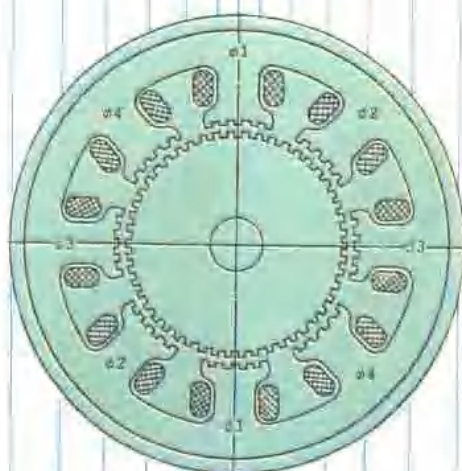


# 數位式電機控制

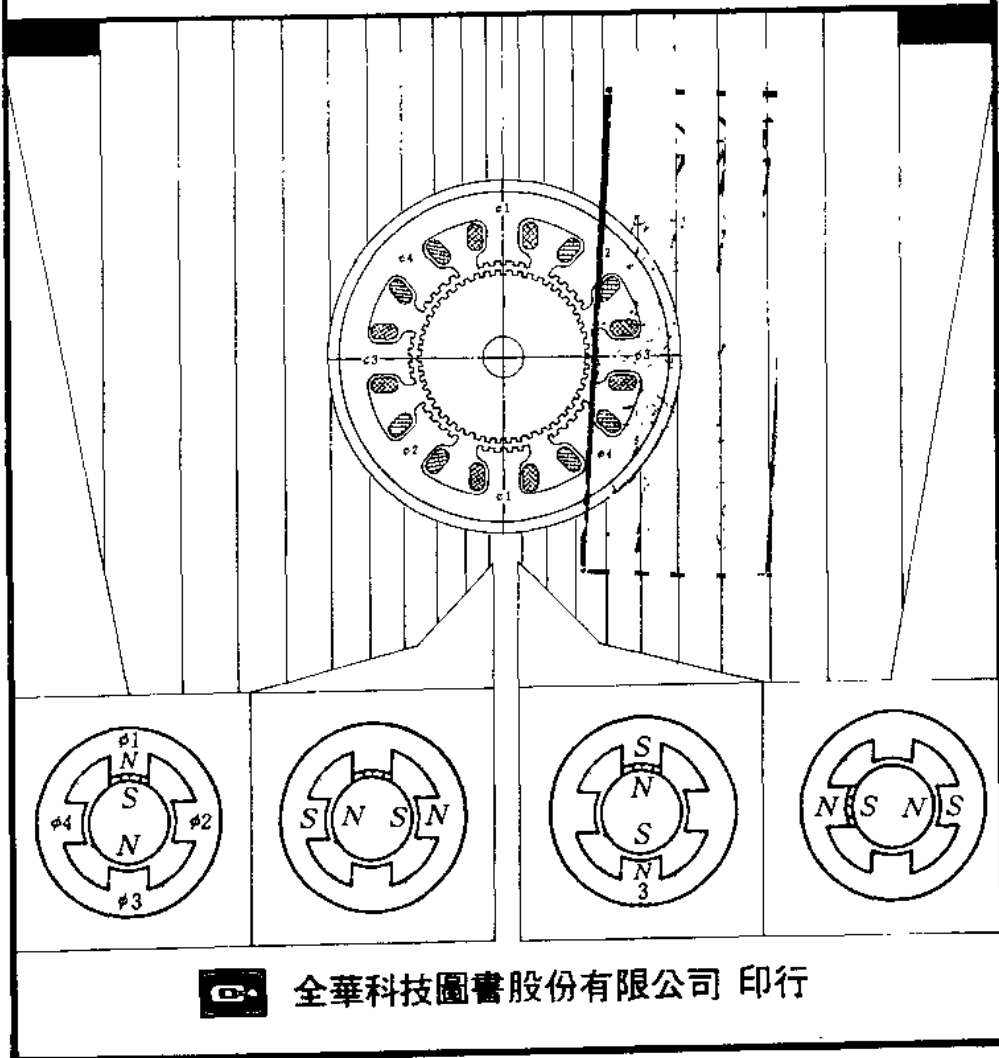
蘇永順 編著



全華科技圖書股份有限公司 印行

# 數位式電機控制

蘇永順 編著





全華圖書

法律顧問：陳培豪律師

## 數位式電機控制

蘇永順 編著

出版者 全華科技圖書股份有限公司

地址／台北市龍江路76巷20-2號2樓

電話／5811300（總機）

郵政帳號／0100836-1號

發行人 陳 本 源

印刷者 華 一 彩 色 印 刷 廠

門市部 全友書局（黎明文化大樓七樓）

地址／台北市重慶南路一段49號7樓

電話／3612532・3612534

定 價 新臺幣 230 元

初版／76年11月

行政院新聞局核准登記證局版台業字第〇二二三號

版權所有 翻印必究

圖書編號 0211211

# 我們的宗旨：

**推展科技新知  
帶動工業升級**

**為學校教科書  
推陳出新**

感謝您選購全華圖書  
希望本書能滿足您求知的慾望

「圖書之可貴，在其量也在其質」，量指圖書內容充實，質指資料新穎夠水準，我們本著這個原則，竭心盡力地為國家科學中文化努力，貢獻給您這一本全是精華的“全華圖書”

為保護您的眼睛，本公司特別  
採用不反光的米色印書紙！！

