

2016 年臺灣國際科學展覽會 優勝作品專輯

作品編號 100003
參展科別 工程學
作品名稱 聚光型手電筒室內戶外 LED 遙觸控技術
得獎獎項 大會獎：四等獎

就讀學校 臺北市立大安高級工業職業學校

指導教師 王村益

作者姓名 陳宇珩、倪隆靖

關鍵字 遙控、觸控、遠端觸控

作者簡介



我叫陳宇珩，我覺得只從課本裡學習是一件很無趣的事，所以我選擇就讀高職。在二年級的時候，有個學長的團隊用 LED 發展出了新的觸控技術，當下對這個技術很感興趣，在與學長和指導老師接觸後，也決定參加科展，並試著做出比學長所研發更有新意的新技術。希望能從研究這個題目的過程中，學到課本裡學不到的東西。

在完成這個題目之後，想到在一開始為了量測光伏效應的特性，在大太陽底下量測了整個下午，但是結果卻不如預期，到現在能夠完成這項技術，並且加以應用在各種裝置上，其中與老師的討論、解決辦法、加入新想法，這些過程確實讓我學到了課本以外的東西。



我叫倪隆靖，從高一就開始做科展，回想剛進學校時，覺得課本上的內容很無趣，實作課的內容也只是直接去銲接電路板而已，完全不須思考，只要做完就有分數。但是在科展中，我卻是真正的把我所學的內容加以運用，並且發現了我對電路的熱誠，雖然剛開始做的時候，因為很多專業還沒學到而覺得很難，但隨著學校的課程，我發現當初不會的地方都逐一解開，讓我覺得學校的課程不僅僅只能用在考試上，也可以在實作當中增加解決問題的能力。

雖然從高一到現在，寒暑假及平日放學及例假日都幾乎留校製作與學習，犧牲了很多時間，但是卻學到很多課本中學不到寶貴經驗，印象最深刻的是在製作電路板中，類比電路的接地如果面積不夠大就會有振盪或雜訊，電源線太短太細，電感量就會很大，不同的電容有的適合當濾波電容，有的適合當頻率補償電容...等等，這些都是非常實用但課本中卻沒有教的，卻是我在做科展中學到的內容。

摘要

隨著 LED 的發展及抗環境能力強，各式各樣的戶外 LED 顯示裝置有如雨後春筍般出現，然而這些遠端 LED 顯示裝置，目前都只有顯示功能，不能與使用者互動，實在可惜！

本文利用 LED 光伏特效應，實現 LED 光遙觸控功能，提供人性化方式和這些遠端 LED 顯示裝置互動。我們共提出了三點設計：

1. 提出『脈波式聚光型手電筒』，並設計偵測電路，使得室內與室外都可以實現光遙觸控。
2. 針對遠端單顆、多顆鬆散分布、多顆緊密分布的 LED 裝置，提出各種連線方式的量測與建議，以減少線路接線。
3. 提出三種應用以實現遙觸控開關、點選、暫停播放、拖曳移動等功能。

Abstract

Owing to the development of light-emitting diodes which are suitable for exposure to the most severe weather conditions, A variety of outdoor LED display devices appear everywhere. However, these remote LED display devices, currently only with display function, can not interact with the user, it is really a pity!

In this paper, we achieve the LED optical touch remote control functions by using the photovoltaic effect of LED. We prepare three different designs as below:

1. Propose "Pulse condenser flashlight" and design of detection circuit for indoor and outdoor .
2. Measurement and recommendations various connection methods for remote single LED, loosely distributed LEDs ,closely distributed LEDs , in order to reduce line wiring.
3. Design three different application products to perform remote-touching switch, click, pause , drag, movement zoom functions by optical remote control technologies.

壹、前言

一、研究動機

人機互動方式，依距離遠近分為近端及遠端互動。在近端互動方面，傳統是透過『**按鍵**』方式輸入資料，只要按鍵的數量足夠，加上複合鍵的功能，輸入的資料種類就可以很多樣化；但是也因為按鍵的數量太多了，反而讓使用者很難在第一時間找到所要的按鍵，使用上沒有親和力。近期發展蓬勃的『**觸控技術**』(touch technology)，它可以讓我們透過觸摸顯示器的位置，直接和機器互動，使得輸入資料更加人性化，隨之而起的多點觸控技術，更讓我們可以透過手指間的動作，輕鬆地與機器做更豐富的互動，使得人機互動非常具有親和力。因此，觸控技術已經漸漸發展成為近端互動技術的主流，廣泛應用在各類電子產品中。

在遠端互動方式，目前只有『**遙控**』技術(remote control)。遙控技術是利用按鍵調變紅外線或電磁波來傳遞按鍵的資訊，此技術還停留在按鍵式的時代，其人性化依舊比不上觸控技術。

隨著 LED 的發展及抗環境能力強，戶外的 LED 顯示裝置有如雨後春筍般大量出現，如圖(一)所示，左圖是戶外的 LED 裝飾燈，右圖則是招牌、廣告牆、跑馬燈…等，然而這麼多的遠端 LED 裝置，目前都只有單向顯示的功能，不能與使用者互動，實在可惜!想和這些遠端的 LED 裝置互動需要遠端的人機互動技術。



<http://img.epochtimes.com/i6/1312040321511567.jpg>



圖片來源: <https://thepost.files.wordpress.com/2014/01/timessquare.jpg>

圖(一)LED 的應用

由於 LED 本身具有『**光伏效應**』，本文想利用聚光型手電筒取代人的雙手，直接觸控遠端的 LED 裝置，將遠端人機互動技術帶入『**光遙觸控技術**』(remote touch control technology)時代!這就是我們的研究動機。

二、研究目的

若要遙觸控 LED 會有兩個問題，第一個是使用環境的問題，當在室內遙觸控的時候，室內的環境光源多為人為製造的光源，強度不會太強，以手電筒照射時都還看得到照射亮點；但是拿到戶外遙觸控的話，由於戶外光源太強了，連照射亮點都看不到。戶外光源產生的光伏效應遠大於手電筒產生的光源，形成一個強烈干擾。因此，戶外進行光遙觸控，解決戶外光源的干擾是我們要面臨的第一個大問題。

