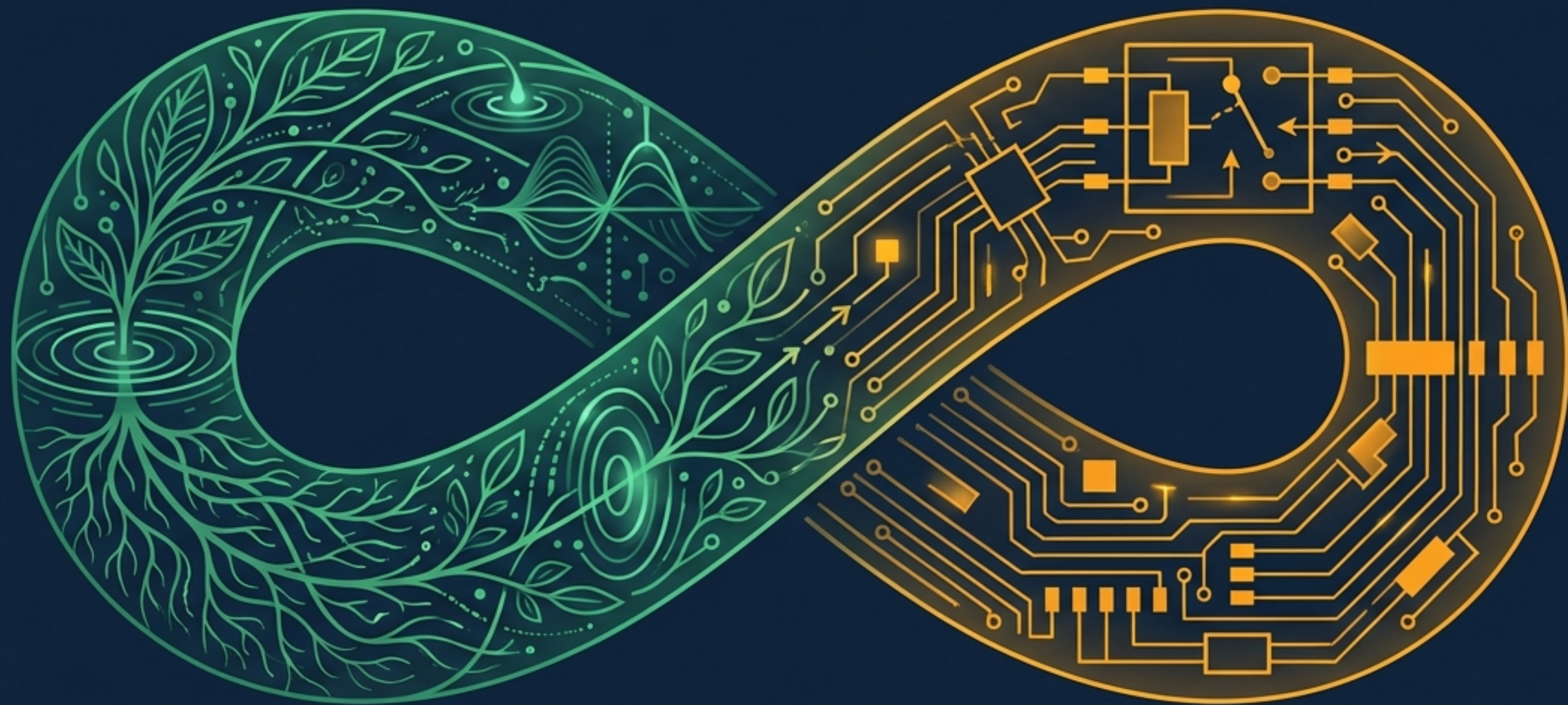


零接觸智慧農業：新一代魚菜共生賽博物理系統

結合 IoT 動力控制與 3D 空間手勢辨識的未來室內農場架構

