



# 逢甲大學學生報告 ePaper

報告題名：

雙光程吸收式生化光電檢測及干擾之技術研究

作者：劉益興

系級：資電學院碩士在職專班二年級

學號：M9217384

開課老師：陳德請

課程名稱：光電子學

開課系所：電機系

開課學年：九十三 學年度 第一 學期

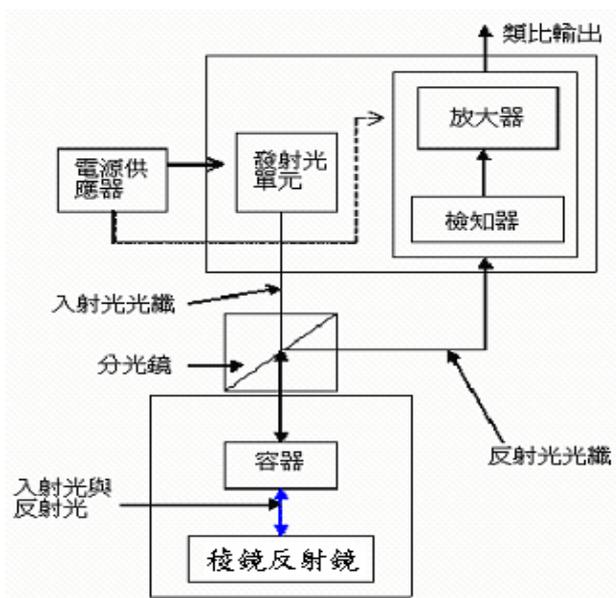


## 摘要

本研究的目的是在設計一種偵測行經生化檢體兩次後的可見光準直光波的衰減量而得知檢體的光吸收度的雙光程微量吸收式生化光電檢測系統，其優點為所需檢體量少、光學系統簡單且售價低、雙光程靈敏度高且因使用發光二極體為光源可省去使用濾光片及無發熱問題。光電感測電路主要的架構為；光發射端含光源(LED)及其驅動電路、光接收端含檢知器(Detector)及其放大電路與電氣訊號輸出端所組成。本文針對每個電路迴路做分析，改善原有雛型電路架構的問題如電磁干擾…等，並激發新的設計方法，提升此光電感測電路光電靈敏度及反應速度。

## 一、簡介

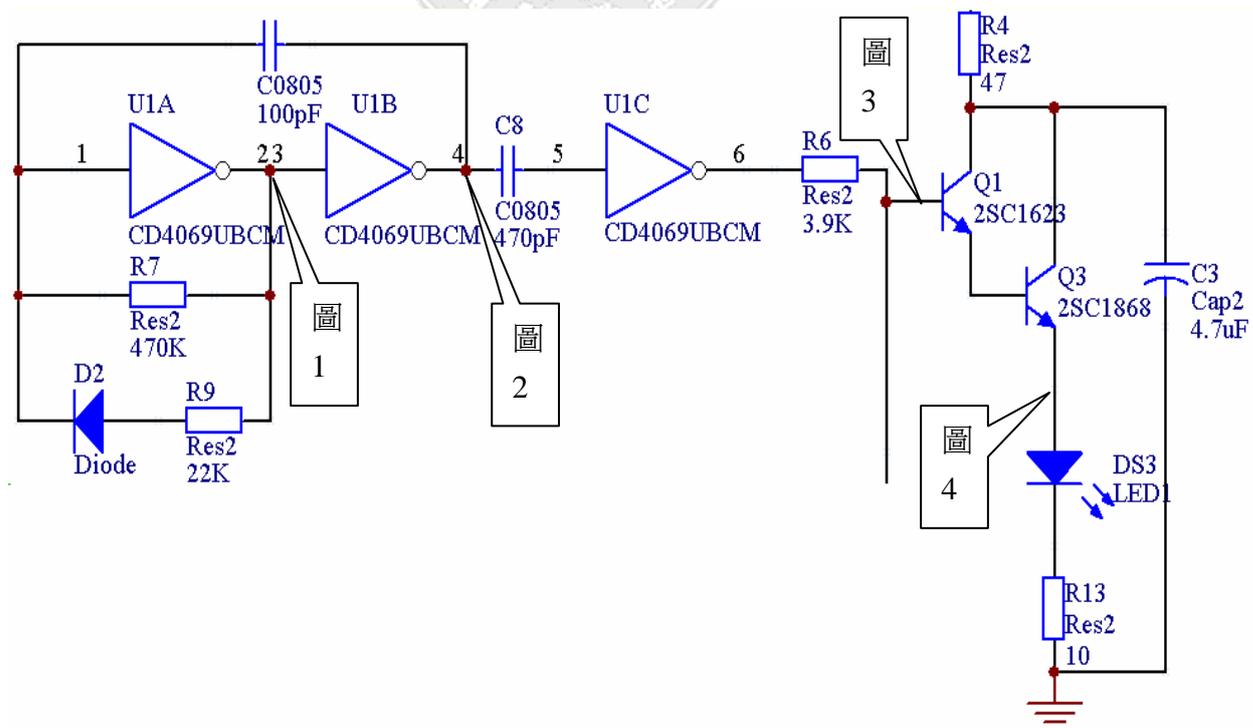
雙光程微量吸收式生化光電檢測系統(如圖一)主要分為三大部份：導光光纖單元、光電感測單元(含光發射端、光接收端)及數位訊號處理單元(含資料處理及顯示介面電路)。光電感測器是利用外在環境的變化造成感測器內光電元件產生光電效應，其功能主要是將光的變化量轉換成電氣訊號輸出。光電感測電路是由光發射端、光接收端、電氣訊號輸出端所組成。光發射端發射可見光源後經準直鏡變成準直光，此準直光透射檢體後藉由菱鏡反射鏡反射準直光再透射檢體，即來回透射檢體一次，反射光被光電感測電路內光接收端的聚光鏡聚焦在光電檢知器上而被光電檢知器所檢測。準直光因被檢體所吸收而產生光亮度變化，光電檢知器輸出端也產生電氣訊號的變化，再由判讀比較類比訊號可以得知檢體的光吸收度，進一步獲知檢體中所含生化成份的濃度。此光電感測電路特色為靈敏度高、動態範圍大、耗電小、體積小及抗外界雜訊干擾。本文針對每個電路迴路做分析，改善原有雛型架構的問題如電磁干擾…等，並激發新的設計方法，提升此光電感測電路光電靈敏度及反應速度。



