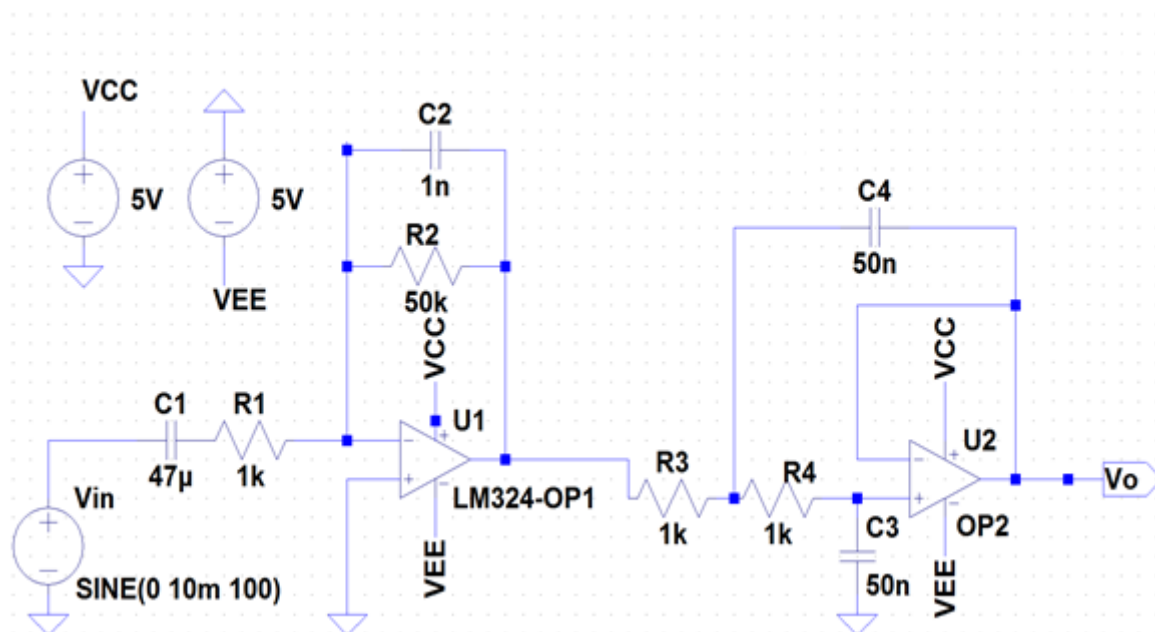


REPORT

Experiment 1: Split Supply vs. Single Supply

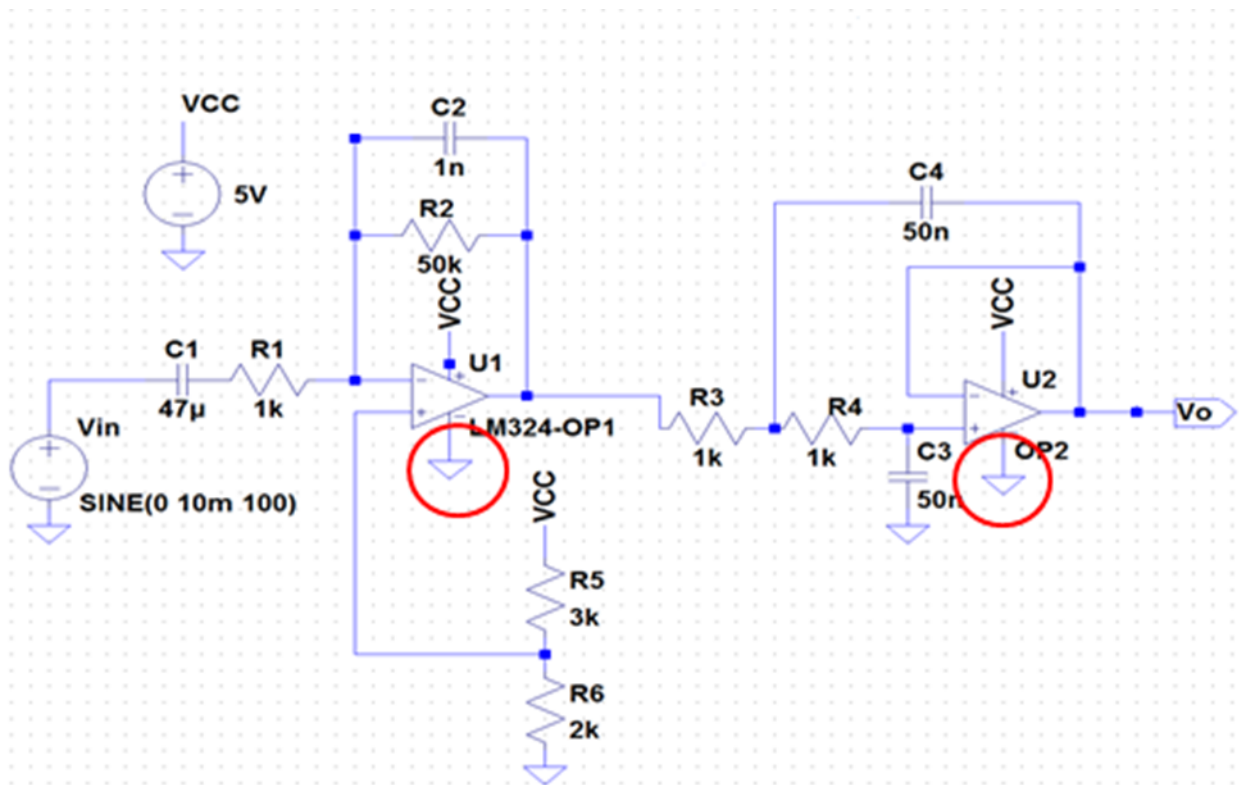


2. Bias

U1,V+	U1,Vout	U2,V+	U2,Vout
(V)	(V)	(V)	(V)
0	0	0	0

3. AC Sweep waveform $f_{H3dB} = 1400$ Hz

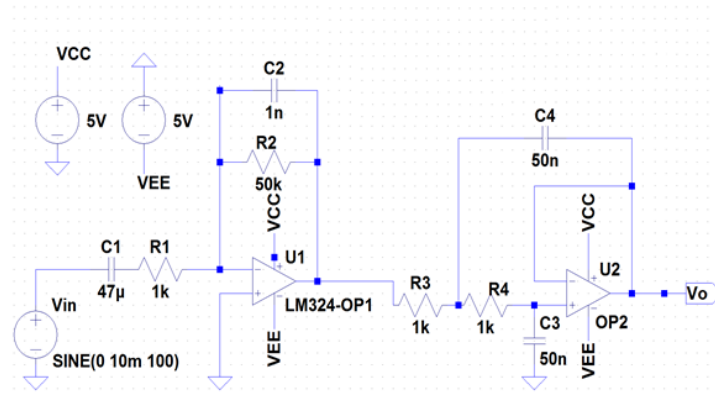




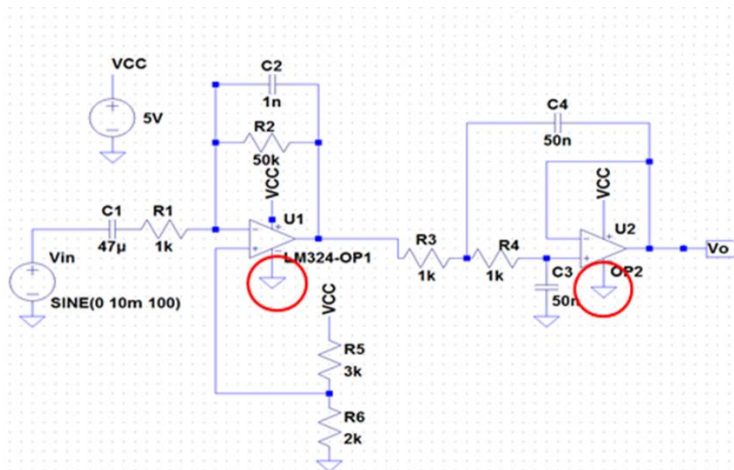
5. Bias

U1,V+	U1,Vout	U2,V+	U2,Vout
(V)	(V)	(V)	(V)
1.97	1.97	1.97	1.97

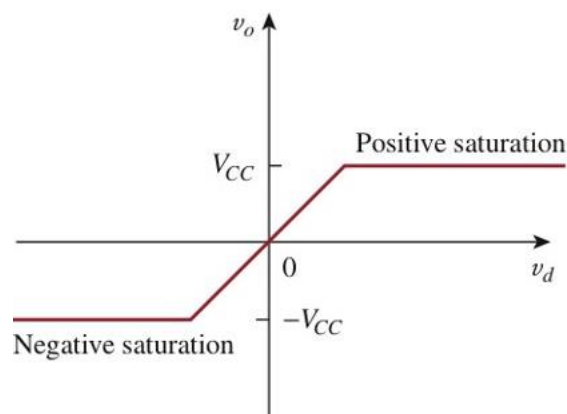
6. AC Sweep waveform $f_{H3dB} = 1400$ Hz



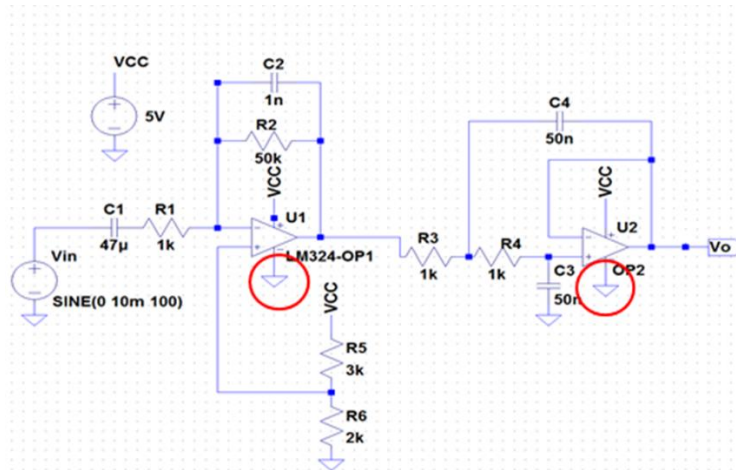
