数字技术入门讲座

(日)桥本顺次著
蔡志明 译
彭兴文 校

上海无线电十九厂情报资料室

目　录

第1讲

本讲内容

二进制操作的基本概念

二进数

§1—1 二进制操作的基本概念

假如留心一下日常生活，就会发现我们所做的任何一桩事情都无非在作“是”或者“否”的选择。例如去公司上班还是不上班(休息)，吃早餐还是不吃早餐，带雨伞还是不带雨伞……等等。又如，在茶室看电视时，电视机的开关是开着还是关着；厨房里冰箱中的冷冻马达是在转动还是不转动。象这类决定二种状态或选择这二者中任何一种状态的各种操作方法都属于二进制操作。下面的表格中列出了开关、继电器、灯泡、电磁阀及晶体管等电子器件的二进制操作。

表 1-1

器件名称	二进制操作状态	
开关	开	关
灯泡	亮	不亮
继电器触点	接触	不接触
电磁阀	打开	关闭
晶体管	通导	截止

从表 1-1 可清楚地看出类型不同的器件其操作方式也随之而异。如果表 1-2 中用 0 和 1 这两个数字表示表 1-1 中相应的操作，那末它的普遍性也就不难理解了。

表 1-2

0	1
开	关
亮	不亮
接触	不接触
⋮	⋮

即使将表 1-2 中的 0 和 1 对换一下也完全没有关系。因此在数字技术中这种 0 和 1 可以说是数字技术的基础，无论多么复杂的数字控制设备或数字计算机归根结蒂也不过是 0 与 1 的组合而已。

现在就举活塞式电磁调节器的位置控制问题作为不太复杂的数字操作的例子。请看图 1-1。

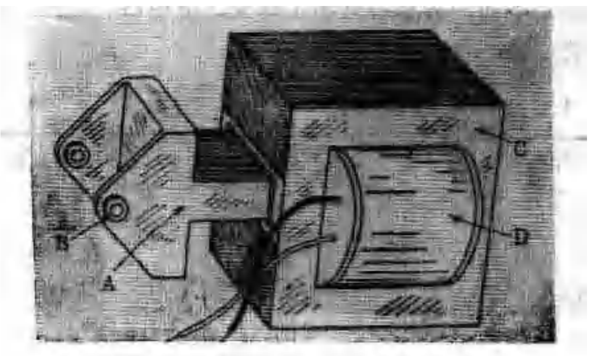

图 1-1　活塞式电磁铁

图中是一只称做为活塞式电磁铁的电磁调节器，A 是一根可以移动的塞柱，此活塞部分能在电磁调节器的定子 C 中自如地进退。D 是绕在定子外面的线圈，调节器当有电流流通时，A 被吸引，产生机械位移。所以只要用固定孔 B 把所要控制的工件固定牢就能进行各种位置控制。

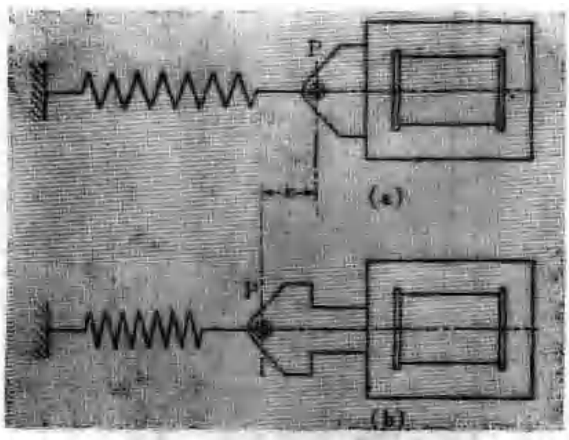

图 1-2　单活塞式电磁铁的位置控制

图 1-2 表示最简单的位置控制。(a) 为线圈通电时 P 点被电磁铁的吸引力吸引而向右移动。(b)是线圈被切断电流后，由于塞柱不再被电磁吸力吸引，于是在弹簧的弹力作用下，P 点又向左面移动。图(a)和图(b)中 P 点之间的距离是塞柱运动的一个冲程 x。图 1-2 仅为一个活塞式电磁铁。如采用多只活塞式电磁铁则能进行更复杂的控制。

