

# 多媒體

## Mini project 3

姓名:張家瑋

學號:410886021

日期:2021/12/10

## 一、 模擬程式：

這次以老師的範例程式碼作為延伸，先做出一個 band\_stop filter，原理是因為在頻域上的  $H_{\text{band\_stop}}(f) = 1 - H_{\text{band\_pass}}(f)$ ，故在時域上的  $h_{\text{band\_stop}}[n] = \text{單位脈衝 } \delta[n] - h_{\text{band\_pass}}[n]$ ，實現如下圖：

```
113 }
114 float band_stop(int m, int n)
115 {
116     float wh = 2*PI*FH/FS;
117     float wl = 2*PI*FL/FS;
118     if(n==m) { // L'Hopital's Rule
119         return (1.0-(wh/PI - wl/PI));
120     }
121     else {
122         return (-1.0)*(sinf(wh*((float)(n-m)))-sinf(wl*((float)(n-m)))/PI/((float)(n-m)) * hamming(2*m+1, n);
123     }
124 }
125
126
```

再來要取 30 至 30.025 秒的 1200 點做 log spectrogram，因取樣頻率為 48000Hz，故分別抓出左右聲道從 30\*48000 開始的 1200 點，經過 window function 後做 DFT 並取出 log spectrogram，放入 txt 檔中，實現程式碼如下：

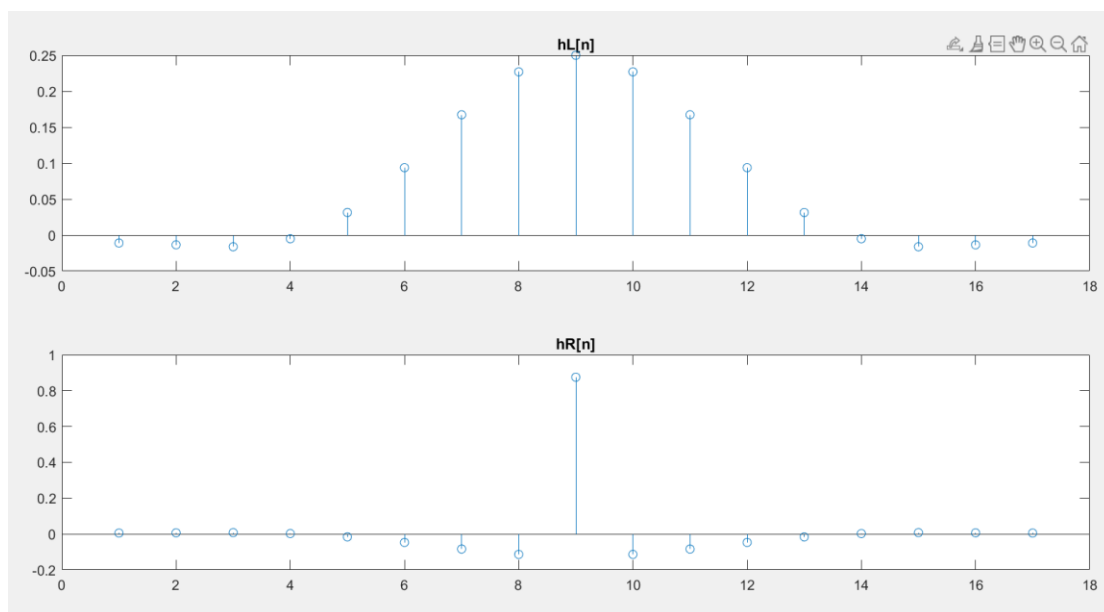
```
194     float Real = 0, Image = 0;
195     float Real1 = 0, Image1 = 0;
196     float Xn = 0, Xn1 = 0;
197     float *X_l = calloc(1200, sizeof(float));
198     float *X_r = calloc(1200, sizeof(float));
199
200     FILE *YL = fopen(YLname, "w+");
201     FILE *YR = fopen(YRname, "w+");
202
203     for(k=0; k<1200; k++){
204         X_l[k] = wavout.LChannel[30*48000+k]*hamming(1200, k); //X[n] = x[m*M+n]*w[n]
205         X_r[k] = wavout.RChannel[30*48000+k]*hamming(1200, k);
206     }
207     for(k=0; k<600; k++){ //doing DFT
208         Real=0; Image=0;
209         Real1=0; Image1=0;
210         for(n=0; n<1200; n++){
211             Real += cos((2*M_PI/1200)*n*k)*X_l[n]; //X[n]*e^(j*wt) = X[n]*(cos(wt)-i*sin(wt))
212             Image -= sin((2*M_PI/1200)*n*k)*X_l[n];
213             Real1 += cos((2*M_PI/1200)*n*k)*X_r[n];
214             Image1 -= sin((2*M_PI/1200)*n*k)*X_r[n];
215         }
216         Xn = 20*log10(sqrt(Real * Real + Image * Image));
217         Xn1 = 20*log10(sqrt(Real1 * Real1 + Image1 * Image1));
218
219         fprintf(YL, "%.15e\n", Xn);
220         fprintf(YR, "%.15e\n", Xn1);
221     }
222     memcpy(wavout.header, wavin.header, 44);
```

