

# 微控制器在農業之應用

文／圖 ■ 楊清富

## 前言

農業正面臨氣候變遷、勞動力不足與國際競爭等多重挑戰，傳統以經驗為主的耕作方式已難以應付現代農業需求。近年來，「智慧農業」逐漸興起，強調以感測器、網路與自動化技術來提升農作物的生產效率與品質。在這股潮流中，微控制器 (Microcontroller, MCU) 扮演著關鍵角色。微控制器是一種低功耗、低成本卻具備高度靈活性的嵌入式運算平台，能透過程式設計整合各式感測器與執行元件，進行資料蒐集、分析與控制。坊間許多微控制器具有開源硬體平台，更讓農業應用的開發門檻大幅降低，能讓研究人員、一般民眾甚至學生，都能輕鬆上手建立專屬的智慧農業解決方案。

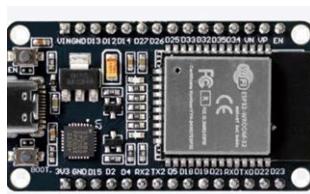
## 常用於農業的微控制器

常見的微控制器平台各具特色，在農業領域中可依應用需求不同靈活選擇。以下針對四種容易取得及應用的微控制器簡要說明：

| 說明<br>品項                   | 特色  | 適用場域                            |
|----------------------------|---|---------------------------------|
| Arduino 系列                 | 入門簡單、開源資源龐大、硬體成本低                           | 溫溼度監測、簡易自動化控制、簡易資料收集            |
| ESP32                      | 低功耗的單晶片微控制器，內建Wi-Fi 與藍牙模組，運算效能高於 Arduino    | 需要雲端連線的智慧農業應用，如遠端灌溉控制、無線感測網路    |
| STM32 系列                   | 常見於工業級應用，效能強大、穩定性高                          | 大型農業自動化設備、需長期穩定運行的感測網路          |
| 樹莓派<br>(Raspberry Pi, SBC) | 雖非典型MCU，而是單板電腦，但能搭配微控制器使用，處理影像、大數據分析或AI模型推論 | 需要影像監控 (如植物生長監測)、AI病蟲害分析或雲端整合應用 |



Arduino UNO



ESP32



STM32



樹莓派

從上述說明可以看出，Arduino與ESP32是目前農業應用最普及的選擇，而Raspberry Pi及STM32則適合需要進階功能或大規模農場管理的情境。

以下將以Arduino UNO作為主要控制核心，分別從環境監測與無線傳輸兩大面向，建構微控制器於農業應用之架構，並進一步探討其技術特性、潛在優勢與限制。同時，本文亦針對其推廣價值進行分析，期能為農業智慧化與永續發展提供參考依據。

### 溫溼度即時顯示系統

在農業生產過程中，溫度與濕度為影響作物生長與產量的兩項關鍵環境因子。無論是溫室種植、花卉栽培或果樹管理，均需精準掌握相關數據，方能針對灌溉量調控、通風時機選擇或遮光措施實施進行科學化決策。傳統管理方式多依賴人工巡查與經驗判斷，不僅效率低落，亦易造成數據偏差。若能利用微控制器建構即時溫溼度監測與顯示系統，將能提供一種簡單且具實用性的解決方案，提升農業管理之精準度與自動化水準。

#### 核心組件：

##### 1. Arduino UNO作為運算中樞

Arduino UNO是Arduino平台中最經典且廣泛應用的開發板，核心採用ATmega328P微控制器，具備14個數位I/O腳位（其中6個支援PWM）、6個類比輸入，搭配16 MHz時脈、32KB Flash記憶體與5V工作電壓，能滿足多數基礎應用需求。同時具備開放原始碼設計、龐大社群支援與豐富的擴充模組（Shield），應用潛力多元包括智慧農業、溫室監控、自動化控制、感測器整合等。但受限

於8位元架構與有限的記憶體，較不適合高運算或大數據處理需求。

##### 2. DHT22高精度溫溼度感測器

DHT22數位溫濕度感測探頭 (AM2302) 是一款含有校準數位信號輸出的溫濕度複合傳感器，產品具有極高的可靠性與穩定性。濕度測量範圍：0~100%RH，濕度測量精度： $\pm 2\%RH$ 。溫度測量範圍：-40~80°C，溫度測量精度： $\pm 0.5^\circ C$ ，工作電壓：DC 5V。

##### 3. HD44780 LCD 顯示模組

HD44780是一款內置控制器的低功耗字符LCD模組，常見於16×2、20×4等字元型液晶顯示模組。由於穩定性高、價格低廉，並與Arduino、樹莓派等開發平台高度相容；其工作電壓為5V，並具備背光及對比度調整功能，能適應不同光線環境。控制器將資料轉換為字元影像並顯示於液晶螢幕。搭配Arduino的LiquidCrystal函式庫，便能以簡單程式控制游標位置與輸出字元。