圖一

## 二、光源迴路分析

爲了讓檢知器能分辨 LED 發出的光，避免外界的光源干擾，光源於是要設計成脈波的方式，再與檢知器所接收訊號做比較。本系統是利用六反相器 CD4069 做一個脈波的產生器，再去觸發一個達寧頓電路，達寧頓電路串聯 LED，讓 LED 的驅動電流爲固定式。



圖二. LED 光源迴路圖

1. 電路的振盪是通過電容 C1 充放電完成的。其振盪頻率為  $f=1/2.2RC$ 。電路的頻率為：

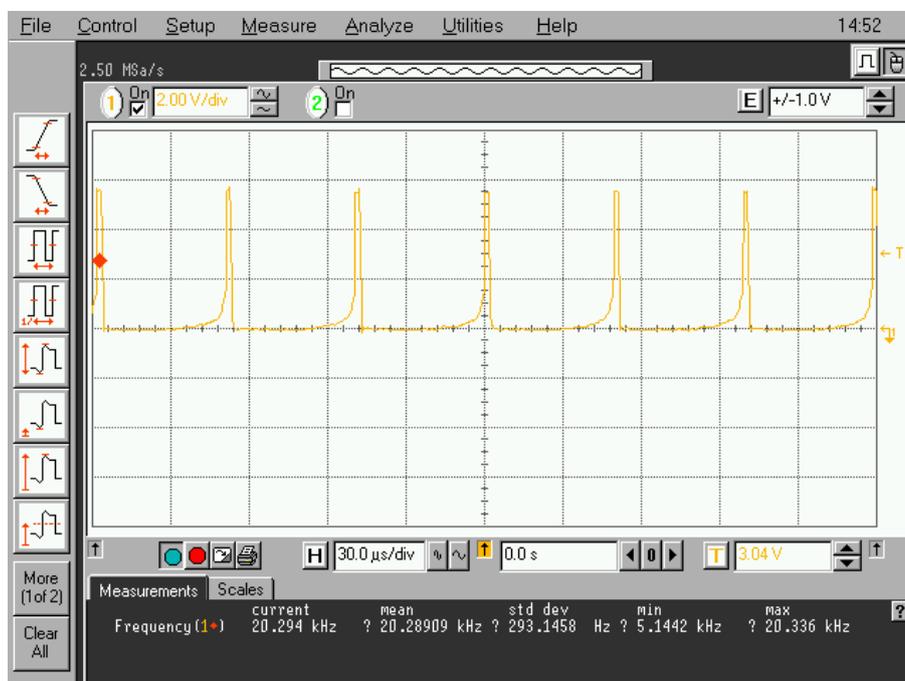
$$R7//R9(\text{並聯})=21016\Omega$$

$$f = \frac{1}{2.2 \times 21016 \times 100 \times 10^{-12}} = 216285\text{Hz} = 216.285\text{KHz}$$

