

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高職組 電子、電機及資訊科

佳作

091002

XM-L2 LED LAMP 手機控制照明研究

學校名稱：新北市立鶯歌高級工商職業學校

作者： 職二 柯廷翰 職二 黃柏翰 職二 楊宗翰	指導老師： 曾盛如 朱勇華
---	-----------------------------

關鍵詞：行動電話、燈泡、節能

作品名稱

XM-L2 LED LAMP 手機控制照明研究

摘要

當前為照明交替的世代，已由傳統日光燈管、省電燈泡漸漸為 **LED 照明** 所取代。LED 具有壽命長、安全性高、發光效率高、色彩豐富、驅動與調控彈性高、體積小、環保等特點；手機為現代人隨身用品，並且複合多項資訊化功能，並且持續高度發展。

這次研究在於取手機之方便性，加上 LED 照明之優點；透過手機 APP 的控制可以輕易的操控 LED 及亮度，並且提供用電量及效率資訊，可以提醒我們適度的節能。如下圖所示：

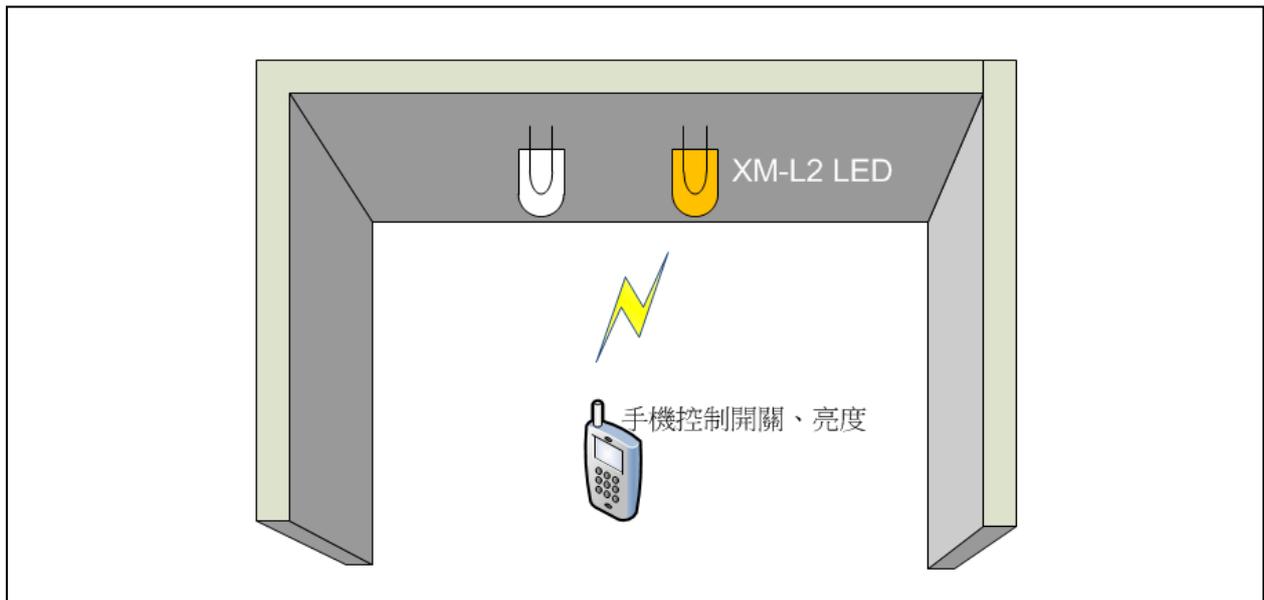


圖 0-1 XM-L2 LED LAMP 手機控制照明示意圖

並以智慧控制的方式，來探討各種控光技巧有效運用，以達到實用與節能並重。例如：使用人體檢知位置，再以重力場計算做整體性調光，使光線有效運用，有效節能。

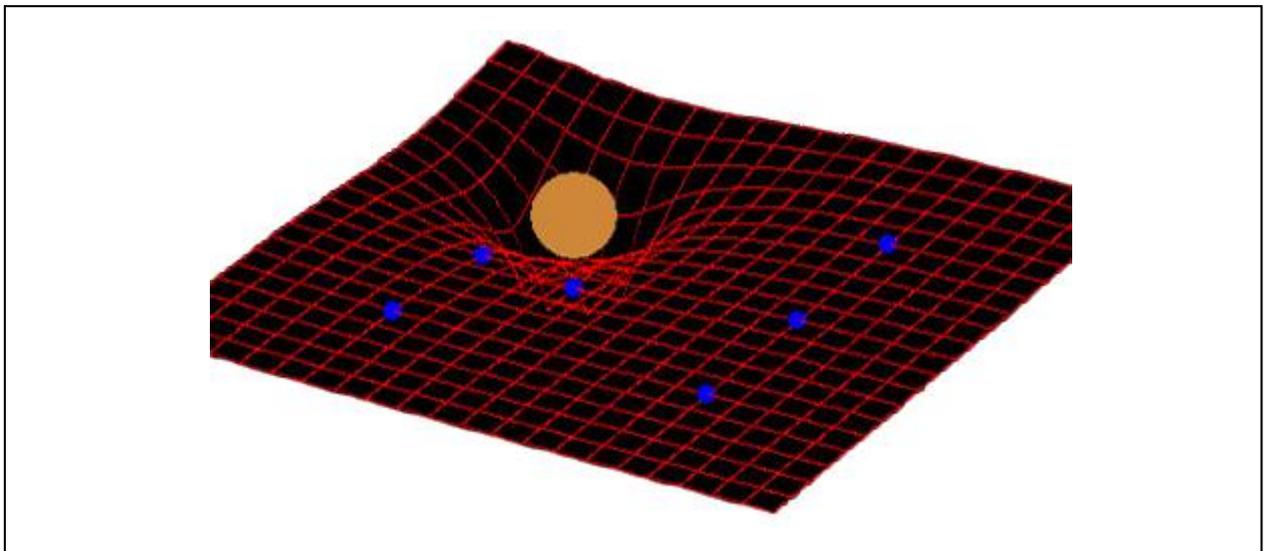


圖 0-2 重力場模式的區域光線控制

壹、研究動機

用開關來打開燈似乎是理所當然的事，但是如果到陌生環境要找電燈開關是常有的事。因此我們想到如果能用智慧手機來控制電燈並顯示資訊，必定可以增加很多便利性。另外結合 LED 控光容易的優點的，讓照明控制更多樣性。

在學校二年級「程式語言」已學習 Android 的 APP 設計，及二年級「專題製作」的課程中，學習了 Arduino 的藍牙控制，再加上一、二年級的基礎電學實驗，相關課程如下：

手機與 LED 在照明上的應用相關課程對照表			
項次	課程名稱	相關單元	備註
1	基本電學	有效值、直流迴路、交流功率	
2	基本電學實習	電壓、電流、功率量測(儀表)	
3	電子學	整流、濾波、二極體特性	
4	電子學實習	二極體電路製作、LED 原理	
5	電子電路	半導體元件運用	
6	電子電路實習	高功率半導體散熱	
7			

表 1-1 手機與 LED 在教室照明的應用-相關課程對照表

貳、研究目的

利用 LED 燈泡元件，加上經過計算後的驅動電路或用隨處可取得的直流交換式電源供應器來驅動。再完成藍芽電路及手機 APP 控制，預定達成下面目的：

- 一、LED 元件照明電路規劃設計。
- 二、交換式電源供應器的重新運用。
- 三、完成 LED 照明配接電路。
- 四、藍芽接收控制電路設計製作。
- 五、主控端手機 APP 程式設計。
- 六、探討 LED 照明電路所面臨的問題及解決方法。



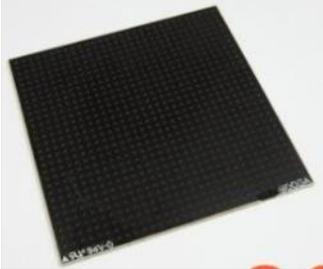
參、研究設備及器材

一、硬體設備與材料

需以行動裝置與 Arduino 藍芽電路進行通訊，再推動 LED 驅動電路，所需的相關設備與材料如下：

使用設備表				
項次	外觀	設備或器材名稱	數量	規格
1		照度計	1	SEKONIC ILLUMINOMETER i-346
2		交直流鉤錶	1	HIOKI 3288
3		MULTMETER	2	HEWLETT PACKARD 34401A
4		平板電腦	1	
5		交換式電源供應器	1	個人電腦
6		行動電話	1	
7		LED 定電流驅動器	1	2100mA

表 3-1 使用設備表

使用材料表				
項次	外觀	設備或器材名稱	數量	規格
1		LED 發光二極體	100	A8A41-100, 散光 5mm 正白光
2		大功率LED 發光二極體	45	CREE XML U2 L2,10W 鋁基座 20mm 正白光
3		LED 專用快乾型導熱膠	5	
4		防火萬用洞洞板 900孔	6	
5		10W LED 全鋁散熱器	45	
6		Arduino 微控制器板	1	

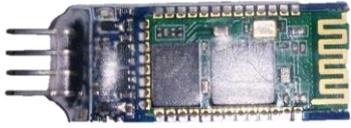
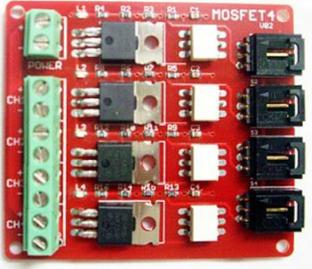
7		Arduino 藍芽 外接模 組	2	
8		Arduino WiFi 外接模 組	2	Uno Shield R3
9		Arduino MOSFET 外 接模組		

表 3-2 使用材料表

二、相關軟體

行動裝置部份使用 Andriod 手機的 APP 做為主控端程式；Arduino 受控端為韌體，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 SDK	1	手機程式設計
2	Java SE 7u45	1	手機程式設計
3	Arduino IDE	1	Aduino 韌體開發、燒錄
4	Cadence OrCAD	1	電路設計、模擬

表 3-3 相關軟體表

肆、研究過程或方法

本次研究從 LED 功率電路探討開始，接著進行 LED 功率電路設計及實作，再編寫 Anduino 藍芽受控程式，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：

