

國立成功大學

工程科學系

112 學年度第二學期 電子學實驗課程

第九實驗報告

工程科學系 2 年級

E94114073 張哲維

繳交日期: 2023/5/13

一、 實驗目的

瞭解比較器為基礎的運算放大器的應用電路，並討論其工作原理。

二、 實驗步驟

1. Window circuit:

- i. 調整 R_1 、 R_2 、 R_3 ，讓 V_a 、 $V_b = 5V$ 、 $-5V$ 。
- ii. 觀察 V_i 、 V_o 的電壓波型及 X-Y 檔的 $V_i - V_o$ 關係圖。
- iii. 調整 V_a 、 V_b 觀察 V_o 的變化
- iv. 說明 V_i 、 V_o 之間的關係。

2. Schmitt trigger:

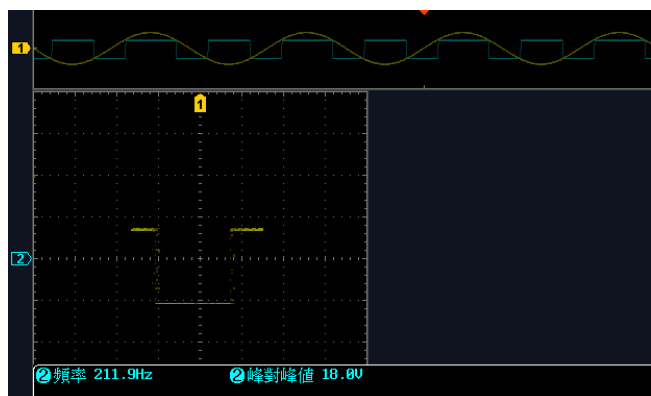
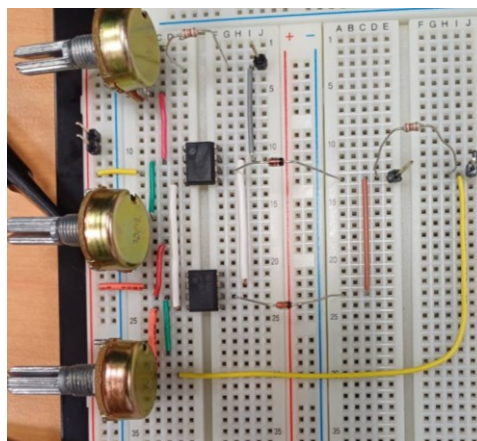
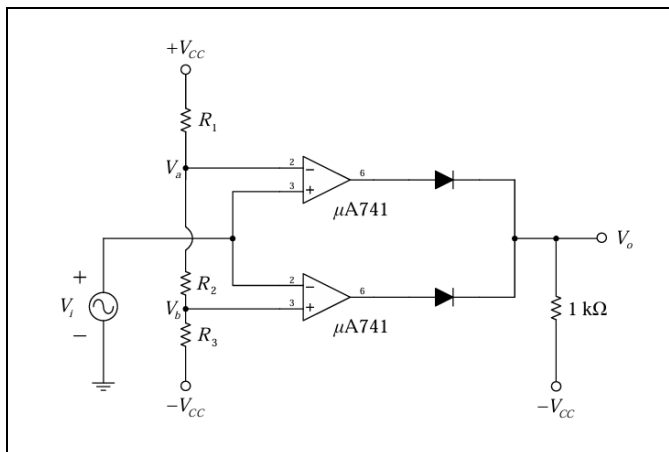
- i. 令 V_i 為正弦波
- ii. 觀察 V_i 、 V_o 的電壓波型及 X-Y 檔的 $V_i - V_o$ 關係圖。
- iii. 說明 V_i 、 V_o 之間的關係。

3. 方波震盪器:

- i. 觀察 V_o 並記錄其震盪頻率
- ii. 將電容改變重複 i 步驟
- iii. 請說明 V_o 的振盪頻率與電路中電阻及電容的關係。

三、 實驗結果

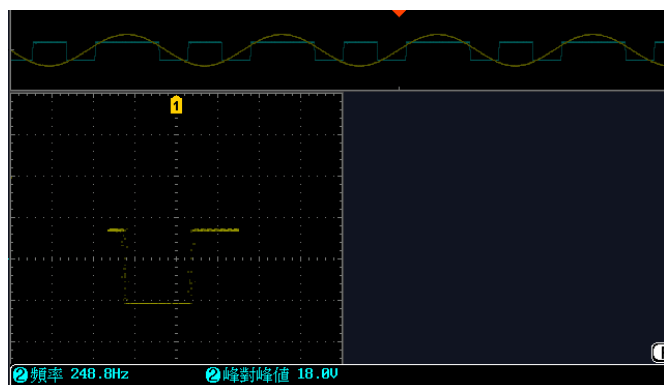
1. Window circuit:



$$|V_a| \doteq |V_b|$$

方波頻率穩定

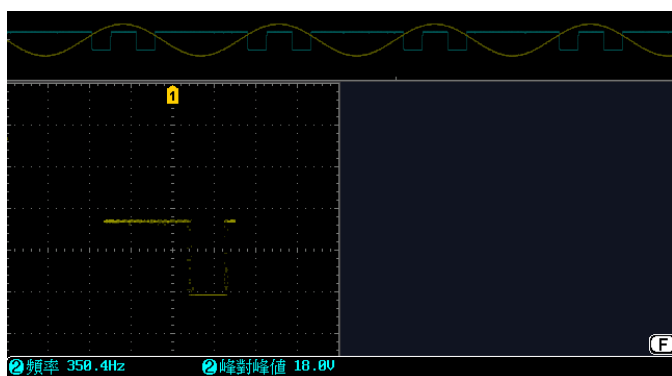
X-Y 圖低電位在中間



$$|V_a| < |V_b|$$

方波在波谷區間頻率變快

X-Y 圖低電位靠近左邊



$$|V_a| > |V_b|$$

方波在波峰區間頻率變快

X-Y 圖低電位靠近右邊

V_a 、 V_b 的改變是透過變化 R_1 、 R_2 、 R_3 的阻值， R_1 為改變分配到 V_a 的電壓； R_3 為改變分配到 V_b 的電壓， R_2 為改變低電壓區間寬度

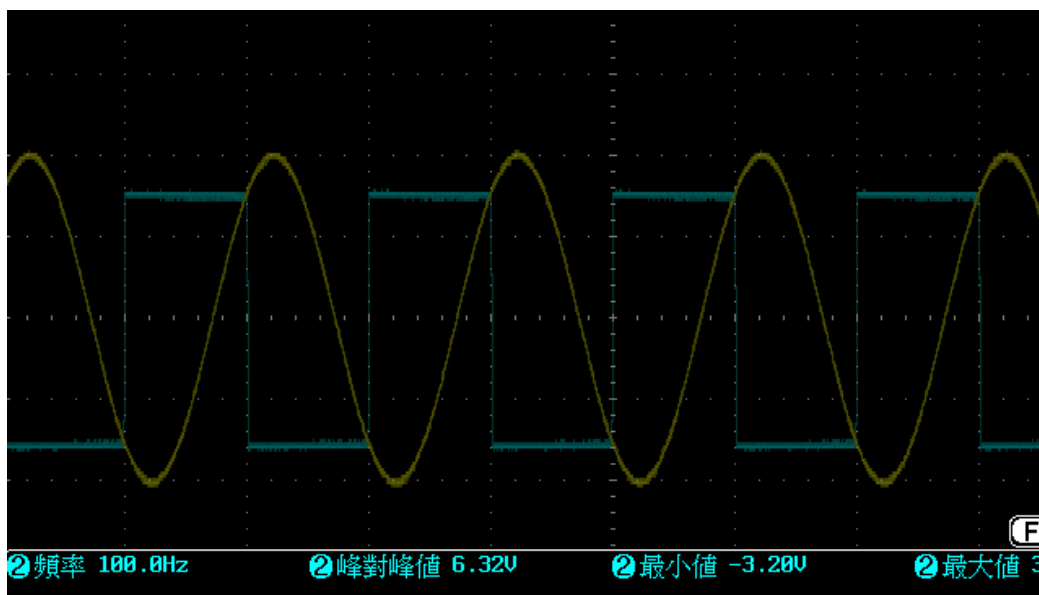
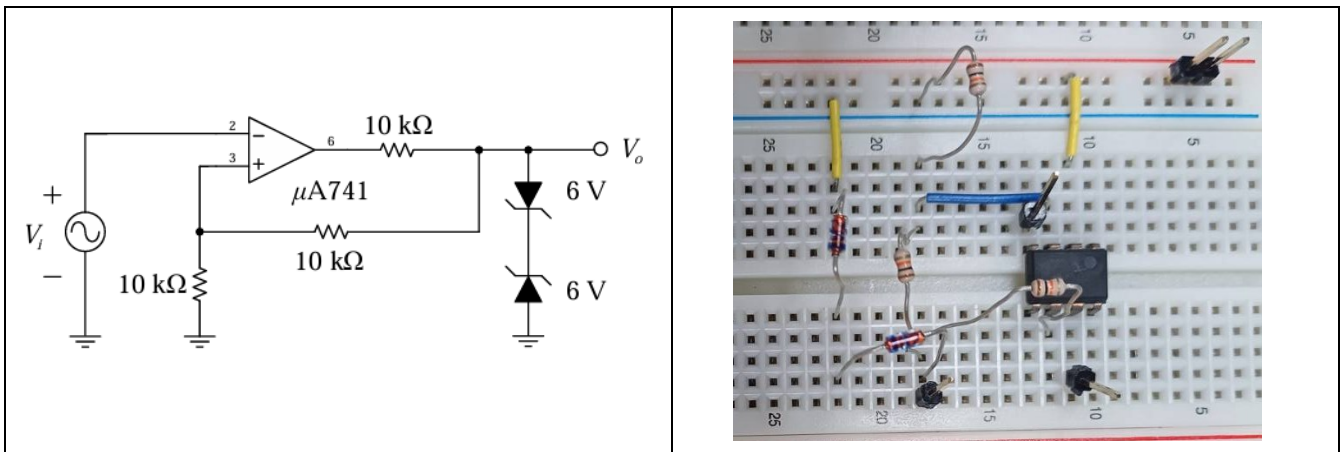
V_o 會在特定輸入電壓($V_a \sim V_b$)為低電壓，而在非特定輸入電壓為高電壓，因此可以透過改變 V_a 、 V_b 去將此區間移動，如同拉窗戶。

