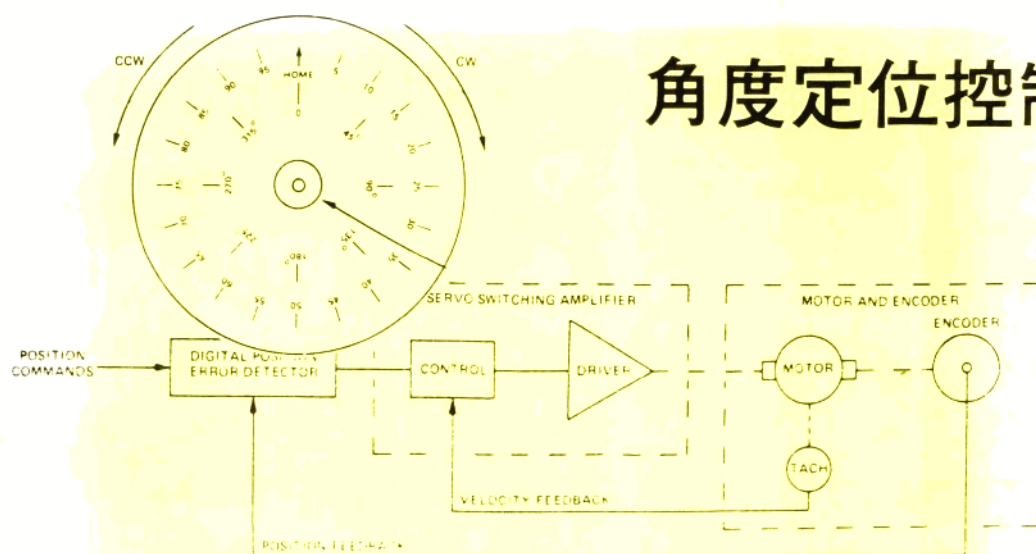


固態控制系統(5)

角度定位控制



趙希朋編譯

師友工業圖書公司總經銷

版權所有



翻印必究

臺內著字第

號

角度定位控制

中華民國七十二年八月廿日 出版

發行人：趙 希 朋

編著人：趙 希 朋

地 址：臺北縣中和市興南路一段 93 巷 26 之 2 號

郵政劃撥第 105833 號 趙希朋

電 話：(02)9428371

總經銷：師友工業圖書公司

地 址：臺北市羅斯福路 6 段 39 巷 16 號之 3

郵政劃撥第 100538 號 師友工業圖書公司

電 話：9317778 9329508

印刷者：快印設計印刷公司

地 址：中壢市中光路 89 號

電 話：429542



定價 壹佰貳拾元正

序

本書是根據美國 LAB-VOLT 的一套訓練教材：固態控制系統（STATIC CONTROL TRAINING SYSTEM）編撰而成。

固態控制系統共有五冊，分別為：

1. 固態邏輯控制系統。
2. A C 馬達控制系統。
3. D C 馬達控制系統。
4. X - Y 定位控制系統。
5. 角度定位控制系統。

整個系統涵蓋了電子、電機以及數值（N C）與計算機自動化控制（C N C）於一體，觀念清晰、目標明確，經由系統操作，按控制流程將線路予以分析，測試與比較，能有效達到系統操作、測試、保養維護與故障排除，並具有啟發性為訓練目標的一種綜合性技術，是目前工業自動化技術的精華。

際此國家工業步入精密自動化需材殷切之際，筆者因從事於職訓工作，由於職志所在，面對如此優良完整的教學資料，如不能公諸於工業與職教界，實非所願，雖自知才疏學淺，乃勉力陸續出版，尚祈學界先輩不吝指正。