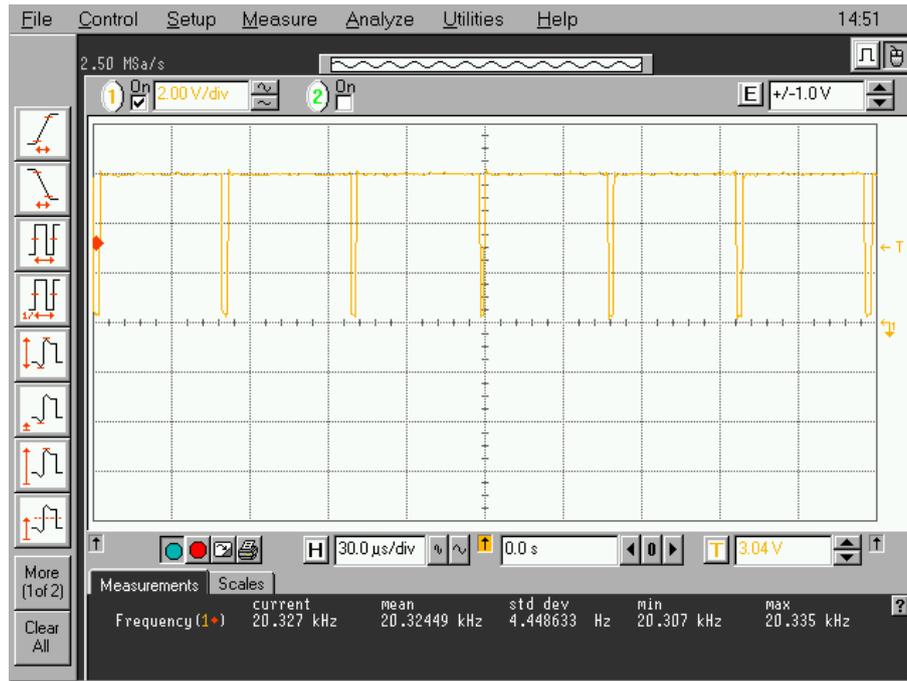
D2 有除頻作用 1/10； $f=21.62\text{KHz}$

由於元件的誤差，實際值會略有差異。其他多餘沒有用到的反相器，輸入端接地避免影響其他電路。

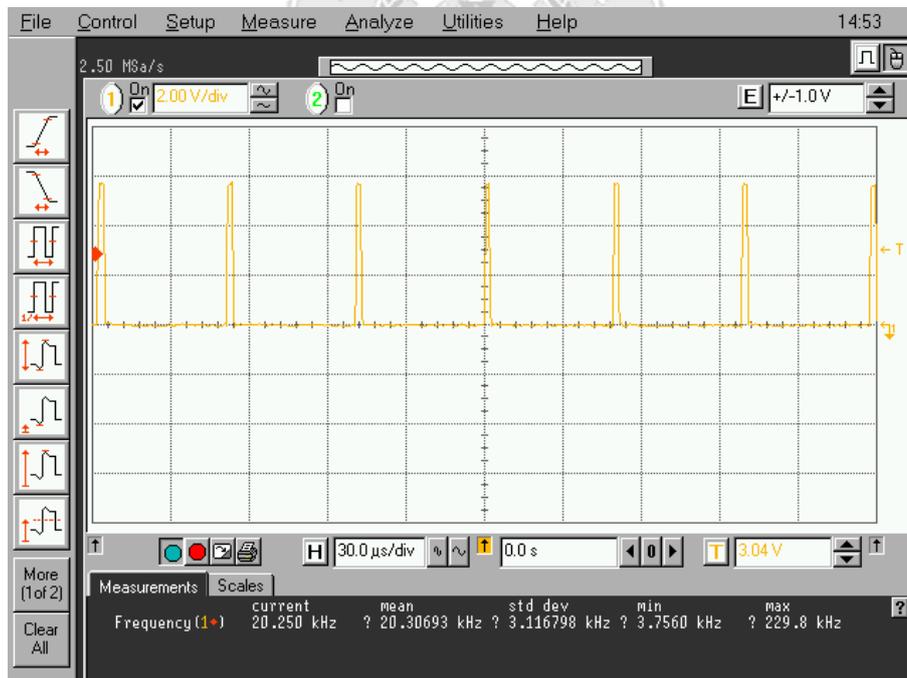
產生的頻譜如圖三、四、五、六：



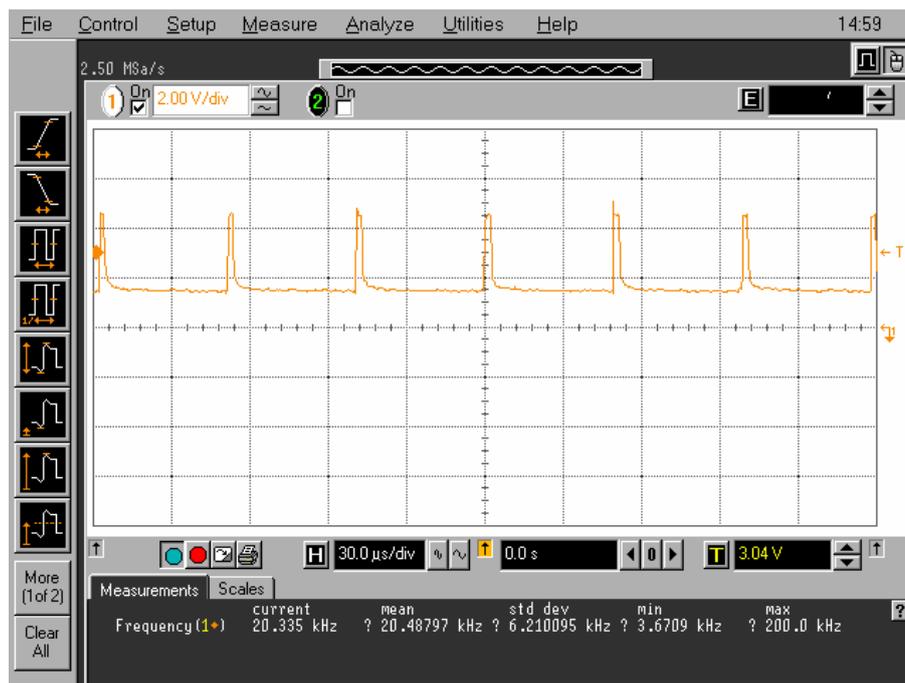
圖三.脈波



圖四.脈波反相



圖五. LED 動作波形



圖六.

2. 如果要產生 50Hz 的脈波，可以改變 R7，R9 電阻值；或是改變 C7 電容值

改變電阻值如下(C7=100 pF)：

$$f = \frac{1}{2.2 \times R \times 100 \times 10^{-12}} = 500 \text{ KHz}$$

$$R = \frac{1}{2.2 \div 500 \times 10^3 \times 100 \times 10^{-12}} = 9090 \Omega$$

