

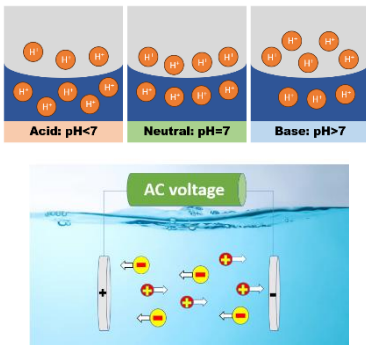
2024仰望盃全國科學 HomeRun 實作大賽

決賽成果報告書

隊伍名稱：地球守望者

作品名稱：看見台灣之「水」-AI 水質即時監測系統

科學概念1：



水中 pH 值和電導度監測保障食安

pH 值以 **氫離子** 濃度倒數之負對數表示。**灌溉用水** 的 pH 值介於 **6.0~9.0**，土壤酸會產生毒害，土壤鹼會阻礙作物生長[1]。**電導度 (EC)** 指水傳導電流能力。**灌溉用水** 的電導度要低於 **750 μ S/cm** [2]。水中電導度值超標會對作物會產生**鹽害**，**砷鉛鎘汞鉻等重金屬** 會被作物吸收。本作品完成 pH 和電導度感測器**校正實驗**，能正確的傳回水質資訊。

科學概念2：



進行現代通訊實驗達成水質監測和預警

本作品結合 **藍牙**、**GPS**、**WiFi**、**手機** 和 **互聯網** 等現代通訊技術**實驗** 完成水質即時監測和預警。藍牙作為短距離傳輸，GPS 獲取動態的空間資訊，WiFi 透過 **TCP** 通訊協定，連接上手機 4G 或 5G 網路熱點，將水質資訊在互聯網上儲存與讀取。前端顯示我們運用 **HTML**、**ECharts** 和 **Google map API**，後端 **Server** 我們用 **Node Javascript** 架設我們的 **HTTP** 和 **JSON Server**。

註：決賽作品說明書內文總頁數最多10頁(不含本封面及授權同意書)，請勿寫上可辨識學校名稱之資訊。

決賽成果報告書內文

1. 發想動機：

「工業喝好水，人民喝廢水」[3]？新竹園區附近超過9成民生供水仰賴頭前溪，但上游卻堆滿超過136萬公升垃圾破壞水質生態，新竹市創了全台唯一「**喝好水公投**」[4]。近年民生污水與工業廢水時有間接或直接排入**灌溉**渠道，欲確保農業**食品安全**，必須先保障灌溉用水質量，我們想到使用**Arduino**水質檢測模組安裝於遙控船上，結合**AI**技術、物聯網（IoT）與無線通訊（藍牙 **Bluetooth**、**Wi-Fi** 等）技術，可即時傳輸河川或水庫的水質資訊，並選擇新竹市鄰近**香山工業區**污染潛勢高的**汀甫圳八輪支線**為實測案例。



水質監測船實測位置圖

2. 作品創意性：(最多300字)

本設計應用藍牙和 Wi-Fi 無線通訊技術結合 **arduino** 開發移動式水質監測船，主要功能是自由巡航和偵測水域中任意點後，將水溫、pH 值、電導度等水質資料和船體所在的 **GPS** 座標，透過**藍牙**先傳到與之相連的手機上，或利用**Wi-Fi**無線網路傳回至雲端的資料展示網頁。創意性和優點是降低採樣人員在水域作業的危險性，能規劃改變水域環境監測的地點，達成**多點巡航監測**，並能**即時**的傳回監測資料。本設計經濟實惠，搭載平台(船體)可拆解分開保管，攜帶方便機動性高。執行成果可應用於水庫、河川、埤塘、圳路的即時水質監測，並利用**大數據資料**與**AI**建立水質預測模式以提早預警水質的惡化，增加對水環境現況的全面性掌握，兼具**簡便性、即時性與廣域性**的優點。



