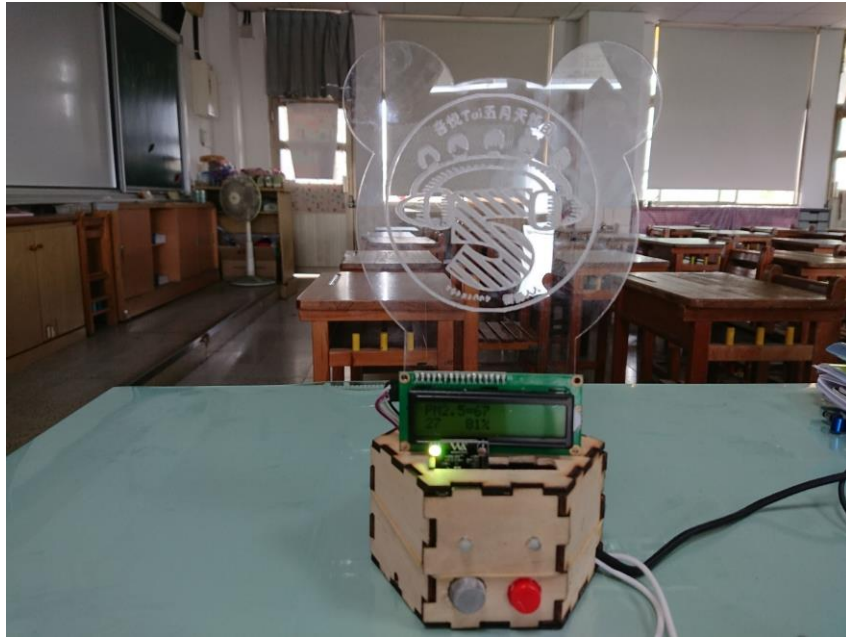


# 嘉義市第三十八屆中小學科學展覽會

## 作品說明書



科別：生活與應用科學科(一)

組別：國小組

作品名稱：歡迎光臨小清新--教室環境智慧監  
控警示系統

關鍵詞：照度、空氣品質、Arduino

編號：

## 摘要：

我們嘗試結合免費、易取得且操作簡單之網站及應用程式，開發一套遠距自動監控教室環境系統。首先，選用操作簡單的 Webduino 裝置連接感測器，偵測對教室學習環境常造困擾的四項環境變因——空氣溫度、光照度、二氧化碳濃度值及PM2.5濃度值，利用 Wi-Fi 將測得數值傳至免費的 Google 表單，作為雲端資料庫。測得的環境數值在經過 Arduino 裝置判斷後，透過液晶螢幕、蜂鳴器、LED燈等發出警示訊息，可以透過發射紅外線遙控器訊號開啟空氣清淨機，或者是自動啟動繼電器的電扇電源等措施來應對調節異常環境變因，有即時監控警示的功能

本研究目的在建立教室空氣品質與照度警示系統：

1. 利用感測器測得環境狀況，當數值超出警戒範圍，自動做出應對措施(例如開啟電風扇)調節環境。
2. 不同的環境感測器可以用來監控教室環境，當數值超出警戒值時發出警示，或藉由繼電器開關電器電源調節異常之環境數值。
3. 雲端同步儲存測得環境數值，並作出教室環境歷史大數據。

以「低成本」、「操作簡便」為方向，使用Arduino裝置檢測作物環境的「空氣溫濕度」、「光照度」、「PM2.5數值」和「二氧化碳數值」；Google表單儲存測得數值；預期此系統可以即時偵測出並顯示教室的溫度、照明度與空氣品質情形，進而適時發出警示，提醒學生做出應對措施，減少人為反應的時間延遲，讓教室環境更適合學生學習，降低空氣品質污染的危害。

## 壹、研究動機：

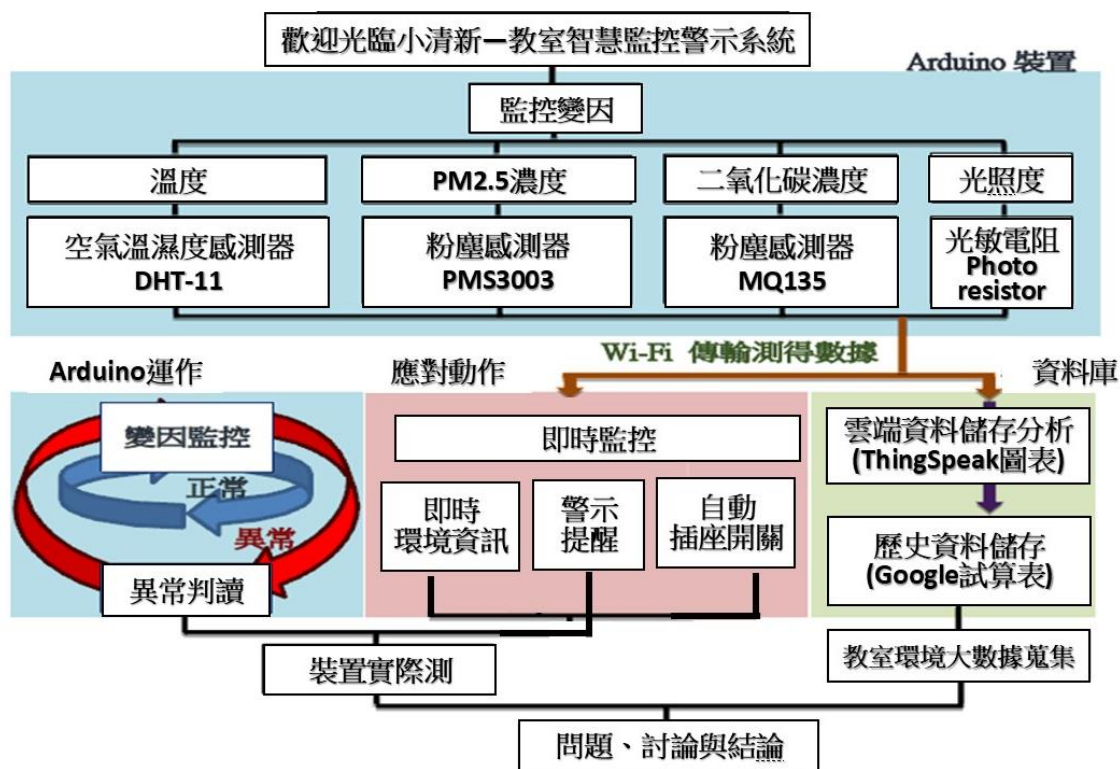
隨著臺灣空污問題越來越嚴重，我們常在電視新聞中看到「紫爆」了！尤其在秋冬季節，總是會聽到班級有些同學開始咳嗽，接著學校廣播就會傳來-現在空氣品質不好，請戴上口罩；然而有時候因為天氣冷，教室門窗都緊閉，幾節課下來，卻發現大部分同學精神不繼，甚至出現頭暈、疲倦、注意力開始不集中等現象等情形，在詢問老師以後，才知道原來是教室的二氧化碳太高的原因。因此，我們在想如果教室裡就有一個可以偵測空氣品質的自動監控系統，即時提醒我們細懸浮微粒或二氧化碳太高，讓我們可以馬上做出開關窗戶或戴上口罩等自我防護動作，那不是太棒了嗎？