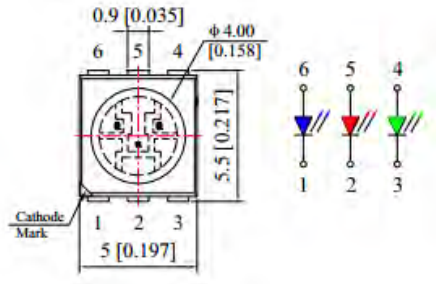
第二個問題是控制線的問題，隨著產品應用方式不同，LED 有很多種位置分布方式，有些是一顆 LED 單獨存在的，例如指示燈；還有多顆鬆散分布的 LED 產品，像是招牌、聖誕燈飾；另外，也有多顆密集分布的 LED 產品，像是電視牆、跑馬燈…等 LED 看板。如何要讓每個 LED 都能成為遙觸控的觸控點，連線又有哪些方式，也是我們要探討的重要問題。

所以我們的研究目的就是要研究一個適用於室內及室外，可對單顆、多顆鬆散分布、多顆緊密分布的 LED 裝置，都能夠實現光遙觸控技術。

貳、研究方法與過程

一、SMD5050 的量測

我們選用如圖(二)所示 SMD5050 三色 LED 擔任 LED 顯示裝置的主要元件。SMD5050 是由三個獨立的 R(紅)、G(綠)、B(藍) LED 封裝成六腳包裝彩色 LED。其中紅燈波長約為 632nm，綠燈約為 520nm，藍燈約為 468nm，可承受 25mA 順向電流。

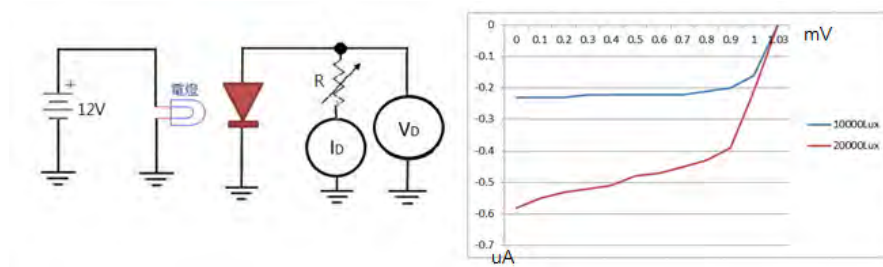


圖(二) SMD5050 外觀圖

為了更深入理解 SMD5050 的光伏效應特性，我們進行以下量測：

(一) 光伏效應的 I-V 特性曲線量測

連接線路如圖(三)，其中電流表為微安表量測 SMD5050 中紅色 LED 的電流，以照度計量測紅色 led 上的照度，調整燈泡使得照度在 10000Lux 及 20000Lux 下，分別調整可變電阻器 R 的電阻值大小、記錄實驗結果。



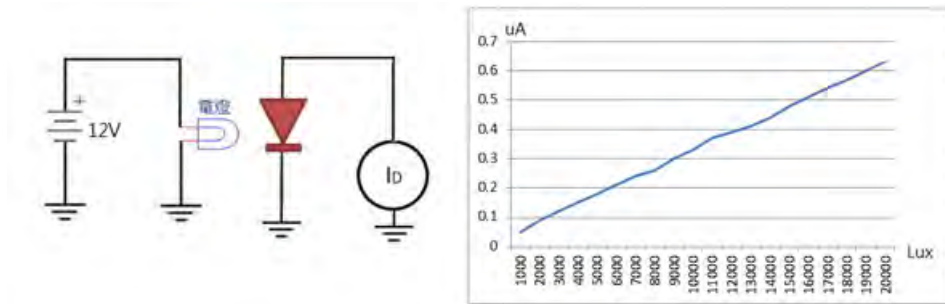
圖(三) SMD5050 的 I-V 特性曲線量測

實驗結果：

1. 光伏開路電壓在不同照度變化量較小，而光伏短路電流在不同照度下變化則較為明顯。
2. 光伏短路電流在 10000Lux 時較小，在 20000Lux 時較大。

(二) 短路電流與照度關係的量測

我們發現光伏電流在不同照度下變化量很大，似乎很適合拿來當作感測用的讀取值，但是還無法確認其準確性，所以我們又做了圖(四)的實驗，測量光伏電流與光照度的關係。



圖(四) 光伏電流與光照度關係圖

實驗結果：

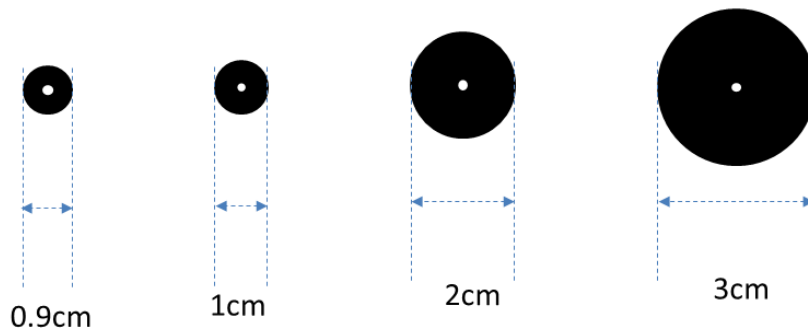
1. 光伏電流與照度關係隨著光照度的上升而直線上升。
2. 光伏電流相當適合當作光感測器的讀取值。

