結報評分標準

圖表	數據	發現問題	電路分析	心得+結論	Reference	
15%	15%	10%	30%	20%	10%	

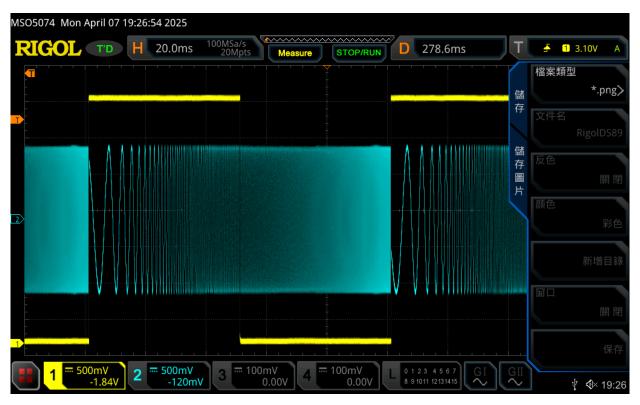
請假後補交結報的規定

- 1. 請假需依規定提出假單申請,並安排時間補做實驗並將核準過的假單截圖貼於下方,助教才會進行 結報的批改。
- 2. 以請假日計算; 需在一星期內完成補做驗, 二個星期內補交結報(將結報交至 Delay 區)。逾時不進行結報批改。例如: 3/1 請假, 需在 3/8 前完成補做實驗, 3/15 前補交結報。

REPORT

Experiment 1: Basic AC Sweep Configuration

2. CH1(SYNC) and CH2(output) waveform with marker= off

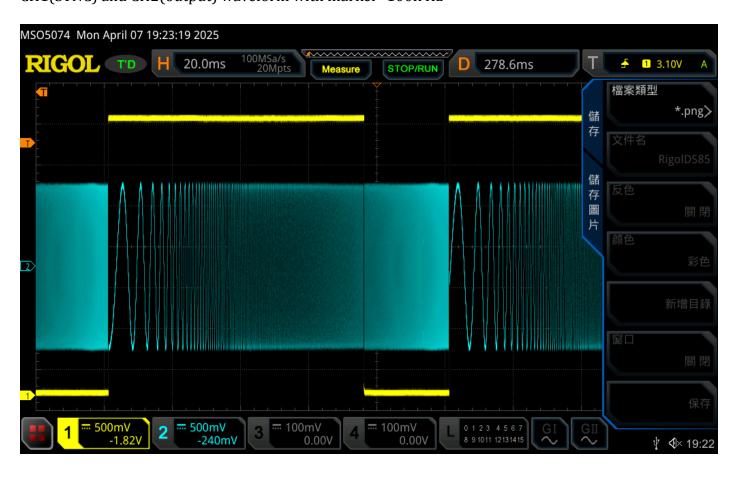


3. CH1(SYNC) and CH2(output) waveform with marker=1k Hz

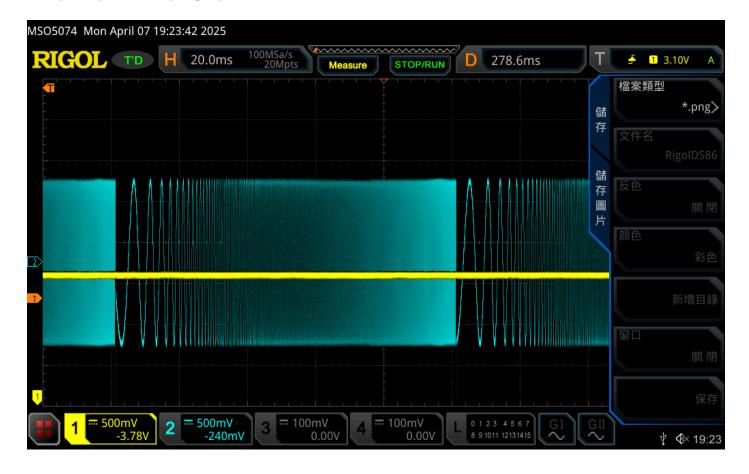




CH1(SYNC) and CH2(output) waveform with marker=100k Hz



CH1(SYNC) and CH2(output) waveform with marker=1M Hz



Question:

What do you find?

一開始 marker 模式還沒打開時,Duty cycle 大約是 50%左右,然後打開之後隨著 marker frequency 的值增長 Duty cycle 明顯等差似的增長。

Marker frequency	Duty cycle (大約的值)
1K	25%
10K	50%
100K	75%
1M	100%

What is the main purpose of the marker frequency?

標記頻率的設置是用來作為我們自定義的檢查點(類似 trigger 的作用),通常通過專用的標記輸出端口以脈衝或觸發信號的形式輸出。

標示特定頻率:在波形範圍內,標記頻率讓您可以鎖定某個特定頻率,透過類似 trigger 的形式讓有 興趣的頻率獨立出來,以便進行觀察或分析。

↓ Question: marker 具體是如何透過頻率來標示取樣的?

透過給定 marker 的頻率來產生一個相對應的 sine 波(例如給定 1K Hz 的頻率,就會產生 1K Hz 頻率的 sine 波),然後用這 sine 波的峰值對待測函數做標定,標定的點會產生一個脈衝,將數值"mark"在有興趣的點上,然後將數值點連起來,以利於資料分析。

What is the AC sweep?

