

2024 仰望盃全國科學 HomeRun 實作大賽

決賽成果報告書

隊伍名稱：四個小青農

作品名稱：立體哈密瓜科技自動化溫室模組探討

科學概念 1：人工智慧

智慧溫室監測與自動化控制系統是目前臺灣現代溫室必備的科技，一套成熟的自動化系統要價 30 萬以上，不是我們學生可以負擔得起。於是，我們採用 ARDUINO 物聯網，透過各式感測器的操控與程式設計，初步完成溫度偵測與啟動排風扇及土壤濕度偵測與啟動抽水馬達的佈建。在病蟲害之藥物防治，我們設計一款自動噴藥機器人降低因位處半密閉式溫室之人工噴藥的職業傷害。

科學概念 2：病菌說

哈密瓜的病害主要分病毒與病菌兩種，病毒通常是因幼苗帶原與昆蟲傳播，現可以選擇品種優良之幼苗與架設 60 目防蟲網防治。而病菌主要為：苗立枯病、白粉病、露菌病、蔓枯病、根腐病、基腐病、果斑病與萬枯病等，需以藥劑防治。

決賽成果報告書內文

1. 發想動機

幾年前，聽到去日本旅行的同學述說日本哈密瓜是多麼的美味，「在臺灣是吃不到的！」。心想，哈密瓜不就是隔壁七股區特產的洋香瓜嗎？「洋香瓜」與「哈密瓜」種類區隔在於外表與果肉的口感，兩種的種植方式相近，臺灣的農民會依季節栽培適合的瓜讓民眾可以在每一個季節品嚐到美味的洋香瓜(哈密瓜)。

在二十幾年前，七股是一個著名的洋香瓜產地，自發生病毒病嚴重危害開始，當地農民多數放棄洋香瓜的種植。近年來，七股已經很難看到陸上波浪景色(隧道式種植)，訪談七股義合里種植洋香瓜超過二十年的黃姓農民，他表示七股的農地無法種植水稻，「一期報休耕，二期種蕃茄、玉米、紅蔥頭等」，而早期洋香瓜的收益又是種植其他作物的5倍以上，所以大家搶種洋香瓜，遇到病蟲害就是不斷找農藥噴灑，造成農藥殘留、抗藥性、健康損失等問題，而演變成農地連作障礙、農產品因藥物殘留而滯銷與農業人口流失的現象。



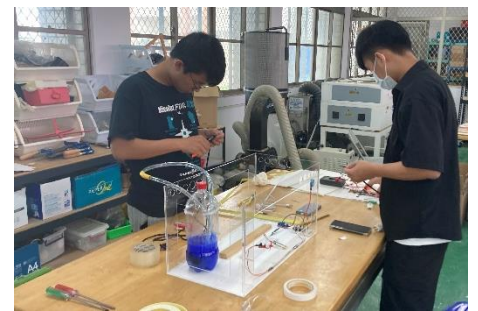
圖一 傳統洋香瓜隧道式栽培

遇到病蟲害就是不斷找農藥噴灑，造成農藥殘留、抗藥性、健康損失等問題，而演變成農地連作障礙、農產品因藥物殘留而滯銷與農業人口流失的現象。

2. 作品創意性

經過近一年的「離地直立式溫室哈密瓜自動化種植系統」的探討與實作，我們提出一個挑戰，讓75平公尺的實驗溫室成功經驗轉變為75公頃的「在地農業創生」的夢想。

這是一個歷時超過一年的企劃，從田野調查、選地與溫室搭建、離地種植設計、田間管理與記錄分析、智慧溫室監測與自動化控制系統到溫室噴藥機器人，我們在「問題發生」與「解決問題」之間不斷的腦力激盪，在2023年12月完成「立體哈密瓜科技自動化溫室模組探討」的專題，2024年3月完成「溫室噴藥機器人模組探討」之實作與測試。



圖二 溫室模型研發

3. 硬體及電路架構圖

自2022年8月開始，我們分成三步驟實踐「自動化溫室系統農業機器人」的企劃與實作探討，首

先是溫室搭建與內部整建、下一個是智慧溫室監測與自動化控制系統，最後是溫室噴藥機器人。

(1)溫室搭建與內部整建

有別於多數地面直立式哈密瓜溫室栽培，我們經文獻探討，選用多功能調整太陽光質的遮蔭網(60 網目)與塑膠膜(台灣發明專利第 I 463942 號/ I 637686 號)做為溫室上方與四周的防護層，採 PVC 水管材質的種植槽、高溫消毒之土壤介質、滴灌軟管、塑膠膜等做為栽培的材料，植株的肥料採液肥滲入滴灌水源適量補充養分。種植槽離地 30 公分，蔓繩自種植槽上緣起算高 220 公分，如圖三所示。