水質監測船規劃圖

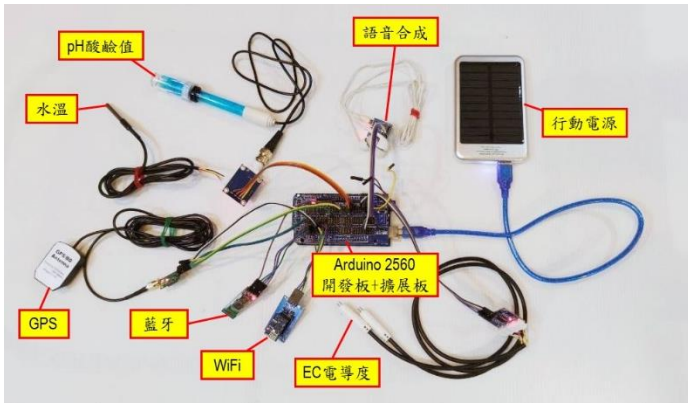
3. 硬體及電路架構圖：

本設計使用Arduino Mega 2560 Rev3為核心主控板加上擴展板，有54個輸入/輸出接腳，16個類比接腳，具有很大的**擴充性**。所使用的模組元件，包含防水型**水溫感測器**、**pH感測器**、**電導度感測器**等、**語音合成模組**、**GPS模組**、**串口藍牙模組**、**Wi-Fi模組**，太陽能充電式行動電源提供電源，因應所有模組運作時所需的電力；元件腳位和Mega2560對應腳位如**表1**所示。

表1. 元件腳位與 Mega2560對應腳位表

元件名稱	元件腳位	Mega2560對應腳位
HC-05 藍牙 	KEY	空
	VCC	5V
	GND	GND
	TXD	Serial1 RX
	RXD	Serial1 TX
	STATE	空
ESP8266-01 WiFi+適配器 	RX	Serial3 TX
	TX	Serial3 RX
	VCC	5V
	GND	GND
DS18B20 溫度傳感器 	VCC	5V
	DO	PIN 53
	GND	GND
PH 值傳感器 	VCC	5V
	GND	GND
	GND	GND
	PO	PIN A0
	2V5	空
	T1	空
EC 電導率傳感器 	3V3	3.3V
	RX	PIN 11
	TX	PIN 26
	GND	GND
GPS M10050芯片 	VCC	5V
	GND	GND
	TX	Serial2 RX
	RX	Serial2 TX
	PPS	PIN 36
SYN6288 語音合成 	VCC	5V
	RXD	PIN 12
	TXD	PIN 25
	GND	GND
	BY	空
行動電源 	USB	方口接頭

連接智慧型手機熱點，傳輸監測數據予監控手機和雲端展示網頁，即時更新所有水質資訊。



各元件安放位置圖

```
//水溫
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#define T1_Pin 53
OneWire t1(T1_Pin);
DallasTemperature sT1(&t1);
//pH 酸鹼值
#define PH_Pin A0
#include <SoftwareSerial.h>
//10, 11, 12, 13, 50, 51, 52, 53 pins
SoftwareSerial ss(12,25); //語音合成
SoftwareSerial ec(11,26); //EC
// GPS 定位系統
#define PPS_PIN 36 //0表示還未定位, 1表示定位完成
```

程式元件腳位圖

4. 作品成果報告：(可透過圖表或照片說明之)

我們的arduino感測器相較於高精度儀器有更高的性價比，首先進行實驗室儀器校正。

水溫感測器校正

常溫校正 1	常溫校正 2	零度校正 1	零度校正 2
Arduino 水溫 21.5 電子溫度計 21.5 酒精溫度計 21.7	Arduino 水溫 21.6 電子溫度計 21.5 酒精溫度計 21.8	Arduino 水溫 0.1	Arduino 水溫 0.1