結論：

LED 的光伏短路電流和照度大小呈線性變化關係。且對於光源大小反應較為明顯，比光伏開路電壓更適合用來偵測光源大小。

二、光點大小的實驗

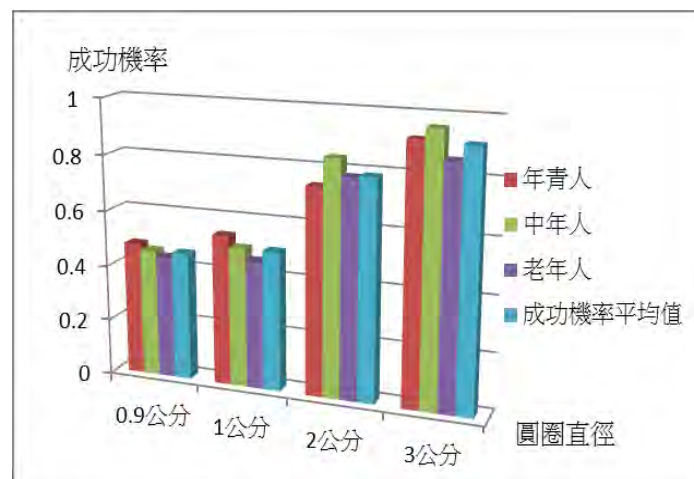
對於一個 LED 看板而言，如果光點的面積太大，很容易遙觸控成功，但是整個看板的觸控點將會變得非常少；反之光點的面積如果過小，雖然整個面板上的觸控點會變很多，但是因為人的手會抖動，使得遙觸控不容易成功。到底一個光點面積最小應該要多小，才容易觸控成功也同時維持著足夠的觸控點。為了進一步了解，我們進行以下實驗。我們找了各五位的年青人、中年人及老年人，在約 2 公尺的距離，手持雷射對準圖(五)中不同直徑的黑色圓圈中心點打雷射光，持續 50 秒，並且錄影下來，記錄在 50 秒內雷射光點落於黑色圓圈內的時間。我們定義成功機率為雷射光點落於黑色圓圈內的時間/50 秒。



圖(五) 觸控點大小的難易度實驗

結果紀錄於圖(六)，討論如下：

1. 在 2 公尺的距離下，手持雷射照射直徑 2cm 以上的圓圈持續 50 秒，成功機率便能大於 50%。
2. 觀察成功機率，不受年齡影響太大，但是老年人的成功機率略為偏低。



圖(六)觸控點大小的難易度結果

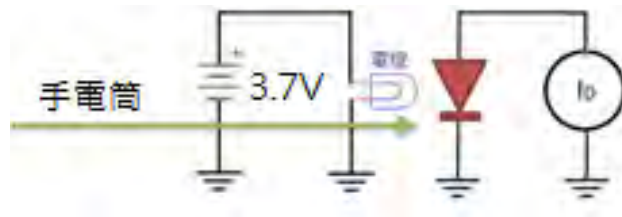
三、LED 各種連線結構的觸控量測

我們使用搭載 CREE XPE 晶片超強聚光型手電筒當作觸控用手電筒，以 3.7V/0.8A 驅動，於手電筒表面量測的照度為 117000Lux，於 30 公分處的照度量得為 76000Lux。

對於大量 LED 的遠端顯示裝置，如果每個 LED 都要感應光伏電流，連接線路會非常的多，要如何節省這些線路呢？我們討論出以下幾種接法簡化線路：

(一)單一 LED 形成一個觸控點

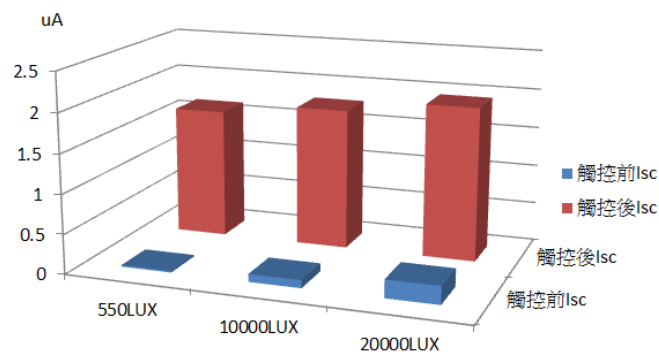
連接線路如圖(七)所示，在紅色 LED 旁佈置一個燈泡，調整環境光源，分別在 550Lux、10000Lux、20000Lux 的照度下，並於距離紅色 LED 約 30 公分處發射手電筒光束，照射到紅色 LED 上，量測紅色 LED 的短路電流。我們以下稱手電筒關閉時的光伏電流為『觸控前 I_{sc}』，手電筒開啟時的光伏電流為稱為『觸控後 I_{sc}』。



圖(七)單顆 LED 觸控量測電路

實驗結果如圖(八)所示，結論如下：

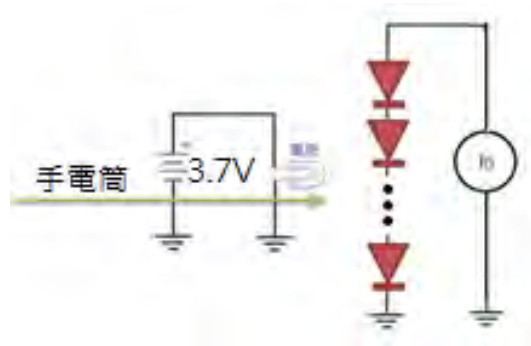
手電筒照射後光伏電流大小明顯上升，所以量測光伏短路電流可以在單獨一顆觸控點達成觸控。



圖(八)單顆 LED 觸控量測結果

(二) 多個 LED 串聯形成一個觸控點

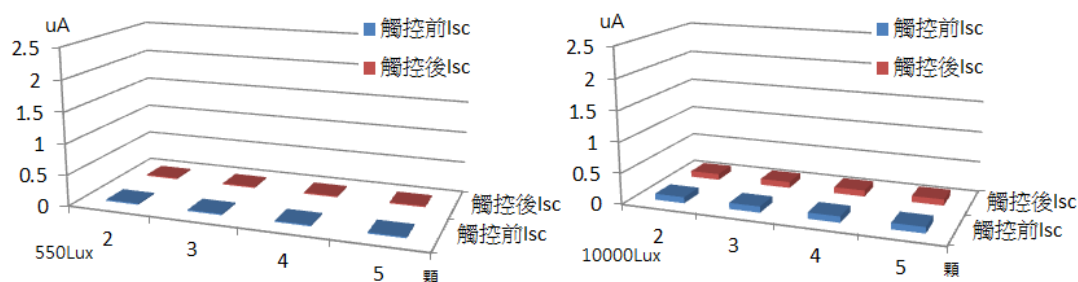
連接線路如圖(九)所示，我們分別串聯 2 顆、3 顆、4 顆、5 個 LED，調整環境光源在 550Lux、10000Lux 的照度下，於距離紅色 LED 約 30 公分處發射手電筒光束，照射紅色 LED，量測紅色 LED 的光伏短路電流。



