

逢 甲 大 學
自動控制工程學系專題製作
專 題 論 文

伺服機構的定位控制
The Position Control of Servomechanism

指導教授：賴啟智

學 生：邱坤瑋 陳佳宏

中華民國九十七年六月

逢 甲 大 學
自動控制工程學系專題製作
專 題 論 文

伺服機構的定位控制
The Position Control of Servomechanism

學生：邱坤瑋

陳佳宏

經專題口試合格特此證明

評 審 委 員

鄧慶福

蘇文彬

指 導 教 授

賴啓智

系 主 任

黃學興

考試日期：中華民國九十七年四月十六日

誌 謝

在此，先對指導老師賴啟智先生致上十二萬分謝意。感謝先生一開始在研究方向上的指引，讓缺少研究經驗、一度更換題目的我們不至於無所適從。更謝謝先生在指導上放手讓吾人自由發揮，得以體悟到獨立思考的精神，培養出認真負責的做事態度。

也要感謝吳鴻璋老師在忙碌於教課與研究之中，願意撥冗在技術上不吝指教，和蘇文彬老師不時的諄諄教誨，如暮鼓晨鐘之鳴。

最後，另感謝實驗室幾位學長經驗上的傳承，尤其是育嘉、俊嘉學長等人，和其他同窗們在吾人面臨困境時的砥勵與幫助。也感謝逢甲大學和自控系提供豐富的圖書資源，得以讓此篇論文能夠順利完成。

中文摘要

此篇論文將實作出一簡單的伺服定位機構，並利用直線型電位計作為輸入裝置，以驅動直流馬達來證明本控制器可行。

當直線型電位計所輸入的類比信號輸入至差動放大器後，將與按裝在馬達上的位置回授電位計之信號予以比較。若兩訊號比較結果相同，則表示系統位置與設定點相同，差動放大器的輸出誤差信號為零，且再輸入至功率放大器後，其輸出信號也將為零，因此系統不動作；若兩訊號比較結果不相同，則表示系統位置與設定點不相同，所以差動放大器將輸出一個誤差信號至功率放大器予以放大，以驅動馬達致使系統動作。

又待其位置回授信號與設定點的訊號相等時，馬達才得以停止轉動，表示系統的位置已移動至設定點，等待下一次的設定點電壓訊號輸入。

Abstract

This thesis will make a simple servo position mechanism . We take advantage of linearity potentiometer as a input device to control the D.C. Servomotor to verify that the controller is feasible.

After the analog input signal from the linearity potentiometer are taking into the differential amplifier. The input signal would be compared with the feedback signal which measured by the degree potentiometer on the motor.

If the result of the comparison of the two signals is equal, that means the position of the system is equal to the setting point. The output error signal of the differential amplifier is zero, and so is the output signal after amplifying by the power amplifier. Therefore the system does not work.

If the result of the comparison of the two signals is not equal, that means the position of the system is not equal to the setting point. And the output error signal of the differential amplifier is not zero, then the error voltage will drive the Dc Servomotor so that the system to work.

This motor will be hold rotating until the feedback signal equals the setting point signal. It means that the position control theory will be satisfied.

目錄

| | |
|-------------------------|------------|
| 中文摘要..... | ii |
| Abstract..... | iii |
| 目 錄..... | iv |
| 圖 目 錄..... | vii |
| 表 目 錄..... | ix |
| 第一章 緒論..... | 1 |
| 1.1 前言..... | 1 |
| 1.2 研究動機..... | 1 |
| 1.3 研究方法..... | 1 |
| 第二章 實驗原理..... | 2 |
| 2.1 伺服控制論理..... | 2 |
| 2.2 伺服機構定位控制原理..... | 3 |
| 2.3 直流馬達數學模型..... | 4 |
| 2.4 儀表放大器放大倍率推導..... | 7 |
| 第三章 硬體功能說明..... | 10 |
| 3.1 位移..... | 10 |
| 3.2 線性位移感測器..... | 10 |
| 3.2.1 直線型電位計..... | 10 |
| 3.2.2 角度電位計..... | 11 |
| 3.3 儀表放大器(AD620)..... | 13 |
| 3.4 電源供應系統..... | 14 |
| 3.4.1 整流器..... | 14 |
| 3.4.2 加上濾波電容器之整流電路..... | 16 |
| 3.5 伺服機構定位控制參數推導..... | 18 |

| | |
|-------------------------|----|
| 第四章 實驗內容 | 20 |
| 4.1 電源供應器製作..... | 20 |
| 4.2 基本訊號放大電路說明與測試..... | 21 |
| 4.3 驅動電路製作..... | 23 |
| 4.4 加上放大電壓增益電路之驅動器..... | 25 |
| 4.5 完整電路實現..... | 26 |
| 第五章 結論 | 27 |
| 5.1 問題討論..... | 27 |
| 5.2 未來研究方向..... | 27 |
| 參考文獻 | 28 |

圖目錄

| | |
|------------------------------|----|
| 圖2.1 伺服系統方圖..... | 2 |
| 圖2.2 伺服機構定位控制的示意圖..... | 3 |
| 圖2.3 伺服機構定位控制方塊圖..... | 3 |
| 圖2.4 直流馬達等效電路簡圖..... | 4 |
| 圖2.5 直流馬達數學模型方塊圖..... | 6 |
| 圖2.6 簡化後直流馬達方塊圖..... | 7 |
| 圖2.7 儀表放大器基本電路..... | 7 |
| 圖3.1 直線型電位..... | 10 |
| 圖3.2 直線型電位計實體圖..... | 10 |
| 圖3.3 旋轉式電位計..... | 12 |
| 圖3.4 旋轉式電位計實體圖..... | 12 |
| 圖3.5 AD620 接腳圖..... | 13 |
| 圖3.6 半波整流與全波整流..... | 15 |
| 圖3.7 半波整流器正負週期導通情形與輸出圖形..... | 15 |
| 圖3.8 全波整流器與輸出波形..... | 16 |
| 圖3.9 有濾波電容器之半波整流電路..... | 17 |
| 圖3.10 電容充電流程..... | 17 |
| 圖3.11 電容器選擇對波形影響..... | 17 |
| 圖3.12 機械伺服定位控制方塊圖..... | 18 |
| 圖3.13 伺服機構定位控制參數示意圖..... | 18 |
| 圖4.1 電源供應器之示意圖與每步驟輸出之波型..... | 20 |
| 圖4.2 電源供應器電路..... | 20 |
| 圖4.3 AD620 實驗接法圖..... | 22 |
| 圖4.4 R_G 電阻值..... | 22 |

| | |
|----------------------------------|----|
| 圖4.5 AD620 對1.007V電壓放大實驗測試圖..... | 22 |
| 圖4.6 輸出電壓值與示波器量測圖形..... | 23 |
| 圖4.7 馬達驅動電路..... | 24 |
| 圖4.8 呈現不敏感帶的轉移函數..... | 24 |
| 圖4.9 輸出電壓波形..... | 25 |
| 圖4.10 加上放大電路增益電路驅動器..... | 25 |
| 圖4.11 電源電路與馬達驅動電路..... | 26 |
| 圖4.12 伺服機構定位控制模型..... | 26 |

表目錄

| | |
|-------------------------|----|
| 表3.1 直線型電位計規格..... | 11 |
| 表3.2 旋轉式電位計規格..... | 12 |
| 表3.3 AD620 接腳功能簡介..... | 13 |
| 表3.4 AD620 規格特性說明表..... | 14 |
| 表 4.1 電路使用之電源..... | 21 |

第一章 緒論

1.1 前言

此次專題研究題目原為「伺服機構定位之數位控制介面」，也就是將本篇伺服系統之輸入部分，由原來直線型電位計的類比輸入，改以用單晶片微電腦系統來作數位方式輸入，但實礙於時間及實作經驗上的不足，最後不得以只好放棄。因此本專題其乃原為畢業學長之作，只是吾人再將其重新實現稍作改進矣。

1.2 研究動機

隨著控制理論的發展，在日常生活中已可看到許多伺服機構的應用，例如飛機機翼的調整、風力發電機風扇的轉向等，都是屬於位置控制的範疇之一。因此如何利用最簡單的控制觀念並實踐於一真實系統當中，將是本專題研究之最主要目的。

1.3 研究方法

利用一些所學過的電子學、量度、線性控制系統、伺服控制課程所學過的知識來製作一個伺服定位控制的模型，並推導出其詳細方塊圖與參數。利用兩個電位計，一個用來當作參考輸入，另一個則是當作回授的檢測器。再加上電子電路與馬達的組合來完成此專題研究計畫。