另外，我們也發現教室的光線有時候太亮，窗簾長要協助拉窗簾，有時候太暗，電燈長幫忙開關燈，他們每天都重複著單調繁瑣的服務工作，但卻又常常被同學抱怨太慢開燈、開扇，真是吃力不討好的工作，因此我們希望：這一套教室環境自動監控系統，除了可以偵測空氣以外，也能即時監控教室的光線環境，如此一來，就可以大大減輕同學們的壓力。

由於學校五年級的時候，電腦課老師曾經介紹過SCRATCH積木程式軟體，因此為了方便容易上手，我們在本研究中採用了能用積木程式來編寫控制程式的單晶片控制器Webduino作為控制面板，在教室裡放置感測器及繼電器，ThingSpeak圖表及Google表單分別獨立接收測得資料。不同的環境感測器可以用來監控教室環境，繼電器則藉由開關電器電源調節異常之環境數值，應用程式可以讓老師遠距即時監控教室環境，Google表單則可以作為雲端資料庫儲存歷史資料，做為學校在改善教室設備或制定空污防治辦法時的參考大數據。

## 貳、研究目的：

### 一、研究流程圖



## 二、研究目的

我們嘗試結合免費、易取得且操作簡單之網站及應用程式，開發一套自動監控教室環境系統。首先，選用操作簡單的 Webduino 裝置連接感測器，偵測對教室學習環境常造困擾的四項環境變因—空氣溫度、光照度、二氧化碳濃度值及PM2.5濃度值，利用 Wi-Fi 將測得數值 傳至免費的 Google 表單，作為雲端資料庫。測得的環境數值在經過 Arduino 裝置判斷後，透過液晶螢幕、蜂鳴器、LED燈等發出警示訊息，可以透過發射紅外線遙控器訊號開啟空氣清淨機，或者是自動啟動繼電器的電扇電源等措施來應對調節異常環境變因，有即時監控警示的功能。

### (一) 監控警示系統

#### 1. 感測器控制面板(Arduino 開發板)

(1) 連接感測器，測量當下「空氣溫度」、「空氣濕度」、「光照度」、「二氧化碳濃度」及「PM2.5濃度」；連接液晶顯示器，顯示當下測得之環境數值。

(2) 當測到環境數值不合最適學生學習範圍時，作出應對警示動作，直到環境變因回歸本實驗模組設定的正常數值。

#### 2. 即時監控

(1) 依據不同教室環境變因情形，給出不同的適合學生學習範圍，當測得之環境數值超出範圍時，亮紅燈並發出提醒(警示燈、提醒音)。或是透過液晶螢幕顯示當下測得之環境數值。

(2) 透過ThingSpeak平台，我們可以網頁即時觀察瞭解即時二氧化碳濃度折線圖。

### (二) 資料庫歷史資料儲存

1. Google網站：接收測得之環境數值並轉傳至Google表單儲存。

2. ThingSpeak平台：接收測得的二氧化碳環境數值，並即時以折線圖呈現顯示，也可以將歷史資料下載儲存到個人電腦中。

## 參、研究設備及器材

- |                  |                  |                  |
|------------------|------------------|------------------|
| 1. ArduinoWeMos板 | 2. 液晶顯示器2x16 LCD | 3. 空氣溫濕度感測器DHT11 |
| 4. 麵包板           | 5. 杜邦接頭          | 6. 市售檢測儀         |
| 7. 光敏電阻          | 8. 蜂鳴器           | 9. PMS3003粉塵感測器  |
| 10. 二氧化碳感測器      | 11. 繼電器          | 12. 風扇           |
| 13. 紅外線遙控器       | 14. 照度計          |                  |

## 肆、研究過程或方法

### 一、實驗步驟

#### 實驗【一】文獻探討

##### (一)空氣品質指標

空氣品質指標為依據監測資料將當日空氣中臭氧(O<sub>3</sub>)、細懸浮微粒(PM<sub>2.5</sub>)、懸浮微粒 (PM<sub>10</sub>)、一氧化碳(CO)、二氧化硫(SO<sub>2</sub>)及二氧化氮(NO<sub>2</sub>)濃度等數值，以其對人體健康的影響程度，分別換算出不同污染物之副指標值，再以當日各副指標之最大值為該測站當日之空氣品質指標值(AQI)。

空氣品質指標的預報結果在每日的上午10時30分、下午4時30分及晚間10時上發布並公告環保署網站，換言之，學校每天早上的空品旗就是依據前一日晚間的發布結果來升空品旗，早上上午10時30分時學務處的老師會再依據新的預報結果來升第二次的空品旗，這對我們距升空品旗較遠的教室來說十分不方便，因此，在教室裡設置即時的空氣品質指標警示裝置來提醒我們，的確有其必要性與實用性。

表(一)空氣品質指標(AQI)對健康影響與活動建議 (資料來源：行政院環保署網站)

空氣品質指標(AQI)	0~50	51~100	101~150	151~200	201~300	301~500
對健康影響與	良好	普通	對敏感族群不健康	對所有族群不健康	非常不健康	危害
狀態色塊	綠	黃	橘	紅	紫	褐紅
對學生活動建議	正常戶外活動。	正常戶外活動。	學生仍可進行戶外活動，但建議減少長時間劇烈運動。	學生應避免長時間劇烈運動，進行其他戶外活動時應增加休息時間。	學生應立即停止戶外活動，並將課程調整於室內進行。	學生應立即停止戶外活動，並將課程調整於室內進行。

##### (二)細懸浮微粒指數

Particulate Matter細懸浮微粒（簡稱PM<sub>2.5</sub>），是指懸浮在空氣中氣動粒徑小於或等於2.5 μm（約為人類髮徑1/28）的粒子，PM<sub>2.5</sub>來源可分為：

1. 自然界產生源：包含火山爆發、地殼岩石、塵灰、海鹽懸浮微粒等。
2. 人類行為產生之原生性微粒：火力發電廠、石化工廠、一般工廠燃燒所產生，包括重金屬、戴奧辛、多環芳香烴、及柴油車燃燒不完全的有機碳。
3. 人類行為產生之衍生性微粒：工廠、汽機車、石化業排放之硫氧化物、氮氧化物或有機碳化合物，受日光照射後所產生的硫酸鹽、硝酸鹽及有機碳等細懸浮微粒。

PM<sub>2.5</sub>經由鼻、咽、喉進入人體沉積於肺部組織中，對人體呼吸系統造成危害。短期暴露有可能會罹患心血管疾病，長期暴露更可能造成的罹病風險包括：過敏、氣喘、肺氣腫、肺癌、心血管疾病、肝癌、血液疾病、嬰兒早產等。根據台大公衛學院的研究，每年約有 8600 人因暴露 PM<sub>2.5</sub> 被奪走性命，PM<sub>2.5</sub> 在台灣國人死亡負擔重要危險因子中，排名名列第四。

表(二)細懸浮微粒 (PM<sub>2.5</sub>) 對健康影響與活動建議 (資料來源：行政院環保署網站)

PM <sub>2.5</sub> (μg/m <sup>3</sup> ) 24小時平均值	0.0 - 15.4	15.5 - 35.4	35.5 - 54.4	54.5 - 150.4	150.5 - 250.4	250.5 - 500.4
對健康影響與活動建議	良好	普通	對敏感族群不健康	對所有族群不健康	非常不健康	危害
狀態色塊	綠	黃	橘	紅	紫	褐紅
人體健康影響	空氣品質為良好，污染程度低或無污染。	空氣品質普通；但對非常少數之極敏感族群產生輕微影響。	空氣污染物可能會對敏感族群的健康造成影響，但是對一般大眾的影響不明顯。	對所有人的健康開始產生影響，對於敏感族群可能產生較嚴重的健康影響。	健康警報：所有人都可能產生較嚴重的健康影響。	健康威脅達到緊急，所有人都可能受到影響。

