

實驗物理學（二）

實驗日誌

實驗三、運算放大器

Operational Amplifier

第二組

洪 瑜 B125090009

黃巧涵 B122030003

洪懌平 B102030019

2025/05/20

1 實驗步驟與初步結果

1.1 反向放大器

1.1.1 實驗步驟

1. 連接電路
2. 調整訊號產生器參數： V_{in} 使用 1kHz、DC Offset = 0、震幅：0.1V之正弦波；並將其連接接好的電路，使用示波器測量其 V_{out} 。
3. 將 V_{in} 往上調整，觀察 V_{out} 之震幅最大可達到多少
4. 改變 V_{in} 頻率，觀察其在高頻與低頻的運作
5. 將訊號改成三角波輸入並觀察其圖形
6. 紀錄放大器的輸入阻抗和其增益

1.1.2 實驗所設參數

1. 訊號產生器： V_{in} 為1kHz、DC offset = 0、震幅：0.1V之正弦波
2. $R_1 = 0.99k\Omega$
3. $R_2 = 9.80k\Omega$
4. $V_+ = V_- = 5V$

1.1.3 實驗數據

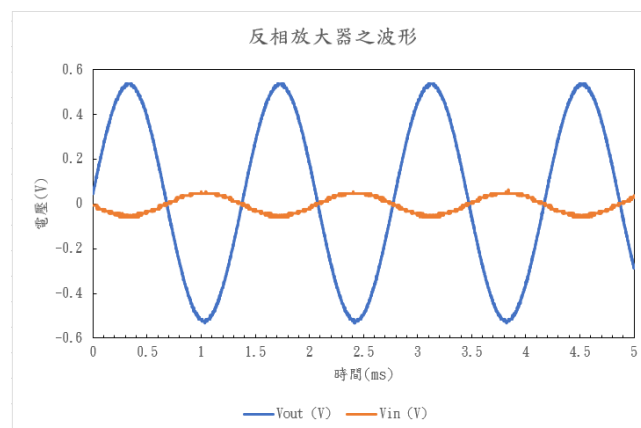


Figure 1: 經由反相放大器的輸出波形與原訊號的比較

輸入振幅：0.088V

輸出振幅：1.043V

