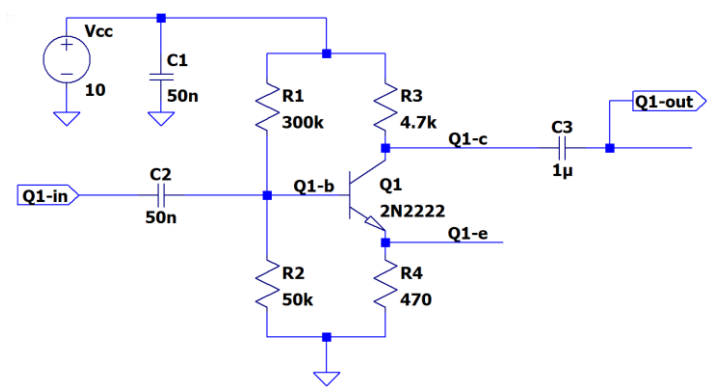


REPORT

Experiment 1: Common Emitter Amplifier

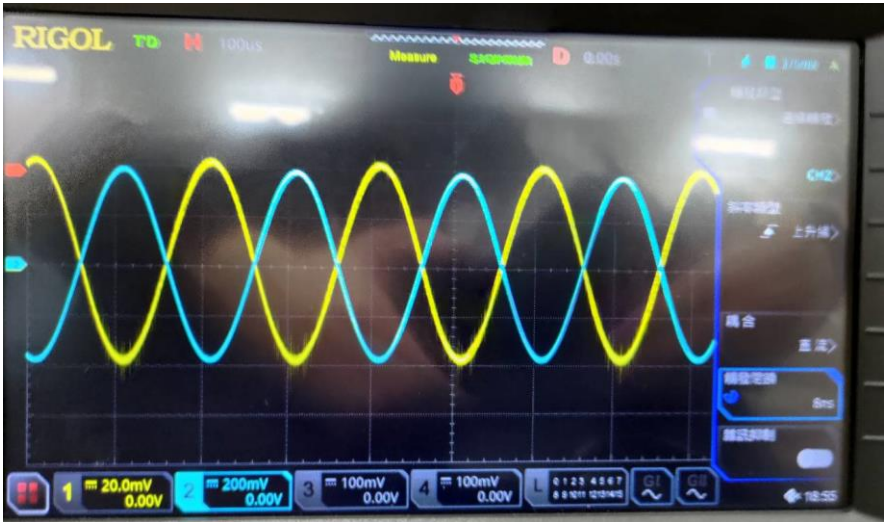


2

V _b (V)	V _c (V)	V _e (V)	V _{be} (V)	V _{ce} (V)	I _c (A)	I _b (A)	current gain (A/A)
1.15	4.24	0.54	0.61	3.7	1.17mA	5.6uA	208.9

$$I_{R1} = \frac{V_{CC} - V_B}{R_1} = \frac{(9.75 - 1.15)V}{300k\Omega} = 2.86 \cdot 10^{-5} A$$
$$I_{R2} = \frac{V_B}{R_2} = \frac{1.15V}{50k\Omega} = 2.3 \cdot 10^{-5} A$$
$$I_B = I_{R1} - I_{R2} = 2.86 \cdot 10^{-5} - 2.3 \cdot 10^{-5} A = 5.6 \cdot 10^{-6} A = 5.6\mu A$$

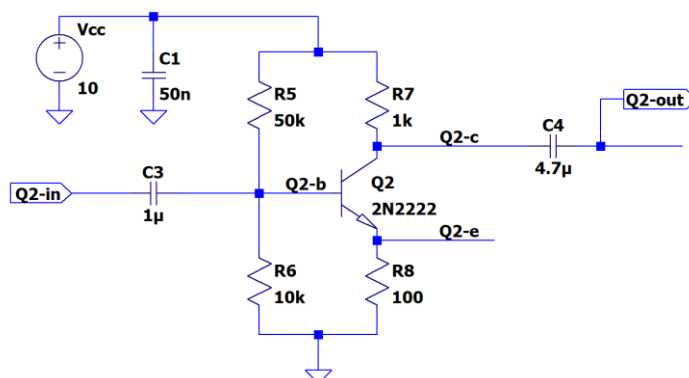
3. Q1-in and Q1-out waveform



f _{out,max} (Hz)	vin (V)	vout (V)	voltage gain (V/V)	phase difference (out->in) (degree)
5k	82mVpp	796mVpp	9.7	179

可以觀測到經過以 BJT 為放大器後的輸出與輸入是反向的，且震幅大約增加了 10 倍。與共射極

Common Emmitter 的特性相符。Phase(out->in) = 180 deg, voltage gain = $\beta_0 = 10$ ，與 PN2222 在 data sheet 中寫的相符。



