

2013 臺灣國際科學展覽會

優勝作品專輯

作品編號 100001
參展科別 工程學科
作品名稱 情境照明之仿真控制研究
得獎獎項 四等獎

就讀學校 國立臺中高級工業職業學校

指導教師 卓明賢

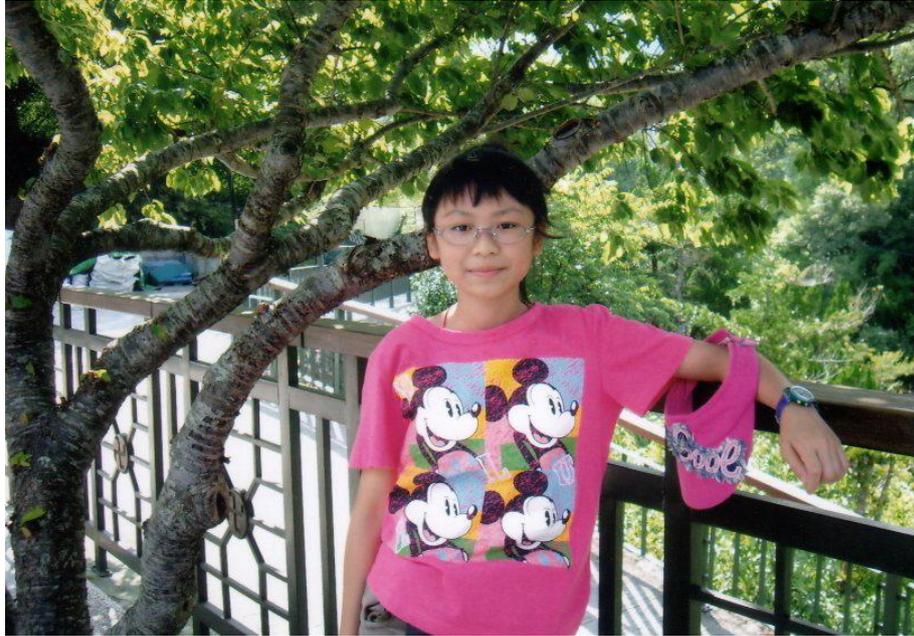
作者姓名 林可均、周慧敏

關鍵字 情境照明，時序間隔調整，累計誤差

作者簡介



我的名字叫做林可均，目前就讀於台中高工控制科，興趣是打電腦、玩音樂、看書…等等，爸爸和哥哥有教過我一些程式語言，例如：Matlab, Java script, Perl, C…等等，也教過我焊接一些電路，所以我有一些資訊與電機領域的基礎，從小就覺得電腦很好玩，而資訊與電機相關的技能對於我的未來應該很有幫助。由於父母反對填鴨式的教學方法，管教的方式開放，讓我有了更多自我發揮的空間和自己的想法，不會輕易的拘泥於形式。我曾經參加過科展和發明展的比賽，之後也常常積極報名一些相關的活動。從不斷的參賽和研習活動中，我學習到許多珍貴的經驗與知識，這一切的一切實在讓我收穫太多了。



我的名字叫做周慧敏，目前就讀於台中高工控制科，興趣是看電影、游泳……等等，暑假時會在舅舅的電控工廠工作，所以對於電路圖的分析與配線相關知識，在上中工之前就略之一二，但經過學校的琢磨後也更加的熟練。爸爸是在做模具、媽媽是美髮師，兩人大部份的時間都忙於工作，很多事情都是我跟弟弟自己打理，所以從小就很獨立，也很有自己的想法，並為自己訂了許多目標。這次參加科展，對自己有許多期許，也學習到很多之前沒有接觸過的東西，並了解到做研究應有的精神，大膽的嘗試錯誤，並從錯誤中擷取需要的、刪除不合理的，不斷的更新也使自己不斷的進步，希望自己能做出好成績。

摘要

本作品為一種可選定不同時間地點模仿朝陽/夕陽之情境照明系統，包括複數個發光裝置、濾光及擴散片，選擇接近朝陽/夕陽頻譜的波長，亦即複數個發出紅光、黃光及紅外線的發光元件。本作品提出新的控制法則，透過計時器、繼電器與時序間隔調整控制器，連接各發光元件，控制它們的發光狀態，提供旭日東升、夕陽西下等模式，使用者可調整發光顏色變換的時間間隔，延長夕陽下山前一刻的美好畫面，可讓使用者充分領略夕陽之美。本研究並且可以依某一筆特定時空資料，計算情境變化過程之每一時間點對應於色度圖之軌跡點，即時比對特定時空資料其對應於色度圖之軌跡線，而得到與該軌跡點間兩種累計誤差為最小距離之計算值，並啟亮與該軌跡點相對應之該發光元件組合，如此達到不同時間地點之模仿朝陽/夕陽及雲彩之最佳情境照明效果。

Abstract

This mood lighting design includes several groups of light emitting element, a controller, an optical filter, a diffuser, solar cells, and is capable of irradiating yellow light, red light and infrared (IR) light. A new algorithm can make a lamp of imitating sunlight capable of presenting sunrise or sunset process with time. The microcomputer control unit is set inside the base body and connected with each of the first emission elements and each of the second emission elements. The emission model of the each emission element is controlled through a timing control governor set inside the microcomputer control unit. By this way, the study can achieve the goal of making the lamp emit lifelike imitation sunset light or sunrise light, and can change the color of the emitting light with time. Also, the system makes the users feel like to be under the situation of the vivid sunset or sunrise. With the calculations of two different accumulative errors, the sunrise/sunset database provides a series of electronically adjustable time interval and tracks in the color space to reappear the most beautiful moment of sunrise/sunset at sometime and somewhere.

壹、前言（含研究動機、目的）

當一個人看到朝陽時，常常會覺得變得更有精神，而看到夕陽時，也常常會覺得心情輕鬆而寧靜。有一句話叫做「夕陽無限好，只是近黃昏。」夕陽能讓人感到身心靈放鬆，也象徵工作回家、休息的意義。但是美好的東西總是稍縱即逝，現代人由於各種原因，能夠靜靜的欣賞夕陽美景的機會總是不多，其實要看朝陽或夕陽不是那麼容易的，有時刮風下雨，夕陽會被烏雲遮住；有時工作太忙碌忘了，而當工作忙完終於想起來的時候，美麗的夕陽早已下山……等。特別是在都市裡，高樓林立，要想看到夕陽就更困難了。2011年7月13日在紐約的曼哈頓的街頭出現了難得的夕陽奇景，此現象發生於夏至前後，這個時間點，太陽日落軌跡恰巧與紐約的街道對齊，一年才出現兩次，因此引起大批人潮爭相攝影留念，由此可見現代人想看到夕陽的困難。由於作者自己曾經有一連三個月只看到四次夕陽的經驗，而且這四次的夕陽最後下山前都被雲層遮住了，因此錯失了最精彩的那一刻，深覺遺憾，這才發現，原本以為看朝陽或夕陽是一件很簡單、很容易辦到的事，其實卻一點也不容易，於是就想到：「有沒有可能自己模仿一個人造的朝陽或夕陽，隨時隨地想要看朝陽或夕陽，打開開關就可以看到？」，本作品即基於此動機，設計一個發光波長變化與朝陽/夕陽光非常相近的照明裝置，讓使用者在居家時，以靜躺或靜坐的方式，觀看可隨時間變化之仿朝陽與夕陽之燈具，所以本作品希望製作出接近夕陽的燈具，隨時都可以享受夕陽的美好，透過這個作品就不用再怕黃昏很快就過去了。

首先要在此說明夕陽光的成分，在電腦、電視上看的夕陽的照片或影片，和真正的夕陽有沒有一樣呢？其實並沒有，如果真的一樣的話，就不用這個辛苦地去做一個夕陽了！電腦上的夕陽光，和真正的夕陽光的差別，重點就是在夕陽的波長，電腦上的夕陽光的只是利用三原色——紅色、綠色、藍色所構成的夕陽的「顏色」。但本作品在製作時，不只是外觀要長得像，最主要是它的波長，要盡量模仿到真正的夕陽所散發出來的光譜，這樣才能達到逼真的境界。

那麼問題來了，我究竟可以仿造夕陽到多像的程度呢？本作品並不強調光動

力療法的部份，而是試圖以工藝的角度出發，針對居家環境、建築照明裝飾及特殊景觀照明而設計的裝置，希望可營造吸引人的情境，提供舒適的環境，希望於情境照明與休閒效果應用及功能性上都做一提升。

