

臺北市立大安高級工業職業學校

電子科專題報告

平衡球

Ball-Plate

學生

組長：黃柏愷

組員：陳郁瑜

組員：黃允宸

組員：黃彥翔

指導老師：林家德老師

中華民國 107 年 11 月

## 中文摘要

在這個科技發展的時代，機器輔助人類生活的機會越來越多，因此在系統控制的穩定性及準確性變得更加重要，而 PID 控制器是一個可以根據歷史數據及誤差來調整輸入值，使系統更加準確而穩定，現今 PID 控制器的運用廣泛，在許多的方面都可以看到它的蹤跡，例如：溫度控制、速度控制、位置控制……等。「PID（比例微積分）控制為業界最常見的控制演算法，是受到廣泛認可的一種工業控制做法。」這顯示出 PID 對我們現代的生活有多麼重要。

關鍵字:Arduino、PID 控制器

## 英文摘要

In this era of technological development, there are more and more opportunities for machine-assisted human life, so the stability and accuracy of system control become more important, and the PID controller is an adjustable input value based on historical data and error. To make the system more accurate and stable, today's PID controllers are widely used, and can be seen in many aspects, such as: temperature control, speed control, position control, etc. "PID (proportional calculus) control is the industry's most common control algorithm and is widely recognized as an industrial

Keywords: Arduino, PID controller

# 目錄

中文摘要	II
英文摘要	III
目錄	IV
圖目錄	V
第 1 章 前言	6
1-1 專題背景	6
1-2 專題目的	6
1-3 預期成果	6
第 2 章 理論探討	7
2-1 電阻屏	7
四線式電阻屏	7
觸控原理	7
2-2 Audiuno Mega2560	8
2-3 PID 控制器	9
控制原理	9
控制項	10
2-4 伺服馬達	12
第 3 章 專題準備	13
3-1 系統架構圖	13
3-2 專題流程圖	14
3-3 專題甘特圖	15
第 4 章 實驗成果	16
4-1 結論	16
4-2 建議	16
附錄	16
參考資料	16

# 圖目錄

圖一:電阻屏觸控原理.....	7
圖二:電阻屏結構.....	7
圖三:Ardiuno Mega2560.....	8
圖四:PID 控制器運算公式.....	9
圖五:不同比例增益 $K_p$ 下,受控變數對時間的變化.....	10
圖六: 不同積分增益 $K_i$ 下,受控變數對時間的變化.....	10
圖七: 不同微分增益 $K_d$ 下,受控變數對時間的變化.....	11
圖八:伺服馬達.....	12
圖九:系統架構圖.....	13
圖十:系統流程圖.....	14
圖十一:系統甘特圖.....	15

# 第1章 前言

## 1-1 專題背景

平衡球最能精準且快速的展現 PID 控制的結果，並藉由調整 PID 控制器的三個參數，設法滿足設計需求。控制器的響應可以用控制器對誤差的反應快慢、控制器過衝的程度及系統震盪的程度來表示。

## 1-2 專題目的

PID 控制需要透過調整內部運算的三種參數來達到我們最理想的輸出值，因此我們決定透過這三種參數的探討來找出使平台最穩定的參數值，而平衡球台能在極短的時間內明顯地顯現出調整 PID 參數所造成的變化，所以我們決定以平衡球來當作我們這次的主題。

## 1-3 預期成果

1. 藉由 PID 控制球至定點
2. 運用手把控制球的位置
3. 運用 LED 及手把做出小遊戲

## 第2章 理論探討

### 2-1 電阻屏

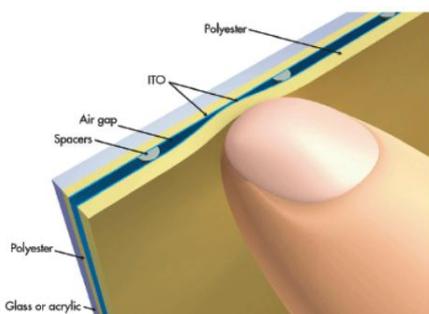
#### 四線式電阻屏

四線式電阻屏相較於電容式電阻屏，有著不受灰塵、水氣和油污的影響且其所能承受的溫度範圍也較大，而因為是利用壓力感測所以只要施力即可被感測，但缺點是無法輕量化而且不支援多點觸控

