

# 中華民國第 55 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國中組 生活與應用科學科

### 最佳(鄉土)教材獎

030820

漫步在雲端 -- 魚菜共生自動監控系統之研究

學校名稱：基隆市私立二信高級中學(附設國中)

作者：  國三 趙嘉峰  國三 黃秉家  國二 簡嘉儀	指導老師：  張宏文  盧丁諱
---	-----------------------------

關鍵詞：Arduino 、魚菜共生、物聯網

## 摘要

本研究主要的目的在設計一套能自我調控而且能夠遙控的魚菜共生系統，並比較不同的魚種和蔬菜在魚菜共生系統中的表現。

實驗結果顯示 Arduino Yun 微處理器可以輕鬆解決我們交付的任務。伺服馬達自動餵食器可以解決主人不在家或忘記餵食的困擾，但太陽能電板受限於天候，只適合陽光充沛的地方。Arduino Yun WiFi 模組功能強大，可以隨時將監控的資訊上傳到網際網路，方便主人隨時監控魚菜共生系統，將物聯網的精神發揮到淋漓盡致。

最後我們比較不同的魚種和蔬菜在魚菜共生系統的表現，結果顯示：龍鯉對蔬菜的成長幫助最大，其次是玉如意和吳郭魚；蔬菜成長方面：鹿角萵苣成長最快速，其次是綠羅曼和大陸妹。

## 壹、研究動機

魚菜共生系統是最近幾年才從國外引進台灣的一種新穎的綜合養殖概念，魚菜共生系統使用魚的排泄物當肥料來種菜，而蔬菜吸收水中肥料後又可以淨化水質，真是一舉兩得。由於水質藉由蔬菜淨化循環使用，所以用水十分節省，台灣雖然降雨量不算少，但近年來氣候變遷，雨量分布不均，缺水危機時有耳聞。魚菜共生系統兼具**省水**、**環保**、**健康**、**教育**等功能，真的是值得推廣的一種生物養殖（植）系統。

但是現代人工作時間長，放假又常不在家中，所以魚菜共生系統最令人擔心的就是每天環境變動對植物、魚類的影響，為了讓蔬菜可以迅速成長，魚而可以健康生活，飼養者必須每天監控魚菜共生系統的水位、溫度、光線...條件。一旦全家出遊時，魚菜共生系統如果出狀況，回家時恐怕慘不忍睹。

為了解決以上的煩惱，我們利用Arduino微處理器設計了這套『魚菜共生自動監控系統』，它可以隨時監控環境變動，並且上傳資料到Google 雲端文件夾，遇到緊急狀況時還會拍照上傳到Dropbox資料夾中，或寄出警示的E-mail通知主人，讓魚菜共生系統主人不論身在何處都可以隨時掌控魚菜共生系統。

## 貳、研究目的

- 一、利用Arduino DIY魚菜共生自動餵食器
- 二、是否可以用太陽能電板產生足夠電力讓Arduino使用
- 三、利用Arduino Yun設計魚菜共生自動監控系統
- 四、探討魚菜共生系統中，不同魚種硝酸鹽與亞硝酸鹽產量比較
- 五、探討不同的蔬菜栽培系統，不同種類蔬菜的成長比較
- 六、探討魚菜共生系統中，不同魚種對蔬菜成長的影響

## 參、研究設備及器材

### 一、魚菜共生設備：

- (一) T5生長燈 x 3
- (二) 花寶 2 號
- (三) 長形菜槽 x4
- (四) 養魚水桶x3
- (五) 沉水水馬達x3
- (六) 發泡煉石150 L
- (七) Bell siphon 3組
- (八) 海棉
- (九) 過濾棉
- (十) 魚（龍鯉、吳郭魚、玉如意）
- (十一) 菜（大陸妹、鹿角萵苣、綠羅蔓）
- (十二) 室外菜槽
- (十三) NO<sub>3</sub>/NO<sub>2</sub> 試紙
- (十四) 電子秤
- (十五) 定時器
- (十六) 打氣組 X1

### 二、Arduino 自動化控制設備：

- (一) Arduino Leonardo 主板
- (二) DRAGINO Yun Shield
- (三) USB Hub
- (四) USB Flash
- (五) USB Web Camera
- (六) SD card
- (七) 四聯繼電器
- (八) 光敏電阻
- (九) DHT 溫濕度計
- (十) 水溫計
- (十一) 水位感應計
- (十二) 風扇
- (十三) 加濕器
- (十四) 加溫棒
- (十五) 伺服馬達
- (十六) 無線路由器/基地台

## 肆、研究過程或方法

### 一、原理說明

#### (一) 魚菜共生：

魚菜共生 (Aquaponics) 是水產養殖 (Aquaculture) 加上水耕栽培 (Hydroponics) 的一種模仿自然生態的農業生產模式。在魚池中養魚，池子的水有魚的排泄物，含有氮、氨等成分，若直接排到河川、土壤會造成環境的負擔，不過若拿這些廢水來種菜，反而提供蔬菜養分，而且蔬菜淨化水質後，又可以導回魚池再利用。這一套平衡系統，能避免水質惡化，且形成魚幫菜、菜幫魚的良性循環。

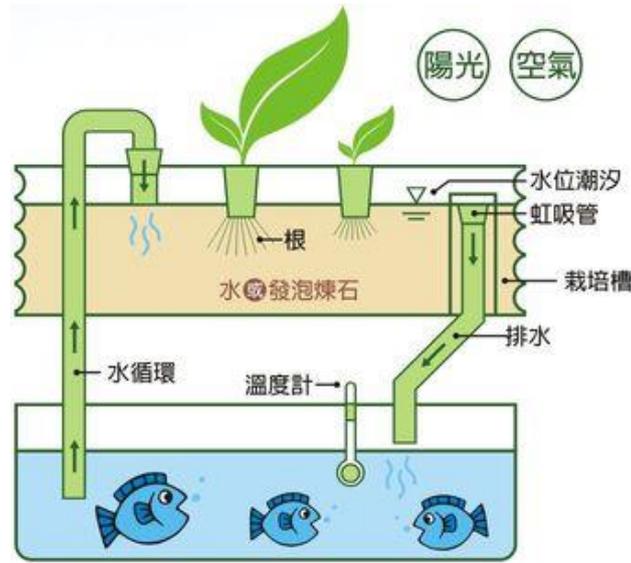


圖1 魚菜共生

其實魚菜共生的概念並不是最近才發明的，早在明朝萬曆九年(1581)順德龍山、南海九江等地就有「**桑基魚塘**」的出現，此時的養殖業已有細緻的分工，塘基系統也在此時興起，即塘（水）中養魚，基（陸）種果樹、甘蔗、桑樹等農作，水體與陸地間有著緊密的物質循環。塘泥肥基供給桑樹、甘蔗養分。桑葉餵蠶、養蠶生產蠶絲，而蠶屎與蠶蛹可用來餵魚，甘蔗送糖廠提煉糖粉，甘蔗渣與蔗葉又投入魚塘中滋生藻類，產生魚的食料來源。

#### (二) Arduino 介面控制板簡介

##### 1. 甚麼是 Arduino

Arduino 是一塊基於開放原始碼發展出來的 I/O 介面控制板，並且具有使用類似 Java、C 語言的開發環境，讓使用者可以快速使用 Arduino 語言與 Flash 或 Processing... 等軟體，作出互動作品。Arduino 是在 2005 年 1 月由米蘭互動設計學院的教授 David Cuartielles 和 Massimo Banzi 所設計出來了，原始構想是希望讓設計師及藝術家們，透過 Arduino 很快的學習電子和感測器的基本知識，快速的設計、製作作品的原型，很容易與目前設計系所學的 FLASH, MAX/MSP, Virtool 等軟體整合，使得虛擬與現實的互動更加容易。互動的內容設計才是設計師的主要訴求，至於怎麼拼湊一個單晶片開發板，或是當中涉及如何構築電路之類的知識，就並非設計師需要了解的，因此非常適合不具電子背景的人使用，以設計出各種不同的互動裝置。

##### 2. Yún 控制板

**Arduino Yún** 是一款基於 ATmega32U4 和 Atheros AR9331 的單片機板。Atheros AR9331 可以運行一個基於 Linux 和 OpenWRT 的作業系統 Linino。這款單片機板有內置 Ethernet, Wifi, 一個 USB 埠, 一個 Micro 插槽, 20 個數字輸入輸出埠

(其中7個可以用於PWM，12個可以用於ADC)，1個MICRO USB，1個ICSP插頭，3個重定開關。Yún是一個雙晶片的系統，一顆是ATmega32U4，另一顆是AR9331，兩顆晶片可以互通，其中AR9331執行OpenWrt，並可以操控一個USB埠、一個Ethernet埠、一個Wi-Fi、一個microSD記憶卡槽(用microSD記憶卡來儲存OpenWrt及相關軟體、資料)，而Yún也有一個USB埠，但只供用來燒錄程式，而非操控，因此可以在Yún電路板上看到2個USB接孔。Arduino YUN 一共有20個數位 I/O腳位(7個支援 PWM), 12個類比輸入腳位。以下是Arduino Yún的外觀與規格：

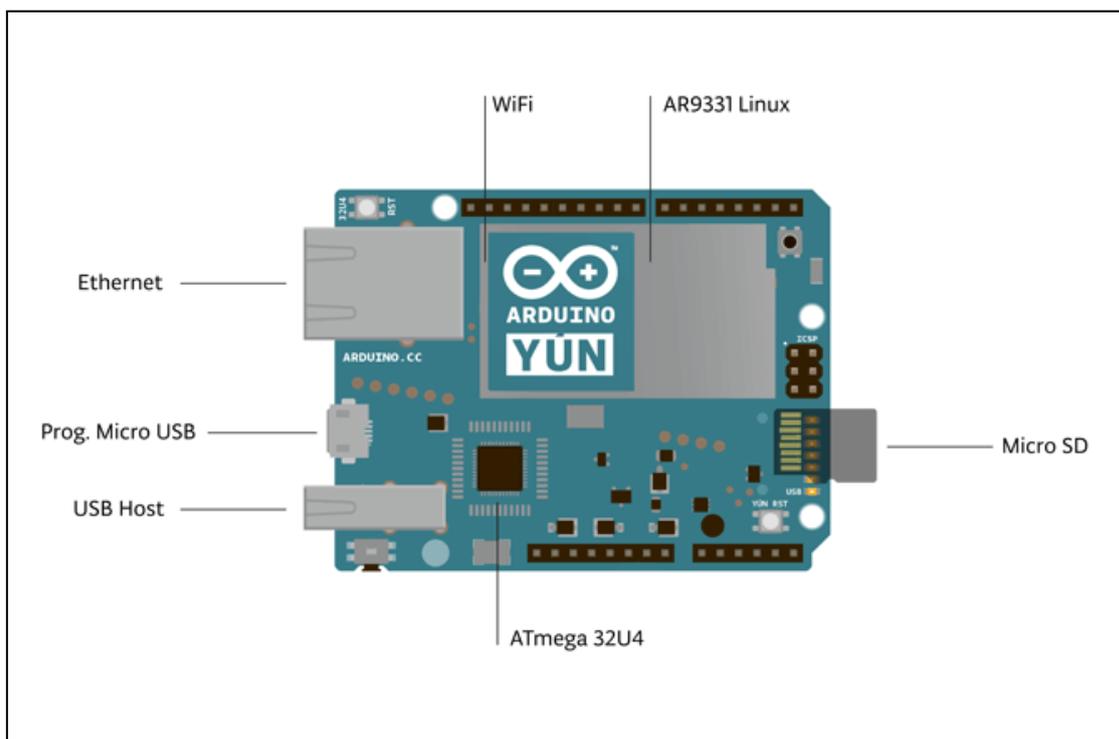


圖2 Arduino Yún的外觀與規格

下圖中的 Bridge 是讓 Arduino Yún 上的兩個處理器彼此溝通, 能讓 Arduino code 就能直接執行 shell 腳本, 與網路介面溝通或是接收從 AR9331 處理器來的指令. USB host 接頭(USB周邊, 隨身碟, webcam, 鍵盤滑鼠都接在這), 網路介面以及 SD卡是由 AR9331 負責而非 ATmega32U4. Bridge 就是負責讓 Arduino 可以和這些周邊來進行互動. 由這張圖就能明白ATmega 與 AR9331 是如何溝通的：

