中華民國第 61 屆中小學科學展覽會
作品說明書

科　　別：環境學科

組　　別：高級中等學校組

作品名稱：找出看不見的殺手—空氣汙染監測系統

關 鍵 詞：PM2.5、空氣盒子、物聯網

指導老師：王彥貿老師、林昭福老師

學生班級姓名：鍾恩貴、塗國豪

壹、 摘要

邁入高職階段開始學習程式語言以及軟硬體結合應用，在現今資訊科技蓬勃發展的時代，寫程式變成了當代人必修的課題，搭配這幾年興起的物聯網技術，本研究利用感測器以及物聯網系統打造出一套簡易的空氣品質監測系統，再加上一個自製的簡易空氣清淨機以用來來解決室內空氣品質較差的問題。

貳、 研究動機

身為土身土長的臺灣人對於空氣汙染一定感同身受，尤其是每年冬天時中南部地區的霾害尤其嚴重，當然不只冬天，臺灣本地一年四季空氣汙染都很嚴重，我們就以此為靈感來源，製作出一個可以隨身攜帶的空氣品質監測系統，在空氣汙染過多時提醒我們將口罩戴上或者避免出門，當然就算是待在室內，空氣品質或多或少還是會受到室外影響，為了解決這個問題，我們決定製作一個空氣清淨機來解決室內空氣難以流通導致品質較差的問題。

參、 研究目的

1. 利用自製的空氣清淨機解決室內空氣品質不良的問題。
2. 利用感測器採樣 co2、pm2.5 等數據做後期採樣分析。
3. 利用測得的數據決定空氣清淨機是否啟動，研究軟硬體的結合。

肆、研究設備及器材

項目	設備名稱	規格	數量
1	Arduino 開發板	MEGA pro	1
2	WiFi 開發板	ESP32S	3
3	PM2.5 模組	PMS5003GT	1
4	時鐘模組	DS3231	1
5	SD 卡模組	HW-125	1
6	溫溼度模組	DHT22	1
7	HMI 螢幕	3.2 吋	1
8	藍芽模組	HC-06	1
9	升壓模組	MT3608	3
10	電源	18650 鋰電池	2
11	空氣品質感測器	CJMCU-811	1
12	Type C 充電插座	6P	1
13	金屬開關	2P	3
14	CO2 模組	SenseAirS8	1
15	記憶卡	16GB	1
16	PLA 線材	1.75mm/1KG	1
17	穩壓模組	5V	1
18	繼電器	5V	1
19	OLED 螢幕	1.3 吋	1
20	風扇	12V/4.8A	1
21	活性碳濾網		1
22	18650 電池座	並聯 2	1
23	電源接頭	2.5mm	2
24	電源插座	2.5mm	1
25	電源供應器	12V10A	1

伍、研究過程與方法

(一)室內空氣汙染原因及影響

國人每人每天約有 80~90%的時間處在室內環境中(包括在住家、辦公室或其他建築物內)，室內空氣品質的好壞，直接影響工作品質及效率，因此室內空氣污染物對人體健康影響應該受到重視。

在密閉的建築物內，如果室內通氣量不足時，污染物就容易蓄積而導致室內空氣品質惡化。另外，室外的污染物也有可能是影響室內空氣品質的因素，包括戶外汽機車、工廠排放的廢氣，或是因中央空調冷氣系統的外氣進氣口或濾網未定期清理而孳生的微生物等。台灣地處亞熱帶，屬於長年潮濕高溫的氣候型態，黴菌及細菌容易孳生，因此必須更注意空調通風系統的定期維護。

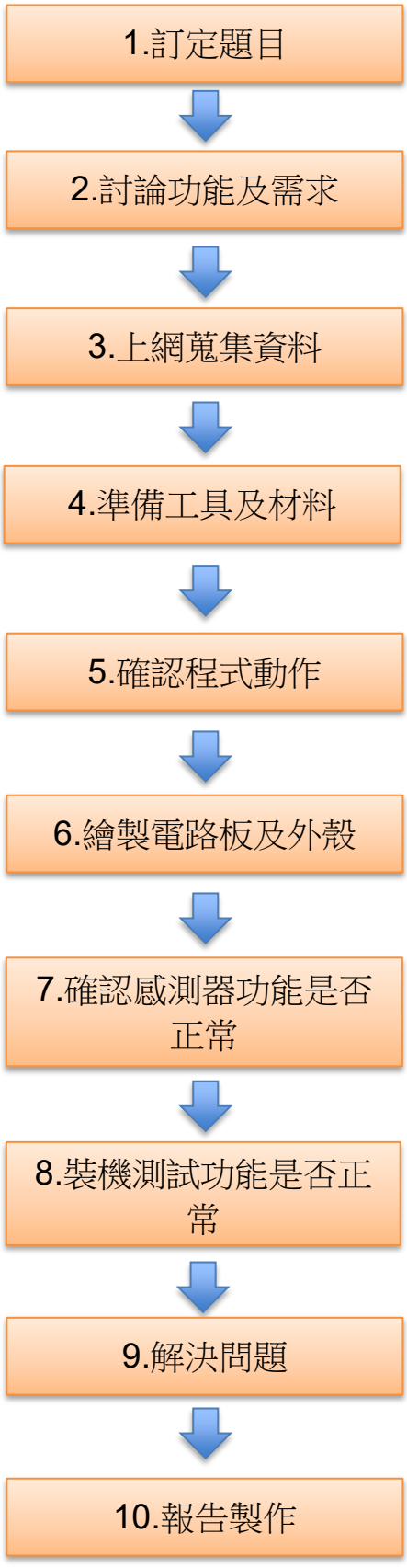
圖(一)室內空汙示意圖

空氣污染對健康的潛在影響有很多，從身體裡細微的生理變化，以至明顯的病徵如鼻子及喉嚨癢、氣喘、咳嗽、胸痛或胸悶等。哮喘或慢性呼吸系統疾病患者如接觸到空氣污染物，病情便會加劇。雖然不同的人受空氣污染影響的程度是取決於不同的因素，但是不同年齡的人都會受到惡劣的空氣質素的影響，而空氣污染對兒童及長者的影響則更大。

辦公室、教室內二氧化碳濃度會隨著上班、上課時間逐漸累加，當二氧化碳濃度過高時，除了會刺激呼吸道造成呼吸費力或困難等感覺，也會產生頭痛、嗜睡、倦怠等症狀，因此若辦公室、教室二氧化碳濃度過高，將會使工作、學習效率降低。

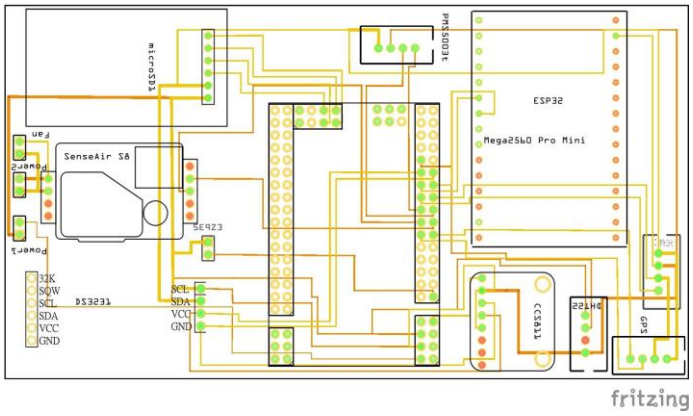
室內二氧化碳濃度過高，最直接的改善方式就是開窗通風，但是常常受限一些因素，例如外氣空氣品質不佳、噪音、房屋格局等原因而無法開窗，這時可以使用空氣品質偵測系統連動空氣清淨裝置，淨化室內空氣。

(二)研究過程流程圖

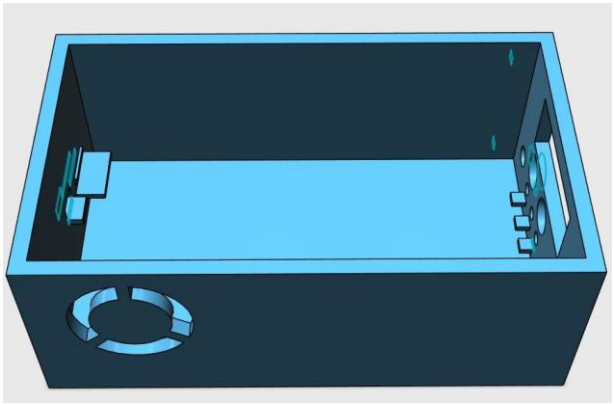
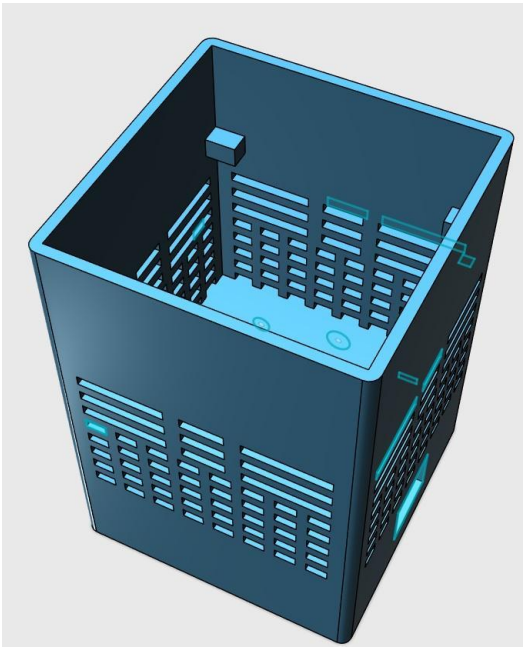

1.訂定題目
2.討論功能及需求
3.上網蒐集資料
4.準備工具及材料
5.確認程式動作
6.繪製電路板及外殼
7.確認感測器功能是否正常
8.裝機測試功能是否正常
9.解決問題
10.報告製作