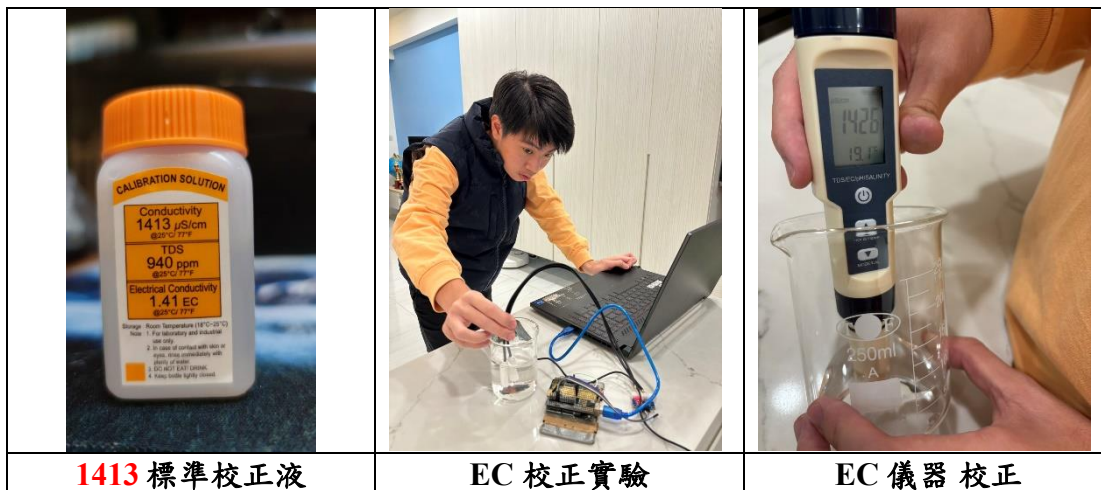
我們校正常溫和冰水共存兩種狀態的溫度，常溫比較酒精溫度計、電子溫度計和我們的arduino溫度計，零度校正約等待30秒後我們紀錄最低溫度，如上表，結果得出溫度下修0.1°C。

