

# AIOT智慧插座溫度及電力監控平台

亞洲大學

指導教授

陳永欽

資訊工程學系  
資訊工程學系

盧咨亦  
陳其賢

# 摘要

- 本研究中使用ARDUINO ADK為核心開發平台，主要以PID(比例-積分-微分控制器)與 PWM(脈衝寬度調變)演算法來完成恆溫電力監控系統，結合IOT(物聯網)技術，透過TCP將資料上傳，在系統中自架的伺服器PHP可以收發來自ARDUINO與行動裝置的訊息並存入資料庫中，行動裝置作為顯示與控制物件，啟動後可以通過網頁了解當前的溫度與電力變化和運行時間，實現多點裝置的恆溫及電力監控。可同時監控分散在各地的裝置，讓使用者能夠隨時進行監控。本系統會自動將接收到的溫度以及電壓電流變化的數據即時繪出溫度曲線圖，使用者能清楚了解當前以及過去的溫度變化，溫控效能以及電力消耗情況。
- 關鍵字: IOT，TCP，PID，PWM，恆溫系統，電力監控

# 章節架構

- 第一章 緒論
- 第二章 研究背景
- 第三章 系統設計
- 第四章 系統實作
- 第五章 結果討論
- 第六章 結論與未來展望

# 第一章 緒論

- 研究動機
- 恆溫及電力系統監控應用

# 研究動機與目的

隨著科技的進步，現今社會已邁入自動化及雲端化的時代，各項電器產品也開始多元化使用頻率也越來越平凡，因此造成資源消耗及電力嚴重不足，所以人們開始**推動綠能發展提倡節能減碳**，近年來各項產業都逐漸邁向自動化，溫度及電力監控系統的應用越來越廣泛，遍及各項電子產業例：家電產品、工業用電、醫療用電…等各項電器產品都有過熱及用電安全疑慮，電子儀器在運轉的過程都會有過熱及當機的情況，除了防止災難性故障，更能夠**提高電器產品的使用效率及使用壽命**。所以溫度監控及電力品質監測扮演著很重要的腳色，代表著儀器是否能夠發會最佳效率及系統的可靠度。



# 恆溫及電力監控應用



機房



實驗室



家用電器產品

## 第二章 研究背景

- ARDUINO、ZMPT101B、ACS712、TCP
- 物聯網

# ARDUINO



- 大磁簧感測模組
- 雙色LED模組
- 三色LED模組
- 震動開關模組
- 光敏電阻模組
- 按鍵開關模組
- 傾斜開關模組
- 水銀開關模組
- 迷你磁簧模組
- 魔術光杯模組
- 光遮斷器模組
- 雙軸搖桿模組
- 5V繼電器模組
- 無源蜂鳴器模組
- 敲擊感測器模組
- 有源蜂鳴器模組
- 18B20溫度感測器模組
- 旋轉編碼器模組
- 避障感測器模組
- 尋線感測器模組
- DHT11溫度感測器模組
- 溫度感測器模組
- 雷射模組
- 溫濕度感測器模組
- 手指偵測心跳模組
- 雙色LED共陰模組
- 紅外發射感測器模組
- 金屬觸摸感測器模組
- 霍爾磁力感測器模組
- 火焰感測器模組
- 紅外感測器接收模組
- 三色全彩LED smd模組
- 七彩自動閃爍LED模組
- 麥克風聲音感測器模組
- 類比霍爾磁性感測器模組
- 線性磁力霍爾感測器模組
- 高感度麥克風感測器模組



# ARDUINO

- ARDUINO是一種開放授權的開發平台，不僅軟體開放，連硬體都是開放的。ARDUINO 學習門檻簡單，不需要電子電機相關科系的背景，也可以很容易學會ARDUINO相關互動裝置的開發。
- 由於 ARDUINO 以公開共享為基礎，所以參考資料相當豐富，找出相關資料並依據自身的需求行調整，就可以在短時間內完成自己的創作。也因為ARDUINO 開發迅速，硬體成本低廉，ARDUINO是設計者(MAKER)實現原型機的首選。

# ZMPT101B (單相交流電壓感測器模組 AC 電壓傳感器有源輸出模組)

- 板載精密微型電壓感測器
- 板載高精度運放電路，對信號做精確採樣和適當補償等功能
- 模組可以測量**0-250V**範圍內的交流電壓，對應輸出模擬量可以調節
- PCB板子尺寸：**49.5(MM)X19.4(MM)**

# ACS712(電流感測器模組)

- 電流傳感器芯片：ACS712ELC-05B
- 插針5V供電，板載電源指示燈
- 模塊可以測量正負20安電流，對應模擬量輸出100mV/A
- 沒有檢測電流通過時，輸出的電壓是VCC/2
- PCB板子尺寸：31(MM)X13(MM)

# TCP(TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL)

TCP的全名為TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL，屬於『傳輸層』的一種協定，也是屬於『端點對端點』(END-TO-END)的 傳輸協定，亦稱為『主機對主機』(HOST-TO-HOST)或『程序對程序』(PROCESS-TO-PROCESS)的傳輸協定

換言之，在TCP的兩端主機，可透過彼此的溝通，確保資料在 傳輸中的正確性，以及傳輸速率的控制，這些動作只是兩端 的主機之間溝通即可，完全無關於中間所經過的任何結點(例如ROUTER或SWITCH) 也就是說，兩端主機彼此說好就好，不用與中間任何結點協商或更動任何設定。

# TCP特性

1.連線導向(CONNECTION ORIENTED)傳輸協定:指在封包傳送之前，必須先經過與對方建立連線之動作，當建立連線成功後，才能開始傳送資料給對方，等資料傳送完畢後，在關閉連線的一種傳輸方式。

2.同步傳輸(SYNCHRONOUS TRANSMISSION):指『傳送端』在傳送出封包後，會等待『接受端』的『確認』(ACKNOWLEDGE)回應，再傳送下一個封包，而不是直接將封包不斷地傳送出去。TCP傳輸協定就是利用同步傳輸來達到彼此的協議，包括確認封包的正確性，以及傳輸速率的控制。

3.可靠的(RELIABLE)傳輸協定:屬於雙向資料傳輸協定，會等待對方確認是否已正確收到。

4.較無效率的(INEFFICIENT)傳輸協定:多出了很多封包傳輸前的連線動作，與傳輸中多了等待對方的『確認』回應 因此在傳輸的整體過程中會較沒有效率，但卻能保證將TCP封包正確無誤地傳達對方。

5.流量控制(FLOW CONTROL):協調彼此雙方都能接受的傳送速度，避免掉因為大量封包湧入，造成主機無法處理的情形下丟棄 (DISCARD)封包，又要求來源端主機重新傳送一次的情形。



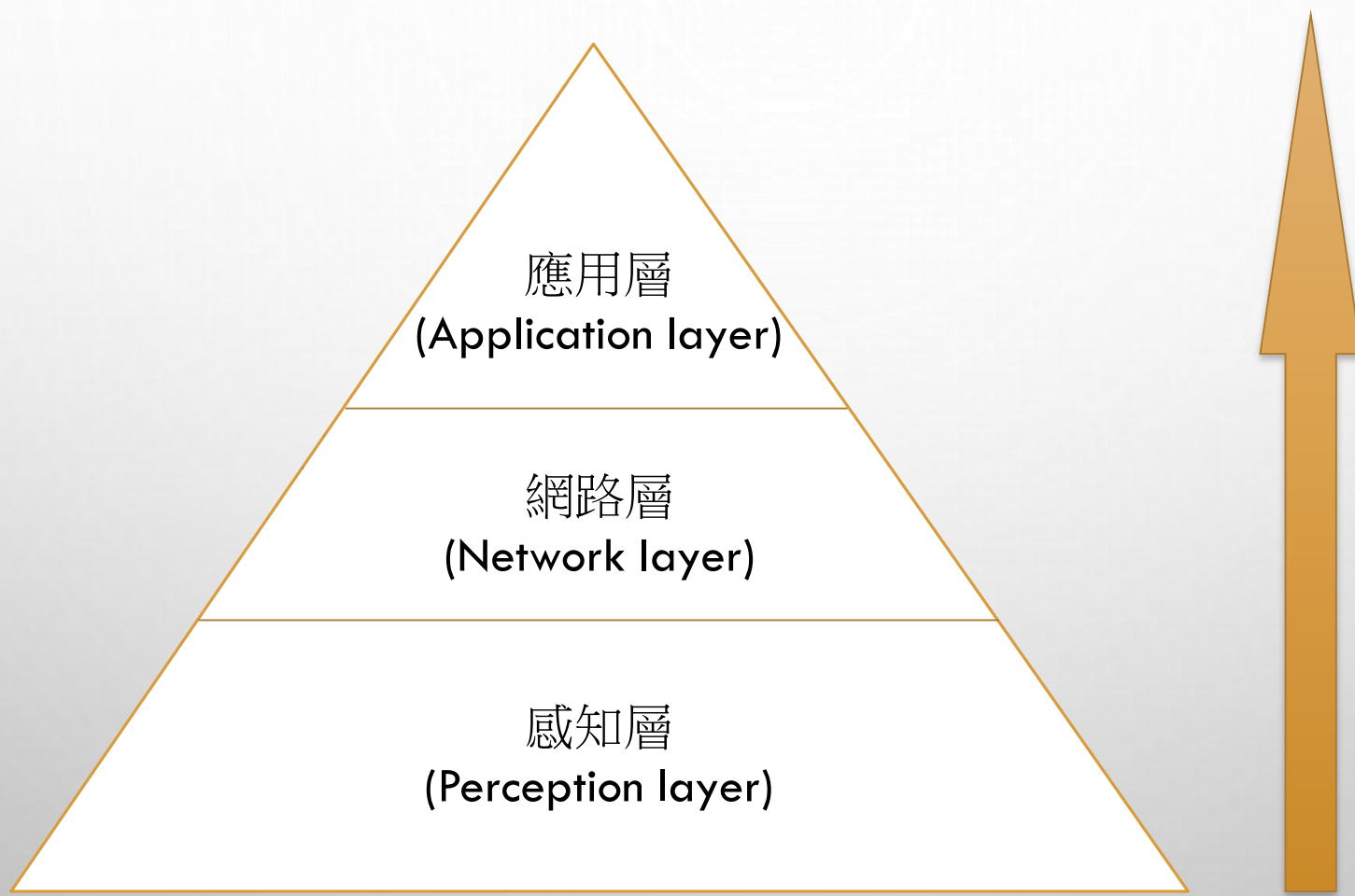
# 物聯網 (IoT)



過去的互聯網是人與人透過網路相互聯繫，因為互聯網的快速發展，進而延伸出互聯網與物件結合的應用，我們俗稱物聯網。物聯網讓人可透過網路取得物件的資訊外，物件與物件之間可以互通的網路環境。

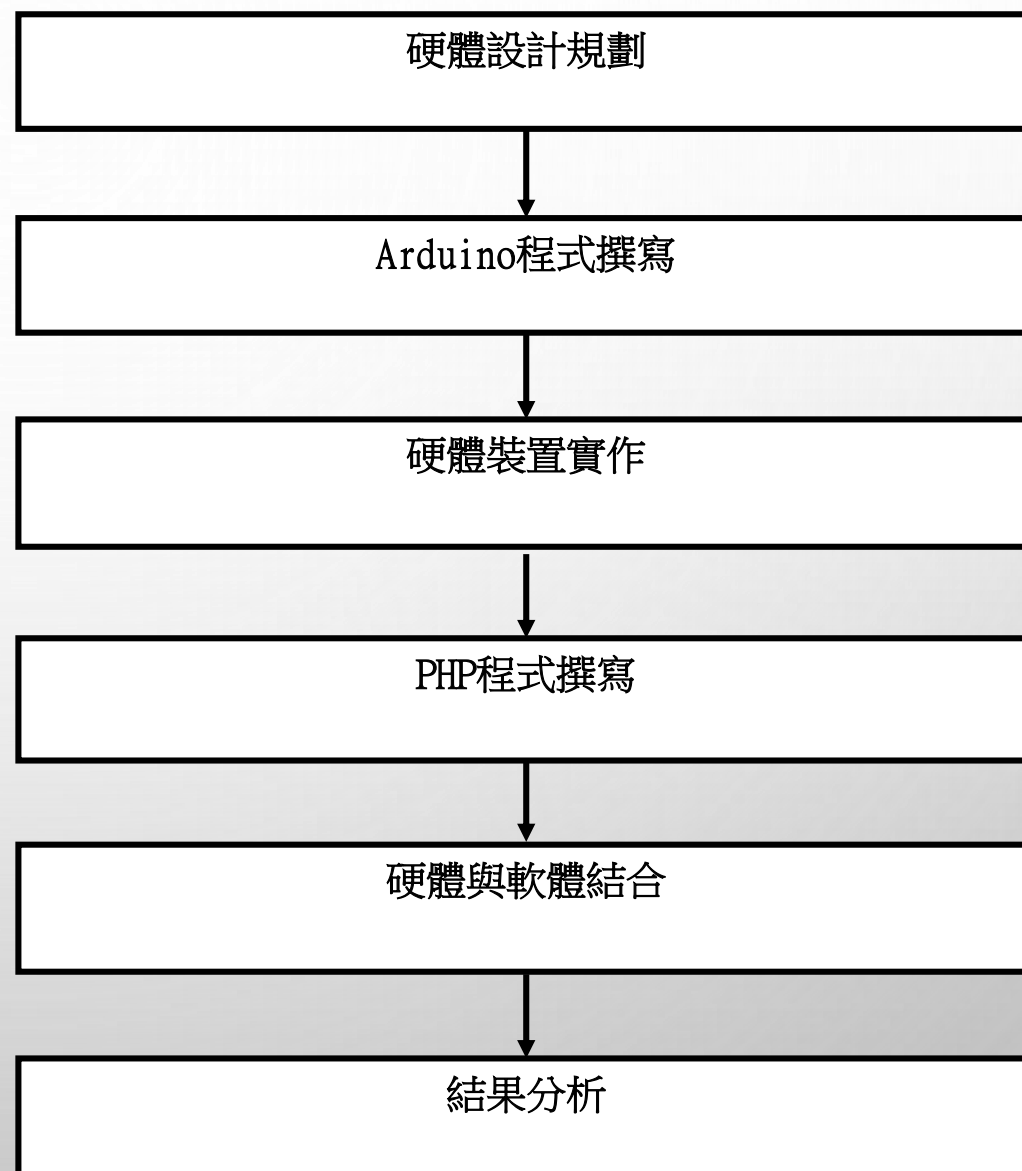
物聯網是由實際物體，如車輛、機器、家用電器等等，經由嵌入式感測器和 API 等裝置，透過網際網路所形成的訊息連結與交換網路。

