

中華民國第 57 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高級中等學校組 工程學科(一)科

佳作

052315

機器學習在教室節能的設計及探討

學校名稱：新北市立鶯歌高級工商職業學校

作者： 職二 李季鴻 職二 陳羿璇 職二 連泊筌	指導老師： 劉仁昌 曾盛如
---	-----------------------------

關鍵詞：機器學習、基因演算、雲端監控

摘要

由於網路的普及進步、即時的數據取得變得容易。AlphaGo 所帶來的震撼證明了 AI 人工智慧再也不是遙不可及，各種機器學習、深度學習的理論如雨後春筍般百家爭鳴，透過資料的儲存，網路資料的共享，網路伺服器的運算，使得感測器也有強大的資料庫及自主運算能力。

本次研究針對教室照明系統，建置智慧照明系統；包含製作物聯網感測器、建置雲端伺服器運算決策、製作物聯網 PWM 控制器及以手機 APP 程式監控電器用品待機時的節能及目前耗能狀況。

經由智慧型電表對於節能效率做進一步的分析比較，本系統確實能在不降低便利性及舒適性，達到大幅節能的目的。



圖 1 雲端監控在智慧型教室節能的設計

壹、研究動機

台灣自產能源有限，能源進口依存度高達百分之九十八，同時在溫室氣體排放上能源消耗所導致之 CO₂ 排放量約占總排放量之 94.77%(2013)，再加上我國經濟持續成長，未來工商業之能源消耗量議會持續成長(2007 能源科技研究發展白皮書，經濟部)，且政府將 2025 年非核家園作為目標，為此，綠色能源的開發及節約能源的技術便成為

主要因應的對策。

分析教室消耗能量主要可分為；一、溫度控制系統，二、照明系統，三、消耗能源甚小的所有電器用品待機時的耗電。溫度控制系統，如冷氣機、飲水機、蒸飯箱等多為封閉式系統，透過保溫材料、電熱設備的效率提升，目前眾多的省電產品已可以達到相當高的節能，省下許多不必要的浪費；教室照明系統耗電量大，除了透過材料、照明設備的效率提升外，目前所採取節省能源的方式，多以基本的時序控制、情境控制作為調光省電技術。考量到照明易受外來動態環境的影響，雖能以時序、情境控制但也僅能套用預先設定的幾種模式，無法達到自主運算動態整調整的能力；目前教室內因教學多元化多設有投影機，廣播設備，電風扇等，但常因為學生離開教室忘記關閉，造成開機一整晚，雖然由於晶片設計及製程技術的進步，待機消耗的能量越來越小，但積少成多仍然是一種浪費。

我們回想了在學校二年級數位邏輯實習課程中學習到了 FPGA 的設計來達到 PWM 控制照明、微電腦結構及專題課程中，學到了利用 ESP8266wifi 晶片來達到物聯網的功能，及利用許多的感測元件，可以完成量測和控制整個環境，但由於單晶片的資料儲存及運算能力有限，我們想到了以雲端運算的方式來完成分析運算，並從運算結果不斷學習進而下達指令完成智慧的決策。再加上一年級的電學實驗、計算機概論及二年級的選修程式設計，來做為本次研究的基礎。

表 1 機器學習在教室節能的設計及探討-相關課程對照表

機器學習在教室節能的設計及探討相關課程對照表			
項次	課程名稱	相關內容	備註
1	計算機概論	電腦網路概論	
2	基本電學實習	電路元件、基本電路實作	
3	電子學實習	電子元件、電子電路實作	
4	數位邏輯實習	FPGA 數位電路設計、PWM 控制	
5	程式語言	C 語言程式設計	
6	專題製作 I	Arduino 電路程式及運用	
7	微電腦結構	Android SDK 程式設計、Wifi 及感測元件	

貳、研究目的

智慧型家居系統大量地充斥在各媒體中廣泛地被討論，但細看之下通常都只具備了遠端監控的功能，依舊需要使用者下達指令做為決策，稱不上是「智慧型」家居，充其量只能說是一個遠距離的監視器及遙控器。為了要設計使雲端監控能自動學習找出兼顧舒適性及便利性下節約能源，進而達到「智慧」的功能，預定達成下面目的：

- 一、完成物聯網感測元件運作電路設計及製作。
- 二、建立應用程式介面(API)及資料庫伺服器。
- 三、完成物聯網 PWM 控制元件運作電路設計及製作。
- 四、智慧型教室照明節能機器學習決策系統設計。
- 五、設計手機 APP 管理及監控程式。
- 六、探討雲端監控在智慧教室的舒適性。
- 七、分析雲端監控在智慧教室的節能效果。

參、研究設備及器材

一、硬體設備

使用 ESP8266 連接感測器進行 WiFi 通訊，將感測器所獲得的資料送至雲端資料庫；行動裝置監控及雲端伺服器之間管理 APP 亦使用 WiFi 進行通訊，因此所需的相關硬體如下：

表 2 相關硬體表

硬體設備表			
設備或器材名稱(規格)	數量	設備或器材名稱(規格)	數量
智慧手機(Android5，內建 WiFi) 	1	FPGA EP3C16240Q 	1

WeMos Min ESP8266 	8	伺服器 	
集線器(DELINK) 	1	照度感測模組(BH1750) 	6
電流感測器(INA219) 	1	OLED 模組(64X128) 	8

二、相關軟體

在行動裝置部份是使用 Andriod 系統做為主控端程式；ESP8266wifi 受控端為韌體控制程式，PWM 控制器則採用 FPGA 製作，應用程式介面(API)、機器學習程式及資料庫則在微軟作業系統上開發，所需的相關軟體如下：

表 3 相關軟體表

相關軟體表			
項次	軟體名稱	數量	規格用途
1	Android APP Inveter2	1	手機程式設計
2	Arduino IDE	1	Aduino 開發、燒錄
3	QuartersII	1	FPGA 開發、燒錄
	Windows 7	1	作業系統
4	Apache	1	網站架設
5	mySQL	1	資料庫
6	PHP5	1	演算法設計、機器學習

肆、研究過程或方法

本次研究從在符合教育部照度標準下教室所消耗能量的最佳化探討開始，接著進行智慧教室及感測電路設計，再編寫 ESP8266 WiFi 監測及數據上傳程式，進一步架設雲端伺服器，設計雲端運算程式，WiFi 控制 Anduino 受控端程式，FPGA 設計 PWM 控制電路設計，並設計行動裝置主控程式，最後完成實驗成果分析。所規劃研究程序如下圖，並加以說明：

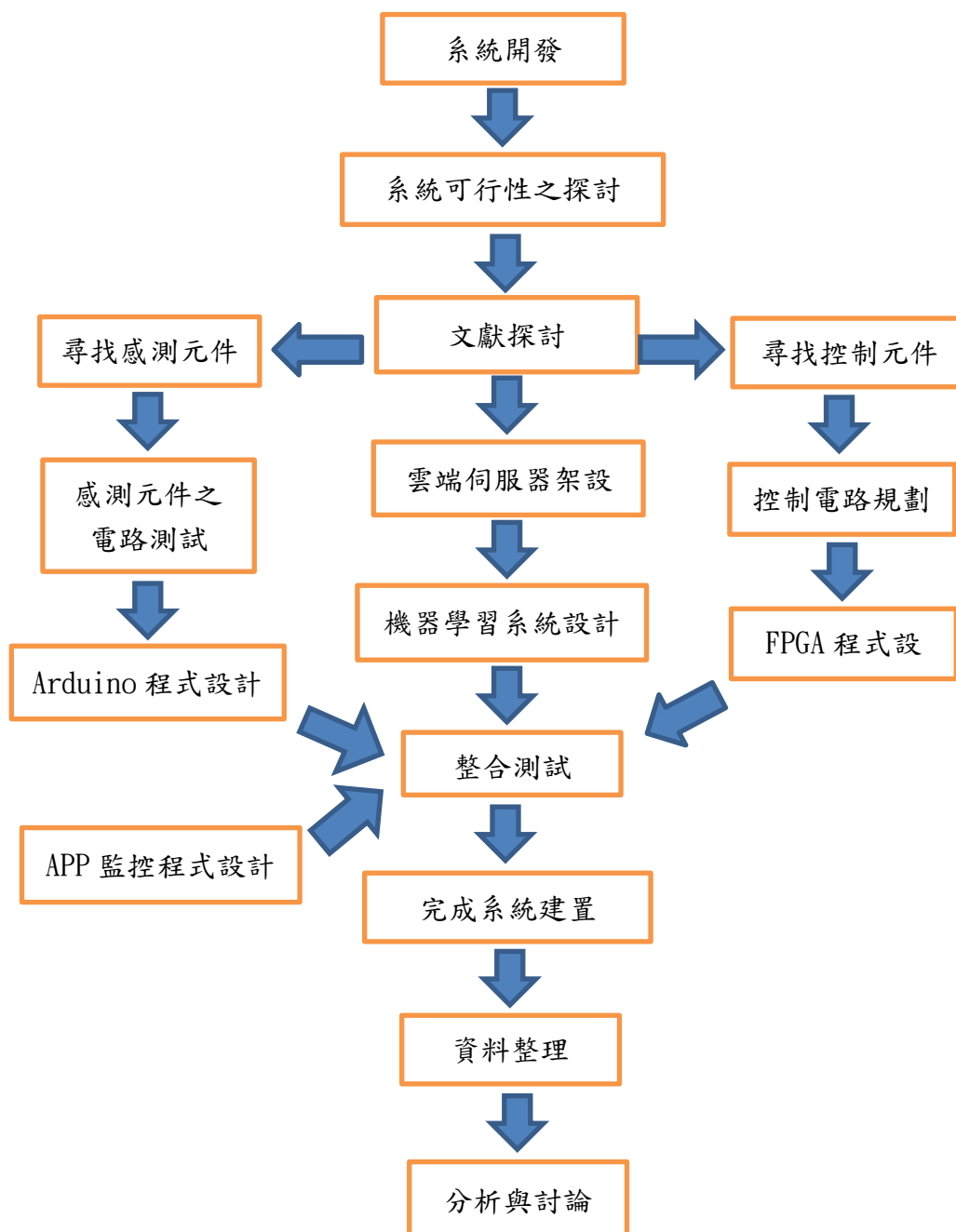


圖 2 研究流程圖

一、系統架構

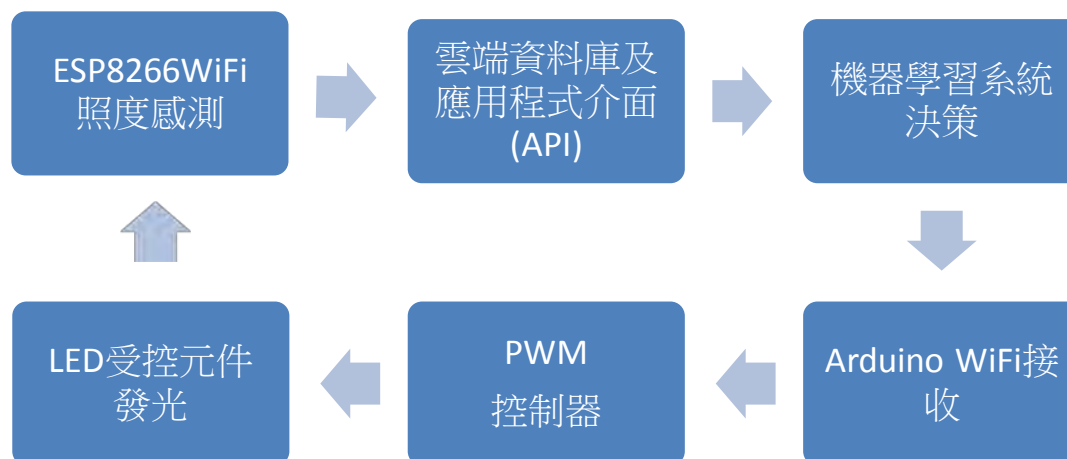


圖 3 系統架構圖

本研究是以依據環境狀態，將資料送至雲端伺服器機器學習系統決策，下達控制命令給受控元件，在舒適度不改變下，減少不必要的浪費，獲得節約能源的效果。系統的運算具有極高的自主性，在設定的時間內，不斷的將環境變數送至雲端資料庫，機器學習扮演著大腦的功能，自我學習最佳的節能參數。

整個系統架構如圖 3，包含 esp8266 照度感測，可量測環境狀態變數，並將狀態變數值傳至雲端資料庫系統，進行基因演算演算，結果再根據雲端資料庫的歷史資料進行強化學習完成決策，決策數值再利用 ESP8266 接收系統命令，產生 PWM 控制訊號對受控 LED 進行發光控制。

機器學習之主要目的是對教室智慧照明系統建立一個預測模型。當背景照度值改變時，這已經訓練好的預測模型就可以預測出相對的輸出值。由於我們並不對最終之預測模型之函數型式作過多的假設，因此利用基因演算法的特性作為最佳化運算。

二、分析雲端監控在智慧教室的節能效果

在非人為浪費中，實際觀察學校教室環境，發現學校由於使用上的需求，設計上通常窗戶會特別多。教室兩邊靠窗戶的位置受到太陽光的影響幾乎不需要額外的照明，但教室中間或後面光源卻不足，教室黑板的照度需求和桌子的照度需求不同地點也不一樣，可是一旦開燈卻是整間教室全部點亮，為達照度最低需求只好把不需要點燈的地方一起點亮，造成不必要的浪費。

由於環境的變數相當大，在不同的時間不同的地點光的需求也有所不同，很難有一個固定配置燈具的方法能滿足所有需求，為此，將所有的固定燈具均改成可利用 PWM 調變的 LED 元件，在調變過程 LED 燈的亮度降低，所耗的能量也就降低，便可以節能，再根據教育部對教室空間的照度需求表，於各設置偵測點，傳回空間照度的資訊，經由機器學習得到滿足需求的最佳參數，送達 PWM 控制器，產生所需要的照度，就不會產生照明過量或不足的現象。

環境的照度為動態變化，要達到節省能源最佳化設計，就要因應環境變化不斷修正參數，如果要把全部的狀況考慮進去完成參數表似乎不大可能，於是我們上網找一些可以自我學習的演算法，我們發現基因演算法可以幫忙解決我們的問題。

另外在分析教室耗能上常發現學生離開教室後沒有關閉電源的習慣，造成嚴重的浪費，空調系統因已經全面更換成使用者付費的插卡系統，浪費的狀況已不覆見，但照明設備、電風扇、廣播系統、及投影機卻情況依舊，因此，我們開發手機 APP 程式隨時監視照度及用電量，並遠端控制開啟或以手動開關來時開啟使用來防止因為人為疏失及電器待機時所造成的浪費。

