

# 逻辑电路与设计

陈盛云 主编

重庆大学出版社

## 内 容 简 介

全书分五章。内容包括:逻辑代数及化简;组合逻辑电路的分析与设计;时序逻辑电路分析与设计;数字量与模拟量之间的转换;逻辑集成电路等内容。

本书适合作为高等学校计算机专业和学习班的教材,也适合于工科院校其他专业的学生及有关工程技术人员学习参考。

## 逻辑电路与设计

主 编 陈盛云

责任编辑:谭敏      版式设计:谭敏  
责任校对:何建云      责任印制:张永洋

\*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鹤盛

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400044

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:[fxk@cqup.com.cn](mailto:fxk@cqup.com.cn) (市场营销部)

全国新华书店经销

印刷

\*

开本:787×1092 1/16 印张:13 字数:324千

1997年8月第1版      2002年8月第4次印刷

印数:15 001 - 18 000

ISBN 7-5624-1328-2/TN·23 定价:18.00元

---

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换  
版权所有 翻印必究

## 序

面对知识爆炸, 社会学家们几乎都开出了一个相同的药方: 计算机。计算机也深孚众望, 以其强大的功能, 对人类作出了巨大的贡献, 取得了叹观止矣的成就。自它 1946 年 2 月 14 日在美国费城诞生以来, 至今已过“知天命”的年龄了。现在, 计算机已是一个庞大的家族。如果说, 它的成员占据了世界的每一个角落和每一个部门也并不过分, 甚至找不到这样一个文明人, 他的生活不直接或间接与计算机有关。目前, 全世界计算机的总量已达数亿台, 而且, 现在正以每年几千万台的速度增长。

作为计算机在信息传递方面的应用, 计算机加上网络, 被认为是和能源、交通同等重要的基础设施。这种设施对信息的传递起着异常重要的作用。西方发达国家和我们国家对此都非常重视。例如, 美国的信息高速公路计划, 全球通讯的“铱”计划, 我国也开始实行一系列“金”字头的国民经济管理信息化计划。这些计划中唱主角的设备便是计算机。计算机在各个方面的应用不胜枚举, 我们每个人都自觉不自觉地处于计算机包围中。

计算机对社会生产来说是一个产业大户, 对每个现代人来说是一种工具, 对学生们来说, 它是一个庞大的知识系统。面对计算机知识的膨胀, 面对计算机及其应用产业的膨胀, 计算机各个层次的从业人员的需要也在不断膨胀, 计算机知识的教育也遍及从小学生到研究生的各个层次。

为了适应计算机教学的需要, 重庆大学出版社近几年出版了大量的计算机教学用书, 这一套教材就是一套适应专科层次的系列教材。我们将会看到, 这一套教材以系列、配套、适用对路, 便于教师和学生选用。如果再仔细研究一下, 将会发现它的一系列编写特色:

1. 这些书的作者们是一些长期从事计算机教学和科研的教师, 不少作者在以前都有大量计算机方面的著作出版。例如本系列书中的《Visual Fox Pro 中文版教程》的作者, 十年前回国后最早将狐狸软件介绍到祖国大陆, 这一本书已是他的第八本著作了。坚实的作者基础, 是

这套书成功的最根本的保证。

2. 计算机科学是发展速度惊人的科学, 内容的先进性、新颖性、科学性是衡量计算机图书质量的重要标准, 这一套书的作者们在这方面花了极大的功夫, 力求让读者既掌握计算机的基础知识, 又让读者了解最新的计算机信息。

3. 在内容的深度和知识结构上, 从专科学学生的培养目标出发, 在理论上, 从实际出发, 满足本课程及后续课程的需要, 而不刻意追求理论的深度。在知识结构上, 考虑到全书结构的整体优化, 而不过分强调单本书的系统性。这样, 在学过这一套系列教材后, 学生们就可在浩瀚的计算机知识中, 建立起清晰的轮廓, 就会知道这些知识的前因后果, 就会了解这些知识的前接后续。使学生们能在今后的工作实践中得心应手。

4. 计算机是实践性很强的课程, 仅靠坐而论道是学习不了这些知识的。所以从课程整体设置来讲, 包括有最基本的操作技能的教材。对单本书来说, 在技术基础课和专业课中, 都安排有一定的上机实习或实验, 这样可使学生既具备一定的理论知识以利今后发展和深造, 又掌握实际的工作技能胜任今后的实际工作。

编写一套系列教材, 这是一个巨大的工程。这一套书的作者们, 重庆大学出版社的领导和编辑们, 都为此付出了辛勤的劳动。作为计算机工作者, 以此序赞赏他们的耕耘, 弘扬他们的成绩。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '周明' (Zhou Ming), written in a cursive style.

