21世纪高等学校辅导教材

● 电子与信息类丛书

# 数字电子技术学习指导与题解

李克琳 编著

- 学习引导、典型例题分析
- 精选习题试题并解答
- 考研真题、模拟试题与解答



华中科技大学出版社

21世纪高等学校辅导教材

# 数字电子技术
# 学习指导与题解

李克琳　编著

华中科技大学出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

数字电子技术学习指导与题解/李克琳　编著
武汉:华中科技大学出版社, 2002 年 8 月
ISBN 7-5609-2721-1

Ⅰ.数…
Ⅱ.李…
Ⅲ.数字电路-高等学校-教学参考资料
Ⅳ.TN79

**数字电子技术学习指导与题解**　　李克琳　编著

责任编辑:周芬娜　　封面设计:潘　群
责任校对:陈元玉　　责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社
　　武昌喻家山　邮编:430074　电话:(027)87545012

录　排:华大文印中心
印　刷:核工业中南三〇九印刷厂

开本:787×960　1/16　　印张:14　　字数:240 000
版次:2002 年 8 月第 1 版　　印次:2002 年 8 月第 1 次印刷　　印数:1—6 000
ISBN 7-5609-2721-1/TN・68　　定价:18.80 元

## 内容提要

本书是根据高等学校工科电子技术基础教学指导小组制定的“电子技术基础课程教学基本要求”而编写的。全书对逻辑代数基础、集成逻辑门、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、存储器、FPGA 技术及 VHDL 编程、脉冲电路、数/模及模/数转换等系统知识，从基础理论到重点内容进行了概括和总结。典型例题和自测试题都是从现行教科书(如曹汉房主编的《数字电路与逻辑设计》(《脉冲与数字电路》(第三版))、康华光主编的《电子技术基础·数字部分》(第四版))及历届考研试题中精选出来的，并给予了详细的解答。本书的编写突出了解题思路、方法和步骤，并以此强化读者对本课程基础知识的深入学习和提高解题技能。本书最后提供了针对本科生的模拟试题和针对考研生的 5 份考研试题，每份试题都给出了详细解答，以供学生参考。

本书可作为理工科大学生的辅助教材及报考电子、信息、通信专业硕士研究生的考生的复习参考用书。

# 前　　言

数字电子技术是现代高科技数字信息科学的基础，是电子、信息、通信等专业的必修课，是相关专业硕士研究生入学的考试科目之一。

为了帮助本科生和准备考研的读者深入学习该课程的理论知识，提高综合分析问题和解题的能力，作者根据长期教学工作的经验和科研工作的体会，对本课程的重点、难点及识题、辨题、解题进行了全面的总结。以发展的眼光，从新的角度编写了这本学习指导和解题指南。

本书的前九章，每章开始扼要地介绍基本理论，以突出重点。然后针对重要的逻辑问题的分析和设计举出多种具有代表性的例题，随后提供精选的自测试题，并附有详尽的解答。典型例题和自测试题都是从现行教科书（如曹汉房主编的《数字电路与逻辑设计》(《脉冲与数字电路》(第三版))、康华光主编的《电子技术基础·数字部分》(第四版))及历届考研试题中精选出来的。通过这些环节，使读者可以牢固地掌握本课程的必备知识，并受到逻辑思维方法的训练，提高独立分析问题和解决问题的能力。

本书第7章增加了数字电路硬件描述语言VDHL的基础知识，以兼顾同等学力人员申请硕士学位、参加信息与通信工程学科水平全国统一考试的需要。

本书的最后一章提供了几套本科生试卷和考研试卷，读者可自行模拟考试，再对照本书中附有的参考解答，提高实战水平。

本书可供高等院校电子、信息与通信工程专业及相关专业的本、专科学生作为学习参考书，也可作为硕士研究生入学考试的备考书。

编　者

2002年4月

# 目　　录


第1章　数制及逻辑代数 …… (1)

1.1　学习要点 …… (1)

1.1.1　数制 …… (1)

1.1.2　逻辑代数基础 …… (4)

1.1.3　逻辑函数的标准型 …… (6)

1.1.4　逻辑函数化简 …… (7)

1.2　典型例题 …… (9)

