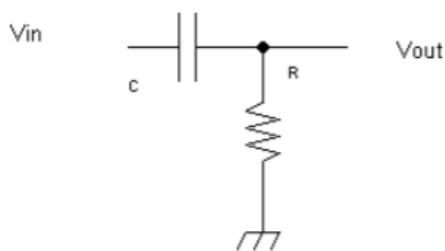


一、在 MATLAB 中，对以下电路所代表的系统（设 $RC=1$ ），构建传递函数：



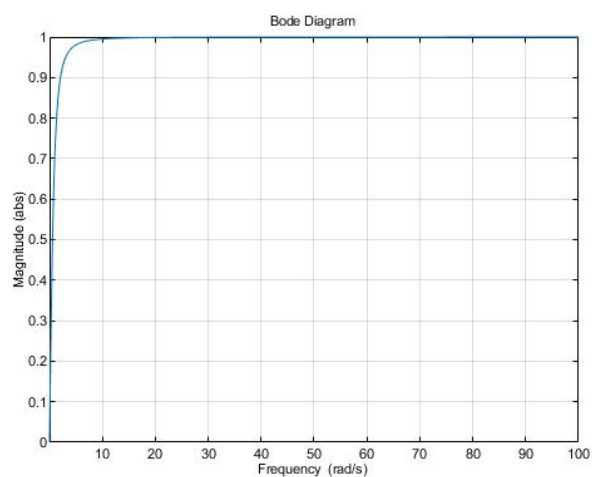
1. 上述系统的传递函数是多少？并解释说明上述系统所实现的功能；
2. 将你构建的传递函数作为输入，放入本实验提供的“my_bodeplot.m”函数中，得到传递函数的波形图，并将波形图复制粘贴在此处。

答案：

$$1. \quad V_{out} = \frac{R}{\frac{1}{j\omega C} + R} V_{in} = \frac{j\omega RC}{j\omega RC + 1} V_{in} = \frac{j\omega}{j\omega + 1} V_{in}$$

角频率 ω 越小，则 V_{out} 越小。因此，该系统是一个高通滤波器。

Matlab 命令：Hw = tf([1 0], [1 1])



2.

二、接下来，我们对一个具体声音信号中的噪声进行一定程度的滤除。首先构建一个形如

$$H(j\omega) = \frac{1}{j\omega RC + 1}$$

的低通滤波器，假设 $|H(j1200\pi)| = 0.7|H(0)|$ 。

1. 计算 RC 等于多少？
2. 利用本实验提供的 “my_bodeplot.m” 函数，得到传递函数的波形图，并将波形图复制粘贴在此处。
3. 针对本实验提供的音频文件 “whknight.wav” 及两个噪声文件 “sines.wav” 、 “hfnoise.wav”，运行如下命令：

```
[x, Fs_x] = audioread('whknight.wav');  
  
[noise_sine, ~] = audioread('sines.wav');  
  
[noise_hfnoise, ~] = audioread('hfnoise.wav');  
  
x_sine = x + noise_sine;  
  
x_hfnoise = x + noise_hfnoise;
```

可以看出，x_sine 与 x_hfnoise 为在 x 的基础上分别叠加两种噪声后的信号。利用你所构建的低通滤波器 Hw，分别对上述信号进行滤波，可利用以下命令：

```
y_sine = lsim(Hw, x_sine, [0:1:length(x)-1]/Fs_x);  
  
y_hfnoise = lsim(Hw, x_hfnoise, [0:1:length(x)-1]/Fs_x);
```

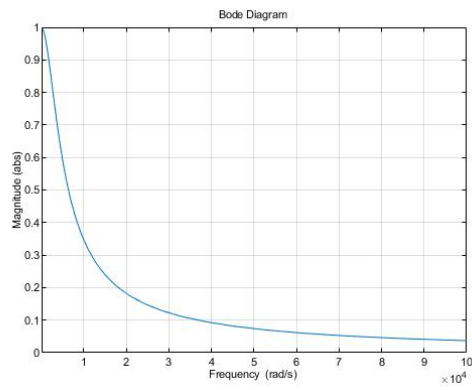
将滤波前后的信号（x_sine、y_sine、x_hfnoise、y_hfnoise）的波形复制粘贴在此。听一听这几个信号，说明滤波前后的区别。

4. 查找资料并思考，如何在本题中所用滤波器的基础上进行改进，提高滤波的效果，使得噪声能最大程度的滤除掉，并保证原始声音信号以尽可能高的质量被恢复？在 MATLAB 中进行验证，并展示滤波结果。

