



逢甲大學學生報告 ePaper

智慧家庭監控系統

Intelligent Home Monitoring System

作者：陳穎賢、翁桔豪、陳儀通

系級：自控二甲

學號：D1056411、D1019615、D1056468

開課老師：謝男凱

課程名稱：可程式控制

開課系所：資電學院 自動控制工程學系

開課學年： 111 學年度 第 2 學期

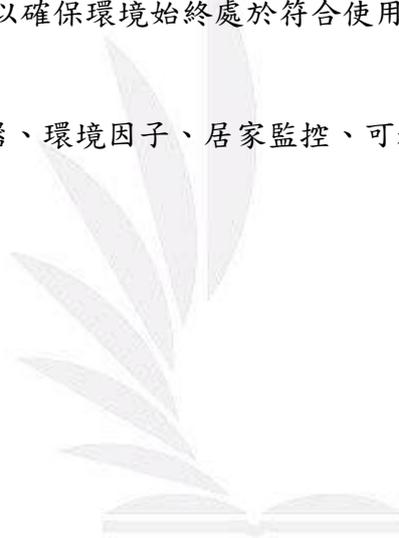


中文摘要

現今市面上產品大多為居家環境監測系統，較少部分對於蒐集後的資料進行判斷後自動做出相對應的決策，使用者必須自行操作電器來調整環境數值。此專題分為兩大部分，Arduino 作為感知與分析的平台而 PLC 控制作為決策後的動作中心，依照使用者所設定的環境條件去執行環境控制。

本專題冀望建立一個「智慧家庭監控系統」，以提升環境舒適度，使用者可以預先設定各個環境因子的期望值，讓使用者能夠選擇自己嚮往的舒適環境，再透過感測器持續蒐集溫濕度、光照度、可燃氣體濃度，將這些數據傳至 Arduino 資料中心進行判斷。一旦感測到環境數值與使用者設定的期望值不符，PLC 動作中心將自動做出相對應的環境控制，同時檢測可燃氣體濃度來預防意外事件的發生。藉由「智慧家庭監控系統」可以有效地監控環境數值，並根據使用者的設定自主地進行調節和控制，以確保環境始終處於符合使用者需求的最佳狀態。

關鍵字：舒適度、感測器、環境因子、居家監控、可程式化邏輯控制器



Abstract

Most of the products on the market today are home environment monitoring systems, and fewer of them automatically make corresponding decisions after judging the collected data. Moreover, users have to operate the appliances themselves to adjust the environmental values. Thus, the project is divided into two main parts. First, Arduino is used as a platform for perception and analysis. Second, PLC is used as an action center after decision-making. It executes environmental control according to the environmental conditions set by users.

This project aims to establish a "Intelligent Home Monitoring System". Users can preset the desired value of each environmental factor, so that users can choose their own comfortable environment, and then through sensors to continuously collect the temperature and humidity, illumination, combustible gas concentration. These data will be sent to the Arduino data center for judgment. Once they sense that the environmental values are not in accordance with users' expectations, the PLC action center will automatically perform the corresponding environmental control to enhance the comfort of the environment. Meanwhile, they measure the concentration of flammable gases to prevent accidents. To sum up, the "Intelligent Home Monitoring System" can effectively monitor the environmental values and autonomously adjust and control them according to the users' settings to ensure that the environment is always in the best condition that meets the users' needs.

Keyword : Comfort, Environmental elements, Home monitoring and controlling, Programmable Logic Controller, Sensors

目次

| | |
|---|----|
| 中文摘要..... | 1 |
| Abstract..... | 2 |
| 壹、 研究動機..... | 4 |
| 貳、 實驗設備與流程..... | 4 |
| 1. 實驗平台..... | 4 |
| 1.1 Arduino Uno 開發板..... | 4 |
| 1.2 可程式化邏輯控制器(Programmable Logic Controller)..... | 5 |
| 2. 感測項目..... | 5 |
| 2.1 光照度感測..... | 5 |
| 2.2 溫溼度感測..... | 6 |
| 2.3 可燃氣體感測..... | 7 |
| 3. 控制項目..... | 8 |
| 3.1 燈光控制..... | 8 |
| 3.2 冷氣控制..... | 9 |
| 3.3 窗戶控制..... | 10 |
| 參、 成果..... | 11 |
| 肆、 結論..... | 16 |
| 伍、 參考文獻..... | 17 |

壹、 研究動機

科技日新月異且人們生活水準的提高，蘋果公司發展出透過 iPhone、iPad 執行 HomeKit 這一軟體，搭配 AI “Siri” 的輔助來對空調、空氣清淨機、除濕機等家電做監控，顯然智慧居家已經成為了現代家庭生活的重要組成部分。