### (三) 二氧化碳濃度

二氧化碳是大氣組成的一部分，室外平均濃度約在350-400 ppm之間，然而在通風不良或密閉的環境下，例如辦公室或學校教室，二氧化碳濃度隨著室內人數及所待時間增長，常常超過1000 ppm，甚至會高達3000 ppm。許多文獻都顯示長時間處於高二氧化碳濃度的環境中，不僅會影響一個人的精力，也影響其作出正確決策和思考能力，容易使人產生頭痛、嗜睡、反射減退、倦怠等症狀，降低工作效率，甚至會對身體健康產生危害。101年環保署「空氣品質管理法」中的「室內空氣品質標準」更明白指出「室內二氧化碳濃度」8小時平均濃度不可超過小時平均濃度不可超過 1000 ppm。

表(三) 室內二氧化碳對人體生理反應

濃度(ppm)	生理反應
350~450	同一般室外環境
450~1000	空氣清新，呼吸順暢
1000~2000	感覺空氣渾濁，並開始覺得昏昏欲睡
2000~5000	感覺頭痛、嗜睡、呆滯、注意力無法集中、心跳加速、輕度噁心
>5000 ppm	可能導致嚴重缺氧，造成永久性腦損傷、昏迷

考量我們一天在學校的讀書時間長達九小時，尤其在冬天時氣候寒冷，我們常緊閉教室門窗，造成空氣不流通，教室內空氣悶悶的，上起課來讓我們容易想睡覺，因此，透過本實驗我們想試著製作一個當二氧化碳濃度過高時，可以適時提醒開窗讓空氣流通的裝置。

### (四) 教室照明

依據經濟部標準檢驗局「照度國家標準」規範，教室照度為350~500 lux、黑板照度為500~750 lux，教學空間應確保適當的桌面照度及黑板面照度，避免反光、眩光、刺眼、室內照度要均勻，電扇與燈具應保持適當距離等；另白板標準比照黑板。適當的照明可以讓我們閱讀更加舒適，可是太暗和太亮的光線會傷害眼睛，教育部訂定有教室適合閱讀照明標準，然而教室光線是動態的，不同時間照度不同，如果能在教室裡裝設照度偵測器，教室裡的老師和學生才能隨時掌握光線變化。

表(四) 經濟部「照度國家標準」(CNS12112-室內工作場所照明)規範

作業種類	教室名稱	桌面照度(LUX)	地板面照度(LUX)	黑板面照度(LUX)
極精細作業	製圖教室、縫紉教室	750	--	500
精細作業	普通教室、實驗教室、電腦教室、自然教室、社會教室、美術教室、工藝教室、家政教室、會計教室、英打教室、視聽教室、語言教室、攝影教室、餐飲教室、音樂教室	350~500	--	500~750
普通作業	舞蹈教室	--	300	500

## 實驗【二】空氣品質指標警示模組設計




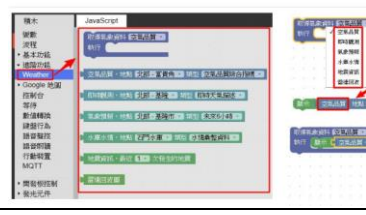

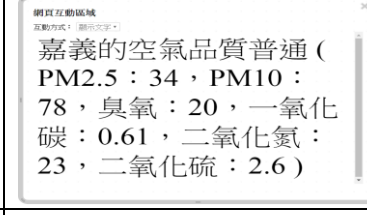
由於學校的空品旗設置在操場旁的升旗台，離我們教學大樓有點遠，目視無法直接看到，所以每天都要請空品長大老遠跑去操場看今天的空品旗等級，很費時間，因此，我們希望利用中央氣象局取得即時氣象、空氣品質等開放資料，讓本系統就可以具有空氣品質指標預報警示功能，達到省時又及時的目的是。

### (一)實驗方法

1. 進行Webduino開發板的初始化設定，以便讓Webduino開發板可以自動上網。

		
接上usb線為開發板提供電力	輸入預設密碼進行連線	設定 Wi-Fi 帳號密碼與名稱
		
設定 Wi-Fi 熱點的帳號密碼	和區域網路連線後綠燈亮起	取得IP後, 就可連線控制了

2. 利用Webduino雲端平台進行警示模組的積木程式設計

		
註冊並登入程式專屬網站	點選BLOCKLY積木程式界面	利用裝置管理功能管理開發板
		
新增氣象資料的自訂積木	進行警示模組的積木設計	網頁互動區裡顯示運行結果






3. 透過Webduino開發板的「語音朗讀」功能，以按鍵開關為觸發條件，進行空氣品質語音播報模組的程式積木設計。

		
開啟語音朗讀功能積木	進行語音模組程式積木設計	開啟音量即可進行語音報讀

4. 利用警示模組進行不同時間測試，同時把結果記錄下來。

## (二)實驗結果

表(五) 本實驗空氣品質預報模組實地測試顯示結果表

	108/11/11 07:30陰天	108/11/12 07:30晴天	108/11/13 07:30晴天	108/11/14 07:30晴天	108/11/15 07:30晴天
環保署空氣品質指標(AQI)					
本預報模組顯示結果	普通	對所有族群不健康	對敏感族群不健康	對敏感族群不健康	對所有族群不健康
是否一致	是	是	是	是	是

## (三)討論

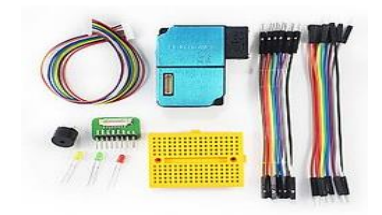

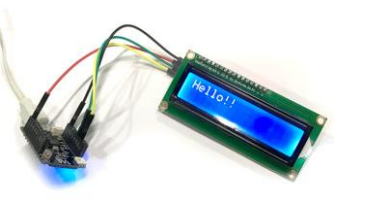
1. 經實驗結果表(五)顯示，本模組的顯示結果均與環保署的即時空氣品質指標(AQI)值一致，因此，本警示模組具有提供空氣品質指標預報警示功能。
2. 由於本實驗希望可以瞭解完整的空氣品質資料，包涵文字和數據，不是單一氣體的偵測質如PM2.5:34，除了使用不同燈號顏色來顯示空氣品質情形，在和老師討論後，我們發現可以利用Webduino開發板的語音朗讀功能，來進行播報今日空氣品質情形。
3. 我們發現政府開放資料平台裡還有許多開放資料，如即時氣象、天氣預報、地震資訊、水庫水情和雷達回波圖...等常用資訊，透過這些資訊搭配物聯網的實作，更能落實生活資訊的有效應用。

## 實驗【三】PM2.5偵測警示模組設計

根據許多文獻中，我們知道細懸浮微粒是在空氣中飄散的極微小的顆粒物質，近年來許多流行病理學研究已確立PM2.5對於健康造成影響，因此，本實驗透過Webduino連結PM2.5粉塵感測器，來偵測教室裡周遭的環境空氣品質，希望發揮及時警示效果並自動啟動空氣清淨機作出因應空污的作為。

