

科學圖書大庫

# 簡單記憶與邏輯電路

編譯者 趙作倫

徐氏基金會出版

# 前 言

本書的資料是參照“FESTO 研討會控制工程 II”同樣方式編譯而成。因此本書不僅可視做該次研討會內容的重點摘錄，同時也能夠幫助那些在實際工作中的人去解決控制工程方面的問題。在每章結尾所提供的許多練習，均取自實際的應用和所遭遇的問題。其中每一個邏輯電路都以例子來做詳細的討論。尤其重要的，是能結合計算法則的導出，使用卡諾夫圖 (Karnavgh map) 來做線路的簡化，以及提供交換方程式與變數的標準記法。在這交換代數和集合理論之間的相互關係，更促使本書的內容極易於瞭解，即使是對一位非電子工程人員。

再說，一些簡單，基本的記憶線路和運動控制系統 (motion control system) 都能以關係圖結合在一起。

基於實際的需要，每當使用二進位邏輯元件解決問題之後，許多練習都將轉換成電力或氣動線路 (electric or pneumatic circuit)。這對僅冀圖解決電力或電子控制問題的電機工程人員或者僅希望解決氣動控制問題的機械工程人員而言，均較易於理解與接受。而且使用二進位基本邏輯元件來設計線路的另一個優點，就是能夠藉助適當的訓練模組來對線路做快速的檢查。

這是一本著重在實際控制線路設計方面相當實用的參考書。尤其面臨廿一世紀電腦時代的來到，它必將帶領著您迎合電腦時代的需求並解決電腦自動化作業方面有關控制設計上的各項問題。最後，由於本人才疏學淺，編譯不週之處，尚請包涵賜教是幸，願本書能對您在工作及知識領域上有所助益。

編譯者

# 目 錄

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 前 言                         | I  |
| 第一章 引 言                     | 1  |
| 1-1 開放式環路系統的分析              | 1  |
| 1-2 信 號                     | 3  |
| 1-3 控制系統類型                  | 5  |
| 第二章 二進位交換元件的基本運算            | 7  |
| 2-1 AND 邏輯運算                | 7  |
| 2-2 OR 邏輯運算                 | 12 |
| 2-3 NOT 邏輯運算                | 15 |
| 2-4 基本邏輯運算和邏輯符號摘錄           | 18 |
| 2-5 第二部份練習(基本運算)            | 18 |
| 2-6 第二部份練習解答                | 19 |
| 第三章 交換代數計算規則                | 23 |
| 3-1 NOT 邏輯運算規則              | 24 |
| 3-2 AND 邏輯運算規則              | 24 |
| 3-3 OR 邏輯運算規則               | 26 |
| 3-4 使用二進位邏輯元件說明AND 邏輯運算規則   | 28 |
| 3-5 使用二進位邏輯元件來說明OR 邏輯運算規則   | 29 |
| 3-6 含有多於(少於)必要輸入信號的AND和OR線路 | 30 |
| 3-7 AND和OR邏輯運算的其他規則         | 33 |
| 3-8 二元定理                    | 35 |
| 3-9 吸收律                     | 36 |

|            |                                 |           |
|------------|---------------------------------|-----------|
| 3-10       | 規則摘要                            | 37        |
| 3-11       | 第二部份練習                          | 38        |
| 3-12       | 第三部份練習解答                        | 40        |
| <b>第四章</b> | <b>表示交換代數方程式的或然率</b>            | <b>42</b> |
| 4-1        | 方程式                             | 42        |
| 4-2        | 真值表                             | 42        |
| 4-3        | 維恩圖 ( Venn diagram )            | 43        |
| 4-4        | 卡諾夫—維基圖 ( Karnaugh-Veitch map ) | 47        |
| 4-5        | 如何由真值表或卡諾夫圖上讀取交換代數方程式           | 53        |
| <b>第五章</b> | <b>交換方程式的簡化</b>                 | <b>57</b> |
| 5-1        | 利用計算規則來簡化方程式                    | 57        |
| 5-2        | AND 邏輯運算標準式與 OR 邏輯運算標準式之間的比較    | 58        |
| 5-3        | 使用卡諾夫圖來簡化交換方程式與線路               | 58        |
| 5-4        | 組成方塊的規則                         | 61        |
| 5-5        | 方程式簡化的例子                        | 64        |
| 5-6        | 第五部份練習                          | 65        |
| 5-7        | 第五部份練習解答                        | 69        |
| <b>第六章</b> | <b>含兩輸入與一輸出的組合線路</b>            | <b>74</b> |
| 6-1        | 兩變數可能的組合表                       | 74        |
| 6-2        | 特別重要的邏輯函數                       | 76        |
| <b>第七章</b> | <b>練習</b>                       | <b>83</b> |
| 7-1        | 邏輯控制系統的練習                       | 83        |
| 7-2        | 第七部份練習解答                        | 86        |
| <b>第八章</b> | <b>資料譯碼，數字系數</b>                | <b>94</b> |
| 8-1        | 數字系統                            | 94        |
| 8-2        | 二進位系統                           | 97        |
| 8-3        | 資料譯碼                            | 99        |
| 8-4        | 第八部份練習                          | 102       |

