

21 世纪高等职业技术教育规划教材
国家示范性高等职业院校规划教材

SHUZI DIANZI JISHU JICHU

数字电子技术基础

主 编 晏明军 张进利 于 玲

主 审 陆中石



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

21 世纪高等职业技术教育规划教材
国家示范性高等职业院校规划教材

数字电子技术基础

主 编 晏明军 张进利 于 玲
主 审 陆中石

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内容简介

本书是由具有多年职业教育工作经验的专任教师根据当代高等职业教育的培养目标和基本要求而编写的一本实用教材。内容包括数字电路基础、基本逻辑门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、脉冲信号的产生与整形、半导体存储器与可编程逻辑器件。为了宜教利学，每一章均配以目标任务和学习要点做引导，配以知识归纳为概括，配以知识训练和技能训练为巩固提高，使学生从各个角度理解和掌握相关知识，培养、训练学生利用相关知识解决实际问题的能力。

本书可作为高等职业教育电子技术类、通信技术类、计算机应用、自动控制、机电一体化、工业企业电气化等专业的专业课或技术基础课教材，也可供从事电子技术的工程技术人员自学与参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术基础 / 晏明军, 张进利, 于玲主编.
—成都: 西南交通大学出版社, 2010.8

21 世纪高等职业技术教育规划教材 国家示范性高等
职业院校规划教材

ISBN 978-7-5643-0821-6

I. ①数… II. ①晏…②张…③于… III. ①数字电
路—电子技术—高等学校: 技术学校—教材 IV.

①TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 164676 号

21 世纪高等职业技术教育规划教材

国家示范性高等职业院校规划教材

数字电子技术基础

主编 晏明军 张进利 于玲

*

责任编辑 高平

特邀编辑 张阅

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

成都蜀通印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 12.375

字数: 308 千字

2010 年 8 月第 1 版 2010 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-0821-6

定价: 21.50 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

本书是根据高职教育的培养目标和学生特点,结合电子技术类及相关专业课程标准的要求,认真分析了现行电子技术的教学内容,总结多年教学实践的经验和体会,学习参考了多位专家学者的著作后编写而成。本书以数字电子技术的基本概念、基本原理和基本分析方法为主线,以“必需”和“够用”为度,以培养学生的专业技能和实践能力为核心,以应用为目的,注重实用,理论联系实际,充分体现了高等职业教育的特色。

(1)教材内容与高职学生的知识、能力结构相适应,直接针对电类专业高等技术应用型人才岗位(群)所需的知识、能力,突出职业特色,加强工程针对性、实用性,不仅为专业课学习打好基础、为培养再学习能力服务,也为培养职业能力服务。

(2)在内容阐述方面,力求简明扼要,通俗易懂。强化理论知识与实践的结合,以应用为目的,用适当的应用实例说明问题,突出高职教学特色。

(3)淡化公式推导和过重的理论分析,重在教学生学会元器件、电子电路在实际中的应用和掌握基本分析工具、基本分析方法,注重结论性知识点的掌握和运用。

(4)为使教学内容适应电子技术飞速发展的新形势,突出教学内容的先进性,加强了集成电路及其应用的内容,如集成运放、集成稳压器、集成功放、中规模数字集成电路等。

(5)知识传授尽量建立在物理概念的基础上,力求做到由浅入深、由易到难、循序渐进,在通俗易懂、降低难度上下功夫,选用有代表性的例题突出重点,分散难点,促进读者的求知欲和提高学习的主动性。

(6)每章均配以目标任务和学习要点做引导,编有知识训练和技能训练,便于知识的消化理解、巩固提高和专业技能的培养。

本书可作为高等职业教育电子技术、通信技术、计算机应用、自动控制、机电一体化、工业企业电气化等专业的专业课或技术基础课教材,也可供从事电子技术的工程技术人员自学与参考,各专业或学习者可根据各自的实际情况对本书章节进行选取和删减。

本书由晏明军、张进利、于玲共同编写完成,其中晏明军编写了第4、5章及内容简介、前言;张进利编写了第6、7章和目录、附录、参考文献;于玲编写了第1、2、3章。全书由晏明军统稿。