本書承蒙郭老師炳源與許老師安之的鼎力協助，敬致謝意；並以此書向前故訓練課長 孫璋先生對本中心的奉獻表示由衷的懷念與敬意！

希 朋

識於臺灣省北區
職訓中心工業電子

課程指導

本課程的設計是專門用來訓練從事於工業上有關在角度定位控制方面工作的技術人員。

課程中共分成兩個系統來研習。

1. 伺服馬達角位置控制系統，可以經由一閉路系統來控制角度位置（伺服馬達）以不同的方向與速度來定位。
2. 步進馬達是屬一種開路角度定位裝置，因其不屬回授，且動作正確，所以非常適用於遙控，諸如閥門的啓閉，流量的控制，方位的指示均屬。

上面的兩種系統均將在課程中詳加討論，學者除了對其綫路須要詳加了解外，同時尚須對步進馬達與伺服馬達的構造及動作原理與綫路相配合，建立起一完整的概念。同時對步進馬達與伺服馬達的特性對定位速度的限制，詳加了解。

控制系統是採用數位控制的觀念。由數值的設定，來做定位的角控工作。而本課程的進行過程中，後一課程的觀念，是由前面課程的延伸，因此必須將各信號間的關係弄清楚，並了解其流程。在綫路的重要點上，均有測試點（Tps）引出，利用示波器或儀表來測試，然後根據測試點上的取樣，來研判綫路的品質，以作為故障排除的依據。對所使用的各種儀表與示波器的調整需能正確而熟練。

在每一課程中都有一學習目標。需依課程的順序進行。現將各課程的重點略列如下：

課程一：對角度位置系統的認識，其中特別強調安全的重要性，安全是每一個人的責任，需要每一參與者都重視才能獲得，任何個人的錯誤都會影響到他人生命財產的安危，不可不慎。課程中詳細介紹在一角控系統中各按鈕及指示燈的功用，當對整個系統有了全盤的了解後，便可做為以後綫路分析與測試

的準備工作。

課程二：步進馬達及其驅動綫路。了解開路位置控制的觀念與步進馬達的構造以及如何以增度做開路的位置控制。步進馬達的特性影響控制器的進步速度，所以對步進馬達的特性需要了解，正確選用。步進馬達的旋轉方向須由正確的馬達順序綫路來控制。

課程三：步進馬達的資料進入綫路。了解在開路角控時，其資料的進入，並經由觀察在資料進入綫路上不同測試點的信號情況並驗證。同時對其向下計數器的操作詳予了解，當向下計數器計數至 0 時，即表示已抵達設定點。

課程四：伺服馬達開關放大器，了解伺服馬達的控制觀念以及伺服開關放大器的綫路操作。綫路是採用脈衝寬調幅 (PWM) 的方式，來影響伺服馬達。另有遮斷綫路以及開關放大器對伺服馬達予以控制。

課程五：伺服馬達數位位置誤差檢出器。了解數位位置誤差檢出器的觀念。使用相減器的操作功用決定馬達轉軸的位置。並使用滯動 (Slew) 綫路以及 D/A 轉換器控制伺服馬達的轉速。

課程六：伺服馬達、閉路定位系統。了解一閉路定位系統的觀念，由在閉路系統中的誤差電壓對定位系統的效應。在伺服角度定位系統是採用伺服馬達增度定位。同時系統必須要經過適當起始設定才能正確的操作。其起始的設定，學者必須要仔細調整。

課程七：計算機介面觀念。使用計算機介面綫路的觀念，由計算機來控制一角度定位裝置。計算機與角度控制器間控制信號間的交通 (或握手)，可在本課程中操作驗證。計算機操作，須要使用程式的設計，貯存在記憶器內，以產生或供應所需的控制信號，回應信號以及位置命令，以自動完成定位的操作。在課程七是可以自行選擇，在課程進行前請先對微算機

(CPU 6502) 的 I/O 預做複習。

經由課程之研習，可將數位電子與馬達的控制相結合，這種經驗可以增進你的技術水準臻於微算機自動控制的領域。

目 錄

序

課程指導..... 0 - 1.

