高等职业技术电子信息类专业教材

实用数字电子技术

范诘忠　冯莱达　顾永杰
洪晓鸥　编著

電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
URL: http://www.phei.com.cn

高等职业技术电子信息类专业教材

实用数字电子技术

范诘忠　冯莱达　顾永杰　洪晓鸥　编著

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是高等职业技术电子信息类专业的教学用书。通过本书的学习，学生能在规定的学时内掌握具有实用价值的数字电子技术的基本内容。

全书共分6章。第1章是数字电子技术基础，集中介绍了数制和编码、逻辑代数、门电路和触发器。第2章数字电路的物理器件，介绍以门电路和触发器为主的实现方法，集成电路的技术参数、使用注意事项，分类和查找数字电路器件的方法及选用标准等。第3章介绍数字电路设计初步和故障分析。第4章介绍数字电路的读图方法。第5章介绍大规模集成电路及其应用。第6章介绍数字电路的软件仿真。

本书每章后除有思考和练习题外，还有丰富的实验和实训内容。

本书适用于电子、电力、机电一体化等专业，也可供其他电类专业大专学生和中高级工程技术和维修人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

实用数字电子技术/范诘忠等编著 .-北京:电子工业出版社，1998.10
高等职业技术电子信息类专业教材
ISBN 7-5053-4727-6
Ⅰ.实… Ⅱ.范… Ⅲ.数字电路-高等学校:职业学校-教材 Ⅳ.TN79
中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第31739号

丛 书 名：高等职业技术电子信息类专业教材
书　　名：实用数字电子技术
编 著 者：范诘忠　冯莱达　顾永杰　洪晓鸥
责任编辑：张荣琴
印 刷 者：
装 订 者：北京李史山胶印厂
出版发行：电子工业出版社
北京市海淀区万寿路173信箱　邮编100036　发行部电话68214070
URL：http：//www.phei.com.cn
经　　销：各地新华书店
开　　本：787×1092 1/16　印张：19　字数：499千字
版　　次：1998年10月第1版　1999年8月第2次印刷
书　　号：ISBN 7-5053-4727-6 / G·376
定　　价：24.00元

出版说明

高等职业技术教育是现代教育的重要组成部分。近几年随着社会经济和科学技术的发展，已从客观上提出了发展高等职业技术教育的要求。高等职业技术教育在经历了认识定位和模式创新的阶段之后，开始进入课程建构和教材编写的新阶段。

在教育部职教司教材处的直接领导和电子工业出版社的积极组织下，三所积极发展高等职业技术教育的学技——北京联合大学、上海第二工业大学和深圳职业技术学院组建了教材编写领导小组。

三校教材编写领导小组经过多次研讨，认为目前没有能满足高等职业技术教育需要的现行教材，编写符合高等职业技术教育特点的教材已迫在眉睫。三技对电子信息类专业人才培养目标、职业定位以及电子信息类的内涵等问题达成共识，并将电子信息类教材作为首批开发的选题。

我们组织编写这套教材的原则是：充分探索高等职业教学特点，力图构筑以掌握基本概念、强化实际应用为重点，以获得职业技术所需的最基本、最适用的理论知识，以利于培养学生专业实践的适应能力和应变能力的新课程体系。

编写高等职业技术教育的教材是一个新课题，经验尚不足，希望全国电子信息类高职院技的师生积极提出批评建议，共同探索我国高等职业技术教育的特点和路子，不断提高教材的质量，最终形成电子信息类专业配套的高质量的教材。

三校教材编写领导小组

1998 年 4 月

三校教材编写领导小组

组长：牛梦成

组员：高　林　姚家伦　沈耀泉　吴金生

　　　贡文清　朱懿心　戴士弘

前　言

本教材是北京联合大学、深圳高等职业技术学院和上海第二工业大学三校高职教材编写会议确定的第一批7年编写教材之一。它是高等职业教育类型院校的教学用书，适用于电子、电力、机电一体化等专业，也可供其他电类专业大专学生和中高级工程技术和维修人员参考。