#### 程式運作流程：

此系統以Arduino UNO為核心，結合DHT22溫溼度感測器與HD44780 LCD顯示器，能即時量測並清楚顯示環境數據。程式運作流程分為初始化與迴圈兩部分。開機後，系統先啟動LCD與感測器，並於螢幕顯示「Temp & Humid」提示訊息，兩秒後清除畫面，進入監測模式。主迴圈中Arduino不斷讀取DHT22傳回的溫度與濕度值，若數據讀取失敗則顯示「Sensor Error」，延遲兩秒後重新嘗試；若成功，則將溫度顯示於LCD第一行（如「Temp: XX.X°C」），濕度則顯示於第二行（如「Humi: XX.X%」），並每兩秒更新一次。透過LCD直觀呈現資訊，使用者無需

額外裝置可即視環境變化，大幅提升便利性與應用價值。

### LoRa 長距離無線監測系統

農業生產環境多具有廣大且分散的空間特性，例如溫室栽培、茶園、果園及漁塭等場域。傳統有線監測系統在此類環境中常面臨佈線複雜、維護不便及系統擴充受限等挑戰。相較之下，結合LoRa (Long Range) 無線傳輸技術 與微控制器的應用，能有效克服上述限制，並提供低功耗、長距離且具高度擴展性的解決方案，因而成為智慧農業發展中的重要技術選擇。

#### 核心組件：

1. Arduino UNO作為運算中樞

2. SX1278 LoRa模組

SX1278 LoRa模組主要採用LoRa遠程調制解調器，用於超長距離擴頻通信，抗干

擾性強，能夠最大限度降低電流消耗。

SX1278具有超過-148dBm的高靈敏度，+20dBm的功率輸出，傳輸距離遠，可靠性高。相對傳統調製技術，LoRa調製技術在抗阻塞和選擇方面也具有明顯優勢，解決了傳統設計方案無法同時兼顧距離、抗干擾和功耗的問題。

3. DHT22高精度溫溼度感測器

4. HD44780 LCD顯示模組

#### 系統架構：

本系統由兩個模組組成：

發送端：DHT22感測器負責感測溫溼度數據，Arduino將其轉換為數據封包並透過LoRa SX1278模組發送。

接收端：LoRa 模組接收數據後，由Arduino解析並透過HD44780 LCD即時顯示溫濕度資訊。



溫溼度即時顯示裝置

LoRa發射端

LoRa接收端

### 程式運作流程：

本系統以Arduino為核心，結合DHT22溫濕度感測器與LoRa SX1278模組，實現長距離低功耗的環境監測。發送端程式於啟動時會先初始化序列埠、感測器與LoRa模組，若模組啟動成功，系統即可進入循環運作。每次循環中，DHT22負責讀取環境溫度與濕度，Arduino判斷數據是否有效，若數據正確，便將其組合成「Temp,Humi」的字串格式，例如「27.7, 61.6」，再透過LoRa將封包送出，並設定每五秒重複傳輸一次。接收端則在初始化時同樣啟動LCD顯示器與LoRa模組，若啟動失敗會直接顯示錯誤訊息。當接收端成功監聽到來自發送端的封包時，會逐字讀取並組合成字串，再尋找逗號分隔位置，分別解析出溫度與濕度資料。最後Arduino將處理後的數值即時更新到HD44780 LCD顯示器，第一行顯示溫度，例如「Temp: 27.7°C」，第二行顯示濕度，例如「Humi: 61.6%」。透過此流程，系統能持續、穩定地在長距離範圍內傳輸環境數據，並以簡單直觀的方式讓使用者即時掌握監測資訊，適合應用於農業溫室、或戶外監測等多種場域。

### 結語

綜合而言，微控制器在農業領域的應用展現出高度的性價比與實用價值。本文所探討之案例顯示，從溫溼度的即時監測到藉由LoRa技術進行長距離數據傳輸，均凸顯出微控制器在多元應用場域中的適切性與靈活性。若能進一步結合物聯網平台與人工智能運算，將可有效補足地端運算能量

的不足，並透過雲端或邊緣運算達成大數據分析與預測管理之功能。微控制器技術具有數位化、低成本、可擴展以及易於導入等特徵，不僅有助於降低人工依賴與資源浪費，亦能為農業導入智慧化與永續發展的新契機。然而，仍須注意其在運算效能、硬體耐用性以及大規模系統整合等方面的限制。基於此，微控制器更適合作為特定功能導入與控制策略試行的核心工具，以兼顧成本效益、彈性與實用性。隨著相關技術持續演進，微控制器未來將不僅止於資料蒐集角色，而有望成為智慧農業系統的中樞，推動農業生產邁向自動化、精準化與永續化之發展。