AC Sweep(中文為交流掃頻分析)是一種在電路模擬和測試中常用的技術,用於分析電路在不同頻率下的行為特性。透過對電路施加不同頻率的交流小信號(類似於電子學中的小訊號模型),並測量其輸出響應,透過分析結果獲得電路的幅頻特性和相頻特性,從而了解整個電路的頻率響應。 AC Sweep 的增長可以分為兩種:

- 1. 線性增長
- 2. 對數增長(開 log,可以觀察倍數關係)

變數分析:

在 handout PPT 中我們可以看到在 function generator 的 Sweep 底下的變數設定,其中:

- 1. f_{start} 代表開始掃描的起始頻率
- 2. f_{stop} 代表著結束掃描時的中止頻率
- 3. T_{sween} 代表著掃描所需的時間

What properties does its waveform possesses?



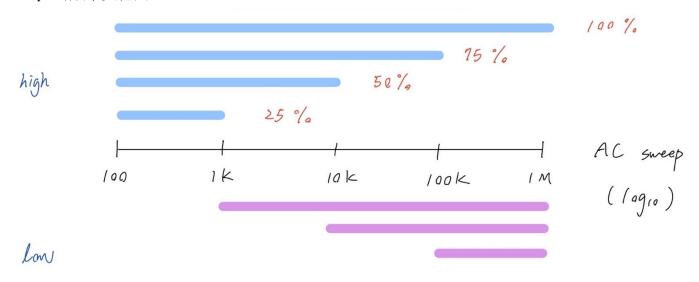
在固定 marker 狀態 時我們可以發現 output 波(也就是藍色的波)會呈 現出一種隨著時間往後 推移波型跟著被擠壓的 現象(頻率增高),所以我大膽地推測這就是經過 AC sweep 後波型的特徵 之一。

What is the relation between marker frequencies and AC sweep waveform?

根據我第一題回答問題我們大致上可以發現:當我 marker 頻率上升時, Duty cycle 的數值會一直上升,接下來我從這幾點線索分析性質:

- 1. AC sweep 的頻率變化是呈線性(對數的線性)增長
- 2. Marker 是用來標記頻率

所以我推測 Duty cycle 的高電位是 marker 取樣頻率以下的頻率,而相反地,低電位就是大於 marker 的取樣頻率的波,以下是我的分析圖,marker 的頻率變化有 $1k \cdot 10k \cdot 100k \cdot 1M$,然後 AC sweep 的頻率變化由 $100~Hz \sim 1M~Hz$ 。

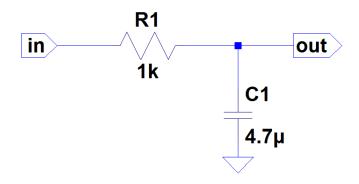


可以清楚地發現當我的 marker 頻率增高時, Duty cycle 也會跟著等比成長。

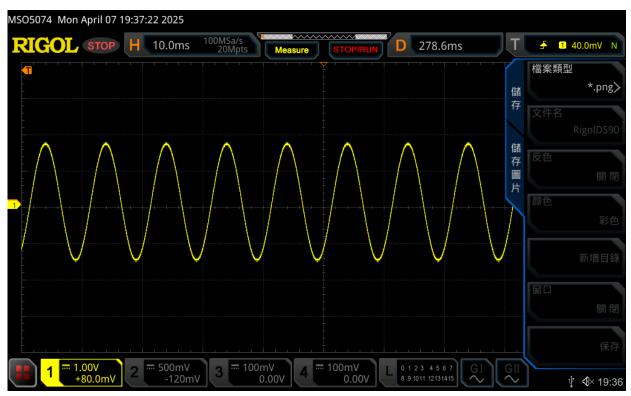
♣ 結論

在實驗一中,我們複習認知到 AC sweep 在頻域分析中扮演著什麼角色,並透過 AC sweep 的特性去觀察與 Duty cycle 的關係。

Experiment 2: The Transient Response of RC Circuits

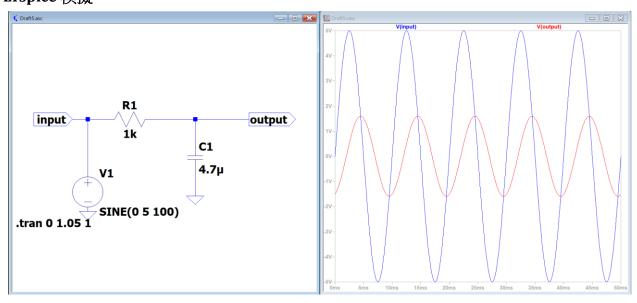


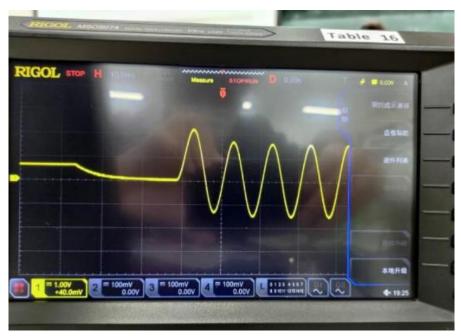
3. transient waveform



抱歉助教...這張圖可能沒截到需要的波型,忘了調控時間域範圍...