# 物聯網的三個階層



# 研究流程

1. 硬體規劃
2. ARDUINO程式設計
3. 硬體裝置
4. PHP程式設計
5. 結果分析到實驗結果分析流程：

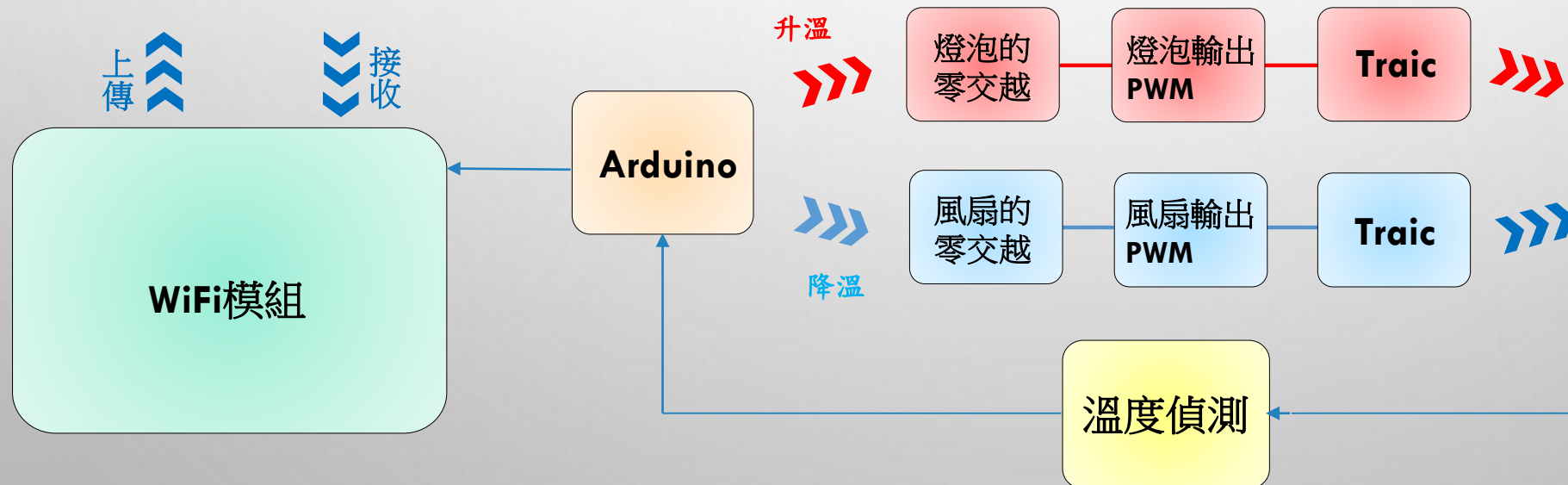
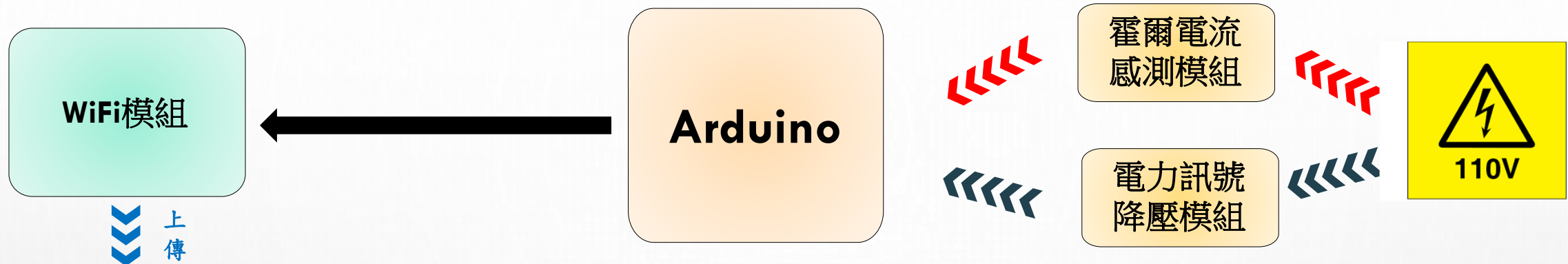


## 第三章系統設計-系統架構

- 此系統分為硬體電路及雲端軟體部分。

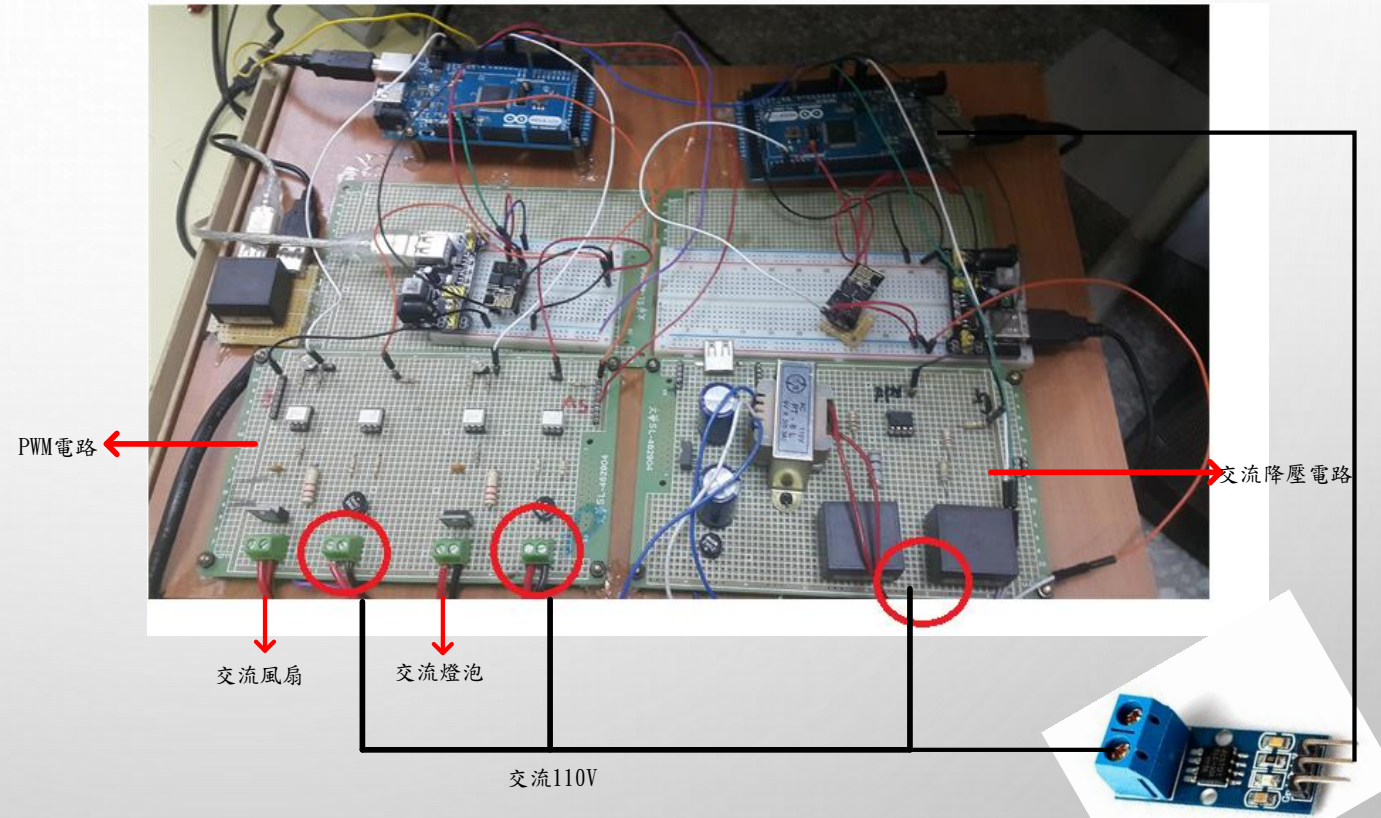
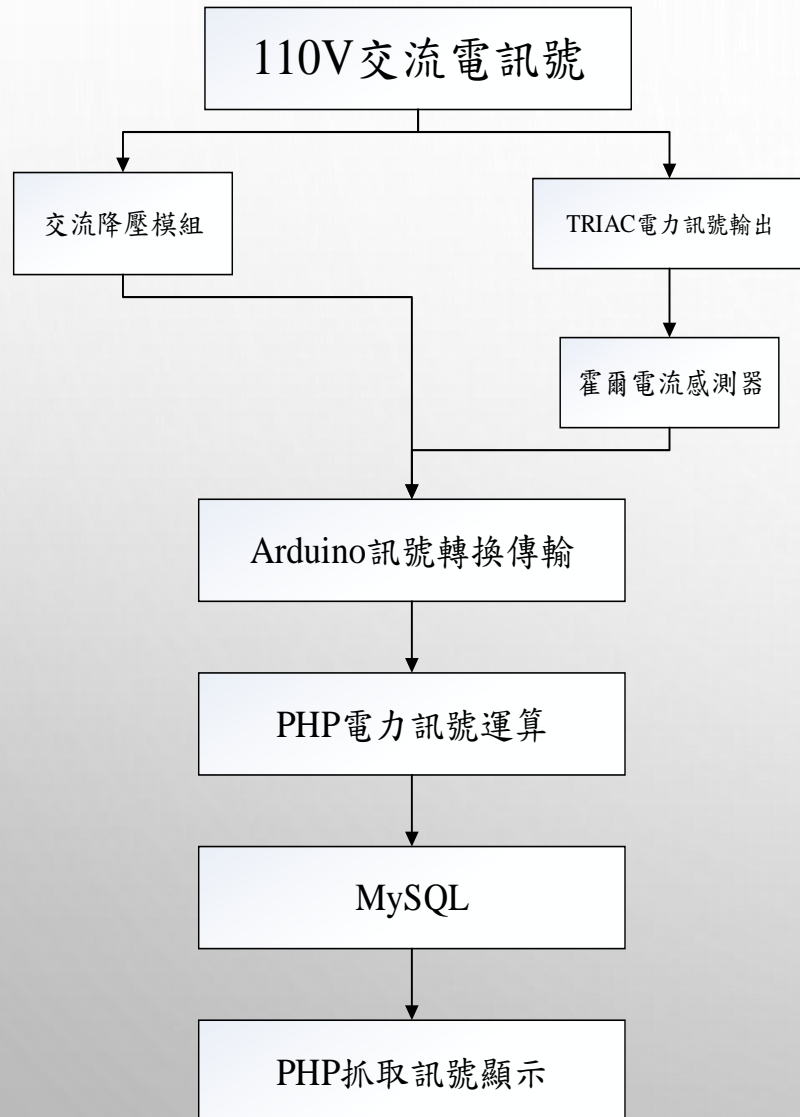
- 1.硬體部分：恆溫裝置硬體及電力檢測系統硬體。

