教育部高职高专规划教材

数字电子技术基础

贾　达　主编
张贺文　主审

化学工业出版社
教材出版中心

教 育 部 高 职 高 专 规 划 教 材

数字电子技术基础

贾　达　主编
张贺文　主审

化 学 工 业 出 版 社
教 材 出 版 中 心
·北　京·

（京）新登字 039 号

图书在版编目（CIP）数据

数字电子技术基础/贾达主编. —北京：化学工业出版社，2001.6

教育部高职高专规划教材

ISBN 7-5025-3301-X

Ⅰ. 数…　Ⅱ. 贾…　Ⅲ. 数字电路-电子技术-高等学校：技术学校-教材　Ⅳ. TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2001）第 039760 号

教育部高职高专规划教材

数字电子技术基础

贾　达　主编

张贺文　主审

责任编辑：张建茹　王丽娜

责任校对：李　林

封面设计：郑小红

*

化学工业出版社
教材出版中心　出版发行

（北京市朝阳区惠新里 3 号　邮政编码 100029）

发行电话：（010）64982530

http://www.cip.com.cn

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

北京市彩桥印刷厂装订

开本 787×1092 毫米 1/16　印张 7¾　字数 184 千字

2001 年 8 月第 1 版　　2002 年 7 月北京第 2 次印刷

ISBN 7-5025-3301-X/G·864

定　价：12.00 元

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来，在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下，各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看，具有高职高专教育特色的教材极其匮乏，不少院校尚在借用本科或中专教材，教材建设落后于高职高专教育的发展需要，为此，1999 年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》（以下简称《基本要求》）和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》（以下简称《培养规格》），通过推荐、招标及遴选，组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师，成立了"教育部高职高专规划教材"编写队伍，并在有关出版社的积极配合下，推出一批"教育部高职高专规划教材"。

"教育部高职高专规划教材"计划出版 500 种，用 5 年左右时间完成。这 500 种教材中，专门课（专业基础课、专业理论与专业能力课）教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求，在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上，充分吸取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位，调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础，突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下，专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用 2～3 年的时间，在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上，充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验，解决新形势下高职高专教育教材的有无问题；然后再用 2～3 年的时间，在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上，通过研究、改革和建设，推出一大批教育部高职高专规划教材，从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材，并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作，不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001 年 4 月 3 日

《数字电子技术基础》主要符号

一、器件及参数符号

A	放大器
C	电容
F	触发器
G	门
R	电阻
RP	电位器
S	开关
TG	传输门
VD	二极管
VT	三极管
X	石英晶体

二、电压

U_{CC}、U_{DD}、U_{SS}、U_{BB}	电源电压
u_I	输入电平
U_{IH}	输入高电平
U_{IL}	输入低电平
u_O	输出电平
U_{OH}	输出高电平
U_{OL}	输出低电平
$u_{大写下标}$	瞬时电压（直流＋交流）
U_{BES}	双极型三极管饱和时基极相对发射极的电压
U_{CES}	双极型三极管饱和时集电极相对发射极的电压
U_{INH}	输入高电平噪声容限
U_{INL}	输入低电平噪声容限
U_{TH}	门电路的阈值电压
U_{T+}	施密特触发器的正向阈值电压
U_{T-}	施密特触发器的负向阈值电压
U_{ON}	门电路的开门电压
U_{OFF}	门电路的关门电压
$U_{GS(TH)}$	MOS 管的开启电压
U_{REF}	参考电压（或基准电压）

三、电流符号

$i_{大写下标}$	电流瞬时值
$I_{大写下标}$	直流电流
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_O	输出电流
I_{OH}	输出高电平时的最大负载电流
I_{OL}	输出低电平时的最大负载电流
I_{CC}，I_{DD}	电源平均电流

四、脉冲参数符号

f	周期性脉冲的重复频率
T	周期性脉冲的重复周期
q	占空比
t_f	上升时间
t_r	下降时间
t_{re}	反向恢复时间
t_{set}	建立时间
t_W	脉冲宽度