第二章 實驗原理

2.1 伺服控制理論

「伺服機構系統」源自 Servomechanism System，是指經由閉迴路控制方式達到一個機械系統位置、速度、或加速度控制的系統。一個伺服系統的構成通常包含受控體(Plant)、致動器(Actuator)、控制器(Controller)等幾個部分，受控體是指被控制的物體，例如一個機械手臂，或是一個機械工作平台。致動器的功能在於主要提供受控體的動力，可能以氣壓、油壓、或是電力驅動的方式呈現，若是採用油壓驅動方式，一般稱之為油壓伺服系統。目前絕大多數的伺服系統採用電力驅動方式，致動器包含了馬達與功率放大器，特別設計應用於伺服系統的馬達稱之為伺服馬達(Servo Motor)，通常內含位置回授裝置，如光電編碼器(Optical Encoder)或是解角器(Resolver)，目前主要應用於工業界的伺服馬達包括直流伺服馬達、永磁交流伺服馬達、與感應交流伺服馬達，其中又以永磁交流伺服馬達佔絕大多數。控制器的功能在於提供整個伺服系統的閉路控制，如扭矩控制、速度控制、與位置控制等。目前一般工業用伺服驅動器(Servo Drive)通常包含了控制器與功率放大器。[1]如圖2.1 即為一個簡單的伺服控制的方塊圖：

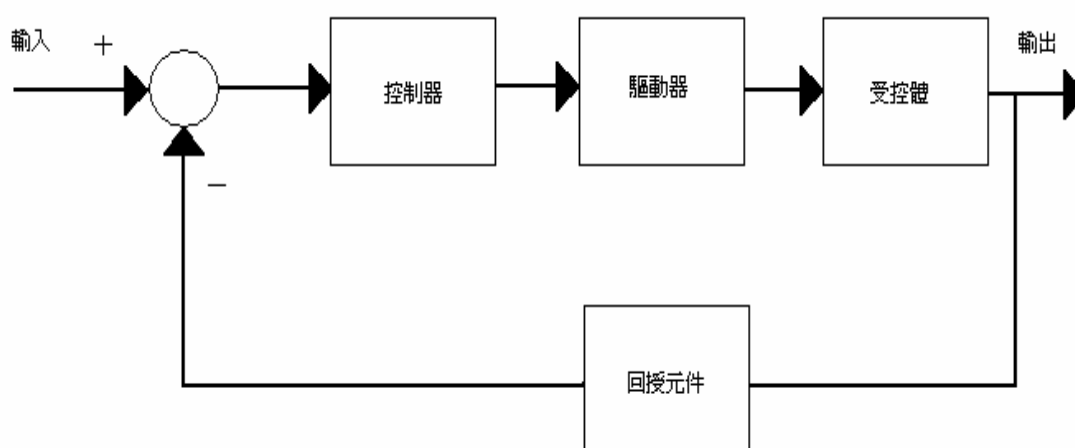


圖2.1 伺服系統方塊圖

2.2 伺服機構定位控制原理

如下圖2.2 為一伺服定位控制的示意圖，利用差動放大器電壓正端的設定點（Set Point）於電位計的電壓改變與旋轉式電位計的電壓差來驅動電路，當差動輸出電壓不為零時，馬達旋轉帶動了齒輪使的齒條左右的移動，此時，與馬達安裝於同軸的旋轉電位計也跟著旋轉，當然回授電壓（旋轉式電位計電壓）也跟著改變，直到設定電壓與回授電壓值相等時，馬達停止，齒條也定位於相對位置。此系統的方塊圖可以依圖2.1 改寫為如圖2.3，則各方塊係數將於後面章節在予以計算。

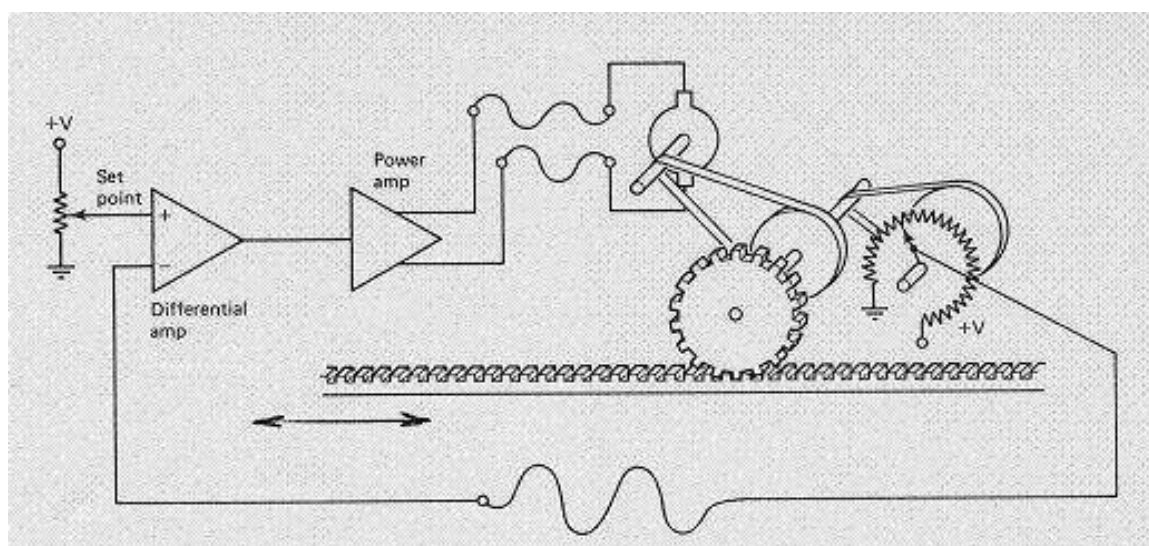


圖2.2 伺服機構定位控制的示意圖

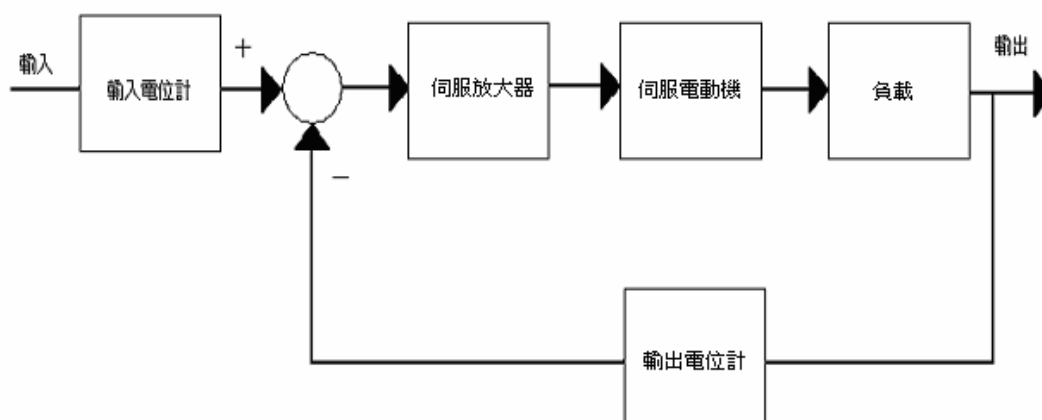


圖2.3 伺服機構定位控制方塊圖

2.3 直流馬達數學模型

圖2.4為直流馬達等效電路簡圖，其中，

V_i = 輸入電壓

i_a = 電樞電流

R_a = 電樞電阻

T_g = 轉矩

L_a = 電樞電感

E_b = 反電動勢

ϕ = 空氣隙磁通量

ω = 轉子角速度

B = 黏滯摩擦係數

J = 轉動慣量

θ = 轉子角位移

K_e = 反電動勢常數

K_t = 轉矩常數

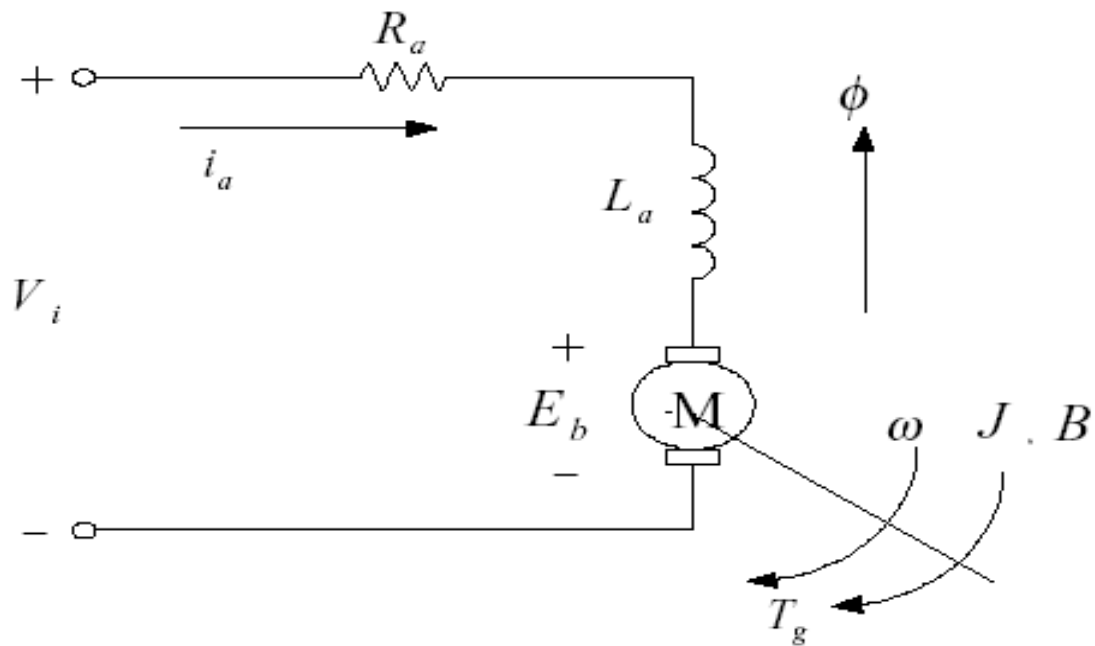


圖2.4 直流馬達等效電路簡圖

從電路觀點來看圖2.4，利用克希荷夫電壓定律可得到馬達的電氣方程式，

公式如下：

$$R_a(t) * i_a(t) + L_a * \frac{di_a}{dt} + E_b(t) = V_t \quad (2.1)$$

由於反電動勢 E_b 與轉軸的角速度 $\omega(t)$ 及空氣隙磁通量 ϕ 之乘積成正比，即

$$E_b(t) = K_m \phi \omega(t) = K_e \omega(t) = K_e \frac{d\theta(t)}{dt} \quad (2.2)$$