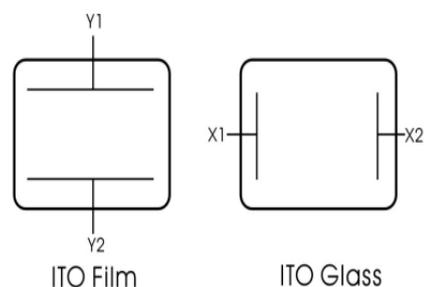
#### 觸控原理

四線式電阻屏是由 ITO Film 和 ITO Glass 所組成，中間由 DOT 所隔開，在 ITO Film 和 ITO Glass 之間通入 5V 的電壓，藉由手指或觸控筆去觸碰 ITO Film 形成凹陷然後下層的 ITO Glass 接觸而產生電壓的變化，來辨識位置。四線電阻式觸控面板的動作分為兩個步驟

步驟 1：由觸控 IC(Touch Controller)先在 X 軸方向上建立一個電壓差，此時 X2 端電位等於 VDD(通常為+3V 或 +5V)，X1 端電位為 0V；使用者藉由施以一力道促使上層 ITO(即 X 軸)與下層 ITO(即 Y 軸)相互接觸而導通。這時 Y1 端便可將 X 軸電阻分壓值傳送到觸控 IC，如此便獲得觸碰點對應之 X 座標。步驟 2：與步驟 1 類似，只是改為在 Y 軸方向上形成電壓差，再利用 X2 端將觸碰點的 Y 軸分壓值傳至觸控 IC 後得到觸碰點的 Y 座標。



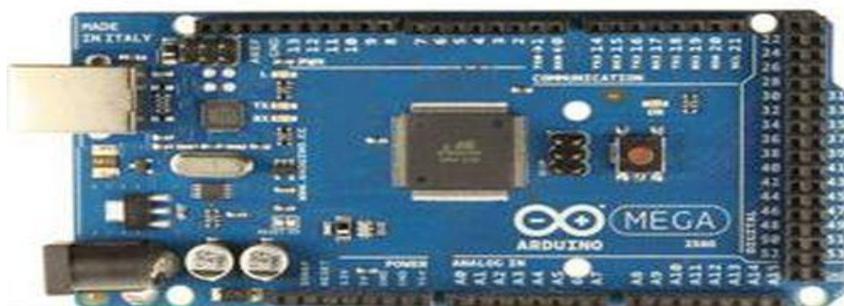
圖一：電阻屏觸控原理



圖二：電阻屏結構

## 2-2 Audiuno Mega2560

Arduino Mega 2560 微控制板是一款基於 ATmega2560 的微控制器版。他有 54 個數字輸入/輸出引腳(其中 15 個可用作 PMW 輸出)、16 個模擬輸入、4 個 UART(硬件串行端口)、一個 16MHz 晶體振盪器、1 個 USB 連接、1 個電源插座、1 個 ICSP 頭和 1 個復位按鈕。它包含了支持微控制器的一切；只須通過 USB 電纜將其連至計算機或者通過 AC-DC 適配器或電池為其供電即可開始。Mega 與面向 Arduino Duemilanove 或 Diecimila 的盾板大多都兼容。它未使用 FTDIUSB 轉串口驅動片芯片。它反而將 Atmega16U2(R1 和 R2 板內的 Atmega8U2)編制成 USB 轉串口轉換器。R2 有 1 個電阻器，能將 8U2 HWB 線路接地，從而更輕鬆地進入 DFU 模式。R3 的 1.0 管腳:在 AREF 引腳附近添加了 SDA 和 SCL 引腳，在 RESET 引腳附近添加了另外 2 個新引腳，IOREF 讓盾板能夠適應電路板提供的電壓。Atmega16U2 取代了 8U2，具有更強大的復位電路。



