

仿真的谐振频率为 1806Hz，在谐振频率下的幅值放大倍数为 18.93，通频带带宽（3dB 带宽）为 1130Hz。

并将仿真结果和实际测试值进行对比。

仿真结果与实际测试值基本符合，可以看出实际测试和仿真计算的幅频响应特性曲线基本相符

问题 4 谐振器只需要一阶极点即可实现，为什么我们实验系统要使用二阶系统设计谐振器？在我们实验板上可以使用一阶系统实现任意设定频率（在实验板给定的系数范围内）的谐振器吗？试说明原因。

不能

因为一阶系统设计谐振器只能设置极点在实轴上，其它频率无法设置

（4）将参数重新设置为步骤（1）的参数。增大 $|a_1|$ 的值至 1.7，观察 $|a_1|$ 值的增大对谐振频率和放大倍数的影响，并以此来估计极点位置产生了怎样的变化（从极点与单位圆、实轴、虚轴的距离分析）。

谐振频率 1.45kHz 放大倍数 22.87

极点与虚轴距离增大，与实轴坐标减小，与单位圆距离不变，所以谐振频率减小，放大倍数增大

(5) 将参数重新设置为步骤(1)的参数。增大 $|a_2|$ 的值至 0.95, 观察 $|a_2|$ 值的增大对谐振频率和放大倍数的影响, 并以此来估计极点位置产生了怎样的变化(从极点与单位圆、实轴、虚轴的距离分析)。

谐振频率 1.95kHz 放大倍数 34.91

极点与虚轴距离不变, 与实轴坐标增大, 与单位圆距离减小, 所以谐振频率增大, 放大倍数增大

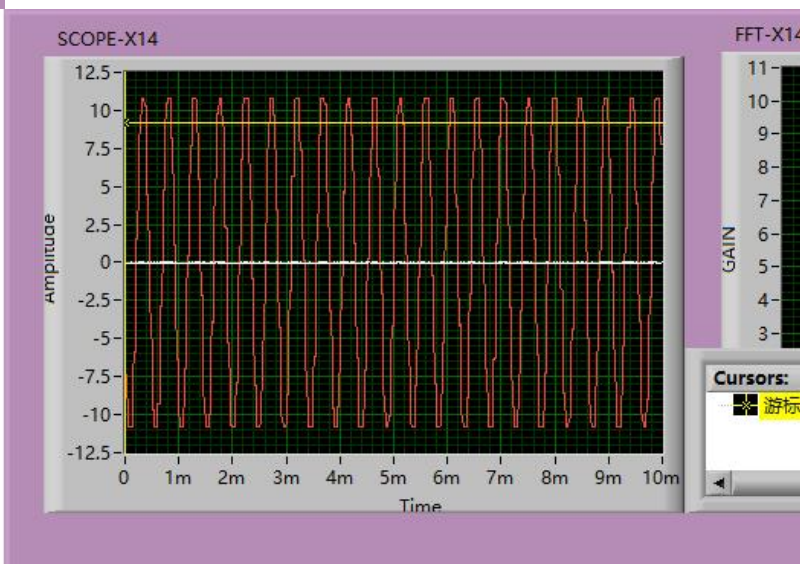
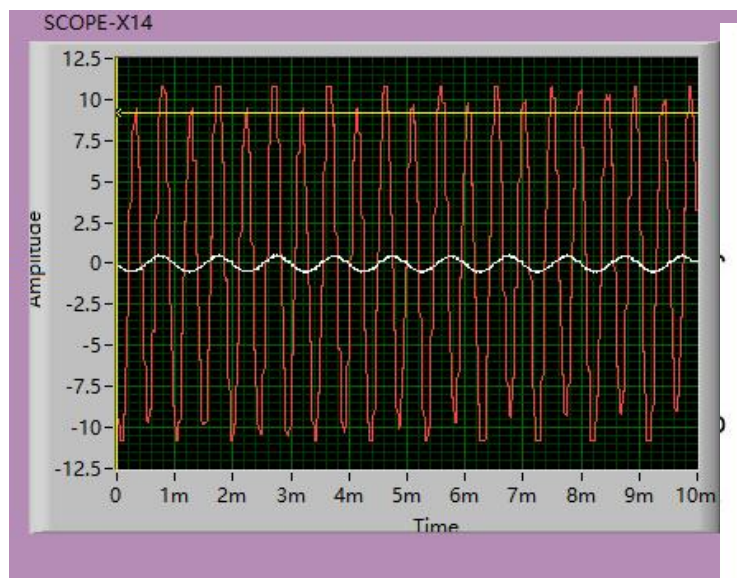
问题 5 比较分别改变 a_1 和 a_2 对极点位置, 谐振频率以及带宽的影响。在 a_1, a_2 中你将选择调整哪一个参数来调整系统的谐振频率? 解释一下原因。