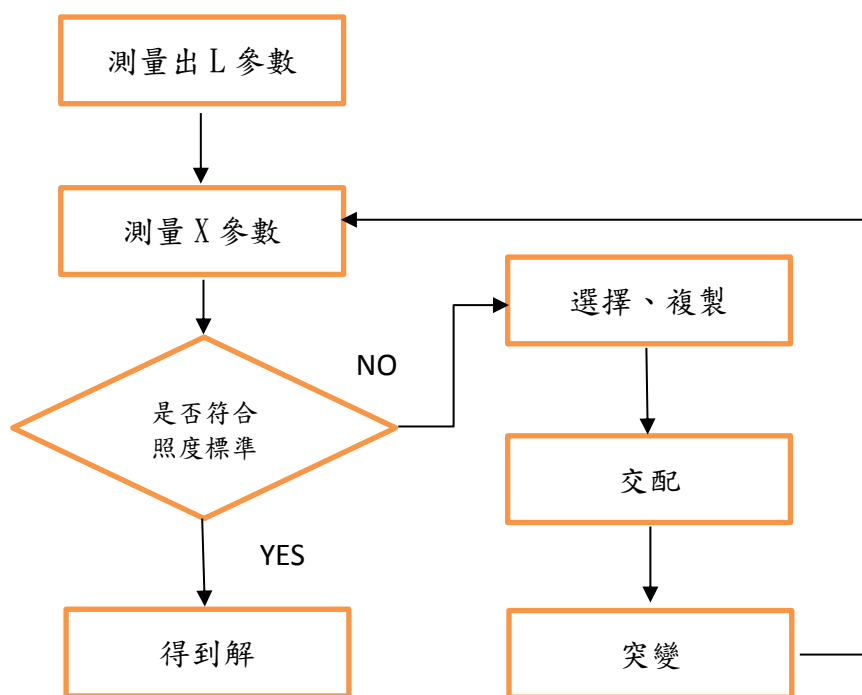


圖 4 基因演算法流程圖

在設計機器學習系統之前，我們要先測量出各個 LED 對每一個測量點的照度影響：

$$X_0=K_0*L_0+K_1*L_1+K_2*L_2\cdots\cdots\cdots$$

其中 X 為測量點的照度，因每一個 LED 燈的位置不同，K 為每個 LED 燈的貢獻於 X 測量點的比例，L 為 LED 燈的發光照度。所以對於每一個測量點最佳的照度就必須找出 L 參數來決定。但 L 參數對每一個測量點 X 的貢獻度都不同，在此嘗試用基因演算法來找出每一個 LED 燈的 L 參數，但無論如何只要採用 PWM 來控制就必能產生節能效果。

為了解節能的效果及方便管理監控，智慧型電表是不可或缺的，因此我們設計了一個智慧電表能讓使用者得以隨時知道用電情況，提醒使用者也能達到隨時節約能源的目的。

三、智慧教室及感測電路設計

各式模組:

(一)、照度感測模組

照度感測模組是維持家裡的明亮舒適度。

(二)、ESP8266 WiFi 模組

將感測到的數值上傳至雲端。

(三)、人體紅外線感測模組

這個模組可以與以上的照度做結合，能更準確偵測人的位置並更正確的做開關燈的動作。

四、ESP8266 韌體開發

以 Arduino IDE 編寫程式，程式語法簡捷明瞭，並且網路上有大量的程式庫可以取用，所以設計上可快速完成，大大縮短設計時間。

本次電路需求是以 ESP8266 WiFi 控制、IO 輸出程式為基礎，再依照這次電路的輸出要求來設計。流程圖如下：

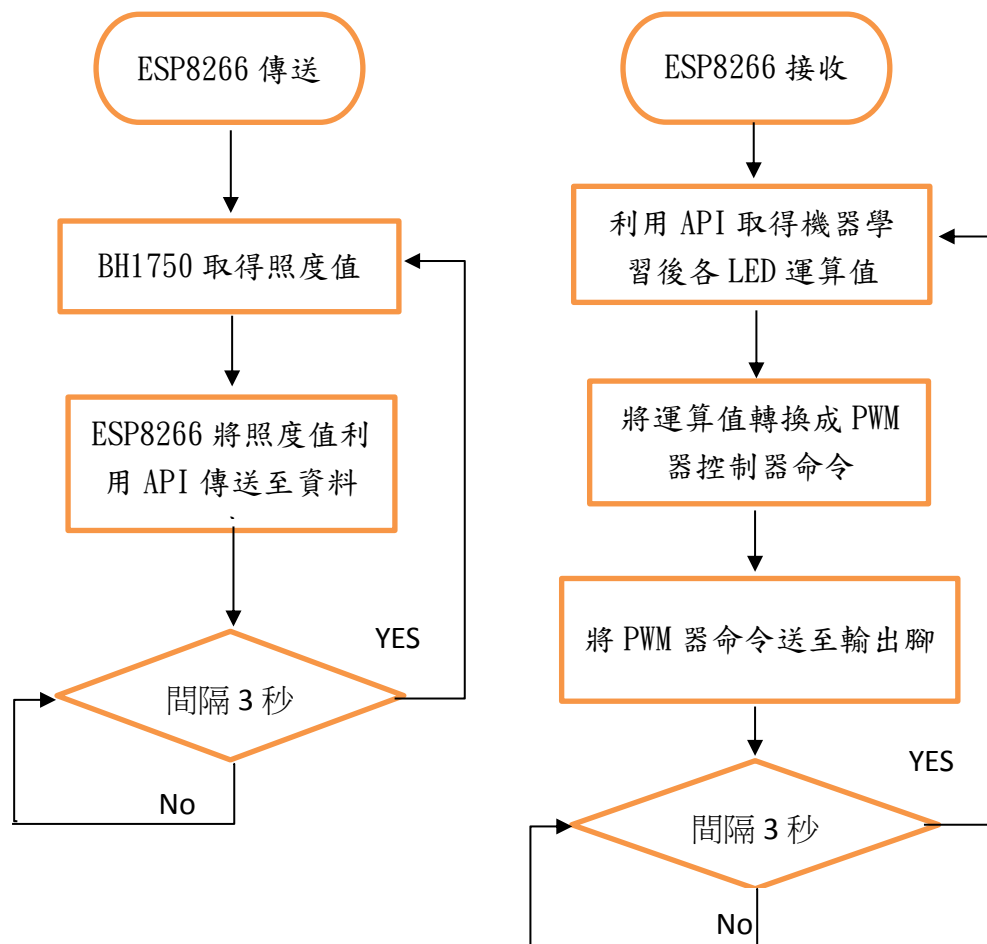


圖 5 ESP8266 傳送接收端流程圖

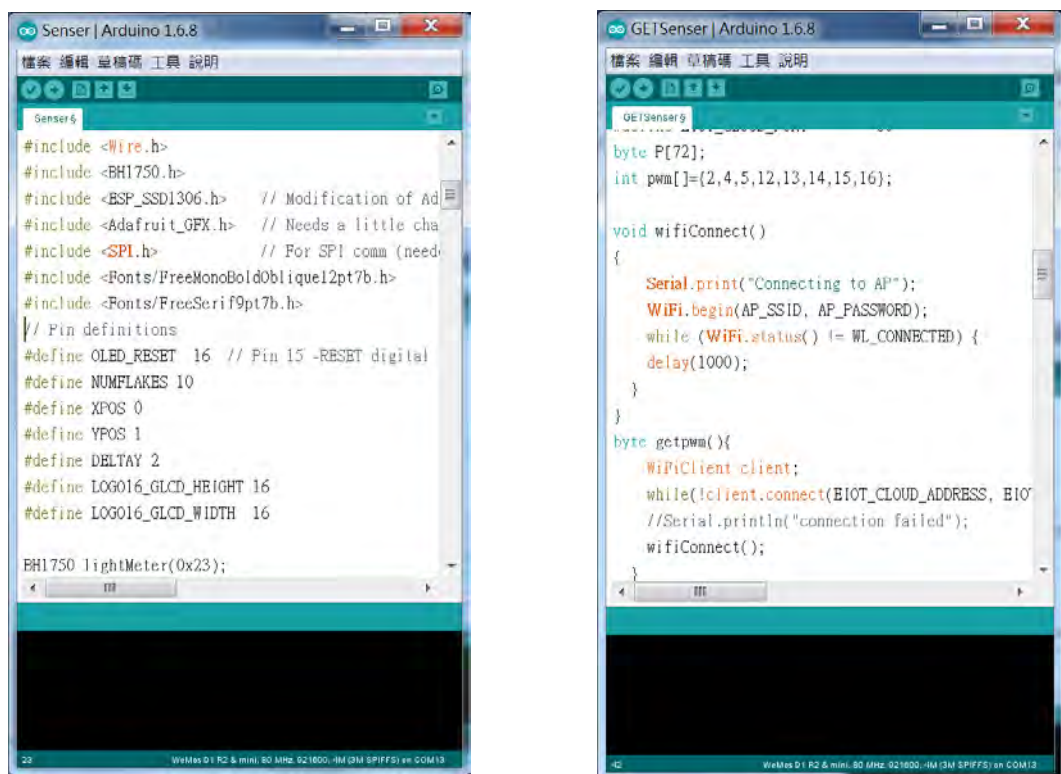


圖 6 ESP8266 傳送接收端的程式

五、PWM 控制器電路設計

由於要控制的 LED 燈眾多，每一個均為獨立動作，控制器要有相對應的 I/O 腳位，單晶片因輸出腳位有限，沒辦法處理，所以 PWM 控制器我們採用 FPGA 來設計，但 WiFi 部分還是由 Arduino 來運作，將自雲端伺服器演算後的資料接受來的訊號交由 Altera 出品的 EP3C16Q240 來處理，其輸出接腳多達 160 支足以應付控制眾多 LED 燈。

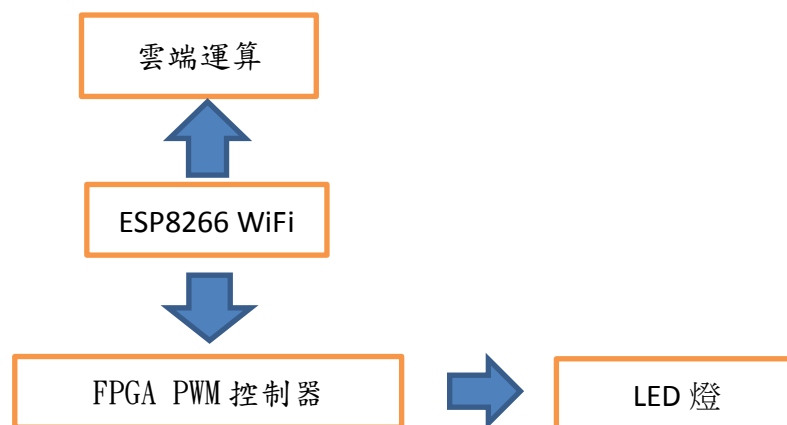


圖 7 ESP8266 接收決策傳送至 FPGA 流程圖

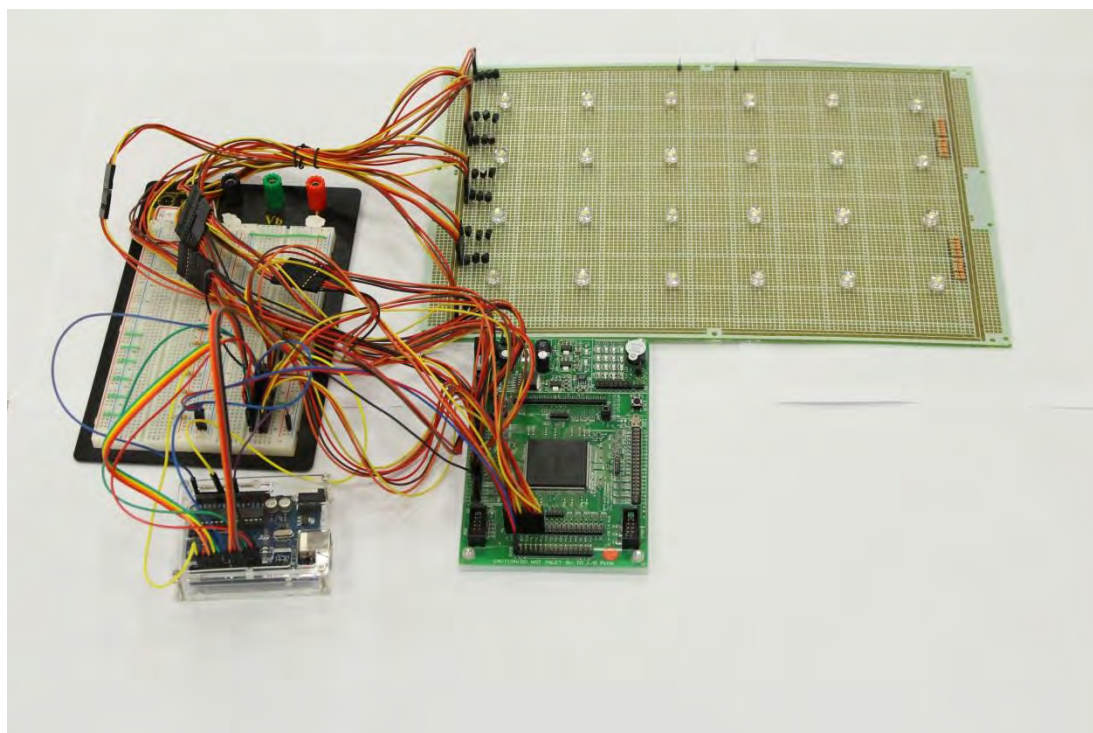


圖 8 接收決策傳送至 FPGA 電路接線

為能夠符合本研究的要求，除了可以單顆做 PWM、區域開關、及區域調光，將照明區域分成 6 區，Arduino 以 Esp8266 WiFi 晶片自雲端伺服器取得資料，再傳送 7 位元 LED 位址、8 位元脈寬度及 1 位元觸發脈波至 FPGA，FPGA 收到訊號後控制 LED 照明的亮滅，並以圖形化顯示亮燈情形，同樣的亦可觀察用電的效率及瓦數。

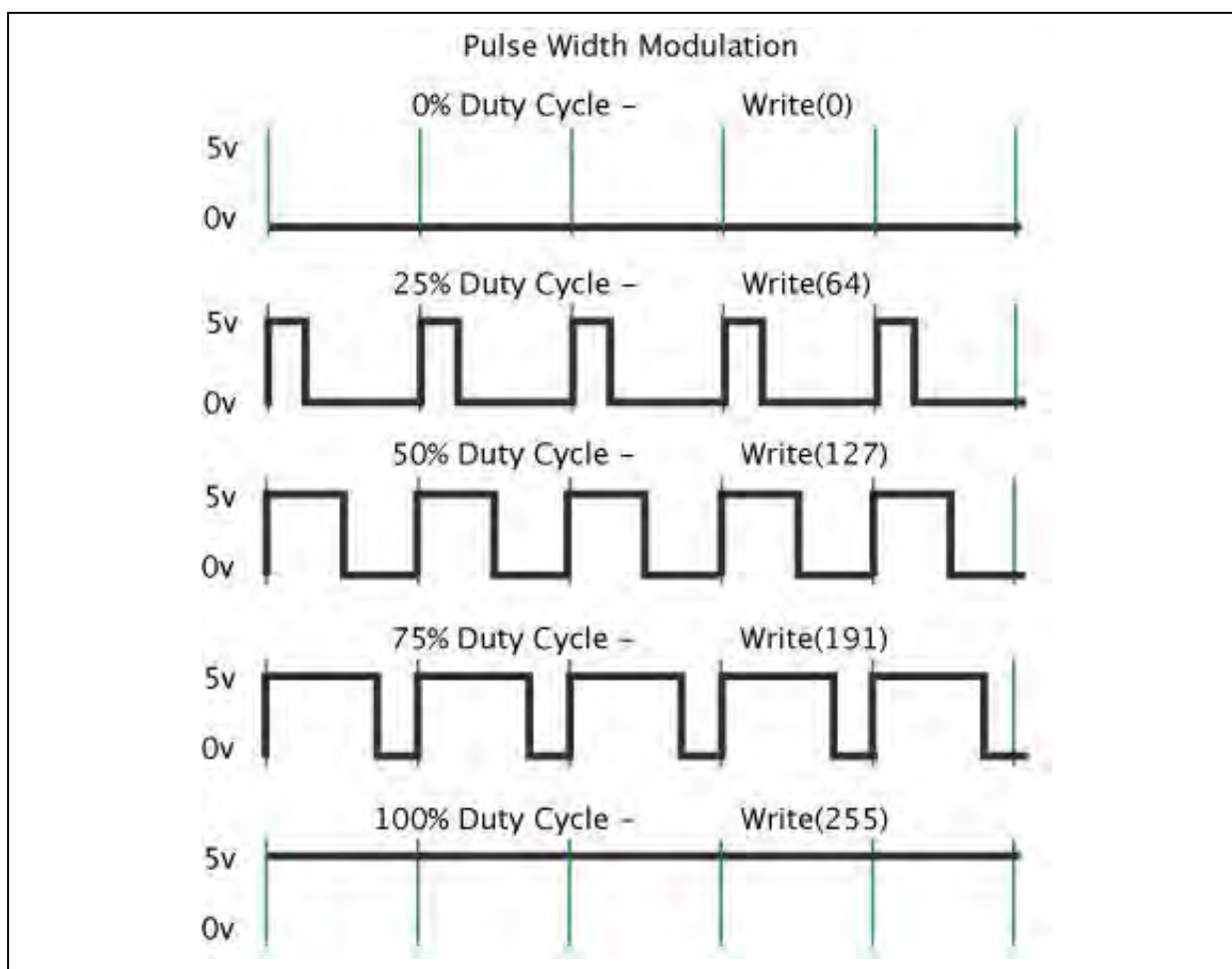


圖 9 FPGA PWM 輸出工作週期對照圖

六、FPGA 數位邏輯電路設計

FPGA 的數位邏輯電路設計，採用 Altera 生產之 EP3C16Q240 產品並以該公司的開發平台 QuarterII 13.0 網路版編寫程式，語法採用硬體描述語言 Verilog HDL 來設計。設計步驟：先以除頻電路產生 100KHz 的基頻，將 Arduino 傳送來的位址及調變資料轉換成責任周期，以計數 255 為一個循環，所以周期為 $T=0.01\text{ms} \times 255=2.55\text{ms}$ ，頻率約為 $f=400\text{Hz}$ ，訊號輸出到所對應的腳位送至電晶體，控制指定 LED 的亮度。

