

電工實驗 5

實驗五：FIR 濾波器設計

結報

Date: 2024/12/16

Class: 電機四全英班

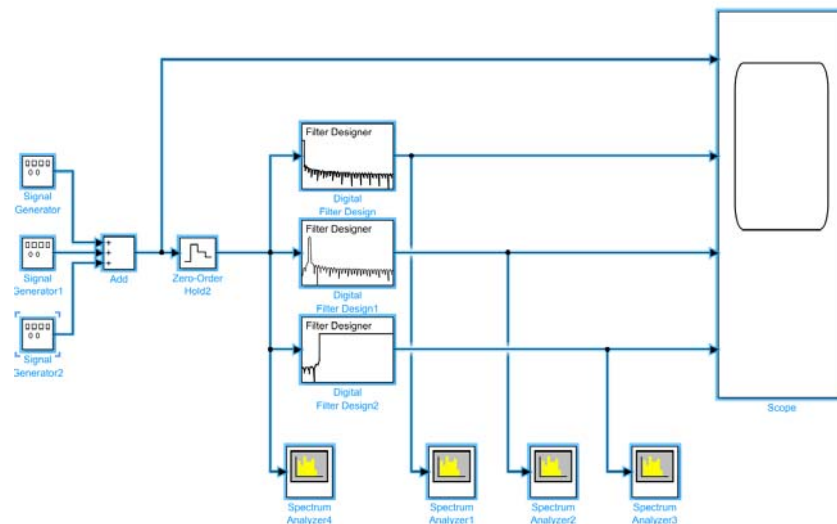
Group: Group 9

Name: B103105006 胡庭翊

I. 實驗目的

利用 Simulink (Matlab) 設計低通、帶通；高通濾波器。

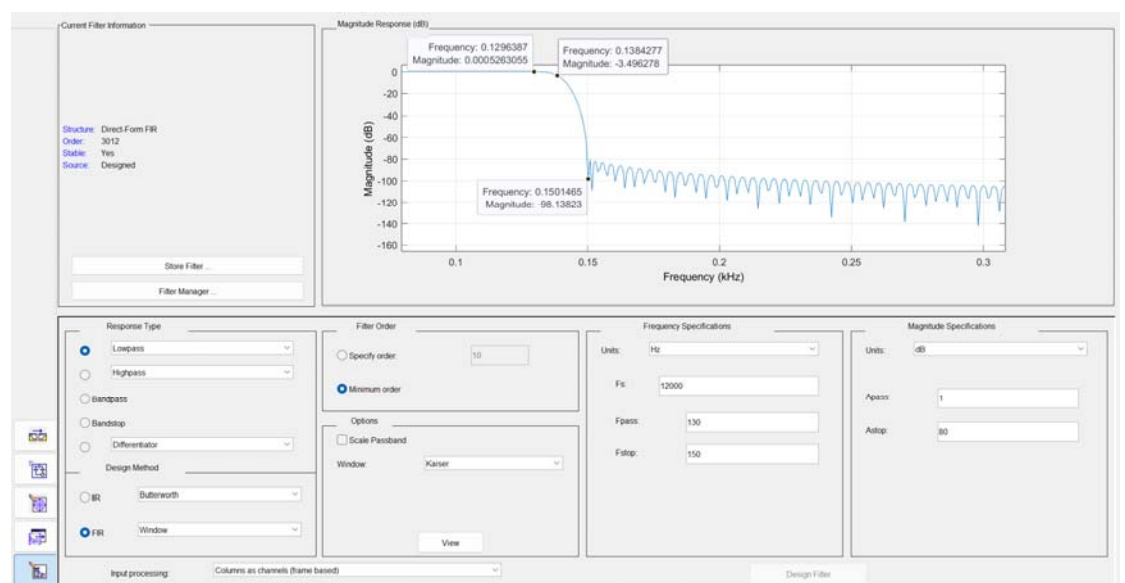
II. 系統設計圖



首先，利用左側的三個訊號產生器各生成一個正弦波，頻率分別設定為 120Hz、480Hz 和 1200Hz(依我的學號尾數 06 而定)。將這三個訊號相加後，透過 zero-order hold 採樣(採樣頻率設定為 12000Hz)，然後依序通過低通、帶通與高通三種類型的濾波器。最後使用示波器觀察每個濾波器的濾波效果是否符合預期。