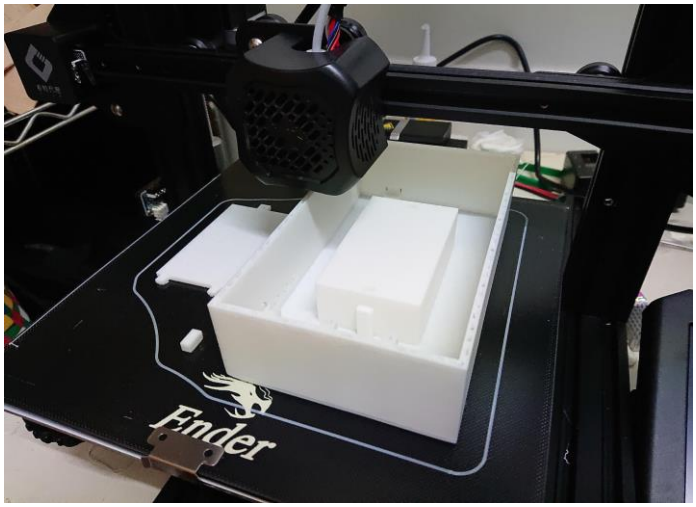
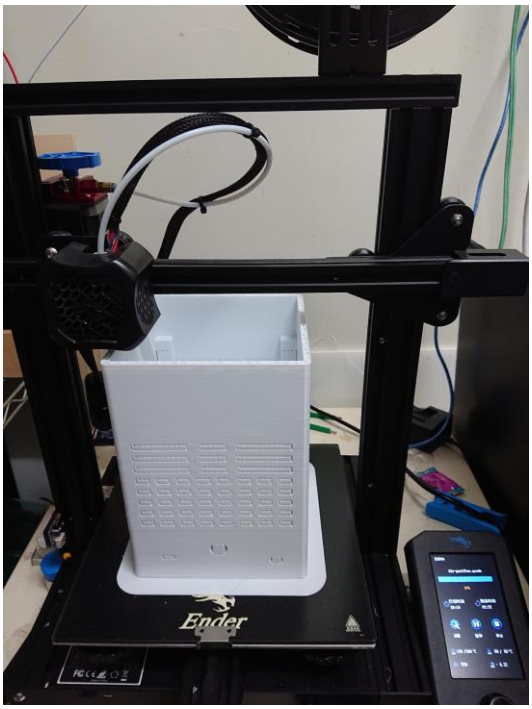
(三)研究過程

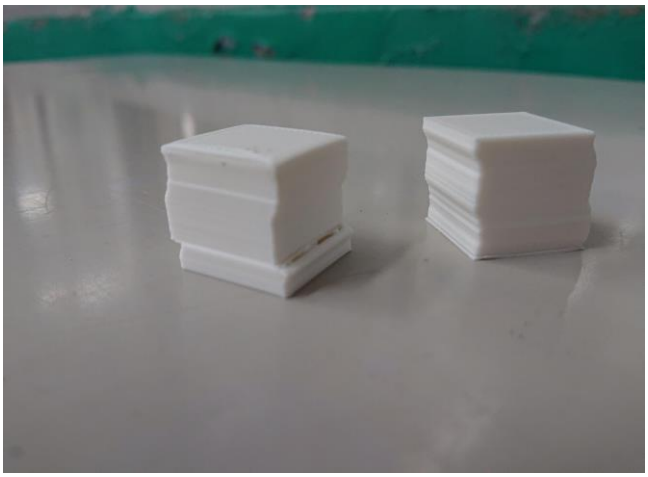
一、製作流程：

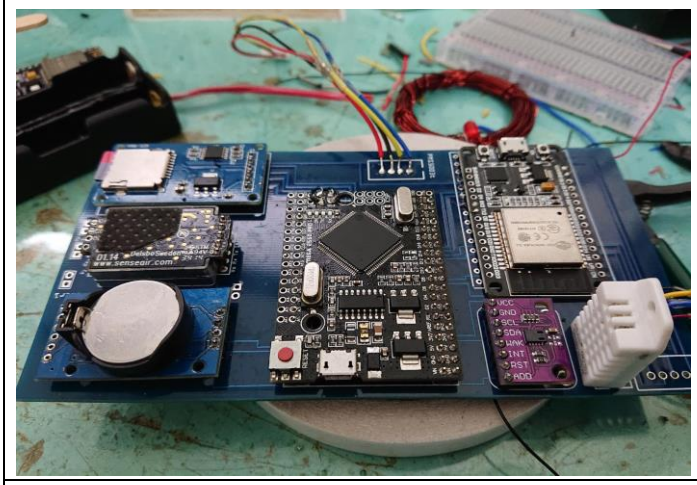
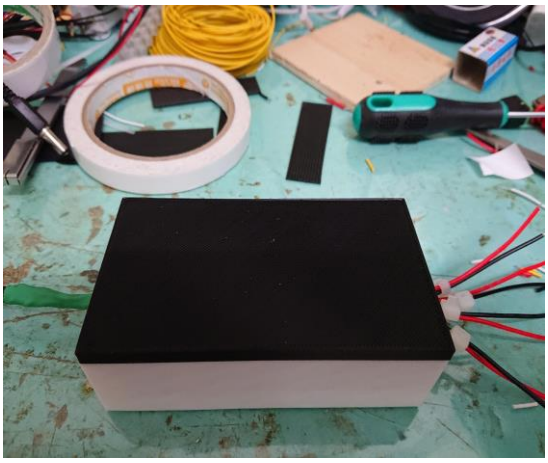
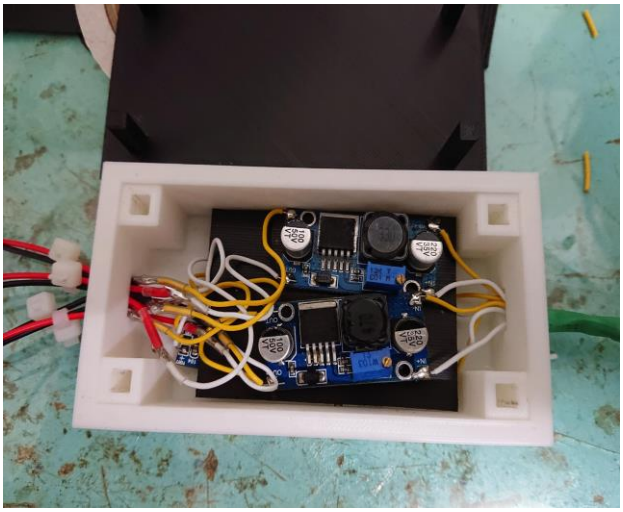
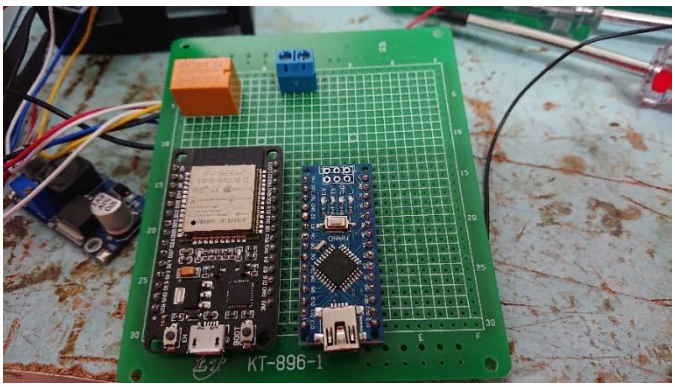
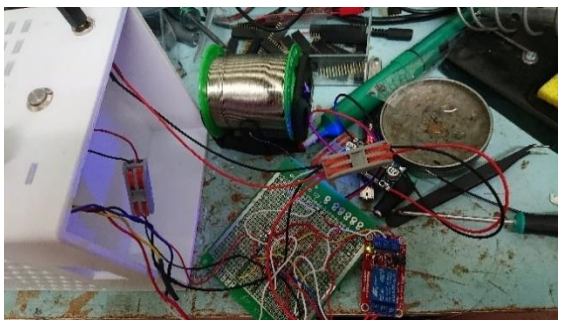
編寫程式	繪製電路板
	

```
int humidity = val3.toInt();
int pm25 = val1.toInt();
int pm10 = val4.toInt();
int pm100 = val5.toInt();
int co2 = val6.toInt();

if (pm25 < 300 && pm10 < 2000 && pm100 < 300 && temperature < 50 && humidity < 99) {
  if (pm25 > 0 && pm10  > 100 && pm100  > 0 && temperature  > 10 && humidity  > 10) {

//    Serial.print("Task1 : 啟動網頁連線 - at core:");
  //Serial.println(xPortGetCoreID());
    if ((int)pm25 >= 50) {
    String message = "目前環境空氣品質過差，出門請記得戴口罩";
    message += "\n溫度=" + String(((int)temperature)) + " *C";
    message += "\nPM1.0濃度=" + String(((int)pm10)) + " ug/m3";
    message += "\nPM2.5濃度=" + String(((int)pm25)) + " ug/m3";
    message += "\nPM10濃度=" + String(((int)pm100)) + " ug/m3";
    message += "\nCO2濃度" + String(((int)co2)) + " ppm";

    Serial.println(message);
    if (client.connect(host, 443)) {
      int LEN = message.length();
      String url = "/api/notify";
      client.println("POST " + url + " HTTP/1.1");
      client.print("Host: "); client.println(host);
      client.print("Authorization: Bearer "); client.println(Linetoken);
      client.println("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded");
      client.print("Content-Length: "); client.println( String((LEN + 8)) );
      client.println();
```

繪製 3D 外殼：	
	

3D 列印	
	

程式故障排除	3D 列印機故障排除
COM6 3,26 3,26.30,52.90,511,3,1504 3,26.30,52.90,511,4,1504 3,26 3,26.40,52.90,506,4,1504 3,26.40,52.90,505,4,1504 3,26.40,53.00,505,4,1504 3,26.40,53.00,505,4,1504 3,26.40,53.10,503,4,1504 3,26.40,53.10,503,4,1504 3,26.40,53.00,503,4,1504 3,26.40,53.00,503,4,1504 3,26 3,26.40,52.90,502,4,1504 3,26.40,52.90,502,4,1504 3,26 3,26.40,51.80,503410 0,4,1503 3,26.50,31,10	