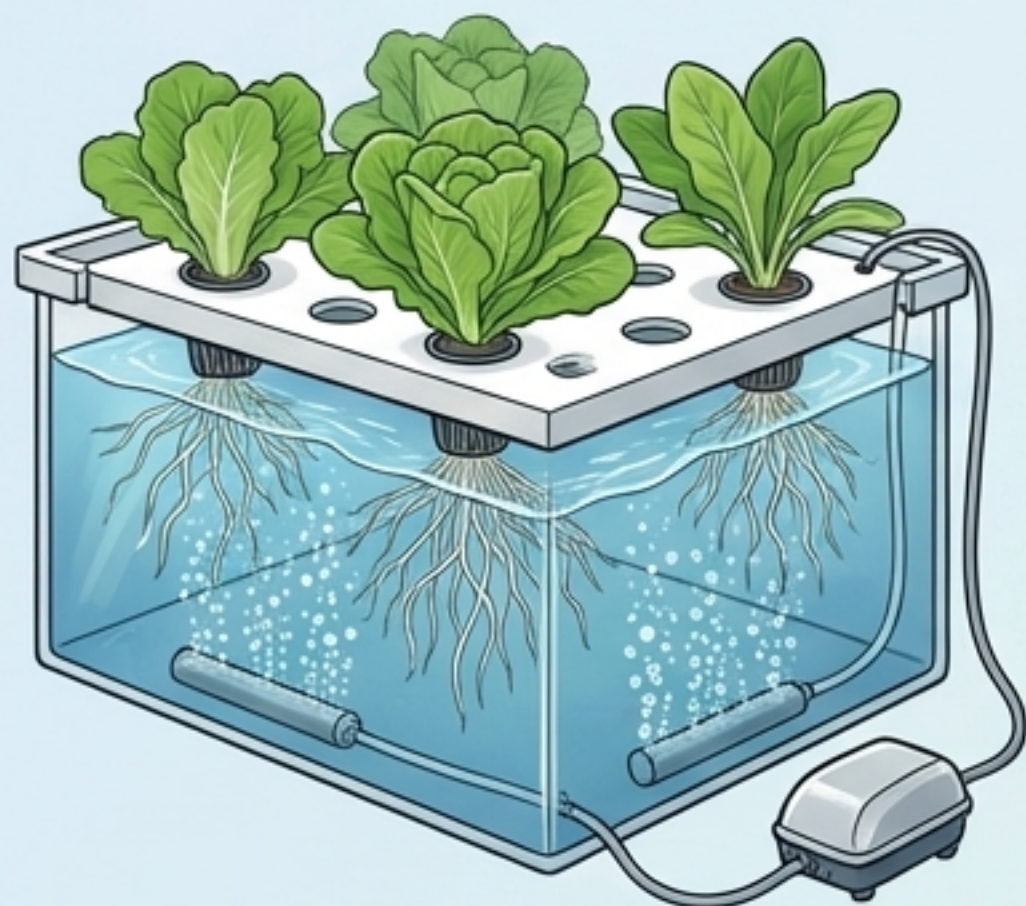


生命的無限迴圈：自然界最完美的共生引擎



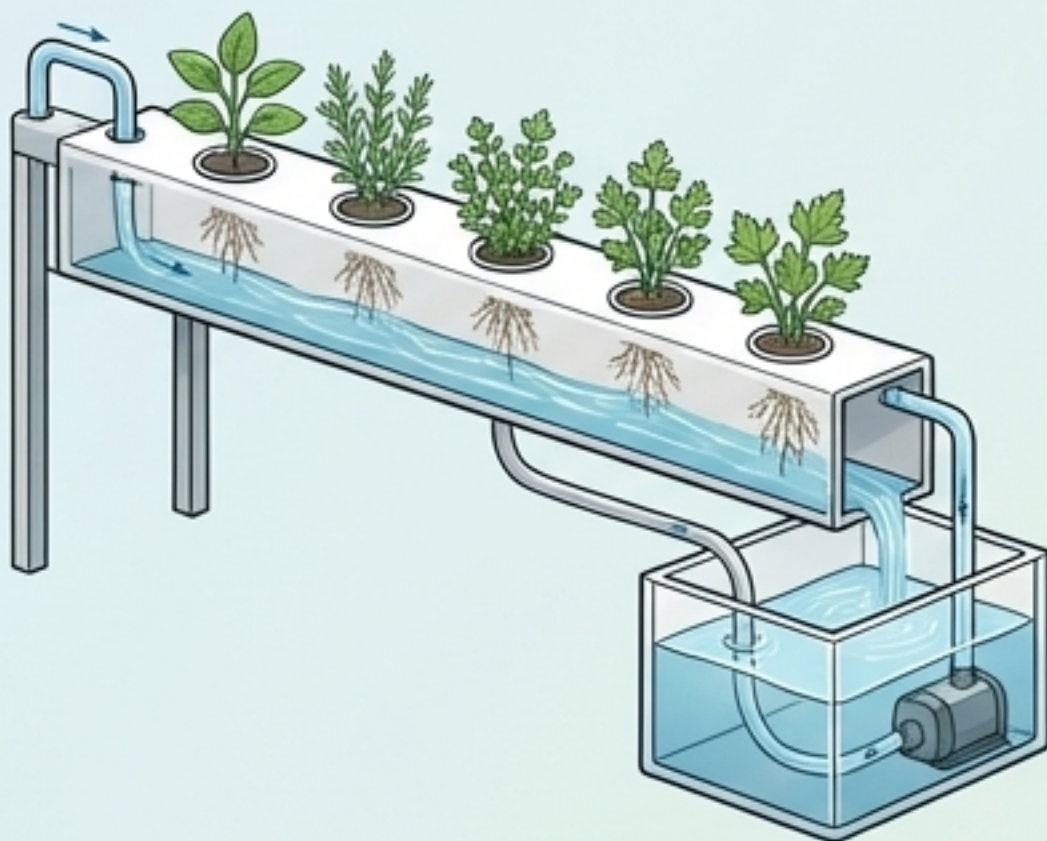
現代共生系統架構與物理環境挑戰

深水栽培 (DWC)