## 二、輸出結果:

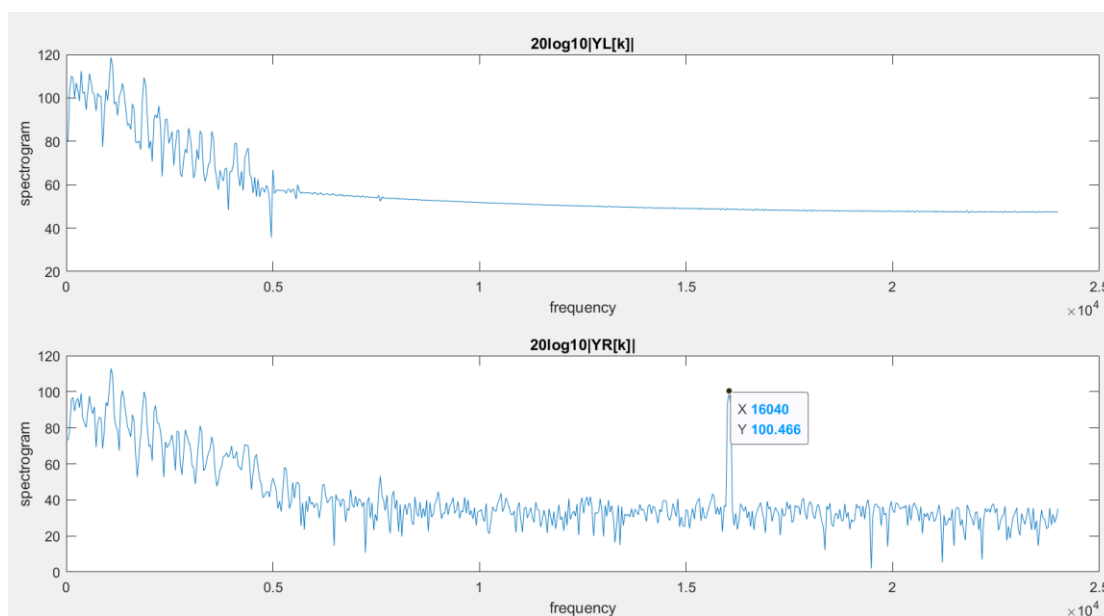
**M = 8:**

Impulse responses:

FIR 點數只有 17 點，bandpass filter 效果欠佳，從視頻譜可發現 0~5000Hz 都有聲音輸出，只過濾了約 5000Hz 後的值；而 bandstop filter 透過觀察視頻譜發現在各頻段都有聲音輸出，沒有達到要求效果。