根据高等职业教育的特点，在教材内容的选择上除满足大专的基本要求外，剔除陈腐过时的内容，有选择地充实现代科学技术发展的新东西和实用的内容。在内容的安排上，力图分散难点，相对集中。在叙述上尽可能注意深入浅出、循序渐进、通俗易懂，使学生能在规定的学时内掌握具有实用价值的数字电子技术的基本内容。

本教材的主要内容安排如下：

第1章数字电子技术基础，以大纲规定基本要求将数制和编码、逻辑代数、门电路和触发器集中进行介绍，使学生能较快地了解和熟悉逻辑函数的描述和简化，门电路和触发器的种类及外部逻辑功能。

第2章数字电路的物理器件以门电路和触发器为主，介绍其实现方法，不同系列集成电路的主要技术参数、使用注意事项，分类和查找数字电路器件的方法，选用数字电路器件的标准等，为工程实践准备必要知识。

第3章数字电路设计初步和故障分析将以实例为例介绍如何用试凑法进行数字电路设计，如何设计组合逻辑电路和时序逻辑电路的常用部件。在讨论线路设计的基础上，进一步讨论了物理设计、制作、调试及故障的诊断，使学生建立起完整的数字电路设计过程。

第4章数字电路读图从如何识别框图、逻辑线路图和接线图开始，重点介绍了如何分析组合逻辑电路和时序逻辑电路。在此基础上通过实例建立起完整的读图方法。

第5章大规模集成电路及其应用，第1部分介绍半导体存储器的工作原理和使用方法。第2部分介绍可编程逻辑器件的工作原理及分类，并重点讨论在系统编程技术及应用。

第6章数字电路的软件仿真，重点介绍 Electronics Workbench 软件在数字电路仿真实验中的应用，运行环境及基本操作界面，然后介绍其器件及仪表的使用方法如仿真实例。

本教材每章后除有思考和练习题外，还有丰富的实验和实训内容。

本教材由上海第二工业大学范志忠同志主编。参加编写的有上海第二工业大学的范志忠（第1、3章），冯莱达（第2章），顾永杰（第4章），洪晓鸥（第5、6章）。

本教材在编写过程中曾得到上海第二工业大学朱懿心、黄午阳、郭维芹等老师的帮助和热情支持，谨此表示衷心的感谢。

对于教材中存在的错误和不妥之处，恳切希望使用本教材的师生和读者批评指正。

编　者

1998.2.

第1章　数字电子技术基础

本章介绍学习数字电子技术与应用这门课的基础知识。

首先扼要讲述数字电子技术中常用的数制和编码。然后介绍逻辑代数的基本公式和常用公式，逻辑函数的表示方法及逻辑函数应用公式和图形的简化方法。最后将阐述构成数字电路最基本的逻辑单元门电路和触发器。

1.1　数制和编码

对于任何一个数可以有两种表示方法：一个是按“值”表示，另一个是按“形”表示。按“值”表示即在确定的进位制中表示正确的数值，例如在十进制数中，“正十七点四”，应表示为+17.4。而采用“形”表示，即按一定的编码表示时，例如采用ASCII码表示“正十七点四”应为

2B　31　37　2E　34

本节将介绍常用数制和编码。

1.1.1　进位计数制

当人们用数字量来表征一个物理量的大小时，只用一位数字量在绝大多数情况下是不够的，因此必须采用多位数字量。而多位数字量按怎样的进位方式实现计数，即数的每一位采用什么方法构成，这就是进位计数制，简称进位制。常用的有十进制、二进制和十六进制。

1. 十进制数

在生产劳动和日常生活中是广泛和常用的是十进制数。它共有0,1,2……8,9十个数码，在运算中遵循“逢十进一“成”借一当十”的规则。十进制数有一个基本特征数“10”，也称为基数，它表示十进制数有十个数码和“逢十进一”的运算规则。