1997年6月15日

# 前 言

本教材是根据西部地区计算机专业系列教材编写会议制定的大纲编写的。

全书共分五章。第一章介绍了逻辑代数的基本概念、常用公式、定理,着重讲解了逻辑函数的表示方法和化简方法。第二、三章讨论了组合逻辑电路和时序逻辑电路的一般分析方法和设计方法,讨论了有关常用组合逻辑电路和时序逻辑电路的组成、功能和应用。第四章讨论了模拟量和数字量相互转换的基本原理、方法及一些常用的集成电路芯片。第五章通过介绍标准逻辑集成电路和专用逻辑集成电路,对目前应用广泛的几个系列的逻辑集成电路的电路结构、工作原理、电气参数、性能特点进行了讨论,并介绍了逻辑集成电路的其他一些应用。

本书将有关逻辑电路的内容放在最后一章讨论,这是出于很多学校是将数字电路与模拟电路同时开设,而学生在刚开始接触门电路时总感到学习难度较大。将这部分内容放在后面,待学生对电子电路有了较深入的了解后,能减少一些学生对学习逻辑门电路的难度。另外,本着专科教育应注重实用的原则,在内容安排上减少了逻辑集成电路内部电路的分析,而着重于逻辑电路外部特性和实际器件、新型器件的介绍。

本书的第一章由贵州师范大学杨柳编写,第二章由云南工业大学邵剑龙编写,第三章及第四章的第一节由云南工业大学杨嘉林编写,第五章及第四章的第二节由云南工业大学陈盛云编写。

由于水平有限,肯定存在不少的错误,恳请各位读者给予批评指正。

编 者

1997年6月

# 目 录

第一章 逻辑代数及化简 .....	1
§ 1.1 逻辑代数的基本知识 .....	1
§ 1.2 矩形符号与异形符号 .....	6
§ 1.3 真值表及逻辑图 .....	8
§ 1.4 逻辑代数的基本定理及常用公式 .....	10
§ 1.5 逻辑函数的标准型及其化简方法 .....	13
§ 1.6 用卡诺图化简逻辑函数 .....	20
§ 1.7 带约束条件的逻辑函数的化简 .....	26
习题一 .....	30
第二章 组合逻辑电路的分析与设计 .....	32
§ 2.1 组合逻辑电路的分析方法 .....	32
§ 2.2 常用组合电路的分析 .....	33
§ 2.3 组合逻辑电路的设计 .....	45
§ 2.4 常用组合电路的设计 .....	52
§ 2.5 组合电路中的特殊干扰问题 .....	60
习题二 .....	63
第三章 时序逻辑电路分析与设计 .....	66
§ 3.1 时序电路的定义和一般结构 .....	66
§ 3.2 时序电路中的存储单元——双稳态触发器 .....	67
§ 3.3 时序电路的分析方法 .....	80
§ 3.4 常用时序电路分析 .....	85
§ 3.5 时序电路的设计方法 .....	97
§ 3.6 计数器设计 .....	108
§ 3.7 采用中规模集成触发器、寄存器、计数器的逻辑电路 .....	113
习题三 .....	118
第四章 数字量与模拟量之间的转换 .....	122
§ 4.1 数 - 模转换 .....	122
§ 4.2 模 - 数转换 .....	127
习题四 .....	138
第五章 逻辑集成电路 .....	139
§ 5.1 概述 .....	139
§ 5.2 通用逻辑集成电路 .....	140
§ 5.3 专用逻辑集成电路 .....	173
§ 5.4 逻辑集成电路的其他运用 .....	181
习题五 .....	197
参考文献 .....	199

# 第一章 逻辑代数及化简

逻辑代数又叫开关代数或布尔代数,是英国数学家、逻辑学家布尔(Boole)于19世纪中叶创立的。由于逻辑代数将抽象的数学理论应用到实际的逻辑问题之中,反映了基本逻辑电路和复杂的组合逻辑之间的内在联系和变化规律,因此它是分析和设计逻辑电路的重要的数学工具。

本章在介绍逻辑代数的基本概念、常用公式、定理的基础上,着重讲解逻辑函数的四种表示方法和两种化简方法。

## § 1.1 逻辑代数的基本知识

### 1.1.1 逻辑变量与逻辑函数

#### 一、逻辑变量

逻辑代数和普通代数一样,也是用字母表示变量,但是变量的取值只有两个:即0或1。而在逻辑代数中0和1已不再是具体的数字,不像在普通代数中那样具有数值大小的意义,而仅仅表示两种截然不同的逻辑状态。例如,用1和0分别表示电平的高和低,事件的是和非,脉冲的有和无,开关的断开和闭合等。

这种二值变量把它称作逻辑变量,用字母A、B、C...等表示。

#### 二、逻辑函数

与在普通代数中一样,对于n个输入逻辑变量,如果有

$$F = f(A, B, C, \dots) \quad (1.1.1)$$

则我们称F为逻辑函数,逻辑函数与逻辑变量之间的关系称为逻辑函数表达式简称逻辑表达式。

如果输入逻辑变量A、B、C...等的取值确定了,逻辑函数的取值也就被唯一的确定了。在逻辑代数中,逻辑函数与逻辑变量一样只有两个取值:0或1。同样地,在这里0和1只是表示两种不同的逻辑状态,并不表示具体的“数”,故逻辑函数又称为是双值函数。