本书由辽宁铁道职业技术学院陆中石副教授主审。

由于时间仓促,加之编者水平有限,书中不妥之处在所难免,敬请使用本书的读者给予批评指正。

编 者

2010年8月

目 录

绪 论	1
第 1 章 数字电路基础	2
1.1 数制及编码	2
1.2 逻辑函数及其表示方法	7
1.3 逻辑代数的基本定律和规则	13
1.4 逻辑函数的代数化简法 (公式法)	17
1.5 逻辑函数的卡诺图化简法 (图形法)	18
知识归纳	25
知识训练	26
第 2 章 基本逻辑门电路	28
2.1 基本逻辑门电路	28
2.2 TTL 集成门电路	33
2.3 COMS 集成门电路	40
知识归纳	45
知识训练	45
第 3 章 组合逻辑电路	48
3.1 组合逻辑电路的分析方法和设计方法	48
3.2 编码器和译码器	53
3.3 数据选择器和数据分配器	62
3.4 加法器和数值比较器	65
3.5 组合逻辑电路中的竞争与冒险现象	70
知识归纳	71
知识训练	72
第 4 章 触发器	74
4.1 基本 RS 触发器	74
4.2 时钟触发器	77
4.3 集成触发器	82
4.4 触发器应用举例	93
知识归纳	95
知识训练	95

第 5 章 时序逻辑电路	99
5.1 时序逻辑电路的基本概念	99
5.2 时序逻辑电路的分析方法	100
5.3 计数器	104
5.4 寄存器	120
5.5 同步和异步时序逻辑电路的设计方法	125
知识归纳	131
知识训练	132
第 6 章 脉冲信号的产生与整形	135
6.1 多谐振荡器	136
6.2 单稳态触发器	139
6.3 施密特触发器	145
6.4 555 定时器及其应用	149
知识归纳	156
知识训练	156
第 7 章 半导体存储器与可编程逻辑器件	160
7.1 随机存储器 RAM	160
7.2 只读存储器 ROM	166
7.3 可编程逻辑器件 PLD	170
知识归纳	186
知识训练	187
附录 常用数字集成电路一览表	188
参考文献	191

绪 论

脉冲与数字电子技术已经广泛地应用于广播、雷达、通信、电子计算机、自动控制、电子测量仪表、核物理、航天等各个领域。例如，在通信系统中，应用数字电子技术的数字通信系统，不仅比模拟通信系统的抗干扰能力强、保密性好，而且还能应用电子计算机进行数字处理和控制，形成以计算机为中心的自动交换通信网；在测量仪表中，数字测量仪表不仅比模拟测量登记表精度高、测试功能强，而且还易实现测试的自动化和智能化。随着集成电路技术的发展，尤其是大规模和超大规模集成器件的发展，使得各种电子系统可靠性大大提高，全世界正在经历一场数字化信息革命——即进入用数字 0 和 1 编码的信息时代。

与模拟信号不同，数字电路工作信号的变化规律在时间上是不连续的，其总是发生在一系列离散信号的瞬间，在数值上它的增减变化总是某个最基本数量单位的整数倍。例如，用一个电子电路记录信号灯闪亮的次数，信号灯每闪亮一次，就给电子电路一个信号，记作 1；不闪亮时，没给电子电路信号，记作 0。可见，电路工作信号的变化非 0 即 1，且发生在离散信号的瞬间。

与模拟电路相比，数字电路具有以下几方面的特点：

(1) 它研究的是电路输入信号与输出信号间的因果关系，也称逻辑关系。

(2) 用 0 和 1 分别表示数字信号的两个离散状态，反映在电路上，通常是高电平和低电平；0 和 1 不再是数值含义，表示的是两种相反的状态。

(3) 电路中的半导体器件一般工作在开（导通）或关（截止）状态，对于半导体三极管，则不是工作在截止状态就是工作在饱和状态。

(4) 数字电路的主要任务是进行逻辑分析和设计，运用的数学工具是逻辑代数。

数字电路和模拟电路的主要区别见表 0-1。

表 0-1 数字电路和模拟电路的主要区别

类别	数字电路	模拟电路
电路功能（研究的问题）	输入信号与输出信号间的逻辑关系	如何不失真地进行模拟信号的放大、变化等
工作信号	在时间上和数值上是离散的	在时间和数值上是连续变化的
三极管的作用及工作区域	开关，一般工作在截止区或饱和区	放大，工作在放大区
主要分析方法	逻辑代数	图解法、微变等效电路法等