然而，大多電器為獨立個體，鮮少能夠把所有電器整合由系統中樞控制，隨著感測器技術的多樣化發展，眾多設備現在能夠感知周遭環境，而後端的連動控制也不斷的演進，能將多種環境因子集中整合至同一控制系統，如燈光、溫度、濕度，再根據使用者喜好設定環境的期望值，串連智慧監控、空氣品質、瓦斯偵測、自動燈光調控等系統能透過手機、電腦等裝置時時了解家中情況。目前市面上的系統大多是針對溫濕度、空氣品質等進行監控，鮮少對一氧化碳或甲烷等可燃氣體監測與控制，2023 年 7 月 21 日，台灣桃園市一處民宅，該住戶因洗完澡未關閉熱水器造成室內人員一氧化碳中毒，當救護人員到達時，室內仍有高濃度一氧化碳，此次意外造成 2 名人員死亡 1 名意識不清。在追求生活品質的同時必須注重生命安全，凸顯可燃氣體監控對於家庭安全的重要性。

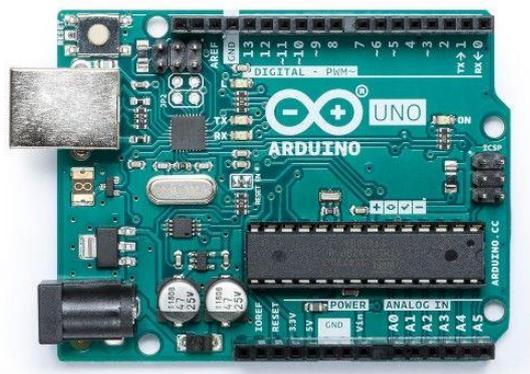
因此，本專題冀望開發一套智慧家庭環境監控系統，可以實現對家庭環境的即時監測和控制，由系統中央統一控制，並添加應對甲烷、一氧化碳濃度過高等意外的處理能力，採取開窗戶、關閉電源並發送郵件通知使用者，待使用者排除問題後，系統自動將所有電器恢復運作。從而提高家庭的安全性、舒適性和便利性，使其具有重要的研究價值和應用前景。

貳、 實驗設備與流程

1. 實驗平台

1.1 Arduino Uno 開發板

Arduino 是一款開放原始碼的平台，包括硬體和軟體，可用於建立各種互動式物體和環境。本專題蒐集環境數值和判斷將使用 Arduino Uno 開發板 (圖一) 其基於 Microchip ATmega328P 微控制器的開源微控制器板，由 Arduino.cc 開發。該開發板具有 14 個數位 I/O 引腳，6 個類比輸入引腳，可以連接到各種擴展板和其他電路，並且可以通過 USB 線與 Arduino IDE 進行程式編寫，其用來接收各種感應器(如光、聲音、溫度等)的訊號，並根據訊號來處理和控制。



圖一 Arduino Uno 開發板外觀圖

1.2 可程式化邏輯控制器(Programmable Logic Controller)

本專題利用可程式化邏輯控制器 (圖二)進行環境控制。PLC 主要將外部的輸入裝置如：按鈕、脈波等狀態讀取後，依據這些輸入信號的狀態或數值根據內部存預先編寫的程式，以微處理機執行、順序、計時、計數及算式運算，產生相對的輸出信號到輸出裝置如：電器的開關、電磁閥及馬達，以控制機械或程序的操作，來達到機械控制自動化或加工程序之目的。其規格如表一所示。



圖二 PLC FX3U-32M 外觀圖

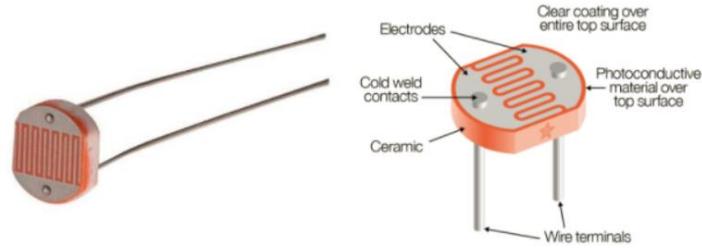
表一 PLC FX3U-32M 規格

| 項目 | 規格 |
|---------------|--------------|
| 電源形式 | AC |
| 輸入/輸出點數 | 16 點 |
| 輸入形式 | DC 24 V |
| 輸出形式 | 繼電器 |
| 內部 DC5V 供應容量 | 500 mA |
| 內部 DC24V 供應容量 | 400 mA |
| 外型尺寸(寬*高*長) | 150*90*86 mm |

2. 感測項目

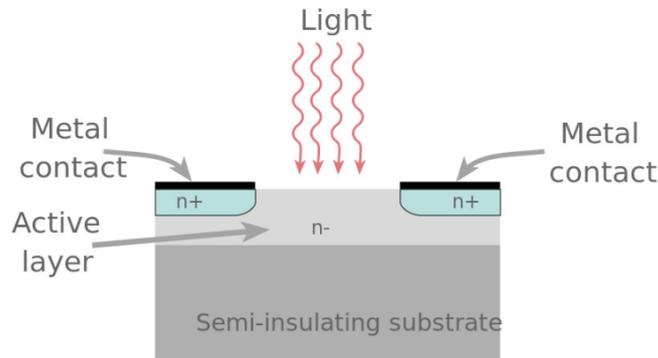
2.1 光照度感測

本專題利用光敏電阻作為光照度的感測器(圖三)，由於它價格低廉且操作簡易，光敏電阻是利用光電導效應的一種特殊的電阻，它的電阻和入射光的強弱有直接關係。光強度增加，則電阻減小；光強度減小，則電阻增大。



