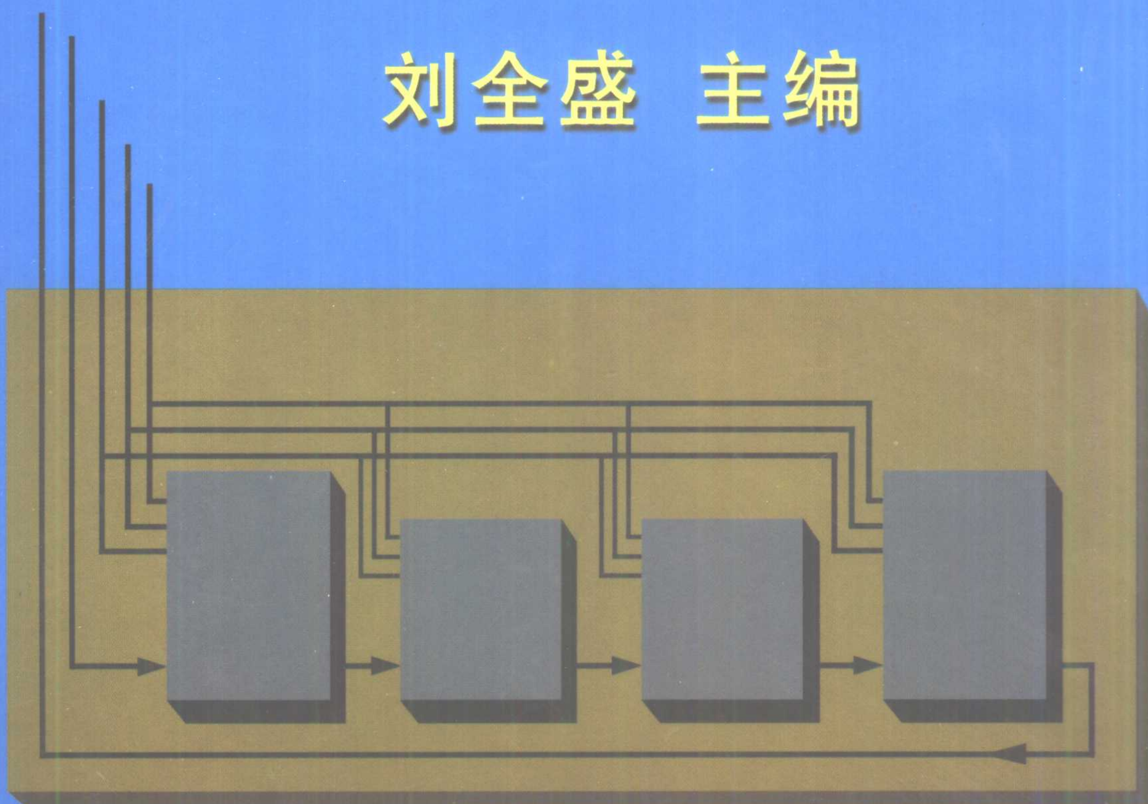
21世纪高等学校教材

数字电子技术

刘全盛 主编



机械工业出版社
China Machine Press

21世纪高等学校教材

数字电子技术

刘全盛　主编

机械工业出版社

本书是根据教育部“关于面向21世纪电工电子系列课程和教学内容改革的几点建议”编写的，把反映数字电子技术最新发展的内容以大篇幅单独编写了“第7章可编程逻辑器件”，体现了当代电子技术的重心转移，即由模拟电子技术向数字电子技术的转移和由固定的硬件向可编程数字硬件技术的转移。为突出半导体存储器的重要性也将其单独编写了一章。全书主要内容有：数字逻辑基础、逻辑门电路、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、脉冲的产生和整形、A/D和D/A转换。

本书思路顺畅，语言简捷，是电气信息类计算机等各专业的教科书，也可供相关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/刘全盛主编 .—北京：机械工业出版社，2000．8
ISBN 7-111-01342-5

Ⅰ.数… Ⅱ.刘… Ⅲ.数字电路－电子技术 Ⅳ.TN79

中国版本图书馆CIP数据核字（2000）第66323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：何文军 版式设计：霍永明 责任校对：刘志文
封面设计：李雨桥 责任印制：郭景龙
三河市宏达印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
2001年1月第1版第1次印刷
787mm×1092mm 1/16·13.75印张·340千字
0 001—5 000册
定价：22.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
本社购书热线电话（010）68993821、68326677－2527