課程一：角度位置控制系統的認識

目的 —— 基本觀念 —— 相關知識..... 1 - 1.

安全規則..... 1 - 2.

人體電阻導電實驗..... 1 - 4.

角度位置控制設備的介紹..... 1 - 5.

角度位置控制器的初步設定..... 1 - 15.

控制器的操作與測試..... 1 - 17.

綜 合..... 1 - 21.

問 題..... 1 - 22.

課程二：步進馬達：馬達與驅動綫路

目的 —— 基本觀念 —— 相關知識..... 2 - 1.

綫路操作（分析）與測試

1. 2. 3. 零力矩的調整..... 2 - 7.

4. 步進馬達的驅動綫路..... 2 - 8.

5. 6. 7. 步進馬達相序的產生及其相序控制綫路的分析..... 2 - 11.

8. 9. 步進馬達相序對步進方向以及振盪器頻率對馬達步進速度的影響..... 2 - 16.

綜 合..... 2 - 17.

問 題..... 2 - 18.

答 案：表 2 - 1。表 2 - 2。表 2 - 3..... 2 - 20.

課程三：步進馬達：資料進入綫路

目的 —— 基本觀念 —— 相關知識..... 3 - 1.

綫路操作（分析）與測試

1. 完成開機，及示波器等各項測試設定	3 - 7.
2. 順序控制其計時脈衝的測試	3 - 8.
3. 可預置向上 / 向下計數器與位置命令的顯示	3 - 10.
4. "Go" 命令對向下計數器以及對連串脈衝輸出的影響	3 - 11.
5. 控速鈕對振盪器的頻率與週期的影響及其計算公式	3 - 12.
綜合 —— 問題	3 - 14.
答 案：表 3 - 2	3 - 16.

課程四：伺服馬達：伺服開關放大器

目的 —— 基本觀念 —— 相關知識	4 - 1.
伺服開關放大器的起始設定	4 - 13.
綫路操作與測試	
1. 開路操作	4 - 15.
2. 比較器 PWM 的調幅作用，零力矩的調整及對馬達方向 與轉速的影響	4 - 16.
3. 綫路的示波器測試的各項數據以及波形的記錄	4 - 19.
4. 比較器輸出的 PWM 信號與遮斷信號的測試與觀察	4 - 20.
5. 調整開路控速鈕，觀察不同極性對馬達方向的影響	4 - 21.
6. 閉路操作 (Close Loop) - 使用電轉速針產生回授信號做 閉路操作	4 - 22.
綜合 —— 問題	4 - 24.
答 案：圖 4 - 15	4 - 26.
答 案：圖 4 - 16	4 - 27.

課程五：伺服馬達：數位位置誤差檢出器

目的 —— 基本觀念 —— 相關知識	5 - 1
綫路操作 (分析) 與測試	
1. 完成起始設定	5 - 9.
2. 以手動模式設定位置命令觀察其操作	5 - 11.
3. 使用相加器將位置增度的輸出計數，以決定位置	5 - 13.

4. 最後位置檢出綫路的操作分析.....	5 - 14.
5. 數位位置誤差檢出器開關網路的操作分析.....	5 - 17.
6. 馬達歸位速度的控制.....	5 - 19.
7. 歸位閥的設定 (set).....	5 - 20.
8. 使用 D/A 轉換開關，減緩馬達歸位速度的綫路操作.....	5 - 21.
9. 使用示波器測試 D/A 輸出和點，在不同位置命令時的輸出電壓.....	5 - 22.
綜合 —— 問題.....	5 - 23.
答 案：表 5 - 2.....	5 - 24.
課程六：伺服馬達：閉路定位控制系統	
目的 —— 基本觀念 —— 相關知識.....	6 - 1.
綫路操作（分析）與測試	
1. 完成起始設定.....	
2. 歸位操作以及閉路控速對歸位速度的影響.....	6 - 4.
3. 歸位控速電壓位準的測試.....	6 - 5.
4. 用示波器測試比較器 PWM 信號的輸出.....	6 - 8.
5. 在不同命令位置調整增益與閉路控速不使超位.....	6 - 9.
綜 合.....	6 - 10.
問 題.....	6 - 11.
課程七：計算機介面觀念	
目的 —— 基本觀念 —— 相關知識.....	7 - 1.
計算機的系統操作	
介面 —— 流程圖 —— 程式設計.....	7 - 2.
綫路操作與測試	
1. 決定控制裝置 (Device Controller) 的位址，並完成控制器起始設定.....	7 - 7
2. 自資料綫將位置資料輸出至角度位置控制器.....	7 - 12.
3. 完成角度位置控制器之程式流程圖及其程式.....	7 - 14.