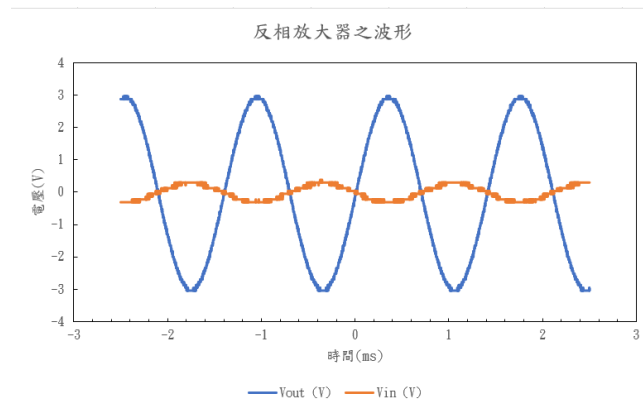


Figure 2: 反相放大器可測量到的最大振幅

輸入最大振幅： $0.608V$

輸出最大振幅： $5.879V$

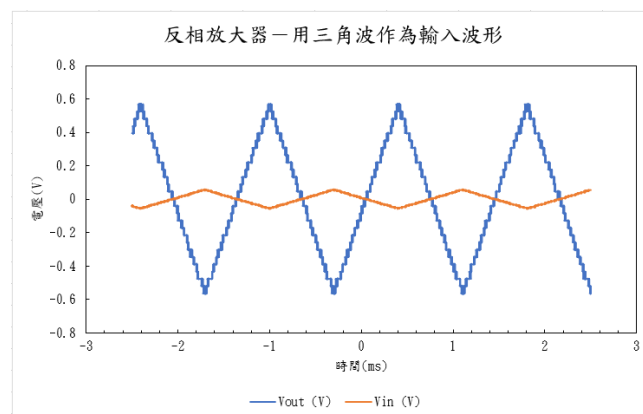


Figure 3: 反相放大器實驗中，將輸入訊號改成三角波後的情況

輸入振幅： $70.22mV$

輸出振幅： $697.2mV$

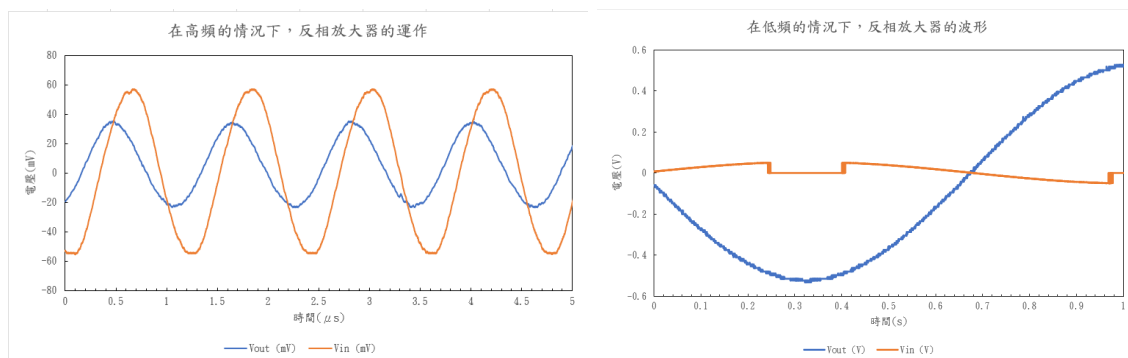


Figure 4: 在高頻和低頻的情況下，反相放大器的運作情形

高頻：1MHz之正弦波

- 輸入振幅：53.70mV
- 輸出振幅：109.5mV

低頻：1Hz之正弦波

- 輸入振幅：1.029V
- 輸出振幅：-- V

1.2 非反相放大器

1.2.1 實驗步驟

1. 連接電路
2. 重複Sec1.1之步驟2.-6.

1.2.2 實驗所設參數

1. 訊號產生器： V_{in} 為1kHz、 $DC\ offset = 0$ 、震幅：0.1V之正弦波
2. $R_1 = 0.99k\Omega$
3. $R_2 = 9.80k\Omega$
4. $V_+ = V_- = 5V$
5. 計算 R_{test} 時：
 - (a) $R_1 = 470\Omega$
 - (b) $R_2 = 1k\Omega$