6

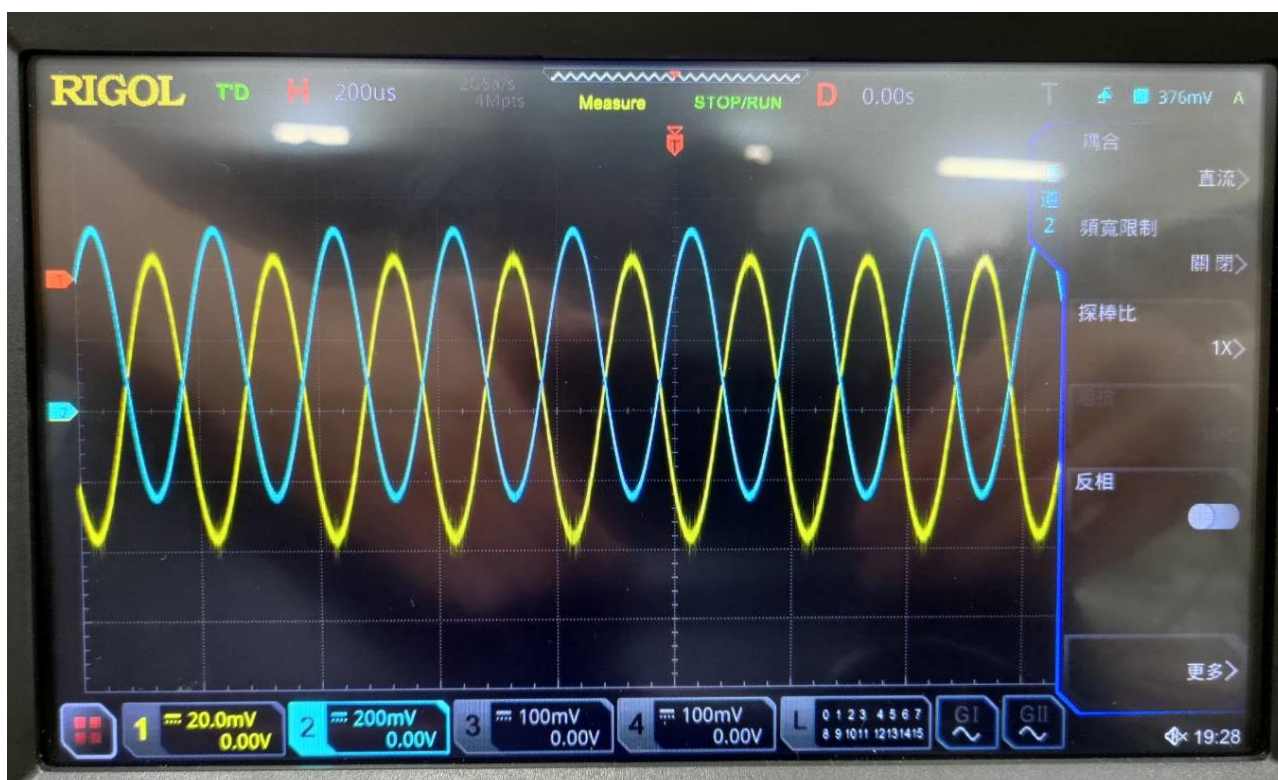
V _b (V)	V _c (V)	V _e (V)	V _{be} (V)	V _{ce} (V)	I _c (A)	I _b (A)	current gain (A/A)
1.31	3.13	0.66	0.65	2.47	6.66mA	38uA	180

$$I_{R5} = \frac{V_{CC} - V_B}{R_5} = \frac{(9.79 - 1.31)V}{50k\Omega} = 1.69 \cdot 10^{-4} A$$

$$I_{R6} = \frac{V_B}{R_6} = \frac{1.31V}{10k\Omega} = 1.31 \cdot 10^{-4} A$$

$$I_B = I_{R5} - I_{R6} = 1.69 \cdot 10^{-4} - 1.31 \cdot 10^{-4} A = 0.38 \cdot 10^{-4} A = 38\mu A$$