pH感測器校正

pH6.86 校正	pH4 校正	pH9.18 校正
輸出電壓 1.69V	輸出電壓 2.18V	輸出電壓 1.27V

我們用三種校正標準緩衝液做 pH 實驗，得到迴歸方程式 $y = -5.69x + 16.4$ 。

EC 感測器校正

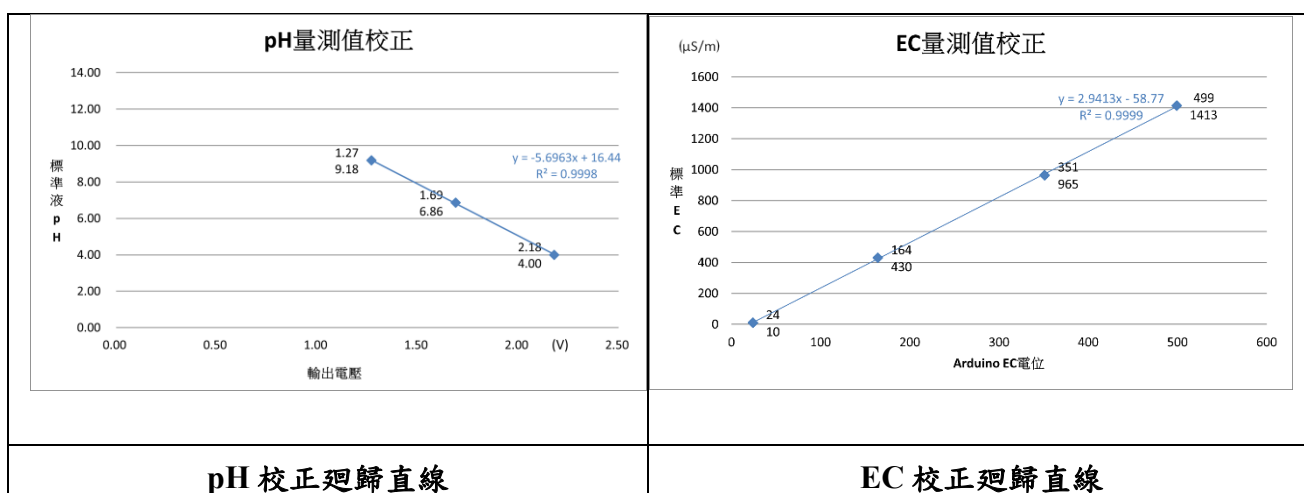


1413 標準校正液

EC 校正實驗

EC 儀器校正

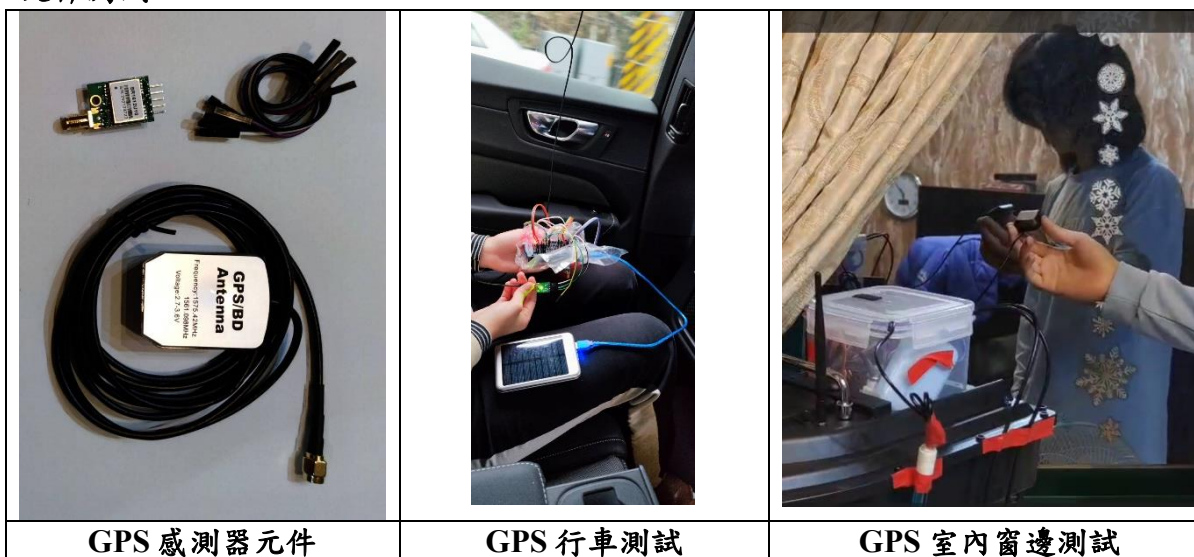
我們校正做純水 EC=10 和標準校正液 EC=1413 兩項實驗，得到 arduino 對應的數值為 24 和 499；又用水質檢測筆加測不同濃度鹽水 EC，得到迴歸方程式 $y=2.94x-59$ 。



pH 校正迴歸直線

EC 校正迴歸直線

GPS 元件測試



GPS 感測器元件

GPS 行車測試

GPS 室內窗邊測試