### 1.1.2 逻辑代数中的逻辑关系

逻辑,实质就是关系。它表示了事情发生的条件和结果之间所遵循的规律,即一种因果关系。自然界存在的逻辑是各种各样的,逻辑代数中所讨论的逻辑是双值逻辑。在双值逻辑中,任一事物的结果及决定该事物的条件只有两种完全对立而又相互依存的可能状态。例如有和无,是和否,高和低,亮与不亮,0和1等,而没有其他的中间状态。在双值逻辑中,条件(变量)和结果(函数)只能有两种取值:0和1。

## 一、基本逻辑关系

逻辑代数中基本的逻辑关系有三种：与逻辑、或逻辑和非逻辑。

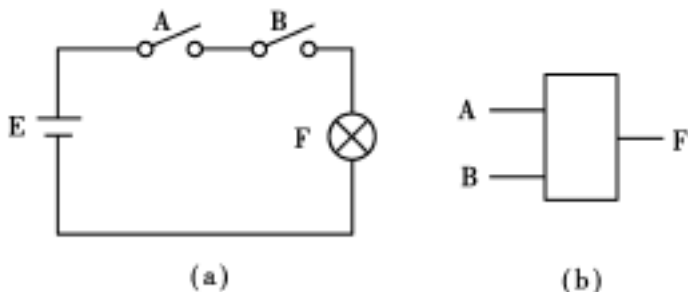


图 1-1 与逻辑关系  
(a) 举例 (b) 与门符号

### 1. 与逻辑

与逻辑表示这样一种逻辑关系：当决定一件事情的各个条件全部具备时，这件事情才会发生。

现实生活中存在的与逻辑关系是很多的。例如图 1-1(a) 所示电路中，两个串联开关 A 和 B 控制灯 F 的亮和灭，只有当开关 A 和 B 都闭合时，灯 F 才会亮。如果将灯亮作为结果，开关 A 与 B 的闭合作为条件，则它们之间是与逻辑的关系。

以逻辑函数表达式可表示为：

$$F = A \cdot B = AB \quad (1.1.2)$$

读作 F 等于 A 与 B。

实现与逻辑关系的电路称为与门，并用图 1-1(b) 所示符号来表示。与门具有一个或一个以上的输入端。

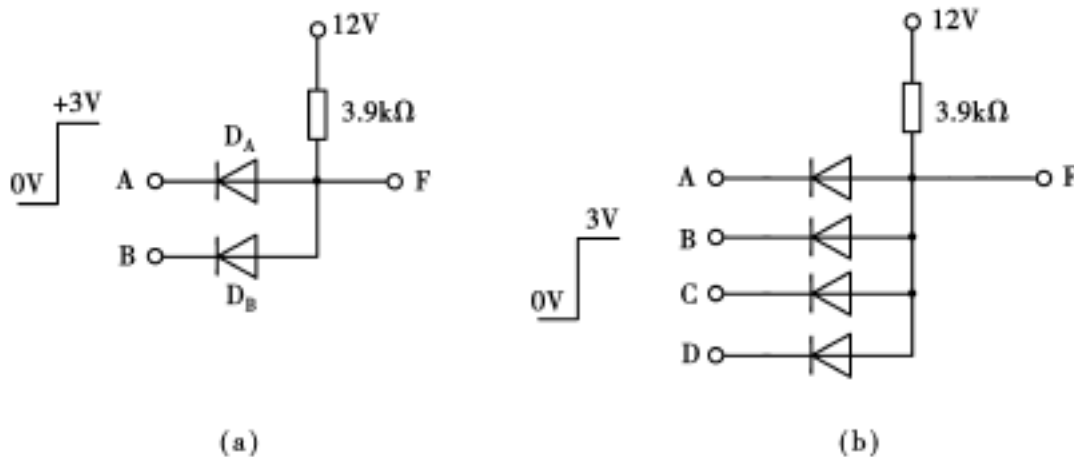


图 1-2 二极管与门  
(a) 两输入端 (b) 四输入端

用二极管和电阻组成的与门电路如图 1-2(a) 所示。设二极管为理想的，并用 0 代表低电平(0V)，1 代表高电平(3V)。与门电路输入和输出之间的关系为：

- (1) 输入 A、B 全为低电平 0V 时， $D_A$ 、 $D_B$  正偏而导通，F 点钳位于 0V，输出  $V_o = 0V$ ；
- (2) 输入 A 为低电平 0V，B 为高电平 3V 时， $D_A$  导通， $D_B$  截止，F 点钳位于 0V，输出  $V_o = 0V$ ；
- (3) 输入 A 为高电平 3V，B 为低电平 0V 时， $D_A$  截止， $D_B$  导通，F 点钳位于 0V，输出  $V_o = 0V$ ；
- (4) 输入全部为高电平 3V 时， $D_A$ 、 $D_B$  正偏导通，F 点钳位于 3V，输出  $V_o = 3V$ 。