若以K表示0,1,2……8,9中某一数码，用N表示十进制数的基数10，用i表示数的某一位，用n表示小数点左面的位数，用m表示小数点右面的位数，那么任何一个十进制数可表示成下面的多项式与和式：

$$D = K_{n-1} \cdot N^{n-1} + K_{n-2}N^{n-2} + \cdots\cdots K_0N^0 + K_{-1}N^{-1} + \cdots\cdots K_{-m}N^{-m} \tag{1-1}$$

$$= \sum_{i=n-1}^{-m} K_iN^i \tag{1-2}$$

(1-1)式为多项式，(1-2)式为和式。例如一个十进制数276.84用多项式来表示时可写成：

$$276.84 = 2\times10^2 + 7\times10^1 + 6\times10^0 + 8\times10^{-1} + 4\times10^{-2}$$

从多项式表达中不难看出，当一个数码所处的位置不同时，它所表示的实际数值是不一样的。而多项式中$10^2, 10^1 \cdots\cdots 10^{-2}$所表示的是十进制数该位的“权”，或称“位权”。

2. 二进制数

数制在发展过程中，曾出现多种进位制。但易于采用元器件的物理状态来表示数中的数码。易于采用逻辑代数工具运算的，就是二进制数。二进制数只有两个数码 0 和 1，运算中遵循“逢二进一”或“借一当二”的规则。常用的十进制数与对应的二进制数如表 1-1 所示。从表中可见十进制数 2 对应的二进制数是 10，读作“么零”。

二进制数也可表示成多项式(1-1)与和式(1-2)。只不过表达式中 K 只有 0 和 1，而 N 为 2。

表 1-1 不同基数进位制数

数 值	N=10	N=2	N=4	N=8	N=16
零	0	0	0	0	0
一	1	1	1	1	1
二	2	10	2	2	2
三	3	11	3	3	3
四	4	100	10	4	4
五	5	101	11	5	5
六	6	110	12	6	6
七	7	111	13	7	7
八	8	1000	20	10	8
九	9	1001	21	11	9
十	10	1010	22	12	*A*
十一	11	1011	23	13	*B*
十二	12	1100	30	14	*C*
十三	13	1101	31	15	*D*
十四	14	1110	32	16	*E*
十五	15	1111	33	17	*F*
十六	16	10000	100	20	10

3. 十六进制数

在微型计算机中，普遍采用八位或十六位二进制数并行运算。将八位二进制数用二位十六进制数书写或十六位二进制数用四位十六进制数书写，将带来极大的方便。十六进制数有十六个数码，分别用 0,1,2,3,……8,9,A,B,C,D,E,F 表示，运算规则为“逢十六进一”或“借一当十六”。如十六进制数 3B·5A 用多项式来表示可写成

$$3B \cdot 5A = 3\times(16)^{1} + B\times(16)^{0} + 5\times(16)^{-1} + A\times(16)^{-2}$$

同理，式(1-1)和式(1-2)也可表示十六进制数，只是式中 K 有 0,1,2……8,9,A,B,C……F，而 N 为 16。

当在同一文件中同时出现不同进位制的数时，应在数的后面注以不同的下脚标，以示区别。十进制数注(D)，二进制数注(B)，十六进制数注(H)。

4. 不同进制数的转换

正如前面提到,人们日常习惯采用十进制数,面微型计算机和数字电子设备中往往采用的是二进制数,为了书写的方便又采用十六进制数。因此就存在两种数制之间的转换问题。

(1) 二进制数和十进制数的转换

将二进制数转换成等值的十进制数,可将二进制数写成多项式的形式,按权展开相加即可。例如将二进制数 $101 \cdot 011_{(B)}$转换成等值的十进制数为

$$\begin{aligned} 101 \cdot 011_{(B)} &= 1\times2^2+0\times2^1+1\times2^0+0\times2^{-1}+1\times2^{-2}+1\times2^{-3} \\ &= 4+0+1+0+0.25+0.125 \\ &= 5.375_{(D)} \end{aligned}$$