圖三 直立式栽培溫室

(2)智慧溫室監測與自動化控制系統

智慧溫室監測與自動化控制系統是目前臺灣現代溫室必備的科技，一套成熟的自動化系統要價 30 萬以上，不是我們學生可以負擔得起。於是，我們決定採用 ARDUINO 物聯網，透過各式感測器的操控與程式設計，初步完成溫度偵測與啟動排風扇及土壤濕度偵測與啟動抽水馬達的佈建。先於教室以壓克力溫室模型實驗 ARDUINO 所設計的程式與操控，成功之後再將此系統裝設於溫室之中，並於溫室安裝監視器可隨時觀察溫室的狀況。

「智慧溫室監測與自動化控制系統」是一個模擬溫室環境的模型，通過結合硬體感測技術、控制系統和軟體程式，實現了溫室環境的智慧監測與遠程控制。該系統以 NodeMCU 為核心，配合溫溼度及土壤濕度感測器，隨時感測溫室內外的溫度、濕度和土壤狀態，並透過 MQTT 協議將數據上傳至遠端伺服器，同時通過控制通風和灑水系統，確保溫室內的環境始終處於最適合植物生長的狀態。



圖四 本研究開發之溫室監測網站

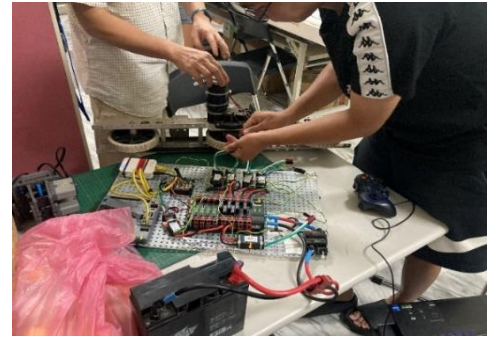
- 感測功能：利用溫溼度感測器和土壤濕度感測器，即時監測溫室內外的溫度、濕度和土壤濕度數值。
- 遠程控制：通過 NodeMCU 控制通風和灑水系統，根據感測數據的變化自動調整通風和澆水。
- 資料上傳：使用 MQTT 協議，將感測數據上傳至遠端伺服器，實現遠程監控和數據儲存。
- 軟體程式：設計了一個用戶友好的軟體程式，可在電腦或移動設備上顯示溫室內的溫溼度、土壤濕度以及控制狀態，並且提供遠程操作功能。
- 數據分析：軟體程式中加入圖表和歷史資料紀錄功能，使使用者能夠分析數據趨勢，做出更明智的管理決策。

(3)溫室噴藥機器人

目前，農業機器人運用最成功的就屬農藥噴灑無人機。哈密瓜溫室因空間配置不可能採用飛行方式噴藥，我們想到了 FRC 機器人。本校在 FRC6998 機器人的發展已有 5 年的經驗，團隊中的一個伙伴參加 2023 年 3 月加洲蒙特利區賽獲冠軍聯盟與工程啟發獎為區賽得獎最多的隊伍，4 月的休