由以上分析可以看出，若以输入高电平作为条件，以输出高电平作为结果，则与门输入输出之间的逻辑关系为“有低出低，全高出高”，显然这就是与逻辑关系。

由二极管构成的与门还可扩展到多输入的情况，如图 1-2(b)。

### 2. 或逻辑

当决定一件事情的各个条件有一个满足时，这件事情就会发生，这种逻辑关系称为或逻辑

关系。

如图 1-3(a) 所示电路中, 两个并联开关 A 和 B 控制灯 F 的亮和灭, 当开关 A 和 B 有一个闭合时, 灯 F 就会亮。灯亮这个结果与开关 A 与 B 闭合的这两个条件之间是或逻辑关系, 逻辑函数表达式为:

$$F = A + B \quad (1.1.3)$$

读作 F 等于 A 或 B。

实现或逻辑关系的电路称为或门, 用图 1-3(b) 所示符号表示。或门具有一个或一个以上的输入端。

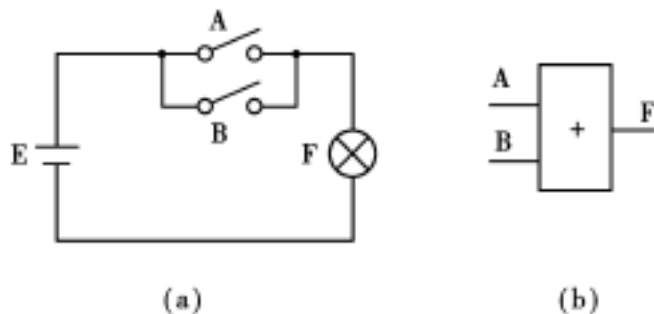


图 1-3 或逻辑关系

(a) 举例 (b) 或门符号

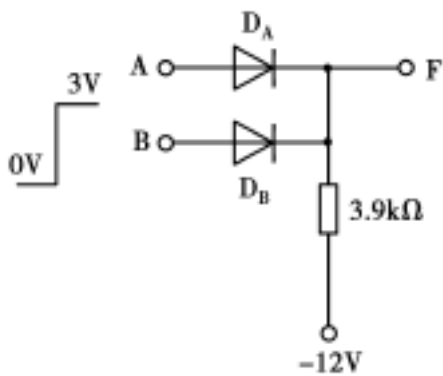


图 1-4 二极管或门

用二极管和电阻组成的或门电路如图 1-4 所示。设二极管为理想二极管, 并用 0 代表低电平(0V), 1 代表高电平(3V), 则或门电路输入和输出之间的关系为:

- (1) 输入全为低电平 0V 时,  $D_A$ 、 $D_B$  正偏而导通, F 点钳位于 0V, 输出  $V_o = 0V$ ;
- (2) 输入有一个为高电平时,  $D_A$  或  $D_B$  中接高电平的一个导通, F 点钳位于 3V, 输出  $V_o = 3V$ ;
- (3) 输入全为高电平时,  $D_A$  和  $D_B$  均导通, F 点钳位于 3V, 输出  $V_o = 3V$ 。

由以上分析可以看出, 若以输入高电平作为条件, 以输出高电平作为结果, 则或门输入输出之间的逻辑关系为“有高出高, 全低出低”, 显然这是或逻辑关系。

### 3. 非逻辑

逻辑非是这样一种逻辑关系: 当决定一件事情的条件不具备时, 事情才会发生。

如图 1-5(a) 所示电路中, 开关 A 控制灯 F 的亮和灭, 当开关 A 闭合时, 灯 F 灭, 而开关 A 断开时, 灯 F 则亮。若以开关 A 的闭合为条件, 灯 F 亮为结果, 则 F 与 A 之间的关系为非逻辑关系, 用逻辑函数表达式表示为:

$$F = \overline{A} \quad (1.1.4)$$

读作 F 等于 A 反或 F 等于 A 非。

实现非逻辑关系的电路称为非门, 用图 1-5(b) 所示符号表示。非门具有一个输入端。

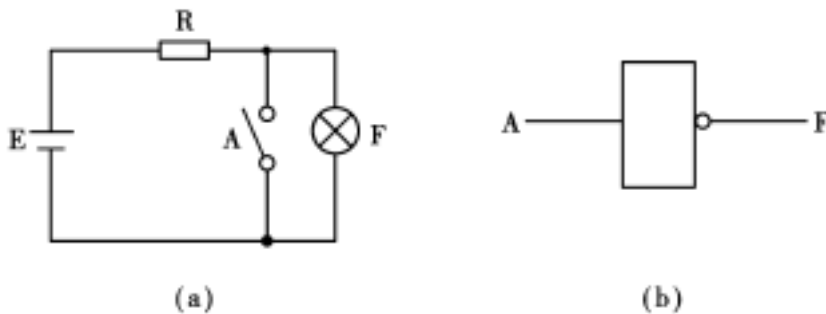


图 1-5 非逻辑关系

(a) 举例 (b) 非门符号

图 1-6 是由一个晶体管构成的实现非逻辑的非门电路(又称反相器)。随输入电压  $V_i$  电平高低的不同, 晶体管可工作在饱和区和截止区, 如同一个开关一样, 从而实现非逻辑。其逻辑关系分析如下:

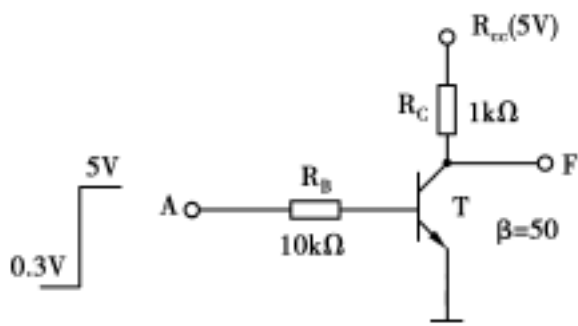


图 1-6 非门电路

(1) 输入为低电平时, 晶体管发射结截止, 基极电流  $i_B = 0$ , 故发射极电流  $i_C = 0$ , 晶体管工作在截止状态, 输出  $V_O = E_C$ , 为高电平。

(2) 输入为高电平时, 晶体管发射结导通且工作在饱和状态,  $V_O = V_{ces} = 0.3V$  (锗管为  $0.1V$ )  $0V$ , 为低电平。

显然, 图 1-6 电路中, 当输入为低电平时, 输出为高电平; 而输入为高电平时, 输出为低电平。这就是非逻辑。

## 二、其他形式的逻辑关系

### 1. 或非逻辑

当决定某一事件的各个条件全部不具备时, 事件才发生; 而只要有一个条件具备, 事件就不发生。这种逻辑关系即是或非逻辑。

或门后接一个非门, 就可组成实现或非逻辑的或非门电路。如用 1 代表高电平, 0 代表低电平, 它的输入与输出之间的关系为: 当输入全为 0 时, 输出为 1; 输入中有高电平时, 输出为 0。若以输入为 1 为条件, 输出为 1 作为结果, 以上所述的逻辑就是或非逻辑。

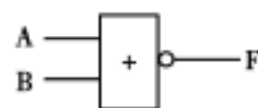


图 1-7 或非门符号

或非门的逻辑符号如图 1-7 所示, 逻辑表达式为:

$$F = \overline{A + B} \quad (1.1.5)$$

### 2. 与非逻辑

当决定一件事情的各个条件全部满足时, 事情不发生; 但只要有一个条件不满足时, 事情就发生。这样的逻辑关系就是与非逻辑。

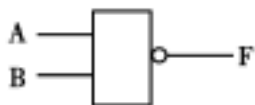


图 1-8 与非门符号

实现与非逻辑的电路称为与非门, 当用 1 表示高电平, 0 表示低电平时, 它的输入与输出之间的逻辑关系是: 输入中有 0 时, 输出为 1; 输入全为 1 时, 输出为 0。若以输入 1 为条件, 输出 1 为结果, 则上述逻辑关系为与非逻辑关系。

与非门的逻辑符号如图 1-8 所示, 其逻辑表达式为:

$$F = \overline{A \cdot B \cdot C} \quad (1.1.6)$$

### 3. 与或非逻辑

与或非逻辑是由与逻辑、或逻辑和非逻辑组合而成, 若以 A、B、C、D 表示输入变量, F 表示输出变量(函数), 则其逻辑表达式为:

$$F = \overline{AB + CD} \quad (1.1.7)$$

逻辑符号如图 1-9 所示。

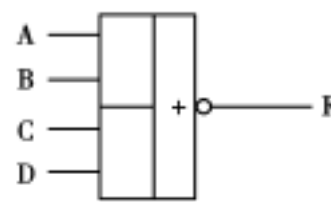


图 1-9 与或非门符号

### 4. 异或逻辑

异或逻辑是这样一种逻辑关系: 当决定一件事情的两个条件全部满足或全部不满足时, 事情不发生; 两个条件只有一个满足时, 事情才发生。

实现异或逻辑的电路称为异或门, 异或门有两个输入端和一个输出端。若以 1 表示高电平, 0 表示低电平, 它的输入和输出之间的逻辑关系为: 当输入全为 1 或全为 0 时, 输出为 0; 输入只有一个为 1 时, 输出为 1。显然上述逻辑关系为异或逻辑。

异或门的逻辑符号如图 1-10(a) 所示, 它的逻辑表达式为:

$$F = A \oplus B = \overline{A}B + A\overline{B} \quad (1.1.8)$$

异或逻辑的反为同或逻辑关系, 实现同或逻辑的电路称为同或门, 用图 1-10(b) 所示逻辑符号表示, 其逻辑表达式为:

$$F = A \odot B = \overline{\overline{A}B + A\overline{B}} \quad (1.1.9)$$

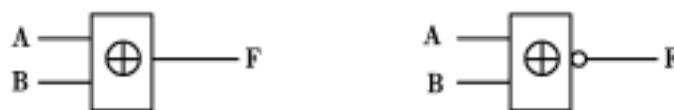


图 1-10

(a) 异或门符号 (b) 同或门符号

### 三、正逻辑和负逻辑

在前面的叙述中, 都是用逻辑 1 表示高电平, 逻辑 0 表示低电平, 这种逻辑规定下的逻辑关系称为正逻辑。反过来, 如果用逻辑 1 表示低电平, 逻辑 0 表示高电平, 则这种逻辑规定下的逻辑关系称为负逻辑。当然, 这种逻辑值的规定是人为的, 在不作特别说明的情况下, 通常都采用正逻辑的规定。