- 2.雲端軟體部分：使用Linux + Apache + MySQL + PHP。





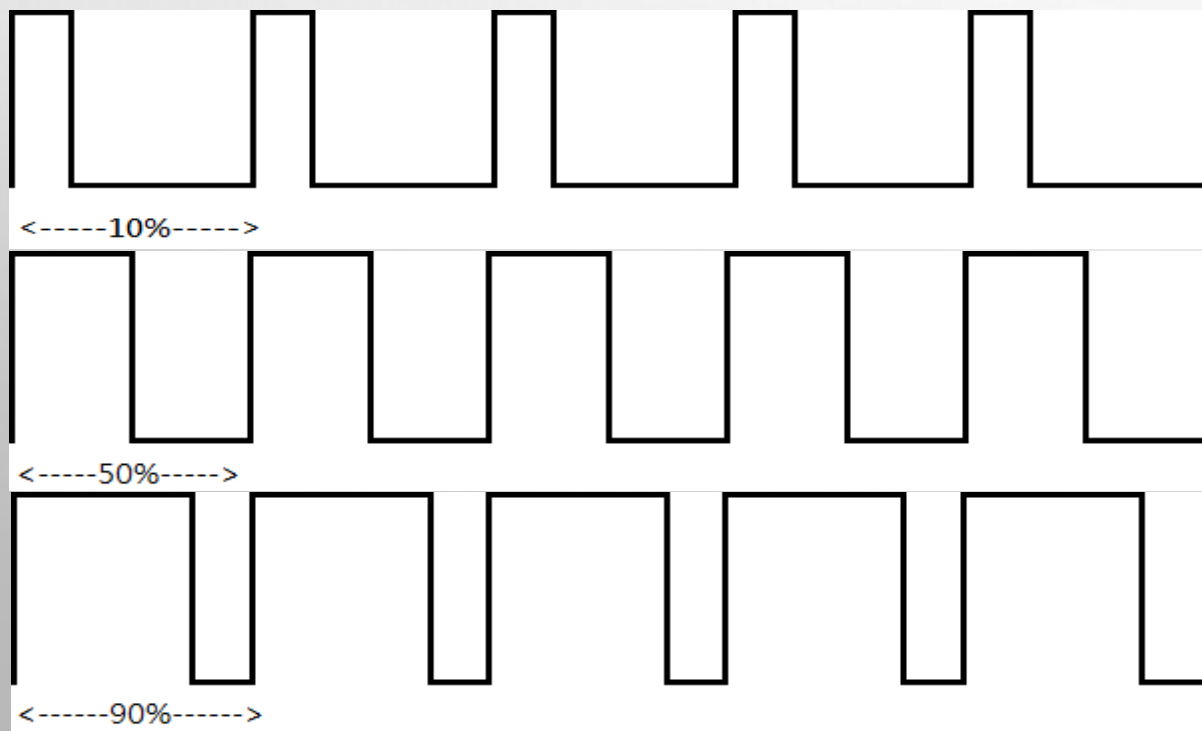
# ARDUINO電力檢測流程圖



# 研究設計-硬體設計(恆溫系統)

- 恆溫系統主要是以ARDUINO ADK為主要核心開發平台如，結合比例-积分-微分(PID)控制演算法來控制占空比的比例。
- PID演算法算出的升降溫速率是透過PWM占空比來控制加熱器以及風扇在最短的時間內達到該環境所設定之溫度。

週期:



	P控制	I控制	D控制
效果	消除當前 誤差	消除P控制後 的穩態誤差	預測並消除系統 未來的誤差

# 何謂PID?

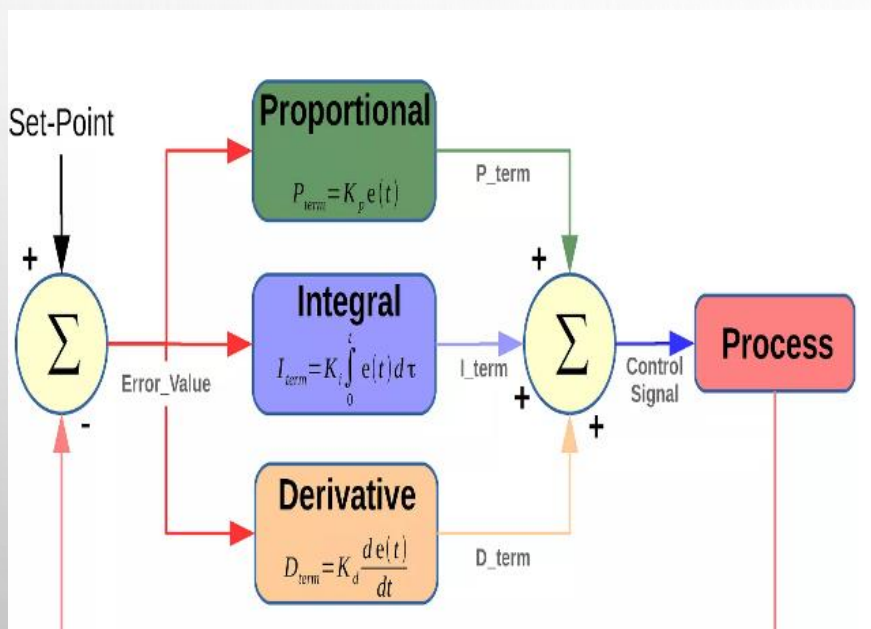
- 比例響應(P)：PID 控制原理的第一個重要概念是比例響應。比例元件僅會因設定點與程序變數之間的差異而有所不同，這項差異稱為「誤差項」。其控制器的輸出與輸入誤差訊號成比例關係。當僅有比例控制時，系統輸出會上下震盪並存在穩態誤差(OFFSET)。
- 積分響應(I)：積分響應是了解 PID 控制教學中的第二個重要概念，積分元件會在一段時間後將誤差項加總。結果會變成就算是小小的誤差項，也會導致積分元件緩慢增加。積分響應會隨著時間經過持續增加(但誤差為零時則例外)，因此其影響在於讓穩態誤差趨近於零。「穩態誤差」指的是程序變數與設定點之間的最終差異。當積分動作滿足控制器的過程中，不會導致控制器使誤差訊號趨於零時，就會產生稱為「積分終結」的現象。在積分控制中，控制器的輸出與輸入誤差訊號的積分成正比關係。當控制器進入穩態後，會存在一個穩態誤差，所以為了將穩態誤差消除，必須在控制器中引入積分項。因此，比例結合積分(PI)控制器，可以使系統在進入穩態後無穩態誤差。



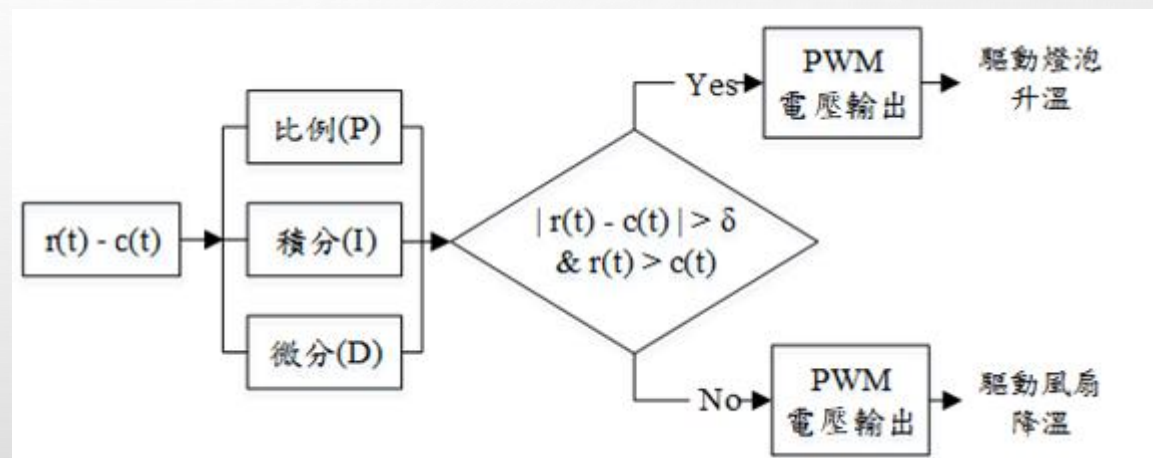
# 何謂PID?

- 微分響應(D)：PID 控制原理的第三個重要概念是微分響應。當程序變數快速增加時，微分元件會讓輸出減少。微分響應與程序變數的變更速率成比例增減。在微分控制中，控制器的輸出與輸入的誤差訊號之微分（誤差的變化率）成正比關係。微分響應對於程序變數訊號中的雜訊非常敏感消除穩態誤差的過程中可能會發生震盪或是失去穩定。其主要原因可能是因為特定元件會有慣性或是延遲的產生，解決的辦法是使消除誤差時的作用要有些“預測”。只要加入微分項，增加了預期的動作，即可預測誤差變化的趨勢，預測出誤差的走向。PD控制器，就能夠提前預測行為並反應，使克服誤差的控制作用等於零，甚至為負值，避免被控制的對象嚴重地超越目標值(OVERSHOOT)。所以對有較大慣性被控制系統，PD控制能改善系統的穩定性。

# 研究設計-硬體設計



Arduino PID示意圖



Arduino控制器示意圖



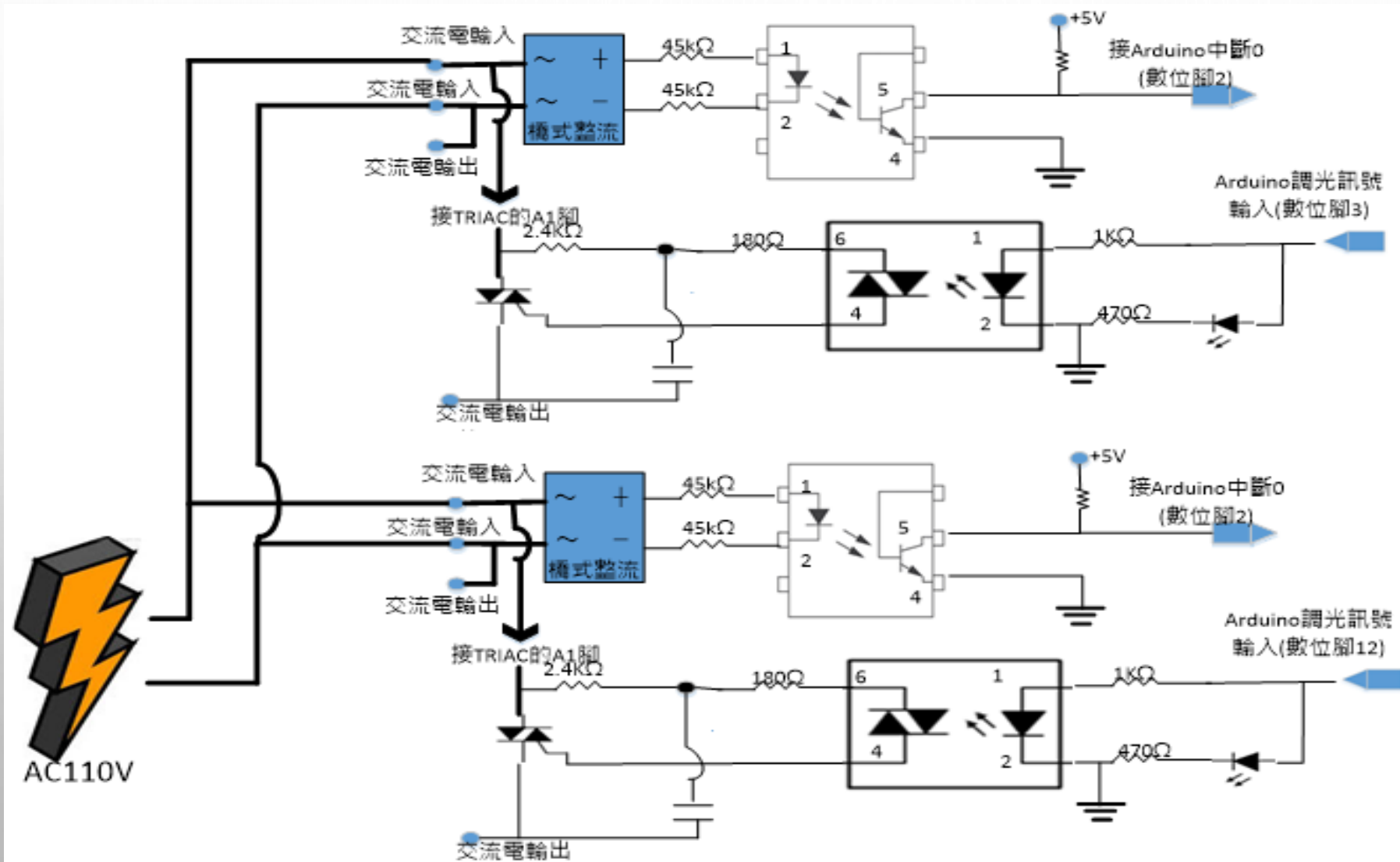
# PID 參數調整

- PID 參數調整指的是通過設定 P、I 與 D 的最佳增益，以從控制系統取得理想響應的程序。在參數調整中，PID 控制器增益可藉由嘗試與錯誤方法來取得。當了解每一項增益參數的重要性之後，此方法會變得相對簡單許多。
- 在此方法中，I 與 D 項會先設為零，而比例增益則會開始增加，直到迴圈輸出開始震盪為止。一旦比例增益開始增加，系統會變快，這時必須注意不要讓系統也變得不穩定。
- 當 P 設為取得所需的快速響應時，積分項會開始增加以停止震盪。積分項會減少穩態誤差，但會增加過衝。每個快速系統都需要一些過衝量，才能立即回應變化。為了盡可能減少穩態誤差，我們需要微調積分項。

# PWM脈衝寬度調變

- 脈波寬度調變（PULSE WIDTH MODULATION）是利用電路將類比訊號轉換為脈波的一種技術，除了可以監控功率電路的輸出狀態之外，同時還提供功率元件控制信號，一般轉換後脈波的週期固定，但脈波的占空比會依類比訊號的大小而改變，因此應用在高功率的儀器上範圍非常廣泛，PWM從處理器到被控系統信號都是數位形式的，無需進行數位類比轉換。
- 佔空比越大輸出電壓越高，佔空比的作用是調整開關的導通時間。佔空比是指高低電平所佔的時間的比率，佔空比越大電路開通時間就越長，整機性能就越高。