III. 濾波器設計之參數

甲、低通濾波器

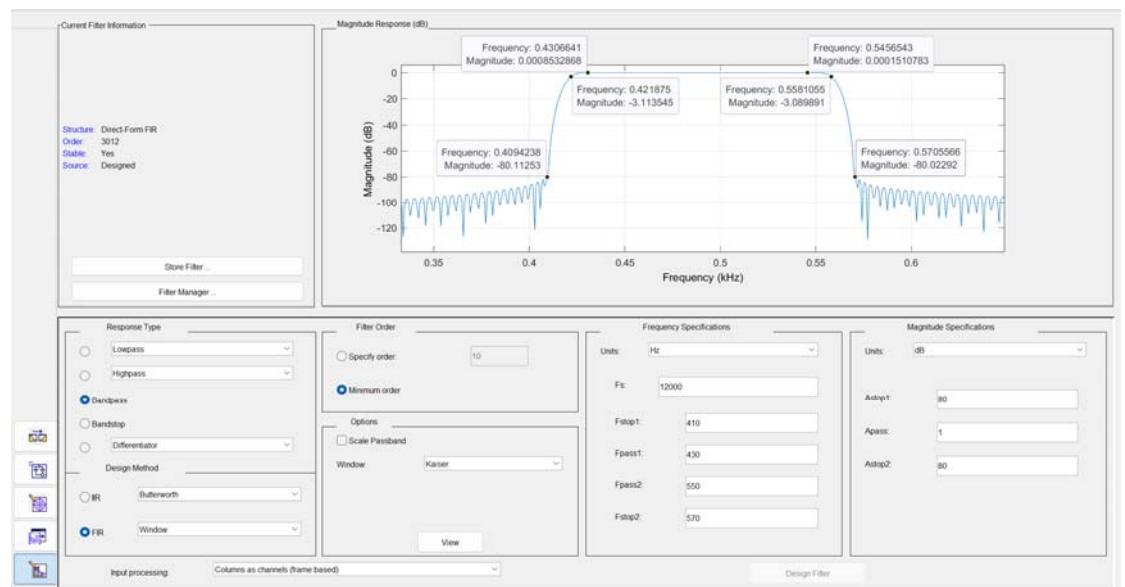


設置參數：

- 採樣頻率 $F_s=12000$ Hz
- 通帶截止頻率 $F_{pass}=130$ Hz
- 阻帶起始頻率 $F_{stop}=150$ Hz
- 通帶衰減 $A_{pass}=1$ dB
- 阻帶衰減 $A_{stop}=80$ dB

濾波器設計後，從頻率響應圖中可以觀察到通帶與阻帶交界處的頻率對應到設定的 A_{pass} 和 A_{stop} ，而當信號衰減至-3dB 時，對應頻率即為截止頻率 $F_c=150$ Hz。

