

# 國立台北大學通訊工程學系專題報告

## 光音似箭

### Light music, like arrow

專題組員:張君愷、陳孟勳、謝以恩

執行期間:民國一一二年九月 至 民國一一三年六月

#### 1. 摘要

本次計畫旨在利用可見光作為傳輸媒介，將音訊訊號轉換為 LED 光訊號進行傳輸。裝置會將音訊訊號透過電路進行振幅調變，使其能夠被 LED 發射出來。LED 的光訊號將透過空氣傳播傳送到接收端。

在發射端，我們會透過手機或筆電相關裝置播放音訊至電路板，接著再將訊號調變成光訊號打出去，這樣手機就可以直接發出光來連線音響。

在接收端，使用太陽能板接收 LED 光訊號，將其轉換為電能。接著，透過解調器，將光訊號還原成音訊訊號，然後輸出到音響系統中。

關鍵詞:LED、振幅調變、光訊號、音訊調變及還原

#### 2. 簡介

##### 2.1 背景

隨著科技的蓬勃發展，資料傳輸技術正迅速演進，從早期的 2G 到如今的 5G，甚至正在探索的 6G 和 7G，無線通訊的進步一直是行業的關注焦點。然而，隨著對更快速、更大量資料傳輸需求的不斷增長，傳統的 Wi-Fi

波段已顯示出一些限制，包括速度上的局限以及對基地台密度的要求增加等問題。

因此，研究者和工程師開始尋找新的傳輸媒介，以滿足未來的通訊需求。光波段通訊技術因其極高的傳輸速度和巨大的傳輸容量而受到廣泛關注。而相比於電磁波，光波段通訊技術不受頻段限制，可以實現更大的傳輸帶寬，從而支持更高速度和更大容量的資料傳輸。使用光波段作為傳輸媒介的通訊方式已經被視為未來的必然趨勢。

##### 2.2 目標及預期效益

隨著光纖技術的進步和光通訊設備的不斷改進，光波段通訊將成為未來無線通訊的主要方向之一。這不僅能夠滿足日益增長的資料需求，還能夠為各種應用場景提供更可靠、更穩定的連接，推動整個通訊行業邁向更高水準的發展。

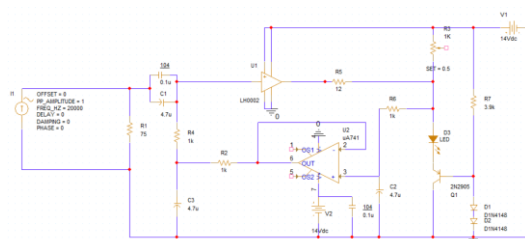
我們本專題的目標是能使用普通的 LED 燈泡，並安裝至檯燈上，讓其不只有照明的功能，而是同時具備傳遞光訊號的能力，利用將音源訊號調變成光訊號，再解調變回來，觀察學習可見光通訊的技術。

### 3. 專題進行方式

#### 3.1 進行方式

我們的專題電路分為兩部分，首先是發射端。

我們先從電路圖去分析，以下是利用 pspice 軟體所繪製之模擬線路圖（圖一）。



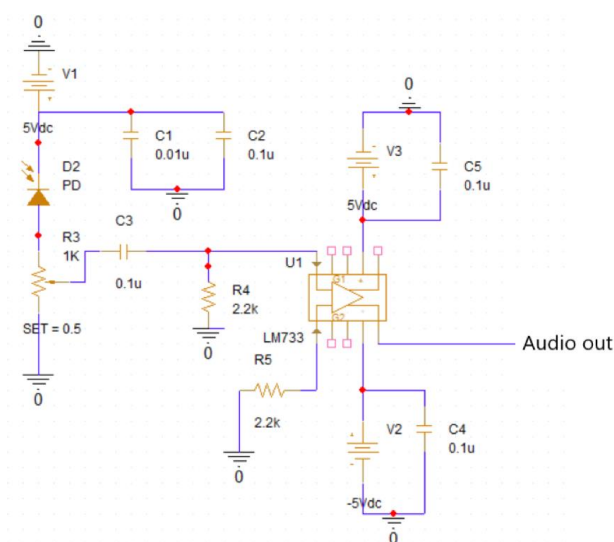
圖一：發射端模擬線路圖

我們的發射端電路設計上，利用振幅調變(Amplitude Modulation)方法，以直流電壓作為載波，並與要播放的聲音訊號(電訊號)去做疊加，讓進入的電壓 LED 在約 13.5V~14.5V 之間跳動並發射。

在光通訊中，要擔任光源必須要對電壓跟高度有敏銳變化。而我們的 LED 是發光的半導體元件，在兩極賦予電壓，通過極小電流的順向電壓，電子由 N 型半導體流往 P 型半導體，電子會在 PN 介面做結合產生光，因而產生明滅效果，其反應時間遠超聲音頻率，所以是最佳光源，。