圖三 光敏電阻外型圖

光敏電阻的將對光敏感的電阻性材料放在絕緣的基板上，光可以直接打在電阻性材料上，而兩端以金屬接觸做出電極，如圖四所示。

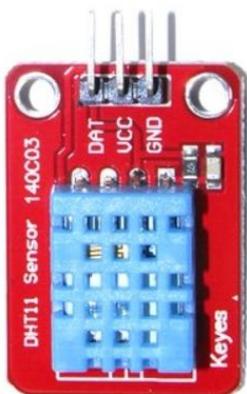


圖四 光敏電阻結構圖

2.2 溫溼度感測

本專題溫溼度感測器採用 DHT11(圖五)，一款含有已校準數位信號輸出的溫濕度複合感測器，具有極高的可靠性與穩定性。其包括一個電阻式感濕元件和一個負溫度係數(Negative Temperature Coefficient, NTC)測溫元件，並與一個 8 位元微處理機相連接將所量測到的溫、濕度資料拆解成為數位訊號，再由感測器接腳將資料送出。其規格如表二所示。

表二 DHT11 規格



圖五 DHT11 外觀

| 項目 | 規格 |
|--------|-------------|
| 濕度測量範圍 | 20~90% |
| 濕度測量精度 | ±5% |
| 溫度測量範圍 | 0~50°C |
| 溫度測量精度 | ±2°C |
| 電源供應範圍 | 3~5V |
| 分辨率 | 1°C、相對濕度 1% |
| 介面 | 數位訊號輸出 |

2.3 可燃氣體感測

本專題可燃氣體感測器採用 MQ-9(圖六)，其所使用的氣敏材料是在空氣中電導率較低的二氧化錫。採用**低溫加熱** (1.5V) 可檢測一氧化碳，感測器的電導率隨空氣中一氧化碳氣體濃度增加而增大；使用**高溫加熱** (5.0V) 可檢測可燃氣體甲烷、丙烷並清洗低溫時吸附的雜散氣體。



圖六 MQ-9 外觀

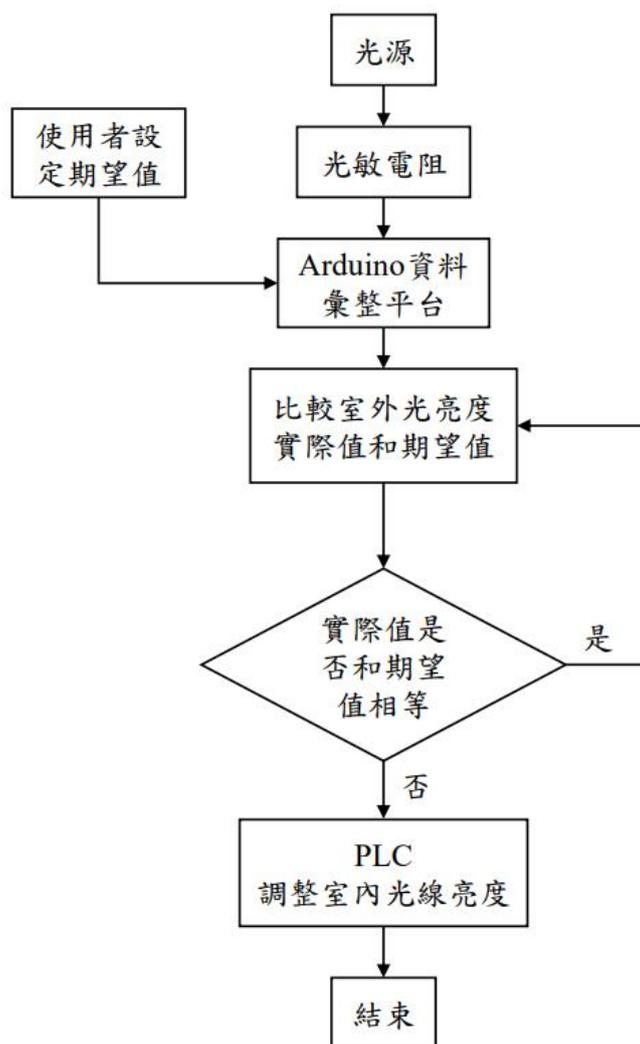
表三 MQ-9 規格

| 項目 | 規格 |
|----------|------------------|
| 偵測一氧化碳範圍 | 10 to 1000 ppm |
| 偵測可燃氣體範圍 | 100 to 10000 ppm |
| 輸入電壓 | DC 5V、150 mA |
| DO 輸出 | TTL 數字量 0 和 1 |
| AO 輸出 | 0.1~.3V |