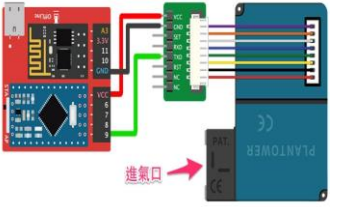


### (一)實驗方法

1. 準備Webduino板、麵包板、杜邦線、PMS3003粉塵感測器、LCD 液晶顯示器等材料，並進行模組電路配置的設計與繪製。




		
本偵測模組使用的相關材料	根據腳位接上麵包板和開發板	接上LCD 螢幕方更記錄

2. 依據模組電路設計線路配置圖進行組裝，接線很簡單，將粉塵感測器PMS3003轉接板的 VCC 接在開發板的VCC，GND 接 GND，TX 接在數字5的腳位。( Smart 接線請使用、12、13、14、15 這五個腳位 )
3. 利用Webduino雲端平台進行警示模組的積木程式設計。

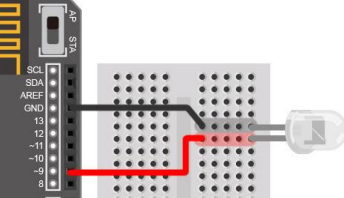


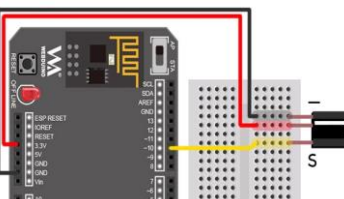




		
繪製模組電路設計配置圖	進行警示模組的積木設計	測試顯示器是否正常顯示

4. 雖然本模組有LCD 液晶顯示器可即時顯示PM2.5空氣品質，但為了讓教室後方的同學不用走到前方，也可以清楚地瞭解空氣品質，本模組加上LED顯示燈號，依據環保署的「PM2.5指標對照表與活動建議」表分類，分為綠燈(PM2.5濃度小於35)、黃燈(PM2.5濃度大於35且小於54)、紅燈(PM2.5濃度大於54且小於150)、紫燈(PM2.5濃度大於150且小於250)、褐燈(PM2.5濃度大250)五個等級。

		
環保署「PM2.5指標對照表與活動建議」表	進行LED燈對燈色的積木設計	測試LED燈是否正常顯示

- 為了能夠讓清淨機能夠自動啟動，我們首先透過Webduino紅外線接收模組功能取得清靜機的遙控器按鈕訊號號碼。
- 接著我們先透過Webduino紅外線發射模組，將遙控器各個功能按鈕的訊號號碼，透過積木程式編寫本模組的紅外線自動啟功能程式。

		
將紅外線接收器的訊號腳連接至開發板10號腳位	編寫紅外線接收積木程式	記錄紅外線遙控器上各個功能按鈕的發射訊號
		
將紅外線發射器的訊號腳連接至開發板9號腳位	透過積木設計，針對不同空污等級，讓本模組自動發射遙控器功能按鈕訊號號碼	測試空氣清淨機是否能夠正常啟動

- 利用環保署網站、市售PM2.5測量儀和本實驗模組進行本模組的測量校準。
- 利用本實驗偵測警示模組於校園內不同時間及地點測試，同時記錄結果。
- 利用線香於密閉教室內產生不同PM2.5濃度，觀察空氣清淨機啟動後PM2.5濃度的降低情形。

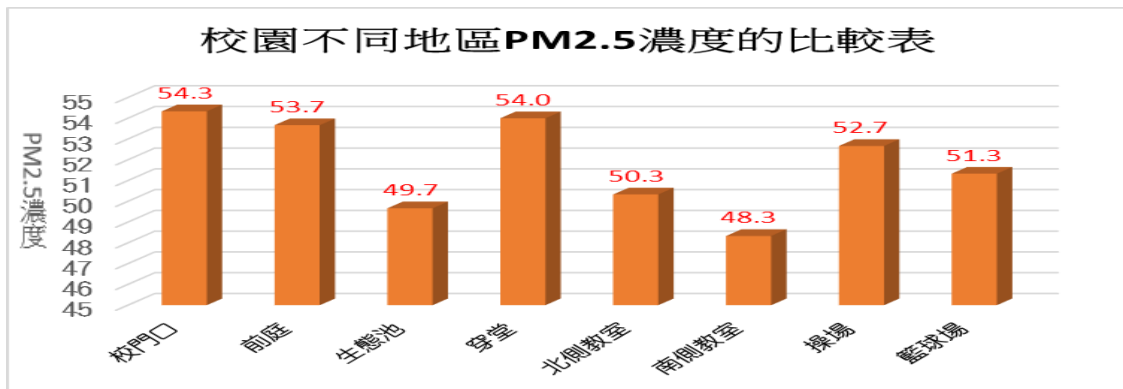
## (二)實驗結果

表(六) PM2.5濃度偵測模組測試顯示結果表

日期	108/12/10 13:00雨天	108/12/11 13:00晴天	108/12/12 13:00陰天	108/12/13 13:00晴天	108/12/14 13:00晴天
PM2.5數據					
環保署空氣品質指標	16	49	33	43	38
市售偵測儀(TESS5321)	19	63	46	54	52
本實驗模組(PMS3003)	19	61	45	53	49
是否一致(儀器誤差範圍 內 $\pm 5\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	是	是	是	是	是

表(七)校園不同地區PM2.5濃度比較表(單位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

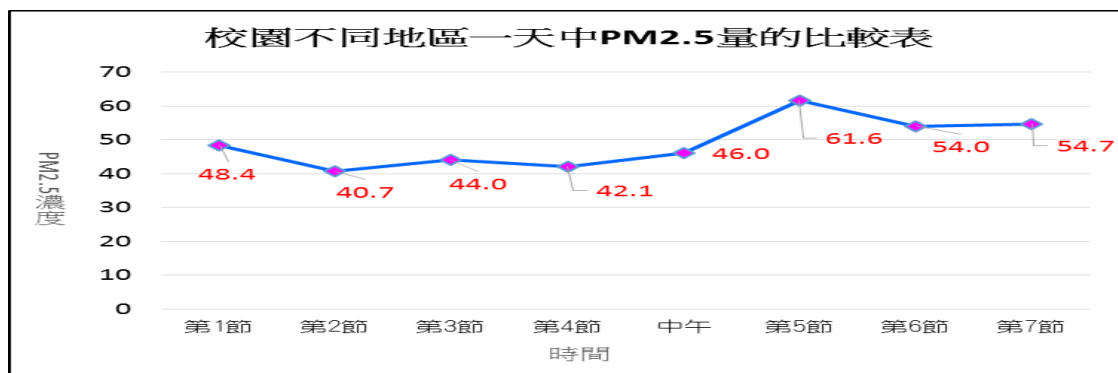
地點	校門口	前庭廣場	生態池	穿堂	北側教室	南側教室	操場	籃球場
第一天午休	52	51	48	52	47	45	50	49
第二天午休	49	48	45	48	44	43	47	46
第三天午休	62	62	56	62	60	57	61	59
平均	54.3	53.7	49.7	54.0	50.3	48.3	52.7	51.3



