

## 可用於遠程監控和自動滴灌的機電整合設計

### Electromechanical integration design for remote monitoring and automatic drip irrigation

林育陞、葉航愷、陳瑞佑、簡暉祐\*、林宸生

Yu-Sheng Lin, Hang-Kai Ye, Rui-You Chen, Hui-You Chien\*, Chern-Sheng Lin

逢甲大學自動控制系

#### 中文摘要

本研究的主要目標是應用在新型態的園藝上，以此給予休閒園藝一種新的管理方法。整個系統的目標對象是忙碌的現代人，讓大家以最輕鬆的方式來管理自己的盆栽。所以，我們選擇使用物聯網搭配 WiFi 讓人們可以遠程管理自己的植物，且只需要按下幾個按鈕就可以完成培養植物的過程。

整個系統分成硬體和軟體兩大部分，硬體的部分使用 NodeMCU 當作整體的主架構，由 NodeMCU 連接空氣溫濕度感測器，土壤溼度感測器和整個滴灌系統(繼電器、抽水馬達、滴灌頭)。軟體的部分是由 APP 做控制，打開程式用 Thingspeak 傳訊號給 NodeMCU，啟動程式把偵測到的數據傳回到手機上，再透過手機按下澆水把訊號送回 Thingspeak，以此控制 NodeMCU。

**關鍵字:**物聯網 溫濕度感測器 滴灌

#### Abstract

The main goal of this study is to apply a new type of gardening to give a new way of managing leisure gardening. The whole system is designed for the busy modern people, so that people can manage their own potted plants in the easiest way. Therefore, we choose to use the Internet of Things with WiFi to allow people to manage their plants remotely and to complete the process of cultivating plants with just a few button presses.

The hardware part uses NodeMCU as the main structure, which connects the air temperature and humidity sensor, soil humidity sensor and the whole drip irrigation system (relay, pumping motor, drip irrigation head). The software is controlled by APP, which opens the program to send signals to NodeMCU with Thingspeak, starts the program to send the detected data back to the cell phone, and then sends the signal back to Thingspeak with the command of pressing watering on the cell phone to control NodeMCU.

**Keywords:** Internet of Things, temperature and humidity sensor, drip irrigation

## 一、緣由與目的

近幾年，人們的壓力與日俱增，如何運用有限的時間來抒發自己的壓力是現在人必須面對的課題，而身為農家子弟出身的我，有壓力就往農田跑，做點農活，流流汗，採收並且享用培養的成果，這種快樂與味道是身為農家人獨有的味道。如今，科技進步，這種滋味已經可以透過量產的方式讓更多的人享用，如今身為逢甲自控的我想要用自己的力量讓人們輕鬆地享用農活的樂趣。

然而，讓現代人在假日時，走出城市，打赤腳感受泥土的溫度，在大太陽底下滿頭大汗的種植農作物是不可能的，人們更寧願發大錢買高品質的農產品，所以，本研究想要讓人們跳過這部分直接享用成果，所以，選擇自動澆水當作主要功能，在配上好的泥土與陽光就能充分享受培養農作物的快樂，用最簡單的方式來感受農活的樂趣。

本研究主要想設計一種讓人們不用動手只要定期觀察植物的生長，只需要用 Thingspeak 來進行數據的監控就好，系統會自動運作。

現代人的生活品質跟周遭環境比起 30 年前進步了很多，網路從撥接變成 4G，從摺疊手機到智慧型手機，人們的生活越來越便利，可是，人們的壓力越來越高，人與人也更冷漠，從 2007 年開始居住在都市的人口數正是超過了一半，全球超過一半的人民選擇住在都市，都市裡的環境吵雜、空氣汙染、生活節奏過快……等因素產生了都市人的壓力比起住在鄉下的

人大了許多，鄉村的綠化比起其他大城市好上許多，因此，也有人認為多跟植物親近會是避免憂鬱症的好方法。

園藝是很多都市人忙裡偷閒親近植物的好時間，可是，對於越來越慵懶和浮躁的現代人來說，靜下心來學習相關知識，培育好一株植物都可能是奢求，所以，我們想打造一種智慧農業，配合居住地的當時氣溫、相對濕度和土壤濕度來給予自動澆水，再搭配充足的陽光，就可以利用小空間來培育個人的小花園。