a_1 , 因为它只改变谐振频率, 不会大幅度改变增益

选择 a_1 不改变增益对于观察实验结果有优势

(6) 出现震荡时的 a_2 值为 -1.028

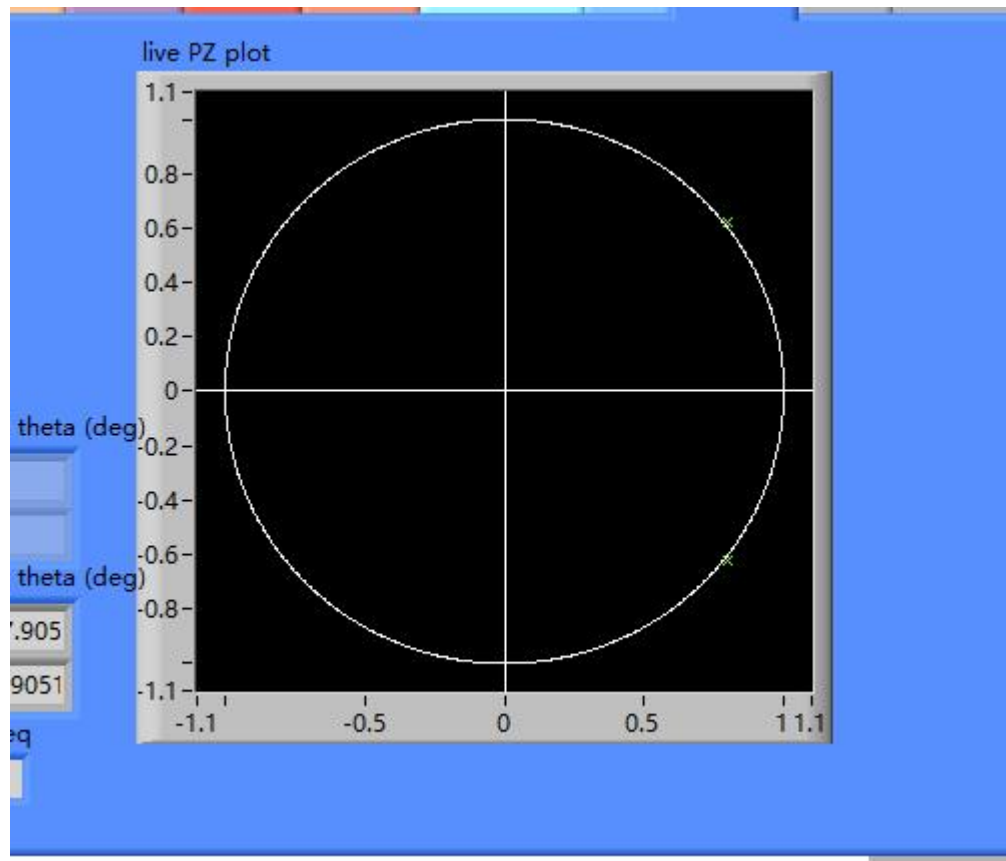
去掉输入信号, 观察输出结果, 并截图保存。



输出结果是正弦曲线吗？曲线的频率为 2100Hz。

是正弦曲线

根据当前加法器的增益计算并画出极点的位置，特别注意它们是在单位圆的内部还是外部？

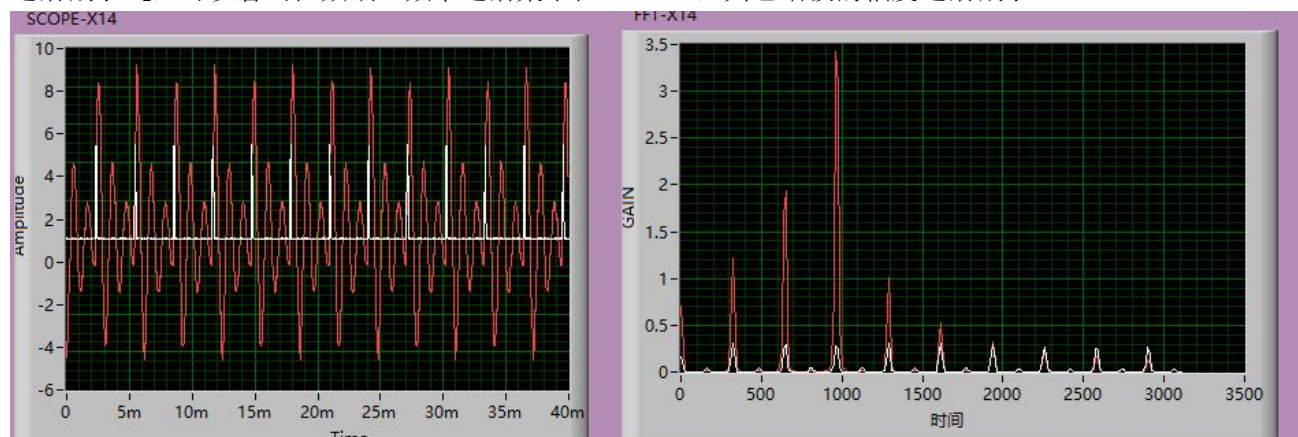


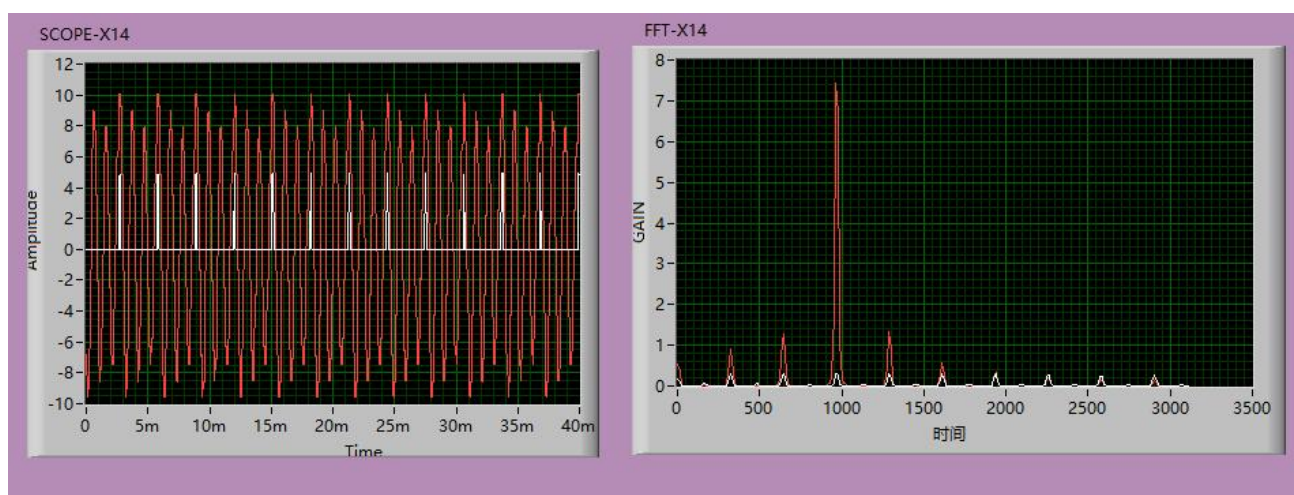
如图，可以观察极点在单位圆外部。

(7) (选做) 逐渐减小 a_2 (即增加 $|a_2|$)，观察时域及频域波形的变化，并描述改变 a_2 的值对系统响应结果的影响。

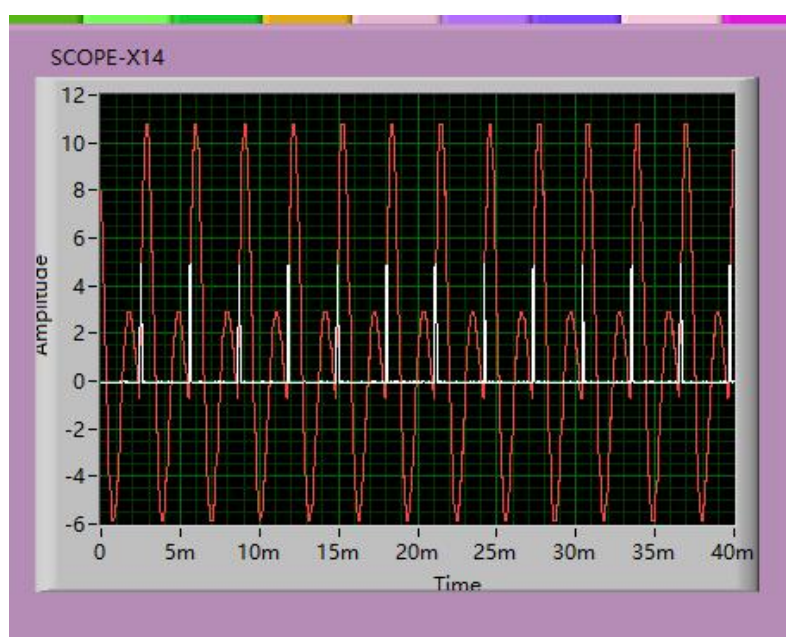
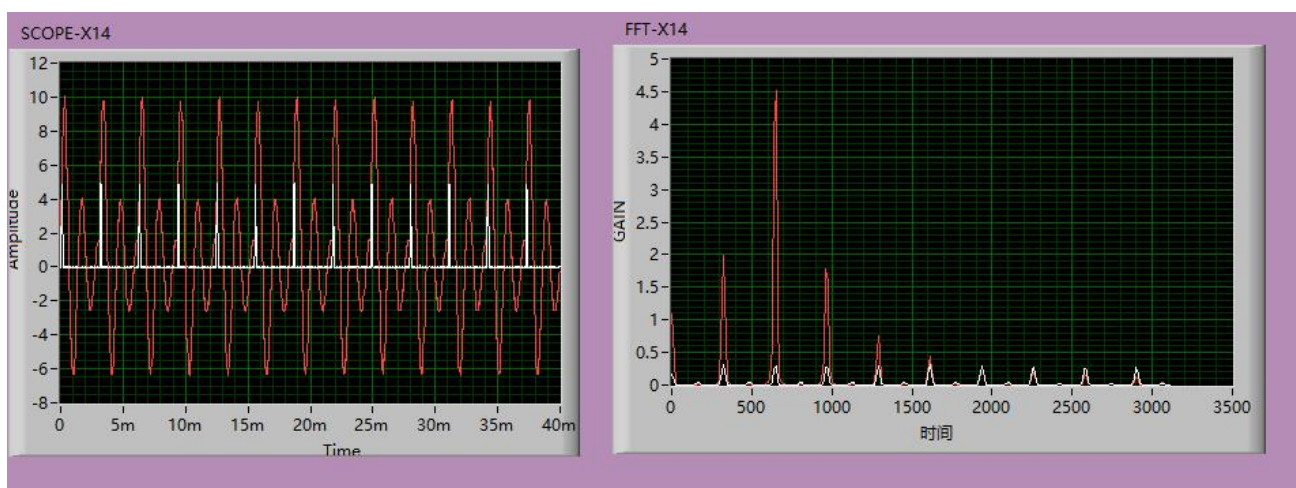
逐渐减小 a_2 ，可以看出在时域上波形更加密集，峰值逐渐平稳，谐波应该是逐渐减小的。

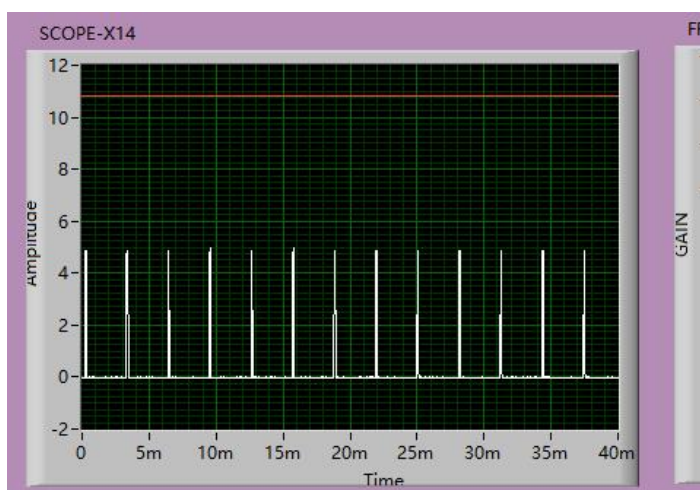
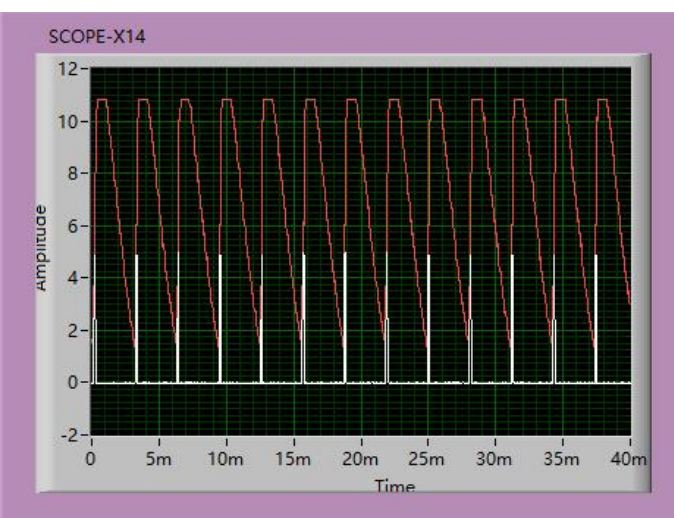
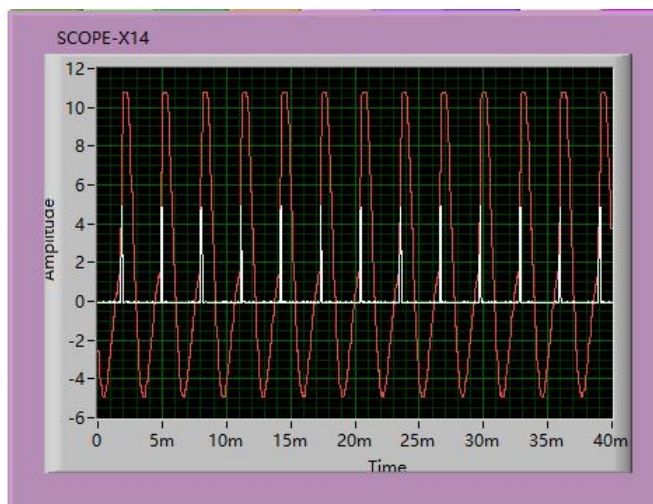
逐渐减小 a_2 ，可以看出在频域上频率逐渐集中在 1000Hz，其它谐波的幅度逐渐减小。