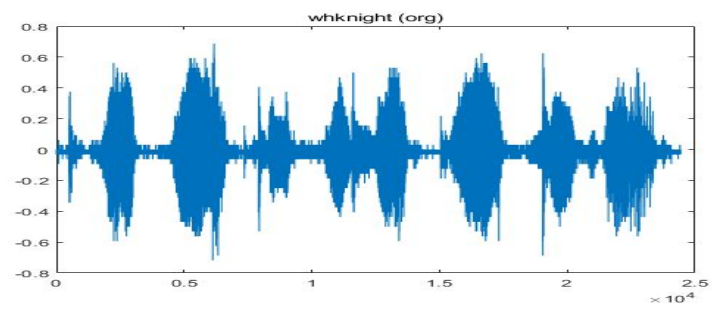
答案：

1. $RC=2.706 \times 10^{-4}$

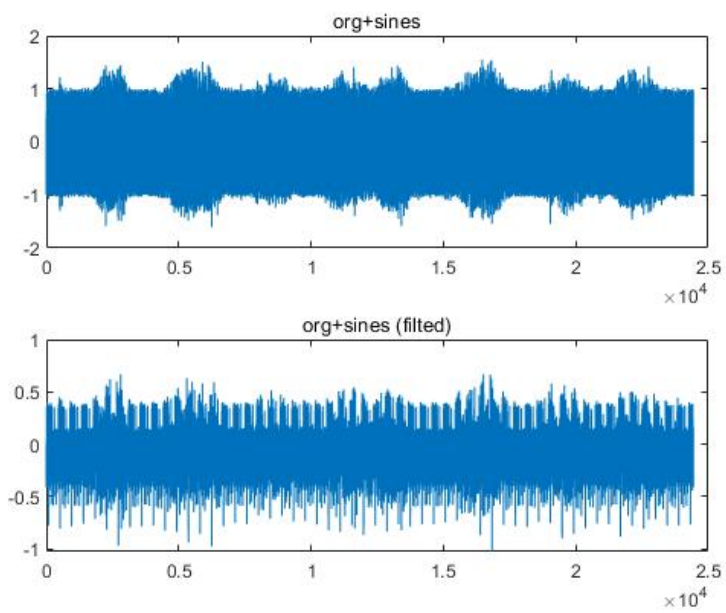
2.