3. 控制項目

3.1 燈光控制

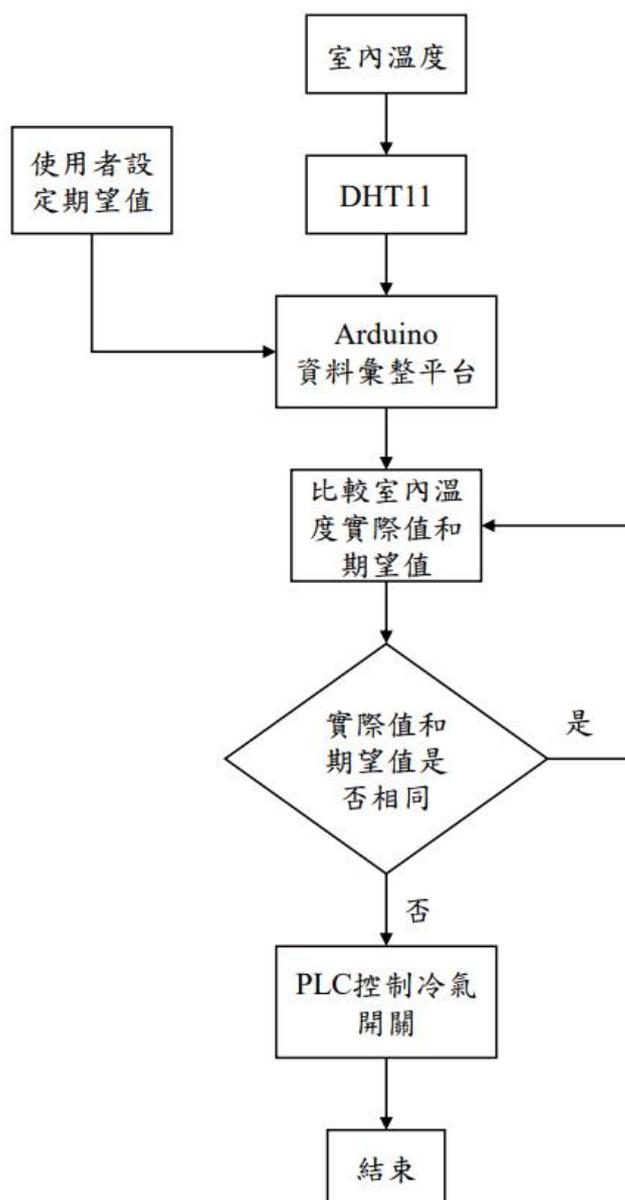
圖七為燈光控制流程圖。首先，使用光敏電阻感測室外的光亮度，並將感測到的數據將傳至 Arduino 資料彙整平台，與使用者先前設定好的數值進行比較，若不符合將命令 PLC 對室內燈光亮度做調整，例如:室外亮度強，光敏電阻上的電阻值變小，光照值較大，室內亮度會變暗。此外，還可以透過手動控制來開關室內燈光。



圖七 燈光調整流程圖

3.2 冷氣控制

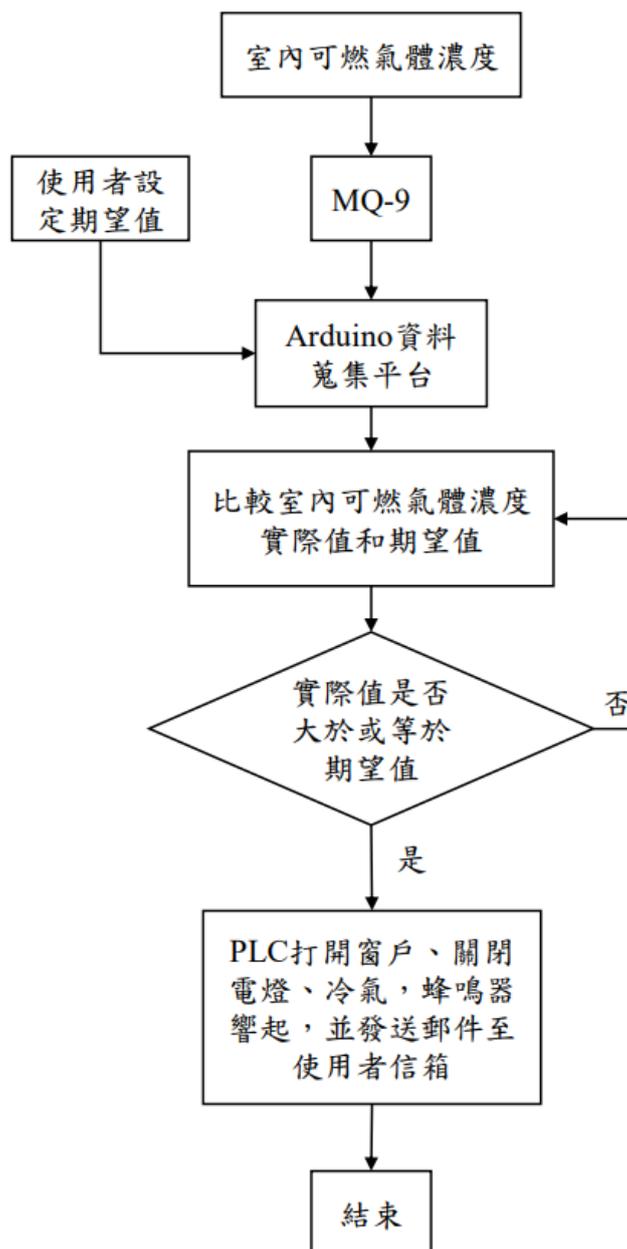
圖八為冷氣控制流程圖。在冷氣切換至自動模式時，DHT11 感測室內溫度，將感測到的數據傳至 Arduino 資料彙整平台，判斷數據是否符合使用者設定的期望值，若不符合期望值，Arduino 將命令 PLC 控制冷氣的開關，例如:DHT11 感測室內溫度，經由 Arduino 判斷溫度高於 27.0°C 時，控制 PLC 開啟冷氣來降低室內溫度。此外還可以手動來強行關閉或開啟冷氣。