電路焊接及組裝	
	
	
	

放置戶外測量數據

紀錄戶外數據

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	2020-12-02	19-38-30	590ug/m3	285ug/m3	355ug/m3	25.00'C	64.20%	1402ppm	0ppb
2		19-38-41	506ug/m3	320ug/m3	410ug/m3	26.00'C	63.10%	1289ppm	0ppb
3		19-38-51	504ug/m3	323ug/m3	416ug/m3	26.00'C	61.10%	1267ppm	0ppb
4		19-39-16	502ug/m3	302ug/m3	384ug/m3	26.00'C	62.50%	1217ppm	0ppb
5		19-39-26	505ug/m3	303ug/m3	390ug/m3	26.00'C	63.00%	1227ppm	0ppb
6		19-39-56	621ug/m3	242ug/m3	309ug/m3	26.00'C	62.40%	1254ppm	0ppb
7		19-40-6	500ug/m3	294ug/m3	380ug/m3	26.00'C	62.50%	1244ppm	0ppb
8		19-40-16	501ug/m3	300ug/m3	393ug/m3	27.00'C	62.80%	1330ppm	0ppb
9		19-40-29	502ug/m3	300ug/m3	394ug/m3	27.00'C	63.40%	1350ppm	0ppb
10		19-40-45	503ug/m3	301ug/m3	398ug/m3	27.00'C	63.20%	1338ppm	0ppb
11		19-40-55	503ug/m3	291ug/m3	382ug/m3	27.00'C	63.10%	1335ppm	0ppb
12		19-41-5	502ug/m3	290ug/m3	375ug/m3	27.00'C	62.40%	1330ppm	0ppb
13		19-42-17	495ug/m3	280ug/m3	366ug/m3	27.00'C	61.80%	1344ppm	0ppb
14		19-42-27	503ug/m3	275ug/m3	358ug/m3	27.00'C	61.60%	1326ppm	0ppb
15		19-42-49	502ug/m3	267ug/m3	354ug/m3	28.00'C	61.40%	1322ppm	0ppb
16		19-44-35	617ug/m3	246ug/m3	300ug/m3	27.00'C	64.80%	1806ppm	0ppb
17		19-44-56	627ug/m3	248ug/m3	308ug/m3	27.00'C	64.10%	2146ppm	0ppb
18		19-45-6	489ug/m3	299ug/m3	370ug/m3	28.00'C	63.50%	2120ppm	0ppb
19		19-45-16	502ug/m3	297ug/m3	366ug/m3	28.00'C	62.80%	1995ppm	0ppb
20		19-48-42	607ug/m3	259ug/m3	321ug/m3	27.00'C	61.80%	1136ppm	0ppb
21		19-48-52	502ug/m3	239ug/m3	294ug/m3	27.00'C	61.70%	1150ppm	0ppb
22		19-49-2	503ug/m3	247ug/m3	304ug/m3	27.00'C	61.80%	1185ppm	0ppb
23		19-50-8	614ug/m3	302ug/m3	374ug/m3	27.00'C	62.30%	1256ppm	0ppb
24		19-50-19	501ug/m3	254ug/m3	310ug/m3	27.00'C	60.10%	1232ppm	0ppb

二、測試

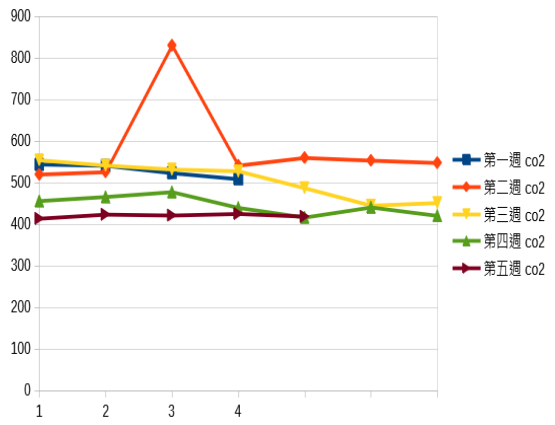
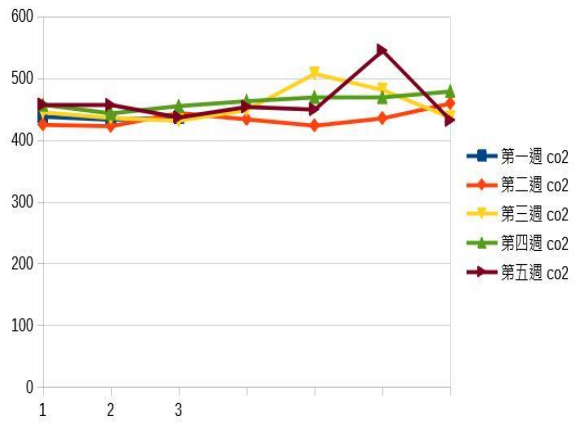
2020 年 12 月數據:

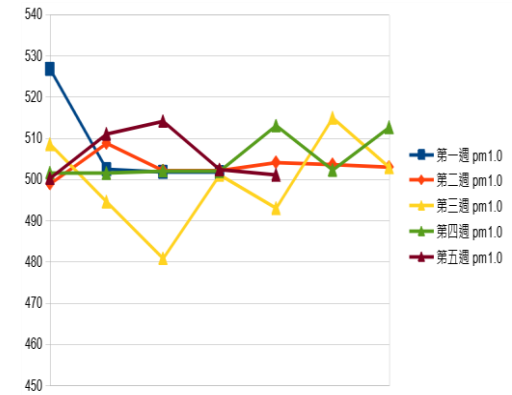
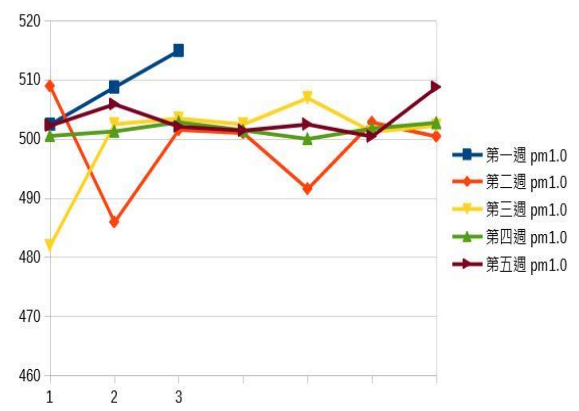
日期	PM1.0	PM2.5	PM10	溫度	濕度	CO2	TVOC
2020-12-02	526.783784	25.8285714	31.7278	26.9167	61.5833	543.652	0
2020-12-03	502.49517	27.163461	28.05128	30.39743	47.65576	540.4645	3.05128
2020-12-04	501.82876	18.7671	21.74657	28.34931	51.8151	522.6027	16.1301
2020-12-05	501.7561	25.85365	31.12195	29.7561	44.2927	508.0975	6.1463
2020-12-06	498.9285	32.35714	42.35714	26.4285	56.4285	519.3571	15.5
2020-12-07	508.778	28.2037	33.111	28.4629	46.1667	525.1667	58.68518
2020-12-08	502.1556	25.5	42.3271	25.64444	52.48889	829.5333	34
2020-12-09	502.162	39.5135	47.94594	28.9054	63.86486	540.8918	99.3243
2020-12-10	504.1034	33.03448	36.7931	25.06896	69.72413	559.206897	49.62069
2020-12-11	503.625	38.75	46.27273	28.45883	59.375	552.7917	55.125
2020-12-12	503	36.6667	41.09091	28.16667	43.0416	547.0417	44.8875
2020-12-13	508.5417	36.85714	45.09091	28.08333	43.04617	553.7083	109.1667
2020-12-14	494.6	32.95833	38.4375	27.41667	47.95833	540.9583	58.70833
2020-12-15	480.8333	32.25	36	24.25	49.79167	531.5	33.66667
2020-12-16	501.125	32.66667	43.54545	22.04167	54.25	527.125	41.54167
2020-12-17	493.0345	26.65517	31.91	25.41379	49.68966	486.6552	32.65517
2020-12-18	514.9455	23.92727	26.2	29.4	38.43636	444.5818	12.58182
2020-12-19	502.9583	59	34.625	28.22917	56.58333	450.9583	18.875
2020-12-20	501.625	26.125	29.8333	24.25	53.125	455.625	40.16667
2020-12-21	501.5417	30.79167	37.70833	22.08333	68.54167	465.375	51.45833
2020-12-22	502.125	37.5	46.3333	23.08333	70.08333	477.0833	66.3333
2020-12-23	502	33.6667	40.5	23.20833	65.83333	439.16667	72
2020-12-24	513.0833	30.42105	36.6	26.08333	58.166667	415.9167	112.5417
2020-12-25	502.2917	45.416667	57.125	22.95833	58.45833	440.25	49.41667
2020-12-26	512.65	27.38095	32.54545	25.13333	49.95833	419.9583	235.2917
2020-12-27	500.2917	22.58333	25.16667	22.79175	58	413.1667	87.375
2020-12-28	511.0417	24.875	28.79617	25.6	58.20833	422.9583	85.58333
2020-12-29	514.125	32.52174	40.73917	27.125	52.0833	420.75	243.375
2020-12-30	502.4167	25.25	32	20.70833	43.11765	424.6667	44.375
2020-12-31	501.125	24.125	29.6875	21.375	43.125	418.0625	19.4375