圖(九)多顆 LED 串聯觸控量測電路

實驗結果如圖(十)所示，結論如下：

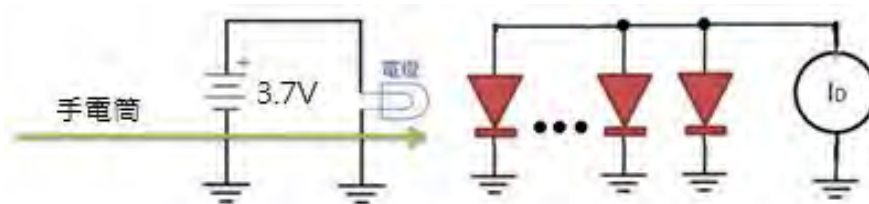
觸控前後短路電流變化不大，所以量測光伏短路電流不適用於串聯多顆 LED 所形成的觸控點。若要使用串聯結構，可改為量測光伏開路電壓。



圖(十)多顆 LED 串聯觸控量測結果

(三) 多個 LED 並聯形成一個觸控點

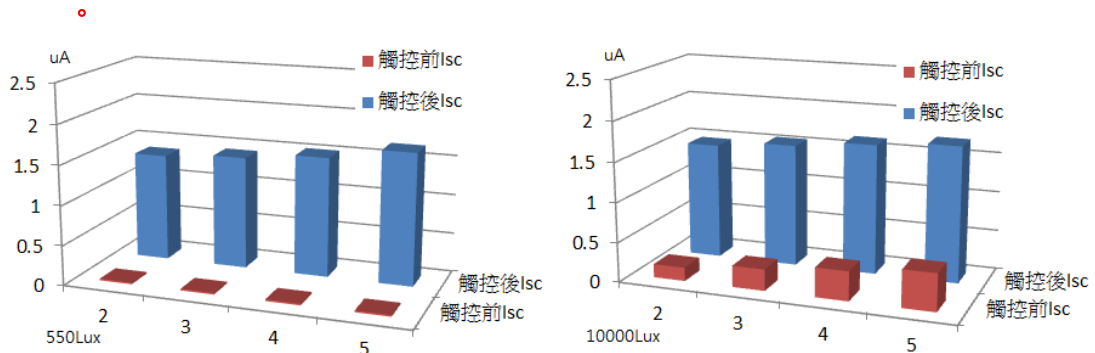
連接線路如圖(十一)所示，我們分別並聯 2 顆、3 顆、4 顆、5 個 LED，調整環境光源在 550Lux、10000Lux 的照度下，於距離紅色 LED 約 30 公分處發射手電筒光束，照射最左邊的紅色 LED，量測紅色 LED 的光伏短路電流。



圖(十一)多顆 LED 並聯觸控量測電路

實驗結果如圖(十二)所示，結論如下：

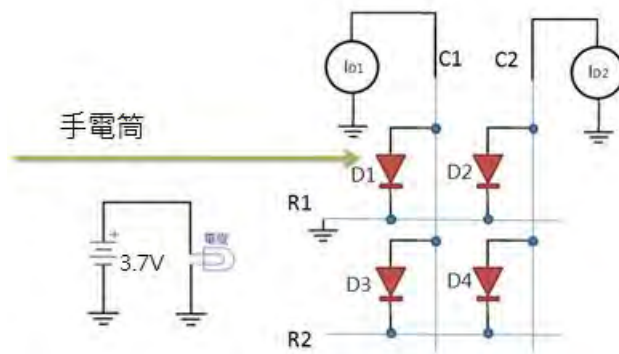
觸控前後短路電流變化很大，所以光伏短路電流可適用在並聯多顆 LED 形成的觸控點。



圖(十二)多顆 LED 並聯觸控量測結果

(四)陣列連接方式的觸控量測

連接線路如圖(十三)所示，我們把 4 顆 LED 連接成點矩陣，於距離紅色 LED 約 30 公分處發射手電筒光束，分別照射 D1、D2、D3、D4，並在 R1、R2 上作開路短路的變化，量測 I_{D1} 及 I_{D2} ，觀察其電流變化。



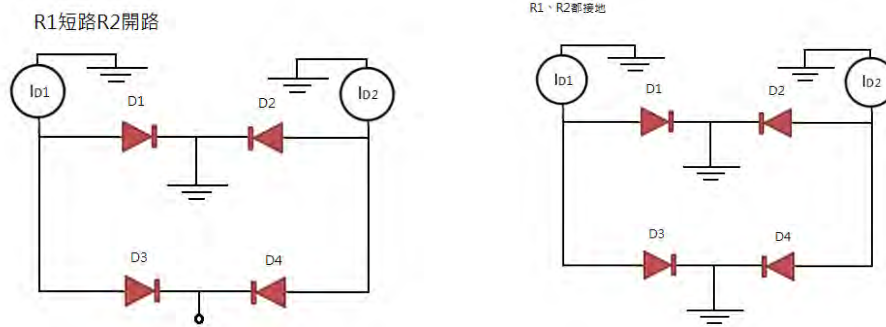
圖(十三)陣列觸控量測電路

實驗結果如表(一)所示、電路結構如圖(十三)，討論如下：

1. 在 R1 接地，R2 開路時，等效電路如圖(十四)左所示，當手電筒光束照射 D3 時，因 D3、D4 為串聯，所以電流相同，壓降極性相反，使得 D1、D2 產生的電流為很小的漏電流，所以 I_{D1} 的電流方向為順向電流； I_{D2} 為逆向電流，造成觸控無法偵測。同理手電筒光束照射 D4 時，也一樣無法觸控偵測。
2. 當 R1、R2 都接地時，電路結構就是並聯結構，等效電路如圖(十四)，D1、D3 並聯成一個觸控點，D2、D4 並聯成一個觸控點，觸控情況正常。

