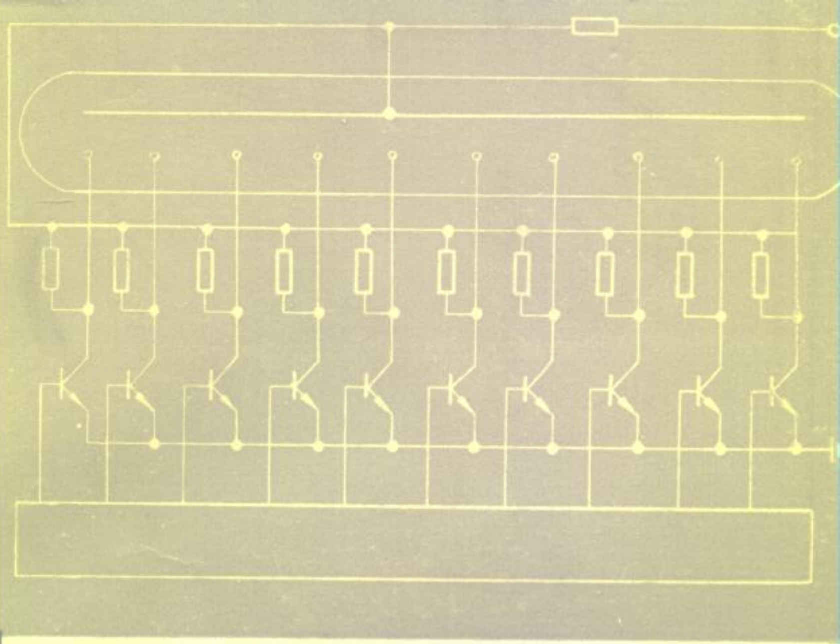
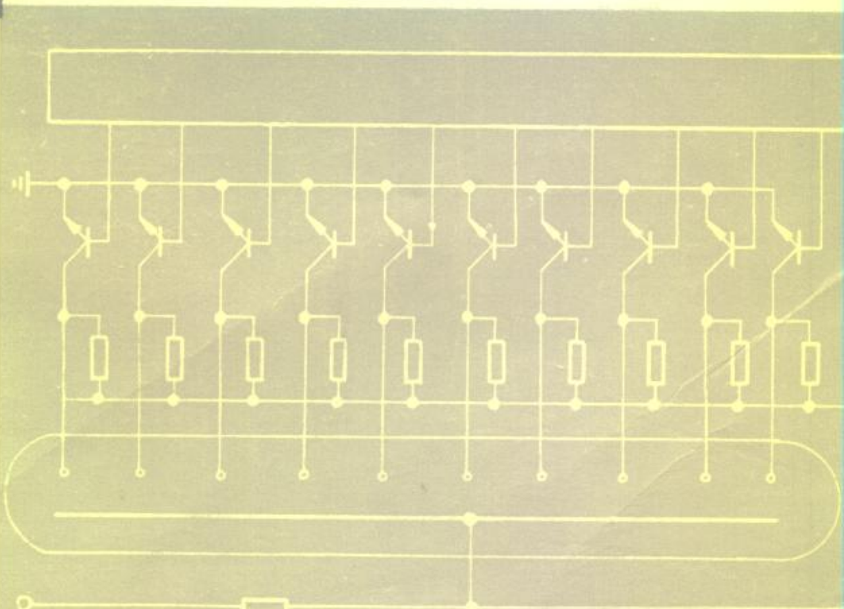
电子技术丛书



数字化仪器



电子技术丛书

数字化仪器

周　瑾　朱福渠　编

山东科学技术出版社
一九八〇年·济南

内 容 简 介

本书主要讲述了电子计数器的基本原理和各种电量与非电量的模拟-数字转换原理，对逻辑运算及基本逻辑电路、基本逻辑部件也作了简单介绍。可供从事数字化仪器生产的技术人员、工人，高等院校、中专有关专业师生参考。

电子技术丛书

数字化仪器

周 瑾 朱福渠 编

*

山东科学技术出版社出版

山东省新华书店发行

山东新华印刷厂潍坊厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 7.125印张 3插页 123千字