|             |                                     |            |
|-------------|-------------------------------------|------------|
| 8-5         | 第八部份練習解答                            | 103        |
| 8-6         | 交換代數的限制 轉變成順序控制系統                   | 107        |
| <b>第九章</b>  | <b>定時元件</b>                         | <b>108</b> |
| 9-1         | 使用電阻器和儲存元件所組成的簡單延遲線路                | 108        |
| 9-2         | 單定態複振器延遲線路                          | 110        |
| 9-3         | 使用計數器和邏輯線路的延遲線路                     | 112        |
| <b>第十章</b>  | <b>記憶器與計數線路</b>                     | <b>114</b> |
| 10-1        | 變定態記憶器，主設置 ( dominat set ) 主重置及主要的第 |            |
| 10-2        | 一個進入信號                              | 115        |
| 10-2        | RS 正反器                              | 118        |
| 10-3        | 含時鐘輸入的RS 正反器                        | 120        |
| 10-4        | 主樸正反器                               | 120        |
| 10-5        | JK 主樸正反器                            | 122        |
| 10-6        | 其它變定態複振器的圖示符號                       | 124        |
| 10-7        | 第十部份練習                              | 125        |
| 10-8        | 第十部份練習解答                            | 126        |
| <b>第十一章</b> | <b>設計相依行進控制系統</b>                   | <b>130</b> |
| 11-1        | 順序圖及做為運動控制系統的控制圖                    | 130        |
| 11-2        | 決定含輔助記憶器運動控制系統之交換方程式                | 133        |
| 11-3        | 簡化運動控制系統的交換方程式和線路設計                 | 137        |
| 11-4        | 順序鏈式的運動控制系統                         | 154        |
| 11-5        | 運動控制系統的練習                           | 162        |
| 11-6        | 第十一部份練習解答                           | 165        |
| 11-7        | 摘要                                  | 182        |
| <b>第十二章</b> | <b>重要圖示符號表</b>                      | <b>183</b> |

# 第一章 引言

有許多種途徑和方法去對某一特定問題，設計出它的控制系統和產生系統線路圖。基本上有兩種方法，那就是

一由使用的裝備技術特性，著手規劃出線路圖。

一依照轉換成裝備的優先順序，著手規劃出線路圖。

若按照控制系統的類型，找尋一個最適當的線路設計方法應該是非常容易的。倘若循著轉換裝備的優先順序來規劃線路，最大的好處，就是對發現的問題，能有系統的加以簡化。

此外，最重要的，也是有可能的，就是去重建一種規劃的方法，以便使得其他必須從事這個線路工作的人，能夠熟悉所使用的設計圖。站在線路建立和線路維護的立場，它的確提供相當大的優點。

一些必要的邏輯運算與法則，均已由布寧代數推導出，這是由喬治布爾先生所設計。(George Boole 1815-1864)布寧代數與集合代數，命題邏輯和交換代數有著相互之間的關係。其中交換代數尤其適用於二進位邏輯線路的設計和計算。

凡需瞭解其間關係所必具備的一些基礎，均摘錄在本書中。他們主要是對控制工程範圍內提供一項說明，且特別強調一般應用方面的線路設計。

## 1-1 開放式環路系統的分析

信號流動的方向，經常能在一個開放的環路系統中來決定。同時，信號流動的方向，也能藉使用信號流程圖來顯示。

信號流程圖主要是在顯示一個信號從信號輸入，經過信號處理，最後到達信號輸出，所走的路徑。當設計線路時，在上面所顯示的分析中，只是粗略的劃分為信號處理，最終控制及驅動部份。其中在最終控制和驅動元件部份，必須特別注意能源和裝備技術的要求。實際上，這種劃分是有助於對整個系統的瞭解。通常在一些頗具規模的工廠裡，控制系統與控制驅動部門，往往相距一段距離，控制和驅動部份的組件可劃分若干個群。