$$V_a = (R_2 + R_3) / (R_1 + R_2 + R_3) * V_{cc} - R_1 / (R_1 + R_2 + R_3) * V_{cc}$$

$$V_b = -(R_2 + R_3) / (R_1 + R_2 + R_3) * V_{cc} + R_1 / (R_1 + R_2 + R_3) * V_{cc}$$

$$\text{低電位區間寬度} = V_a - V_b$$

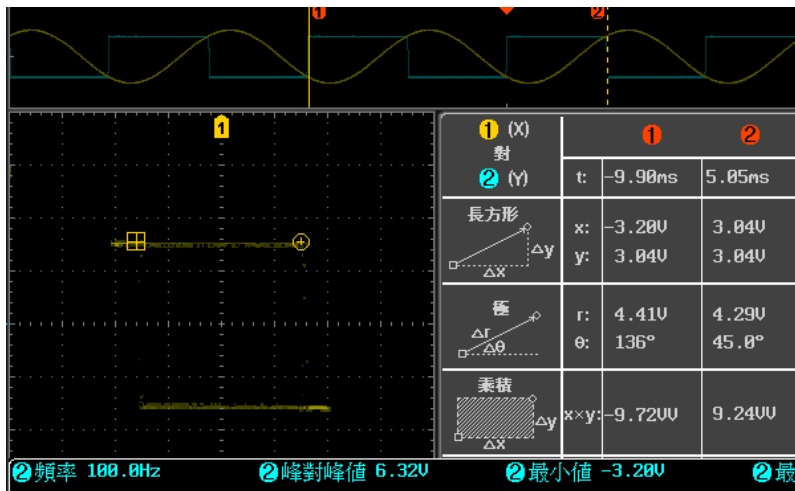
2. Schmitt trigger:



當波為正半週時，輸出為負的 V_i 透過正回饋使負電壓提高直到電路到達負飽和($-V_{cc}$)；波為負半週，輸出為正的 V_i 透過正回饋使正電壓提高直到電路達正飽和(V_{cc})。輸入電壓的大小必須高於 $|V_{TH}|$ 才會進行切換。