於模擬線路圖中，LH0002CN 為配合 uA741(運算放大器)之緩衝器，以增加電流輸出，並使用 2N2905 雙極結晶體管做放大訊號。

另一部分即為我們的接收端，一樣利用 pspice 軟體所繪製之模擬線路圖(圖二)。



圖二：接收端模擬線路圖

我們知道，光電效應是當光束照射在金屬表面上，能夠發射出電子的現象。利用光照射太陽能板產生的電子電洞對使太陽能板兩端產生電動勢。我們在此電路設計上，利用感應的電動勢變化，進一步去對其轉換為電訊號。

回到接收端的線路，太陽能板利用光電效應將接收到的光訊號其亮度變化，轉成電訊號進入線路當中，並經由 LM733 放大後由音響播出。

#### 3.2 人員配置

資料研讀:全員

電路設計: 謝以恩、張君愷

材料購買: 全員

焊接電路: 陳孟勳

繪製 Pspice 電路: 張君愷

海報: 陳孟勳

報告: 謝以恩

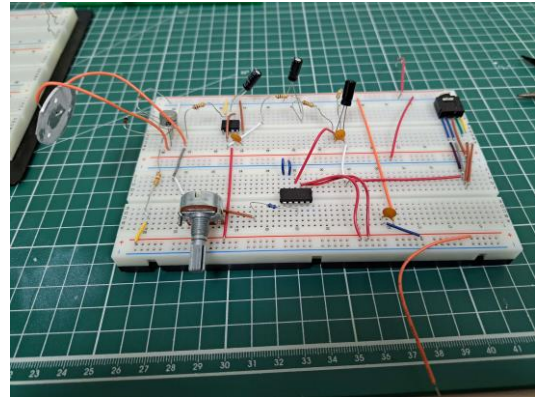
應用場景設計: 全員

### 3.3 時程規劃

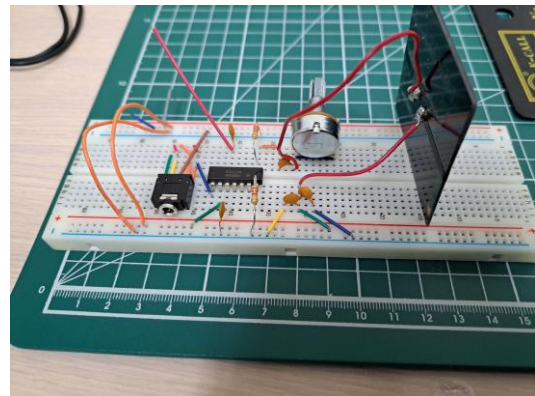
|       | 第一月 | 第二月 | 第三月 | 第四月 | 第五月 | 第六月 | 第七月 | 第八月 | 第九月 | 第十月 |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 閱讀文獻  | ✓   | ✓   |     |     |     |     |     |     | ✓   |     |
| 材料採買  | ✓   | ✓   | ✓   |     |     |     |     | ✓   | ✓   |     |
| 發射端測試 |     | ✓   | ✓   | ✓   |     |     |     |     |     |     |
| 接收端測試 |     |     |     | ✓   | ✓   | ✓   |     |     |     |     |
| 焊接電路  |     |     |     |     | ✓   | ✓   | ✓   | ✓   | ✓   | ✓   |
| 測量數據  |     |     |     |     |     |     |     |     | ✓   |     |
| 專題展預備 |     |     |     |     |     |     |     |     | ✓   | ✓   |