图 1-3 是用 A 和 B 两只活塞式电磁铁所进行的位置控制，它可以得到 $2 \times 2 = 2^2 = 4$ 四种位置控制。假如塞柱 A 和 B 上的固定孔 a 与 d 之间连一杠杆 $\overline{ab}$，而 q 在杠杆的三分之一处，则可视为横杆 $\overline{pq}$ 固定在 q 点，而 p 点移动。

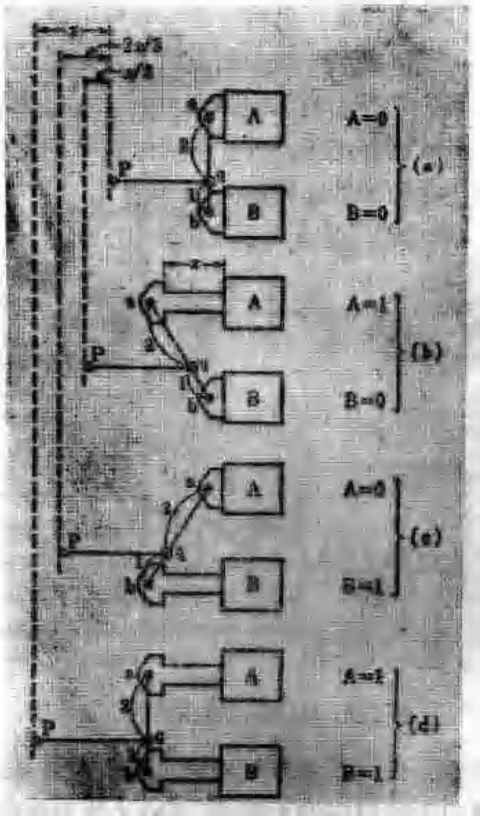

图 1-3　双活塞式电磁铁的位置控制

图 1-3(a)是电磁铁 A 和 B 的线圈都通上电流时，a 和 d 处在最右面的位置上。这时 p 点处于起始状态。(b) 为 A 线圈的电流被切断、B 线圈通电时，A 的塞柱 a 向左移动冲程 x 。b 仍然被吸引住，状态与图 (a) 一样没有发生变化。因此 P 点 (q 点也同样) 只向左移动一个冲程 x 的三分之一即 x/3。图(c) 与图(b)刚好相反，A通电时，由于$\overline{aq}:\overline{bq}=2:1$，P 点向左移动 2x/3。最后，图(d)表示 A 和 B 两只电磁铁电流都截断时，a

和 b 一齐向左移动 x，这时 P 点即可获得最大位移 x 。

这里如以 0 表示电磁铁通电，以 1 表示断电，并将与位移的关系列成表格，便如表 1-3 所示。

表 1-3

位　　移	A	B
0	0	0
x/3	1	0
2x/3	0	1
x	1	1

图 1-4 表示为了能进行八种位置控制，除了 A、B 两只活塞式电磁铁外又加了一只活塞式电磁铁 C。假如还是以 x 表示电磁铁的位移冲程，则 P″(或 r)的位置共计有 0 、x/7、2x/7、3x/7、4x/7、5x/7、6x/7、7x/7(即 x)八种变化。杠杆 ab 固定

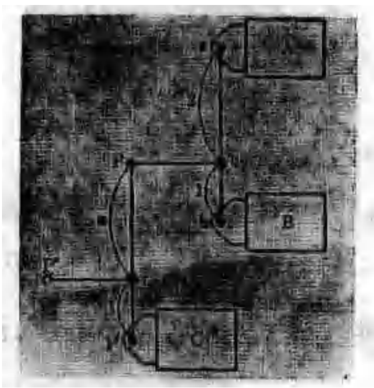

图 1-4　三只活塞式电磁铁的位置控制

在 A 和 B 的塞柱上而横杆$\overline{Pq}$则固定在三分之一ab 的 q 点上。这与图 1-3 一样。而$\overline{P''r}$却固定在杠杆$\overline{PP'}$n 分之一的 r 点上。