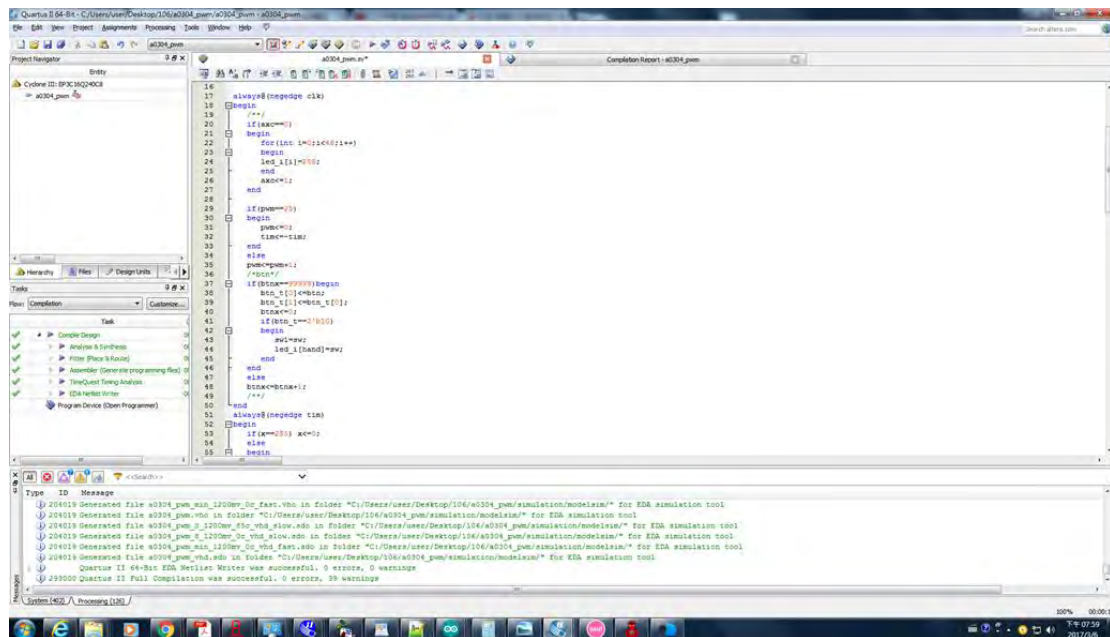


圖 10 QuartersII PWM 控制端的程式

七、設計資料庫

資料庫採用 mySQL 建置，負責處理資料的儲存，以 SQL 語法開發資料庫平台，建立資料表架構，分別為 LED 資料表、照度資料表、照度監測資料表及使用功率資料表。

LED 資料表包含 LED_ID 名稱、群組 ID 名稱。照度資料表包含監測點 ID、個別 LED 照度值、照度差值、LED 染色體學習完成值，照度監測資料表包含監測點 ID、監測值、監測系統時間。功率資料表包含監測系統時間、電壓值、電流值、瞬間功率值。

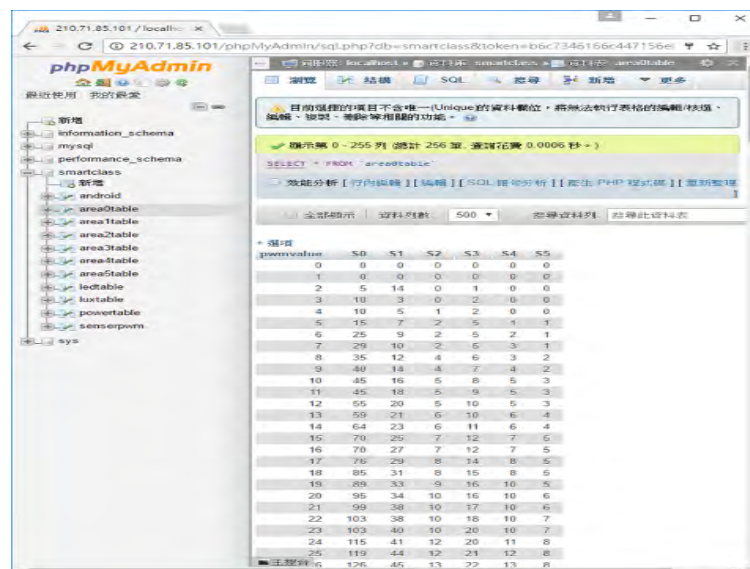
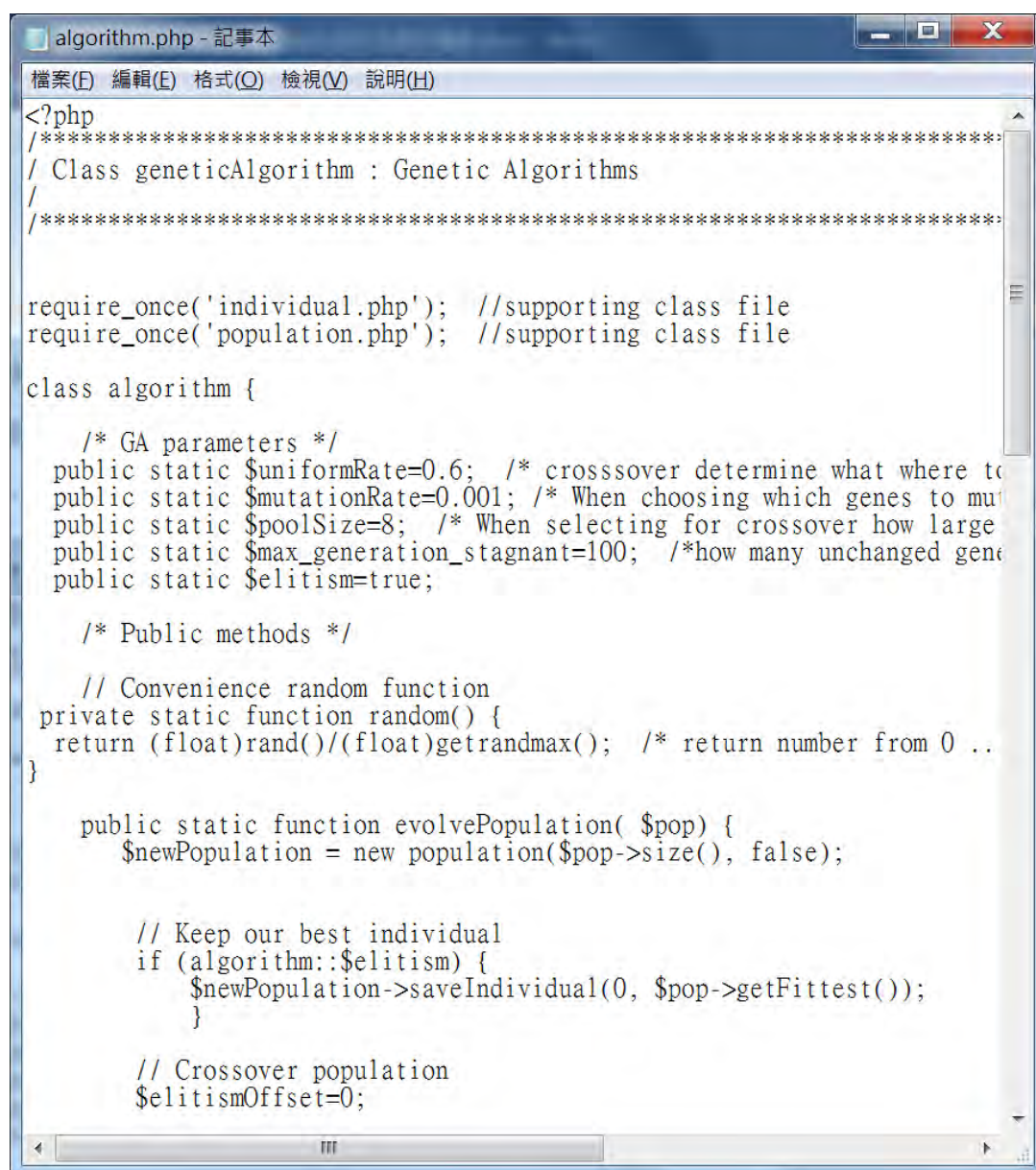


圖 11 mySQL 資料庫系統

八、設計機器學習算程式

採用 PHP 作為主要軟體開發語言，架設 Apache 伺服器來提供 Web 介面。其需要完成功能分為兩大部分；一為負責資料庫中偵測點及控制器的數值存取。另一為基因演算法的執行。

在設計基因演算法時以 PMW 八位元作為個體編碼，偵測點的照度做為適應函數，採用明確取樣挑選，將第 0 代的規模設為 8，單點交配，交配率 0.6，突變率 0.001 來執行，程式執行到 100 代後結束，每次完成演化的參數儲存在資料庫。



```
<?php
/*****
/ Class geneticAlgorithm : Genetic Algorithms
/
/*****/

require_once('individual.php'); //supporting class file
require_once('population.php'); //supporting class file

class algorithm {

    /* GA parameters */
    public static $uniformRate=0.6; /* crossover determine what where to
    public static $mutationRate=0.001; /* When choosing which genes to mut
    public static $poolSize=8; /* When selecting for crossover how large
    public static $max_generation_stagnant=100; /*how many unchanged gene
    public static $elitism=true;

    /* Public methods */

    // Convenience random function
    private static function random() {
        return (float)rand()/(float)getrandmax(); /* return number from 0 ..
    }

    public static function evolvePopulation( $pop) {
        $newPopulation = new population($pop->size(), false);

        // Keep our best individual
        if (algorithm::$elitism) {
            $newPopulation->saveIndividual(0, $pop->getFittest());
        }

        // Crossover population
        $elitismOffset=0;
```

圖 12 PHP 基因演算法的程式

基因演算法演算後所得之各 LED 參數採加強學習方式，從資料庫中搜尋歷史

資料做比較，如果演算後所得之效果較佳則予以取代，否則即予以捨棄。不斷學習後，得到最佳化參數。

九、手機 APP 監控程式開發

採用 APP Inventor2 來進行開發，是一個完全線上開發的 Android 程式環境，不必學習複雜的程式碼而使用積木式的堆疊法來完成 Android 程式，開發時間快速，變成為本研究手機 APP 監控程式開發首選。

手機 APP 監控程式的主要功能為:

- (一)、監測目前照明的狀態。
- (二)、控制 LED 燈開關。
- (三)、控制 LED 燈區域開關。
- (四)、控制 LED 燈全區及區域的調光。
- (五)、監測目前的電壓電流及效率。
- (六)、監測監測點的照度。