圖(二) PM2.5 校園不同地區 PM2.5 濃度比較

表(八)校園不同地區一天中PM2.5濃度比較表(單位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

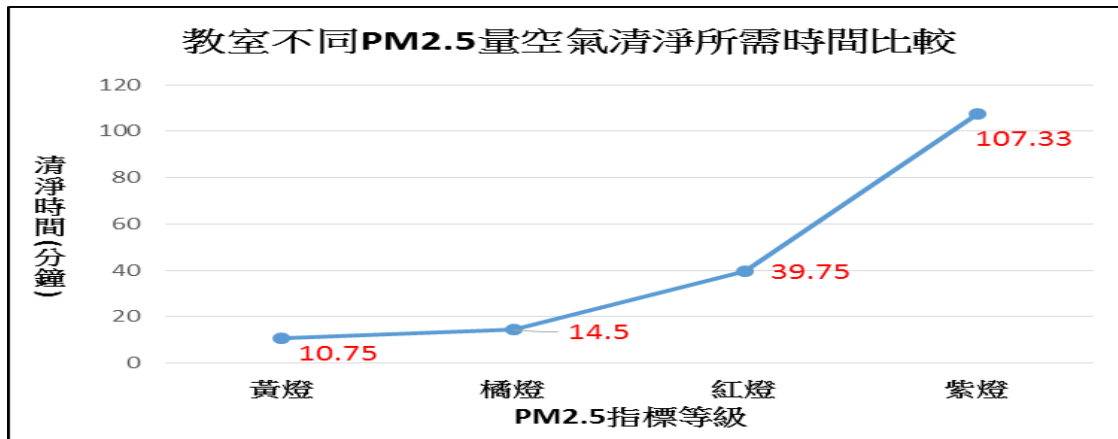
	第1節 08:40	第2節 09:30	第3節 10:30	第4節 11:20	午休 12:40	第5節 13:40	第6節 14:30	第7節 15:20
校門口	53	41	46	42	47	69	54	57
前庭	52	39	45	41	46	67	54	57
生態池	48	40	42	41	44	53	53	53
大觀園	47	40	40	39	43	53	52	52
教室	45	39	44	42	47	55	54	53
操場	47	44	46	47	48	67	56	56
籃球場	47	42	45	43	47	67	55	55
平均	48.4	40.7	44.0	42.1	46.0	61.6	54.0	54.7



圖(三) PM2.5 校園不同地區一天中 PM2.5 濃度比較

表(九)教室不同PM2.5量空氣清淨所需時間比較

指標等級	黃燈 (普通)	橘燈 (對敏感族群不健康)	紅燈 (對所有族群不健康)	紫燈 (非常不健康)
PM2.5濃度	25	45	100	200
時間(室內PM2.5 降至15以下所需 時間)	10' 45"	14' 23"	39' 40"	107' 20"



圖(四) PM2.5 不同 PM2.5 量空氣清淨所需時間比較

### (三) 討論

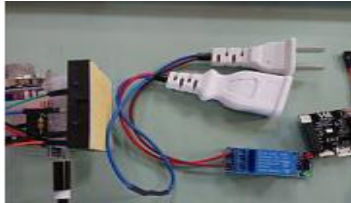
1. 經實驗結果表(六)顯示,本偵測模組與市售PM2.5空氣偵測儀(TES-5321)的偵測數據值均在市售PM2.5空氣偵測儀說明書中的誤差範圍值內,因此,本警示模組具有偵測PM2.5空氣品質功能並能顯示出相對應的空品警示燈號。
2. 從實驗結果表(七)結果顯示,就校園不同地區PM2.5量的比較而言,校門口>穿堂>前庭廣場>操場>籃球場>北側教室>生態池>南側教室。
4. 從實驗結果表(八)結果顯示,就校園不同地區PM2.5量的比較而言,第五節>第六節>第七節>第一節>午休>第三節>第四節>第二節。
5. 實驗結果表(九)顯示,教室不同PM2.5濃度空氣清淨至清淨等級( $<15\mu\text{g}/\text{m}^3$ )所需時間由長至短而言,紫燈>紅燈>橘燈>黃燈,而且污染濃度越高所需要的時間成非等比倍數增加,由此可知,當空污來臨時,及早進行空氣清淨,不僅可減少學生暴露時間,也可減少清淨機運轉的時間,減少電力消耗。
6. 從表(六)結果中,我們發現環保署嘉義測站的PM2.5值都要比本實驗偵測儀來的低許多,在查閱相關文獻後,我們發現嘉義測站屬於一般測站,設置高度位於3-15公尺,因此,我們推測這個現象可能與測量點的高度不一樣有關係。
7. 從表(七)結果中,比較靠近馬路的校門和前庭PM2.5值最高,而鄰近植物數量較多的生態池和教室的PM2.5值最低,因此,我們推測這和馬路邊移動污染源較多可能有關,而教室和生態池位於大型植物較多的中庭大觀園旁,較多的植物可能有助於降低PM2.5。另外,我們也發現北側教室PM2.5值高於南側教室測值,經過實地勘查與討論,我們推測這與實驗期間屬秋冬季節,北側教室為迎風面,南側教室為背風面有關,而位於二棟大樓間的中央穿堂也可能是因為位於迎風面狹風處,而出現很高的PM2.5測值。
8. 從表(八)結果中顯示所有得區域在下午1時開始到下午4時,都是PM2.5值較高的時候。故就各區的PM2.5值變化來看,前庭區和活動區應在早上進行戶外活動,中庭區的生態池和大觀園則是下午下課時間的較適合學生活動地點。

## 實驗【四】二氧化碳濃度偵測警示模組設計

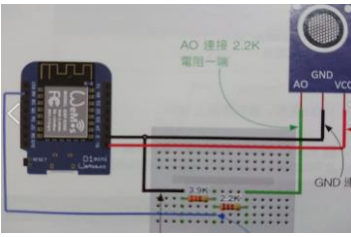
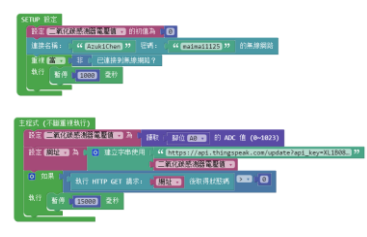
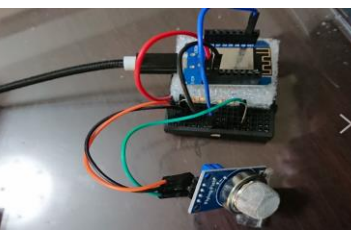
教室裡過高的二氧化碳濃度不僅會影響學生的注意力和思考能力，長期下來甚至會對身體健康產生危害。因此，我們希望本模組的設計來達到正確偵測室內二氧化碳濃度情形，即時發出警示訊息，並能夠自動打開開風扇，加速空氣流通，直到室內二氧化碳濃度降到正常值的時候，風扇便自動停止。

### (一)實驗方法


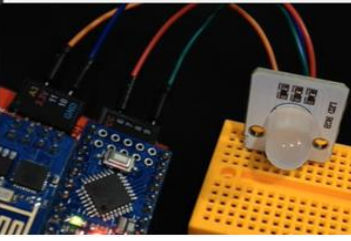
1. 準備Webduino板、麵包板、杜邦線、二氧化碳感測器、繼電器、風扇、蜂鳴器、LED 燈等材料，並進行模組電路配置的設計與繪製。

		
本偵測模組使用的相關材料	將電阻接於訊號線和開發板間	連接繼電器與開發板

2. 依據模組電路設計線路配置圖進行組裝，並進行警示模組的積木程式設計。

		
繪製模組電路設計配置圖	進行警示模組的積木設計	接上電源測試偵測器是否正常

3. 為了讓教室師生可以清楚地瞭解室內二氧化碳濃度情形，本模組加上LED顯示燈號，依據環保署的「室內空氣品質標準」，CO2濃度分為綠燈(<450ppm)、藍燈(450~1000ppm)、紅燈(1000~2000ppm)、紫燈(>2000ppm)四個等級警示。