### 3.4 系統分析與設計:

我們依據模擬線路圖，先使用麵包板進行初步的設計，在驗證能正常運作下，開始將電路焊接。麵包板實際連接情形請見圖三及圖四。

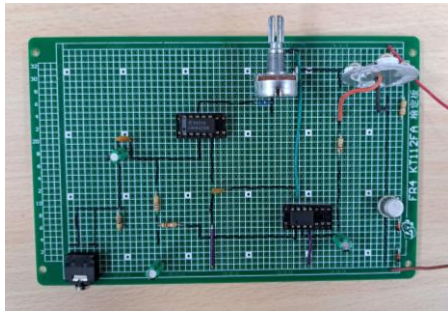


圖三:於麵包板上連接之發射端實際電路

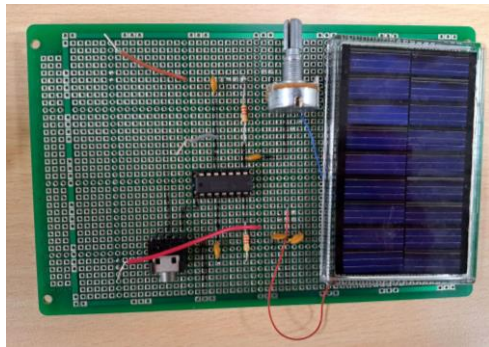


圖四:於麵包板上連接之接收端實際電路

焊接電路部分，發射及接收兩端皆需要多使用一套零件，並使用原本於麵包板得到的線路來交叉驗證，確保電路的正確性。焊接完成之板子，其實際連接情形請見圖五及圖六。



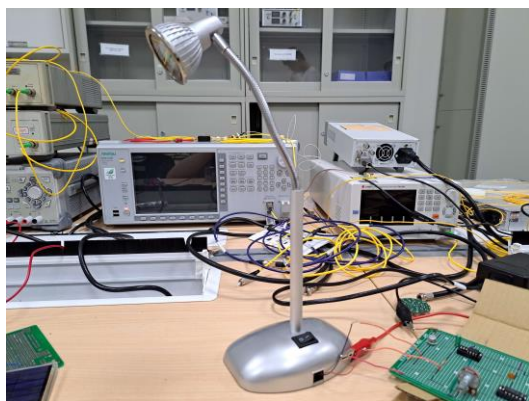
圖五:焊接發射端實際電路



圖六:焊接接收端實際電路

而我們希望，光通訊技術是能應用於一般生活之中，所以想藉由此專題的線路來達到這個理念。

於是我們在線路端，加入一些日常的照明物，本專題將家中的桌上型檯燈加工，並將內部的原燈泡置換成我們的 LED 燈。



圖七:預計改造之檯燈

另外，我們想將此專題模擬在書說處理事務之情境，所以在線路外觀上，我們將兩端皆加以包裝，分別使用衛生紙盒及鉛筆袋，打造書桌上常

有的場景。

### 3.5 主要困難及解決方式

#### 3.5.1 零件採買:

我們大多數元件都能在一般的電子零件採買，但是緩衝器(作為分流部分)的 LH0002CN，在各大門市皆為缺貨，而從 IC 製造商的官網查詢，得知其停產。

所幸，組員有認識從事相關產業的前輩，最後成功訂購到零件。

#### 3.5.2 燈泡選擇:

由於想模擬日常使用燈的狀況，而且此專題的核心就是燈光部分，所以在燈泡的選用也是嘗試不少選項，測試發現，LED 的燈泡數目及給定之電壓會大大影響發射端燈光的傳輸效率。燈泡數目若較多，平均功率就會降低，亮暗變化效果不佳，而電壓部分，則是需要謹慎處理，因為若電壓超過 LED 或是 IC 等元件的負荷，元件就會毀損，甚至燒壞。

我們在多次嘗試之後，發現擁有四顆燈泡，並給予 14V 會得到最好的亮暗效果。

#### 3.5.3 線路問題:

這部分是造成我們最大困擾的地方，尤其是發射端的部分。

我們在發射端最常遇到的問題，無非是 LH0002CN 發生短路，我們在此部份多次深入探討，但仍找不出確切問題，最後我們推測是由於焊接完的線路時發生接觸不良所導致，並加以留意，最後成功減少短路次數。

另外，在與檯燈的連接上，我們發現檯燈內部的電線較軟，相較脆弱，所以我們在焊接時加以電火布纏繞，避免接觸不良的狀況。



#### 4. 主要成果與評估

##### 4.1 專題之研製成果:

本次專題，我們成功將音訊訊號，在發射端以裝有暖黃光的檯燈發送光訊號，其中有個額外收穫的是，我們發射端的燈，是能延續使用檯燈原始的開關功能，這比原先想使用 Arduino 的方式切換音樂還來的貼近日常。至於接收端，由於線路相較不複雜，所以沒有發生太大的問題。

前面的部分有提到包裝，我們集思廣益，最後將發射端安裝於衛生紙盒內，在正常使用下，即是將裝有衛生紙的盒子升級，並連接至檯燈上。接收端，我們則是裝在筆袋之中，模擬平時於書桌上的鉛筆袋。這樣包裝的目的，就是想打造具有光通訊技術的日常生活之範例。

##### 4.2 本專題之預期與實際成效之比較:

我們在計劃書預計的是外接到 Arduino 上切換音訊，而在與教授的討論下，認為有些偏離主旨，建議著重於光的部分，所以最後之成果就捨棄 Arduino 的部分，取而代之的則是檯燈在本專題的應用。

我們也有提到有關透鏡等加強光束的集中的裝置，而在我們的測試後，得出的結果是，若使用原本 LED 燈座，效果就很不錯，所以我們就將其加入於檯燈的 LED 上。

##### 4.3 未來可能之擴展方向:

我們藉由此次專題了解了光通訊的一些應用，並成功將線路融入至日常場景之中，我們認為，先求有再求好，所以若是未來有這機會，讓我們對線路進行優化，我們應該會針對幾點去思考可行性跟必要性。

