

# 守護綠意——基於 ESP32 的智慧植物自動澆水系統

從環境感測到雲端連網的物聯網閉環控制實作

# 憑感覺澆水的「隨機性」困境

## [WARNING] 水分匱乏

現代人生活忙碌，常因旅遊或工作導致植物乾枯死亡。



## [ERROR] 過度澆灌

在土壤尚未乾燥時頻繁給水，導致植物根部缺乏空氣而腐爛。



在物聯網技術成熟的今日，我們能否用「精準的數據」取代「模糊的感覺」？

# 從「定時給水」到「精準回饋」的典範轉移

	傳統定時器	回饋控制系統 [本專題]
觸發機制	單一時間維度 / 盲目澆水	依據環境數據自動觸發
環境適應力	不顧天氣與濕度變數	即時感知溫度與濕度變動
連網能力	單機獨立運作，無數據記錄	Wi-Fi 物聯網即時監控與紀錄
植物健康影響	容易造成過度澆灌或極端乾旱	精準補水，維持最佳生長帶

# 系統大腦：ESP32 微控制器

## 強大運算能力

足以處理多重感測器數據與複雜的自動控制邏輯

## 極低功耗

卓越的電源管理，符合長時間待機的物聯網設備需求

## 內建 Wi-Fi 模組

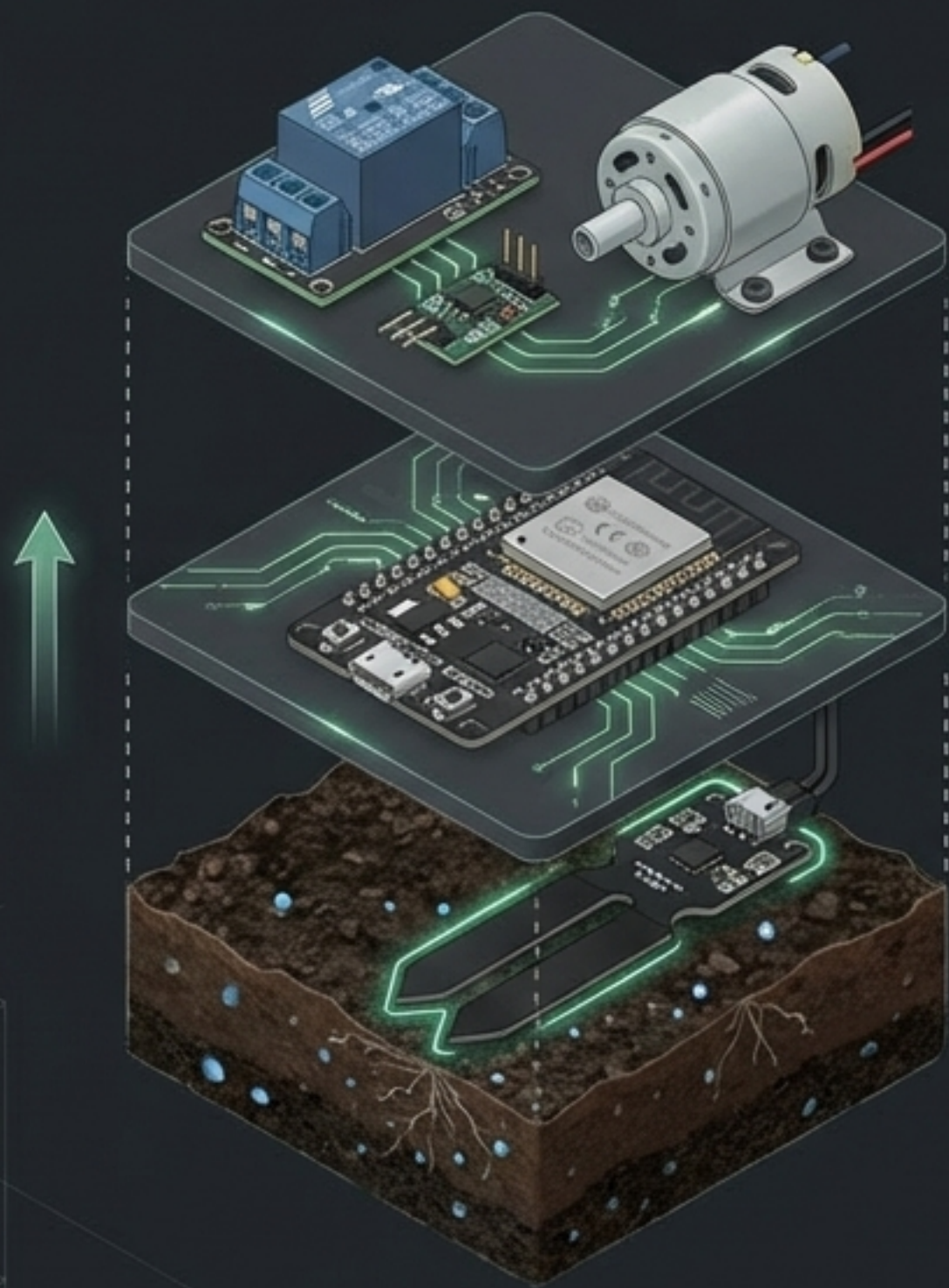
無需額外擴充網路卡，直接串接雲端平台進行即時通訊

## 內建藍牙 (Bluetooth)

提供未來更多元的近端通訊與智慧感測擴充可能



# 系統硬體的三層式「軀體」架構



## 頂層 - 執行層 (Execute)

繼電器模組與 5V 直流自吸水泵，  
執行物理澆水動作

## 中層 - 控制層 (Control)

ESP32 開發板，負責處理 ADC  
訊號轉換與 Wi-Fi 封包傳輸

## 底層 - 感測層 (Sense)

電容式土壤濕度感測器，  
持續擷取微環境的物理訊號

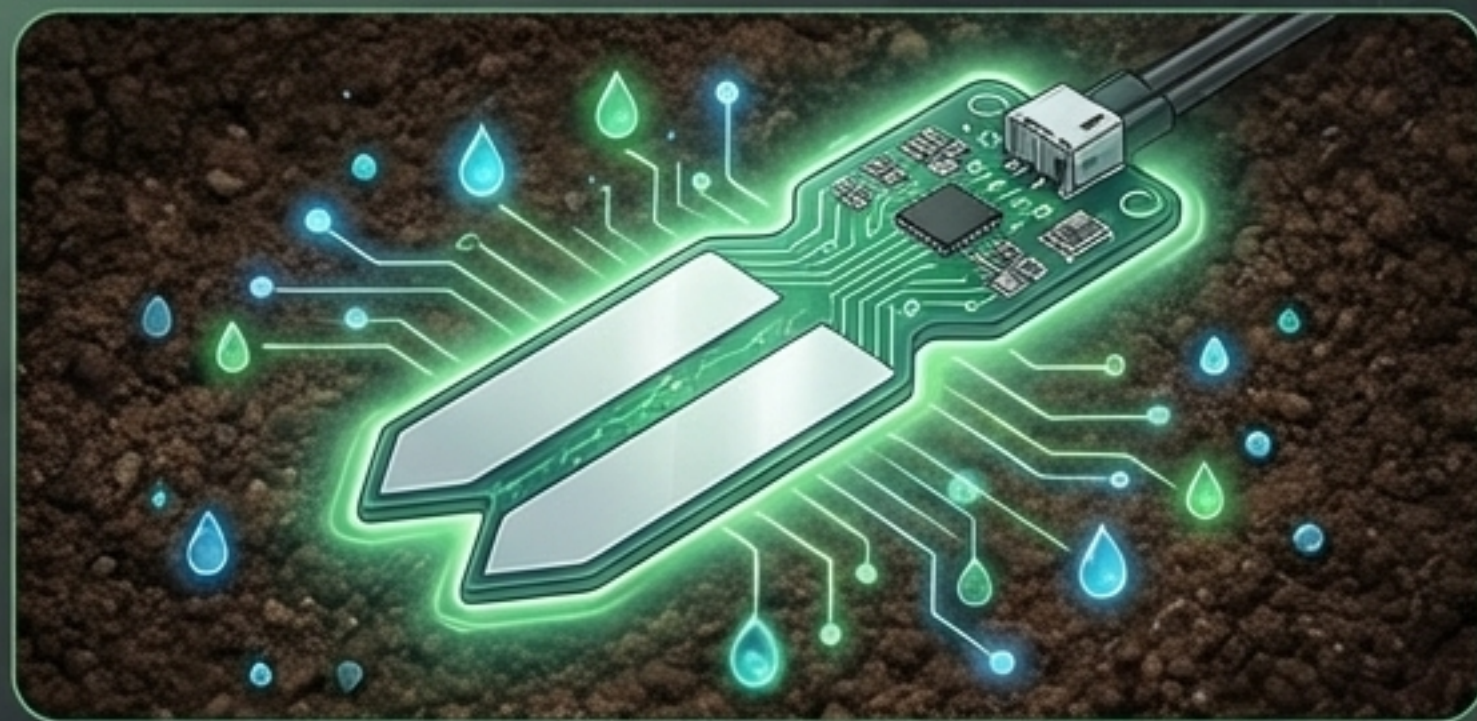