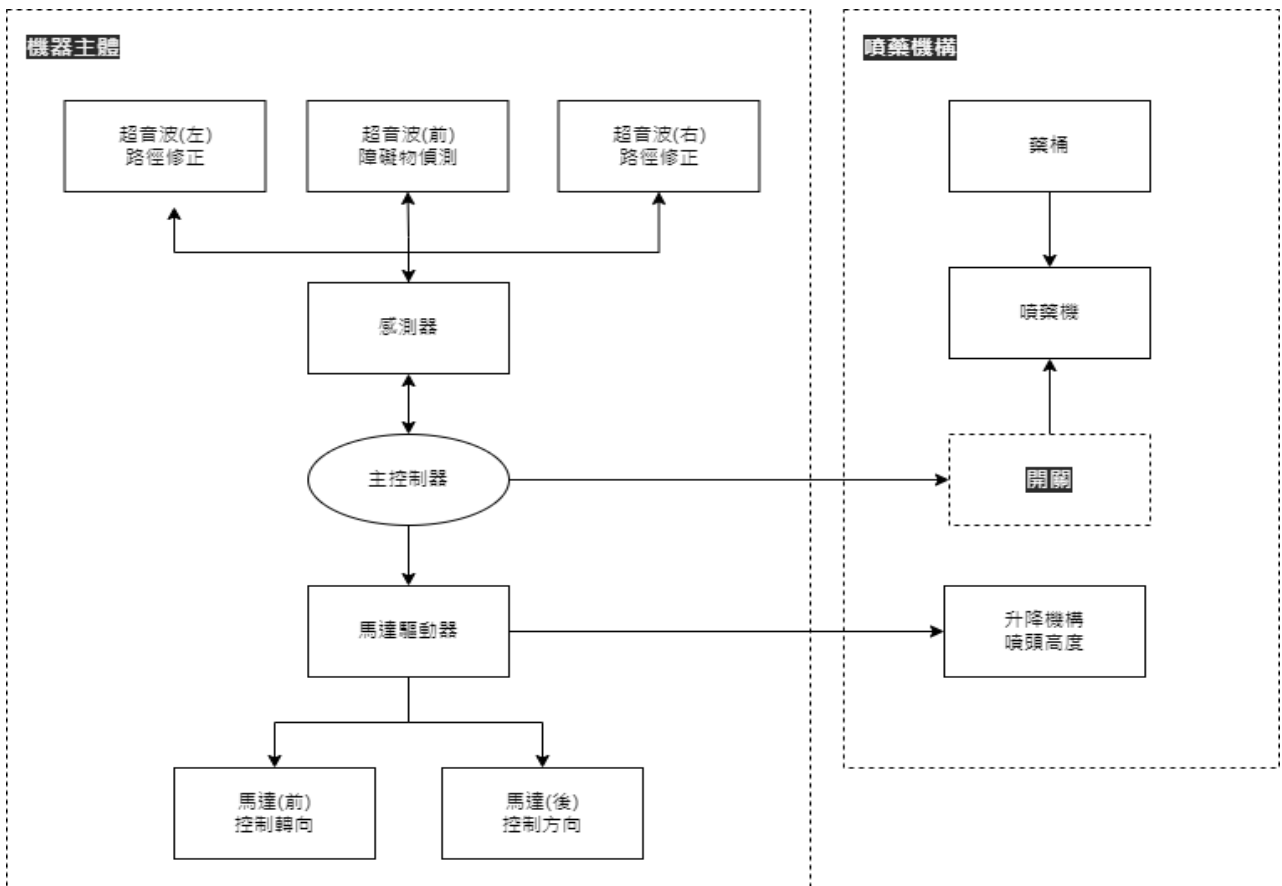
士頓世界總決賽，在 800 隊的隊伍中再次拿到所有臺灣參賽隊伍中唯一的獎項-工業設計獎。

我們有位同學在國中階段參加過臺灣師大 POWER TECH 科技創作競賽，利用思頂科技公司開發的藍芽晶片(680 元/片)裝設在第一代木製機器人機構上，以手機 APP 操控，成功設計出農業機器人的模型。接下來，交給另一位有參加過 RoboRAVE 機器人競賽的同學，以 LEGO EV3 積木與程式，設計第二代程式控制之機器人。