實驗一的第一種接法(Single Supply): U1 放大器的 non-inverting 端都是接到地，根據理想的放大器可以得知 inverting 端與 non-inverting 端會有虛短路發生，因此可以得知 $V_{U_1, V^+} = V_{U_1, V^-} = GND = 0V$ ，因此也可以得知 $V_{U_1, V_{out}} = 0V$ ，接著對下一級的放大器電路執行直流分析，同樣也會發現他的 inverting 端與 non-inverting 端也都虛短路到 $0V$ 。



而對於實驗一的第二種接法:也同樣可以透過虛短路觀察到 U1 及 U2 放大器的 non-inverting 端與 inverting 端都是虛短路到 $2V$ 。(可以輕易地從第一級放大器的 non-inverting 端透過電阻分壓得知)



最後可以透過放大器的及 V_{CC} 及 V_{EE} 的範圍(如上圖，出自電路學課本)得知輸出的電壓應該是會介在 $V_{EE} < V_{out} < V_{CC}$ 之間，因此可以得知第二種接法會有將不會有電壓小於 0 的輸出。並且有往上 $2V$ 的 offset。



First order low pass filter(R2, C2):

上圖的 R2 與 C2 構成了一個一階的低通濾波器，推導其 f_{3dB} 如下:

$$H(\omega) = \frac{V_c}{V_i} = \frac{\frac{1}{j\omega C_2}}{R_2 + j\omega R_2 C_2} = \frac{1}{1 + j\omega R_2 C_2}$$

$$|H(\omega)| = \frac{1}{1 + j\omega R_2 C_2} \cdot \frac{|1 - j\omega R_2 C_2|}{1 - j\omega R_2 C_2} = \frac{\sqrt{(1^2 + \omega^2 R_2^2 C_2^2)}}{1 + \omega^2 R_2^2 C_2^2} = \frac{1}{\sqrt{(1^2 + \omega^2 R_2^2 C_2^2)}}$$

$$|H(\omega_c)| = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{(1^2 + \omega_c^2 R_2^2 C_2^2)}} \Rightarrow \omega_c = \frac{1}{R_2 C_2} \Rightarrow f_{3dB} = \frac{\omega_c}{2\pi} = \frac{1}{2\pi R_2 C_2}$$

$$\text{代入實驗數據: } (R_2, C_2) = (50k\Omega, 1nF) \Rightarrow f_{3dB} = \frac{1}{2\pi(50000)(10^{-9})} = 3183Hz$$

