

## Lab5

学习收获：深入理解了巴特沃斯和 FIR 滤波器的设计与应用。学会利用 Matlab 设计不同类型滤波器，掌握生成语谱噪声、提取信号包络及调整信号强度的方法。同时，对信噪比概念和音频文件处理操作也有了清晰认识，提升了信号处理实践能力。

1.

题目要求：给定一个已有的语音信号，

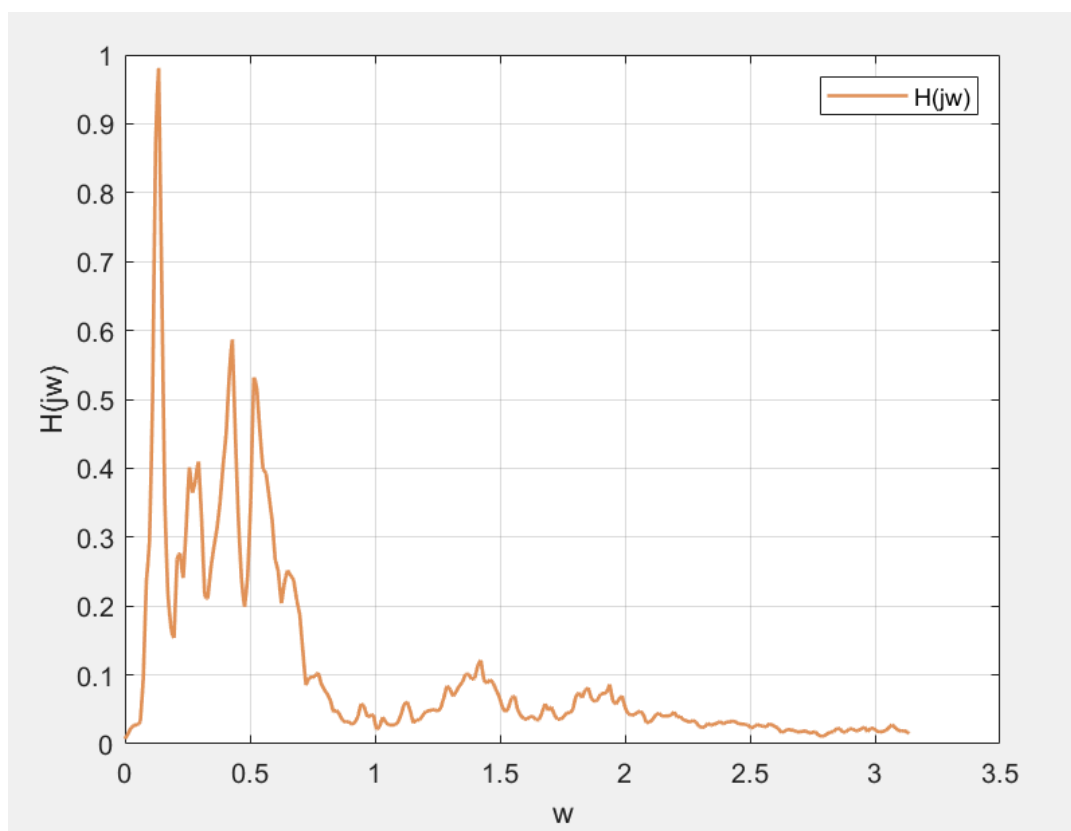
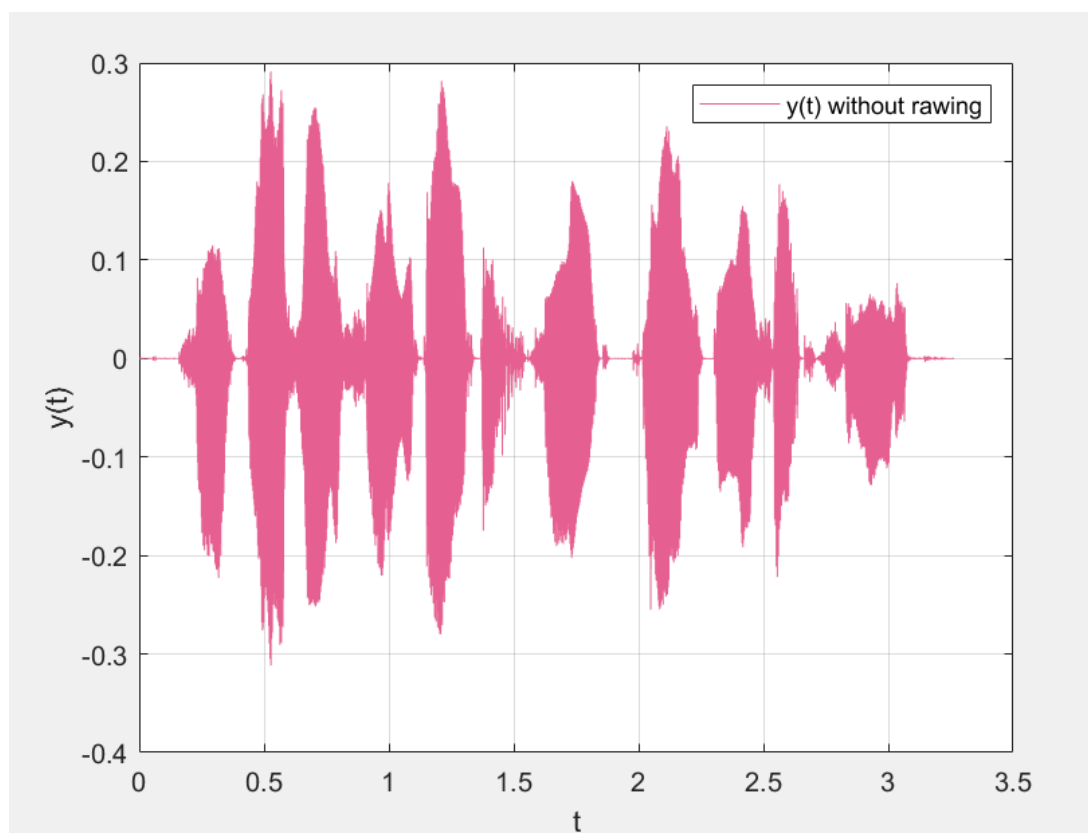
1. 依据该语音信号生成语谱噪声。
2. 绘制源语音信号的相关图像。
3. 绘制频率响应的图像。
4. 绘制语谱噪声的频谱图像。