D2 有除頻作用 1/10；f=50KHz

可設定 R7=10KΩ，R9=1KΩ

改變電容值如下(R7//R9=21016Ω)：

$$f = \frac{1}{2.2 \times 21016 \times C} = 500 \text{ KHz}$$

$$C = \frac{1}{2.2 \div 500 \times 10^3 \times 21016} = 43.25 \text{ pF}$$

D2 有除頻作用 1/10；f=50KHz

C=43.25 pF 無此規格，要把頻率提昇至 50KHz，建議改變電阻值的方式較容易

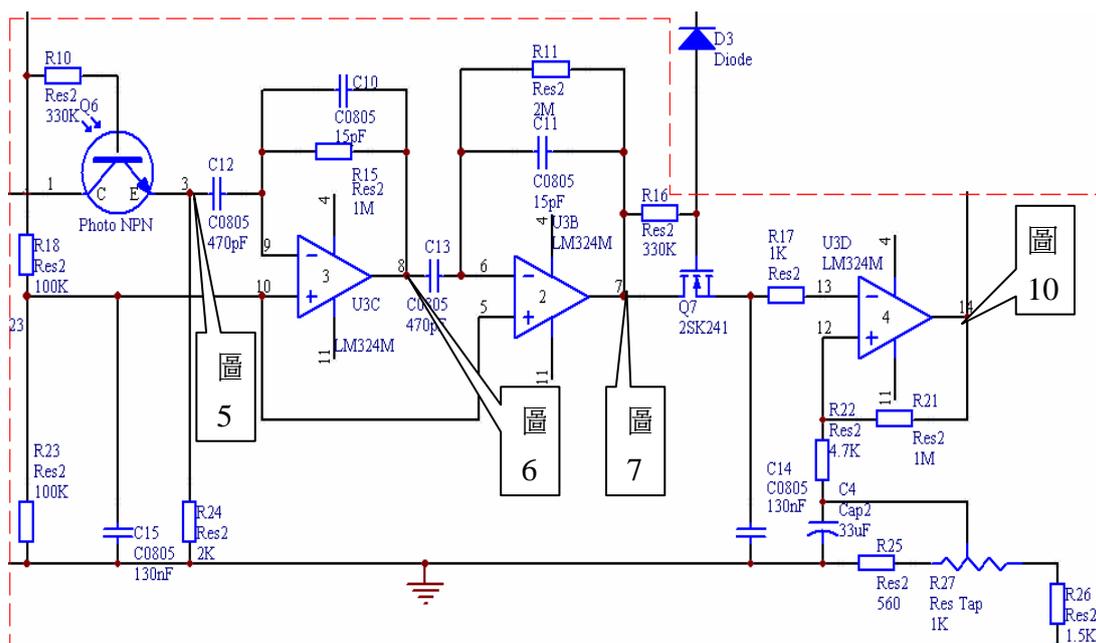
3.光源訊號 LED 在達寧頓電路的驅動，能讓 LED 工作在飽合區，在不同的電壓準位供應時，即可以讓 LED 順向電流維持固定。

測試結果(紅光 LED)：

LED Forward Current 5.5mA/12V  
LED Forward Current 5.5mA/30V  
LED Forward Voltage 1.6V