## 研究設計-硬體設計(恆溫系統)



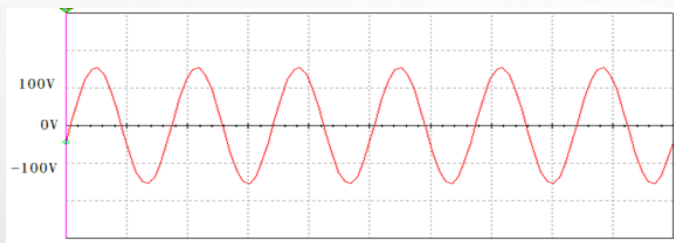
## PWM控制

## PWM控制

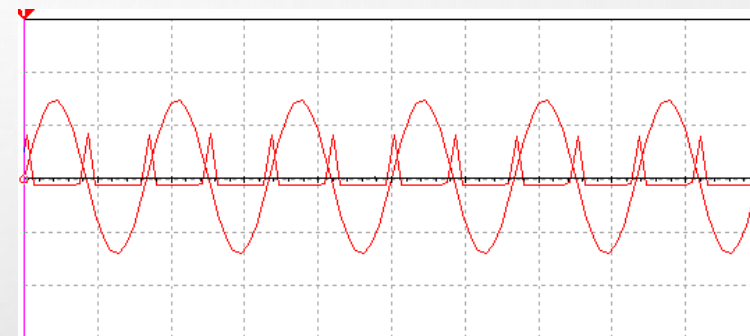
# 研究設計-硬體設計(恆溫系統)

- 本系統加熱即扇熱裝置供電使用110V 的市電交流電，所以需使用到三極交流開關，讓PWM透過TRIAC 的導通與否來調整，我們設製一個調光器。

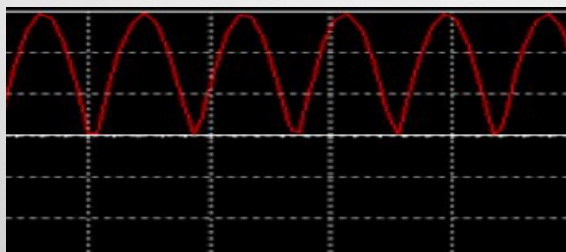
- 橋式整流前波形：



- 光耦合隔離器：



- 橋式整流後波形：

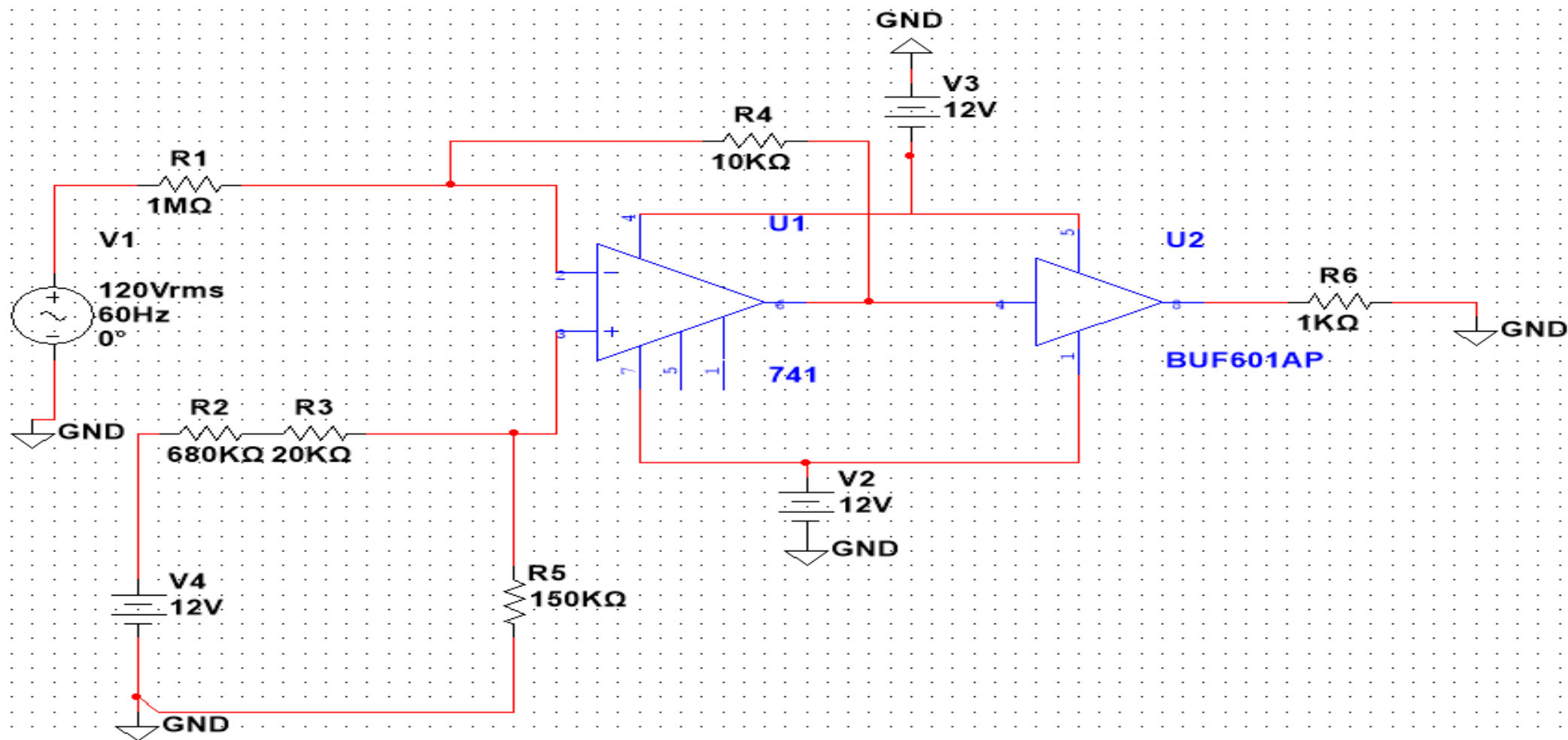


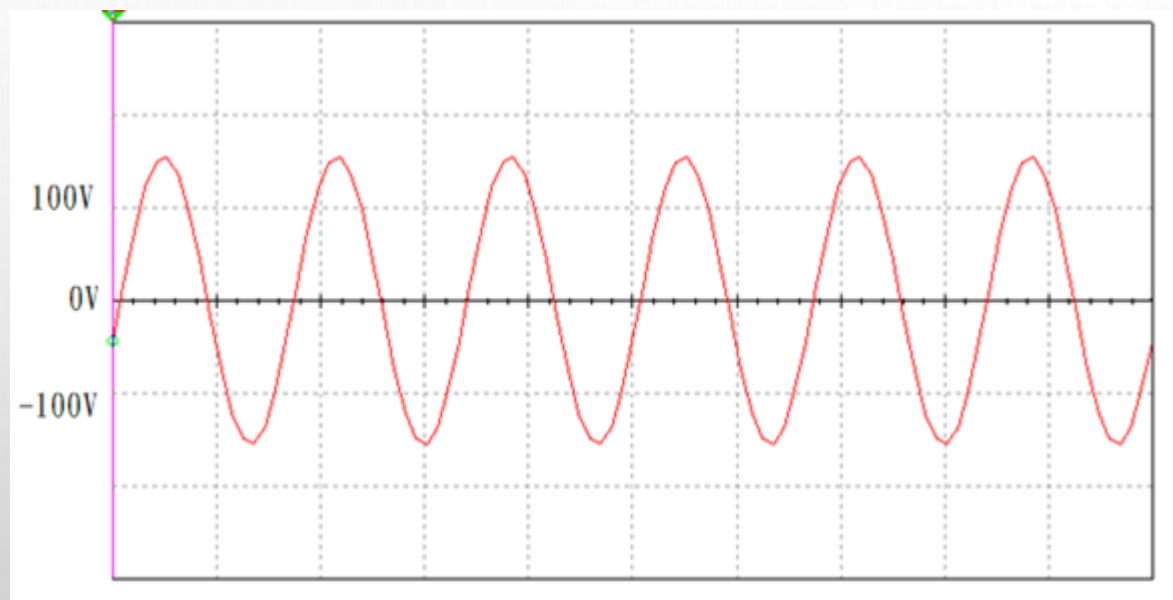
# 研究設計-硬體設計(電力系統)

- 電力監控系統是將一般家用市電的電力訊號利用降壓電路降至ARDUINO ADK所可以接受到的範圍(0V-5V)，由於市電訊號是 60HZ,110V 的交流信號,所以必須先將市電電壓經過MA741,衰減至較低電壓準位,其電路如圖 3所示,其中衰減的比例則是由電阻比例  $\frac{R3}{R1} (= \frac{R4}{R2})$  來決定,在此我們將衰減比例設為  $\frac{R3}{R1} = \frac{7k\Omega}{1M\Omega} = 0.018$ ,所以在圖 3 中的  $V_{out} = V_{out1} + V_{out2} = V_{AC} \left( -\frac{R_2}{R_1} \right) + V_{DC} \times \frac{R_4}{R_3 + R_4} \times \frac{R_1 + R_2}{R_1}$ ,但輸入 ARDOINO 的信號準位區間需為 0~5V,所以再加上3V準位平移電路的調整,平移為正準位的電壓信號,而準位平移電路架構如圖三 中的虛線區域所示。圖 4 訊號為降壓並準位平移的波形圖,由圖中可以清楚看到市電訊號經衰減平移準位電路,電壓大小介於 2~4V 的區間，再加上直流偏壓位移至0~5V，首先將電力訊號經過IC-MA741設計出的降壓模組降壓。

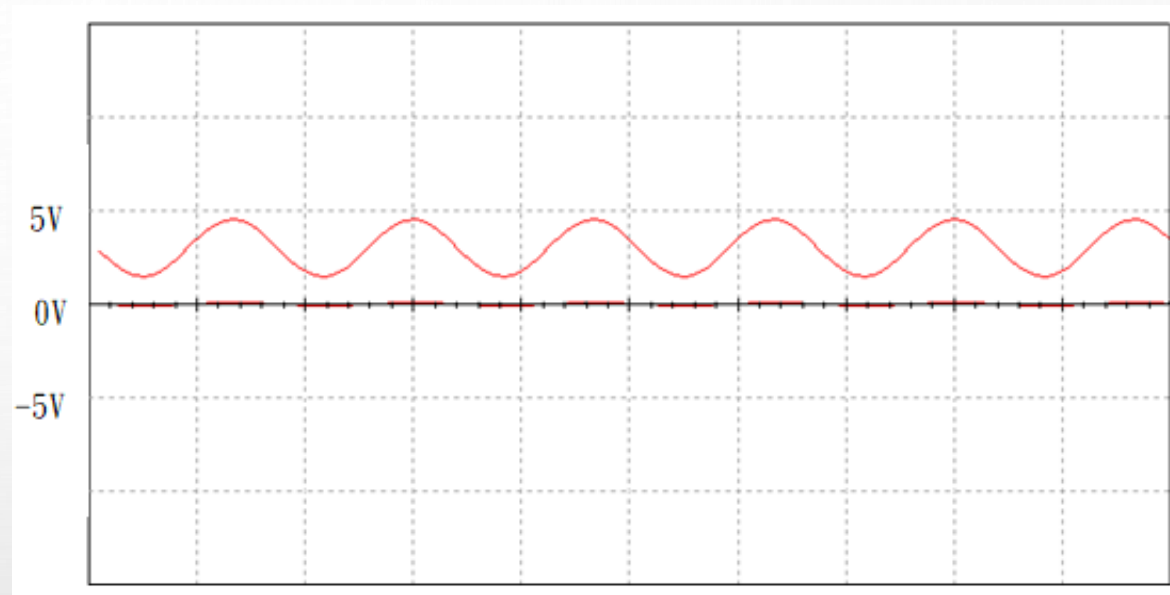


# 研究設計-硬體設計(電力系統)





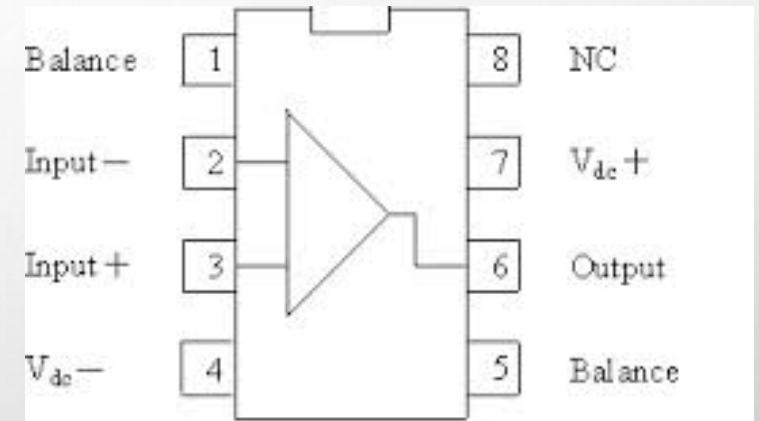
降壓前波形



降壓後波形

# 運算放大器-MA741

- 運算放大器為一個具有高電壓增益之差動放大器,當初開發這種高增益放大器的目的是為了製作類比計算機 (ANALOG COMPUTER),以完成各種如加法、減法、積分及微分運算數學,因此稱其為『運算』放大器。由於積體電路 (INTEGRAL CIRCUIT, IC)製造技術進步,MA741不但性能優越、體積小巧且價格低廉,故被廣泛應用於各種電子電路中。圖 3.1為MA741腳位圖,使用時需要在7、4腳位供應同等大小的正負電源電壓 $+V_{DC}$ 與 $-V_{DC}$ ,並在2、3腳位輸入端有電壓差存在,電壓差於使用時會被放大於輸出端。運算放大器在使用時需要注意兩個重點:1. 運算放大器使用的電路需要負回饋,如果沒有負回饋則只是比較器。2. 放大器功能需虛接地,所以進入端的兩端正負電壓相同、電流皆為零。