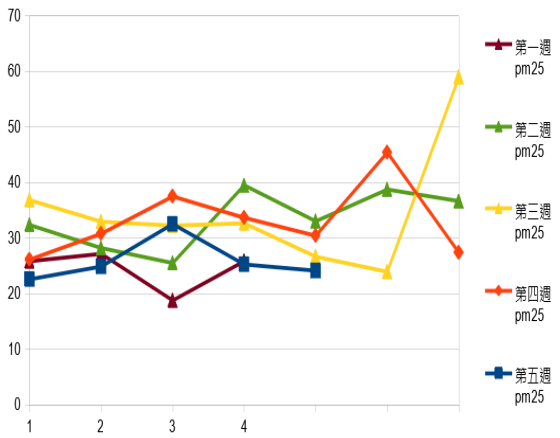
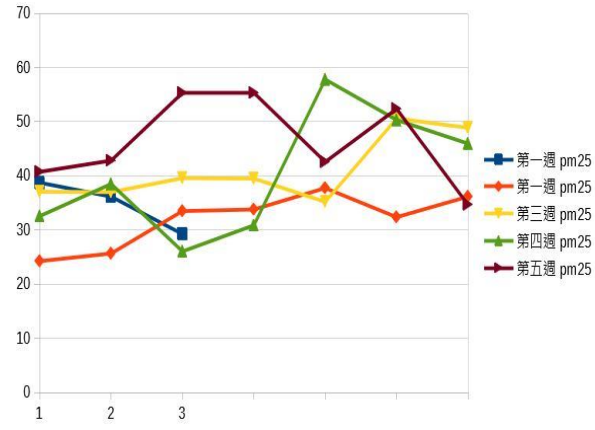
2021 年 1 月數據：

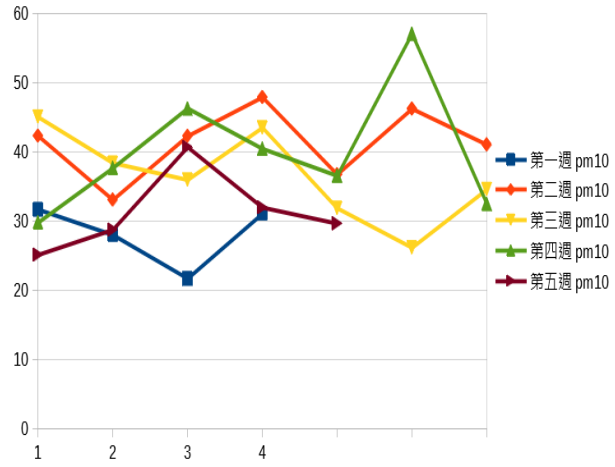
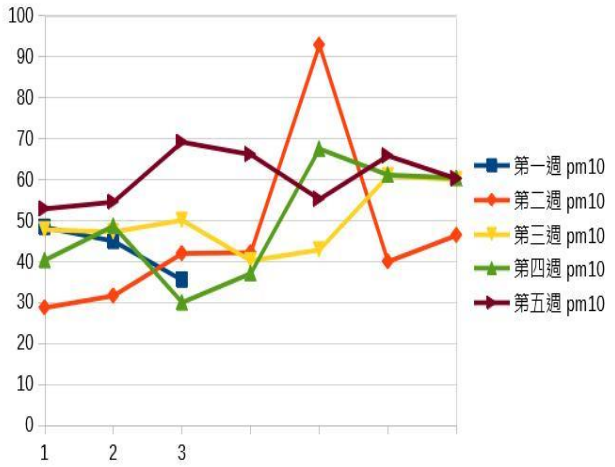
日期	PM1.0	PM2.5	PM10	溫度	濕度	CO2	TVOC
2021-01-01	502.478	38.7391	48.3913	20.3043	53.7391	438.565	23.087
2021-01-02	508.783	36.1739	45	23.2727	48.6364	433.609	129.565
2021-01-03	514.958	29.25	35.5	23.7083	50.7083	437.25	102.458
2021-01-04	508.958	24.25	28.75	27.4	48.25	425.333	158.703
2021-01-05	485.958	25.6667	31.6667	27.4583	49.7083	423.125	103.958
2021-01-06	501.591	33.5	42	24.8182	53.0909	444.409	19
2021-01-07	501.042	33.7917	42.2083	22.7917	60.1667	434.208	39.7083
2021-01-08	491.583	37.75	92.875	19.5882	53.2353	423.958	23.125
2021-01-09	502.833	32.375	40	18.5	48.5417	435.845	51.7917
2021-01-10	500.458	36.1667	46.4286	22.2	45.65	459.857	146.714
2021-01-11	481.958	37.0833	47.7917	21.6818	51.3182	445.417	25.5833
2021-01-12	502.55	37	47.3	19.5556	51.0556	436.385	22.6
2021-01-13	503.5	39.5833	50.125	22.4583	47.125	431.958	106.452
2021-01-14	502.5	39.5	40.2424	15.9	61.8	449.458	145.042
2021-01-15	506.958	35.2083	42.875	25.2222	41.5556	508	130.167
2021-01-16	501.25	50.583	60.958	21.417	57.125	481.79	251.13
2021-01-17	502.29	48.875	60	20.571	58	437.08	416.67
2021-01-18	500.56	32.563	40.375	18.813	60.813	457.82	51.875
2021-01-19	501.33	38.5	48.708	23.833	55.875	443.83	268.54
2021-01-20	502.88	26.042	30.042	29.292	53	455.75	38.167
2021-01-21	501.5	30.875	37.125	27.167	68.25	463.63	84.208
2021-01-22	500.05	57.8	67.55	24.05	80.45	470.4	463.7
2021-01-23	501.82	50.318	61.182	25.818	72.909	470	281.59
2021-01-24	502.79	45.958	60.458	22.958	72.625	479.29	674.08
2021-01-25	502.29	40.75	52.917	23.478	71.75	458	44.833
2021-01-26	505.91	42.826	54.565	26.867	56.4	457	74.13
2021-01-27	502.13	55.313	69.188	24.813	57.434	437.25	114.5
2021-01-28	501.468	55.3164	66.165	21.854	60.389	454.328	346.25
2021-01-29	502.498	42.578	55.246	22.667	77.564	450	34.698
2021-01-30	500.452	52.365	65.852	24.664	55.468	545.356	65.656
2021-01-31	508.787	34.68	60.25	20.358	60.458	432.656	102.356

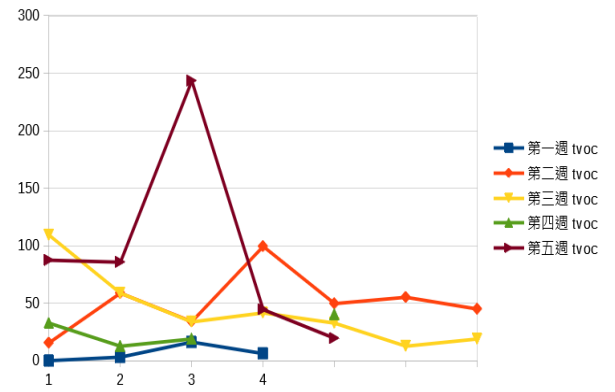
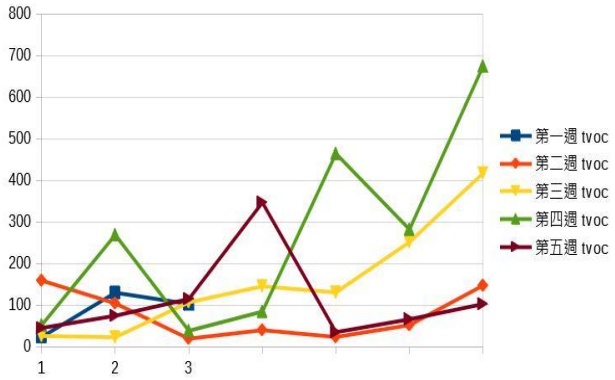
三、數據統整：將數據整理成表格後轉化成折線圖以便檢視

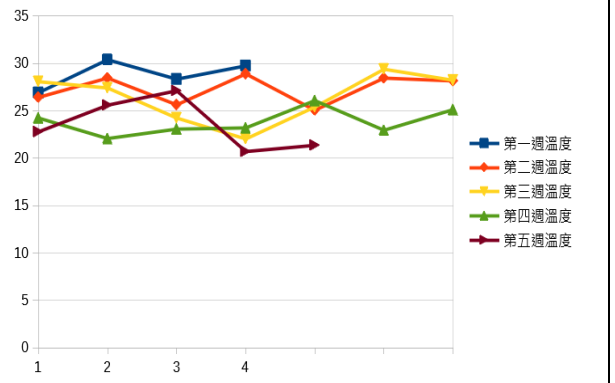
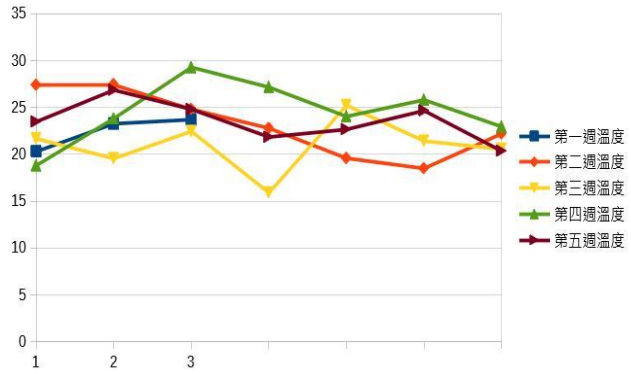
2020 年 12 月 CO2	2021 年 1 月 CO2
	