4. 將程式載入計算機的記憶器并偵錯	7 - 18.
5. 程式的執行與操作測試	7 - 20.
綜 合	7 - 23.
問 題	7 - 24.
答 案：步驟 3 (c)。表 7 - 2	7 - 26.
答 案：表 7 - 3	7 - 27.
附錄：參考書籍	8 - 1

課程一

角度位置控制系統的認識

目的

當工作於電工場地或電路上時應知道的安全原則。在介紹角度位置控制以前，先予了解角位置控制設施的組合與結構。

基本觀念

1. 動手工作前先思考一不要在工作場所開玩笑。
2. 每一從事於機器與動力設備工作人員諸如角位置控制系統等工作均須遵守安全規定。
3. 具有對角位置控制系統的了解並遵守安全守則，可以防止災害與電擊。
4. 角位置控制系統控制轉角度的位移。
5. 在角位置控制系統，其最後位置的正确度，速度與直綫性是設計上的一重要因素。
6. 設計任一角位置控制系統取決於系統的使用目的。
7. 角位置控制的目的經由供應命令／驅動以獲得點與點間的位移得到正確的最終位置。
8. 角位置控制器具有開路與閉路角位置控制。

相關知識

安全是每一個人的責任，安全只有在工作環境內的每一個工作人員都能遵守安全規定，才能獲得，並不是數小時的課程就可以達成。無論是何種行業中，安全均是一重要的考慮因素。必須體認到這是為關心您的生命和健康—維護安全是大家共同的責任。實際上當您穿過有高速行走的車道，或將自己暴露在可能有電擊的場所，唯一能防止意外的，只有靠自己才能避免。