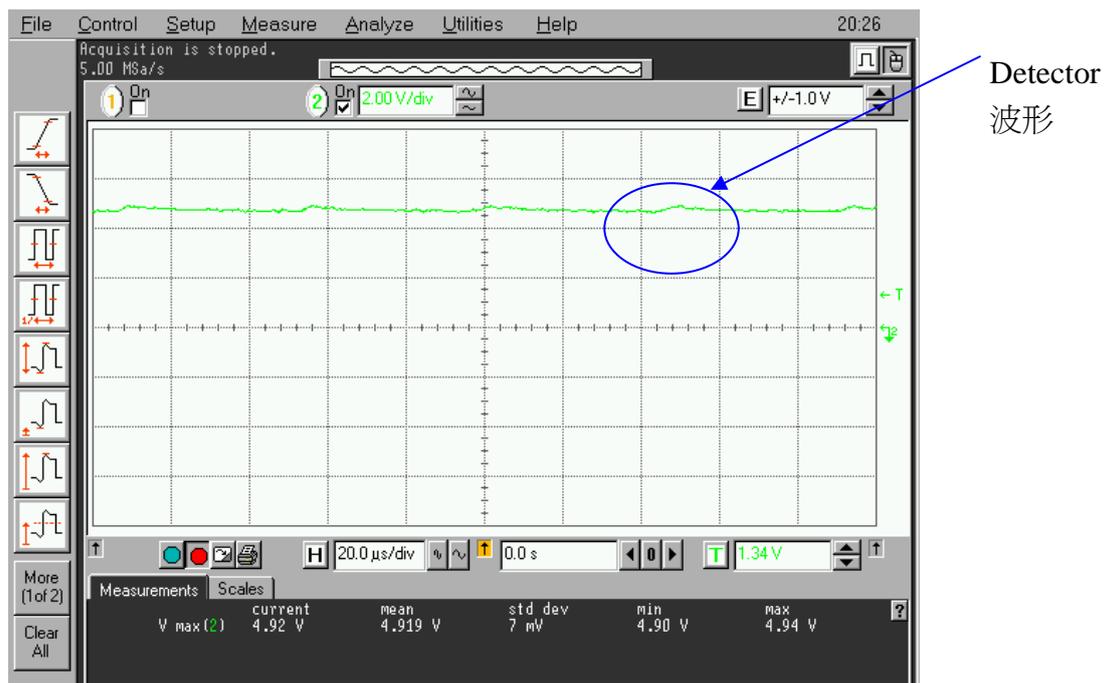
### 三、檢知器迴路分析

此迴路的檢知器(Detector)是採用 Phototransistor，主要的架構；微分器(differentiator)、放大器、鎖頻迴路，電位比較器。



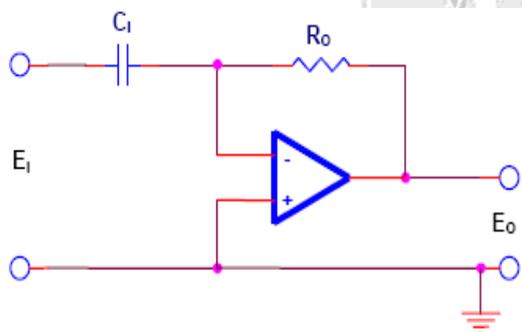
圖七.Detector 迴路圖

1. Phototransistor：如圖 5 波形，LED 光源發射再經反射後，Detector 所接收到的訊號很微小，只有 mV，而且是斜率上昇。

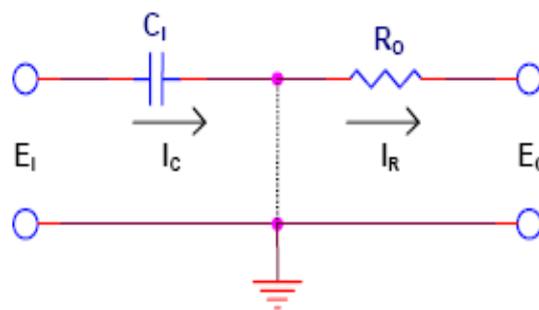


圖八.示波器所見之波形

2. 微分器(Differentiator)：是爲了將 **Detector** 所接收到的微小訊號放大，但是只針對 **Detector** 訊號變動的部份。



圖九 .Differentiator Circuit



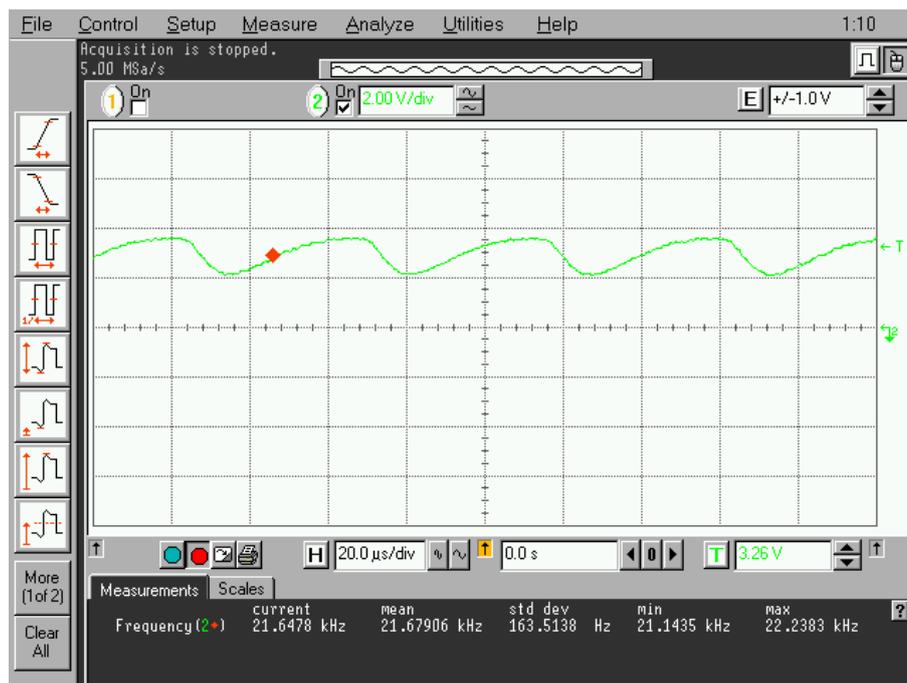
圖十 .An Intuitive Picture of the Differentiator

$$I_c = C_1 \frac{dE_1}{dt} \text{ and}$$

$$I_C - I_R = 0$$

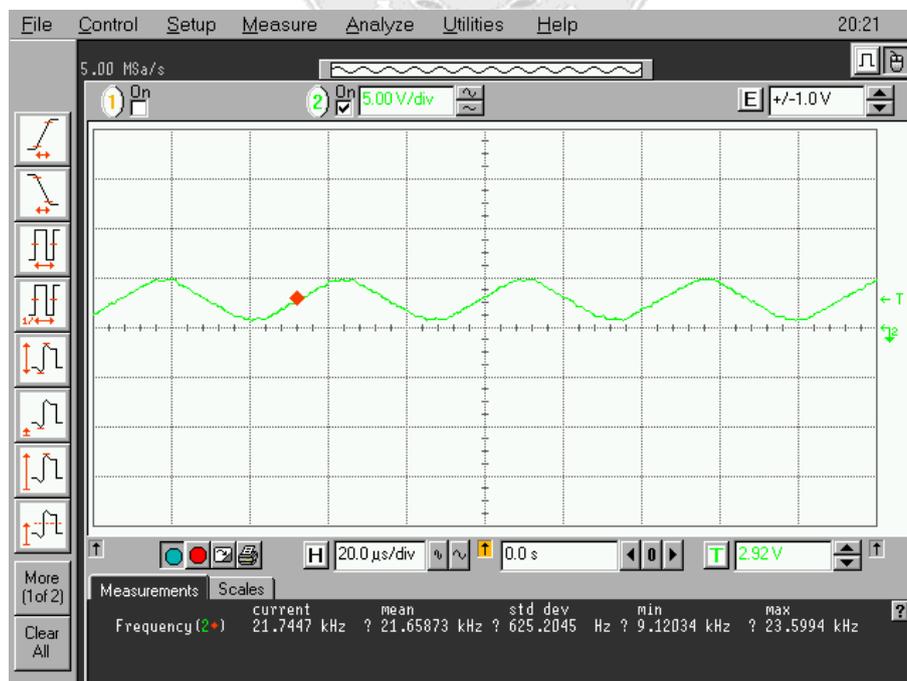
$$C \frac{dE_1}{dt} + \frac{E_0}{R_0} = 0$$