本书包括七部分内容：数字电路基础、集成门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、脉冲信号的产生与整形、半导体存储器。数字电子技术是建立在模拟电子电路基础上的一门学科。要求初学者在掌握基本概念、基本原理和基本分析方法的基础上，多参与实践活动，通过做实验、参加实训演练、参加技能大赛等，学习和掌握数字电子技术的基本知识，形成基本技能。

第 1 章 数字电路基础

【目标任务】

- ◆ 了解数字电路的概念、发展、应用，了解数字电路与模拟电路的区别。
- ◆ 掌握各种不同编码和数制的相互转换。
- ◆ 掌握逻辑函数的 5 种表示方法及其相互转换。
- ◆ 掌握逻辑代数的基本定律、规则和常用公式。
- ◆ 掌握逻辑函数的公式化简法和卡诺图化简法。

【学习要点】

- ◆ 十进制、二进制、八进制、十六进制数及不同进制数间的转换。
- ◆ 几种常用基本运算的符号、逻辑函数和运算规则。
- ◆ 逻辑表达式、真值表、逻辑电路图、波形图之间的转换。
- ◆ 基本公式、基本定律、常用规则的证明。
- ◆ 应用基本公式和定理对函数进行公式法化简。
- ◆ 卡诺图的特点、应用卡诺图化简函数。

1.1 数制及编码

1.1.1 数制及其转换

1. 数制的概念

数制是用一组固定的数字和一套统一的规则来表示数目的方法。

按照进位方式计数的数制叫做进位计数制。例如：逢十进一即十进制，人类屈指计数沿袭至今且最为习惯；十二进制作为商业包装计量单位“一打”的计数方法；十六进制为中药或金器等采用的计量单位。

进位计数制的两个要素，即基数和权值。

基数：它是指各种进位计数制中允许选用基本数码的个数。例如，十进制的数码有：0、1、2、3、4、5、6、7、8 和 9，因此，十进制的基数为 10。

权值：每个数码所表示的数值等于该数码乘以一个与数码所在位置相关的常数，这个常数叫做权值。其大小是以基数为底、数码所在位置的序号为指数的整数次幂。例如， $128.7=1 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 8 \times 10^0 + 7 \times 10^{-1}$ 。

在程序设计中，为了区分不同进制数，常在数字后加一英文字母做后缀以示区别。

十进制数：在数字后加字母 D 或不加字母，如 105D 或 105。

二进制数：在数字后面加字母 B，如 101B。

八进制数：在数字后面加字母 Q，如 163Q。

十六进制数：在数字后加字母 H，如 16EH。

2. 几种进制及其特点

1) 十进制

(1) 十进制基本特点。

① 十个数码：0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9。

② 逢十进一，借一当十。

(2) 十进制数按权展开式。

任意一个 n 位整数和 m 位小数的十进制数 D 可表示为

$$D = D_{n-1} \times 10^{n-1} + D_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + D_0 \times 10^0 + D_{-1} \times 10^{-1} + \cdots + D_{-m} \times 10^{-m}$$

2) 二进制

(1) 二进制基本特点。

① 两个数码：0, 1。

② 逢二进一，借一当二。

(2) 二进制数按权展开式。

任意一个 n 位整数和 m 位小数的二进制数 B 可表示为

$$B = B_{n-1} \times 2^{n-1} + B_{n-2} \times 2^{n-2} + \cdots + B_0 \times 2^0 + B_{-1} \times 2^{-1} + \cdots + B_{-m} \times 2^{-m}$$

3) 八进制

(1) 八进制基本特点。

① 八个数码：0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7。

② 逢八进一，借一当八。

(2) 八进制数按权展开式。

任意一个 n 位整数和 m 位小数的八进制数 Q 可表示为

$$Q = Q_{n-1} \times 8^{n-1} + Q_{n-2} \times 8^{n-2} + \cdots + Q_0 \times 8^0 + Q_{-1} \times 8^{-1} + \cdots + Q_{-m} \times 8^{-m}$$

4) 十六进制

(1) 十六进制基本特点。

① 十六个数码：0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F。

在十六个数码中的 A、B、C、D、E 和 F 六个数码，分别代表十进制数中的 10、11、12、13、14 和 15，这是国际上通用的表示法。

② 逢十六进一，借一当十六。

(2) 十六进制数按权展开式。

任意一个 n 位整数和 m 位小数的十六进制数 H 可表示为

$$H = H_{n-1} \times 16^{n-1} + H_{n-2} \times 16^{n-2} + \cdots + H_0 \times 16^0 + H_{-1} \times 16^{-1} + \cdots + H_{-m} \times 16^{-m}$$