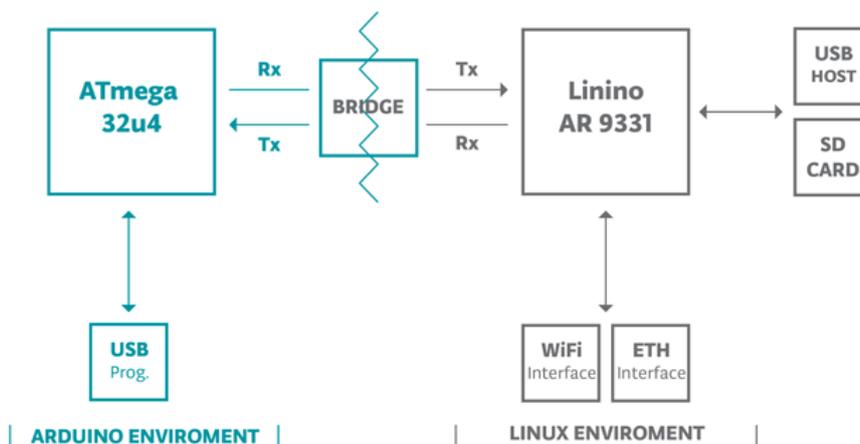


圖3 Arduino Yun 內部溝通架構

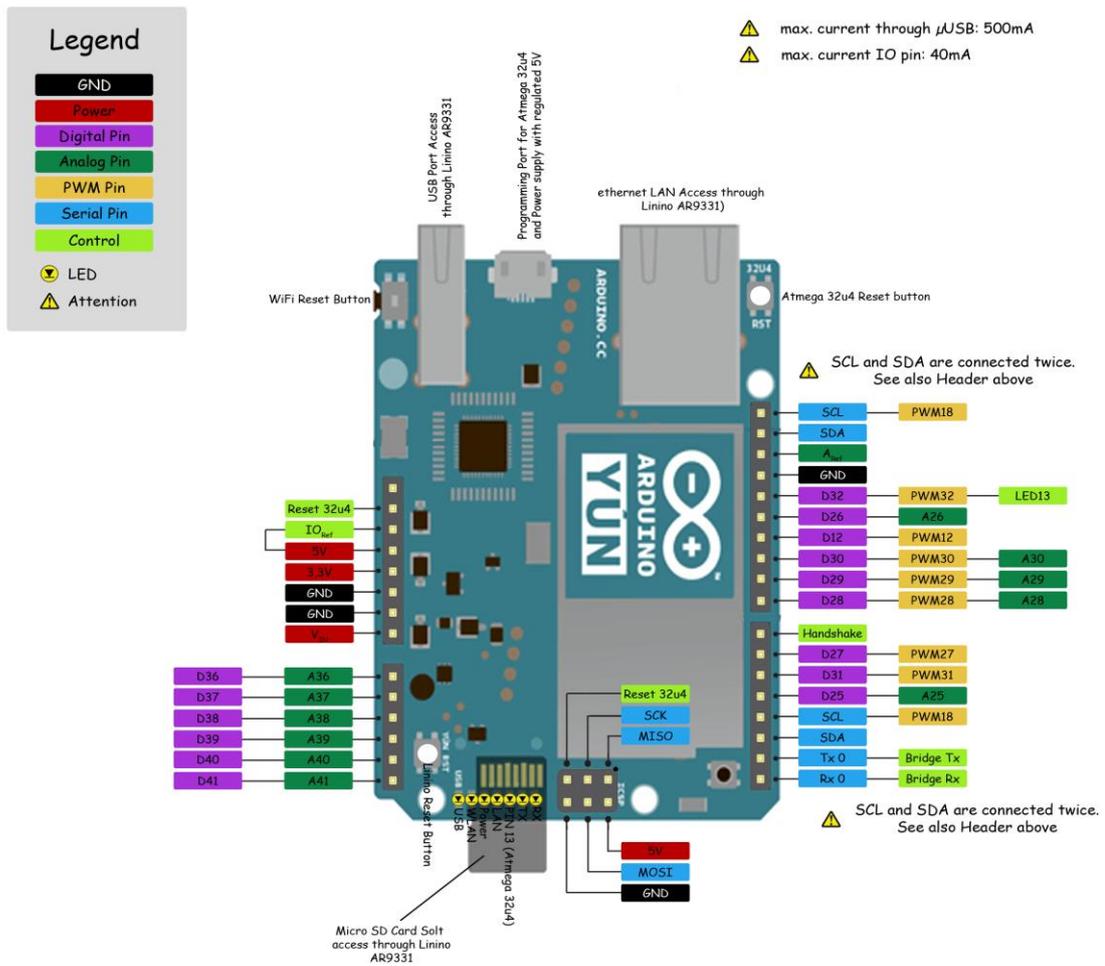


圖4 Arduino I/O

### 3. 軟體發展環境

軟體部分則是Arduino IDE開發環境，目前最新版本出到1.6.1版，可以在網路上免費下載 (<http://arduino.cc/>)；使用的語法和C/C++相仿，稍具C/C++程式設計經驗，很容易就能上手，另外還有積木堆疊式的程式介面如ArduBlock，可以讓不會C/C++的人輕易就能完成專案。

下圖就是Arduino IDE 與 ArduBlock 執行的畫面，中間為程式撰寫區，下方是相關的訊息顯示區。

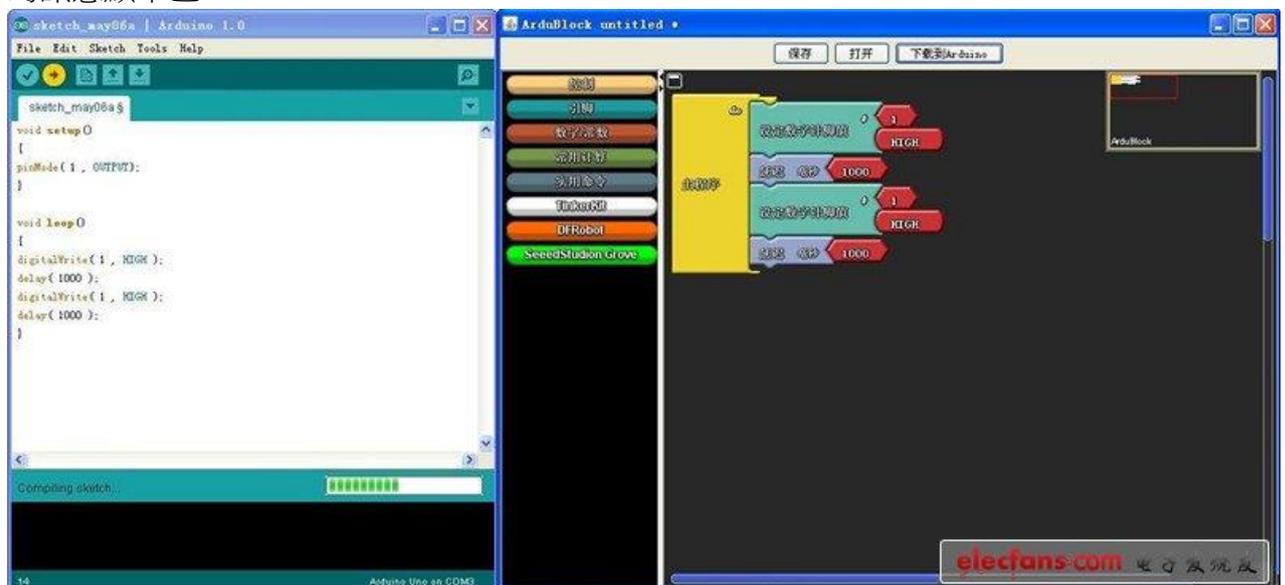


圖5 程式設計介面

#### 4.元件模組簡介：

##### (1) SERVO 伺服馬達(舵機)

舵機是一種位置伺服的驅動器，主要是由外殼、電路板、無核心馬達、齒輪與位置檢測器所構成。其工作原理是由接收機或者單片機發出信號給舵機，其內部有一個基準電路，產生週期為20ms，寬度為1.5ms的基準信號，將獲得的直流偏置電壓與電位器的電壓比較，獲得電壓差輸出。經由電路板上的IC判斷轉動方向，再驅動無核心馬達開始轉動，透過減速齒輪將動力傳至擺臂，同時由位置檢測器送回信號，判斷是否已經到達定位。適用於那些需要角度不斷變化並可以保持的控制系統。當電機轉速一定時，通過級聯減速齒輪帶動電位器旋轉，使得電壓差為0，電機停止轉動。一般舵機旋轉的角度範圍是0度到180度。