又因為轉矩的方程式為

$$T_g = B\omega(t) + J \frac{d\omega(t)}{dt} = B \frac{d\theta(t)}{dt} + J \frac{d^2\theta}{dt^2} \quad (2.3)$$

且馬達轉矩 T_g 與電樞電流 $i_a(t)$ 及空氣隙磁通量 ϕ 乘積成正比，即

$$T_g = K_a \phi i_a(t) = K_t i_a(t) \quad (2.4)$$

取(2.1)~(2.4)式之拉氏轉換，得

$$V_i(s) = R_a I(s) + L_a s I(s) + E_b(s) \quad (2.5)$$

$$E_b(s) = K_e \Omega(s) = K_e s \theta(s) \quad (2.6)$$

$$T_g(s) = B\Omega(s) + Js\Omega(s) = Bs\theta(s) + Js^2\theta(s) \quad (2.7)$$

$$T_g(s) = K_t I_a(s) \quad (2.8)$$

則馬達輸入電流與轉速為

$$I_a(s) = \frac{V_i(s) - E_b(s)}{R_a + sL_a} = \frac{(V_i(s) - E_b(s)) / R_a}{1 + \tau_e s} \quad (2.9)$$

$$\Omega(s) = \frac{T_g(s)}{B + sJ} = \frac{T_g(s) / B}{1 + \tau_m s} \quad (2.10)$$

其中，

$$\tau_e = \frac{L_a}{R_a} \quad \text{為電樞電流的電氣時間常數}$$

$$\tau_m = \frac{J}{B} \quad \text{為馬達轉動的機械時間常數}$$

直流馬達轉速對輸入電壓的轉移函數為

$$\frac{\Omega(s)}{V_i(s)} = \frac{K_t}{(L_a s + R_a s)(J s + B) K_t K_e} = \frac{K_t}{R_a B(1 + \tau_\theta s)(1 + \tau_m s) + K_t K_e} \quad (2.11)$$

其方塊圖如下[2]：

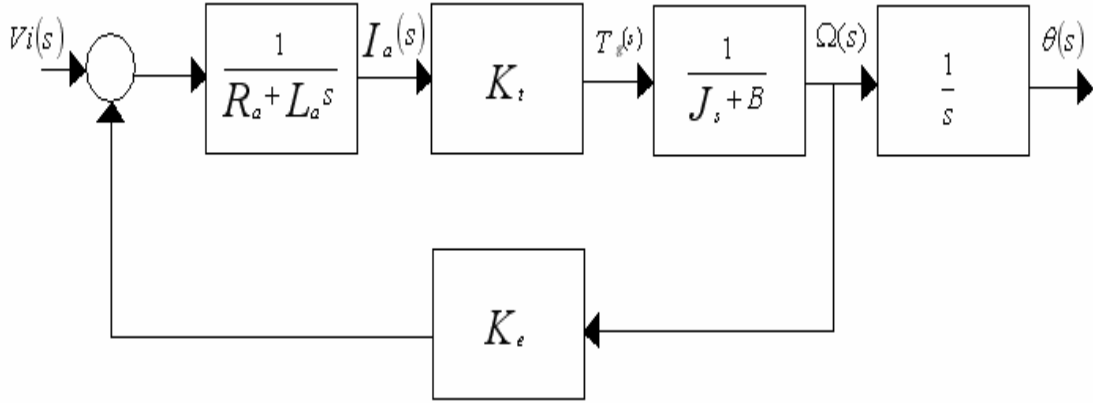


圖2.5 直流馬達數學模型方塊圖

然而，在一般情況，電樞電感很小，所以 τ_e 可以忽略不計，因此上式成為一階落後方程式。

$$\frac{\Omega(s)}{V_i(s)} = \frac{K_t}{R_a B(1 + \tau_m s) + K_t K_e} = \frac{K_m}{1 + s T_m} \quad (2.12)$$

其中

$$T_m = \frac{R_a B \tau_m}{R_a B + K_t K_e}, \quad K_m = \frac{K_t}{R_a B + K_t K_e} \quad (2.13)$$

則直流馬達旋轉位移對輸入電壓的轉移函數如下：

$$\frac{\theta(s)}{V_i(s)} = \frac{1/s \Omega(s)}{V_i(s)} = \frac{K_m}{s(1 + s T_m)} \quad (2.14)$$