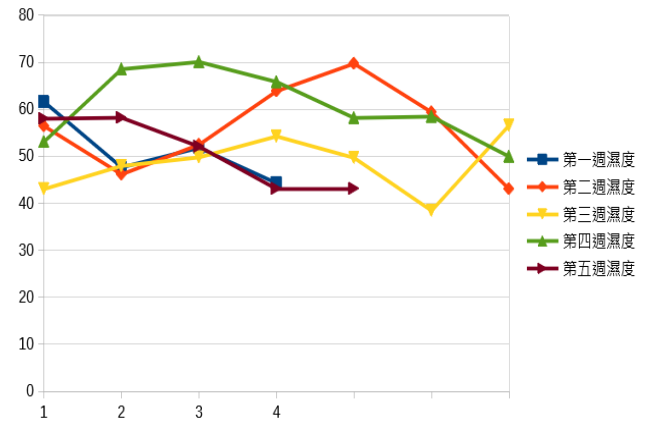
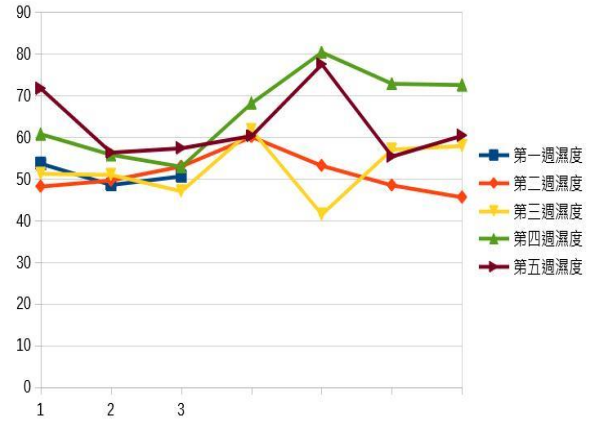
2020 年 12 月 PM1.0	2021 年 1 月 PM1.0
	

2020 年 12 月 PM2.5	2021 年 1 月 PM2.5
	

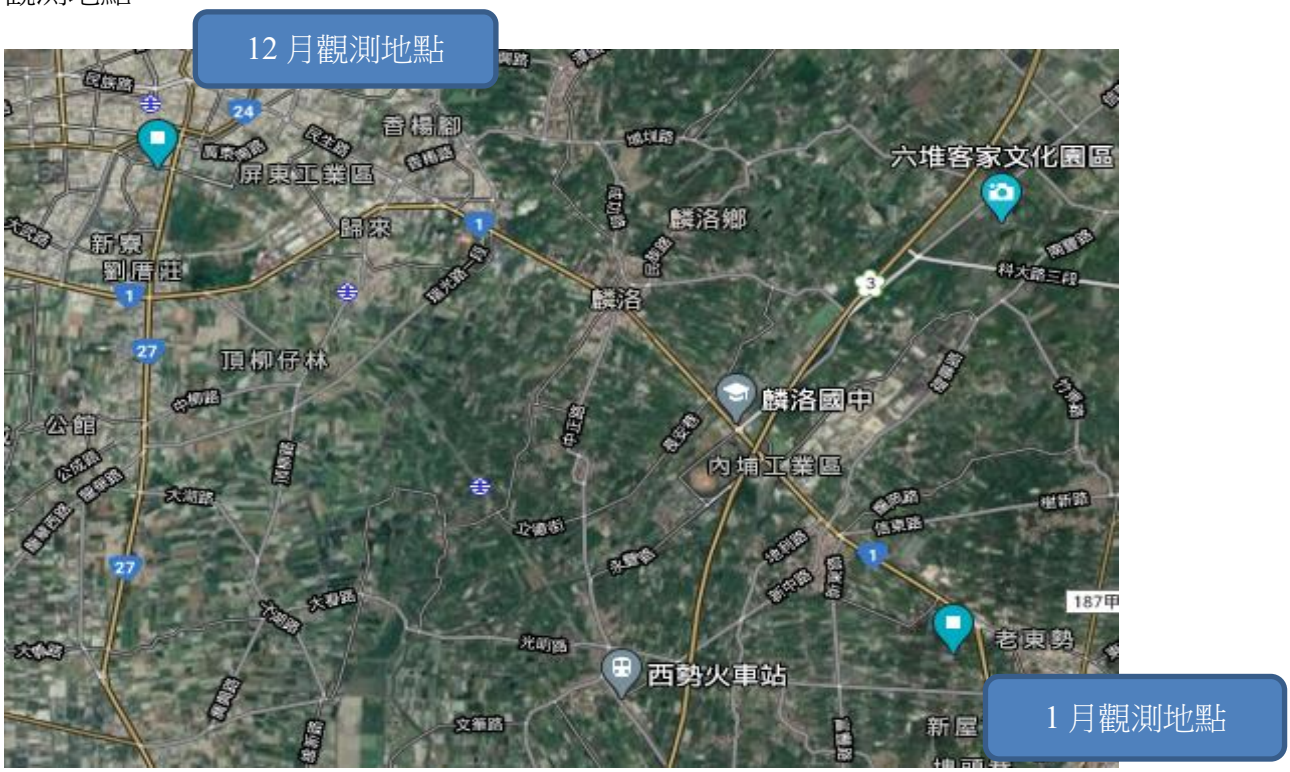
2020 年 12 月 PM10	2021 年 1 月 PM10
	

2020 年 12 月	2021 年 1 月
	

2020 年 12 月	2021 年 1 月
	

2020 年 12 月	2021 年 1 月
	

觀測地點：



各國空汙標準數據，以歐盟、美國、臺灣為標準：

PM2.5 標準：(以 24 小時平均值為基準)

國家	數值	單位
美國	35	μg/m³
歐盟	25	μg/m³
臺灣	35	μg/m³

PM10 標準(以 24 小時平均值為基準)

國家	數值	單位
美國	150	μg/m³
歐盟	50	μg/m³
臺灣	100	μg/m³

CO2 標準：

CO2 濃度	對健康影響
400ppm	室外環境空氣
650ppm	室內通風空氣佳
850ppm	開始覺得空氣有點悶
1000ppm	國家室內空氣品質標準
2500ppm	對健康造成影響(頭痛、嗜睡)
5000ppm	不宜在此環境待超過 8 小時
15000ppm	有急性死亡危險，馬上離開此環境

實驗結果：

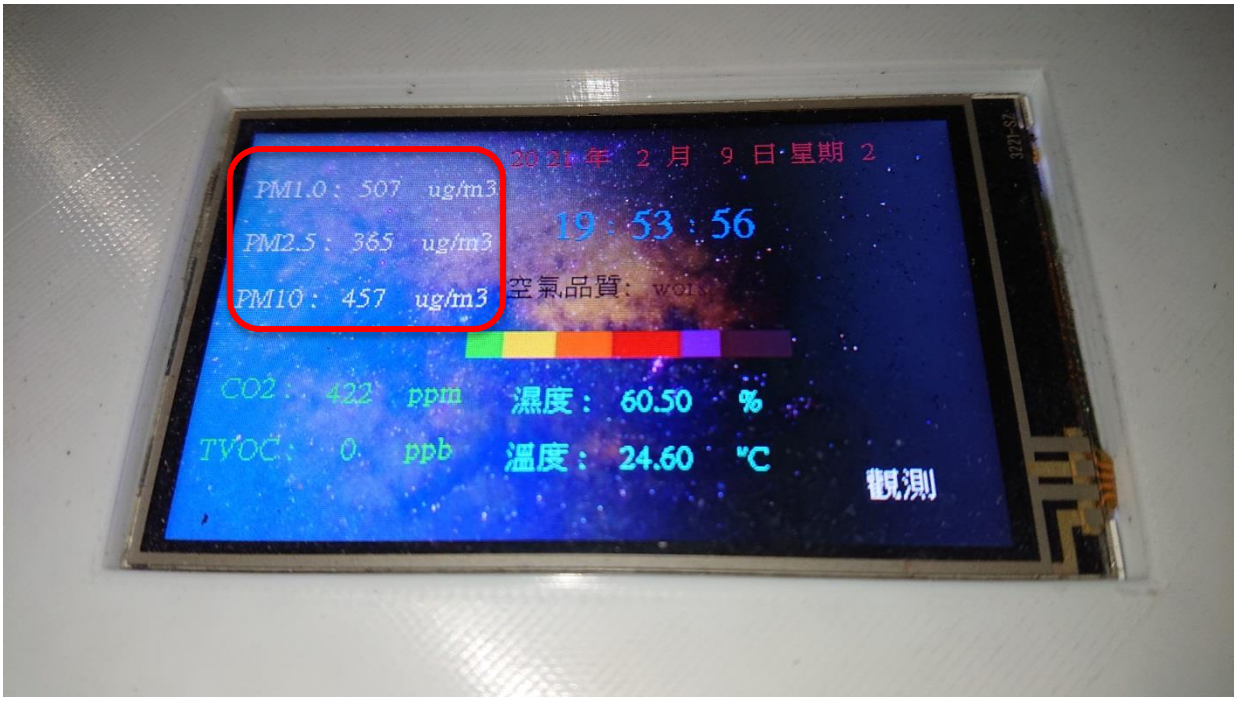
就觀測的結果得之 12 月及 1 月 PM2.5 濃度均超過臺灣 PM2.5 之標準值，所以空氣品質並不優良。本實驗測試之時間為冬季，因為時間的關係，未來會在其他季節也加入實驗，讓空汙監測的數據庫更加完整，才能提供更高的可信度。

空氣品質測試畫面：

監測平常狀態下，空氣品質顯示 good

線香燃燒後，PM2.5、PM1.0 及 TVOC 濃度明顯上升，空氣品質顯示：worst


空氣清淨機啟動 1 小時後： PM2.5、PM1.0 數值明顯下降



空氣清淨機啟動三小時後： PM10、PM2.5 數值回復至 50 左右，空氣品質顯示:normal

陸、成品

一、外觀

空氣盒子	
	

空氣清淨機	
	

二、程式

```
   #include "DHT.h"
#define DHTPIN 22     // what pin we're connected to
#define DHTTYPE DHT22   // DHT 22  (AM2302)
#define fan 4

int maxHum = 60;
int maxTemp = 40;

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

void setup() {
  pinMode(fan, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  dht.begin();
}

void loop() {
  // Wait a few seconds between measurements.
  delay(1000);

  // Reading temperature or humidity takes about 250
milliseconds!
  // Sensor readings may also be up to 2 seconds 'old'
(its a very slow sensor)
  float h = dht.readHumidity();
  // Read temperature as Celsius
  float t = dht.readTemperature();

  // Check if any reads failed and exit early (to try
again).
  if (isnan(h) || isnan(t)) {
    Serial.println("Failed to read from DHT sensor!");
    return;
  }

  if(h > maxHum || t > maxTemp) {
      digitalWrite(fan, HIGH);
  } else {
    digitalWrite(fan, LOW);
  }

  Serial.print("Humidity: ");
  Serial.print(h);
  Serial.print(" %\t");
  Serial.print("Temperature: ");
  Serial.print(t);
  Serial.println(" *C ");

}
```