前　言

本书是根据教育部高等学校工科电工课程教学指导委员会于1998年10月提出的“关于面向21世纪电工电子系列课程和教学内容改革的几点建议”（以下简称《建议》）和国家教育委员会高等工业学校电子技术课程指导小组于1995年颁布的“电子技术基础课程教学基本要求”编写的。

数字电子技术伴随计算机、电信等相关技术的飞速发展，其自身也发生了巨大的变革。《建议》指出：“目前已进入了信息时代，数字技术得到迅速的发展和越来越广泛的应用，目前又出现了数字系统由固定的硬件向可编程数字硬件发展的趋势”。“因此在教学的基础知识和基本技能方面必须增加相应的新内容”。这样，在编写这本将在21世纪初使用的教材的时候，就用了很大的篇幅写进了新型可编程逻辑器件和在系统可编程技术的内容，而且其中还未包括更适合写入实验课教材中的VHDL硬件描述语言和编程软件工具的使用方法。

现实的电子工程正经历着新一轮的技术重心转移，即由模拟电子技术向数字电子技术的转移和由不可编程器件向可编程数字硬件技术的转移。所以，第7章“可编程逻辑器件”自然是本书的重点内容。半导体存储器在数字系统中的作用是不容忽视的，将其单独写成一章并增加快闪存储器等内容实属必要。在限定学时数的情况下，传统的重要内容如何取舍、如何讲授是个正在研究的问题，故在编写时仅作了适当的调整，期望在教改实践中继续总结经验，寻求改进。

本书是哈尔滨理工大学电子技术教学部集体智慧的结晶，由童子权编写第1章和第2章；吴丽华编写第3章、第4章和第5章；刘全盛编写第6章和第7章；房国志编写第8章和第9章；曹俊华画了部分电路图。由刘全盛任主编，负责全书的组织和统稿。

教育部高等学校工科电工课程教学指导委员会委员、哈尔滨工业大学学科带头人蔡惟铮教授对本书的编写给予了积极热情的指导，并对全书作了细致的审阅，提出了许多指导性的修改意见和建议，谨在此表示衷心的感谢。