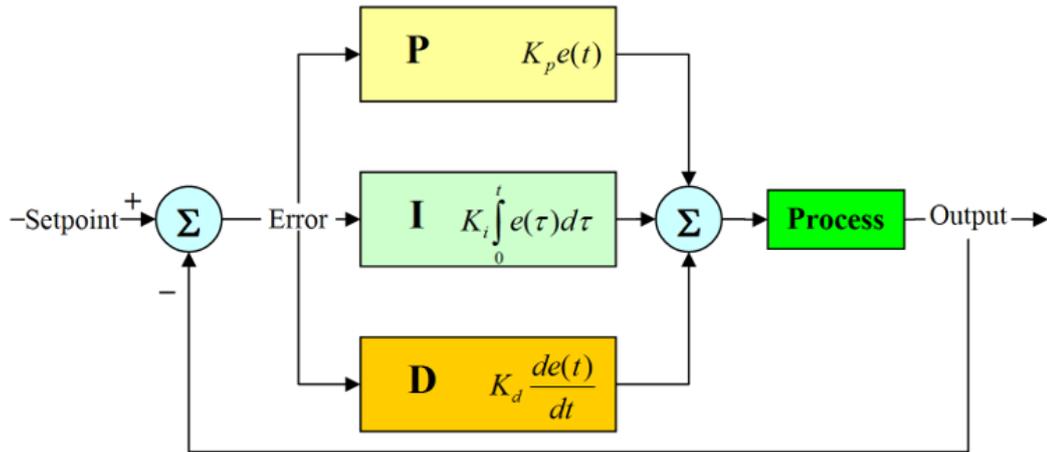
圖三:Arduino Mega2560

## 2-3 PID 控制器

PID 是由比例控制 (proportion)、積分控制 (integral)、微分控制 (differential) 組成,  $K_p$  是比例參數、 $K_i$  是積分參數、 $K_d$  是微分參數, 分別乘上運算出來的 P、I、D 值

### 控制原理

PID 控制器的基本工作原理就是運用感測器得到的輸入值, 經過計算比例、積分與微分響應的計算, 將三者乘上各自的參數, 最後把這三大單元加總起來, 就會得到需要的輸出值。而 PID 是運用閉迴圈系統的概念來推導而成。閉迴圈自動控制技術是基於反饋的概念來減少不確定性, 反饋原理包括比例、比較以及執行, 測量是現在的實際值, 與期望值相比較, 以這個偏差來調節系統的響應控制項