将十进制数转换成等值的二进制数,其方法应将整数和小数分别进行转换。整数部分采用连除 2 倒取余数。例如求十进制数 92 对应等值的二进制数,整个计算过程如下:

			余数	
2	92			
2	46	…………………………	0	b_0(低位)
2	23	…………………………	0	b_1
2	11	…………………………	1	b_2
2	5	…………………………	1	b_3
2	2	…………………………	1	b_4
2	1	…………………………	0	b_5
	0	…………………………	1	b_6(高位)

转换结果为 $92_{(D)}=1011100_{(B)}$

对于小数部分则采取连乘 2 取整的方法。例如求十进制数 0.6875 转换成对应等值的二进制数,整个计算过程如下:

$$\begin{array}{r} 0.6875 \\ \times\quad 2 \\ \hline 1.3750 \end{array} \quad 整数\ 1 \longrightarrow b_{-1}$$

$$\Downarrow$$

$$\begin{array}{r} 0.3750 \\ \times\quad 2 \\ \hline 0.7500 \end{array} \quad 0 \longrightarrow b_{-2}$$

$$\Downarrow$$

$$\begin{array}{r} 0.7500 \\ \times\quad 2 \\ \hline 1.5000 \end{array} \quad 整数\ 1 \longrightarrow b_{-3}$$

$$\Downarrow$$

$$\begin{array}{r} 0.5000 \\ \times\quad 2 \\ \hline 1.0000 \end{array} \quad 0 \longrightarrow b_{-4}$$

转换结果为 $0.6875_{(D)}=0.1011_{(B)}$

(2) 二进制数和十六进制数的互换

表 1-2

二进制数	十六进制数
0000	0
0001	1
0010	2
0011	3
0100	4
0101	5
0110	6
0111	7
1000	8
1001	9
1010	A
1011	B
1100	C
1101	D
1110	E
1111	F

将二进制数转换成等值的十六进制数，其方法为从小数点开始向左向右每四位一标，不足补零，将标出的每四位二进制数换成等值的十六进制数即可。四位二进制数对应等值的十六进制数见表 1-2，例如求二进制数 101101·011 对应等值的十六进制数，先从小数点开始向左向右每四位一标，特别注意不足四位一定补零，然后按表 1-2 换成对应等值的十六进制数，转换过程如下：

$$\begin{array}{ccccc} \boxed{0}\boxed{0}10, & 1101 & \cdot & 011\boxed{0} \\ \downarrow & \downarrow & & \downarrow \\ 2 & D & \cdot & 6 \end{array}$$

$101101\cdot 011_{(B)}=2D\cdot 6_{(H)}$

将十六进制数转换成等值的二进制数，其方法为一分为四，即将十六进制数的每一位用对应的四位二进制数代换即得。例如求 3A·F5 十六进制数的等值二进制数如下：

$$\begin{array}{ccccc} 3 & A & \cdot & F & 5 \\ \swarrow & \swarrow & \downarrow & \searrow & \searrow \\ 0011 & 1010 & \cdot & 1111 & 0101 \end{array}$$

其转换结果为 $3A\cdot F5_{(H)}=00111010\cdot 11110101_{(B)}$

(3) 十进制数和十六进制数的互换

十进制数和十六进制数简单的转换方法是先将被转换的数按前述方法换成二进制数，然后将二进制数再转换成要转换的数。

1.1.2 码制

在数字电子设备中，除去数采用按"值"的表示外，还采用按"形"的表示，即一切数、字母、符号等都要由特定的二进制数来表示。例如十进制数 8，在 8421BCD 码中用 1000 表示，在余 3 码中用 1011 表示，在葛莱码中用 1100 表示，而在 ASCII 码中则用 00111000 表示。因此为了便子记忆和查找，这些用来表示数、字母和符号的二进制数也必须遵循一定的规则，这个规则就是码制。现在常用的编码如图 1-1 所示。