我们在编写时注意了思路顺畅、语言简捷，但是编者水平有限，书中不足和错误之处难免，希望本书的使用者提出批评指正，以利改进。

刘全盛

2000年7月　于哈尔滨理工大学

符号说明

A　放大器

A_v　放大器的电压放大倍数

VD　二极管

FF　触发器

G　门

S　开关

VT　三极管

VF_N　N 沟道 MOS 管

VF_P　P 沟道 MOS 管

TG　传输门

t_{pd}　平均传输延迟时间

t_{PHL}　输出由高电平变为低电平时的传输延迟时间

t_{PLH}　输出由低电平变为高电平时的传输延迟时间

R_I　输入电阻

R_L　负载电阻

R_O　输出电阻

R_{OFF}　器件截止时内阻

R_{ON}　器件导通时内阻

R_U　上拉电阻

C_{GD}　MOS 管栅极与漏极间电容

C_{GS}　MOS 管栅极与源极间电容

C_N　保持电容

C_I　输入电容

C_L　负载电容

v_I　输入电平（相对于电路公共参考点的电压）

V_{IH}　输入高电平

V_{IL}　输入低电平

v_O　输出电平（相对于电路公共参考点的电压）

V_{OH}　输出高电平

V_{OL}　输出低电平

V_{CC}　电源电压（一般用于双极型半导体器件）

V_{DD}　电源电压（一般用于 MOS 器件）

v_{BE}　三极管基极相对于发射极的电压

v_{CE}　三极管集电极相对于发射极的电压

v_{DS}　MOS 管漏极相对于源极的电压

v_{GS}　MOS 管栅极相对于源极的电压

V_{NA}　脉冲噪声电压幅值

V_{NH}　输入高电平噪声容限

V_{NL}　输入低电平噪声容限

V_{TH}　门电路的阈值电压

V_{T+}　施密特触发特性的正向阈值电压

V_{T-}　施密特触发特性的负向阈值电压

$V_{GS(th)N}$　N 沟道 MOS 管的开启电压

$V_{GS(th)P}$　P 沟道 MOS 管的开启电压

V_{REF}　参考电压（或基准电压）

i_B（I_B）基极电流瞬时值（直流量）

i_C（I_C）集电极电流瞬时值（直流量）

i_D（I_D）漏极电流瞬时值（直流量）

i_I　输入电流

I_{IH}　高电平输入电流

I_{IL}　低电平输入电流

i_L（I_L）负载电流瞬时值（直流量）

i_O　输出电流

I_{OH}　高电平输出电流

I_{OL}　低电平输出电流

I_{CC}　电源（V_{CC}）平均电流

I_{CCH}　输出为高电平时的电源电流

I_{CCL}　输出为低电平时的电源电流

I_{DD}	电源（V_{DD}）平均电流
P_C	CMOS 电路中负载电容充、放电功耗
P_D	CMOS 电路的动态功耗
P_S	CMOS 电路的静态功耗
P_T	CMOS 电路的瞬时导通功耗
P_{TOT}	CMOS 电路的总功耗
f	周期性脉冲的重复频率
q	占空比
t_f	下降时间
t_h	保持时间
t_r	上升时间
t_{re}	恢复时间
t_{set}	建立时间
t_W	脉冲宽度
V_m	脉冲幅度
B	二进制
CLK	时钟
CP	时钟脉冲
D	十进制
EN	允许（使能）
H	十六进制
OE	输出允许（使能）

说明：考虑教学特点，在部分用中、大规模集成器件组成的应用电路中，本教材采用了示意性的框图来表示这些器件。这些框图不属于国家标准的逻辑图形符号。

目　录

第 4 章 触 发 器

第 5 章 时序逻辑电路

第 6 章 半导体存储器

第 7 章 可编程逻辑器件

第 8 章 脉冲波形的产生与整形

第 9 章 A/D 和 D/A 转换器

第 1 章　数字逻辑基础

数字电子技术就是用电子电路对数字进行表示、加工、运算、传递等处理工作，从而高速完成数值计算和逻辑判断等功能的技术。数字电子技术是数字计算机、数字化通信、数字化测量及控制等高技术的基础。本章讨论数字逻辑的基本知识。

1.1　数字量、计数制和编码制

1. 数字量

一般的物理量往往是连续变化的，把连续变化的物理量转换成相似的电信号量，称为**模拟量**（电压或电流），也叫**模拟信号**。而把处理模拟信号的电子电路叫做**模拟电路**。

另一类物理量的变化在时间上和数量上都是离散的，是不连续的。也就是说，它们的变化总是发生在一系列离散的瞬间，每次的增、减变化都是某一个最小数量单位的整数倍。这一类物理量叫做**数字量**，把表示数字量的电信号叫做**数字信号**，并把处理数字信号的电子电路叫做**数字电路**。现在广泛使用的是二值数字量，即二进制数。其主要原因是表示和处理二进制数的电子电路结构简单，工作可靠，运算方便。

可以用一个单元电路的输出状态高电平（高电压）V_H 表示数字 1，低电平（低电压）V_L 表示数字 0，从而一个单元电路可以表示一位二进制数，多个单元电路的组合可以表示多位二进制数。

数字电路可以进行逻辑判断，因而数字电路也叫**逻辑电路**。数字电路中的电路元器件，一般工作在开通或关闭状态，于是，数字电路有时又叫做**开关电路**。

2. 计数制

计数制就是计数的规则。人们最熟悉的是十进制。计算机直接使用的是二进制数，或者是以二进制为基础的十进制数和十六进制数等。

(1) 十进制（Decimal）

十进制有 10 个数字符号：0、1、2、3、4、5、6、7、8、9。进位规则是本位计满 10 个数向高一位进位 1，本位复 0，简称逢十进一。

十进制数中，每一位都分别对应着一个特定的十进制数值，整数部分是 10^0，10^1，10^2，…；小数部分是 10^{-1}，10^{-2}，10^{-3}，…。称它们分别是每一位的**位权**。因此，任何一个十进制数都可以按位权展开成一个和式。例如：

$$23.68 = 2 \times 10^1 + 3 \times 10^0 + 6 \times 10^{-1} + 8 \times 10^{-2}$$

显然，任何一个十进制数 N，都可以表示为

$$\begin{aligned}(N)_{十} = {} & k_{n-1} \times 10^{n-1} + k_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + k_1 \times 10^1 + k_0 \times 10^0 + \\ & k_{-1} \times 10^{-1} + k_{-2} \times 10^{-2} + \cdots + k_{-m} \times 10^{-m} \end{aligned} \tag{1.1.1}$$