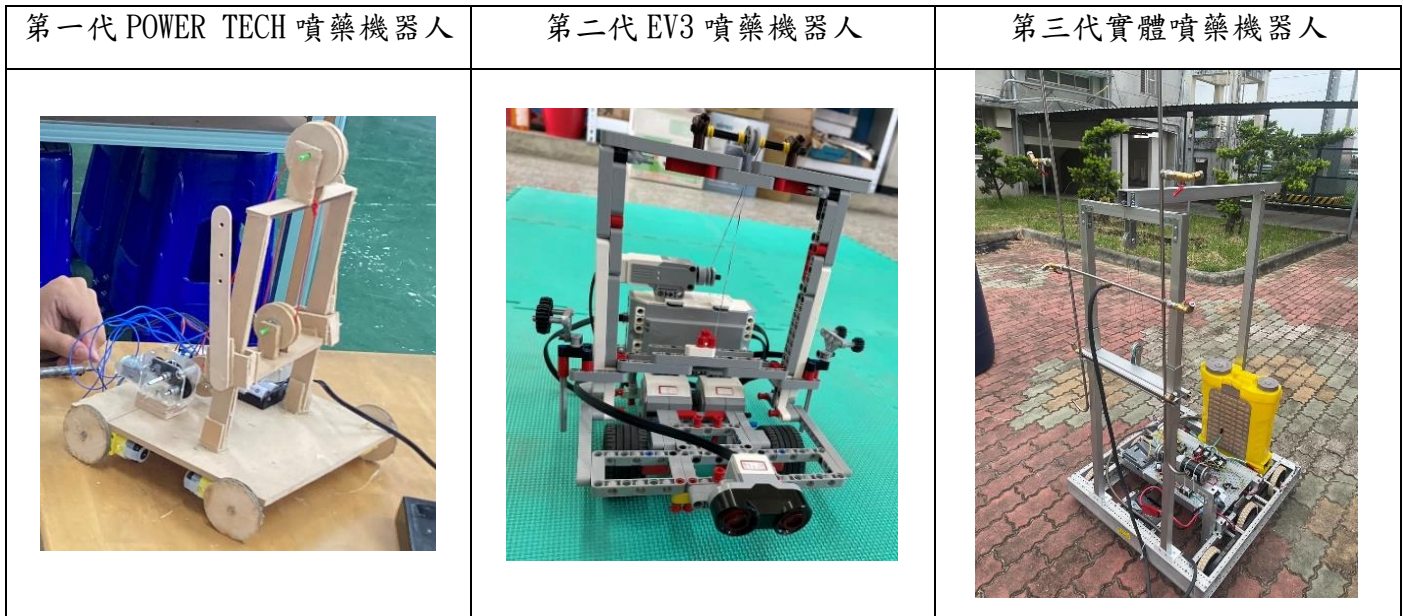
圖五 第三代噴藥機器人主控板

一般直立溫室的行距為 1 公尺，於是，我們將設計一台長 76 公分、寬 60 公分、高 120 公分的 arduino 實體機器人(第三代)。機器人的構造主要有底盤、升降機構、藥桶、噴部機構等，裝設 1 個攝影鏡頭與 4 個超音波感測器，使其做自動偵測與運作。以下是機器人的硬體及電路架構圖：