## 二、研究方法

本研究主要利用 Arduino 進行開發，再來連接空氣溫度器、濕度器與土壤濕度器，讓我們能即時知道農園目前狀況並且了解是否開啟此灌溉系統[1]，Arduino 電路板設計使用各種微處理器和控制器。這些電路板配有一組數字和類比 I/O 引腳，可以連接各種擴充板或麵包板和其他電路。這些電路板具有串列埠，包括某些型號上的通用串列匯流排 (USB)，也用於從個人電腦載入程式。微控制器通常使用 C/C++ 程式語言。除了使用傳統的編譯工具鏈之外，Arduino 專案還提供了一個基於 Processing 語言專案的整合式開發環境。本研究採用 NodeMCU，NodeMCU 是以 ESP8266(ESP12) 這顆 WiFi SoC 晶片為基礎，集成 WiFi、GPIO、PWM、ADC、I2C、1-Wire 等功能的主控板，採用簡潔的 Lua 語言，Lua 標榜可以很容易內嵌到其它語言中，內核非常小，執行效率高，非常適合物聯網應用開發，因為它內建了

WiFi 功能，表 1 為 Arduino 硬體規格[2]。

最後我們會利用裝置偵測到的數值顯示在手機螢幕上來確定是否啟動此灌溉系統。

微控制器	ATmega328
工作電壓	5V
輸入電壓(建議)	7~12V
輸入電壓(限制)	6~20V
數位 I/O Pins	14 支(其中有 6 支腳位可提供 PWM 輸出)
類入 Input Pins	6 支
I/O Pin 直流電流	40mA
3.3V Pin 直流電流	50mA
Flash 記憶體	32KB, 其中 0.5KB 拿去給 bootloader 使用
SRAM	2KB
EEPROM	1KB
時脈	16MHz

表 1 Arduino 硬體規格

ESP8266-NodeMCU 是一塊開源硬件開發板，由於其支持 WIFI 功能，所以在物聯網 (IOT) 領域使用廣泛。

NodeMCU 是由安信可科技 (Ai-Thinker) 公司所製作的開發板，搭配樂鑫 (Espressif) 公司開發的 ESP8266 ESP12WIFI 模組。ESP8266 晶片是顆 32-bit 單晶片處理器，整合了支援 IEEE802.11 b/g/n WIFI 晶片。

雖然 NodeMCU 并不是由 Arduino 團隊開發，但我們依舊可以使用 Arduino IDE 對它進行開發。且 NodeMCU 與 Arduino 周邊接腳相容，

所以可以支援 Arduino 的感應器。NodeMCU 價格便宜且操作簡單，也容易取得，已成為物聯網應用最熱門的選擇。

本研究採用的開發板 WiFi 晶片是 ESP8266-12F, ESP8266-12F 是 ESP8266-12E 的加強版。相比 ESP8266-12E, ESP8266-12F 更加完善了其外圍電路，增強了阻抗匹配能力，使其擁有更加優異的信號輸出。在設計上，由於 ESP8266-12F 改變了 PCB 天線形狀，而 ESP8266-12F 的射頻性能得到了更佳的優化，經過 FCC 認證，其穩定性以及抗干擾能力都得到了大幅提升，是本次研究的不二之選。圖 1 為 NodeMCU ESP8266 的腳位及規格展示。

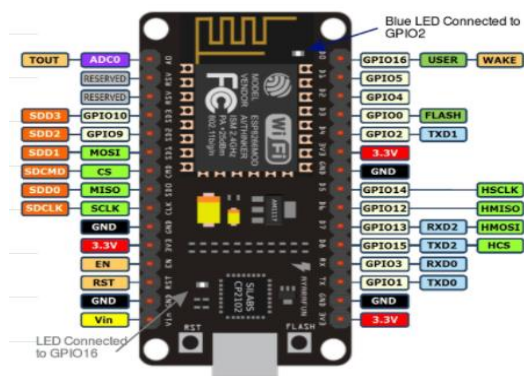


圖 1 NodeMCU 腳位

#### ■ NodeMCU 規格：

- 支持無線 802.11 b/g/n 標準；
- 核心模塊：ESP8266-12F
- 工作電壓：5V
- 工作電流：持續發送：≈70mA (200mA MAX)，待機：<200uA；
- 輸出電壓：4.5V~9V (MAX：10V)，支持 USB 供電，提供 USB 調試接口

