大项之积表达式。只要求出其中一种表达式，另一种表达式即可利用最大项和最小项之间的关系求出。求一个逻辑函数的标准表达式的方法主要有代数法和真值表法(卡诺图法)。其中，利用真值表法(卡诺图法)求解最为简单。

【例 1－4】 已知函数表达式 $F(A,B,C)=\overline{(\overline{A}+B)(A+\overline{C})}+AB\overline{C}$。完成：

(1) 用代数法将函数表达式化为与或形式的表达式；

(2) 用卡诺图法将函数表达式化为最简与或表达式。

解 (1) 化为与或式为

$$F(A,B,C)=\overline{(\bar{A}+B)(A+\bar{C})}+AB\bar{C}=A\bar{B}+\bar{A}C+AB\bar{C}$$

(2) 用卡诺图法化为最简与或式。卡诺图如图 1-2 所示，由图得：

$$F(A,B,C)=A\bar{B}+\bar{A}C+A\bar{C}$$

A \ BC	00	01	11	10
0	0	1	1	0
1	1	1	0	1

图 1-2 例 1-4 的卡诺图

【解题指南与点评】 用代数法(公式法)化简逻辑函数，就是反复利用逻辑代数的基本公式和规则消去逻辑函数中的多余因子。化简过程中常用到的方法有：并项法、吸收法、消去法和配项法。用卡诺图法化简函数要注意遵循化简原则。

【例 1-5】 用代数法化简逻辑函数 $F=\bar{A}\cdot\bar{B}\cdot\bar{C}\cdot\bar{D}+\bar{A}\cdot\bar{B}\cdot\bar{C}D+\bar{A}\cdot\bar{B}CD+\bar{A}B\bar{C}D+A\bar{B}\cdot\bar{C}D$。

解 仔细分析发现，式中 $\bar{A}\cdot\bar{B}\cdot\bar{C}D$ 与其他四项相比，都是逻辑相邻项，因此可利用公式 $A+A+A=A$，再增加三个相同的 $\bar{A}\cdot\bar{B}\cdot\bar{C}D$ 项之后进行分组，按上述规律，消去不同变量。

$$\begin{aligned}
F&=\bar{A}\cdot\bar{B}\cdot\bar{C}\cdot\bar{D}+\bar{A}\cdot\bar{B}\cdot\bar{C}D+\bar{A}\cdot\bar{B}CD+\bar{A}B\bar{C}D+A\bar{B}\cdot\bar{C}D\\
&=\bar{A}\cdot\bar{B}\cdot\bar{C}\cdot\bar{D}+\bar{A}\cdot\bar{B}\cdot\bar{C}D+\bar{A}\cdot\bar{B}CD+\bar{A}B\bar{C}D+A\bar{B}\cdot\bar{C}D\\
&\quad+\bar{A}\cdot\bar{B}\cdot\bar{C}D+\bar{A}\cdot\bar{B}\cdot\bar{C}D+\bar{A}\cdot\bar{B}\cdot\bar{C}D \qquad (A+A+A=A)\\
&=(\bar{A}\cdot\bar{B}\cdot\bar{C}\cdot\bar{D}+\bar{A}\cdot\bar{B}\cdot\bar{C}D)+(\bar{A}\cdot\bar{B}CD+\bar{A}\cdot\bar{B}\cdot\bar{C}D)\\
&\quad+(\bar{A}B\bar{C}D+\bar{A}\cdot\bar{B}\cdot\bar{C}D)+(A\bar{B}\cdot\bar{C}D+\bar{A}\cdot\bar{B}\cdot\bar{C}D) \qquad (\text{分组})\\
&=\bar{A}\cdot\bar{B}\cdot\bar{C}+\bar{A}\cdot\bar{B}D+\bar{A}\cdot\bar{C}D+\bar{B}\cdot\bar{C}D \qquad (\text{两个相邻项合并为一项})
\end{aligned}$$