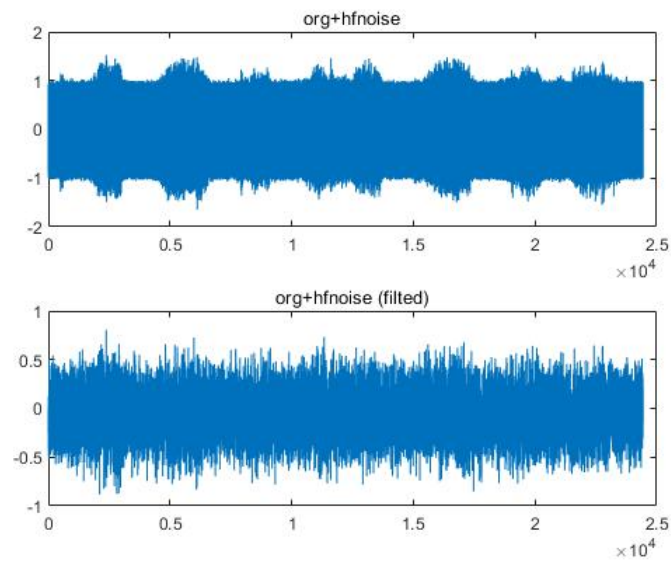
3. 原始声音：



原始声音+sine 噪声，滤波前后：



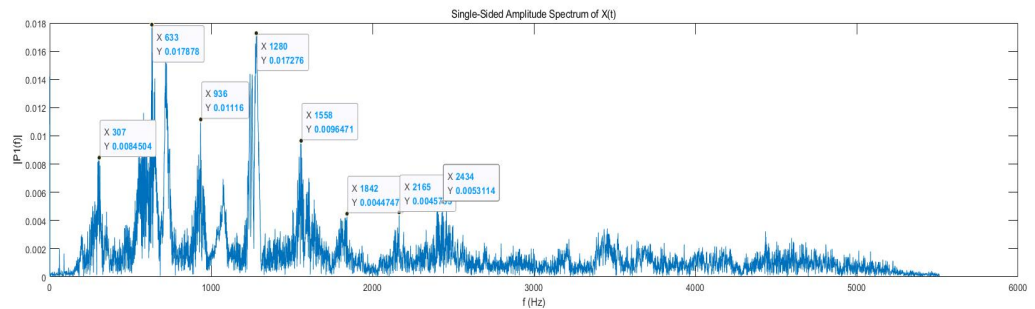
原始声音+hfnoise 噪声，滤波前后：



4. 提高滤波效果，可从以下两方面着手：

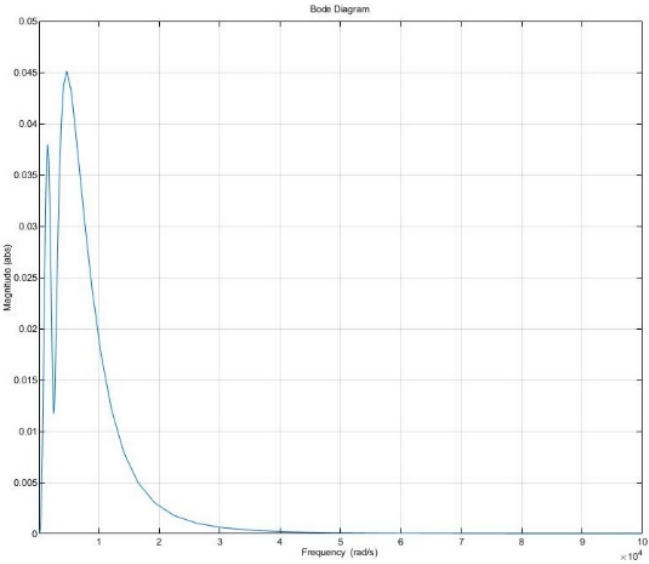
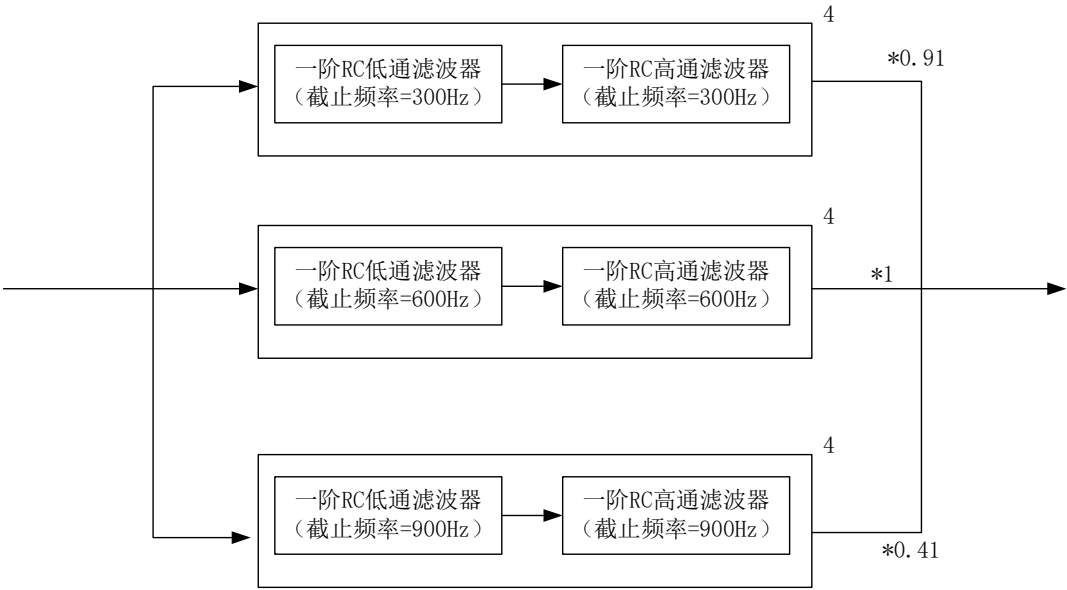
- 1) 改变 RC 的值，从而改变滤波器截止频率；
- 2) 多个滤波器（高通、低通）串、并联，从而实现高阶滤波器。

首先可以分析原始声音的频谱，如下：

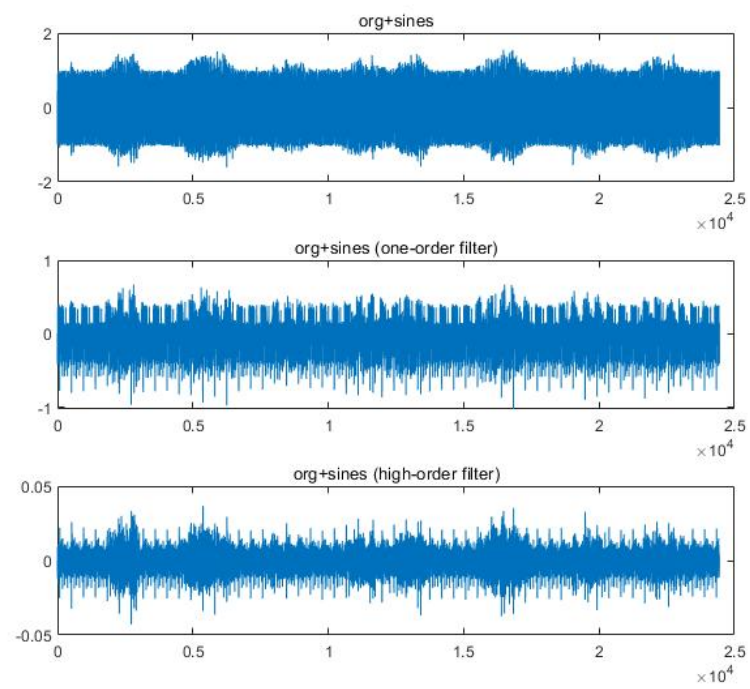


可利用高通与低通滤波器串联，首先构建带通滤波器，带通滤波器的上下截止频率在 300Hz、600Hz、900Hz、1200Hz、1500Hz 等频率左右。上述带通滤波器并联，恢复在 300Hz、600Hz、900Hz 等频率左右的分量，并进行线性组合，即可滤除相当大一部分噪声信号。

一个可行的滤波器设计如下：



原始声音+sine 噪声，滤波前后：



原始声音+hfnoise 噪声，滤波前后：