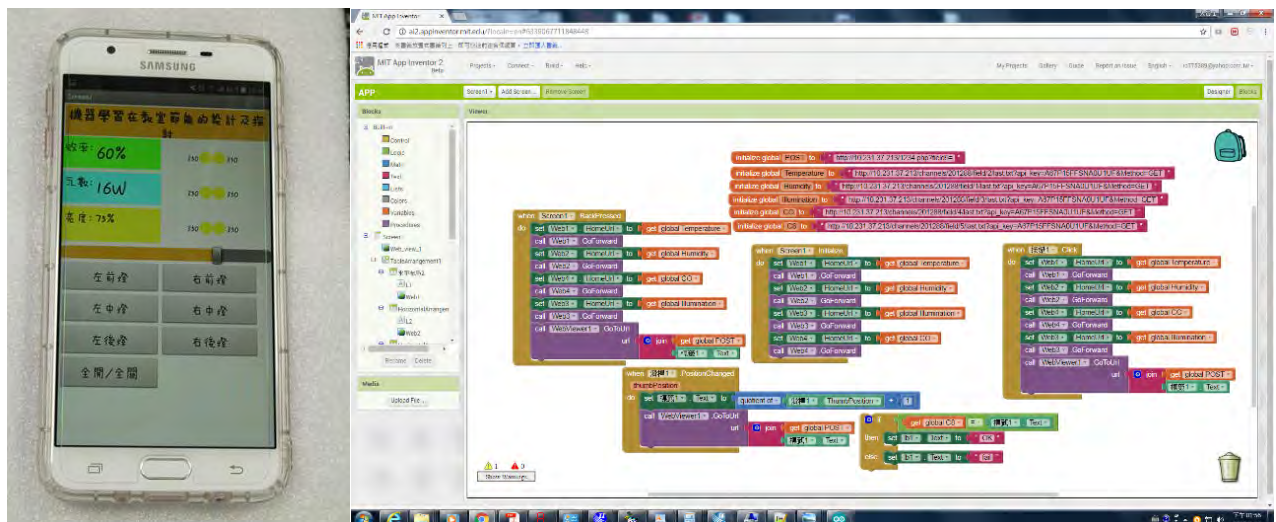


圖 13 APP 監控程式

伍、研究結果

一、LED 驅動電路成品及實驗結果。

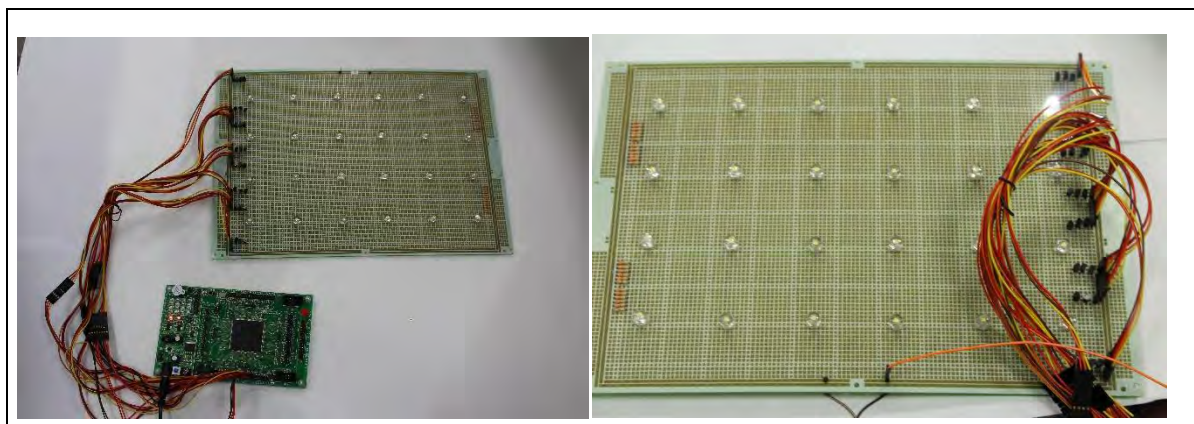


圖 14 電路完成及驅動單顆 LED 點亮

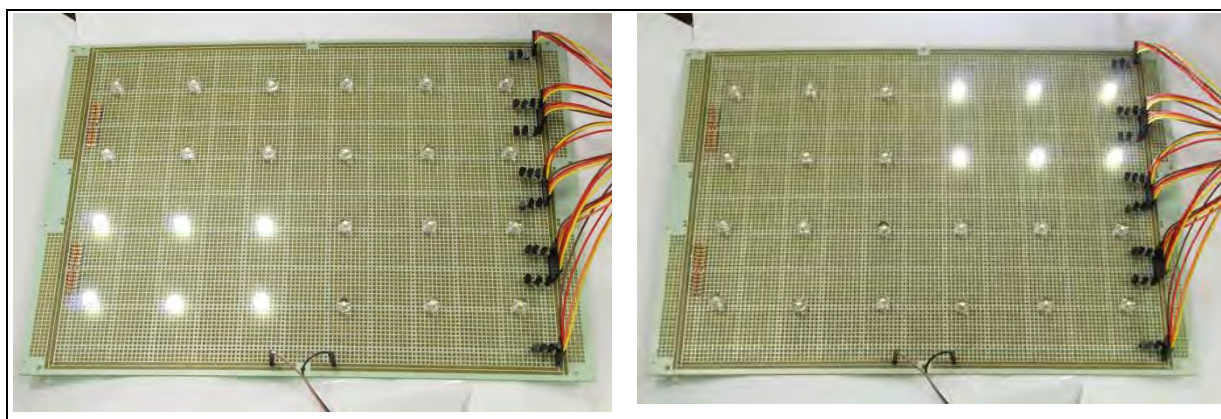


圖 15 LED 的區域點亮

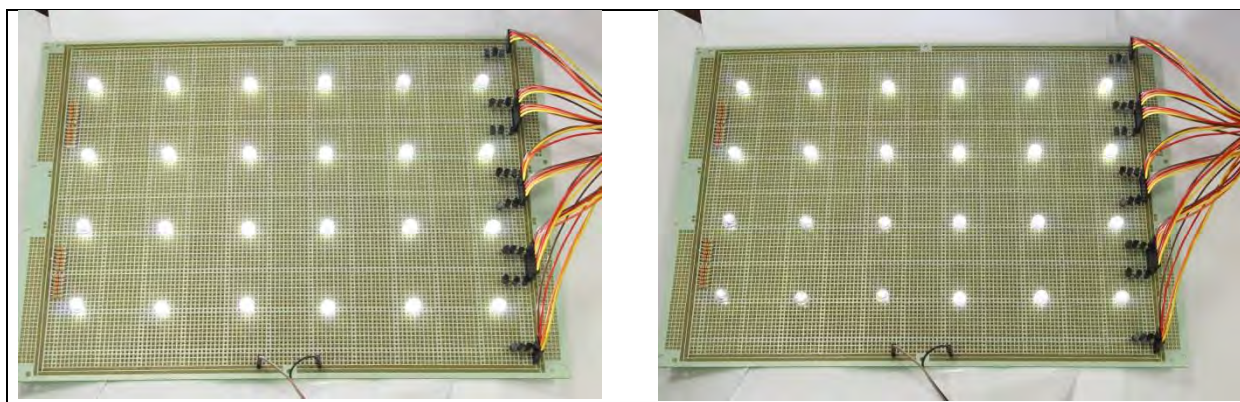


圖 16 LED 的全區點亮及區域調光

二、教室 LED 控制實體模型。



圖 17 教室模型製作過程一

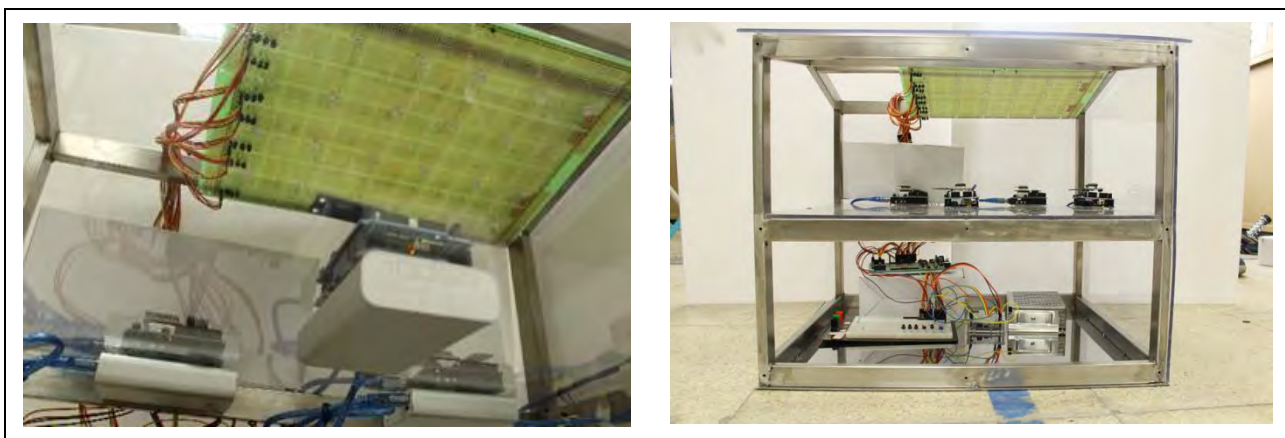


圖 18 教室模型製作過程二

一、Arduino Wifi +PWM 控制電路與實測。

(一)、Arduino Wifi +PWM 控制電路電路

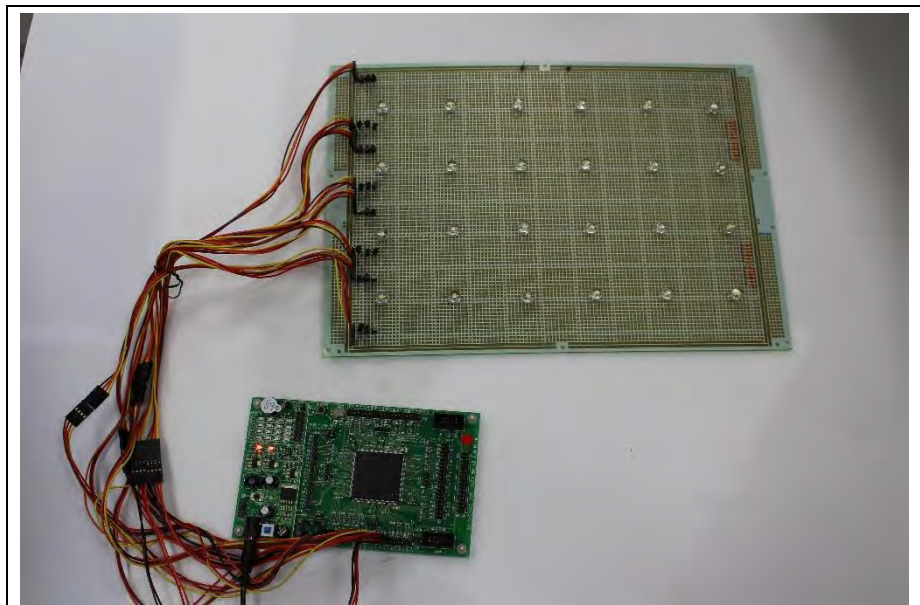


圖 19 Arduino Wifi +FPGA 電路板及接線

表 3 單顆 LED 照度耗能表

單顆 LED 亮度控制結果					
項次	流明數(中央)		電流	總電壓	消耗功率
1	150	100%	50mA	5.01V	0.2505W
2	115	76%	44mA	5.01V	0.220W
3	75	50%	28mA	5.01V	0.140W
4	35	23%	14mA	5.01V	0.070W

(二)、PWM 調光電路

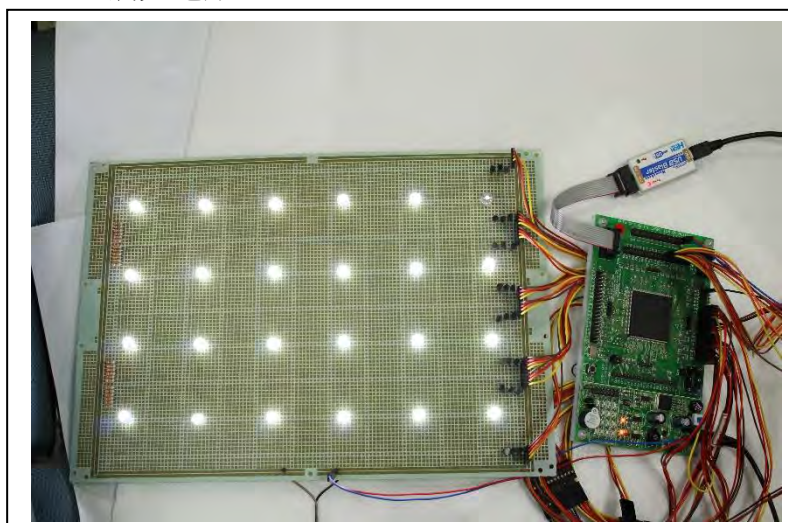


圖 20 PWM 亮度控制實測

二、偵測點 WiFi 照度感測器電路與實測

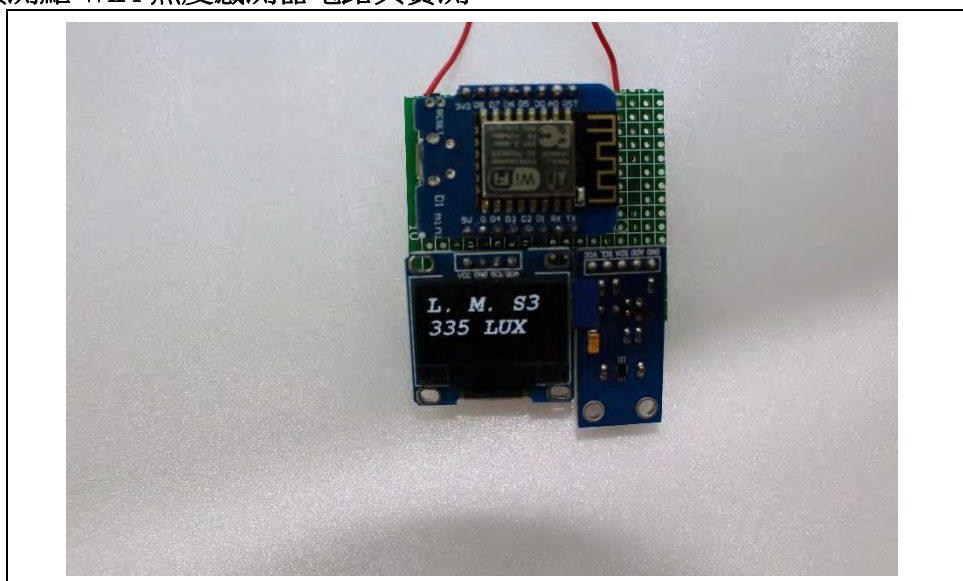


圖 22 WiFi 照度感測器

三、完成 Android 主控端 APP 程式

從執行程式利用上網連接到雲端伺服器主機，程式介面以提供效率、瓦數及亮度資訊，下方則是 LED 照明控制按鈕。其功能為：

(一)、亮度改變與選擇。

可選擇亮度，以調整 LED 燈泡的亮度百分比，同時可監測用電的效率及瓦數，亮度調整的功能在傳統日光燈是無法達成的。

(二)、照明區域選擇。

將照明區域分成 6 區，再以按鈕控制 LED 照明的亮滅，並以圖形化顯示亮燈情形，同樣的亦可觀察用電的效率及瓦數。

(三)、偵測點照度值。

在控制 LED 燈的同時，亦可觀察測量點的照度值。



圖 23 Android 主控端程式介面

四、完成雲端節能分析程式

依教育部修正公布學校一般教室照明標準，桌面的建議照度為 350 流明，黑板的建議照度為 500 流明，因此我們將適應值設為 350 流明來進行實驗，當 LED 無調光全亮時，總耗能為 $5V \times 3.20A = 16W$

實驗結果一：在無外部光源，背景值為 0lux 時開燈穩定後所得到的 6 個測量點的測量值如下表 5。

表 5 測量點測量值(無外部光源)

測量點	背景值	照度(lux)
左前	0	370
左中	0	366
左後	0	354
右前	0	362
右中	0	359
右後	0	356

總耗能為 $5V \times 2.11 = 10.55W$ 耗能百分比 65%。

實驗結果二：在引入外部光源，開燈穩定後所得到的 6 個測量點的測量值如下表 6。

表 6 測量點測量值

測量點	背景值	照度(lux)
左前	100	376
左中	85	373
左後	72	360
右前	41	368
右中	33	366
右後	22	359

總耗能為 $5V \times 1.92 = 9.6W$ 耗能百分比 60%。

陸、結論與建議

節約能源、人人有責。政府宣示要在西元 2025 年達到無核低碳家園，取而代之的是水力、風力、太陽能等綠色能源，發電成本提高，電價勢必上漲，除此之外，最怕無電可用，本研究嘗試利用機器學習，在無形中達到節省不必要的浪費，來避免此一狀況發生。

以下是我們的各項結論：經過這次實驗探討，讓我們完成了「機器學習在教室節能的設計及探討」的電路及實驗，下面將我們分析討論的項目說明如下：

- 一、**LED 的炫光及散光問題**：因發光點較集中易造成眼睛炫光及散光較為困難，可列為未來探討主題。
- 二、**Android 程式彈性大**：手機的 Android 程式利用 Google APP Inventor2 可輕易取得，採用積木堆疊，學習容易，開發速度快，有助於後續的程式開發。
- 三、**ESP8266 開發電路容易**：ESP8266 硬體價格便宜，可快速整合電路模組介面；程式開發介面 IDE 可直接下載免付取得；網路資源豐富，取得容易，而且在編寫的語法上非常便捷有效，實為電子電路開發之利器。
- 四、**FPGA 設計電路方便**：FPGA 腳位眾多，速度快，對於要同時控制多個硬體，是為最好的抉擇，開發平台現已可在官網上免費取得，設計方便。
- 五、**在大區域照明監控的 Wi-Fi 運作構想**：使用 Wi-Fi 長距離追蹤監控目前各燈狀態或亮度，再利用網路適度控制調整，此方式對於廣大的校園管理而言，因常發生下課後辦公室忘記關燈，但門又已上鎖，請人回來關燈耗時費力，又為避免侵害隱私權，是為最佳選擇。
- 六、**使用手機控制 LED 照明方便性高**：可以用遙控方式，不須要在開關邊操控，電燈的狀態可直接顯示，不用看燈具。
- 七、**設定管理手機容易**：手機有唯一性，可設定特定人士才有遙控權限，並可對於有效操作時間做控管。
- 八、**效率及功率的即時資訊有助於節能習慣**。
- 九、**機器學習確實可大幅度的減少照明用電**：完成利用網路進行機器學習完成參數的設定，雖開始執行時會有不穩定狀況，但執行至約 50 代後就逐漸穩定，基因演算法能