五、其他符号

B	二进制
CKL	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）

前　　言

根据教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》精神，为满足高职高专电类相关专业教学基本建设的需要，在教育部高教司和教育部高职教育教学指导委员会的关心和指导下，全国石油和化工高职教育教学指导委员会广泛开展调研，召开多次高职高专电类教材研讨会，组织编写了20本面向21世纪的高职高专电类专业系列教材，供工业电气化技术、工业企业电气化、工业电气自动化、应用电子技术、机电应用技术及工业仪表自动化、计算机应用技术等相关专业使用。

本套教材立足高职高专教育人材培养目标，遵循主动适应社会发展需要、突出应用性和针对性、加强实践能力培养的原则，组织了专业基础课程的理论教材和与之配套的实训教材。实训教材集实验、设计与实习、技能训练与应用能力培养为一体，体系新颖，内容可选择性强。同时提出实训硬件的标准配置和最低配置，以方便各校选用。

由于本套教材的整体策划，从而保证了专业基础课与专业课内容的衔接，理论教材与实训教材的配套，体现了专业的系统性和完整性。力求每本教材的讲述深入浅出，将知识点与能力点紧密结合，注重培养学生的工程应用能力和解决现场实际问题的能力。

本书力求有合理的理论深度，较宽的覆盖面，淡化原理的分析，强化功能的应用。主要有以下几点。

◆器件方面：重点介绍符号、功能、应用。尽量不涉及内部的分析过程。

◆电路方面：阐述基本的工作原理　基本分析方法、强化应用中的实际问题及解决的思路和措施。

◆图表：充分利用图表这个形象的“语言”，提高学生读图表的能力，同时也提高了应用新器件的能力。

本书由张贺文教授主审，提出了很多宝贵意见，在此表示十分感谢。参加编写的有尤莉荣（第二、三章），邓允（第四、五章），刘宇（第六章、附录A），耿惊涛（第七章、附录B、附录C），贾达（第一、八、九章）并担任主编。

由于编写时间仓促，编者水平有限，本书难免会有错误和不足之处，殷切地期望广大读者给予批评和指正。

编　者

2001年3月

目　录

第一章

逻辑代数基础

数字电路（又称为逻辑电路）的基本工作信号是二进制的数字信号，分析和设计数字电路的主要工具是逻辑代数。本章首先介绍二进制数及与十进制数、十六进制数的转换关系，然后介绍逻辑代数的基本公式、常用公式和重要定理，最后讲述逻辑函数及其描述方法，逻辑函数的化简。

第一节　概　　述

一、数字信号与数字电路

时间上、量值（信号的幅度）上不连续的信号统称为数字信号。对这类信号一般只关心信号的有与无，而不太关心其形状。例如：自动化生产线上记录零件个数的信号（一般是由微动开关或光电开关来检测），就是这类信号。还有：开关的开与闭和灯的亮与灭，也是数字信号，在很多情况下我们可能不太关心灯的明暗程度，而更关心它们的逻辑关系（因果关系），产生和处理这类数字信号的电路称为数字电路或逻辑电路。

二、数制与码制

（一）数制

把多位数码中每一位的构成（指用哪些码）方法以及从低位到高位的进位规则称为数制。数字电路除经常使用十进制以外，还经常使用二进制和十六进制。

1．十进制

十进制使用的是 0～9 十个数码，计数的基数是 10，进位规则是“逢十进一”。任意一个十进制数 D 可按“权”展开为：

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

其中 k_i 是第 i 位的数码（0～9 中的任意一个），10^i 称为第 i 位的权。注意：小数点的前一位为第 0 位，即 $i=0$。

如　$103.45=1\times10^2+0\times10^1+3\times10^0+4\times10^{-1}+5\times10^{-2}$

2．二进制

二进制仅使用 0 和 1 两个数码，计数的基数是 2，进位规则是“逢二进一”。任意一个二进制数 D 可按“权”展开为：

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

其中 k_i 是第 i 位的数码（0 或 1）。

如　$(1010.11)_2=1\times2^3+0\times2^2+1\times2^1+0\times2^0+1\times2^{-1}+1\times2^{-2}=(10.75)_{10}$