↓ LTspice 模擬





▲上圖是從學長的結報截取,用於討論用

▲ 電路分析

電路在一開始從初始穩態開始受到輸入訊號的觸發後,會進入一段瞬態響應的階段,這是因為電路中的元件(在此實驗中是 C1 電容)會需要充電等等來穩定工作階段,為未來的輸出做準備,在瞬態的階段下電路的輸出波型可能會經歷振盪、過衝(overshoot)、下衝(undershoot)或非線性響應,而在實驗中的電容在充電時電流會隨時間呈指數衰減。

● 低通濾波器分析:

$$V_{C}(s) = \frac{\frac{1}{sC}}{R + \frac{1}{sC}} V_{S}(s)$$

$$= \frac{1}{1 + sRC} V_{S}(s)$$

$$H(s) = \frac{V_{C}(s)}{V_{S}(s)} = \frac{1}{1 + sRC} \quad as \quad s = jW \quad and \quad W_{0} = \frac{1}{RC}$$

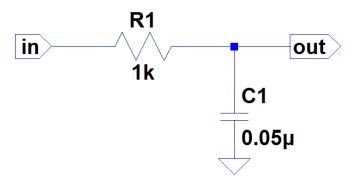
$$H(w) = \frac{1}{1 + \frac{jW}{w_{0}}} \quad |H(s)| = \sqrt{\frac{1}{1 + (\frac{w}{w_{0}})^{2}}}$$

$$3dB \Rightarrow w = w_{0} = \frac{1}{RC} \Rightarrow f_{2dB} = \frac{1}{LRC} = 33.86 \text{ Hz}$$

♣ 結論

在這次的實驗中我們會讓訊號經過低通濾波器,透過電容充/放電的特性使輸出訊號在示波器上 會呈現一段的暫態響應。

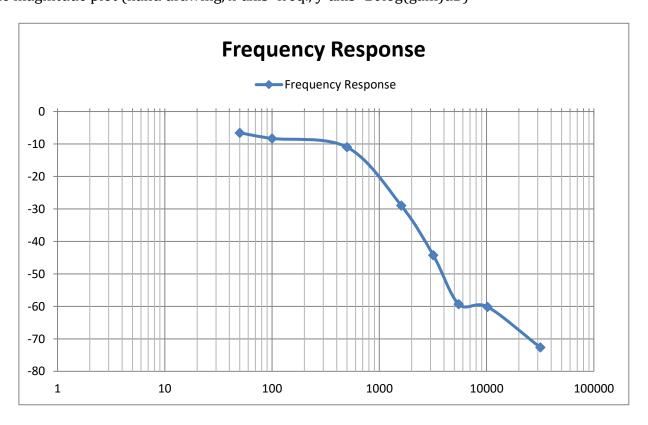
Experiment 3: First-Order Low-pass filter and High-pass filter



2.

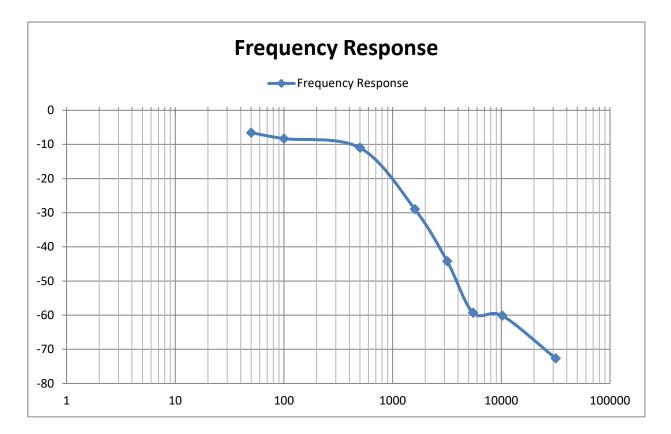
	f1	f2	f3	f4	f5	f6	f6	f8
Target								
Freq.	50	100	500	1.60k	3.18k	5.5k	10.2k	31.7k
(Hz)								
Vout,pp	10.605	10.605	10.388	8.874	6.71	4762	2 2 4 7	1.029
(V)		10.005	10.388	8.874	0./1	4.762	3.247	1.029
Vin,pp	11.329	10.910	11.329	10.91	10.01	10.91	10.91	10.91
(V)					10.91	10.91	10.91	10.91
gain	0.936	0.072	0.016	0.013	0.615	0.426	0.207	0.004
(V/V)		0.972	0.916	0.813	0.615	0.436	0.297	0.094
phase								
out->in	-6.56	-8.29	-10.985	-28.943	-44.22	-59.3	-60.15	-72.65
(degree)								

Bode magnitude plot (hand drawing, x-axis=freq., y-axis=20log(gain)dB)