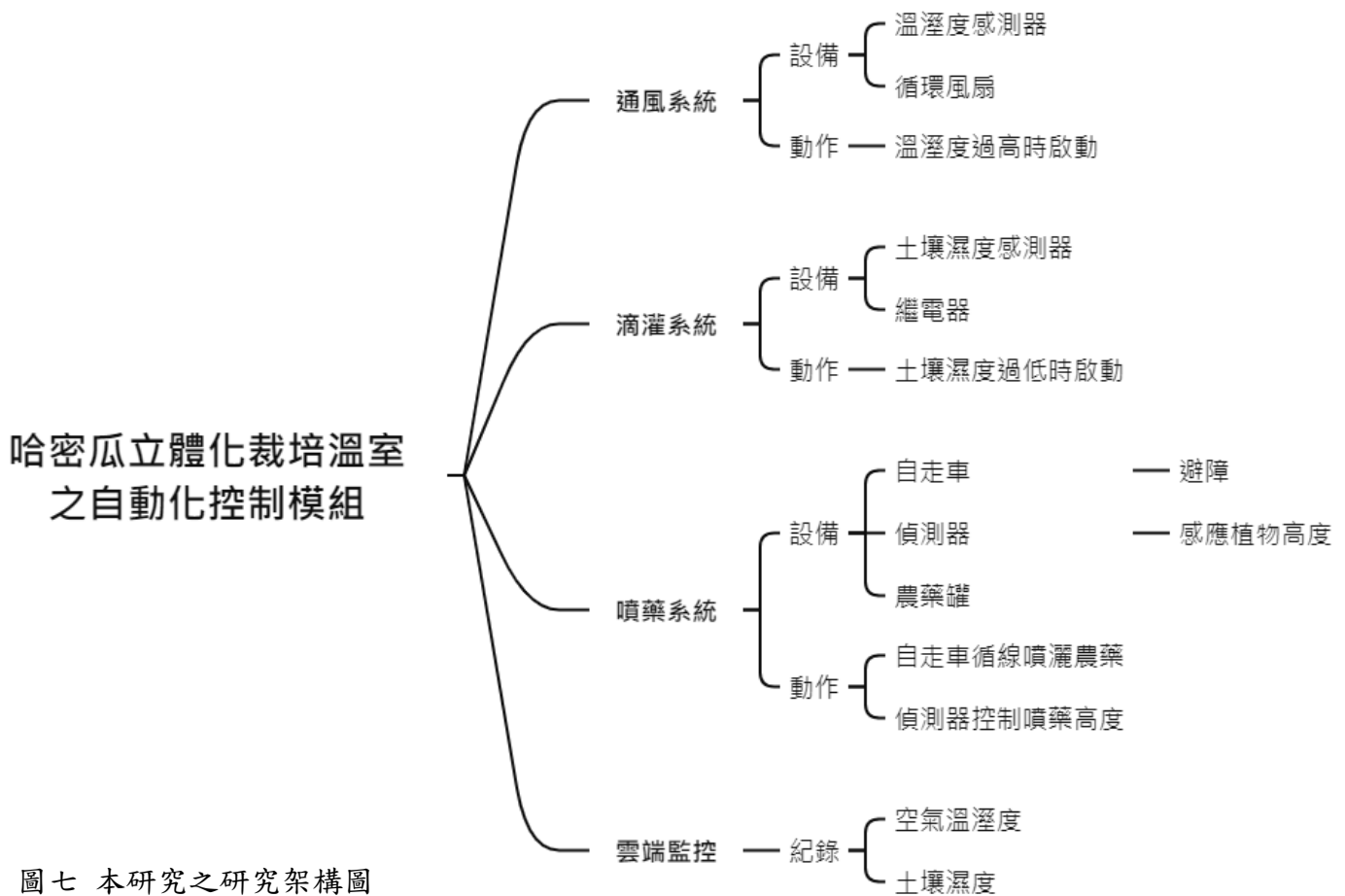


圖六 本研究開發之機器人的硬體及電路架構圖

機台結構組裝	機台動力組裝	感測器組裝	ARDUINO 控制板組裝



本研究主要特點與功能，如研究架構圖：



圖七 本研究之研究架構圖

程式碼與事件說明如下：

模式一：噴灑頭定位

超音波感測器偵測植物高度自動調整噴灑頭高度，當到達植物最高點後即開始行進並且噴灑。

```
// 模式一：定位
if (mode == 0) {
  distance_plant = ultrasonic_front.read();
  // 偵測植物高度調整噴灑頭位置
  if (distance_plant < 50) {
```

```

    // 噴灑頭上升
    sprinkle_up(50);
}
// 噴灑頭到達定位
else {
    // 開始噴灑
    digitalWrite(9, HIGH);
    // 前進
    motor_front(100);
    mode = 1;
}
}
}

```

模式二：行進

在行進過程中，根據左右超音波感測器的距離變化自動調整行進角度，讓機器始終保持在兩側植栽的中間，並且當偵測到前方有障礙物時會緊急停止前進及噴灑。

```

// 模式二：行進
else if (mode == 1) {
    distance_front = ultrasonic_front.read();
    distance_left = ultrasonic_left.read();
    distance_right = ultrasonic_right.read();

    // 如果前方有障礙物
    if (distance_front < 30) {
        // 緊急停止
        motor_stop();
        // 停止噴灑
        digitalWrite(9, LOW);
    }
    // 障礙物排除
    else {
        // 開始噴灑
        digitalWrite(9, HIGH);
        // 前進
        motor_front(100);
    }

    /*
    * 路徑修正 讓左右保持相同距離
    */
    // 如果路徑偏左
    if (distance_left < 30) {
        // 向右轉
        motor_right();
    }
    // 如果路徑偏右
    if (distance_right < 30) {
        // 向左轉
        motor_left();
    }
}
}
}

```

模式三：相關動作函式

```
/*
 * 噴灑頭控制
 */
// 向上
void sprinkle_up(speed) {
    analogWrite(3, speed);
    digitalWrite(4, HIGH);
    analogWrite(7, speed);
    digitalWrite(8, HIGH);
}
// 向下
void sprinkle_down(speed) {
    analogWrite(3, speed);
    analogWrite(4, speed);
    digitalWrite(7, LOW);
    digitalWrite(8, LOW);
}
```

```
/*
 * 馬達控制
 */
// 向前
void motor_front(speed) {
    analogWrite(1, speed);
    analogWrite(2, speed);
    digitalWrite(5, HIGH);
    digitalWrite(6, HIGH);
}
// 向後
void motor_back(speed) {
    analogWrite(1, speed);
    analogWrite(2, speed);
    digitalWrite(5, LOW);
    digitalWrite(6, LOW);
}
// 向左
void motor_left() {
    analogWrite(1, speed);
    analogWrite(2, 0);
}
// 向右
void motor_right() {
    analogWrite(1, 0);
    analogWrite(2, speed);
}
// 停止
void motor_stop() {
    analogWrite(1, 0);
    analogWrite(2, 0);
}
```

4. 作品成果報告

這一年多來，我們的努力終於有了一點小成就，透過 75 平公尺的溫室實驗，以一年三季種植來計算，若可克服病蟲害與銷售的問題，我們推算出一分地溫室哈密瓜的產值可達到 300 萬元，扣掉各項成本一年獲利有 150 萬元以上。據文獻探討，以 2 人一組的工作方式，可管理 6 分地以上哈密瓜溫室，每人年收入可達 450 萬元，真是一個吸引人的行業。

(1) 作品研究過程

a. 選地與溫室搭建

隧道式慣行農業之洋香瓜栽培除受氣候限制外，依據黃惠琳（2000）的研究指出，隧道式洋香瓜栽種每公頃成本約為25000元，其中人力成本占比約40%，換算至2023年的人力成本，我們估算每分地要5000元，若以溫室直立栽培人力成本可減少50%以上。我們採用PVC水管的材質作為種



圖八 本研究使用之溫室

植槽在溫室佈置6條12米的種植槽。以40公分株距設計，每個穴洞上方架設蔓繩與吊果繩，以鋼索主繩支撐蔓繩與吊果繩。

b. 田間管理與記錄分析

自2022年11月種植第1期「卡蜜拉」開始，病蟲害問題一直讓團隊深感挫折，一度放棄這個計劃，老師再次提到「發現問題、解決問題」的研究精神，於是我們在第4期的種植做逐日紀錄，從觀察植株成長、肥與水分管理、病蟲害、授粉、理蔓…等過程詳細紀錄，進而提早預防，並在問題發生之始，立即解決問題。