圖6 伺服馬達

舵機有很多規格，但所有的舵機都有外接三根線，分別用棕、紅、橙三種顏色進行區分，由於舵機品牌不同，顏色也會有所差異，棕色為接地線，紅色為電源正極線，橙色為信號線。

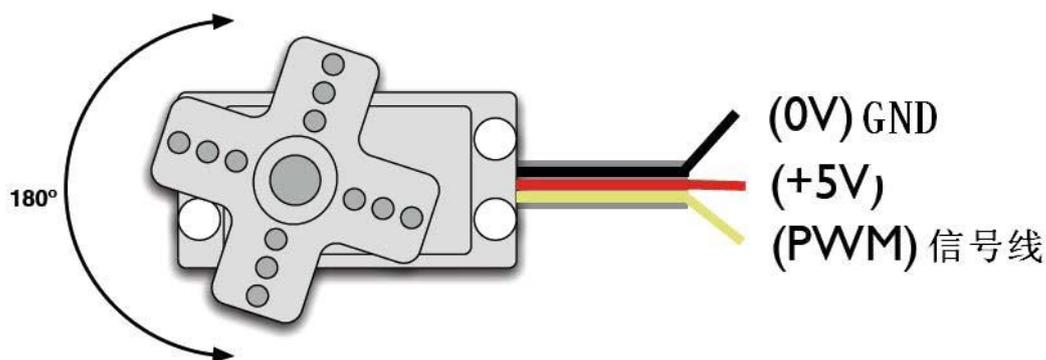


圖7 伺服馬達接線

舵機的轉動的角度是通過調節PWM（脈衝寬度調製）信號的占空比來實現的，標準PWM（脈衝寬度調製）信號的週期固定為20ms（50Hz），理論上脈寬分佈應在1ms到2ms之間，但是，事實上脈寬可由0.5ms到2.5ms之間，脈寬和舵機的轉角 $0^{\circ}$ ~ $180^{\circ}$ 相對應。有一點值得注意的地方，由於舵機牌子不同，對於同一信號，不同牌子的舵機旋轉的角度也會有所不同。

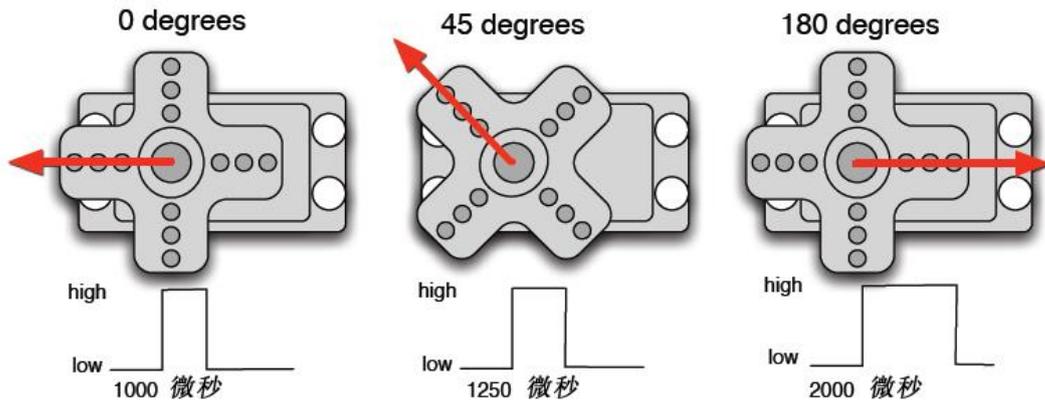


圖8 伺服馬達轉動的角度

(2) 繼電器控制

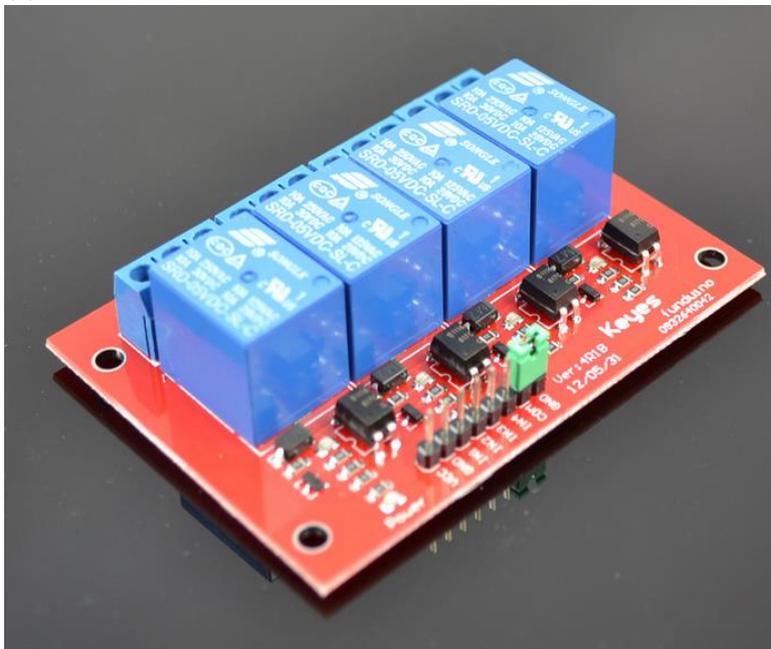


圖9 繼電器

繼電器是一種當輸入量(激勵量)的變化達到規定要求時，在電氣輸出電路中使被控量發生預定的階躍變化的一種電器。本公司生產的繼電器模組可以接在 240V 交流或 28V 直流電源中對各種其它電器件進行控制。

利用單片機可以實現定時控制開關的目的。可以應用於防盜，報警，玩具，建設等領域。繼電器是一種電控制器件。它具有控制系統（又稱輸入回路）和被控制系統（又稱輸出回路）之間的互動關係。

通常應用於自動化的控制電路中，它實際上是用小電流去控制大電流運作的一種“自動開關”。故在電路中起著自動調節、安全保護、轉換電路等作用。特別適合於單片機控制強電裝置。

在控制和使用上也非常方便，只需要給繼電器的輸出端輸入相應不同的電平，即可達到通過控制繼電器控制其它設備的目的，另外，在多路繼電器 PCB 佈局上採用了兩行式佈局，方使用戶引出線的連接。同時在電路中加了加了一個直流二極體大大提高了繼電器模組的搞電流能力防止三極管被燒壞。

另外我們在這款繼電器中增加了一個電源指示燈（一路繼電器除外），指示燈為紅色。在各路繼電器中也增加了一個狀態指示燈。可以讓大家即時觀察繼電器的開關狀態。

### (3) I2C1602液晶控制



圖10 I2C1602液晶控制正面



圖11 I2C1602液晶控制背面

介面：I2C 介面 I2C 位址：0x27  
管腳定義：VCC、GND、SDA、SCL  
工作電壓：+5V 尺寸：27.7mm×42.6mm  
對比度調節：通過電位器只使用兩個 IO 介面

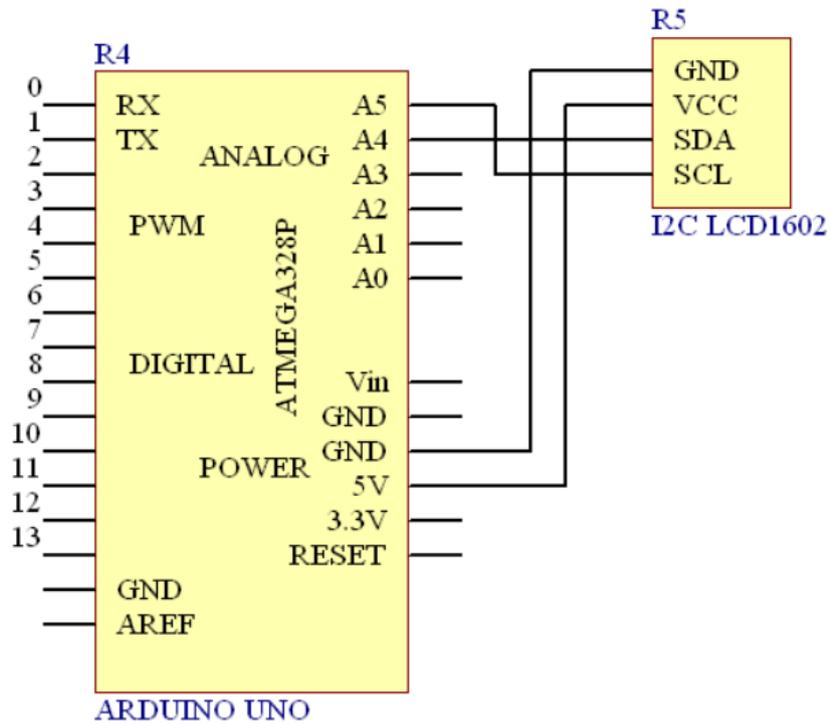


圖12 I2C1602接線

(4) 光敏電阻器

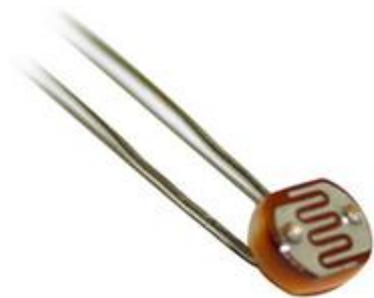


圖13光敏電阻器

光敏電阻器（photoresistor）又叫光感電阻，是利用半導體的光電效應製成的一種電阻值隨入射光的強弱而改變的電阻器；入射光強，電阻減小，入射光弱，電阻增大。光敏電阻器一般用於光的測量、光的控制和光電轉換（將光的變化轉換為電的變化）。光敏電阻可廣泛應用於各種光控電路，如對燈光的控制、調節等場合，也可用於光控開關。

## (5) 紅外線動作感測器



圖 14紅外線動作感測器

紅外線動作感測器 (PIR Motion Sensor) 或稱人體紅外線感測器，是一種可以偵測物體移動的電子裝置。生活中很多東西都會發射紅外線，例如燈泡、蠟燭、中央空調等，其實人體也會發射紅外線，紅外線動作感測器的原理，便是利用人體發射出來的紅外線的變化，來感應物體的移動。

紅外線感測器有分主動式和被動式兩種。主動式的紅外線感測器，感應器本身會發射紅外線光束，當紅外線光束被物體擋住後，紅外線光束會反射，利用這個紅外線反射原理可以做很多應用，例如廁所的自動沖水小便斗或感應式水龍頭，它們用的就是主動式紅外線感測器。紅外線動作感測器 (PIR Motion Sensor) 是屬於被動式的紅外線裝置，感應器本身不會發射紅外線光束。PIR 是 Passive Infrared Sensor (被動式紅外線感測器) 的縮寫。