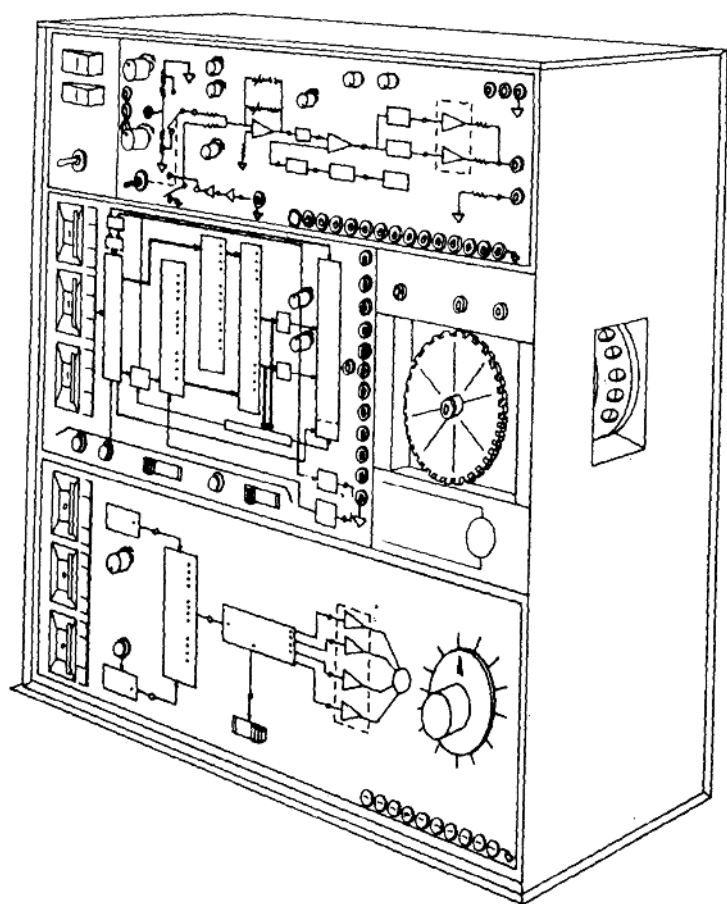


圖 1 - 1 角度位置控制器

下面所列就是一般從事機具與電力設施的工作人員，每個人所必須遵守者。

1. 不可在工作場所開玩笑或遊戲，許多痛苦的傷害都是由於粗心和無知導致。
2. 在動手工作以前，要經過老師或其他負責人員認可。
3. 一旦有傷害發生，須立即報告，以免延誤救治。
4. 有碎屑的工作場，須戴保護眼鏡，以防止碎片傷及眼睛。

5. 保持工作場所附近的地板整潔與暢通，以免跌傷。
6. 正確使用工具與儀表，如果工具不對，不要任意使用代用品。
7. 用正確的姿勢搬運重物，用你的腿力，不可用腰力，最好多人共同搬重物。
8. 當在專心工作時，不要與其講話或打斷其工作，尤其在接綫路時。
9. 不要離開尚在運轉或尚未完全停止的機器設備。

電器災害的發生，並不是完全發生在對電沒有常識的人員。有時也會發生在經過良好訓練的技術人員身上。原因是過於自信或者是太粗心，忽略了人員安全的基本規則。因此對安全的了解實屬必要，下面所列是一些忠告。即：

工作前——先計劃(思考)

在課程中實驗所使用的電壓和電流，如能夠遵守安全規則，並不會造成嚴重的災害或危險。但如果偶發的觸電，因為身體肌肉的反射作用而造成的二次傷害便可能非常嚴重。諸如激烈的肌肉收縮使身體或手臂碰到牆壁或工作物，手中的工具若尖銳，便可能傷及他人，甚至碰到附近更高的電壓。為避免這類意外情況，請遵守下列各安全規則：

1. 在作電壓或電流的測量時，不妨將你的一隻手插在口袋內，或者放在背後。如果將一隻手接觸到電路，同時另一隻手碰著地綫或接地金屬外殼，那麼電流就會經手臂流過肺部或心臟，這是非常危險的。
2. 在我們國家有一句俗語稱為「水火無情」，對電來說同樣適用。如果懷疑某一綫路有問題，必須要在通電前查出，否則就有造成損害的可能 - 不可試試看再說。
3. 大型電容器可能會充有數百伏特的電壓，此時雖已將電源切斷，亦不能掉以輕心。因此在工作前，必須養成一種習慣，利用接地棒，或絕緣的螺絲起子予以放電，以免觸電。
4. 平時必須牢記消防器材的位置所在，以及其正確的使用方法。

1-4 固態控制系統

5. 有許多配件，諸如電阻器等，其溫度很高，必須要有足夠的時間令其冷卻，以免造成燙傷。
6. 不可站在潮濕或躺在金屬板上修理電器設備。
7. 不要在通電的綫路上工作，除非有絕對必要時。
8. 在使用前要確實了解機器設備的正確操作順序。燒焦的電綫或破裂的插座或插頭，常是事故之源。
9. 使用任何測試儀表以前，必須詳讀其操作手冊，有時少知道那麼“一點”知識可能會造成很大的危險。儀表的修護一般都很貴。
10. 電與電子所涉及的範圍很廣，我們最好能對其各種小節都能夠詳細的了解。如有問題須多問多研究。

