

第十屆旺宏科學獎

成果報告書

參賽編號：SA10-224

作品名稱：智慧型日光燈節能系統

姓名：張哲瑋

關鍵字：日光燈、節能、Arduino 應用

一、 研究動機

生活在人口爆炸，全球資源存量每況愈下的今天，如何保存、節用目前僅剩無幾的資源成為全球公民的首要課題。

想必你我都遇過這種狀況：到大賣場的停車場，偌大的空間中，點著無數盞的日光燈，但在環境中活動的人卻是寥寥無幾，且時常閃爍著幾隻壞掉的燈管。

每到了夜晚，街燈就會整齊劃一的開始發亮，就像是夜間的守衛一般為我們照亮街道，安全的需要致使我們做了這樣的設計，但其中消耗的能源，和真的從這之下走過的人數，真的成正比嗎？

而有時天亮了，卻忘記關閉了相當多的燈光。經過實際測試，閃爍的日光燈的耗電量比正常的高出約 30%；為此我們希望設計出一套系統克服以上困難，增加能源的使用效率，減少不必要的能源浪費。


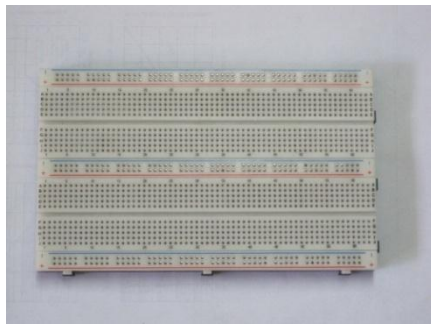




二、 研究目的

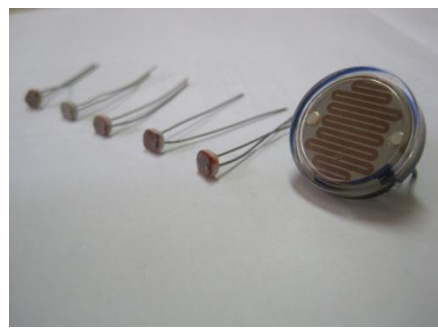
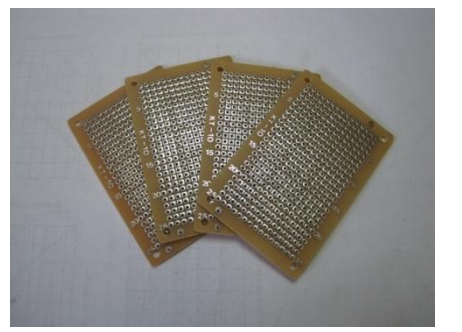
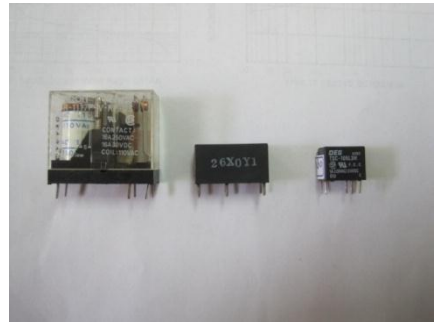


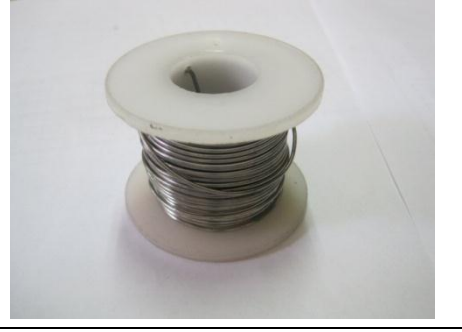


為此我們設定了以下目標：

- (一) 探討日光燈管的狀態與不同狀態下的耗電量。
- (二) 設計能偵測燈管狀態、偵測人體與環境照度的硬體裝置。
- (三) 研究可以自動判斷燈管損壞的方法。
- (四) 可以自動停止不必要的光源，狀態包括：
 - 1). 已損壞的無用日光燈(如閃爍中的日光燈)。
 - 2). 增加照明設備的使用效率，有人在才開燈，反之自動斷電。
 - 3). 自動偵測環境光源，太暗了才開燈，反之亦自動斷電。
- (四) 設計電腦端管理介面，可以集中管理燈源並呈現有異狀的資料。
- (五) 建置資料庫，提供系統記錄功能。

三、 研究過程

(一) 研究設備與器材

直流電源 供應器		三用電表	
麵包板		恆溫型電 烙鐵	
剝線鉗		記錄電表 型 (含 RS232)	
個人電腦		莫氏座	
Arduino 開發模組 (Atmega- 328)		碳膜電阻 (適當電 阻值)	

光敏電阻 (CdS)		洞洞板	
繼電器		電線	
鍍銀線		焊錫	
人體紅外線感應模組 (NK-208)		綠光 5mm 霧面 LED	

(二) 前端研究 (初期研究)