1. 十进制数的常用代码

(1) 8421 码

表 1-3 的第二列为 8421 码，它用四位二进制数来表示一位十进制数，由于四位二进制数各位的权从左到右分别为 8，4，2，1，故称 8421 码，也称 BCD 码（二进制编码的十进制码）成 NBCD码（自然二进制码），有时也称为二一十进制码。这种编码属有权码，当 8421 码的各位为 $a_3a_2a_1a_0$ 时，它所代表的值为

$$N=8\cdot a_3+4\cdot a_2+2\cdot a_1+1\cdot a_0$$

这种编码很容易实现同十进制数的转换，但在计数时用这种码构成的电路工作时易产生"毛

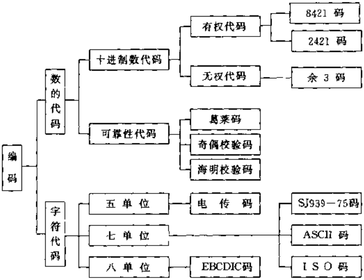


图 1-1 常用编码

刺”信号和设备的利用率不高等缺点。

表 1-3 十进制数的常用代码

十进制数	8421 码	2421 码	余 3 码
0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 1 1
1	0 0 0 1	0 0 0 1	0 1 0 0
2	0 0 1 0	0 0 1 0	0 1 0 1
3	0 0 1 1	0 0 1 1	0 1 1 0
4	0 1 0 0	0 1 0 0	0 1 1 1
5	0 1 0 1	1 0 1 1	1 0 0 0
6	0 1 1 0	1 1 0 0	1 0 0 1
7	0 1 1 1	1 1 0 1	1 0 1 0
8	1 0 0 0	1 1 1 0	1 0 1 1
9	1 0 0 1	1 1 1 1	1 1 0 0

(2) 余 3 码

表 1-3 的第四列给出的是余 3 码，它是由 8421 码加 3 得到的。显而易见，余 3 码所代表的十进制数可由下式算得：

$$N=8\cdot a_3+4a_2+2a_1+1a_0-3$$

式中 a_3、a_2、a_1 和 a_0 为余 3 码各位的数(0 或 1)。

余 3 码是无权码。由于代码中各位“1”不表示一个固定值，因而不直观，且有容易出错的缺点。仔细观察余 3 码可以发现，它是一种自反代码，如余 3 码的 0 是 0011，各位取反得 1100，即余 3 码的 9；余 3 码的 3 是 0110，各位取反得 1001，即余 3 码的 6。可见 0 与 9，3 与 6 均对 9 互反。另一个特点是，而个余 3 码相加，所产生的进位相当于十进制数的进位。如余 3 码 1000(5)与 1011(8)相加，其结果如下：

$$\begin{array}{r} 1000 \\ +1011 \\ \hline 10011 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 5 \\ +8 \\ \hline 13 \end{array}$$

注意："运算后留下的和(0011)已不是余 3 码，而是 8421 码了。

2. 可靠性代码

我们知道，代码在形成或传输过程中免不了要发生错误，为了在出错时易于发现和校正，就需采用可靠性编码。下面介绍奇偶校验码和葛莱码的特点和组成。

(1) 奇偶校验码

奇偶校验码是在计算机存储器中广泛采用的一种可靠性代码。它由若干个信息位加一个校验位构成，根据电路是采用奇校验还是偶校验，使校验位和信息位中"1"的个数为奇数或为偶数，若为奇数则称奇校验，若为偶数则称为偶校验。表 1-4 给出了以 8421 码为信息位构成的奇校验码和偶校验码。