GPS 協議 NMEA0183 緯度與經度是用東經西經南緯北緯度分秒表示，而 google map 上用 latitude, longitude 表示，正值代表北緯或東經，我們將 GPS 感測器傳回的經緯度先進行轉換成 **十進位**，對應出 google map 上的標誌點，與真實所處的位置誤差在 2-3 公尺以內。

接者我們設計**語音合成模組**做語音的輸出、**藍牙元件模組**做手機上輸出和 **WiFi 模組**將水質資訊傳到**雲端 Server**上。

SYN6288 語音合成模組

我們運用 TTS (Text To Speech) 語音合成模塊來說中文。通過輸入我們想說的話的 Arduino IDE **UTF-8 內碼**，語音合成模塊把文字轉換成對應的聲音播放出來，便於做**感測器校正實驗**，數值超標時會說出「**超標**」。因為語音模塊使用的內碼是 **Unicode**，我們花了很多時間才將**內碼轉換**成功。




藍牙元件模組安裝讀取和實測

藍牙信號強度與距離的實驗結果

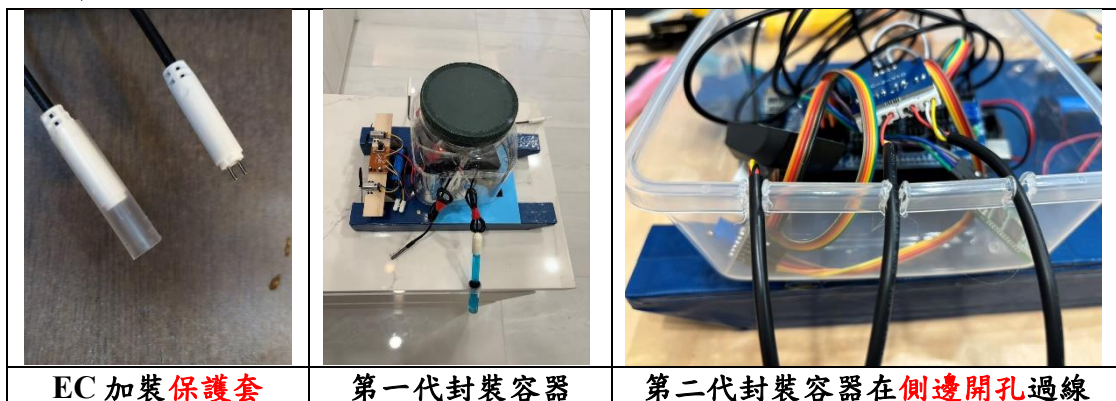
距離	0m	1m	5m	10m
十次平均信號強度 RSSI	-45.4	-63.8	-84.0	-89.1
				