乙、帶通濾波器

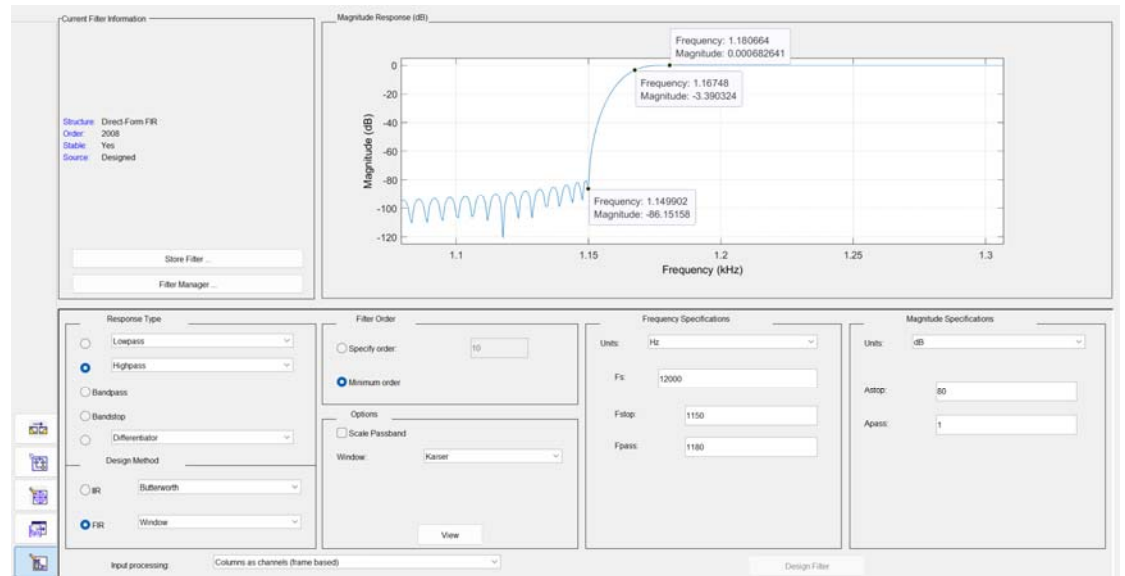


設置參數：

- 採樣頻率 $F_s=12000$ Hz
- 阻帶起始頻率 $F_{stop1}=410$ Hz
- 通帶起始頻率 $F_{pass1}=430$ Hz
- 通帶終止頻率 $F_{pass2}=550$ Hz
- 阻帶終止頻率 $F_{stop2}=570$ Hz
- 通帶衰減 $A_{pass}=1$ dB
- 阻帶衰減 $A_{stop1}, A_{stop2}=80$ dB

頻率響應圖中，可觀察到通帶頻率區間（ F_{pass1} 與 F_{pass2} ）以及阻帶的起始與終止頻率分別對應設定的參數，兩側-3dB 點對應的截止頻率為 $F_{c1}=409$ Hz 和 $F_{c2}=570$ Hz。