# 感測層：為什麼堅持選用「電容式」感測器？

## 電阻式感測器 (Resistive)



- **測量原理**：電極直接接觸土壤測量導電度
- **電化學腐蝕**：極易發生，金屬會快速溶解
- **耐用度與穩定性**：極低（數週至數月），易受土壤鹽分干擾

## 電容式感測器 (Capacitive)



- ⚡ **測量原理**：測量介電常數變化，無導電金屬裸露
- ⚡ **電化學腐蝕**：幾乎為零，不受電解反應影響
- ⚡ **耐用度與穩定性**：極高，訊號穩定精準，適合長期放置

# 執行層：弱電控制強電的安全隔離機制

弱電控制  
(3.3V 訊號)



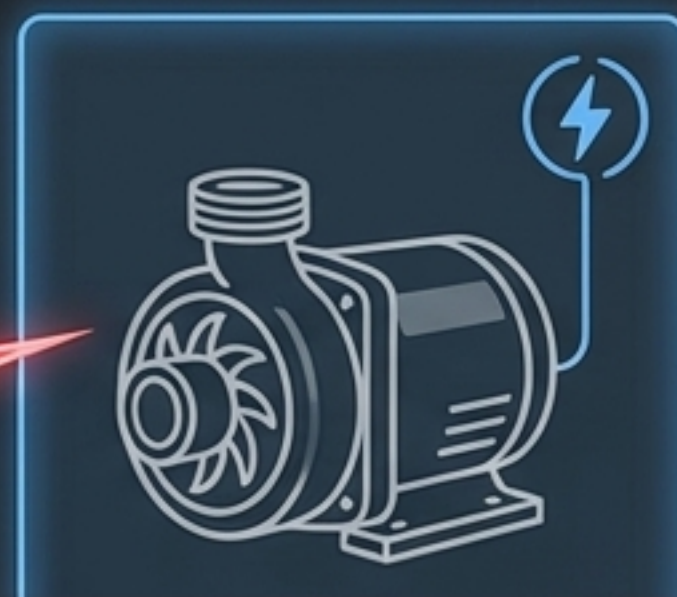
ESP32 的 GPIO 輸出電流極小，無法直接驅動馬達。

繼電器模組  
(Relay)



作為電子開關，隔離控制訊號與動力電源。

強電動力  
(5V 獨立電源)