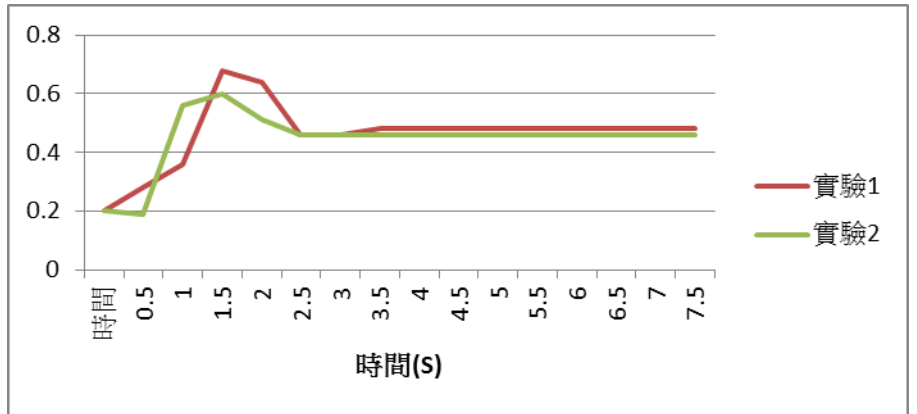
燈管狀態研究：

以長的 T8 燈管為例，在燈管過電的情況下，我們觀察燈管的情形共有：

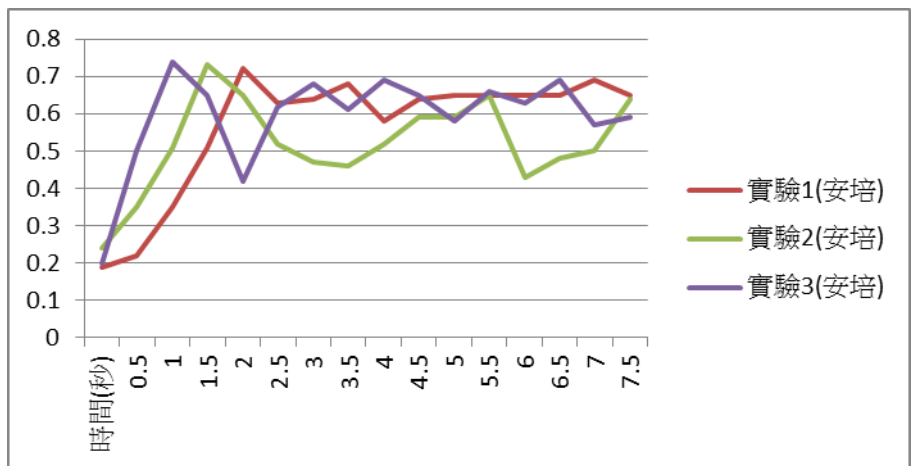
- 一、正常發亮
- 二、閃爍不定
- 三、完全不亮

據此我們針對各狀態之燈管，進行電能消耗測量，結果如下：

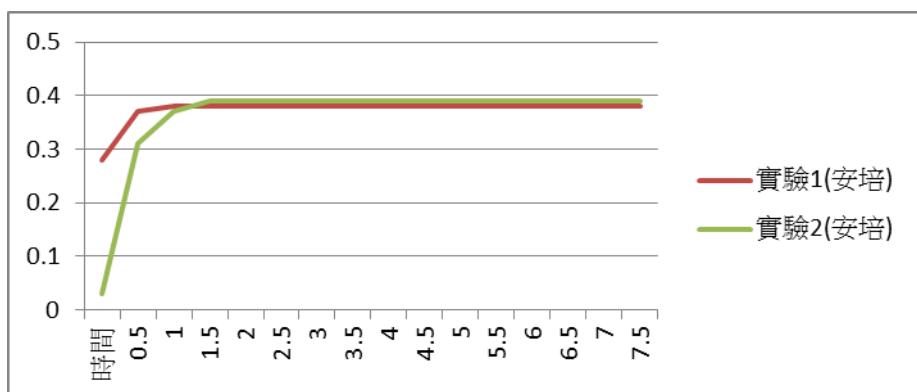
1). 「正常燈管」電流(A) 對應 時間(Sec)圖



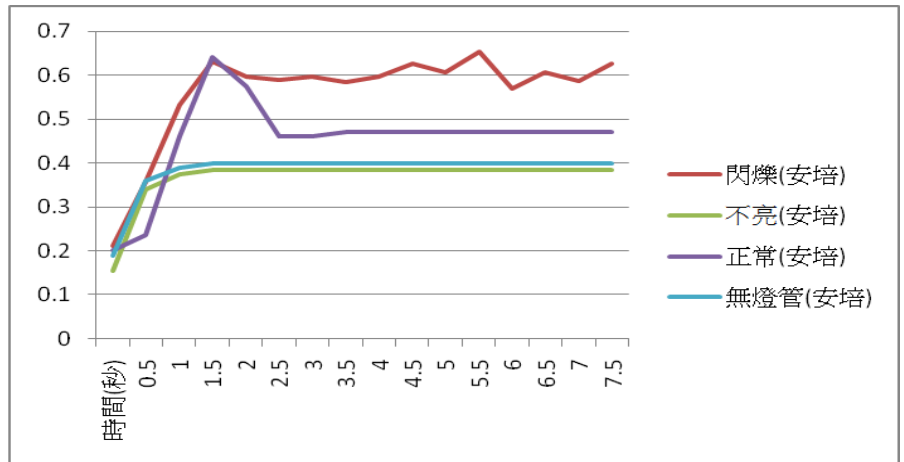
2). 「閃爍燈管」電流(A) 對應 時間(Sec)圖



3). 「完全不亮燈管」電流(A) 對應 時間(Sec)圖



4). 數據彙整比較圖



數據說明：

由圖 1 可知，正常燈管為放出陰極射線，剛啟動時會有較大的電流，隨後因電離後的負阻效應，與安定器作用，電流趨於穩定，在測量電壓：120ACV，相關轉換均已完成後，測得正常燈管耗電量為 $120V \times 0.47A = 56.4W$

圖 2 為當燈管是閃爍時的電流變化，可以明顯的看出電流處於浮動狀態，經計算後，平均耗電量約為： $120V \times 0.61A = 73.2W$
「較正常運作之燈管的 56.4W 高出 29% 的耗電量」。

圖 3 為完全不亮之燈管電流量，啟動後電流上升，但隨即穩定於一低於正常值 0.1 安培的狀態，耗電量約 $120v \times 0.4A = 48W$ ，為「正常耗電量之 70% 左右」。

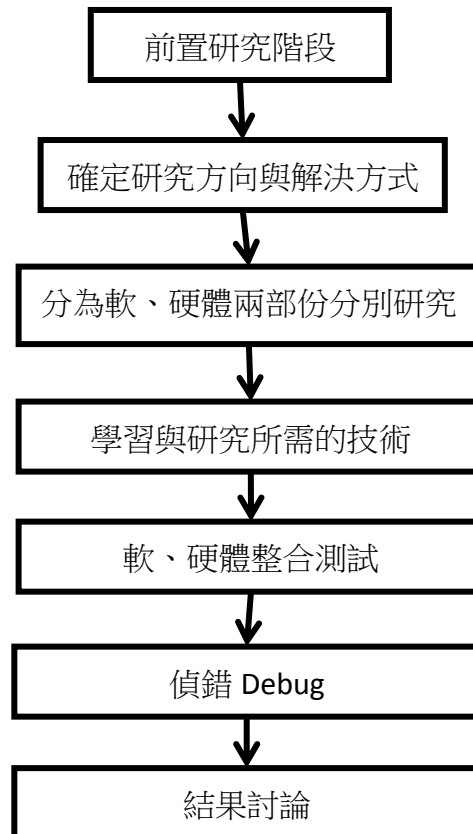
圖 4 是將各狀態平均之後顯示之比較圖。值得注意的是，當燈管完全不亮或完全不接燈管時，仍會消耗電能，並非一般所認知的不會耗電。