接收感測器溫溼度值

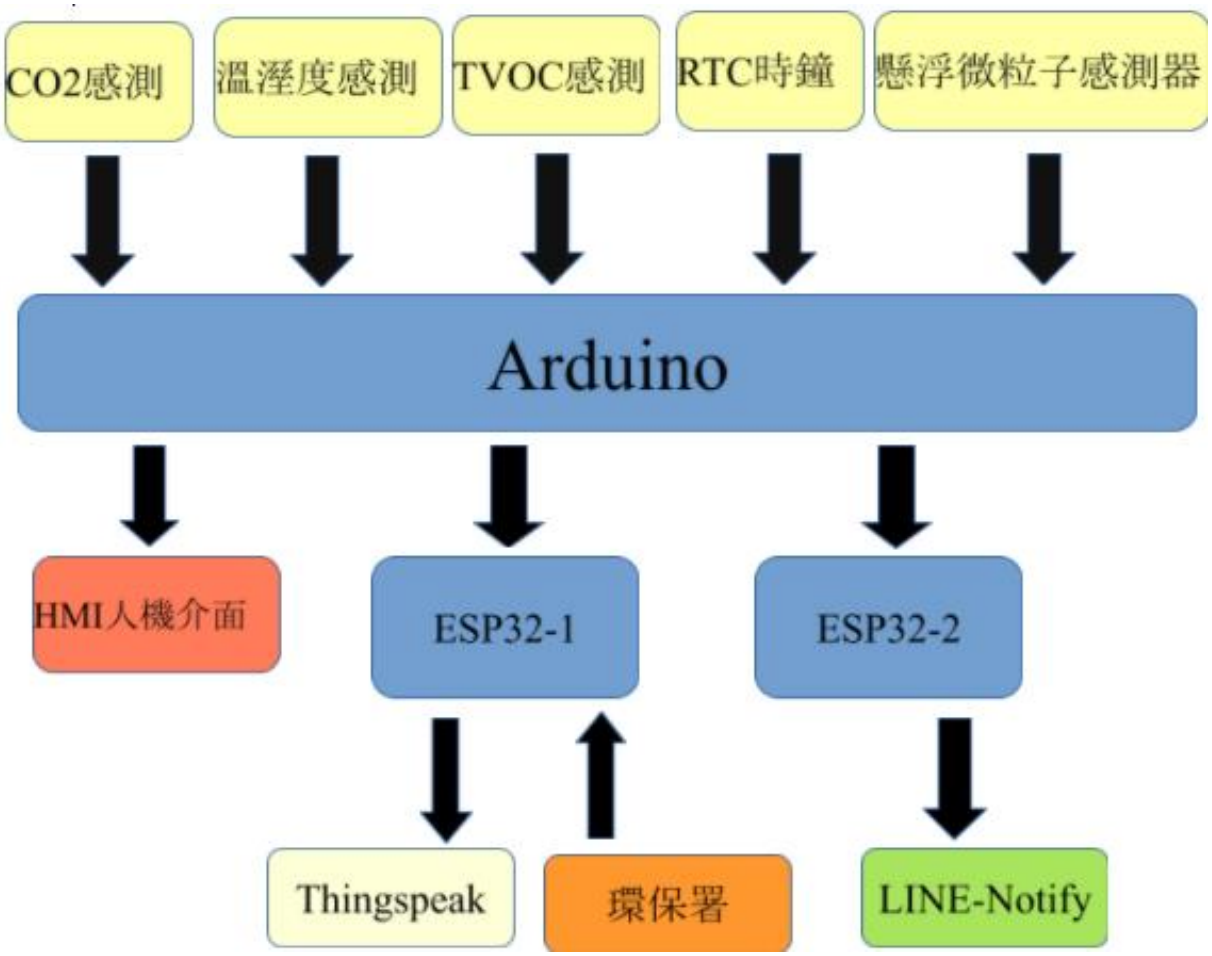
readData.check();
int lastcommaPos;
int commaPos = Read.indexOf(',', 0); // find first comma
String val1 = Read.substring(0, commaPos); // grab first value
lastcommaPos = commaPos + 1;
commaPos = Read.indexOf(',', lastcommaPos); // find next comma
String val2 = Read.substring(lastcommaPos, commaPos); // grab next value
lastcommaPos = commaPos + 1;
commaPos = Read.indexOf(',', lastcommaPos); // find next comma
String val3 = Read.substring(lastcommaPos, commaPos); // grab next value
lastcommaPos = commaPos + 1;
commaPos = Read.indexOf(',', lastcommaPos); // find next comma
String val4 = Read.substring(lastcommaPos, commaPos); // grab next value
lastcommaPos = commaPos + 1;
commaPos = Read.indexOf(',', lastcommaPos); // find next comma
String val5 = Read.substring(lastcommaPos, commaPos); // grab next value
lastcommaPos = commaPos + 1;
commaPos = Read.indexOf(',', lastcommaPos); // find next comma
String val6 = Read.substring(lastcommaPos, commaPos); // grab next value
 	
int temperature = val2.toInt();
int humidity = val3.toInt();
int pm25 = val1.toInt();
int pm10 = val4.toInt();
int pm100 = val5.toInt();
int co2 = val6.toInt();
	接收 Mega 板資料並傳送至 Thingspeak 網站

```
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
File myFile;
String filename = "test.csv";     //要寫入的檔案名稱

void setup() {
  pinMode(53,OUTPUT);             //保留 pin10, SD Library 需要使用
  while (!SD.begin(4)) {}
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  float timesec= millis()/1000.0;          //目前時間，單位是"秒"
  char timesecstr[6];
  dtostrf(timesec,3, 3, timesecstr);
  Serial.print(timesecstr);

  myFile = SD.open(filename, FILE_WRITE);
  if (myFile) {
    Serial.print("Writing to test.txt...");
    myFile.print(timesecstr);          //寫入時間
    myFile.print(",");                 //之後每個數據之間加入逗號","

    myFile.print("testing123");        //要寫偵測數據時，這一行請換掉
    myFile.print(",");                 //每個數據之間加入逗號","
    myFile.print("123");
    myFile.println();

    myFile.close();                    //關閉檔案
    Serial.println("done.");
  } else {
    Serial.println("error opening test.txt");
  }
}
```

寫入監測資料至 SD 卡

動作說明:

簡易動作流程:


CO2感測
溫溼度感測
TVOC感測
RTC時鐘
懸浮微粒子感測器
Arduino
HMI人機介面
ESP32-1
ESP32-2
Thingspeak
環保署
LINE-Notify

(一).螢幕顯示

將空氣盒子收集到的數據顯示至螢幕上
在螢幕上可顯示: PM1.0、PM2.5、PM10CO2、TVOC、溫度、濕度以及時間 若是有連網時點下觀測即可及時看到該地區環保署即時監測數據 
有連網時點下觀測即可及時看到該地區環保署即時監測數據

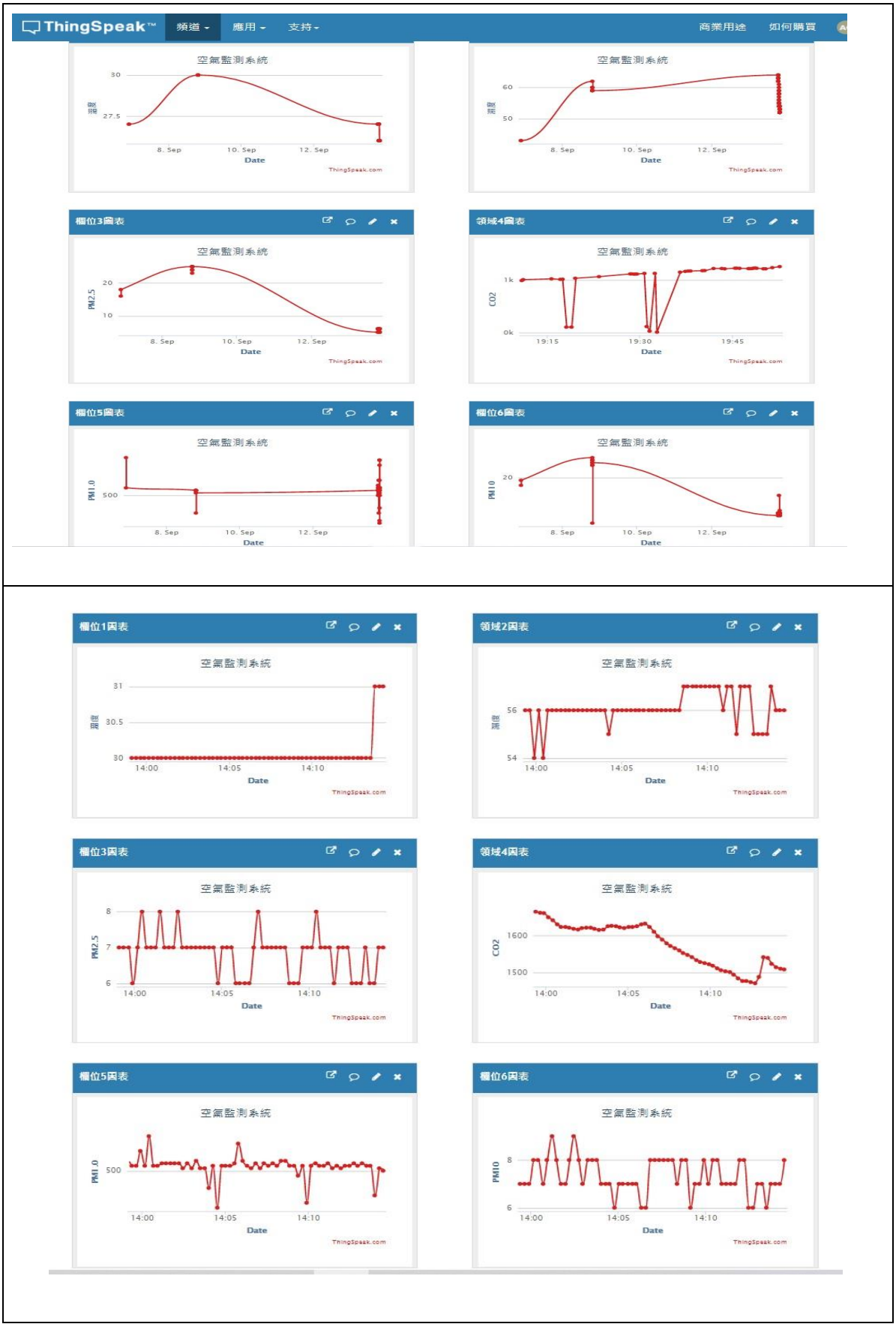
此頁面可觀看自環保署即時 PM2.5、 AQI 指標、SO2 濃度、臭氧濃度、CO 濃度數據