上下限閾值電壓($\pm V_{TH}$) = $R_1 / (R_1 + R_2) * \pm V_{CC}$

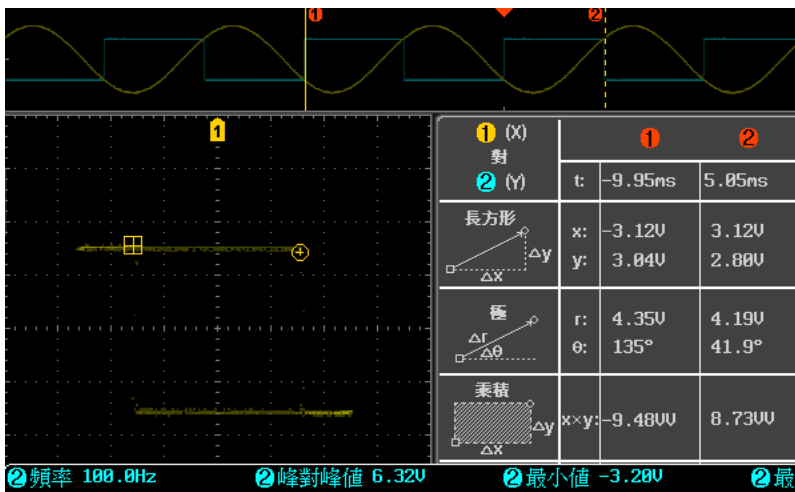
因為使用比較器電路，所以會產生遲滯。遲滯的電壓 = $2V_{TH}$



輸入電壓為 $8V_{p-p}$

$$V_{TH} = 3.04V$$

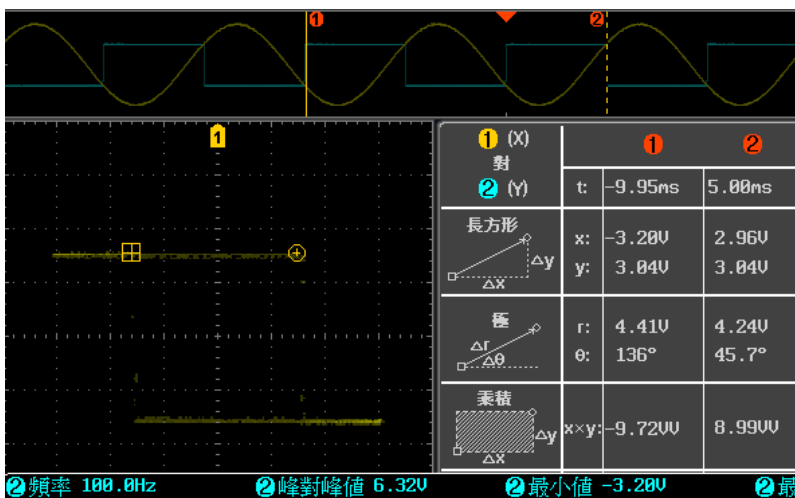
$$-V_{TH} = -3.2V$$



輸入電壓為 $10V_{p-p}$

$$V_{TH} = 3.12V$$

$$-V_{TH} = -3.12V$$

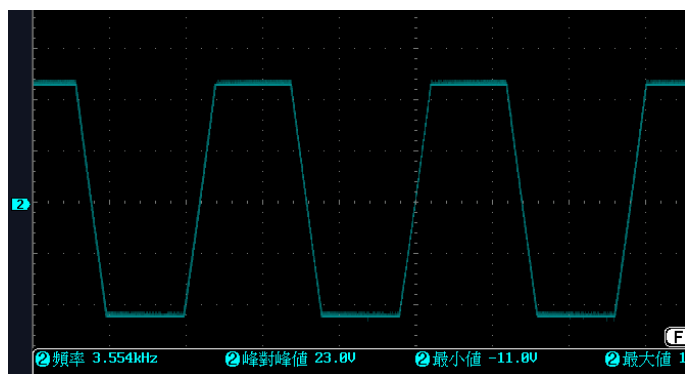
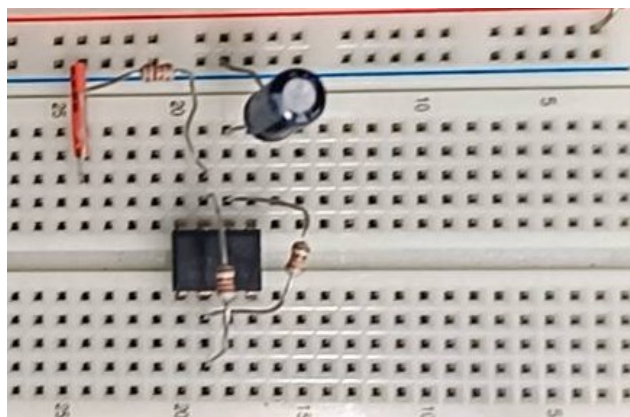
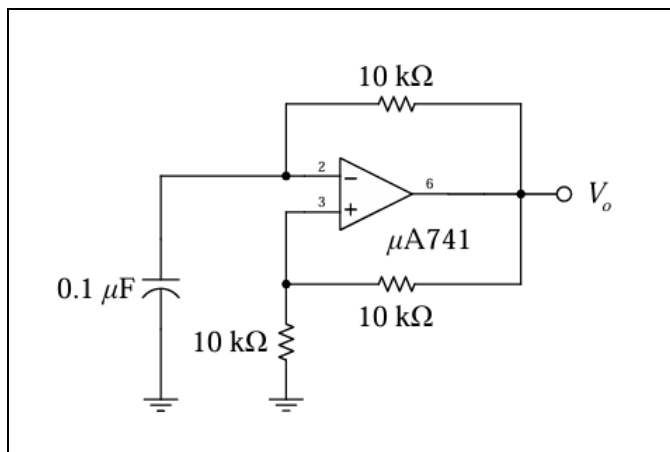