7. Q2-in and Q2-out waveform

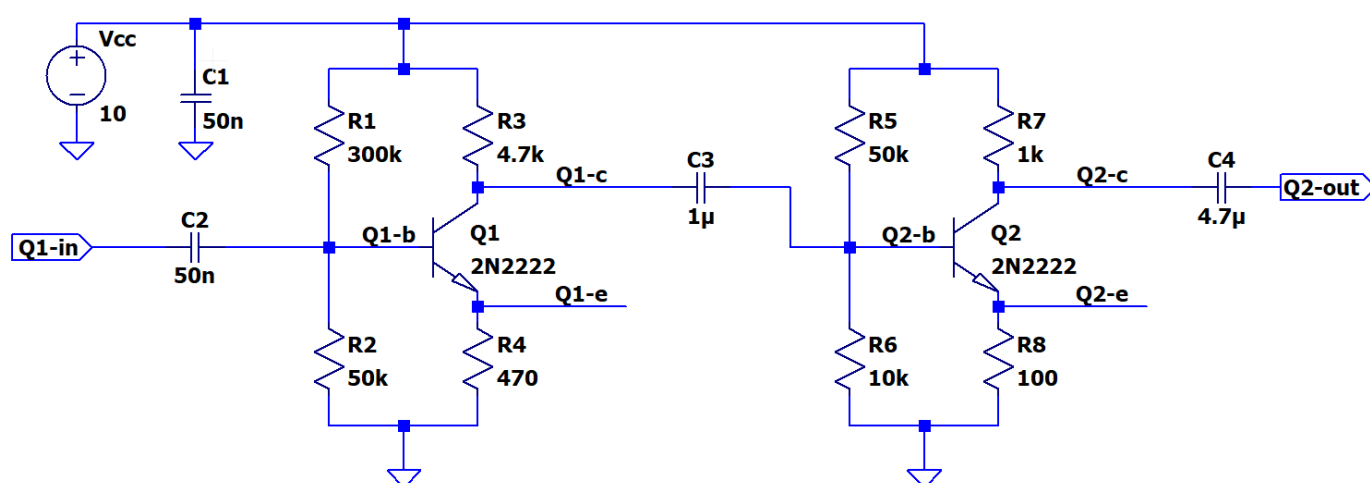


$f_{out,max}$ (Hz)	v_{in} (V)	v_{out} (V)	voltage gain (V/V)	phase difference (out->in) (degree)
5k	81mVpp	766mVpp	9.45	178

可以觀測到經過以 BJT 為放大器後的輸出與輸入是反向的，且震幅大約增加了 10 倍。與共射極

Common Emmitter 的特性相符。Phase(out->in) = 180 deg, voltage gain = $\beta_0 = 10$ ，與 PN2222 在 data sheet 中寫的相符。

Experiment 2: Cascade Amplifier (CE + CE)



2

$f_{out,max}$ (Hz)	V_{Q1-in} (V)	V_{Q2-out} (V)	voltage gain (V/V)	phase difference (Q2-out -> Q1-in) (degree)
10k	81mVpp	4.1Vpp	50.61	1.5
	V_{Q1-in} (V)	V_{Q2-b} (V)	voltage gain (V/V)	phase difference (Q2-b -> Q1-in) (degree)
	81mVpp	426.6mV	5.26	178
	V_{Q1-c} (V)	V_{Q2-out} (V)	voltage gain (V/V)	phase difference (Q2-out -> Q1-c) (degree)
	430mVpp	4.06	9.44	176

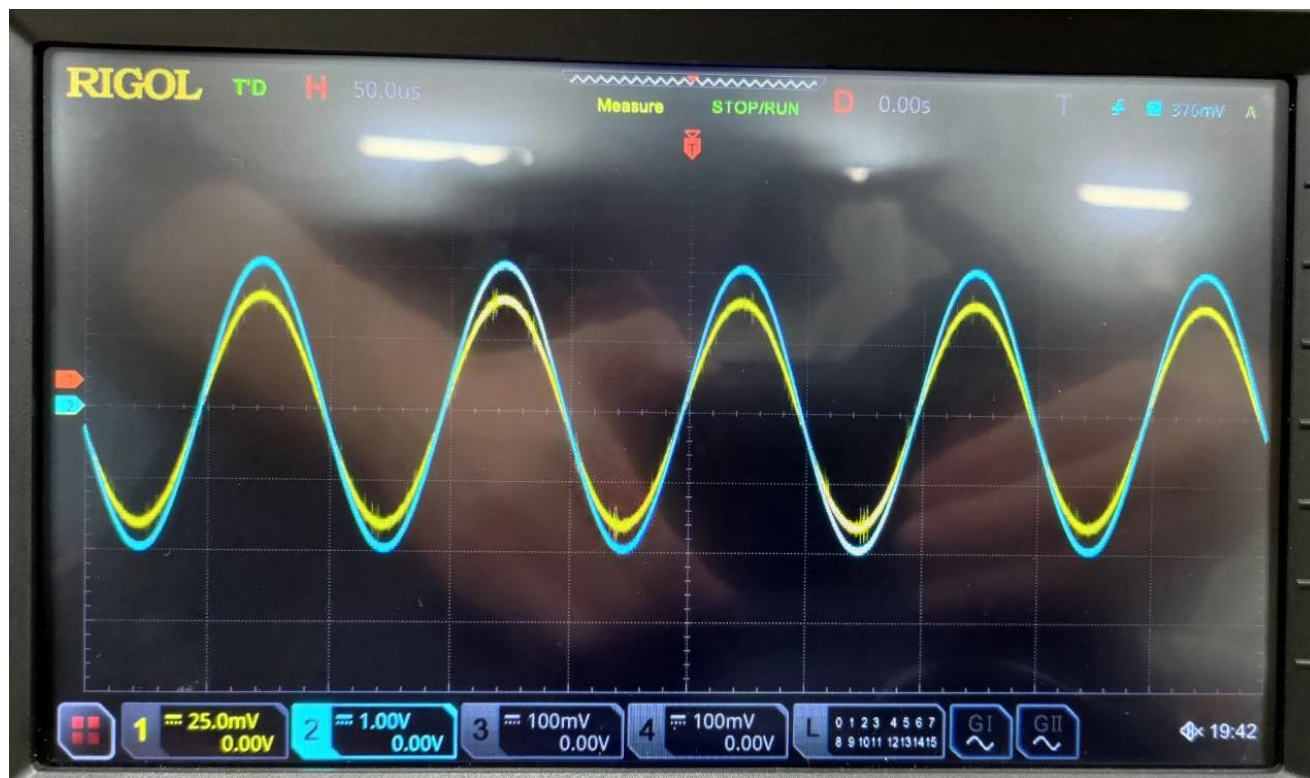
值得注意的是:將兩個 Common Emmitter 接起來，電壓增益 gain 並不等於兩者個別的 gain 直接相