所以儘簡後的直流馬達數學模型可用圖2.6表示，

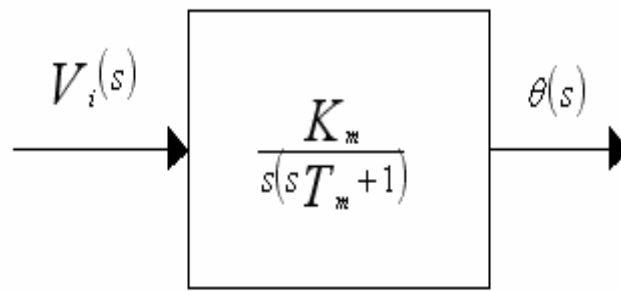


圖2.6 簡化後直流馬達方塊圖

2.4 儀表放大器放大倍率推導

如圖2.3為一儀表放大器之構造圖，其中，

I_A 、 I_B 、 I_C = 流過該元件之電流，

R_1 、 R_2 、 R_A 、 R_B = 電阻，

V_1 、 V_2 、 V_{o1} 、 V_{o2} 、 V_{o3} = 各點電壓，

OP1、OP2、OP3 = 放大器，

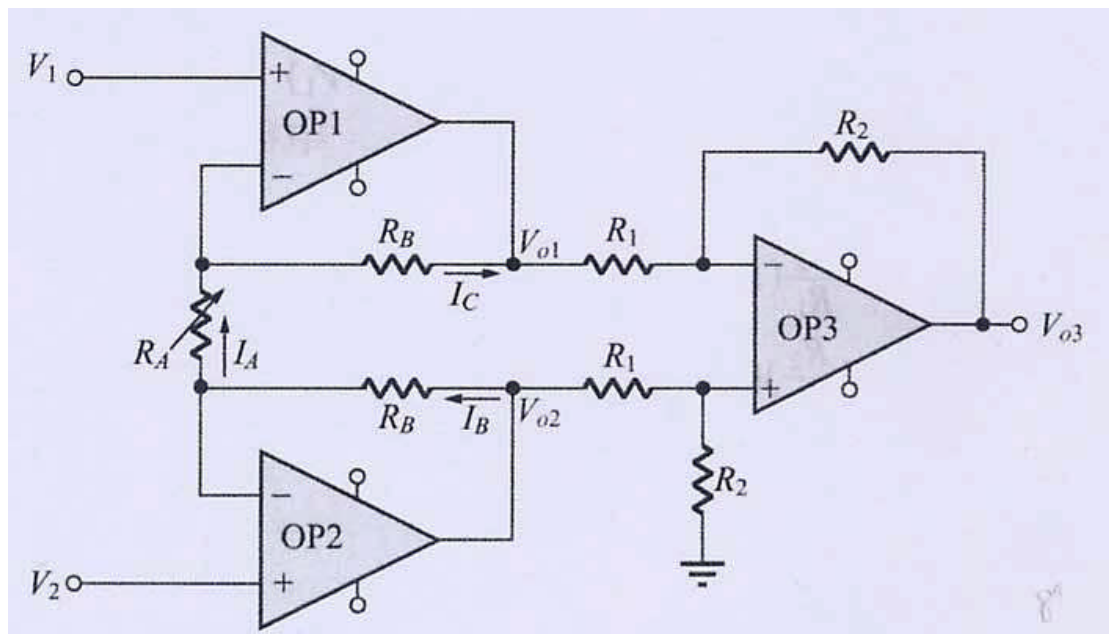


圖2.7 儀表放大器基本電路

已知OP3是一個差動放大器，則可得電壓 V_{o3}

$$V_{o3} = \frac{R_2}{R_1}(V_{o2} - V_{o1}) \quad (2.15)$$

因此只要找出 $V_2 - V_1$ 和 $V_{o2} - V_{o1}$ 的關係，即可得知整個儀表放大器的放大倍率，

$$A_v = \frac{V_{o3}}{V_2 - V_1} \quad (2.16)$$

因為OP1、OP2都有 R_B 從其輸入拉回“－”端輸入，故有負回授，因此有虛接地

$V_{(-)} = V_{(+)}$ ，又因輸入阻抗（“－”端和“＋”端）為無限大，則 $I_{(-)} = I_{(+)} = 0$ ，

所以 $I_B = I_A$ ， $I_C = I_A$ ， $I_B = I_C$ 則再由簡單歐姆定律解出 I_A 、 I_B 、 I_C ，

$$I_B = \frac{V_{o2} - V_{(-)}}{R_B} = \frac{V_{o2} - V_2}{R_B} \quad (2.17)$$

$$I_C = \frac{V_{(-)} - V_{o1}}{R_B} = \frac{V_1 - V_{o1}}{R_B} \quad (2.18)$$

$$I_A = \frac{(OP2的V_{(-)}) - (OP1的V_{(-)})}{R_A} = \frac{V_2 - V_1}{R_A} \quad (2.19)$$

且 $V_{o2} = I_B R_B + V_2$ ， $V_{o1} = -I_C R_B + V_1$ ，兩式相減可得

$$\begin{aligned} (V_{o2} - V_{o1}) &= (I_B R_B + V_2) - (-I_C R_B + V_1) \\ &= (I_B + I_C) R_B + (V_2 - V_1) \\ &= 2I_A R_B + (V_2 - V_1) \\ &= \frac{2(V_2 - V_1)}{R_A} * R_B (V_2 - V_1) \end{aligned}$$

$$= \left(1 + \frac{2R_B}{R_A}\right)(V_2 - V_1) \quad (2.20)$$

由(2.20)式代入(2.15)式

$$V_{o3} = \frac{R_2}{R_1}(V_{o2} - V_{o1}) = \left(\frac{R_2}{R_1}\right)\left(1 + \frac{2R_B}{R_A}\right)(V_2 - V_1) \quad (2.21)$$

將(2.21)式右項 $(V_2 - V_1)$ 除至左項則可得到儀表放大器增益如下式[3]：

$$A_v = \frac{V_{o3}}{V_2 - V_1} = \left(\frac{R_2}{R_1}\right)\left(1 + \frac{2R_B}{R_A}\right) \quad (2.22)$$

第三章 硬體功能說明

3.1 位移

具分向性的距離變化稱為位移。然而依變化量的不同又可分為：

1. 線位移：具方向性的長度變化，可用來描述當物體在直線運動時的位移。
2. 角位移：具方向性的角度變化，可用來描述當物體在作圓周運動時的角變化量。[4]

3.2 線性位移感測器

3.2.1 直線型電位計

電位計其實就是可變電阻器，當電阻兩端加上一電源其輸入電壓為 V_{in} ，由碳刷在電阻器不同位置量測出輸出電壓 V_{out} ，此即分壓電路。圖3.1 即為線性電位計之示意圖其中 V_{in} 與 V_{out} 之關係為[4]

$$V_{out} = \frac{R_b}{R_a + R_b} V_{in} \quad (3.1)$$

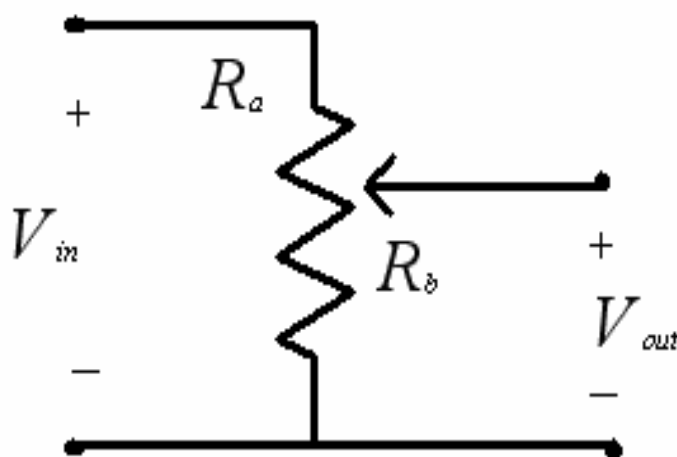


圖3.1 直線電位計

表3.1 與圖3.2 為系統使用之直線型電位計其規格與實體圖：

表3.1 直線型電位計規格

| 直線型電位計 LWH-225 |
|----------------------------|
| 電阻值： 5K Ω |
| 電阻長度： 22.5 公分 |
| 最高解析度： 0.01mm |
| 使用最快速度： 10ms ⁻¹ |



圖3.2 直線型電位計實體圖

3.2.2 角度電位計

角度電位計（如圖3.3），又可稱為旋轉式電位計，此結構是將電阻絲繞成圓形(可繞成單圈或數圈)，當電阻兩端給予一激勵電壓後，經碳刷所做成的滑帶在電阻絲上滑動，形成之分壓電路。當待測物帶動滑帶，於不同旋轉角度(θ)下量測出不同的電壓，而由此輸出電壓可得知待測物之角位移量，其輸入與輸出關係式為[4]

$$V_{out} = \frac{R_b}{R_a + R_b} V_{in} \quad (3.2)$$

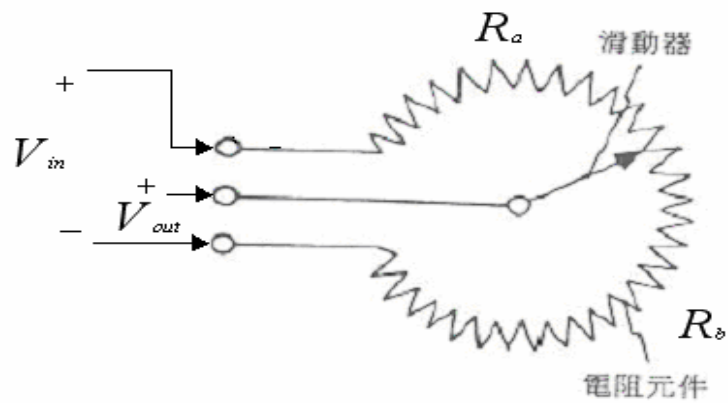


圖3.3 旋轉式電位計

表3.2與圖3.4為系統應用之旋轉式電位計其規格與實體圖

表 3.2 旋轉式電位計規格

| 旋轉式電位計22HP-10-5K | |
|------------------|-------------|
| 電阻值： | 5K Ω |
| 誤差值： | $\pm 5\%$ |
| 電組圈數： | 10 圈 |
| 功率消耗： | 2W |



圖3.4 旋轉式電位計實體圖

3.4 儀表放大器(AD620)

圖3.5為AD620的接腳圖，其接腳功能與一般的OP741 運算放大器的接法大致相同，其中AD620之各接腳之說明如下表3.3所示。表3.4為AD620之規格特性。

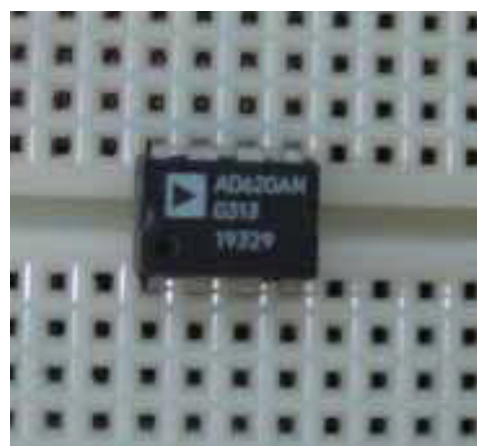
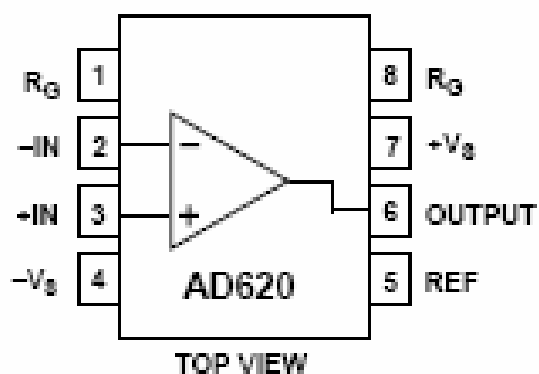


圖3.5 AD620 接腳圖

表3.3 AD620功能簡介

| 腳位 | 腳位名稱 | 功能簡介 |
|--------|--------------|-------------------|
| 1 8 | R_G | 外接電阻用來調整放大之 倍率 |
| 2 | V_{in}^{-} | 差動輸入之負端 |
| 3 | V_{in}^{+} | 差動輸入之正端 |
| 4 | V_s^{-} | 電源供應器提供之負電壓 |
| 6 | V_{out} | 放大後之輸出電壓 |
| 7 | V_s^{+} | 電源供應器提供之正電壓 |