上式中的下标 2 和 10 分别代表括号中的数分别是二进制数和十进制数，有时也用 B（Binary）和 D（Decimal）代替下标 2 和 10。

如　1010.11B＝10.75D

3. 十六进制

十六进制使用 0～9、A（10）、B（11）、C（12）、D（13）、E（14）、F（15）16 个数码，计数的基数是 16，进位规则是“逢十六进一”。

任意一个十六进制数 D 可按“权”展开为：

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

如　$(2F.8)_{16}=2\times16^1+15\times16^0+8\times16^{-1}=(47.5)_{10}$

上式中的下标 16 代表括号中的数是十六进制数，有时也用 H（Hexadecimal）代替下标 16。

如　2F.8H＝47.5D

二进制：广泛应用于数字电路；十六进制：广泛应用于微机的汇编语言。

（二）数制转换

为了更好的掌握数制的转换，希望大家要熟记 2 的 0～10 次方所对应的十进制数：1、2、4、8、16、32、64、128、256、512、1024。

1. 二进制——十进制转换

只要将二进制数按“权”展开，然后把所有各项按十进制数相加即可。

2. 十进制——二进制转换

将十进制数展成 $\sum k_i\times2^i$ 的形式，即可得到二进制数：$k_nk_{n-1}\cdots k_1k_0$

例　$(123)_{10}=64+32+16+8+0+2+1=1\times2^6+1\times2^5+1\times2^4+1\times2^3+0\times2^2+1\times2^1+1\times2^0$

$=(1111011)_2$

又例　$(56)_{10}=32+16+8+0+0+0$

$=(111000)_2$

3. 二进制——十六进制转换

十六进制实际上也应属于二进制的范畴，因为将 4 位二进制数（恰好有 16 个状态）看做一个整体时，它的进位输出正好是“逢十六进一”，所以只要以小数点为界，每 4 位二进制数为一组（高位不足 4 位时，前面补 0，低位不足 4 位时，后面补 0），并代之以等值的十六进制数，即可完成转换。

$(10111011001.111)_2=(0101,1101,1001.1110)_2=(5D9.E)_{16}$

4. 十六进制——二进制转换

将每 1 位十六进制数代之以等值的 4 位二进制数，即可完成转换。

$(8AF.D5)_{16}=(100010101111.11010101)_2$

5. 十六进制——十进制转换

只要将十六进制数按公式：$D=\sum k_i\times16^i$ 展开，然后把所有各项按十进制数相加，即转换成十进制数。也可先将十六进制数转换成二进制数，再转换成十进制数。

例　$(3F)_{16}=3\times16^1+15\times16^0=(63)_{10}$

或 $(3F)_{16} = (111111)_2 = 1\times2^5+1\times2^4+1\times2^3+1\times2^2+1\times2^1+1\times2^0 = (63)_{10}$

或 $(3F)_{16} = (111111)_2 = (1000000-1)_2 = 1\times2^6-1 = (64-1)_{10} = (63)_{10}$

(三) 码制

数码不仅可以表示大小，还可以表示不同的对象（或信息）。对于后一种情况的数码被称为代码。

例如：邮政编码、汽车牌照、房间号码等，它们都没有大小的含意。

为了便于记忆和处理（如查询），在编制代码时总要遵循一定的规则，这些规则就叫做码制。

用 4 位二进制数码表示十进制数，有多种不同的码制。这些代码称为二——十进制代码，简称 BCD（Binary Coded Decimal）码。表 1-1 列出了几种常见的 BCD 码。

表 1-1　几种常见的 BCD 码

编码种类 / 十进制数	8421 码	余 3 码	2421 码	5211 码	余 3 循环码
0	0000	0011	0000	0000	0010
1	0001	0100	0001	0001	0110
2	0010	0101	0010	0100	0111
3	0011	0110	0011	0101	0101
4	0100	0111	0100	0111	0100
5	0101	1000	1011	1000	1100
6	0110	1001	1100	1001	1101
7	0111	1010	1101	1100	1111
8	1000	1011	1110	1101	1110
9	1001	1100	1111	1111	1010
权	8421		2421	5211	