## 2 簡單記憶與邏輯電路

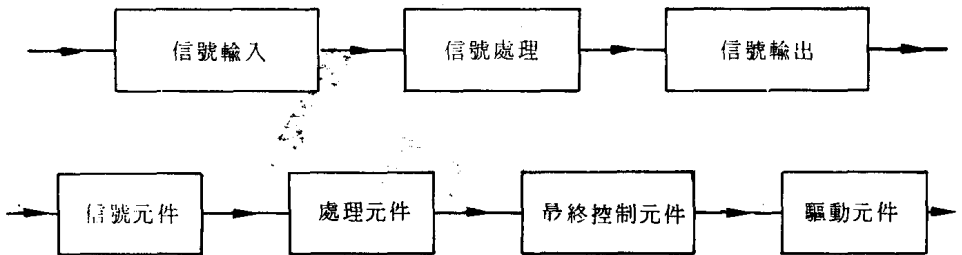


圖 1-1 一個開放式環路系統的元析。

做為信號輸入有：

藉凸輪和棍子致組件動的限制開關，無接觸信號產生器，諸如接近開關 ( proximity switches )、光阻器 ( Light barrier )、氣阻器 ( air barrier )、反射察知器 ( Reflex sensors )、人工按鈕、人工開關、踏板操作開關、其他等等。

含程式載子 ( Program carrier ) 的程式設計機，諸如：打孔紙帶、打孔卡片、電子記憶器、程式順序機；信號產生器諸如：溫度、壓力和濕度察覺器 ( Program sequencers )。

做為信號處理組件有：

氣動活塞和電子模組、接觸器、繼電器、其他等等。

做為信號轉換組件有：

放大器、氣動和水力電磁閥 ( Solenoid valve )、水力和氣動、致動接觸器、其他等等。

做為信號輸出和指令執行組件有：

水力和氣閥、電力接觸器、和做為工作元件者如電動馬達、氣動和水力汽缸、氣動和水壓馬達、氣動、電力和電子顯示元件。

## 1-2 信號

信號就是表示一個物理量的值，或者是由許多值組合而成曲線的一種資訊。此處我們將它區分為類比( analog )、數位( digital )和二進位( binary )等信號。圖 1-2 所顯示的是一個類比信號的例子。

類比信號：

不同的資料分別以一點接一點的方式分配為一個連續性的電壓值範圍。這個電壓可在某一限制內取任何值。每個電壓都代表著一個資訊或資料。因此圖 1-2 這個連續類比信號改變的電壓就形成了類比信號的特性。

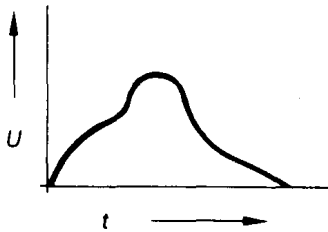


圖 1-2 類比信號。

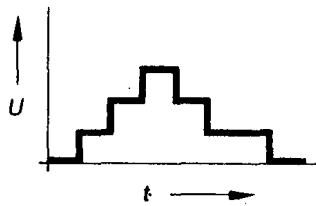


圖 1-3 數位信號。

如果電流和壓力能同電壓一樣的隨時間而改變，那應以電流或氣壓做為資訊的載體應該是可理解的。圖 1-3 顯示一個數位信號的例子。

數位信號：

將圖 1-2 中所考慮的電壓( $U$ )值範圍：分割成有限數目的獨立值範圍，其中每段值範圍均代表某一特定資料。

一個數位信號能夠由類比信號產生。例如，一個電壓或電子線路，它能夠在輸入端擁有一組靈敏度臨限器( Sensitivity thresholds )同時，所提供的輸出信號將達到其中某一靈敏度臨限器的臨限點而改變。其結果產生了如圖 1-3 所顯示的信號曲線。根據相對臨限的階度與數目，將可獲得一個或大或小的梯形數位信號。