式中，n、m 为正整数；k_i 为系数，是十进制数 0～9 中的某一个；10 为进位基数；10^i 为不同位的位权（$i = n-1$、$n-2$、…，1、0、-1、-2、…，$-m$）。

对于任意 R 进位制数 $(N)_R$ 可表示为

$$(N)_R = k_{n-1}\times R^{n-1} + k_{n-2}\times R^{n-2} + \cdots + k_1\times R^1 + k_0\times R^0 + k_{-1}\times R^{-1} + k_{-2}\times R^{-2} + \cdots + k_{-m}\times R^{-m}$$

(2) 二进制（Binary）

二进制有两个数字符号：0 和 1。进位规则是本位计满两个数向高一位进位 1，本位复 0，简称逢二进一，即 $1+1=10$（可读作“壹零”）。一般二进制数可以表示为

$$(N)_{\text{二}} = k_{n-1}\times 2^{n-1} + k_{n-2}\times 2^{n-2} + \cdots + k_1\times 2^1 + k_0\times 2^0 + k_{-1}\times 2^{-1} + k_{-2}\times 2^{-2} + \cdots + k_{-m}\times 2^{-m}$$

式中，k_i 为系数（0 或者 1）；2 为进位基数；2^i 为位权。不同位的位权为 2^0，2^1，2^2，…，2^{-1}，2^{-2}，…。一个二进制数可按位权展开转换为十进制数，例如：

$$(1101.101)_{\text{二}} = (1\times 2^3 + 1\times 2^2 + 0\times 2^1 + 1\times 2^0 + 1\times 2^{-1} + 0\times 2^{-2} + 1\times 2^{-3})_{\text{十}} = (13.625)_{\text{十}}$$

十进制数也可转换为二进制数，转换时其整数部分和小数部分应分别进行。整数部分可采用连续除 2 取余数法，最后得到的余数为二进制数整数部分的高位；小数部分采用连续乘 2 取整数法，最先得到的整数为二进制小数部分的高位。例如将十进制数 13.625 转换为二进制数

		余数
2	13	$1=k_0$
2	6	$0=k_1$
2	3	$1=k_2$
2	1	$1=k_3$
	0	

$$0.625\times 2 = 0.250 \qquad k_{-1}=1$$

$$0.25\times 2 = 0.50 \qquad k_{-2}=0$$

$$0.5\times 2 = 1.0 \qquad k_{-3}=1$$

故 $(13.625)_{\text{十}} = (1101.101)_{\text{二}}$

(3) 十六进制（Hexadeciml）

十六进制有 16 个数字符号：0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F。进位规则是本位计满 16 个数向高一位进位 1，本位复 0，简称逢十六进一，即 $F+1=10$。

4 位二进制数有 16 个，并且顺序和 16 个 1 位十六进制数对应等值（表示相等的客观数值）。即每 1 个 4 位二进制数和 1 个 1 位十六进制数对应相等。因此，二进制数和十六进制数之间的相互转换非常简便。二进制数转换为十六进制数时，从低位起每 4 位分成一组，最高位组若不够 4 位数则补 0；小数部分，最后一组若不够 4 位也补 0 以构成 4 位，然后顺序写出对应的十六进制数即可。例如：

$$(1100110101111.111)_{\text{二}} = (0001,1001,1010,1111.1110)_{\text{二}}$$

$$\downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow$$

$$= (\ 1 \quad 9 \quad A \quad F \quad E\ )_{\text{十六}}$$

十六进制数转换为二进制数时，其过程相反，用 4 位二进制数代换 1 位十六进制数。例如：

$$
\begin{array}{ccccccc}
(& 2 & 8 & A & D & . & 8)_{十六} \\
 & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & & \downarrow \\
=(& 0010 & 1000 & 1010 & 1101 & . & 1)_{二}
\end{array}
$$