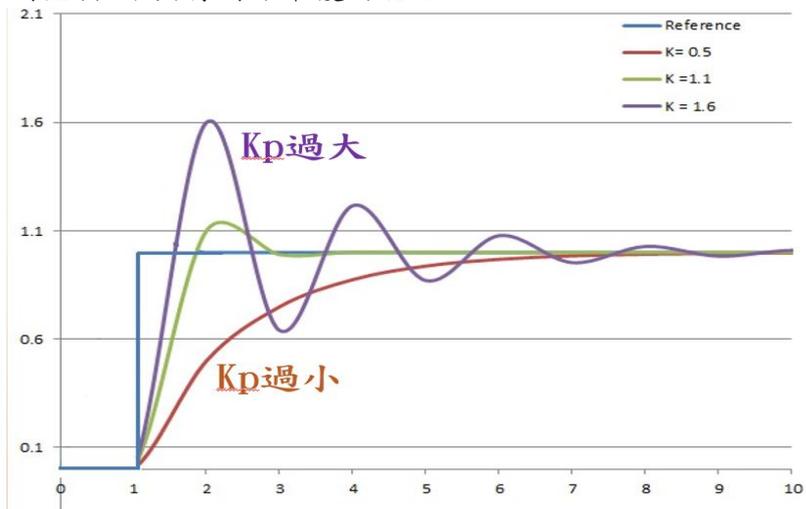


圖四:PID 控制器運算公式

# 控制項

## 1. 比例控制單元(P)

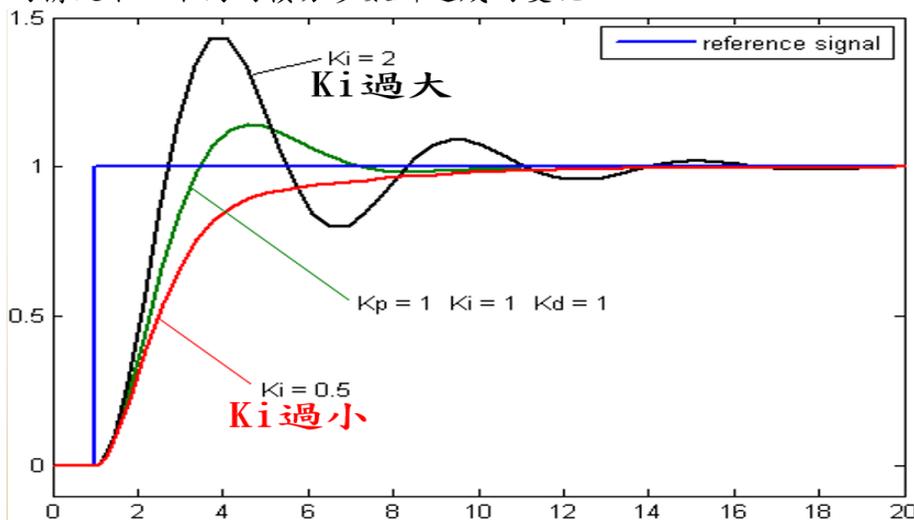
比例控制是比對當前誤差，在乘上參數  $K_p$ 。比例控制只成立於誤差不為零時，當誤差越大，比例控制輸出值就越大，反之誤差小，輸出就變小，比例控制不具有消除干擾的能力



圖五:不同比例增益  $K_p$  下，受控變數對時間的變化

## 2. 積分控制單元(I)

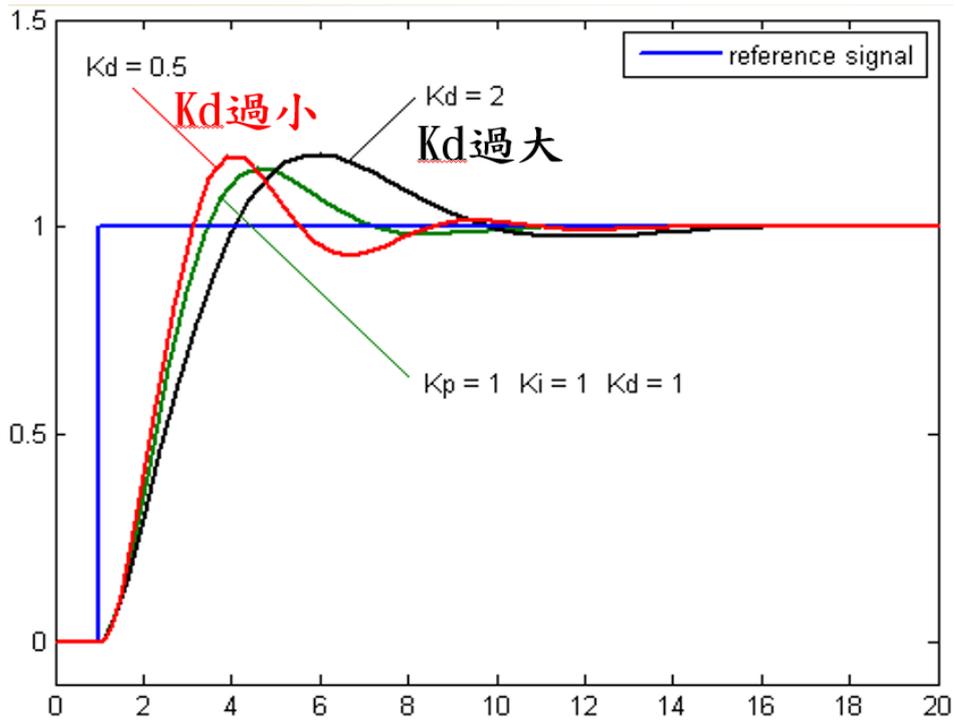
積分控制考慮過去的誤差，將過去一段時間內的誤差合乘上參數  $K_i$  所得出來的結果。如果只有單純的比例控制，無法消除干擾及誤差，所以系統會來回震盪，無法達到平衡點，但在加入積分控制後，系統的誤差將會慢慢地減少，最後將會穩定下來。積分參數的值越大，系統將會更快達到平衡點，但參數過大時會導致過衝的現象，圖六為相同比例參數、微分參數的情況下，不同的積分參數所造成的變化