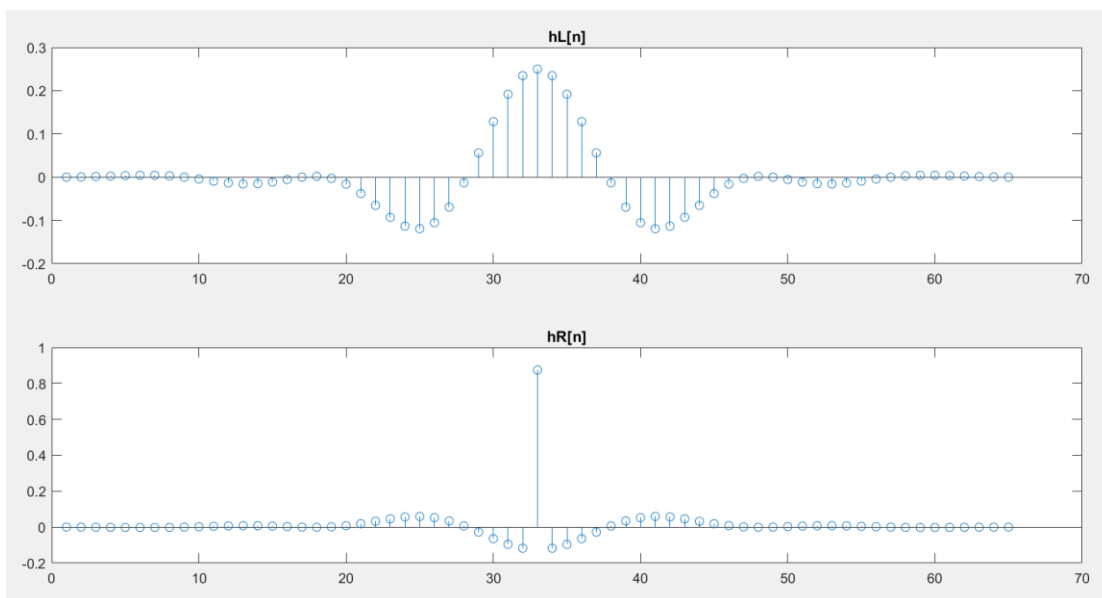
Log spectrogram:



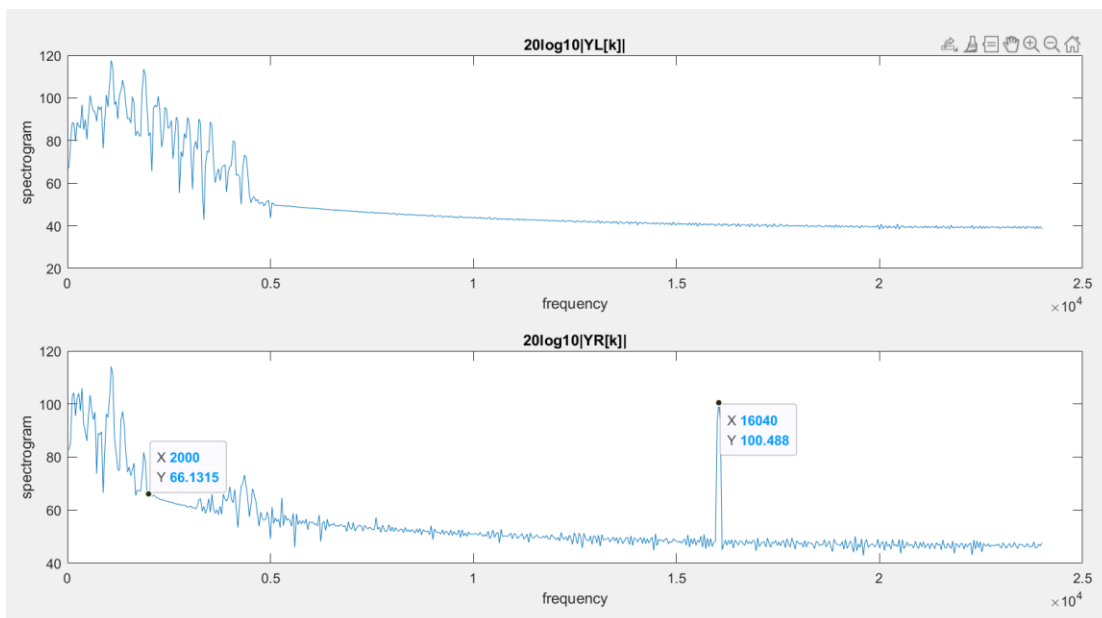
**M = 32:**

Impulse responses:

FIR 點數有 65 點，bandpass filter 效果相比 M=8 時好，從視頻譜可發現雖 0~5000Hz 都有聲音輸出，但在 0~1000Hz 有從小漸趨放大輸出；在 4000~5000Hz 漸趨縮小輸出，也只過濾掉約 5000Hz 後的值；而透過觀察視頻譜發現，bandstop filter 過濾了約 2000~3000Hz 的值。