假如現在有一個朋友邀請你說：「我買了一棟新房子，裝潢得很漂亮，花了好幾百萬呢！請你來我的新家玩一玩！」另一個朋友則說：「我們家有一個朝陽或夕陽喔！歡迎你來我們家看朝陽或夕陽！」或許是後者比較吸引人吧！畢竟「家裡有一個朝陽或夕陽」，聽起來不是很酷、很炫嗎？只要花兩三百塊就可以得到一顆「夕陽」，它的價值卻可能比花了百萬裝潢的房子還要來得吸引人，那它就具有很大的經濟效益以及美感！這因此更加強了我想要製作仿朝陽或夕陽燈具的意願與企圖心。

民國 95 年我有了這個構想後，一直到民國 97 年，才想到去查了太陽能的光譜，有哪些紅外線的成分，可見光靠近紅光或黃光有哪些波長，並把它用 LED 燈組合起來，之後在父親的鼓勵下我把構想寫出來，申請專利，成了一個仿夕陽的燈具發明專利，並獲得通過[1]。如圖 1，整個專利作品為一個發光波長與夕陽光非常相近的照明裝置，由 6~7 組 LED 燈(每組有數個發光二極體)、有一個發光元件發出紅黃光連續性光譜，一個環狀的日光燈管或白光 LED，再加上一個擴散片、濾光片所構成。

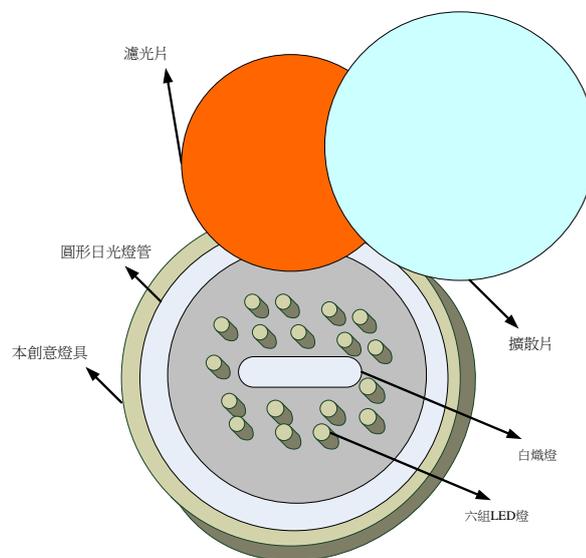


圖 1 仿夕陽的燈具專利作品

因為夕陽最美的時間總是最短，所以我又設計一個隨時間變化可呈現日出日落過程之仿太陽光之燈具[2]。利用創新的時序間隔調整控制器，結合電腦程式，能把短的時候變成長的時間，透過創新的設計調整時序控制參數，可以控制 LED 燈的亮或暗，依照使用者的偏愛，有延長漸進的模式，或是逐漸縮短的模式，讓夕陽西下或旭日東昇的某一時刻變長，抓住最美好的時刻。

時序間隔調整控制器可提供各種時間間隔之變化曲線，使用者可調整發光顏色變換的時間間隔，按照他的意思，去延長夕陽下山前一刻的美好畫面，如此之時間間隔設定，可讓使用者充分領略朝陽或夕陽之美，以夕陽來說，先關閉白光發光元件，再啟動紅色發光元件和黃色發光元件，讓它經過時序間隔調整控制器所對應之時間間隔，黃光會慢慢變暗，或是顆數變少，而紅光則慢慢變強，或是顆數變多，並且啟動紅外線發光元件，即可達到夕陽日落的感覺。而朝陽模式則是先關閉紅外線發光元件，再啟動紅色發光元件和黃色發光元件，讓它經過時序間隔調整控制器所對應之時間間隔，紅光會慢慢變暗，或是顆數變少，而黃光則慢慢變強，或是顆數變多，並且啟動白色發光元件，即可達到旭日東昇的感覺。

製作出來的仿朝陽與夕陽之燈具光場是不是非常均勻？與真正朝陽或夕陽光兩者差異有多大？只用肉眼觀察感覺光場，是無法精確的評估的。因此本作品完成一系列影像自動評估程式，除了計算光場均勻度之外，將朝陽或夕陽影像的 RGB 值計算出來後，轉成 CIE 色度圖裡面觀察，朝陽或夕陽顏色應該會形成一個範圍，再去拍攝我做的仿朝陽與夕陽之燈具，燈具顏色也有一個範圍，觀察兩者差異多少，如此就可以對仿朝陽與夕陽之燈具進行自動影像評估。

本作品更可形成一種可選定不同時間地點之模仿朝陽/夕陽及雲彩之情境照明系統[3]，利用新的控制法則，透過計時器、繼電器與時序間隔調整控制器，連接各發光元件，控制它們的發光狀態，當選擇該任一筆特定時空資料時，該處理裝置即啟動該複數組發光裝置，並依該情境變化過程之每一時間點對應於色度圖之複數個軌跡點，即時計算比對特定時空資料其對應於色度圖之軌跡線，而得到與該軌跡點間兩種累計誤差為最小距離之計算值，並啟亮與該軌跡點相對應之該發光元件組合，如此達到不同時間地點之模仿朝陽/夕陽及雲彩之最佳情境照明效

果。

這個題目包括了五個課題：

1. 選用對應朝陽或夕陽光波長之發光二極體及其整合電路
2. 利用時序控制調整建立可隨時間變化之仿朝陽與夕陽之燈具設計
3. 仿朝陽與夕陽之燈具的自動影像評估
4. 提出新的發光元件控制法則
5. 兩種累計誤差為最小距離之計算

在以下的章節，將作詳細的討論。

貳、研究方法與過程

一、選用對應夕陽光波長之發光二極體及其整合電路

紅外線是電磁波的一種，從熱輻射的原理得知，任何物體只要高於絕對零度（ -273°C ）以上，都會放射出不同波長的光線（紅外線） [4]，本作品的仿朝陽與夕陽之燈具除了可見光區段的模擬外，也加入紅外線的模擬，所以本作品設計一個發光波長與夕陽光非常相近的照明裝置。

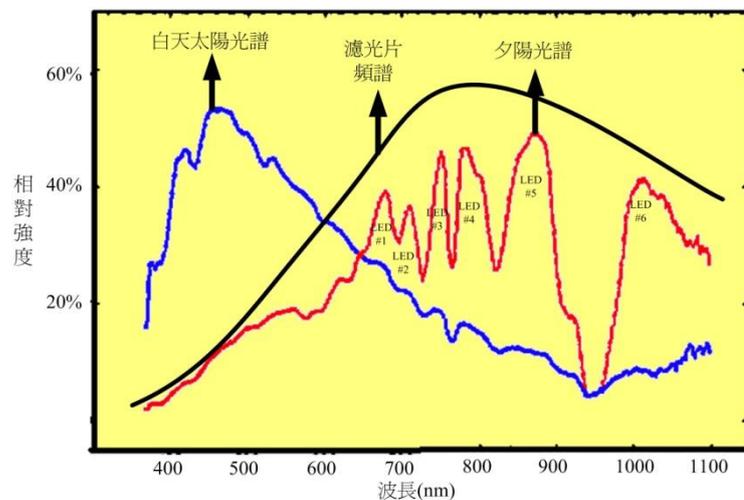


圖 2 仿朝陽與夕陽之燈具之七組 LED 波長與夕陽光譜對照圖

而夕陽光卻和白天的日光不相同，包含了許多紅外線的成分，而且存在許多波形尖峰[5]，可能是陽光被大氣層吸收與散射的結果，因此已經不是可以用一個單純的發光源可以模仿出它的頻譜[5]了，如圖 2 所示，這些波形尖峰很適合用不同的 LED 燈去模擬其光波。所設計的照明裝置一共由 6~7 組 LED 燈（每組有數個發光二極體）、一個太陽能板，再加上一個擴散片、濾光板所構成，發光二極體(Light-Emitting Diode，簡稱 LED)，當電流通過 PN 界面的時候，因為化合物的不同而發出各種可見光和不可見光，其外型及發光的方向性因為用途而有相當大的差異。本設計之七組發光二極體的對應波長分別為：585、635、680、720、790、880、1000nm，再透過濾光鏡片將 LED 燈的較短波長的光成分加以衰減後，整體光場組合應該與夕陽光譜相似度極高。透過擴散片之後，光線即變為柔和均勻。

在實作上，買現成的 LED 燈座來改裝，將原有的 LED 利用烙鐵加熱卸下，再重新銲接紅光及紅外線 LED。一開始將幾顆 LED 焊接起來的時候，都很成功，但焊接到不同種類的 LED 的時候，有些 LED 燈突然就不亮了，經過資料查詢與討論後得知每顆 LED 的內阻都不相同，當輸入電壓為固定值，但是因為 LED 內阻的不同，通過的電流也就不會相同，所以才造成亮度不均，LED 是電流元件，流過電流越大，亮度就會越亮，參考市面上現成的 LED 燈具如圖 3，發現它並沒有利用電阻來做保護跟調整電流，現成的 LED 燈具都是用同樣規格的 LED 來發光，並沒有不同種類的 LED 串並聯的問題，所以決定採取比較折衷的方式，以約 3-8 個同樣規格的 LED 為一組，分別並聯後再串聯一個可變電阻來調整電流，最後再把六至七組的 LED 燈並聯在一起，構成本設計作品，中間夾層加上白光 LED、濾光板及擴散片，燈具右側裝設太陽能板及充電開關，左側則裝設電池座及 LED 開關，其整體結構如圖 4。