丙、 高通濾波器



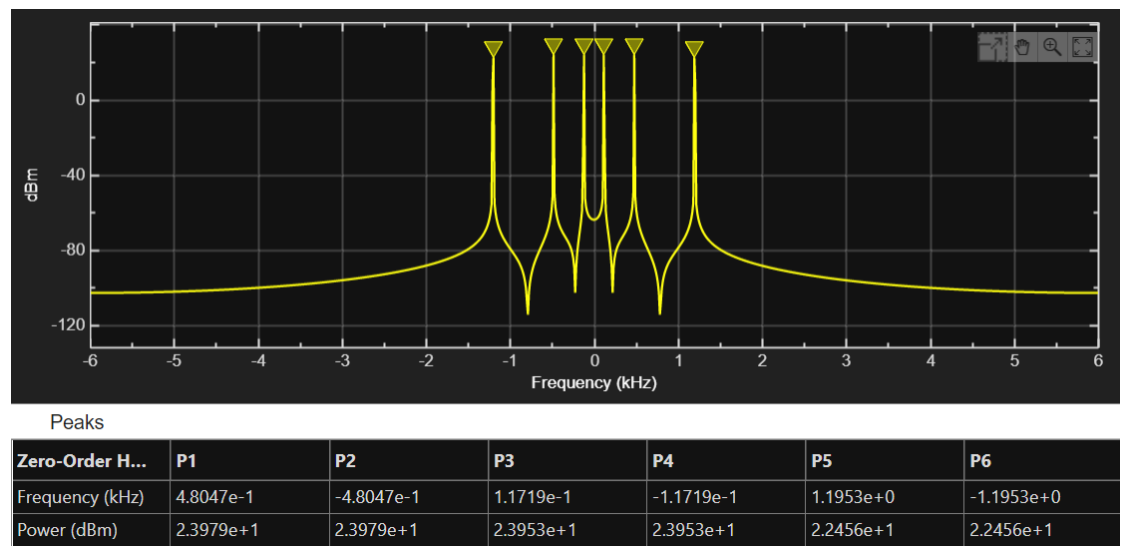
設置參數：

- 採樣頻率 $F_s=12000$ Hz
- 通帶起始頻率 $F_{\text{pass}}=1150$ Hz
- 阻帶起始頻率 $F_{\text{stop}}=1180$ Hz
- 通帶衰減 $A_{\text{pass}}=1$ dB
- 阻帶衰減 $A_{\text{stop}}=80$ dB

設計完成後，從頻率響應圖中可確認通帶起始頻率與通帶衰減 A_{pass} 、阻帶起始頻率與阻帶衰減 A_{stop} ，以及截止頻率 $F_c=1149$ Hz。

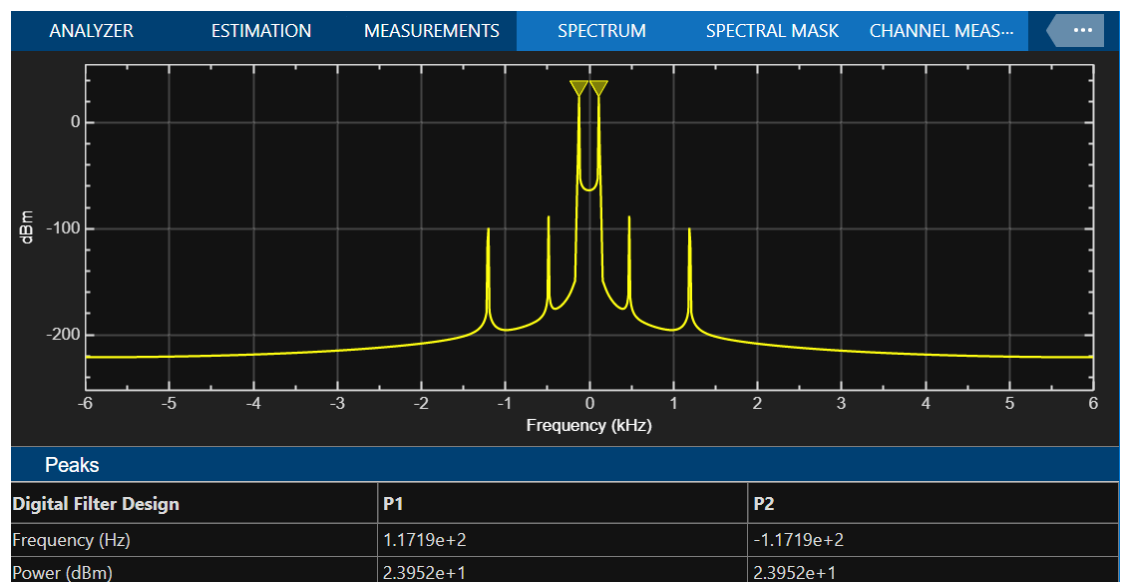
IV. 模擬結果圖

甲、 全輸入訊號 (spectrum scope4)