在實驗一中，我也有對第一級的 Active First Order Low Pass Filter 做 AC sweep 去看他的 3dB 頻率是否正確，經過實驗測試，大約落在 $f_{3dB} = 3000Hz$ 左右，與理論值相符。

而後面第二級的 Active Second Order Low Pass Filter 的 transfer function 為:

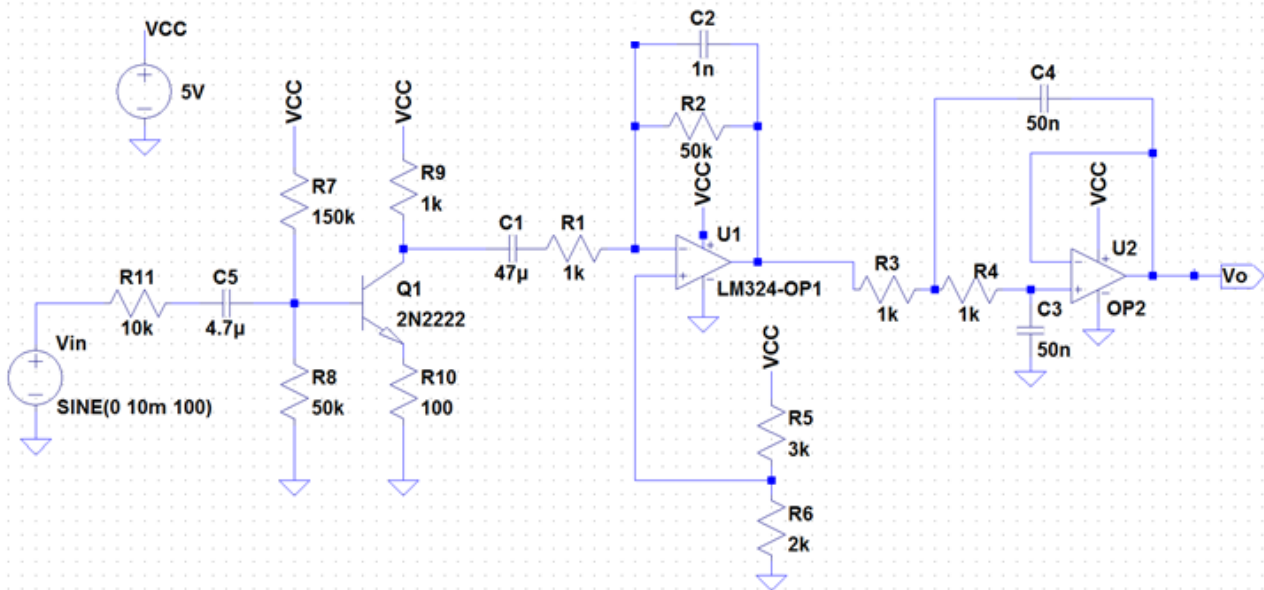
$$H(\omega) = \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{\frac{1}{R_3 R_4 C_3 C_4}}{(j\omega)^2 + (j\omega) \left(\frac{1}{R_4 C_3} + \frac{1}{R_3 C_4} \right) + \frac{1}{R_3 R_4 C_3 C_4}}$$

因此可以推導出經過兩次 Low pass filter 之後的 transfer function 會是兩個 transfer function 的相乘:

$$H(\omega) = \left(\frac{1}{1 + j\omega R_2 C_2} \right) \cdot \left(\frac{\frac{1}{R_3 R_4 C_3 C_4}}{(j\omega)^2 + (j\omega) \left(\frac{1}{R_4 C_3} + \frac{1}{R_3 C_4} \right) + \frac{1}{R_3 R_4 C_3 C_4}} \right)$$