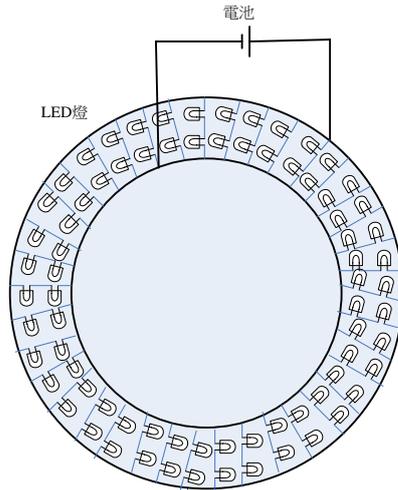


圖 3 市面上現成的 LED 燈具

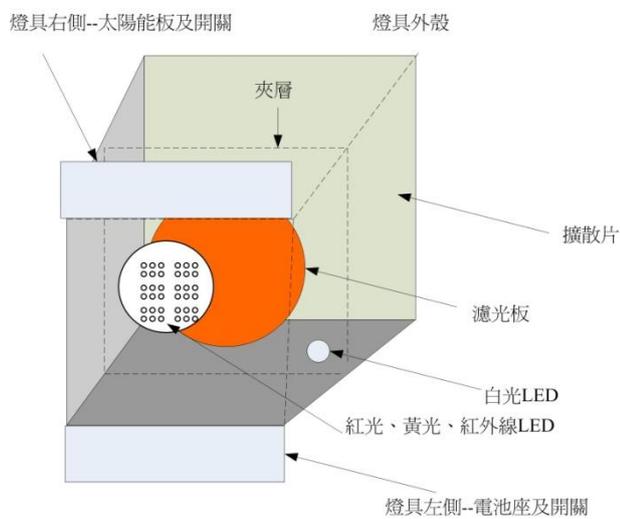


圖 4 仿朝陽與夕陽之燈具的結構示意圖

表 1 仿朝陽與夕陽之燈具的七組發光二極體

型號	輸出波長	頻寬
276-021	585nm	± 45 nm
56VR3F	635nm	± 45 nm
4501FV	680nm	± 45 nm
M3L1	720 nm	± 50 nm
LR780	790 nm	± 40 nm
L-34SF4C	880 nm	± 50 nm
R-3T	1000 nm	± 50 nm

本設計仿朝陽與夕陽之燈具預備具有兩種模式可藉由連續按開關裝置而切換之，第一模式為一般照明模式，第二模式為仿夕陽模式，在第一模式時只開啟白光光源，提供平時照明的用途，其光線不經過濾光片，在第二模式時開啟 6~7 組發光二極體，為了節能減碳能源綠化，本設計連接太陽能電池，在仿夕陽的燈具旁邊加一個太陽能板，太陽能電池是一種能量轉換的光電元件，經由太陽光照射後，把光的能量轉換成電能，或稱之為光伏電池(Photo voltaic，簡稱 PV)，如此一來平常不開啟 LED 時，太陽能板放置在陽台邊就可以充電，晚上想要用時就可以打開。原本仿朝陽與夕陽之燈具要模擬的對應波長分別為：680、720、760、790、880、1000nm，但是實際上有些發光二極體卻沒有辦法買到，因此只好選擇波長接近的紅光以及紅外線 LED 做為雛型的光源，改採用七組的發光二極體，其對應波長分別為：585、635、680、720、790、880、1000nm，如表 1 所示。

本作品第一個基本設計是以約 3-8 個同樣規格的 LED 為一組[6-7]，第一組到第三組分別並聯後再串聯一個可變電阻，然後連接一個 3.0V 電池座，第四組到第七組分別並聯後再串聯一個可變電阻，然後連接另一個 3.0V 電池座，如圖 5，最後再把 3.0V 電池座分別連結到太陽能電池充電器，其中一個 3.0V 電池座並負擔白光 LED 的供電，構成仿朝陽與夕陽之燈具雛型的實際電路。

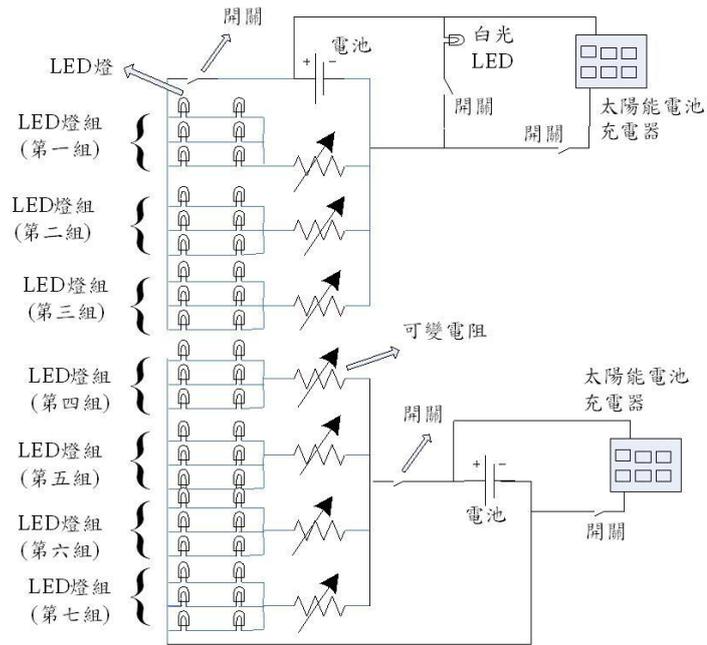


圖 5 仿朝陽與夕陽之燈具的第一個設計電路之示意圖

本作品第二個設計是以約 3-8 個同樣規格的 LED 為一組，共八組，分別並聯後再串聯一個可變電阻來調整電流，最後連接一個 48V 的電源(圖 6)，最後再把各組的 LED 燈與電腦控制的接點串聯在一起，構成動態的仿朝陽與夕陽之燈具的主要電路。

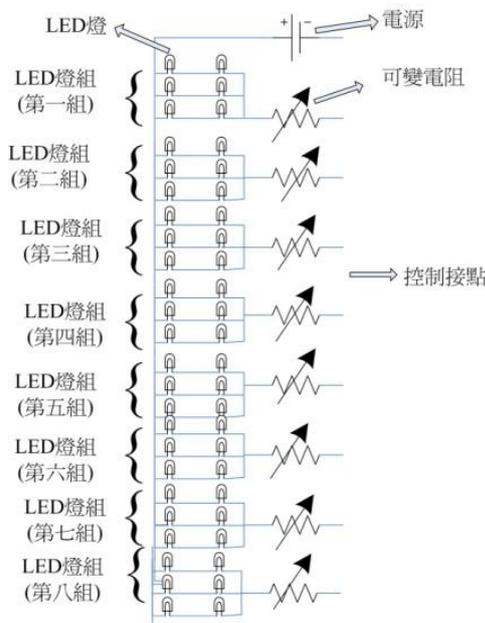


圖 6 仿朝陽與夕陽之燈具的第二個設計之電路示意圖

二、可隨時間變化之仿朝陽與夕陽之燈具設計

本創意作品為設計一個發光波長與夕陽光非常相近的照明裝置，其最簡單的基本架構如圖 7 所示。一共由 7 組 LED 燈(每組有數個發光二極體)、一個太陽能板，再加上一個擴散片、濾光板、電路開關所構成。在仿夕陽的燈具旁邊加一個太陽能板，平常不開啟 LED 時裝設在陽台邊就可以充電，晚上想要用時就可以打開。

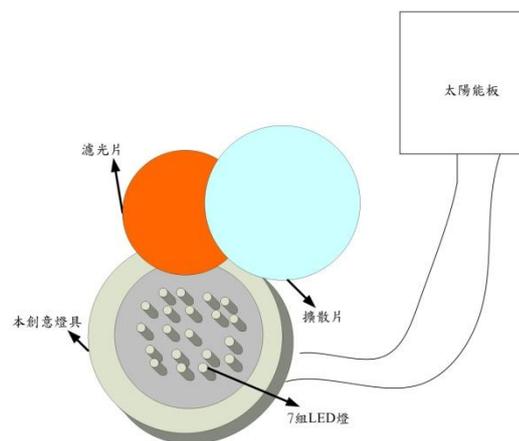


圖 7 本創意照明裝置

要做出一個具有多種功能的人造夕陽，除了紅光 LED 之外，還可加上日光燈管或白光 LED，多種用途，平常拿來當一般的照明，當想要看夕陽的時候，就可以切換開關，立刻看到夕陽。