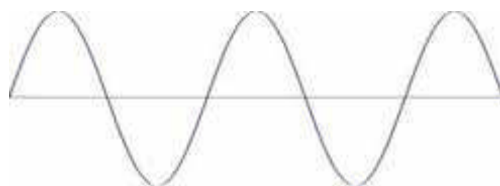
表3.4 AD620 規格特性說明

| 項目 | 規格特性 | 備註 |
|--------|-----------------------------------|--------------------|
| 增益計算公式 | $G = 1 + \frac{4.94k\Omega}{R_G}$ | |
| 增益範圍 | 1~1000 | 只需外加一個電阻即可設定電壓增益 |
| 電源供應範圍 | $\pm 2.3V \sim \pm 18V$ | |
| 低耗電量 | 可提供最大電流為 1.3mA | 可用電池驅動，方便應用於可攜式器材中 |

3.4 電源供應系統

3.4.1 整流器

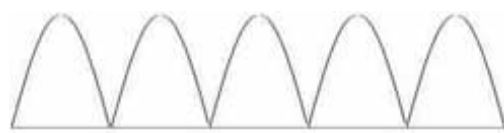
整流器是應用二極體將交流電轉換為直流電。依整流器導通的情形，可分類為半波整流與全波整流，前者只有正或負的訊號可以通過，後者則無論正負都可通過，但正、負訊號其中有一者將會以反相形式通過，如圖3.6所示。



(a) 輸入整流器波形



(b) 半波整流器輸出波形



(c) 全波整流器輸出波形

圖3.6 半波整流與全波整流

半波整流器主要是由一個變壓器和一個單向導通的二極體(Diode)構成，其中變壓器用來改變交流電壓的大小，而二極體則可被視為開關(Switch)，當二極體加上順向偏壓時，允許電流通過，猶如開關被閉合(On)；相反地，當二極體被加上逆向電壓時，不允許電流通過，猶如開關被打開(Off)。因此交流訊號只有一半的週期可以通過二極體，另外一半週期則二極體不導通，如圖3.7所示，其中輸出圖形為輸出之正負訊號的合成圖。

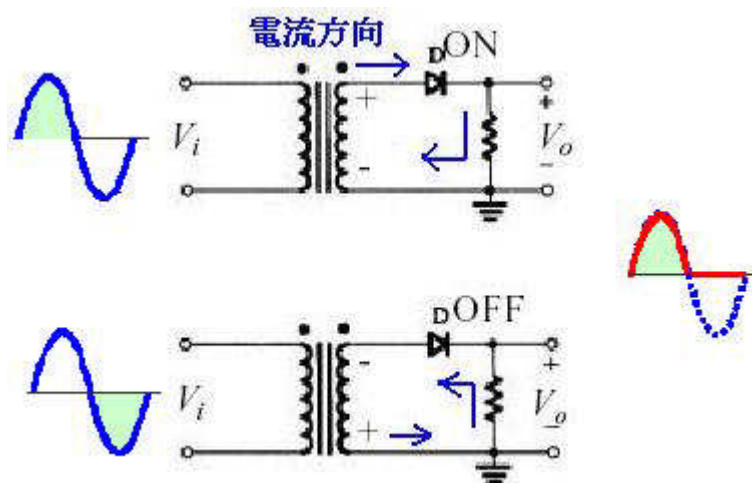


圖3.7 半波整流器正負週期導通情形與輸出圖形

半波整流器有半週期是不導通的，而全波整流器是利用另一路徑將不導通的半週期也導通。一般最常用的是橋式整流電路，如圖3.8所示，該電路使用了四個二極體，在正週期時，D1、D2 導通，D3 與D4 不導通，負週期時則D1、D2不導通，D3 與D4 導通； V_o 為電壓輸出端，由於通過之 V_o 電阻其電流方向相同，故輸出電壓保持相同符號。

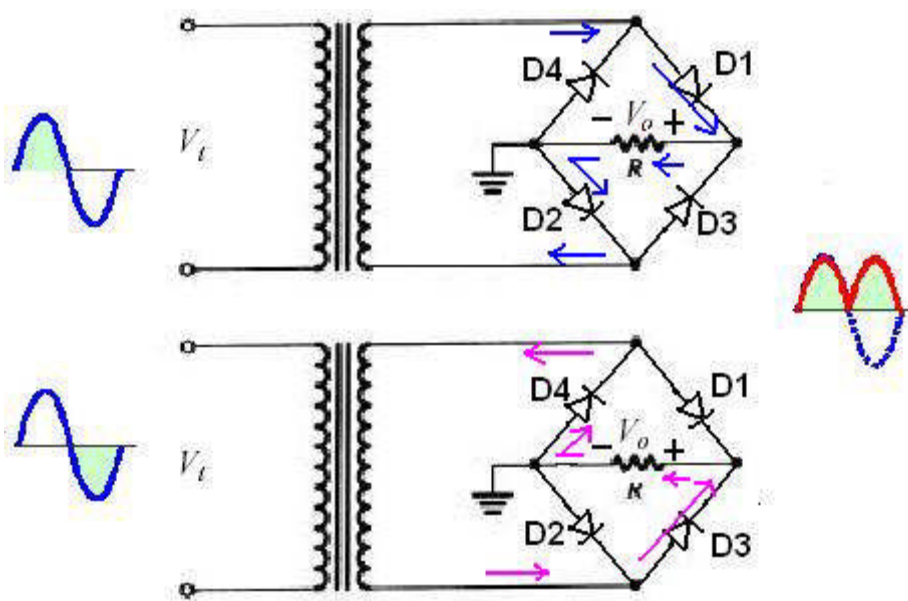


圖3.8 全波整流器與輸出波形

3.4.2 加上濾波電容器之整流電路

無論半波或全波整流，雖然輸出電壓是直流的形式，但並非良好的直流，而是週期性的「脈動直流」，其脈動成份稱為「漣波(Ripple)」。多數電子元件都不希望在有脈動的工作電壓下運作，因此我們必須設法減小輸出之脈動，以供應平穩之直流電壓。

圖3.9 為一簡易之加上濾波電容器半波整流電路，當通電時 V_{in} 不但通過二極體D，同時亦對電容器C(Capacitor)充電，當電容器充電至最大值 E_m ，電壓開始下降，並對負載 R_L 放電，負載 R_L 之電能由電容器C供給，並一直循環到下個週期，如圖3.10 所示之充電流程。

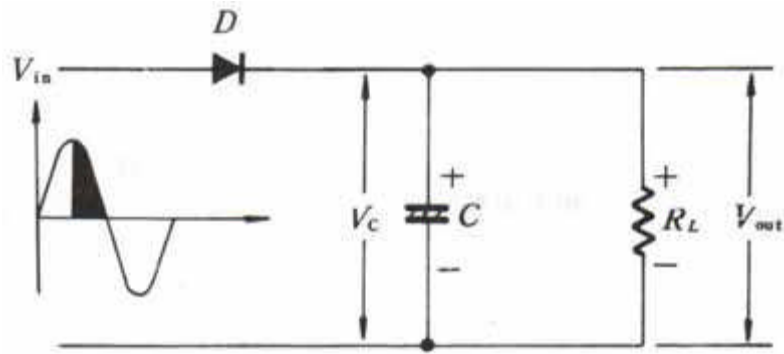


圖3.9 有濾波電容器之半波整流電路

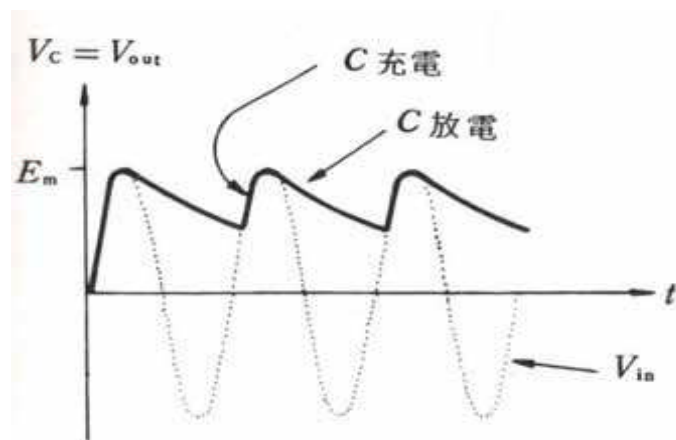


圖3.10 電容充電流程

電容器之容量越大，所能儲存之電荷越多，放電時電壓下降較小；反之，選擇較小的電容器，則電壓下降的較多，如圖3.11所示，電容的選用對輸出波形有很大的影響，因此電容器在濾波效果上扮演重要的角色。[5]