結論：

依此狀況我們推論，如果在設有大量燈管且無人看管的場所，如地下室、大型室內停車場、偏遠地區的照明設備等，放任

閃爍及完全不亮的燈管置之不理的話，其所造的能源浪費是相當可觀的。

在確認有研究效益後，我們規劃了整體研究流程，企圖減少不必要之能源消耗，我們的整體流程如下圖：



(三) 正式研究

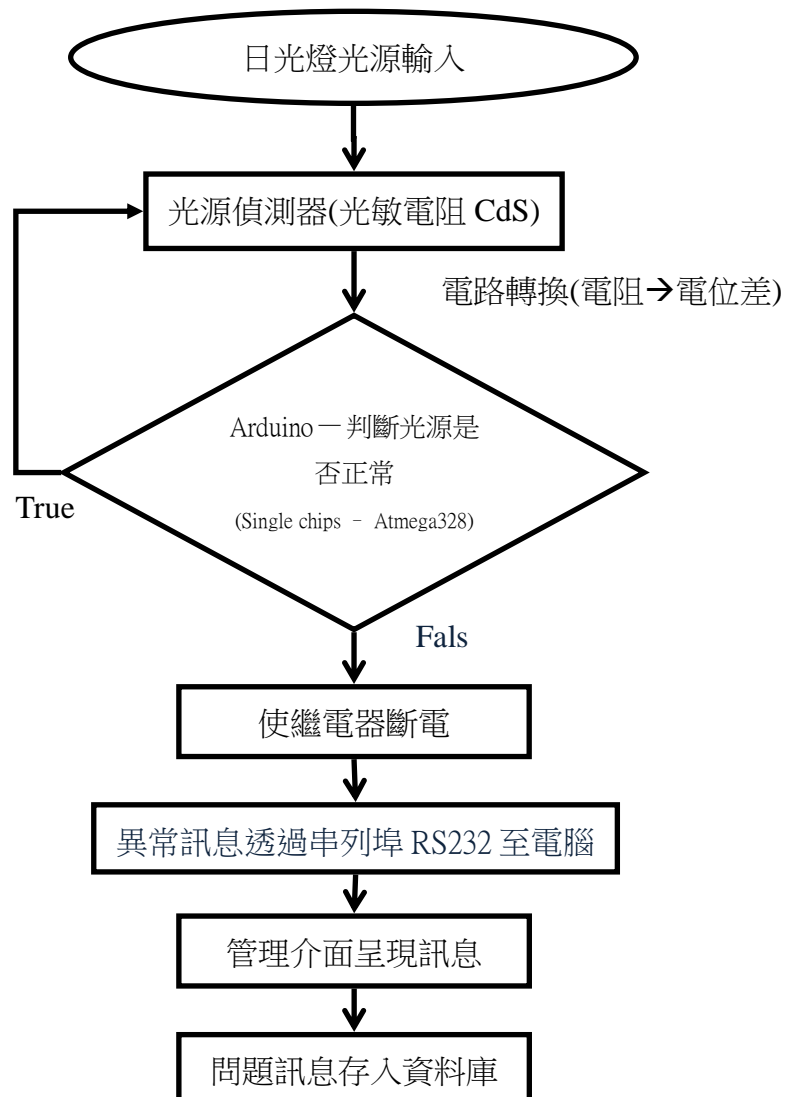
解決方案列表：

解決方案 1：損壞偵測 之 直接測量光源照度

設計以光敏電阻(CdS)作為感測元件，加裝於每個燈座上，直接進行照度偵測。技術上以單晶片 (Single Chip) 作為電路核心控制器，配合採用的光敏電阻之特性—光通量與電阻值呈負相關，以電阻值的改變和晶片內我們設計的判斷損壞的條件式來推

測日光燈管的發亮情形。如發現有異常，如長時間浮動(光源閃爍)，或通電而未亮，即透過晶片串列埠傳送燈管損壞的訊息至 PC 端管理介面，同時將問題資料寫入資料庫中，讓管理者能完全掌握每個燈管的情形，具體架構圖如下：

1). 解決方案 1 - 測量光源照度 整體架構圖

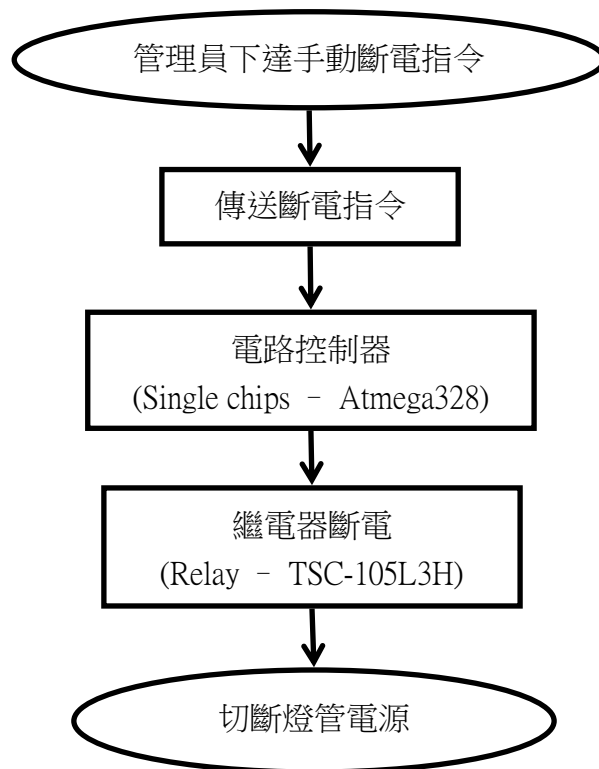


其中資料庫主要是問題記錄，以利未來管理者可以查閱資料。記錄內容包括：異狀燈管的編號、閃爍次數、異常發生時間點，以及確認維修的時間。資料庫欄位如下：

欄位名稱	說明
Num	紀錄事件編號，遞增
Createtime	燈管發生異常狀態的時間
Sensornum	燈管發生異常狀態的編號
Failcount	燈管發生閃爍的次數
Fixtime	更換燈管的時間