(8) (选做) 将参数重新设置为步骤(7)的参数, 逐渐增加 $|a_1|$, 观察时域及频域波形的变化。至时域峰值即将消失时, 分别对峰值消失前后的波形进行截图。





峰值消失时 a_1 的值为 1.9。

画出极点图，并解释你的观测结果。

逐渐增加 $|a_1|$ ，时域波形逐渐平稳，峰值逐渐平稳，谐波逐渐减小越来越趋近于正弦波，频域上频率逐渐集中，其它谐波的幅度逐渐减小，因为被滤除。

4.5.3 带前馈的 IIR：二阶滤波器

问题 6 图 4-5 中以 $x(n)$ 为系统的输入， $y(n)$ 为系统输出，写出滤波器的系统函数 $H(z)$ ，并与问题 2 中图 4-2 的系统函数对比。

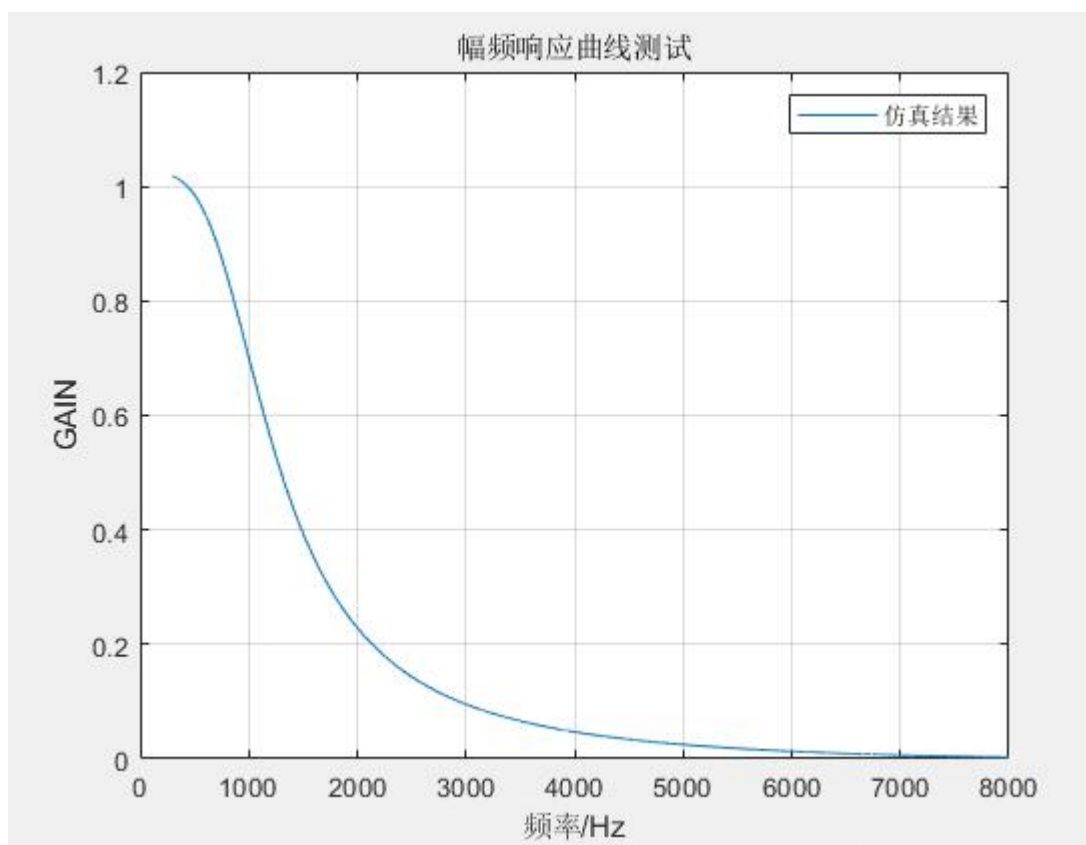
$$H(z) = \frac{b_0 + b_1z^{-1} + b_2z^{-2}}{1 + a_1z^{-1} + a_2z^{-2}}$$

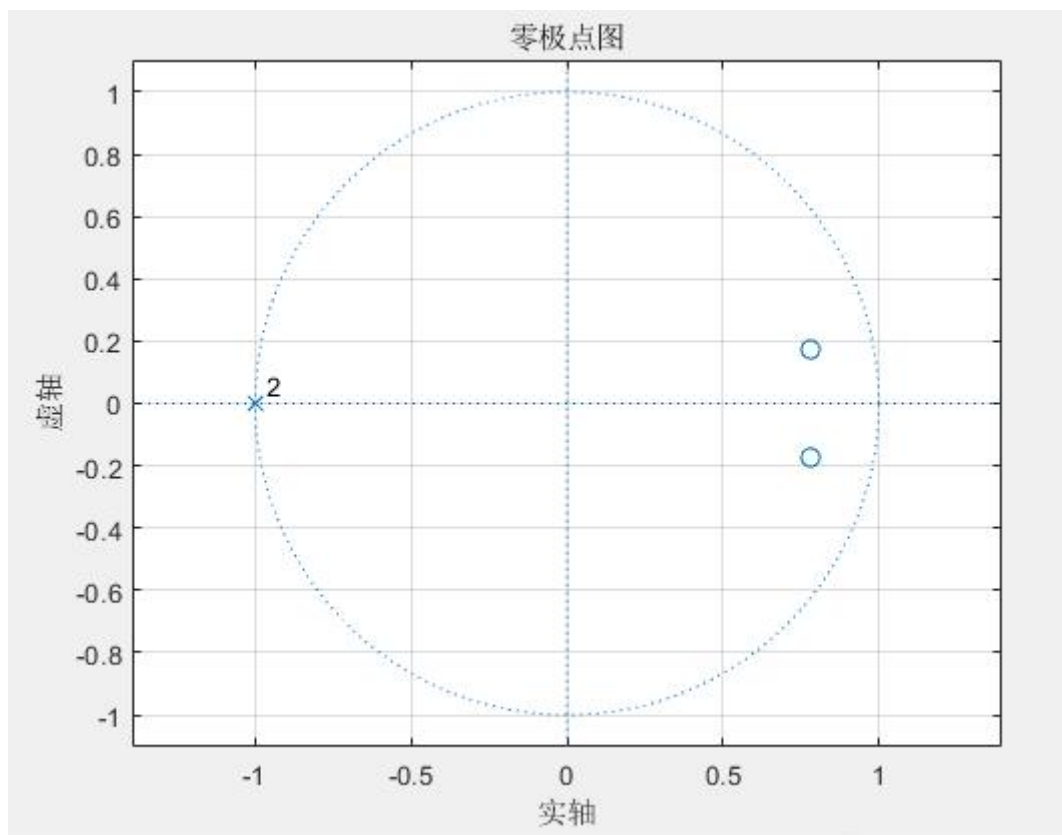
与问题 2 中图 4-2 的系统函数相符合

(1) 验证实验预习中问题 3 中的 (1)：

将函数发生器的频率从 300Hz 逐渐增大至 8000Hz，进行如下测试：

- ① 函数发生器频率为 300Hz 时，可调谐低通滤波器输出信号的幅度值为 2.47V；
- ② 可调谐低通滤波器输出信号幅值为 0.5V 时，函数发生器的频率值为 1800Hz；
- ③ 可调谐低通滤波器输出信号基本消失时，函数发生器的频率值为 7000Hz；
- ④ 利用目前设置的加法器增益作为系统差分方程的系数，在 MATLAB 上对滤波器幅频响应特性及零极点图进行仿真；