$$E_0 = -R_0 C_1 \frac{dE_1}{dt}$$



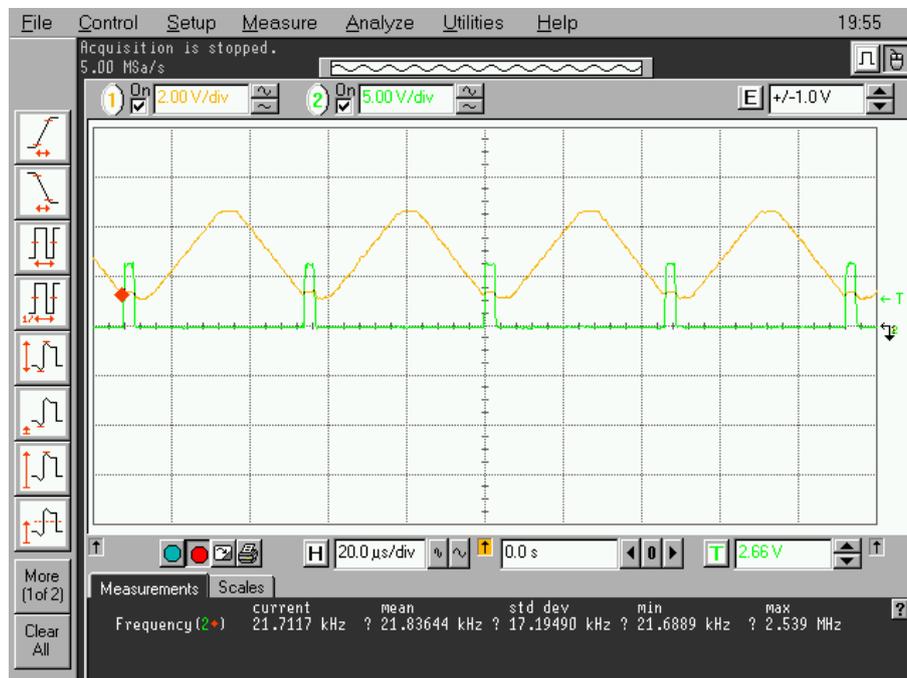
圖十一. 微分器所見波形

3.OP 放大器:在此迴路是一個反相放大器,放大倍數 2 倍,同時有 offset 2.5V, 因為電源是 5V, 經過電阻分壓產生 2.5V。如圖十二



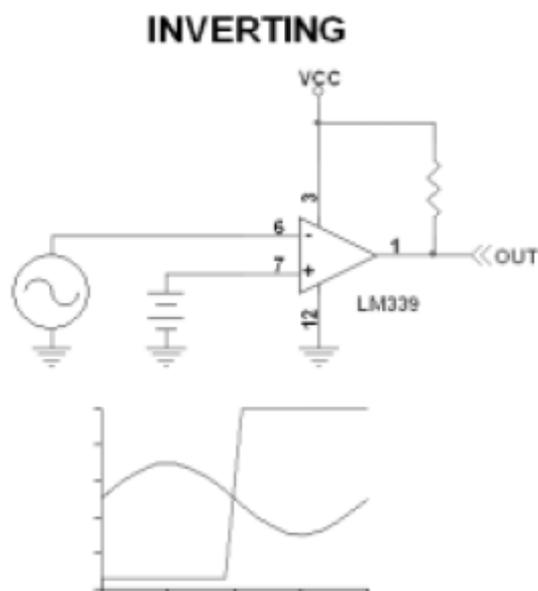
圖十二. 放大 2 倍波形

4. 鎖頻迴路：因為前級反相，由 D3 做 feedback 路徑，與發射光源的脈波做比較，有電位差時觸發 FET 2SK241，FET 2SK241 導通訊號傳至下一級電壓比較器，如圖十三

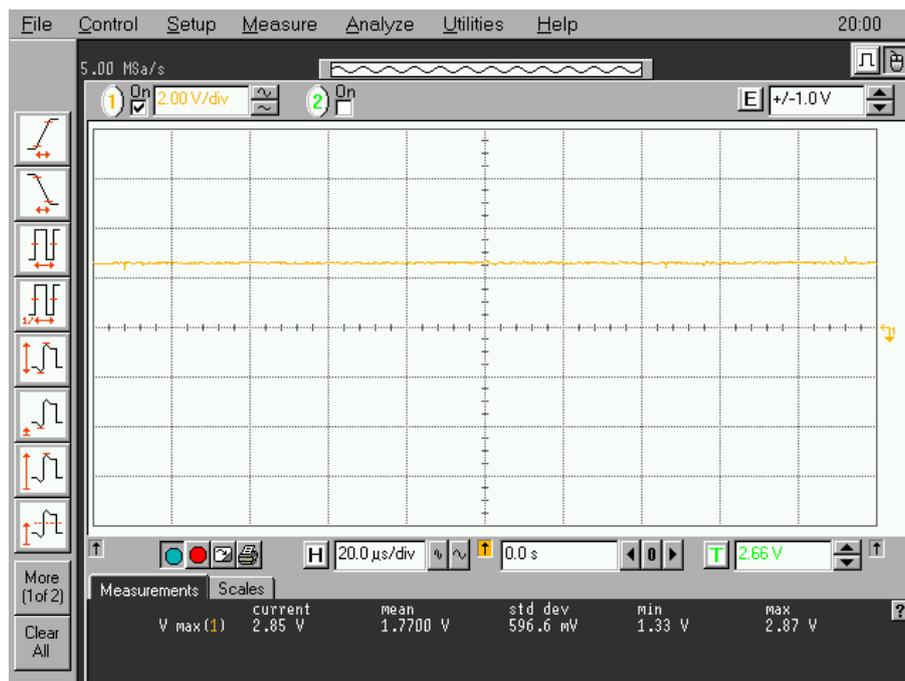


圖十三.

5. 電位比較器Comparator：LM324 U3D 組成比較器，前級FET導通會有輸出一個訊號(如圖十五)。調整R27 Potentiometer產生比較電位，可以調整光電開關的靈敏度。達到光電開關ON/OFF。



圖十四.反相比較器基本迴路圖



圖十五

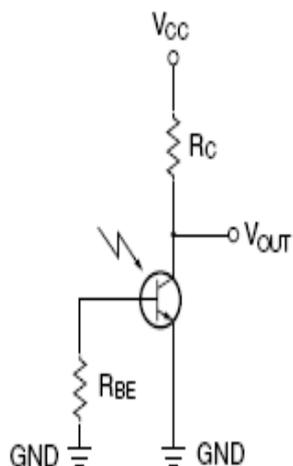
#### 四、干擾問題

在這個系統有發現干擾的問題，分為電磁干擾及外界光源干擾，分別提出解決的方法。

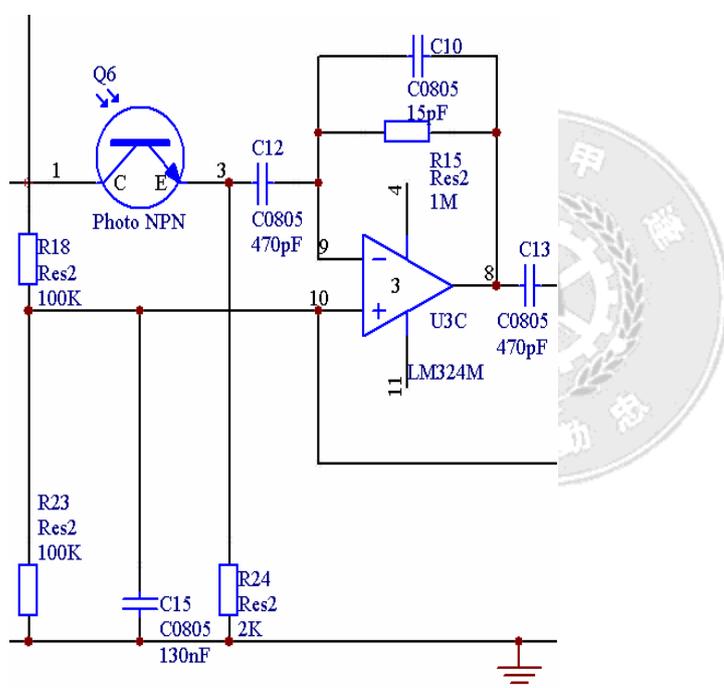
##### 1. 電磁干擾：

發現使用手機時會干擾光電開關的動作，經過分析結果是，本系統是採用 Third Phototransistor 做為檢知器，而在 Phototransistor base 是串聯一個 330K 電阻，再接電源 5V，當手機電磁發射時，會影響到 5V 電源，然而 Phototransistor base 也產生干擾的現象。