首先，即是盡可能縮小體積且穩

定的電路，若有辦法實現，我想對於便利性上會有很大的提升。

第二，若成功縮小體積，我們也想將接收端的喇叭直接改造，直接製作出對於喇叭表面所接收到的光訊號，直接在喇叭內進行處理，輸出音訊。而且，我們使用的是直流的電源，可以直接使用電池提供電能，所以，若有成功研究並製作出來此類喇叭，那就是具有高可攜帶性的光通訊喇叭，如此一來，可帶給生活更多便利之處。

第三，評估不同裝置的可能性，我們於本專題使用 3.5mm 音源線進行傳輸，若未來能傳輸不同的資訊，如位元或是檔案，那將帶來更大之便利性，但需要遵守各資訊的通訊協定或是晶片要求。

##### 4.4 學生學習心得:

###### 張君愷:

我會選擇光通訊作為這次專題的主題，其中一個原因是因為我相較於理論向的題目，我比較偏向於能夠實作的題目；另一個原因是相較於其他主題，我對光通訊這部分比較陌生，因此比較好奇這領域的知識以及應用，最終選擇了光通訊。

在這次的專題內，我學到了最多的是焊接的技巧、團隊合作的經驗，以及最重要的，要有不停 debug 的耐心，有好幾次因為電路某部分接觸不良導致 IC 燒毀，因此在處理上需要格外小心。

最後，透過這次的主題「光音似箭」讓我了解到 Li-Fi 在傳輸上的優勢，以及未來發展的巨大潛力。這次專題的過程不僅讓我獲得了光通訊相關知識，也增強了我的技能和對未來

技術發展的前瞻性思維。

**陳孟勳：**

專題選的是高度實作的光通訊做主題，我主要負責焊接的部分，雖然遇到的挫折不少，比如線路焊太亂跑不了，電線一直脫落之類的，但過程很開心，也感受到實作比理論還要有趣。專題過程中，學到要先規劃好線路位置在焊接，不然想到什麼做什麼容易焊的歪七扭八還動不了、做不到的事可以叫組員幫忙，畢竟人只有兩隻手，堅持的效率很低。

**謝以恩：**

偏好實作的原因其實差不多。另外，實作的專題多為 arduino 或樹梅派相關微控制器的應用，由於我在高中已經對於那些裝置有所接觸，反而是以光為媒介進行傳輸通訊，是讓我感到新奇的，而我也想深入去了解這領域的知識應用，所以加入光通訊的行列。

本次專題中，讓我有了很多收穫，第一個就是心態，相較於平時的實驗課，專題注重得更是對資料文獻的掌握度，也可以說是更專業的。第二則是與教授之交流或討論，不同於以前老師單方面的提供資訊，專題更是需要有穩定的進度，而我們也可以適時提出我們的想法，像本專題的發射端就是我們發出奇想才得以呈現。

而除此之外，團隊合作，以及反覆處理線路問題的耐心，都是更多不一樣的經驗。

主題叫「光音似箭」，除了因為我本身是星際大戰的粉絲，但同時又能帶出 Li-Fi 在傳輸上的優勢，那就是速度。

## 5. 結語與展望

本專題實現了光通訊初步的生活應用，能在距離 50 公分左右都有聲音，雖然到 40 公分以上聲音已經要拿著音響在耳邊才聽得清楚了，主要是受光的亮度、太陽能板的大小，和光的發散影響。

而前面提到的線路有最多能承受電壓(15V)，如果未來有時間的話，或許能夠設計出能承載較大電壓且穩定的線路，能夠將傳遞距離拉長，到達 1m。

在未來，配合以後 6G 網路之發展，Li-Fi 技術就會是攸關傳輸效率之關鍵。

## 6. 銘謝

首先要先感謝指導我們的李忠益教授，他提供我們題目的方向，並在我們有線路問題或燈泡選擇上，幫助我們少走彎路，讓整體進度穩定成長。

接下來是專題的組員們，人人皆有積極參與製作，不論是在焊接、線路設計，或是書面報告，都不馬虎。我們也注重合作，互助才能互相扶持。

最後感謝在製作專題中的其他人的協助，讓我們在過程中是相對平穩發展的。

## 7. 參考文獻

[1] 光通訊 (phy.tw)

[2] Li-Fi/FSO 各有所長 光無線通訊點亮 6G 時代

<https://www.2cm.com.tw/2cm/zh-tw/market/4AAF63C2CC6D4BAA817813206EEB261E>

[3] Li-Fi 的優勢與限制

<https://blog.twnic.tw/2024/02/02/29496/>