另外也可增加一個功能，讓仿朝陽與夕陽之燈具的光閃動，在靜坐時，也許可以吸引注意力，提供類似數息的功能，得到靜坐更好的效果，如此構成之發光波長與夕陽光非常相近的照明裝置，其中，主控制器裝置包含有三種模式，可藉由連續按開關裝置而切換之，第一模式為一般照明模式，第二模式為仿夕陽模式，第三模式為閃動模式。在第一模式時，只開啟日光燈管（或白光 LED），提供平時照明的用途，其光線不經過濾光片。在第

二模式時，開啟六組發光二極體與能發出連續光譜的紅光光源，本作品之六組的發光二極體的對應波長理論上分別為:680、720、760、790、880、1000nm，濾光鏡片可將白熾燈的藍綠光成分加以衰減，整體光場組合後與夕陽光譜相似度極高，透過擴散片之後，光線即變為柔和均勻。在第三模式時，六組發光二極體實施低頻的閃動。

本創作可進一步設計為為一種可隨時間變化之仿朝陽與夕陽之燈具，其包含：一座體；複數個發光元件，排列呈現圓形，係設置於該座體上，提供各種不同的特定波長，其範圍為白光與紅光、黃光、紅外光等組成，除了白光發光元件之外，其他發光元件中有一個發光元件發出紅黃光連續性光譜，而其餘則發出頻寬為 100nm 以內的光波；一擴散片，一濾光片，係設置在該座體上，並覆蓋於相對紅光、黃光、紅外光發光元件的位置；以及一切換照明之微電腦控制單元，包含一時序間隔調整控制器，係設置於該座體內，連接各發光元件，該切換照明微電腦控制單元可控制各發光元件的發光模式狀態，可提供旭日東升、夕陽西下等模發光模式狀態供作照明模式切換；其中，旭日東升、夕陽西下等模發光模式其係依序開啟各發光元件的個數，或是控制各發光元件的電流或電壓值，以模擬不同時段的朝陽與夕陽光譜，讓燈具發光之顏色於 CIE 色度圖中之軌跡與朝陽與夕陽的顏色變化軌跡範圍(圖 8)與時間變化比例相近；CIE 色度圖中由中間出發，至右邊偏上之位置，再逐漸移至右下角的位置。

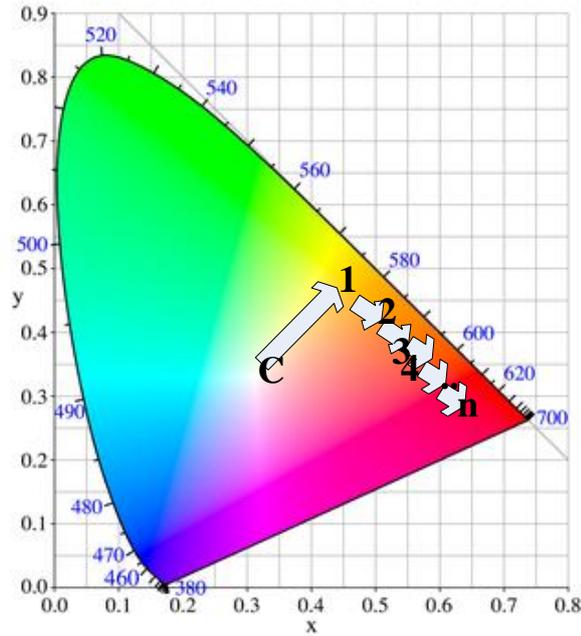


圖 8 CIE 色度圖中夕陽的顏色變化軌跡範圍

時序間隔調整控制器所對應之一組時間間隔(圖 9)為 $t_1, t_2, t_3 \dots t_n$ 可提供各種時間間隔之變化曲線，例如變化曲線 1 為陡升或陡降之類型：

$$t_n = a_1 e^{n/a_2} + a_3 \quad (1)$$

其中 a_1, a_2, a_3 為調整參數，可由時序間隔調整控制器改變其大小。透過程式的安排， a_1 參數可調整時間間隔之整體長短， a_2 參數可調整時間間隔曲線之整體形狀， a_3 參數則為一偏移值(offset)，由程式自動判斷產生。

變化曲線 2 為中間突出或下降之類型：

$$t_n = c_1 n^2 + c_2 n + c_3 \quad (2)$$

其中 C_1, C_2, C_3 為調整參數，可由時序間隔調整控制器改變其大小。以夕陽來說， t_1 為 CIE 色度圖裡，中間與右邊偏上位置之變化時間間隔。 t_2 為右邊偏上位置逐漸下移之時間間隔。 t_n 為最後倒數第二的狀態下移至右角最後的位置之時間間隔。

使用者可調整發光顏色變換的時間間隔，按照他的意思，去延長夕陽下

山前一刻的美好畫面，如此之時間間隔設定，可讓使用者充分領略夕陽之美，以朝陽來說， t_n 為一開始的狀態，由右角最後的位置上移至右角稍上方的位置之時間間隔， t_{n-1} 為右邊偏下位置逐漸上移之時間間隔...， t_1 為CIE色度圖裡，中間與右邊偏上位置之變化時間間隔。

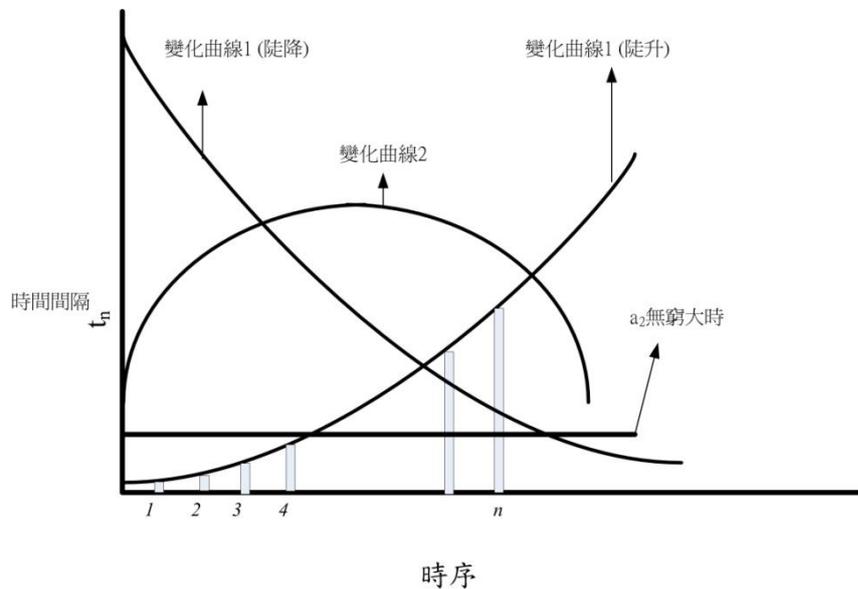


圖 9 時序間隔調整控制器所對應之時間間隔

三、仿朝陽與夕陽之燈具的自動影像評估

本研究將一系列夕陽影像的 RGB 值計算出來後，轉成 CIE 色度圖裡面觀察，這影像裡的夕陽顏色應該會形成一個範圍，再去拍攝仿朝陽與夕陽之燈具(圖 10)，仿朝陽與夕陽之燈具顏色也有一個範圍，並觀察兩者差異多少，如此就可以對仿朝陽與夕陽之燈具作自動評估，在彩色的視訊影像色彩訊息描述方面，有各式各樣的彩色座標系統能供使用，CIE (Commission Internationale de l'clairage) 是一個國際性的組織，專門為設定光度及彩色的標準，C.I.E.在 1960 年提出 UVW 均色式等比例(UCS) 彩色座標系統，其最大之特色在彩色座標中其色彩變化比例幾乎相等。此外三色係數(Trichromatic Coefficient)之定義，CIE 制定紅光波長是 $R(\lambda)=700\text{nm}$ ，

綠光波長是 $G(\lambda)=546.1\text{nm}$ ，藍光波長是 $B(\lambda)=435.8\text{nm}$ ，R.G.B 為三種顏色的光量在某點素的灰階值，在 CIE 色彩空間中顏色的三色刺激值為 X 、 Y 和 Z ，可以下列數學式對應於紅色、綠色和藍色之間的關係，也就是：

$$\begin{aligned} X &= A_{11}R + A_{12}G + A_{13}B \\ Y &= A_{21}R + A_{22}G + A_{23}B \\ Z &= A_{31}R + A_{32}G + A_{33}B \end{aligned} \quad (3)$$

$$x = X/(X+Y+Z)$$

$$y = Y/(X+Y+Z)$$

其中， A_{ij} 為與攝影機有關的參數，相關設定為：

$$A_{11} + A_{12} + A_{13} = 1, \quad A_{21} + A_{22} + A_{23} = 1, \quad A_{31} + A_{32} + A_{33} = 1$$