1.2.3 實驗數據

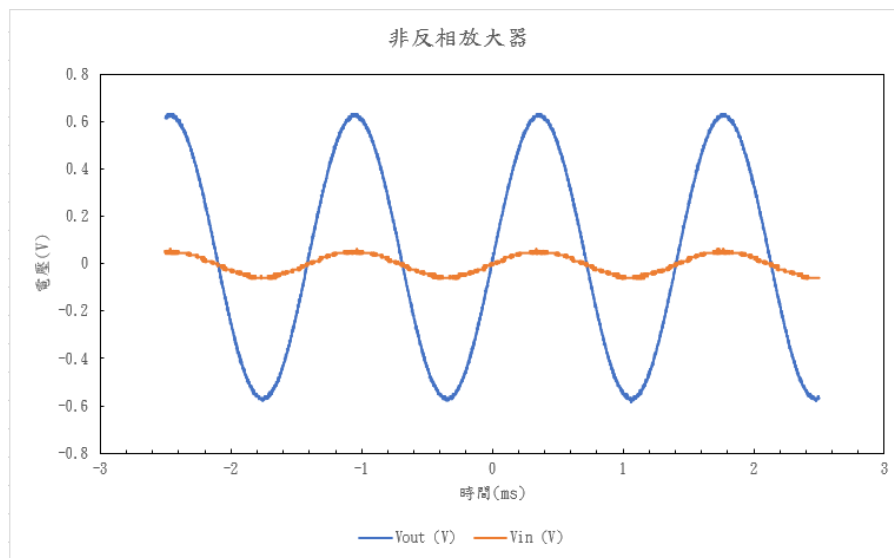


Figure 5: 經由非反相放大器的輸出波形與原訊號的比較

輸入振幅：0.105V

輸出振幅：1.181V

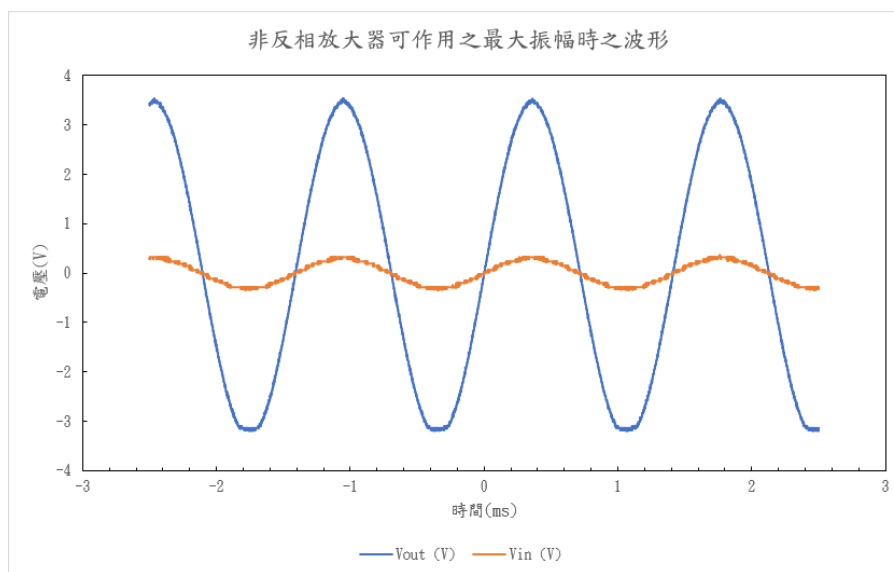


Figure 6: 非反相放大器可測量到的最大振幅

輸入振幅：0.522V

輸出振幅：6.548V

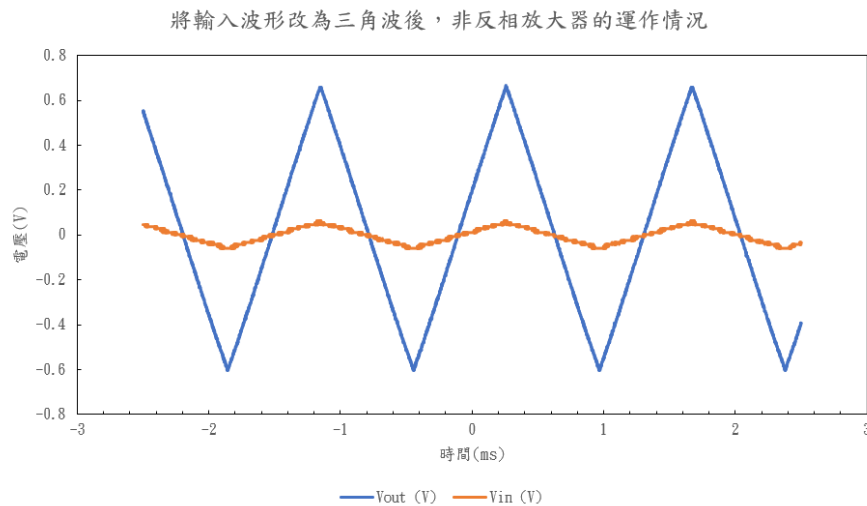


Figure 7: 非反相放大器實驗中，將輸入訊號改成三角波後的情況

輸入振幅：0.070V

輸出振幅：0.912V

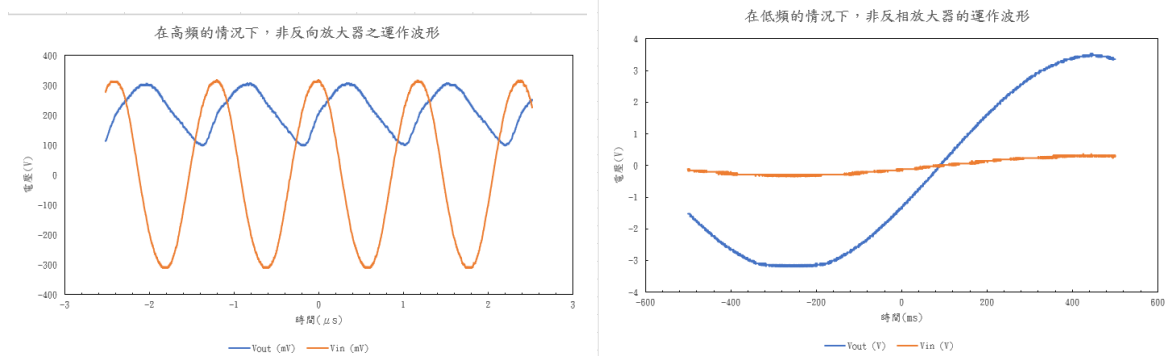