## (6) 水位感測器

這是一款簡單易用水位感測器，透過具有一片暴露的平行導線，線跡測量其水量大小從而判斷水位。輕鬆完成水量到類比信號的轉換，達到水位報警的功效。

**Arduino 水位感測 傳感器 (MTARDWATER1)**

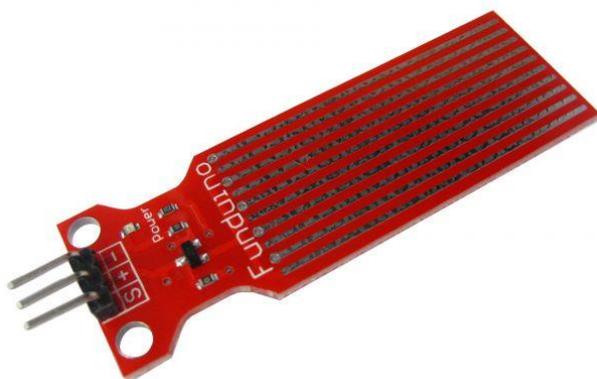


圖15水位感測器

#### (7) 數位溫濕度感測器 DHT11模組

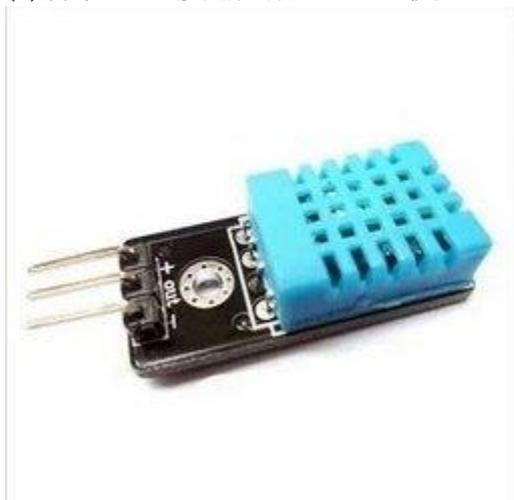


圖16 溫濕度感測器

DHT-11 是一個結合濕度計和測溫元件量測週遭空氣環境，並與一個高性能 8 位元單晶片相連接，將所量測到的溫、濕度資料拆解成為數位訊號，再由 data pin 腳將資料送出。使用上很簡單，但是抓取資料時必須要特別注意時間的掌控，而且每筆資料的抓取時間間隔要 1~2 秒鐘，不能太快。與 DHT-22 比較，DHT-11 較不精密與準確且溫濕度量測範圍不大，雖然如此，但對於學習與熟悉溫、濕度感測卻是綽綽有餘，傳輸的距離又可長達 20m 以上，而且比 DHT-22 較小且便宜許多，是十分方便的簡易測試元件。

其規格如下：

- 1、濕度測量範圍：20~90%RH;
- 2、濕度測量精度： $\pm 5\%$  RH;
- 3、溫度測量範圍：0~50°C
- 4、溫度測量精度： $\pm 2^\circ\text{C}$
- 5、電源供應範圍：3~5V
- 6、頻率不可超過：0.5Hz (每 2 秒一次)

#### (8) [DS18B20](#) 溫度傳感器

DS18B20的特色，首先，它不僅感測溫度，還會將資料數位化，這麼一來，即使 DS18B20與Arduino板子離很遠，也不會影響準確度。第二，它使用1-Wire (One-Wire) 資料傳輸協定，顧名思義，資料傳輸只需一條線即可，所以在一般狀況下，需要三個腳位（電源、資料、接地），但不僅如此，1-Wire裝置裡含有電容，可經由資料線充電，所以僅需兩個腳位即可（資料+電源、接地）。前者稱為 normal mode或powered mode，後者稱為parasite mode。第三，每個1-Wire裝置擁有一個獨一無二的序號，所以在同一條線（匯流排）上連接多個1-Wire仍可分別彼此。第四，溫度感測範圍-55°C到+125°C，一般來說夠了。



圖17 水溫感測器

## 5. 腳位接線圖

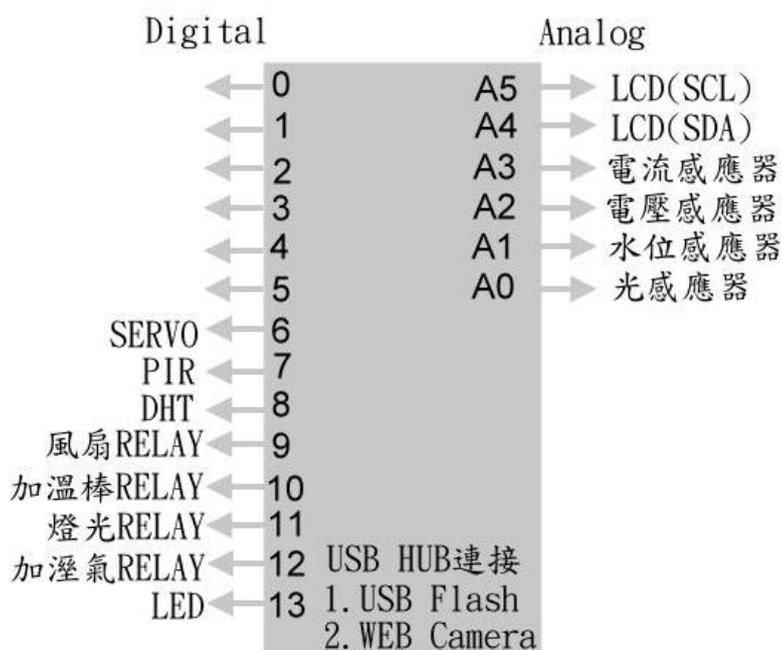


圖18 Arduino Yun接線圖

## 二、實驗架構

### (一) 魚菜共生

魚菜共生實驗地點設置在學校頂樓的簡易溫室（由伸縮式車庫改裝）。實驗共分五組，室內四組分別為：

1. 第一組：龍鯉組
  2. 第二組：吳郭魚組
  3. 第三組：玉如意組
  4. 第四組：水耕組
- 以及室外一組：
5. 第五組：土耕組



圖19 魚菜共生實驗設置圖



圖20 第1組



圖21 第2組



圖22 第3組



圖23 第4組



圖24 第5組

## (二) Arduino 自動監控系統

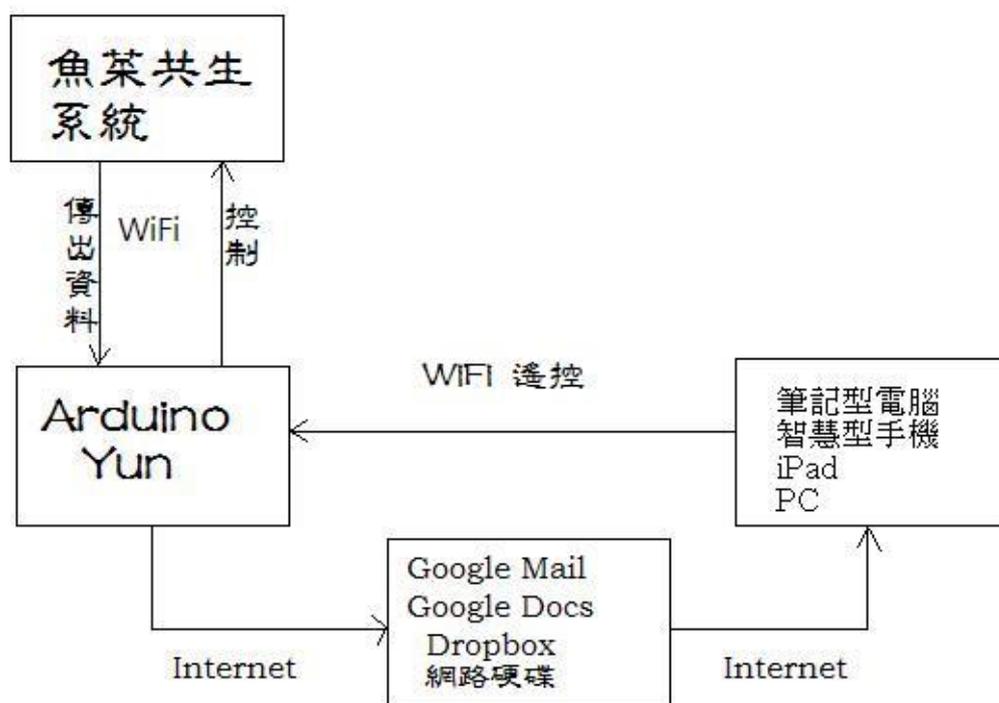


圖25 Arduino 自動監控系統架構

## 二、研究方法

### (一) 利用Arduino DIY魚菜共生自動餵食器

設計動機：

1. 魚菜共生系統運作需要定時餵食，才能維持魚的生命，我們發現魚的給飼量十分微少，就算多天不餵食也不會死亡，但最好還是定時少量給予。但是每天都要辛苦在固定時間給飼，思考倘若有個定時定量的給飼器，那豈不減少許多困擾而魚群們也不會挨餓嗎？
2. 雖說目前市面上也有若干自動餵食器的販售，但身為學生沒有很多的資金來源。我們希望利用身邊隨手可得的一些廢棄物，利用 Arduino 和伺服馬達，嘗試自己動手製作一個魚缸的自動給飼器，並結合雲端的監控來達到完全自動化。