藍牙 HC-05 元件	藍牙顯示水質資訊	實測顯示水質資訊		




WiFi 模組安裝讀取和實測

實驗得知**訊號強度與距離成反比**，當 150m 時會衰減至 -85dBm。

	<pre> else if(lineState== 2) { Serial3.flush(); Serial3.println(lineBuf); ctLine = millis()+2000; lineState++; } else if(lineState== 3) { //Serial3.print("AT+CIPCLOSE"); lineState=0; } </pre>	<pre> { "id": "1", "T": 27.5, "PH": 7.4, "EC": 0, "GPS": [24.80465, 120.94824] } </pre>
WiFi 和適配器	韌體透過 WiFi 傳輸程式片段	雲端水質資訊 JSON 格式

感測器設計、過線和封裝



		
GPS 固定在上方	改進在四角落開孔	第三代封裝容器固定 DIY 遙控船

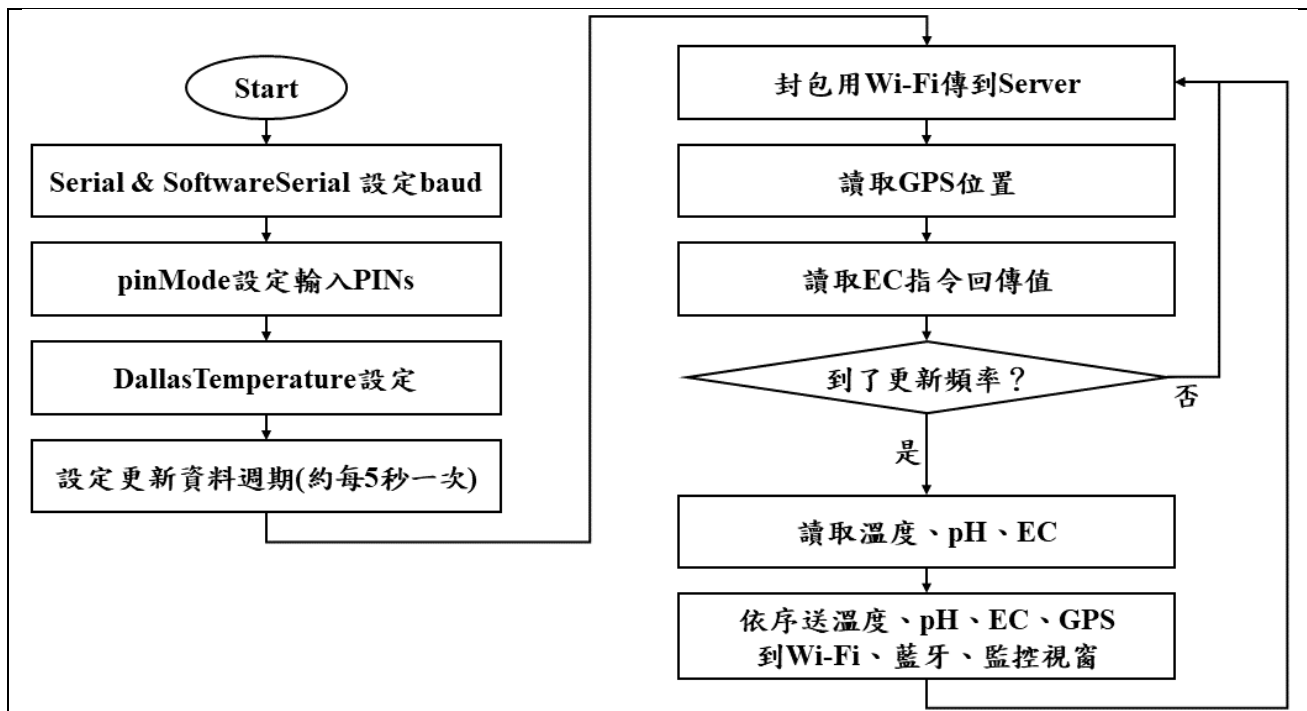
我們製作三種DIY的動力船，評估後選取成品三遙控船，適合承載所有感測器。

			
DIY 船材料一	遙控器	遙控船動力	遙控船成品一
			
DIY 船材料二	遙控器	部分船體	Arduino 控制船二
			
DIY 船材料三	遙控器	風動船主體	風動船成品三

在軟體設計部份有三項模組，用C語言撰寫arduino Mega2560韌體，將感測器的數據經由Wi-Fi熱點傳給伺服器；韌體流程圖如下。

以Javascript撰寫ECharts網頁程式和雲端伺服器(server)程式，用JSON格式來讀取、儲存和顯示感測器的監測資料，藍牙手機顯示和電腦監控視窗與伺服器顯示，網頁畫面包括即時水溫、pH值、EC值和GPS的地圖位置。

韌體程式設計



```

void setup(void)
{
  Serial.begin(57600);
  Serial1.begin(57600); //BLUE TOOTH
  Serial2.begin(38400); //GPS
  Serial3.begin(57600); //wifi
  //GPS 語音 EC PH 顯示設定
  pinMode(PPS_PIN, INPUT);
  ss.begin(9600);
  setSpeakBaudRate(1); //語音19200
  ec.begin(9600);
  sT1.begin();
  sGetTemp(); |
  ulTime = millis()+TIME_INTERVAL;
  shw_mask = SHOW;
}
  
```

C 語言程式初設

```

async function initMap() {
  if (!showMap) {
    showMap = true;
    const { Map } = await google.maps.importLibrary("maps");
    map = new Map(document.getElementById("map"), {
      center: { lat: lat, lng: lng },
      zoom: 20,
    });
    new google.maps.Marker({
      position: { lat: lat, lng: lng },
      map,
      title: "AIWQMB",
    });
  }
}
  
```

HTML 網頁程式部分展示

本作品所有程式整理如下表

程式種類	Arduino 韌體	Javascript 伺服器	HTML ECharts
行數	約500行	約100行	約400行
功能	同時監控處理七個感測元件	以 JSON 格式儲存感測器的數據	讀取感測器數據並動態顯示
特色	透過熱點自主傳輸到遠端伺服器	用固定 IP 快速架設後端伺服器	即時顯示遠端伺服器上數據資料

本程式的**突破點**一是**自行撰寫**軟體讓只需要 WiFi 熱點就能獨立自主的將資訊傳輸到後端伺服器，不用我們以前借用別人的 IFTTT+LineNotify 方式。二是**自行搜尋**研究 node.js 使得後端只需要百行程式就能快速運用 node.js 建立 HTTP JSON Server。三是**自行研讀** HTML、google map API 和 ECharts 等來用 HTML 實現了 google map 即時顯示和 PC、手機等多平台的顯示。