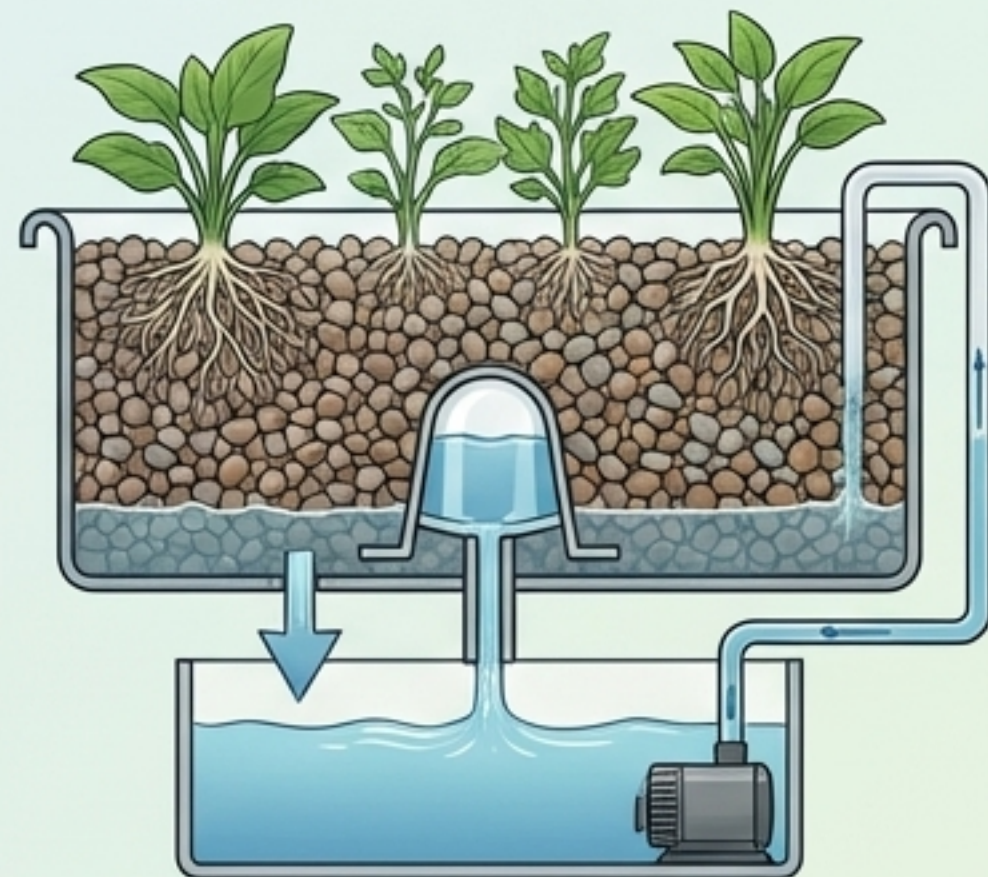
優勢：水溫穩定
挑戰：需持續打氣充氧

養分薄膜技術 (NFT)



優勢：垂直空間利用率高
挑戰：水泵停機即枯萎

介質床 (Media-based)