【解题指南与点评】 代数法化简逻辑函数，既需要牢记一些公式，又带有技巧性，掌握起来比较困难。对三变量和四变量的化简，更多使用的是卡诺图化简法。

【例 1-6】 用卡诺图法化简以下逻辑函数：

(1) $F(A,B,C,D)=\sum m(0,2,4,6,9,13)+\sum d(1,3,5,7,10,11,15)$。

(2) $Y(A,B,C,D)=\sum m(3,5,6,7,10)$，给定约束条件为 $m_0+m_1+m_2+m_4+m_8=0$。

解 (1) 将 F 填入如图 1-3 所示的卡诺图中，任意项 1、3、5、7、10、11、15 填为“×”。经过画圈合并，得最简式为

$$F=\bar{A}+D$$

(2) 将 Y 函数填入如图 1-4 所示的卡诺图中，约束项 0、1、2、4、8 对应的小方格中填写“×”。经画圈合并，得到最简式为

$$Y=\bar{A}+\bar{B}\bar{D}$$

CD \ AB	00	01	11	10
00	1	1	0	0
01	×	×	1	1
11	×	×	×	×
10	1	1	0	×

图 1-3 例 1-6(1)的卡诺图

CD \ AB	00	01	11	10
00	×	×	0	×
01	×	1	0	0
11	1	1	0	0
10	×	1	0	1

图 1-4 例 1-6(2)的卡诺图

【解题指南与点评】 带有无关项的逻辑函数经合并化简后，变成了完全描述的逻辑函数(所有的变量输入组合下均有确定的输出)。(1)中的任意项 m_1、m_3、m_5、m_7、m_{11}、m_{15} 变成了必要最小项(因为画圈时当成了 1 来处理)。F 的标准表达式变成

$$F(A,B,C,D)=\sum m(0,1,2,3,4,5,6,7,9,11,13,15)$$

已无任意项。(2)中的所有约束项 m_0、m_1、m_2、m_4、m_8 均变成了必要最小项，故 Y 的最小项表达式变成

$$Y(A,B,C,D)=\sum m(0,1,2,3,4,5,6,7,8,10)$$

同样没有约束项了。

1.4　习题解答

1-1　将下列十进制数转换为二进制数、八进制数和十六进制数。

(1) 22_{10}　(2) 108_{10}　(3) 13.125_{10}　(4) 131.625_{10}

解　(1) $22_{10}=2\times8^1+6\times8^0=26_8$

$$26_8=\underbrace{2}_{010}\ \underbrace{6}_{110}=10110_2$$

$$10110_2=\underbrace{0001}_{1}\underbrace{0110}_{6}=16_{16}$$

(2) $108_{10}=1\times8^2+5\times8^1+4\times8^0=154_8$

$$154_8=\underbrace{1}_{001}\ \underbrace{5}_{101}\ \underbrace{4}_{100}=1101100_2$$

$$1101100_2=\underbrace{0110}_{6}\underbrace{1100}_{C}=6C_{16}$$

(3) $13.125_{10}=1\times8^1+5\times8^0+1\times8^{-1}=15.1_8$

$$15.1_8=\underbrace{1}_{001}\ \underbrace{5}_{101}.\ \underbrace{1}_{001}=1101.001_2$$

$$1101.001_2=\underbrace{1101}_{D}.\underbrace{0010}_{2}=D.2_{16}$$

(4) $131.625_{10}=2\times8^2+0\times8^1+3\times8^0+5\times8^{-1}=203.5_8$

$$203.5_8=\underbrace{2}_{010}\ \underbrace{0}_{000}\ \underbrace{3}_{011}.\ \underbrace{5}_{101}=10000011.101_2$$

$$10000011.101_2=\underbrace{1000}_{8}\underbrace{0011}_{3}.\underbrace{1010}_{A}=83.A_{16}$$

1-2　将下列二进制数转换为十进制数、八进制数和十六进制数。

(1) 101101_2　(2) 11100101_2　(3) 101.0011_2　(4) 100111.101_2

解　(1) $101101_2=\underbrace{101}_{5}\underbrace{101}_{5}=55_8$

$$101101_2=\underbrace{0010}_{2}\underbrace{1101}_{D}=2D_{16}$$

$55_8 = 5\times8^1 + 5\times8^0 = 45_{10}$

(2) $11100101_2 = \underbrace{011}_{3}\underbrace{100}_{4}\underbrace{101}_{5} = 345_8$

$11100101_2 = \underbrace{1110}_{E}\underbrace{0101}_{5} = E5_{16}$

$345_8 = 3\times8^2 + 4\times8^1 + 5\times8^0 = 229_{10}$

(3) $101.0011_2 = \underbrace{1011}_{5}.\underbrace{001}_{1}\underbrace{100}_{4} = 5.14_8$

$101.0011_2 = \underbrace{0101}_{5}.\underbrace{0011}_{3} = 5.3_{16}$

$5.14_8 = 5\times8^0 + 1\times8^{-1} + 4\times8^{-2} = 5.1875_{10}$

(4) $100111.101_2 = \underbrace{100}_{4}\underbrace{111}_{7}.\underbrace{101}_{4} = 47.4_8$

$100111.101_2 = \underbrace{0010}_{2}\underbrace{0111}_{7}.\underbrace{1010}_{A} = 27.A_{16}$