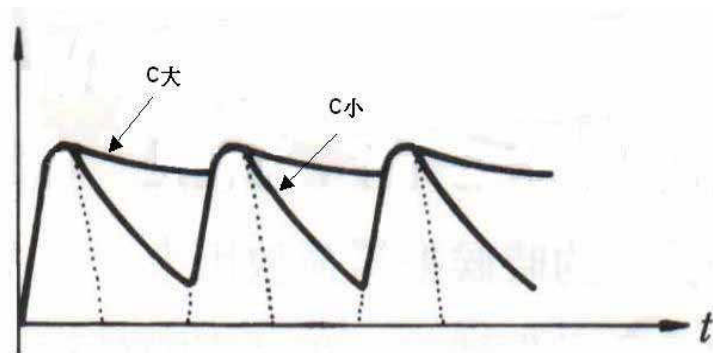


圖3.11 電容器選擇對波形影響

3.5 伺服機構定位控制參數推導

在第二章有介紹過伺服機構定位控制系統的方塊圖（圖2.1），但是沒有介紹各方塊之參數。在第三章了解各個硬體設備之後，即能推導出各方塊之參數。假設各個方塊參數如圖3.12 所示

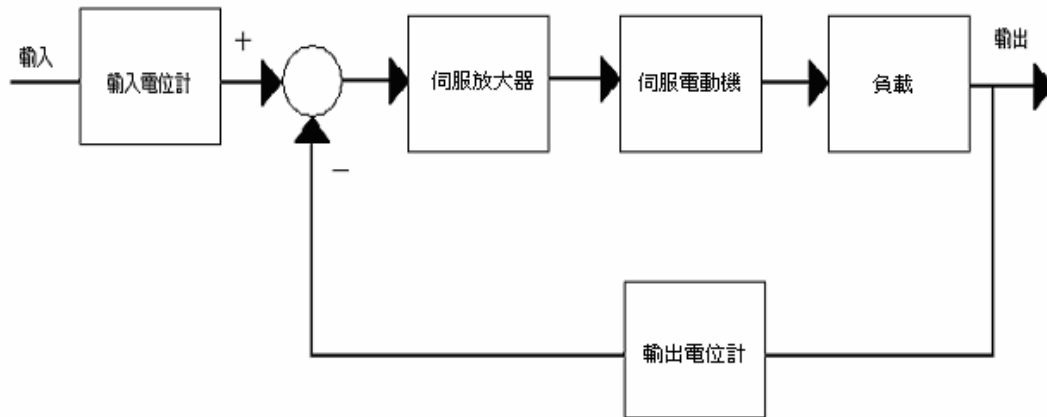


圖3.12 機械伺服定位控制方塊圖

X = 移動直線型電位計之距離

θ = 馬達旋轉之角度

e_1 = 直線型電位計改變之電壓

e_2 = 旋轉式電位計改變之電壓

$E = e_1 - e_2$

K_1 、 K_2 、 K_p = 待推導係數

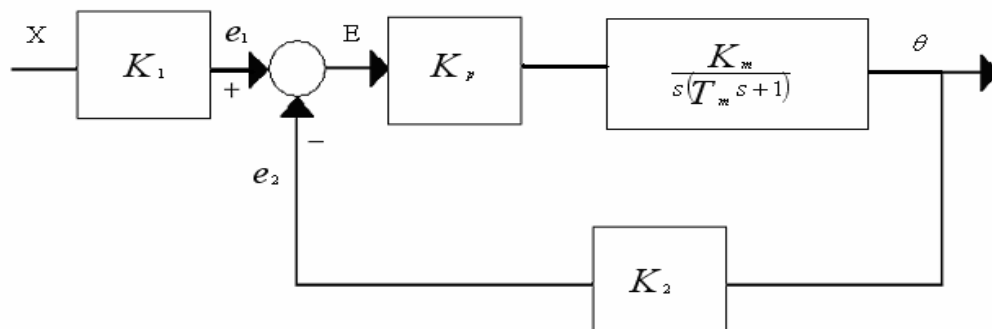


圖3.13 伺服機構定位控制參數示意圖

因為直線型電位計長度為22.5公分，而提供兩端電壓差為10V。所以假設當直線型電位計移動X之距離，其改變電壓之關係為：

$$\frac{X}{22.5} = \frac{e_1}{10} \Rightarrow e_1 = \frac{10}{22.5} X \quad (3.3)$$

$$\text{所以 } K_1 = \frac{10}{22.5} ;$$

同理旋轉式電位計圈數為10圈，兩端提供電壓為12V。所以假設當旋轉式電位計旋轉 θ 角，與旋轉式電位計改變之電壓關係為：

$$\frac{\theta}{10 * 360} = \frac{e_2}{12} \Rightarrow e_2 = \frac{12}{3600} \theta \quad (3.4)$$

$$\text{所以 } K_2 = \frac{12}{3600} ;$$

則 K_p 參數為儀表放大器之放大倍率為：

$$K_p = 1 + \frac{49.4}{32.9} = 2.501 \quad (3.5)$$

第四章 實驗內容

4.1 電源供應器製作

此專題中所有電路及硬體設備所需的電源是利用了交流電源110V/60Hz 經由 PT-24 變壓器，採用中間抽頭全波整流電路的方法，先把110/60Hz 交流電壓降為24V 之AC 交流電，經橋式整流器和選擇適當的電容進行濾波後形成直流電，再以穩壓IC(78XX、79XX)將輸入電壓調整為更精確的電壓；我們再依各個電路所需之不同電壓製作多組變壓電路；圖4.1 為電源供應器製作之步驟與各階段之波形，而圖4.2 為電源供應器製作之電路。[6]

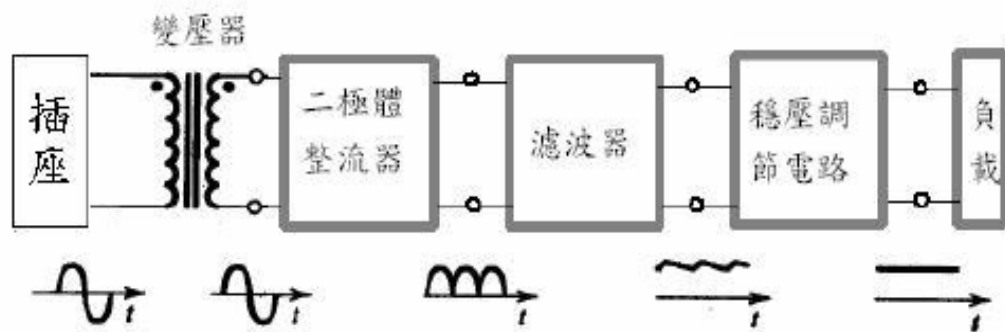


圖4.1 電源供應器之示意圖與每步驟輸出之波形

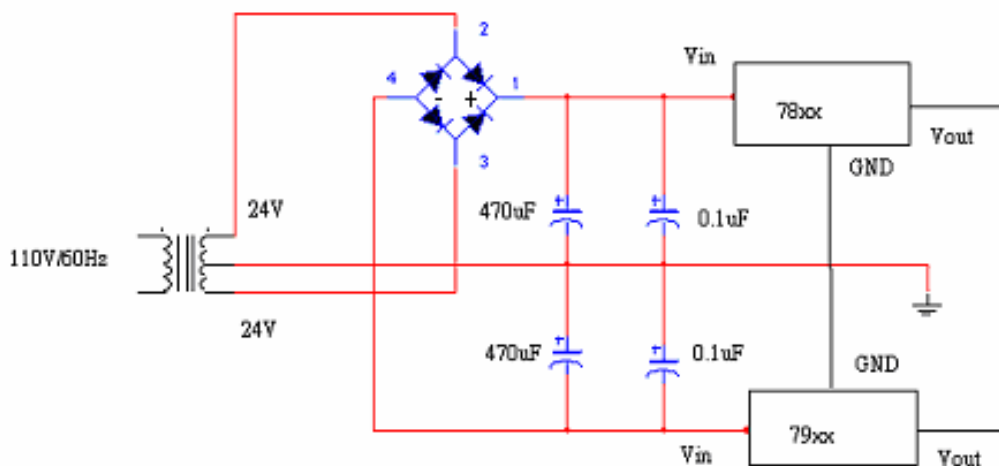


圖4.2 電源供應器電路圖

表4.1 電路使用之電源

| 直流電壓源 | 電路元件 | 提供電路 |
|-----------|-----------------------|------------|
| $\pm 15V$ | 分別使用7815、7915搭 配電容 | 儀表放大器電源電壓 |
| $\pm 12V$ | 分別使用7812、7912 搭配 | 伺服馬達電源電壓 |
| $\pm 6V$ | 分別使用7806、7906 搭配 | 旋轉式電位計電源電壓 |
| $\pm 5V$ | 分別使用7805、7905 搭 配 | 直線型電位計電源電壓 |