乘。 $50.61 \neq 9.7 \times 9.45$ ， $gain_{total} \neq gain_{CE_1} \times gain_{CE_2}$ 原因可能來自 R_{out} 看出來的阻抗可能不同，在實驗

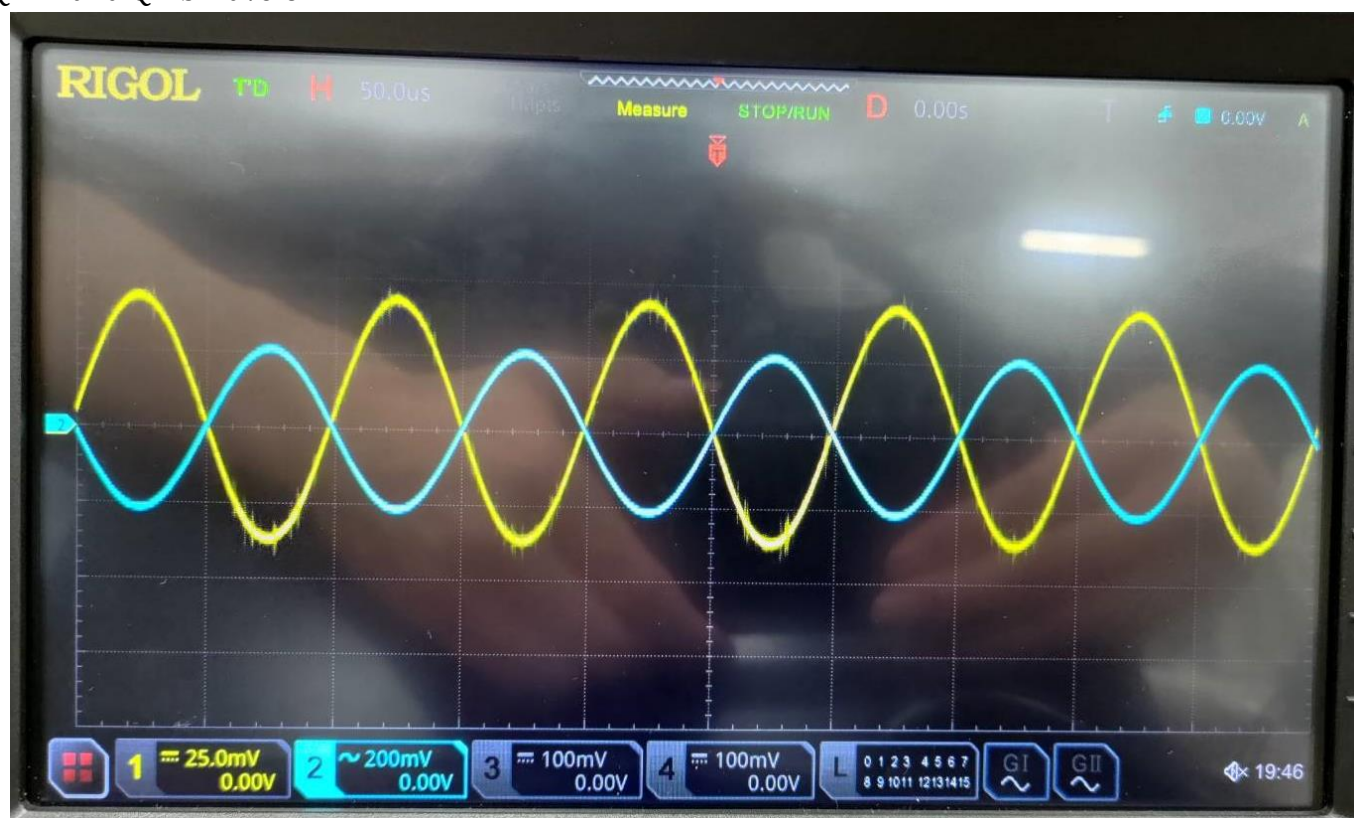
1，第一個 Common Emmitter 電路看出去的阻抗只有一個電容，而對於實驗 2，第一個 Common Emmitter 電路看出去的阻抗其實還有將第二個 Common Emmitter 電路考慮進去，因此可以知道：

$$gain_{total} \neq gain_{CE_1} \times gain_{CE_2}$$

Q1-in and Q2-out waveform



Q1-in and Q2-b waveform





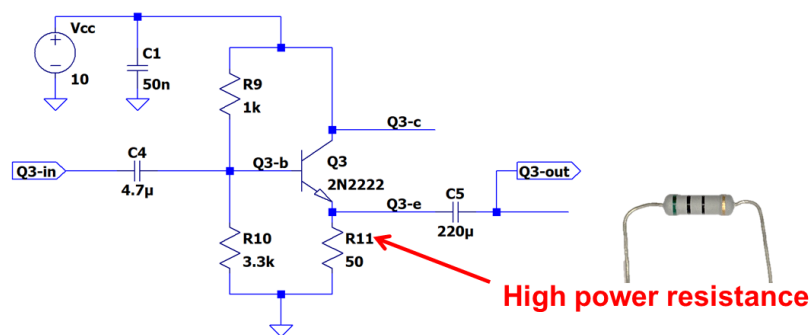
透過量測 PN2222 這個 BJT 的三個腳位(E, B, C)，可以得知 $V_C > V_B > V_E$ ，因此 $V_{BE} > 0$ 為順向偏壓，而 $V_{BC} < 0$ 是為逆向偏壓，此時 BJT 是在運作在 forward active 的階段，因此可以拿來當放大器使用。