同時為了增加管理的便利性，我們設計能由管理介面手動對指定燈管進行斷電動作。

示意圖如下：

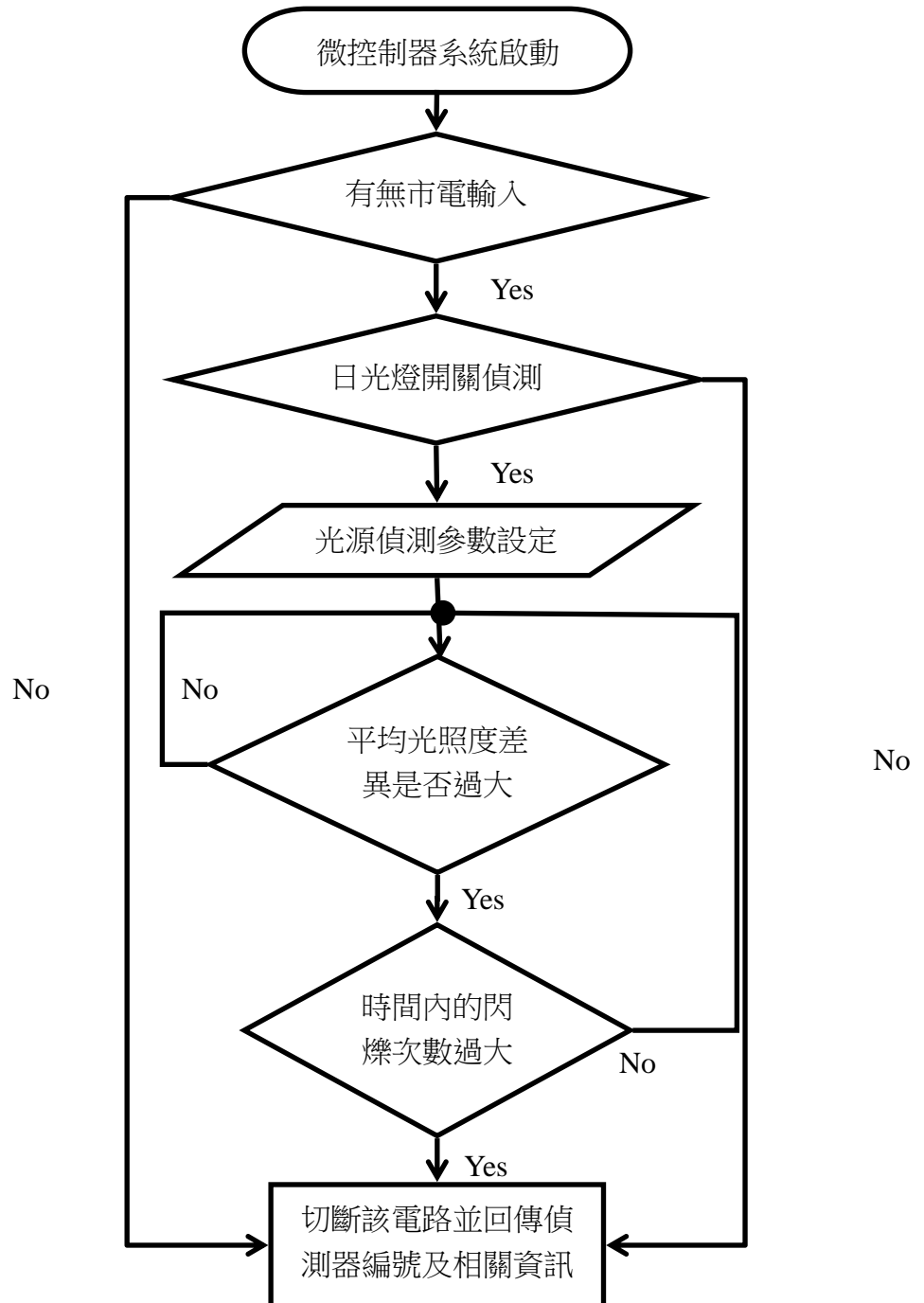


解決方案 1 的軟體可概分為兩個部分，分別為微控制器的程式（使用基於 C 語言的 Arduino）以及電腦監控端的程式與 GUI（使用 Visual Basic 2010 加上 Access 資料庫）。微控制器上的程

式，本身可以獨立運作，即使未連接至電腦，控制器本身仍然保有偵測以及切斷無用燈管的功能。

微控制器（Arduino）端的軟體控制流程圖如下：

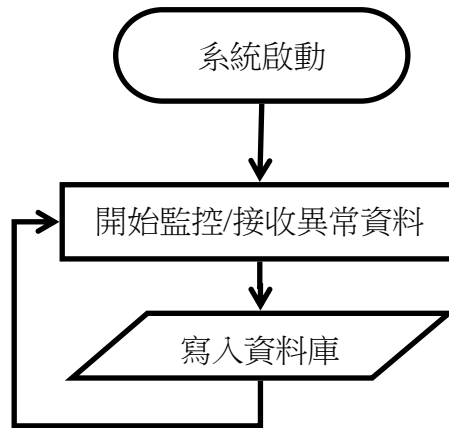
解決方案 1 - Arduino 端程式流程圖



其中偵測市電，係因為避免台電斷電，而造成系統誤判為全部燈管損壞。

電腦端監控軟體流程圖如下：

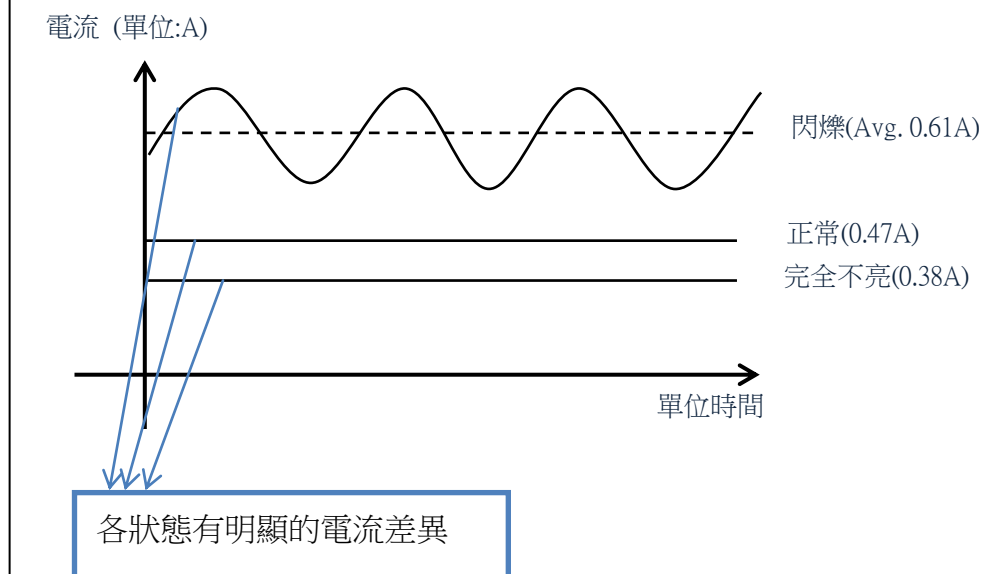
解決方案 1 - 電腦端程式流程圖



解決方案 2：損壞偵測 之 偵測總電流來推估燈管狀態

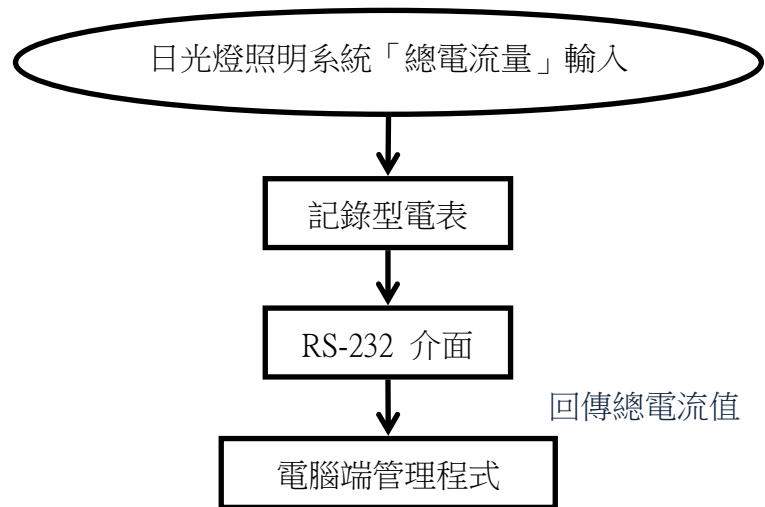
於前置研究階段中發現閃爍燈管之交流電流量有很大的浮動，完全不亮之燈管亦有低於正常燈管約 20%的穩定交流電流，依並聯原理，我們應可以總電流是否浮動與電流是否減少來推斷燈管之損壞情形。