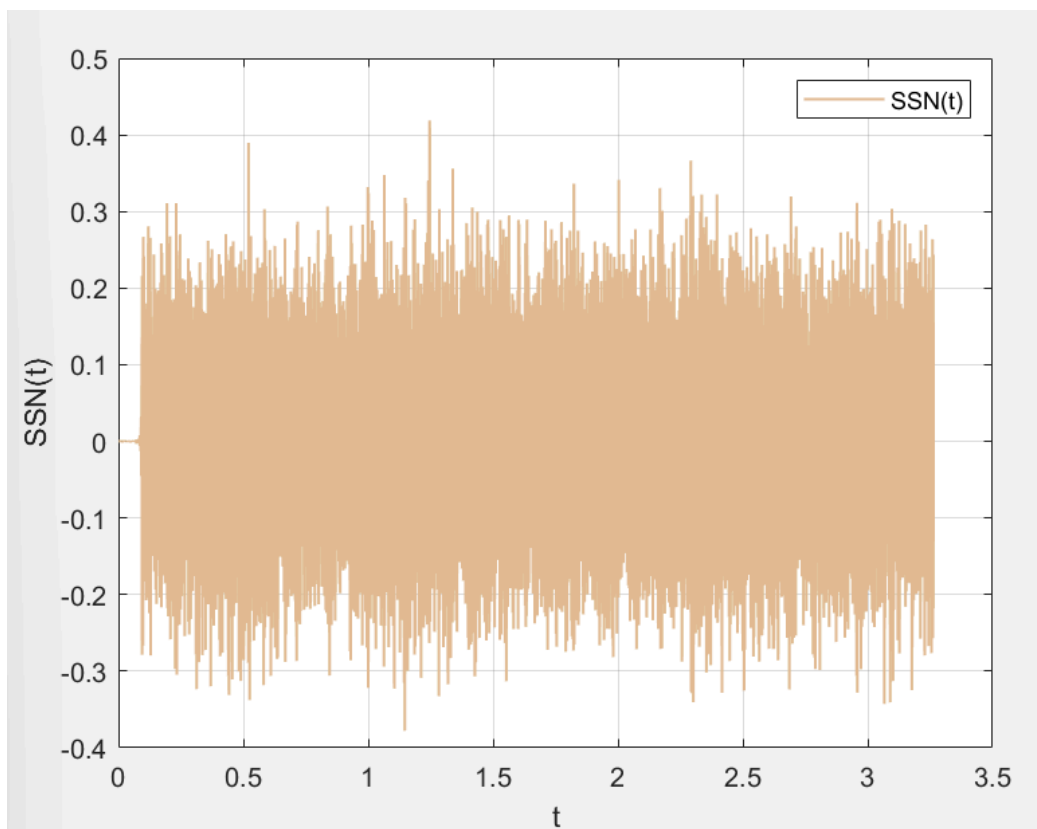
分析：

1. 从 BB 平台导入自带的 `c_01_01(1).wav` 语音声源。
2. 利用已导入的语音声源生成语谱滤波器。
3. 自行构建一段白噪声信号。
4. 将构建好的白噪声信号通过前面生成的语谱滤波器进行滤波处理，滤波后的信号即为语谱噪声。

```
1 % 清空命令窗口和工作区
2 clc;
3 clear;
4
5 % 读取音频文件
6 [x, fs] = audioread('c_01_01(1).wav');
7 x = x';
8 t = linspace(0, length(x)/fs, length(x));
9
10 % 绘制原始音频信号
11 figure;
12 plot(t, x, 'color', [234, 97, 145]/255);
13 xlabel('t');
14 ylabel('y(t)');
15 grid on;
16 legend('y(t) without rawing');
17
18 % 功率谱估计与滤波器设计
```

```
19 y10 = repmat(x, 1, 10);
20 nfft = 512;
21 noverlap = nfft/2;
22 window = hamming(nfft);
23 [P, w] = pwelch(y10, window, noverlap, nfft, fs);
24 b = fir2(3000, w/(fs/2), sqrt(P/max(P)));
25 [H, w] = freqz(b, 1);
26
27 figure;
28 plot(w, abs(H), 'Linewidth', 1.3, 'color', [225, 145,
    89]/255);
29 xlabel('w');
30 ylabel('H(jw)');
31 grid on;
32 legend('H(jw)');
33
34 % 生成带限噪声信号
35 N = length(x);
36 noise = 1 - 2 * rand(1, N);
37 SSN = filter(b, 1, noise);
38
39 figure;
40 plot(t, SSN, 'Linewidth', 1.0, 'color', [225, 189,
    145]/255);
41 xlabel('t');
42 ylabel('SSN(t)');
43 grid on;
44 legend('SSN(t)');
```





结论：如图所示

2.

题目要求：

1. 设定信噪比（SNR）为 -5 分贝。
2. 在原始语音信号里添加之前生成的语谱噪声，以此生成带有噪声的信号。
3. 对带噪声的信号  $y$  进行标准化操作，使得其能量相对于原始语音信号  $x(t)$  的能量保持一致。

分析：

#### 1. 计算语谱噪声能量调整系数

已知信噪比  $SNR = -5$  分贝，根据公式  $SNR = 20 \times \lg(\text{norm}(x)/\text{norm}(SSN))$ ，可推导出  $\text{norm}(SSN) = \text{norm}(x) \times 10^{(1/4)}$ 。依据此式来调整语谱噪声的能量。

#### 2. 验证信噪比

在调整语谱噪声能量后，再次使用  $SNR = 20 \times \lg(\text{norm}(x)/\text{norm}(SSN))$  公式来验证信噪比是否符合 -5 分贝的设定。