表(一) 陣列觸控量測結果

手電筒 照射點	R1接地、R2開路		手電筒 照射點	R1、R2都接地	
	I _{D1}	I _{D2}		I _{D1}	I _{D2}
D1	2.6uA	0.03uA	D1	3.7uA	0.03uA
D2	0.02uA	3.2uA	D2	0.03uA	5uA
D3	1.24uA	-1.32uA	D3	4.2uA	0.03uA
D4	-1.28uA	-1.24uA	D4	0.03uA	5.2uA

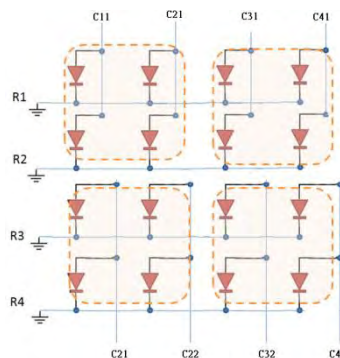


圖(十四) R1 接地，R2 開路等效電路

結論：

偵測用 LED 接成陣列後，只能將同一行的 LED 當一個觸控點，並將所有列接地，形成行觸控(特殊規劃後也可形成列觸控)。

- 總結：**
1. 偵測用 LED 可以單獨一顆形成一個觸控點，也可以多顆 LED 串聯或並聯成一個觸控點，或者是採用陣列結構，形成行觸控或列觸控。
 3. 除了串聯結構需量測光伏開路電壓以外，其他皆可採用量測光伏短路電流的方法。可將陣列結構擴展成如圖(十五)區塊陣列結構，其中每個區塊唯一個觸控點，使觸控不再限於行數控或列觸控，但會比陣列結構增加一些連線。



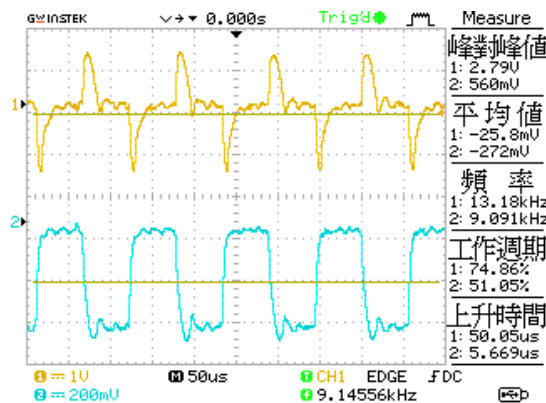
圖(十五)區塊觸控電路

三、環境光源的光伏電流頻譜分析

為了了解光伏電流在各種不同環境下的頻譜，我們進行了以下實驗。

(一)系統步級響應

首先我們進行了步級響應的實驗，我們在暗室中以 9.14kHz 的週期性脈波驅動手電筒，並以示波器測量紅色 LED 上光伏電流轉電壓後的波形，測量結果如圖(十六)所示。由實驗結果觀測本系統的上升時間(t_r)為 5.669 微秒，根據公式：頻寬(BW) = 0.35/上升時間。可求得頻寬。



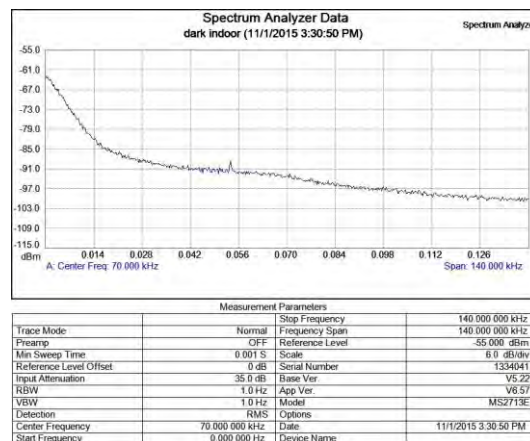
圖(十六)步級響應量測結果

結論：系統的上升時間為 5.669 微秒，頻寬約為 176kHz。

(二)室內環境光源的光伏電流頻譜

1. 在暗室內的光伏電流頻譜

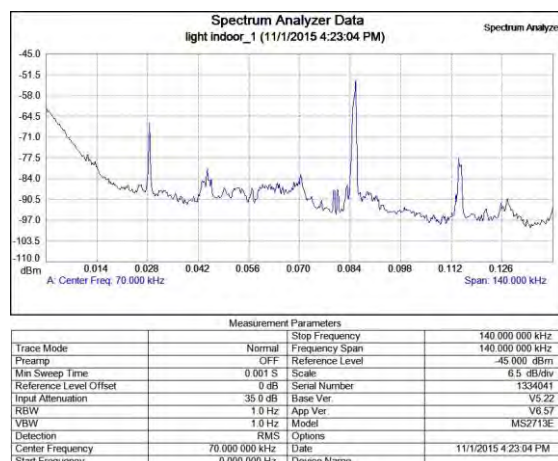
我們用 anritsu 型號 ms2713e 頻譜分析儀量測了在 0Lux 暗室內的光伏電流頻譜，如圖(十七)所示，雖然沒有任何光伏電流能量，但是因為系統電路中仍存在著雜訊，也會測得一定的雜訊能量。



圖(十七)暗室內的光伏電流頻譜

2. 在亮室內的光伏電流頻譜

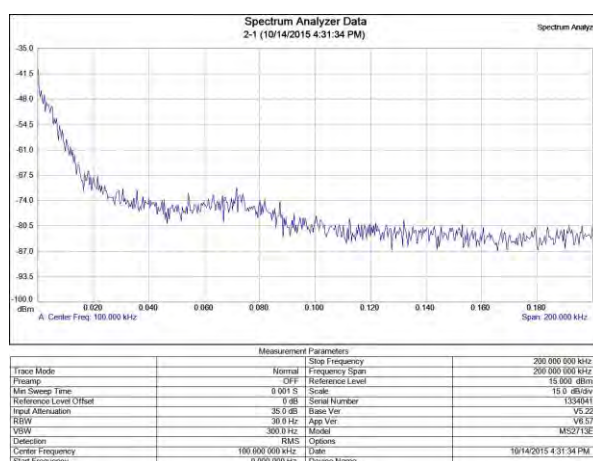
我們以檯燈在離 LED 約 10 公分處產生 10000Lux 的光源，並於室內環境日光燈約 550Lux 光源下，測得光伏電流的頻譜，如圖(十八)所示。我們發現室內的照明設備都是週期性的光源，所以能量都集中在特定的頻率上。