1.3　自测自评 …… (13)

1.3.1　自测试题 …… (13)

1.3.2　自测试题解答 …… (14)

第2章　集成逻辑门 …… (20)

2.1　学习要点 …… (20)

2.1.1　半导体器件开关特性 …… (20)

2.1.2　TTL与非门的典型参数 …… (20)

2.1.3　CMOS门特点 …… (21)

2.1.4　集电极开路OC门、三态门的使用特点 …… (21)

2.1.5　CMOS与非门、或非门及NMOS与非门、或非门 …… (22)

2.2　典型例题 …… (22)

2.3　自测自评 …… (29)

2.3.1　自测试题 …… (29)

2.3.2　自测试题解答 …… (32)

第3章　组合逻辑电路 …… (35)

3.1　学习要点 …… (35)

3.1.1　组合逻辑电路的分析与设计 …… (35)

3.1.2　组合逻辑电路中的编码和译码 …… (35)

3.1.3　常用组合逻辑电路中的中规模器件 …… (36)

3.2 典型例题……………………………………………………………… (36)
3.3 自测自评……………………………………………………………… (48)
3.3.1 自测试题……………………………………………………………… (48)
3.3.2 自测试题解答 ……………………………………………………… (49)
第4章 集成触发器 ………………………………………………………… (59)
4.1 学习要点……………………………………………………………… (59)
4.1.1 触发器功能描述 …………………………………………………… (59)
4.1.2 触发器的激励表 …………………………………………………… (62)
4.1.3 画工作波形的要点 ………………………………………………… (63)
4.2 典型例题……………………………………………………………… (63)
4.3 自测自评……………………………………………………………… (67)
4.3.1 自测试题……………………………………………………………… (67)
4.3.2 自测试题解答 ……………………………………………………… (70)
第5章 时序逻辑电路 ……………………………………………………… (75)
5.1 学习要点……………………………………………………………… (75)
5.1.1 概述 ………………………………………………………………… (75)
5.1.2 同步时序逻辑电路的设计………………………………………… (76)
5.1.3 同步时序电路的分析 ……………………………………………… (77)
5.1.4 异步二进制串行计数器的特点 …………………………………… (78)
5.1.5 中规模时序逻辑部件 ……………………………………………… (78)
5.2 典型例题……………………………………………………………… (79)
5.3 自测自评……………………………………………………………… (94)
5.3.1 自测试题……………………………………………………………… (94)
5.3.2 自测试题解答 ……………………………………………………… (98)
第6章 半导体存储器和可编程逻辑器件…………………………………… (116)
6.1 学习要点 …………………………………………………………… (116)
6.1.1 RAM、ROM 结构与特点…………………………………………… (116)
6.1.2 可编程逻辑器件PLD ……………………………………………… (118)
6.2 典型例题 …………………………………………………………… (118)
6.3 自测自评 …………………………………………………………… (124)
6.3.1 自测试题 …………………………………………………………… (124)

6.3.2 自测试题解答 …… (125)
第7章 FPGA 技术及硬件描述语言VHDL基础 …… (127)
7.1 学习要点 …… (127)
7.1.1 FPGA 技术要点 …… (127)
7.1.2 VHDL 语言基础 …… (129)
7.1.3 逻辑模拟和可测性设计 …… (131)
7.2 典型例题 …… (133)
7.3 自测自评 …… (139)
7.3.1 自测试题 …… (139)
7.3.2 自测试题解答 …… (141)
第8章 脉冲电路 …… (147)
8.1 学习要点 …… (147)
8.1.1 脉冲单元电路 …… (147)
8.1.2 脉冲电路的集成器件 …… (148)
8.2 典型例题 …… (150)
8.3 自测自评 …… (159)
8.3.1 自测试题 …… (159)
8.3.2 自测试题解答 …… (162)
第9章 模/数及数/模转换技术 …… (166)
9.1 学习要点 …… (166)
9.1.1 数/模转换器(D/A) …… (166)
9.1.2 模/数转换器(A/D) …… (167)
9.2 典型例题 …… (170)
9.3 自测自评 …… (175)
9.3.1 自测试题 …… (175)
9.3.2 自测试题解答 …… (176)
第10章 模拟试题与解答 …… (179)
10.1 本科课程期终考试试题 …… (179)
模拟试题(1) …… (179)
模拟试题(1)解答 …… (180)
模拟试题(2) …… (184)