水質資訊輸出設計

藍牙顯示	監控視窗與伺服器顯示	水質資訊平台網頁畫面

網頁單一項目展示

水溫 T 儀表初版	酸鹼度 pH 值儀表初版	電導度 EC 值儀表初版

網頁上多種項目多種平台同時動態展示



第一版水質資訊平台(未與雲端相連)	第二版水質資訊平台(地圖無標記)
第三版水質資訊平台(增加指針設計)	手機版水質資訊平台

水質監測系統實測成果

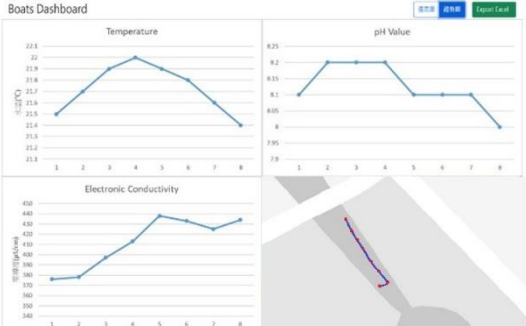

案例一新竹市東門護城河

			
水質檢測筆驗證	調整組裝感測器	感測器固定封裝	水質數據藍牙監看
			
船下水前檢查	監測船下水	遙控水質監測船	完成護城河實測

案例二新竹市香山工業區汀甫圳八輪支線灌溉渠道

			
儀器電導度超標	展示兩艘監測船	準備監測船下水	實測傳回水質資料

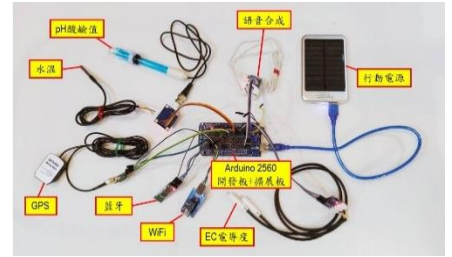
兩次實測結果展示

	
東門護城河網頁水質展示	香山汀甫圳網頁水質展示

實測位置與日期	水溫平均值(°C)	pH 平均值	EC 平均值(μS/cm)
東門護城河2/12	21.7	8.1	412
香山汀甫圳2/15	19.8	7.4	1521 (>750門檻)

總結

- 我們在 Arduino Mega2560 上連接溫度、pH 和 EC 感測器以符合**灌溉水質**要求，保留元件的**擴充性**，如有需求時就能增加新的水質元件，GPS 定位以隨時顯示監測位置、語音合成能說出水質結果、藍牙以顯示於手機上和 Wi-Fi 無線網路遠距離傳輸水質資料到**伺服器 Server**；並用**C 語言**設計同時處理以上**七種**元件所對應的韌體(firmware)。



- 接著 DIY 製作三種遙控船，改裝設計成適合採樣的遙控船，將上述感測器封裝防水，之後安裝固定在船體上；再以 Javascript 撰寫**雲端伺服器(server)**程式，來讀取、儲存感測器的監測資料。



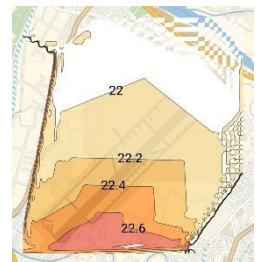
- 因想**即時且跨平台**顯示水質資料，我們利用 HTML 格式設計 ECharts 網頁，就可同時在多種平台上，例如在**電腦螢幕和手機上都顯示儀表圖和趨勢圖**的畫面，還可用地圖顯示的形式以 google map 展示 GPS 採樣點位；程式皆為自行開發設計，非使用現成的**APP 套件**，具資訊公開與水環境教育意義。



- 完成所有**水質和傳輸感測器的實驗與校正**後進行兩次**現地實測**，我們快速方便的組裝船遙控巡弋於水面，即時傳回水質與 GPS 資訊。在專業人員陪同檢測比對下，發現新竹市**香山工業區的灌溉渠道確實有電導度超標兩倍**的不良水質情況，東門護城河的 pH 略高，達到我們多點巡航且即時動態監測水質以保護環境的目標。



- 我們已嘗試用 Mathematica 軟體製作完成等溫線空間分布圖。上次水質採樣是剛開始春耕時期，灌溉圳路水量少不利航行，未來可利用 GPS 定點航行功能，待各項資訊收集更完整後，即可廣域的繪製各式水質參數等值圖，讓我們從 IoT 物聯網的資料擷取，結合到**AI 水質預警**，希望人人都能**喝好水、吃好米**。



5. 參考文獻：

- [1] 林經偉(2014) 臺南區農業專訊88期
- [2] 羅際宇(2017):「基於物聯網之即時水質監測系統」國立海洋大學電機工程學系碩士論文
- [3] 天下雜誌 (2020):「工業喝好水，人民喝廢水」？深度追蹤：新竹媽媽的水戰爭
https://www.cw.com.tw/article/5100703?fbclid=IwAR104Cf3L7pRFxzEsTJKt_Z-zlCV2zwB5uj3AWJ5nkuFazl1l2yxqY42A
- [4] 新竹市公民投票案第1案公投公報 <https://web.cec.gov.tw/hcec/cms/110121003001>