- 數字輸入輸出引腳：10 個（D0～D8，SD1～SD3：用作 GPIO，PWM，IIC 等，端口驅動能力 15mA）
- 模擬輸入引腳：1 個（ADC0）
- 工作模式：STA/AP/STA+AP
- 新標定即可互換使用，其有回應時間短、單線制數位介面、小尺寸（約傳輸速率：110-460800bps）；
- 工作溫度：-40℃～+125℃；
- 驅動形式：雙路大功率 H 橋驅動
- 內置 TCP/IP 協議棧，支持多路 TCP Client 連接（5 MAX）；
- 支持 UART/GPIO 數據通信接口；
- 支持遠程固件升級（OTA）；
- 支持 Smart Link 智能聯網功能；
- 重量：7g

爲了取得盆栽詳細的溫濕度數據，本次研究我們採用了空氣溫濕度感測器 DHT11 如圖 2 所示[3]。

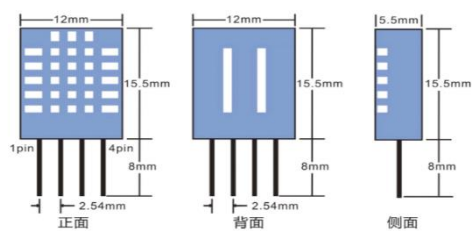


圖 1 DHT11

DHT11 數字溫濕度傳感器是一款含有已校準數字信號輸出的溫濕度複合傳感器。它應用專用的數字模塊採集技術和溫濕度傳感技術，確保產品具有極高的可靠性與卓越的長期穩定性。

溫濕度感測器 DHT11，可用來偵測週邊環境空氣中的溫度及濕度，感測元件本身會將溫度及濕度資訊以數位方式從資料 PIN 腳傳回。傳感器包括一個電阻式感濕元件和一個 NTC 測溫元件，並與一個高性能 8 位 MCU 相連接，MCU 能夠把感測到的溫度、濕度，以數位信號方式，透過腳位傳遞出去。因此該產品具有品質卓越、超快響應、抗干擾能力強、性價比極高等優點。

圖 3 為 DHT11 的電路圖，以簡要敘述 DHT11 的基本電路工作原理。

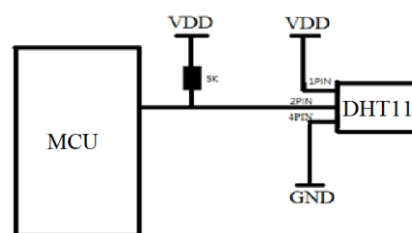


圖 3 DHT11 電路圖

NTC (Negative Temperature Coefficient) 指的是負溫度係數，這種熱敏電阻的電阻值會隨著溫度上升而降低。如果為電路選擇具有適當額定值的 NTC 熱敏電阻，那麼此類電阻會非常適合用作直插式湧入電流限制器。因爲此類元件初始電阻值很高，之後隨著湧入電流流入會導致熱敏電阻的溫度衝高，當湧入電流衝高後，電阻值會降到較低的功率損耗程度。之後，在正常電路電流流經熱敏電阻的過程中，熱敏電阻會維持足夠高的溫度位準，因而能夠保持較低的功率損耗，從而使其效率比定值式電阻更加理想，因爲後者無法降低功率損

耗。此外，NTC 熱敏電阻也常被用作電路內的溫度感測元件。

PTC (Positive Temperature Coefficient) 則是指正溫度係數，這種熱敏電阻的電阻值會隨著溫度上升而增大。此類元件常用作直插自復式保險絲。當到達居禮溫度或切換溫度時，電阻值會立刻快速衝高，因此非常適合用於對抗過電流狀況。PTC 熱敏電阻的獨特之處在於，此元件和 NTC 熱敏電阻具有類似的行為，電阻值將隨著溫度上升而減小，直至達到居禮溫度或切換溫度。