数据转换过程中，有时也用“B”表示二进制，“D”表示十进制，“H”表示十六进制，标在相应数的右侧。

3. 编码制

把一组信息用一组数码表示叫做**编码**。编码制就是编码规则。代表信息的数码叫做**代码**。我们这里主要指的是用二进制数进行编码，称作**二进制编码**。

设被编码的信息量为 M，用于编码的二进制数的位数为 n，则应有 $n \geqslant \log_2 M$，即 $2^n \geqslant M$。

例如：对 10 个十进制数字进行二进制编码。应有二进制位数 $n \geqslant \log_2 10$，应取 $n=4$。

用 4 位二进制数对 1 位十进制数的编码叫做**二—十进制编码**，也叫 **BCD**（Binary Coded Decimal）**编码**。其编码的方案很多。常用的有几种，列于表 1.1.1 中。最常用的是 8421BCD 码。它是用前 10 个 4 位二进制数，分别顺序作为 10 个十进制数的代码。8421 BCD 码保持了二进制数位权的特点，因而叫**有权码**。此外还有 2421 BCD 码、5421 BCD 码等也是有权码。而余 3 码没有位权的特点，因而叫**无权码**。

表 1.1.1 几种常用的 BCD 码

十进制数 \ 编码名称	8421 码	5421 码	2421 码	余 3 码	格雷码
0	0000	0000	0000	0011	0000
1	0001	0001	0001	0100	0001
2	0010	0010	0010	0101	0011
3	0011	0011	0011	0110	0010
4	0100	0100	0100	0111	0110
5	0101	1000	0101	1000	0111
6	0110	1001	0110	1001	0101
7	0111	1010	0111	1010	0100
8	1000	1011	1110	1011	1100
9	1001	1100	1111	1100	1101
位权	8421	5421	2421		

格雷码也叫**循环码**。格雷码的特点是每两个相邻码之间只有一位不同。格雷码的书写规则是按每位的纵向循环周期书写。其循环周期为第一位“0110”；第二位“00111100”；第三位：“0000111111110000”；…。取 4 位格雷码的前 10 个作为格雷 BCD 码，在表 1.1.1 中简称为格雷码。

1.2 逻辑代数的三种基本逻辑运算

逻辑代数是形式逻辑的数学描述，它按一定的逻辑规则运算。逻辑代数是英国数学家乔治·布尔在 1849 年创立的，所以也叫做布尔代数。

逻辑代数描述一个变量只有两种取值的逻辑运算规则，即**二值逻辑**。它借用 1 和 0 作为逻辑常量，分别表示两种对立的逻辑状态。例如：1 表示真，0 表示假；1 表示高电平，0 表示低电平等。在数字电子技术中，用逻辑 1 表示高电平，逻辑 0 表示低电平，称为**正逻辑**；而用逻辑 1 表示低电平，逻辑 0 表示高电平，称为**负逻辑**。一般多数情况采用正逻辑。逻辑变量使用 A、B、C…，或者 a、b、c、…。而逻辑函数定义为：在逻辑代数中，如果逻辑变量 A、B、C…的任意一组取值确定之后，对应的逻辑变量 F 的值便被唯一地确定了，则称 F 是 A，B，C，…的逻辑函数，记作 $F=f\ (A,\ B,\ C\cdots)$。

在逻辑代数中有三种基本逻辑运算：**与**、**或**、**非**。下面我们以开关控制灯的实例说明与、或、非三种基本逻辑关系及它们的表述方式和运算规则。设用开关 A、B 控制灯 F，使灯亮是我们要实现的目标，所以，灯 F 应是逻辑函数，并且用 1 表示灯亮；0 表示灯灭。控制灯亮的条件是开关的开通，所以开关 A、B 应是逻辑变量。并且，设用 1 表示开关开通，用 0 表示开关关断。

1.2.1 逻辑与及与运算

在图 1.2.1 中，只有开关 A、B 都开通（接通），灯 F 才会亮。逻辑**与**可以这样表述：“只有当决定一件事情的全体条件都具备之后，这件事情才会发生”。

1. 与逻辑真值表

我们可以用列表格的方法来描述逻辑与。表 1.2.1 中 A、B 是逻辑变量，F 是逻辑函数。这种描述逻辑变量取值和对应函数值的表格，叫做**逻辑真值表**，简称**真值表**。分析真值表中数字之间的逻辑关系，可以确定逻辑函数的功能。