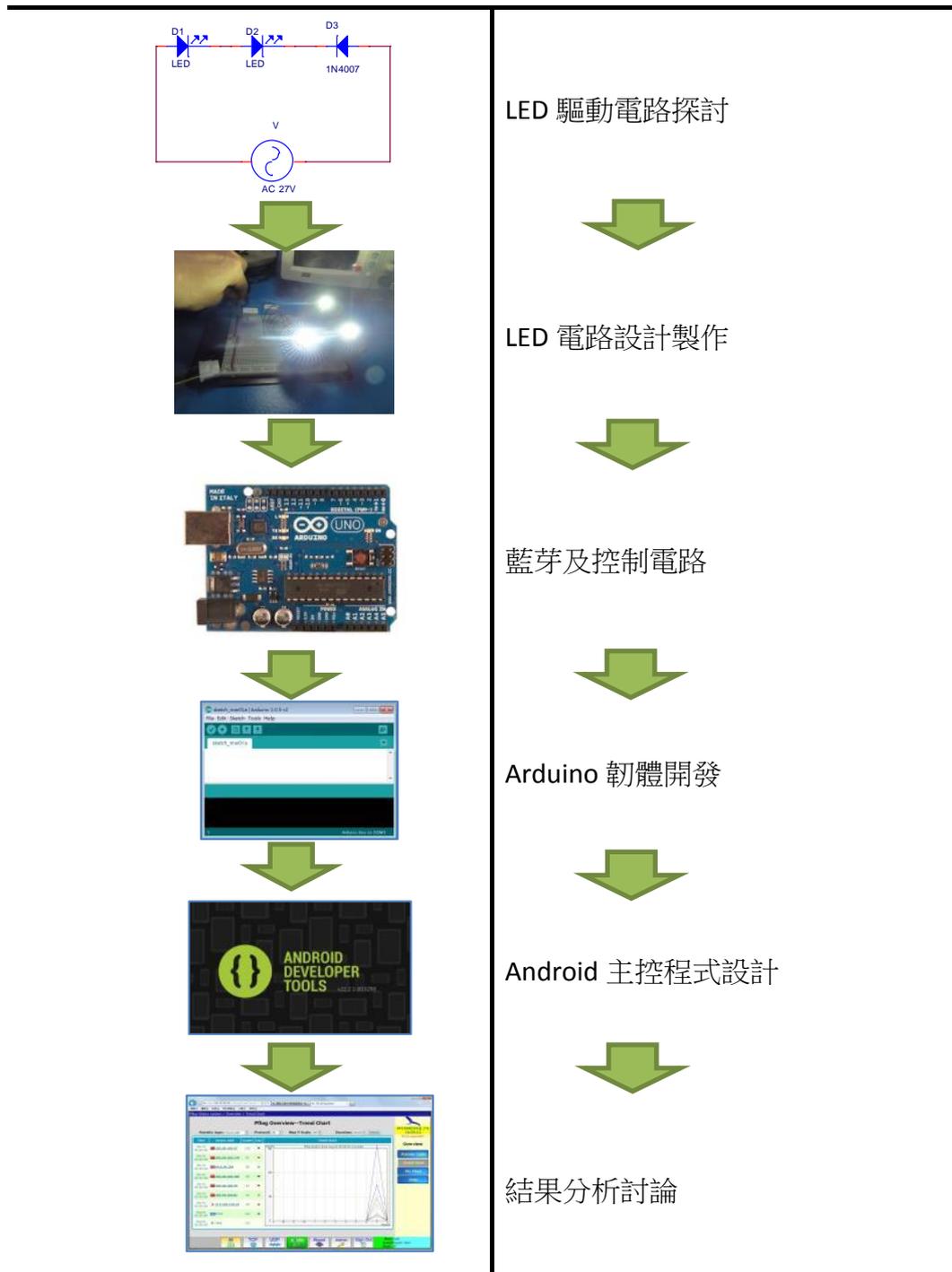


圖 4-1XM-L2 LED 手機控制照明-研究程序

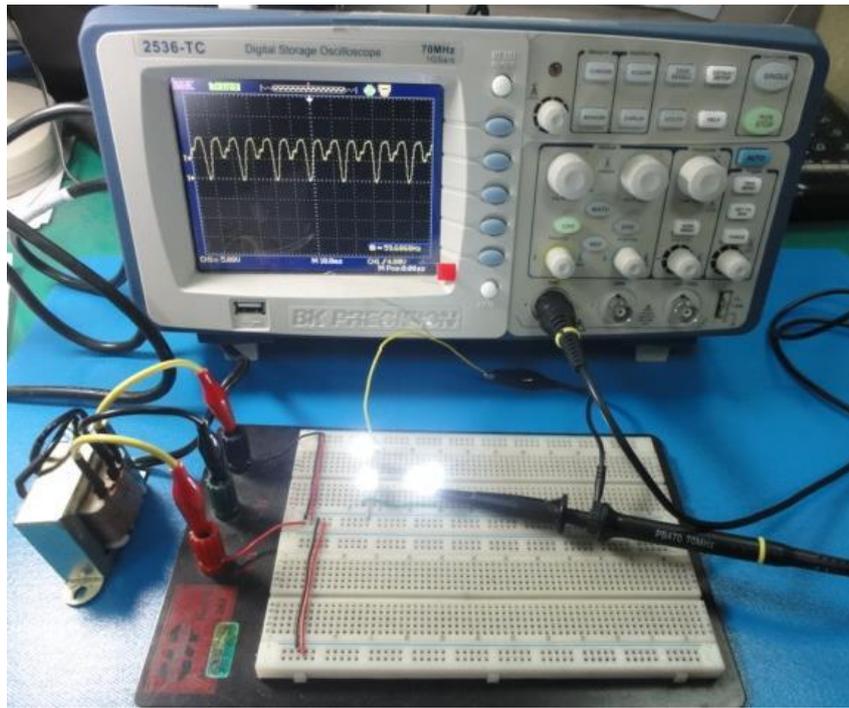


圖 4-2XM-L2 LED 手機控制照明-實驗方式一例

一、LED 驅動電路分析

從基本電路驅動 LED 的各項數據來使為設計電路的基礎，以設計出 LED 大量照明的電路，XM-L2 LED 最適工作電流為 2~2.5A(MAX:3A,Typical Volt:2.85V)，實驗用的高亮度 LED 最適工作電流為 10mA。再以效率高及使元件數適當為優先採用。

CHARACTERISTICS				
Characteristics	Unit	Minimum	Typical	Maximum
Thermal resistance, junction to solder point	°C/W		2.5	
Viewing angle (FWHM)	degrees		125	
Temperature coefficient of voltage	mV/°C		-1.6	
ESD withstand voltage (HBM per Mil-Std-883D)	V			8000
DC forward current	mA			3000
Reverse voltage	V			-5
Forward voltage (@ 700 mA, 85 °C)	V		2.85	3.15
Forward voltage (@ 1500 mA, 85 °C)	V		3.05	
Forward voltage (@ 3000 mA, 85 °C)	V		3.3	
LED junction temperature	°C			150

表 4-1 Cree XLamp XM-L2 特性表

(一) 半波整流 LED 驅動實驗

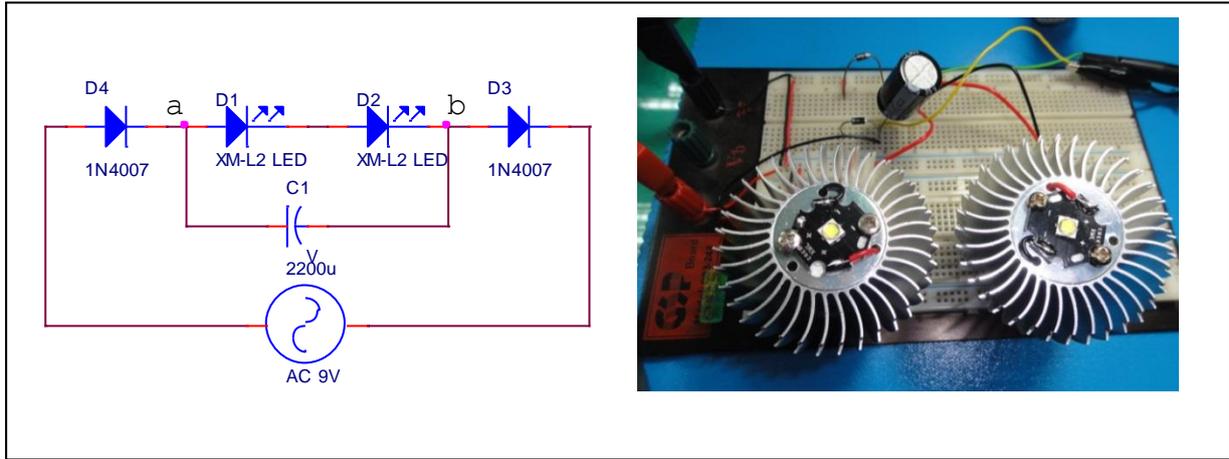


圖 4-2 半波整流 LED 驅動電路及接線圖

項目	交流輸入	直流輸出(rms)	D ₁ 直流	D ₄ 直流	示波器圖形 V _{ab}
電壓	8.4	V _{ab} =6.0	2.88(AC0.34)	52m	
電流	0.88	0.97	-----	-----	
功率	7.92	5.82	2.79	0.05	
總效率	$\eta = 79\%$				

實驗分析：由示波器波形變化，採半波整流容易造成閃爍度較高，輸出端加上二極體 D3 避免 XM-L2 LED 逆向電壓損壞。

(二) 全波整流電容濾波 LED 驅動實驗

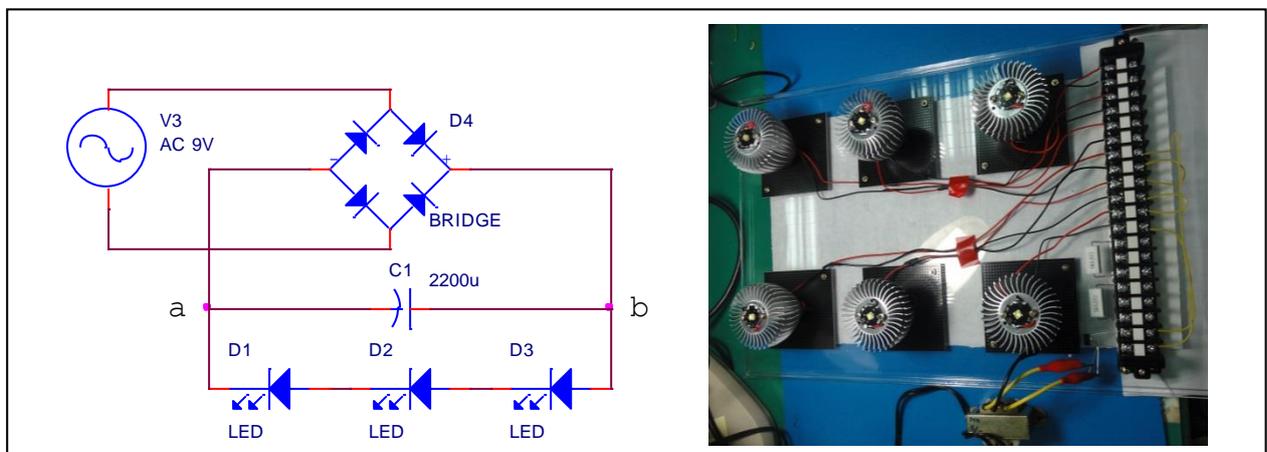


圖 4-3 全波整流電容濾波 LED 驅動電路及接線圖

項目	交流輸入	直流輸出	D ₁ 直流	示波器圖形 V _{ab}
電壓	9.68V	V _{ab} =8.39V	2.75V	
電流	0.9A	0.8A	-----	
功率	8.71W	6.712W	2.2W	
總效率	$\eta = 77\%$			

實驗分析：由示波器波形變化，採全波整流閃爍度最低，但需注意除了橋式整流所承受的逆向偏壓較高外，濾波電容要採用較高的耐壓。

二、電腦電源供應器驅動方式

採用電腦電源供應器有取得容易、輸出電流大、多種電壓的優點，在外殼上找到規格貼紙。在查詢資料中以運作在額定功率 40~60%效率較佳。

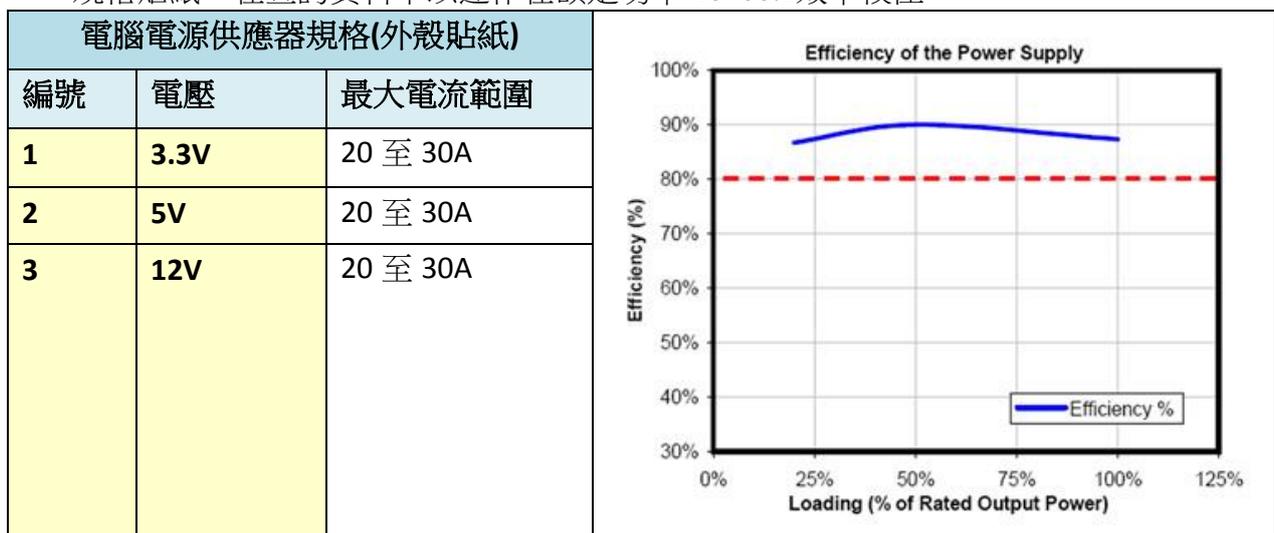


圖 2 - 電腦電源供應器規格及負載效率圖

(一) 電腦電源直流 3.3V，15A 驅動設計

最大 LED 個數， $N_{led} = \frac{15}{3} = 5$ ，以並聯 4 顆設計避免長時間高負載， $I_t = 3 \times 4 = 12A$ 。