再去解 f_{3dB} ，並且代入實驗數據，應該就能夠解出 $f_{3dB} \approx 1400Hz$

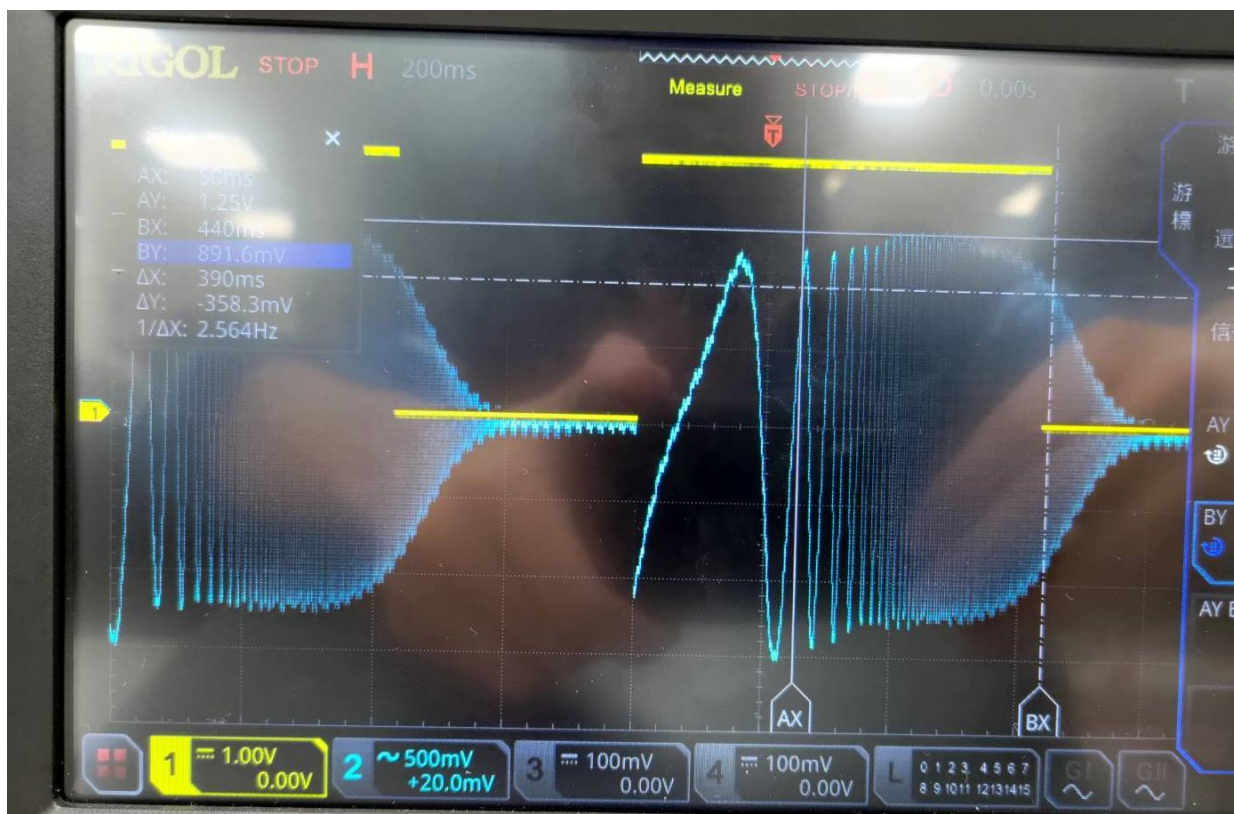
Experiment 2: Audio Front End