# 序 言

- 一、自動化是產業界追求之目標，亦為電機控制之趨勢，面對日益複雜之機電裝置，傳統電磁回路已難以應付，為提升電機控制之設計能力，特編此書。
- 二、本書以 CMOS 數位 IC 為基礎，利用各種邏輯閘、計數器、定時器、移位記錄器及記憶體，進行複雜功能的電機順序控制。
- 三、本書着重創造思考與問題解決之訓練，尤其是第七、八、九、十等四章，讀者不妨由所列舉實例中，進而發揮您豐富之想像力，與創造力去解決各式控制問題。
- 四、“機電合一”是我們科技發展政策之一，本書在這方面做了一個初步的努力，故控制對象不侷限於電動機，而可能是一部機械或一個生產流程，尚請讀者善加體會。
- 五、本書內容雖經筆者諸多心思構圖與編排力求實用，如有不妥或疏漏之處，敬祈先進專家不吝指教是幸。

蘇永順 謹識

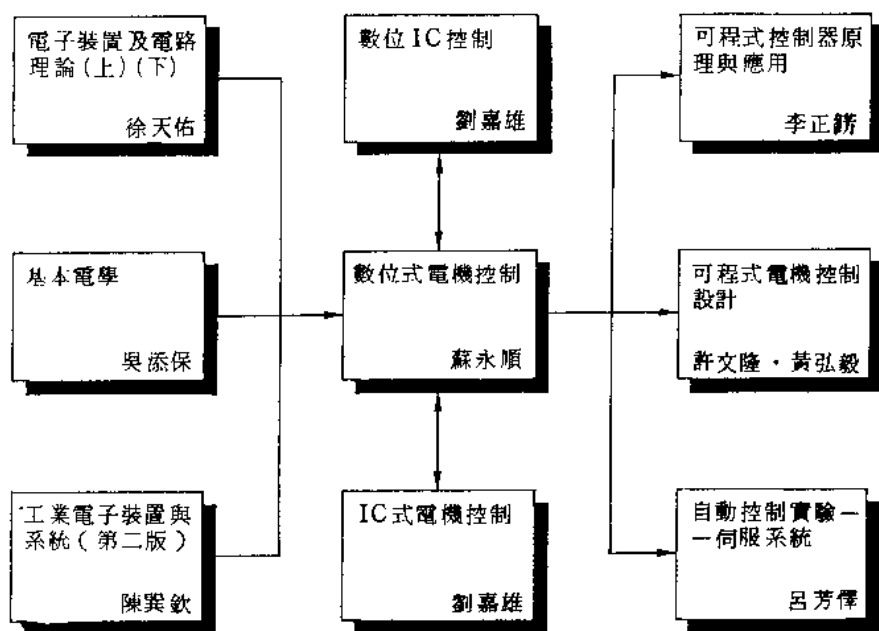
## 編輯部序

「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，循序漸進。

本書以CMOS IC為基礎，利用各種邏輯閘、計數器、定時器及移位記錄器、記憶體進行各種電機控制，促進生產自動化的實現，並改變一般電機控制書籍，以電動機控制為主的觀念，進而探討一個生產流程或一部機械的控制，俾達「機電合一」的最終目標，書中計分十章，依序介紹電機控制中常用之元件，是現場電機從業人員致力於自動化的最佳參考用書。