吾人將電阻 2M 串聯接地，而干擾現象解決了，但是 Detector 接收到的訊號會衰減此系統的偵測距離會縮短，於是乎！將串聯電阻移除，則可正常動作了，干擾的情形也不會發生。



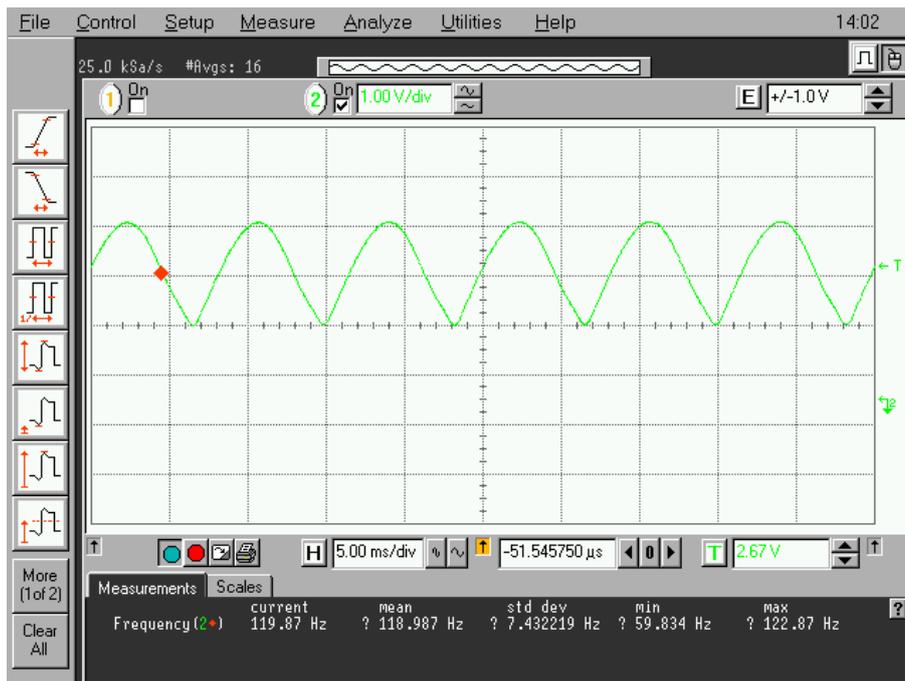
Phototransistor Circuit with Base Connection



圖十六.修改後的迴路圖

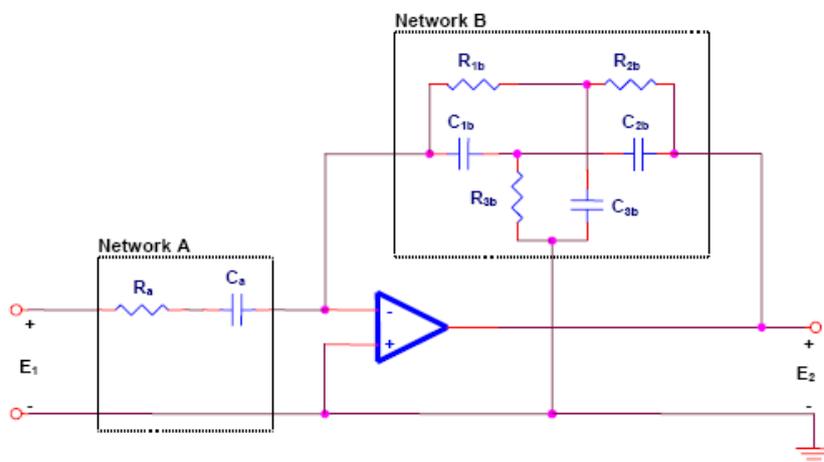
2. 外界光源干擾：

當日光燈很靠近光纖時，Detector 也會偵測到日光燈的訊號(如圖十七)，所以在這系統還要加入一組 band pass filter，將不要的光源訊號阻隔。也可以採用 low pass filter 再串一級 high pass filter。



圖十七.