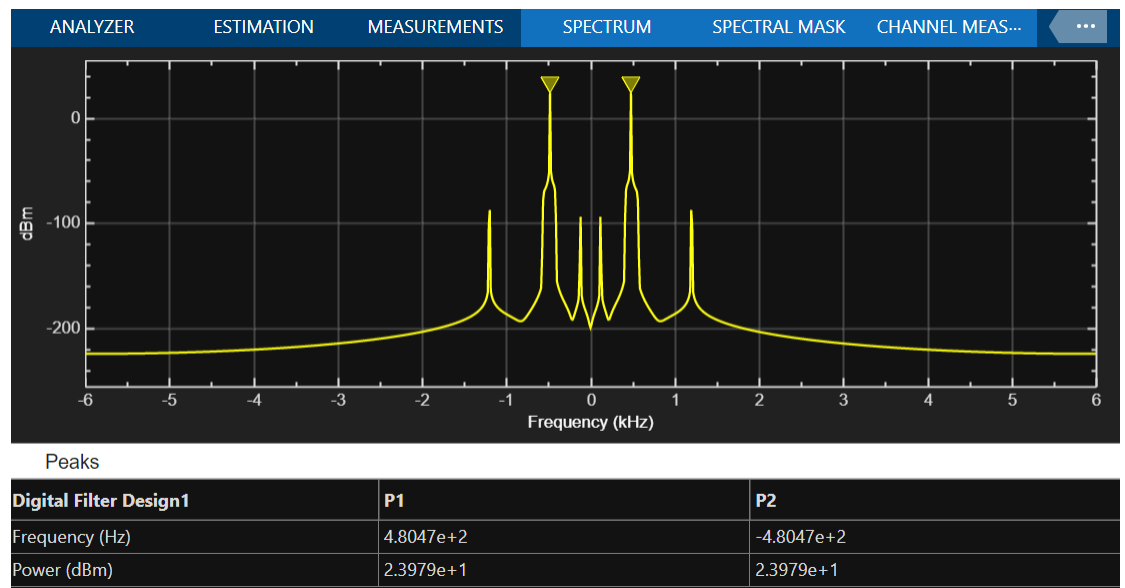
初始訊號為三種不同頻率正弦波的疊加，頻率為 120Hz、480Hz 與 1200Hz。從頻譜圖可觀察到，這三個頻率在頻譜上對應的訊號強度顯著，且頻譜呈現對稱分布，負頻率位置（-120Hz、-480Hz、-1200Hz）也可看到相應強度。

乙、 低通濾波器 (spectrum scope1)



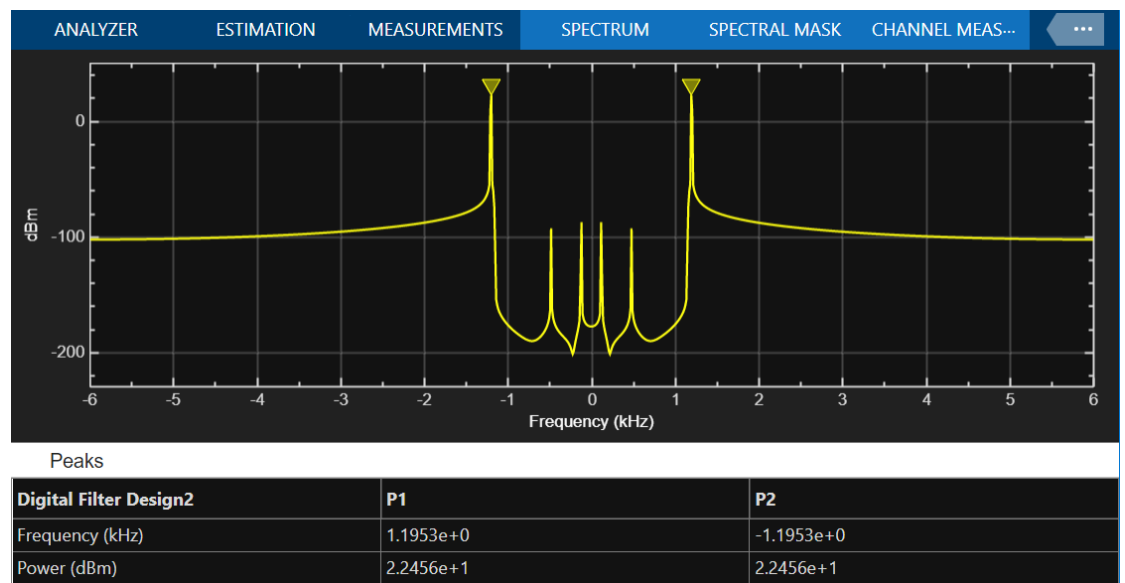
此頻譜為疊加訊號經低通濾波器後的結果。可見在 117Hz 處附近仍保有明顯訊號強度，而其他頻段的強度皆已降至接近零，說明濾波器成功實現了低頻訊號的保留。