圖 4 為 PTC 及 NTC 熱敏電阻的電阻隨溫度變化趨勢圖。

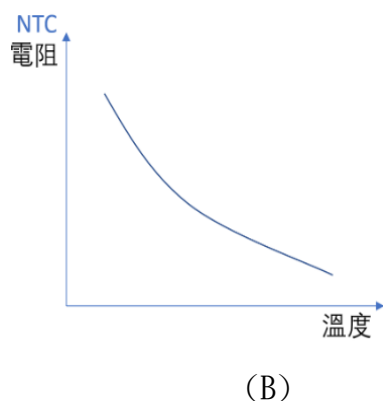
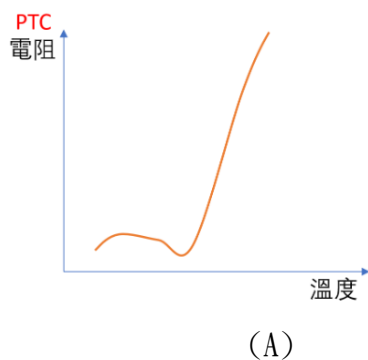


圖 4 (A)PTC 溫度變化圖

(B)NTC 溫度變化圖

此種原理是利用濕敏材料吸收空氣中的水分而導致本身電阻值發生變化這一原理而製成的。濕敏電阻的特點是在基片上覆蓋一層用感濕材料製成的膜，當空氣中的水蒸氣吸附在感濕膜上時，元件的電阻率和電阻值都發生變化，利用這一特性即可測量濕度。每個 DHT11 傳感器都在極為精確的濕度校驗室中進行校準。校準係數以程序的形式儲存在 OTP 內存中，傳感器內部在檢測信號的處理過程中要調用這些校準係數。單線製串行接口，使系統集成變得簡易快捷。超小的體積、極低的功耗，信號傳輸距離可達 20 米以上，使其成為各類應用甚至最為苛刻的應用場合的最佳選則。

傳感器規格：

1. 型號：DHT-11
2. 量測範圍：20-90% RH 0-50°C
3. 測濕精度：±5% RH
4. 測溫精度：±2°C
5. VCC：3.3V ~ 5V
6. 偵測頻率：0.5Hz (大約是 2 秒一次)

為了測量土壤的含水量，我們選擇土壤濕度感測器 (Moisture Sensor) 作為本次研究的濕度量測元件。

土壤濕度感測器原理較為簡單，就是利用了土壤中的水分含量能改變土壤的電阻率的特性。通常來說土壤中的含水量越高，導電能力就越強。土壤濕度感測器的金屬片表面採用了鍍鎳處理，擁有較寬的感應面積，因而能夠產生優異的導電性能，在插入

土壤中時，金屬片充分接觸到土壤，比較器芯片 LM393 檢測到電阻率的改變，並將其轉化成電信號，當感測到濕度高於設定水準，土壤濕度感測器便會由缺水時輸出的較高電平轉而輸出一個較低電平，從而達到隨感測進行自動控制的效果。

土壤濕度感測器擁有數位與類比兩種輸出方式，腳位名稱分別為 DO 與 AO。類比輸出方式在導通時會將其感測到的類比信號以數字的方式傳輸給程序，濕度從 0% 到 100% 被濕度感測器劃分為 0~1023 個不同的含水量，由於其對於濕度的精確性，類比輸出也就受到了使用者的廣泛應用。而數位輸出也有其用武之地，當使用者不需要瞭解土壤濕度的具體數值變化時，便可採用數位輸出方式，接腳 DO 與單片機直接相連，通過調整土壤濕度傳感器上的一個藍色的電位器旋鈕，進而讓單片機來檢測高低電平，由此來檢測土壤濕度，使用者便可以手動矯正需要設定的濕度界限。