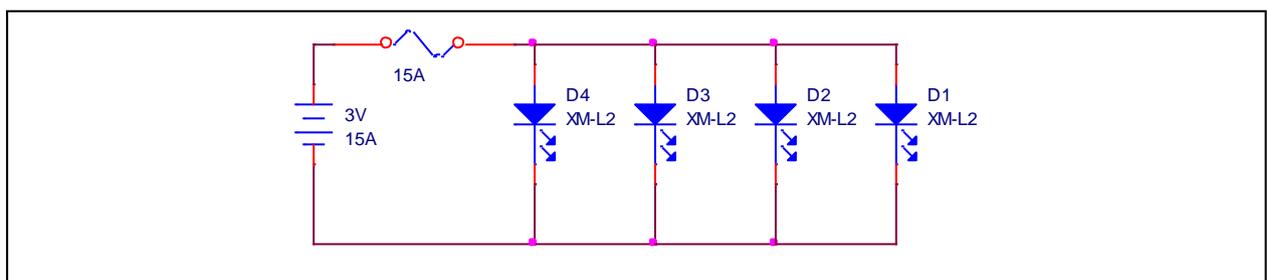
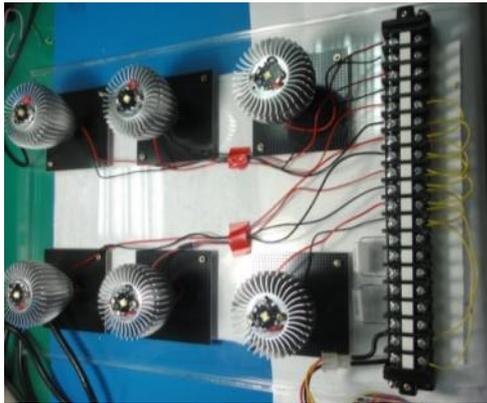


圖 4-4 直流 3.3V，15A 驅動 LED 電路

項目	輸入	配接圖
電壓	2.98V	
總電流	0.358A	
D ₁ 電流	0.058A	
總功率	1.07W	

實驗分析：電腦電源 3.3V/15A，理論上為 XM-L2 LED 最佳運用電源，但是以手邊使用的二款，其中一款就算只接 1 顆，通電立刻進入斷電保護。另外一款負載效應嚴重，數據如本實驗。

(二) 電腦電源直流 12V，15A 驅動設計

最大串聯 LED 個數， $N_{led} = \frac{12}{3.2} = 3.75$ ，以串聯 3 顆 XM-L2 LED，加上水泥電阻

限流，設計以電流 3A 運作， $R = \frac{12-3.2 \times 3}{3} = 0.8\Omega$ ， $P_R = 3^2 \times 0.8 = 7.2W$ 。

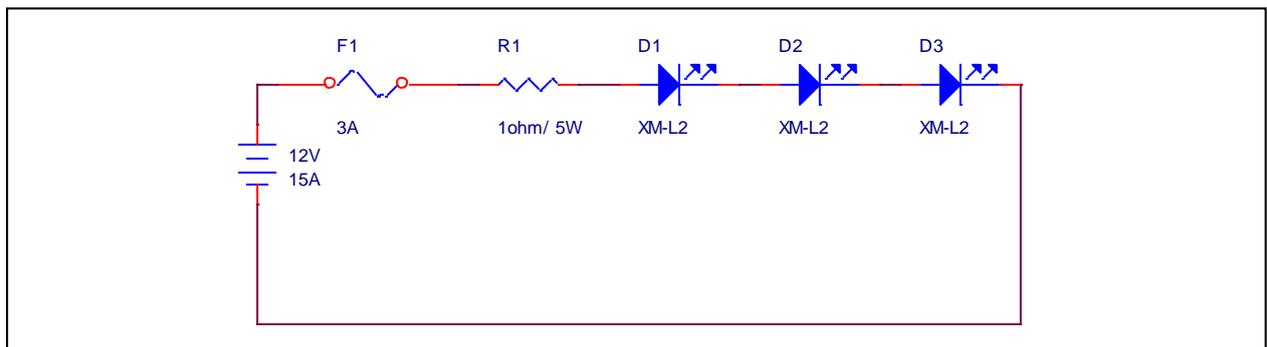
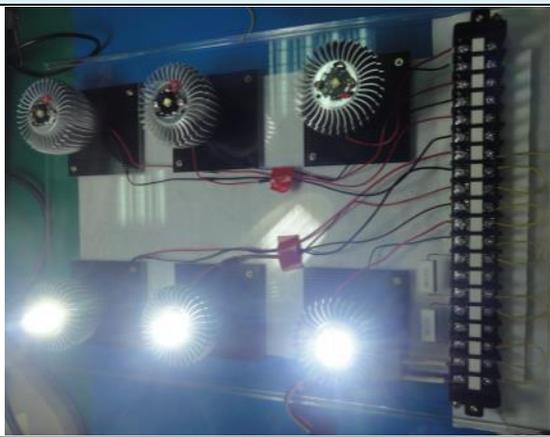


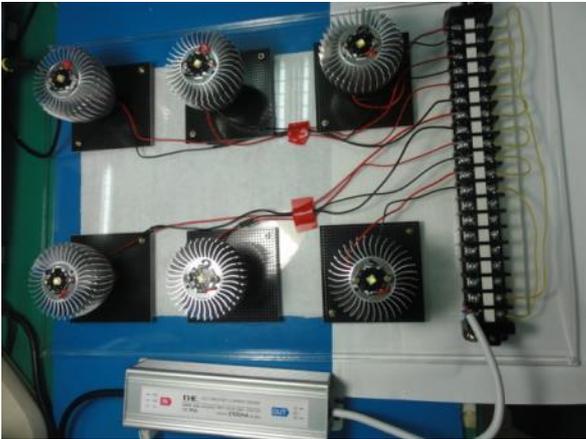
圖 4-5 直流 3.3V，15A 驅動 LED 電路

項目	輸入	配接圖
電壓	11.845V	
總電流	2.88A	
D ₁ 電壓	3.18V	
R ₁ 電壓	1.97V	
總功率	34.114W	

實驗分析：本實驗可以獲得最佳驅動，但是必須消耗電能在限流電阻，以 15A 的輸

出可用來推動 $3 \times 4 = 12$ ，12 顆 XM-L2 LED；多組並聯在負載效應下可改用更小的限流電阻增加效率。

(三) 直流 2.1A 定電流驅動

項目	輸入	配接圖
電壓	19.14V	
總電流	2.1A	
D ₁ 電壓	3.195V	
總功率	40.194W	

實驗分析：使用市售的 2.1A 定電流器，可驅動 3~6 顆 XM-L2 LED，可獲得相當穩定的電流，但費用較高。

三、LED 亮度控制驅動方式

從 XM-L2 LED 的 Date Sheet，U2 以不同定電流輸入為 LED 亮度調整的最好方式。

Color	CCT Range		Base Order Codes Min. Luminous Flux (lm) @ 700 mA			Calculated Minimum Luminous Flux (lm) @ 85 °C**		
	Min.	Max.	Group	Flux (lm) @ 85 °C	Flux (lm) @ 25 °C*	1000 mA	1500 mA	2000 mA
Cool White	5000 K	8300 K	T5	260	296	357	502	631
			T6	280	318	385	541	679
			U2	300	341	412	580	728
Neutral White	3700 K	5000 K	T4	240	273	330	464	582
			T5	260	296	357	502	631

表 4-2XM-L2 LED Flux Characteristics

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_j = 85 °C)

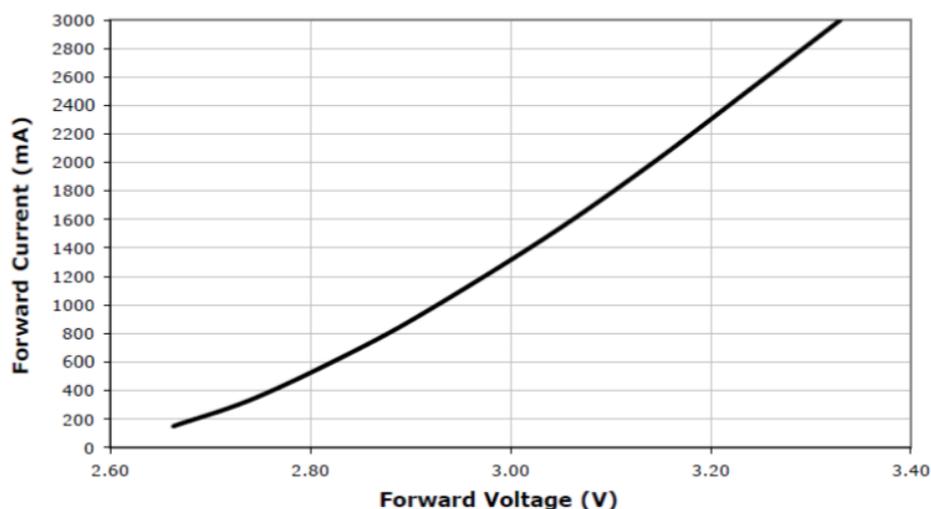


圖 4-6 XM-L2 LED ELECTRICAL Characteristics

XM-L2 U2 LED 功率與照度試算(T=85°C)						
項次	流明數		電流	電壓(曲線對照)	消耗功率	發光效率
1	1052	145%	3000mA	3.3V	9.9W	106.26Lm/W
2	728	100%	2000mA	3.15V	6.3W	115.56Lm/W
3	580	80%	1500mA	3.05V	4.58w	126.78Lm/W
4	412	57%	1000mA	2.92V	2.92W	141.10Lm/W
5	300	41%	700mA	2.85V	1.99W	150.38Lm/W

表 4-3 XM-L2 LED 功率與照度試算

市售 LED 燈泡發光效率 42.3Lm/W，白熾燈泡 10.4Lm/W。LED 燈泡使用高效能交換式電源供應器，效率在 90%以上，再取最適運作電流 2A 發光效率 115.56Lm/W，再與白熾燈比較節能效率 $\frac{115.56-10.4}{10.4} \times 0.9 = 9.000385 = 900.0385\%$ ，超過 9 倍的節能。；與市售 LED 燈泡比較，節能效率 $\frac{115.56-42.3}{42.3} \times 0.9 = 1.58723 = 158.723\%$ ，超過 1.5 倍的節能。