⑤ 判断滤波器的类型为 LPF。

(2) 验证实验预习中问题 3 中的 (2)：

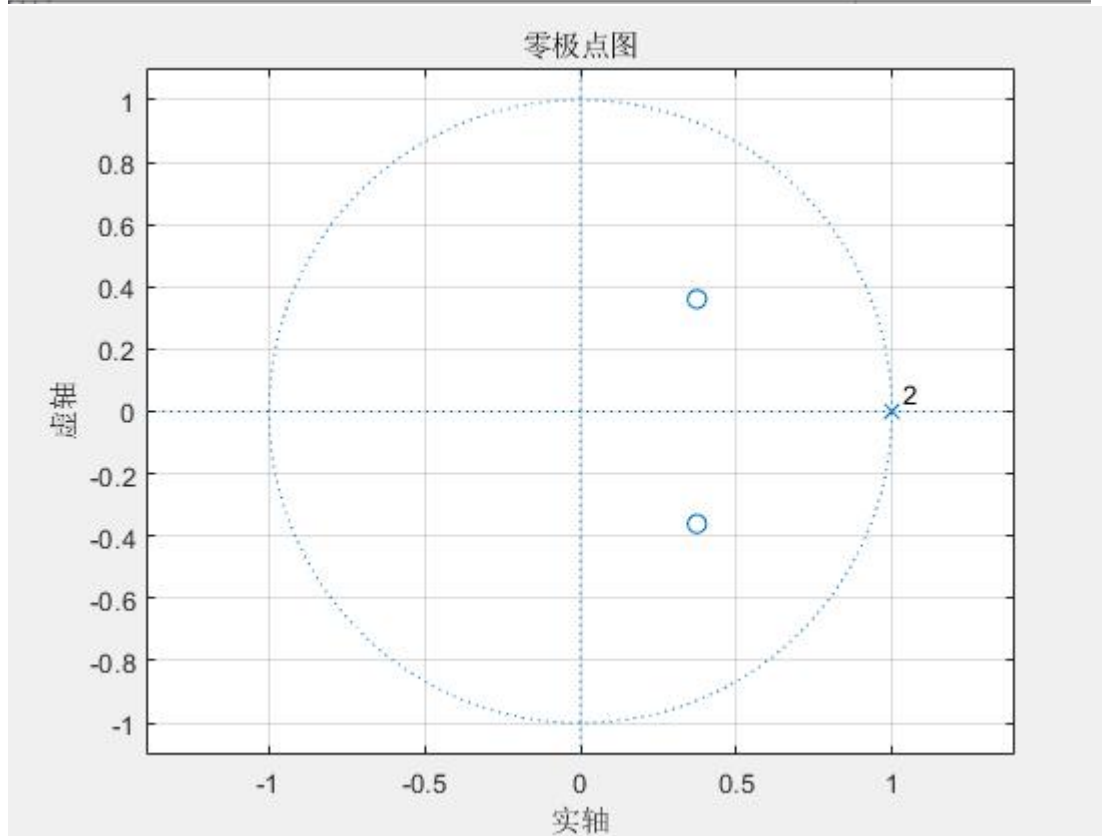
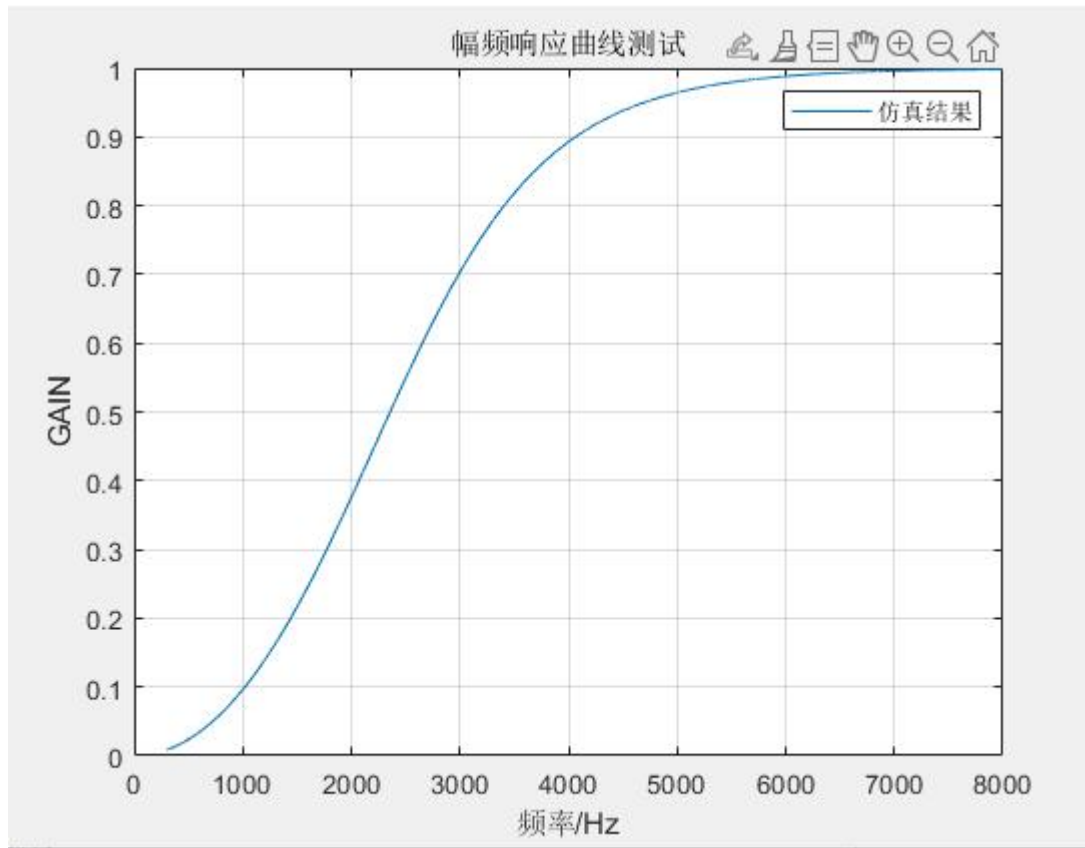
(3)