在這邊量測 V_{PP} 時，我將其改為交流耦合，原因是在相對於交流成分數值大許多的直流成分若沒有被濾掉將會比較難以觀察，因此我將示波器調整成為交流耦合以方便使用 cursor 量取震幅的數值。

上面表格所記錄的 gain 的數值皆為他的量值，並沒有考慮到相位。由 gain 的定義：

$gain = \frac{V_{out} \angle \theta_{out}}{V_{in} \angle \theta_{in}}$ 可知，其實 gain 其實不應該只有數值部份而已，應該要連同相位一同考慮，因此上面的 gain 的計算若是 phase difference 為 180° 的，應該要把 gain 加上一個負號，以表示 V_{out} 與 V_{in} 為反向的關係。

Experiment 3: Common Collector Amplifier



2

V _b (V)	V _c (V)	V _e (V)	V _{be} (V)	V _{ce} (V)	I _c (A)	I _b (A)	current gain (A/A)
5.33	9.78	4.88	0.45	4.9	110mA	2.84mA	38.73

$$I_{R9} = \frac{V_{CC} - V_B}{R_9} = \frac{(9.78 - 5.33)V}{1k\Omega} = 4.45 \cdot 10^{-3} A$$

$$I_{R10} = \frac{V_B}{R_{10}} = \frac{5.33V}{3.3k\Omega} = 1.61 \cdot 10^{-3} A$$

$$I_B = I_{R9} - I_{R10} = 4.45 \cdot 10^{-3} - 1.61 \cdot 10^{-3} A = 2.84 \cdot 10^{-3} A = 2.84mA$$

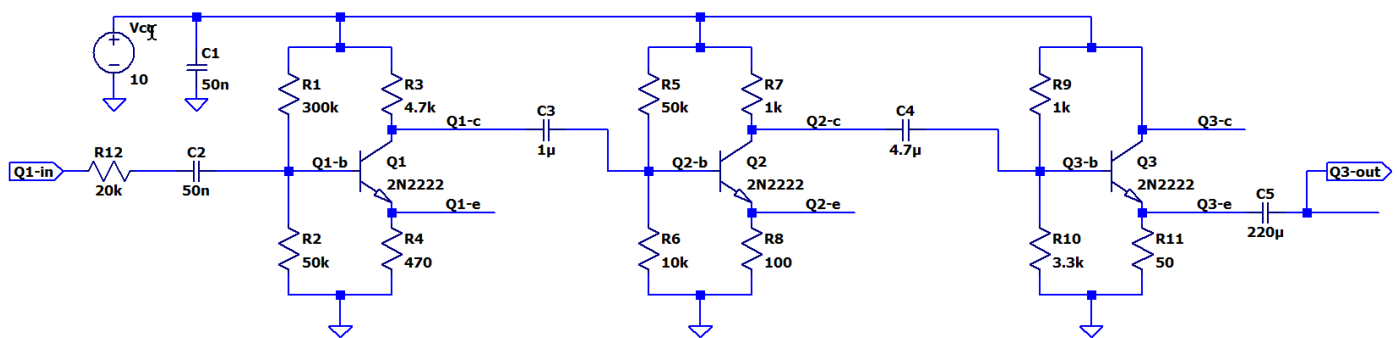
3. Q3-in and Q3-out waveform



f _{out,max} (Hz)	v _{in} (V)	v _{out} (V)	voltage gain (V/V)	phase difference (out->in) (degree)
10k	950mV	960mV	1.01	1.2

由實驗 3 可以得知，Common Collector 的電路增益確實接近 1，這個 stage 可以視為一個緩衝 buffer，使其增加電流，以推動我們實驗四要加上的喇叭。