表 1-4　8421 奇偶校验码

8421 码	8421 奇校验码		8421 偶校验码	
	8 4 2 1	校验位	8 4 2 1	校验位
0000	0000	1	0000	0
0001	0001	0	0001	1
0010	0010	0	0010	1
0011	0011	1	0011	0
0100	0100	0	0100	1
0101	0101	1	0101	0
0110	0110	1	0110	0
0111	0111	0	0111	1
1000	1000	0	1000	1
1001	1001	1	1001	0

奇偶校验码的一个主要特点是，它具有发现一位错的能力。如果事前约定存入计算机中存储器的二进制数都以偶校验码存入，那么当从存储器中取出二进制数时，检测到的"1"的个数不是偶数，则说明该二进制数在存入或取出时发生了错误。显而易见，若代码在存入或取出过程中发生了两位错误，这种代码就查不出来了。另外，它虽然能查出错误，但哪一位出错，却不能判定，因此不具备自动校正的能力。

采用奇偶校验码，电路的硬件上需增加形成校验位的电路和检测校验码的电路。例如上述存储器数据存入和取出过程，如图 1-2 所示。

(2) 葛莱(Gray)码

葛莱码的最大特点是任意两个相邻数的代码只有一位二进制数不同。表 1-5 给出了十进制数 0～9 的两种编码。由表可知，4 与 5 的第一种方案葛莱码是 0110 和 1110，第二种方案葛莱码是 0110 和 0111，前者只是最高位不同，后者只是最低位不同。另外从表 1-5 中还可发现，这种编排的头尾两个数(0 与 9)也是只有一位不同，构成一个"循环"，所以这种葛莱码也可称为"循环码"。进一步观察方案一，它除去上述特点之外，还具有从 4 与 5 之间分开，最高位相反

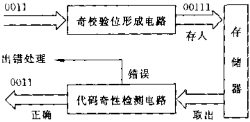


图 1-2 奇性校验码的存取

表 1-5 十进制数的两种葛莱码

十进制数	葛莱码	
	方案一	方案二
0	0000	0000
1	0001	0001
2	0011	0011
3	0010	0010
4	0110	0110
5	1110	0111
6	1010	0101
7	1011	0100
8	1001	1100
9	1000	1000

而其余各位相同的“反射性”，所以也可将此种编码称为反射码。当采用这种编码构成计数电路工作时，不会出现如前所述 8421 码工作时的干扰“毛刺”信号。

3. 字符代码

在使用汇编语言或程序设计语言编制源程序时，需将数字、英文字母和各种专用符号输入计算机中，因此，必须对数字、英文字母和各种专用符号进行编码，将编好的二进制码送入计算机才能为计算机所识别。这些数字、字母和各种符号统称为“字符”。这些字符的编码统称为字符代码。

字符代码有五单位、六单位、七单位和八单位几种。五单位字符代码是由国际电传码稍作修改而来，如 DJS-130 计算机中所用的五单位字符代码共有 55 种字符，而五单位二进制数只能表示 32 种字符，因此同一五单位码既可表示数也可表示字母，它由其前一个操作键是号码键还是字母键来区别，例如：

11111(字母键)10100(S)01100(I)00101(N)
11011(号码键)11110(()01100(8)00111(0)
11101(1) 01010(4) 10111(/)11111(字母键)
00101(N) 11011(号码键)01001())

从上可见，01100 出现在号码键后，它表示数字 8，同样 01100 出现在字母键后它表示字母 I。

常用七单位字符代码有下列几种：

SJ939-75(我国四机部标准)码

ASCII(美国标准信息交换)码

ISO(国际标准化组织)码

它们基本上是一致的，只有少数图形字符有区别。由于有七位二进制，可构成128个字节，其中图形字符为96种，控制字符为32种。

常用八单位字符代码有EBCDIC码，也称为扩充的BCD交换码。

1.2 逻辑代数

无论是数字式仪器、仪表还是电子数字计算机，其对外的功能虽然比较复杂，但其内部的电子线路通常是由种类不多的最简单的、最基本的电路所组成。而这些电路中多数是最基本的逻辑电路。