優勢：極佳生物過濾表面積

共通環境痛點：24 小時不間斷的幫浦與加溫控制，且環境極度潮濕泥濘

潮濕、泥濘與強電：傳統介面的致命盲區

我們需要一個能將
230V 強電安全隔離，
且達成零接觸
(Zero-Contact)
互動的終極中樞。



觸電風險

農夫雙手潮濕操作
230V 強電面板具備
致命危險。



中斷作業流程

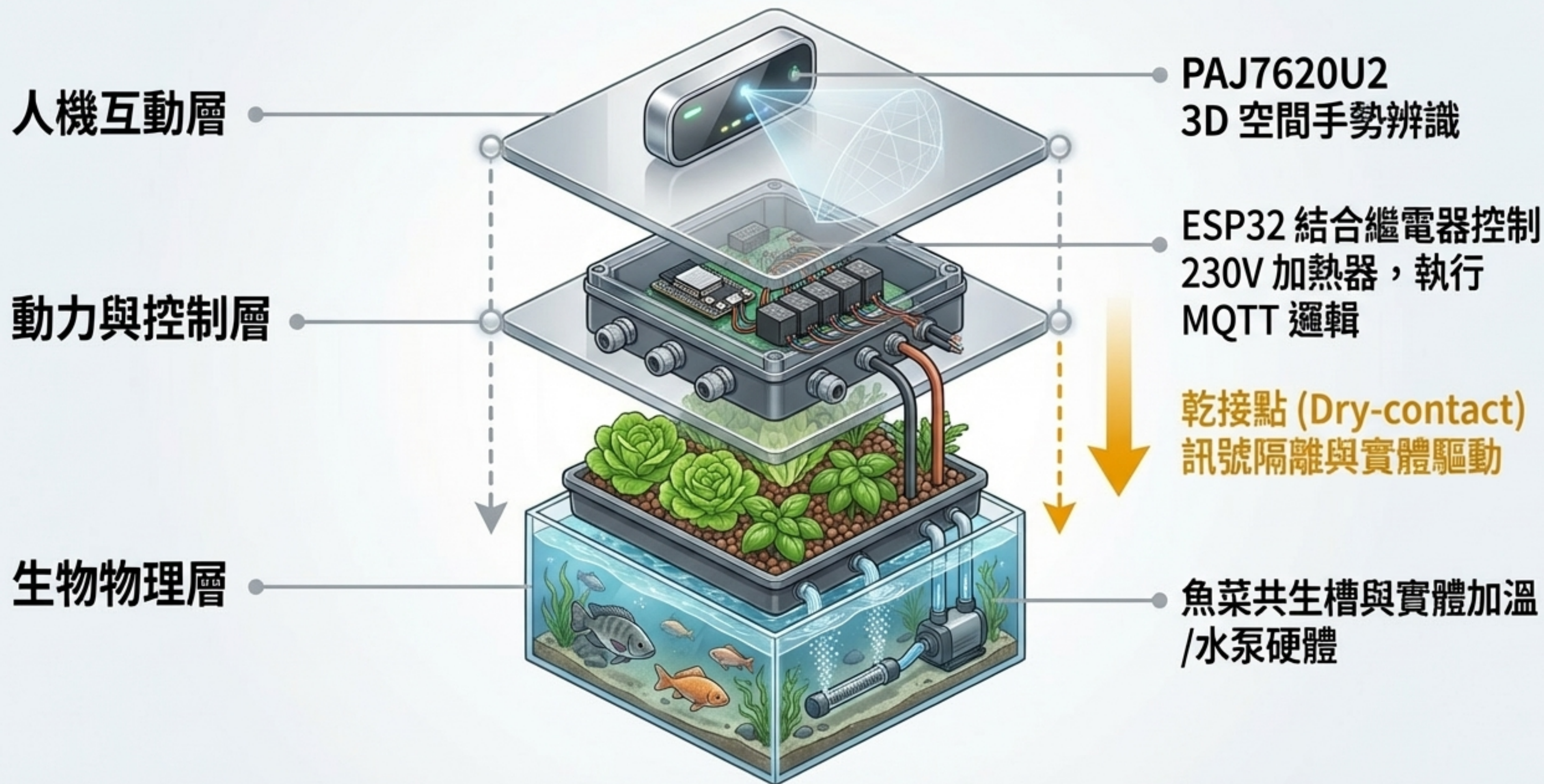
戴防護手套無法操
作智慧型手機 APP
，需反覆穿脫極度無效。



設備損耗

高濕度溫室極易導
致傳統觸控螢幕失靈
與物理按鍵卡死。

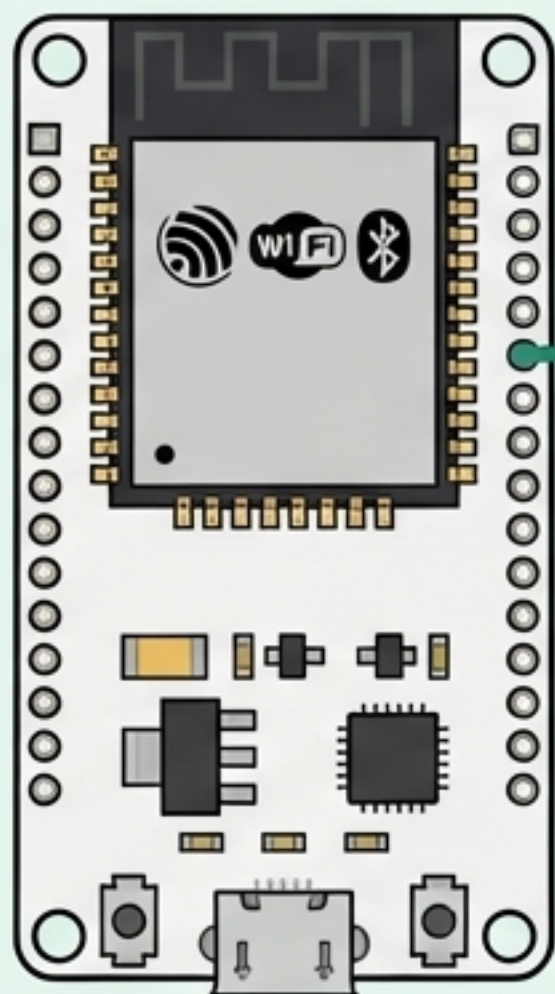
新一代系統藍圖：科技賦能生命的分層架構



動力與控制層：高低壓實體隔離與安全切換

安全低壓區

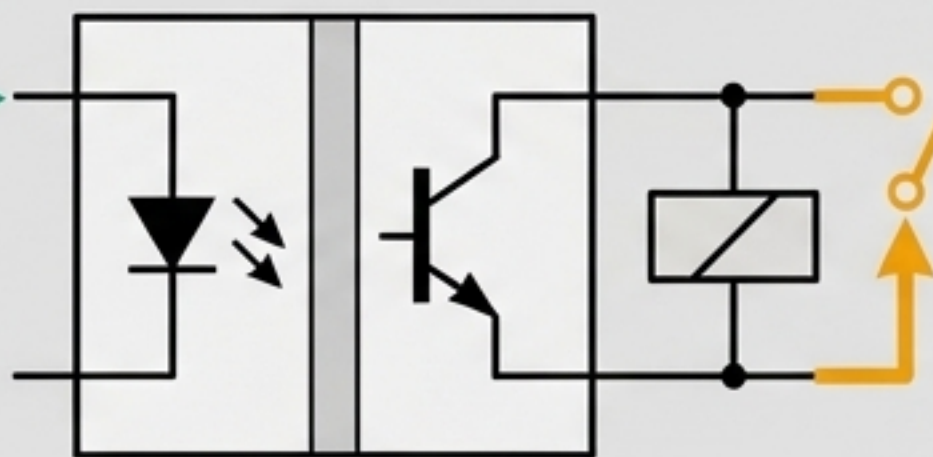
ESP32



3.3V/5V 邏輯電壓 /
GPIO 23 輸出指令

實體隔離區 (護城河)