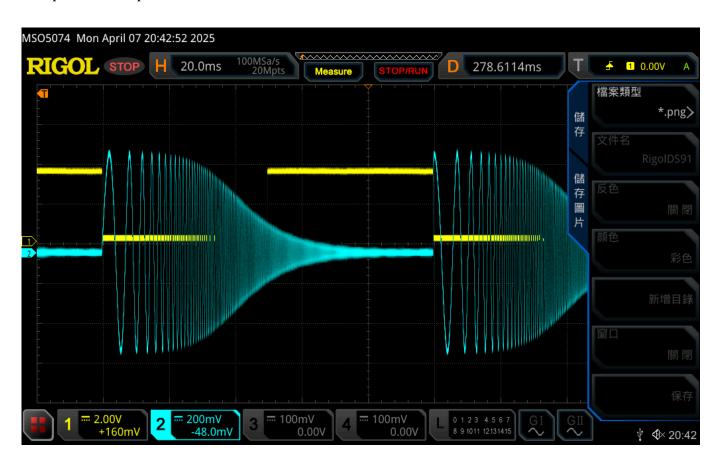


Filters Lab1

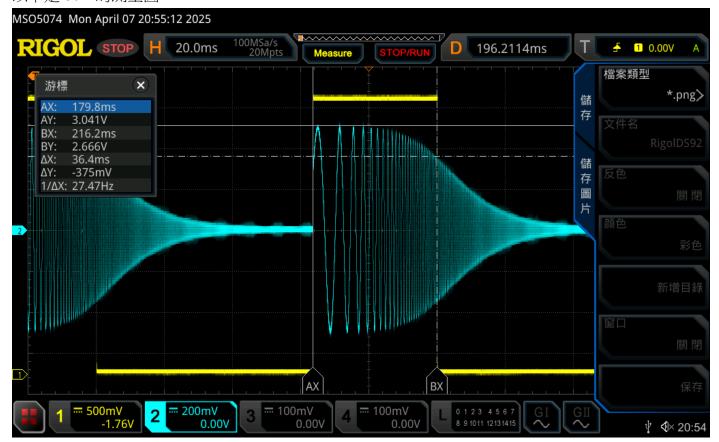
Bode phase plot (hand drawing, x-axis=freq., y-axis=phase difference (out to in) degree)



3. Output AC Sweep waveform



以下是 3dB 的測量圖



▲ 電路分析

● 3dB 計算:

$$V_{c}(s) = \frac{\frac{1}{sC}}{R + \frac{1}{sC}} V_{s}(s)$$

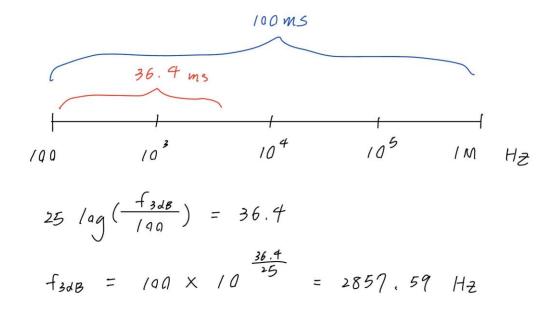
$$= \frac{1}{1 + sRC} V_{s}(s)$$

$$H(s) = \frac{V_{c}(s)}{V_{s}(s)} = \frac{1}{1 + sRC} \quad as \quad s = jw \quad and \quad w_{0} = \frac{1}{RC}$$

$$H(w) = \frac{1}{1 + \frac{jw}{w_{0}}} \quad |H(s)| = \sqrt{\frac{1}{1 + (\frac{w}{w_{0}})^{2}}}$$

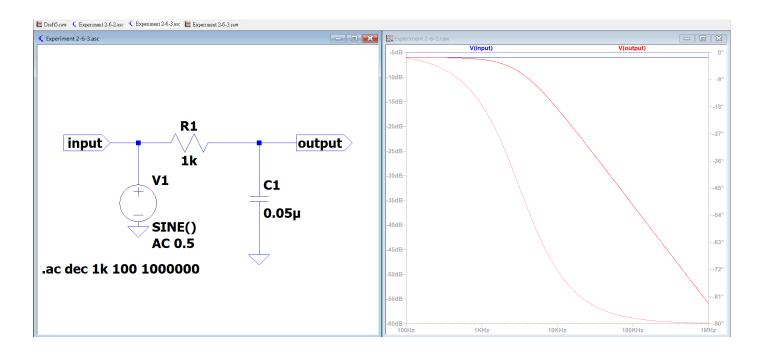
$$3dB \Rightarrow w = w_{0} = \frac{1}{RC} \Rightarrow f_{3dB} = \frac{1}{2\pi RC} = 3/83.1 \text{ Hz}$$

透過理論分析 transfer function 我們可以發現 3dB freq. 大致上為 3183.1 Hz



單論 cursor 測量電壓與時間間隔可以透過關係式推得 3dB 點大概為 2897.59 Hz

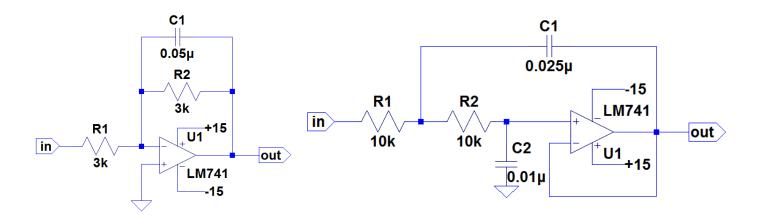
● LTspice 模擬



4 結論

在這次的實驗中我們輸入不同的頻率,觀察並記錄電壓放大倍率、phase 角等等資訊,最後在用 excel 繪製波特圖。

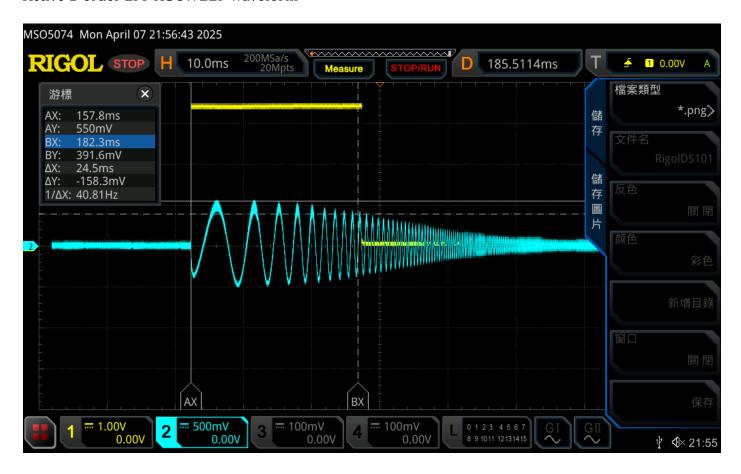
Experiment 4: Active First-Order and Second-Order Low-pass filter