丙、帶通濾波器 (spectrum scope2)



此頻譜對應經過帶通濾波器後的訊號。可見在 480Hz 處的訊號強度顯著，其他頻率則已被有效濾除，驗證了濾波器的帶通特性。

丁、高通濾波器 (spectrum scope3)



高通濾波器處理後的頻譜顯示，僅在 1195Hz 處保有顯著訊號強度，其他頻段則被成功濾除，表明高通濾波器達到了預期效果。

V. 抽問及作業

甲、計算出你所得三個濾輸出波的頻率是否和輸入波的頻率相同？

低頻:輸入 120Hz，輸出 117Hz

中頻:輸入 480Hz，輸出 480Hz

高頻:輸入 1200Hz，輸出 1195Hz

乙、 解釋 Spectrum Scope1~4 的現象。

附於前面部分的圖與內文中。

丙、 你所設計的截止頻率點各為多少？你的截止頻率點要設計在哪個範圍為最佳？

i. 設計的截止頻率點：

- 1. 低通濾波器：** 根據設計參數，截止頻率 F_c 為通帶截止頻率的-3dB 點， $F_c=136$ Hz 附近。
- 2. 帶通濾波器：** 兩側截止頻率 F_{c1} 和 F_{c2} 為通帶起點和終點的-3dB 點， $F_{c1}=421$ Hz 和 $F_{c2}=558$ Hz 附近。
- 3. 高通濾波器：** 截止頻率 F_c 為通帶開始的-3dB 點，應位於 $F_c=1157$ Hz 附近。

ii. 最佳設計範圍：

截止頻率應設計在目標頻帶的邊界，且確保能有效區分需要保留的信號與需要抑制的噪聲。例如，低通濾波器的截止頻率應略高於目標頻率範圍的上限；帶通濾波器的截止頻率應分布於目標頻段的兩端，避免過度涵蓋不必要的頻率成分；高通濾波器的截止頻率則應略低於目標頻率範圍的下限。

實際參數附於前面部分的內文中。

丁、 濾波器的斜率越傾斜(越接近方波)是否越好？在何種情況下要選擇越接近方波的濾波器？

i. 斜率越傾斜是否越好：

濾波器的斜率越傾斜，越接近理想方波濾波器的響應，能更精確地區分通過與抑制的頻段。然而，過於陡峭的濾波器設計可能導致：信號時域特性變差（如引入更多延遲或響應波形的畸變）以及設計與實現的複雜性增加（例如更高階的濾波器需要更高的計算資源）。