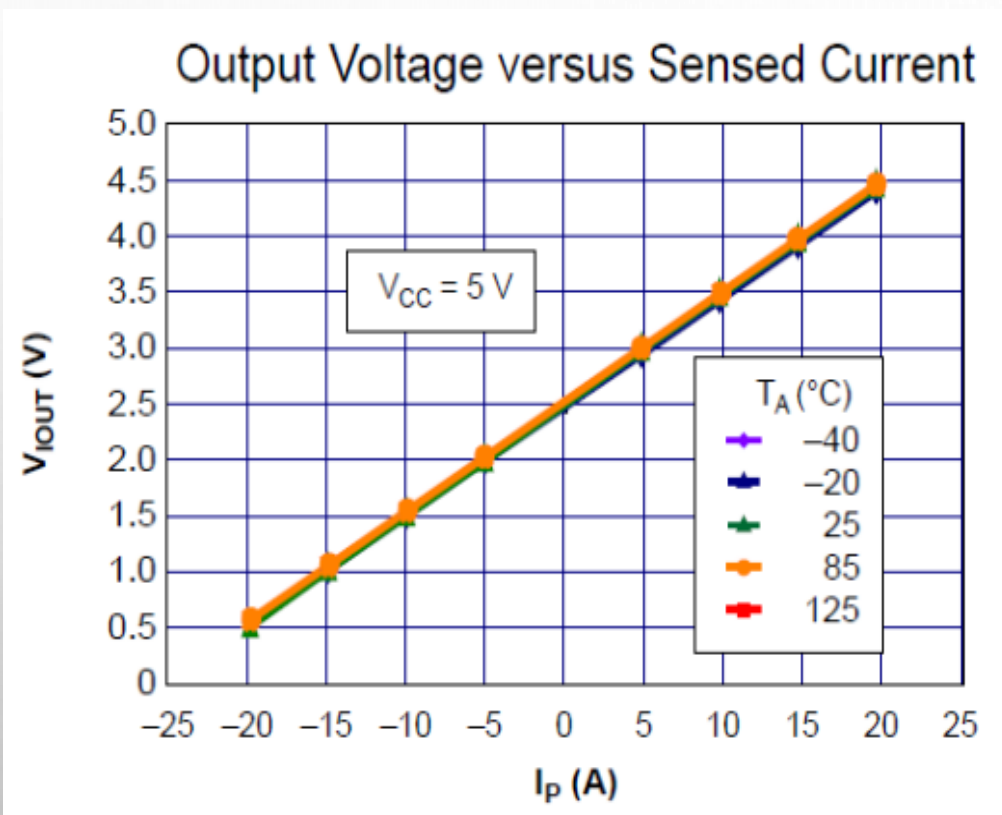


μA741運算放大器

# 研究設計-硬體設計(電力系統)

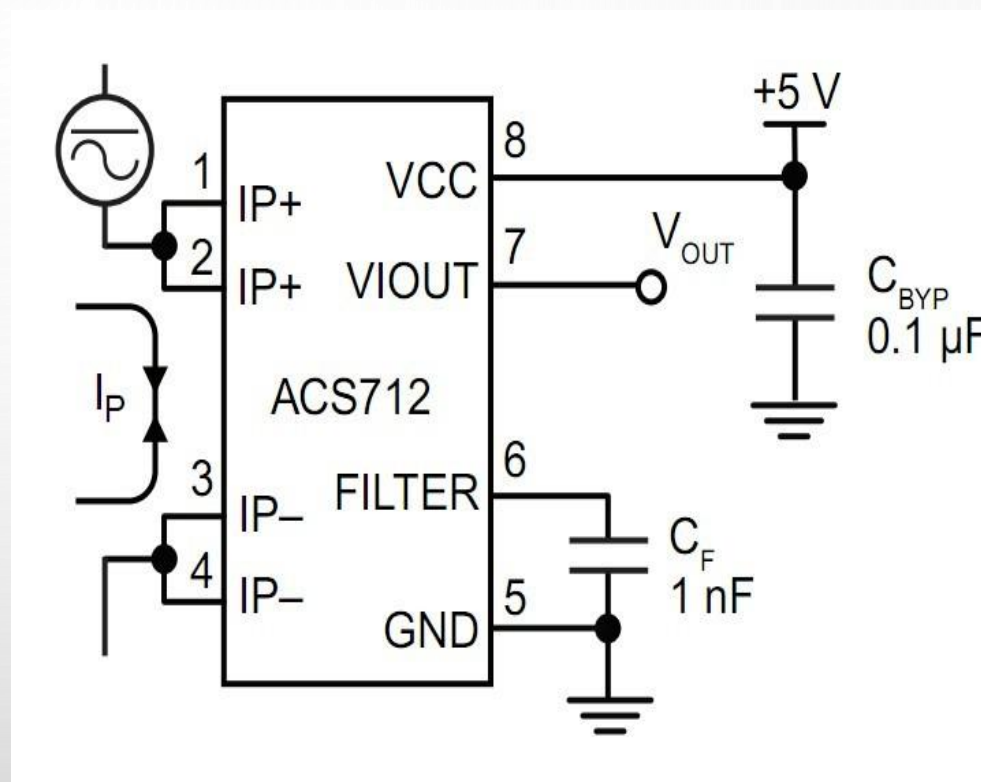
- 霍爾電流感測器(HALL SENSOR)是一個換能器，可將變化的磁場轉換成輸出電壓的變化，霍爾感測器一開始是用來測量磁場的變化，後來開始被用來測量產生和影響磁場的物理量，將感測器做為一個模擬換能器，將測出來的值轉換成電壓輸出。霍爾感測器分為兩種，可分為線性型和開關型兩種，線性行傳感器有可分為開環式及閉環式傳感器，主要包括霍爾元件；’線性放大器和設計跟隨器三大部分，一般用於測量交流電流、直流電流、電壓。開關型主要包過霍爾元件、差分放大器、穩壓器、斯密特觸發器、輸出及組成，用於輸出量的輸出。

# 研究設計-硬體設計(電力系統)



$$V = 0.1I + 2.5$$

$$I = (V - 2.5) * 10$$

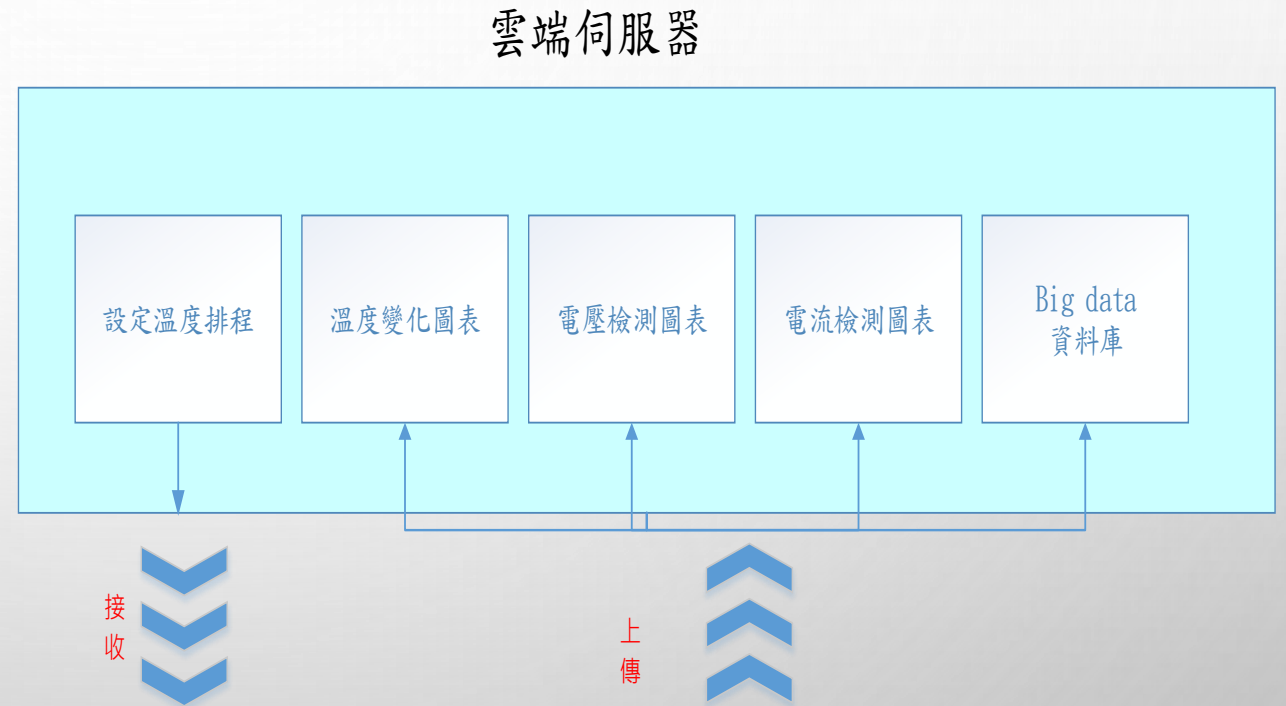


V為霍爾感測模組實測電壓，I為實際電流。



# 研究設計-硬體設計(雲端設計)

- 網頁部分利用PHP介面設計一套簡易的使用者介面，資料庫系統使用PHPMYADMIN使用者介面套件，始MYSQL更為方便管理，我們以資料庫區分每個硬體裝置，每個硬體裝置都有相對應的溫度控制表、歷史資料與管理員帳密。

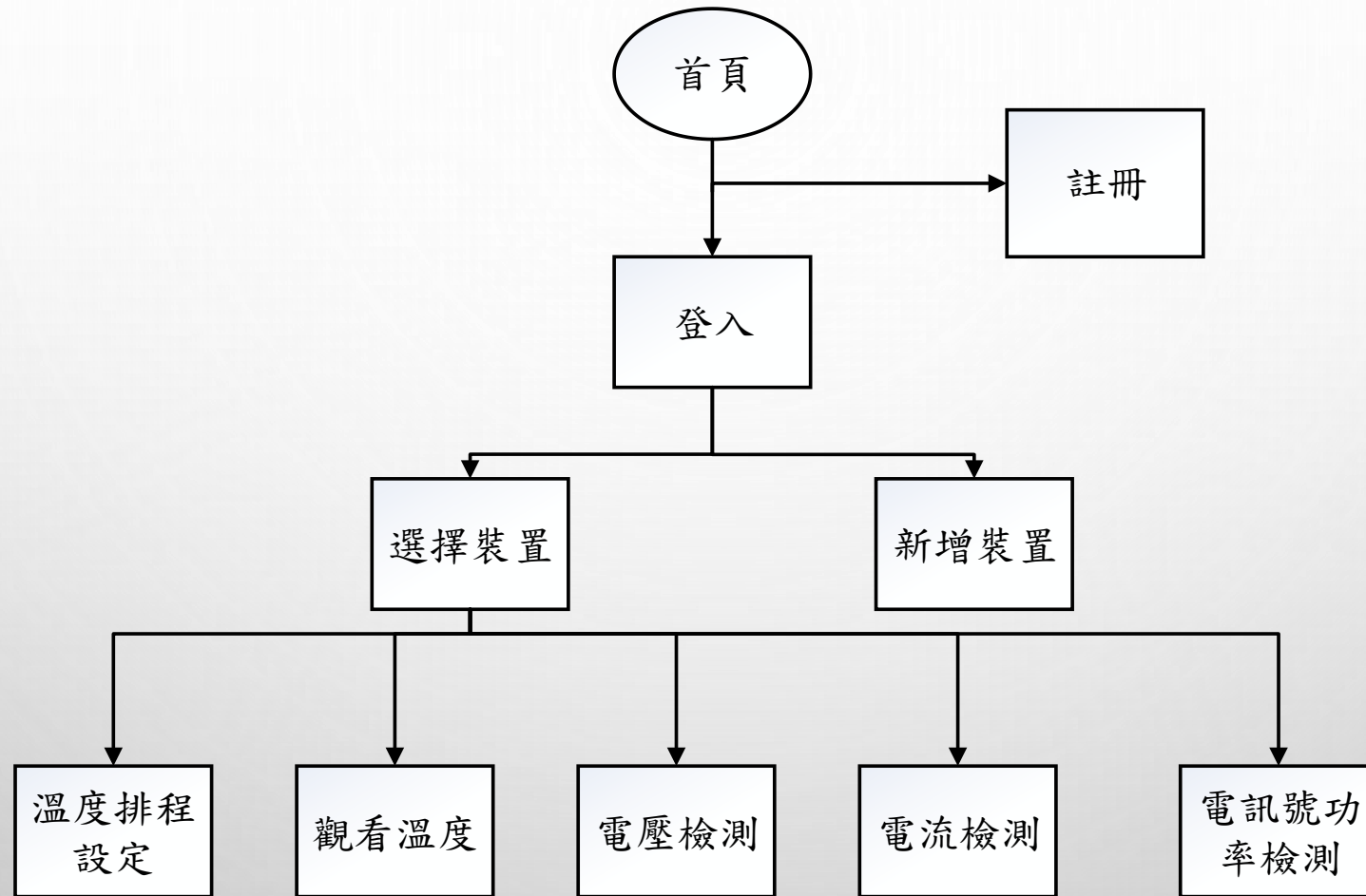


# 使用者介面

雲端軟體部分使用LAMP(LINUX + APACHE + MYSQL + PHP)架設伺服器的整合套件，使用PHP進行網頁的撰寫，MYSQL為資料庫管理系統如(圖一)。