人體電阻的導電實驗

1. 如圖一 所示，電流過人體會造成損害。當流過電流 即使小至 $1/10$ 安培，都會使人昏迷，但如果能夠將電源切斷，立即施以急救處理，一個人可能達到 0.2A (200mA) 仍有活存的可能。
2. 電流因電壓而流過一電阻體，根據歐姆定律，電阻越小，流過的電流便越大。
3. 人體可以設想為電路的一部份。可以在身體兩點之間，於某一時刻內，測得一定的電阻值，在電壓下，可以有電流流過。
4. 我們可以使用三用電表 (VOM) 測量人體任意兩點間之電阻值，其選點如下：

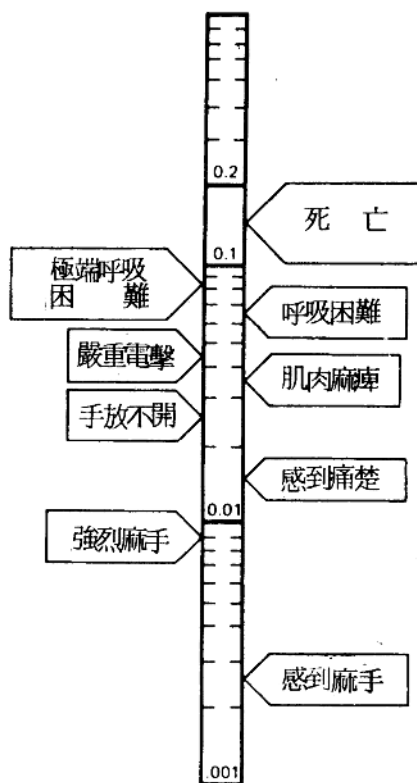


圖 1-3 人體電擊反應表

左手與右手間的電阻 = _____ 歐姆。

右（左）手至右（左）膝間電阻 = _____ 歐姆。

將上列測點再用水潤濕，再予以測量其電阻值紀錄在下面。

左手至右手間的電阻 = _____ 歐姆

右（左）手至右（左）膝間電阻 = _____ 歐姆。

比較濕手與乾手之電阻那一個低？

如果全身沾水其電阻會更低嗎？

-
5. 由圖一所示可知在 0.1 安培的電流只可使人昏迷，現應用歐姆定律計算其所需電壓，其公式：

$$\text{電壓} = \text{電流} \times \text{電阻}$$

已知電流是 0.1 安培，則

$$\text{右手與左手間電壓} = 0.1 \times \underline{\hspace{1cm}} = \underline{\hspace{1cm}} \text{ V}$$

$$\text{右（左）手對右（左）膝間電壓} = 0.1 \times \underline{\hspace{1cm}} = \underline{\hspace{1cm}} \text{ V.}$$

將在步驟 4 所測得的電阻值代入上式，就可求出所需的電壓值了。

顯然的，你絕不可以用你的身體做通電試驗，但記著在心中，即使比 0.1 安培更小的電流也可以使人致命。

課程中所使用控制設備的介紹

圖 1 - 1 所示的角度位置控制器將分成四部份來討論。由其四部份的配合運用，可以作手動或閉路角度位置控制系統的教學或訓練，如圖 1 - 2 所示的一角度位置控制器，是由控制馬達轉軸的位移來達成。根據馬達的接綫，可使馬達作順時針（CW）或反時針（CCW）的角位移。絕大多數的位置控制系統，包括其控制能力，均須有一適當的馬達，作雙方向的操作。

在開路（手動）位控系統並不使用回授來確定馬達轉軸的位置。系統完全是由輸入至系統的位置命令所控制。在一閉路（迴授）位控系統，是將馬達轉軸的回授資料與輸入的命令資料相比較，並利用其比較差使系統抵達最後的位置。