ii. 選擇接近方波的情況：

在對頻帶分隔要求極高的應用中，如通訊系統的頻道選擇濾波器，或對相鄰頻段干擾非常敏感的場景。

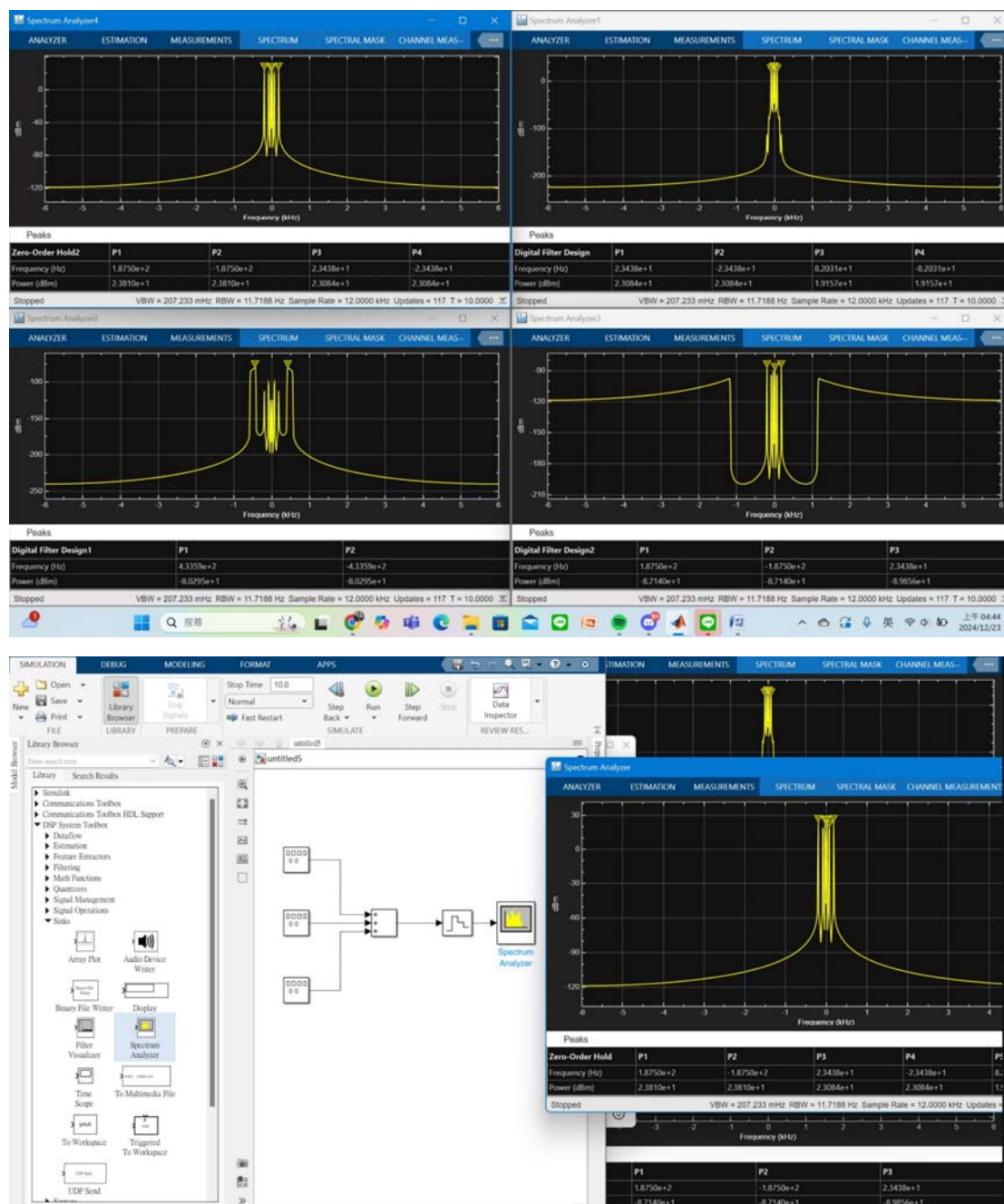
當目標應用中，信號的頻域特性比時域特性更重要時，例如頻譜分析、無線通訊的調變與解調過程。

需要將特定頻率成分完全隔離的情況，例如在多路音訊處理或精密儀器測量中，避免通道之間的信號混疊。

VI. 心得

因為我的 MATLAB 沒有 simulink，所以在做實驗的時候我們是用另一個組員的數據以及電腦模擬的，當下並沒有什麼問題。回去自己安裝 simulink toolbox 並自行設計濾波器後，發現輸入端的波形很奇怪。從波形圖來看，

濾波器有正常運作，但由於輸入訊號異常，所以跑出來的結果很詭異。我有確認過參數的設置，並且重新接過一次電路，然而問題都沒有解決，直接對輸入訊號合成並觀看，以及調高輸入訊號的頻率，出來的波形看起來都一樣在 200Hz 附近就沒有訊號。



我推測是我的電腦的問題亦或是 MATLAB 版本的問題，所以最後還是麻煩組員再另行幫我跑數據，這點令我感到有點挫折。