同時，為了使您能有系統且循序漸進研習電機方面叢書，我們以流程圖方式，列出各有關圖書的閱讀順序，以減少您研習此門學問的摸索時間，並能對這門學問有完整的知識。若您在這方面有任何問題，歡迎來函連繫，我們將竭誠為您服務。

# 流 程 圖



# 目 錄

## 第 1 章 電機控制之基礎 1

- |     |           |   |
|-----|-----------|---|
| 1-1 | 電機控制概說    | 2 |
| 1-2 | 數位控制用積體電路 | 2 |
| 1-3 | 直流電源電路    | 5 |
| 1-4 | 基本邏輯元件    | 9 |

## 第 2 章 介面元件與雜訊抑制 19

- |     |            |    |
|-----|------------|----|
| 2-1 | 介面問題       | 20 |
| 2-2 | 接點式開關      | 20 |
| 2-3 | 電晶體與閘流體開關  | 23 |
| 2-4 | 光電開關與光耦合元件 | 25 |
| 2-5 | 近接開關       | 31 |
| 2-6 | 固態電驛       | 37 |
| 2-7 | 雜訊抑制       | 40 |
| 2-8 | 介面電路       | 45 |

## 第 3 章 基本控制電路與無接點化 49

- |     |          |    |
|-----|----------|----|
| 3-1 | 無接點化之原則  | 50 |
| 3-2 | 停止優先自保電路 | 50 |
| 3-3 | 起動優先自保電路 | 53 |
| 3-4 | 多處同時控制電路 | 57 |

|     |          |    |
|-----|----------|----|
| 3-5 | 正逆轉或連鎖電路 | 61 |
| 3-6 | 主電路之無接點化 | 61 |

## 第4章 計數器 69

|     |           |    |
|-----|-----------|----|
| 4-1 | 計數器之用途與型式 | 70 |
| 4-2 | 鏈波二進計數器   | 71 |
| 4-3 | 同步計數器     | 73 |
| 4-4 | 可預置式同步計數器 | 75 |
| 4-5 | 計數器之串級    | 79 |
| 4-6 | 實用計數器     | 83 |
| 4-7 | 多段式計數器    | 87 |

## 第5章 定時器 91

|     |          |     |
|-----|----------|-----|
| 5-1 | 基本定時器    | 92  |
| 5-2 | 邏輯閘式定時器  | 94  |
| 5-3 | 單穩態定時器   | 97  |
| 5-4 | 不穩態定時器   | 100 |
| 5-5 | 可變週期式定時器 | 102 |
| 5-6 | 計數器型定時器  | 104 |
| 5-7 | 可預置型定時器  | 106 |
| 5-8 | 長時間定時器   | 112 |

## 第6章 自動順序控制 115

|     |                             |     |
|-----|-----------------------------|-----|
| 6-1 | 三相感應式電動機自動Y - $\Delta$ 起動控制 | 116 |
| 6-2 | 三相感應式電動機附直流制動控制             | 118 |
| 6-3 | 自動點焊機控制                     | 120 |
| 6-4 | 單相感應電動機連續自動往復正逆轉控制          | 123 |

## 第7章 移位記錄器

133

- |     |              |     |
|-----|--------------|-----|
| 7-1 | 移位記錄器的原理與功用  | 134 |
| 7-2 | 工作母機沖壓零件檢測控制 | 135 |
| 7-3 | 飲料裝瓶自動檢測流程控制 | 137 |
| 7-4 | 箱瓶自動檢測流程控制   | 144 |