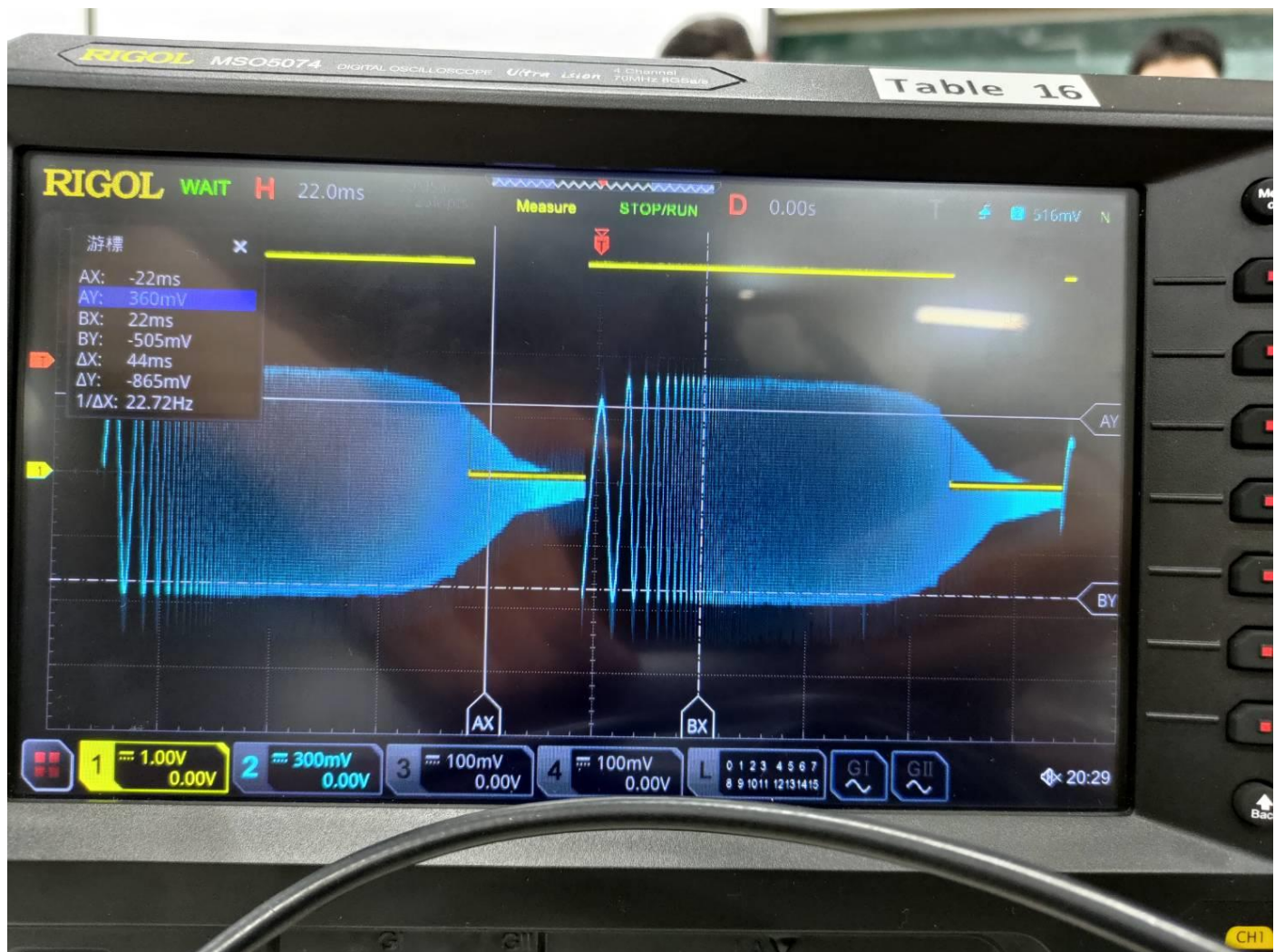
Experiment 4: Audio application (CE + CE + CC)



2

fL3dB (Hz)	fH3dB (Hz)	Bandwidth (Hz)	Vout,max (V)	fout,max (Hz)
110	260k	259.890k	505mV	10k

AC SWEEP waveform (node Q3-out)