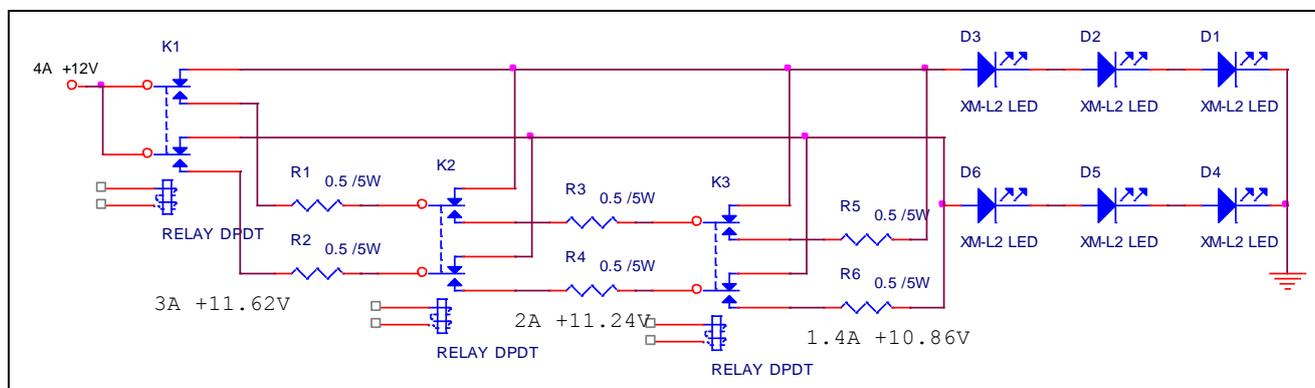


圖 4-7 XM-L2 LED 以階梯狀電阻亮度控制

使用繼電器加上很小的水泥電阻，即可分段控制 XM-L2 LED 亮度，不過在亮度愈低時因為電阻消耗比例高，效率較全亮時為低。

四、串聯 LED 分區控制方式

為了個別控制 XM-L2 LED 開閉，以繼電器加上 3.3V 電源，來將原來 3 個串聯 LED 變化成個別供電 3.3V，可以使用這個電路完成分區開啟照明。

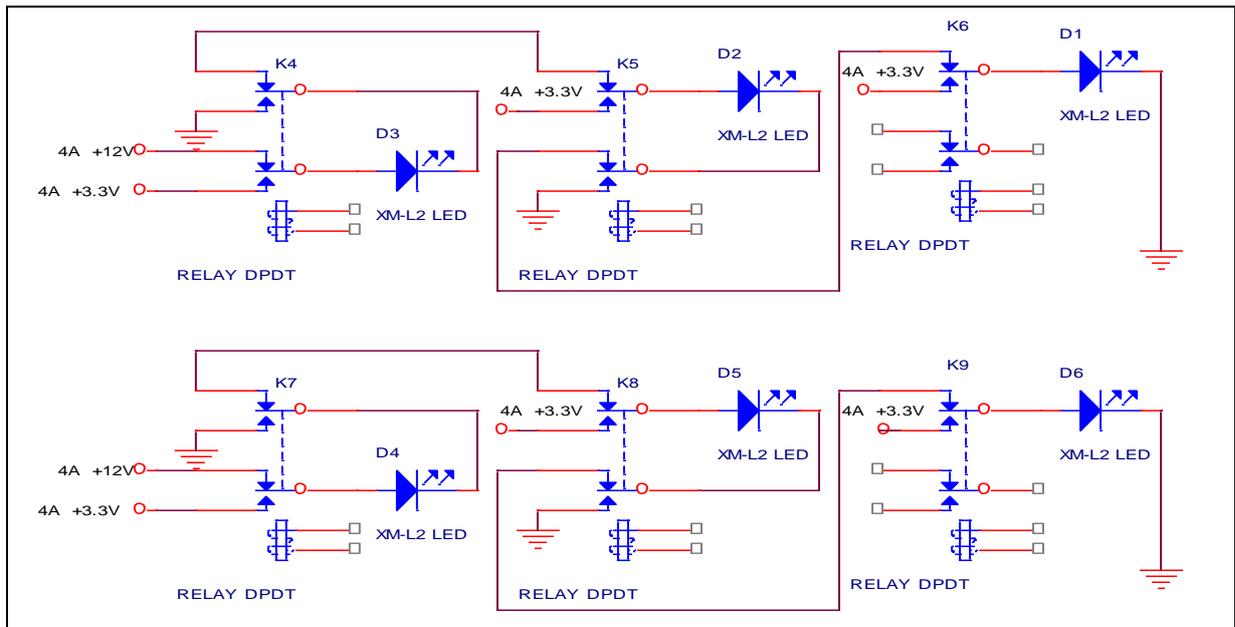


圖 4-7 XM-L2 LED 分區控制電路

五、Arduino 受控端電路設計

使用手機藍芽與 Arduino 藍芽控制板配對，以推動繼電器輸出模組，再連接到 XM-L2 LED 驅動電路。Arduino 組合電路變化多，而且極為方便容易。

本次研究以微控制板、藍芽模組、繼電器輸出模組完成 XM-L2 LED 控制。

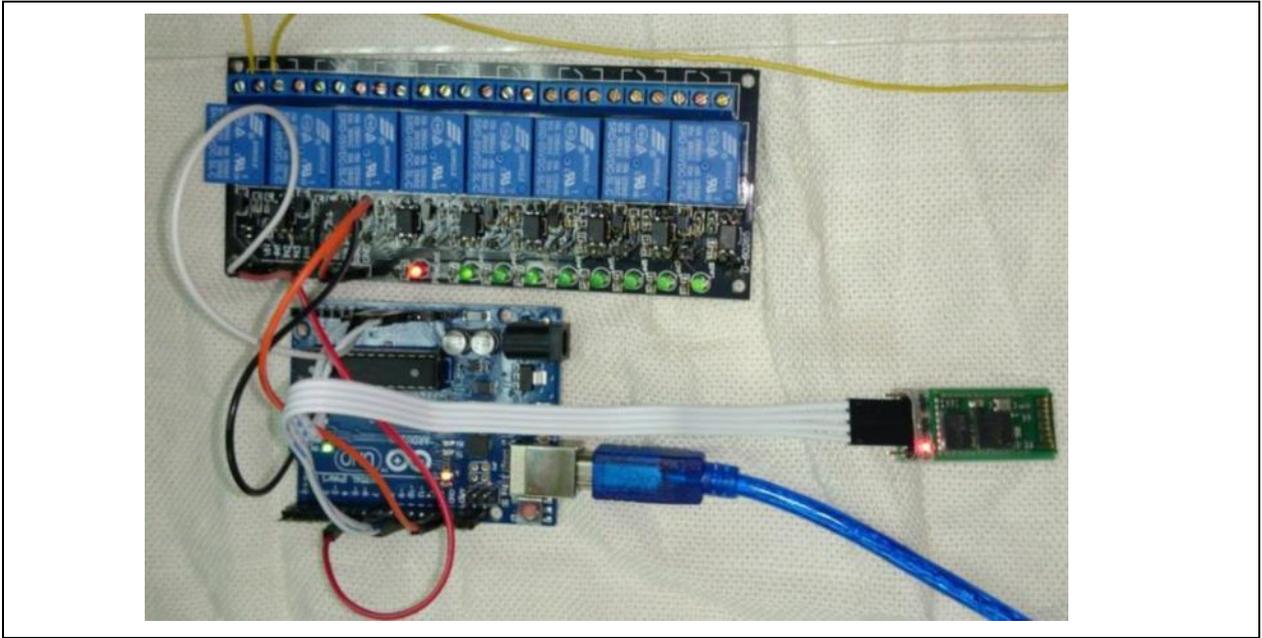


圖 4-8 以 ArduinoXM-L2 LED 控制

(一)PWM 亮度調變：

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。