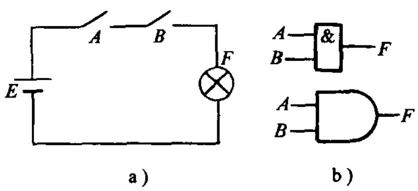


图 1.2.1 与逻辑实例及图形符号

表 1.2.1 与逻辑真值表

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

2. 与代数式（函数式）

用代数式 $F=A\cdot B$ 描述逻辑与，式中“·”为逻辑与运算符号。逻辑与也叫**逻辑乘**，$A\cdot B$ 叫做**与项**，也叫乘积项。与运算规则为：$0\cdot0=0$；$0\cdot1=0$；$1\cdot0=0$；$1\cdot1=1$。这和与逻辑真值表所描述的完全一致。

3. 与逻辑图形符号

可以用图形符号表示与逻辑关系。图 1.2.2b 图为逻辑与图形符号。其左侧线为输入线（端），A、B 为输入变量，简称输入量；其右侧线为输出线（端），F 为输出变量，简称输

出量。与逻辑图和与代数式均用来描述与逻辑关系。实现与逻辑功能的单元电路叫做逻辑与门。不同电路的与门逻辑符号均和与逻辑图形符号等同。

1.2.2 逻辑或及或运算

从图 1.2.2a 可以看出，开关 A 或者开关 B 接通，灯 F 就会亮。逻辑或可以这样描述："决定一件事情的多个条件中，只要有一个条件具备，这件事情就能发生"。

1. 或逻辑真值表　如表 1.2.2 所示。A、B 中只要有一个为 1，F 就为 1。

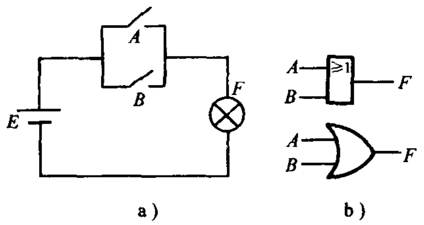


图 1.2.2　或逻辑实例及图形符号

表 1.2.2　或逻辑真值表

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

2. 或代数式

$F=A+B$，式中"+"为或运算符号；逻辑或也叫逻辑加，$A+B$ 叫做或项。或运算规则为：$0+0=0$；$0+1=1$；$1+0=1$；$1+1=1$。

3. 或逻辑图形符号

如图 1.2.2 b 图所示，表示 $F=A+B$。实现或运算的单元电路叫逻辑或门。或门的逻辑符号和或逻辑图形符号等同。

1.2.3 逻辑非及非运算

从图 1.2.3a 可知，当开关 A 接通时，灯反而不亮。逻辑非可以描述为："当条件具备时，事情结果不发生；当条件不具备时，事情结果反而发生"。逻辑非，也叫做逻辑反。

1. 非逻辑真值表：见表 1.2.3，A 为 0，F 为 1；A 为 1，F 为 0。

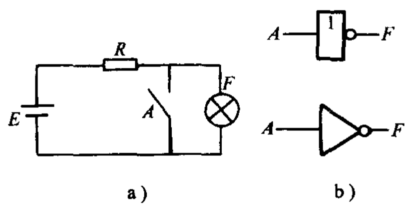


图 1.2.3　非逻辑实例及图形符号

表 1.2.3　非逻辑真值表

A	F
0	1
1	0

2. 非代数式：$F=\bar{A}$，式中"—"为非运算符号，$\bar{A}$ 称作非项（反变量），非运算规则：$\bar{0}=1$，$\bar{1}=0$。