Figure 8: 在高頻和低頻的情況下，反相放大器的運作情形

高頻：1MHz之正弦波

- 輸入振幅：201.6mV

- 輸出振幅：616.2mV

低頻：1Hz之正弦波

- 輸入振幅：0.609V

- 輸出振幅：6.558V

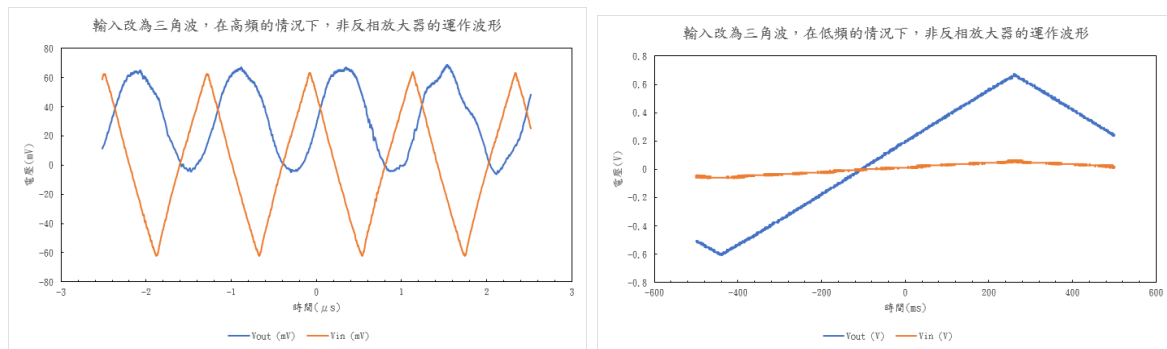


Figure 9: 將輸入改為三角波，在高頻和低頻的情況下，反相放大器的運作情形

高頻：1MHz之三角波

- 輸入振幅：121.9mV
- 輸出振幅：65.79mV

低頻：1Hz之三角波

- 輸入振幅：0.105V
- 輸出振幅：1.157V

1.3 隨耦器

1.3.1 實驗步驟

1. 連接電路
2. 重複Sec1.1之步驟2.-6.