使用 x 作為橫軸， y 為縱軸，而畫出夕陽顏色在 CIE 色度圖中的位置，如圖 11，當仿朝陽與夕陽之燈具顏色不在夕陽顏色範圍內時，可改變 LED 的波長或顆數進行調整。



圖 10 仿朝陽與夕陽之燈具發光情形

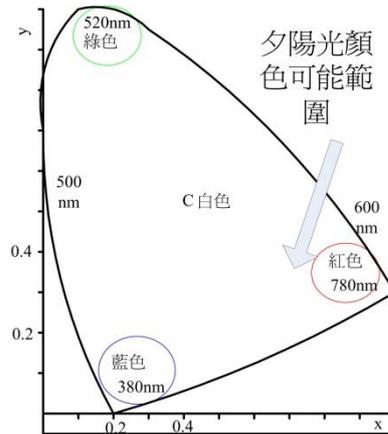


圖 11 用 x 作為橫軸、y 為縱軸之 CIE 色度圖

本研究選擇在比較高的山上或海邊拍夕陽，原因是夕陽在下山時水平會比較低，即使在都市裡夕陽已下山了，在高山上或海邊都還可以拍得到，於是可以架起相機對著夕陽，拍攝夕陽下山前十分鐘的景況，每隔十秒鐘拍一張，用六十張的影像觀察夕陽的顏色。

仿朝陽與夕陽之燈具均勻度定義如下：

$$T_{\text{uniformity}} = 1 - (\Delta g / g_{\text{ave}}) \quad (4)$$

其中， $T_{\text{uniformity}}$ 為光場均勻度

Δg 為光場亮度差異量

g_{ave} 為光場平均亮度

$$\Delta g = g_{\text{max}} - g_{\text{min}}$$

g_{max} 為光場最大亮度

g_{min} 為光場最小亮度

四、提出新的發光元件控制法則

燈具設計組合變化控制法則如下：

- 燈組發光元件較大者編號設計：其發光元件波長較長。

$$\lambda_k < \lambda_{k+1}$$

- 除了雲破與彩霞半掩模式，日出模式時啟亮發光元件編號由大而小，整體數量由少而多，日落模式時啟亮燈組編號由小而大，整體數量由多而少。

$$\text{日出模式時 } m \leq n \quad \text{且} \quad \overline{\lambda}_t > \overline{\lambda}_{t+1}$$

$$\text{日落模式時 } n \geq m \quad \text{且} \quad \overline{\lambda}_t < \overline{\lambda}_{t+1} \quad (5)$$

n 為在時間 t 時發光元件開啟的總個數。

m 為在時間 $t+1$ 時發光元件開啟的總個數。

$\overline{\lambda}_t$ 為在時間 t 時發光元件整體平均波長

$\overline{\lambda}_{t+1}$ 為在時間 $t+1$ 時發光元件整體平均波長

- 以整體視為一大面積之燈具，發光元件排列以交錯方式來安排。
- 發光元件可任意組合，但除了雲破與彩霞半掩模式，過程中燈具整體亮度不可忽大忽小，而應循序漸進。

$$\text{在日落時 } \sum_{i=1}^n I_{it} > \sum_{i=1}^m I_{i(t+1)}$$

$$\text{在日出時 } \sum_{i=1}^n I_{it} < \sum_{i=1}^m I_{i(t+1)} \quad (6)$$

其中， I_{it} 為第 i 個發光元件在時間 t 時的亮度。

其中， $I_{i(t+1)}$ 為第 i 個發光元件在時間 $t+1$ 時的亮度。

n 為在時間 t 時發光元件開啟的總個數。

m 為在時間 $t+1$ 時發光元件開啟的總個數。

- 未來燈具之面積應縮小，不同波長的 LED 應分散排列。
- 未來燈具可採矩陣式驅動。

五、兩種累計誤差為最小距離之計算

紅色的朝陽與夕陽，是陽光被大氣層吸收與散射的結果，因此在不同的雲層氣候影響下，朝陽與夕陽的波長變化也會呈現微量的差異。

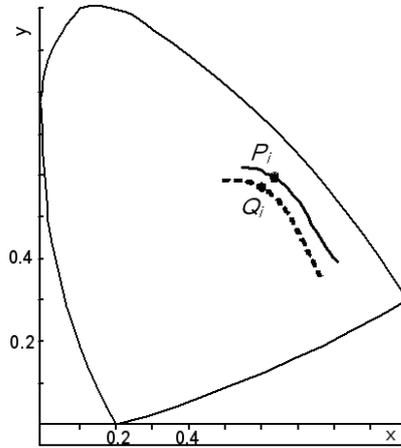


圖 12 在 CIE 色度圖裡的軌跡點比較

如圖 12 所示， $P_i = (xp_i, yp_i)$ 是某個資料庫真實的朝陽與夕陽在第 i 個時間點在 CIE 色度圖裡的軌跡點， $Q_i = (xq_i, yq_i)$ 是模擬燈具在第 i 個時間點在 CIE 色度圖裡的軌跡點。

燈組發光元件可任意組合，在此定義第 j 個發光元件組合之逐點累計誤差 Δ_{1j} 如下：

$$\begin{aligned} \Delta_{1j} &= \sum_{i=1}^n \overline{P_i Q_i} \\ &= \sum_{i=1}^n \sqrt{(xp_i - xq_i)^2 + (yp_i - yq_i)^2} \end{aligned} \quad (7)$$

當情境照明發光顏色變換的時間間隔依照原來的實際朝陽與夕陽顏色變換比例時，以發光元件組合之逐點累計誤差最小為最佳設計，亦即

$$\Delta_{opt} = \min[\Delta_{11}, \Delta_{12}, \dots, \Delta_{1j}] \quad (8)$$

Δ_{opt} 為最佳設計時情境照明發光顏色變換與實際朝陽與夕陽顏色變換之誤差量。

當情境照明發光顏色變換的時間間隔經過人工調整時，當情境照明發光顏色變換的時間間隔經過人工調整時，另外定義模擬點對某個資料庫真實的軌跡曲線之距離 $\overline{P_i Q_i}$ ，可以如下公式求出

$$\overline{P_i Q_i} = \min[\sqrt{(xp_1 - xq_i)^2 + (yp_1 - yq_i)^2}, \sqrt{(xp_1 - xq_i)^2 + (yp_1 - yq_i)^2}, \dots, \sqrt{(xp_1 - xq_i)^2 + (yp_1 - yq_i)^2}] \quad (9)$$

其中 P_i 為模擬的軌跡點 $Q(x, y)$ 對某個資料庫真實的軌跡曲線之垂足，

亦可定義第 j 個發光元件組合之最小距離累計誤差 Δ_{2j} 如下：

$$\Delta_{2j} = \sum_{i=1}^n \overline{P_i Q_i} = \sum_{i=1}^n \min[\sqrt{(xp_1 - xq_i)^2 + (yp_1 - yq_i)^2}, \sqrt{(xp_2 - xq_i)^2 + (yp_2 - yq_i)^2}, \dots, \sqrt{(xp_n - xq_i)^2 + (yp_n - yq_i)^2}] \quad (10)$$

當情境照明發光顏色變換的時間間隔經過人工調整時，以發光元件組合之對真實軌跡曲線最小垂直距離累計誤差最小為最佳設計，亦即

$$\Delta_{opt} = \min[\Delta_{21}, \Delta_{22}, \dots, \Delta_{2j}] \quad (11)$$

Δ_{opt} 為最佳設計時情境照明發光顏色變換與實際朝陽與夕陽顏色變換之誤差量。

參、研究結果與討論

本作品在日落模式時先關閉白光發光元件，再啟動紅色發光元件和黃色發光元件，讓它經過時序間隔調整控制器所對應之時間間隔，黃光會慢慢變暗，或是顆數變少，而紅光則慢慢變強，或是顆數變多，並且啟動紅外線發光元件，即可達到夕陽日落的感覺。

日出模式時先關閉紅外線發光元件，再啟動紅色發光元件和黃色發光元件，讓它經過時序間隔調整控制器所對應之時間間隔，紅光會慢慢變暗，或是顆數變少，而黃光則慢慢變強，或是顆數變多，並且啟動白色發光元件，即可達到旭日東昇的感覺。