解決方案 2 - 電流浮動 示意圖

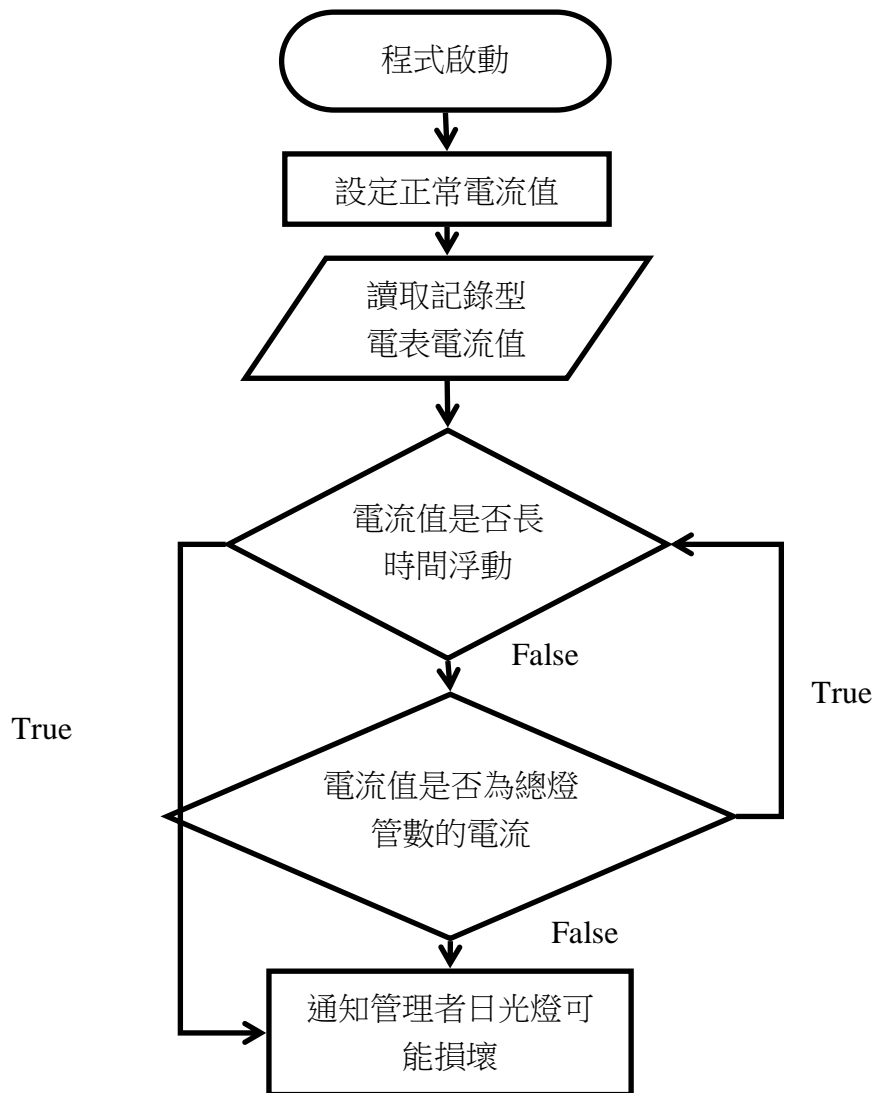


具體設計如下：透過可傳送測量數據到電腦端的記錄型電表，將日光燈照明系統的總電流值傳送到電腦，並由自行開發的程式串列埠(RS-232)讀取程式讀取電表傳送的電流值資料，藉以推斷燈管之好壞。各示意圖如下：

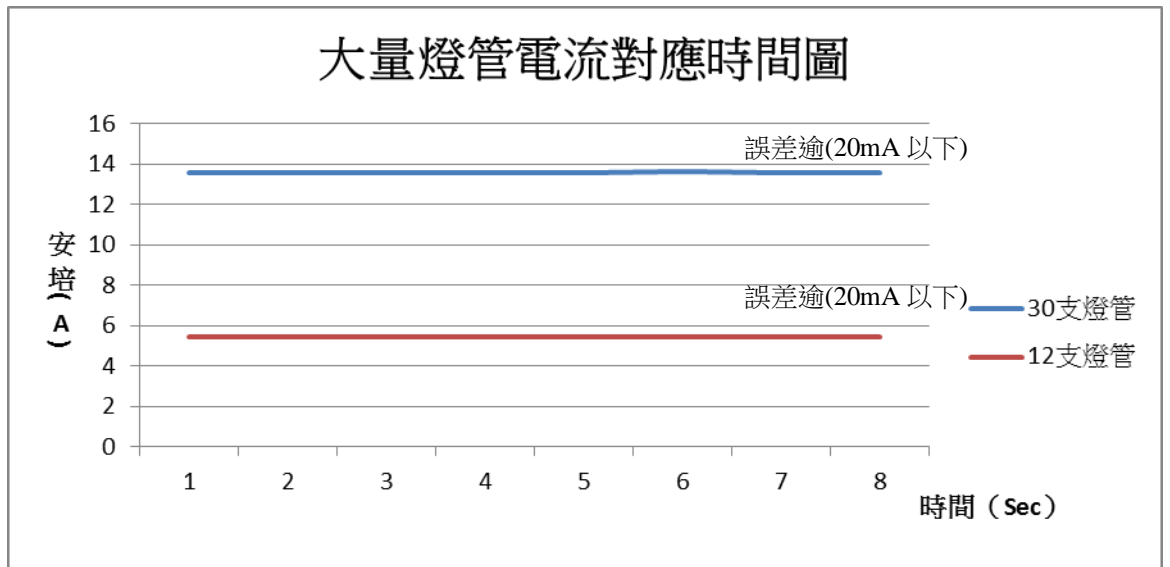
1) 解決方案 2 – 整體架構圖



2). 解決方案 2 – 電腦端管理程式邏輯判斷 說明



此一解決方案應用在具有大量燈管之照明系統上，是否會因外在因素造成干擾，形成光源雖正常但電流仍出現浮動現象，進而造成程式誤判，所以我們亦設計了大量測試的實驗，以檢驗系統在大量燈管運作時電流的狀況，我們以武陵高中教室，在 30 和 12 支燈管的環境中測量總電流，數據如下：



解決方案 3：以紅外線模組偵測人體

經過資料查詢後，我們計劃採用「人體紅外線感應模組 (NK-208)」來加快開發流程，該模組可以在偵測到有人的情況下輸出一個高電位(High)，反之為低電位(Low)，將其輸出直接接入 Arduino 的 I/O 腳作判斷。