規劃出滿足空間照度需求之 LED 燈 PWM 參數設置方式，機器學習結果會使系統趨近最佳化。

十、使用人體感測器只在有人的地方開燈，能進一步節省能源。

十一、本研究均能有效降低教室人為及非人為之用電浪費：透過資料庫預設關閉時間，將下課後照明關閉，如有需要再再自行開啟避免人為疏失所產生之浪費。

柒、參考資料及其他

一、中文部分

【論文】

賴建圻(2016)。因應動態電價之智慧型家庭節能管理系統。電機工程研究所：國立台北科技大學。

朱建華(2012)。智慧家庭節能資訊管理系統最佳化之整合研究：多目標基因演算法與層級分析法。資訊管理研究所：國立中興大學

【技術學刊】

龔建銓 林志穎* 李清然(2013)。智慧型節能照明決策系統之研究。工業技術研究院綠能與環境研究所。

二、網路資源

(一)、中文部分

【標準規範】

教育部修正公布學校一般教室照明標準。

<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=bXMudHRwcy50eWMuZWWR1LnR3fDEwM3xneDo2ZThhZTM5ZTc5MDQwZmYy>

學校照明節能改善參考手冊

<https://co2.ftis.org.tw/home/download/636029808483248851.pdf>

【知識與技術】

林豐澤(2005)。演化式計算上篇：演化式演算法的三種理論模式。中國文化大學：

數學應用系。 <http://ftlin.sam.pccu.edu.tw/LCSLab/01Vol3No1.pdf>

林豐澤(2005)。演化式計算下篇：演化式演算法的三種理論模式。中國文化大學：

數學應用系。 <http://ftlin.sam.pccu.edu.tw/LCSLab/02Vol3No1.pdf>

陳鍾誠。遺傳演算法 (Genetic Algorithm)

<http://ccckmit.wikidot.com/so:geneticalgorithm>

Mick, Jung-Yi Lin。搜尋演算法 Search Algorithm

<http://people.cs.nctu.edu.tw/~jylin/curriculum/gagp.html>

發光強度和照度。

<http://home.phy.ntnu.edu.tw/~eureka/contents/elementary/chap%205/5-5-4.htm>

光束照明計算。 http://www.chinaelectric.com.tw/design_02.htm

小狐狸事務所: ESP8266 WiFi 模組與 Arduino 連線測試

<http://yhhuang1966.blogspot.tw/2015/10/esp8266-wifi-arduino.html>

家庭環境自動監測管理器-Arduino nano 與 esp8266 實作(韌體篇)

<http://blog.xuite.net/lwchafter30/blog/318349940->

[%E5%AE%B6%E5%BA%AD%E7%92%B0%E5%A2%83%E8%87%AA%E5%8B%95%E7%9B%A3%E6%B8%AC%E7%AE%A1%E7%90%86%E5%99%A8-Arduino+nano%E8%88%87esp8266%E5%AF%A6%E4%BD%9C\(%E9%9F%8C%E9%AB%94%E7%AF%87\)](http://blog.xuite.net/lwchafter30/blog/318349940-%E5%AE%B6%E5%BA%AD%E7%92%B0%E5%A2%83%E8%87%AA%E5%8B%95%E7%9B%A3%E6%B8%AC%E7%AE%A1%E7%90%86%E5%99%A8-Arduino+nano%E8%88%87esp8266%E5%AF%A6%E4%BD%9C(%E9%9F%8C%E9%AB%94%E7%AF%87))

(二)、英文部分

【Make a PWM Driver for FPGA and SoC Design Using Verilog HDL】

<https://www.allaboutcircuits.com/projects/a-pwm-driver-for-fpga-and-soc-design-using-verilog-hdl/>

【fpga4fun.com - PWM (Pulse Width Modulation)】

http://www.fpga4fun.com/PWM_DAC_1.html

【Android Developer】

<http://developer.android.com/>

【Basic FPGA Tutorial: PWM - so-logic】

https://www.so-logic.net/documents/knowledge/tutorial/Basic_FPGA_Tutorial_Verilog/sec_pwm.html

ESP8266 WiFi module and 5V Arduino connent

<http://iot-playground.com/blog/2-uncategorised/17-esp8266-wifi-module-and-5v-arduino-connection>

【評語】 052315

本作品研發智慧照明系統，經由學習以達到均勻的照明亮度控制。應用技術包含物聯網感測器、雲端伺服器運算決策、FPGA 晶片設計、機器學習等，初步系統完成度很高，具備好的系統整合展現和應用情境。

目前具學習能力的演算法很多，團隊可以進一步評估各類型的演算架構在本應用上的成效。

另外，也可同步評估，在均勻照度之外，開發在不同情境下的控制目標，讓整個系統更進一步的智慧化。

作品海報

摘要

由於網路的普及進步、即時的數據取得變得容易。AlphaGo所帶來的震撼證明了AI人工智慧再也不是遙不可及，各種機器學習、深度學習的理論如雨後春筍般百家爭鳴，透過資料的儲存，網路資料的共享，網路伺服器的運算，使得感測器也有強大的資料庫及自主運算能力。

本次研究針對教室照明系統，建置智慧照明系統；包含製作物聯網感測器、建置雲端伺服器運算決策、製作物聯網PWM控制器及以手機APP程式監控電器用品待機時的節能及目前耗能狀況。

經由智慧型電表對於節能效率做進一步的分析比較，本系統確實能在不降低便利性及舒適性，達到大幅節能的目標。

壹、研究動機

台灣自產能源有限，能源進口依存度高達百分之九十八，同時在溫室氣體排放上能源消耗所導致之CO2排放量約占總排放量之94.77%(2013)，再加上我國經濟持續成長，未來工商業之能源消耗量議會持續成長(2007能源科技研究發展白皮書，經濟部)，且政府將2025年非核家園作為目標，為此，綠色能源的開發及節約能源的技術便成為主要因應的對策。

分析教室消耗能量主要可分為；**一、溫度控制系統，二、照明系統，三、消耗能源甚小的所有電器用品待機時的耗電。**

溫度控制系統，如冷氣機、飲水機、蒸飯箱等多為封閉式系統，透過保溫材料、電熱設備的效率提升，目前眾多的省電產品已可以達到相當高的節能，省下許多不必要的浪費。

教室照明系統耗電量大，除了透過材料、照明設備的效率提升外，目前所採取節省能源的方式，多以基本的時序控制、情境控制作為調光省電技術。考量到照明易受外來動態環境的影響，雖能以時序、情境控制但也僅能套用預先設定的幾種模式，無法達到自主運算動態整調整的能力。

目前教室內因教學多元化多設有投影機，廣播設備，電風扇等，但常因為學生離開教室忘記關閉，造成開機一整晚，雖然由於晶片設計及製程技術的進步，待機消耗的能量越來越小，但積少成多仍然是一種浪費。

機器學習在教室節能的設計及探討相關課程對照表			
項次	課程名稱	相關內容	備註
1	計算機概論	電腦網路概論	
2	基本電學實習	電路元件、基本電路實作	
3	電子學實習	電子元件、電子電路實作	
4	數位邏輯實習	FPGA 數位電路設計、PWM 控制	
5	程式語言	C 語言程式設計	
6	專題製作 I	Arduino 電路程式及運用	
7	微電腦結構	Android SDK 程式設計、Wifi 及感測元件	

表1 相關課程對照表

貳、研究目的

智慧型系統大量地充斥在各媒體中廣泛地被討論，但細看之下通常都只具備了遠端監控的功能，依舊需要使用者下達指令做為決策，稱不上是「智慧型」，充其量只能說是一個遠距離的監視器及遙控器。為了要設計使雲端監控能自動學習找出兼顧舒適性及便利性下節約能源，進而達到「智慧」的功能，預定達成下面目的：

- 一、完成物聯網感測元件運作電路設計及製作。
- 二、建立應用程式介面(API)及資料庫伺服器。
- 三、完成物聯網PWM控制元件運作電路設計及製作。
- 四、智慧型教室照明節能機器學習決策系統設計。
- 五、設計手機APP管理及監控程式。
- 六、探討雲端監控在智慧教室的舒適性。
- 七、分析雲端監控在智慧教室的節能效果。

參、研究設備及器材

一、硬體設備

使用ESP8266開發板連接ESP8266及感測器進行WiFi通訊，將感測器所獲得的資料送至雲端資料庫；行動裝置監控及雲端伺服器帳號管理APP使用WiFi進行通訊，雲端運算所得之資料送至PWM控制器，因此所需的相關硬體如下：

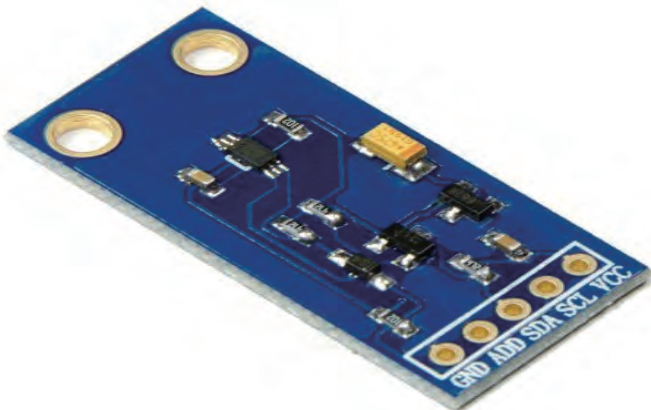
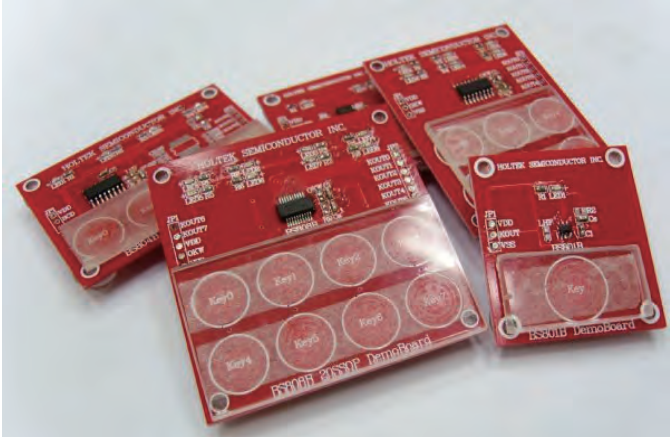
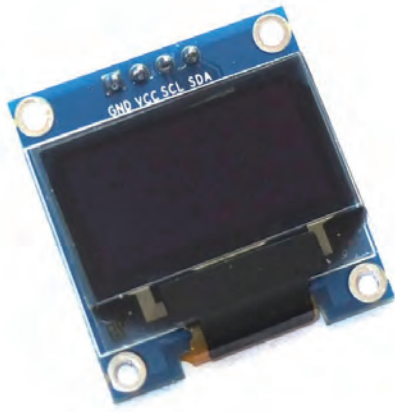
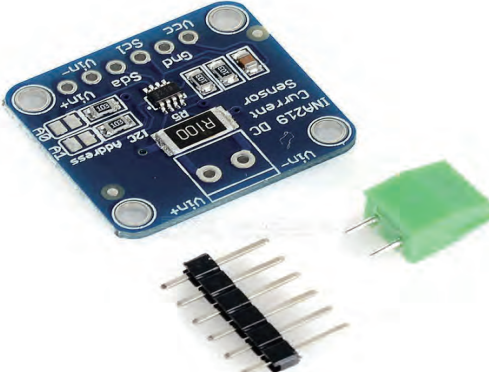
				
FPGA EP3C16240Q	WeMos D1 Min Esp8266Board	BH1750 照度感測模組	智慧行動電話	觸控開關
				
WiFi無線基地台	SSD1306 OLED顯示模組	INA219 電流感測模組	平板電腦	伺服器 個人電腦

表2 相關硬體表

二、相關軟體

在行動裝置部份是使用Andriod系統做為主控端程式；ESP8266受控端為韌體控制程式，PWM控制器則採用FPGA製作，雲端運算程式、網頁設計程式及資料庫則微軟作業系統上開發，所需的相關軟體如下：

相關軟體表			
項次	軟體名稱	數量	規格用途
1	Android APP Inveter2	1	手機程式設計
2	Arduino IDE	1	Aduino 開發、燒錄
3	QuartersII	1	FPGA 開發、燒錄
4	Windows 7	1	作業系統
5	Apache	1	網站架設
6	mySQL	1	資料庫
7	PHP5	1	演算法設計

表3 相關軟體表

肆、研究過程或方法

本次研究從雲端運算利用資料庫做為節能最佳化探討開始，接著進行智慧教室及感測電路設計，再編寫ESP8266 WiFi監測及數據上傳程式，進一步架設雲端伺服器，設計雲端運算程式，運算結果利用ESP8266 WiFi傳送解碼程式，FPGA設計PWM控制電路設計，並設計行動裝置主控程式，最後完成實驗成果分析。所規劃研究程序如下圖，並加以說明：