就信號的傳輸和處理而言，數位信號的優先點通常要較類比信號多一些，附加的干擾往往能夠很容易的被察知而予除去。然而，由於它的階度也使一些中間值的表示受到了限制。

另外有種增進信號處理和傳輸的方法，就是使用二進位信號。圖 1-4 即顯示一個二進位信號的例子。



#### 4 簡單記憶與邏輯電路

##### 二進位信號：

所謂二進位信號就是指數位信號含有兩種範圍值的信號特性，諸如ON-OFF, YES-NO, 1-0。這些範圍值不可重疊。



圖 1-4 二進位信號。

然而爲了傳輸一個類似包含在類比信號中的資訊，某一定的脈波序列是必要的。例如，在類比信號上某一瞬間值所代表的相同資訊即能以 1-0 信號來描述。以下，我們將僅就二進位信號來討論。

當然，在實際路轉換過程中，必須對各範圍值的大小或其範圍有明確的指明。如圖 1-5，被認做爲 0 和 1 的兩信號，在範圍上都有特定的大小。最重要的，就是在二個數值範圍之間必須保持一個適當，不使用的安全間隔。

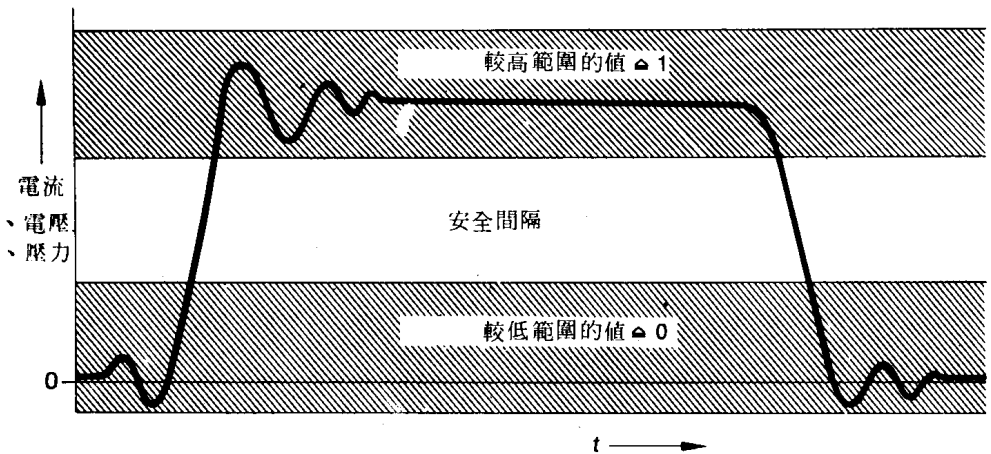


圖 1-5

在較高範圍值內的信號值可能會呈現不規則的振動，雖然如此，我們仍將它視作邏輯狀態 1。同樣的對發生在較低範圍裡的變動值亦同。在這種情況下，某一種程度的反干擾保護將被提供。

利用增大範圍寬以增進反干擾保護是有其技術上的限制。很明顯的，在一些氣動和電子控制系統中，操作壓力或操作電壓兩者均不得隨意增加。資料將規定所有邏輯元件  $h$  的範圍，0 的範圍和安全邊界。

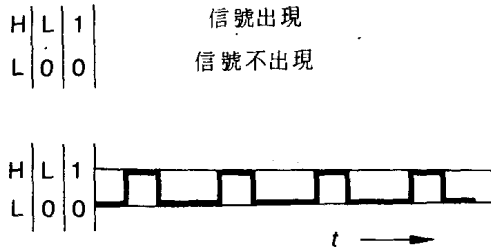


圖 1-6

除了 0 和 1 以外，對這兩個信號值還有其他的設定（這些適用於氣動和電子設計）。

在本書中，使用 1 和 0 來設定這兩種狀態。在電子資料書叢裡，大約所有的美國技術著作中，都使用 H（高）和 L（低）來做設定。在“正邏輯”中，L（低）代表值 0 及 H（高）代表值 1。

### 1-3 控制系統類型

#### 1-3-1 組合控制系統

大部份使用二進位信號的控制系統都能以交換代數來描述。這包括所有能夠將由輸入信號值之特定組合導致輸出信號值之特定組合的控制系統。出現在這些控制系統中的輸入信號順序並不重要。只有輸入信號的特定組合存在，才是重要的，因為它可以觸發特定的控制指令。基於這個理由，此類型的控制系統可稱之為組合控制系統（Combinational control system）。