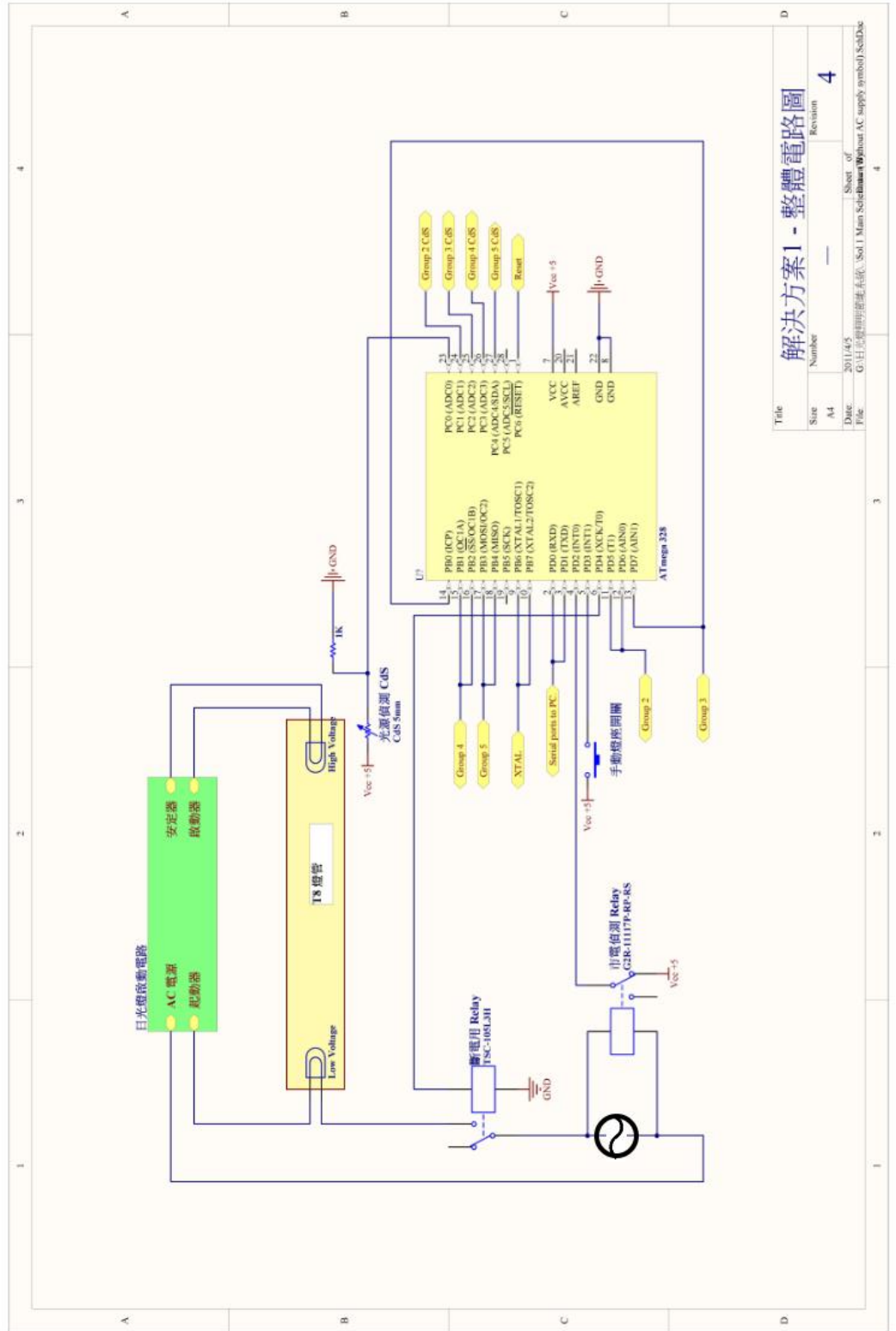
軟體端亦配合設計「自動反應模式」，啟動後系統就會跟隨紅外線模組的回傳值做反應。

解決方案 4：以 CdS 光敏電組偵測環境光源

直接在環境中設置一個獨立的光敏電阻，用以偵測環境光源，軟體上亦配合設計以環境光源亮暗與否的維判斷基準的「環境光源自動偵測模式」。

(1) 硬體端研究過程

經由上述的分析與研究，我們利用 Altium Designer Summer 09 做為電路繪圖工具，設計解決方案 1 之電路圖如下：

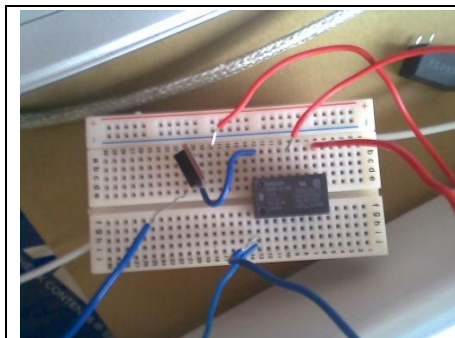


Title		解決方案1 - 整體電路圖	
Size	Number	Revision	4
A4	—	—	—
Date	2011/05	Sheet of	4
File	G:\日光燈控制系統系統\Sol1 Main Schematic\Without AC supply symbol\SciDoc		

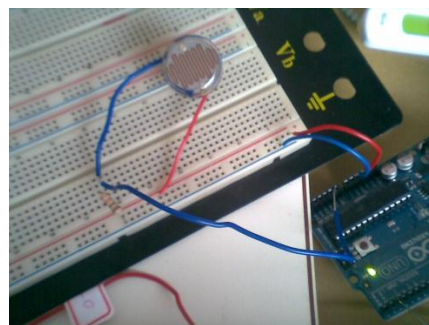
電路圖說明	
節點名稱	說明
Group 2~5	第二至第五組燈具開關與斷電電路，每組有 I/O 腳*2。
Group 2~5 Cds	第二至第五組燈具之 Cds Sensor 腳。

XTAL	單晶片震盪電路
Reset	單晶片重置電路
Serial ports to PC.	串列通訊埠至 PC RS-232，Arduino 模組上是轉換至 USB 介面來做溝通(Communicaction)
電路區塊圖說明	
區塊名稱	說明
燈管啟動電路	燈管之啟動週邊電路。