$47.5_8 = 4\times8^1 + 7\times8^0 + 5\times8^{-1} = 39.625_{10}$

1-3　将下列八进制数转换为十进制数、二进制数和十六进制数。

(1) 16_8　　(2) 172_8　　(3) 61.53_8　　(4) 126.74_8

解　(1) $16_8 = 1\times8^1 + 6\times8^0 = 14_{10}$

$16_8 = \underbrace{1}_{001}\underbrace{6}_{110} = 1110_2$

$1110_2 = \underbrace{1110}_{E} = E_{16}$

(2) $172_8 = 1\times8^2 \times 7\times8^1 + 2\times8^0 = 122_{10}$

$172_8 = \underbrace{1}_{001}\underbrace{7}_{111}\underbrace{2}_{010} = 1111010_2$

$1111010_2 = \underbrace{0111}_{7}\underbrace{1010}_{A} = 7A_{16}$

(3) $61.53_8 = 6\times8^1 + 1\times8^0 + 5\times8^{-1} + 3\times8^{-2} = 49.672_{10}$

$61.53_8 = \underbrace{6}_{110}\underbrace{1}_{001}.\underbrace{5}_{101}\underbrace{3}_{011} = 110001.101011_2$

$110001.101011_2 = \underbrace{0011}_{3}\underbrace{0001}_{1}.\underbrace{1010}_{A}\underbrace{1100}_{C} = 31.AC_{16}$

(4) $126.74_8 = 1\times8^2 + 2\times8^1 + 6\times8^0 + 7\times8^{-1} + 4\times8^{-2} = 86.9375_{10}$

$126.74_8 = \underbrace{1}_{001}\underbrace{2}_{010}\underbrace{6}_{110}.\underbrace{7}_{111}\underbrace{4}_{100} = 1010110.1111_2$

$1010110.1111_2 = \underbrace{0101}_{5}\underbrace{0110}_{6}.\underbrace{1111}_{F} = 56.F_{16}$

1-4　将下列十六进制数转换为十进制数、二进制数和八进制数。

(1) $2A_{16}$　　(2) $B2F_{16}$　　(3) $D3.E_{16}$　　(4) $1C3.F9_{16}$

解　(1) $2A_{16}=\underbrace{2}_{0010}\underbrace{A}_{1010}=101010_2$

$101010_2=\underbrace{101}_{5}\underbrace{010}_{2}=52_8$

$52_8=5\times8^1+2\times8^0=42_{10}$

(2) $B2F_{16}=\underbrace{B}_{1011}\underbrace{2}_{0010}\underbrace{F}_{1111}=101100101111_2$

$101100101111_2=\underbrace{101}_{5}\underbrace{100}_{4}\underbrace{101}_{5}\underbrace{111}_{7}=5457_8$

$5457_8=5\times8^3+4\times8^2+5\times8^1+7\times8^0=2863_{10}$

(3) $D3.E_{16}=\underbrace{D}_{1101}\underbrace{3}_{0011}.\underbrace{E}_{1110}=11010011.111_2$

$11010011.111_2=\underbrace{011}_{3}\underbrace{010}_{2}\underbrace{011}_{3}.\underbrace{111}_{7}=323.7_8$

$323.7_8=3\times8^2+2\times8^1+3\times8^0+7\times8^{-1}=211.875_{10}$

(4) $1C3.F9_{16}=\underbrace{1}_{0001}\underbrace{C}_{1100}\underbrace{3}_{0011}.\underbrace{F}_{1111}\underbrace{9}_{1001}=111000011.11111001_2$

$111000011.11111001_2=\underbrace{111}_{7}\underbrace{000}_{0}\underbrace{011}_{3}.\underbrace{111}_{7}\underbrace{110}_{6}\underbrace{010}_{2}=703.762_8$

$703.762_8=7\times8^2+0\times8^1+3\times8^0+7\times8^{-1}+6\times8^{-2}+2\times8^{-3}=451.9726_{10}$

1-5　用真值表证明下列逻辑等式。

(1) $A(B+C)=AB+AC$

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

(3) $\overline{A+B}=\overline{A}\overline{B}$

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

(5) $A+\overline{BC}+\overline{A}BC=1$

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

(7) $A\oplus B=\overline{A}\oplus\overline{B}$

(8) $A\overline{B}+B\overline{C}+C\overline{A}=\overline{A}B+\overline{B}C+\overline{C}A$

解　(1)

A	B	C	左式	右式
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	1	0	0	0
0	1	1	0	0
1	0	0	0	0
1	0	1	1	1
1	1	0	1	1
1	1	1	1	1

左式=右式，得证。