製作材料與成本：

1. 小寶特瓶-----回收，免費
2. 伺服馬達-----60 元

製作方式：

1. 將寶特瓶利用電鑽，鑽 5 個固定大小的孔洞
2. 利用膠帶可以控制要用幾個洞來投飼料
3. 利用時間函數來控制伺服馬達，轉動固定角度與固定時間投料



圖26 自動餵食器實驗

(二) 是否可以用太陽能電板產生足夠電力讓Arduino使用

將太陽能板輸出端，接到Arduino的電壓感應器，將電壓的數據裡用serial PORT傳輸到電腦，再利用“gobewino”程式自動擷取serial資料。

太陽能板規格：多晶 10W 12V 太陽能板

實驗裝置示意圖如下：

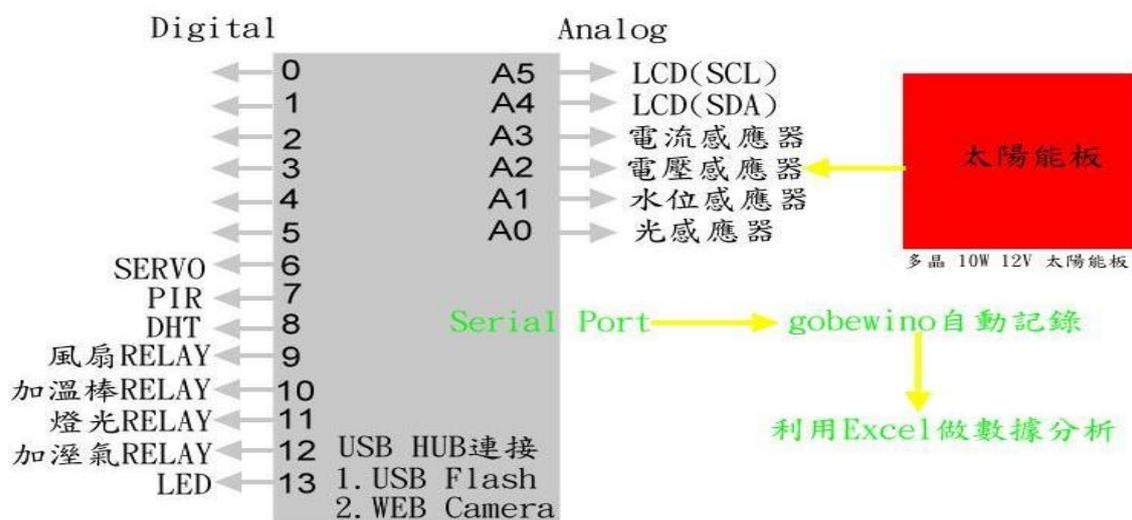


圖27 太陽能板實驗架構

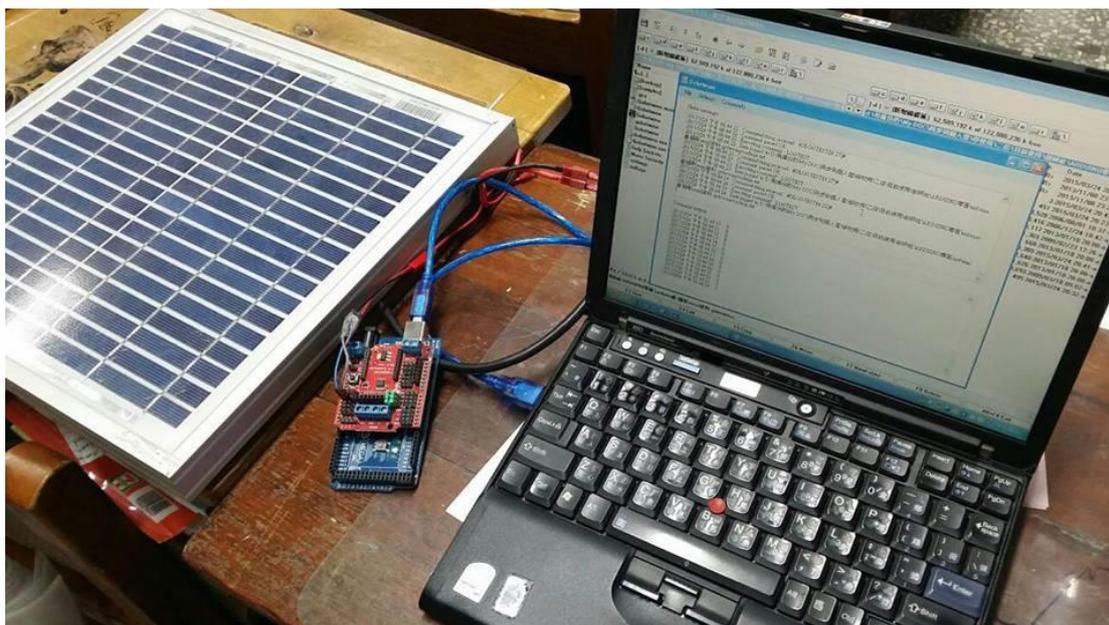


圖28 太陽能板室內實驗

### (三) 利用Arduino Yun設計魚菜共生自動監控系統

我們將監控系統分成四個小部分：照度感測、溫溼度感測、水位感測、紅外線感測。感測器安裝在Arduino上，程式進行判斷是否要執行環境調整，同時將感測數值經由WiFi傳送至Google Docs中的試算表，由電腦、手機、iPad上網即可看到魚菜共生系統的監控資料，另外Arduino也會使用紅外線感測自動拍照然後上傳Dropbox網路硬碟，讓主人立即瞭解家中動態。當水位過低或水溫過低時系統也會自動透過Gmail發出警告信件。電腦、手機端的監控介面上，也可以透過WiFi控制繼電器控制加溫棒、風扇、加溼器、生長燈。

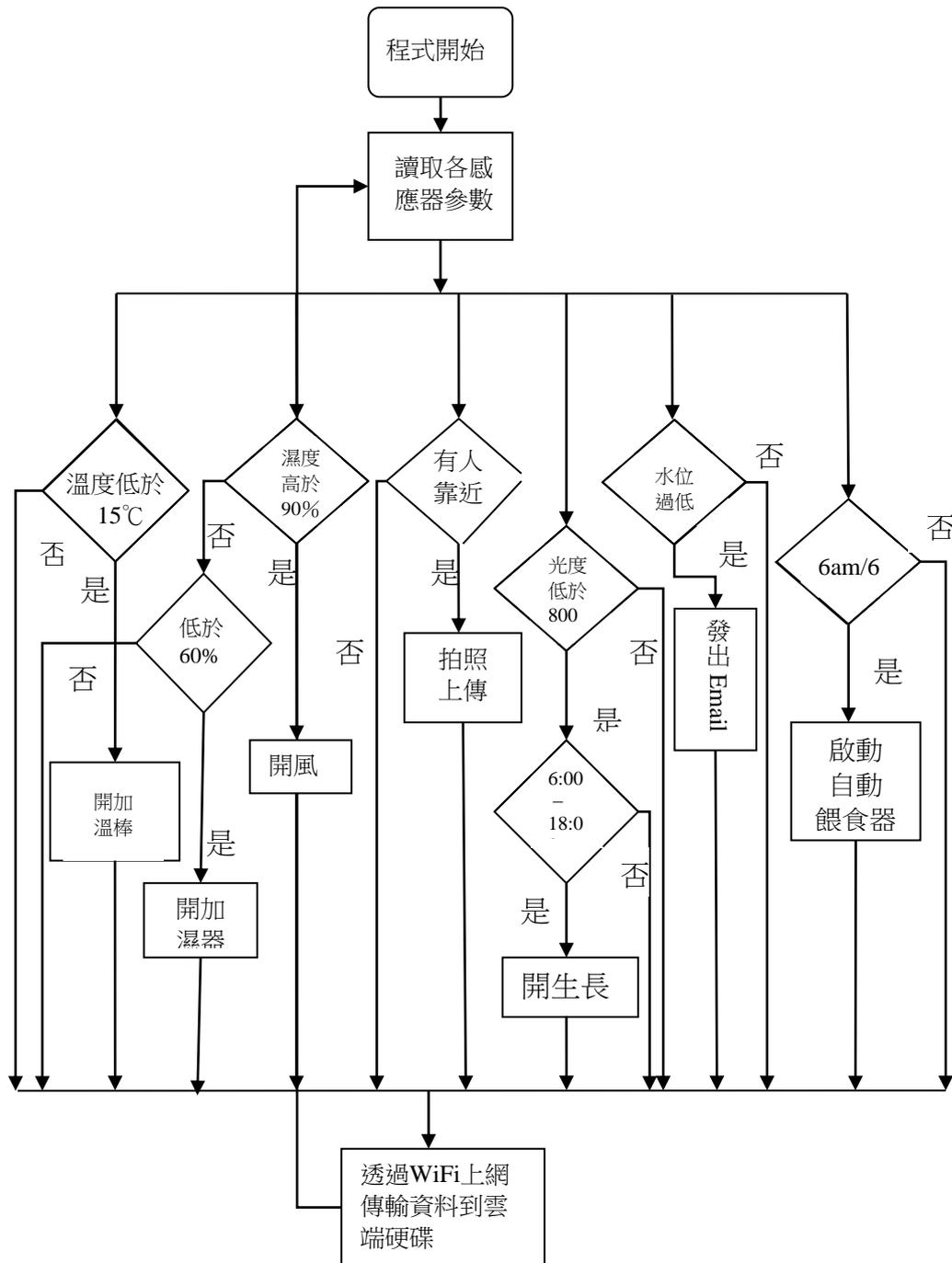


圖29 魚菜共生自動監控系統程式流程圖

(四) 探討魚菜共生系統中，不同魚種硝酸鹽與亞硝酸鹽產量比較

材料：鹿角萵苣、綠羅曼、大陸妹、龍鯉、吳郭魚、玉如意。

設備：燈具、魚菜共生系統、水耕設備。

控制變因：燈具、魚菜共生系統、水耕設備。

操縱變因：魚（龍鯉、吳郭魚、玉如意）。

應變變因：魚菜共生系統中硝酸鹽與亞硝酸鹽含量的變化。

實驗步驟：

- 1.魚菜共生系統使用日光與人工光源（T5植物燈）同時進行。
- 2.人工光源照射時間由定時器設定每天15小時。
- 3.龍鯉、吳郭魚、玉如意總重量皆為100公克。
- 4.魚菜共生組每日餵食量為30公克。
- 5.每隔7天分析水中硝酸鹽與亞硝酸鹽濃度。

(五) 探討不同的蔬菜栽培系統，不同種類蔬菜的成長比較。

材料：鹿角萵苣、綠羅曼、大陸妹、龍鯉、吳郭魚、玉如意。

設備：燈具、魚菜共生系統、水耕設備、土耕菜槽。

控制變因：魚（龍鯉、吳郭魚、玉如意）。

操縱變因：蔬菜品種（鹿角萵苣、綠羅曼、大陸妹）、栽培方式：魚菜共生、水耕、室外土耕組（室外對照組）。

應變變因：蔬菜重量。

實驗步驟：

- 1.魚菜共生系統與水耕組使用日光與人工光源（T5植物燈）同時進行。
- 2.人工光源照射時間由定時器設定每天15小時。
- 3.室外土耕組使用天然堆肥。
- 4.魚菜共生組魚總重量皆為100公克。
- 5.魚菜共生組每日餵食量為30公克。
- 6.30天後取蔬菜根部以上部位秤重

(六) 探討魚菜共生系統中，不同魚種對蔬菜成長的影響

材料：鹿角萵苣、綠羅曼、大陸妹、龍鯉、吳郭魚、玉如意。

設備：燈具、魚菜共生系統、水耕設備。

控制變因：蔬菜品種（鹿角萵苣、綠羅曼、大陸妹）。

操縱變因：魚（龍鯉、吳郭魚、玉如意）、栽培方式：室內水耕（花寶液肥）、魚菜共生。

應變變因：蔬菜重量。

實驗步驟：

- 1.魚菜共生系統與水耕組使用日光與人工光源（T5植物燈）同時進行。
- 2.人工光源照射時間由定時器設定每天15小時。
- 3.花寶液肥係使用「花寶2號」肥料稀釋500倍。
- 4.朱文錦組與泥鰱組總重量皆為100公克。
- 5.魚菜共生組每日餵食量為30公克。
- 6.一個月後取蔬菜地上部秤重。