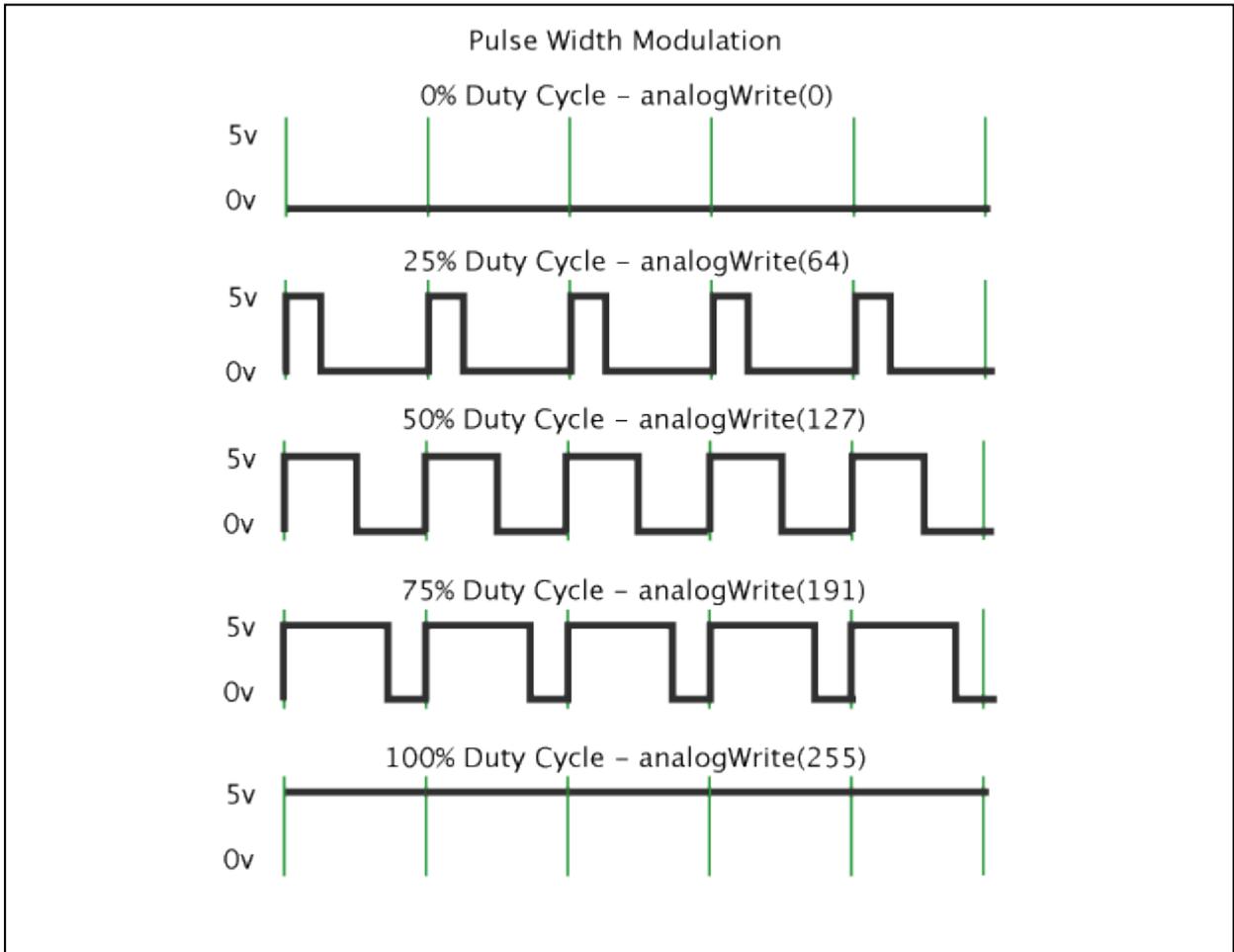


圖 4-9Android PWM 輸出工作週期對照圖

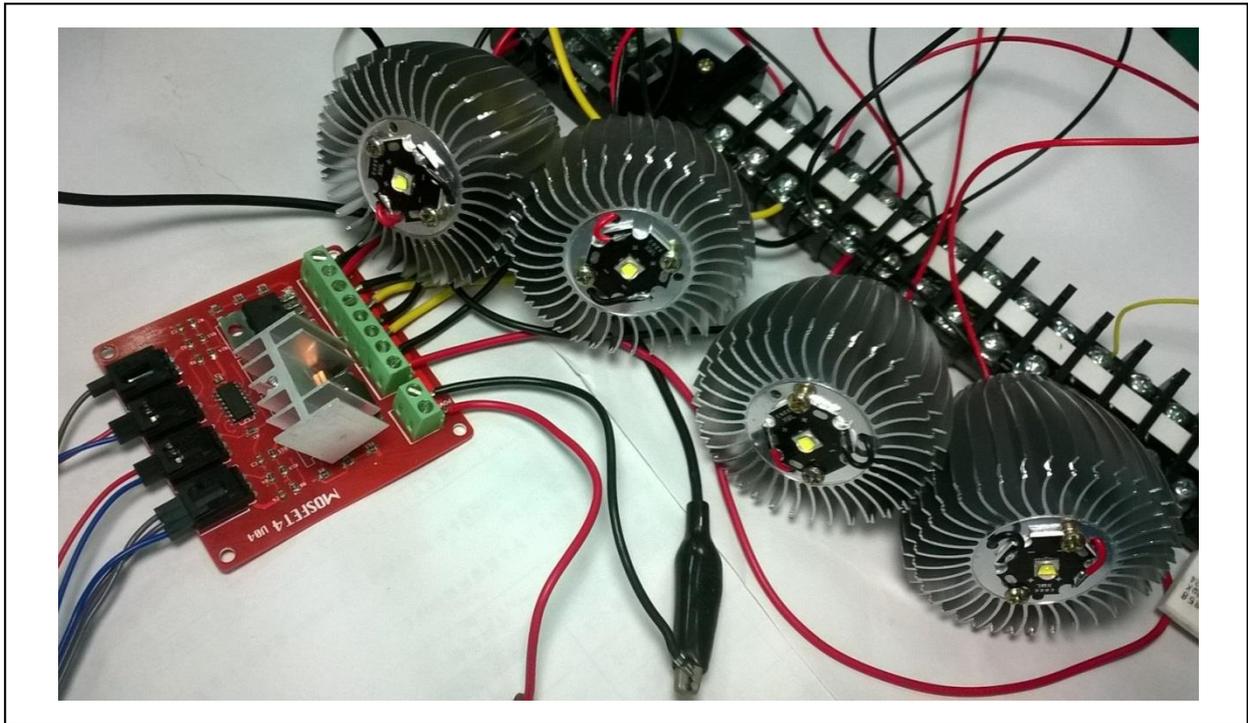


圖 4-10 XM-L2 LED 軟體 PWM 電路

六、 Arduino 韌體開發

以 Arduino IDE 編寫程式，可運用網路上有大量的程式庫，控制程式設計上非常容易，可大大縮短設計時間，快速完成韌體設計。

本次研究以藍芽控制、IO 輸出程式為基礎，再依輸出需求來設計。

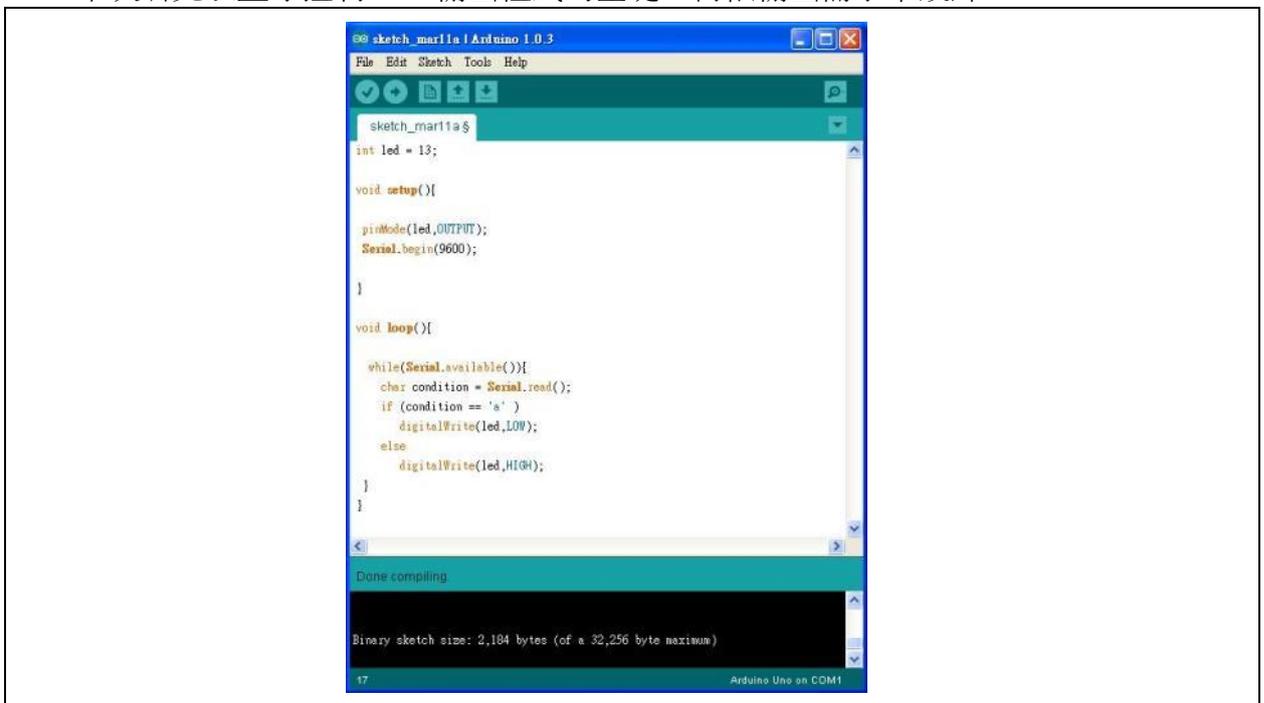


圖 4-9 Arduino 接收端控制程式

七、 Android 主控端程式設計

本次手機程式以 Android SDK 編寫程式，並參考 Android developer 藍芽設計文件；從

藍芽搜尋→選擇藍芽設備→顯示照明資訊→送出照明控制字元;採用 SDK 編寫時間較長,但細節控制較容易。

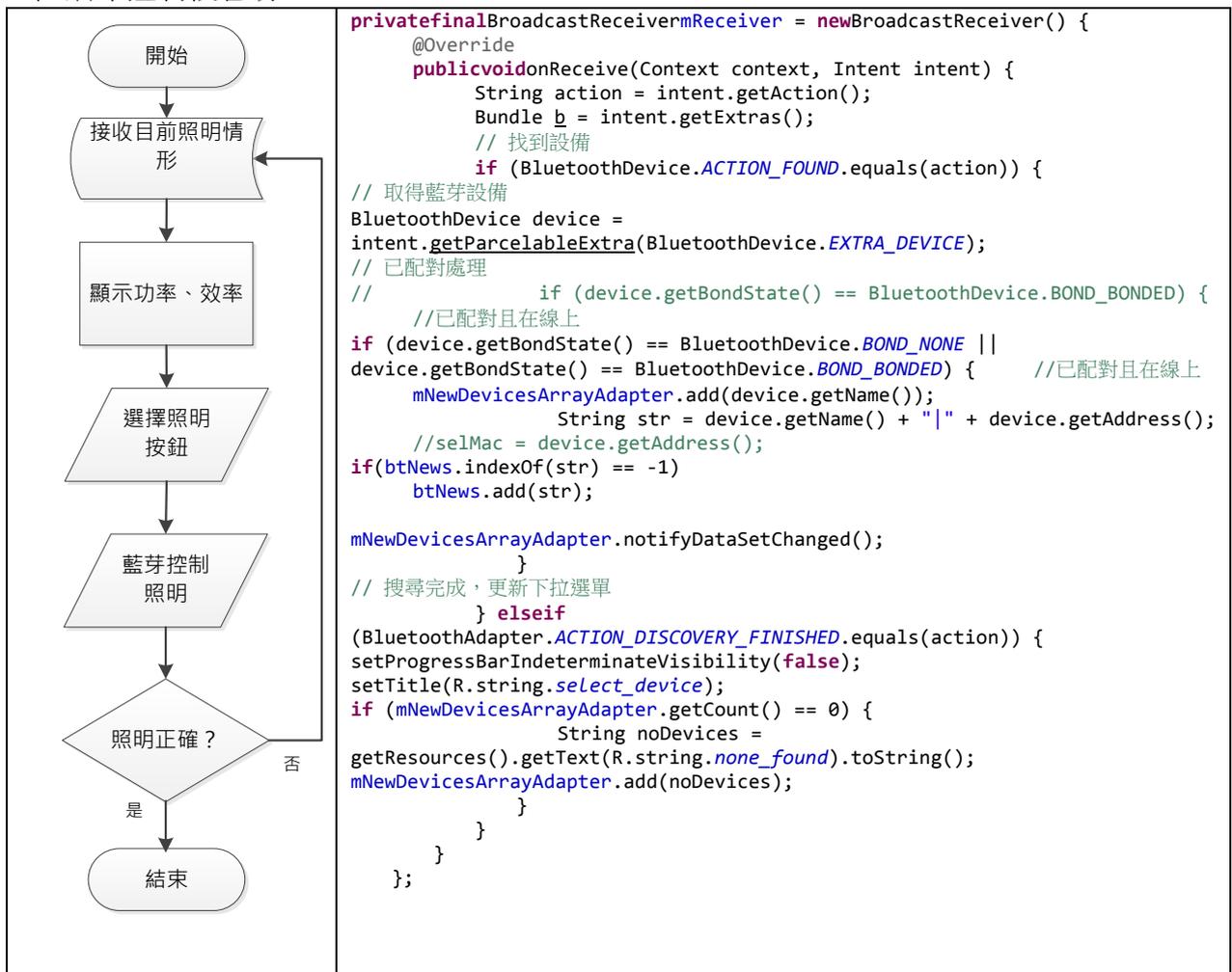


圖 4-10 Android 主控程式流程及藍芽搜尋接收器程式

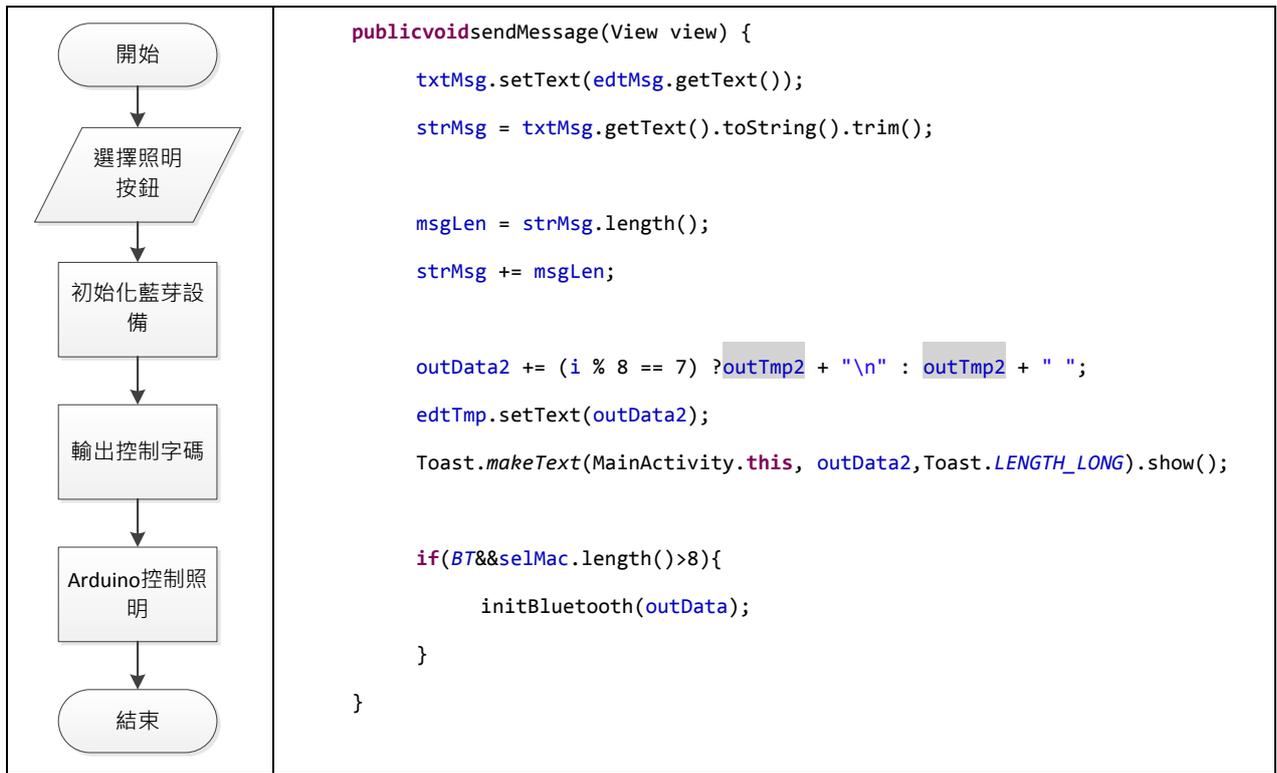


圖 4-11 藍芽輸出控制傳送字碼流程圖及程式