Optocoupler Relay
光耦繼電器

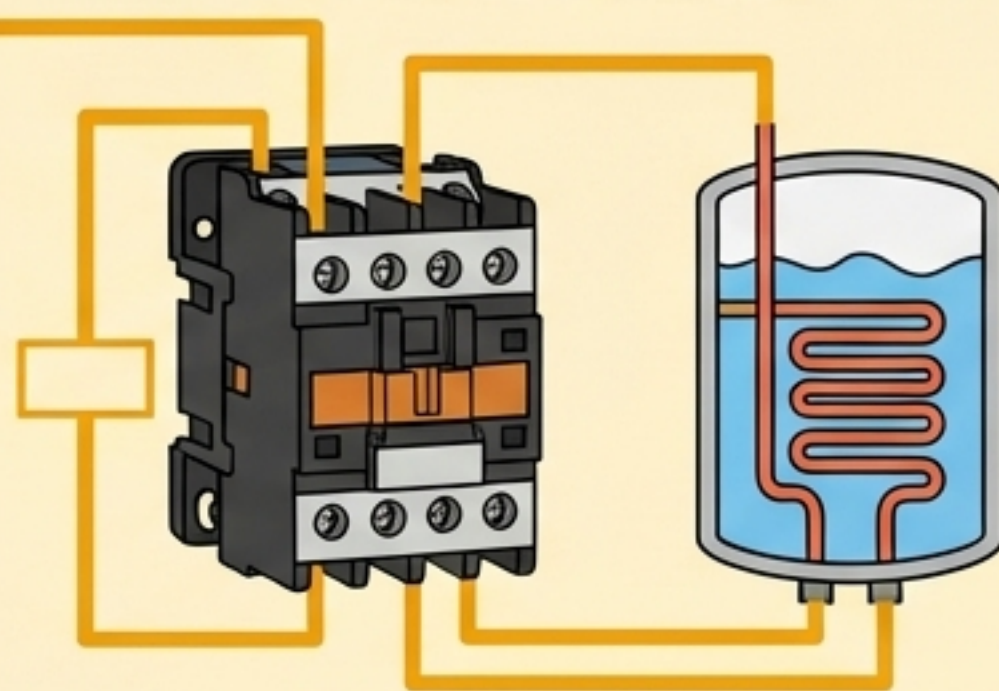


乾接點 (Dry-Contact)
控制模式

危險高壓區



230V 交流電主電源

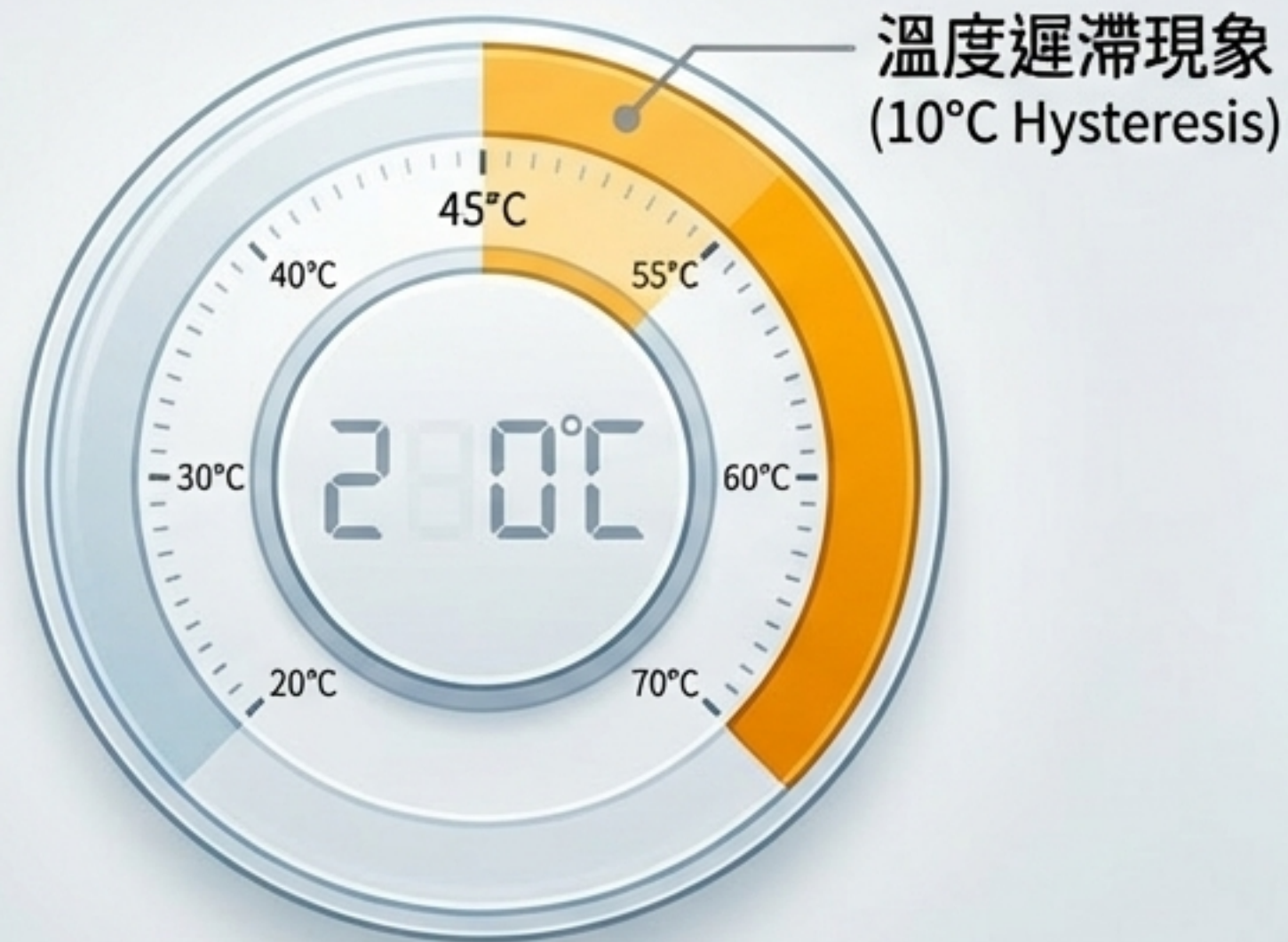


230V 交流電主電源 /
驅動大型接觸器與水加熱器

核心安全守則：低壓不帶強電。繼電器僅負責切換恆溫器乾接點，確保潮濕環境下的絕對用電安全。

邊緣運算大腦：ESPHome 賦能的自動化與防護

邊緣運算大腦：邏輯與調度



水溫降至 45°C 啟動，達 55°C 關閉，
避免頻繁切換耗損硬體

邊緣運算大腦：故障安全機制



斷電重啟防護

```
restore_mode:  