圖(十八)亮室內的光伏電流頻譜

(三) 戶外環境光源的光伏電流頻譜

我們在午後戶外空曠處，測得光伏電流的頻譜，如圖(十九)所示。戶外陽光光源是非週期性的，所以能量是分散在連續的頻譜上，不會有特定頻率的能量比較高，但整體能量比室內高出許多。



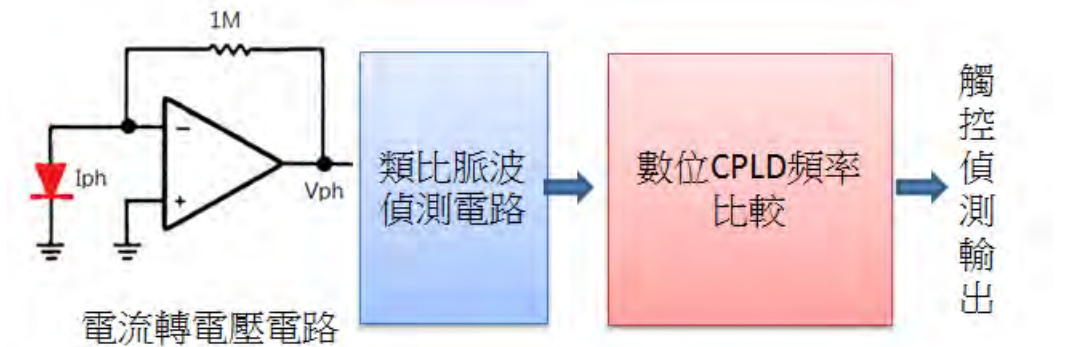
圖(十九)戶外空曠處的光伏電流頻譜

總結：

1. 室內光伏電流頻譜主要受照明設備影響，照明設備產生的光源頻率為週期性光源，所以在頻譜上能量會集中在幾個特定頻率上。
2. 戶外光伏電流頻譜主要受陽光的影響，陽光的光源頻率為非週期性的光源。因此在頻譜上能量會分散在連續的頻率中，且整體能量較室內高出許多。

四、脈波式聚光型手電筒與偵測電路的設計

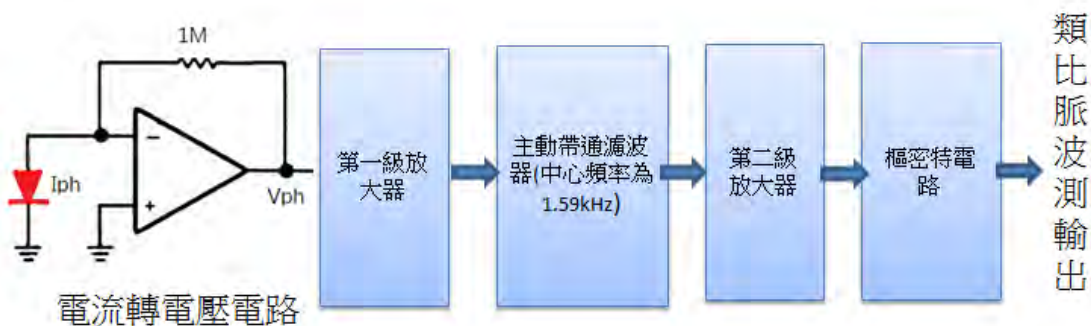
手電筒上由訊號產生器產生一個特定頻率的脈波訊號驅動手電筒，接收端的偵測電路系統方塊圖如圖(二十)所示。紅色 LED 的短路電流先轉換成電壓，進入到類比脈波偵測電路方塊，此方塊可過濾出我們所要的脈波頻率，此脈波送到數位 CPLD 頻率比較頻率是否為手電筒上所產生的特定頻率，並將比較結果輸出到觸控偵測輸出腳。



圖(二十)偵測電路系統方塊圖

(一)類比偵測電路方塊

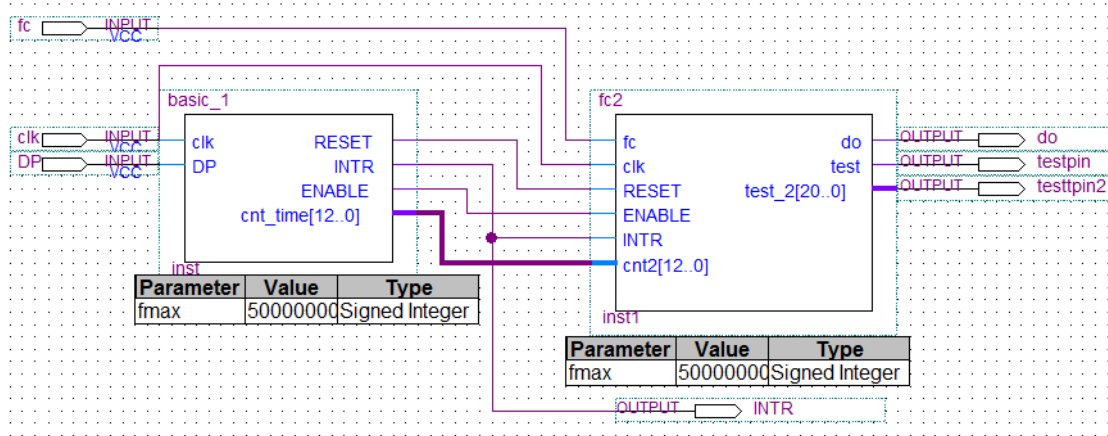
類比偵測電路方塊如圖(二十一)所示，主要是經過放大器及帶通濾波器，過濾出我們所需的脈波頻率，最後再進入樞密特電路整型為方波，並輸出給數位 CPLD 頻率比較電路。