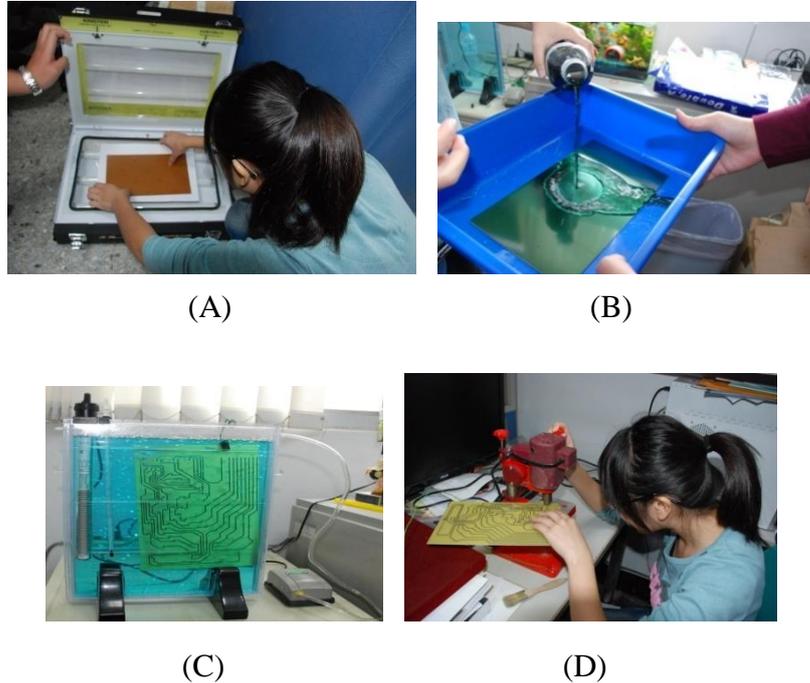


圖 13 洗電路板過程

因為 LED 的用量多，考量到焊接與跨線上的困難，我們決定以「洗電路板」的方式，克服這方面的問題。首先我們用《Protel 99SE》這套電路圖設計軟體，設計兩個不同形式的電路圖。完成電路圖後，將電路 layout 轉印至描圖紙後，並把感光電路板與描圖紙放入紫外線箱曝光(圖 13(A))，完成後將電路板浸至顯影劑(圖 13(B))，影像出來後，經清水清洗再放入蝕刻機(圖 13(C))，當多餘的銅都蝕刻掉後，最後的步驟就是鑽孔(圖 13(D))，電路板完成後就可以進行 LED 配置。

表 2(A) LED 配置表

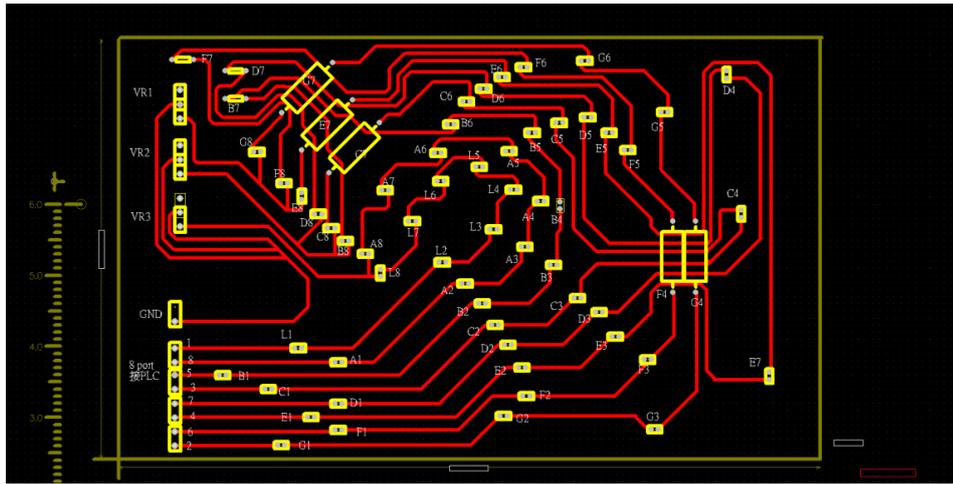
L1	Y0	Y0	Y0	Y1	Y1	Y1	Y2	Y3
L2	Y0	Y0	Y1	Y2	Y3	Y3	Y4	Y5
L3	Y0	Y1	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6
L4	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y5	R2
L5	Y0	Y2	Y3	Y4	Y5	Y5	Y5	R2
L6	Y2	Y3	Y4	Y4	Y5	R2	R2	R3
L7	Y2	Y3	Y5	Y6	R2	R4	R4	IR2
L8	Y3	Y3	R2	R3	R4	IR1	IR1	IR2

表 2(B) LED 數量統計

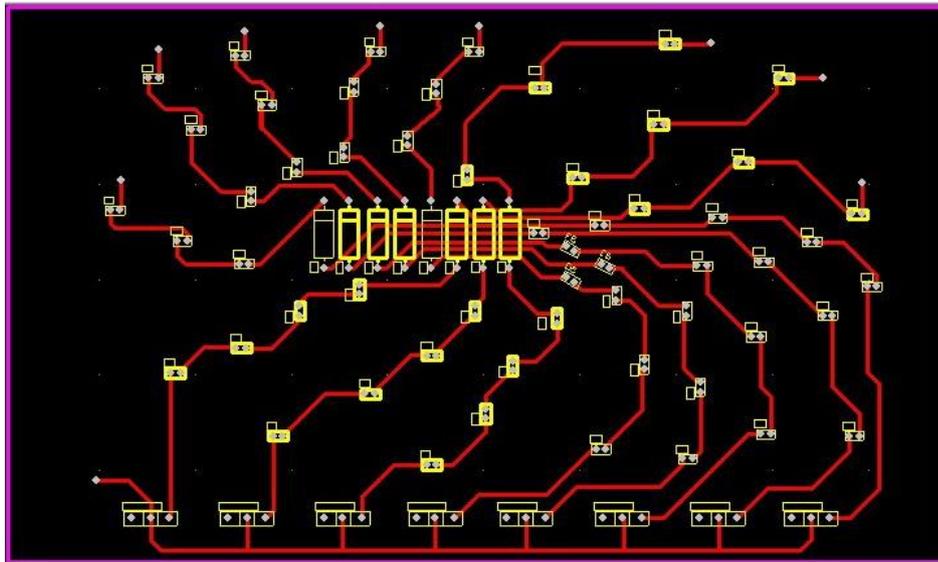
Y0	8	Y4	6	R2	6	IR1	2
Y1	7	Y5	9	R3	2	IR2	2
Y2	7	Y6	2	R4	3		
Y3	10						

為了提高與夕陽的相似度，我們仔細的觀察夕陽的變化，並發現夕陽就算要消失時，中心依然是以白光與黃光居多，外圍則是紅光。因此我們便依照著夕陽所對應的波長，使用各種不同層次的黃光與紅光，並且加以編號與配置(表 2)，使其燈光更逼近夕陽，黃光依序為 Y0、Y1、Y2、Y3、Y4、Y5、Y6，紅光依序為 R1、R2、R3、R4、R5 其中有三種紅外線 IR1、IR2、IR3，另外還有白光 W，編號的依據是數字越小的 LED 波長與短，也就是說 Y1 的波長小於 Y5 的波長，而黃色的波長小於紅色的波長。

最後設計出兩種不同類型的電路圖，第一種環狀電路圖(圖 14(A))，每條線路是由外圍繞入中心，但在 LED 配置的過程中，外圍的黃色 LED 數會過多，而中心紅色 LED 燈也會過多，而這跟每條線路的編號，應該出現的紅色與黃色數量有衝突，因此又研究出另一個放射狀的電路圖(圖 14(B))，屏除掉先前內圈與外圈的困擾。當 LED 都焊上電路板並經過測試，確定每條線路都正常工作後，接下來就是以 PLC 去控制其變化。



(A)



(B)

圖 14 (A)環狀電路圖 (B)放射狀電路圖

仿朝陽與夕陽之燈具影像與夕陽影像的 RGB 及 CIE 座標比對結果取如下之

轉換值：

$$X=0.619R+0.177G+0.204B$$

$$Y=0.299R+0.586G+0.115B$$

$$Z=0.000R+0.056G+0.944B$$

測量出仿朝陽與夕陽之燈具顏色 $R=255$ 、 $G=255$ 、 $B=57$ ，其對應之

CIE 色度座標值計算如下：

$$R=255$$

$$X=214.608$$

$$G=255 \quad Y=232.23$$

$$B=57 \quad Z=68.088$$

$$X=0.416774449$$

$$Y=0.450996842$$

測量出下山前 1 分鐘夕陽光顏色 R=235、G=200、B=35，其對應之 CIE 色度座標值計算如下：

$$R=235 \quad X=188.005$$

$$G=200 \quad Y=191.49$$

$$B=35 \quad Z=44.24$$

$$X=0.443685$$

$$Y=0.45191$$

測量出下山前 5 分鐘夕陽光顏色 R=255、G=239、B=74，其對應之 CIE 色度座標值計算如下：

$$R=255 \quad X=215.244$$

$$G=239 \quad Y=224.809$$

$$B=74 \quad Z=83.24$$

$$X=0.411326$$

$$Y=0.429604$$

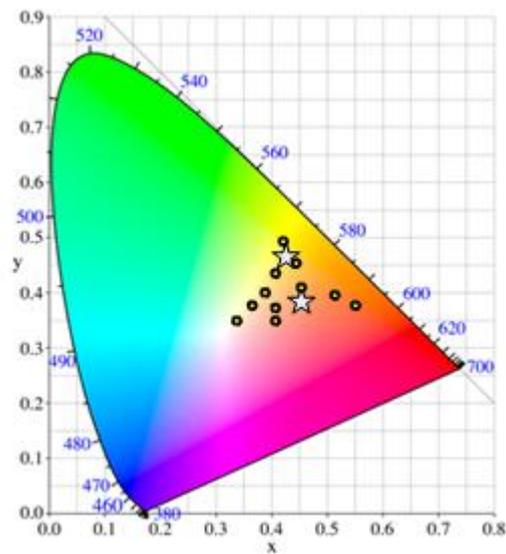


圖 15 量測數據在 CIE 圖中呈現的結果

如圖 15 所示，圓圈形狀的數據是真實夕陽顏色的範圍，星星形狀的為仿朝陽與夕陽之燈具的顏色範圍，結果發現仿朝陽與夕陽之燈具顏色落在夕陽下山前十分鐘的 CIE 色度範圍裡，因此這樣仿朝陽與夕陽之燈具就獲得初步成功了。