輸入電壓為 $12V_{p-p}$

$$V_{TH} = 2.96V$$

$$-V_{TH} = -3.2V$$

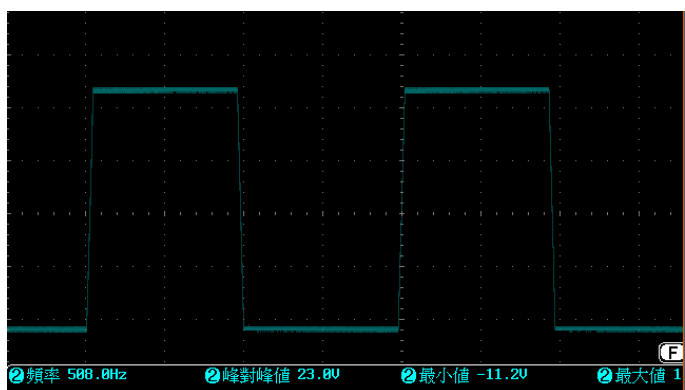
3. 方波震盪器:



電容為 $0.01 \mu F$

$$f_{\text{ideal}} = 4551$$

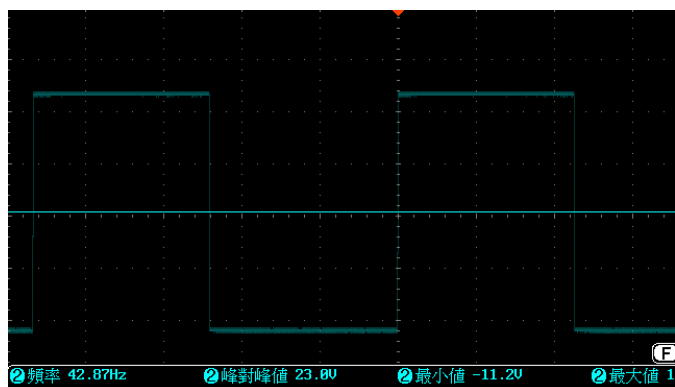
$$\text{err} = 21.9\%$$



電容為 $0.1 \mu F$

$$f_{\text{ideal}} = 455.12$$

$$\text{err} = 10.04\%$$



電容為 $1 \mu F$

$$f_{\text{ideal}} = 45.51$$

$$\text{err} = 7.71\%$$

當 $V_O = +V_{CC}$ ，電容通過電阻充電， V_- 提高，

此時 $V_+ = R_1 / (R_1 + R_2) * V_{CC}$ ，當超過 $V_{TH} \rightarrow V_O = -V_{CC}$

當 $V_O = -V_{CC}$ ，電容通過電阻反極性充電， V_- 降低，

此時 $V_+ = R_1 / (R_1 + R_2) * -V_{CC}$ ，當低於 $V_{TH} \rightarrow V_O = V_{CC}$

此電路會重複上面步驟產生震盪。

其頻率 $= 1 / (2 * R_t * C * \ln(1 + 2R_2 / R_1))$ ，與電容量呈反比

四、 問題與討論

在 Window circuit 實驗中發現 V_o 並未對稱，正電壓部分比較小。

→ 電路中有一個 1K 電阻接到 $-V_{CC}$ 導致輸出正電壓的部分分流。

實驗中發現 V_{in} 如果沒有超過 $|V_{CC}|$ ， V_o 沒辦法呈現出來。

在 schmitt trigger 電路中使用不同規格的稽納二極體會有不同輸出電壓(V_{TH} 會改變)

這次實驗會有很多地方(op amp. 、 外接直流源)需要用到 $\pm V_{CC}$ 所以需要規畫好線段走向。

五、 心得

這次實驗是關於比較器和觸發器，透過 X-Y 模式觀察輸出與輸入電壓，在這次實驗中我覺得比較難的部分是接電路，需要稍微的規畫一下電路。透過改變不同的參數(電壓、電阻)去調整輸出的電壓、閾值、延遲，並在示波器上呈現，中間也跟助教討論一下關於電路設計上的問題。