## 第8章 步進馬達

151

- |     |            |     |
|-----|------------|-----|
| 8-1 | 步進馬達的特性    | 152 |
| 8-2 | 步進馬達的種類    | 155 |
| 8-3 | 步進馬達的控制方式  | 160 |
| 8-4 | 步進馬達特性改善法  | 163 |
| 8-5 | 二相式步進馬達驅動器 | 170 |
| 8-6 | 三相式步進馬達    | 182 |
| 8-7 | 五相式步進馬達    | 189 |

## 第9章 可規劃式電機控制

199

- |     |             |     |
|-----|-------------|-----|
| 9-1 | 可規劃式電機控制概說  | 200 |
| 9-2 | 可規劃記憶體與規劃法  | 200 |
| 9-3 | 廣告燈控制       | 204 |
| 9-4 | 交通控制燈       | 210 |
| 9-5 | 廟宇鐘鼓控制      | 221 |
| 9-6 | 多用途校鐘控制     | 225 |
| 9-7 | 通用步進馬達順序分配器 | 229 |

# 第10章 綜合應用實例

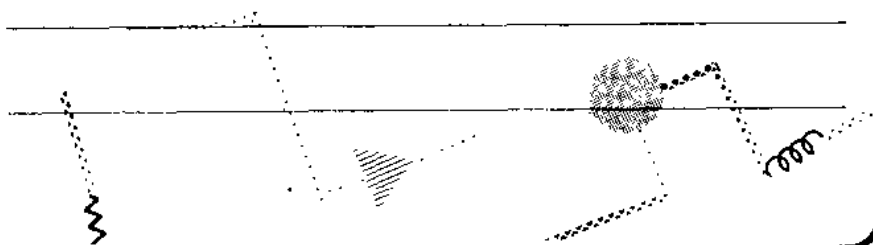
237

|      |                |     |
|------|----------------|-----|
| 10-1 | 自動繞線機          | 240 |
| 10-2 | 指標式步進馬達驅動器     | 242 |
| 10-3 | 自動鋼絲成型機        | 246 |
| 10-4 | 商品自動檢驗及包裝流程控制  | 251 |
| 附錄A  | 光耦合器           | 259 |
| 附錄B  | 電阻色碼表示法        | 261 |
| 附錄C  | EPROM燒寫介面卡操作說明 | 262 |
| 附錄D  | CMOS數位IC接腳圖    | 266 |
| 附錄E  | 參考書目           | 281 |

# 1

## 電機控制之基礎

|     |           |   |
|-----|-----------|---|
| 1-1 | 電機控制概說    | 2 |
| 1-2 | 數位控制用積體電路 | 2 |
| 1-3 | 直流電源電路    | 5 |
| 1-4 | 基本邏輯元件    | 9 |



## 1-1 電機控制概說

自“電能”被發現以來，人們不僅對其神奇之現象深感好奇與敬畏，科學家們更窮其畢生心力，廢寢忘食地去研究它，由於這種鍥而不捨的精神及知識的累積，使“電能”發揮其高度之效用，改寫了人類的文明史。

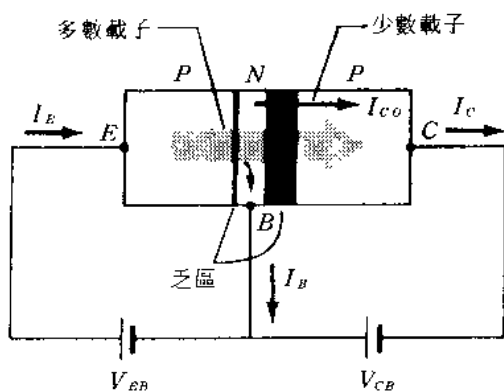
電機控制是使電氣或機械裝置依祈望之功能或順序動作，傳統之控制理論概分順序控制（sequence control）與伺服控制（servo control）兩大領域。伺服控制是一種閉迴路（close loop）的控制，它要求良好的響應、精密的位置及準確的速度控制，故需檢出及回饋（feed-back）裝置，隨時檢查及調節輸出值，對於控制電路及對象，常以數學的模式來表示，並加以運算或改進，來達成控制要求，或提升控制性能，因此它需要較深的數學基礎及自動控制理論，暫不在本書討論之範圍。順序控制則是一種開迴路（open loop）控制，通常以時間為參考，令電機設備依序動作，從輸出之觀點來看，通常不外是讓某裝置啟動（ON）、停止（OFF），或高速、低速運轉，或正轉、反轉等兩種狀態而已，故其電路較簡單。