<pre>//強制 M0 繼電器 ON writebuffer[0]=0x02; writebuffer[1]=0x37; writebuffer[2]=0x30; writebuffer[3]=0x30; writebuffer[4]=0x30; writebuffer[5]=0x38; writebuffer[6]=0x03; writebuffer[7]=0x30; writebuffer[8]=0x32;</pre>	<pre>//強制 M0 繼電器 OFF writebuffer[0]=0x02; writebuffer[1]=0x38; writebuffer[2]=0x30; writebuffer[3]=0x30; writebuffer[4]=0x30; writebuffer[5]=0x38; writebuffer[6]=0x03; writebuffer[7]=0x30; writebuffer[8]=0x33;</pre>
--	---

圖 16 PLC-MITSUBISHI-FX2N-16MR 及其控制碼之一例

在此利用可程式控制器(programmable logic controller , PLC) MITSUBISHI -FX2N-16MR 來做發光元件控制，其介面規格為 RS422，在與電腦作連線控制時，需經由 232 轉 422 之轉換連接器，以轉換成電腦適用之介面格式。因此在硬體方面，由 PLC 之輸寫孔接出一條 422 之傳輸線(25pin)，連接轉換器，轉換器另一端則 USB 接 RS232(25pin)轉 9 pin 之傳輸線，利用可程式控制器中的計時器與繼電器控制發光元件的亮或暗(圖 16)。

PLC-MITSUBISHI-FX2N-16MR 其強制 M0 繼電器 ON 控制碼可化簡如下：

```
#define send(dd)  Comm1->WriteCommData(dd,9)
unsigned char  m0on[9]={ 0x02,0x37,0x30,0x30,0x30,0x38,0x03,0x30,0x32};
```

```
unsigned char m0of[9]={ 0x02,0x38,0x30,0x30,0x30,0x38,0x03,0x30,0x33};
```

在程式中只需利用以下指令即可開啟繼電器 M0:

```
send( m0on);
```

利用以下指令即可關閉繼電器 M0:

```
send( m0of );
```

其他繼電器 ON、OFF 之控制碼亦可比照辦理。

根據實際製作出來的仿朝陽與夕陽之燈具，啟動後的發光情形可以看出外圍光場還不是非常均勻，由於擴散板的擴散效果有限，必須要仔細調整其亮度分布，隔著 LED 光源較遠的地方才能得到較好的效果，在中間的部位，其均勻度為 99%。均勻度檢測畫面如圖 17 所示。

圖 18(A)為仿朝陽與夕陽之燈具結合可程式控制器控制發光元件之組裝測試，圖 18(B)為利用紅外線攝影機觀察仿朝陽與夕陽之燈具中紅外線 LED 的發光情形。表 3 為日落模式燈組任意組合之時序表案例之一。

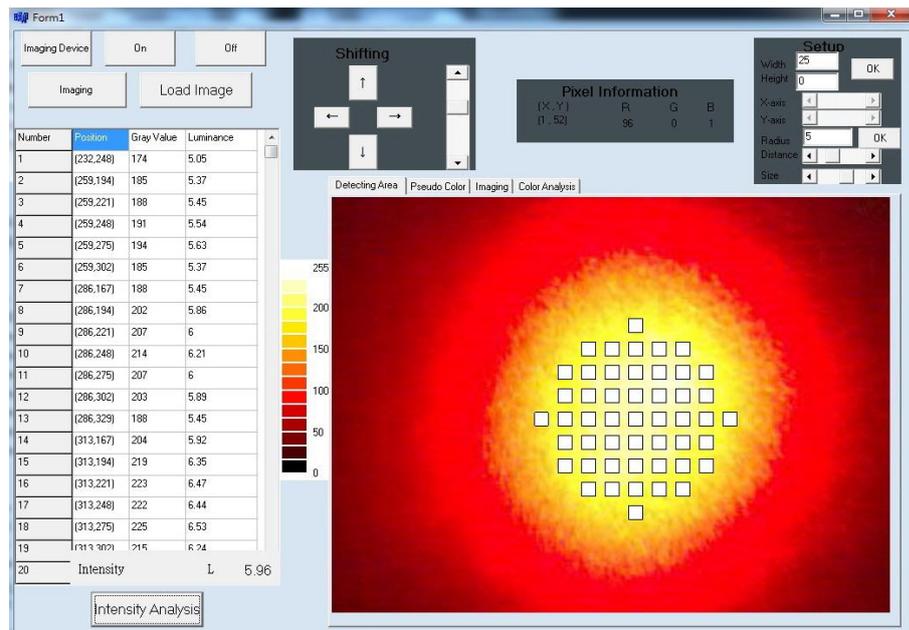
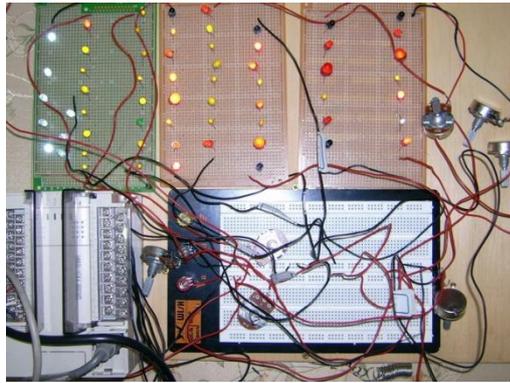
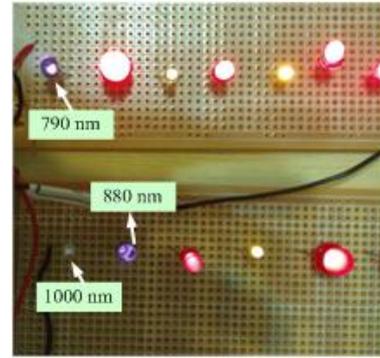


圖 17 仿朝陽與夕陽之燈具均勻度檢測畫面



(A)



(B)

圖 18 (A) 仿朝陽與夕陽之燈具結合可程式控制器控制發光元件之組裝測試 (B) 利用可感測紅外線之攝影機觀察仿朝陽與夕陽之燈具紅外線 LED 的發光情形

表 3 燈組任意組合之時序表

時序 Sequence	第一案例啟亮燈組 Lamps On (1st step)	第二案例啟亮燈組 Lamps On (2nd step)
t1	0	0
t2	1, 2	1, 2, 3
t3	2, 3	2, 3, 4
t4	3, 4	3, 4, 5
t5	4, 5	4, 5, 6
t6	5, 6	5, 6, 7
t7	6, 7	6, 7
t8	7	7

利用 PLC 控制仿朝陽與夕陽之燈具之介面畫面如圖 19 所示。

情境照明研究

SUNRISE, SUNSET

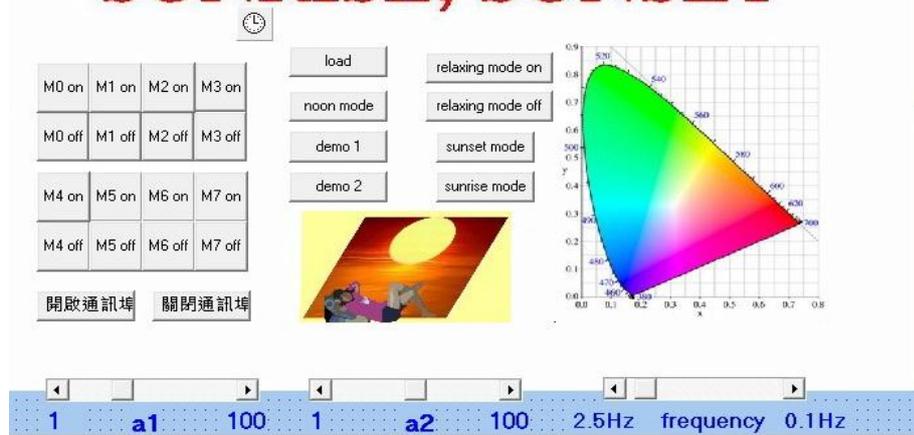


圖 19 PLC 控制仿朝陽與夕陽之燈具之程式介面

在操作上，首先開啟通訊埠，讓電腦與可程式控制器產生連線，同樣的，要關閉程式的時候必須先關閉通訊埠，讓連線中斷。在左邊的區域有 M0~M7 繼電器的開關按鈕，可以控制可程式控制器上各個繼電器的開啟與關閉。採用正午模式(noon mode)能提供一般照明。