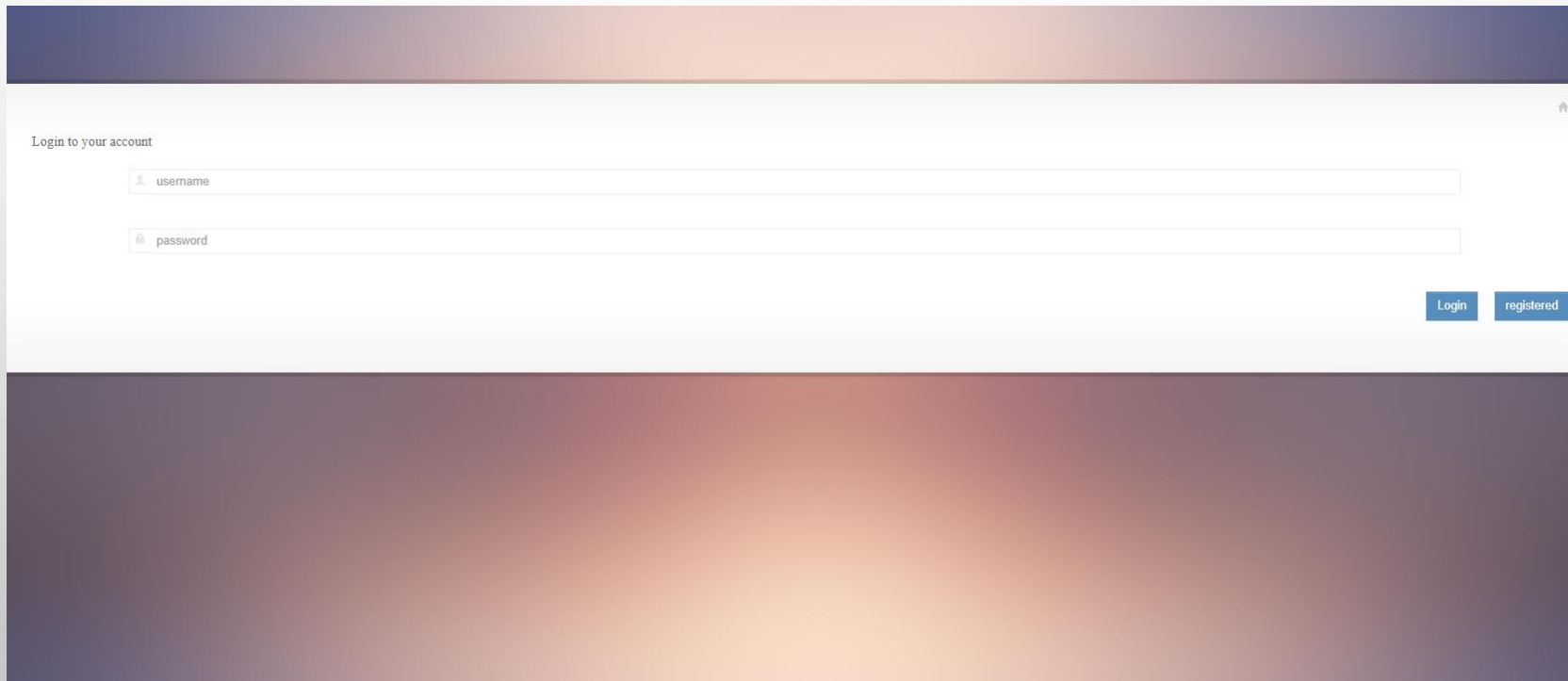
ARDUINO為整個系統的主要核心，透過WIFI的技術作資料傳輸，恆溫的加熱及散熱機制，主要以控制PID演算法加上脈衝寬度調變電路來控制溫度達到恆溫效果如(圖二)-(圖五)，電力檢測以AC TO AC降壓模組以及霍爾電流感測器模組將資料上傳至網頁運算電壓電流RMS、功率因素、消耗功率…等，達到監控溫度及電力訊號的目的如(圖)。

# 使用者系統架構



圖一

# 研究成果(登入介面)



A login interface mockup with a dark blue header and footer. The main content area is white and contains the text "Login to your account" in the top left. In the top right corner of the white area is a small house icon. Below the header text are two input fields: the first is labeled "username" with a person icon on the left, and the second is labeled "password" with a lock icon on the left. In the bottom right corner of the white area are two blue buttons: "Login" and "registered".

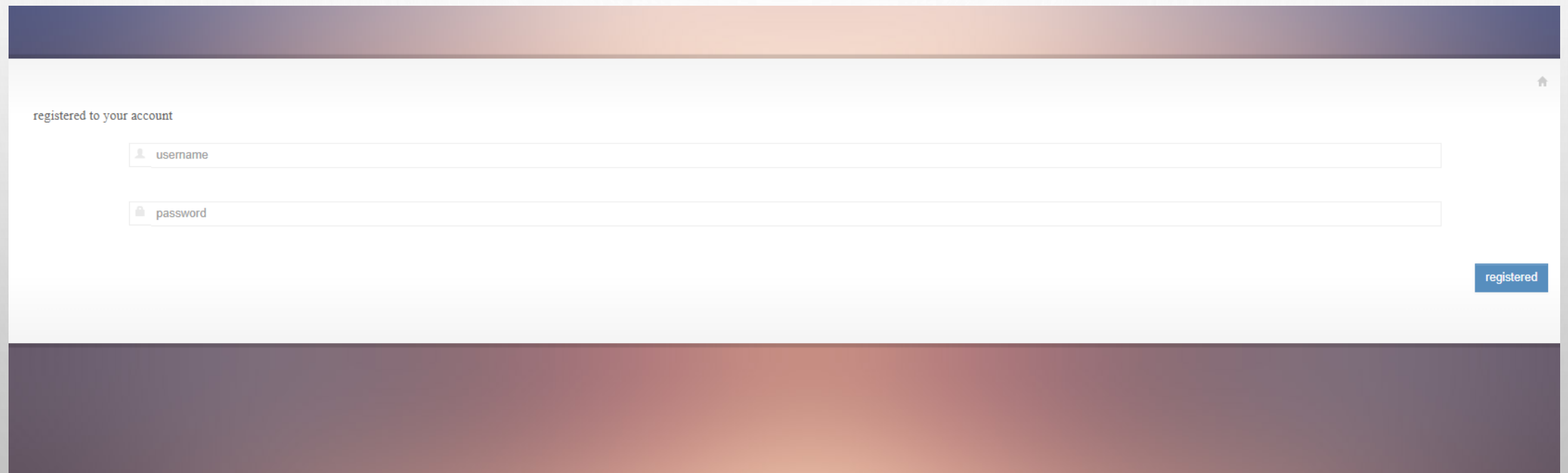
Login to your account

username

password

Login registered

# 研究成果(註冊介面)



The image shows a registration form interface. At the top, there is a horizontal bar with a gradient from dark blue to light orange. Below this, the text "registered to your account" is displayed. There are two input fields: the first is labeled "username" with a user icon, and the second is labeled "password" with a lock icon. A blue button labeled "registered" is located at the bottom right of the form area. The entire form is set against a light gray background with a faint circular pattern.

registered to your account

username

password

registered



# 研究成果(恆溫預約介面)

- 此系統以簡易的介面設計溫度及時間設定，使用者可依照所需之用途去作時間排成及溫度設定。

時(1~24)	分(0~60)	控制溫度	功能按鈕
現在	溫度	<input type="text" value="23"/>	
15	51	<input type="text" value="25"/>	Delete
15	55	<input type="text" value="35"/>	Delete
16	10	<input type="text" value="23"/>	Delete
<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="10"/>	Add