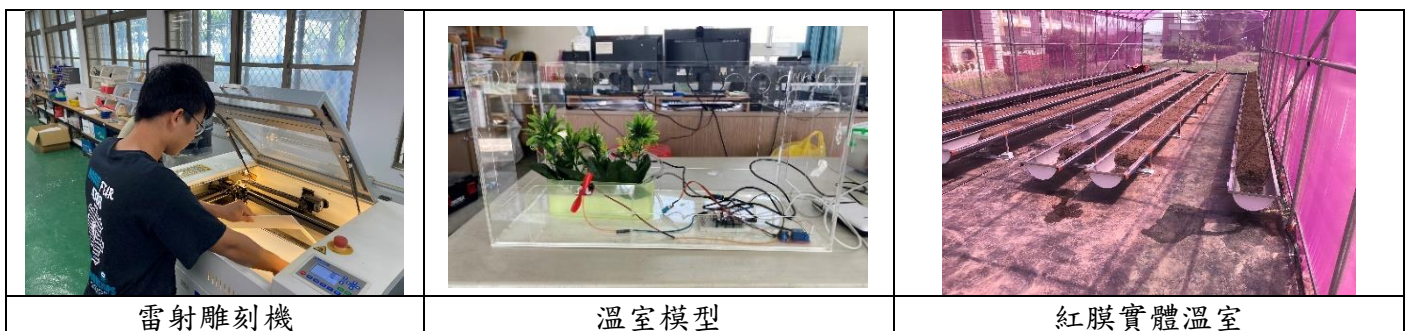
c. 智慧溫室監測與自動化控制系統


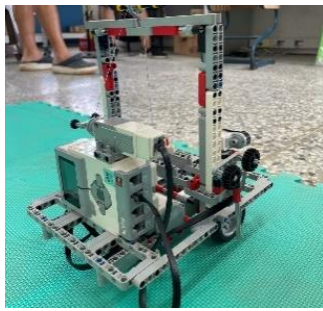
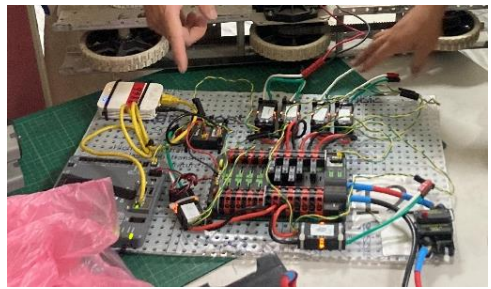
臺灣現今多數的直立式哈密瓜溫室採地面直接栽培，為減少農藥使用與省水省肥，我們採離地式栽培，並建立智慧溫室監測與自動化控制系統，透過自動化系統，每棵植株自定植至收成約使用50公升的水分，比地面直接栽培節省50%以上的水分。

d. 自動化溫室系統噴藥機器人

不管是隧道式慣行農法、溫室地面直立式農法或溫室離地直立式農法，防治病蟲害的唯一方法就是噴藥，除成本考量外，最大的問題是人體的危害。我們在第4期的哈密瓜實驗栽培中發現定植14天內以2次化學藥劑抑制粉蝨與薊馬的危害，自第12葉生成，每週2次微生物菌噴灑即可控制溫室全部的病蟲害發生。為了減輕人力噴藥(菌)的成本與避免噴藥造成的人體傷害，在2023年的暑假開始研發噴藥機器人。