将函数发生器的频率从 300Hz 逐渐增大至 8000Hz，进行如下测试：

① 可调谐低通滤波器输出信号幅值增加至 0.2V 时，函数发生器的频率值为 1.55kHz；

② 可调谐低通滤波器输出信号幅值与输入信号幅值一致时，函数发生器的频率值为 6kHz；

③ 利用目前设置的加法器增益作为系统差分方程的系数，在 MATLAB 上对滤波器幅频响应特性及零极点图进行仿真。



④ 判断滤波器的类型为 HPF。

(4) 验证实验预习中问题 3 中的 (3)：

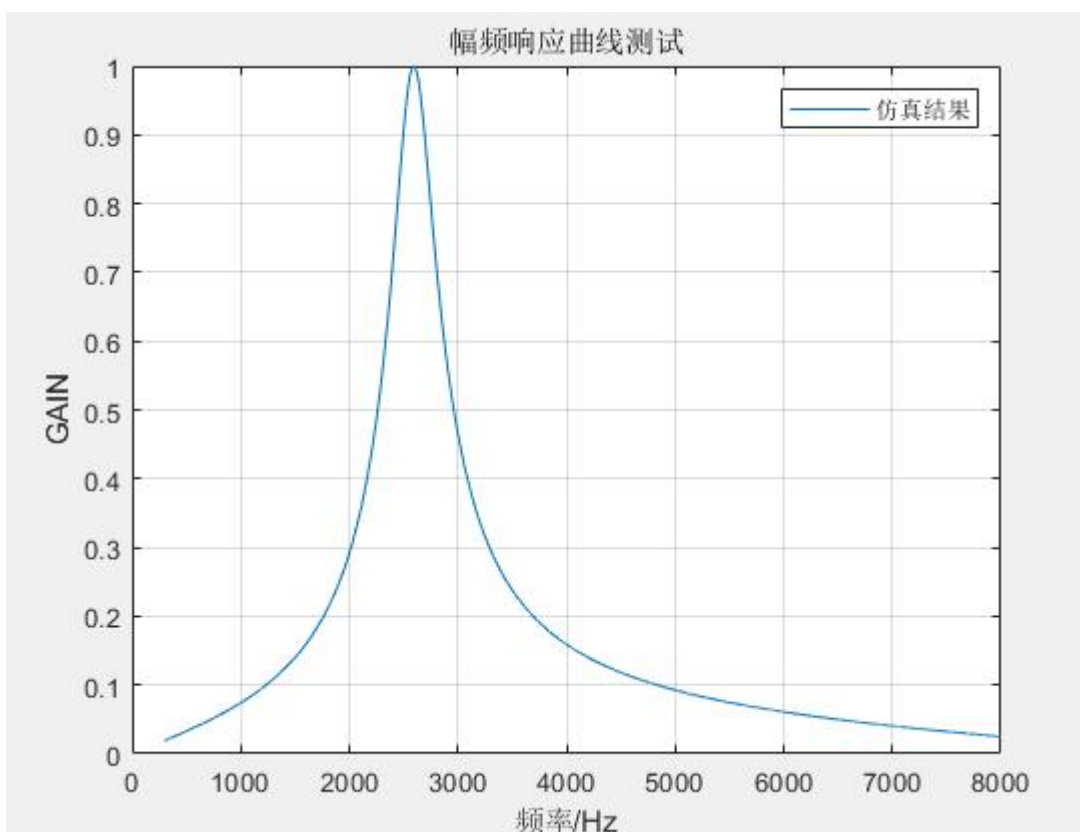
将函数发生器的频率从 300Hz 逐渐增大至 8000Hz，进行如下测试：

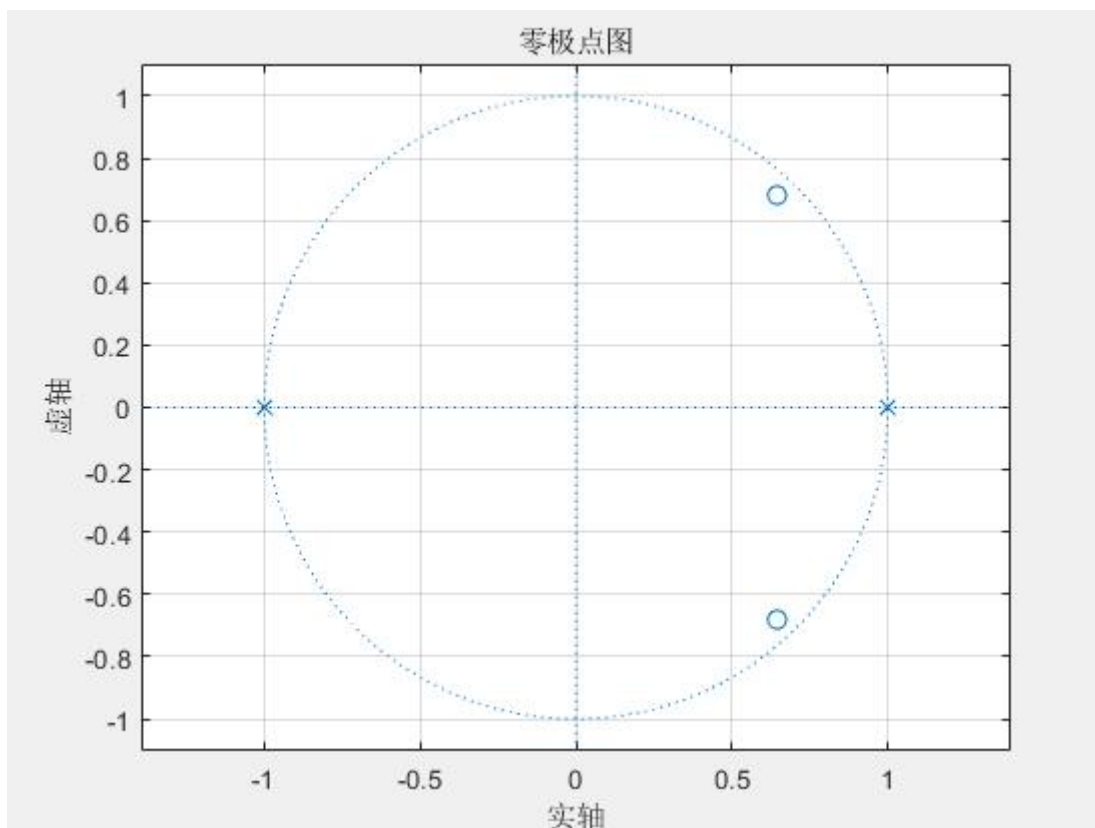
① 可调谐低通滤波器输出信号幅度增加至 0.2V 时，函数发生器的频率值为 1250Hz；

② 可调谐低通滤波器输出信号幅值增加至最大时的幅度值为 1.97V，及函数发生器的频率值为 2600Hz；

③ 可调谐低通滤波器输出信号幅值衰减至 0.2V 时，函数发生器的频率值为 4700Hz；

④ 利用目前设置的加法器增益作为系统差分方程的系数，在 MATLAB 上对滤波器幅频响应特性及零极点图进行仿真；





- ⑤ 判断滤波器的类型为 BPF。

4.5.4 设计 IIR 滤波器消除干扰谐波分量

分别设计低通、高通和带通三种滤波器，并进行滤波测试。在 300-8000Hz 频率范围内，自行选定双频输入信号 f_1 和 f_2 ，其中一个频率在滤波器通带范围内，另一个频率在阻带范围内。

对于所设计的低通、高通和带通滤波器，分别进行滤波测试，记录以下数据：

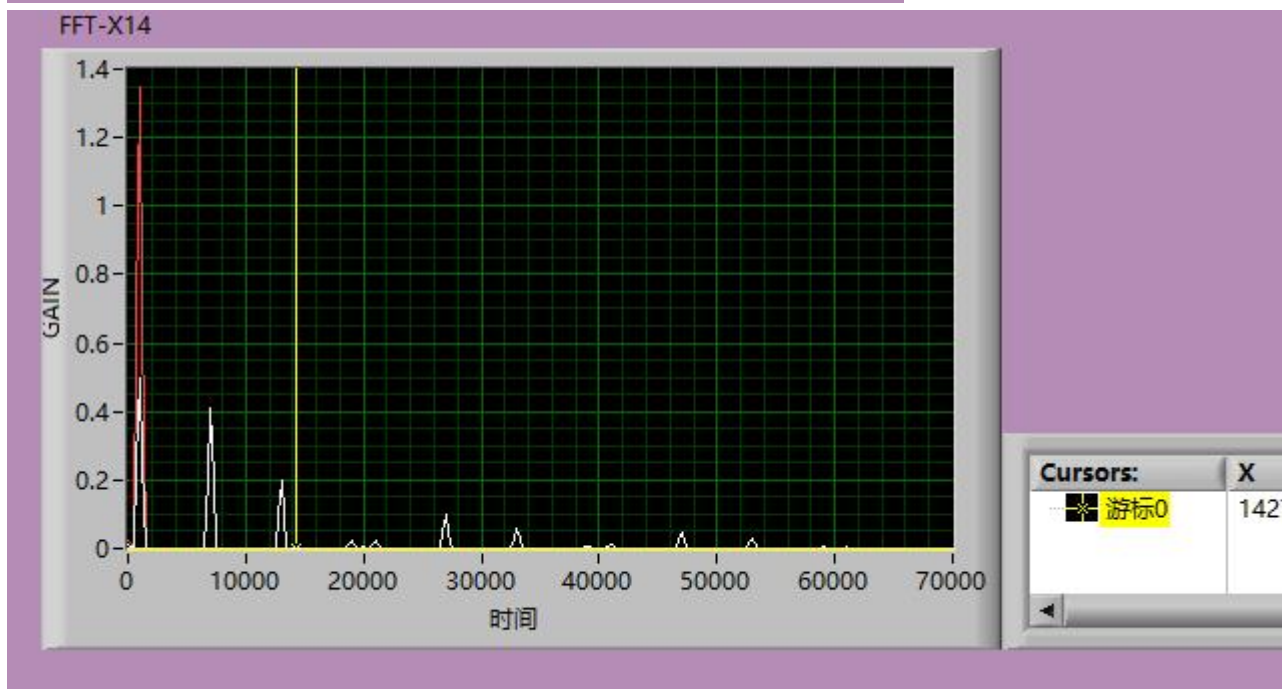
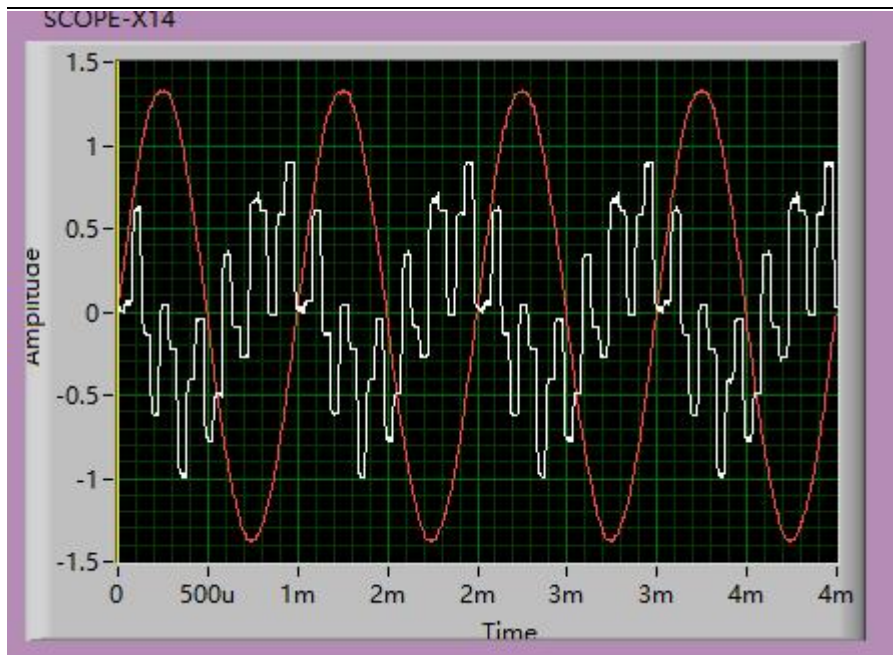
- ① 滤波器系统函数的系数；
- ② 加法器的输出端和可调谐低通滤波器输出端的频域波形；
- ③ 利用 MATLAB 仿真画出幅频响应曲线及零极点图。