5) 几种进制的对应关系 (见表 1-1)

表 1-1 几种进制的对应关系表

十进制	二进制	八进制	十六进制
0	0	0	0
1	1	1	1
2	10	2	2
3	11	3	3
4	100	4	4
5	101	5	5
6	110	6	6
7	111	7	7
8	1000	10	8
9	1001	11	9
10	1010	12	A
11	1011	13	B
12	1100	14	C
13	1101	15	D
14	1110	16	E
15	1111	17	F
16	10000	20	10
⋮	⋮	⋮	⋮

3. 不同进制数的转换

1) 非十进制数与十进制数的互换

(1) 二进制数转换成十进制数。

非十进制数转换成十进制数只需按权展开然后相加即可，现以二进制转换成十进制数为例，其他依此类推。

【例 1-1】 $(101.1)_2 = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} = (5.5)_{10}$

(2) 将十进制数转换成非十进制数。

若用 r 进制代表二、八、十六进制，则转换方法就是：对于整数部分，“除 r 取余，自下而上”；对于小数部分，“乘 r 取整，自上而下”。下面以十 $\rightarrow$ 二转换来说明。

【例 1-2】 $(68.3125)_{10} = (\quad)_2$

解 先转换整数部分，显然转换方法就是“除 2 取余，自下而上”。

68 / 2	余数	
34 / 2	0	低位
17 / 2	0	
8 / 2	1	
4 / 2	0	
2 / 2	0	
1 / 2	0	
0	1	高位

即 $(68)_{10} = (1000100)_2$ 。

小数部分的转换方法则是“乘2取整，自上而下”。

	整数	
0.3125	$\times 2 = 0.625$	0 高位
0.625	$\times 2 = 1.25$	1
0.25	$\times 2 = 0.5$	0
0.5	$\times 2 = 1.0$	1 低位

即 $(0.3125)_{10} = (0.0101)_2$ 。

所以， $(68.3125)_{10} = (1000100.0101)_2$ 。

2) 二进制数与八进制数的互换

因二进制数基数是2，八进制数基数是8。又由于 $2^3=8$ ， $8^1=8$ ，可见三位二进制数对应于一位八进制数，所以二进制与八进制互换是十分简便的。

(1) 二进制数转换成八进制数。

二进制数转换为八进制数可概括为“三位并一位”。即以小数点为基准，整数部分从右至左，每三位一组，最高有效位不足三位时，添0补足三位；小数部分从左至右，每三位一组，最低有效位不足三位时，添0补足三位。然后将各组的三位二进制数按权展开后相加，得到一位八进制数码。再按权的顺序连接起来即得到相应的八进制数。

十→八转换的方法就是“整数部分除8取余，小数部分乘8取整”；十→十六转换的方法就是“整数部分除16取余，小数部分乘16取整”。

【例 1-3】 $(1011100.00101)_2$ 转换为八进制数。

解 $(001, 011, 100.001, 010)_2 = (134.14)_8$

$$\begin{array}{ccccccc} \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & & \\ 1 & 3 & 4 & . & 1 & 4 & \end{array}$$

(2) 八进制数转换成二进制数。

八进制数转换成二进制数可概括为“一位拆三位”，即把一位八进制数写成对应的三位二进制数，然后按权连接即可。

【例 1-4】 将 $(167.54)_8$ 转换成二进制数。

解 $(1 \quad 6 \quad 7 \quad . \quad 5 \quad 4)_8 = (1110111.1011)_2$

$$\begin{array}{ccccccc} \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & & \\ 001, & 110, & 111, & 101, & 100 & & \end{array}$$

3) 二进制数与十六进制数的互换

二进制数与十六进制数之间也存在二进制数与八进制数之间相似的关系。由于 $2^4=16$ ， $16^1=16$ ，即四位二进制数对应于一位十六进制数。

(1) 二进制数转换成十六进制数。

二进制数转换为十六进制数可概括为“四位并一位”。即以小数点为基准，整数部分从右至左，小数部分从左至右，每四位一组，不足四位添0补足。然后将每组的四位二进制数按权展开后相加，得到一位十六进制数码，再按权的顺序连接起来即得到相应的十六进制数。