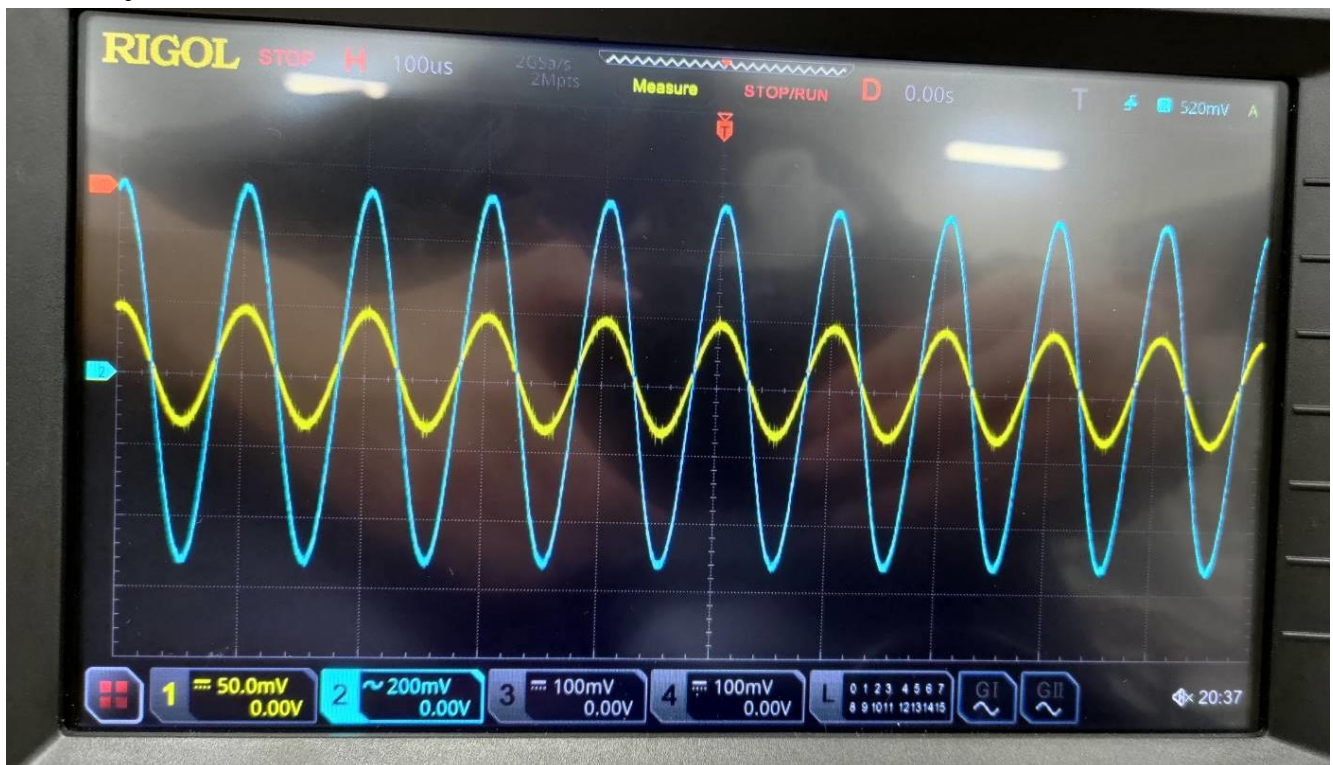
先使用 cursor 量測 Vout,max 的數值，再將其乘上 0.707 並調整 marker frequency 以量測頻寬為合。

找到適合的頻寬之後，我們就可以在這之間尋找一個適當的頻率，將第一級輸入的訊號(FG or 麥克風)放大。

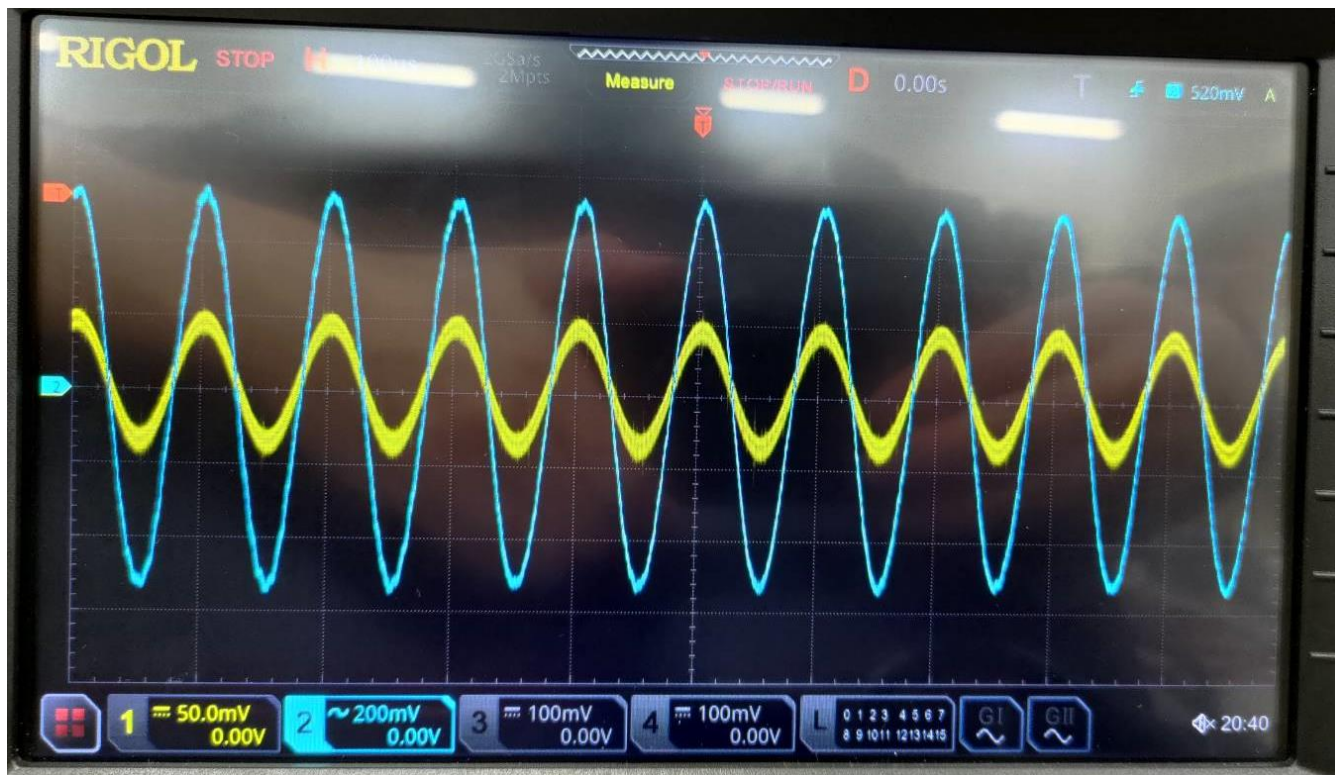
3.