圖八 冷氣開關控制流程圖

3.3 窗戶控制

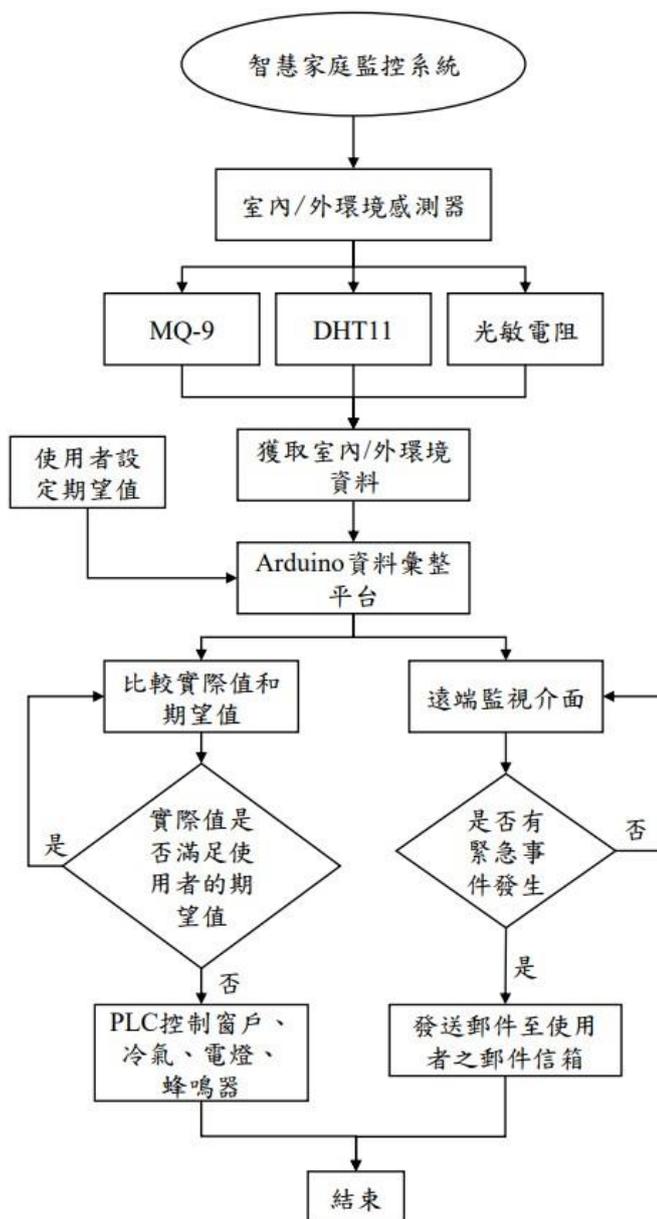
圖九為窗戶控制流程圖。可燃氣體濃度感測器 (MQ-9) 感測室內可燃氣體濃度，將數值傳至 Arduino 資料彙整平台來比較濃度是否高於設定值，若可燃氣體濃度高於設定值時，此時為緊急狀態，Arduino 命令 PLC 將窗戶開啟，以降低室內濃度。此外，還可以透過手動控制來開啟窗戶。