(二).空氣盒子也有裝設記憶卡，方便後續觀測及分析

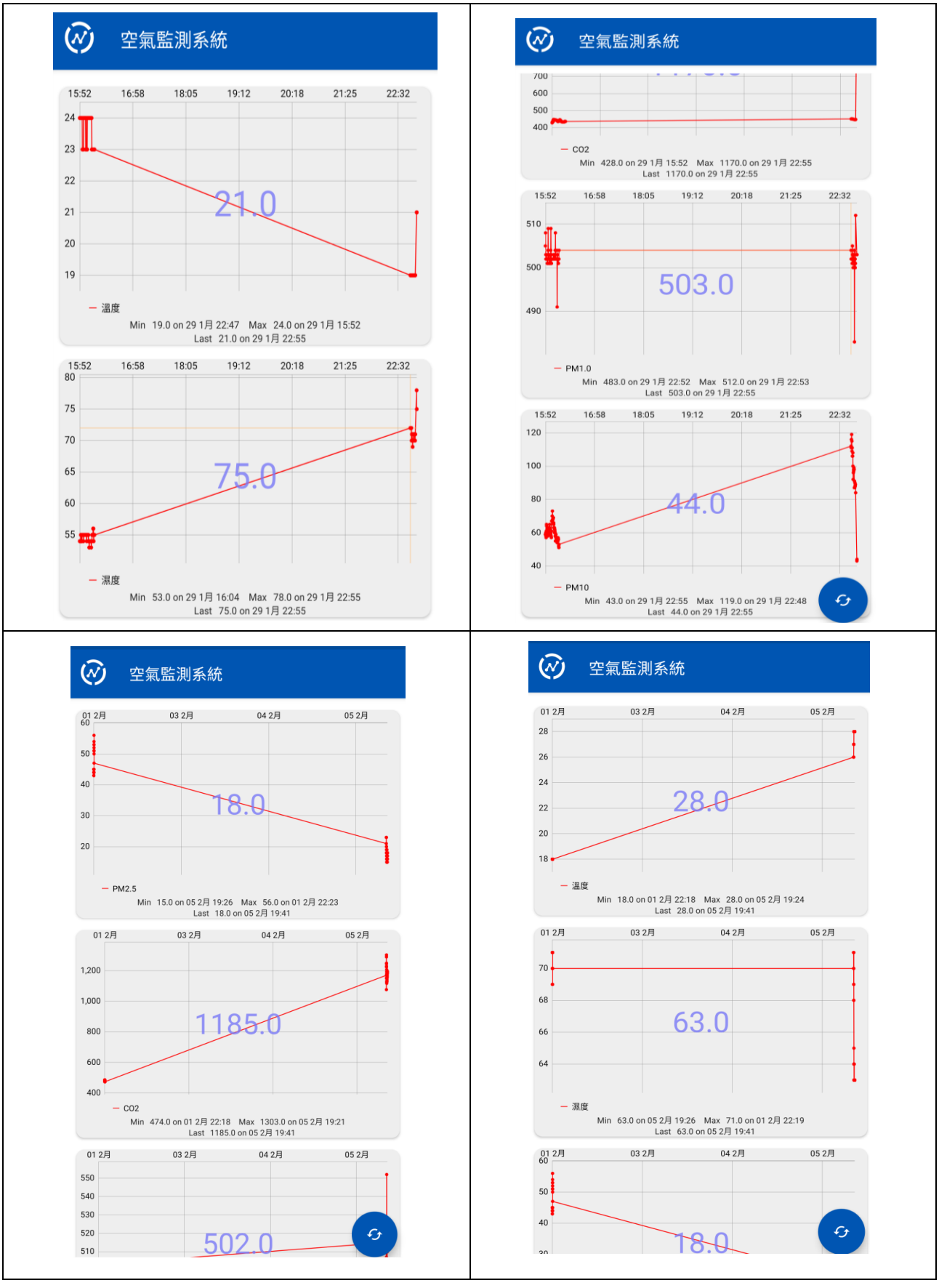
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	2020-12-02	19-38-30	590ug/m3	285ug/m3	355ug/m3	25.00'C	64.20%	1402ppm	0ppb
2		19-38-41	506ug/m3	320ug/m3	410ug/m3	26.00'C	63.10%	1289ppm	0ppb
3		19-38-51	504ug/m3	323ug/m3	416ug/m3	26.00'C	61.10%	1267ppm	0ppb
4		19-39-16	502ug/m3	302ug/m3	384ug/m3	26.00'C	62.50%	1217ppm	0ppb
5		19-39-26	505ug/m3	303ug/m3	390ug/m3	26.00'C	63.00%	1227ppm	0ppb
6		19-39-56	621ug/m3	242ug/m3	309ug/m3	26.00'C	62.40%	1254ppm	0ppb
7		19-40-6	500ug/m3	294ug/m3	380ug/m3	26.00'C	62.50%	1244ppm	0ppb
8		19-40-16	501ug/m3	300ug/m3	393ug/m3	27.00'C	62.80%	1330ppm	0ppb
9		19-40-29	502ug/m3	300ug/m3	394ug/m3	27.00'C	63.40%	1350ppm	0ppb
10		19-40-45	503ug/m3	301ug/m3	398ug/m3	27.00'C	63.20%	1338ppm	0ppb
11		19-40-55	503ug/m3	291ug/m3	382ug/m3	27.00'C	63.10%	1335ppm	0ppb
12		19-41-5	502ug/m3	290ug/m3	375ug/m3	27.00'C	62.40%	1330ppm	0ppb
13		19-42-17	495ug/m3	280ug/m3	366ug/m3	27.00'C	61.80%	1344ppm	0ppb
14		19-42-27	503ug/m3	275ug/m3	358ug/m3	27.00'C	61.60%	1326ppm	0ppb
15		19-42-49	502ug/m3	267ug/m3	354ug/m3	28.00'C	61.40%	1322ppm	0ppb
16		19-44-35	617ug/m3	246ug/m3	300ug/m3	27.00'C	64.80%	1806ppm	0ppb
17		19-44-56	627ug/m3	248ug/m3	308ug/m3	27.00'C	64.10%	2146ppm	0ppb
18		19-45-6	489ug/m3	299ug/m3	370ug/m3	28.00'C	63.50%	2120ppm	0ppb
19		19-45-16	502ug/m3	297ug/m3	366ug/m3	28.00'C	62.80%	1995ppm	0ppb
20		19-48-42	607ug/m3	259ug/m3	321ug/m3	27.00'C	61.80%	1136ppm	0ppb
21		19-48-52	502ug/m3	239ug/m3	294ug/m3	27.00'C	61.70%	1150ppm	0ppb
22		19-49-2	503ug/m3	247ug/m3	304ug/m3	27.00'C	61.80%	1185ppm	0ppb
23		19-50-8	614ug/m3	302ug/m3	374ug/m3	27.00'C	62.30%	1256ppm	0ppb
24		19-50-19	501ug/m3	254ug/m3	310ug/m3	27.00'C	60.10%	1232ppm	0ppb

	23-0-7	500ug/m3	39ug/m3	50ug/m3	22.00'C	64.00%	440ppm	0ppb
2021/1/5	0-0-3	501ug/m3	36ug/m3	47ug/m3	22.40'C	66.40%	437ppm	3ppb
	1-0-8	501ug/m3	38ug/m3	49ug/m3	21.90'C	68.10%	426ppm	1ppb
	2-0-1	502ug/m3	38ug/m3	52ug/m3	21.60'C	69.20%	424ppm	3ppb
	3-0-9	506ug/m3	37ug/m3	48ug/m3	20.90'C	68.40%	435ppm	0ppb
	4-0-7	503ug/m3	37ug/m3	48ug/m3	20.70'C	67.80%	447ppm	8ppb
	5-0-2	501ug/m3	35ug/m3	45ug/m3	20.30'C	70.10%	437ppm	2ppb
	6-0-5	504ug/m3	32ug/m3	40ug/m3	21.00'C	67.90%	432ppm	5ppb
	7-0-3	502ug/m3	33ug/m3	42ug/m3	20.10'C	70.80%	453ppm	38ppb
	8-0-5	501ug/m3	30ug/m3	36ug/m3	26.80'C	51.30%	445ppm	88ppb
	9-0-6	504ug/m3	37ug/m3	47ug/m3	33.30'C	36.50%	435ppm	195ppb
	10-0-8	502ug/m3	31ug/m3	37ug/m3	35.70'C	32.10%	426ppm	296ppb
	11-0-6	527ug/m3	19ug/m3	20ug/m3	39.10'C	26.40%	413ppm	371ppb
	12-0-0	530ug/m3	7ug/m3	7ug/m3	41.20'C	22.20%	404ppm	461ppb
	13-0-5	548ug/m3	3ug/m3	4ug/m3	42.20'C	21.40%	398ppm	670ppb
	14-0-9	508ug/m3	5ug/m3	5ug/m3	35.20'C	28.60%	393ppm	156ppb
	15-0-2	500ug/m3	11ug/m3	12ug/m3	32.60'C	32.00%	395ppm	36ppb
	16-0-6	500ug/m3	13ug/m3	15ug/m3	31.50'C	37.10%	398ppm	26ppb
	17-0-0	14ug/m3	18ug/m3	2100ug/m	29.70'C	41.10%	404ppm	12ppb
	18-0-5	489ug/m3	28ug/m3	36ug/m3	28.20'C	46.60%	421ppm	40ppb
	19-0-3	503ug/m3	25ug/m3	27ug/m3	26.10'C	53.40%	426ppm	40ppb
	20-0-8	502ug/m3	27ug/m3	33ug/m3	25.00'C	55.90%	429ppm	9ppb
	21-0-8	511ug/m3	23ug/m3	27ug/m3	24.40'C	56.20%	422ppm	8ppb
	22-0-8	501ug/m3	26ug/m3	29ug/m3	24.20'C	56.50%	424ppm	9ppb