$f_{out,max}$ (Hz)	V_{Q1-in} (V)	V_{Q3-out} (V)	voltage gain (V/V)	phase difference (Q3-out -> Q1-in) (degree)
10k	81mVpp	1.053Vpp	13	1.1
	V_{Q1-in} (V)	V_{Q3-b} (V)	voltage gain (V/V)	phase difference (Q3-b -> Q1-in) (degree)
	81mVpp	1.076Vpp	13.28	2.3
	V_{Q2-c} (V)	V_{Q3-out} (V)	voltage gain (V/V)	phase difference (Q3-out -> Q2-c) (degree)
	1.06Vpp	1.07Vpp	1	0

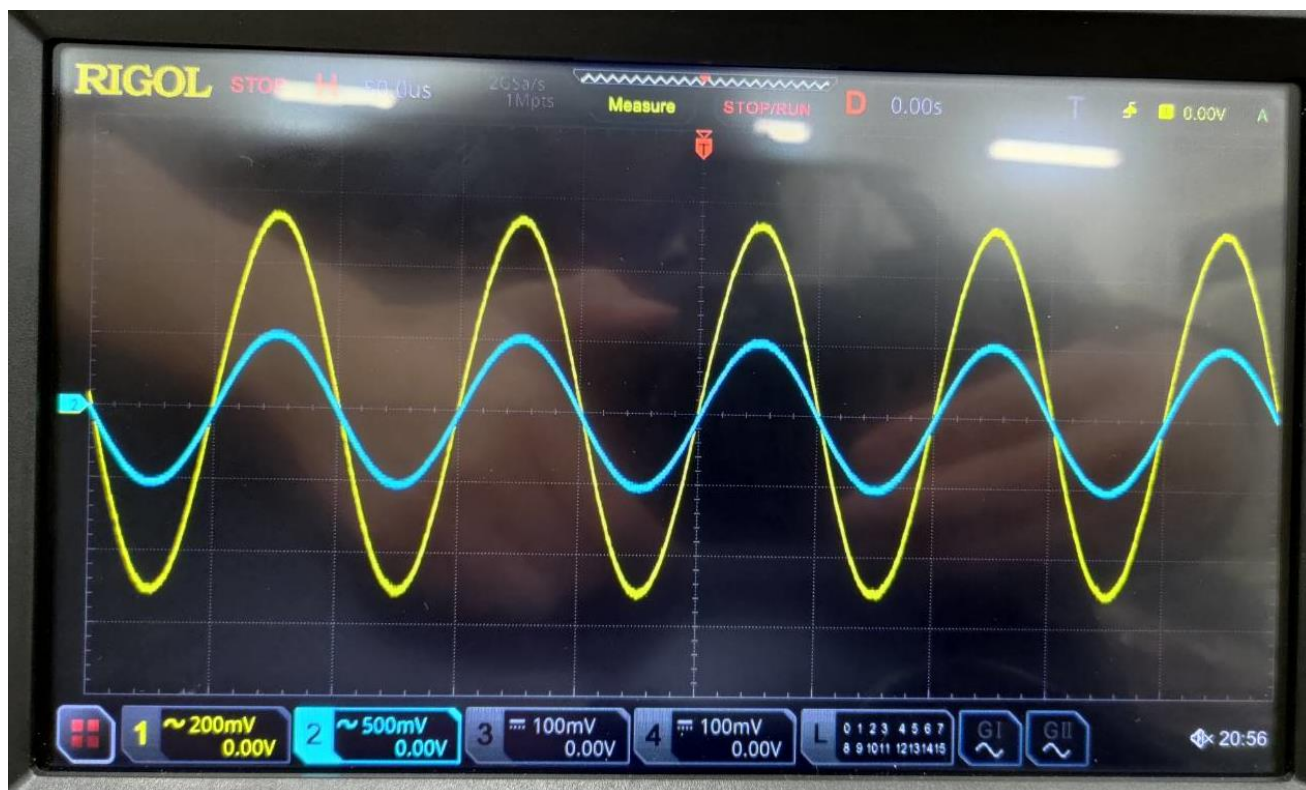
Q1-in and Q3-out waveform



從這張圖可以清楚觀測到這三級的放大器將輸入訊號同向的放大了大約 13 倍，目前是以函數產生器作為輸入的訊號，倘若現在將喇叭接在輸出端子，便可以聽到很明顯大聲刺耳的高頻聲音，原因是 10kHz 的頻率還在人耳能夠聽到的範圍內。換句話說，我聽到頻率為 10kHz 的 sine wave 的聲音了！



Q2-c and Q3-out waveform



可以清楚的觀測到最後一個 stage 的 common collector 電路 gain 為 1

4. Describe what you heard.

使用麥克風作為輸入訊號的媒介後，確實可以很明顯的聽到自己講話的聲音，相較上學期的期末專題清楚許多，猜測是因為這次實驗的工作點都已經很明顯的是在放大區，因此不太會產生失真的問題。因此聲音的解析度也清楚許多。