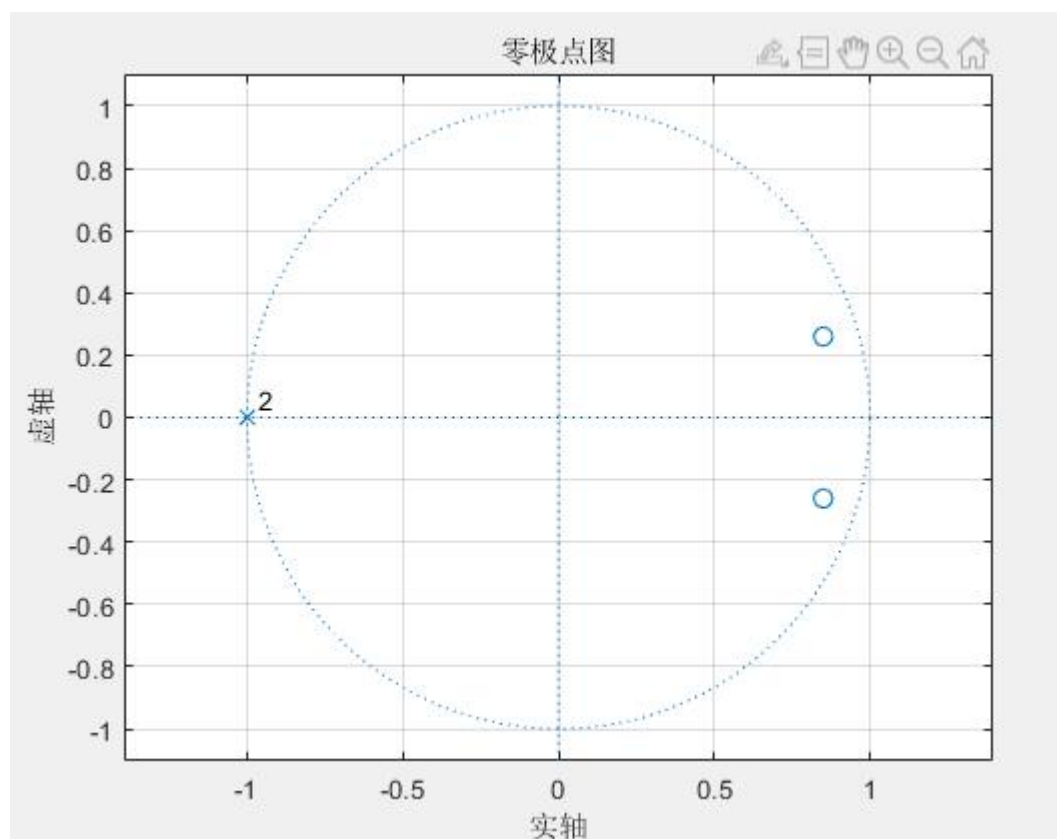
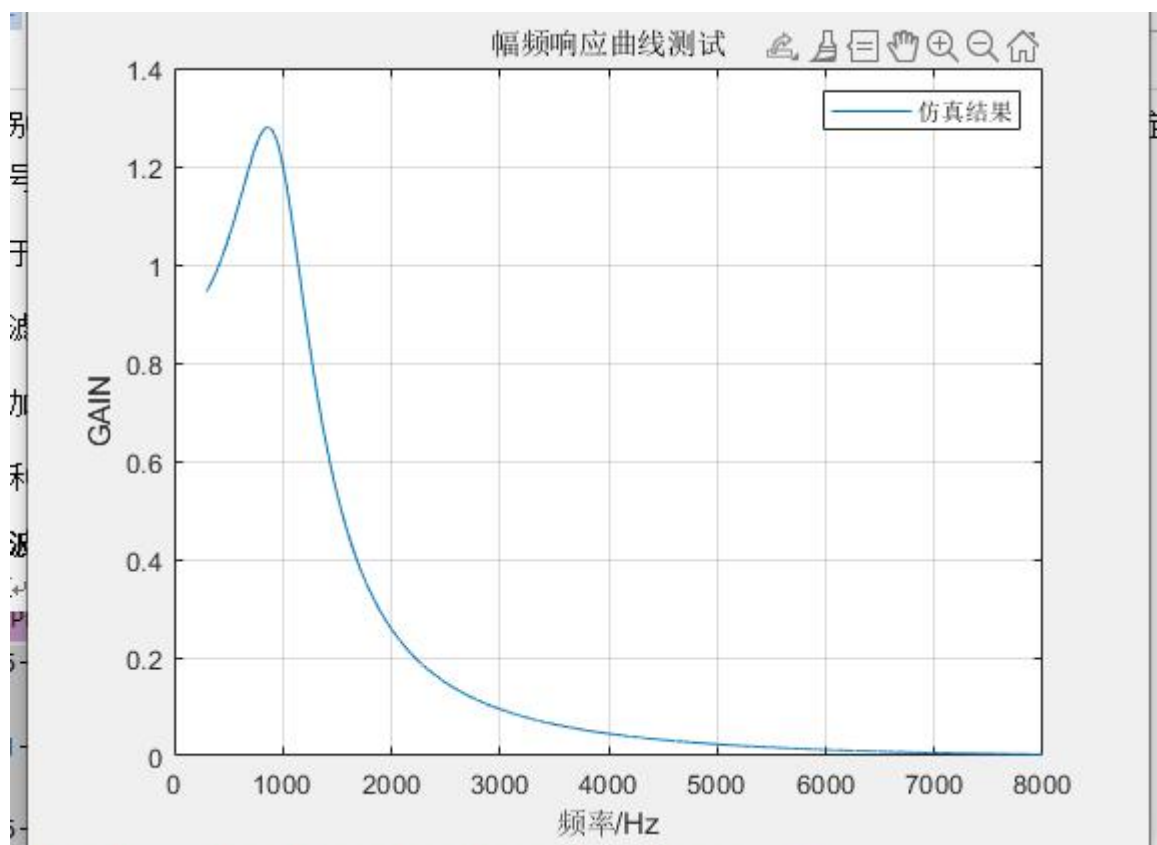
低通滤波器：

输入信号：1kHz+6kHz

$A = [1 \ -1.7 \ 0.79];$

$B = [0.02 \ 0.04 \ 0.02];$



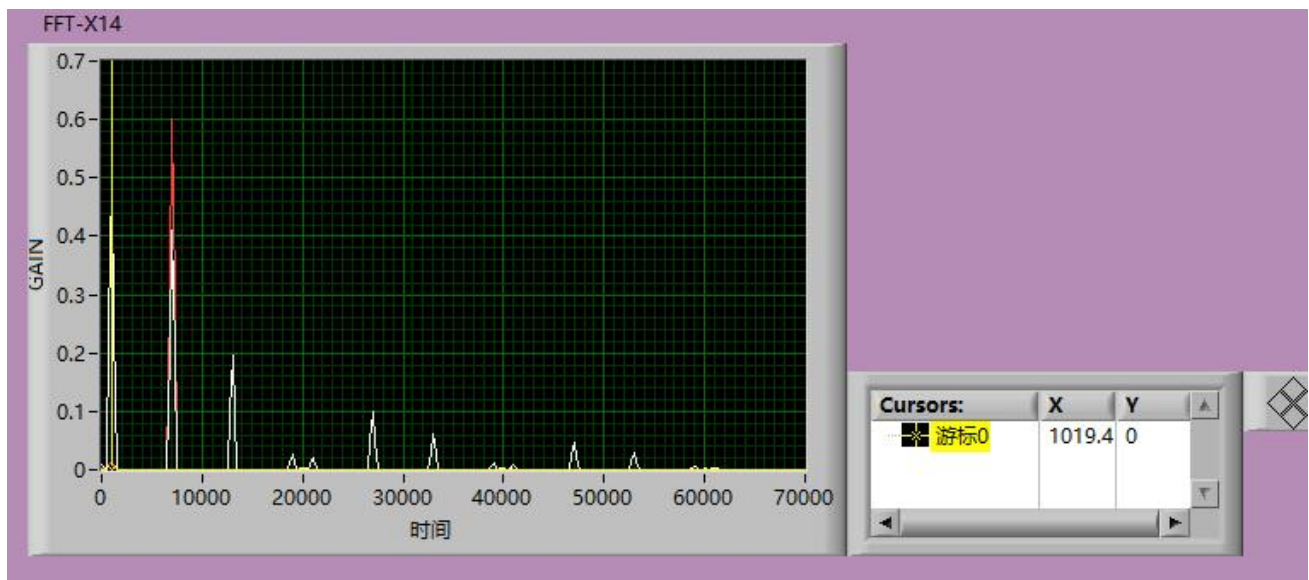
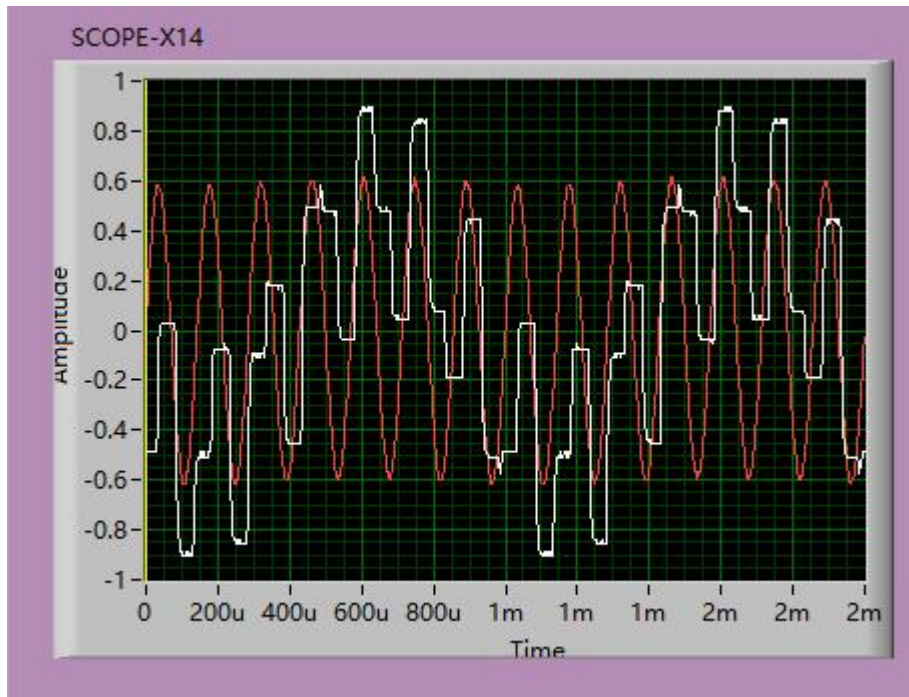