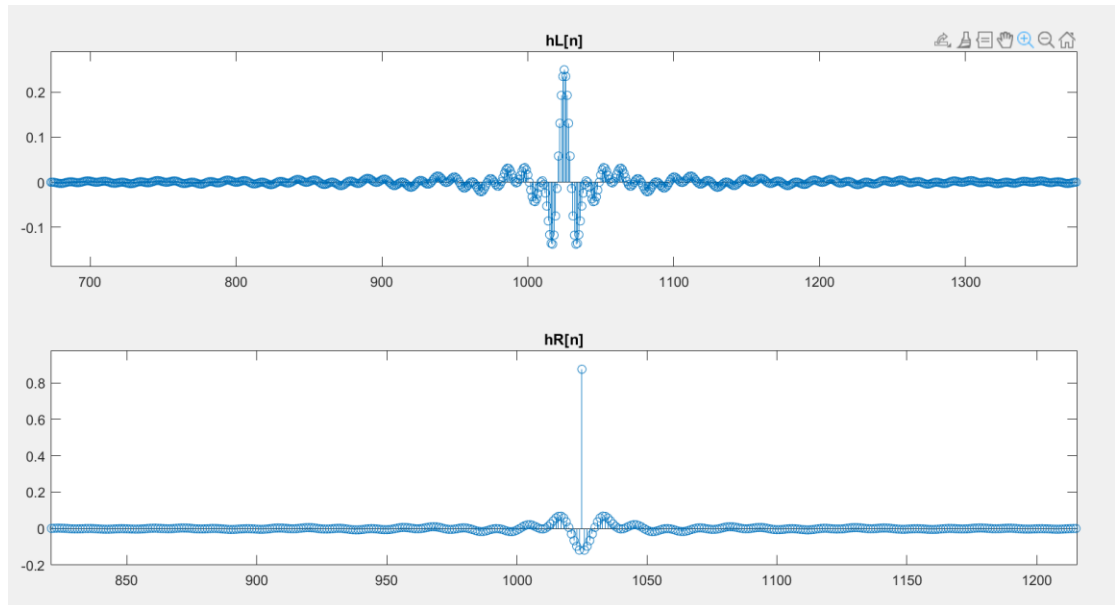
Log spectrogram:



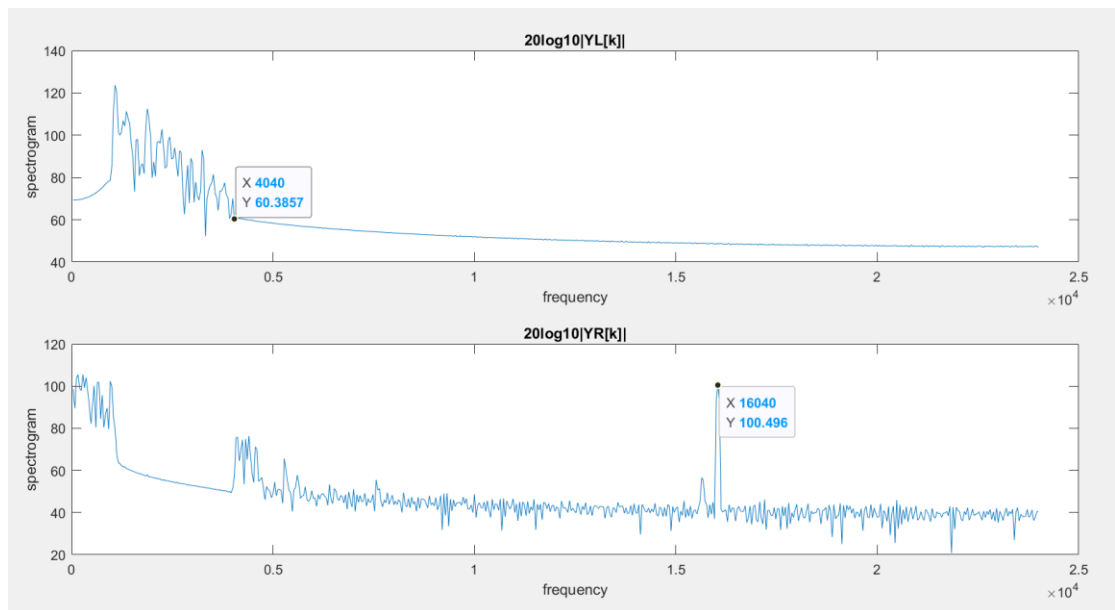
**M = 1024:**

Impulse responses:

FIR 點數有 2049 點，bandpass filter 效果明顯，從視頻譜可發現除了 1000~4000Hz 之外的聲音輸出都被過濾；而 bandstop filter 透過觀察視頻譜發現清楚地過濾 1000~4000Hz 的聲音輸出，達到要求效果。



Log spectrogram:

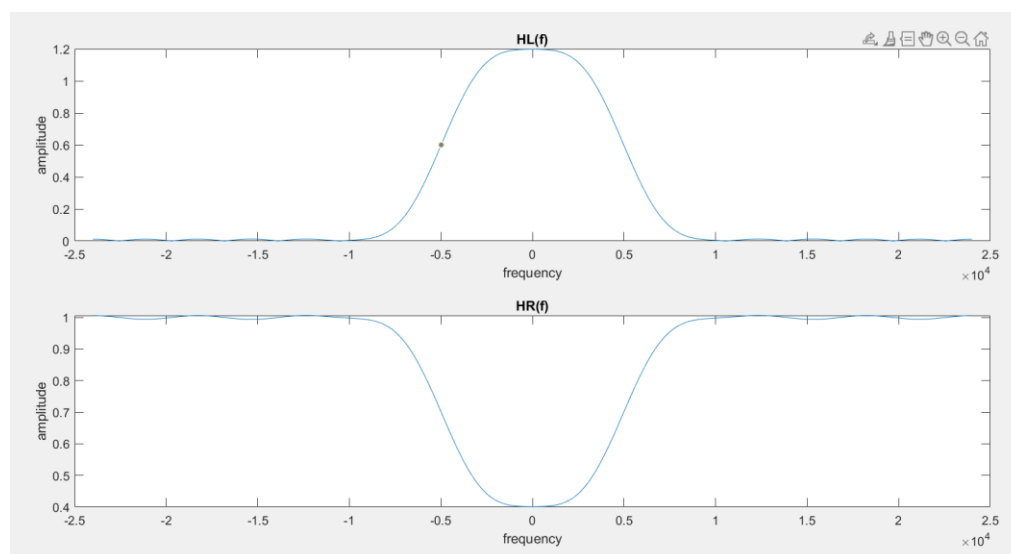


### 三、 綜合討論:

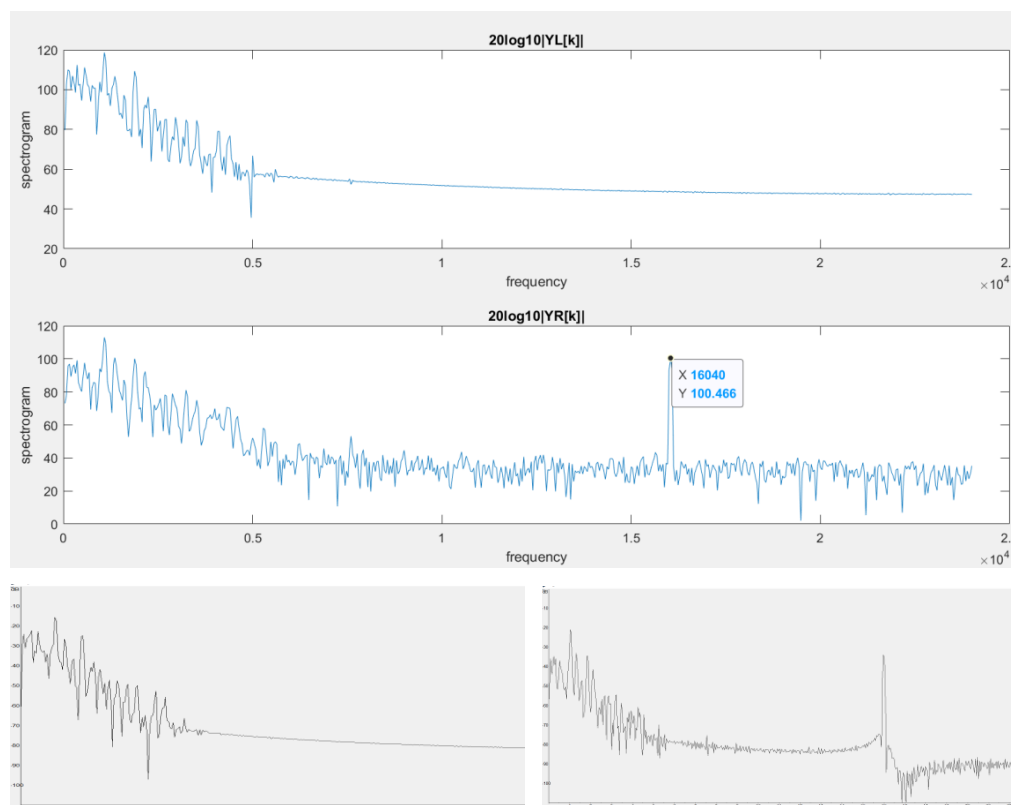