伍、研究結果

一、大功率 LED 驅動電路成品及實驗結果。

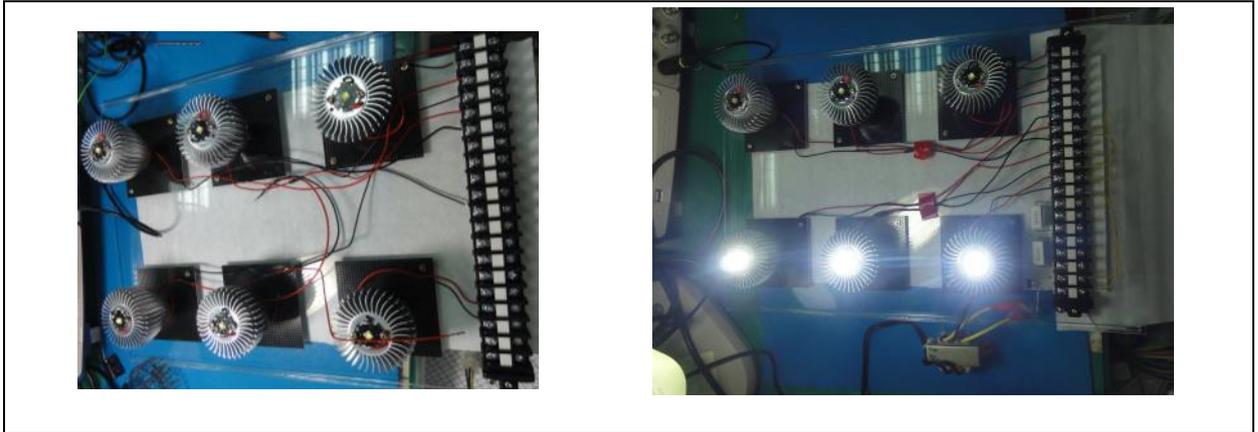


圖 5-1 電路完成及 12V 驅動 3 顆 XM-L2 LED

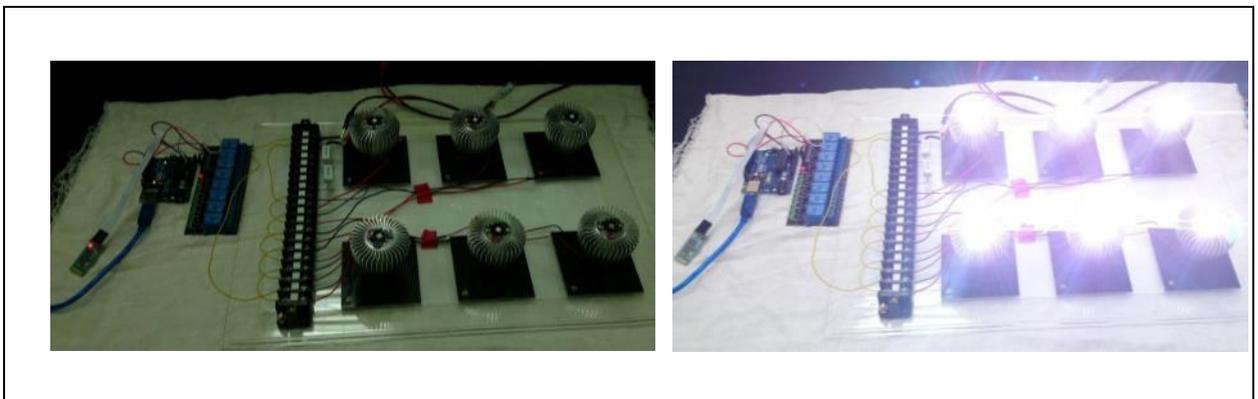


圖 5-2 Arduino 電路配置與 12V 並聯驅動 3 顆 XM-L2 LED

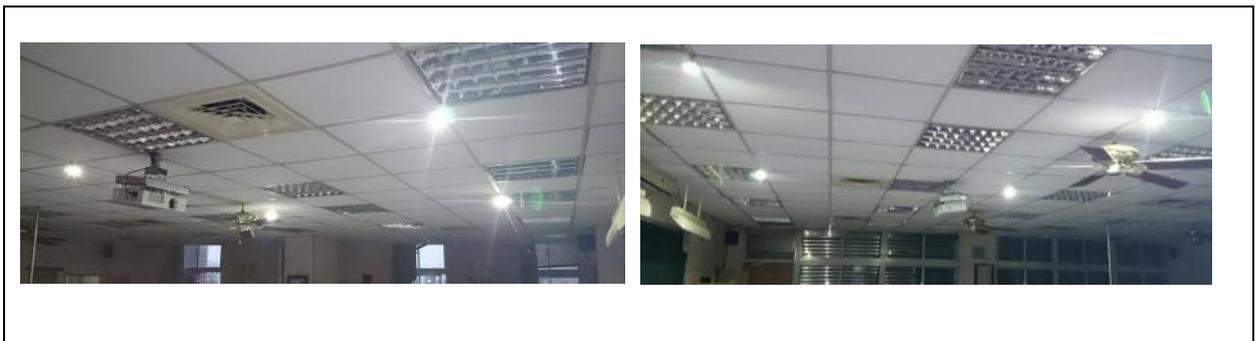


圖 5-3 教室現場進行實際照明

二、教室 LED 控制實體模型。

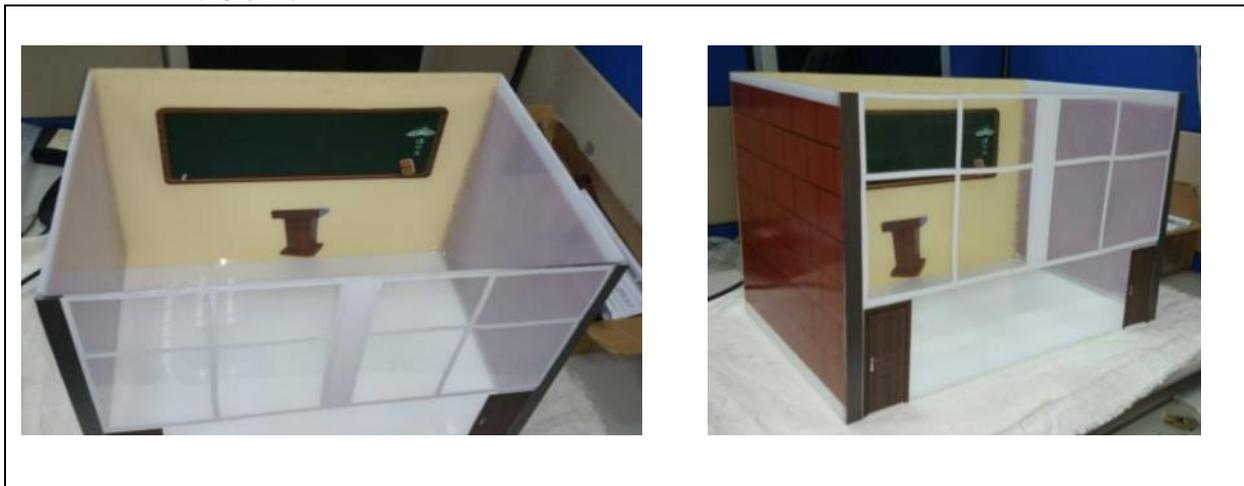


圖 5-4 教室模型製作

三、亮度控制電路與實測。

(一) 階狀電阻調光電路

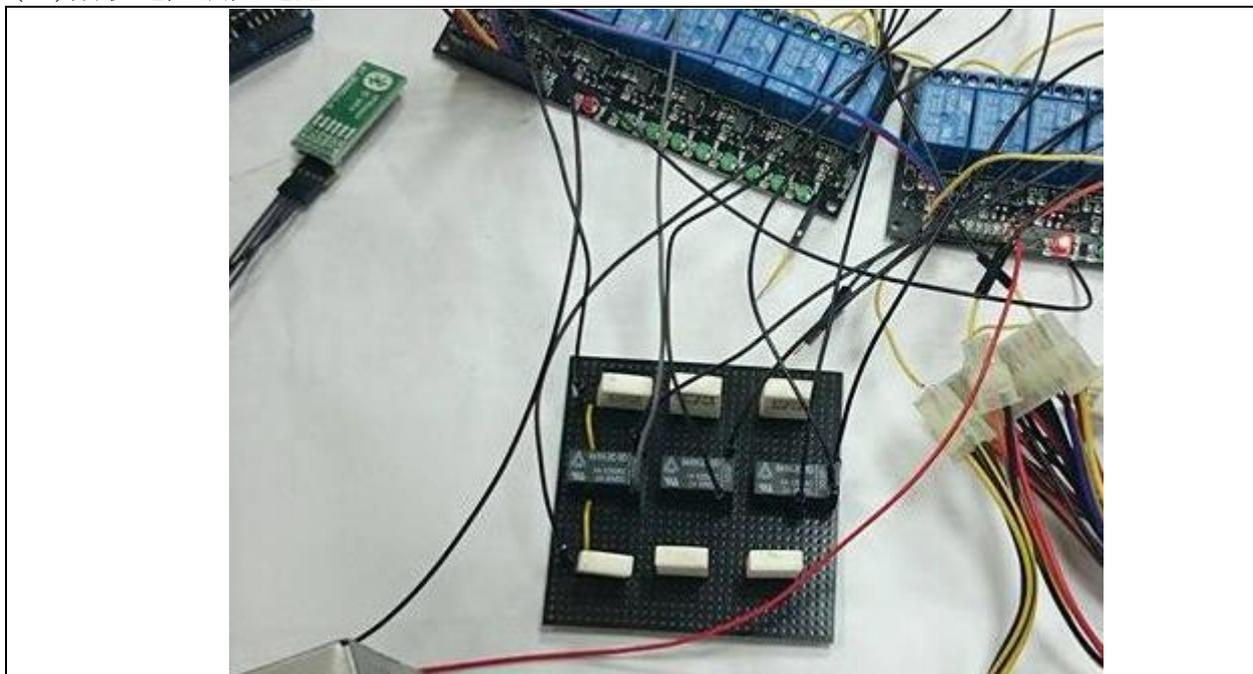


圖 5-5 亮度控制電路板及接線

XM-L2 U2 LED 亮度控制結果					
項次	流明數(中央)		電流	總電壓	消耗功率
1	728	100%	2000mA	3.15V	3.32W
2	580	80%	1500mA	3.05V	3.203W
3	412	57%	1000mA	2.92V	3.063W
4	300	41%	700mA	2.85V	2.9W