例如前面介绍的与门即是正逻辑的与门, 在它的逻辑关系分析中, 是用 1 赋值给高电平, 0 赋值给低电平。这种在采用了逻辑约定后, 根据输入输出的对应关系列出的表格称为真值表, 正逻辑下的与门, 其真值表如表 1-1 所示。

对于同一个逻辑电路而言, 不同的逻辑规定下, 它的逻辑功能可能是不同的。例如正逻辑下的与门, 在负逻辑规定下, 它的真值表却如表 1-2 所示。可见, 正逻辑下的与门在负逻辑规定下具有或门的逻辑功能, 称前者为正与门, 后者为负或门。由于同一电路在不同逻辑规定下具有不同的逻辑功能, 所以在分析具体电路时, 应首先约定采用的是何种逻辑规定。

基于正负逻辑之间的这种关系, 在进行正负逻辑规定下逻辑功能的互换时, 只需将真值表中逻辑 1 和逻辑 0 的值互换, 即可得出正负逻辑之间的关系如表 1-3 所示。

表 1-1

A	B	F
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

表 1-2

A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

表 1-3 正、负逻辑对应关系

正逻辑	与	或	非	与非	或非	异或	同或
负逻辑	或	与	非	或非	与非	同或	异或

### 1.1.3 逻辑代数的基本运算

逻辑代数的基本逻辑运算只有三种: 逻辑与(逻辑乘)运算、逻辑或(逻辑加)运算和逻辑非运算, 它们分别对应三种最基本的逻辑关系: 逻辑与、逻辑或和逻辑非。逻辑代数中规定运算的优先级顺序是非、与、或, 先括号内后括号外。

逻辑运算的基本运算法则

#### 1. 逻辑或运算

逻辑或运算又称逻辑加。设 A、B 为两个逻辑变量, 对 A、B 进行逻辑加的运算可用以下逻辑表达式表示:

$$F = A + B$$

其运算规则为:

$$0 + 0 = 0 \quad 0 + 1 = 1 \quad 1 + 0 = 1 \quad 1 + 1 = 1$$

#### 2. 逻辑与运算

逻辑与运算又称逻辑乘。设 A、B 为两个逻辑变量, 对 A、B 进行逻辑乘的运算可用逻辑表达式表示为:

$$F = A \cdot B$$

这不同于普通代数中的乘法, 而是反映了与逻辑的关系。其运算规则为:

$$0 \cdot 0 = 0 \quad 0 \cdot 1 = 0 \quad 1 \cdot 0 = 0 \quad 1 \cdot 1 = 1$$

#### 3. 逻辑非运算

逻辑非运算简称非运算, 通常在字母的上方划“ - ”表示非运算。设 A 为一逻辑变量, 对 A 进行逻辑非运算的表达式为:

$$F = \overline{A}$$

这就是非关系, 即函数和变量是互反的。它的运算规则是:

$$\overline{0} = 1 \quad \overline{1} = 0$$

## § 1.2 矩形符号和异形符号

逻辑门电路可以用逻辑符号来代表, 如上节所介绍的与门可以用图 1-1(b) 所示的符号来表示。目前常用的逻辑符号主要采用三种不同的标准, 为了方便读者了解、掌握和使用, 下面分别对其作一简单的介绍。

### 一、矩形符号

我国目前教材和技术资料中惯用的符号是四机部颁标准 SJ1223—77 所规定的符号, 这种符号用矩形表示逻辑门电路, 所以又称为矩形符号。

另外一种正在推广使用的二进制逻辑单元图形符号(如与门的符号如表 1-4 所示) 是国家标准 GB4728 · 12—85, 国家标准局要求自 1990 年元月 1 日起, 所有电气技术文件和图纸一律采用这个新的国家标准。由于这个标准较复杂, 因此仅在表 1-4 中列出几个常用门电路的新标准符号。

## 二、异形符号

国外技术资料中普遍采用的逻辑符号是 MIL—STD806 标准符号, 在这个标准中, 如与门、或门、非门的符号都形状各异, 所以称为异形符号(有些资料中称为国外符号)。

## 三、矩形符号、异形符号对照表

表 1-4 列出了各种常用逻辑门的三种符号形式及逻辑表达式, 以方便读者查阅。

表 1-4 常用门电路符号及逻辑表达式

名称	逻辑功能	新标准符号	惯用符号	国外符号	逻辑表达式
与门	与运算				$F = A \cdot B$
或门	或运算				$F = A + B$
非门	非运算				$F = \overline{A}$
与非门	与非运算				$F = \overline{A \cdot B}$
或非门	或非运算				$F = \overline{A + B}$
与或非门	与或非运算				$F = \overline{AB + CD}$
异或门	异或运算				$F = \overline{A} \overline{B} + A B$
同或门	同或运算				$F = \overline{\overline{A} \overline{B} + A B}$