<table border="1"> <thead> <tr> <th>濃度(ppm)</th> <th>生理反應</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>350~450</td> <td>同一般室外環境</td> </tr> <tr> <td>450~1000</td> <td>空氣清新，呼吸順暢</td> </tr> <tr> <td>1000~2000</td> <td>感覺空氣渾濁，並開始覺得昏昏欲睡</td> </tr> <tr> <td>2000~5000</td> <td>感覺頭痛、嗜睡、呆滯、注意力無法集中、心跳加速、輕度噁心</td> </tr> <tr> <td>&gt;5000 ppm</td> <td>可能導致嚴重缺氧，造成永久性腦損傷、昏迷</td> </tr> </tbody> </table>	濃度(ppm)	生理反應	350~450	同一般室外環境	450~1000	空氣清新，呼吸順暢	1000~2000	感覺空氣渾濁，並開始覺得昏昏欲睡	2000~5000	感覺頭痛、嗜睡、呆滯、注意力無法集中、心跳加速、輕度噁心	>5000 ppm	可能導致嚴重缺氧，造成永久性腦損傷、昏迷		
濃度(ppm)	生理反應													
350~450	同一般室外環境													
450~1000	空氣清新，呼吸順暢													
1000~2000	感覺空氣渾濁，並開始覺得昏昏欲睡													
2000~5000	感覺頭痛、嗜睡、呆滯、注意力無法集中、心跳加速、輕度噁心													
>5000 ppm	可能導致嚴重缺氧，造成永久性腦損傷、昏迷													
環保署室內空氣品質標準	進行LED燈對燈色的積木設計	測試LED燈是否正常顯示												

5. 利用電源開關盒和繼電器模組製作智慧插座，讓本模組偵測到CO2濃度過高時，便自動開啟風扇電源以加速空氣流通。

		
繪製智慧插座模組電路設計配置圖	進行智慧插座接線和組裝	接上電源測試繼電器是否正常運作

6. 利用警示模組測試探討密閉教室內有無學生上課，對二氧化碳濃度變化影

響。

7. 利用警示模組進行測試，探討開窗教室內有無學生上課，對二氧化碳濃度變化的影響，並記錄結果。
8. 將步驟6及步驟7的所測量到的數據製作觀察記錄表。探討密閉教室二氧化碳濃度與溫度之關係，並記錄結果。
9. 開啟警示模組智慧插座功能，探討密閉教室一堂課後，分別以「開窗通風」和「開窗+風扇通風」二種方式，觀察二氧化碳濃度變化的情形，並記錄結果。

## (二)實驗結果

表(十)一般教室密閉及開窗後 CO2 濃度及溫度變化表

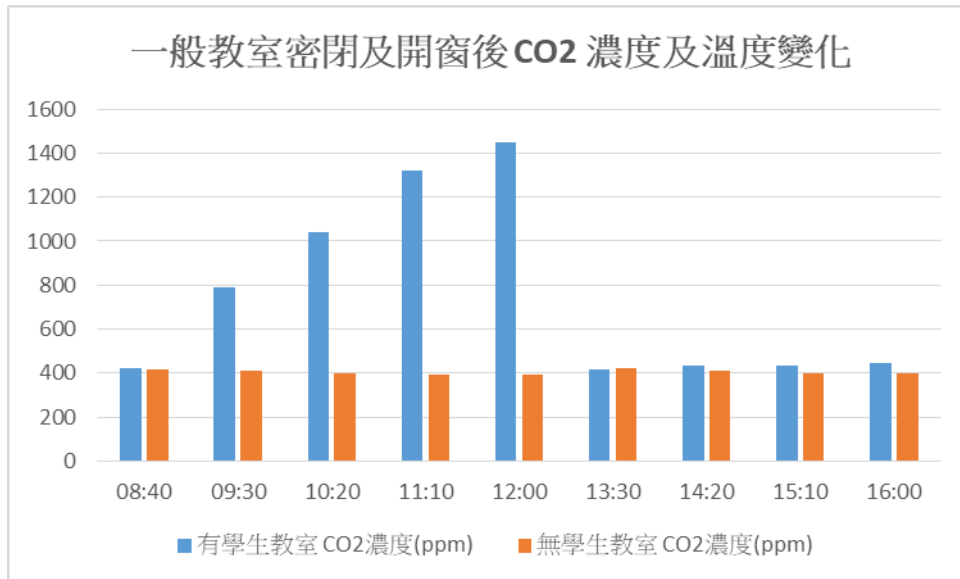
	時間	有學生教室	無學生教室
		CO2 濃度(ppm)	CO2 濃度(ppm)
密閉 	08:40	424	417
	09:30	790	409
	10:20	1039	398
	11:10	1320	392
	12:00	1451	391
開窗 	13:30	415	420
	14:20	434	409
	15:10	436	397
	16:00	446	397

表(十一) 密閉教室有無學生上課溫度變化表

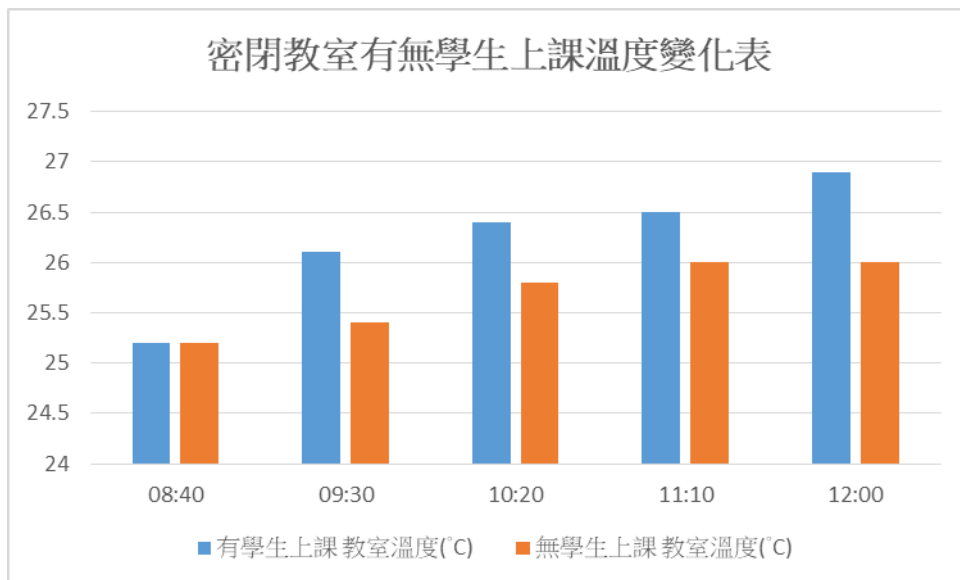
	時間	有學生上課 教室溫度(°C)	無學生上課 教室溫度(°C)
密閉	08:40	25.2	25.2
	09:30	26.1	25.4
	10:20	26.4	25.8
	11:10	26.5	26.0
	12:00	26.9	26.0
上升度數		1.7	0.8
上升幅度		6.74%	3.17%