4.2 基本訊號放大電路說明與測試

圖4.3 為AD620 電壓放大電路圖，其中電阻 R_G 根據所要的放大倍率求得，整個電路相當簡單，接下來將介紹一下實際測試的情形。首先，由增益公式可以計算出放大2.5倍所要使用的電阻為49.9k Ω ，所以串接了2電阻得一電阻值為49.5K Ω 如圖4.4，再將電路接好如圖4.5，由電源供應器輸入外加實際電壓(V_{in})為.007V，最後我們得到放大後的輸出電壓為2.016約為輸入電壓的2倍，測試結果如圖4.6。[7]

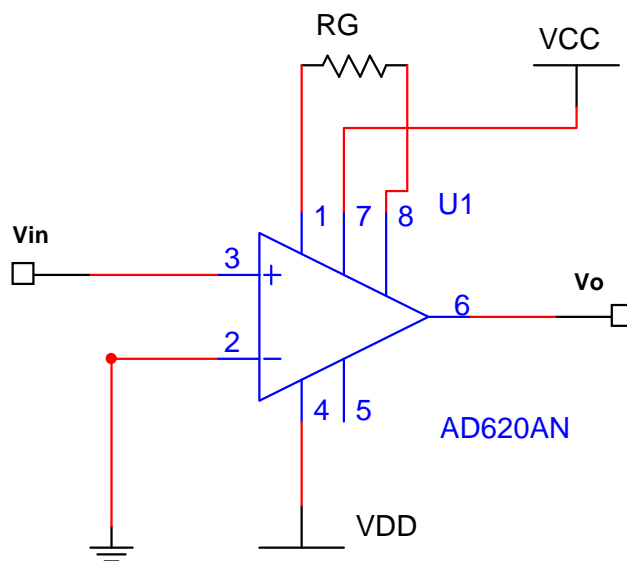


圖4.3 AD620 實驗接法圖



圖4.4 R_G 電阻值

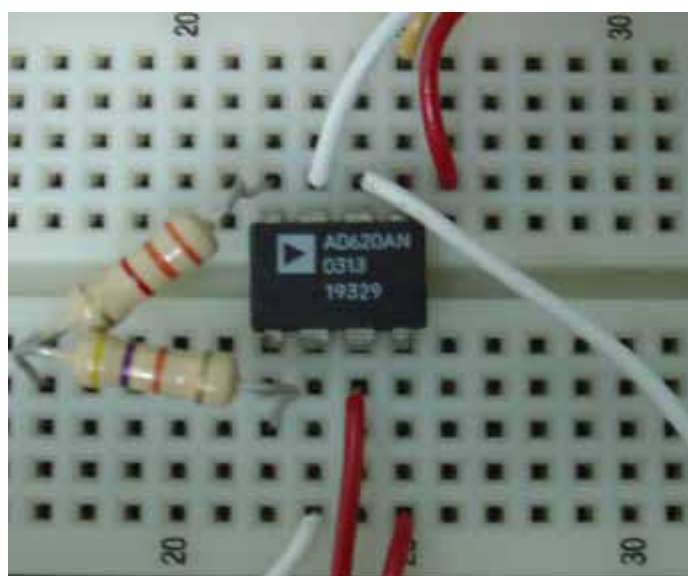


圖4.5 AD620 對1.007V 電壓放大實驗測試圖



圖4.6 輸出電壓值與示波器量測圖形

4.3 驅動電路製作

為了使馬達能夠正、逆轉控制，製作一雙電源驅動電路如圖4.7 所示，利用一對互補型電晶體，即一個TIPC41和SB435，此電路是比較A點與接地點之電壓來選擇電晶體是否導通。當A點電壓為正值時，TIPC41導通，SB435 截止，使馬達正轉；當A點電壓為負值時，SB435導通，TIPC41截止。也就是說電晶體在此電路中扮演著開關的角色。

此外，若考慮電晶體BE 間的電壓，則電路會出現約 $\pm 0.6V$ 的不敏感帶（Dead Band），即電晶體的 V_o 對 V_{in} 間的關係如圖4.8；假使 V_{in} 電壓為正弦波，則變成如圖4.9。為改善這種缺失，利用兩個二極體接在電路上，如圖4.7，用來補償電晶體B E間的壓降。除此之外，外加兩個 1Ω 極小電阻是用來補償兩個電晶體間的不匹配及保護避免由輸入、輸出及由溫度差所造成的熱跑脫（Thermal Runaway）[8][9]，

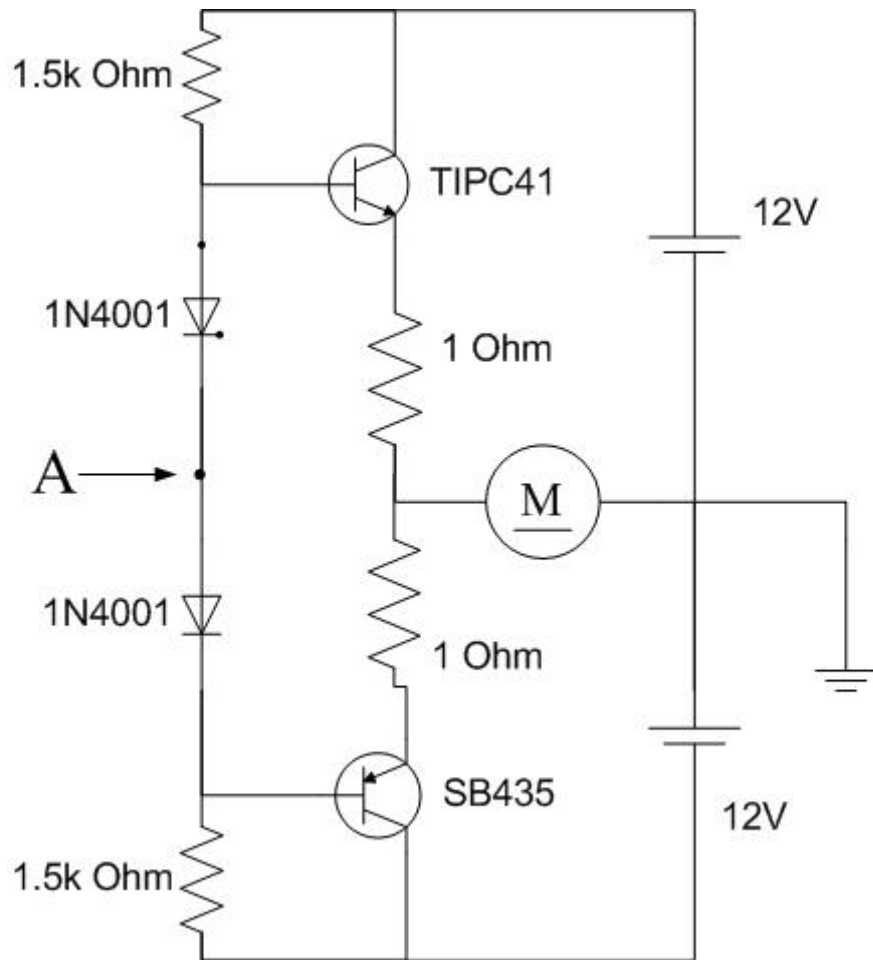


圖4.7 馬達驅動電路

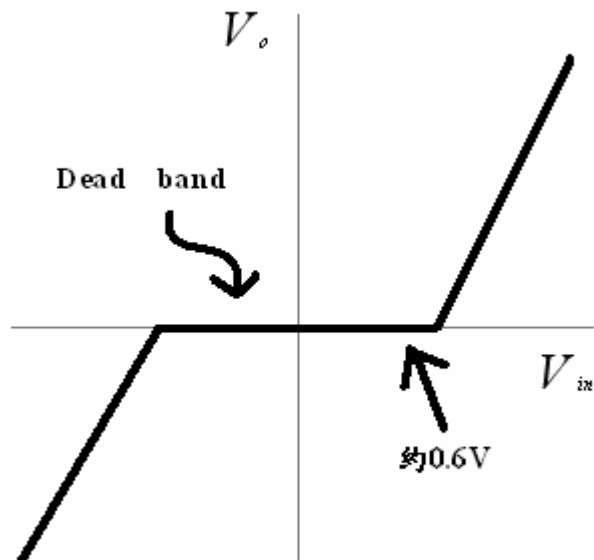


圖4.8 呈現不敏感帶的轉移函數

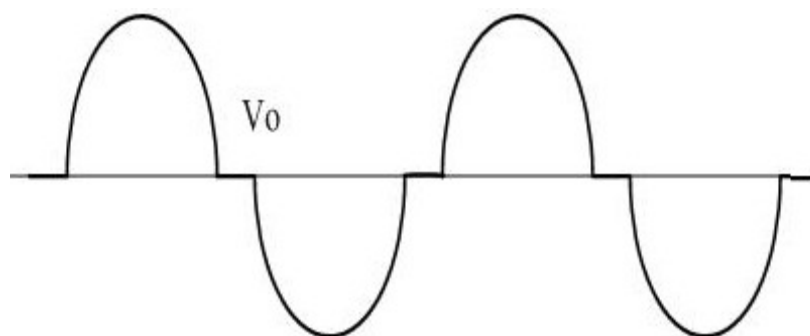


圖4.9 輸出電壓波形

4.4 加上放大電壓增益電路之驅動器

將圖4.7馬達驅動電路之電路接上儀表放大器即可完成一個以 V^+ 和 V^- 兩電壓比較之差動放大驅動電路，使得利用小電壓差即能表現出馬達正逆轉的現象，此放大電壓增益電路驅動器之電路如圖4.10所示：