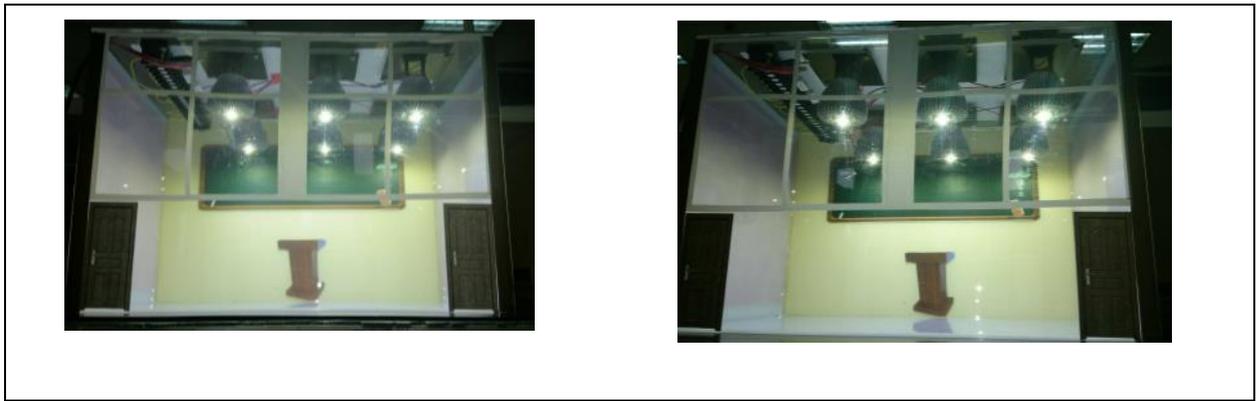


圖 5-5 教室照明亮度控制

(二) PWM 調光電路

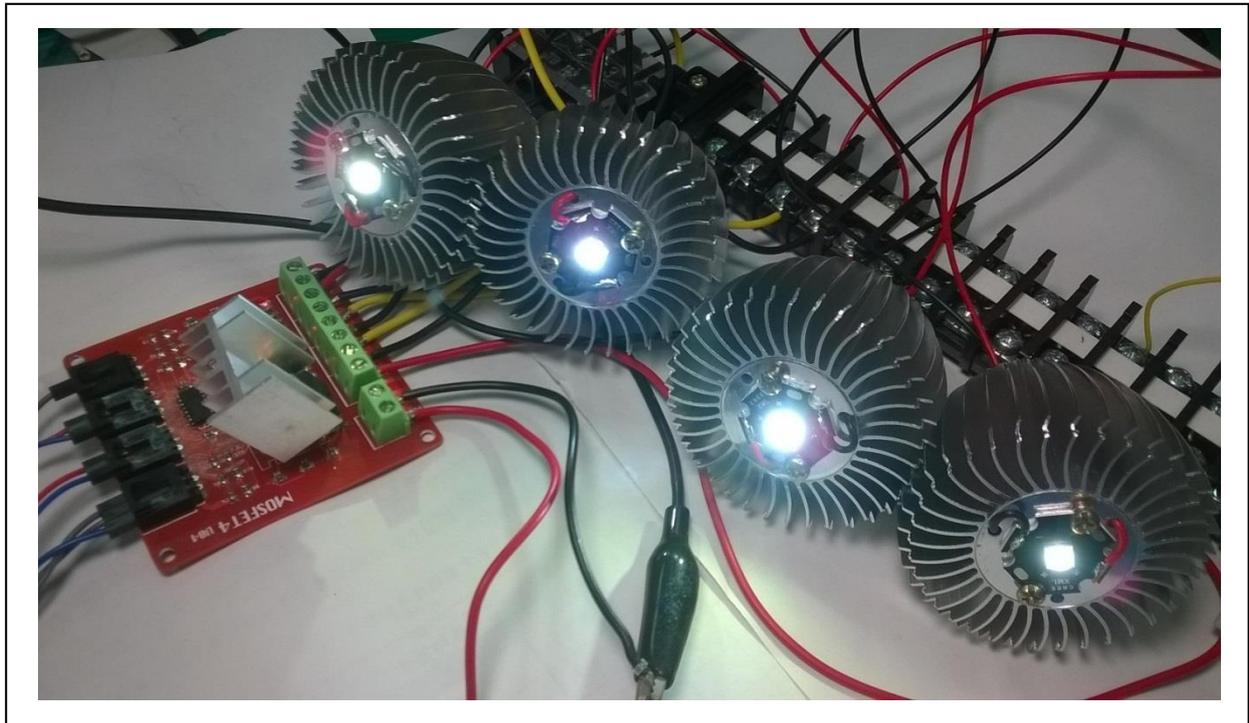


圖 5-6 XM-L2 LED 軟體 PWM 亮度控制實測

四、分區控制電路與實測

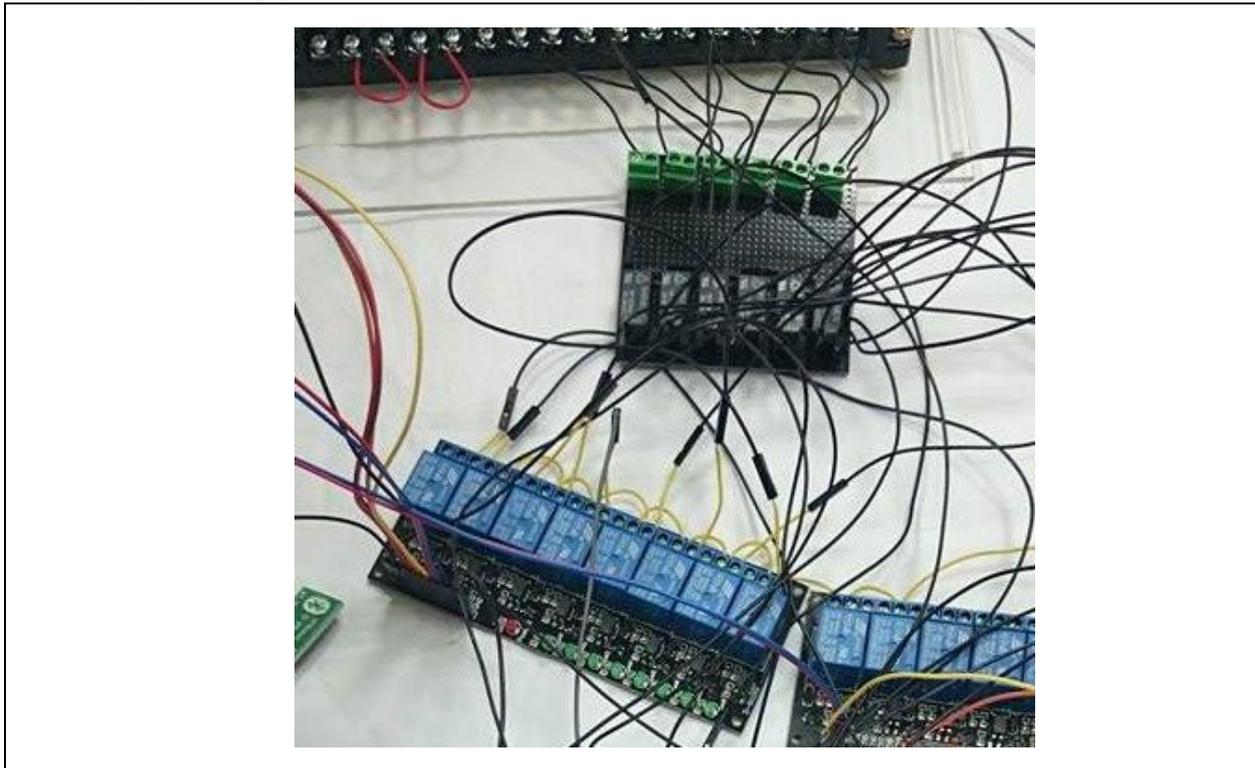


圖 5-7 分區控制電路板及接線

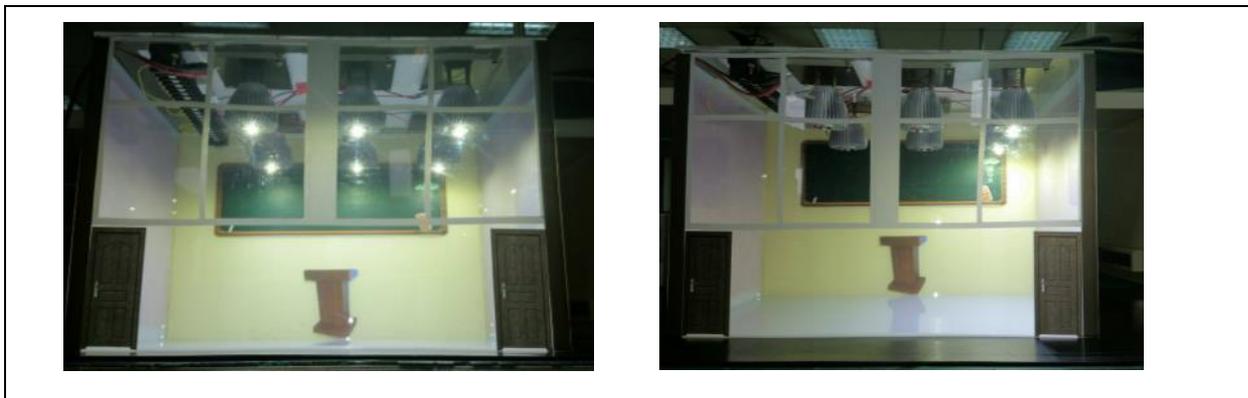


圖 5-8 各區照明開啟實測—全亮、前燈



圖 5-9 各區照明開啟實測—中燈、後燈

五、完成 Android 主控端 APP 程式

從藍芽裝置搜尋開始，配對完成再執行程式，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。



圖 5-10 Android 主控端程式介面一進入畫面及資訊

(三) 亮度改變與選擇。

在全亮的情況可選擇亮度，以調整 LED 燈泡的亮度百分比，同時可觀察用電的效率及瓦數，亮度調整的功能在傳統日光燈是無法達成的。

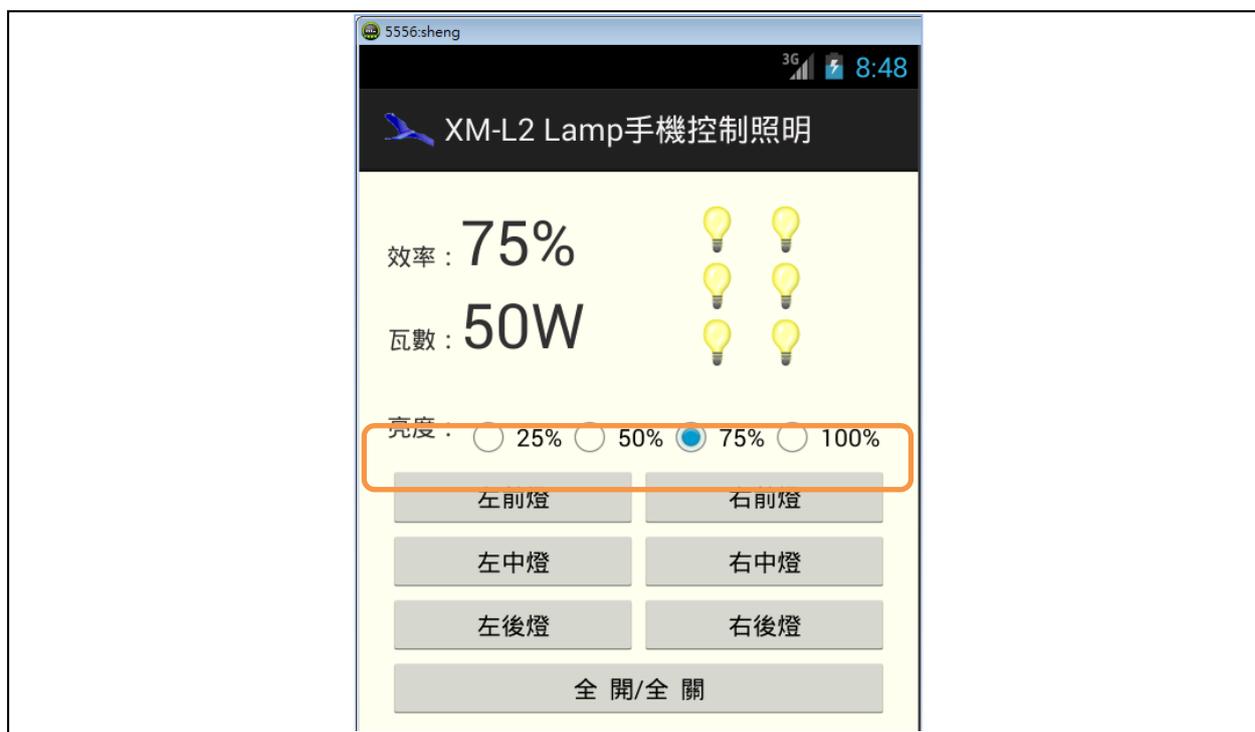


圖 5-11 Android 主控端程式 - 亮度選擇

(四) 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。

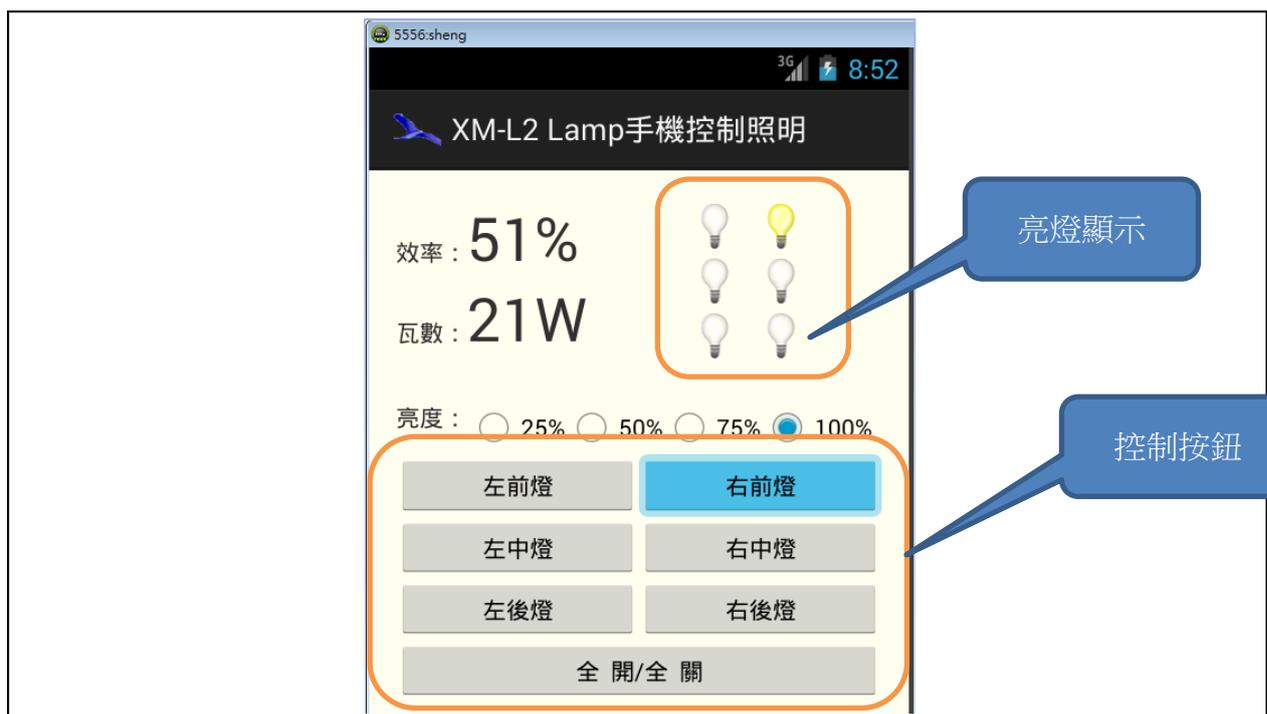


圖 5-10 Android 主控端程式，輸入密碼及選擇驗證數字

(五)人體檢知—重力場調光。

以紅外線偵測人體位置，計算重力場強度調整光線，以重力場強度做為 PWM 調光大亮度，並繪出亮度圖如下。

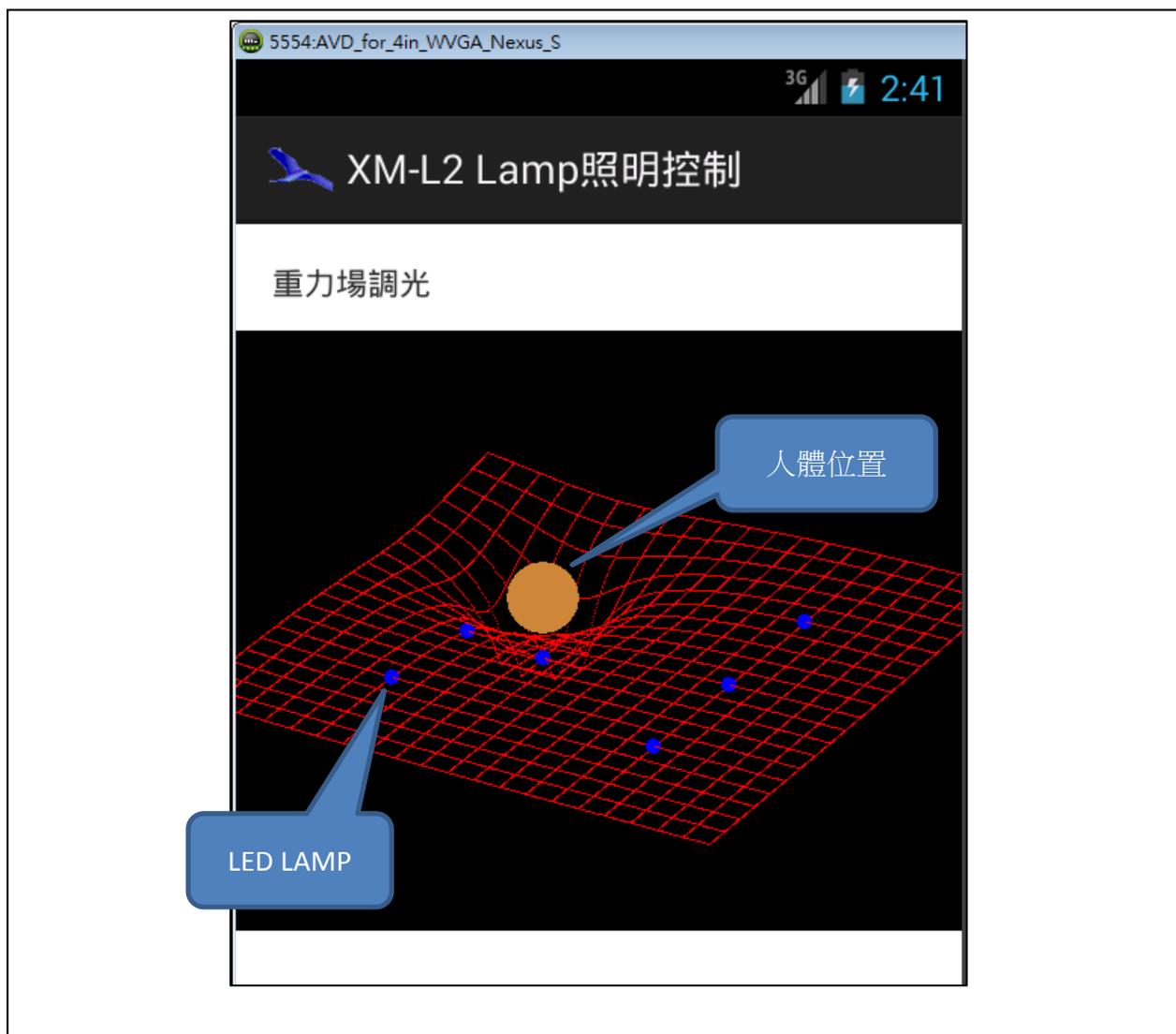


圖 5-10Android 主控端程式，輸入密碼及選擇驗證數字

陸、討論

經過這次實驗探討，讓我們完成了「XM-L2 LED 照明驅動及控制」的電路及實驗，下面將我們分析討論的項目說明如下：

- 一、**大功率 LED LAMP 高熱現象**：發光時避免接觸易燃物，遮蓋時有燃燒的可能；實際運用時應將元件以燈罩隔開。

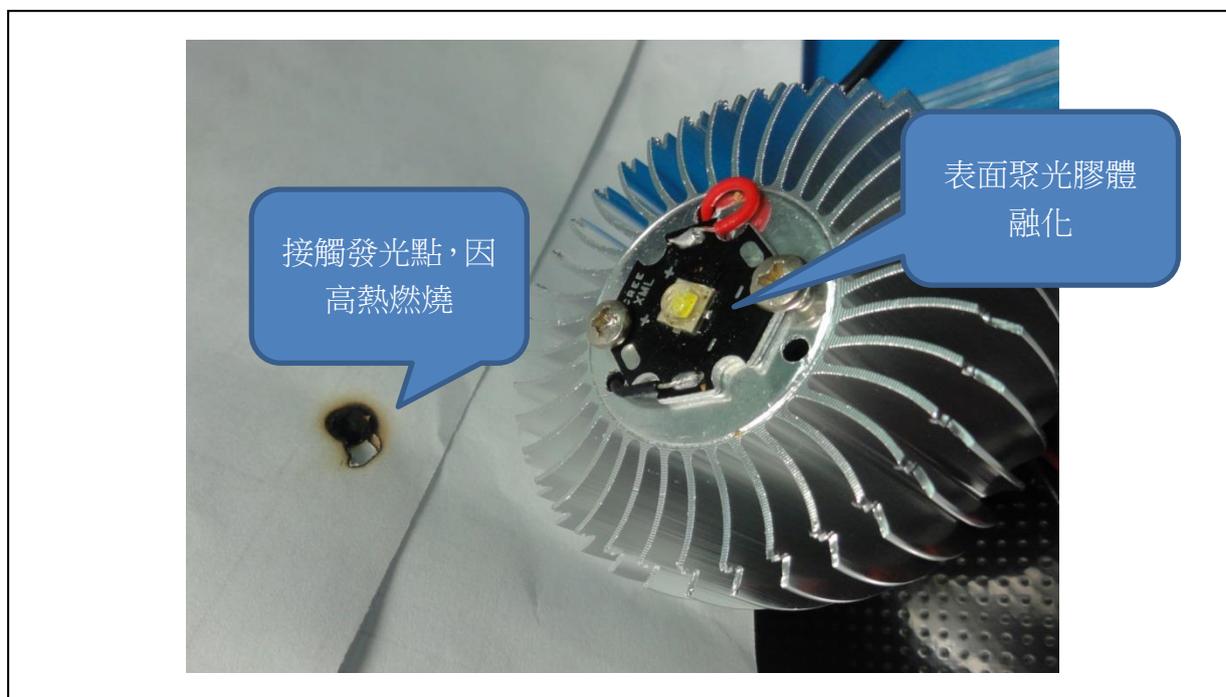


圖 6-1 大功率 LED LAMP 高熱現象—紙張燃燒

- 二、**大功率 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。
- 三、**交直流 LED 運作之可能性**：在文件蒐集是查詢到交直流 LED 元件，可做為未來進一步探討之對象。
- 四、**Android 程式彈性大**：手機的 Android 程式可輕易取得開發介面 SDK，採用 JAVA 高階語言門編寫容易，有助於後續的程式開發。
- 五、**Arduino 開發電路容易**：Arduino 可快速整合電路模組介面；程式開發介面 IDE 可直接下載取得；而且在編寫的語法上非當便捷有效，實為電子電路開發之利器。
- 六、**手機控制適用各種照明之場所運用**，可以走到那控制到那，例如：公共場所：學校、公園、廣場。
- 七、**在大區域照明監控的 Wi-Fi 運作構想**：可以手機上的資訊加上 Wi-Fi 長距離追蹤目前各燈狀態或亮度，再適度控制調整。

柒、結論

節能減碳是每一個人的責任，照明上採用省電的 LED，配合適當的驅動電路及良好習慣會有更好的節能效果。以下是我們的各項結論：

- 一、**XM-L2 LED LAMP 省電效率可達 90%以上**：在 2A 工作電流時發光效率 104.0Lm/W(含交換式電源損失)，相較於白熾燈 10.4Lm/W 有 90%節能；相較於市售 LED 燈泡 42.3Lm/W 也有 59.32%的節能。