1980年12月第1版 1980年12月第1次印刷

印数：1—2,800

书号 15195·78 定价 0.62元

出 版 说 明

电子技术是目前应用最广泛的先进技术之一，是衡量一个国家现代化水平的标志。为了普及电子技术知识，提高电子技术水平，早日实现四个现代化，我社决定编辑出版这套《电子技术丛书》。

这套丛书由山东大学《电子技术丛书》编委会主编。本丛书包括通讯、电视、微波技术、信息处理、电子器件及计算机等方面的内容，将分专题陆续编辑出版。本丛书力求做到理论联系实际、文字通俗易懂、内容简明扼要、切合实用，尽量方便广大读者阅读。

本丛书可供从事电子工业生产、科研的有关人员，高等院校、中专电子学专业师生及业余爱好者参考。

山东科学技术出版社

一九七九年六月

前　言

数字化仪器是近十几年来发展起来的一门新技术，目前已广泛应用于生产、科研、军事等各个方面。利用它不仅可以对各种参数进行数字化测量，而且可以配合电子计算机实现对生产过程的自动控制。为了普及数字化仪器的基本知识，我们编写了《数字化仪器》一书。

本书在编写中力求深入浅出、通俗易懂。在讲述模拟-数字转换的基本原理时，联系实际，介绍了数字频率计和数字电压表。本书可供从事数字化仪器生产的技术人员、工人，高等院校、中专有关专业师生参考。

编　者

一九七九年九月

目　录

第一章　逻辑代数及逻辑电路基础

在生产实践中，经常遇到时间、压力、温度等物理量，它们都是连续变化的，通常称为模拟量。数字量只能一个单位一个单位地增加或减少，其变化是不连续的。显然，模拟量不能直接由计数电路进行累加计数，所以在数字化仪器中，首先应该将被测的模拟量转换成数字量（即模拟-数字转换）。为了实现这个转换，必须用一定的计量单位使连续量整量化，从而得到近似的数字量。计量单位越小，整量化后的误差也越小，越接近于模拟量本身的值。经模拟-数字转换后得到的数字信息，就可以由计数电路进行计数了。计数电路中的数字都是二进制数，必须经译码电路将它翻译成人们习惯的十进制数，然后由显示电路显示出来。

可见，数字化仪器主要包括模拟-数字转换及数字逻辑电路两大部分。本章将介绍逻辑代数及逻辑电路的基本知识。

第一节　数字化仪器中数的表示法

日常生活中遇到的数，大都是逢十进一的十进制数。在十进制中，每一个数都是由0，1，2，3，4，5，6，7，

8，9这十个数码组成的。每个数码由于它在数中所处的位置不同，具有不同的含义。例如，在9999这个数中，左边第一个9代表9×10^3；第二个9代表9×10^2；第三个9代表9×10^1；第四个9代表9×10^0。于是，这个数便可表示为：

$$9999=9\times10^3+9\times10^2+9\times10^1+9\times10^0$$

这种十进位的计数制是人们最熟悉的，使用起来也十分方便。但是，在电子线路中要找到一个具有十种不同状态的元器件或电路，来代表十个不同的数码却是很困难的。可见，十进制并不是最简单的计数制，最简单的是二进制。

日常生活中经常遇到正和负、是和非、断和通、高和低等相互对立的现象，它们都是矛盾着的两个方面，因而可以用数学抽象的方法将它们表示为"1"和"0"两种状态。这正是二进制中的两个不同的数码。在电子技术中，常以晶体管的导通和截止、电压的高和低、脉冲的有和无来表示二进制数。由于二进制计数无论在表示和运算上都比其它计数制更容易实现，所以在数字化仪器中得到广泛应用。