**M = 8:**

我分別將  $hL[n]$ 、 $hR[n]$  經過傅立葉轉換成頻域上的  $HL[f]$  及  $HR[f]$ ，可以清楚觀察 FIR 在頻域上過濾的頻段。

當  $M = 8$ ，bandpass filter 從  $f = 0\text{Hz}$  開始為最大輸出放大倍率，愈趨高頻呈現曲線減少輸出放大倍率；bandstop filter 從  $f = 0\text{Hz}$  開始為最小輸出放大倍率，愈趨高頻呈現曲線增加輸出放大倍率，如下圖：

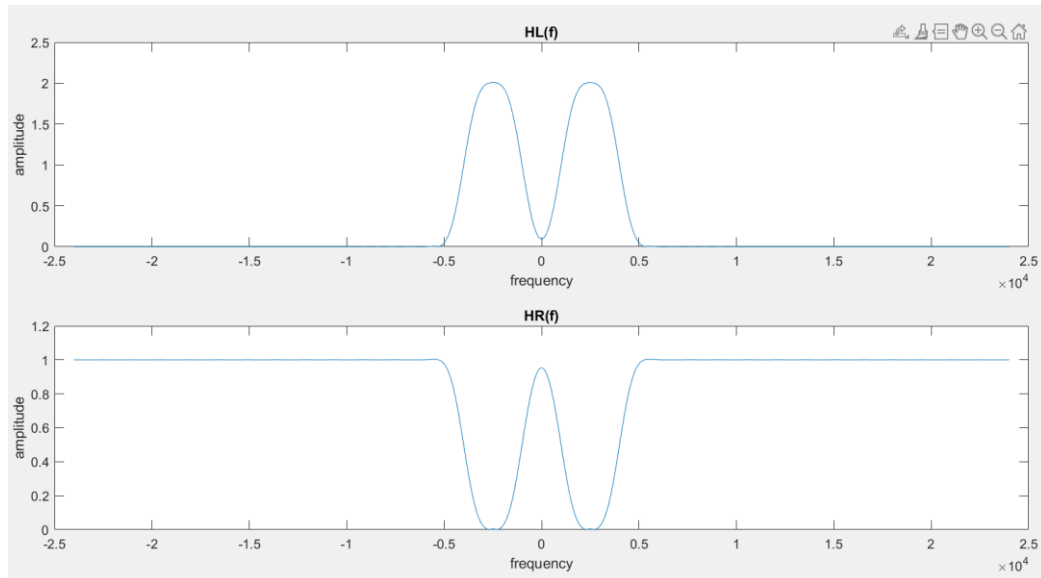


Log spectrogram:

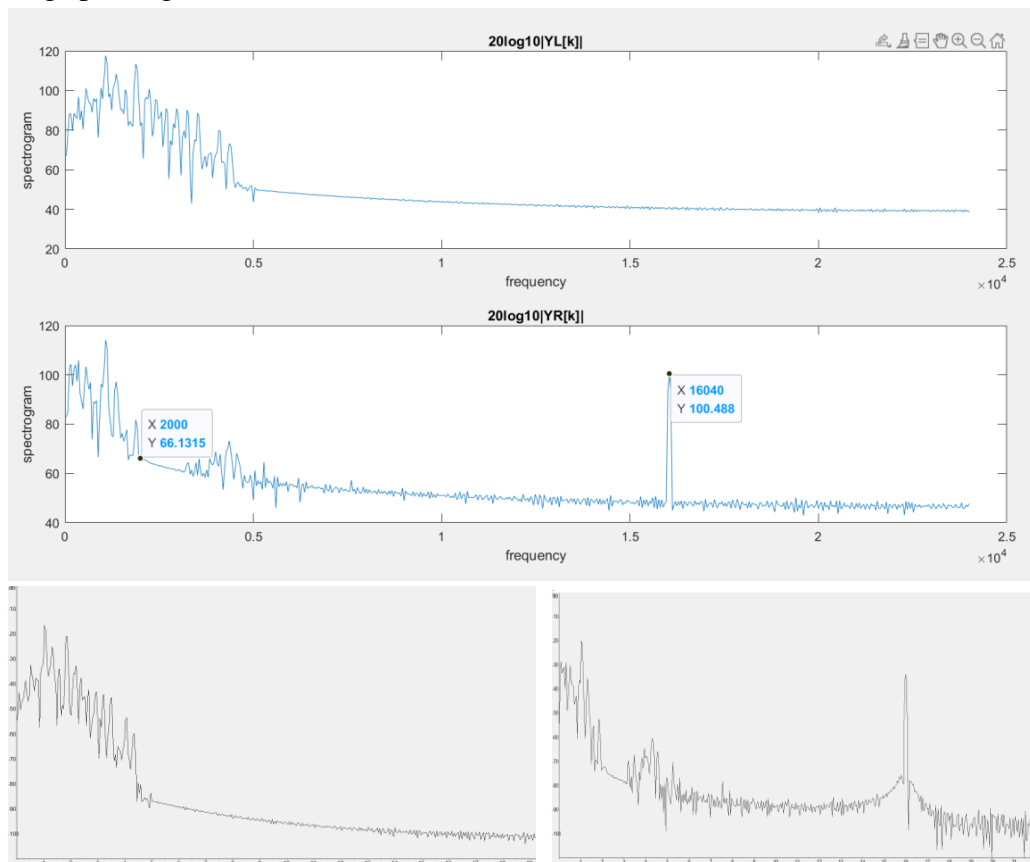


**M = 32:**

當  $M = 32$ ， $HL[f]$ 及  $HR[f]$ 形式看似二次曲線，bandpass filter 從低頻開始放大輸出倍率，在約 2000~3000Hz 放大效果最明顯；bandstop filter 過濾掉約 2000~3000Hz 的聲音，如同 spectrogram 展現，如下圖：

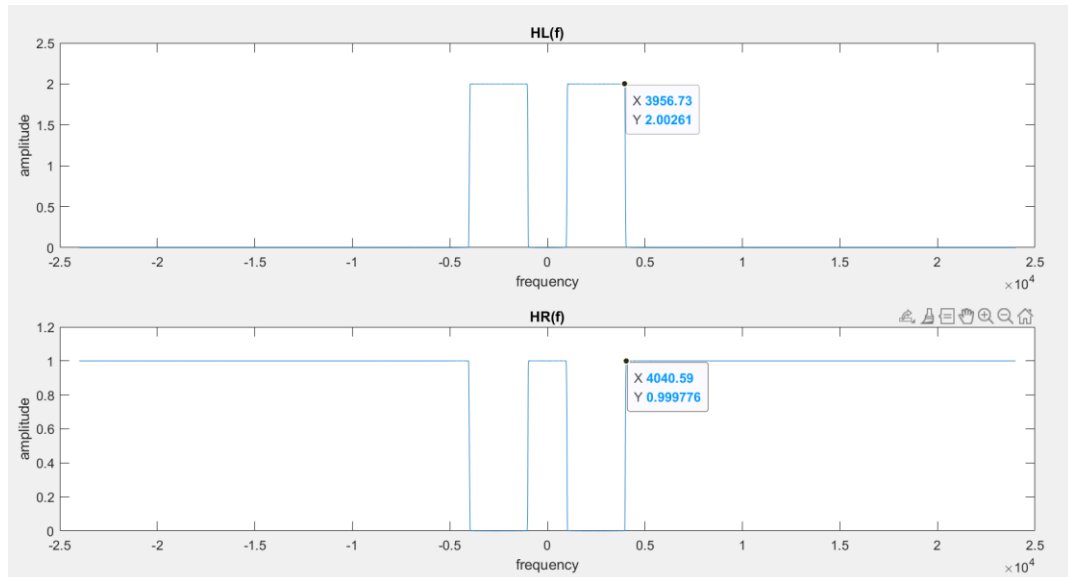


Log spectrogram:

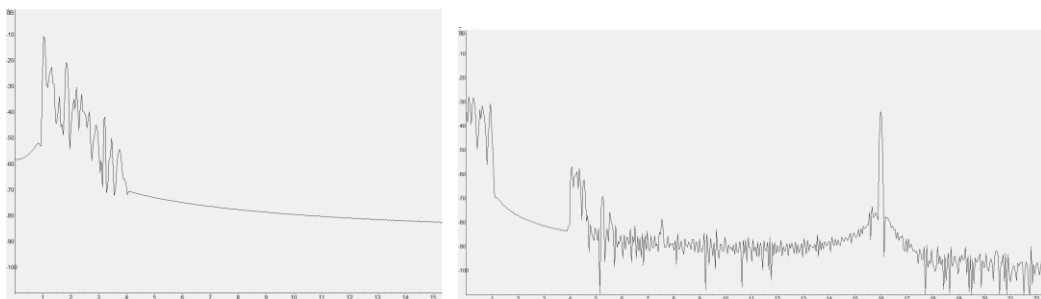
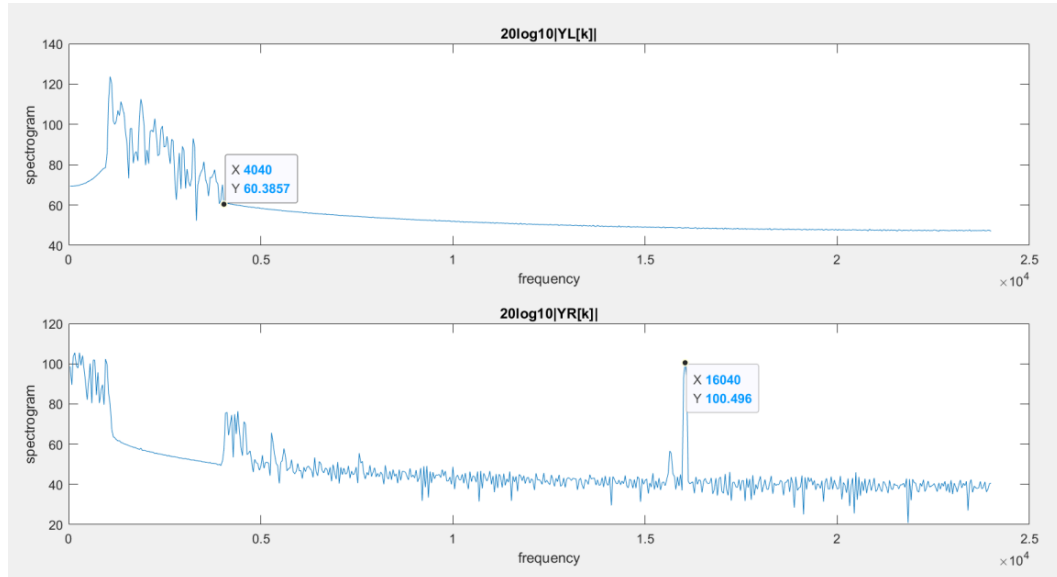


### M = 1024:

當  $M = 1024$ ， $HL[f]$  及  $HR[f]$  就是兩個清楚的方波，如同題目要求，bandpass filter 放大兩倍 1000~4000Hz 輸出，其他頻段被過濾； bandstop filter 過濾掉約 1000~4000Hz 的聲音，其他頻段不變。過濾結果如同 spectrogram 展現，如下圖：



Log spectrogram:





觀察自己程式所呈現的 spectrogram 與 wavsurfer 繪製的 spectrogram 圖展現相似，而自己程式呈現的 spectrogram 過濾頻段也與頻譜上的 filter function  $HL[f]$ 、 $HR[f]$  過濾頻段相同，即可證明 log spectrogram 顯示的濾波結果正確。