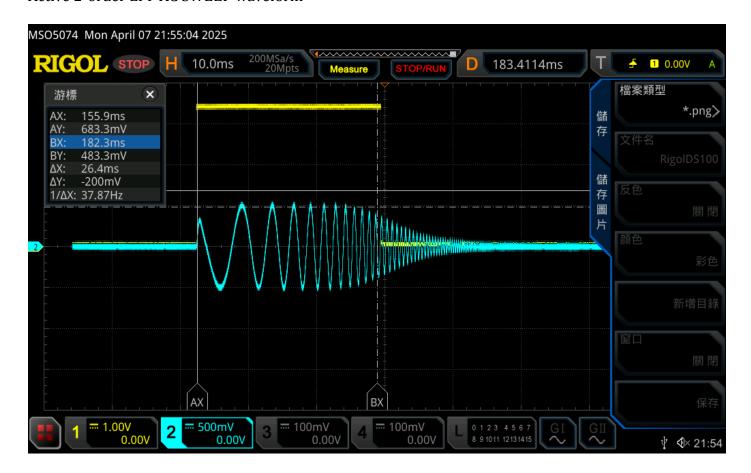
1.

f _{3dB} (measured) (I			
1 st order LPF	1k		
2 nd order LPF	1.2k		

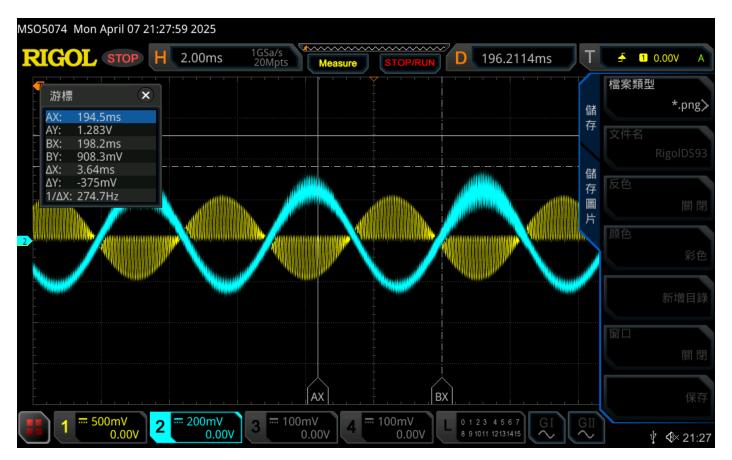
Active 1-order LPF AC SWEEP waveform



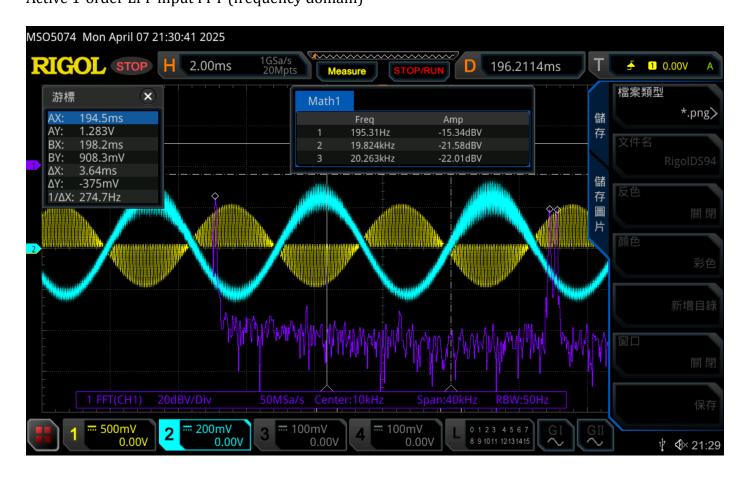
Filters
Active 2-order LPF AC SWEEP waveform



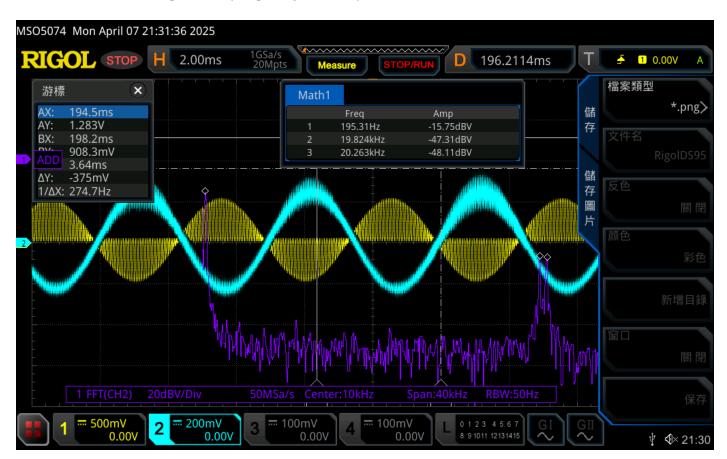
2. Active 1-order LPF input and output waveform (time domain)