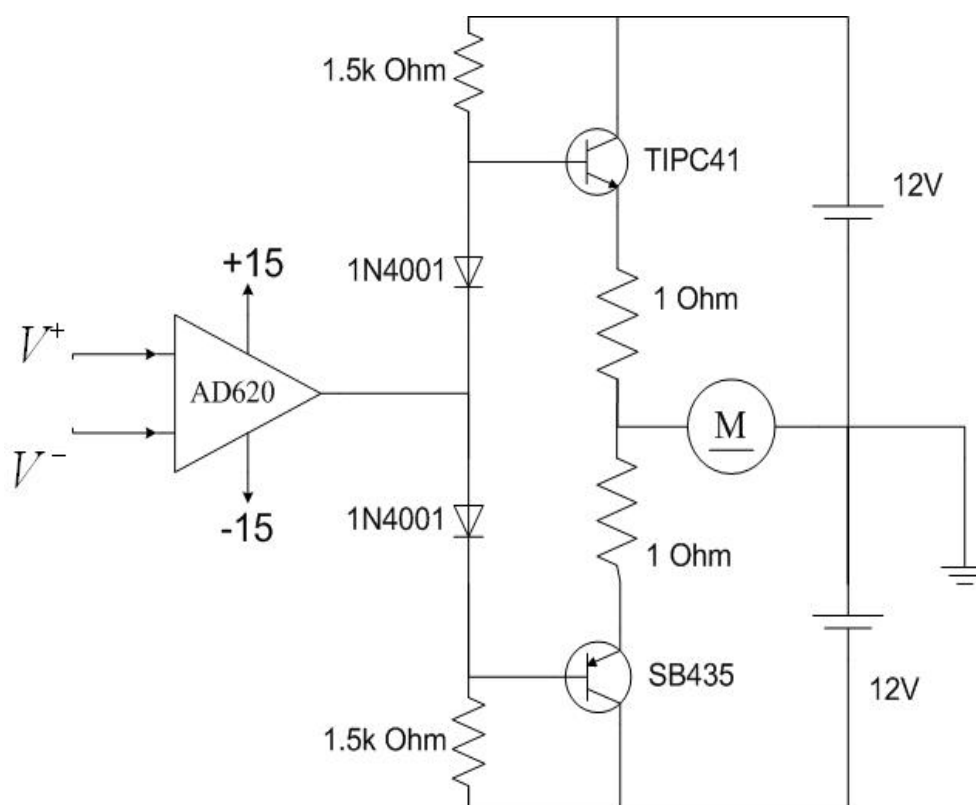


圖4.10 加上放大電路增益電路驅動器

4.5 完整電路實現

將電源電路與馬達驅動電路實際焊接於同一塊板子上面，如下圖4.11所示，

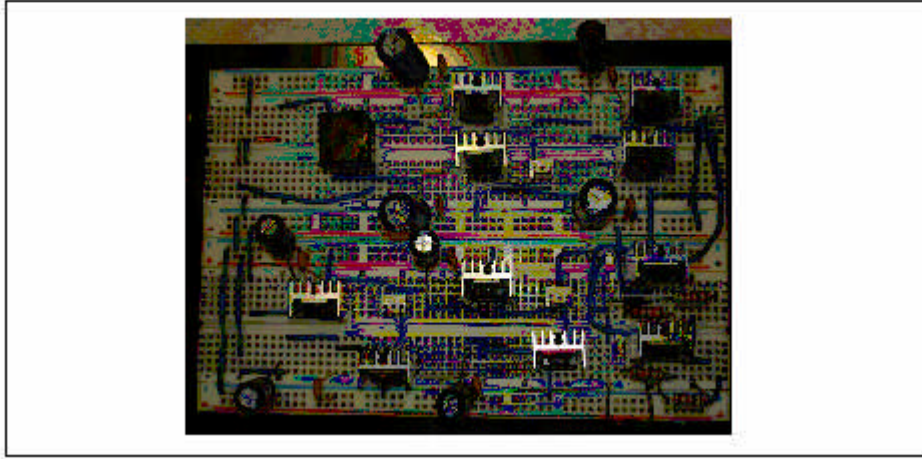


圖4.11 電源電路與馬達驅動電路

將馬達連接上齒輪與旋轉電位計，並將馬達安裝於事前製作的木板上，再將連接圖4.11之電路及作成一組位置控制之模型，如圖4.12：

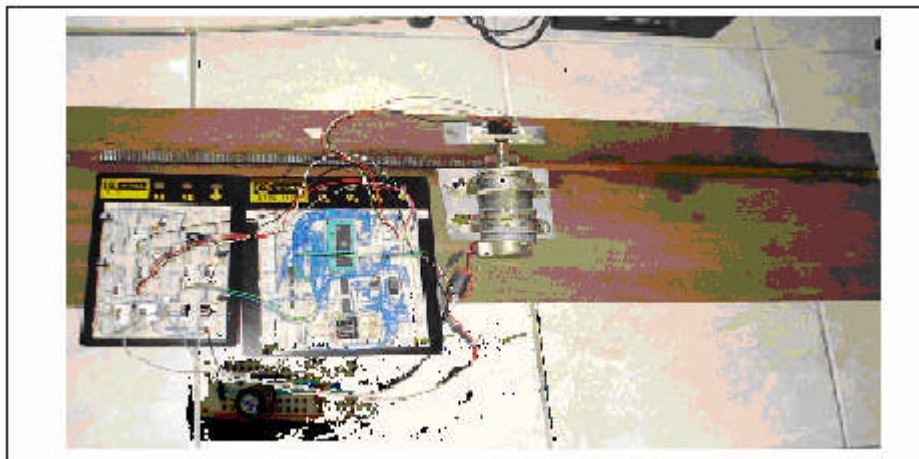


圖4.12 伺服機構定位控制模型

第五章 結論

5.1 問題討論

在實作過程中，往往因為細節上的疏忽，使得系統一直無法成功作動。因此吾人根據本次專題之實作經驗提出一些值得注意的地方，以免後人重蹈覆轍。

1. 在電源電路中的濾波電路部分，需留意電容是否可容許足夠大的電壓值。

本實驗最好選用35V以上的電容較為適當；且其也有正、負極之分，如接錯的話將發生電容爆裂之情形。

2. 穩壓IC 78、79兩種系列雖同為三支接腳，但其順序卻不相同，輸入電壓也有一定範圍，請參考資料手冊來使用。

3. 馬達驅動電路中，由於通過TIP41、SB435兩顆電晶體的電流過大，不僅造成熱跑脫還會使其效能馬上停擺，而使輸出電壓無法隨意改變。所以需適當增加射極電阻大小，以避免上述情形發生。

4. 使用3.5mm接線時需注意其接頭是否有鬆動、斷路情形之發生。

另外，本次實驗也有些需要改進的地方：

1. 鏈條軌道所產生的誤差：由於軌道在製作上不能做到非常的光滑，而使得摩擦力過大導致誤差的產生。

2. 負載過大：由於齒輪的尺條是由金屬製造，加重了馬達的負載造成位移上的誤差。

3. 回授信號的來源：其實信號的回授不應來自於與馬達同軸的旋轉式電位計，因為這樣並無法確實測得鏈條的位置。

5.2 未來研究方向

這次專題研究原是將系統的類比訊號輸入部分，用單晶片微電腦為介面改成數位式的輸入方式，但沒想到在實作上卻碰到許多困難，以致無法及時完成，不過理論上確實可行，因此未來可繼續朝此一方向發展，以符合數位時代的潮流。

參考文獻

- [1] 杜光宗，伺服技術入門，建宏出版社，中華民國80年5月
- [2] 許中平、黃煌嘉，直流電動機控制電路設計，全華科技圖書股份有限公司，民75。
- [3] 盧明智、黃敏祥，OP Amp 應用+實驗模擬，全華科技圖書股份有限公司，民83。
- [4] 楊善國，感測與量度工程，全華科技圖書股份有限公司，中華民國92年4月。
- [5] 無線電界雜誌社編輯部，直流電源供應器的原理與設計（DC Power Supply Circuit Designs），無線電界雜誌社，中華民國79年9月。
- [6] 蔡朝洋編著，電子學實驗，全華科技圖書股份有限公司，2002
- [7] 張文恭、江昭皚譯，運算放大器原理與應用，儒林圖書有限公司，民90年3月
- [8] 陳文耀，電動機控制工程，復文書局，2002年3月。
- [9] 曾恆偉/林浩雄 合譯，微電子電路(上)，台北圖書有限公司，民國88年。