圖 5-6 為土壤濕度感測器的腳位規格以及感測晶片示意圖：

接腳：

- 1 . VCC：外接 3.3V-5V
- 2 . GND：外接 GND
- 3 . DO：數字量輸出接口（0/1）
- 4 . AO：模擬量輸出接口

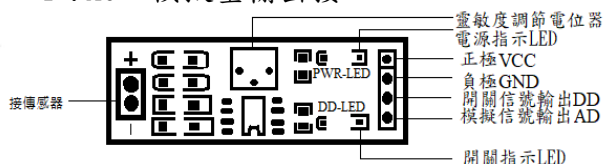


圖 5 土壤感測器晶片



圖 6 土壤感測器

在 Arduino IDE 中，進入文件/首選項/附加開發板管理網址位置添加網址（位置如圖 7 所示）：

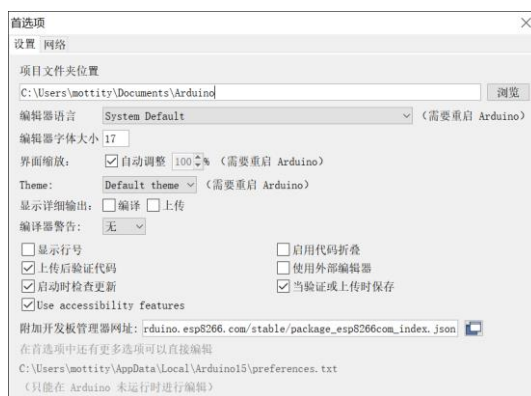


圖 7 Arduino IDE

選擇的開發板指定為 NodeMCU 1.0 (ESP-12E Module)，其他選項信息按實際情況選擇（如圖 8 設定）。



圖 8 NodeMCU 1.0 (ESP-12E Module)

完成設定後，就可將代碼寫入 Arduino IDE，從而控制 NodeMCU 感測

土壤濕度自動灌溉進行自動灌溉作業。並連接 WiFi，將各項感測數據上傳至資料庫 Thingspeak，以供使用者觀測與控制。

### 三、實驗結果

Thingspeak 是目前物聯網最受歡迎的資料庫，它是由 MATLAB 公司運營的一款專為物聯網而產生的應用程式平台，它允許使用者使用網路設備即時地將數據上傳到雲端並使之聚集在一起成為資料。使用者可以切換不同的頻道以存取不同的資料[4-5]。

本次研究借用 Thingspeak 的數據分享平台，將 NodeMCU esp8266 開發板讀取到的數據通過連接 WiFi 上傳至 Thingspeak，並設置一個 Chart 作為研究滴灌系統的信號數據顯示。並為遠端手動控制滴灌系統提供技術支持。

本次研究我們共設置四個 channel，分別記錄個時刻盆栽的土壤濕度，空氣溫度與濕度，以及灌溉系統開啓的響應信號[6]。在 Thingspeak 收到由 NodeMCU 發送的四種資料信號，Thingspeak 會將收到的資料在四個 channel 整理成圖表，以供使用者參考（如圖 9）。其中前三個 channel 只需對 NodeMCU 進行接收整理即可，而第四個 channel（灌溉系統響應信號）在接收 NodeMCU 發送的信號以外，NodeMCU 每隔一段時間便會從 Thingspeak 讀取信號，如若讀取到啓動信號，NodeMCU 便會啓動灌溉系統進行灌溉作業。

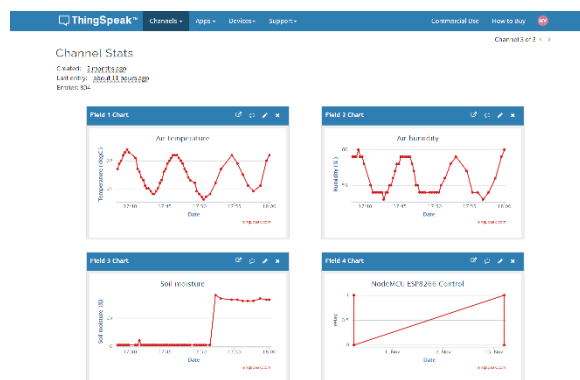


圖 9 Thingspeak 頻道

API (Application Programming Interface) 中文名稱為應用程序接口，是一種計算介面，它定義多個軟體中介之間的互動，以及可以進行的呼叫或請求的種類，如何進行呼叫或發出請求，應使用的資料格式，應遵循的慣例等。它還可以提供擴充機制，以便使用者可以通過各種方式對現有功能進行不同程度的擴充。一個 API 可以是完全客製化的，針對某個組件的，也可以是基於行業標準設計的以確保互操作性。通過資訊隱藏，API 實現了模組化編程，從而允許使用者實現獨立地使用介面。