二进制就是逢二进一的计数制。在二进制中，只有两个不同的数码1和0。同十进制一样，每个数码也因它在数中所处的位置不同而有不同的含义。例如，二进制数1111的左边第一个1代表1×2^3，第二、三、四个1依次代表1×2^2、1×2^1和1×2^0。所以，这个二进制数可以表示为：

$$1111=1\times2^3+1\times2^2+1\times2^1+1\times2^0$$

其值等于十进制中的15。

类似十进制数，二进制数也有正数和负数、整数和小数

之分。例如，二进制数 11.01 可以表示为：

$$11.01 = 1\times 2^1 + 1\times 2^0 + 0\times 2^{-1} + 1\times 2^{-2}$$

其值等于十进制中的 3.25。

从上面的例子可以总结出数的一般表达式为：

$$N_q = K_n q^n + K_{n-1} q^{n-1} + \cdots + K_1 q^1 + K_0 q^0 + K_{-1} q^{-1} + \cdots + K_{-m} q^{-m}$$

式中：N_q 为任意一种进位制中的数；q 为进位制的基数（在十进制中为 10，在二进制中为 2）；n 为从整数第二位向左算起的位数；m 为小数部分的位数；K_i 为 i 位数码（在十进制中可为 0～9 中的某一个数，在二进制中只能是 1 或 0）；q^i 为 K_i 在数中的位置，通常称为权位（简称权），如二进制数 1111 中左端第一位的权为 $2^3=8$，第二位的权为 $2^2=4$，第三位的权为 $2^1=2$，第四位的权为 $2^0=1$。因此，只要知道各位数码和权，则该数码所代表的十进制数即可按下式求出：

$$\text{十进制数} = \sum_{i=-m}^{n} K_i \times \text{权}_i$$

第二节　逻辑代数

在数字化仪器中采用的是二进制计数，也就是对表示两种对立现象的“1”和“0”进行代数运算。这里的“1”和“0”就是电子开关电路的开和关两种状态。这种代数与平常讲的代数不同，人们把它称为逻辑代数（也叫布尔代数或开关代数）。

为了与普通的代数运算相区别，逻辑代数中的运算称为逻辑运算。

一、逻辑乘法

在图 1—1 所示的电路中，有两个串联的开关 A 和 B。只有当 A 和 B 全合上时，灯泡才亮；A 和 B 中只要有一个断开，灯泡就不亮。从这个例子可以总结出这样一个因果关系：只有当决定一件事情的各种条件全具备之后，这件事才能发生，这种因果关系称为“与”逻辑关系（也称逻辑“与”运算）。由于“与”运算和普通代数的乘法运算规则在形式上有相似之处，所以称它为逻辑乘法运算。

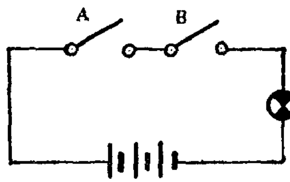


图 1—1

若 A、B 逻辑乘，就写成 $A \cdot B$。其逻辑表达式为 $P = A \cdot B$。

逻辑乘代表的意义是：只有当 A 和 B 都为“1”时，P 才为“1”。因此，逻辑乘有如下运算规则：

$$1 \cdot 1 = 1$$

$$1 \cdot 0 = 0$$

$$0 \cdot 1 = 0$$

$$0 \cdot 0 = 0$$

若以符号 A 表示"0"或"1"中的任意一种情况，则以上各表达式可记为：

$$A \cdot 0 = 0 \qquad (1—1)$$

$$A \cdot 1 = A \qquad (1—2)$$

$$A \cdot A = A \qquad (1—3)$$

(1—1)式说明，按照"与"逻辑，在两个条件下只要有一个条件不具备，不管另一个如何，这件事就不能发生。(1—2)式说明，两个条件已有一个条件具备，则事情是否发生，要取决于另一个条件是否具备。(1—3)式说明，若条件 B 和条件 A 完全相同，则只要具备条件 A 即可。

二、逻辑加法

将上例中的开关 A，B 改为并联，如图 1—2 所示。可以看出，开关 A，B 中有一个合上，或者两个都合上，灯泡都会亮。

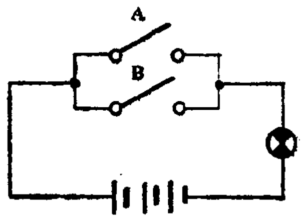


图 1—2

在这个例子中，又看到另一种因果关系：在决定一件事情的各种条件中，只要有一个条件或几个条件得到满足，这件事就会发生，这种因果关系称为"或"逻辑关系（也称逻辑"或"运算）。由于"或"运算和普通代数的加法运算规则在形式上有相似之处，所以称为逻辑加法运算。