一、系統架構

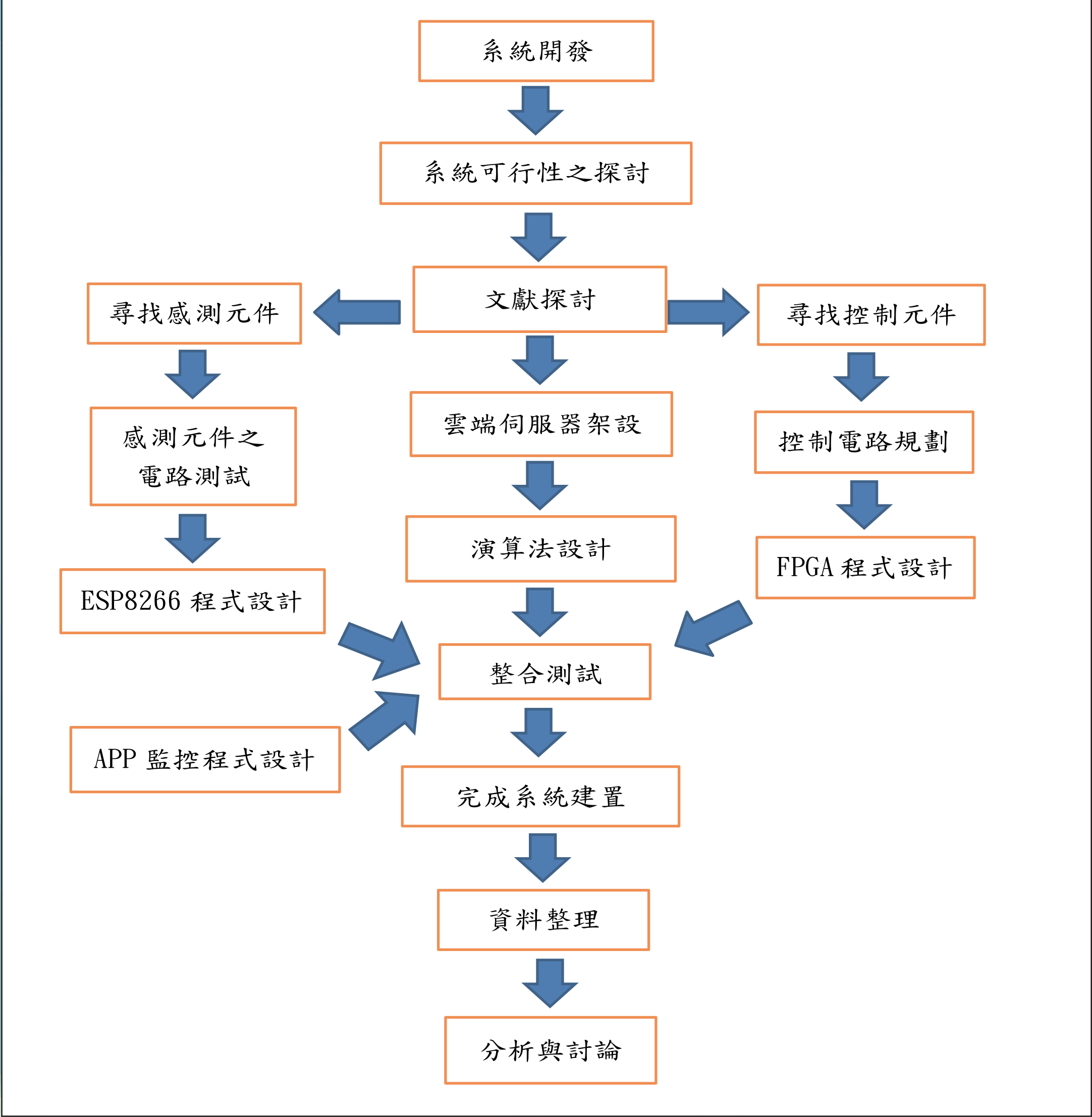


圖2 研究流程圖

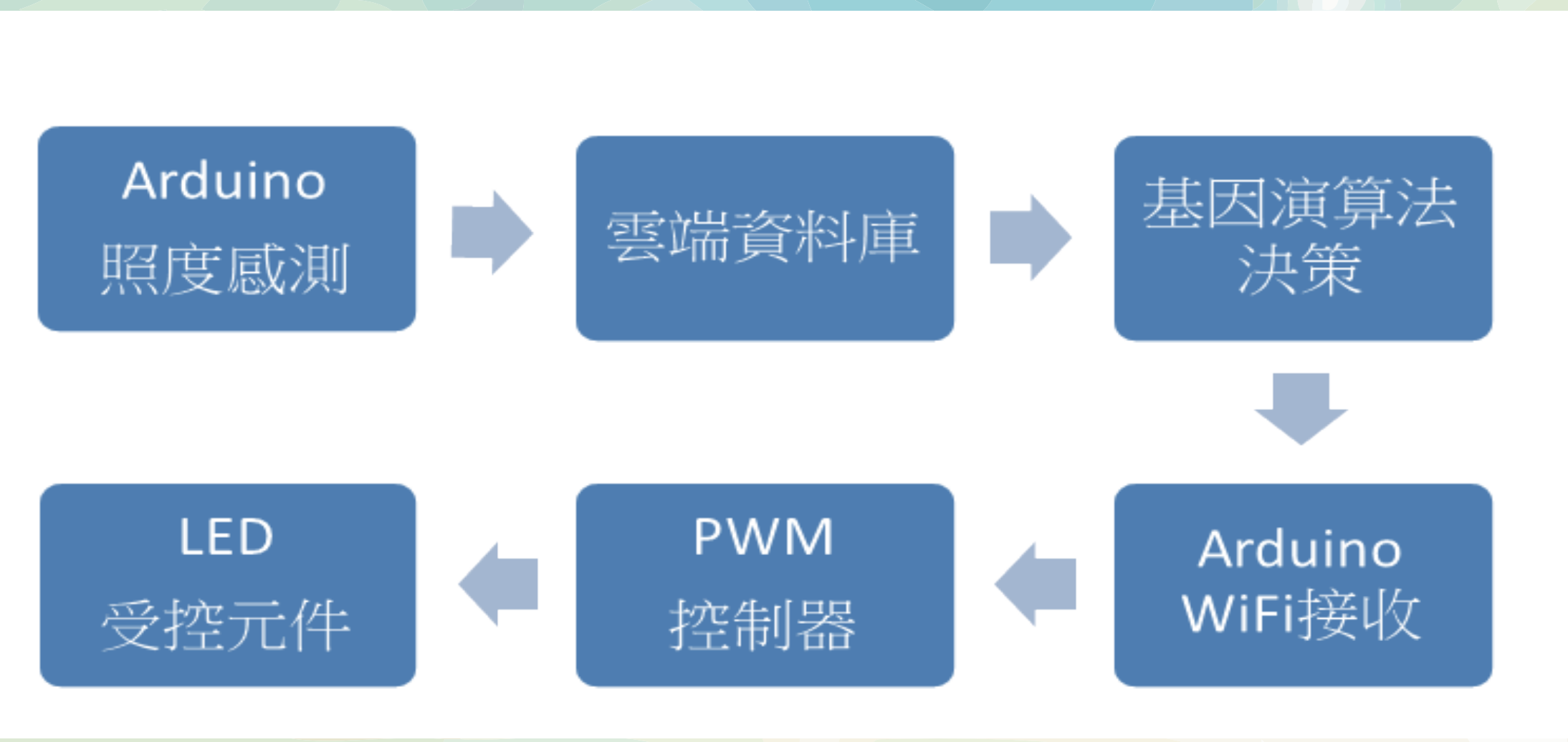


圖3 系統架構圖

二、分析雲端監控在智慧教室的節能效果

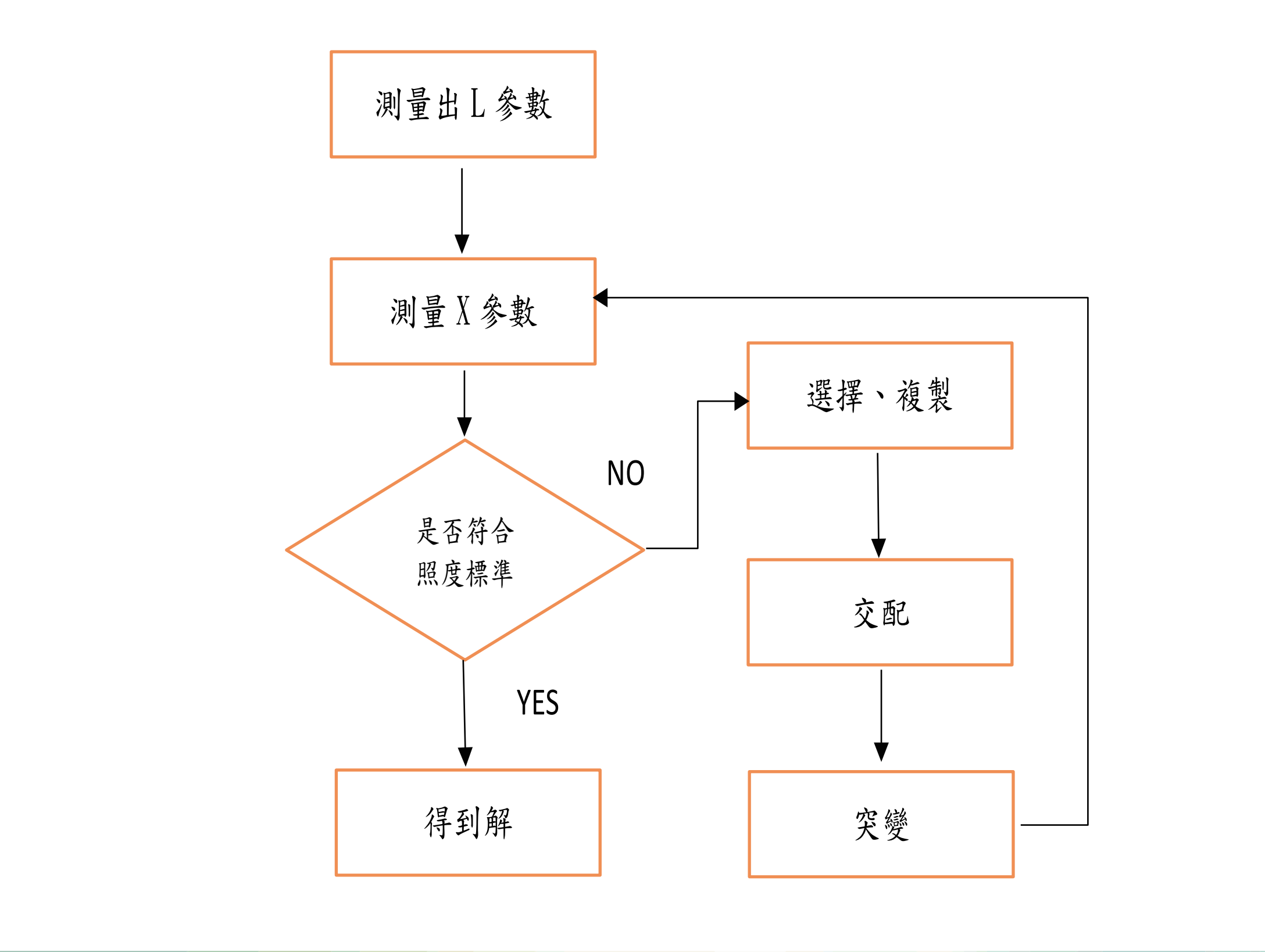


圖4 基因演算法流程圖

三、智慧教室及感測電路設計

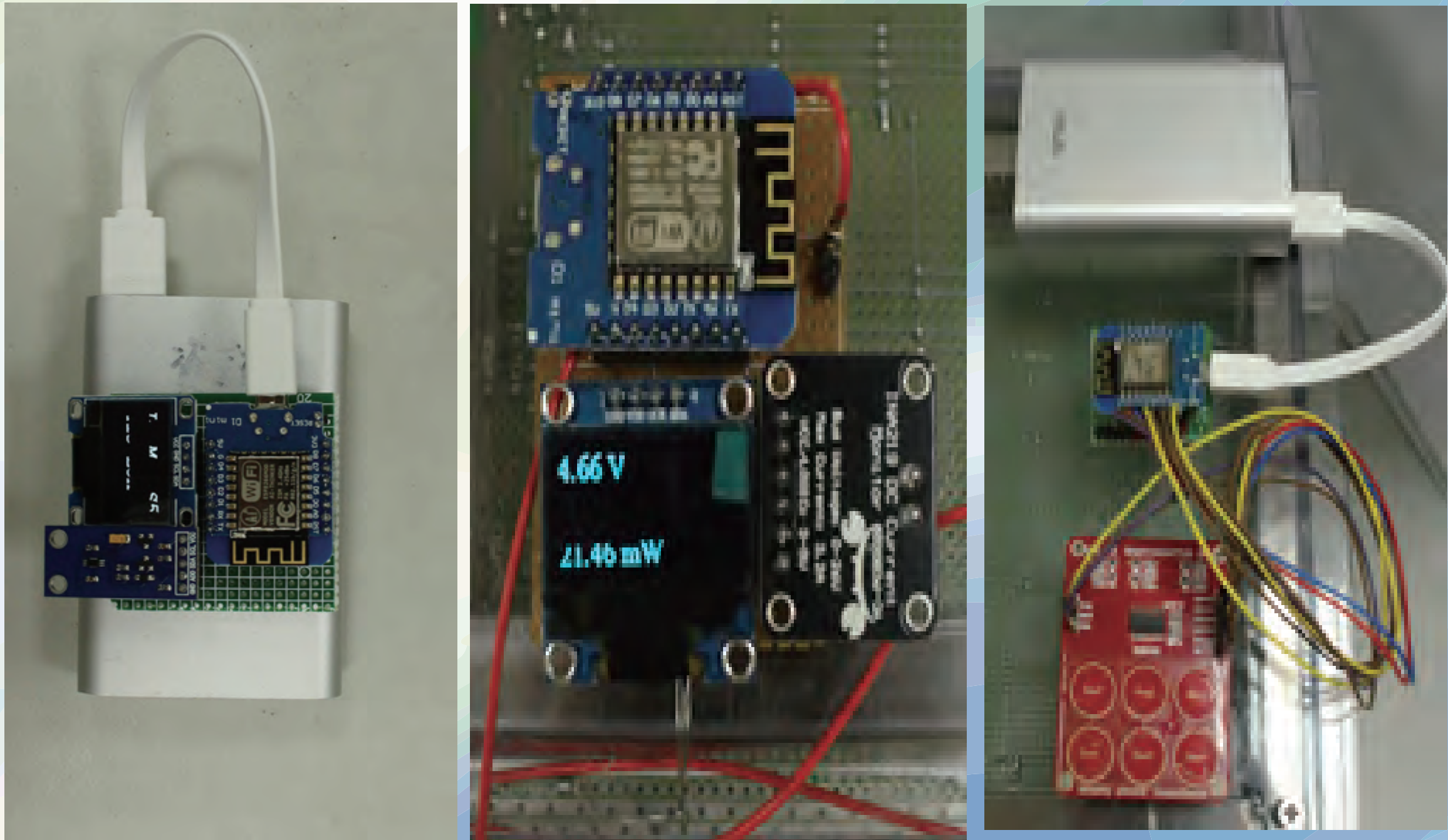


圖5 照度、電流、觸控感測模組

四、ESP8266WiFi+FPGA 受控端電路設計

由於要控制的LED燈眾多，每一個均為獨立動作，控制器要有相對應的I/O腳位，單晶片因輸出腳位有限，沒辦法處理，所以PWM控制器我們採用FPGA來設計，但WiFi部分還是由ESP8266來運作，將自雲端伺服器演算後的資料接受來的訊號交由Altera出品的EP3C16Q240來處理，其輸出接腳多達160支足以應付控制眾多LED燈。