電機順序控制方法頗多，數位式控制是方法之一，係以數位積體電路（digital integrated circuit, IC）配合其他元件，達成特定之動作要求，其特點是以數位邏輯閘取代以往的繼電器（relay）而加以控制線路，故可縮小控制盤體積、降低成本等優點，當然也可像處理邏輯電路一般以布林代數（Boolean algebra）來運算或化簡，進行複雜功能的控制。

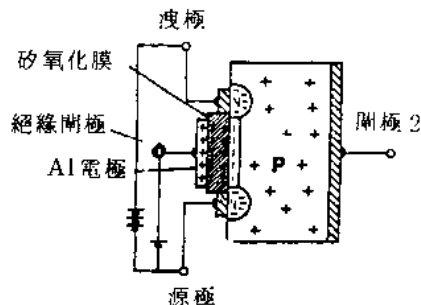
數位電機控制主要包含輸入、輸出及順序處理等三大部分，輸入之命令一般藉開關（switch）來傳達。輸出則依控制對象不同，可能是繼電器（relay），亦可能是固態電驛（solid state relay），而電機順序之處理及控制通常用以數位 IC 元件擔任，這些 IC 元件中通常包含許多的AND、OR、NOT、NAND、NOR、XOR等邏輯閘，以及正反器（flip-flop）、計數器（counter）、定時器（timer），甚至記憶體等等。

## 1-2 數位控制用積體電路

控制用 IC 種類甚多，主要分雙極性（bipolar）型及場效（field effect）型兩類，前者代表性元件為 TTL IC（transistor-transistor logic）



(a) 雙極性電晶體



(b) 場效型電晶體 (N 通道)

圖 1-2.1

，市售編號為 74（或 54）系列 IC 多屬這一型（NS 公司 74HC 系列除外），後者以 C-MOS IC（complementary metal oxide semiconductor）為代表，編號為 40（或 14，45）系列者均屬於 CMOS 型 IC。由於 IC 材質之差異雙極性晶體導通時，內部流動之載子有電子及電洞兩種，因此動作速度快，而場效型元件導通之時，載子僅有電子（N 型）或電洞（P 型）一種而已，故又稱單極性（unipolar）型，其缺點是速度較慢。圖 1-2.1 為雙極性電晶體與場效電晶體構造示意圖，這是積體電路（IC）中最基本的元素，一個中型包裝的 IC（MSI）其內部線路通常由數十～數百個電晶體所組成。

數位式電機控制中，基於下列五個原因，通常採用 CMOS IC 為主要元件：

### 1. 動作電壓範圍廣

這是 CMOS IC 最大的特徵，一般電壓範圍在 3～18V 間均可正確地工作（建議電壓為 3～15V），這個特性使得它能適應各種不同規格的元件，不需額外之電源。

### 2. 消耗功率甚小

在靜止狀態下，CMOS IC  $V_{DD}$  與  $V_{SS}$  間僅有數 nA 之界面洩漏電流而已，因此只有 nW～ $\mu$ W 之功率消耗，至於真正有較高之功率消耗僅在晶體轉態（switching）過程中，一般亦僅數 mW/ 閘而已，對 40 系列而言，每一 IC 平均約有 200mW 之功率消耗。

表 1-2.1 邏輯位準 ( $V_s = 5V$  時)

|      |   |          |
|------|---|----------|
| TTL  | H | 2.3 ~ 5V |
|      | L | 0 ~ 0.8V |
| CMOS | H | 3.5 ~ 5V |
|      | L | 0 ~ 1.5V |