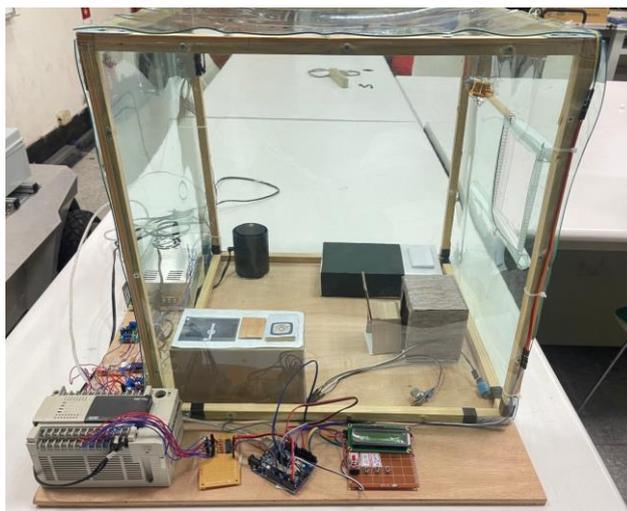
圖九 窗戶控制流程圖

參、 成果

本專題透過 Arduino、PLC 實現「智慧家庭監控系統」(圖十與圖十一)，目前以監控溫度、光亮度、緊急情況為主，相較過去單純監測室內環境數值，此系統可根據使用者喜好自由設定理想環境數值，透過 Arduino 資料彙整平台蒐集、判斷後傳至 PLC 進行環境控制，自動將室內環境數值調至使用者理想環境，提升環境舒適度。緊急情況發生時，即使使用者不在家，系統仍會做出相對應決策降低意外發生，並且即時發送 Email 通知緊急聯絡人。



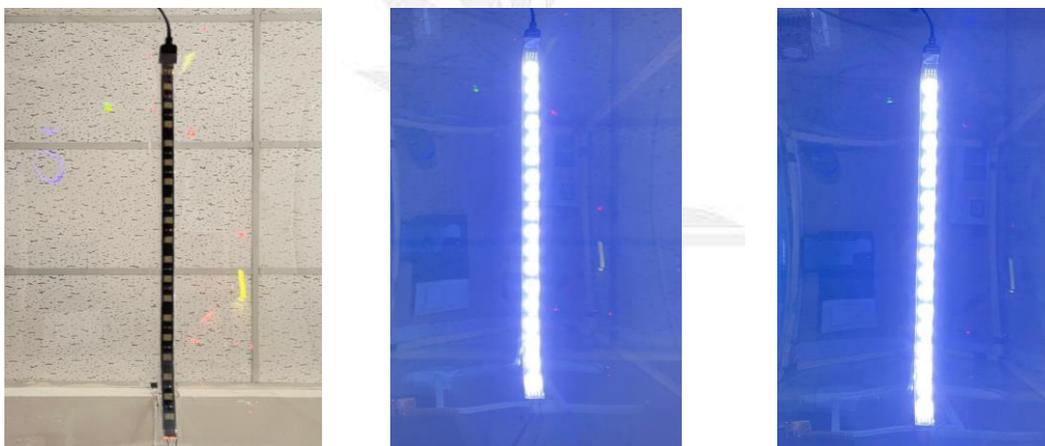
圖十 智慧家庭監控系統流程圖



圖十一 成品整體外觀圖

室內燈光：

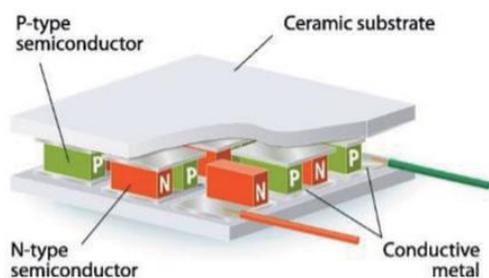
本專題以 250 lux 和 460 lux 做為燈光控制的觸發條件，由光敏電阻感測室外的光強度，將光照值傳至 Arduino 資料彙整平台，由 Arduino 進行判斷此時為晴天(光照值大於 460 lux)、陰天(光照值介於 250~460 lux)或夜晚(光照值小於 250 lux) (圖十二)，若此時為晴天，室外亮度強，Arduino 控制 PLC 將室內亮度調至最暗；假如此時為夜晚，室外亮度最暗，Arduino 控制 PLC 將室內亮度調至最亮。此外，室內燈光可以透過手動開關。



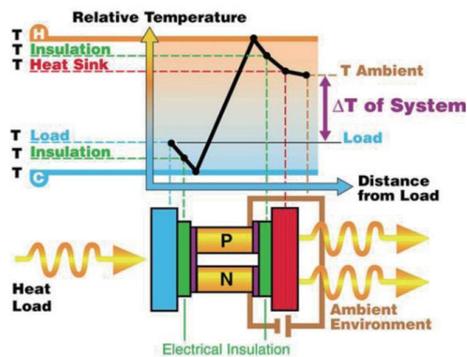
圖十二 室內燈光強弱變化(由左至右為最暗至最亮)

冷氣：

本專題在溫度控制上採用自製冷氣(圖十六)的方式，利用致冷晶片和風扇組合而成，圖十三為典型致冷晶片的內部結構圖，致冷晶片由兩片絕緣的陶瓷基板所構成，內部由多組的 P 型與 N 型碲化鉍系列熱電材料及導電銅電極串聯構成。當電流由電極進入熱電材料，由於帕爾帖效應(Peltier effect)，在異質材料接合的界面分別產生吸熱與放熱的現象，使得該處的溫度降低與升高，如圖十四所示。