【例 1-5】 将 $(1011101.00111)_2$ 转换为十六进制数。

解 $(0101, 1101.0011, 1000)_2 = (5D.38)_{16}$

$\downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow$
 5 D . 3 8

(2) 十六进制数转换成二进制数。

十六进制数转换成二进制数可概括为“一位拆四位”，即把一位十六进制数写成对应的四位二进制数，然后按权连接即可。

【例 1-6】将 $(15E.5F)_{16}$ 转换成二进制数。

解 $(1 \quad 5 \quad E . 5 \quad F)_{16} = (101011110.01011111)_2$

$\downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow$
 0001, 0101, 1110.0101, 1111

4. 二进制数的优点

二进制并不符合人们的日常习惯，但是计算机内部仍采用二进制表示信息，其主要原因有以下几点：

(1) 电路简单。计算机是由逻辑电路组成的，逻辑电路通常只有两个状态，例如晶体管的饱和与截止、开关的接通与断开、电压电平的高与低等。这两种状态正好用二进制数的两个数码 0 和 1 来表示。

(2) 可靠性高。用二进制的两个数码来表示两种状态，数字传输和处理不容易出错，因此电路工作更加可靠。

(3) 运算简单。二进制运算法则简单，例如加法法则只有 3 个，乘法法则也只有 3 个。

(4) 逻辑性强。计算机工作原理是建立在逻辑运算基础上的，逻辑代数是逻辑运算的理论依据。二进制只有两个数码，正好代表逻辑代数中的“真”和“假”。

1.1.2 二-十进制编码 (BCD 代码)

1. 编码含义

人们在交换信息时，可以通过一定的信号或符号来进行。这些信号或者符号的含义是人们事先约定而赋予的。同一信号或符号，由于人们的约定不同，可以在不同场合有不同的含义。利用数码来作为某一特定信息的代号叫做编码。例如：“2590”列车、“25”中学、学号 038 等。在数字电路系统中，常用与二进制数码对应的 0、1 作为编码的符号，叫作二进制码。这里必须指出的是，二进制码不一定表示二进制数，它的含义是人们预先约定而赋予的。

2. 常用编码

计算机中经常需要将很长的数字串换成准 4 位二进制数来表示 1 位十进制数中的 0~9 这 10 个数码，简称 BCD 码或二-十进制编码。这是一种二进制的数字编码形式，用二进制编码表示十进制代码。这种编码形式利用了四个位元来储存一个十进制的数码，使二进制和十进制之间的转换得以快捷的进行。这种编码技巧，最常用于会计系统的设计里，

因为会计制度需要精确的计算。此外,对于其他需要高精度的计算,BCD 编码也很常用。

由于十进制数共有 0、1、2、…、9 十个数码,因此,至少需要 4 位二进制码来表示 1 位十进制数。常用的 BCD 代码列于表 1-2 中。

表 1-2 常用 BCD 码

十进制数	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	1011	1000	0111
6	0110	1001	1100	1001	0101
7	0111	1010	1101	1010	0100
8	1000	1011	1110	1011	1100
9	1001	1100	1111	1100	1101

最常用的 BCD 编码,就是使用“0”至“9”这十个数值的二进制码来表示。这种编码方式,称之为 8421 码。除此以外,开发了不同的编码方法,以适应不同的需求。这些编码,大致可以分成有权码和无权码两种:

有权 BCD 码,是指在表示 0~9 十个十进制数码的 4 位二进制代码中,每位二进制数码都有确定的位权值。如:8421 码(最常用)、2421 码、5421 码……

无权 BCD 码,这些代码没有确定的位权值,因此,不能按位权展开来求它们所代表的十进制数。但这些代码都有其特点,在不同场合,可以根据需要选用。如:余 3 码、格雷码……

特点:

- (1) 8421 码直观,好理解。
- (2) 5421 码和 2421 码中大于 5 的数字都是高位为 1,小于 5 的数字其高位为 0。
- (3) 余 3 码是 8421 码加上 3,有上溢出和下溢出的空间。
- (4) 格雷码任意相邻 2 个数有三位相同,只有一位不同。

1.2 逻辑函数及其表示方法

在数字电路中,输入信号是“条件”,输出信号是“结果”,因此输入、输出之间存在一定的因果关系,称为逻辑关系。它可以用逻辑表达式、图形和真值表来描述。

逻辑代数中的逻辑变量与普通代数的变量有一个共同的特点:都是用字母 A , B , C , ..., X , Y , Z 等来表示。但也有明显的不同点,逻辑代数中的变量取值只有 0 和 1。这里的 0 和 1 并不表示具体的数量大小,而是表示两种相互对立的逻辑状态。这种描述