## 伍、研究結果與討論

### (一) 利用Arduino DIY魚菜共生自動餵食器

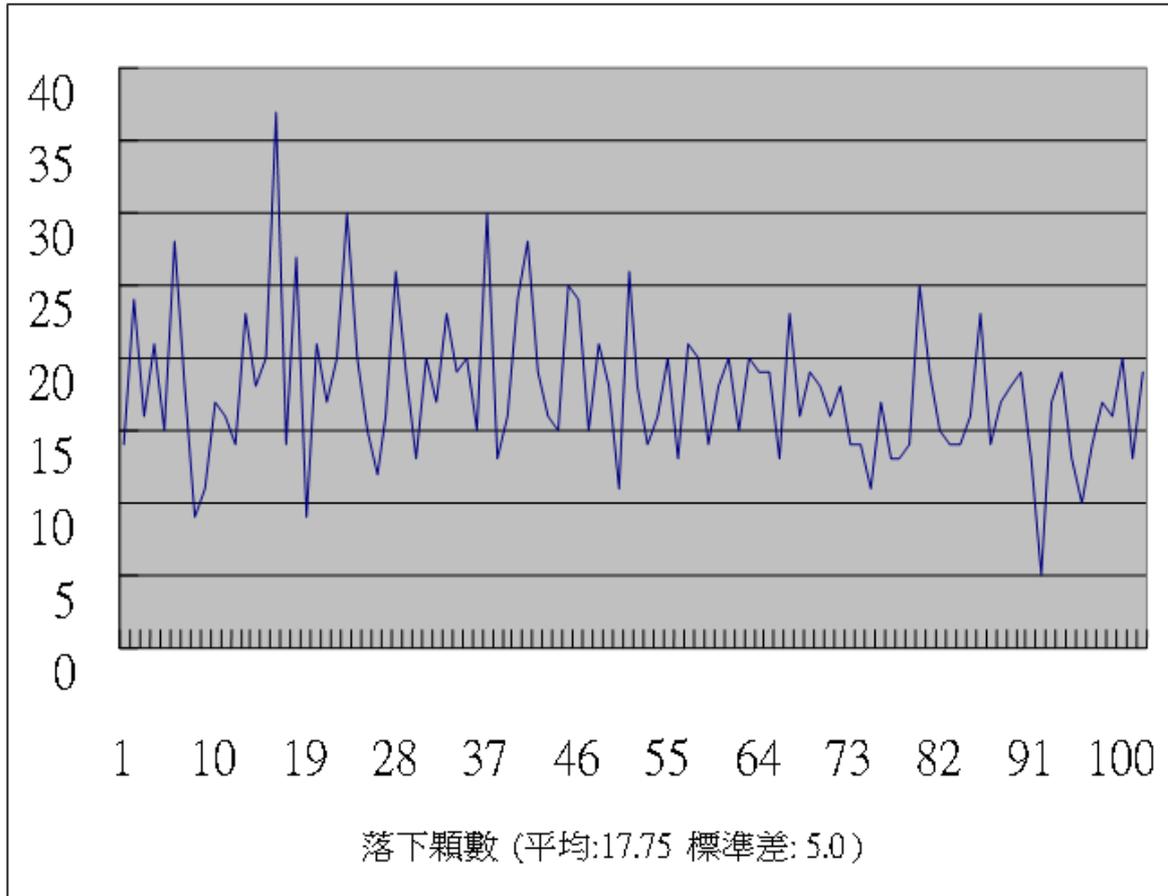


圖30 食器投料的數據整理(運轉102次的飼料落下顆數統計)

#### 【結果與討論】

1. 使用 Arduino，只要有基本的接線與程式概念，即可嘗試自己動手製作，尋求成就感。
2. 雖然魚群多日不食也不會立刻死亡，但定時定量的給飼方法是維持魚體健康較為適當的作法，魚的健康才能維持菜的健康，以達互利共生的運作模式。
3. 大多使用身邊隨手可得之材料或廢棄物，自行製作所需成本費也不會太高，對目前經濟不景氣的生活有不少改善；且可達到資源回收再利用的環保目的。
4. 定時定量給料，除不浪費飼料減輕經濟負擔外；也可避免魚缸因餵飼過多造成排泄物增多或殘餌腐敗，導致水體環境改變的問題，如：含氮廢物過多、酸鹼度改變、水中生物需氧量 BOD 太高、氧氣不足、細菌孳生等。
5. 操作方便：有了定時定量給飼器的協助，假日不用擔心，且可依需求自行調整設計。
6. 適用於顆粒飼料