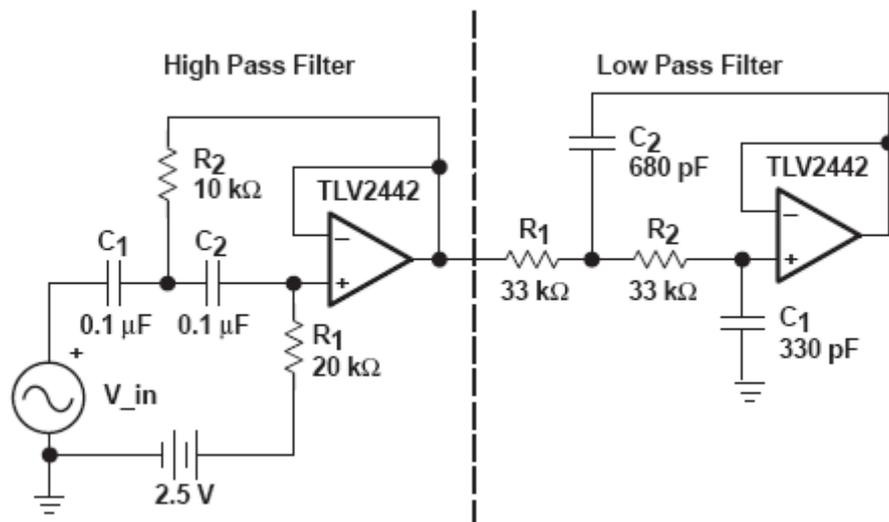
CIRCUIT 3: Single Feedback Band Pass



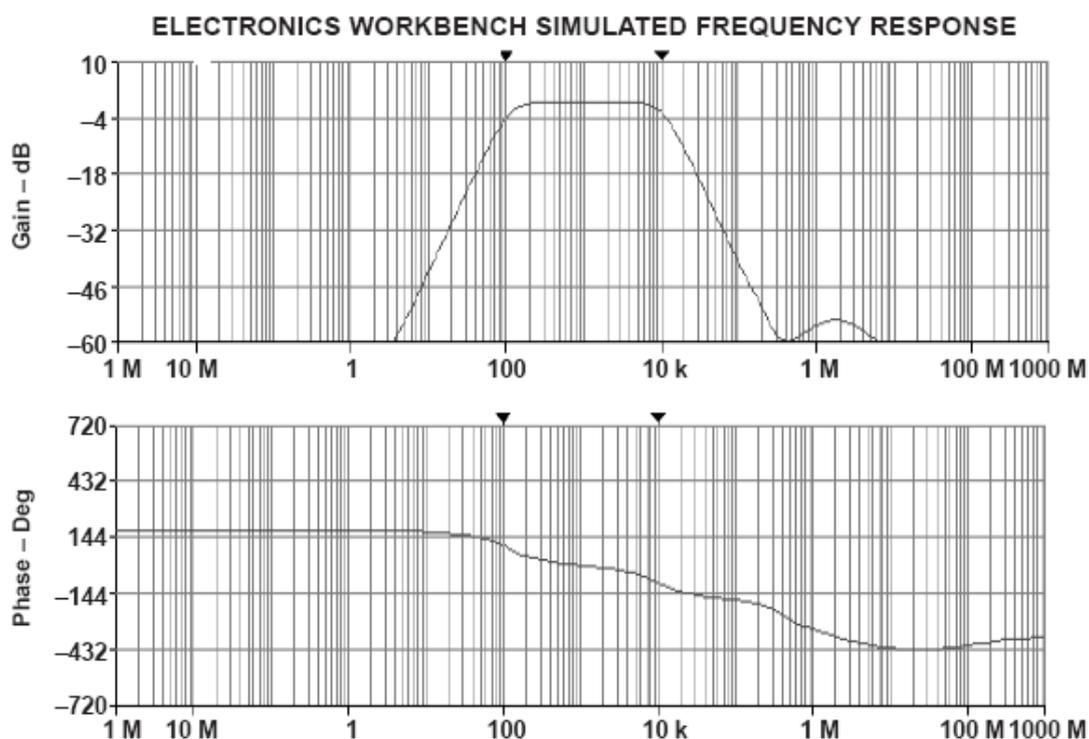
$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{-H\omega_0 s}{s^2 + \alpha\omega_0 s + \omega_0^2}$$

$$\begin{aligned} \omega_0 &= 2\pi f_0 \\ A_0 &= H/\alpha \\ Q &= 1/\alpha \end{aligned}$$

圖十八.



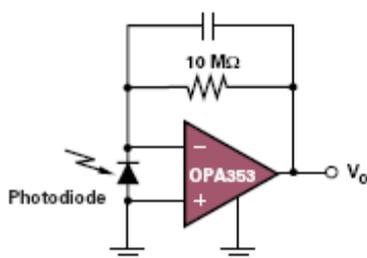
圖十九. Equivalent Circuit for the Bandpass Filter



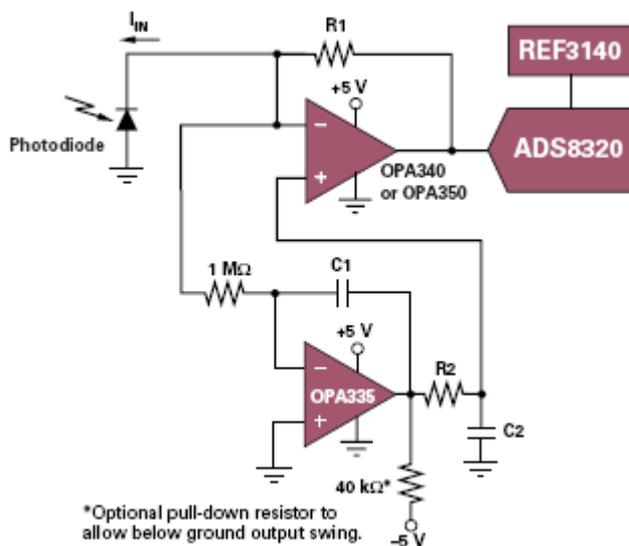
圖二十.

### 五、未來設計方向

要將光源的脈波設定在 50KHz，同時要把檢知器 phototransistor 更換成 photo diode 縮短 response time，而檢知器的放大迴路也要重新設計。



圖二十一.



圖二十二.

## REFERENCE

1. FAIRCHILD SEMICONDUCTOR Application Note AN-3005 Design Fundamentals for Phototransistor Circuits.
2. Texas Instruments Incorporated Application Bulletin Tame Photodiodes With Op Amp  
Bootstrap by Jerald Graeme.
3. Texas Instruments Incorporated Universal Operational Amplifier Evaluation Board for Designing a Two-Stage Bandpass Filter by Shawn T. Workman.
4. Texas Instruments Incorporated Single-Supply Op Amp Design Techniques by Ron Mancini.
5. Texas Instruments Incorporated Active Low-Pass Filter Design by Jim Karki.

6. Texas Instruments Incorporated A Single-Supply Op-Amp Circuit Collection by Bruce Carter.
7. Texas Instruments Incorporated Handbook Of Operational Amplifier Active RC Networks by Bruce Carter and L.P. Huelsman.