8421 码、2421 码、5211 码是有权码。如 8421 码中从左到右的权依次为：8、4、2、1。8421 码是最常用的 BCD 码。

余 3 码是无权码，编码规则是：将余 3 码看做四位二进制数，其数值要比它表示的十进制数多 3。

余 3 循环码也是无权码，主要特点是：相邻的两个代码之间只有一位取值不同。

三、算术运算与逻辑运算

在数字电路中二进制数码的 0 和 1，不仅可以表示大小，还可以表示不同的逻辑状态。

当 0 和 1 表示大小时，它们之间可以进行算术运算，运算规则与十进制基本相同，惟一的区别在于“逢二进一”而不是“逢十进一”。

例　两个二进制数 1010 和 101 的算术运算有：

加法运算

$$\begin{array}{r} 1101 \\ +\quad 11 \\ \hline 10000 \end{array}$$

减法运算

$$\begin{array}{r} 1101 \\ -\quad 11 \\ \hline 1010 \end{array}$$

乘法运算

$$\begin{array}{r} 1101 \\ \times \quad 11 \\ \hline 1101 \\ 1101 \\ \hline 100111 \end{array}$$

除法运算

$$\begin{array}{r} 100.\cdots \\ 11\overline{)\,1101} \\ \underline{11} \\ 01 \end{array}$$

当 0 和 1 表示不同的逻辑状态时，例如：是和非，真和假、有和无、开和关、通和断等等，它们之间可以按照某种因果关系进行所谓的逻辑运算。这种逻辑运算和算术运算有着本质上的不同，逻辑运算将在下一节专门介绍。

第二节　逻辑代数的基本运算

在逻辑代数（又称布尔代数）中，也用字母表示变量，这种变量称为逻辑变量。变量的取值只有 0 和 1 两种可能。

一、三种基本运算

逻辑代数的基本运算有**与**、**或**、**非**三种。图 1-1 给出了三个指示灯控制电路，以便于理解**与**、**或**、**非**三种基本运算，在图（a）中，只有当两个开关同时闭合，指示灯才会亮；在图（b）中，只要有任意一个开关闭合，指示灯就亮；在（c）中，开关闭合时，指示灯不亮，而开关断开时，指示灯亮。

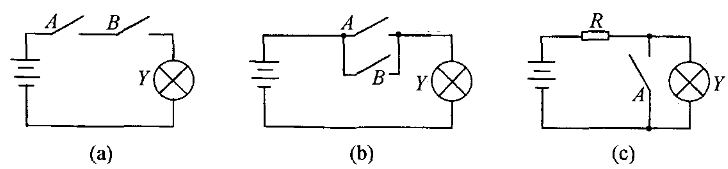

图 1-1　指示灯控制电路

如果我们约定：把开关闭合作为条件，把指示灯亮作为结果，那么图 1-1 中的三个电路就代表了三种不同的因果关系。

图（a）表明：只有条件同时满足时，结果才发生。这种因果关系叫做逻辑**与**，或者叫逻辑乘。

图（b）表明：只要条件之一满足时，结果就发生。这种因果关系叫做逻辑**或**，或者叫逻辑加。

图（c）表明：只要条件满足，结果就不发生；而条件不满足，结果一定发生。这种因果关系叫做逻辑**非**，或者叫逻辑反。

若以 A、B 表示条件，并以 1 表示条件满足，0 表示不满足；以 Y 表示事件的结果，并以 1 表示事件发生，0 表示不发生。则可以列出由 0、1 表示的**与**、**或**、**非**逻辑关系的图表，如表 1-2，表 1-3，表 1-4 所示。这种图表叫做逻辑真值表，或简称真值表。