(二) 是否可以用太陽能電板產生足夠電力讓Arduino使用

情境一：教室日光燈

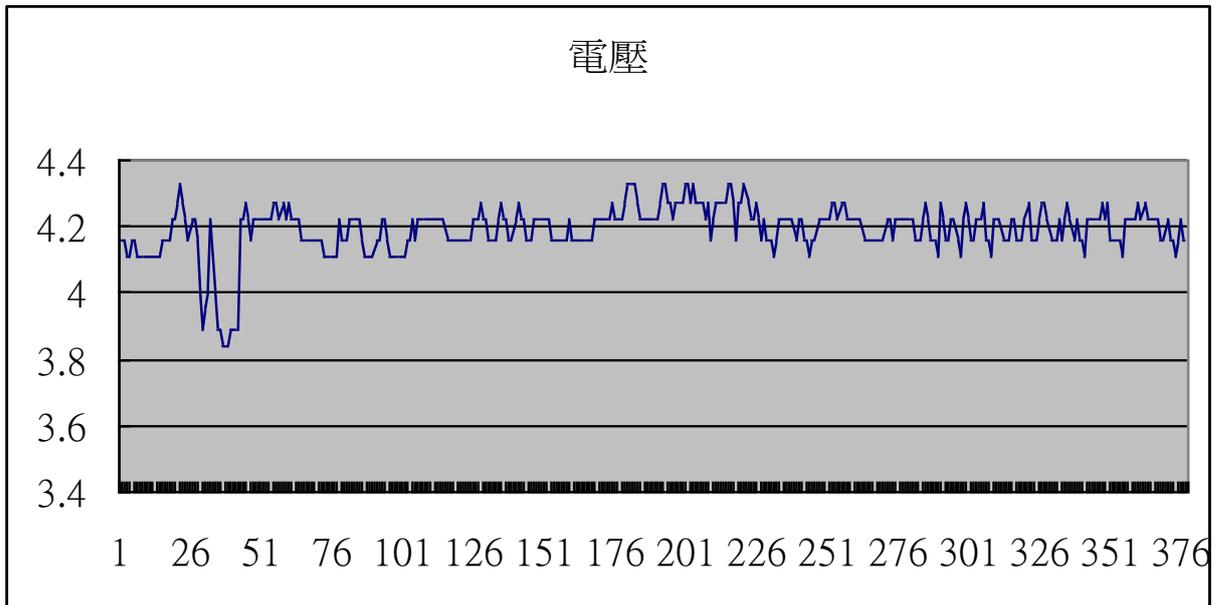


圖31 教室日光燈產生的電壓

結果：平均4.2V左右，電壓太低，無法使用

情境二：辦公室日光燈

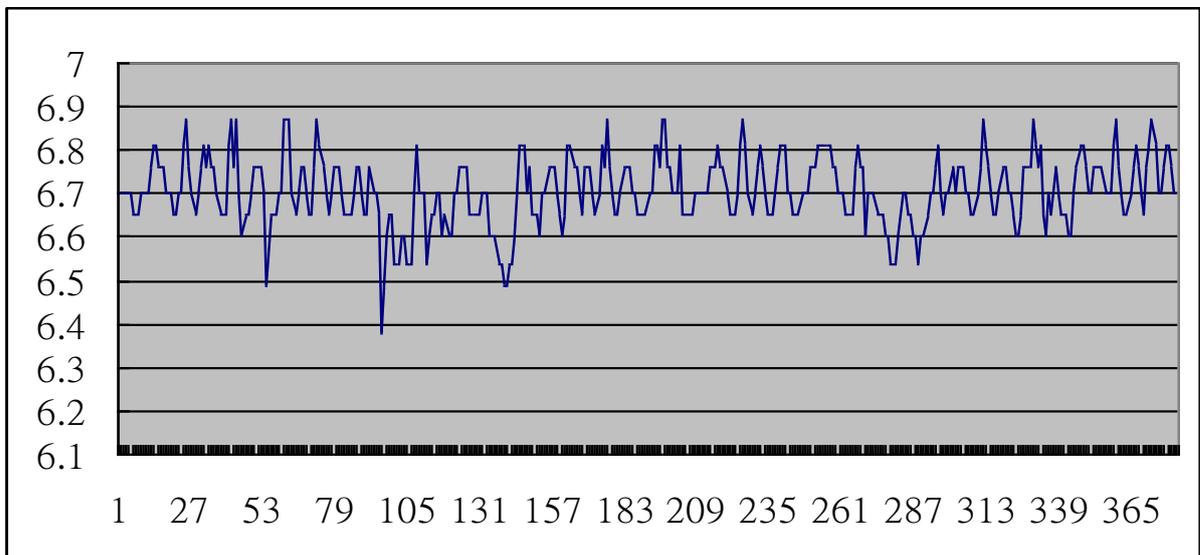


圖32 辦公室日光燈產生的電壓

結果：平均6.7V左右，電壓太低，無法使用

情境三：魚菜共生戶外陰天

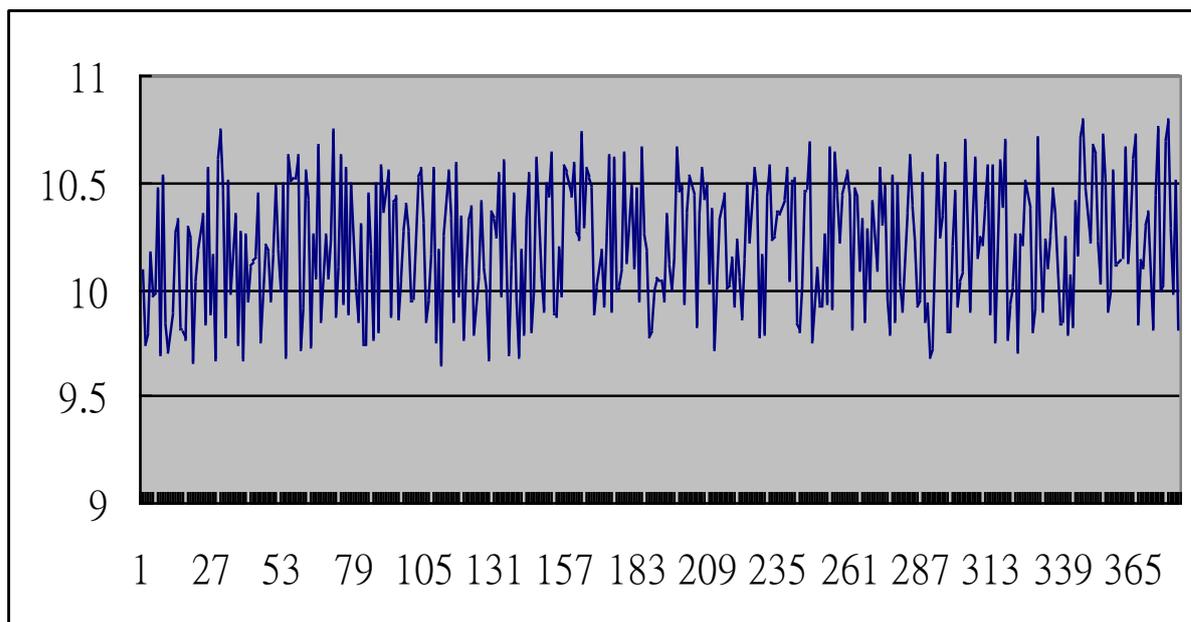


圖33戶外陰天產生的電壓

結果：平均10.3V左右，可以少量充電，但電流很低

情境四：魚菜共生戶外大太陽

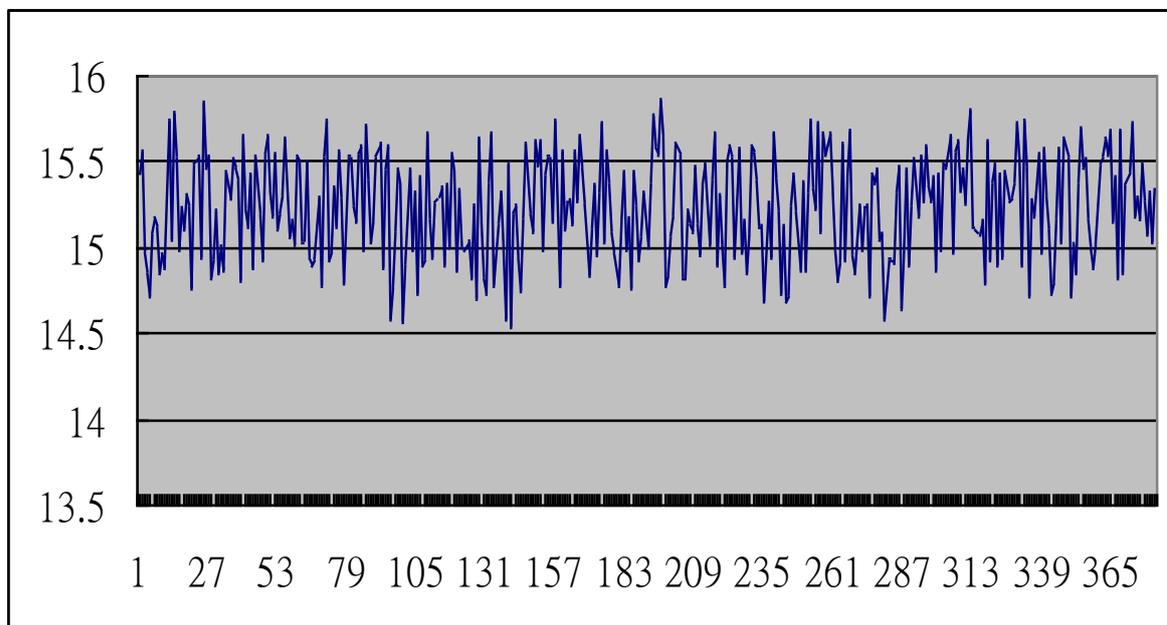


圖34戶外大太陽產生的電壓

結果：平均15.3V左右，可以快速充電，電流接近1A，可充分發揮太陽能板的發電能力。

【結果與討論】在有陽光時可直接利用太陽能板對Arduino的備用電池充電，在沒有陽光時又可利用在電路上面的整流器進行充電。使用太陽能充備用電池大概需要3小時左右，使用整流器充電需要2小時左右。在一般的太陽光下使用太陽能板，先把電力充到電路裡的備用電池，再從備用電池裡的電力供應Arduino所需要的電力，所以白天可以使用太陽能充電，晚上在使用一般的插座充電，不但環保，又可以節約能源。

### (三) 利用Arduino Yun設計魚菜共生自動監控系統

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1												
2	Time	Temp	Humidity	Light	Waterlevel							
3	02/15/15-13:51:06	22	68	591	1							
4	02/15/15-14:01:17	22	68	451	1							
5	02/15/15-14:11:29	22	67	428	1							
6	02/15/15-14:21:40	22	68	424	1							
7	02/15/15-14:31:52	21	67	370	1							
8	02/15/15-14:42:12	21	67	387	1							
9	02/15/15-14:52:30	21	67	455	1							
10	02/15/15-15:03:38	21	67	406	1							
11	02/15/15-15:13:55	21	66	325	1							
12	02/15/15-15:24:12	21	66	410	1							
13	02/15/15-15:34:30	21	66	212	1							
14	02/15/15-15:44:48	21	65	314	1							
15	02/15/15-15:55:06	21	65	257	1							
16	02/15/15-16:05:24	21	66	300	1							
17	02/15/15-16:15:41	21	65	192	1							
18	02/15/15-16:26:00	21	65	166	1							
19	02/15/15-16:36:17	21	65	207	1							
20	02/15/15-16:46:38	21	65	135	1							
21	02/15/15-16:56:57	21	65	390	1							
22	02/15/15-17:07:14	21	65	62	1							
23	02/15/15-17:17:32	21	65	58	1							
24	02/15/15-17:27:49	21	65	28	1							
25	02/15/15-17:38:06	21	64	12	1							
26	02/15/15-17:48:23	21	64	1	1							
27	02/15/15-17:58:40	21	63	0	1							
28	02/15/15-18:09:07	21	63	632	1							
29	02/15/15-18:19:25	21	62	659	1							
30	02/15/15-18:29:42	21	62	641	1							
31	02/15/15-18:40:00	21	63	662	1							
32	02/15/15-18:50:19	21	65	637	1							
33	02/15/15-19:00:37	21	65	641	1							
34	02/15/15-19:10:54	21	65	648	1							
35	02/15/15-19:21:11	21	65	642	1							

圖35 rduino 將感應器參數傳輸到Google Docs



圖36 筆電網頁監控頁面



圖37 手機遙控介面

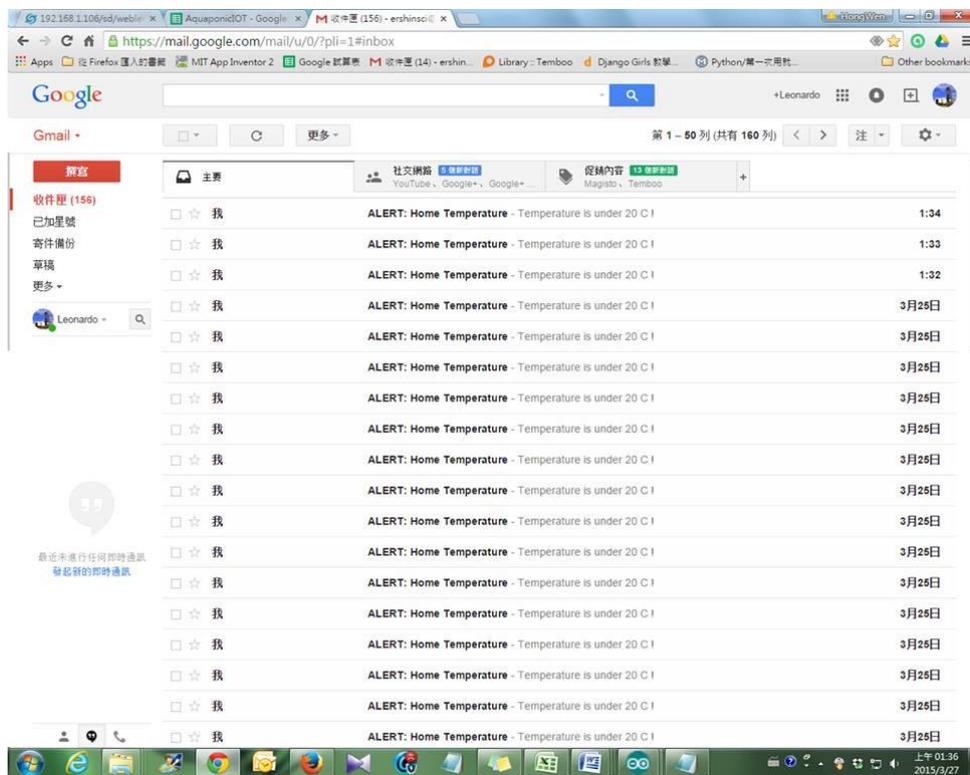


圖38 Arduino 寄出的Gmail

(四) 探討魚菜共生系統中，不同魚種硝酸鹽與亞硝酸鹽產量比較

表一 不同魚種水中硝酸鹽濃度

	硝酸鹽 (NO <sub>3</sub> )含量 ppm			平均
	3月3日	3月9日	3月13日	
#1 龍鯉	75	35	20	43.3
#2 吳郭魚	40	45	50	45.0
#3 玉如意	30	25	15	23.3
#4 水耕	300	250	300	283.3

表二 不同魚種水中亞硝酸鹽濃度

	亞硝酸鹽 (NO <sub>2</sub> )含量 ppm			平均
	3月3日	3月9日	3月13日	
#1 龍鯉	0	0	0	0.0
#2 吳郭魚	0	0	0	0.0
#3 玉如意	0	0	0	0.0
#4 水耕	0	0	0	0.0