逻辑电路是指电路的输入输出之间具有某种逻辑关系的电路。例如，照明电路中电灯是否能亮，取决于电源是否接通、灯泡的好坏。后两者是因，前者是果，这种因果关系一般称为逻辑关系。逻辑代数正是描述逻辑关系的数学方法，也是我们在分析和设计数字电路时经常要用到的数学工具。在逻辑代数中，电灯是亮与暗、电源是通与断、灯泡是好与坏、信号有与无、命题真与假等称为逻辑变量，并分别用逻辑“0”和逻辑“1”表示。

逻辑代数与普通代数有一个共同的特点，那就是都用字母 A、B、C、……X、Y、Z 等表示变量。但也有明显的不同点，例如，普通代数中变量的取值可为负无穷大到正无穷大之间任一数，而逻辑代数中变量取值只能是“0”或“1”；普通代数中的变量运算有加、减、乘、除、乘方、开方等多种，而逻辑代数中变量的运算只有“与”、“或”、“非”三种；另外逻辑代数中变量取值“0”或“1”，没有大小概念，而只代表某种状态。

可见，在数字电路中的二进制数码0和1，有时可作为二进制数来表示数值的大小，此时它们之间可以进行算术运算；有时又可作为逻辑变量表示不同的逻辑状态，此时它们之间只能按照某种逻辑关系进行逻辑运算。下面我们首先介绍三种基本逻辑运算。

1.2.1 逻辑代数中的3种基本逻辑运算

逻辑代数中的变量只有3种运算，即“与”运算、“或”运算及“非”运算。下面结合指示灯控制电路的实例分别进行说明。

1. 与运算(逻辑乘)

与运算又叫“逻辑乘”，其结果叫“逻辑积”。

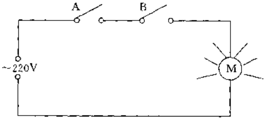


图1-3 串联开关电路

见图1-3的串联开关电路，开关A和B互相串联，对这个电路我们可以讲：灯亮的条件是开关A“与”开关B都接通。换句话讲，只要开关A、开关B中有一个不接通，则灯就不亮。为了详细描述逻辑关系，可将“条件”和“结果”的各种可能性列成表格对应出来，表1-6(a)为与逻辑关系表，如果用二值逻辑变量

表示上述关系，设灯亮和开关合上用 1 表示，灯暗和开关断开用 0 表示，则可得表 1-6(b)，表 1-6(b)称与逻辑真值表，简称真值表。

表 1-6 (a)与逻辑关系表

A	B	F
断	断	暗
断	通	暗
通	断	暗
通	通	亮

(b)与逻辑真值表

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

由表 1 6(b)可以写成：

$$\left.\begin{array}{l}0\cdot 0=0\\0\cdot 1=0\\1\cdot 0=0\\1\cdot 1=0\end{array}\right\}\Rightarrow F=A\cdot B$$

这里的"·"号表示"与"的意思(有些文献用"∧""∩"表示"与")。像普通代数一样，在不需特别说明的情况下也可将"·"号省去，写成 $F=AB$。以此类推，如果电路中有三个开关 A、B、C 串联，则有：

$$F=ABC$$

在数字电路中，实现与逻辑功能的电路称为与门，如图 1 4(a)所示，当与门输入端 A、B 加图 1-4(b)中 A、B 所示电位变化波形时，其输出端 F 的波形见图 1-4(b)中的 F。

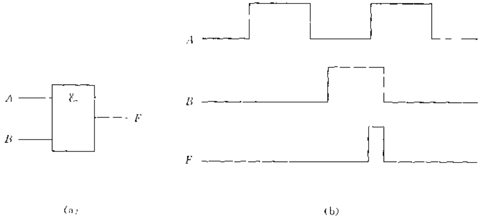


图 1-4 与门逻辑符号和波形

由上述分析，不难得出与运算应是"有 0 出 0，全 1 出 1"。

2. 或运算(逻辑加)