  RESTORE_DEFAULT_OFF
```










斷電重啟後強制保持關閉，
防止系統失控煮熟魚群

最大運行時間防護

```
Max Runtime Cutoff
```

本地安全計時器，防止感測器
卡死導致加熱超過 2 小時

突破環境限制：為何空間手勢是終極解答？

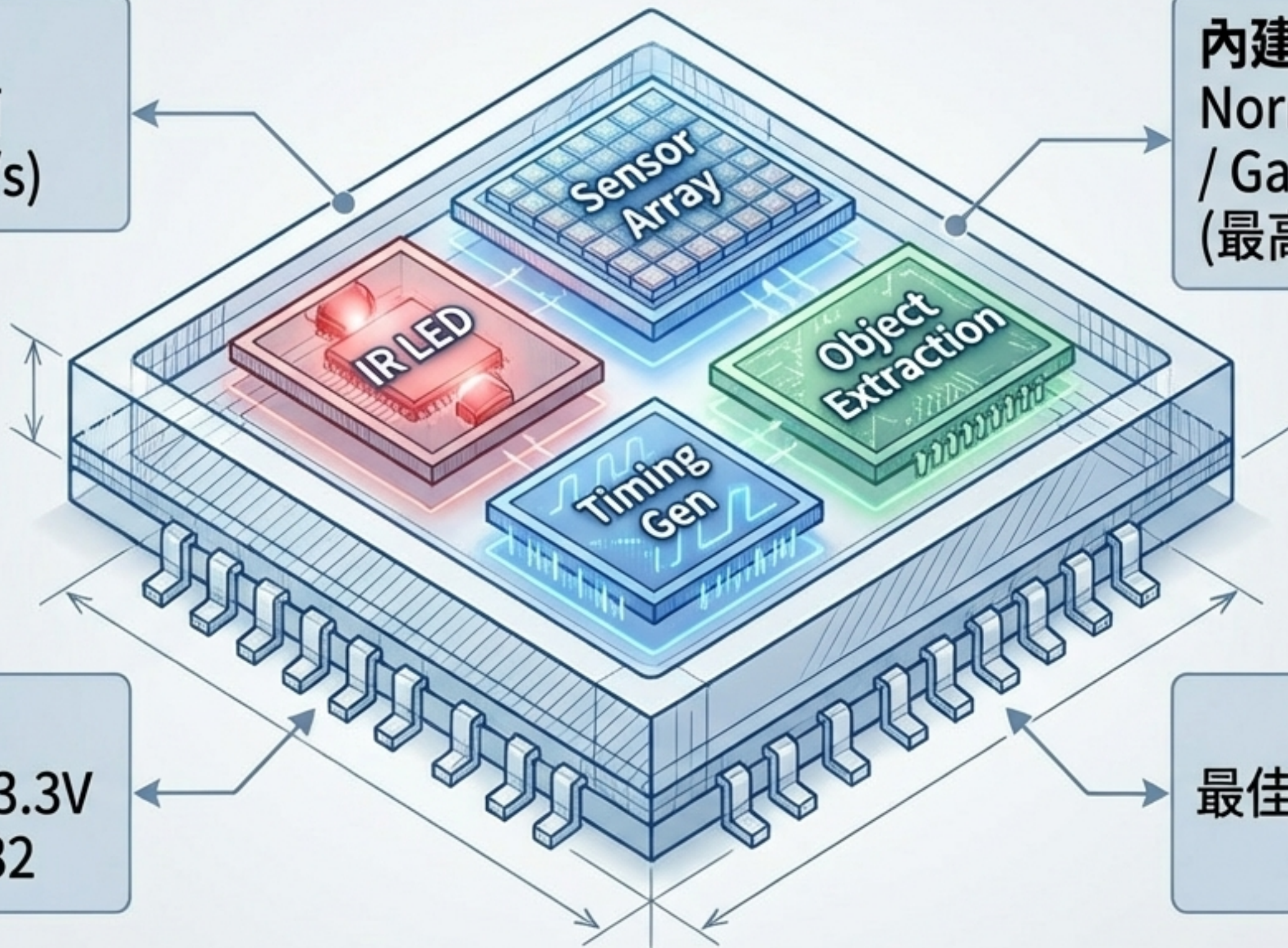
	傳統觸控面板	智慧手機 APP	PAJ7620U2 空間手勢
潮濕/髒污 容忍度	 低	 極低	 絕對免疫 (零接觸)
抗環境光干擾	 反光難視	 背光耗電	 強大免疫 ($< 100k \text{ Lux}$)
互動速度/ 戴手套操作	 需脫手套	 需解鎖螢幕	 無縫操作 (最高 $1200^\circ/\text{s}$)