e. 研究設備

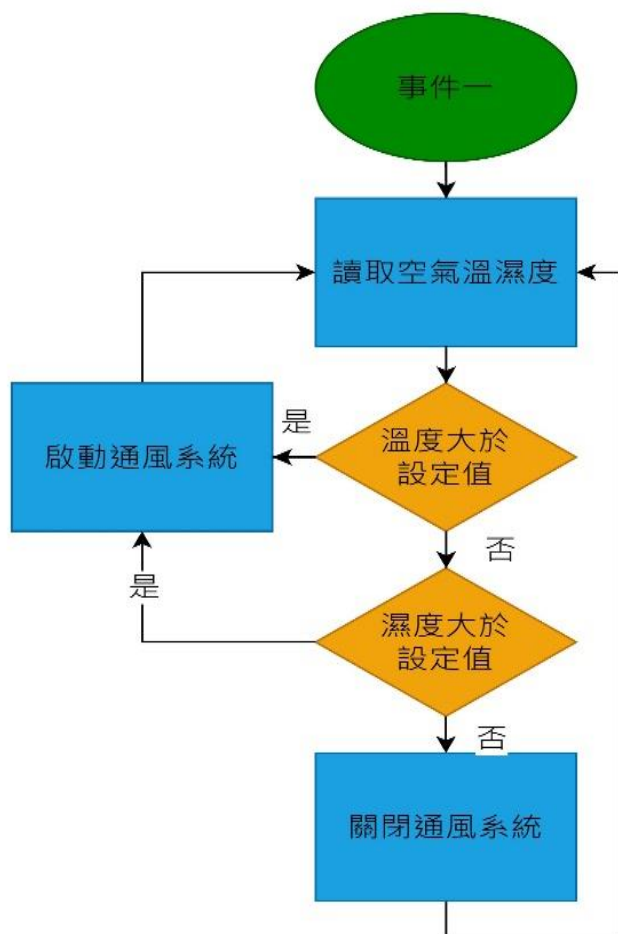


		
<p>自動化滴灌設施</p>	<p>樂高 EV3 模組</p>	<p>機器人主控盤</p>
 		
<p>程式撰寫軟體</p>		<p>筆記型電腦</p>

f. 溫室自動系統之事件流程圖

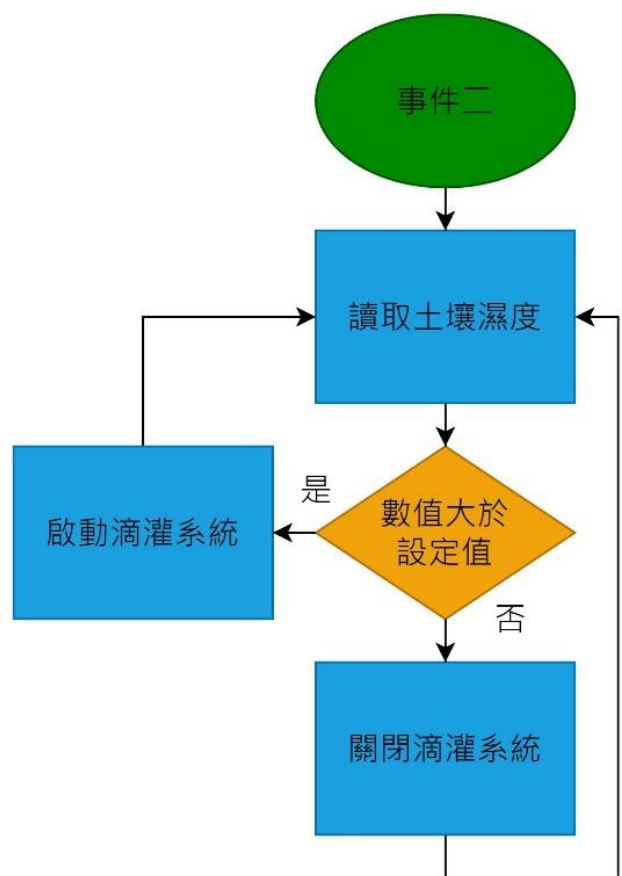
(a) 控制通風系統

溫溼度感測器會定期讀取空氣溫溼度數值，當空氣溫度或濕度大於設定值時，會透過繼電器啟動風扇，模擬通風系統運轉。



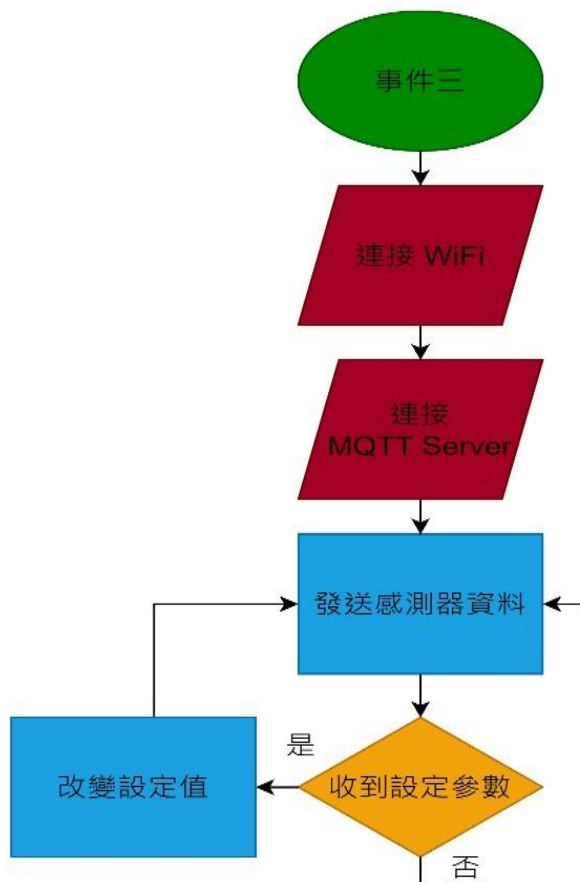
(b) 控制灑水系統

土壤感測器會定期讀取土壤溼度數值，當感測器數值大於設定值時，會透過繼電器啟動馬達，模擬灑水系統運轉。



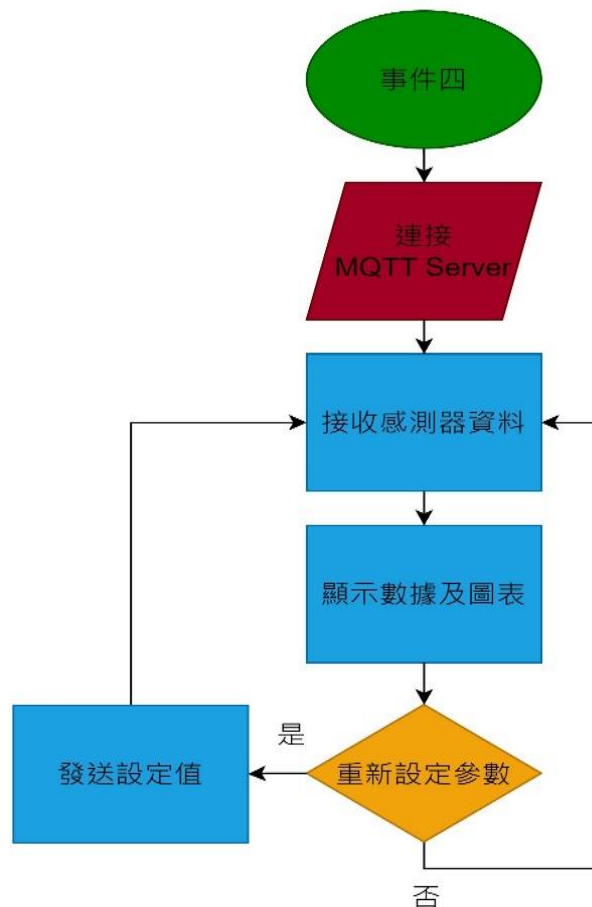
(c) 上傳資料

控制器啟動時會自動連接 WiFi 和 MQTT Server，並且定期發佈感測器數值，讓訂閱該主題者可以接收相關資料。



(d) 接收資料

開啟監控程式，該軟體會自動連接上 MQTT Server 並訂閱相關的感測器主題，當接收到資料時會即時顯示數據及圖表，也可透過該軟體重新設定感測器觸發值。



(2) 自動化科技溫室成本分析

項目	細項	成本
溫室搭建	鋁管、膜與網、工資(一分地造價 150 萬元，可使用 10 年，每年攤消 15 萬元，維修費 5 萬元)	200,000
內部裝設	種植槽、介質、滴灌系統(一分地造價 50 萬元，可使用 5 年，每年攤消 10 萬元，維修費 5 萬元)	150,000
自動噴藥	一台機器人(製作成本估算 10 萬元，可使用 5 年，每年攤消 2 萬元，維修費 1 萬元)	30,000
耗材	苗費、水電、肥料、病蟲害防治資材(每分地每年種 3 期計算)	100,000