或运算又叫"逻辑加"，其结果叫"逻辑和"。

我们用图 1-5 的并联开关电路来说明或运算的逻辑规则。显而易见，这种并联开关电路中，只要任何一个开关(A 或 B)接通或两个均接通时，灯 F 就会亮；反之如果两个开关均不接

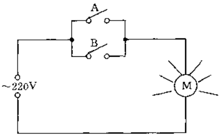


图 1-5 并联开关电路

通，则灯不亮。将灯和开关的关系同样用与运算中的假定，可得表 1-7。

表 1-7 (a)或逻辑关系表

A	B	F
断	断	暗
断	通	亮
通	断	亮
通	通	亮

(b)或逻辑真值表

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

由表 1-7(b)可以写成

$$\left.\begin{array}{l}0+0=0\\0+1=1\\1+0=1\\1+1=1\end{array}\right\}F=A+B$$

这里的"+"号表示"或"的意思(有些文献上用"∨","∪"表示或)。"+"号读或，例如上式 $F=A+B$ 读作 F 等于 A 或 B。同理当多个开关并联时，则写成

$$F=A+B+C+\cdots\cdots$$

在数字电路中，实现或逻辑功能的电路称为或门。如图 1-8 所示，当或门输入端如图 1-4(b)中 A、B 波形时，其输出端 F 的波形见图 1-6(b)中的 F。

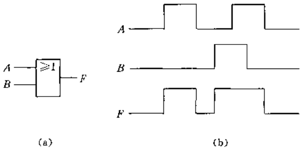


图 1-6 或门逻辑符号和波形

由上述分析，不难得出或运算应是"有 1 出 1，全 0 出 0"。

3. 非运算(逻辑非)

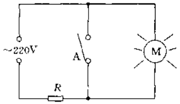


图 1-7　单开关电路

非运算又叫"反相"运算,也叫"逻辑否定"。

由图 1-7 所示单开关电路可知,当开关 A 接通时,灯 F 不会亮;而当开关 A 断开时,灯 F 反而会亮。它所反映的逻辑关系是:当条件得到满足时,结果却不会发生;当条件不满足时,结果却发生。这样一种因果关系称为逻辑非,也称非逻辑关系。将灯和开关的关系同样用与运算中的假定,可得表 1-8。

表 1-8　(a)非逻辑关系表

A	F
断	亮
通	暗

(b)非逻辑真值表

A	F
0	1
1	0

由表 1-8(b)可得

$$F=\overline{A}$$

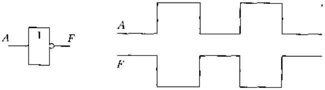
因为逻辑变量 A 的取值只能是 0 或 1,所以上式表示:

$$\text{当 } A=0 \text{ 时}, F=\overline{A}=\overline{0}=1$$

$$\text{当 } A=1 \text{ 时}, F=\overline{A}=\overline{1}=0$$

$F=\overline{A}$(有的文献用 $F=\underline{A}$ 或 $F=A'$),A 上面的一横读作"非",所以此式读作 F 等于 A 的非。

在数字电路中,实现非逻辑功能的电路称为非门,如图 1-8 所示。图 1-8(b)是非门输入输出波形图。



(a)　　(b)

图 1-8　非门逻辑符号和波形

1.2.2　逻辑函数及其表示方法

1. 逻辑函数的定义

逻辑函数的定义与普通代数中函数的定义极为相似。如某一逻辑电路的输入逻辑变量为 A_1、$A_2\cdots A_n$,输出逻辑变量为 F,如图 1-9 所示。当 A_1、$A_2\cdots A_n$ 的值确定后,F 的值也就被确定下来了,此时称 F 是 A_1、$A_2\cdots A_n$ 的逻辑函数,并记为:

$$F=f(A_1、A_2\cdots\cdots A_n)$$

逻辑变量与逻辑函数的取值都只能是 0 或 1,但相对某一逻辑电路而言,逻辑变量的取值