1.3.2 實驗所設參數

1. 訊號產生器： V_{in} 為1kHz、 $DC\ offset = 0$ 、震幅：0.1V之正弦波
2. $V_+ = V_- = 5V$

1.3.3 實驗數據

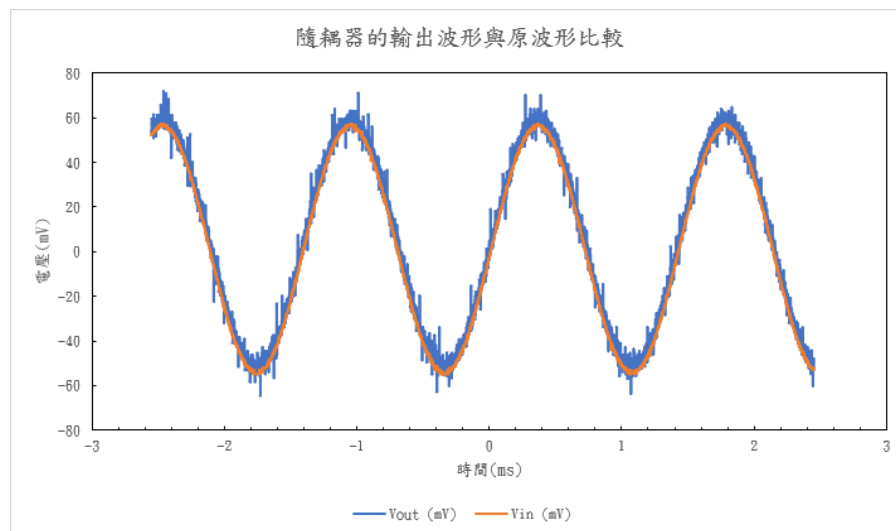


Figure 10: 經由隨耦器的輸出波形與原訊號的比較

輸入振幅： 109.8mV

輸出振幅： 107.4mV

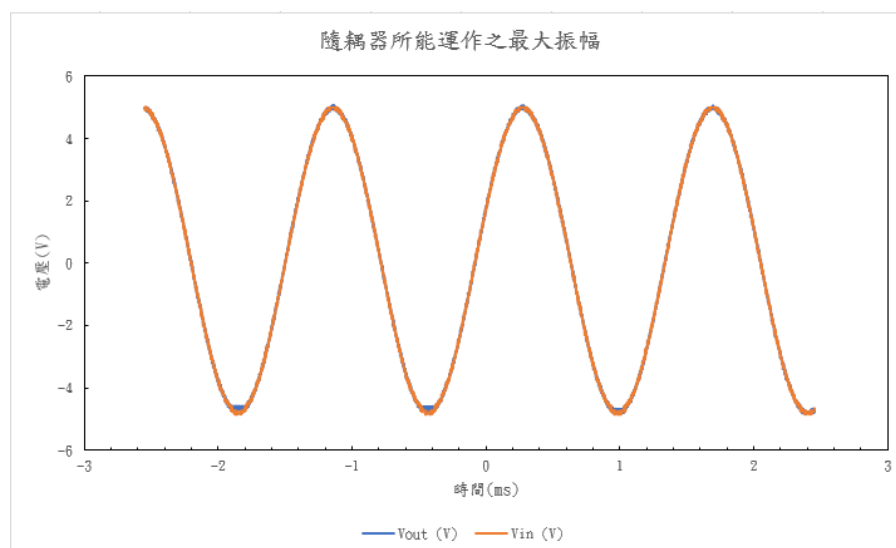


Figure 11: 隨耦器可測量到的最大振幅

輸入振幅： 9.634V

輸出振幅： 9.555V

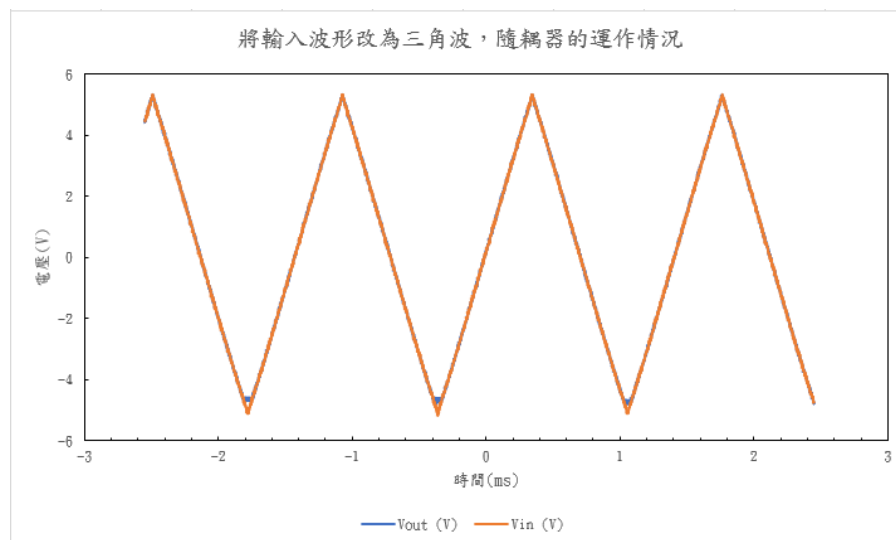


Figure 12: 隨耦器實驗中，將輸入訊號改成三角波後的情況

輸入振幅： $8.904V$

輸出振幅： $9.504V$

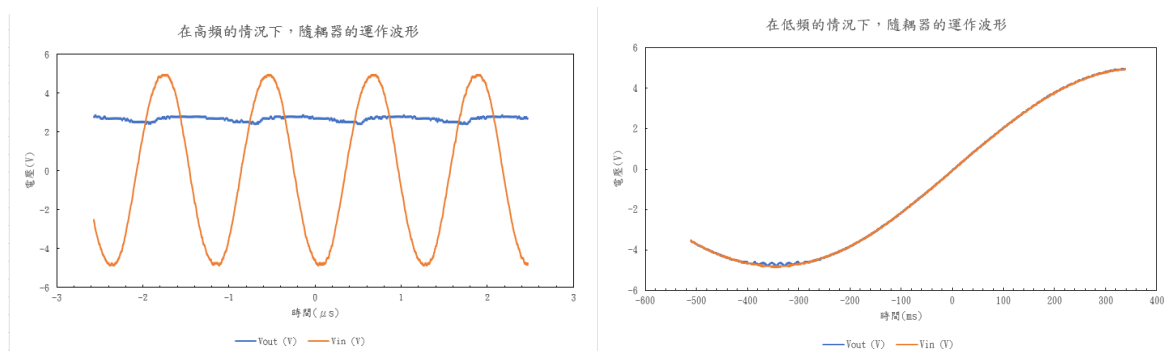


Figure 13: 在高頻和低頻的情況下，隨耦器的運作情形

高頻： $1MHz$ 之正弦波

- 輸入振幅： $9.589V$
- 輸出振幅： $0.260V$

低頻： $1Hz$ 之正弦波

- 輸入振幅：—— V
- 輸出振幅：—— V

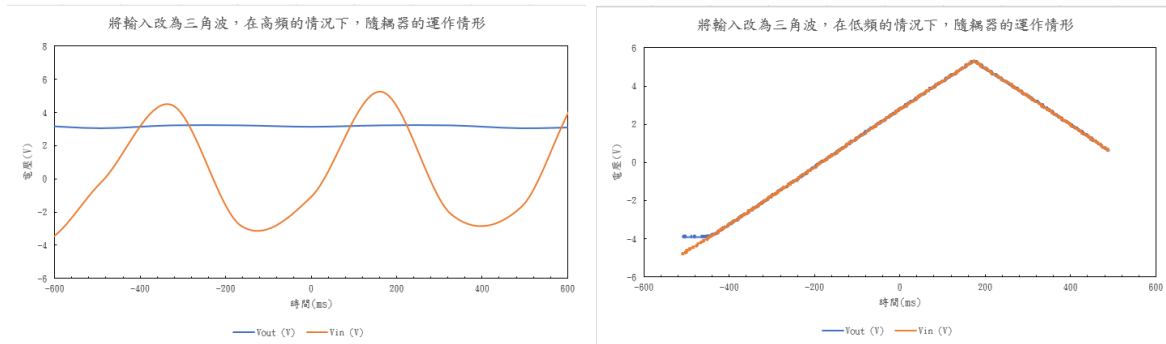


Figure 14: 將輸入改為三角波，在高頻和低頻的情況下，反相放大器的運作情形

高頻：1MHz之三角波

- 輸入振幅：10.71V
- 輸出振幅：0.261V

低頻：1Hz之三角波

- 輸入振幅：6.709V