驅動自吸水泵執行給水。

⚠ 干擾防護：有效阻擋水泵啟動時產生的「反向電動勢 (Back EMF)」干擾微控制器運行。

# 數據處理：將土壤訊號轉化為直觀指標



## 原始類比訊號 (Raw ADC Data)

感測器讀取範圍介於 0 到 4095 之間

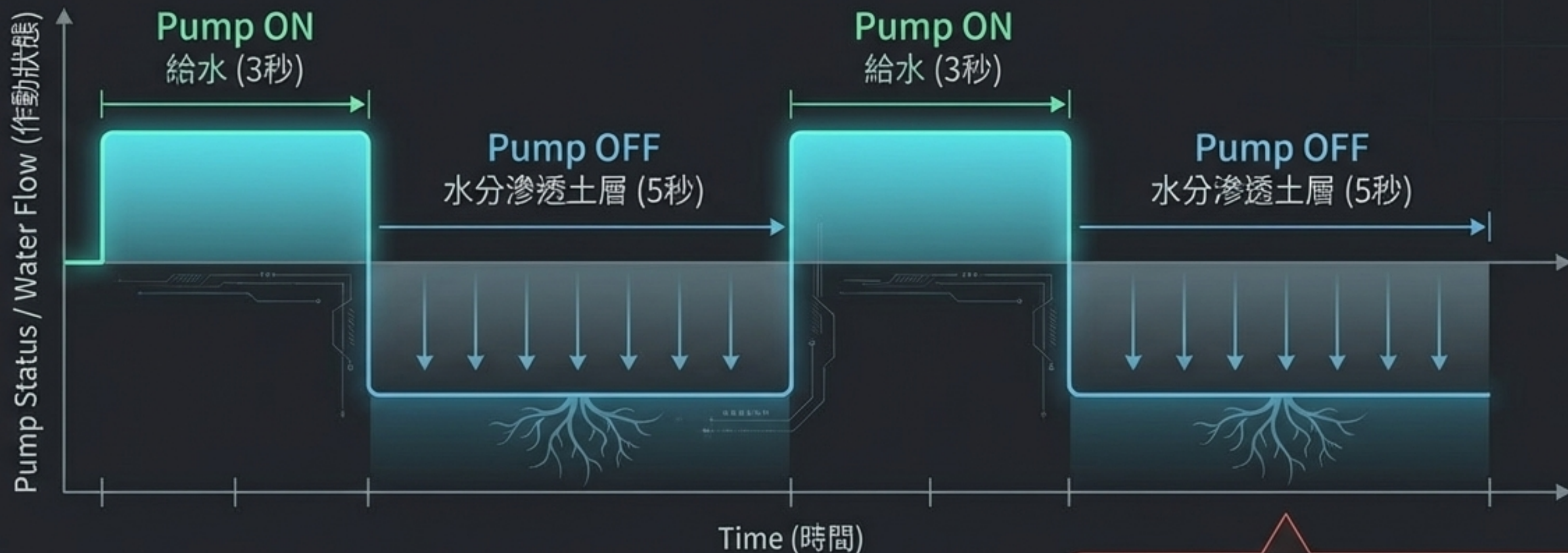
## 環境校準函數

實地定義「完全乾燥」與「浸泡水中」的極值邊界

## 直觀濕度百分比 (0-100%)

將生硬數值映射為直觀指標，供系統決策與 App 顯示

# 澆水脈衝邏輯：給予水分滲透的時間



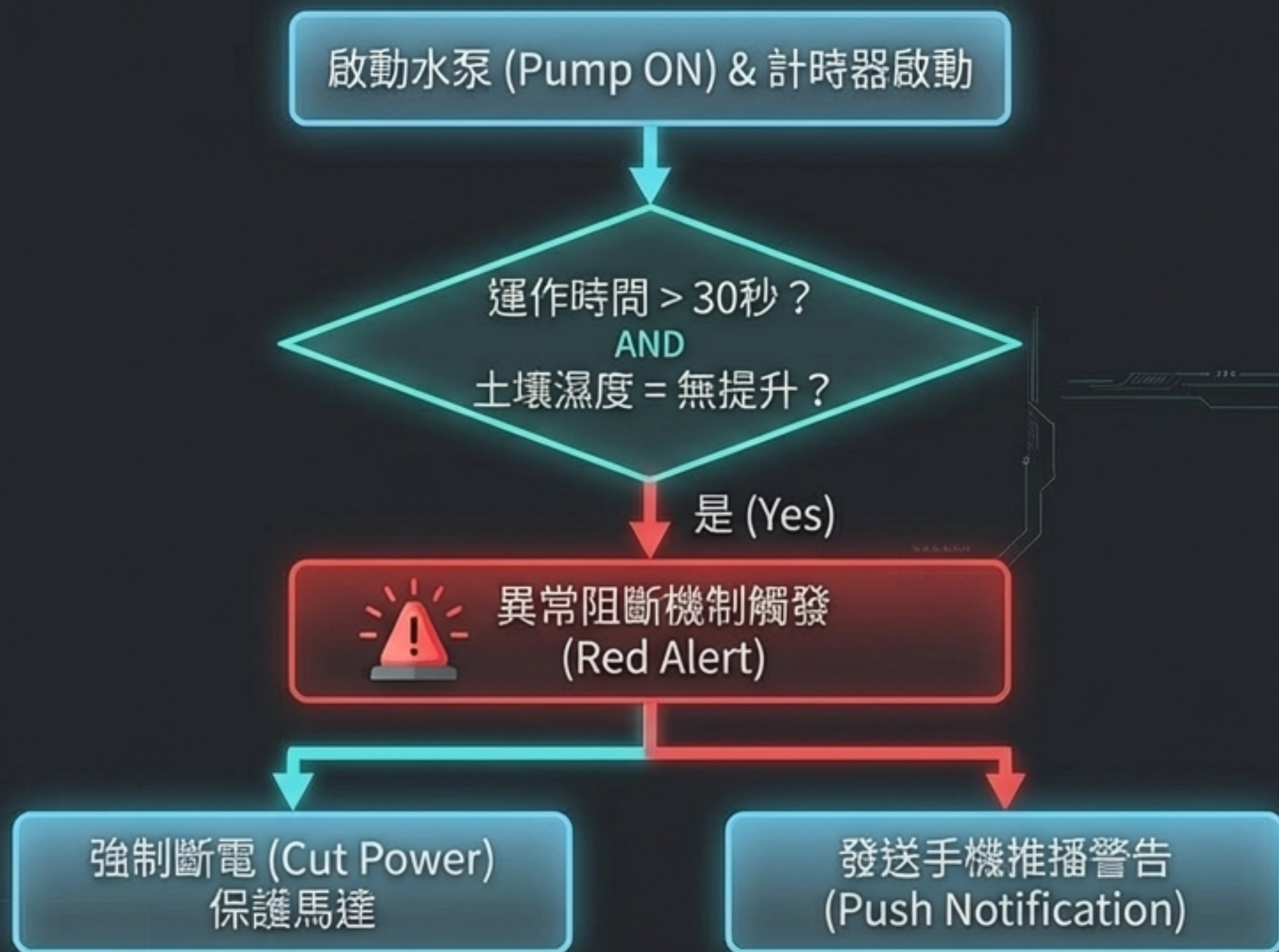
**物理意義：**透過脈衝機制留出時間，讓水分受重力與毛細現象影響充分下滲，確保澆水量的絕對精確度。



## 連續給水的致命傷

連續澆灌會導致水分停留在土壤表面溢流，感測器提早誤判，且根部無法深層吸收。

# 安全防護：避免馬達空轉的 30 秒強制斷電機制



## 防呆設計 (Fail-Safe)

- 防止因「儲水桶缺水」或「感測器意外脫落」導致的無限期給水指令。
- 雙重保護機制：
  - 保護馬達免於長時間空轉燒毀。
  - 避免感測器失效導致的室內淹水災難。

# 物聯網通訊：無縫連接雲端與行動裝置



## 資料封裝

系統定時將濕度數據封裝成 JSON 格式。

## 通訊協議

透過 Wi-Fi 接入網路，傳送至物聯網平台（Blynk / 自建 MQTT Server）。

## 雲端同步

手機端 App 可即時拉取最新數值，打破空間限制。

# 系統整合：完整的閉環控制架構 (Feedback Loop)

## 1. 感知 (Sense)

擷取環境訊號  
(電容感測器)