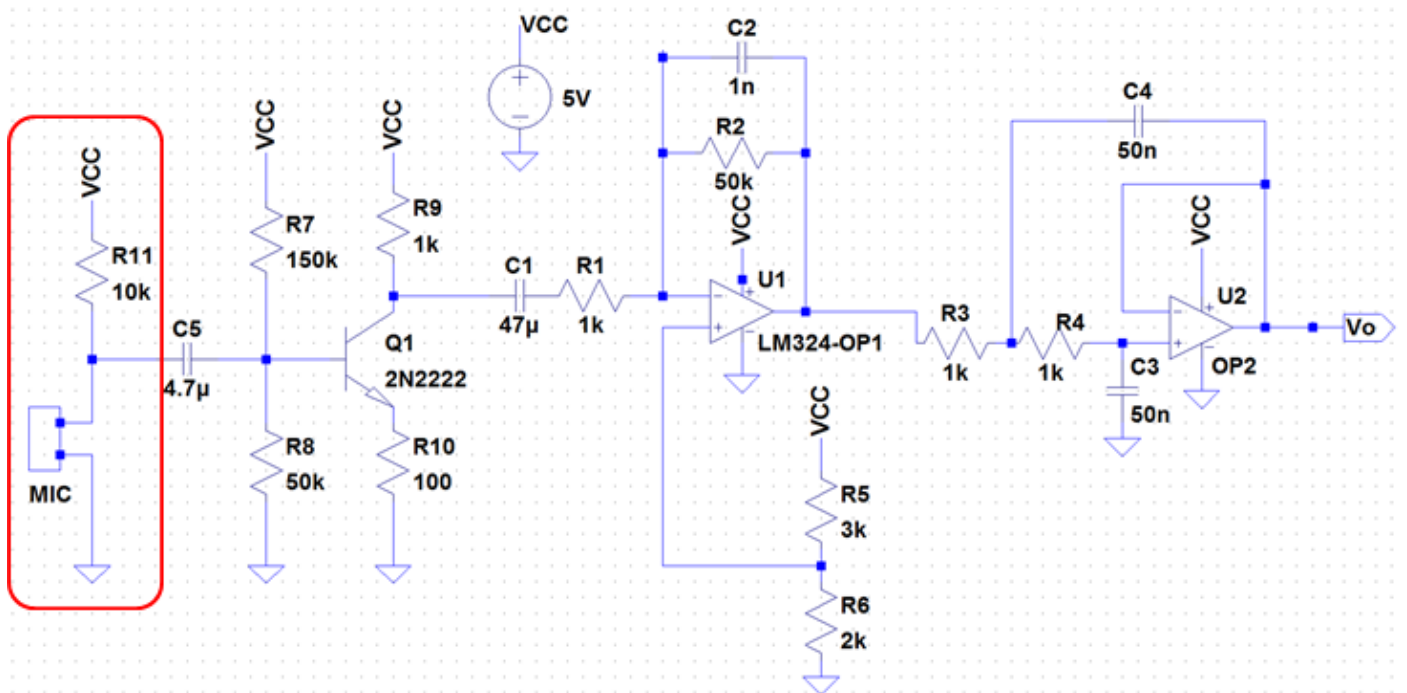


2.

Q1,Vc (V)	U1,V+ (V)	U1,Vout (V)	U2,V+ (V)	U2,Vout (V)
2.87	1.97	1.97	1.97	1.97

3.