相互对立的逻辑关系且仅有两个取值的变量称为逻辑变量。例如：电灯的亮和灭、电动机的旋转与停止，都可用二值数字逻辑中的 0 和 1 来表示。

1.2.1 三种基本逻辑运算

数字电路实现的是逻辑关系。逻辑关系是指某事物的条件（或原因）与结果之间的关系。逻辑关系常用逻辑函数来描述。

逻辑代数中只有三种基本运算：与、或、非。每一种逻辑关系对应着一种电路——逻辑门电路，简称逻辑门或门电路。

1. 与运算

只有当决定一事件的条件全部具备之后，这一事件才会发生。我们把这种因果关系称为与逻辑。

与逻辑举例：如图 1-1 (a) 所示，A、B 是两个串联开关，L 是灯，用开关控制灯亮和灭的关系如图 1-1 (c) 所示。

设 1 表示开关闭合或灯亮；0 表示开关不闭合或灯不亮，则得真值表如图 1-1 (d) 所示。

所谓的真值表，就是将逻辑变量各种可能取值的组合及其相应逻辑函数值列成的表格。例如：对应图 1-1 (a) 可列出的真值表如图 1-1 (d) 所示。

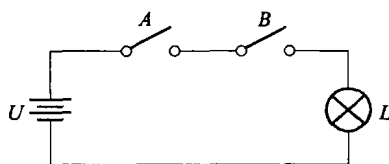
若用逻辑表达式来描述，则可写为

$$L = AB$$

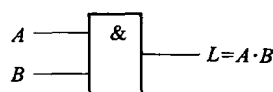
与运算的规则为：“输入有 0，输出为 0；输入全 1，输出为 1”。

数字电路中能实现与运算的电路称为与门电路，其逻辑符号如图 1-1 (b) 所示。与运算可以推广到多变量

$$L = A \cdot B \cdot C \cdots$$



(a) 电路图



(b) 逻辑符号

开关A	开关B	灯L
断开	断开	不亮
断开	闭合	不亮
闭合	断开	不亮
闭合	闭合	亮

(c) 真值表

A	B	L
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

(d) 逻辑真值表

图 1-1 与逻辑运算

2. 或运算

当决定一件事情的几个条件中，只要有一个或一个以上条件具备，这件事情就发生。我们把这种因果关系称为或逻辑。

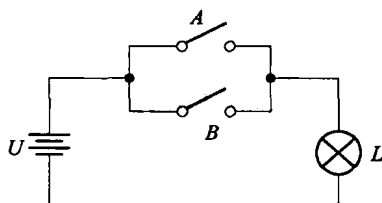
或逻辑举例：如图 1-2 (a) 所示，或运算的真值表如图 1-2 (c) 所示，逻辑真值表如图 1-2 (d) 所示。若用逻辑表达式来描述，则可写为

$$L = A + B$$

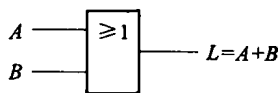
或运算的规则为：“输入有 1，输出为 1；输入全 0，输出为 0”。

在数字电路中能够实现或运算的电路称为或门电路，其逻辑符号如图 1-2 (b) 所示。或运算也可以推广到多变量

$$L = A + B + C + \dots$$



(a) 电路图



(b) 逻辑符号

开关 A	开关 B	灯 L
断开	断开	不亮
断开	闭合	亮
闭合	断开	亮
闭合	闭合	亮

(c) 真值表

A	B	$L = A + B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

(d) 逻辑真值表

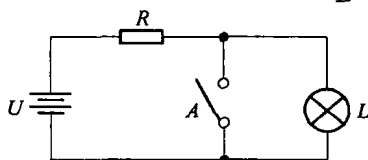
图 1-2 或逻辑运算

3. 非运算

某事情发生与否，仅取决于一个条件，而且是对该条件的否定。即条件具备时事情不发生；条件不具备时事情才发生。

非逻辑举例：如图 1-3 (a) 所示的电路，当开关 A 闭合时，灯不亮；而当 A 不闭合时，灯亮。其真值表如图 1-3 (b) 所示，逻辑真值表如图 1-3 (c) 所示。若用逻辑表达式来描述，则可写为

$$L = \bar{A}$$



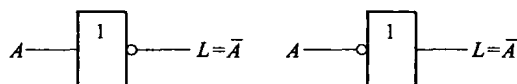
(a) 电路图

开关 A	灯 L
断开	亮
闭合	不亮

(b) 真值表

A	$L = \bar{A}$
0	1
1	0

(c) 逻辑真值表



(d) 逻辑符号

图 1-3 非逻辑运算

1.2.2 几种常用逻辑运算

1. 逻辑变量

逻辑变量为两值变量（取值 1、0），习惯用大写字母表示，且输入变量常用 A 、 B 、 C 、 D 、 E 、 F 等表示，输出变量常用 L 、 Y 、 Z 等表示。