模拟试题(2)解答 …………………………………………………… (186)
10.2 硕士研究生入学考试试题…………………………………………… (189)
硕士研究生入学考试试题(1) …………………………………………… (189)
硕士研究生入学考试试题(1)解答 ……………………………………… (190)
硕士研究生入学考试试题(2) …………………………………………… (194)
硕士研究生入学考试试题(2)解答 ……………………………………… (195)
硕士研究生入学考试试题(3) …………………………………………… (198)
硕士研究生入学考试试题(3)解答 ……………………………………… (199)
硕士研究生入学考试试题(4) …………………………………………… (202)
硕士研究生入学考试试题(4)解答 ……………………………………… (204)
硕士研究生入学考试试题(5) …………………………………………… (206)
硕士研究生入学考试试题(5)解答 ……………………………………… (208)
主要参考文献………………………………………………………………… (212)

# 第1章　数制及逻辑代数

## 1.1 学习要点

### 1.1.1 数制

**1. 数制表示法**

(1) 十进制数

基数为10,数码符号为0～9共10个符号,作加法时逢10进1,作减法时借1当10,其表示法分为数码并列表示法与按权展开式表示法。

① 数码并列表示法。是常用的方法。如:一个十进制数表示为1276.54。

② 按权展开式表示法。能把各位的位权(基数10的幂次方,从右到左逐次升幂)表示出来。如:

$1276.54=1\times10^3+2\times10^2+7\times10^1+6\times10^0+5\times10^{-1}+4\times10^{-2}$

一般地,对于任意$n$位整数和$m$位小数的十进制数$(N)_{10}$可以表示为

$$(N)_{10}=a_{n-1}\cdots a_0a_{-1}\cdots a_{-m}$$

或

$$(N)_{10}=a_{n-1}\times10^{n-1}+\cdots+a_0\times10^0+a_{-1}\times10^{-1}+\cdots+a_{-m}\times10^{-m}=\sum_{i=-m}^{n-1}a_i\times10^i$$

(2) 二进制数

基数为2,数码符号仅为0和1两个符号,作加法时逢2进1,作减法时借1当2。二进制数由于只用0和1两个符号,与数字电路可识别以0表示的低电压和以1表示的高电压这种功能相吻合,故二进制数最适合用于数字电路及以数字电路为基础的计算机运算中。

仿照十进制数,对于$N$位整数和$M$位小数的二进制数的两种表示法如下。

① 数码并列表示法:

$$(N)_2=a_{n-1}\cdots a_0a_{-1}\cdots a_{-m}$$

② 按权展开式表示法:

$$(N)_2=a_{n-1}\times2^{n-1}+\cdots+a_0\times2^0+a_{-1}\times2^{-1}+\cdots+a_{-m}\times2^{-m}=\sum_{i=-m}^{n-1}a_i\times2^i$$

如:一个二进制数$(11101.101)_2$的按权展开式为

$$(11101.101)_2 = 1\times 2^4 + 1\times 2^3 + 1\times 2^2 + 0\times 2^1 + 1\times 2^0 + 1\times 2^{-1} + 0\times 2^{-2} + 1\times 2^{-3}$$

由于一个较大的数，用二进制数表示，位数很多，书写冗长，故常将二进制数转换成八进制数或十六进制数表示。它们的表示法均与十进制数或二进制数的表示法类似，只是基数不同。

(3) 八进制数

基数为8，数码符号为0～7。如一个八进制数157.26可表示为

$$(157.26)_8 = 1\times 8^2 + 5\times 8^1 + 7\times 8^0 + 2\times 8^{-1} + 6\times 8^{-2}$$

(4) 十六进制数

基数为16，数码符号为0～9、A、B、C、D、E、F等16个符号。如一个十六进制数5AD.3E可表示为

$$(5AD.3E)_{16} = 5\times 16^2 + A\times 16^1 + D\times 16^0 + 3\times 16^{-1} + E\times 16^{-2}$$