圖六: 不同積分增益  $K_i$  下，受控變數對時間的變化

### 3. 微分控制單元(D)

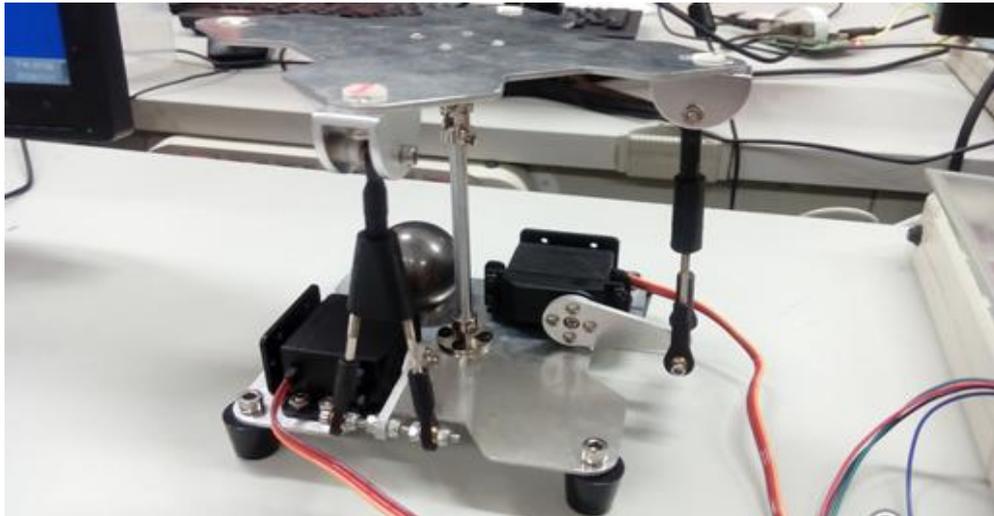
微分控制考慮未來的誤差，計算誤差的一階導函數，乘上  $K_d$  所得。此控制項會對系統的改變作出反應，結果越大，系統將可以做出更快的反應，讓整體更快的達到平衡點，但在慢速的系統中無法明顯的看出差異