圖十三 致冷晶片內部結構圖



圖十四 界面吸熱與放熱的現象

根據 ASHRAE Standard 55 (圖十五)給出的舒適溫度範圍，夏天的最佳舒適度溫度是 24.5°C，可接受溫度範圍是 23-26°C，故本專題預先設定 27.0 度為冷氣在自動模式下的啟動條件，而 25.0 度為冷氣在自動模式下的關閉條件。

| Season | Optimum Temperature ^a | Acceptable Temperature Range ^a | Assumptions for other PMV inputs ^b |
|--------|----------------------------------|---|---|
| winter | 22°C | 20-23°C | relative humidity: 50% mean relative velocity: < 0.15 m/s mean radiant temperature: equal to air temperature metabolic rate: 1.2 met clothing insulation: 0.9 clo |
| summer | 24.5°C | 23-26°C | relative humidity: 50% mean relative velocity: < 0.15 m/s mean radiant temperature: equal to air temperature metabolic rate: 1.2 met clothing insulation: 0.5 clo |

a: refers to operative temperature, defined as "the uniform temperature of an imaginary black enclosure in which an occupant would exchange the same amount of heat by radiation plus convection as in the actual nonuniform environment. Operative temperature t_o is numerically the average of the air temperature (t_a) and mean radiant temperature (\bar{t}_r), weighted by their respective heat transfer coefficients (h_c and h_r): (ASHRAE Standard 55, 1992, p.4)

$$t_o = (h_c t_a + h_r \bar{t}_r) / (h_c + h_r)$$

b: if the value of these assumptions differs, refer to comfort zone diagrams and tables given in ASHRAE Standard 55, for appropriate temperature ranges.

圖十五 舒適溫度範圍

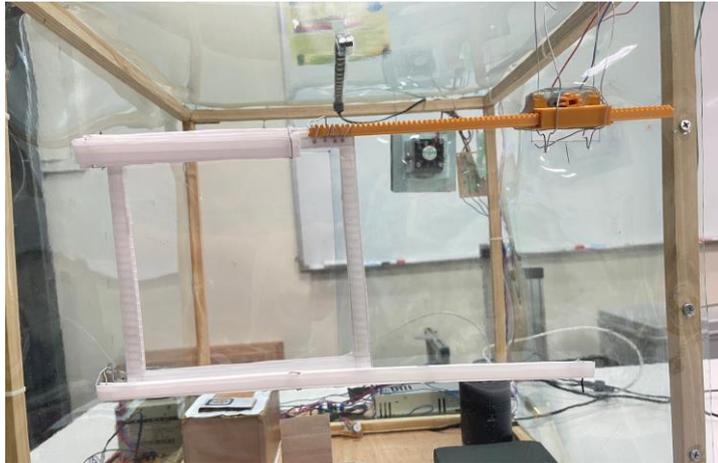
由 DHT11 感測室內溫度，若室內溫度超過 27.0 度，Arduino 資料彙整平台命令 PLC 來開啟冷氣。當 Arduino 判斷室內溫度已經下降至 25.0 度以下時，此時將會控制 PLC 來關閉冷氣。此外，冷氣可透過手動控制來調整運作模式，其冷氣的運作模式有強行開啟、自動模式、強行關閉。



圖十六 製冷晶片與風扇製作的冷氣

窗戶：

可燃氣體濃度感測器 (MQ-9) 感測室內可燃氣體濃度，將數值傳至 Arduino 資料彙整平台來判斷是否高於設定值，假如濃度過高，Arduino 將命令 PLC 輸出長度為 0.5 秒的脈波來驅動馬達，將窗戶打開以降低室內可燃氣體濃度。此外，窗戶的開啟可由手動控制運作。圖十七為電動窗戶外觀照。

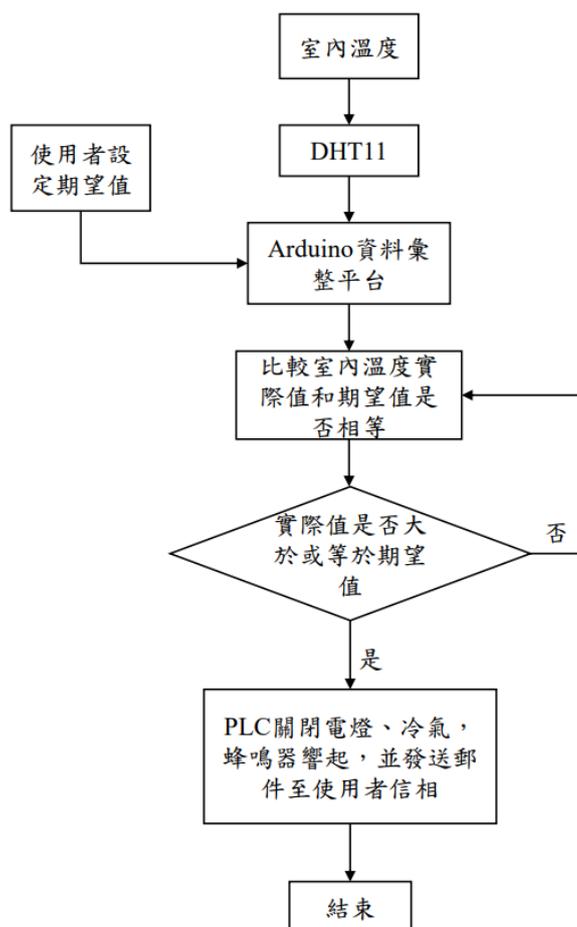


圖十七 電動窗戶

緊急事件：

第一種觸發為室內溫度過高(圖十八)。當 DHT11 感測到室內溫度高於設定值時，經 Arduino 判斷為緊急事件 (疑似火災發生)，Arduino 命令蜂鳴器發出警報，電燈、冷氣強制關閉電源、窗戶保持關閉，同時，Arduino 命令蜂鳴器發出警報及發送 Email 至緊急連絡人信箱。