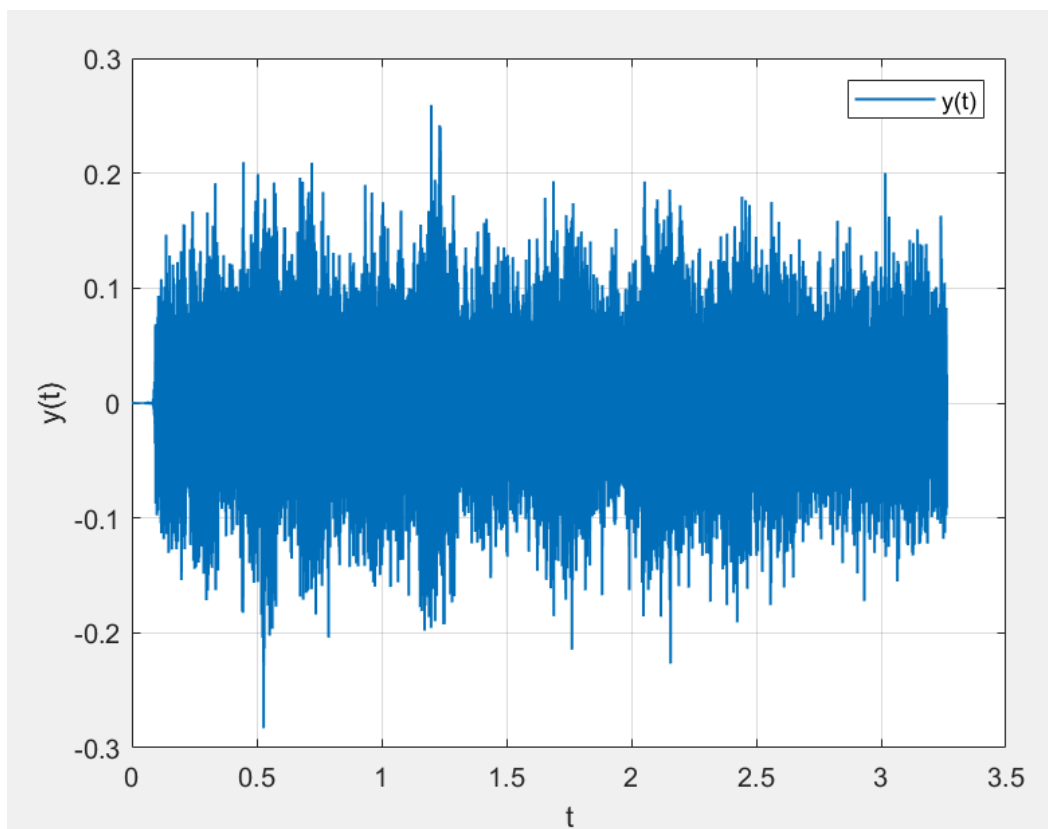
#### 3. 生成带噪信号

把调整好能量的语谱噪声添加到原始语音信号中，从而生成带有噪声的信号。

#### 4. 调整带噪信号能量

对生成的带噪声信号进行能量调整，使调整后的带噪信号能量与原始语音信号的能量相同。

```
1 % 调整噪声幅度并与原始信号叠加
2 SSNf = SSN/norm(SSN)*norm(x)*(10^0.25);
3 SNR = 20*log10(norm(x)/norm(SSNf));
4 y0 = x + SSNf;
5 y = y0/norm(y0)*norm(x);
6
7 figure;
8 plot(t, y, 'Linewidth', 1.0);
9 xlabel('t');
10 ylabel('y(t)');
11 grid on;
12 legend('y(t)');
```



结论：噪音如图所示

3.