- 輸出振幅：8.193V

2 初步分析

2.1 反相放大器

藉由Fig.1可看出訊號經由反相放大器後訊號被放大將近約 $\frac{1.01V}{0.09V} \approx 11$ 倍，而我們使用 $R_1 = 1k\Omega$ 、 $R_2 = 10k\Omega$ ，可知理論放大倍率為 $\frac{10}{1} = 10$ ，誤差為10%，看似有點大但因為數值偏小較易受到擾動，且數值的貢獻會較明顯，所以這個誤差還算符合預期；在Fig.ref2可觀察出當震幅調整到608.2mV時放大效果會被截止；而Fig.4描述反相放大器在高頻與低頻的運作情況，可見在高頻的時候，輸入和輸出的相位差已經不是相差180°，反相放大器並沒有好好的運作；在低頻時雖有放大現象，但倍率並非預期的10倍，所以也可推測在低頻的時候反相放大器的運作會有些誤差。

2.2 非反相放大器

我們最初使用與反相放大器相同的初始參數，由於非反相放大器的理論增益公式為 $A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1}$ ，代入數值後，可得出理論增益大約是10.9倍，與實際觀察到的輸出波形相符。從Fig.6可觀察到，放大效果在輸入震幅約達到521.6mV時產生截止的現象。此外，當輸入訊號改為三角波後，透過Fig.7可觀察到，訊號輸出仍維持線性放大，可以看出非反相放大器穩定增益的特性。接著我們也分別在 V_{in} 高頻與 V_{in} 低頻的情下實驗，透過fig.8與fig.914皆可看出非反相放大器在輸入訊號為sin波以及三角波時， V_{in} 為高頻率時會出現相位延遲，並在 V_{in} 低頻率時出現微幅失真，顯示頻率響應有適合的工作範圍，並非所有頻段皆能適用。