## § 1.3 真值表及逻辑图

在研究和处理逻辑问题时,可根据不同的需要,用多种方法表示逻辑函数。真值表和逻辑电路图就是常用的表示逻辑函数的方法。

### 1.3.1 真值表

描述逻辑函数各个变量取值组合和函数值对应关系的表格,称为真值表。

#### 一、真值表的列写方法

每个变量有 0 和 1 两种取值,  $n$  个输入变量有  $2^n$  个不同的取值组合。如果将输入变量的全部取值组合和相应的输出函数值一一列举出来,即可得到真值表。

例 1 列出逻辑函数  $F = AB + BC + CA$  的真值表。

解 三个输入变量,共有 8 种取值组合,把它们分别代入表达式中进行运算,求出相应的函数值,即可得到真值表,见表 1-5。

通常输入变量的取值组合按照二进制递增的顺序排列。

表 1-5

A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

如果给出的是一个实际的逻辑问题,则应经过仔细的研究,首先分析清楚哪些是输入信号,哪些是输出信号,并用逻辑变量代表它们;其次要对输入输出变量作逻辑规定,再确定输出输入之间状态的对应关系;最后才能列出正确的真值表。

例 2 三个人表决,本着“少数服从多数”原则。试列写出其真值表。

解 这个问题中的输入变量有三个,即三个人的表决情况,我们用 A、B、C 来代表。当其取值为 0 时,表示否决,取值为 1 时,表示同意;输出变量有一个,即表决的结果,用字母 F 来代表。当 F 取 0 时,表示表决不通过,F 取 1 时,表示表决通过。根据题意,可列出其真值表如表 1-6 所示。

表 1-6

A	B	C	F	说 明
0	0	0	0	三个人都否决, 不通过。
0	0	1	0	只有一人同意, 不通过。
0	1	0	0	
1	0	0	0	
0	1	1	1	任意两个人同意, 通过。
1	0	1	1	
1	1	0	1	
1	1	1	1	三个人都同意, 通过。

## 二、真值表的特点

1. 真值表具有直观明了的优点, 在把一个逻辑问题抽象为数学问题时, 用真值表最为方便。
2. 在描述数字逻辑器件功能时, 常常先列出其真值表, 故而在集成电路手册中广泛使用。其缺点是: 当变量数较多时显得过于繁琐, 且不利于进行运算和化简。

### 1.3.2 逻辑图

在数字电路中, 用逻辑符号表示基本单元电路以及用这些基本单元电路组成的部件之后, 所得到的图称为逻辑图, 又称为逻辑电路图。我们可以用逻辑图来表示逻辑函数。

#### 一、逻辑图的画法

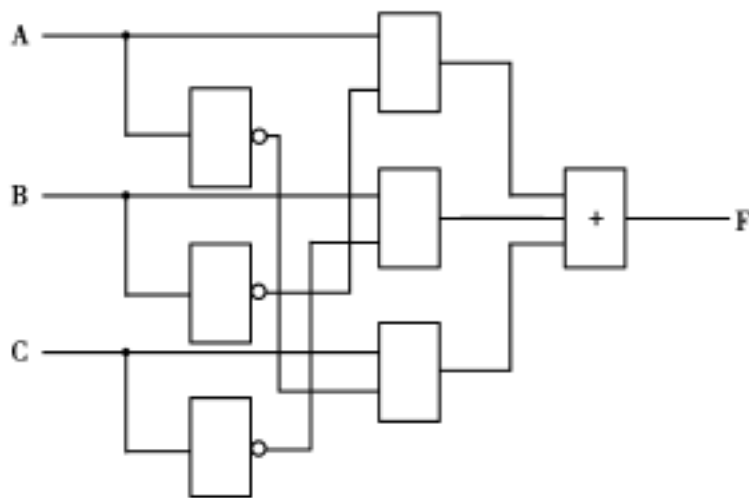
逻辑图通常根据逻辑函数表达式作出。由于逻辑代数中的基本运算, 都有相应的门电路存在, 只要我们用这些门电路的逻辑符号代替表达式中的逻辑运算, 就可得到函数的逻辑图。

例 3 试画出函数  $F = \overline{A} \overline{B} + \overline{B} \overline{C} + \overline{C} \overline{A}$  的逻辑图。

解 在  $F$  的表达式中,  $A$  和  $\overline{B}$ 、 $B$  和  $\overline{C}$ 、 $C$  和  $\overline{A}$  都是与的逻辑关系, 可用与门实现, 各个与项之间是或的逻辑关系, 可用或门实现, 另外, 表达式中出现了  $A$ 、 $B$ 、 $C$  的反变量, 还需用到非门, 所以, 用三个与门、一个或门、三个非门可表示  $F$ , 其逻辑图见图 1-11。

#### 二、逻辑图的特点

逻辑图中的逻辑符号, 直接对应着实际的电路器件, 所以它有接近工程实际的优点。它可以层次分明地表示出实际电路的逻辑功能, 而在制作数字设备时, 又是必不可少的设计工具, 我们只要根据需要设计出逻辑图, 就可以把它转换成实际电路。