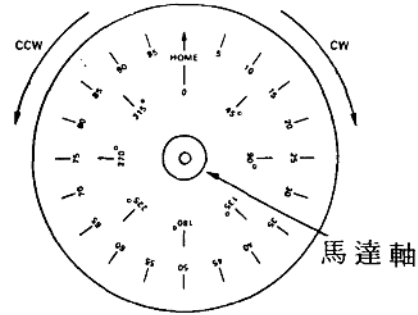


圖 1-2 角度控制

角度的位置控制教學，是用數值控制的觀念來控制機械設備。位置的數值命令是由指撥開關（Thumb Switch）進入系統，然後將數值資料轉換為位置資料。

高速及高精確度的角度控制的應用已成為事實，且已廣用於各類的自動化或數值控制設備，諸如磁帶驅動，醫學血液取樣，閥的控制以及雷達控制系統等。

課程中所使用的馬達可能遠小於工業上實際應用的馬達。位置系統所使用的馬達是依於馬達的設計，大小以及系統的複雜性而定。

本課程中共使用兩個馬達，一是步進馬達（step motor）用於開路控制系統，而另一動綫圈式直流馬達是用於閉路系統的操作。動綫圈式（Moving coil）是一種永久磁鐵型的馬達，有一平的但沒有鐵心似碟狀電樞（Armature）。在任何 DC 馬達中，此種動綫圈型的馬達具有最高的加速能力。

課程中的兩種系統（開路及閉路系統）均屬增度（Incremental）位置控制。在一增度系統中，並沒有一個絕對的參考點（Reference Point）。每一個需要獲得的位置，都是以其某一最後點的位置為基準，所以其參考點是變化的。

本課程中所使用的角度位置控制器，如圖 1-1 所示，共分成四組模板，其中三個可以互相連接成為一閉路增度控位系統，在閉路系統中使用伺服機械（Servo-Mechanism）獲得角度位置的控制。

其餘的一個模板，可自行完成開路位控系統，使用該四組模板，由其LED的指示，了解其輸入命令，回授資料以及控制信號的流程。

其四組模板為：

1. 伺服開關收大器 (Sero Switching Amplifier) 。
2. 數位誤差位置檢出器 (Digital Error Position Detector)
3. 馬達與變碼器 (Motor and Encoder) 以及
4. 開路 (手動) 位置控制器 。

以上的四組模板，組成本課程中的角度位置控制器。並以 AA634 的編號命名。

伺服開關放大器，馬達與變碼器可由接綫組合，作伺服機械的操作，馬達的速度可由面板上的控制鈕來操作，以了解伺服系統的基本概念。在閉路操作時，可將系統開路以觀察馬達對回授響應的效果。

數位誤差位置檢出器可以接至伺服開關放大器以及馬達與變碼器模板上，完成閉路系統的接綫。位置命令是由在數位誤差位置檢出器上的指撥開關進入，然後將馬達移至選定的位置上，在該系統中，伺服開關放大器的功用如一伺服機械，一旦抵達預定位置時，快速的將馬達停住。

開路控位可由附在步進馬達軸上的指標鈕的指示而自成一個系統。在應用上，該鈕可以很適當的當作一控制開關，電位器或者在機械的加工處理過程中的一塊材料的位置均可。現將各模板分別予以說明。

圖 1 - 4 所示為開路控制器的控制系統說明。該系統並不需要由外部再接綫。其三位數的位置命令是由三個指撥開關選擇，系統的操作於選擇一位置命令後按下“GO”鍵即可。

圖 1 - 4 面板方塊圖上的發光二極體 (LED) 是指示所選擇的位置命令，以及各種控制信號的邏輯狀態。

位置命令是平行送進可預設的向下數計數器中，計數器是由振盪器與消除反彈過濾器輸出一連串的順序控制信號。在順序控制方塊圖中的LED是指示選擇的方向與馬達相序綫圈的推動。其他的指示燈與測試點是用來測試各種控制信號的波形與邏輯位準。