题目要求：

1. 分别使用二阶且截止频率为 100Hz、200Hz、300Hz 的巴特沃斯低通滤波器，以及六阶且截止频率为 200Hz 的巴特沃斯低通滤波器对原始信号进行处理。
2. 通过上述滤波器处理得到原始信号对应的包络。
3. 对不同滤波器处理后得到的包络进行对比，分析它们之间的差异。

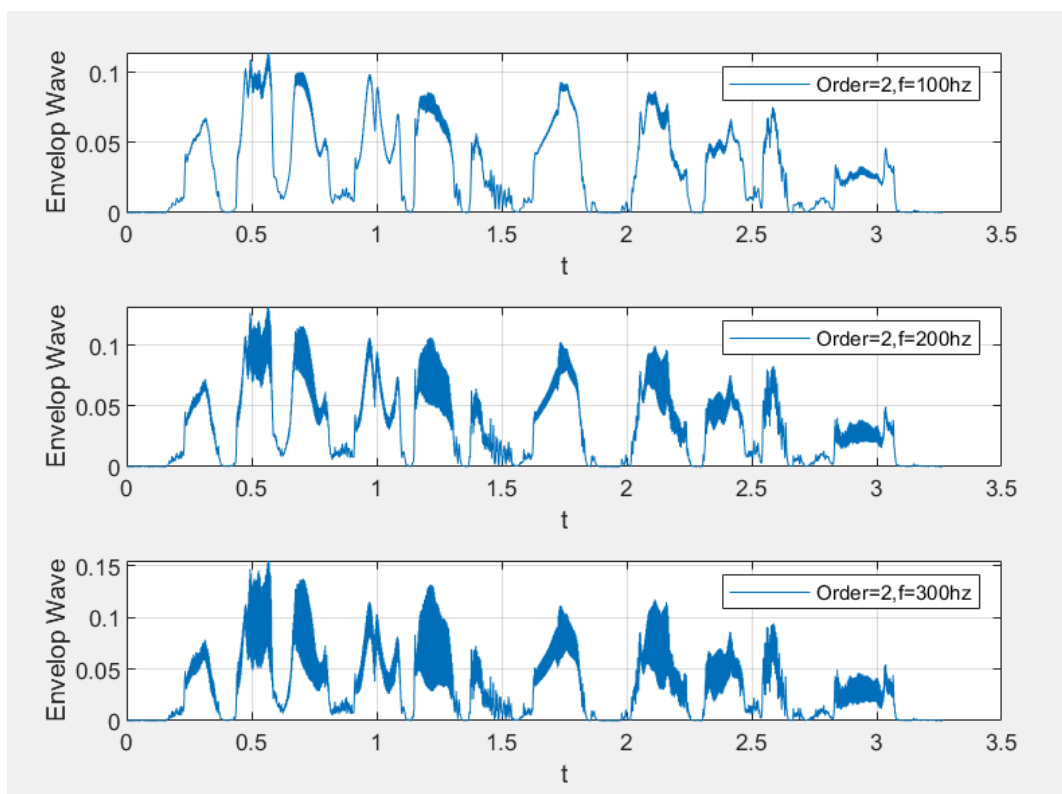
分析：按照题目所示阶数和截止频率分别构造巴特沃斯滤波器

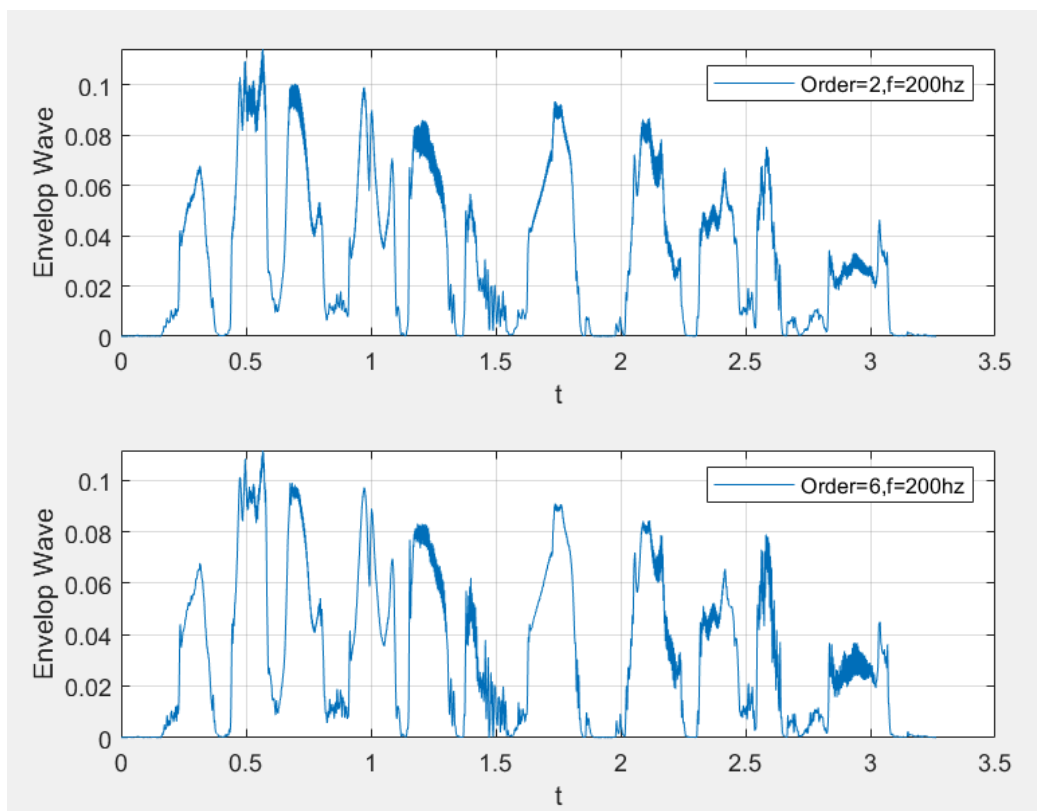
```
1  % 设计巴特沃斯滤波器并绘制包络波形
2  [b1, a1] = butter(2, 100/(0.5*fs));
3  [b2, a2] = butter(2, 200/(0.5*fs));
4  [b3, a3] = butter(2, 300/(0.5*fs));
5  [b4, a4] = butter(6, 200/(0.5*fs));
6
7  yb1 = filter(b1, a1, abs(x));
8  yb2 = filter(b2, a2, abs(x));
9  yb3 = filter(b3, a3, abs(x));
10 yb4 = filter(b4, a4, abs(x));
11
12 figure;
13 subplot(3, 1, 1);
14 plot(t, yb1);
15 xlabel('t');
16 ylabel('Envelope wave');
17 grid on;
18 legend('Order=2, f=100hz');
19
20 subplot(3, 1, 2);
21 plot(t, yb2);