表 1-2　与运算真值表

A　B	Y
0　0	0
0　1	0
1　0	0
1　1	1

表 1-3　或运算真值表

A　B	Y
0　0	0
0　1	1
1　0	1
1　1	1

表 1-4　非运算真值表

A	Y
0	1
1	0

以“·”表示**与**运算，以“+”表示**或**运算，以变量上的“-”表示**非**运算。即可得到三种基本逻辑运算的表达式及运算：

与：$Y=A\cdot B$ 或写成：$Y=AB$　　$0\cdot 0=0$；$0\cdot 1=0$；$1\cdot 0=0$；$1\cdot 1=1$

或：$Y=A+B$　　$0+0=0$；$0+1=1$；$1+0=1$；$1+1=1$

非：$Y=\overline{A}$　　$\overline{0}=1$；$\overline{1}=0$

能实现**与**、**或**、**非**三种基本逻辑运算的单元电路分别叫做与门、或门、非门（也叫反相器），并有相应的逻辑符号来表示，如图 1-2 所示。

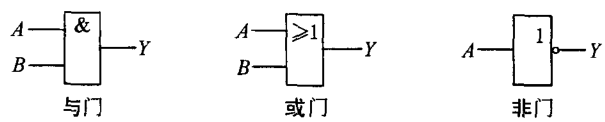

图 1-2　与门、或门、非门的逻辑符号

二、复合逻辑运算

实际的逻辑问题往往比**与**、**或**、**非**复杂的多，不过它们都可以用**与**、**或**、**非**的组合来实现。最常见的复合逻辑运算有**与非**、**或非**、**与或非**、**异或**、**同或**等。图 1-3 是它们的逻辑符号，表 1-5～表 1-9 给出了真值表。

表 1-5　与非逻辑的真值表

A　B	Y
0　0	1
0　1	1
1　0	1
1　1	0

表 1-7　异或逻辑的真值表

A　B	Y
0　0	0
0　1	1
1　0	1
1　1	0

表 1-6　或非逻辑的真值表

A　B	Y
0　0	1
0　1	0
1　0	0
1　1	0

表 1-8　同或逻辑的真值表

A　B	Y
0　0	1
0　1	0
1　0	0
1　1	1

图 1-3 所示逻辑符号的表达式分别为：

与非门：$Y=\overline{AB}$；

或非门：$Y=\overline{A+B}$；

异或门：$Y=A\oplus B=\overline{A}B+A\overline{B}$；

同或门：$Y=A\odot B=AB+\overline{A}\overline{B}$；

与或非门：$Y=\overline{AB+CD}$。

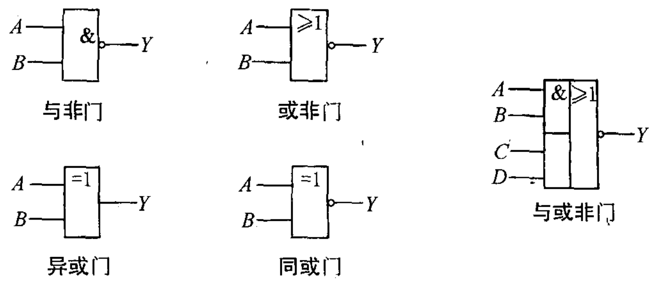

图 1-3 常用的几种复合门的逻辑符号

表 1-9 与或非逻辑的真值表

A B C D	Y
0 0 0 0	1
0 0 0 1	1
0 0 1 0	1
0 0 1 1	0
0 1 0 0	1
0 1 0 1	1
0 1 1 0	1
0 1 1 1	0
1 0 0 0	1
1 0 0 1	1
1 0 1 0	1
1 0 1 1	0
1 1 0 0	0
1 1 0 1	0
1 1 1 0	0
1 1 1 1	0

第三节 逻辑代数的基本公式和常用公式

一、基本公式

表 1-10 给出了逻辑代数的基本公式，这些基本公式都可以用真值表来证明。

表 1-10 逻辑代数的基本公式

公式序号	公 式	公式序号	公 式	公式序号	公 式
1	$0\cdot A=0$	7	$A\cdot(B+C)=A\cdot B+A\cdot C$	13	$A+A=A$
2	$1\cdot A=A$	8	$\overline{A\cdot B}=\overline{A}+\overline{B}$	14	$A+\overline{A}=1$
3	$A\cdot A=A$	9	$\overline{\overline{A}}=A$	15	$A+B=B+A$
4	$A\cdot\overline{A}=0$	10	$\overline{1}=0$；$\overline{0}=1$；	16	$A+(B+C)=(A+B)+C$
5	$A\cdot B=B\cdot A$	11	$1+A=1$	17	$A+B\cdot C=(A+B)\cdot(A+C)$
6	$A\cdot(B\cdot C)=(A\cdot B)\cdot C$	12	$0+A=A$	18	$\overline{A+B}=\overline{A}\cdot\overline{B}$