3. 非逻辑图形符号　如图 1.2.3b 图所示。

实现非运算的单元电路，叫做非门。非门逻辑符号和非逻辑图形符号等同。

上述三个图中的图 b 上方的符号是现行国家标准（GB/T 4728.12——1996），也是国际

电工委员会（IEC）规定的符号，下方的符号是国外一些资料上常用的符号。

与、**或**、**非**逻辑运算规则是人们在长期的生产、生活和思维活动中归纳出来并被无数事实验证了的，故称作**逻辑公理**。

1.2.4 复合逻辑运算

由三种基本逻辑运算**与**、**或**、**非**组合可以实现复合逻辑运算，并且可以派生出多种复合运算图形符号，如图 1.2.4 所示。

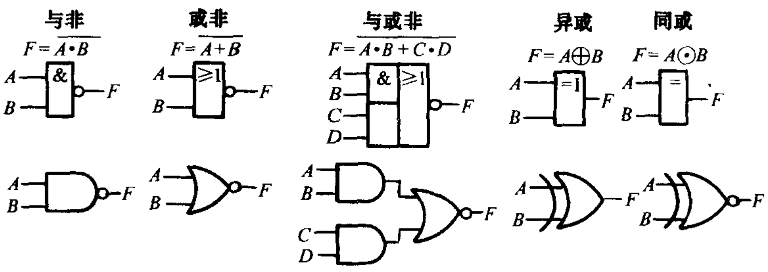


图 1.2.4 复合逻辑图形符号

能实现图 1.2.4 所示各种复合运算的单元电子电路分别叫做**与非**门、**或非**门、**与或非**门、**异或**门、**同或**门。这些门电路的逻辑符号和图 1.2.4 所示的逻辑图形符号分别等同。并且逻辑符号的左边为逻辑信号输入端，右边为逻辑信号输出端。其中，**异或**逻辑运算符号为“$\oplus$”，运算规则为：$0\oplus0=0$；$0\oplus1=1$；$1\oplus0=1$；$1\oplus1=0$。**同或**逻辑运算符号为$\odot$，运算规则为：$0\odot0=1$；$0\odot1=0$；$1\odot0=0$；$1\odot1=1$。把它们用真值表描述，见表 1.2.4 和表 1.2.5。

表 1.2.4 异或逻辑的真值表

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

表 1.2.5 同或逻辑的真值表

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

一些逻辑门的**逻辑功能要领**分别叙述如下：

（1）**与非**门：输入有 0，输出为 1；输入全为 1，输出为 0。简述：“**入 0 出 1，全 1 出 0**”。

（2）**或非**门：输入有 1，输出为 0；输入全为 0，输出为 1。简述：“**入 1 出 0，全 0 出 1**”。

（3）**异或**门：输入量相异，输出为 1；输入量相同，输出为 0。简述：“**入异出 1，入同出 0**”。

（4）**同或**门：输入量相同，输出为 1；输入量相异，输出为 0。简述：“**入同出 1，入异出 0**”。

与或非门的逻辑符号，体现着逻辑运算关系，$A\cdot B$ 和 $C\cdot D$ 相或，小圆圈表示取非。

从异或逻辑真值表可见：当 $A=0$，$B=1$ 时，$F=1$，故可写成 $F=\bar{A}\cdot B$；又当 $A=1$、$B=0$ 时，也有 $F=1$，故可写成 $F=\bar{A}\cdot B+A\cdot\bar{B}$。这就是由逻辑真值表写出逻辑函数式的基本原理和方法。同理，根据同或逻辑真值表可以写出同或逻辑函数式 $F=\bar{A}\cdot\bar{B}+A\cdot B$。于是可有：$A\oplus B=\bar{A}\cdot B+A\cdot\bar{B}$ 和 $A\odot B=\bar{A}\cdot\bar{B}+A\cdot B$。观察**异或**和**同或**逻辑真值表可以看出，

异或和**同或**互为反运算，即 $A\oplus B=\overline{A\odot B}$；$A\odot B=\overline{A\oplus B}$。为简化书写，$A\cdot B$ 也可写成 AB，省略与运算符"·"。

1.3 逻辑代数的基本公式和常用公式

1.3.1 基本公式

根据逻辑与、或、非三种基本运算规则，可推导出逻辑运算的基本公式。如表 1.3.1 所示。表中所有公式都可以用逻辑函数相等的概念予以证明，所谓两个逻辑函数相等，即对逻辑变量的所有取值的组合，对应的两个逻辑函数值均相同。

表 1.3.1 逻辑代数的基本公式

1	0、1律	$0+A=A$	$1\cdot A=A$
		$1+A=1$	$0\cdot A=0$
2	重迭律	$A+A=A$	$A\cdot A=A$
3	互补律	$A+\bar{A}=1$	$A\cdot\bar{A}=0$
4	交换律	$A+B=B+A$	$A\cdot B=B\cdot A$
5	结合律	$(A+B)+C=A+(B+C)$	$(A\cdot B)\cdot C=A\cdot(B\cdot C)$
6	分配律	$A\cdot(B+C)=A\cdot B+A\cdot C$	$A+B\cdot C=(A+B)\cdot(A+C)$
7	还原律	$\bar{\bar{A}}=A$	
8	反演律	$\overline{A\cdot B}=\bar{A}+\bar{B}$	$\overline{A+B}=\bar{A}\cdot\bar{B}$