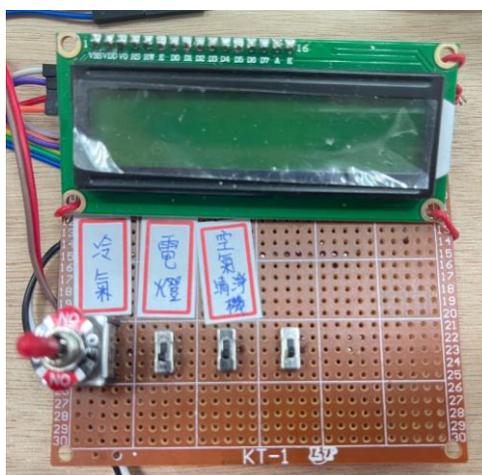
第二種觸發為室內可燃氣體濃度過高(圖九)。可燃氣體濃度感測器 (MQ-9) 感測室內可燃氣體濃度高於設定值時，經 Arduino 判斷為緊急事件 (疑似瓦斯外洩)，所有電器強制關閉、窗戶開啟，同時，Arduino 命令蜂鳴器發出警報及發送 Email 至緊急連絡人信箱。緊急事件排除後，需按下重置鈕使電器恢復正常運作。



圖十八 緊急事件流程圖

監控端：

監控端由顯示螢幕(圖十九)與網站(圖二十與圖二十一)兩大部分組成，可監控室內溫度、室外亮度、冷氣運作模式、窗戶目前狀態，以及兩種緊急事件是否發生，監控端網站可由電腦或手機開啟且可以設定緊急事件發生時，指定發送的Email。



圖十九 室內環境資訊顯示螢幕



圖二十 正常狀況下監視視窗



圖二十一 緊急狀態下監視視窗

肆、 結論

「智慧家庭監控系統」可以依照使用者所設定的值自動決策來提升環境舒適度，並且可透過行動裝置來遠程觀看家中狀況，同時，偵測疑似緊急情況發生時會發出電子郵件通知緊急聯絡人，但仍有改進空間。

首先，在溫度的控制上，雖然可以利用冷氣開關達到使用者期望的溫度，但由於冷氣不停開關，導致能耗不符合現今環保標準。未來，我們將嘗試多段控制等其他方式找出舒適度與能耗之間的平衡。然而，空氣品質逐漸受到重視，未來希望加入「PM2.5」監控項目，針對易敏感族群找尋室內空氣品質標準，進行空氣品質改善，達到符合大多人居住的環境條件。

最後，民眾與企業漸漸注重環保意識，本專題未來將導入碳排放監測系統，對於家中電器進行碳排放量監測，讓使用者可以得知哪些電器耗電，可即時汰舊換新減少不必要支出也為地球盡一份心力。

伍、 參考文獻

- [1] 南工高瞻_資料傳輸課程. (n.d.). *MQ-9*.
http://maker.tn.edu.tw/modules/tad_book3/html.php?tbdsn=70
- [2] Hu, S. (2023, January 2). *Grove - Gas Sensor(MQ9)*. Seeedstudio.
https://wiki.seeedstudio.com/Grove-Gas_Sensor-MQ9/
- [3] Beexant iot. (n.d.). 光敏電阻簡介與工作原理. IoT 教具研發.
<https://wordvice.com.tw/apa-citation-generator>
- [4] Beexant iot. (n.d.). *DHT11 溫濕度感測器*. 阿德的 STEAM 教學網.
<https://itcgs.tcgs.tc.edu.tw/yute?cid=2295>
- [5] Wu, D. (2021, February 21). *Arduino 光敏電阻使用教學，偵測亮度控制 LED 開關*。 瘋狂創客。
<https://crazymaker.com.tw/arduino-how-to-use-photoresistor/>
- [6] 溫溼度舒適度. (n.d.). 愛生特科技有限公司.
<http://www.icenter-tw.com/web/technical.php?id=19>
- [7] 朱旭山. (2020). 熱電致冷晶片之特性與應用.
chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.twiche.org.tw/ezfiles/0/1000/attach/65/pta_1483_5032009_64270.pdf
- [8] 陳弈安. (2019, August). 運用 Deep Q Learning 對教室熱舒適度與空氣品質及能耗進行最佳化. AiritiLibrary 華藝線上圖書館.
<https://www.airitilibrary.com/Publication/alDetailedMesh1?DocID=U0016-0206202016122839&title=undefined>