### 3. 雜音餘裕度大

數位電路一般均工作於 H, L 兩種狀態, 對正邏輯電路而言, 其輸出、入之電壓位準如表 1-2.1 所示, 所謂雜音餘裕度 (noise margin) 是指 IC 某一狀態下, 所能承受之最大雜音電壓, 因此在 “H” 狀態下雜音餘裕電壓為:

$$V_{nH} = V_{OH} - V_{IH} \quad (\min) \text{ 最小值}$$

在 “L” 狀態下雜音餘裕電壓

$$V_{nL} = V_{IL} - V_{OL} \quad (\max) \text{ 最大值}$$

表中可發覺 CMOS 型 IC 有較高之雜音餘度, 一般資料手冊中通常保證其產品之雜音餘裕值在  $0.45V_{DD}$ , 即在 5V 電源下有  $5 \times 0.45 = 2.25V$  之裕度。高的雜音餘裕使 CMOS IC 在實際電機控制場所中, 能承受外界衆多之干擾並正確地工作。

### 4. 輸入阻抗甚高

一般 CMOS IC 均屬氧化膜絕緣閘極, 故其輸入阻抗可高達  $10^{12}\Omega$ , 由於這個特性, 使 CMOS 邏輯閘的扇出 (fan-out) 能力可達 50 個。

### 5. 高集積度, 電路功能較強

CMOS IC 製造時單位晶方上有甚高之集積度, 故可設計出高度複雜的線路, 一原先需要數十個 IC 始能完成之控制線路, 可能包容在一個 CMOS IC 之中, 即有相同之功能, 尤其是 45 系列的 IC 中, 不少具有特殊功能之型號, 應多利用, 俾減低線路元件數目。

此外應用 CMOS IC 時應注意其高態輸出電流 ( $I_{OH}$ ) 僅數十  $\mu A$  而已, 一般均無法推動負載, 應使用緩衝器 (buffer) IC 電晶體或放大。

### 1-3 直流電源電路

電機控制常需直流電源，一般以直流電源供應器將單相或三相交流電源轉換最為簡便。兩種常用之單相全波整流電路如圖 1-3.1 所示，輸出為脈動直流，若負載要求低漣波因素時，應在輸出端並聯  $1000 \sim 2000 \mu\text{F}$  之濾波電容。

數位 IC 電路常需要一個 5、12V 或 15V 之穩定電源，因線路所需電流不大，一般均採專用之穩壓 IC，採  $\mu\text{A}$  “78XX” 系列 IC 組成之穩壓電路如圖 1-3.2 所示，TO-3 包裝 IC 最大輸出電流可達 1A（需加散熱器）。