圖七：不同微分增益  $K_d$  下，受控變數對時間的變化

## 2-4 伺服馬達

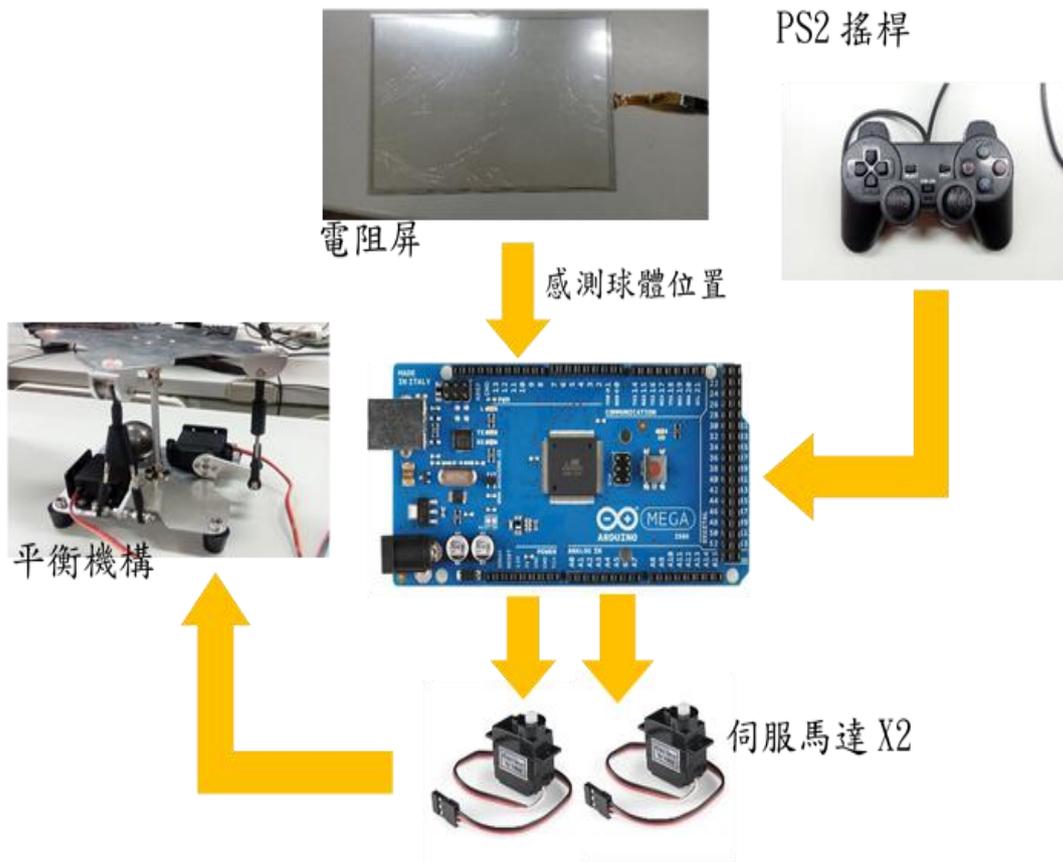
伺服馬達的動作特性是進行位置定位控制和動作速度控制，其主要特點是轉速可以精確控制，速度控制範圍廣，可以安定平順等速運轉之外，還可以根據需求隨時變更速度。在極低速度也可以穩定轉動。能迅速做出正轉與逆轉，也能迅速加減速。在由靜態改為動態運作或由動態改為靜態運作所需費時極短，而且即便有外力附加仍可以保持位置。並在額定容量範圍內瞬間產生大轉矩，輸出功率大且效率也高