**2. 数制转换**

(1) 二、八、十六进制数转换为十进制数

这种转换都可通过按权展开式完成。

**例1** 将$(11011)_2$转换为十进制数。

**解** $(11011)_2 = 1\times 2^4 + 1\times 2^3 + 0\times 2^2 + 1\times 2^1 + 1\times 2^0 = (27)_{10}$

**例2** 将$(357)_8$转换为十进制数。

**解** $(357)_8 = 3\times 8^2 + 5\times 8^1 + 7\times 8^0 = (239)_{10}$

**例3** 将$(6BC)_{16}$转换为十进制数。

**解** $(6BC)_{16} = 6\times 16^2 + B\times 16^1 + C\times 16^0$

$$= 6\times 16^2 + 11\times 16^1 + 12\times 16^0 = (1724)_{10}$$

(2) 十进制数转换为二进制数

整数部分采用基数连除取余法，小数部分采用基数连乘取整法。

**例4** 求$(47)_{10} = (?)_2$

**解**

| | 余数 | | |
|---|---|---|---|
| 2 \| 47 | | | |
| 2 \| 23 | 1 | $a_0$ | 低位 |
| 2 \| 11 | 1 | $a_1$ | ↑ |
| 2 \| 5 | 1 | $a_2$ | |
| 2 \| 2 | 1 | $a_3$ | |
| 2 \| 1 | 0 | $a_4$ | |
| 0 | 1 | $a_5$ | 高位 |

除到商数等于0结束。故

$$(47)_{10} = (a_5a_4a_3a_2a_1a_0)_2 = (101111)_2$$

**例5** 求$(0.786)_{10} = (?)_2$，要求精确到小数点后第4位。(一般题目都会指明精确的程度。)

**解** $0.786\times2=1.572 \quad a_{-1}=1$

$0.572\times2=1.144 \quad a_{-2}=1$

$0.144\times2=0.288 \quad a_{-3}=0$

$0.288\times2=0.576 \quad a_{-4}=0$

所以
$$(0.786)_{10}=(0.1100)_2$$

如果一个十进制数既有整数部分又有小数部分，在转换为二进制数时，分别对两个部分进行转换，两部分的结果联合起来就是最后的答案。

**例 6** 求$(53.634)_{10}=(?)_2$，精确到小数点后第4位。

**解** 整数部分转换如下：

| | 余数 | |
|---|---|---|
| 2 \| 53 | | |
| 2 \| 26 | 1 | 低位 |
| 2 \| 13 | 0 | ↑ |
| 2 \| 6 | 1 | |
| 2 \| 3 | 0 | |
| 2 \| 1 | 1 | |
| 0 | 1 | 高位 |

小数部分转换如下：

$0.634\times2=1.268 \quad a_{-1}=1$

$0.268\times2=0.536 \quad a_{-2}=0$

$0.536\times2=1.072 \quad a_{-3}=1$

$0.072\times2=0.142 \quad a_{-4}=0$

故
$$(53.634)_{10}=(110101.1010)_2$$

(3) 十进制数转换为八进制数或十六进制数

首先将十进制数转换为二进制数，再按(4)或(5)所述，将二进制数转换为八进制数或十六进制数。

(4) 将二进制数转换为八进制数

若是一个二进制整数，则从右到左将每3位数码分为一组，最左边不足3位的补0，每组二进制数码对应的数值就是转换的结果。

**例 7** 求$(1110111)_2=(?)_8$

**解** $\underline{\boxed{00}1}\quad\underline{110}\quad\underline{111}$

$\quad\;1\qquad 6\qquad 7$

故
$$(1110111)_2=(167)_8$$

若是一个二进制小数，则从左到右将每3位数码分为一组，最右边不足3位的补0，每组二进制数码所对应的数值就是转换的结果。

**例 8** 求$(0.1101111)_2=(?)_8$

**解** $0.\ \underline{110}\quad\underline{111}\quad\underline{1\boxed{00}}$

$\qquad\;6\qquad 7\qquad 4$

故
$$(0.1101111)_2=(0.674)_8$$

若是一个既有整数部分又有小数部分的二进制数，从小数点开始分别从左到右和从右到左将每3位数码分为一组，不足3位的补0，每组二进制数码所对应的数值就是转换的结果。

**例 9** 求$(1101011.11101)_2=(?)_8$

**解** $\boxed{00}1$ 101 011. 111 01$\boxed{0}$

1 5 3 7 2

故 $$(1101011.11101)_2=(153.72)_8$$

(5) 将二进制数转换为十六进制数

将二进制数转换为十六进制数的分组方法与上述二进制数转换为八进制数的方法类似，不同的是将每4位数码分为一组，不足4位的补0，每组4位二进制数码所对应的数值（数值用0～9、A～F表示）即为转换结果。