當利用 load 功能選擇某一筆特定時空資料時，該處理裝置即啟動該複數組發光裝置，並依該情境變化過程之每一時間點對應於色度圖之複數個軌跡點，即時計算比對特定時空資料其對應於色度圖之軌跡線，而得到與該軌跡點間兩種累計誤差為最小距離之計算值，並啟亮與該軌跡點相對應之該發光元件組合，如此達到不同時間地點之模仿朝陽/夕陽及雲彩之最佳情境照明效果，燈組任意組合之時序如表 3。

想要享受夕陽/朝日情境時可以開啟其他相關模式，demo1 的按鈕提供仿朝陽與夕陽之燈具呈現日落的景象，而 demo2 的按鈕則提供日出顏色的變化，每一個顏色變化時間之間隔皆是 1.2 秒，relaxing mode on 可以讓使用者在靜坐的情況之下讓仿朝陽與夕陽之燈具呈現週期性的閃動，閃動頻率從 0.1Hz~2.5Hz。

Relaxing mode off 這個按鈕則是關閉仿朝陽與夕陽之燈具閃動的功能。sunset mode 和 sunrise mode 則需配合時序控制調整按鈕，提供參數 a1 和 a2 的調整，使用者可以任意調整參數，讓自己偏愛的畫面停留的比較久。

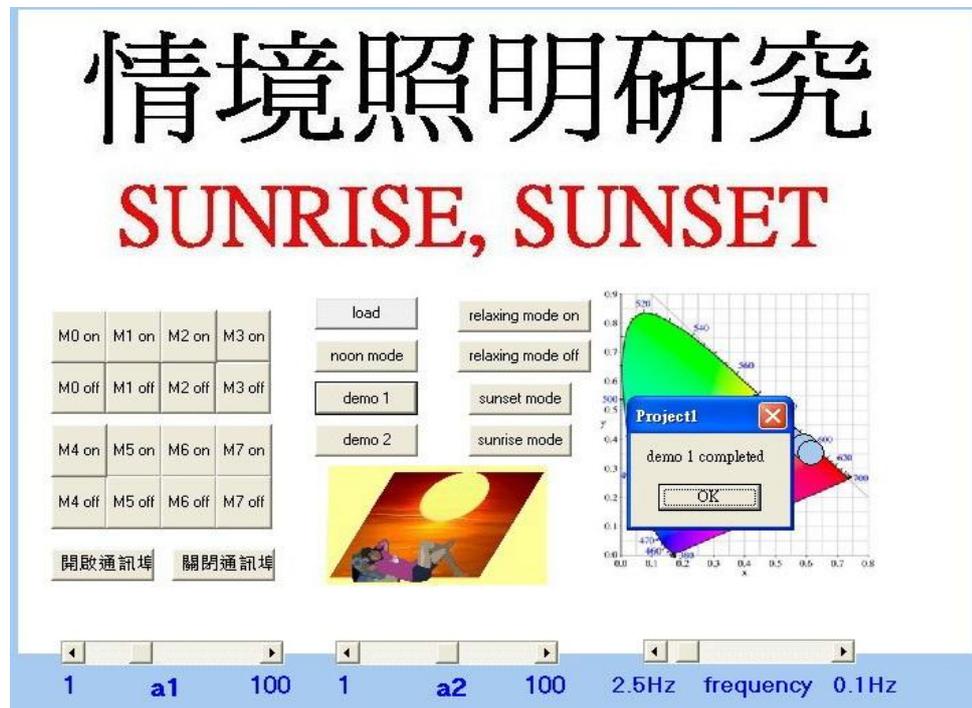


圖 20 demo1 操作過程的畫面

整體而言，本作品所創新的功能，均可利用 PLC 控制仿朝陽與夕陽之燈具之程式呈現出來，如圖 20 所示，為 demo1 操作過程的畫面之一例，右半部在相對應的 CIE 色度圖裡面，顯示出隨時間變化顏色的軌跡。

肆、結論與應用

本作品主要是針對居家環境、建築照明裝飾及特殊景觀照明而設計的裝置，採取七組發光二極體（其對應波長分別為：585、635、680、720、790、880、1000nm），或是一個燈泡加上六組發光二極體（其對應波長分別為：680、720、760、790、880、1000nm），濾光鏡片可將燈光中的藍綠光成分加以衰減，整體光場組合後與發光波長與朝陽/夕陽相似度極高，透過擴散片之後，光線即變為柔和均勻

，可有效降低炫光的產生以及可營造吸引且舒適的環境，於情境照明與休閒效果應用及功能性上都做一提升。

仿朝陽/夕陽的燈具可連接太陽能電池作為電源之供應，而潔淨的太陽能則是最受到矚目與期待的再生能源，因此這樣的潔淨感可以讓使用者放鬆整體的身心靈，使情境照明得到節能減碳能源綠化之最好效果，並已經完成了仿朝陽/夕陽燈具應用成品製作及仿朝陽/夕陽燈具 CIE 色度分佈檢驗，證明本作品的可行性。

本創意作品可應用於建築照明、或是特殊景觀照明裝飾，其中考量因素包括：

1. 發光裝置不選擇單純的三原色光，而選擇接近朝陽/夕陽頻譜的波長。
2. 複數個發光二極體的波長選擇。
3. 太陽能板的應用。
4. 動手製作仿朝陽/夕陽燈具之可行性。
5. 可利用相機觀察仿朝陽/夕陽燈具 CIE 色度分佈，以驗證仿朝陽/夕陽燈具與實際朝陽/夕陽兩者相近的程度。
6. 朝陽與夕陽資料庫之建立。
7. 發光元件控制法則之建立。
8. 兩種累計誤差為最小距離之計算。

本作品可以連接太陽能，在仿夕陽的燈具旁邊加一個太陽能板，平常不用時放在陽台邊就可以充電，晚上想要用時就可以打開。可以想像，在未來如果能夠設計專用的微電腦電路板，並且以陣列驅動方式形成可隨時間變化之仿朝陽與夕陽之燈具，再建立更多的資料庫，那麼類似『2012 年立秋的”黃河落日圓”』、『2011 年 1 月 1 日阿爾卑斯山的日出』、『2010 年聖誕節北極圈的夕陽』、『2007 年 5 月

30 日紐約市西區的曼哈頓巨石陣的日落時分』等等情境照明的選項都是可能的，這樣必可它在讓情境照明與休閒效果的應用及功能性上都做一大提升。

伍、參考文獻

1. 作者*、林宸生，複合式發光裝置，中華民國發明專利通過，2012，專利編號: I371547 號。
2. 作者*、林宸生，隨時間變化可呈現日出日落過程之仿太陽光之燈具，中華民國發明專利申請號 099125660。
3. 作者*，可選定不同時間地點之模仿日月及雲彩之情境照明系統，中華民國發明專利申請號 101133165。
4. 陳錫桓，光學，近代物理—大學物理之四—第九版，下冊，中央圖書出版社，民國 97 年 9 月。
5. Gregory A. Rechtsteiner and Jane A. Ganske, Using Natural and Artificial Light Sources to Illustrate Quantum Mechanical Concepts, The Chemical Educator, Vol. 3, No. 4, (1998) 1-12
6. 廣華電子零組件網路目錄 <http://www.cpu.com.tw/kh/>，民國 99 年 3 月
7. 奇摩知識，請問 LED 並聯-電源供應的問題，LED 並聯~誰能幫幫我，LED 串聯.並聯.電阻問題，紅色 LED 燈並聯亮度不均勻?
<http://tw.knowledge.yahoo.com/>，民國 99 年 3 月

*(依規定研究報告勿出現作者之姓名，以便密封作業。)

評語

1. 本作品以情境照明之仿真控制研究為主要訴求，作者們之團隊合作表現良好，口頭與書面報告均稱嚴謹詳實。
2. 本作品應在專利申請上多加努力，在其他情境如“藍色精靈”與“彩虹”等特效上多加努力，成效將更可觀。