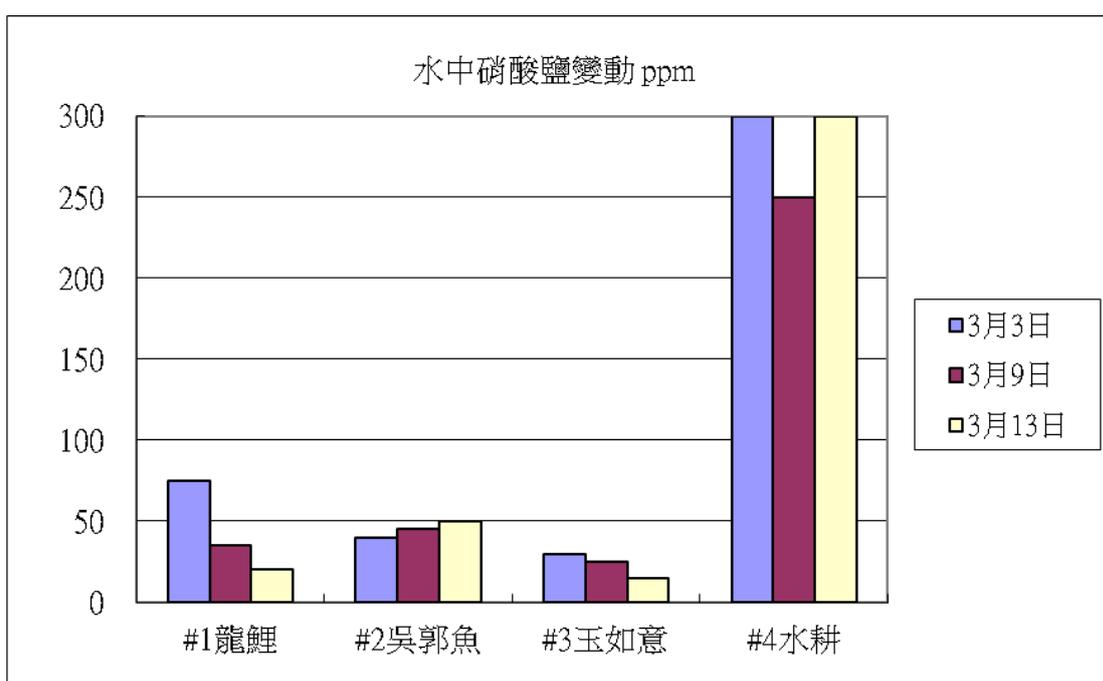


圖39 水中硝酸鹽的變動

【結果與討論】

1. 水中硝酸鹽含量以水耕組最高並不令人意外，因為水耕本來就是以化學肥料配製的高濃度鹽類的水溶液。第一組龍鯉和第二組吳郭魚的硝酸鹽平均差別不大，但第二組相對穩定變動不大，但第一組和第三組的硝酸鹽濃度有逐漸下降的趨勢，可能是蔬菜長大後吸收的效率提高導致。
2. 吳郭魚的硝酸鹽幾乎沒有太大變動
3. 各組亞硝酸鹽含量皆很低，應該和水中氧含量高，有利亞硝酸鹽氧化轉變成硝酸鹽的緣故。

(五) 探討不同的蔬菜栽培系統，不同種類蔬菜的成長比較

表三 不同種類蔬菜的成長比較

	綠羅蔓	鹿角萵苣	大陸妹	Total
#1 龍鯉	130.5	177.7	97.5	405.7
#2 吳郭魚	61.1	67.4	28.2	156.7
#3 玉如意	101.1	100.6	50.3	252
#4 水耕	229	271.9	152.9	653.8
#5 戶外土耕	40.7	45.9	36.5	123.1
Avg	37.5	47.4	24.4	

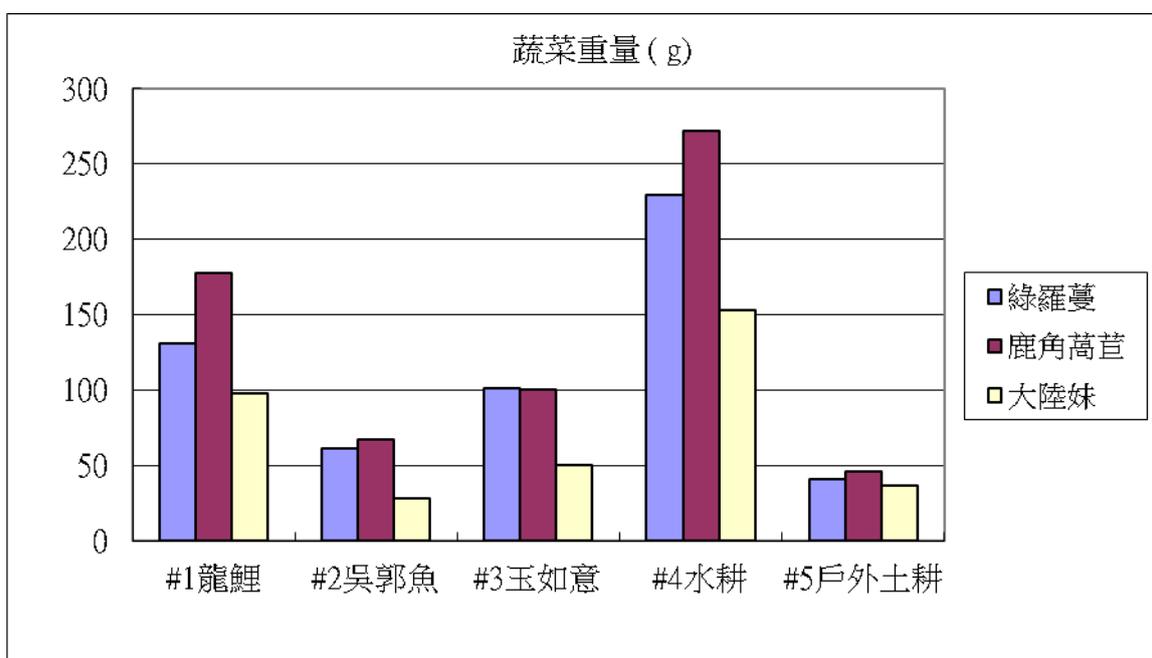


圖 40 蔬菜重量的比較

【結果與討論】

1. 以蔬菜的整體成長情形來看，水耕組成長最快，其次是龍鯉組、玉如意與吳郭魚、戶外土耕組最慢。水耕本來就是以化學肥料配製的高濃度鹽類的水溶液成長最快並不令人意外，但吳郭魚組竟是倒數第二名，這個結果就出乎大家的意料之外，經詢問水試所養殖組專家得知：吳郭魚雖然耐低溫，但在冬天食慾很低，由於實驗期間平均氣溫偏低，雖然有加溫棒，但魚菜共生農場位於頂樓上，晚上溫度常低於17°C，所以進食情況不佳。戶外土耕組因為實驗期間天氣不佳、低溫、陽光不足，所以生長敬陪末座。
2. 蔬菜的成長速率：鹿角萵苣最快，其次是綠羅蔓，最後是大陸妹。

(六) 探討魚菜共生系統中，不同魚種對蔬菜成長的影響

表四 不同魚種對蔬菜成長的影響

	綠羅蔓	鹿角萵苣	大陸妹	Total
#1 龍鯉	130.5	177.7	97.5	405.7
#2 吳郭魚	61.1	67.4	28.2	156.7
#3 玉如意	101.1	100.6	50.3	252

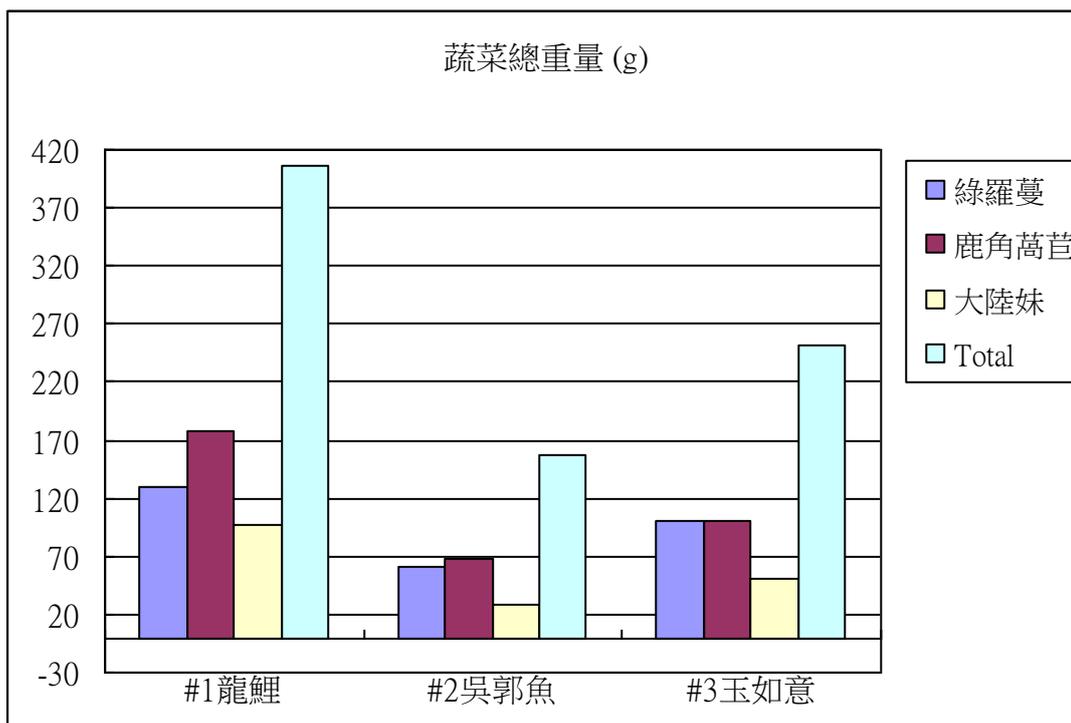


圖 41 不同魚種對蔬菜成長的影響

【結果與討論】

1. 龍鯉組的蔬菜成長最快，其次是玉如意，最後是吳郭魚，吳郭魚雖然耐低溫，但冬天進食慾低，所以並不是適合的魚種，龍鯉與玉如意都是鯉科的魚類耐低溫又效果好。

## 陸、結論

- 一、利用伺服馬達與寶特瓶所製成的自動餵食器可以準時餵食，方便主人不在家或忘記餵食的困擾。
- 二、太陽能電板在陰天或雨天完全無法揮功用，但在晴天或是陽光充足的地方還是可以提供足夠的電力來提供Arduino系統運作。其實在冬天東北季風強勁又多雨的基隆，利用風力發電是比較可行的方案。
- 三、Arduino Yun系統平價容易學習又可以WiFi無線上網的強大功能，非常適合沒有電子背景或程式設計經驗的人士使用，只要經過簡單的訓練，幾乎每個人都可以輕易上手，在物聯網的應用上潛力無窮。
- 四、為了讓魚菜共生系統能順利運作，最重要的是環境微生物相，而且魚種的選擇也相當重要，因為北部冬天溫度偏低，所以必須選擇耐低溫的魚種。吳郭魚雖然耐低溫，但冬天成長有停滯的現象，並不適合在冬天飼養。相反的，鯉科的魚種：龍鯉與玉如意比較能適應北部低溫的環境。

## 柒、未來展望



魚菜共生與Arduino系統結合確實可以增加管理的便利性，利用簡易的溫室設施就算是濕冷的冬天也能夠生產豐碩的蔬菜，如果能結合風力發電提供Arduino系統應該可以使系統更完美。

## 捌、參考文獻

一、Arduino 智慧型居家監控系統。朝陽科技大學資訊工程系。

二、科展作品「迷你農場」<http://science.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=-1&sid=10158>

三、「實戰物聯網開發：使用Arduino Yún」出版社：碁峰資訊。

四、「超圖解Arduino互動設計入門」出版社：旗標出版股份有限公司

五、Arduino Yun中文介紹<http://www.openjumper.com/arduino-yun-chinese-2/>

## 【評語】 030820

能善用物聯網技術，將魚菜共生自動化。可再多涉獵或實驗相關魚菜共生的技巧，讓自動化的產值更好。