## 4. 回報 (Notify)

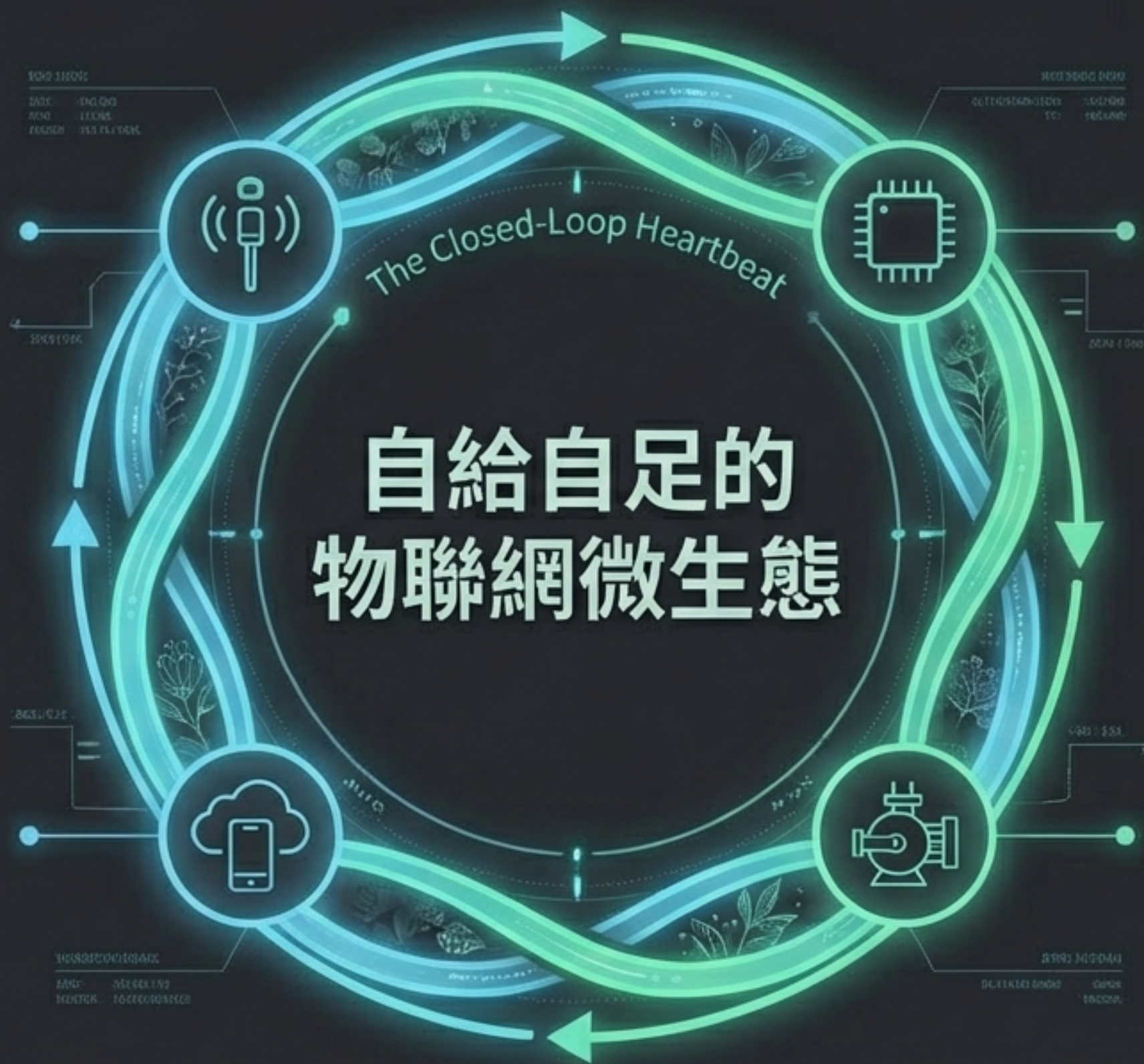
雲端紀錄與遠端監控  
(App 介面)