假使P′先移动，则电磁铁C的冲程为x或0。此外，P点的位移如图1-3所示，共有x、2x/3、x/3、0这四种。如以Y表示P点的位移，于是r点的位移即可从图1-5求出。图1-5中的zsz′也就是图1-4中的$\overline{PrP'}$的位置，即起始位置。

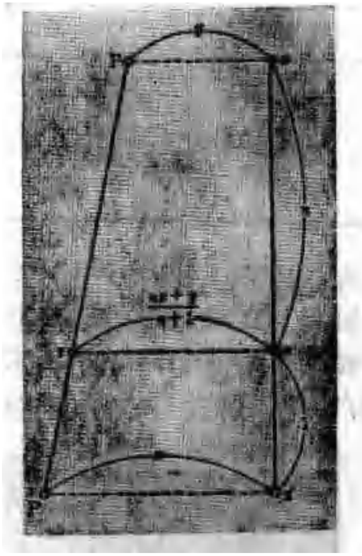

图1-5 八种位置控制法

根据图1-5计算r点(图1-4的P″)的位移便得下式

$$\overline{rs}=y+(x-y)\cdot\frac{n}{n+1}=\frac{nx+y}{n+1}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

现假定x=0，并将y=0，y=x/3、y=2x/3、y=x分别代入上式便得

$$\overline{rs}=0$$

$$\overline{rs}=\frac{x}{3(n+1)}$$

$$\overline{rs}=\frac{2x}{3(n+1)}$$

$$\overline{rs}=\frac{3x}{3(n+1)}$$

下面令式(1)中 $y=0$，则 $\overline{rs}=\frac{nx}{n+1}$；再将 $y=x/3$、$y=2x/3$、$y=x$ 分别代入式(1)便得：

$$\overline{rs}=\frac{nx+\frac{x}{3}}{n+1}$$

$$\overline{rs}=\frac{nx+\frac{2x}{3}}{n+1}$$

$$\overline{rs}=\frac{nx+x}{n+1}=x$$

从上面计算 $\overline{rs}$ 的各个数值表明，由于 $\overline{rs}$ 在 0 、$x/7^2$、$2x/7$、$3x/7\cdots\cdots7x/7$ 范围内变化，因而 $3(n+1)$ 必须等于 7 。所以 n 取 4/3 还不如 n+1 取 7/3 更易理解。

图 1-3 或图 1-4 所示的数字位置控制可以应用于控制柴油机的燃料喷射量或印刷自动排浇机的字母选择。如将上述方法加以推广，即可获得 16 个或 32 个等 2^n 个位置控制。

§1-2 二进数

当初步了解了二进制的基本概念后，这里打算简单地介绍一种能够猜出年龄的卡片。请看图 1-6，这种卡片叫作猜年卡，它能猜出 1 岁到 15 岁的年龄。即使 16 岁以上的人只要根据他的年龄再减去 10 岁或者 20 岁，使之成为 15 岁以下，原则上猜年卡无论多大的年龄都能猜出。譬如，假如你的年龄是 23 岁，23 岁减 10 岁便是 13 岁。然后检出图1-2 中四张卡片上写有 13的