22 xlabel('t');
23 ylabel('Envelope wave');
24 grid on;
25 legend('Order=2, f=200hz');
26
27 subplot(3, 1, 3);
28 plot(t, yb3);
29 xlabel('t');
30 ylabel('Envelope wave');
31 grid on;
32 legend('Order=2, f=300hz');
33
34 figure;
35 subplot(2, 1, 1);
```

```

36 plot(t, yb1);
37 xlabel('t');
38 ylabel('Envelop wave');
39 grid on;
40 legend('Order=2, f=200hz');
41
42 subplot(2, 1, 2);
43 plot(t, yb4);
44 xlabel('t');
45 ylabel('Envelop wave');
46 grid on;
47 legend('Order=6, f=200hz');

```





结论:

1. 在滤波器阶数相等的情况下，如果截止频率存在差异，那么截止频率较高的滤波器能够保留更多的高频信号，进而降低失真程度。
2. 当滤波器的截止频率保持一致时，若阶数不一样，阶数较高的滤波器所实现的滤波效果会更佳，并且在获取包络时能使其更加完整。

4.题目要求： 保存为.wav 文件

```
1 % 保存叠加后的信号为音频文件
2 audiowrite('new_signal.wav', y0, fs);
```

结论：经处理后所保存的音频中存在较为明显的杂音，不过音频原来的内容依旧能够清晰地听清楚。