表(十二)有無人工排風密閉教室二氧化碳濃度變化表

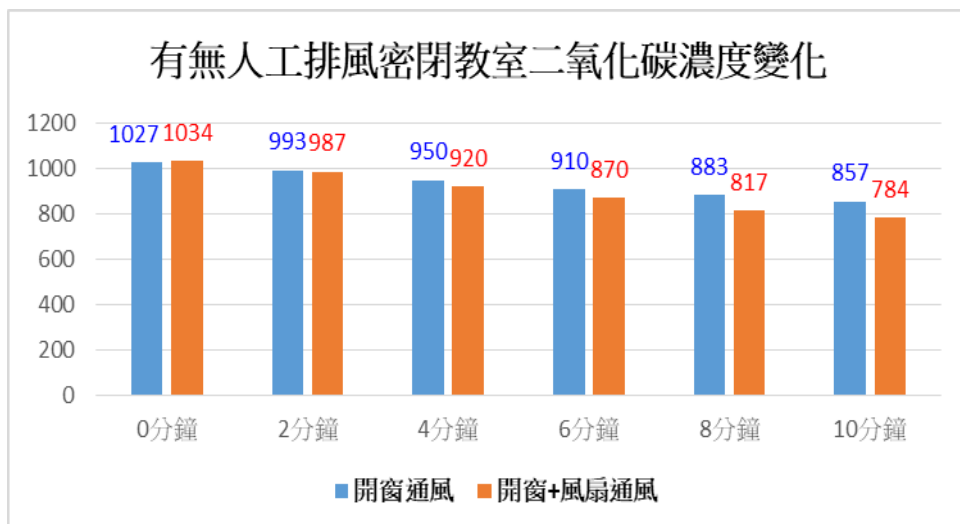
CO2濃度 ppm 時間	開窗通風				開窗+風扇通風			
	第1次	第2次	第3次	平均	第1次	第2次	第3次	平均
0分鐘	1040	1039	1001	1027	1032	987	1062	1034
2分鐘	1000	1019	961	993	992	927	1042	987
4分鐘	960	989	901	950	932	827	1002	920
6分鐘	920	949	861	910	882	787	942	870
8分鐘	880	929	841	883	822	747	882	817
10分鐘	860	889	821	857	782	727	842	784



圖(五) 有無學生上課密閉教室二氧化碳濃度變化情形



圖(六) 有無學生上課開窗教室二氧化碳濃度變化情形



圖(七) 有無人工排風密閉教室二氧化碳濃度變化情形

### (三)討論

1. 由表(十)實驗結果得知，在有學生上課的密閉教室裡，CO<sub>2</sub>濃度從421ppm，上升至 1837ppm，並持續發出超標警告鈴聲，上課師生均表示空氣悶悶的，有悶熱不舒服的感覺。
2. 開窗後空氣流通，CO<sub>2</sub>濃度也逐漸降低，無論是密閉或開窗教室，有學生上課的教室CO<sub>2</sub>濃度均高於無學生上課教室的 CO<sub>2</sub>濃度，說明學生呼出的 CO<sub>2</sub>使教室的CO<sub>2</sub>濃度升高。
3. 由表(十一)所示，在密閉教室內經過3.5小時後，有學生上課教室溫度上升的度數為1.5℃，上升幅度為6.66%，無學生上課教室溫度上升的度數為0.9℃，上升幅度為4.1%，我們推測這是學生呼出的CO<sub>2</sub>使密閉教室的溫度升高。
4. 從表(十二)得知，就二氧化碳濃度下降情形而言，「開窗+風扇通風」>「開窗通風」，本模組自動開啟風扇電源加速通風，的確有助於二氧化碳度的下降。

### 實驗【五】光照度偵測警示模組設計

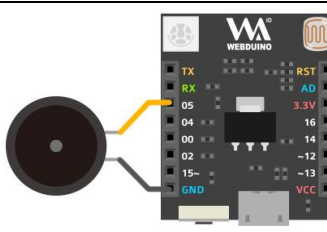

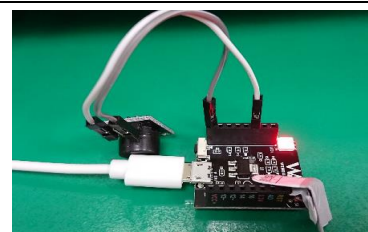
適當的照明可以讓我們閱讀更加舒適，可是太暗和太亮的光線會傷害眼睛，教育部訂定有教室適合閱讀照明標準，然而教室光線是動態的，不同時間照度不同，如果能在教室裡裝設照度偵測器，教室裡的老師和學生才能隨時掌握光線變化。本實驗希望透過光敏電阻偵測教室內照度是否正常，當異常時能自動發出警示燈號，提醒師生開啟電燈。

#### (一)實驗方法

1. 準備Webduino板、麵包板、杜邦線、蜂鳴器等材料，並進行電路配置設計與繪製。

	 <p>三色燈 (共陰)      光敏電阻</p>	
<p>運用開發板光敏電阻偵測光線</p>	<p>利用開發板三色燈作為警示燈號</p>	<p>連接蜂鳴器於開發板腳位</p>

2. 利用Webduino雲端平台進行警示模組的積木程式設計。

		
<p>繪製模組電路設計配置圖</p>	<p>進行光照度偵測模組的積木設計</p>	<p>接上電源測試偵測器是否正常</p>

3. 同時以市售照度計與光敏電阻模組於教室內進行照度校準測試。



透過監控視窗觀察偵測數值      對照市售照度計之偵測照度值      實際至桌面上測量照度值

4. 為了讓教室師生可以即時掌握室內光照度情形，本模組加上LED顯示燈號，依據標準檢驗局的「照度國家標準」，依序分為紅燈(光照度<350lux)、綠燈(光照度350~700lux)藍燈(>700 lux)三個等級警示。

5. 雖然學校每學期初均有教室照度檢測，但由於大樓座向的關係，教室南側有陽光太強困擾，而秋冬季節教室北側有日照不足問題，因此，我們運用Webduino開發板的連動功能，增加設置二個簡易型偵測子模組，分別設置於教室南北兩側課桌旁即時偵測照度，並回傳訊號至教室前方的本實驗偵測主機上。



依照照度等級進行警示積木設計      進行智慧插座接線和組裝      於書桌上測試子模組是否正常

6. 利用照度偵測警示模組進行教室內照度測試，並記錄結果。

## (二) 實驗結果

表(十三) 照度計測得照度值和光敏電阻偵測輸出值關係表

照度(LUX)	700	500	300	100
本模組偵測輸出值	1091	849	638	447

表(十四)照度偵測警示模組教室照度測試顯示燈號結果表

時間 偵測位置	早自習	第一節	第二節	第三節	第四節	第五節	第六節	第七節
前方偵測主機燈號	綠燈	藍燈	藍燈	綠燈	綠燈	綠燈	綠燈	紅燈
北側偵測子模組燈號	綠燈	藍燈	藍燈	藍燈	綠燈	綠燈	綠燈	紅燈
南側偵測子模組燈號	綠燈	綠燈	綠燈	綠燈	綠燈	綠燈	紅燈	紅燈