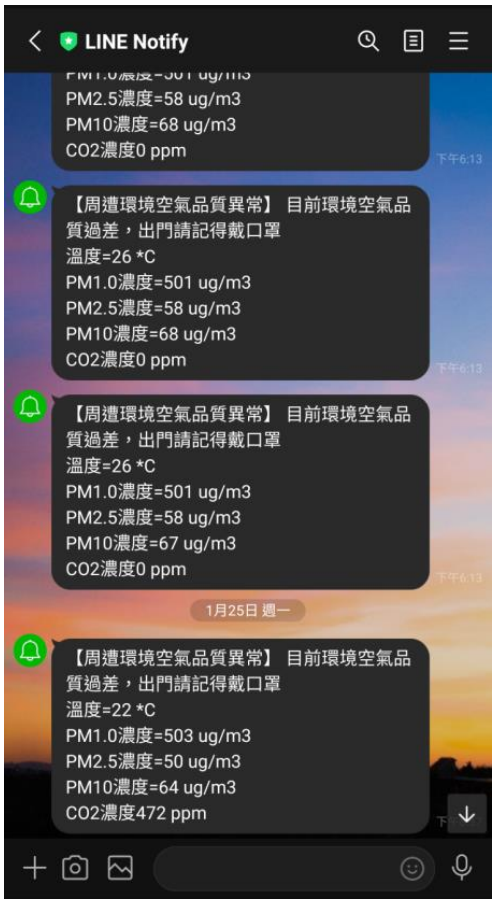
(三).將空氣盒子連線至 WiFi 就可透過 MQTT 協定在網站即 APP 上觀測即時數據網站觀測：

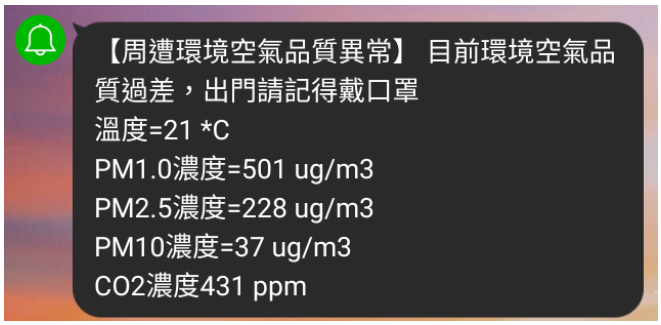


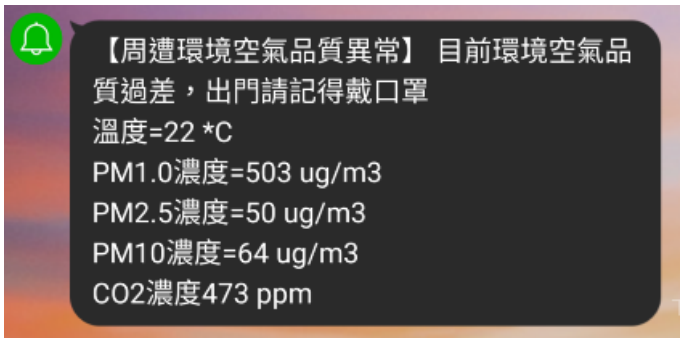
(四).手機 APP 監測: 方便使用者隨時觀測數據



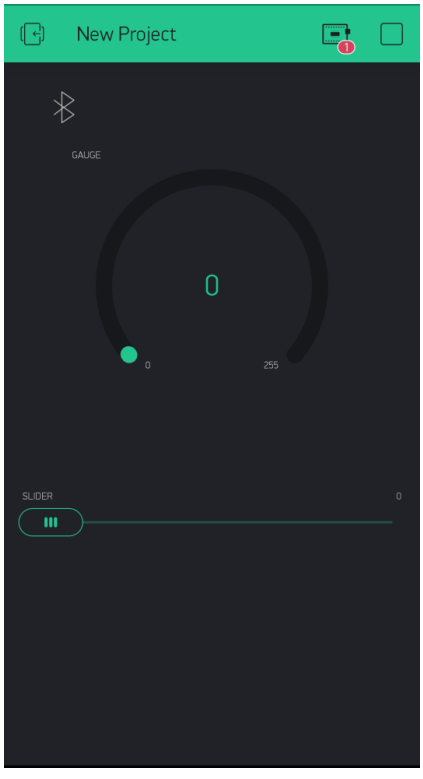
(五).連網後若是空氣品質過差則會傳 LINE 通知提醒:
LINE 傳送訊息裡包括 PM2.5、PM1.0、PM10、CO2 及溫度數值

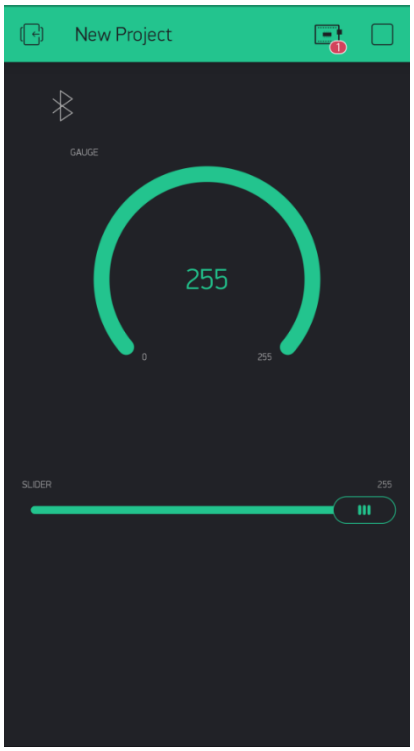






(六).當空氣品質不佳時，可利用手機遙控開啟或關閉，也可自行決定轉速





柒、結論

1. 就觀測的數據得知屏東縣 1 月的空氣品質較 12 月差。
2. 目前本實驗均為定點監測，未來希望可以將空氣盒子做得便於攜帶，以利隨時得知當下所處空間之空氣品質狀況。
3. 藉由 SD 卡可將數據儲存起來，以便於未來需要分析數據時使用。
4. 實驗空汙監測數據均能透過物聯網的方式投放至網路上以便他人參考。
5. 本研究目前所測試的地點及時間皆有限制，未來希望可擴大範圍以獲得更全面性的數據。

捌、參考資料

[1]行政院環境保護署-室內空氣品質資訊網 https://iaq.epa.gov.tw/indoorair/page/News_6_1.aspx

[2]二氧化碳對人體的影響-欣寶智慧環境 http://www.newgreentech.com.tw/news/detail/21

[3]JetAIR 空氣清淨機 DIY 開發全記 https://www.mobile01.com/topic detail.php?f=731&t=5346

[4]https://howtomechatronics.com/projects/diy-air-quality-monitor-pm2-5-co2-voc-ozone-temp-hum- arduino-meter

[5]環保署環境資料開放平台 https://opendata.epa.gov.tw/

[6] https://youyouyou.pixnet.net/blog/post/120275941%E7%AC%AC% E5%8D%81%E5%9B%9B%E7%AF%87esp32wifiserver%E7%B6%B2%E9%A0%81%E4% BC%BA% E6%9C%8D%E5%99%A8%28%E9%81%A0% E7%AB%AF%E6% BE%86%E8 %8A%B1

[7] https://howtomechatronics.com/projects/diy-air-quality-monitor-pm2-5-co2-voc-ozone-temp-hum- arduino-meter/

[8]https://hackmd.io/dI3JbO9mSf6bkMMV2eXn0w?view&fbclid=IwAR1nPBsdCpmnPcZAQe8AODstxpF-5LyBfQUp5QbKcT1gPvoHJn-513O050E#2-HTPPSRedirectcpp-%E9%83%A8% E5%88%86

[9] https://randomnerdtutorials.com/esp8266-weather-forecaster/

[10] https://roboindia.com/tutorials/nodemcu-weather-station-arduino/

[11] https://youtu.be/dg5AGauOW7Y

[12] 圖(1)擷取自 http://www.jsene.com/Tainan_EPB/IA Q/custfiles/files/105%E5%B9%B4%E5%BA% A6IAQ%E8%AA%AA%E6%98%8E%E6%9C%83%E7%B0%A1%E5% A0%B1%E5%A E%A4% E5%85%A7%E7%A9%BA%E6%B0%A3%E5%93%81%E8% B3%AA%E6%B1%A1%E6%9F%E6%A4%8D%E6%A0%BD%E5%AE%A3%E5%B0%8E(%E8%A8%B1%E8%80%81%E5%B8%AB)-%E7%A2%BA%E5%AE%9A.pdf