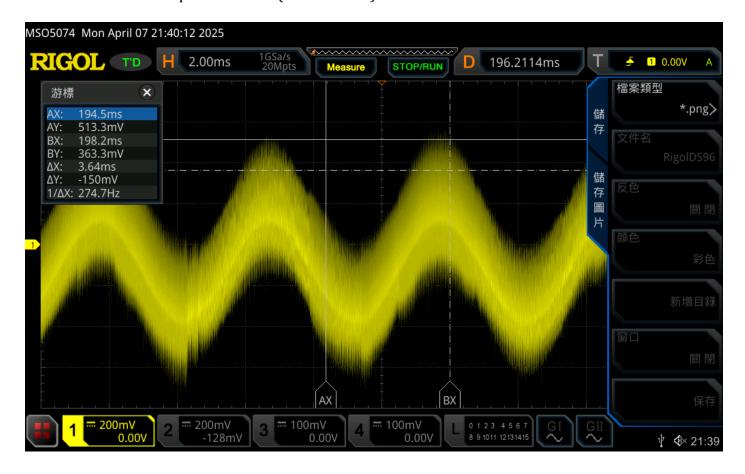
Filters
Active 1-order LPF input FFT (frequency domain)



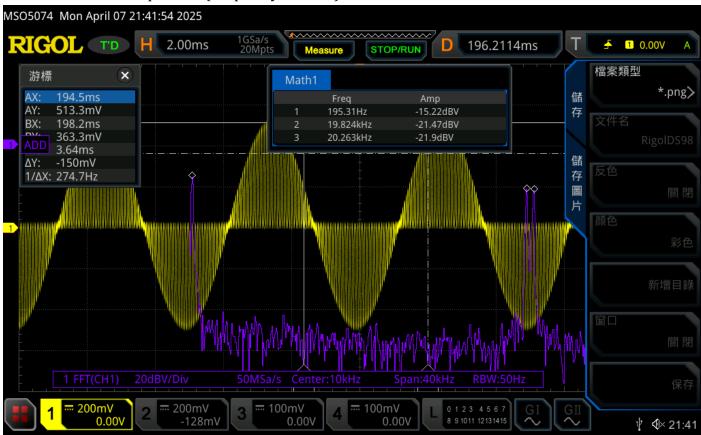
Active 1-order LPF output FFT (frequency domain)



Active 2-order LPF output waveform (time domain)



Active 2-order LPF input FFT (frequency domain)



Lab1

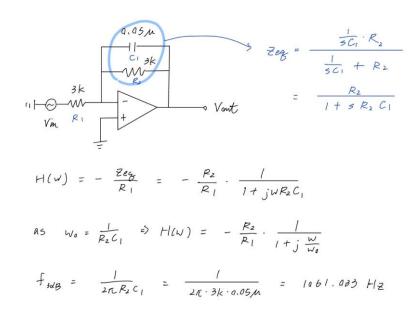
Active 2-order LPF output FFT (frequency domain)



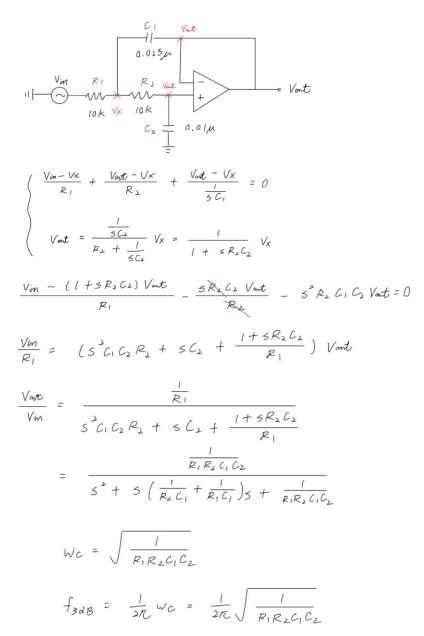
	Carrier		Lower sideband		Upper sideband	
	195.31	Hz	19.824k H	łz	20.263k	Hz
Before filter	-15.22	dB	-21	1.9		dB
After 1 st order filter -15.75 dB		dB	-48.11			dB
After 2 nd order filter	-15.32	dB	-46.	.28		dB

♣ 電路分析

● 1st order LPF 的 3dB 頻率計算:

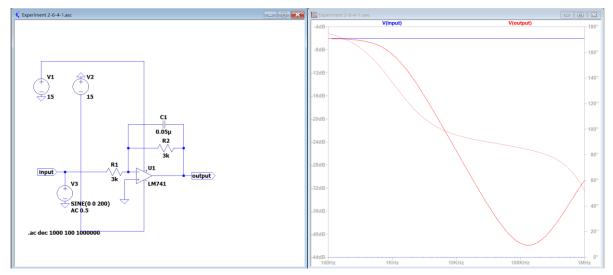


● 2nd order LPF 的 3dB 頻率計算:

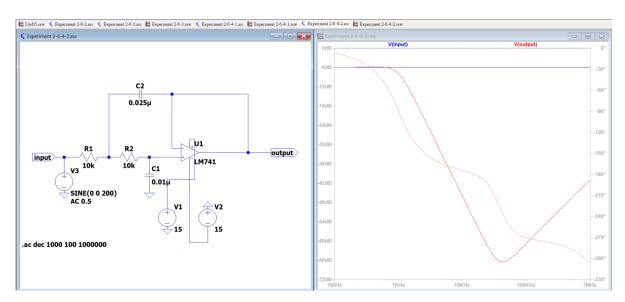


最後我們帶入公式後可知: 3dB的頻率為 1006.58 Hz

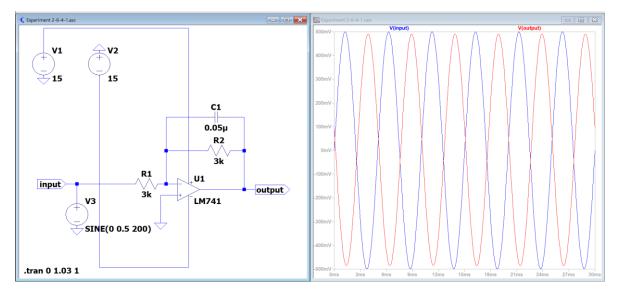
↓ LTspice 模擬



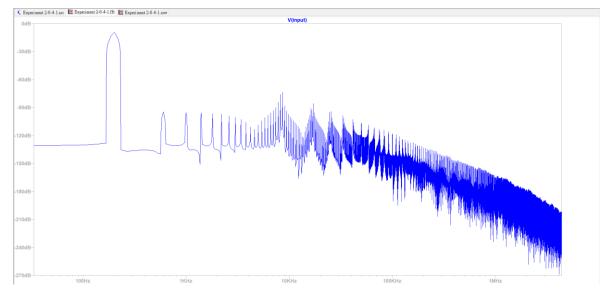
▲ 1 order LPF AC sweep



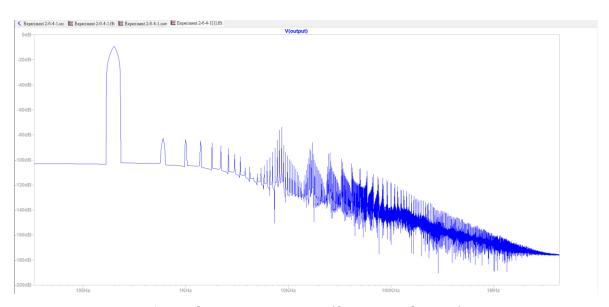
▲ 2 order LPF AC sweep



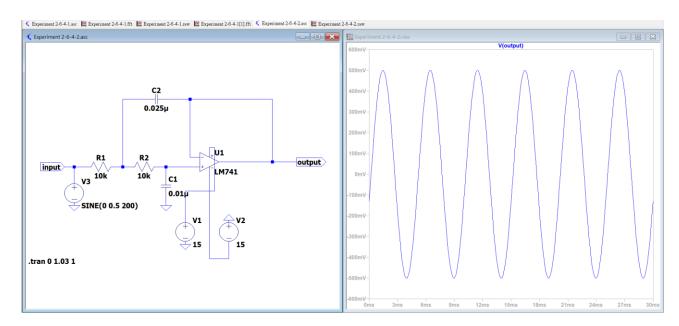
▲1-order LPF input and output waveform (time domain)



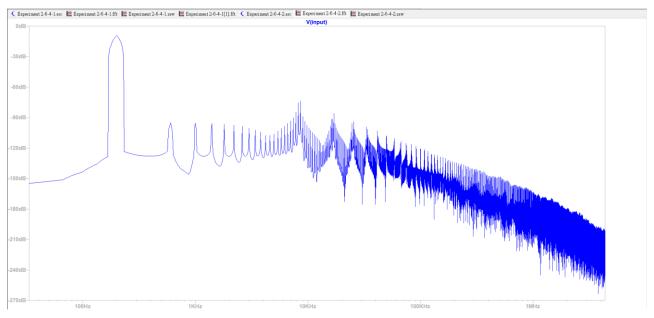
▲ 1-order LPF input FFT (frequency domain)



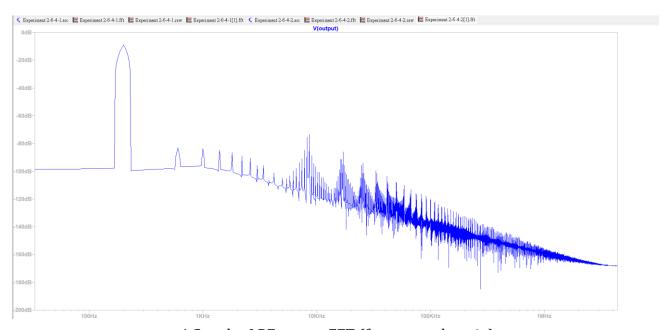
▲1-order LPF output FFT (frequency domain)



▲2-order LPF output waveform (time domain)



▲2-order LPF input FFT (frequency domain)



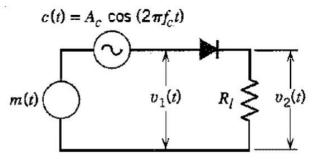
▲2-order LPF output FFT (frequency domain)

♣ 結論

在實驗四中,我們接出 1 階與 2 階的低通濾波器,然後再透過快速傅立葉轉換分析頻譜的特徵,觀察波型得出 carrier、lower sideband、upper sideband 的分量。

♣ 問題

1. AM modulation 可以怎麽建構?



如右圖,我們可以透過一個二極體還有一個電阻簡單 建構出 AM,但為什麼這樣簡單的電路就能 modulation 呢?