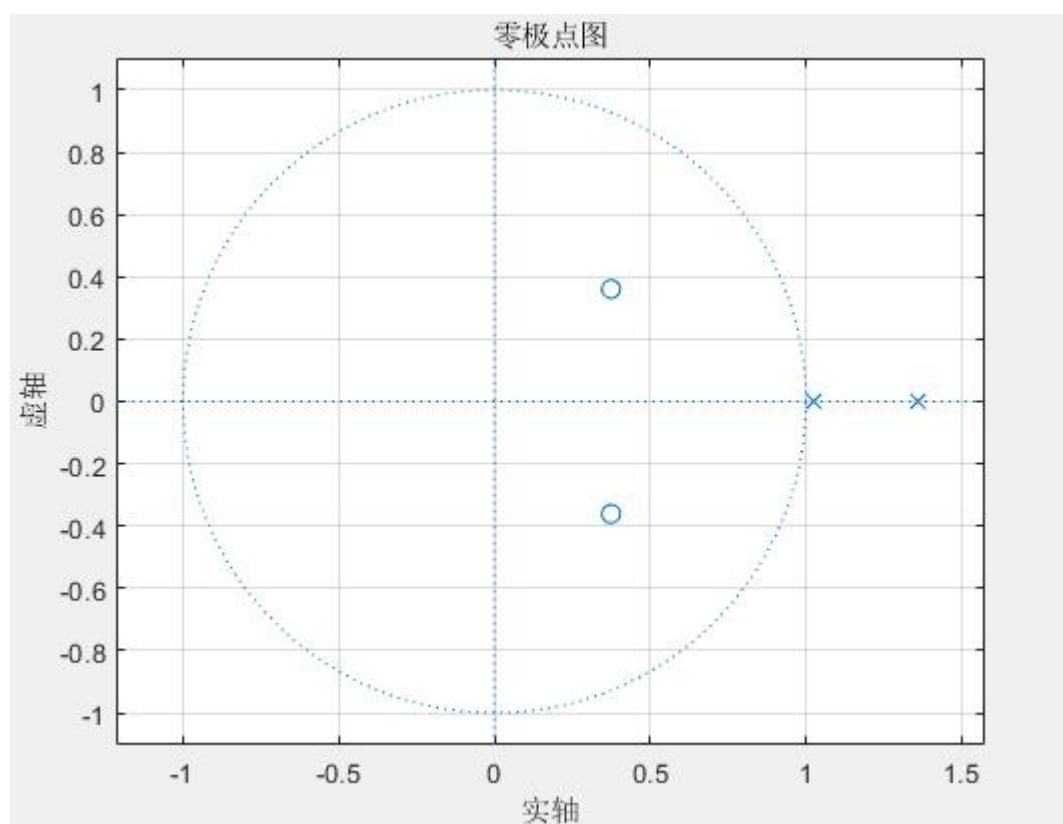
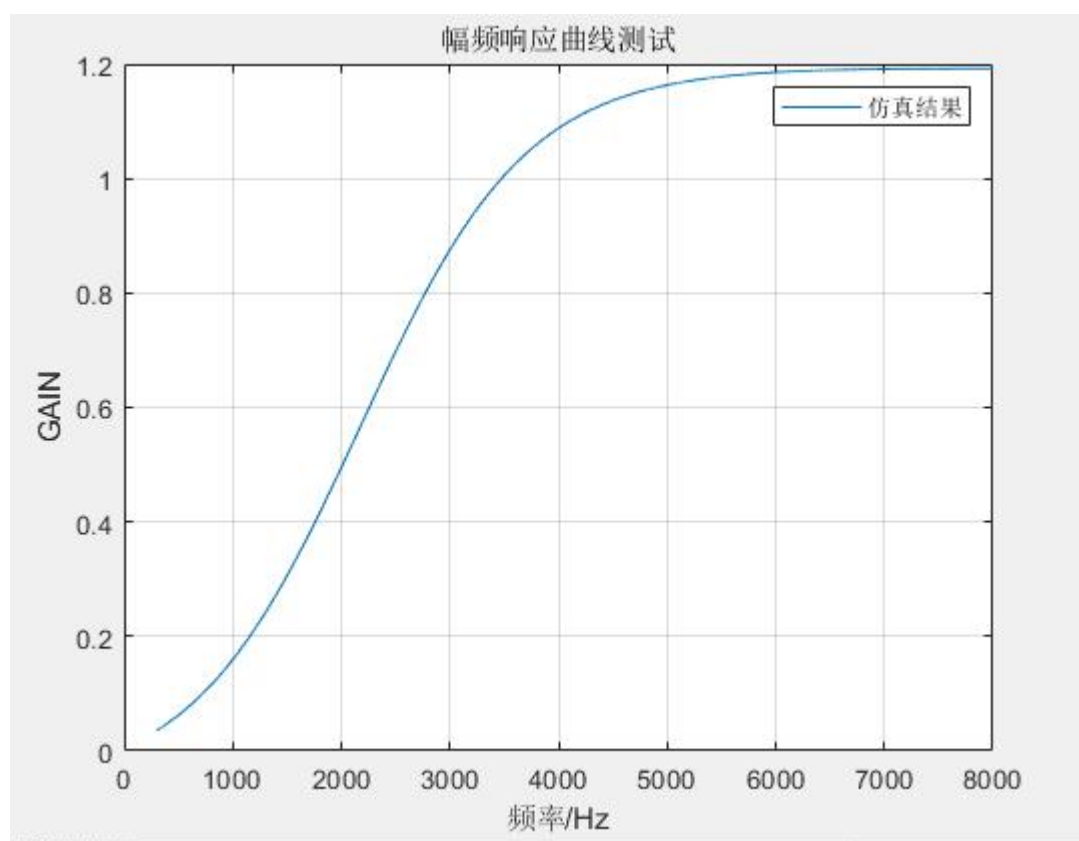
高通滤波器:

输入信号: 1kHz+7kHz

$A=[1 \ -0.748 \ 0.27];$

$B=[0.504 \ -1.2 \ 0.7];$



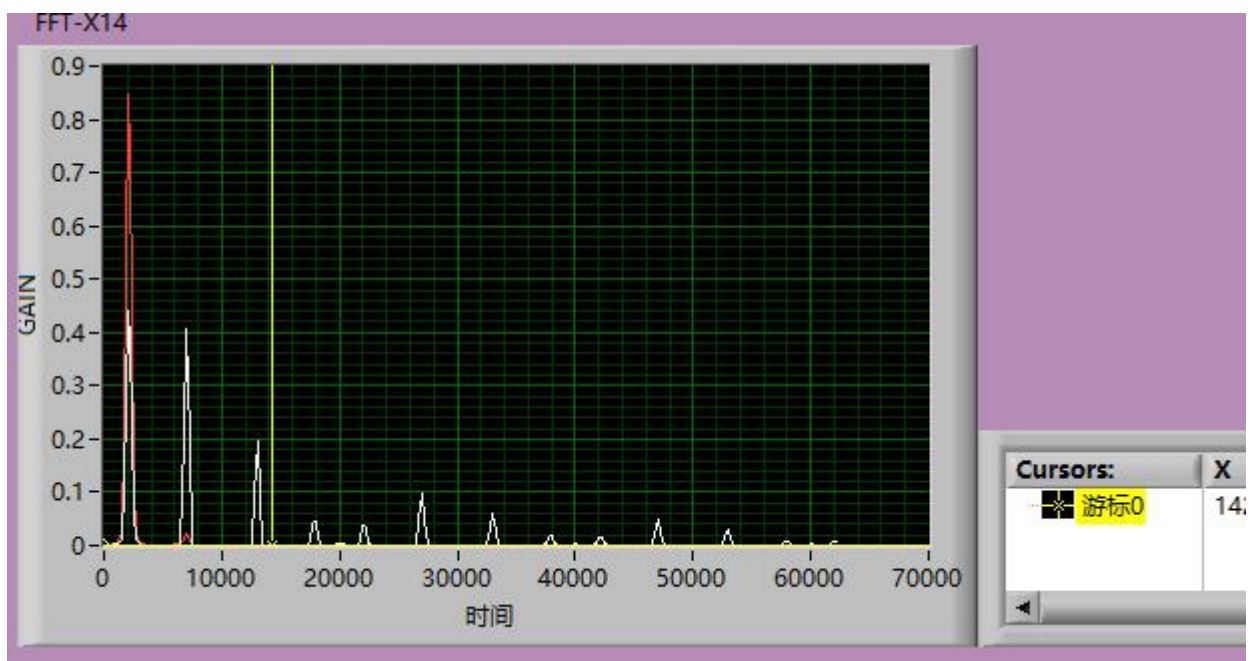
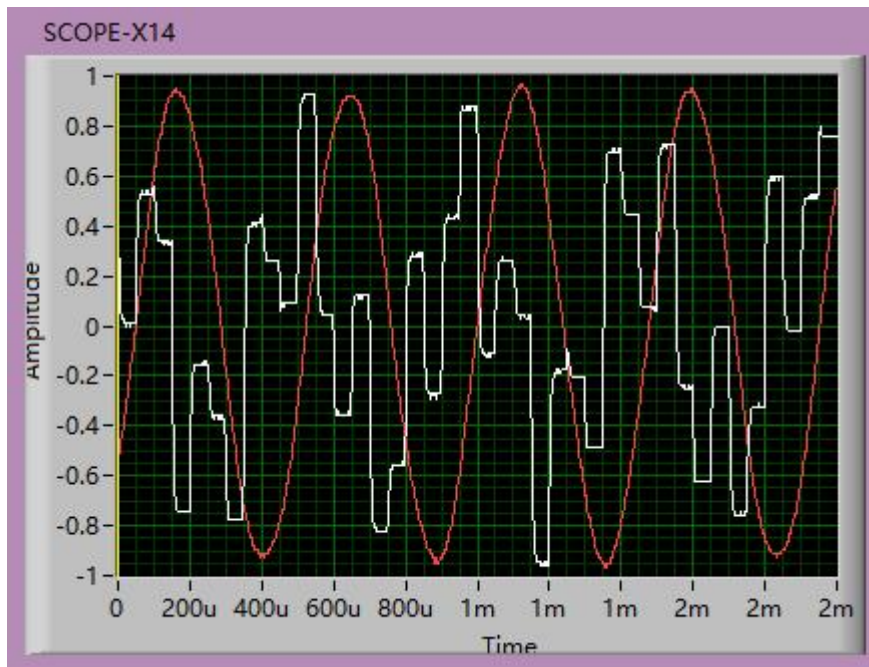


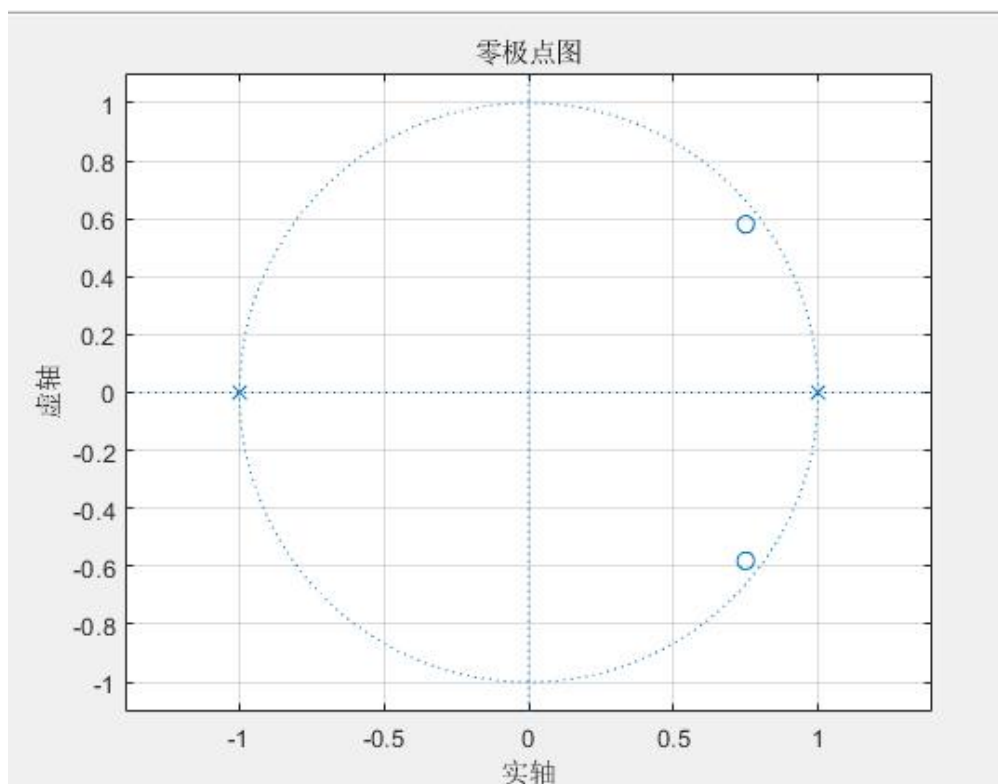
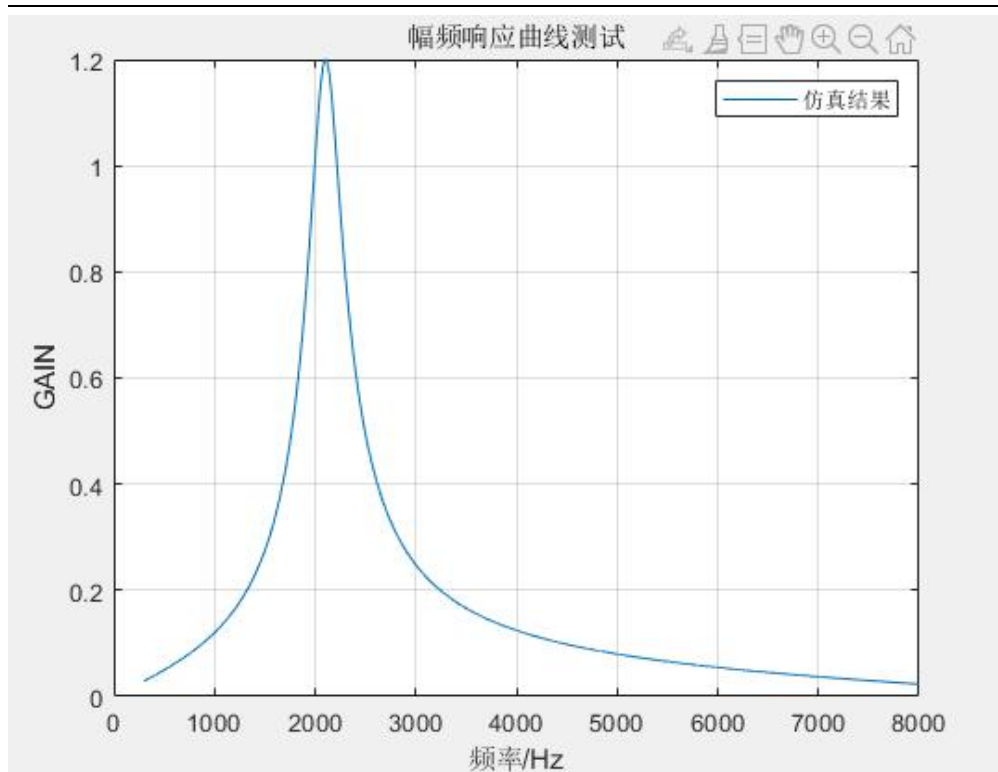
带通滤波器:

输入信号: 2.1kHz+7kHz

$A=[1 \ -1.5 \ 0.9];$

$B=[0.06 \ 0 \ -0.06];$





三、实验体会与建议

本实验让我收获颇丰，动手能力增强的同时理论基础更加扎实，在此次实验中，我加深了对于数字信号处理知识的理解，而且锻炼了我的实验思维，可以拓展课本之外的能力，让自己不仅仅依靠书本上的知识发展自己的认知，我认为本课程极具教育意义。