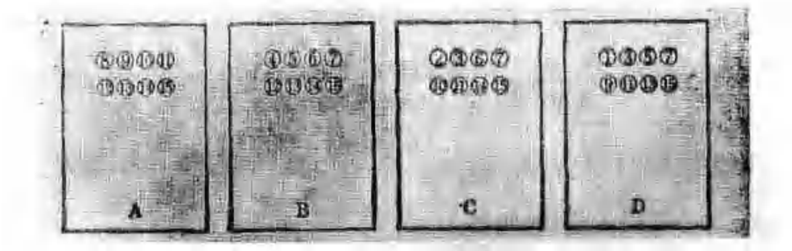

图 1-6 猜年卡

卡片。它们是 A、B、D 三张卡片。因此笔者算出 $8+4+1=13$，于是猜出你的年龄是 13 岁 + 10 岁 = 23 岁。其实，图 1-2 中的四张卡片分别具有表 1-4 所表示的数。

表 1-4

A……8
B……4
C……2
D……1

从 A、B、C、D 四张卡片中检出来几张卡片，留下未被检出的卡片。**若将检出的卡片乘 1，未被检出的卡片乘 0**，并求出四张卡片之和，则上例便为

$$A\cdot1+B\cdot1+C\cdot0+D\cdot1=8\cdot1+4\cdot1+2\cdot0+1\cdot1=13$$

假如认为 $8=2^3$、$4=2^2$、$2=2^1$、$1=2^0$，那未或许就会感到图 1-2 中的猜年卡运用了二进制操作。但我们将图 1-2 暂且放一下，而与读者一起制作一种更加新颖的猜年卡。

首先列出一个四位二进数和十进数相对应的表（表 1-2）。

表 1-5

A	B	C	D	十进位数
0	0	0	0	⓪
0	0	0	1	①
0	0	1	0	②
0	0	1	1	③
0	1	0	0	④
0	1	0	1	⑤
0	1	1	0	⑥
0	1	1	1	⑦
1	0	0	0	⑧
1	0	0	1	⑨
1	0	1	0	⑩
1	0	1	1	⑪
1	1	0	0	⑫
1	1	0	1	⑬
1	1	1	0	⑭
1	1	1	1	⑮

表中第一行从 0000 开始，相应于十进位数的⓪。A、B、C、D 各张卡片上不写出对应的 0000，十进数（⓪）就表示为 0000，因此 4 张卡片上都未写⓪。下一位十进位数①是 0001，如表 1-6 所示，只有卡片 D 上才有。

表 1-6

A	0	卡 片 上 无 ①
B	0	卡 片 上 无 ①
C	0	卡 片 上 无 ①
D	1	卡 片 上 有 ①

同样，数字②只有在卡片 C 上才有，数字③在卡片 C、D 上上都有，如法泡制，最后⑮为 1111，所有卡片上都有。图 1-6 的猜年卡就是这样作出的。如用五位二进数，用五张卡片可以猜到 31 岁，若用六位二进数，用六张卡片能猜到 63 岁*。

从上面的叙述可以看出，猜年卡实际上只是 0 与 1 的简单运算。以表来表示，就是下面的形式。

表 1-7

检出有自己年龄的卡片……1
剔去无自己年龄的卡片……0

表 1-8

0……卡片上没有写出对应四位二进数的十进数
1……卡片上写出了对应四位二进数的十进数

这些就是数字技术的基本概念。运算中的典型例子为二进制乘法。下面试将二组四位二进数 abcd 和 $\alpha\beta\gamma\delta$ 分别相乘。

$$
\begin{array}{ccccccc}
 & & & a & b & c & d \\
 & & \times & \alpha & \beta & \gamma & \delta \\
\cline{3-7}
 & & & a\delta & b\delta & c\delta & d\delta \\
 & & a\gamma & b\gamma & c\gamma & d\gamma & \\
 & a\beta & b\beta & c\beta & d\beta & & \\
a\alpha & b\alpha & c\alpha & d\alpha & & & \\
\hline
a\alpha & (\quad) & (\quad) & (\quad) & (\quad) & (c\delta+d\gamma) & d\delta
\end{array}
$$

这样运算很麻烦，若 a、b、c、d、α、β、γ、δ 为 0 或 1，运算就很简单。例如，设 $\alpha\beta\gamma\delta$ 为 1010，这时它的运算如下：

---

* 译注：原文讲可猜到 61 岁。