結論：零接觸操作不僅是體驗升級，更是高濕度農場中的硬性安全防護。

頂層介面核心：PAJ7620U2 高速手勢辨識引擎

通訊協定：
高速 I2C 介面
(最高 400 kbit/s)

內建雙模式：
Normal Mode (120Hz)
/ Gaming Mode
(最高 1200°/s 辨識)



工作電壓：
超低功耗，2.8V-3.3V
完美相容 ESP32

偵測範圍：
最佳感測距離 5-15 cm
，偵測角度 60°

語義化操作：九維手勢與農場指令映射



向上揮動
調高目標水溫 (+1°C)



向下揮動
調低目標水溫 (-1°C)



向右揮動
切換下一組監控區



向左揮動
切換上一組監控區



順時針畫圈
啟動潮汐灌溉水泵



逆時針畫圈
緊急停止所有幫浦



向前推動
開啟植物生長燈



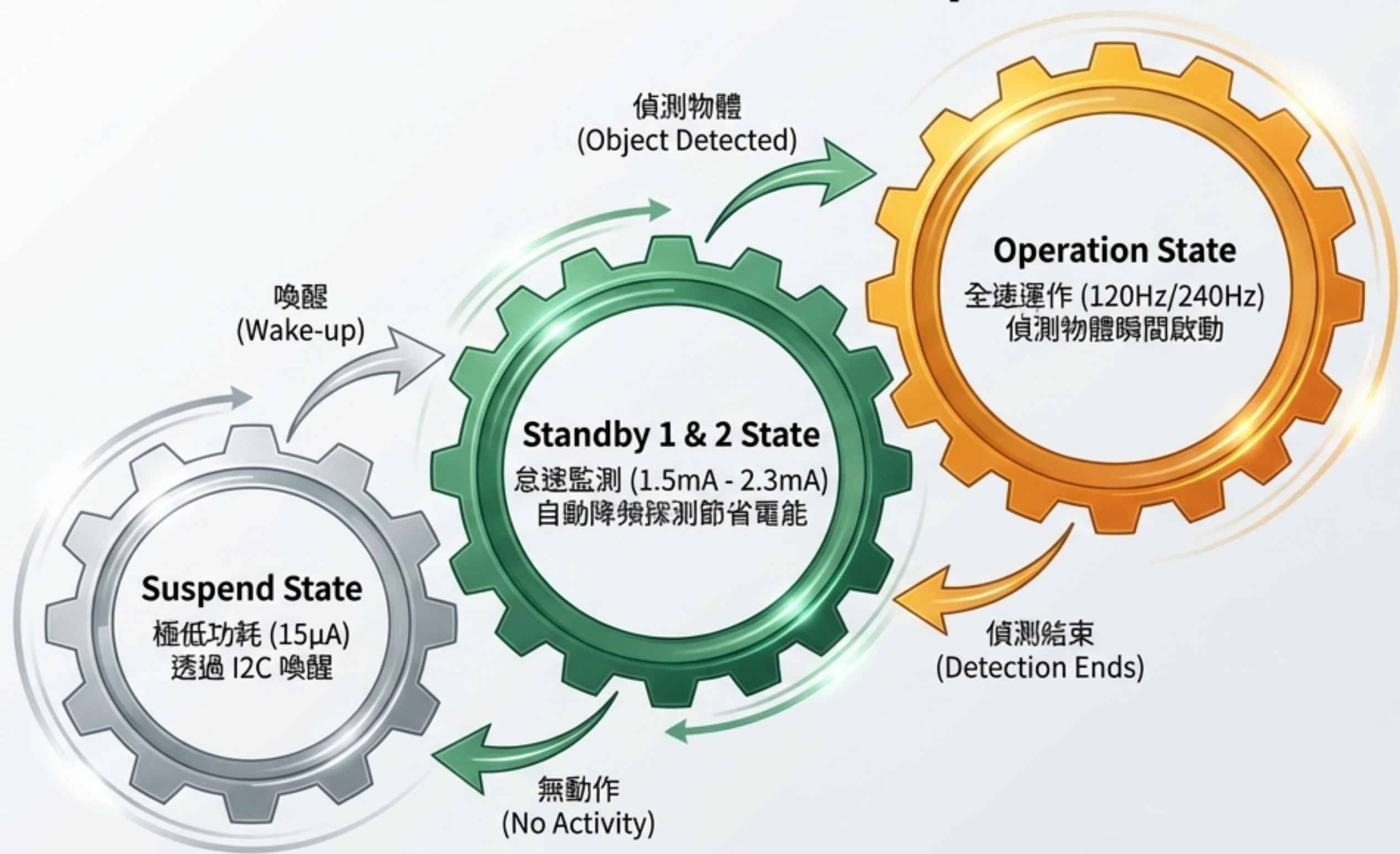
向後拉動
關閉植物生長燈