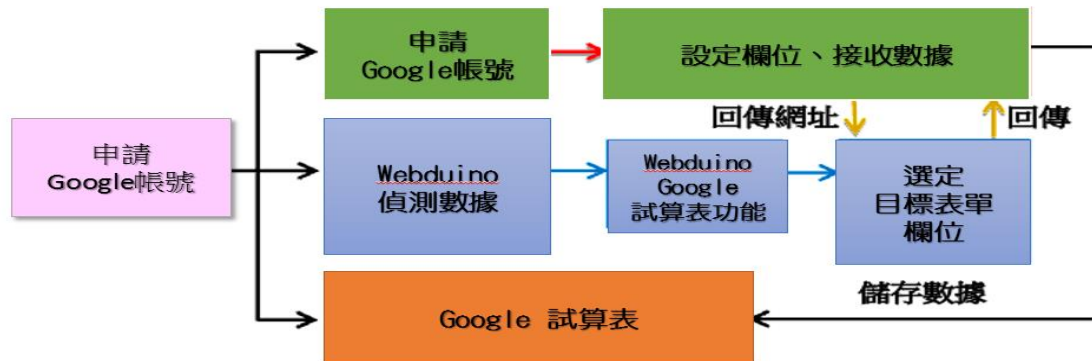
## (三) 討論

1. 由實驗結果表(十三)得知，經由與市售照度計的照度值換算後，本實驗利用光敏電阻模組偵測教室環境的光線照度，確實可以偵測獲得教室照度值，隨時監控該區域的照度。
2. 我們發現藉由警示器的設計，能自動顯示環境光線過亮或過暗，提醒師生適時開關燈或拉窗簾來調整亮度，達到光線充足舒服且不會傷害眼睛的亮度環境。
3. 藉由實驗發現，運用開發板連動功能設計的簡易型偵測子模組，可以自動偵測光線情形，並將結果傳送至教室前方的光照度偵測模組，呈現警示燈號。



## 實驗【六】雲端環境資料儲存

在人人都有 Google 帳號的今時今日，就算不會任何資料庫的技術，也能透過 Webduino 提供的 Google 試算表功能，將 Google 試算表當作資料庫，儲存傳感器所接收到的訊號數值。



圖(九) 雲端資料儲存流程圖

### (一) 實驗方法

1. 建立 Google 試算表，將試算表的權限，設定為「任何知道連結的使用者」，都可以「編輯」。

進入Google雲端硬碟	新增一份空白試算表	輸入試算表名稱	設定試算表的共用權限

2. 打開 Webduino 雲端平台的 Blockly 程式積木，新建一個專案，將試算表的積木放入編輯畫面中，並在網址的地方，貼上之前建立的試算表網址，

打開平台新建一個專案	使用將資料寫入試算表積木	輸入試算表網址	執行後即可在雲端硬碟裡看到正在儲存的資料了

### (二) 實驗結果

成功記錄教室PM2.5的Google 試算表	成功記錄教室光照度的Google 試算表
透過圖表分析瞭解PM2.5變化情形	透過圖表分析瞭解照度變化情形

### (三)討論

1. 運用 Webduino 能輕鬆串接傳感器的優勢對於不會資料庫的使用者而言，簡單幾個步驟，就能完成許多有趣的應用。
2. 儲存至Google表單之歷史資料可輕易於網頁檢視或下載，進行資料分析。
3. 數據經Arduino裝置之Wi-Fi無線模組傳送至Google雲端儲存，於遠端進行資料檢視，提升教室環境資訊管理效能。

## 伍、研究結論

1. 經表(五)顯示，本實驗空氣品質指標預報警示模組的顯示結果均與環保署的即時空氣品質指標(AQI)值一致，除了能正確提供空氣品質指標預報警示外，也能利用開發板的語音功能，讓進行當日空氣品質的播報語音朗讀。
2. 經表(六)顯示，本偵測模組與市售PM2.5空氣偵測儀(TES泰仕TES-5321)的偵測數據值一致，因此，本警示模組具有空氣品質指標預報警示功能。
3. 從表(七)、(八)顯示，就校園不同地區PM2.5量的比較而言，校門口>穿堂>前庭廣場>操場>籃球場>北側教室>生態池>南側教室；就校園不同地區PM2.5量的比較而言，第五節>第六節>第七節>第一節>午休>第三節>第四節>第二節。
4. 從表(九)顯示，教室不同PM2.5濃度空氣清淨至清淨等級( $<15\mu\text{g}/\text{m}^3$ )所需時間由長至短而言，紫燈>紅燈>橘燈>黃燈，而且污染濃度越高所需要的時間成非等比倍數增加，由此可知，當空污來臨時，及早進行空氣清淨，不僅可減少學生暴露時間，也可減少清淨機運轉的時間，減少電力消耗。
5. 比較靠近馬路的校門和前庭PM2.5值最高，而鄰近植物數量較多的生態池和教室的PM2.5值最低，因此，我們推測這和馬路邊移動污染源較多可能有關，而較多的植物可能有助於降低PM2.5。另外，我們也發現秋冬季節，迎風面的教室窗戶容易出現較高的PM2.5測值為，應關閉迎風面一側窗戶。
6. 從實驗結果中顯示所有得區域在下午1時開始到下午4時，都是PM2.5值較高的時候。前庭區和活動區早上PM2.5值較低，應比較適合進行戶外體能活動。
7. 由表(十)實驗結果得知，在有學生上課的密閉教室裡，CO<sub>2</sub>濃度從421ppm，上升至1837ppm，並持續發出超標警告鈴聲，上課師生均表示空氣悶悶的，有悶熱不舒服的感覺。開窗後空氣流通，CO<sub>2</sub>濃度也逐漸降低，無論是密閉或開窗教室，有學生上課的教室CO<sub>2</sub>濃度均高於無學生上課教室的CO<sub>2</sub>濃度，說明學生呼出的CO<sub>2</sub>使教室的CO<sub>2</sub>濃度升高。
8. 由表(十一)所示，在密閉教室內經過3.5小時後，有學生上課教室溫度上升的度數為1.5°C，上升幅度為6.66%，無學生上課教室溫度上升的度數為0.9°C，上升幅度為4.1%，我們推測這是學生呼出的CO<sub>2</sub>使密閉教室的溫度升高。
9. 從表(十二)得知，就二氧化碳濃度下降情形而言，「開窗+風扇通風」>「開窗通

風」，本模組自動開啟風扇電源加速通風，的確有助於二氧化碳度的下降。

10. 由表(十三)得知，經由照度值換算後，本實驗光敏電阻模組偵測教室環境的光線照度，確實可以準確偵測獲得照度值，監控該區域的照度。
11. 我們發現藉由警示器的設計，能自動顯示環境光線過亮或過暗，提醒工作者適時調整亮度，達到光線充足、舒服且不會傷害到眼睛的最佳亮度環境。
12. 藉由實驗發現，運用開發板連動功能設計的簡易型偵測子模組，可以自動偵測光線情形，並將結果傳送至教室前方的光照度偵測模組，呈現警示燈號。

## 陸、參考資料

1. 認識溫室效應。[http://content.edu.tw/junior/phy\\_chem/pd\\_kc/f4/f411.htm](http://content.edu.tw/junior/phy_chem/pd_kc/f4/f411.htm)。
2. 二氧化碳問題。<http://geo3w.ncue.edu.tw/bsrapage/geoscience/sea/po4.htm>。
3. 雷切盒子[http://maker.hhjh.tn.edu.tw/modules/tad\\_book3/html\\_all.php?tbsn=4](http://maker.hhjh.tn.edu.tw/modules/tad_book3/html_all.php?tbsn=4)
4. 關於PM2.5 你必知的3大面向，台大團隊本土研究解密！  
<https://www.medpartner.club/pm25-air-pollution-introduction/>
5. 維基百科
6. 歡迎光臨-以光敏電阻做為教室照度偵測與控制研究。全國科展第58屆國小組生活與應用科學