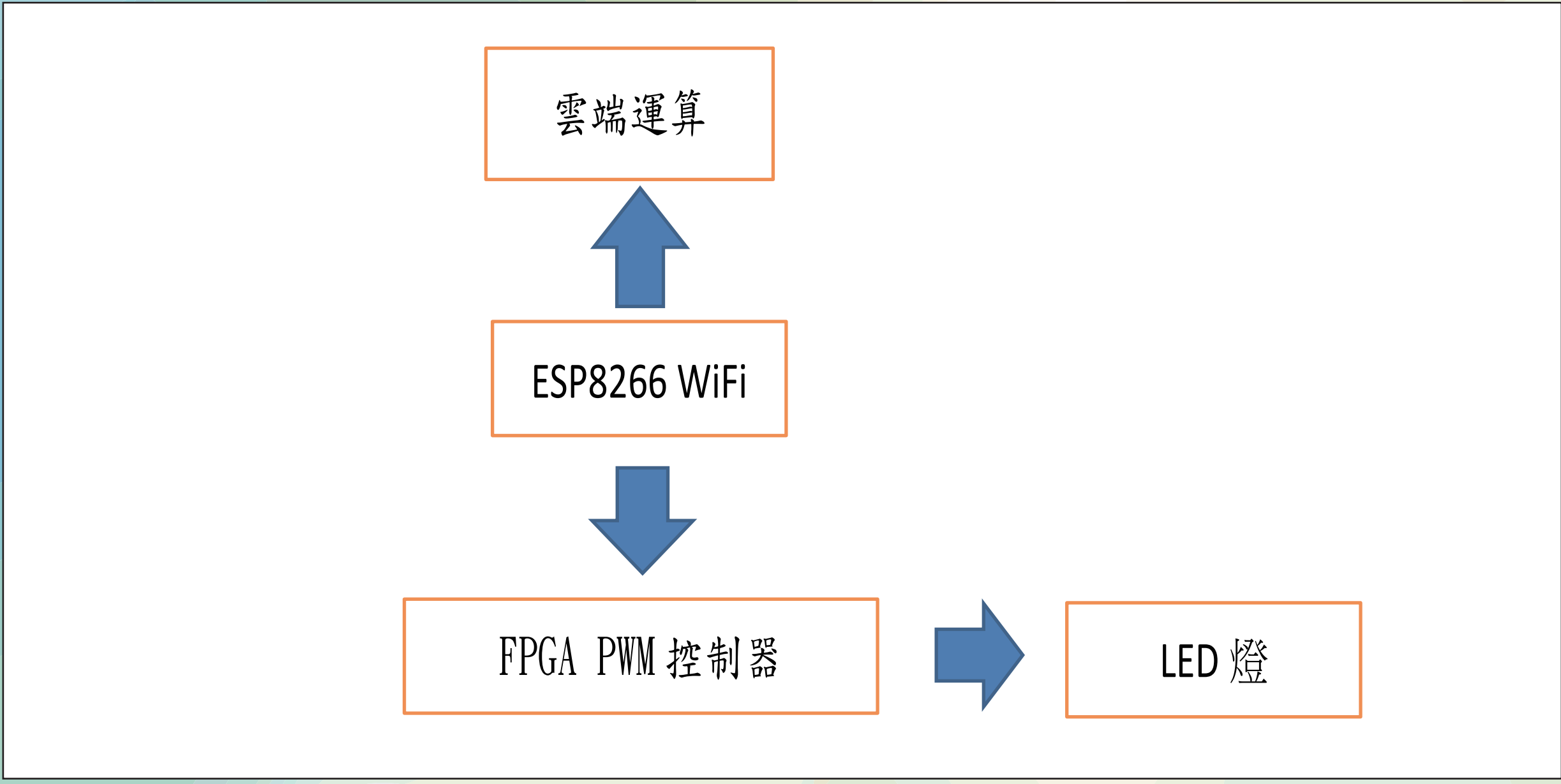


圖6 ESP WiFi接收決策傳送至FPGA流程圖

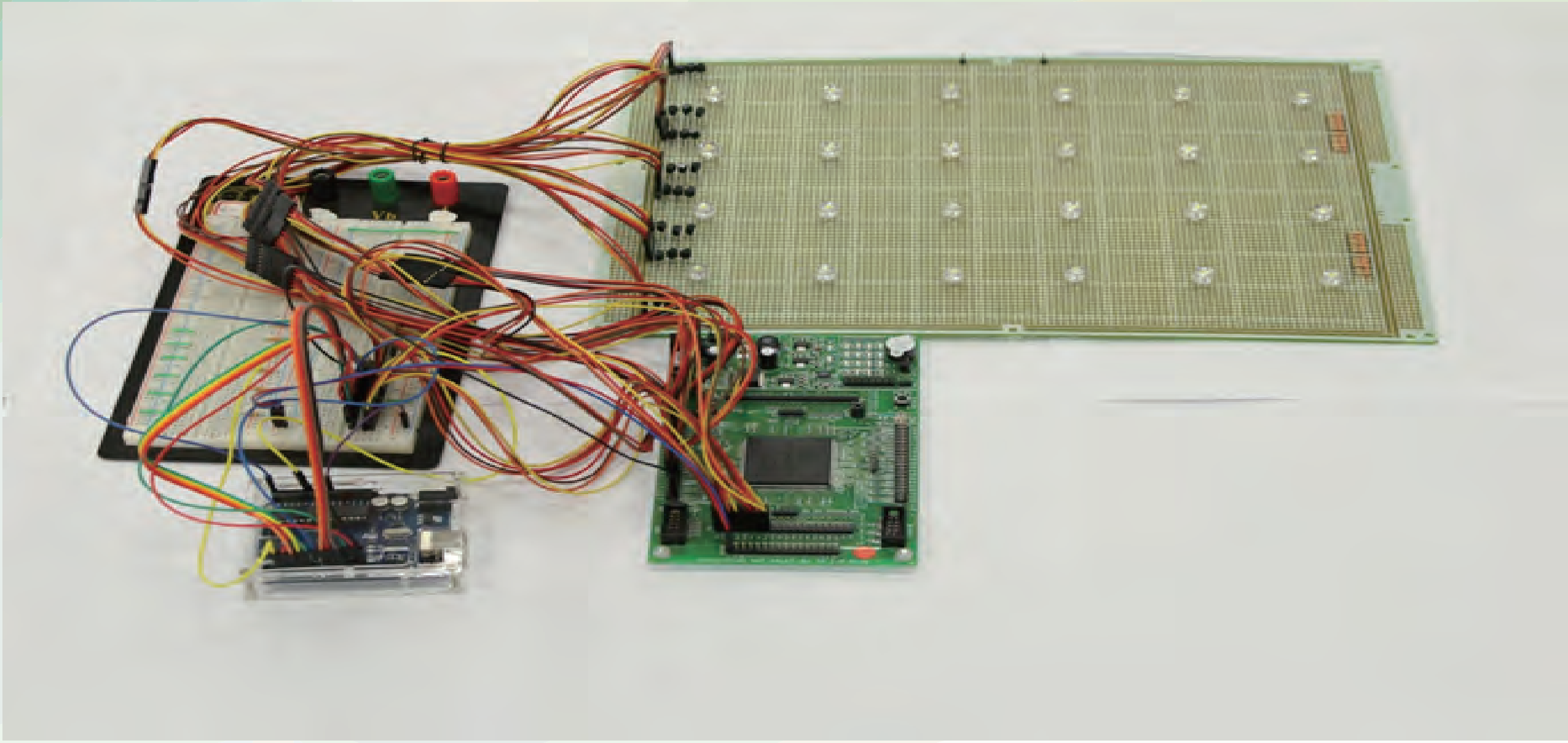


圖7 ESP8266 WiFi接收決策傳送至FPGA電路接線

PWM 亮度調變：

為能夠符合本研究的要求，除了可以單顆做PWM、區域開關、及區域調光，將照明區域分成6區，以ESP8266 WiFi晶片自雲端伺服器取得資料，再傳送7位元LED位址、8位元脈寬度及1位元觸發脈波至FPGA，FPGA收到訊號後控制LED照明的亮滅，並以圖形化顯示亮燈情形，同樣的亦可觀察用電的效率及瓦數。

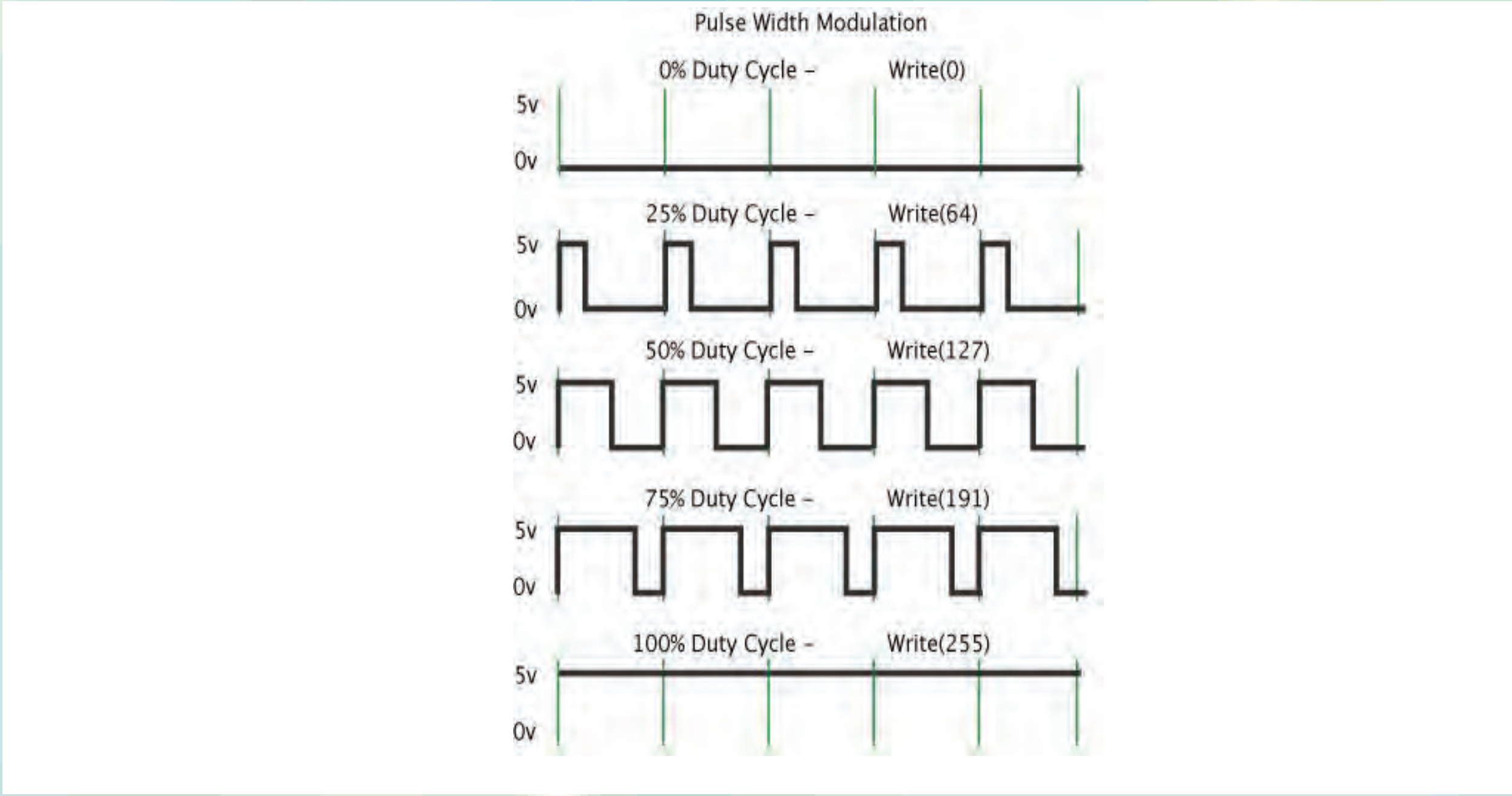


圖8 FPGA PWM輸出工作週期

五、ESP8266 韌體開發

以Arduino IDE編寫程式，程式語法簡捷明瞭，並且網路上有大量的程式庫可以取用，所以設計上可快速完成，大大縮短設計時間。

本次電路需求是以ESP8266 WiFi控制、IO輸出程式為基礎，再依照這次電路的輸出要求來設計。流程圖如下：

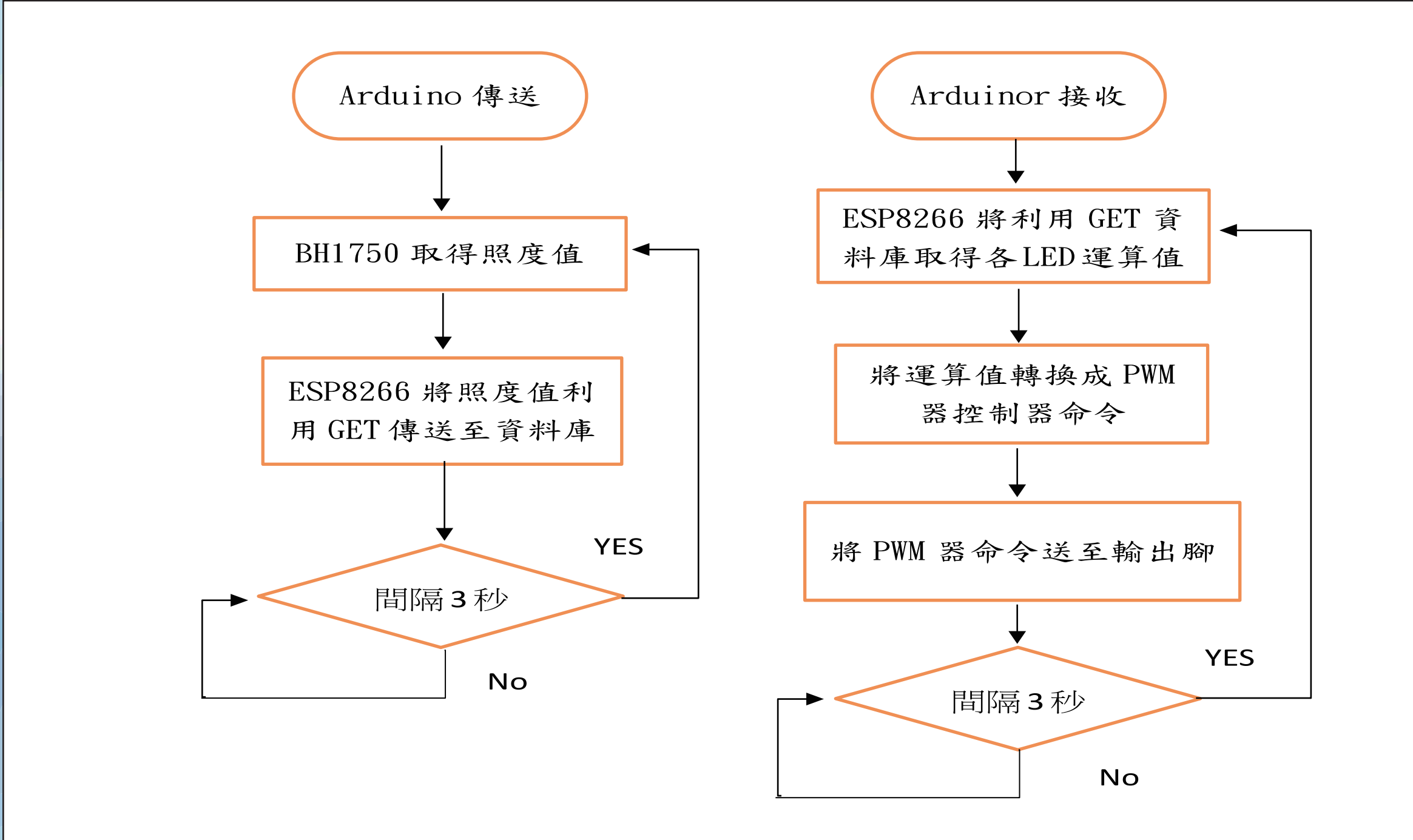


圖9 ESP8266傳送接收端流程圖式

六、設計資料庫

資料庫採用mySQL建置，負責處理資料的儲存，以SQL語法開發資料庫平台，建立資料表架構，分別為LED資料表、照度資料表、照度監測資料表及使用功率資料表。

LED資料表包含LED_ID名稱、群組ID名稱。照度資料表包含監測點ID、個別LED照度值、照度差值、LED染色體學習完成值，照度監測資料表包含監測點ID、監測值、監測系統時間。功率資料表包含監測系統時間、電壓值、電流值、瞬間功率值。



圖10 MYSQL資料庫系統

七、設計雲端運算程式

採用PHP作為主要軟體開發語言，架設Apache伺服器來提供 Web介面。其需要完成功能分為兩大部分；一為負責資料庫中偵測點及控制器的數值存取。另一為基因演算法的執行。

在設計基因演算法時以PMW八位元作為個體編碼，偵測點的照度做為適應函數，採用明確取樣挑選，將第0代的規模設為8，單點交配，交配率0.6，突變率0.001來執行，程式執行到100代後結束，每次完成演化的參數儲存在資料庫。

八、手機APP監控程式開發

採用APP Inventor2來進行開發，是一個完全線上開發的Android程式環境，不必學習複雜的程式碼而使用積木式的堆疊法來完成Android程式，開發時間快速，變成為本研究手機APP監控程式開發首選。

手機APP監控程式的主要功能為：

- (一)、監測目前照明的狀態。
- (二)、控制LED燈開關。
- (三)、控制LED燈區域開關。
- (四)、控制LED燈全區及區域的調光。
- (五)、監測目前的電壓電流及效率。
- (六)、監測監測點的照度。