在我們完成設定後，我們可以點選頻道上方的【API Keys】的功能。此功能區可提供資料庫的存取密碼，Thingspeak 的密碼分為 Write API 及 Read API，Write API 是寫入資料庫用，而 Read API 則是讀取資料庫用。本次研究在 NodeMCU 寫入程序以連接到 Thingspeak 平臺時將會利用到 Write API key。是本次研究的一個重要環節（圖 10）。

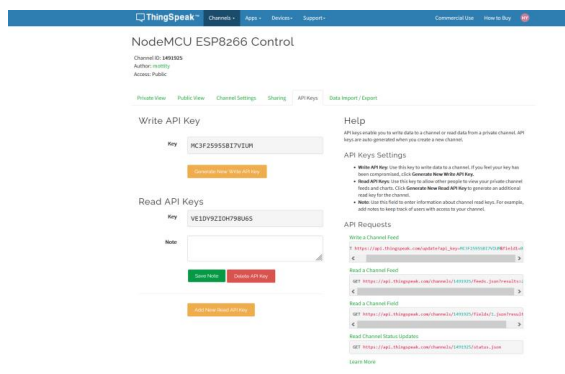


圖 10 應用程序接口

圖 11 為我們本次研究的整體流程圖。本次研究以 NodeMCU 開發板為主體，它將讀取與 NodeMCU 連接的土壤濕度傳感器與空氣溫濕度傳感器感測到的數據，當土壤濕度低於我們的設定數值，NodeMCU 將自動進行澆水。由於 NodeMCU 開發板攜帶 WiFi 晶片，因而開發板可以直接連接 WiFi。通過網絡，NodeMCU 可自動將感測到的土壤濕度，空氣溫度，空氣濕度以及灌溉啟動信號四種數據上傳至 Thingspeak 資料平臺，我們可以通過 APP 或者 Thingspeak 對農田環境各項數據進行實時觀測。同時，通過手機 app，我們可以遠端手動向 Thingspeak 發送啟動灌溉的信號指令，NodeMCU 會自動讀取 Thingspeak 上對應的啟動信號數據，收到信號後，NodeMCU 會根據數據啟動水泵，執行灌溉指令。

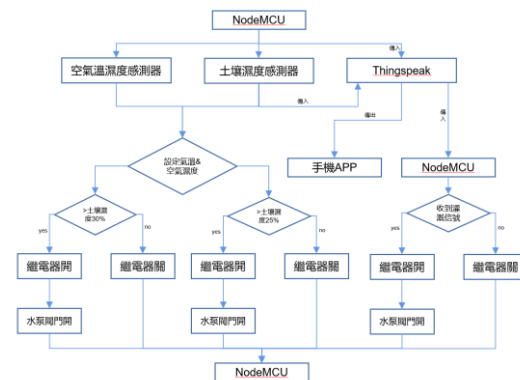


圖 11 流程圖

圖 12 為本研究的系統示意圖。通過示意圖，我們對上一部分流程圖的描述可以有更進一步的理解。

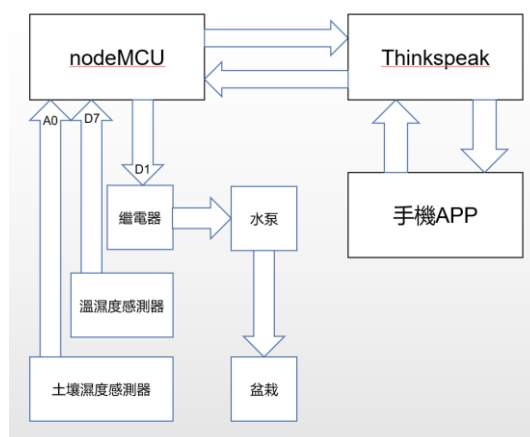


圖 12 系統流程圖

#### 四、結果與討論

我們藉助 Android Studio 制作了一個簡易的 app，以方便我們在日常對上傳 Thingspeak 的感測器數據進行觀測，以及通過 WiFi 實施對灌溉系統進行遠端操控[7]，可輕鬆集成 Google Cloud Messaging 和 App Engine (圖 13)。