2.3 隨耦器

由Fig.10和12可觀察，隨耦器的增益大概為1，且輸出相位與輸入相位相同，使得輸入與輸出訊號重合，此性質符合預期。然而，從Fig.13和14兩圖的左圖發現，隨耦器在高頻的情

況下，輸出訊號出現不尋常的狀況，如：沒有震盪，不過在低頻下（兩圖的右圖），不尋常的狀況就沒有出現，因此粗略推測此隨耦器無法正常在高頻下的運作。

3 誤差初步分析

1. 所使用之電子元件或接線(如:BNC-BNC接線)可能因為器材本身有損耗因而導致訊號有雜訊，造成數據較為浮動。
2. 在觀察最大振幅的截止電壓，僅能透過肉眼判斷，造成結果較為不精準。

4 具體說明實驗遇到的問題，或分析可能的問題；以及除錯方法

1. 在做非反相放大器時我們遇到示波器在測量 V_{out} 時出現了像方波的圖形，經過一番調整之後發現是因為使用 R_1 為 $1k\Omega$ 、 R_2 為 $10k\Omega$ ，放大倍率太大，導致已經超過截止電壓了，所以看起來會像是方波的形狀；我們後來透過使用 $R_1 = 470\Omega$ 、 $R_2 = 1k\Omega$ ，使放大倍率調整成2倍就有順利解決狀況了。
2. 我們有遇到使用某組員的電腦打開pico會發生沒連接裝置就產生波形的情況，推測是受到黑洞的影響，後來選擇使用另外一位組員的電腦來解決這個問題。
3. 在做隨耦器的實驗時，有發生電路接好但示波器沒顯示正確的圖像時，最後發現是因為 V_+ 和 V_- 接反。
4. 在測量過程中有觀察到波形出現不符合預期的情況，而檢查後發現是運算放大器燒壞了，透過換一顆新的來解決。