有时又把逻辑变量分为原变量（字母上不带非号）和反变量（字母上带非号）。

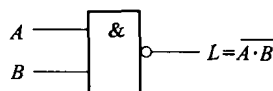
2. 逻辑函数

逻辑函数即逻辑变量之间的关系。有逻辑式、逻辑图、真值表、卡诺图和波形图等五种表示形式。

(1) 与非：由与运算和非运算组合而成，如图 1-4 所示。

A	B	$L = \overline{A \cdot B}$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

(a) 逻辑真值表



(b) 逻辑符号

图 1-4 与非逻辑运算

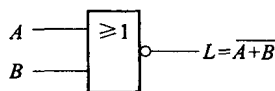
若用逻辑表达式来描述，则可写为

$$L = \overline{A \cdot B}$$

(2) 或非：由或运算和非运算组合而成，如图 1-5 所示。

A	B	$L = \overline{A + B}$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

(a) 逻辑真值表



(b) 逻辑符号

图 1-5 或非逻辑运算

若用逻辑表达式来描述, 则可写为

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

(3) 异或运算: 异或是一种二变量逻辑运算, 当两个变量取值相同时, 逻辑函数值为 0; 当两个变量取值不同时, 逻辑函数值为 1, 如图 1-6 所示。

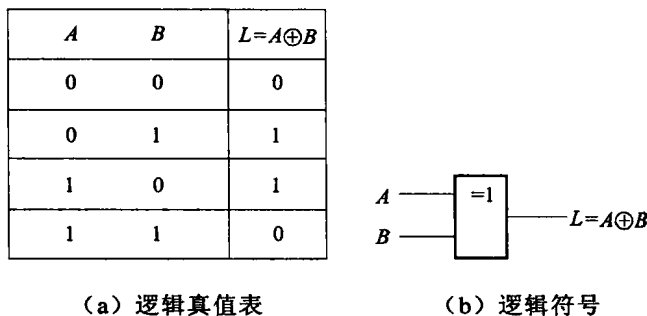


图 1-6 异或逻辑运算

异或的逻辑表达式为

$$L = A \oplus B = \overline{A}B + A\overline{B}$$

(4) 与或非逻辑: 两组 (或多组) 输入变量先分别相与, 与的结果再相或, 最后再非, 如图 1-7 所示。

其对应逻辑式为

$$Y = \overline{AB + CD}$$

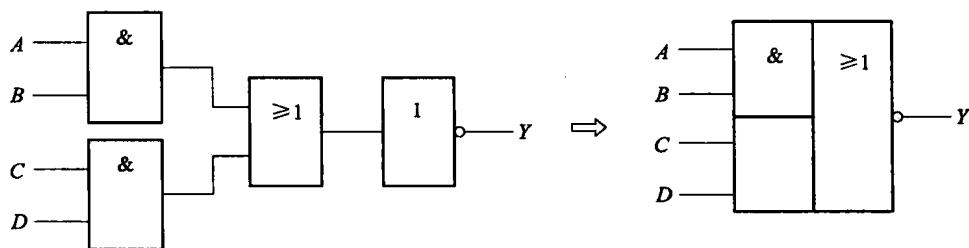


图 1-7 与或非逻辑运算及符号

1.2.3 逻辑函数的几种表示方法及转换

1. 逻辑函数

一般函数, 当 $A, B, C, \dots$ 的取值确定之后, Y 的值也就唯一确定了。因此 Y 称为是 $A, B, C, \dots$ 的函数。逻辑函数也是如此, 但其变量取值只有 0 和 1。逻辑函数的一般表达式可以写为

$$Z = F(A, B, C, \dots)$$

与、或、非是三种基本的逻辑运算, 即三种基本的逻辑函数。但在实际的逻辑问题