Edit

回到監控頁面

## 研究成果(裝置新增頁面)

- 使用者可直接加裝裝置系統，並在此頁面設定裝置名稱即可使用。

裝置名稱：	I534
擁有者：	abc123
功能按鈕：	<button>Delete</button>

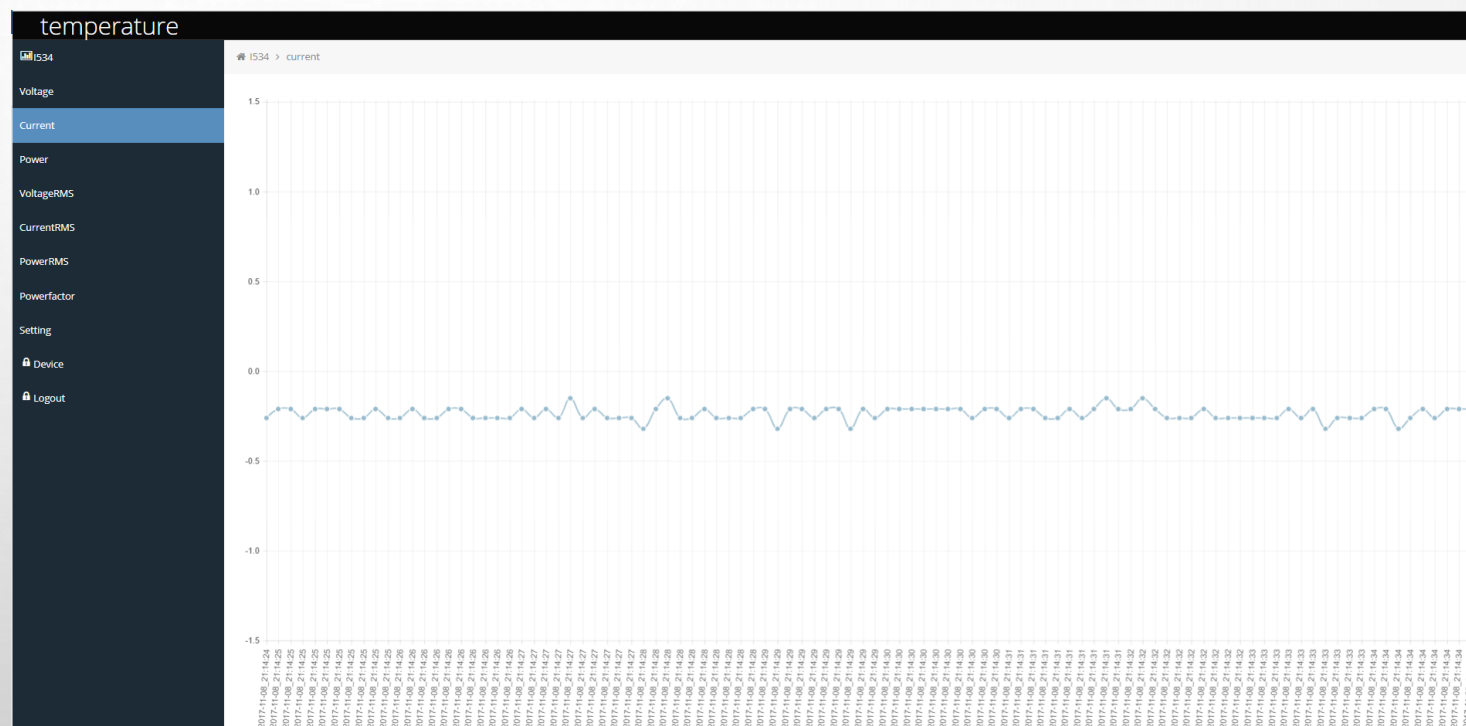
  

裝置名稱：	<input type="text"/>
擁有者：	abc123
功能按鈕：	<button>Add</button>

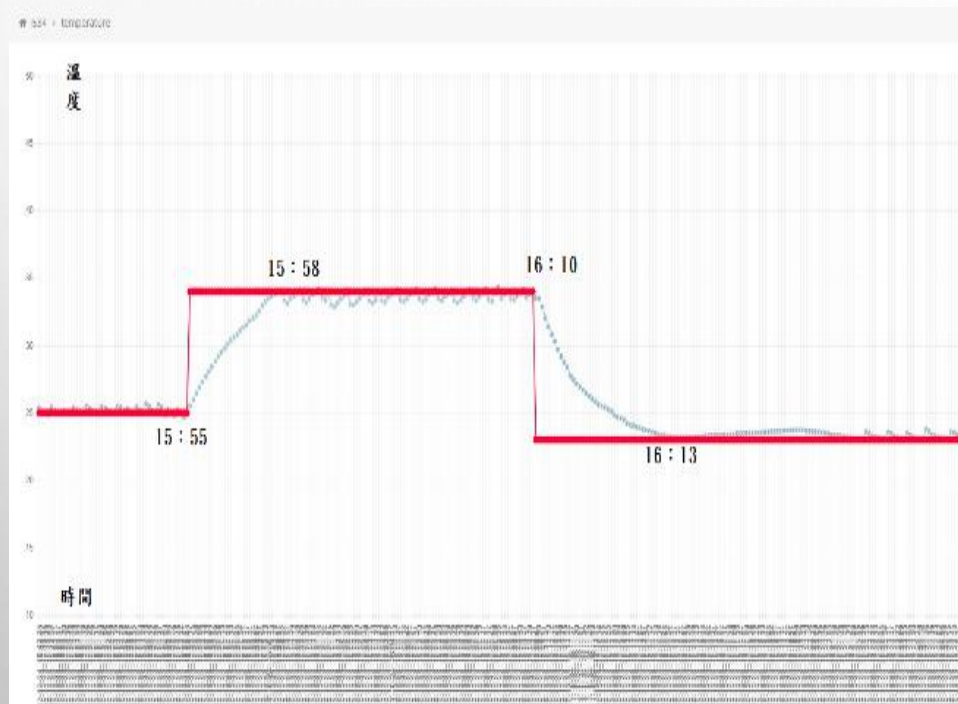
回到監控頁面

# 研究成果(使用者介面)

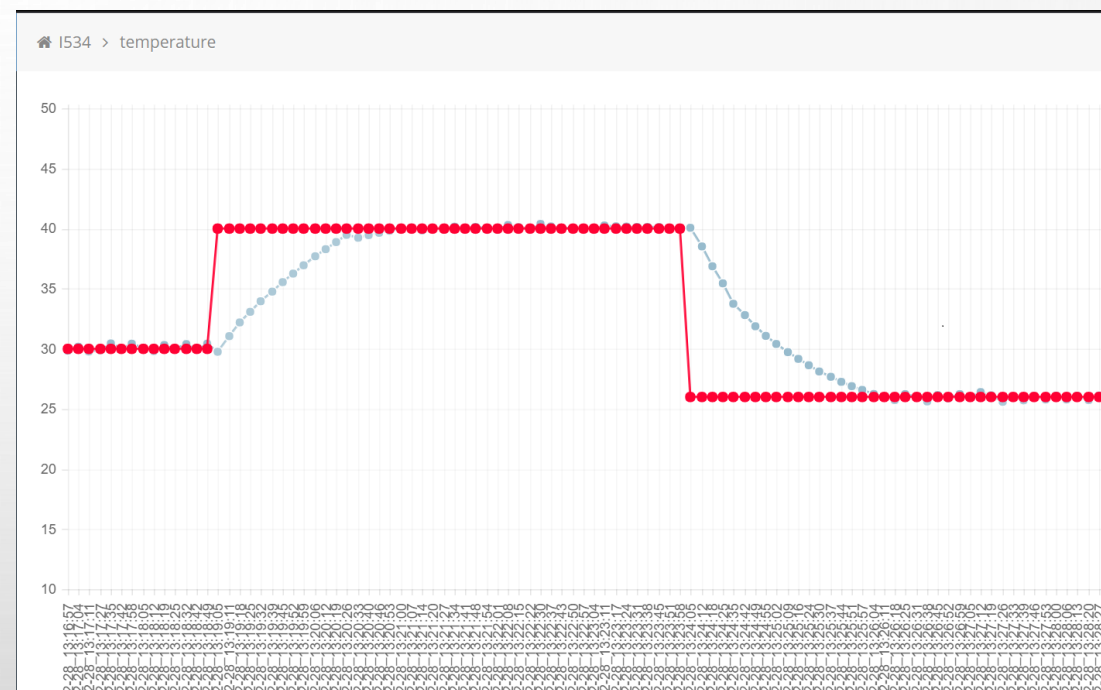
使用者可直接在左邊清單中，點選所需要觀看之項目，並可做到即時顯示。



# 研究成果(使用者介面)

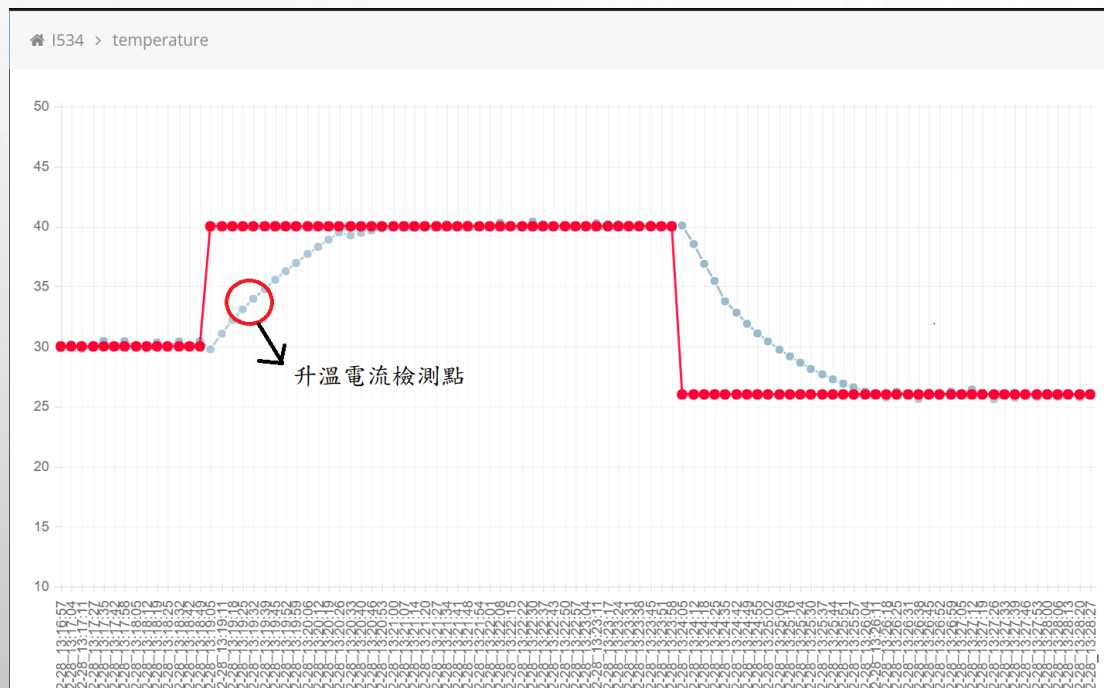


溫度顯示介面調整前



溫度顯示介面調整後

# 升溫時電流

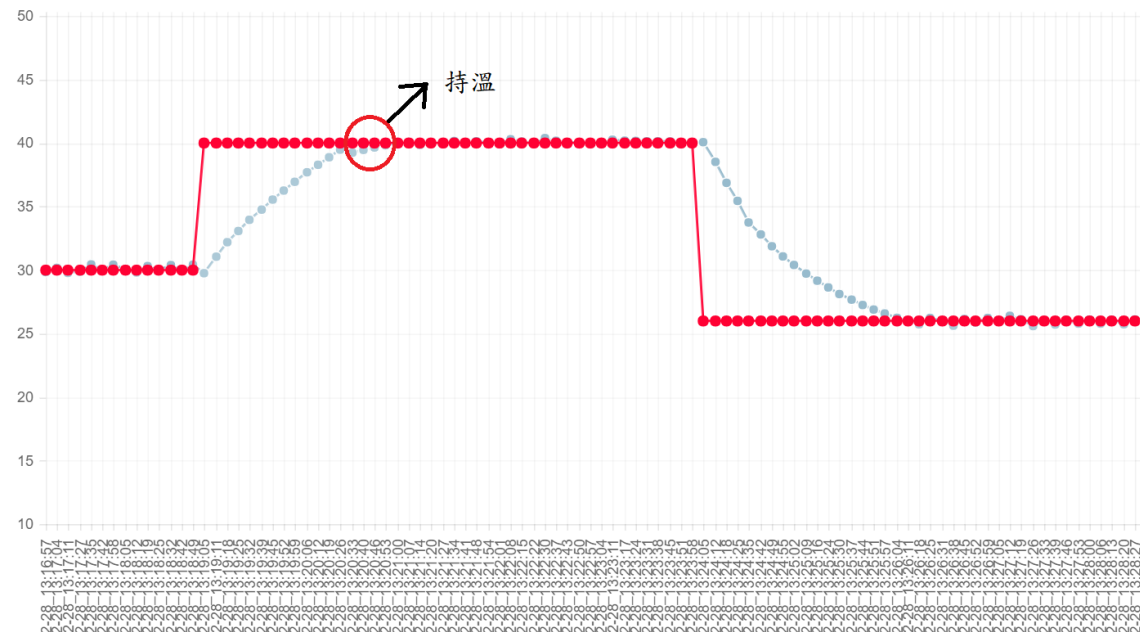




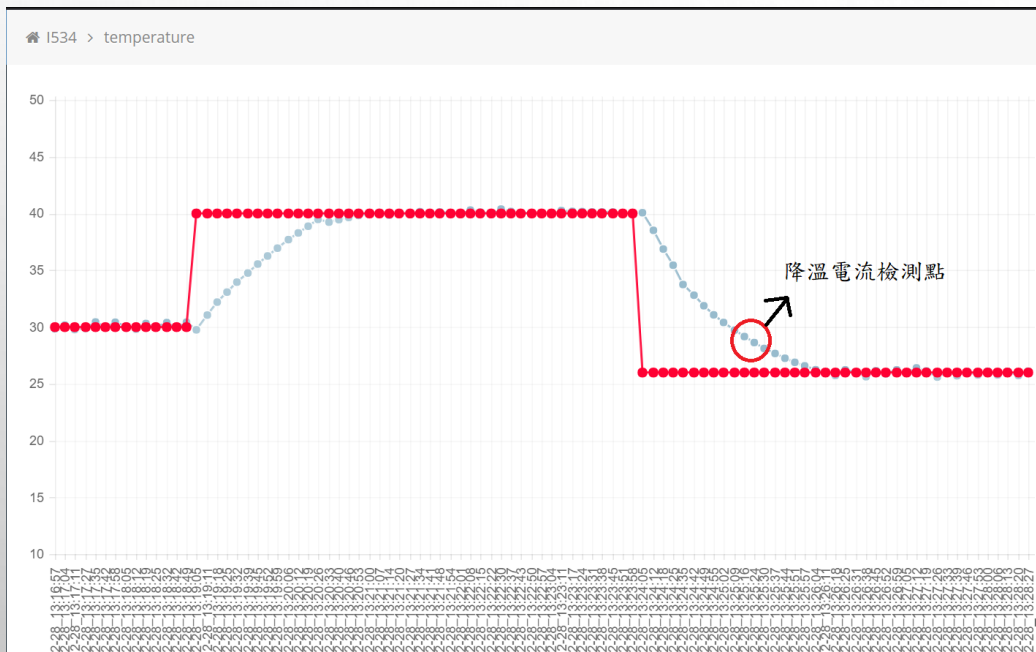
# 持溫時電流

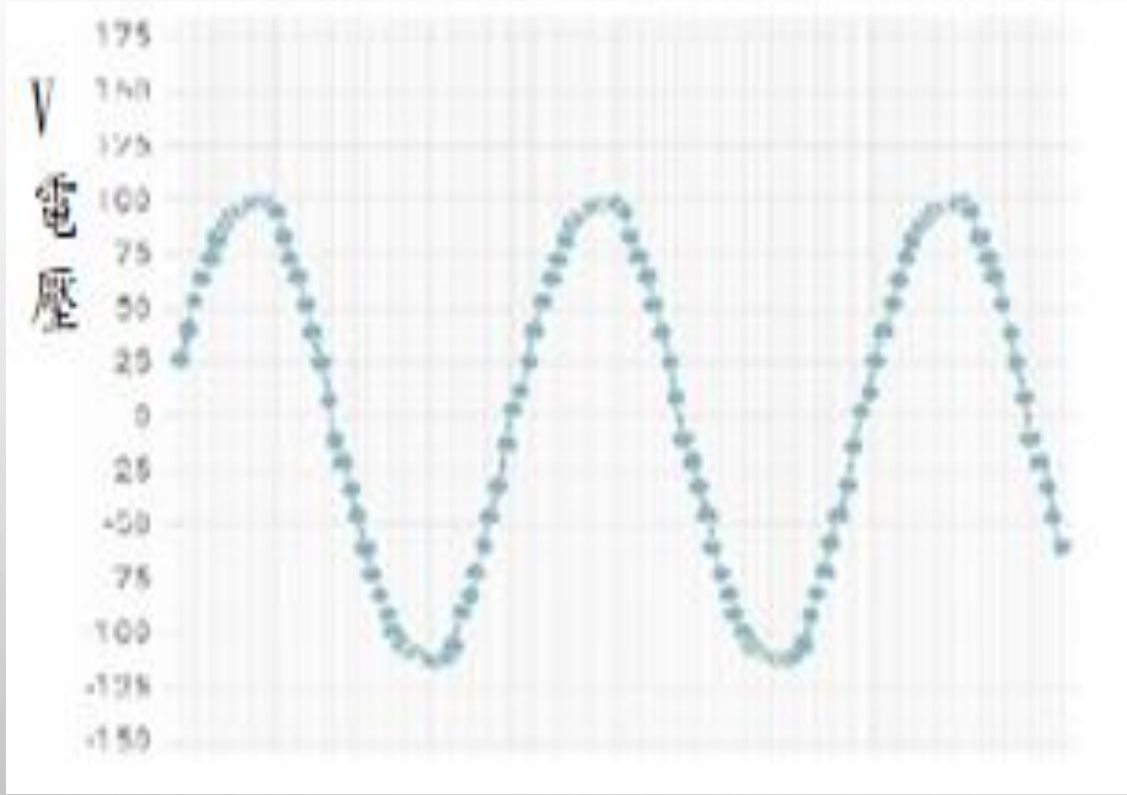
I534 > current

I534 > temperature

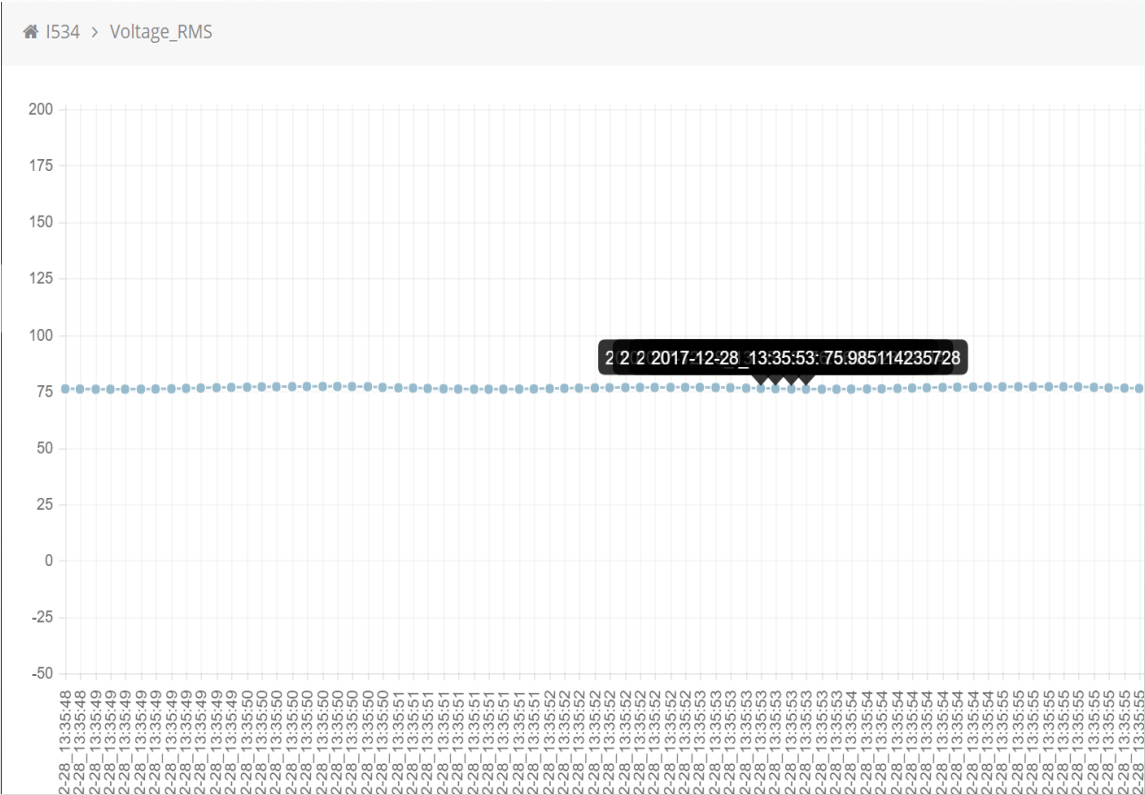