揮手 (Wave)
一鍵觸發 1 小時增強模式

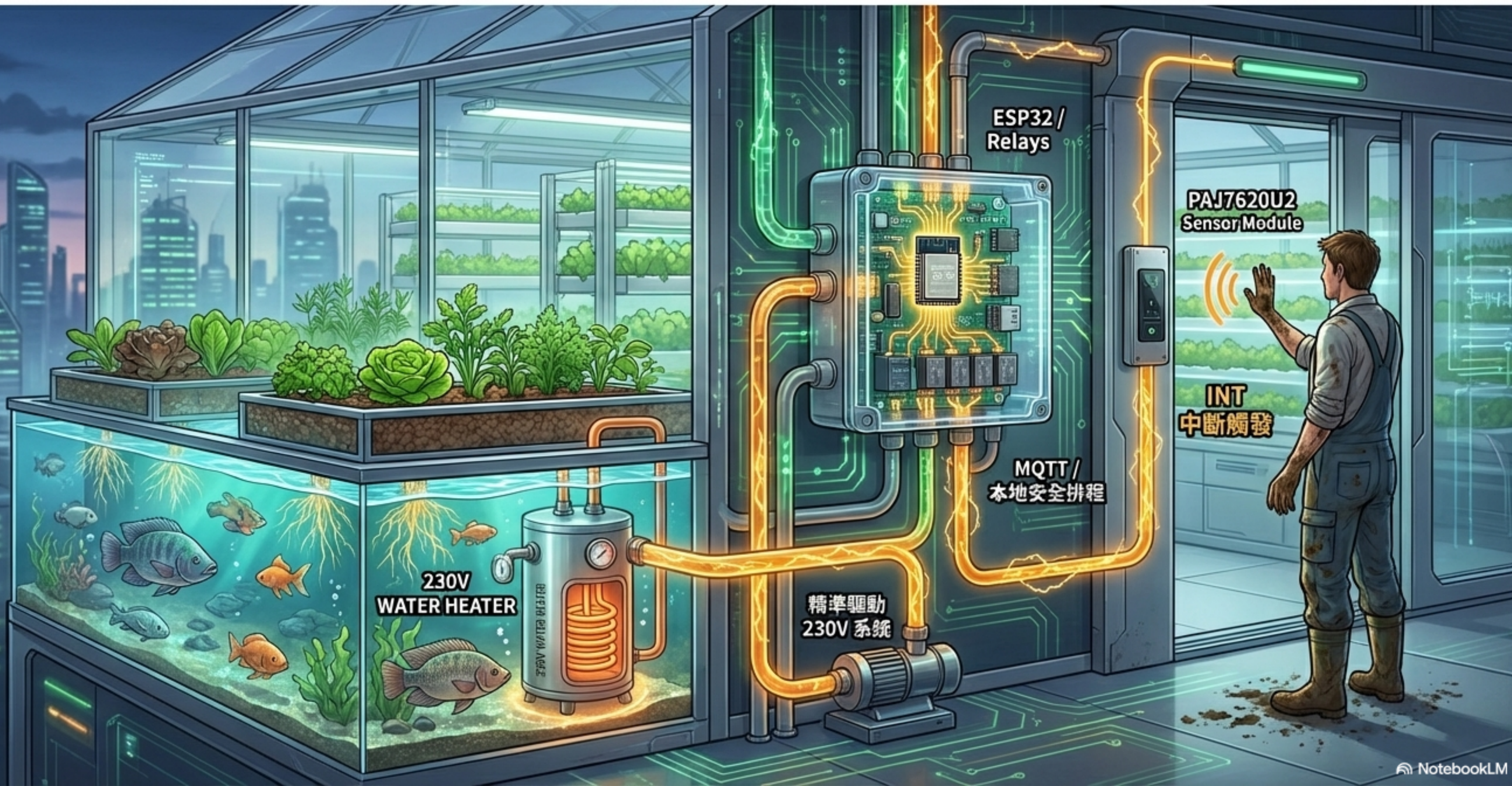
透過讀取暫存器 (Reg 0x43/0x44) 中斷旗標，實現無延遲直覺化硬體控制。

智慧節能：動態喚醒狀態機 (Wake-up State Machine)



猶如會呼吸的有機體：無人時深度休眠，靠近時瞬間全速啟動，實現離網微型農場的極致能效。

終極整合：新一代智慧魚菜共生戰情室



重塑未來農業：從自動化邁向自主化

90%

極致資源效率

水資源消耗降低 90%，
搭配 ESP32 精準排程，
肥料與電能浪費降至最低。

0%

工業級安全保障

實現 0% 接觸風險。
完全隔離高壓水氣環境
與人為操作，保障生命
與設備壽命。

1200°/s

無縫人機協作

即使在泥濘與高溫度下，
也能以最高 1200°/s 速
度進行空間手勢操控，
徹底解放雙手。

「科技的最高境界，是隱藏於無形，卻又讓生命生生不息。」