## 2. 決策 (Decide)

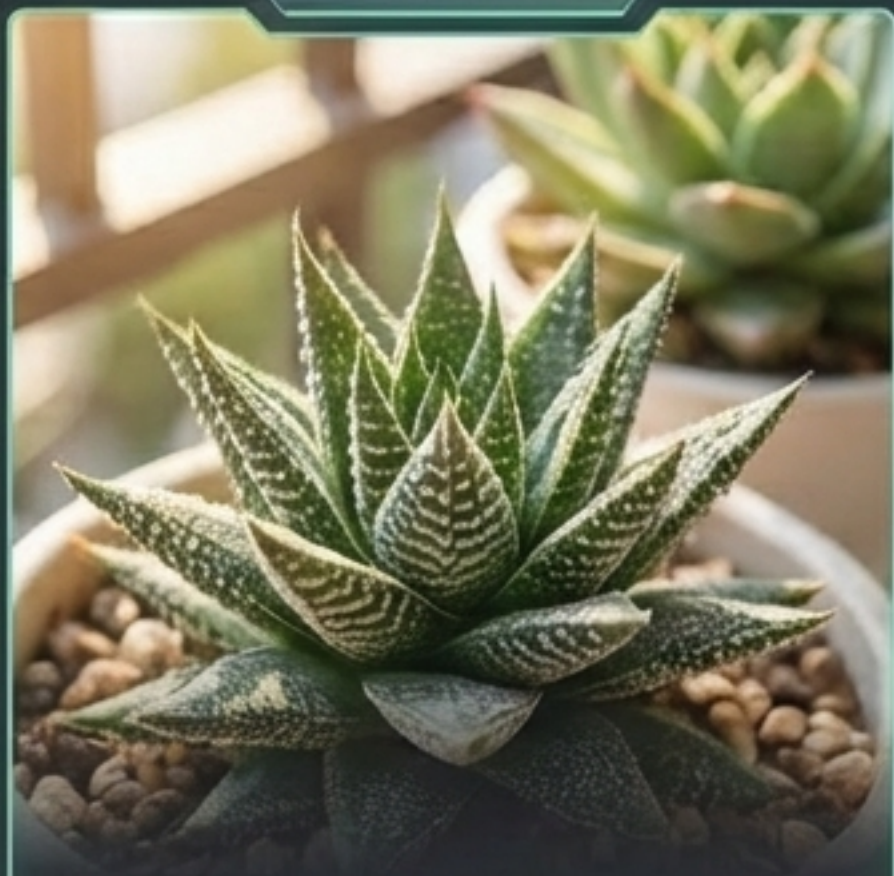
數據解析與邏輯判斷  
(ESP32)

## 3. 執行 (Act)

脈衝式精準給水  
(水泵與繼電器)



# 科技落實於日常的三大應用場景



## 家庭陽台

針對多肉與香草植物，提供極端水分需求的精準掌控，告別頻繁檢視的困擾。



## 辦公室綠化

解決週末與連假無人照護的痛點，確保辦公室綠植長期存活。



## 小型溫室

結合遠端手動介入功能，實現初步精準農業管理的混合控制場景。

# 智慧植栽的下一步演化與擴充潛力



核心控制中樞  
(ESP32)



## AI 植物辨識

串接植物圖庫，根據仙人掌或蕨類等不同物種，自動微調最適乾旱門檻。



## 多維度感測陣列

擴充環境溫濕度 (DHT11) 與光照強度感測器，全方位掌握微氣候。



## 語音互動整合

結合智慧音箱 API，實現自然語音查詢：  
「小愛同學，我的琴葉榕渴了嗎？」



# 讓科技化作守護綠意的一份溫柔

從「環境感測」、「邏輯判斷」到「遠端互動」。

我們不僅掌握了硬體驅動與通訊協議，更解決了生活中的真實難題。

科技的進步不應只是冰冷的電子零件，而是服務生命、與自然共存的最佳媒介。

感謝聆聽，歡迎提問