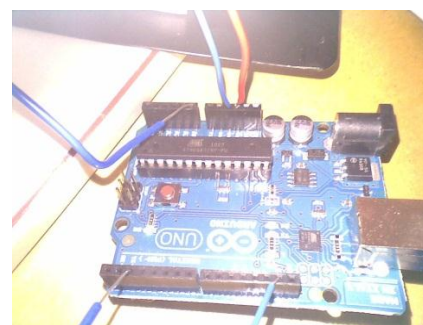
電路實驗照片：



繼電器測試



光敏電阻測試



Arduino 開發工具

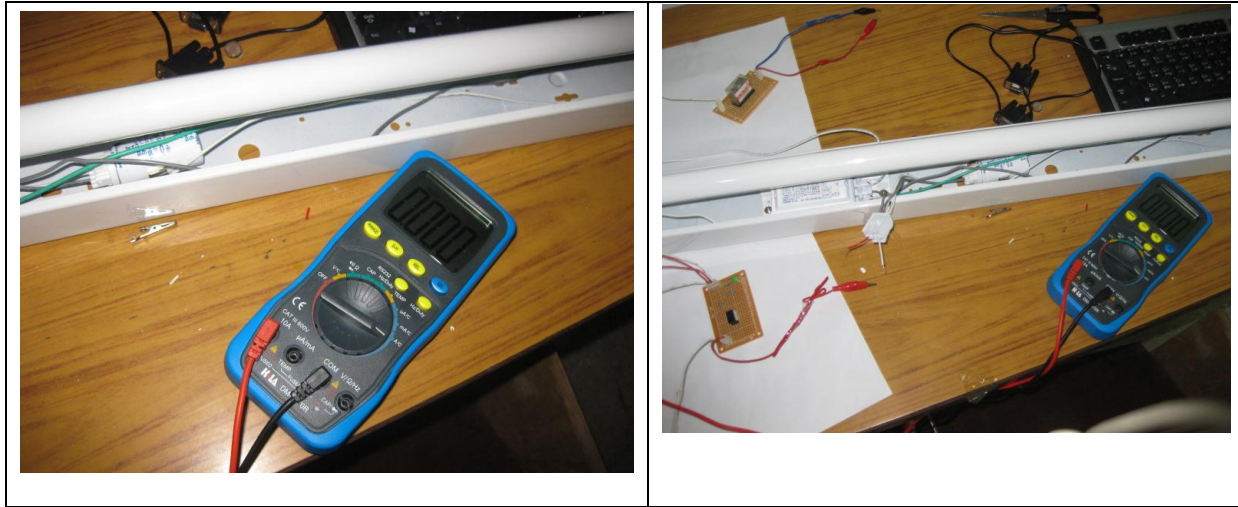
解決方案 2 研究成果：

大量測試結果：

實測照片：






硬體接線圖：



解決方案 3 - 以紅外線模組偵測人體 與 解決方案 4：以 CdS 光敏電阻偵測環境光源，因方案三採用模組的關係，並無特別需要相關電路圖等，僅需照說明書進行測試，而方案 4 亦僅為方案 1 直接偵測光源狀況方案中的偵測光源部分，獨立出來而以，故不再行文贅述。

(2) 軟體端研究過程

解決方案 1 與 3、4 之 GUI 管理介面：

		
主要偵測試窗	設定參數視窗	異常資料紀錄視窗

解決方案 2 之 GUI 管理介面：



軟體原始碼部份礙於篇幅，僅剪錄「損壞快速偵測程式碼片段」

```

int fastDetect(int time,int threshold,int failMax,int sensor){
    Serial.print("Fast detection started on sensor ");
    Serial.println(sensor-14);
    int i;
    int last=analogRead(sensor);
    int failCount=0;
    for(i=0;i<=time/20;i++){
        if(abs(last-analogRead(sensor))>=threshold){
            failCount++;
        }
        delay(10);
        last=analogRead(sensor);
        delay(10);
    }
    Serial.print("Numbers of blinks detected:");
    Serial.println(failCount);
    if(failCount>=failMax){

```

```

return 1;
}
else{
return 0;
}
}

```

四、 結論

經過數個月的研究後，我們成功的開發出一套系統可以妥善的完成以上的需求，位來亦希望可以透過大量的製造，等等在更進一步的減低建置成本。目前已知問題等等討論則請建第五章、討論與應用。

解決方案 1、3、4(損壞偵測、人體感應、環境光源感應)硬體建置成本分析：

項目	數量	預估成本(新台幣)
Atmega328 與週邊電路	一組	210
CdS 與 斷電用繼電器	一組	30
市電偵測	一組	30
人體紅外線感應模組	一組	260
含 USB port 個人電腦	一台	-

註：以上成本計算，資料均源於網路購物通路。

解決方案 2(總電流)硬體建置成本分析：

項目	數量	預估成本(新台幣)
----	----	-----------

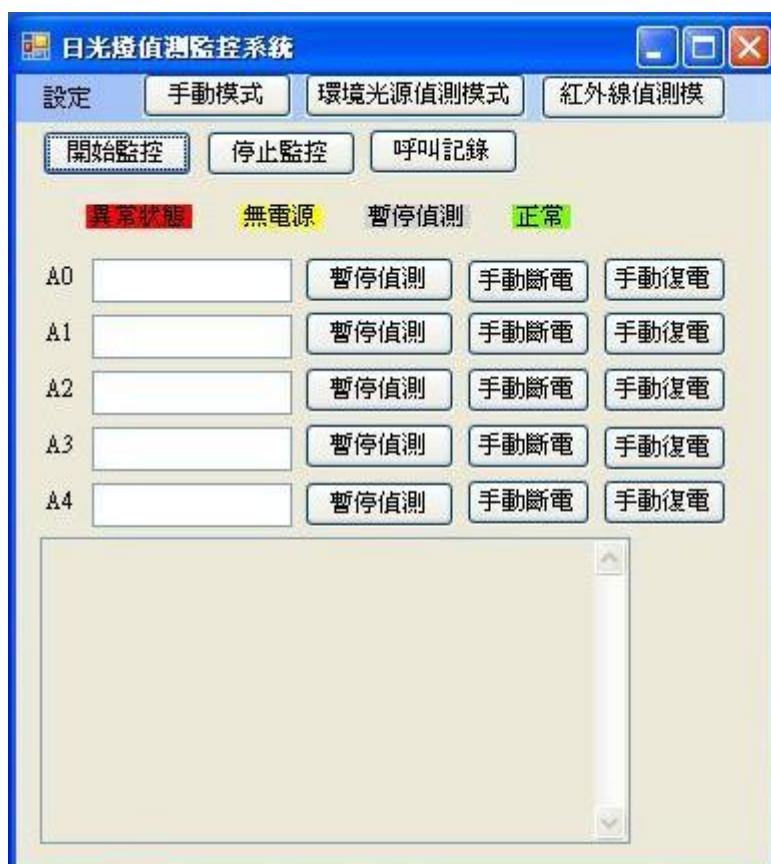
含 RS232 記錄功能電表	一台	2100
含 USB port 個人電腦	一台	-

註：以上成本計算，資料均源於網路購物通路。

整體效益分析：

實驗中我們發現了閃爍中的燈管會有高於正常約 30%的耗電量，完全不亮的亦有機會產生正常燈管 70%的耗電量，以燈管使用壽命來看，燈管壽命約 10000 小時(實際情況會依開關的次數而遞減)，我們假設燈管閃爍的時間約壽命的百分之一，也就是 100 小時，則可以節省 $(73.2-56.4)*100/1000=1.68$ 度電，以電價每度電平均約 3.3 元計算，可省下 5.54 元，同時也可以降低 $1.68 \text{ 度電} * 0.637 \text{ 公斤} = 1.07 \text{ 公斤}$ 的二氧化碳排放量；若再加上燈管損壞所產生電力虛耗的情況，其金額與二氧化碳排放量更是可觀。

而在人體感應開燈的部份，因為現行的人體感應系統，都不具備系統化



管理的優點，又或著是實作與維護上會有困難，所以目前都沒有大量的採行

在現有的照明設備上，而本作品成功的達成系統化的概念，只要程式稍做修正，亦可開發出簡單的維修模式(針對紅外線部分)。而且我們也可以隨時手動設定要恆亮的是哪幾隻燈管，而要自動依人體反應的是哪幾隻燈管，可以做彈性調整，如此也才能在兼顧安全的前提下，達成節能減碳的目的。