圖(二十一)類比偵測電路方塊

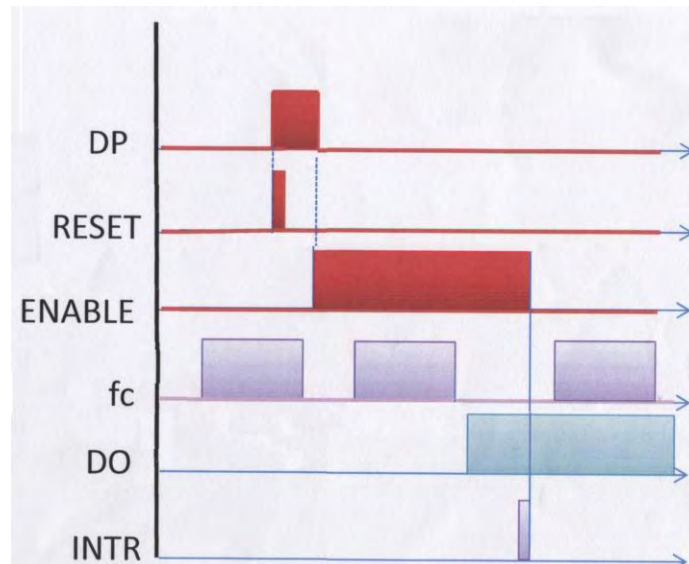
(二)數位 CPLD 頻率比較方塊

數位 CPLD 頻率比較方塊圖如圖(二十二)。DP 是偵測的開關,clk 是 CPLD 的內部頻率,fc 是類比偵測電路的輸出。圖中的 basic_1 方塊負責產生中斷訊號(INTR)、重置訊號(RESET)和致能訊號(ENABLE)；圖中的 fc2 方塊負責計數直到條件符合時讓輸出 DO 為 HIGH。



圖(二十二)數位 CPLD 頻率比較方塊

時序圖如圖(二十三), INTR 在送進 DP 後兩個週期的時間後發送一個脈波, DP 的正緣為重置信號, 負緣開始直到 INTR 為 HIGH 都為 ENABLE 時間, 此時的 fc2 會啟動開始計數。在 ENABLE 結束之後, 若 fc2 記數到的數值是我們發送波形的週期, 則讓輸出 DO 為 HIGH。



圖(二十三)數位 CPLD 頻率比較方塊時序圖

參、研究結果與討論

一、研究結果分為兩個部分：

(一)室內與戶外光遙觸控測試的結果

我們用 1.59kHz 的脈波驅動手電筒光源，分別在室內及戶外環境下偵測類比脈波偵測輸出及觸控偵測輸出，量測結果如表(二)所示。


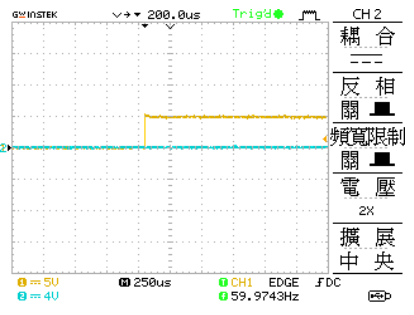
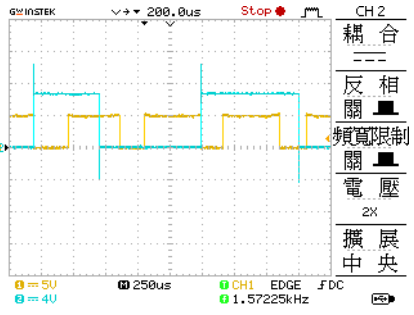

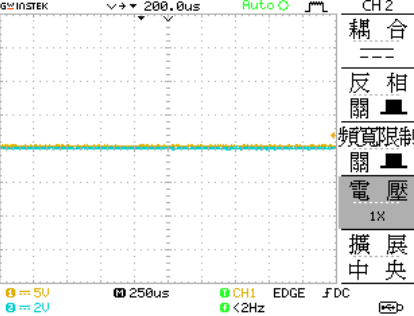
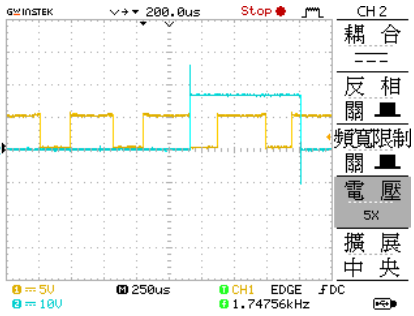
表中分別是在說明室內及戶外，用手電筒觸控前和觸控後於示波器量測的結果。其中未觸控時其中示波器畫面中的黃色波形為所偵測到的脈波，藍色波形為觸控偵測輸出。

其中在室內照度 550Lux 的環境下，因日光燈產生 60Hz 週期性變化的光源，能量會集中在 60Hz，因此在未觸控時會偵測到 60Hz 的頻率。然而經過我們頻率比對以後，觸控偵測結果一樣可比較出此訊號不是我們要的觸控偵測訊號，觸控偵測輸出為 LOW。當我們用 1.59kHz 的手電筒於 30 公分遠處觸控，比對結果輸出為 HIGH。

其中在戶外環境下，因太陽光為非週期性光源，所以能量在頻率商是平均分布的，所以類比脈波偵測輸出幾乎是沒有任何訊號，當我們用 1.59kHz 的手電筒於 30 公分遠處觸控，比對結果輸出為 HIGH。

這點令我們非常高興，回想一開始我們用直流電源驅動手電筒，於戶外遙觸控時，因為太陽光源的影響非常嚴重，導致手電筒的能量遠小於太陽光的總能量，所以很難偵測在太陽光下手電筒照射前後的微小變化。

表(二)光遙觸控偵測結果表

量測處	量測照片	觸控情況	處控偵測輸出
室內		未觸控	
		觸控	
室外		未觸控	
		觸控	

實驗結果證明以脈波式的聚光型手電筒方式在室內與室外都可以有效進行光遙觸控。

(二) 連線方式建議

對遠端單顆、多顆鬆散分布、多顆緊密分布的 LED 裝置，如果要讓每一顆 LED 都要能受遙觸控，線路將會非常多，為了減少鏈路，可以將同一個觸控點面積內的所有 LED 彼此串聯、並聯、陣列或陣列區塊連線，以減少線路。表(三)為我們針對各種不同的分布方式提出連線建議。