**例 10** 求$(1101111011.111011)_2=(?)_{16}$

**解** $\boxed{00}11$ 0111 1011. 1110 11$\boxed{00}$

3 7 B E C

故 $$(1101111011.111011)_2=(37B.EC)_{16}$$

## 1.1.2 逻辑代数基础

**1. 几个概念**

① 逻辑关系：它描述了条件与结论之间存在的某种规律性，亦即因果关系。

② 逻辑变量：凡可用且只用两种相反状态来描述的事物均可设为逻辑变量，这两种相反状态分别用1和0表示。

如以变量$A$表示高低电压：常用$A=1$→高电压，$A=0$→低电压。

如以变量$B$表示开关状态：常用$B=1$→开关闭合，$B=0$→开关断开。

注意：这里的0、1与二进制数中的0、1有本质的区别，后者是数的概念。

③ 逻辑函数：当逻辑变量$A_1,A_2,\cdots,A_n$的取值全部确定之后，$F$也被唯一地确定，则称$F$是关于$A_1,A_2,\cdots,A_n$的逻辑函数。记为$F(A_1,A_2,\cdots,A_n)$。

$F$的逻辑值也只能是0或1，表示两种相反的结果。

**2. 逻辑函数的基本运算**

① 与运算：$F=A\times B=A\cdot B=AB$

② 或运算：$F=A+B$

③ 非运算：$F=\overline{A}$

**3. 逻辑运算的公理**

| | | |
|---|---|---|
| $1\times1=1$ | $1+1=1$ | $\overline{1}=0$ |
| $0\times1=0$ | $1+0=1$ | $\overline{0}=1$ |
| $0\times0=0$ | $0+0=0$ | |

**4. 与、或、非混合逻辑运算的优先顺序**

在混和运算中，优先顺序是非→与→或，即单变量的非运算优先级别最高，

或运算的优先级别最低。有括号的部分优先于无括号的部分。含两个变量以上的非号(称长非号)的运算优先级别与括号相同。

**例 11** $F=\overline{A}+BC$,当 $A=0,B=1,C=0$ 时,求 $F$ 的值。

**解** $F=\overline{0}+1\cdot 0=1+0=1$

**例 12** $F=(A+\overline{B})\cdot C$,当 $A=0,B=1,C=1$ 时,求 $F$ 的值。

**解** $F=(0+\overline{1})\cdot 1=0\cdot 1=0$

**例 13** $F=\overline{A+B}\cdot C$,当 $A=0,B=0,C=1$ 时,求 $F$ 的值。

**解** $F=\overline{0+0}\cdot 1=1\cdot 1=1$

**5. 逻辑函数的基本定理**

(1) 常量与变量关系定理

$$\begin{cases}A\cdot 0=0\\A\cdot 1=A\end{cases}\qquad\begin{cases}A+0=A\\A+1=1\end{cases}\qquad\begin{cases}A\cdot\overline{A}=0\\A+\overline{A}=1\end{cases}$$

(2) 与普通代数类似的交换律、结合律、分配律

① 交换律:$A+B=B+A,A\cdot B=B\cdot A$

② 结合律:$(A+B)+C=(A+C)+B$

③ 分配律:$A\cdot(B+C)=AB+AC$

(3) 重叠律

$A+A=A,\quad A\cdot A=A$

(4) 摩根律

$\overline{AB}=\overline{A}+\overline{B},\overline{A+B}=\overline{A}\cdot\overline{B}$