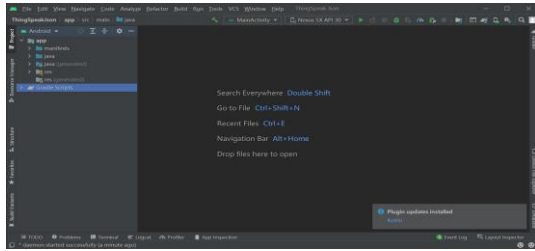


圖 13 Android Studio IDE 示意圖

圖 14 為本次研究的 APP 界面截圖。我們可以通過點擊”刷新數據”按鈕,以獲得由傳感器實時感測的各項數據以及當前水泵的工作狀態還有該數據感測時的對應時間。點擊”手動灌溉”按鈕時,我們將可以通過 WiFi,從遠端對灌溉系統進行手動控制。



圖 14 APP 介面展示

如若使用者在觀測數據後,認為此時需要澆水,可點擊”手動灌溉”按鈕,指令將通過網路上傳至 Thingspeak 並由電路接收指令。如圖 15 所示,在點擊”手動灌溉”按鈕後,水泵狀態變為開啟,如圖 16 所示 Thingspeak 數據庫第四圖表當前狀態由”0”變為”1”,灌溉系統開始澆水。

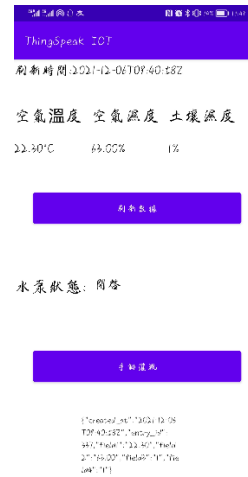


圖 15 在 app 上手動開啟水泵的介面圖

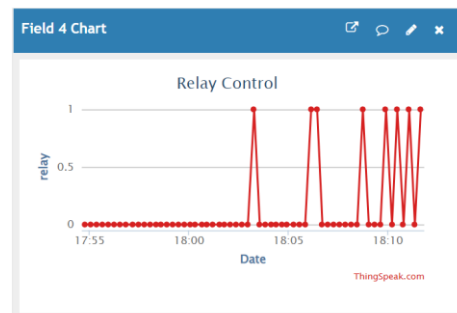


圖 16 Thingspeak 數據庫第四圖表

俗話說：「有水即有肥，無水肥無力。」水是世上萬物之靈不可或缺之物。若無水，植物、農作無法收成；若無水，動物無法生存，總而言之，「水」是自然界一切的源頭，也是動物界與植物取得平衡的媒介。所以若植物、農作無水的灌溉，農作則會腐爛，造成人類無法填飽肚子，但植物並非一味的給水就會成長、順利收成，而是需要適度的水量才能生長，但我們如何得知植物需要的水量呢？為此我們設計了一套土壤水分監測，可以透過 app 直接監測土壤之水分，從而掌握植物的需水量。

## 五、參考文獻

- [1]黃傑民, 吳穰訓, (2018)遠端農園  
監控系統, 逢甲大學自動控制工程  
學系學士班學士論文。
- [2] NodeMCU 規格介紹  
[http://itcgs.tcgs.tc.edu.tw/yute?  
cid=2254](http://itcgs.tcgs.tc.edu.tw/yute?cid=2254)
- [3] DHT11 功能介紹  
[https://iscixin.github.io/freakhq  
/DHT11](https://iscixin.github.io/freakhq/DHT11)
- [4] 溫度感測器  
[https://www.digikey.tw/zh/article  
s/temperature-sensors-the-basics](https://www.digikey.tw/zh/articles/temperature-sensors-the-basics)
- [5]Arduino 教學  
[http://coopermaa2nd.blogspot.com/  
2010/12/arduino-arduino.html](http://coopermaa2nd.blogspot.com/2010/12/arduino-arduino.html)
- [6] ThingSpeak 教學  
[https://makerpro.cc/2021/01/uploa  
d-esp32-information-cloud-  
storage/](https://makerpro.cc/2021/01/upload-esp32-information-cloud-storage/)
- [7] Android studio 教學  
[https://developer.android.com/stu  
dio/intro?hl=zh-c](https://developer.android.com/studio/intro?hl=zh-c)