其中： 公式 1、2、11、12 描述了变量与常量之间的运算规则。

公式 3、13 描述了同一变量的运算规律，也叫重叠律。

公式 4、14 描述了变量与其反变量之间的运算规律，也叫互补律。

公式 5、15 为交换律。

公式 6、16 为结合律。

公式 7、17 为分配律。

公式 8、18 叫摩根定理，也称反演律。

公式 9 表明：一个变量经过两次求反之后还原为其本身，所以该式又称还原律。

公式 10 描述了 0 和 1 求反的规则，它说明 0 和 1 互为求反的结果。

二、常用公式

1. $A+A\cdot B=A$

证明 $A+A\cdot B=A\ (1+B)\ =A$

这个公式可推广为：两个乘积项相加时，如果一项是另一项的因子，则另一项是多余的。

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

2. $A+\overline{A}\cdot B=A+B$

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

这个公式可推广为：两个乘积项相加时，如果一项的反是另一项的因子，则另一项中的这个因子是多余的。

例 $A\cdot B+\overline{A\cdot B}\cdot C=A\cdot B+C$

3. $A\cdot B+A\cdot\overline{B}=A$

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

这个公式可推广为：若两个乘积项分别含有同一因子的原变量和反变量（如上式中的 B 和 $\overline{B}$)，而其他因子都相同——公共因子，则这两个乘积项可以合并成一项。

4. $A\cdot B+\overline{A}\cdot C+B\cdot C=A\cdot B+\overline{A}\cdot C$

证明
$$\begin{aligned}A\cdot B+\overline{A}\cdot C+B\cdot C&=A\cdot B+\overline{A}\cdot C+\ (A+\overline{A})\ \cdot B\cdot C\\&=A\cdot B+\overline{A}\cdot C+A\cdot B\cdot C+\overline{A}\cdot B\cdot C\\&=A\cdot B+\overline{A}\cdot C\end{aligned}$$

这个公式可推广为：若两个乘积项分别含有同一因子的原变量和反变量（如上式中的 A 和 $\overline{A}$)，而这两项的其他因子又都是第三个乘积项的因子，则第三个乘积项是多余的。

例 $A\cdot B+\overline{A}\cdot C+B\cdot C\cdot D=A\cdot B+\overline{A}\cdot C$

第四节　逻辑代数的基本定理

一、代入定理

用一个变量或一个逻辑表达式代入到同一个等式两边同一个变量的位置，该等式仍然成立。这就是代入定理，有时也称为代入规则。

例 用 AC 取代 A 代入到等式：

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

得 $\overline{ACB}=\overline{AC}+\overline{B}=\overline{A}+\overline{C}+\overline{B}$ 仍然成立。

二、反演定理

将一个逻辑表达式（或叫逻辑函数）Y 中的“·”换成“+”，“+”换成“·”，原变量

换成反变量，反变量换成原变量，就得到 $\overline{Y}$（或反函数），这就是反演定理，反演定理也称为摩根定理。

上面的叙述也可以简单地描述为："·"换成"+"，"+"换成"·"，变量各自求反。

例 $Y=\overline{A}\overline{B}+CD$

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

注意：要保持原式中各个变量之间的运算顺序，如 Y 是一个**与或式**（先**与**运算再**或**运算），而 $\overline{Y}$ 则变成了**或与**式。