- 二、**LED LAMP 工作電流大，電路必須特別設計**：XM-L2 LED LAMP 工作電路 2~3A，相當於大電流的後極驅動，控制上要採用可啟閉大電流的繼電器或 SSR。
- 三、**善用手邊的 Switching Power Supply 可穩定驅動 XM-L2 LED LAMP**：交換式電源效率高，而且電壓穩定，以個人電腦內部的電源供應器為例，12V 可直接串聯 3 顆運作，3.3V 可單顆再分別並聯運作。
- 四、**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。
- 五、**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。
- 六、**藍芽控制距離適當**：手機藍芽有效距離為 10 公尺，控制上可避免干擾其他區域照明；手機 NFC 有效距離為 20 公分；Wi-Fi 距離為 100~300 公尺。
- 七、**效率及功率的即時資訊有助於節能習慣**。

捌、參考資料及其他

一、中文部分

【一本書】

財團法人台灣綠色生產力基金會(2012)。LED 照明節能應用技術手冊。台北市：財團法人台灣綠色生產力基金會

【論文】

林明德 (2007)。高功率 AC LED 交流電壓驅動特性研究。光電科學研究所：國立中央大學。

【技術文件】

Keithley(2009)。高亮度 LED 高速測試。新竹：吉時利儀器公司。

【簡報】

鄒文正(2010)。LED 驅動電路。光電工程系：南台科技大學。

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。

<http://www.wlps.ntpc.edu.tw/mediafile/782/.../2011-11-25-10-15-59-nf1.docx>

【論文】

李春旺、曾瑜珊(2013)。LED 燈取代白熾燈之研究。國立勤益科技大學。

<http://ir.lib.ncut.edu.tw/bitstream/987654321/4211/2/F2.pdf>

張錫男(2009)。切換式電源供應器二次側同步整流技術之專利現況分析。國立雲林科技大學。

<http://ethesys.yuntech.edu.tw/pdf/etd-0701109-231854.pdf>

【知識與技術】

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

(二) 英文部分

【LED Components & Modules】

Cree, Inc。 <http://www.cree.com/>

【Toughpower 1350W Modular Power Supply】

<http://www.thermaltakeusa.com/store/ProductPrint.aspx?C=1016&ID=1405>

【Arduino Learning -PWM】

<http://arduino.cc/en/Tutorial/PWM>

【Arduino/Wiring SoftPWM Library】

<http://code.google.com/p/rogue-code/wiki/SoftPWMLibraryDocumentation#Download>

【Android Developer】

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

【Gravity Mysteries Solved】

http://www.world-mysteries.com/newgw/sci_27_gms.htm

【Gravitational potential】

http://en.wikipedia.org/wiki/Gravitational_potential

【評語】 091002

1. 本研究主題具實用性，但須更明確訂定使用場域，方能據以進行實驗／實地測試。
2. 系統完成度高，但缺乏實驗設計，以測試系統的準確度、實用性及可靠性。