一個組合控制系統的例子：

(一)一部銑床機(Milling machine)的進給台(feed table)它只能移動當：

- (a)銑床機正在運轉時，
- (b)冷却劑正在被吸取時，
- (c)所提供的保護閘關閉時，
- (d)進給馬達開關啓開時。

### 1-3-2 順序控制系統

其他控制問題的解決不能單靠使用組合邏輯。例如一台使用在數層樓高的電梯控制系統，爲了使電梯啓動而所設置的一些特定狀況（如電梯門的關閉，電梯無過載，啓動按鍵被致動）是不夠的。電梯控制系統必須也要注意對不同樓間的停止指令，務使這些指令形成適當的先後順序，然後再以適當的次序來分別處理他們一順序式的。

基於上述理由，這些控制系統不僅包含有執行組合邏輯功能的各個元件，同時也包含著一些元件，它的指令無論是否已經執行抑是將要執行，都分別以簡單或在任意週期裡被定義與儲存。

因此，如此一個順序控制系統的輸出信號不僅是需要依賴瞬間的輸入信號，同時也需要視儲存的信號而定，也就是一種記憶狀態，這些記憶元件的狀態將依特定的輸入信號及其信號的組合而做順序式的改變。

# 第二章 二進位交換元件的基本運算

二進位信號的處理能力可藉三種基本運算來描述：

及 (AND)，或 (OR)，反 (NOT, Negation)

有關其他基本邏輯運算的習慣設定，均表列於摘要中。

這些基本的邏輯運算都可以用來解決組合控制上的問題。因此，控制作業是最先藉著使用這些基本邏輯運算，採取一般方法獲致解決，然後僅僅轉換到適宜的裝備中。

須要一再強調的，就是我們所考慮的信號僅僅只含二種不同值的信號（二進位）。其中所指定的高低二範圍之物理量值直接與使用裝備有關，而不影響理論上的分析。

## 2-1 AND邏輯運算

亦被認做：連接 (Conjunction)

布寧積 (Boolean product)

運算：

僅當所有輸入信號為 1 時，輸出信號方為 1。

根據 DIN 40700 的圖示符號：

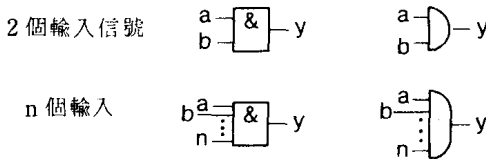


圖 2-1

從 1976 年 7 月起，正式使用長方形圖示符號。

邏輯符號： $\wedge$ ， $\cdot$

根據DIN 66000，所使用的是符號 $\wedge$ 。這個符號也將在後面各章節中使用到。然而如果不怕導致誤解，做為AND邏輯運算的符號，亦可以除去不用。

真值表

| 輸入信號值 |   | 輸出信號值 |
|-------|---|-------|
| a     | b | y     |
| 0     | 0 | 0     |
| 0     | 1 | 0     |
| 1     | 0 | 0     |
| 1     | 1 | 1     |

每項輸入或輸出的變數欄內都放入一些輸入或輸出的信號值。由前述例子的顯示，可在輸入變數欄a和b內放置適當的值1和0。這將導致四種可能的組合。由真值表上輸出變數欄y內指出，a和b值將在何種條件下方會導致輸出變數y值為1。

本例中，AND運算的讀法為：

當輸入變數 $a = 1$ 和 $b = 1$ ，輸出變數必可獲得 $y = 1$ 。

方程式： $y = a \wedge b$ （讀法： $y = a$  and  $b$ ）

$$y = ab$$

在前述公式和真值表中所使用的符號都很明確。這是有意的選擇，其目的在於能區別邏輯元件圖示符號上，輸入和輸出之間的設定，以及輸入與輸出之間所假定的值。如所定義，這些值都只在1與0間變化。這些變數都給予同樣的設定，諸如輸入和輸出，且它們都以斜體字來表示這些。

同樣的表示亦適用於接觸線路，對開關的設定與開關所代表的變數必須加以區別。開關的設定通常不能使用在計算上，唯有指定在開關接觸上的變數方可用做計算。如果斜體字母是被寫在開關上，真值表中或在卡諾夫圖的周邊，這些字母通常都是變數。