人力成本	每人每天 2000 元工資計算(一期以 30 個工作日計算)	180,000
行銷成本	每分地每次產能 2000 顆，1 顆行銷費 100 元計算(含包裝與運送)	600,000
其他	雜支	100,000
合計		1,360,000

以每分地，每期栽種 90 天計算

(3) 自動化科技溫室收入與利潤分析

臺灣溫室哈密瓜栽種通常配合傳統端午節、中秋節、農曆過年三大節慶，於節日前 15 日採

收，再以採收日往前推 100 天左右播種，每年可收成 3 次。本研究之種植方式，株距 40 公分，行距 90 公分，計算出每分地可種植 2500 株哈密瓜，以 8 成收成率計算，每期每分地可生產 2000 顆，一年有 6000 顆的產量，目前溫室無農藥殘留哈密瓜 1.5 公斤級別每顆 700 元以上的價位，本研究以一顆 500 元為售價計算，每年每分地的收成為 $500 \times 2000 \times 3 = 300$ 萬元，扣除上方成本分析每分地每年的成本，每分地的理想淨利為 164 萬元。

5. 參考文獻

- (1)黃惠琳(2000)等。洋香瓜之產銷結構調整。台灣地區重要農產品產銷研討會專輯。台中區農業改良場特刊第 47 號。 pp27-40
- (2)農傳媒(2016)。農委會 9 種溫室標準圖，2016 年 12 月 15 日，
<https://www.agriharvest.tw/archives/27151>
- (3)黃圓滿(2004)。設施洋香瓜直立式栽培技術。台南區農業專訊，50：4-7。
- (4)孫蜂揮(2016)。EV3 機器人初階基本功第一冊。創意機器人推廣中心。
- (5)鄭安秀(2009)等。洋香瓜安全生產管理。台南區農業改良場技術專刊 98-2(NO.137)。
- (6)黃瑞彰(2014)等。有機液肥製作與應用。臺南區農業改良場技術專刊 103-2(NO.158)。
- (7)趙英傑(2020)。Arduino 互動設計入門。