若 A、B 逻辑加，就写成 $A+B$。其逻辑表达式为：

$$P = A + B。$$

逻辑加代表的意义是：只要 A 或者 B 中有一个为“1”，或者两个都为“1”，则 P 就为“1”。换句话说，只有当 A 和 B 两个都为“0”时，P 才为“0”。因此，逻辑加有如下运算规则：

$$0+1=1$$

$$1+0=1$$

$$1+1=1$$

$$0+0=0$$

同理，以 A 代表“1”和“0”中的任意一个，则以上公式可记为：

$$A+0=A \qquad (1-4)$$

$$A+1=1 \qquad (1-5)$$

$$A+A=A \qquad (1-6)$$

(1—4)式、(1—5)式说明，在“或”逻辑中，只要几个条件中有一个条件具备，事情就可发生，这与代数的加法是相同的。(1—6)式说明，如果在图 1—2 中 A 和 B 组成一个双刀开关，同时闭合或同时断开，则两个开关就相当于一个开关。

三、逻辑“非”

逻辑“非”运算的逻辑表达式为：$P=\bar{A}$。A 上面加一划表示 A 的否定。也就是说，当 $A=1$ 时，$P=0$；当 $A=0$ 时，$P=1$。

由逻辑“非”的定义及“或”、“与”运算的性质，可得到下列有关“非”运算的法则：

$$A+\bar{A}=1$$

$$A\cdot\bar{A}=0$$

$$\bar{\bar{A}}=A$$

逻辑“非”在日常生活中也是经常遇到的。图 1—3 为一常闭触点的继电器，当线圈回路中的开关 A 闭合时，线圈中有电流通过，从而产生磁场，吸引触点使开关 P 断开，线路中就没有电流通过。所以，P 是 A 的否定。

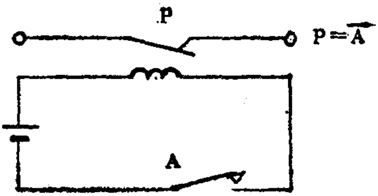
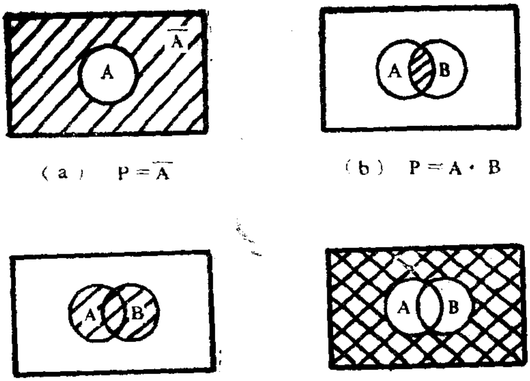


图 1—3

图 1—4 能通俗而形象地说明上述逻辑关系式。在图 1—4(a)中，圆圈表示 A，则该圆圈外的区域（阴影部分）满足 $P=\bar{A}$。在图 1—4(b)中，一个圆圈表示 A，另一个圆圈表示 B。根据“与”逻辑的定义，在 A 与 B 两个圆圈重叠处（阴影部分），满足关系式 $P=A\cdot B$，而其空白部分就表示 $\overline{A\cdot B}$。在图 1—4(c)中，由“或”、“非”逻辑的定义，图中阴影区域表示 $A+B$，而空白部分表示 $\overline{A+B}$。在图 1—4 (d) 中，$\bar{A}$ 及 $\bar{B}$ 分别是 A、B 圆外的区域。因此，$\bar{A}\cdot\bar{B}$ 是两圆外的区域。与图 1—4 (c) 对照，可见也就是 $\overline{A+B}$ 的那部分区域。这就证明了 $\bar{A}\cdot\bar{B}=\overline{A+B}$。按照以上方法，可以证明 $\overline{A\cdot B}=\bar{A}+\bar{B}$。