现对反演律用真值表证明如下。如表 1.3.2 所示。

表 1.3.2 真值表法证明反演律公式

A	B	$\overline{A\cdot B}$	$\bar{A}+\bar{B}$	$\overline{A+B}$	$\bar{A}\cdot\bar{B}$
0	0	1	1	1	1
0	1	1	1	0	0
1	0	1	1	0	0
1	1	0	0	0	0

将变量 A、B 各组的取值分别代入公式的两端，所得的值完全对应相等，证明公式成立。同理可以证明

$$\overline{A\cdot B\cdot C\cdot\cdots}=\bar{A}+\bar{B}+\bar{C}+\cdots$$

$$\overline{A+B+C+\cdots}=\bar{A}\cdot\bar{B}\cdot\bar{C}\cdot\cdots$$

1.3.2 常用公式

在逻辑代数中经常使用一些常用公式，这些常用公式可以利用上述基本公式进行证明。

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

证明：$A+A\cdot B=A(1+B)=A$

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

证明：$A(A+B)=A+A\cdot B=A$

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

证明：$A+B=(A+B)(A+\bar{A})$

$=A+A\cdot B+\bar{A}\cdot B$

$=A+\bar{A}\cdot B$

(4) $A\cdot B+\bar{A}\cdot C+BC=A\cdot B+\bar{A}C$

证明：$AB+\bar{A}\cdot C+BC=A\cdot B+\bar{A}\cdot C+(A+\bar{A})\cdot BC$

$=AB+\bar{A}C+ABC+\bar{A}BC$

$=(AB+ABC)+(\bar{A}C+\bar{A}CB)$

$=AB+\bar{A}C$

同理可以证明：

(4)' $AB+\bar{A}C+BCD=AB+\bar{A}C$

(5) $AB+A\bar{B}=A$

证明：$AB+A\bar{B}=A(B+\bar{B})=A$

(6) $(A+B)(A+\bar{B})=A$

证明：$(A+B)\cdot(A+\bar{B})=A+A\bar{B}+AB+0$

$=A(1+\bar{B}+B)=A$

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

证明：$\overline{A\oplus B}=\overline{\bar{A}B+A\bar{B}}=\overline{\bar{A}B}\cdot\overline{A\bar{B}}$

$=(A+\bar{B})\cdot(\bar{A}+B)=0+AB+\bar{A}\bar{B}+0$

$=A\odot B$

利用基本公式可推导出更多的常用公式。

1.4 逻辑代数的三条基本规则

1. 代入规则

任意一个逻辑等式，如果将等式中所有出现某一变量的位置都用同一个逻辑函数式去代换此逻辑变量，则等式仍然成立。

例如：有等式 $\overline{A\cdot B}=\bar{A}+\bar{B}$，若用 $F=C+D$ 去置换等式中的 B，则等式左边 $\overline{A\cdot(C+D)}=\bar{A}+\bar{C}\cdot\bar{D}$；式右边 $\bar{A}+\overline{C+D}=\bar{A}+\bar{C}\cdot\bar{D}$，可见等式仍然成立。

应用代入规则可从基本公式导出更多的公式。

2. 反演规则

对于任意一个函数式 F，如果将 F 中所有的“·”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，则得到的是原函数 F 的反函数 $\bar{F}$。显然，利用反演规则可方便地求出任一逻辑函数的反函数。例如：

若 $F=A\cdot\bar{B}+\bar{A}\cdot B+0$，则 $\bar{F}=(\bar{A}+B)\cdot(A+\bar{B})\cdot 1$

运用反演规则时，不是一个变量上的非号应保持不变。例如：

若 $F=D\cdot\overline{\overline{A+\bar{B}}+C}$，则 $\bar{F}=\bar{D}+\overline{\overline{\bar{A}\cdot B}\cdot\bar{C}}$

3. 对偶规则