**6. 逻辑代数三规则的意义**

(1) 代入规则

代入规则是指任何一个含有变量 $A$ 的等式,如果将所有出现 $A$ 的地方都用函数 $G$ 替换,则等式仍然成立。

该规则在理论上有重要意义,可把上述只含两个变量的一些公式扩展为多个变量的公式。

(2) 对偶规则

对偶规则是将逻辑函数式中的·换成+,+换成·,1 换成 0,0 换成 1,并注意保留所有非号(包括长非号)及原 $F$ 中的运算顺序,即得到原函数式的对偶式。

该规则在理论上有重要意义,已知一组公式,可推知另一组公式,在解题中要会求一个函数 $F$ 的对偶式 $F'$。

**例 14** 已知 $F=A(B+\overline{C})+\overline{CD}$,求 $F'$。

**解** $F'=(A+B\cdot\overline{C})\cdot\overline{C+D}$

(3) 反演规则

反演规则是将逻辑函数式中的+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，并注意两个以上变量共用的长非号保持不变和原$F$式中的运算顺序保持不变，即得到原函数式的对偶式。

利用反演规则可以很快地求函数$F$的反函数$\overline{F}$。

**例15** 已知$F=\overline{AB}+\overline{C}D$，利用反演规则，求$\overline{F}$。

**解** $\overline{F}=\overline{A+\overline{B}}\cdot(C+\overline{D})$

**7. 常用复合逻辑**

（1）与非：$F=\overline{ABC}$

（2）或非：$F=\overline{A+B+C}$

（3）与或非：$F=\overline{AB+CD}$

（4）异或、同或逻辑：$F_{异}=A\oplus B=\overline{A}B+A\overline{B}$，$F_{同}=A\odot B=\overline{A}\,\overline{B}+AB$

异或逻辑中有以下特性是经常用到的：

① $A\oplus 1=\overline{A}$

② $A\oplus 0=A$

③ 奇数个1异或得1，偶数个1异或得0

④ 交换律：若$C=A\oplus B$，则$A=C\oplus B$或$B=A\oplus C$

分配律：$A(B\oplus C)=AB\oplus AC$

### 1.1.3 逻辑函数的标准型

**1. 最小项和最大项的名称与代号**

以三个变量$A$、$B$、$C$的逻辑问题为例，它们的最小项和最大项的表示法如表1.1-1所示。

**表1.1-1 三个变量的最小项、最大项表示**

| $A$ | $B$ | $C$ | 最小项名称 | | | 代号 | 最大项名称 | 代号 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | $\overline{A}$ | $\overline{B}$ | $\overline{C}$ | $m_0$ | $A+B+C$ | $M_0$ |
| 0 | 0 | 1 | $\overline{A}$ | $\overline{B}$ | $C$ | $m_1$ | $A+B+\overline{C}$ | $M_1$ |
| 0 | 1 | 0 | $\overline{A}$ | $B$ | $\overline{C}$ | $m_2$ | $A+\overline{B}+C$ | $M_2$ |
| 0 | 1 | 1 | $\overline{A}$ | $B$ | $C$ | $m_3$ | $A+\overline{B}+\overline{C}$ | $M_3$ |
| 1 | 0 | 0 | $A$ | $\overline{B}$ | $\overline{C}$ | $m_4$ | $\overline{A}+B+C$ | $M_4$ |
| 1 | 0 | 1 | $A$ | $\overline{B}$ | $C$ | $m_5$ | $\overline{A}+B+\overline{C}$ | $M_5$ |
| 1 | 1 | 0 | $A$ | $B$ | $\overline{C}$ | $m_6$ | $\overline{A}+\overline{B}+C$ | $M_6$ |
| 1 | 1 | 1 | $A$ | $B$ | $C$ | $m_7$ | $\overline{A}+\overline{B}+\overline{C}$ | $M_7$ |

由表1.1-1可知，每一种输入变量组合分别对应着一个最小项和一个最大项，对于某一种输入变量组合，写它的最小项名称时，见0→写反变量，见1→写原变量。而写最大项名称时则反过来，见0→写原变量，见1→写反变量。在名称与代号的转换中应非常熟悉。比如：见到$m_2$就可写出其名称$\overline{A}B\overline{C}$；见到$M_6$可写出