表(三)觸控點面積內 LED 可採下列接線

	單顆	串聯	並聯	陣列	陣列區塊
遠端只有一顆 LED	✓				
遠端多顆，極鬆散分布，使得觸控點面積內只含有一顆 LED	✓				
遠端多顆，鬆散分布，使得觸控點面積內含有 N 顆 LED		✓	✓	✓	
遠端多顆，緊密分布，使得觸控點面積內含有 N 顆 LED				✓	✓

二、討論：

觸控功能中有多點觸控的功能，如放大縮小、旋轉...等操作，如何在光遙觸控技術上也能實現多點觸控?我們討論出以下兩種方法，簡介如下：

(一)以光遙觸控方式實施多點觸控

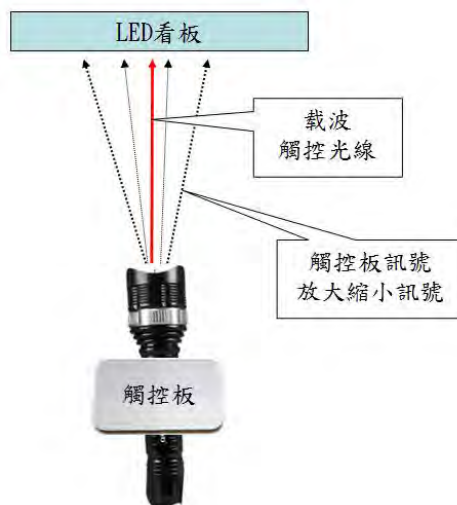
如圖(二十四)利用兩個手電筒，充當兩個手指頭，直接在 LED 看板上形成多點觸控，看板偵觸到這兩個觸控點後，便可以進行演算兩點之間的距離以及運動方向，以實施所有多點觸控的操作。此方法是利用我們的光遙觸控概念，但缺點是需要多個手電筒。



圖(二十四)以光遙觸控方式實施多點觸控

(二)以光通訊概念實施多點觸控

手電筒脈波的頻率當作載波，在手電筒上放置一個觸控板，並將觸控的多點觸控訊息藉由調變載波以光通訊的方式傳送給 LED 看板，如圖(二十五)。此方法的優點是只需要一個手電筒，但缺點是電路會更為複雜。



圖(二十五)以光通訊控方式實施多點觸控

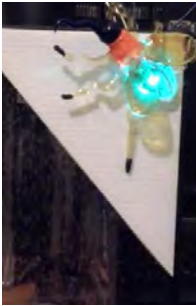
肆、結論與應用

本文利用 LED 光伏特效應，實現 LED 光遙觸控功能，提供人性化方式和這些遠端 LED 顯示裝置互動。我們提出了下列兩點設計：

1. 提出『脈波式聚光型手電筒』，並設計偵測電路，使得室內與室外都可以實現光遙觸控。
2. 針對遠端單顆、多顆鬆散分布、多顆緊密分布的 LED 裝置，提出各種連線方式的量測與建議，以減少線路接線。

此外，我們將於現場展出三種應用遙觸控應用範例。分別簡略說明如下：

(一)搖觸控壁燈



圖(二十六)LED 壁燈

這是遠端單獨一顆 LED 顯示裝置的應用範例，我們已製作一個燈具如圖(二十六)，燈具上裝置一個綠光 LED 擔任螢火蟲的螢光，將開關直接嵌入到商品上，當用戶進門時，可直接拿吊在門口的手電筒照射螢火蟲身上的 LED 開關燈具，以實現遙觸控開關家電產品的功能，進而讓牆壁上不需要有任何的開關，LED 擔任光開關時，所顯示的顏色也可用來擔任藝術裝置，顯示使用時間或開關過熱等安全警示。

(二)LED 廣告手寫板

這是遠端多顆 LED 鬆散分布、觸控點面積內含有少顆 LED 的應用範例。我們將製作一個 LED 廣告手寫板，示意如圖(二十七)，使用者可以用手電筒照射招牌上的 LED 燈，點選播放不同影片，實現遙觸控在多顆鬆散分布 LED 中播放多媒體的功能。



資料來源：http://www.ledworld.tw/products_show.php?dmrno=7196

圖(二十七)LED 廣告手寫板

(三)跑馬燈

這是遠端多顆 LED 緊密分布、觸控點面積內含有多顆 LED 的應用範例如圖(二十八)。我們實作一個 8X8 彩色 LED 看板當跑馬燈，連接方式採陣列方式行觸控，然後用脈波式聚光型手電筒遙觸控後，可以讓跑馬燈暫停，暫停後，滑動手電筒可拖曳移動跑馬燈的資訊。實現暫停、拖曳移動等功能。



圖(二十八)遙觸控跑馬燈

伍、參考文獻

- [1]徐慶堂、黃天祥。電子學 II。第二版。新北市。台科大圖書。P. 10-22~P. 10-31、
P. 11-55~P. 11-65。2013
- [2] 梅克²工作室。Arduino 微電腦控制實習。新北市。台科大圖書。P. 5-2~P. 5-22。
2014
- [3]黃國倫工作室。CPLD 全方位導引。初版。新北市。新文京開發。
P. 1-31~P. 1-40。2014
- [4]蔡朝洋、蔡承佑。電子學實習 II。新北市。全華圖書。P. 108~P. 125、
P. 219~P. 227、P. 235~P. 248。2013
- [5]蕭柱惠。數位邏輯實習。第二版。新北市。台科大圖書。P. 6-13~P. 6. 15。2013

【評語】 100003

1. 利用光電效應作為 LED 顯示屏幕的遙觸控技術，其創意發想值得鼓勵。
2. 利用脈衝的光訊號在戶外濾除環境光其創意亦值得鼓勵。
3. 其定位精確是利用電路的方式解決，宜思考其原理與優化。