隨手關燈，是個從小就宣傳到大的觀念，但曾幾何時，我們也不小心忘記了這件事，以本系統自動反應環境光源來開燈的功能，可以完全去除這些「不小心」，且未來配合設定介面，也可以隨時供使用者設定如：延時時間、反應靈敏度、光源是否充足之界定。

而以上究竟可以節省多少能源呢？尚需進行大量的測試、引入使用者行為模式的分析，才能在更確定的提出相關數據，但應該是非常可觀的。

五、 討論與應用

應用範圍：

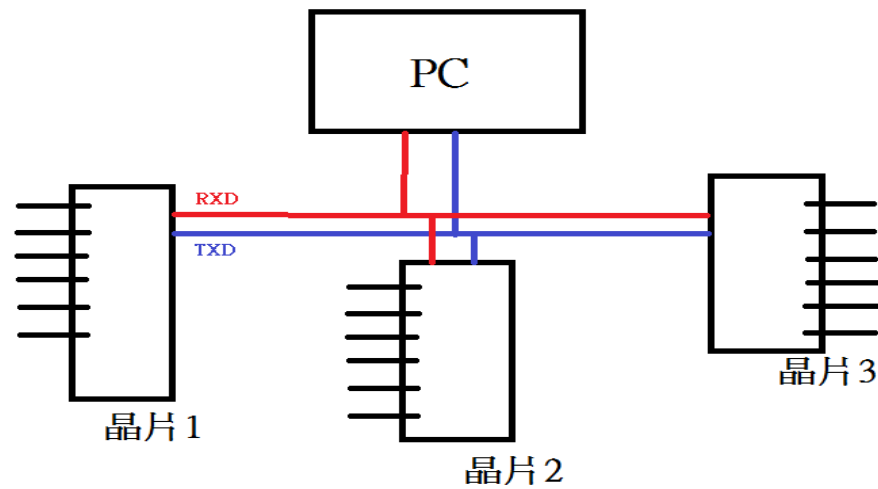
- (1) 無人看管的地下室
- (2) 室內停車場
- (3) 道路上的路燈
- (4) 山區人煙稀少的照明設施
- (5) 車尾燈上

問題與討論：

- (三) 解決方案 1、3、4，需要在每一個燈座上都安裝一個電路板，且會導致迴路過多，拉線不易等問題。為此，未來我們可以採用如：網路拓樸 (Topology) 或，無線傳輸等概念來做克服。

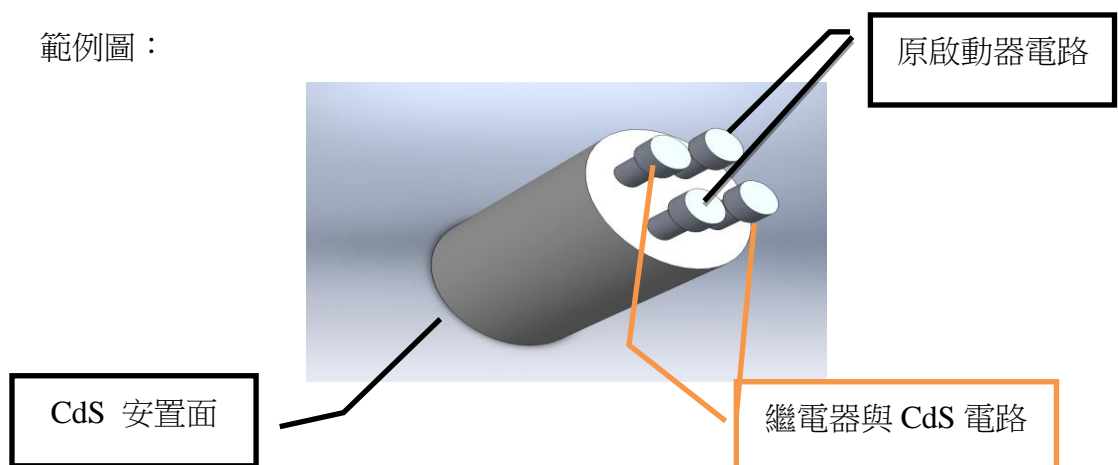
網路拓樸，係參考 TCP/IP 網路之連結方式，將每一個單晶片都賦予一個位址，在將全部的 TXD/RXD 腳位全部並連在一起，架構出多重單晶片的傳輸架構，每次要進行資料傳輸，各傳送端都需要先傳送位址編

號，當晶片或電腦收到自己的位址編號後，接下來收到的資料才會判定為有意義。如此應該可以減少迴路過多的問題。



- (四) 解決方案 1 所使用的微控制器(micro-controller)，可以以一般較容易取得的電子元件及單晶片處理器製作而成。如應用在實際案例上，可以將控制器部分的成本降低至十分之一（一組現成的微控制器大約一千元新台幣，自製的成本約一百元新台幣）。自製控制器的另一優勢是可以自由決定偵測器組數（有相關增加 I/O 腳的擴充 IC），擴充較為容易。
- (五) 解決方案 2 的方式雖然可行，但應用在實際電路中時，因為每支燈管的耗電量會有些微的差距，當異常燈管的數量相當少時，有可能無法準確判斷燈管的狀態而造成漏網之魚。
- (六) 如未來可以配合燈具機構調整，將解決方案 1、3、4 之斷電/CdS 電路整合在燈管啟動器或安定器上，將可把此一方案，更有效推廣至實際應用面上。

範例圖：



六、 參考資料及其他

參考資料：

1. Arduino Language Reference
<http://arduino.cc/en/Reference/HomePage>
2. Processing API Reference
<http://www.processing.org/reference/>
3. Arduino 台灣使用者社群
<http://www.arduino.tw/index.php>
4. Wikipedia
<http://en.wikipedia.org/wiki/Photoresistor>
<http://en.wikipedia.org/wiki/Semiconductor>
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%AE%89%E5%AE%9A%E5%99%A8>
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%95%9F%E5%8B%95%E5%99%A8>
5. 百度百科
<http://baike.baidu.com/view/1259372.htm>
6. Visual Basic 2008 程式設計
(陳惠貞、陳俊榮著，學貫行銷)
7. MCS-51 單晶片原理與應用
作者：李鴻鵬
8. Altium Designer 線上社群
http://www.altium.com/community/en/community_home.cfm
9. 國立台灣師範大學 物理系 黃福坤先生 - 日光燈的物理
<http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/html.php?html=everydayPhysics/lamp>
10. 地圖日記 - 網友:小毅 - T5 T8 T9 日光燈管介紹
<http://map.answerbox.net/landmark-689691.htm>
11. EnergyStore 能源館 公司 介紹文章
<http://www.energystore.com.tw/article.php?id=26>
12. ICShopping.com
<http://www.pcstore.com.tw/icshopping/M05324720.htm>
13. 零件資料網站 Alldatasheet
<http://www.alldatasheet.com/>