四、逻辑代数中的基本公式

下面给出逻辑代数中最基本的几组公式，通过这些公式可以进一步了解逻辑运算的基本规律。其中，“,”表示对偶



(a) $P=\bar{A}$　(b) $P=A\cdot B$

(c) $P=A+B$　(d) $P=\bar{A}\cdot\bar{B}$

图 1—4

关系，对偶规则是以“+”代“·”，以“·”代“+”，以“1”代“0”，以“0”代“1”。按照对偶规则得到的关系式，称为原关系式的对偶式。

1. 关于变量和常量关系的公式

公式 1　$A+0=A$

公式 1'　$A\cdot 1=A$

公式 2　$A+1=1$

公式 2'　$A\cdot 0=0$

公式 3　$A+\bar{A}=1$

公式 3'　$A\cdot\bar{A}=0$

2. 满足交换律、结合律、分配律

公式 4　$A+B=B+A$（交换律）

公式 4'　$A\cdot B=B\cdot A$（交换律）

公式 5　$(A+B)+C=A+(B+C)=B+(A+C)$

（结合律）

公式 5'　$(A\cdot B)\cdot C=A\cdot(B\cdot C)=B\cdot(A\cdot C)$（结合律）

公式 6　$A\cdot(B+C)=A\cdot B+A\cdot C$（乘对加的分配律）

公式 6'　$A+B\cdot C=(A+B)\cdot(A+C)$

（加对乘的分配律）

3．逻辑代数的一些特殊规律

公式 7　$A+A=A$　（重叠律）

公式 7'　$A\cdot A=A$　（重叠律）

公式 8　$\overline{A+B}=\bar{A}\cdot\bar{B}$　（反演律）

公式 8'　$\overline{A\cdot B}=\bar{A}+\bar{B}$　（反演律）

公式 9　$\bar{\bar{A}}=A$

4．常用公式

公式 10　$A+\bar{A}\cdot B=A+B$

公式 10'　$A\cdot(\bar{A}+B)=A\cdot B$

公式 11　$(A+B)\cdot(\bar{A}+C)=A\cdot C+\bar{A}\cdot B$

公式 12　$\overline{A\cdot C+B\cdot\bar{C}}=\bar{A}\cdot C+\bar{B}\cdot\bar{C}$

公式 12'　$\overline{(A+C)\cdot(B+\bar{C})}=(\bar{A}+C)\cdot(\bar{B}+\bar{C})$

对于多变量的运算，下面的关系也是成立的：

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

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

利用以上公式，可以对一些逻辑式子进行简化，从而找出最佳逻辑设计，所以它们是分析、设计逻辑电路的工具。

逻辑代数与普通代数有本质的区别。首先，在逻辑代数中没有减法和除法运算。其次，在逻辑代数运算中必须根据逻辑运算规则及逻辑公式进行运算，不能将逻辑代数的运算与普通代数运算混淆。例如，不能因为式子 $A+B+C=A+B$ 成立，从而得出结论 $C=0$。当 $C=A\cdot B$ 时，则 $A+B+C=A(1+B)+B=A+B$ 也成立。

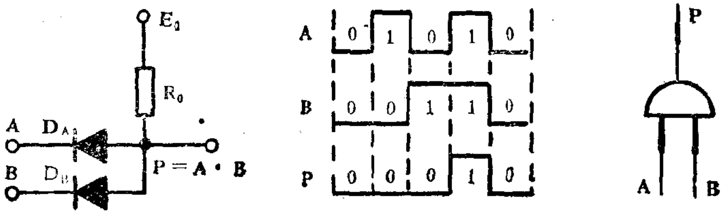
第三节 门 电 路

实现逻辑运算的电子线路，称为逻辑电路（也称门电路）。

在逻辑电路中，采用电位的高和低代表数码“1”和“0”。若高电位信号代表“1”，低电位信号代表“0”，则称为正逻辑；反之称为负逻辑。本书中除特别指明外，都采用正逻辑。

一、“与”门

实现“与”运算的逻辑电路称为“与”门。“与”门的种类很多，图 1—5(a)是一个由二极管组成的“与”门电路。图中 A、B 为输入信号，P 为输出信号。



（a）电路　（b）波形　（c）逻辑符号

图 1—5