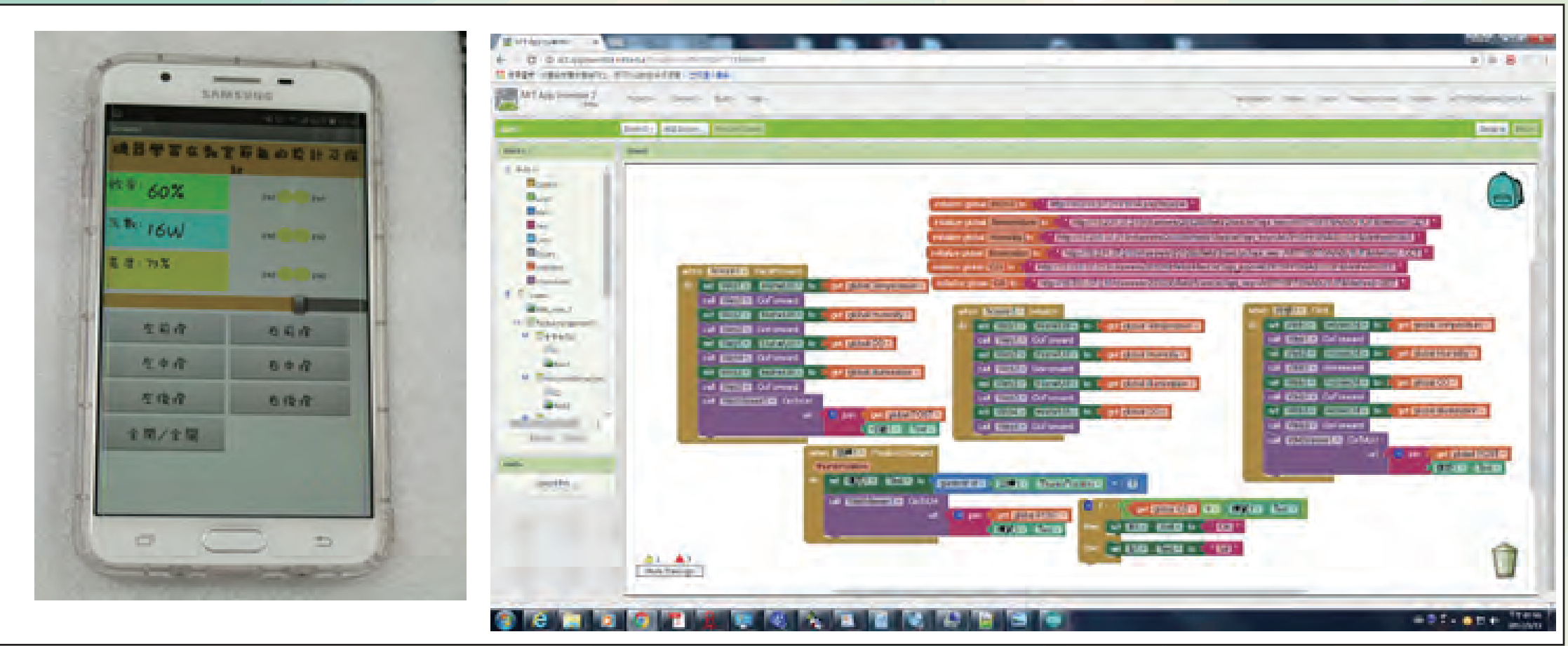


圖11 APP監控程式

伍、研究結果

一、完成實體模型及Android主控端APP程式

完成教室LED控制實體模型，以ESP8266i +PWM控制電路實測及確定感測器位置並調整，再以手機控制測試開關是否正當。

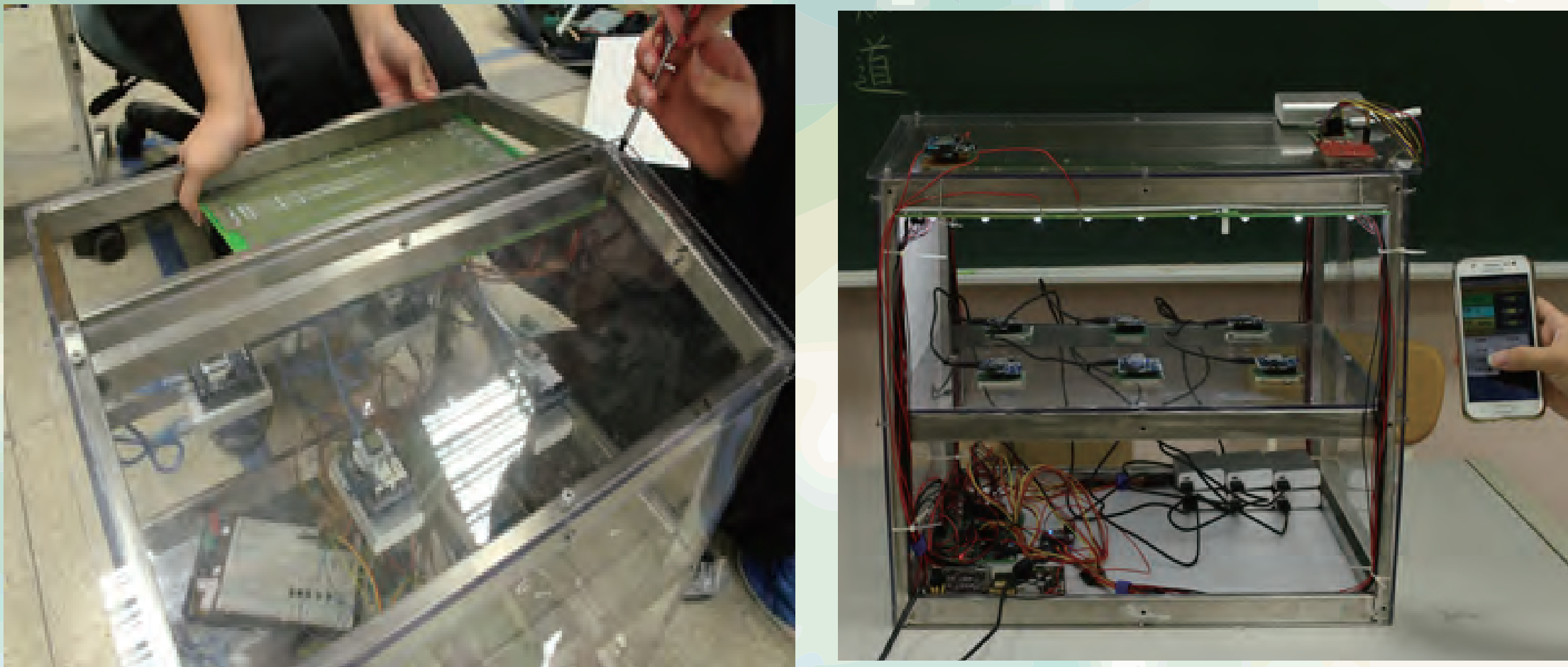


圖12 完成實體模型及Android主控端APP程式

二、完成資料庫及設計PHP基因演算程式

建立各區域對6個感測器的影響值完成資料庫，設計PHP基因演算程式測試其功能。

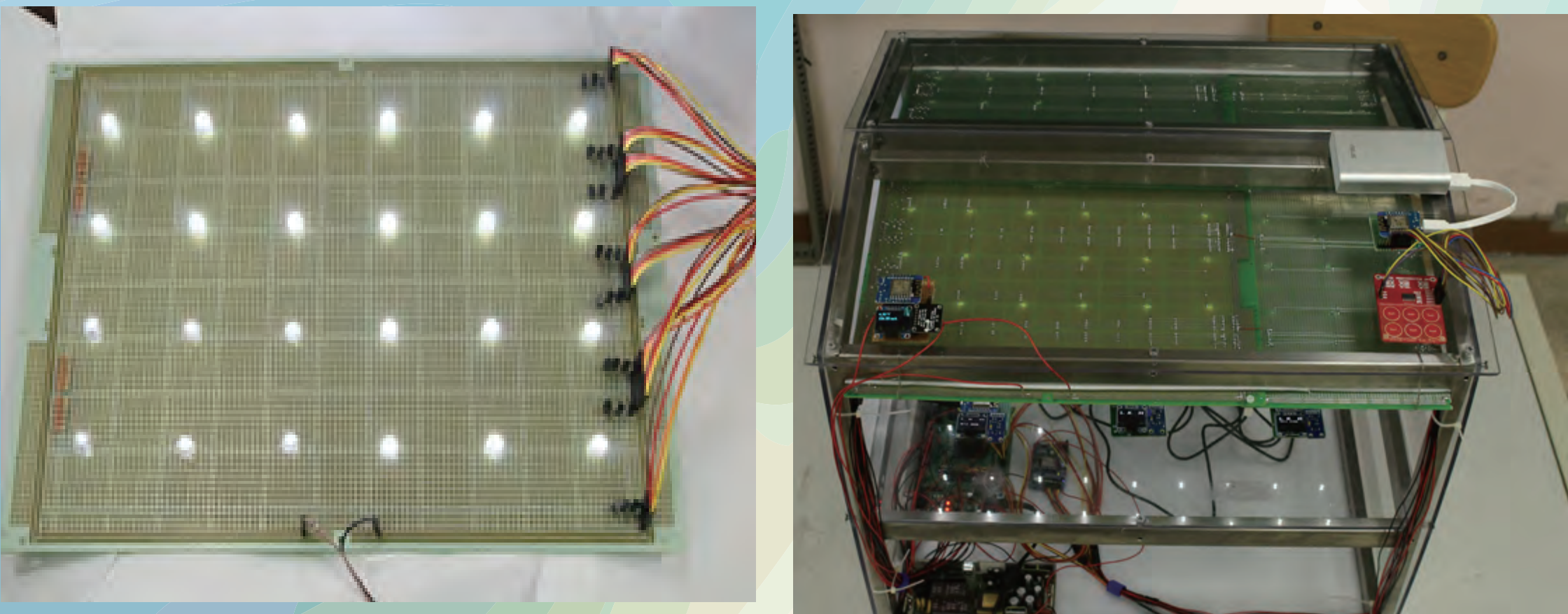


圖13 完成電路測試

三、完成基因演算模擬程式

在無背景值的情況下以不同的PWM值取得對各區域照度的影響值，再利用基因演算法對照PWM資料庫得到參數值，若所得的照度質優於資料庫及予以取代。

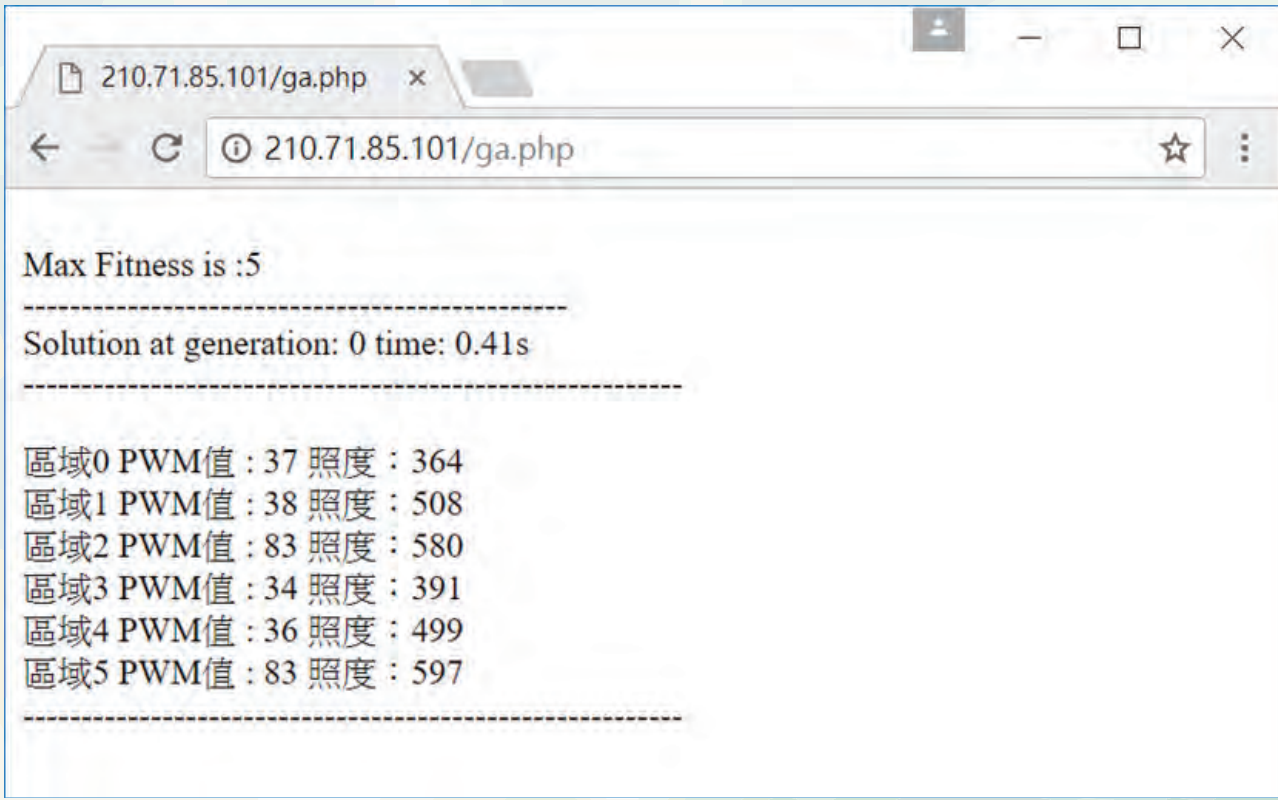


圖13 基因演算模擬程式

四、完成雲端節能分析程式

依教育部修正公布學校一般教室照明標準，桌面的建議照度為350流明，黑板的建議照度為500流明，因此我們將適應值設為350流明來進行實驗，當LED無調光全亮時，總耗能為5V*1.60A=8W

實驗結果一：在無外部光源，背景值為0lux時開燈穩定後所得到的6個測量點的測量值如下表4。耗能百分比50%總耗能為5V*0.8=4W。

測量點	背景值	照度(lux)
左前	0	370
左中	0	366
左後	0	354
右前	0	362
右中	0	359
右後	0	356

表4 測量點測量值(無外部光源)

實驗結果二：在引入外部光源，開燈穩定後所得到的6個測量點的測量值如下表5。耗能百分比37.5%總耗能為5V*0.6=3W。

測量點	背景值	照度(lux)
左前	100	376
左中	85	373
左後	72	360
右前	41	368
右中	33	366
右後	22	359

表5 測量點測量值

陸、結論與建議

- 一、在大區域照明監控的Wi-Fi運作構想： 使用Wi-Fi長距離追蹤監控目前各燈狀態或亮度，再利用網路適度控制調整，此方式對於廣大的校園管理而言，因常發生下課後辦公室忘記關燈，但門又已上鎖，請人回來關燈耗時費力，又為避免侵害隱私權，是為最佳選擇
- 二、使用手機控制LED照明方便性高：可以用遙控方式，不須要在開關邊操控，電燈的狀態可直接顯示，不用看燈具。
- 三、設定管理手機容易：手機有唯一性，可設定特定

- 人士才有遙控權限，並可對於有效操作時間做控管制方式。
- 四、效率及功率的即時資訊有助於節能習慣。
- 五、機器學習確實可大幅度的減少照明用電：完成利用網路進行機器學習完成參數的設定，雖開始執行時會有不穩定狀況，但執行至約50代後就逐漸穩定，基因演算法能規劃出滿足空間照度需求之LED燈PWM參數
- 六、本研究均能有效降低教室人為及非人為之用電浪費：透過資料庫預設關閉時間，將下課後照明關閉，如有需要再再自行開啟避免人為疏失所產生之浪費。