AC Sweep waveform $f_{H3dB} = 1400$ Hz



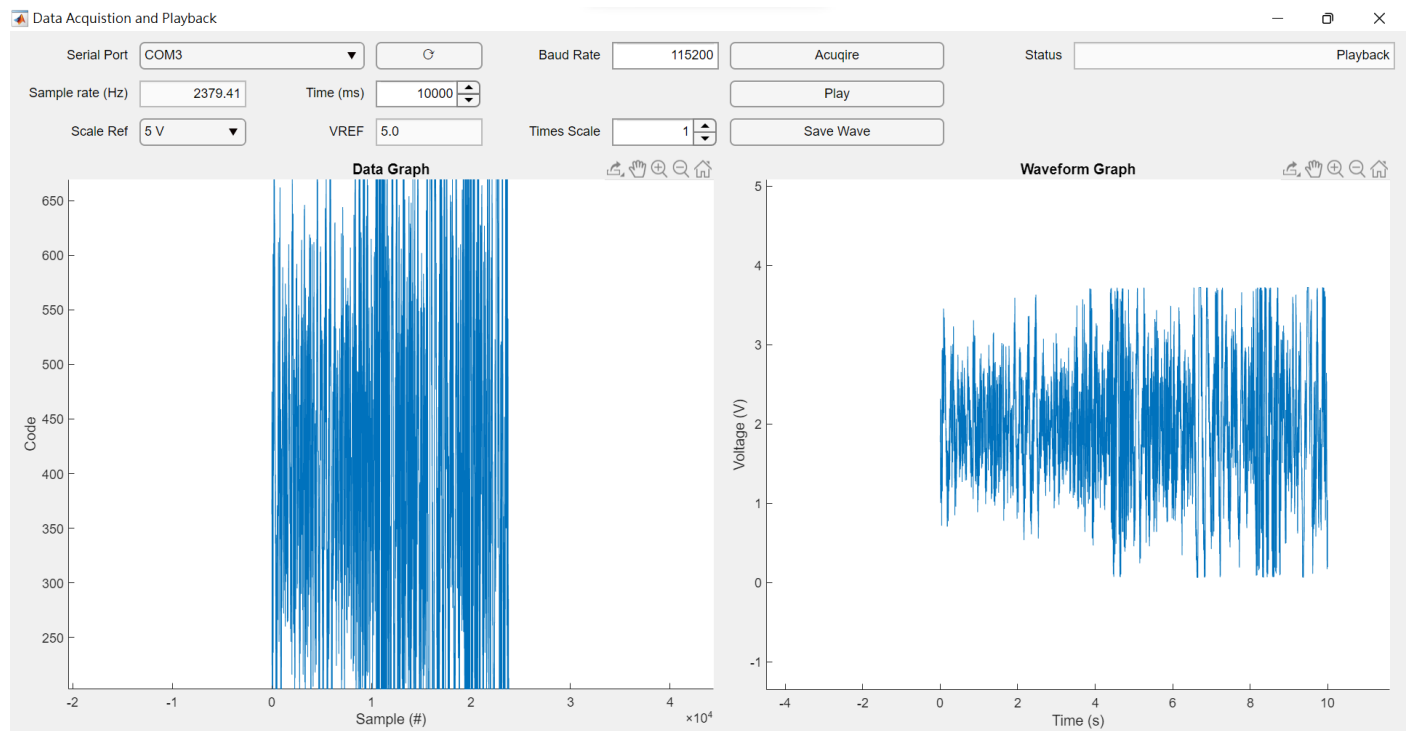
5.
Vo and MIC waveform



如上圖：

可以看到輸入訊號(CH1)與輸出訊號(CH2)的波型類似，並且有大約放大 100 倍左右。

Experiment 3: Audio Playback



使用助教以 Matlab 寫好的 GUI 介面，將聲音經過我們的 filter 與放大器處理之後，傳送給 Arduino 經過數位的取樣，以 matlab 做訊號處理，將聲音紀錄下來，確實是非常酷的一個實驗。

心得:

這次的實驗不太順遂，雖然已經上過許多次的電子實驗，但是我接電路的速度還是非常慢，因此我都會在實驗當天早起，先把電路接好並且檢查正確之後才會去做其他事。到了晚上，當我把 OSC 與 FG 都接上去之後，看到奇怪的 AC sweep 波型，與奇怪的 marker frequency，我心中只想說:哭阿。在助教的協助下，檢查了電路的正確性，並且將繞過長的線移除以避免不必要的 RC 寄生值影響實驗結果後，在 OSC 上的結果仍然不是正確的，因此助教便先請我檢查第一級輸出的 3dB 頻率是否正確，在檢查之後，發現是正確的，便推斷可能是第二顆 OP 壞掉了，因此我便將第二級的電路挪到其他的 OP 上面，便順利做出正確的實驗結果了。

經過這次的教訓，我學到了兩件事:

(a) 將電路分級檢查，不要只是傻傻的看總輸出是否是對的，應該可以透過檢查其他點的訊號已排除哪邊是 bug free，哪邊是可能有問題的地方，再加以 debug。

(b) 盡量減少繞線的長度，剛好在這周上 EDA 課程也有提到這件事情，根據 Elmore delay 可以得知，電路的延遲是與線長的平方成正比，並且也會因為電線所造成的 IR (Voltage) Drop 導致輸出不夠理想或是不精準，因此在之後的實驗，應該要盡量避免使用過長的導線，以影響輸出的準確性，因此往後在放置元件及佈線上都要多多思考。