圖八:伺服馬達

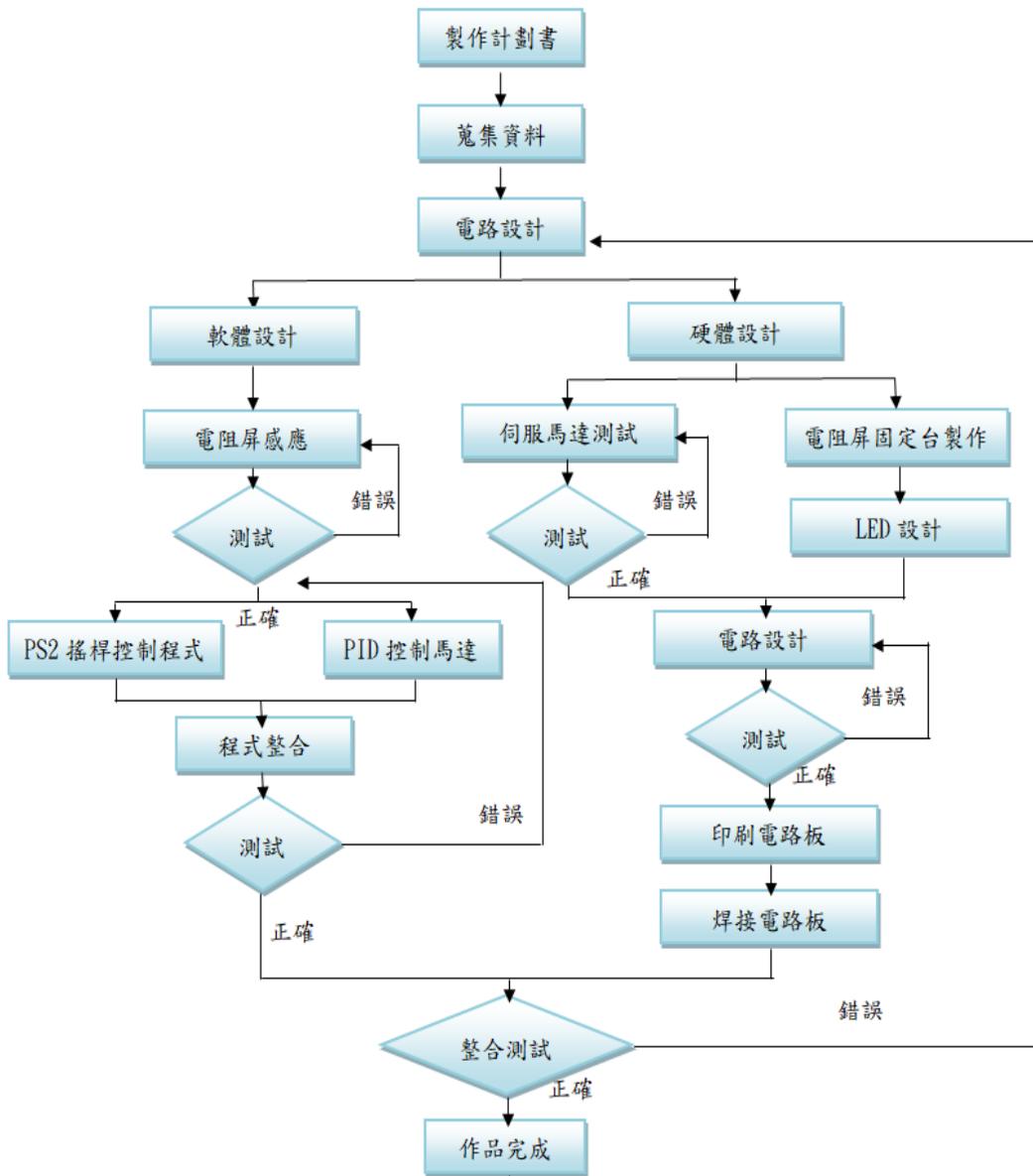
# 第3章 專題準備

## 3-1 系統架構圖



圖九:系統架構圖

### 3-2 專題流程圖



圖十：系統流程圖

### 3-3 專題甘特圖

工作項目	週次 (日期)																				負責成員
	9 /3	9 /10	9 /17	9 /24	10 /1	10 /8	10 /15	10 /22	10 /29	11 /5	11 /12	11 /19	11 /26	12 /3	12 /10	12 /17	12 /24	12 /31	1 /7		
寫計劃書	●	●	●																		允，柏
資料蒐集		●	●	●																	全
電阻屏伺服機測試	●	●	●																		瑜，柏，允
Pid 控制			●	●	●	●	●	●	●	●											全
Arduino 程式					●	●	●	●	●	●	●										瑜，柏
LED 背板										●	●	●	●	●	●						彥
印刷電路板											●	●	●	●	●						彥，允
焊接														●	●						瑜，柏
軟硬體測試															●	●	●	●			允
口頭報告																		●	●		全
預定進度	3	6	10	15	20	25	40	45	50	54	56	60	65	70	75	85	90	100	100		累積百分比%

圖十一：系統甘特圖

## 第4章 實驗成果

### 4-1 結論

透過這次製做平衡球臺讓我們學習到如何正確及有效的調整 PID 的參數值，且了解到各參數值對系統的影響，之前我們都盲目的亂的調，後來知道了這些方法，很快速且更精準的調好參數，系統還更穩定，所以用只要用對方法，以前被認為 PID 最難的部分也會變得很簡單。

### 4-2 建議

PID 參數可再精準一點  
硬體處理可再提早  
實用性的發想不足

## 附錄

### 參考資料

梅克 2 工作室 (2015)。iPOE A1 輪型機器人應用與專題製作。

台北市：台科大 (勁園) 維基百科 (2018)。2018 年 11 月 13 日，取自 <https://reurl.cc/KA96n>

萬達光電。2018 年 11 月 13 日，取自 <https://reurl.cc/4aLEj>  
MakeTaiwan。2018 年 11 月 13 日，取自  
<http://www.makezine.com.tw/pid/>

百度百科。2018 年 11 月 13 日，取自  
<https://baike.baidu.com/item/PID>

NATIONAL INSTRUMENTS。2018 年 11 月 13 日，取自  
<http://www.ni.com/white-paper/3782/zht/>