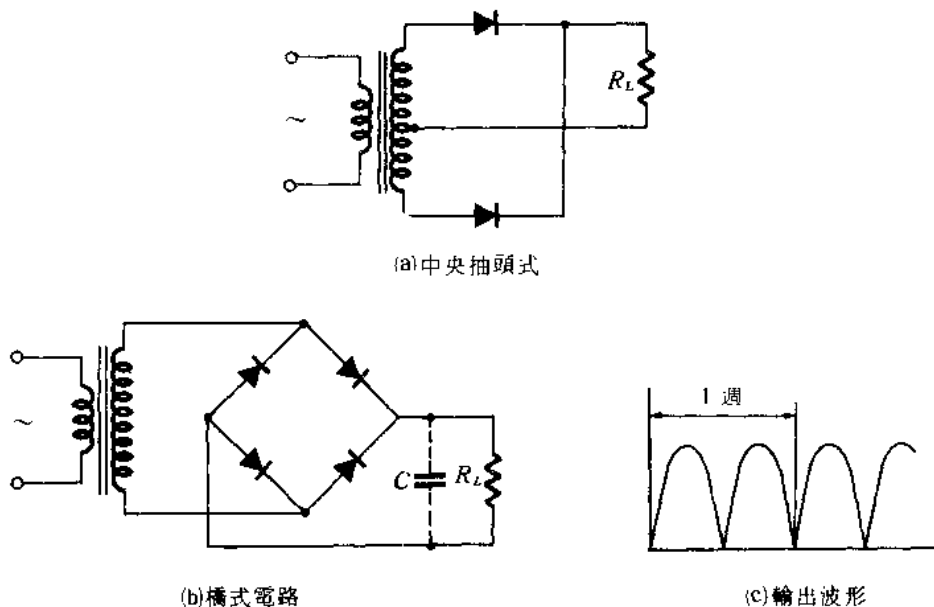


圖 1-3.1 單相全波整流

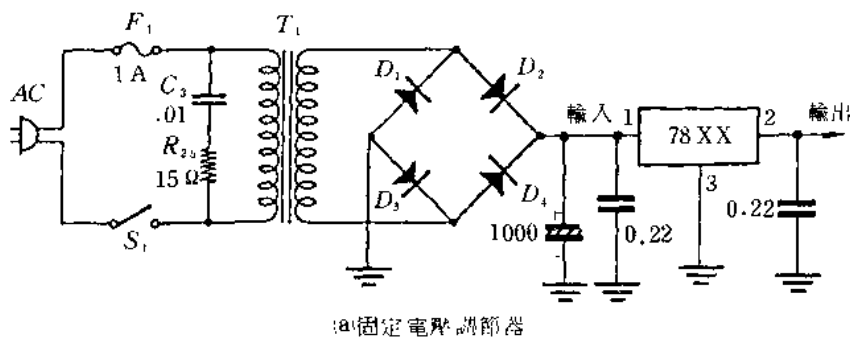
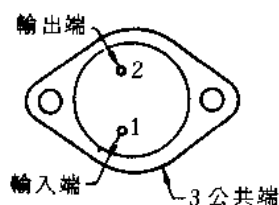


圖 1-3.2 穩壓電源

## 6 數位式電機控制

$\mu A 78 \times \times KM(TO-3)$

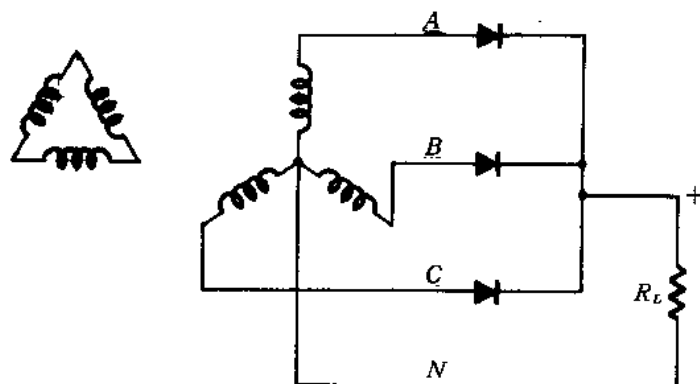


(b)底視圖

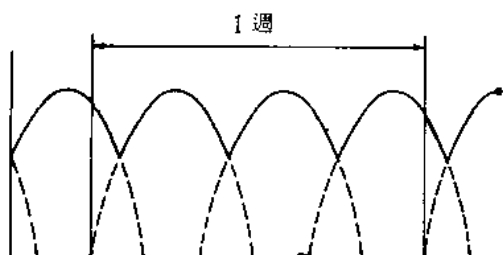
| 編 號             | 輸出電壓 |
|-----------------|------|
| $\mu A 7805$ kM | 5 V  |
| $\mu A 7806$ kM | 6 V  |
| $\mu A 7812$ kM | 12 V |
| $\mu A 7815$ kM | 15 V |

(輸入電壓 5 ~ 18V)

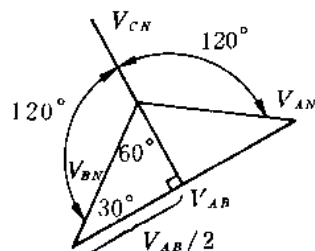
圖 1-3:2 (續)



(a)整流電路



(b)輸出波形



(c)變壓器二次側向量

圖 1-3.3 三相半波整流

對大型負載，單相式電源已不實用且不經濟，通常改由電力公司三相電源經由降壓整流後供給，圖 1-3.3 為最簡單的三相半波整流電路，變壓器為三相  $\Delta$ -Y 接法，故二次側線電壓為相電壓之  $\sqrt{3}$  倍，其輸出波形如(b)圖所示，濾波頻率為電源頻率之三倍。

圖 1-3.4 為另一種工業上常用六相半波整流電路，係利用具有中間抽頭之