例 $Y=A+\overline{B+\overline{C}}$

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

这个例子，将 Y 中的$\overline{B+\overline{C}}$看做一个整体（或说成一个变量）

三、对偶定理

将一个等式两边的"·"换成"+"，"+"换成"·"，保持变量不变，得到一个新的等式，这两个等式互为对偶式，这就是对偶定理。

例 $A(B+C)=AB+AC$ 和 $A+BC=(A+B)(A+C)$ 互为对偶式。

观察表 1-10 会发现公式 1 和 11，2 和 12，……8 和 18 它们都互为对偶式。

第五节 逻辑函数及其表示方法

一、逻辑函数

前面讲的逻辑表达式如：$Y=AB+C$。可以说，Y 是逻辑变量 A、B、C 的逻辑函数，有时也把 A、B、C 叫输入变量，Y 叫输出变量。

二、逻辑函数的表示方法

1. 逻辑表达式

逻辑表达式：将输入与输出之间的逻辑关系用逻辑运算符号来描述。特点是：简洁、抽象，便于化简和转换。

2. 逻辑真值表

逻辑真值表：将输入变量所有的取值和对应的函数值，列成表格。特点是：直观、烦琐（尤其是输入变量较多时），具有惟一性。是将实际的问题抽象为逻辑问题的首选描述方法。

3. 逻辑图

逻辑图：将输入与输出之间的逻辑关系用逻辑图形符号来描述。特点是：接近实际电路，是组装、维修的必要资料。

4. 卡诺图

卡诺图是专门用来化简逻辑函数的，将在下一节专门介绍。

三、各种表示方法之间的相互转换

既然表达式、真值表、逻辑图、卡诺图都是用来描述逻辑函数的，它们之间一定能相互转换。

1．由真值表转换成表达式

例 1-1　将表 1-11 所示的真值表转换成表达式。

表 1-11　例 1-1 真值表

序号	A	B	C	Y
0	0	0	0	0
1	0	0	1	0
2	0	1	0	0
3	0	1	1	1
4	1	0	0	0
5	1	0	1	1
6	1	1	0	1
7	1	1	1	1

解　由真值表可以看出，当 A、B、C 取值为以下四种情况时，$Y=1$

011 对应：$\overline{A}BC=1$

101 对应：$A\overline{B}C=1$

110 对应：$AB\overline{C}=1$

111 对应：$ABC=1$

因此 Y 的逻辑表达式应当是以上 4 个乘积项之和，即：

$$Y=\overline{A}BC+A\overline{B}C+AB\overline{C}+ABC$$

上式中每个乘积项都包含了函数的所有变量（或是原变量或是反变量），把这样的乘积项叫做最小项，把这种由最小项组成的**与或**表达式叫做最小项表达式。既然真值表是惟一的，所以这个表达式也是惟一的，所以又叫标准**与或**表达式。

为了书写方便，用 m 表示最小项，其下标为最小项的编号。编号的方法是：最小项中的原变量取 1，反变量取 0，则最小项取值为一组二进制数，其对应的十进制数值为该最小项的编号。上例 Y 的逻辑表达式就可以写成：

$$Y=m_3+m_5+m_6+m_7=\sum m\ (3,\ 5,\ 6,\ 7)$$

通过上例，可以总结出由真值表转换成表达式的一般方法。

① 找出真值表中 $Y=1$ 的哪些输入变量取值的组合。

② 每组组合对应一个最小项，其中取值为 1 的写成原变量，取值为 0 的写成反变量。

③ 将这些最小项相加，就得到 Y 的**与或**表达式。这样得到的表达式是惟一的表达式——标准**与或**表达式。

2．由表达式填写真值表

有两种方法：

① 将输入变量取值的所有组合逐一代入表达式，填写真值表；

② 将表达式转化成最小项表达式，再填写真值表。

例 1-2 已知：$Y=A+\overline{B}C+\overline{A}B\overline{C}$，求它对应的真值表。

解　方法① 将 ABC 取值的所有组合 000，001……111 逐一代入表达式，填入真值表，如表 1-12 所示。

表 1-12　例 1-2 真值表

A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

方法②　转换成最小项表达式，具体转化：首先对于乘积项 A，A 的取值是 1，BC 的取值任意，即××，所以乘积项 A 所对应的 ABC 取值为：1××：即 100，101，110，111。

也就是　$A=m_4+m_5+m_6+m_7$

同理对于第二个乘积项　$\overline{B}C=m_1+m_5$

第三个乘积项　$\overline{A}B\overline{C}=m_2$

$$Y=A+\overline{B}C+\overline{A}B\overline{C}=\sum m\ (1,\ 2,\ 4,\ 5,\ 6,\ 7)$$

由这个表达式再填写真值表就容易了。

3．由表达式画逻辑图