舉例：

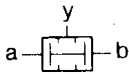
如圖2-1，兩個輸入分別以a和b標記，輸出以y標記。然而，只有顯示輸入和輸出上面的變數方可以寫入方程式，因為方程式僅能用變數來表示。

在第四章將更詳細的討論方程式如何的被擴展以及真值表如何的予以規劃出。

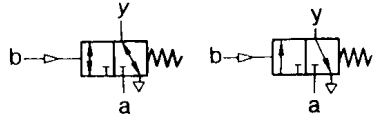
實用：

使用氣動裝備：

唯當壓縮空氣呈現在a和b上時，y方可獲得壓縮空氣。



兩個壓力閥，當信號 a 和 b 形成輸出信號 y。



含恢復彈簧常閉式未變動方向氣力控制閥。

圖 2-2

如果輸出信號的能量是直接取自供應系統（圖 2-3），則輸出信號的實值能夠大於輸入諸信號（放大）。

使用電氣裝備：

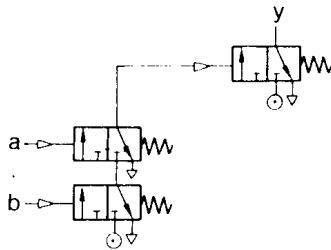
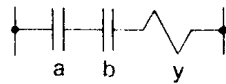
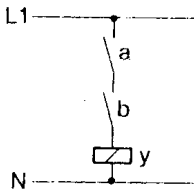


圖 2-3

使用電氣裝備

在電氣上，可藉串聯二個常開的接觸器（Normally open contact）來完成 AND 邏輯運算。



梯形圖

圖 2-4

繼電器的線圈僅能接受電流，故只有當常開接觸器上 a 和 b 同時關閉時，電樞方能受能（energize），即  $y = 1$ 。

沒有電流通過繼電器線圈時， $y = 0$ 。當常開接觸器上  $a$  和  $b$  同時工作時，也就是  $a = 1$ ， $b = 1$ ，此刻  $y = 1$ 。

使用電子裝備：

也有許多電子裝備能夠完成 AND 邏輯運算。圖 2-5 顯示一個使用二極體和電阻器所設計出來的 AND 運算。

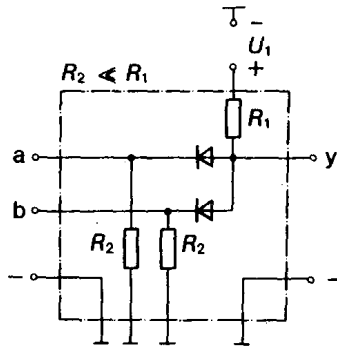


圖 2-5

如果直流電壓不施加輸入端  $a$  和  $b$  上任何一端（負極接到負端），由於  $R_2 \ll R_1$ ，則所有二極體將因假定電壓  $U_1$  是按圖上表示的極性連接至線路而全部導通。在這種狀況下， $y$  上輸出電壓亦非常低，二只二極體將不產生阻絕直到其中至少有一個如圖  $U_1$  大小的電壓施加到  $a$  和  $b$  的正極端上。現在，即可在  $y$  上測得一個較負極為正的電壓。

使用低壓的氣力裝備：

圖 2-6 敘述一個風箱元件。如果輸入  $a$  和  $b$  的信號為 0，密封板(3)將關閉由  $a$  至  $y$  的甬道。此刻輸出  $y$  為信號 0。如果輸入  $b$  信號為 1，起伏風箱(4)將迫使活塞上升，此時密封板(3)啓開由  $a$  至  $y$  的甬道。此時輸出  $y$  仍保持為 0。只有當信號 1 出現在輸入  $a$  時，才會使輸出  $y$  變成 1。如果  $a$  和  $b$  上任一信號變成 0，均將使輸出信號再度恢復為 0。