$$V_{1}(t) = m(t) + A_{c} \cos(2\pi f_{c}t)$$

$$V_{1}(t) = m(t) + A_{c} \cos(2\pi f_{c}t)$$

$$V_{1}(t) = (m(t) + A_{c} \cos(1\pi f_{c}t))^{2}$$

$$= m^{2}(t) + 2A_{c} m(t) \cos(2\pi f_{c}t) + A_{c}^{2} \cos^{2}(2\pi f_{c}t)$$

$$V_{1}(t) = m^{1}(t) + 2A_{c} m(t) \cos(2\pi f_{c}t) + \frac{A_{c}^{2}}{2} + \frac{A_{c}^{2}}{2} \cos(4\pi f_{c}t)$$

$$V_{1}(t) = m^{1}(t) + 2A_{c} m(t) \cos(2\pi f_{c}t) + \frac{A_{c}^{2}}{2} + \frac{A_{c}^{2}}{2} \cos(4\pi f_{c}t)$$
as $ia(t) = aV_{1}(t) + bV_{1}(t)$

$$iu(t) = am(t) + aA_{c} \cos(2\pi f_{c}t) + bm^{2}(t)$$

$$+ 2bA_{c} m(t) \cos(2\pi f_{c}t) + \frac{bA_{c}^{2}}{2} + \frac{bA_{c}^{2}}{2} \cos(4\pi f_{c}t)$$

$$V_{2}(t) = R \cdot iu(t)$$

$$= R \cdot iu(t) + aA_{c} \cos(2\pi f_{c}t) + bm^{2}(t)$$

$$+ 2bA_{c} m(t) \cos(2\pi f_{c}t) + \frac{bA_{c}^{2}}{2} + \frac{bA_{c}^{2}}{2} \cos(4\pi f_{c}t)$$

$$modulation$$

$$high f$$

$$(filter aut)$$

如上圖分析,我們可以透過簡單的二極體非線性的關係(exponential relationship)做泰勒展開式並保留 degree 小於 2 的項式,再透過簡單的歐姆定律即可推導出~

2. SSB modulation 如何 modulate lower/upper sideband?

If we want to transmit upper sidehand.

use pre-envelope form.

$$S(t) = Re \left\{ \left(m(t) + j \hat{m}(t) \right) e^{j \ln t \cdot t} \right\}$$

$$= Re \left\{ \left(m(t) + j \hat{m}(t) \right) \left(\cos(2\pi t \cdot t) + j \sin(2\pi t \cdot t) \right) \right\}$$

$$= Re \left\{ \left(m(t) + j \hat{m}(t) \right) \left(\cos(2\pi t \cdot t) + j \sin(2\pi t \cdot t) + j \hat{m}(t) \cos(2\pi t \cdot t) \right) \right\}$$

$$= Re \left\{ \left(m(t) \cos(2\pi t \cdot t) + j \sin(2\pi t \cdot t) + j \hat{m}(t) \cos(2\pi t \cdot t) \right\}$$

$$= m(t) \cos(2\pi t \cdot t) - \hat{m}(t) \sin(2\pi t \cdot t) + j \sin(2\pi t \cdot t) \right\}$$

$$= Re \left\{ \left(m(t) - j \hat{m}(t) \right) \left(\cos(2\pi t \cdot t) + j \sin(2\pi t \cdot t) \right) \right\}$$

$$= Re \left\{ \left(m(t) - j \hat{m}(t) \right) \left(\cos(2\pi t \cdot t) + j \sin(2\pi t \cdot t) + j \hat{m}(t) \cos(2\pi t \cdot t) + j \sin(2\pi t \cdot t) \right\}$$

$$= m(t) \cos(2\pi t \cdot t) + j \sin(2\pi t \cdot t)$$

$$= m(t) \cos(2\pi t \cdot t) + \hat{m}(t) \sin(2\pi t \cdot t)$$

我們可以用 Hibert transform 的概念解釋 bandpass filter,然後再用預包絡(pre-envelope)去做 frequency shifting 再取實數域的部分,這樣我們就可以得出取 lower/upper sideband 的分析

♣ 心得

這次實驗讓我有些緊張,因為之前用 Arduino 實在太輕鬆了,每次只要寫好程式、燒錄到 Arduino 板上就能完成實驗。有時甚至不用電子實驗器材,直接在宿舍用電腦就能實作。但這次實驗回歸上學期的模式,以濾波器(filter)等主題為主,還得準備期中考,前幾週的小考也幾乎沒時間複習,讓我對這次實驗更沒把握。

實驗結束後,我有點後悔一開始先做第 1、2 題,沒想到這次實驗量這麼大,差五分鐘就全部完成了,真的很可惜。不過,後面有關傅立葉轉換的**載波(carrier)、上邊帶(upper sideband)、下邊帶(lower sideband)**對我來說特別熟悉。因為這學期我選修了通訊原理,最近學的正是 SSB(單邊帶調變)、VSB(殘餘邊帶調變)、DSB-SC(雙邊帶抑制載波調變)等 AM 調變方法,所以這部分我感到得心應手。

♣ 引用

● 學長結報

https://github.com/coherent17/Electronics-Lab/blob/main/Spring%20Semester/Lab01 Filters/Lab01 RE Filters 0811562 %E4%BD%95%E7%A5%81%E6%81%A9.pdf

● 暫態響應 https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%9A%AB%E6%85%8B%E9%9F%BF%E6%87%89