# 降溫時電流

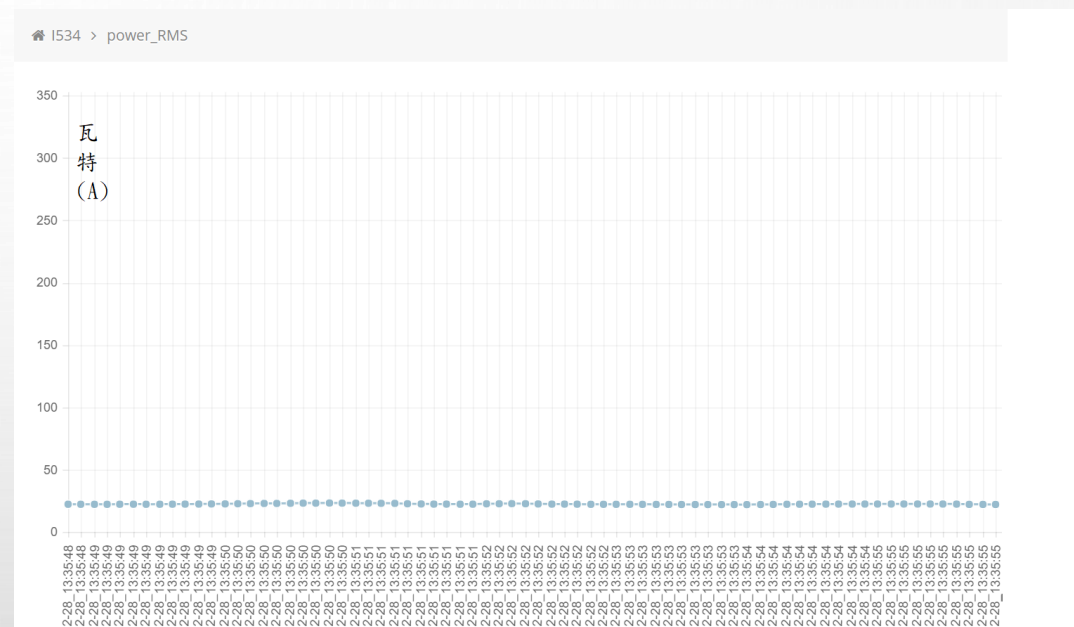
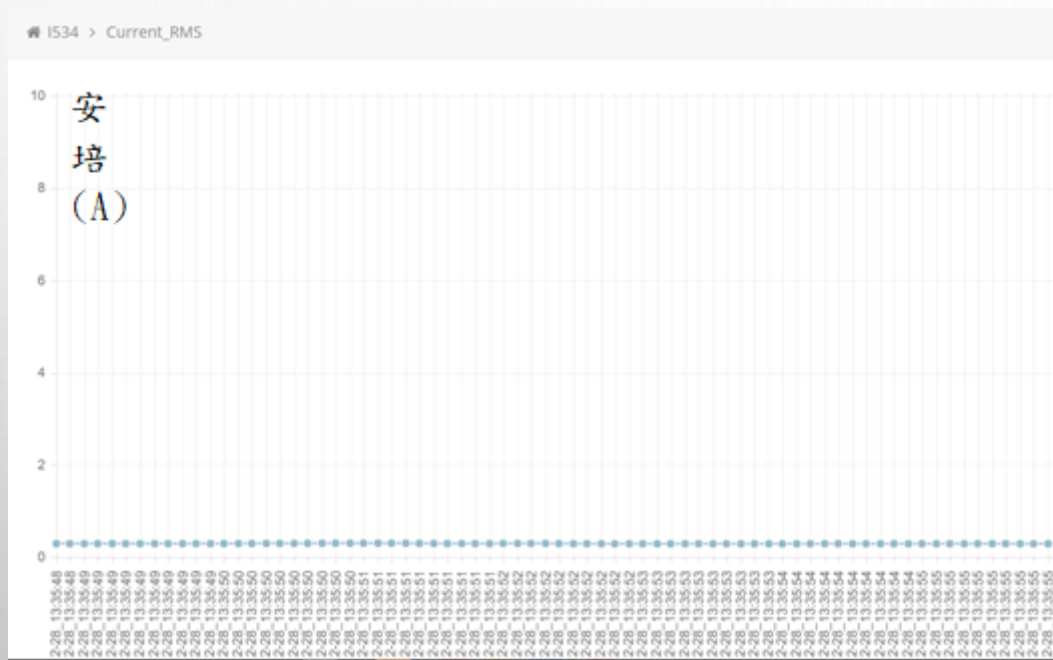




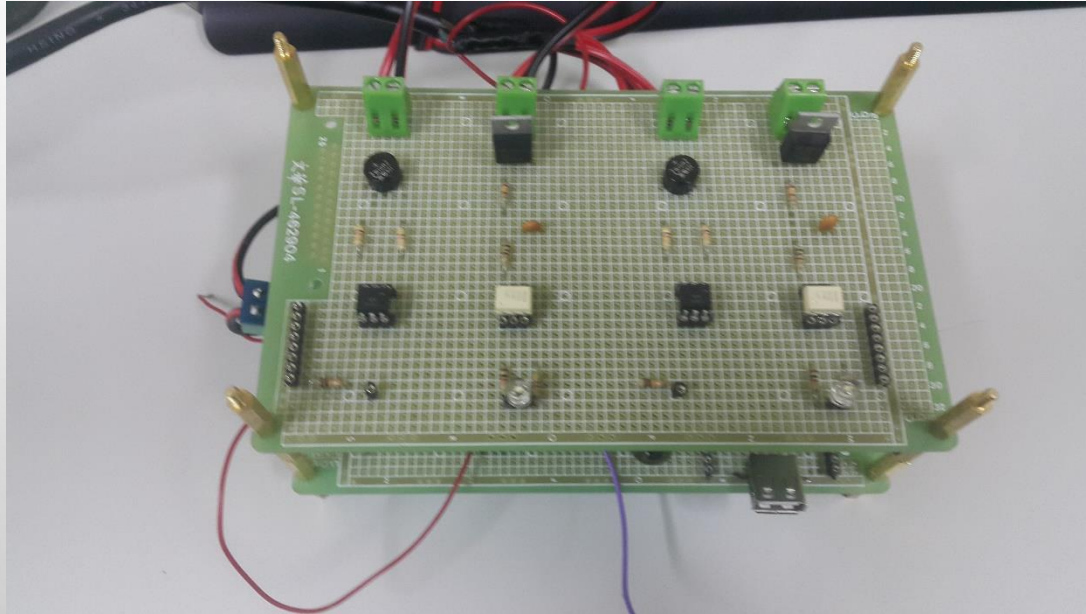
電力訊號介面



電壓RMS

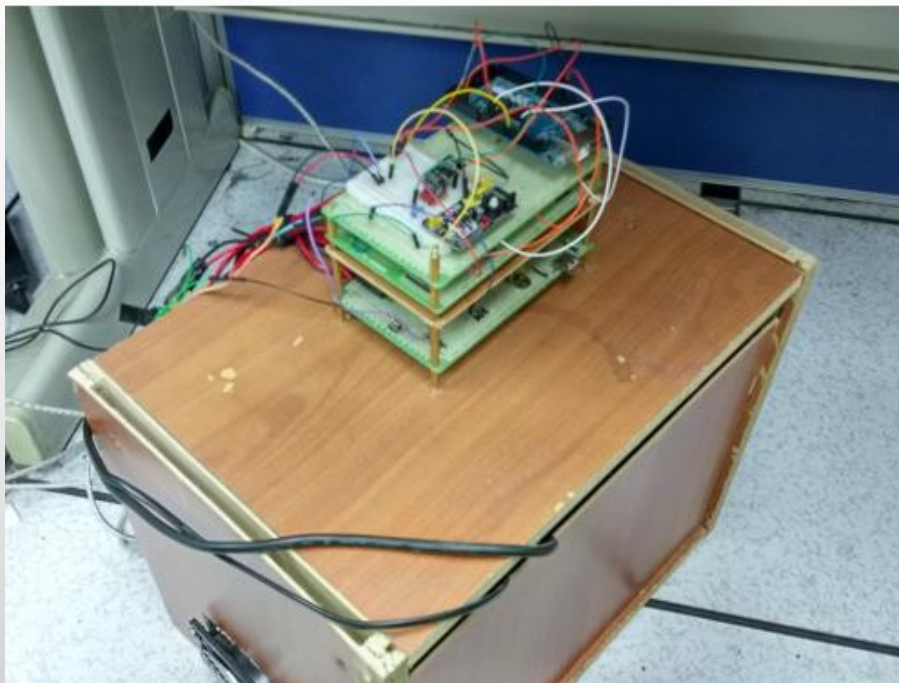


# 硬體設備



調光電路硬體





燈泡



溫度感測器



WiFi模組



風扇

# 結論

- 物聯網溫度及電力監控系統使用範圍相當廣泛適用於各行各業，本系統使用ARDUINO作為硬體裝置的基礎，將PID控制器成功導入作運算，並使用PWM控制來調節，以這兩者作為ARDUINO程式核心的主軸，幾乎可以當作是個溫度智能調節的處理晶片，接著再分別連接交流電的風扇電路以及交流電的燈泡電路，讓PWM能透過佔空比來調節風扇轉速控制降溫速度，以及調節燈泡亮度控制升溫速度，因此系統現階段測試環境為室溫使用燈泡及風扇做加熱及扇熱，因持溫時的控制機制為實際溫度一旦超過設定溫度將啟動風扇，消耗功率提升且溫度震盪幅度偏大，未來也將會改變溫度判斷方式，此系統隨著不同加熱裝置的瓦數改變響應時間及溫度差異的震盪幅度也會變大，需調整PID參數，在電力監控方面可達到多點監控電壓電流，再經有計算可得知電力品質的好壞及用電安全，未來更可以做成節電的參考數據。



報告到此結束，謝謝各位的聆聽