圖 2-7 和 2-8 顯示根據流程機械而操作的元件。

操作：

如果被壓縮的空氣加到輸入  $a$ （表信號 1），則噴射的空氣將被釋出到開口並通過排氣孔。此時輸出信號  $y$  仍為 0。同樣情況亦發生在被壓縮的空氣

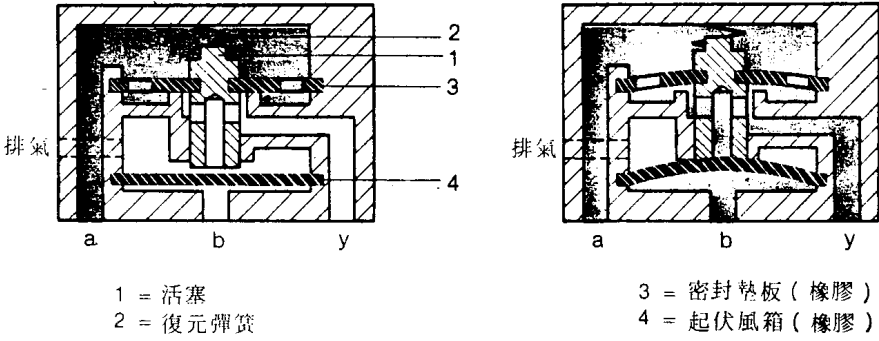


圖 2-6 敘述一個風箱元件。

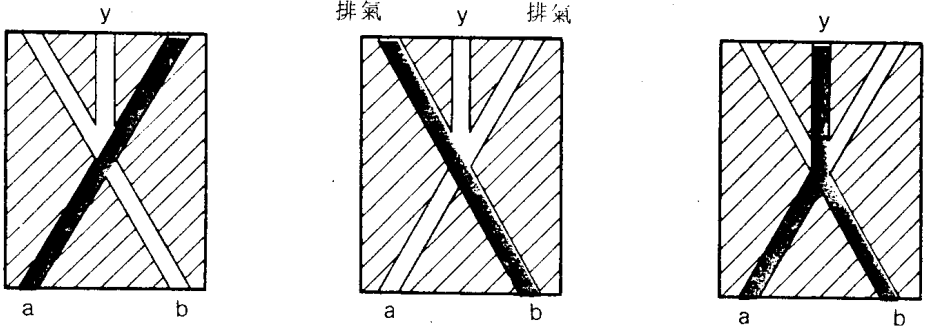


圖 2-7

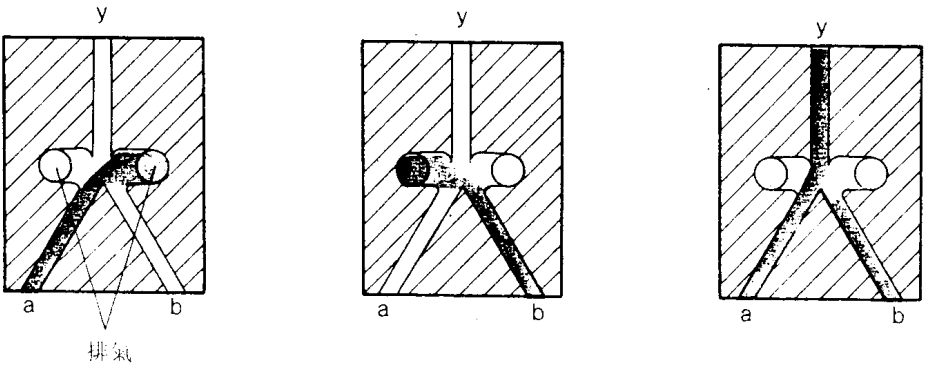


圖 2-8



氣施加到輸入 b 時。

如果來自輸入 a 和輸入 b 的噴射空氣彼此相會，則在輸出 y 上將獲得信號 1。倘若其中有一個輸入信號消失，那麼輸出 y 立刻變成信號 0。

## 2-2 OR 邏輯運算

亦被認做：不連接 ( Disjunction )  
布寧和 ( Boolean Sum )

運算：

如果輸入變數值，有一個或一個以上為 1，那麼輸出變數 y 亦將為 1。  
根據 DIN 40700 的圖式符號：

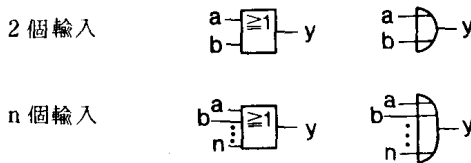


圖 2-9

從 1976 年 7 月起，正式使用長方形圖式符號。

邏輯符號：V, +

根據 DIN 66000，所使用的是符號 V。這個符號亦將在後面各章節中使用到。

真值表：

| a | b | y |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

方程式： $y = a \vee b$  ( 讀法： $y = a$  or  $b$  )

實 用：

使用氣動式裝備：