其名称$\overline{A}+\overline{B}+C$。

**2. 逻辑函数标准型**

由于逻辑代数中公式多，同一个函数可有多种表达式，但只有标准式直接与真值表对应。

(1) 最小项标准与或式(简称标准与或式)

式中先“与”后“或”，式中出现的每个乘积项都是最小项，如：

$$F(A,B,C)=\overline{A}BC+A\overline{B}C+ABC$$

(2) 最大项标准或与式(简称标准或与式)

式中先“或”后“与”，式中出现的每个或项都应是最大项，如：

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

**3. 从真值表到标准式**

如某函数$F$的真值表如表1.1-2所示。

**表1.1-2 函数$F$真值表**

| $A$ | $B$ | $C$ | $F$ |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 |

① 该函数$F$的标准与或式是由那些使$F=1$的所有输入变量组合所对应的最小项相或而成的，即

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

或写成：$F(A,B,C)=m_1+m_2+m_4+m_7$

$$F(A,B,C)=\sum m(1,2,4,7)$$

② 该函数$F$的标准或与式是由那些使$F=0$的所有输入变量组合所对应的最大项相与而成的，即

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

或写成：$F(A,B,C)=M_0M_3M_5M_6$

$$F(A,B,C)=\prod M(0,3,5,6)$$

由上述两种标准式的组成可看出它们的实值跟真值表一样，就是要表明哪些输入变量组合使函数$F=1$，哪些输入变量组合使函数$F=0$。

## 1.1.4 逻辑函数化简

一般函数化简的主要目标是得到最简与或式，其次是最简或与式。化简的方法常用的是代数法化简和卡诺图法化简。

**1. 代数法化简**

在化简函数时常用的定律除了摩根定律以外，还有以下三个重要定律：

① 合并律：$AB+A\overline{B}=A$

② 吸收律：$A+AB=A$

③ 包含律：$AB+\overline{A}C+BC=AB+\overline{A}C$

包含律经常反过来用于添加项，然后利用这个添加项去吸收包含它的更复杂的与项，达到化简效果，故把这个方法叫“添加-吸收”法。当一个变量分别以原变量($A$)和反变量($\overline{A}$)出现在式中的两个与项的场合下，就应考虑能否使用“添加-吸收”法。

**例 16** 求 $F=A+\overline{A}B+BC$ 的最简与或式。

**解** $F=A+\overline{A}B+BC=A+B+\overline{A}B+BC=A+B$

**2. 卡诺图化简**

利用卡诺图化简逻辑函数比较直观，而且不仅能方便地得到最简与或式，也能方便地得到最简或与式，还能利用无关最小项(如果某函数存在无关最小项)进一步化简。但卡诺图化简不宜用于有6个以上变量的函数化简。在一般的逻辑设计中，有4个以下变量的函数多用卡诺图化简。

(1) 卡诺图结构

三变量和四变量的卡诺图结构如图1.1-1 和图1.1-2 所示。

| $A$ \ $BC$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 0 | $m_0$ | $m_1$ | $m_3$ | $m_2$ |
| 1 | $m_1$ | $m_5$ | $m_7$ | $m_6$ |

图 1.1-1 三变量卡诺图

| $AB$ \ $CD$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| 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 | $m_8$ | $m_9$ | $m_{11}$ | $m_{10}$ |

图 1.1-2 四变量卡诺图

从卡诺图中可看出，每种输入变量组合所对应的小方格也相应地对应着一个最小项或一个最大项。在这里，必须注意，每个小方格对应的最小项的序号，不能按一般的递增顺序排列，比如 $m_3$ 排在 $m_2$ 前面，$m_7$ 排在 $m_6$ 的前面，等等。

(2) 用卡诺图表示函数

① 从真值表到卡诺图

若已知某函数的真值表，则在那些使 $F=1$ 的输入组合所对应的小方格中填1，其余的填0(无必要可不填)。

② 从标准式到卡诺图

若已知某函数的标准式，则对于式中出现了的最小项(或最大项)，在所对应的小方格中填1(或0)。

(3) 用卡诺图化简得最简与或式的步骤

① 对卡诺图上相邻的“1”方格画卡诺圈，并注意以下要点：

卡诺圈范围尽可能大——只要不违反合并规律，可2，4，8…个“1”方格圈在