图 1-11  $F$  的逻辑图

### 1.3.3 逻辑函数表达式

#### 一、逻辑函数表达式

逻辑表达式是用与、或、非等逻辑代数的基本运算表示函数中各个变量之间逻辑关系的代数式。它是逻辑函数的又一种表示方法。

由于基本逻辑门通常制作成与门、或门、与非门、或非门等类型,因此,逻辑表达式常表示成与-或、与非-与非、与-或非、或-与、或非-或非的形式。

例4 同一逻辑函数  $F$  可用下列形式来表示:

$F = \overline{A} \overline{B} \overline{C} + \overline{A} B \overline{C} + A \overline{B} \overline{C} + ABC =$	与-或表达式
$\overline{AB} + \overline{A} \overline{C} =$	与-或表达式
$\overline{(A+C)} \overline{(A+B)} =$	或-与表达式
$\overline{\overline{AB} \cdot \overline{A} \overline{C}} =$	与非-与非表达式
$\overline{\overline{A+C} + \overline{A+B}} =$	或非-或非表达式
$\overline{A \overline{B} + AC} =$	与或非表达式

其中与-或表达式是逻辑函数的最基本表示形式。运用逻辑代数基本定律及常用公式,这些表示形式之间很容易互相转换。

#### 二、逻辑表达式的特点

逻辑表达式通过与、或、非三种基本逻辑运算把各自变量联系起来表示任何复杂的逻辑函数,形式简洁、方便,而且便于用代数法进行化简,容易用电路实现;但在函数比较复杂时,难以从变量的取值组合直接得出函数值,不如真值表直观。

## § 1.4 逻辑代数的基本定理及常用公式

根据逻辑“与”、“或”、“非”三种基本运算规则及其运算的优先顺序,可推导出逻辑代数运算的一些基本定律,由这些基本定律又可推导出一些常用公式,它们为逻辑函数的化简提供了依据,是分析和设计逻辑电路的重要工具。

#### 一、逻辑代数的基本定律

逻辑代数共有八条基本定律,除了结合律、分配律、交换律与普通代数相似之外,还有其特有的一些定律,下面对它们分别予以介绍。

##### 1. 与普通代数相似的定律

交换律  $A \cdot B = B \cdot A$   $A + B = B + A$  (1.4.1)

结合律  $A \cdot (B \cdot C) = (A \cdot B) \cdot C$   $A + (B + C) = (A + B) + C$  (1.4.2)

分配律  $A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C$   $A + B \cdot C = (A + B) \cdot (A + C)$  (1.4.3)

##### 2. 有关常量和变量关系的定律

0,1律  $A \cdot 1 = A; A \cdot 0 = 0$   $A + 1 = 1; A + 0 = A$  (1.4.4)

互补律  $A \cdot \overline{A} = 0$   $A + \overline{A} = 1$  (1.4.5)

### 3. 逻辑代数的特殊规律

重叠律  $A \cdot A = A$   $A + A = A$  (1.4.6)

否定律  $\overline{\overline{A}} = A$   $\overline{\overline{A}} = A$  (1.4.7)

狄·摩根定律(反演律)  $\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$   $\overline{A + B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$  (1.4.8)

定律(反演律)

上述八个基本定律的正确性可以通过三种基本运算规则来证明,也可通过列真值表直接证明,只要等式两边的真值表相同,则等式成立。

例5 证明分配律  $A + B \cdot C = (A + B) \cdot (A + C)$ 。

证明:作出真值表如表 1-7 所示,由表可见,对于变量的任意一种组合,等式两边的值都相等,因此分配律成立。

表 1-7 用真值表证明  $A + BC = (A + B) \cdot (A + C)$

A	B	C	$A + B \cdot C$	$(A + B) \cdot (A + C)$
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	1	0	0	0
0	1	1	1	1
1	0	0	1	1
1	0	1	1	1
1	1	0	1	1
1	1	1	1	1

在逻辑代数的八个基本定律中,狄·摩根定律的应用最为广泛,它还有下面的推广形式:

$\overline{\overline{A + B}} = A \cdot B$  (1.4.9)

$\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$  (1.4.10)

$\overline{A + B + C + \dots} = \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot \overline{C} \dots$  (1.4.11)

$A \cdot B \cdot C \dots = \overline{\overline{A} + \overline{B} + \overline{C} + \dots}$  (1.4.12)

### 二、逻辑代数中的常用公式

逻辑代数的四个基本公式,构成了逻辑函数化简的四个基本方法,它们可由上述八个基本定律推导和证明获得。

公式 1  $AB + A\overline{B} = A$  (1.4.13)

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

公式 2  $A + AB = A$  (1.4.14)

证明:  $A + AB = A \cdot 1 + A \cdot B = A \cdot (1 + B) = A$

公式 3  $A + \overline{A}B = A + B$  (1.4.15)

证明:  $A + \overline{A}B = A + AB + \overline{A}B = A + (A + \overline{A}) \cdot B = A + B$