

## 数字信号处理实验报告（五）---- 离散时间滤波器的应用

姓名：杨承翰 学号：210210226 班级：通信2班

实验日期：11.24 实验台号：K405-20

### 一、实验记录与问题思考

#### 5.5.2 设计直接形式2 IIR 带通滤波器

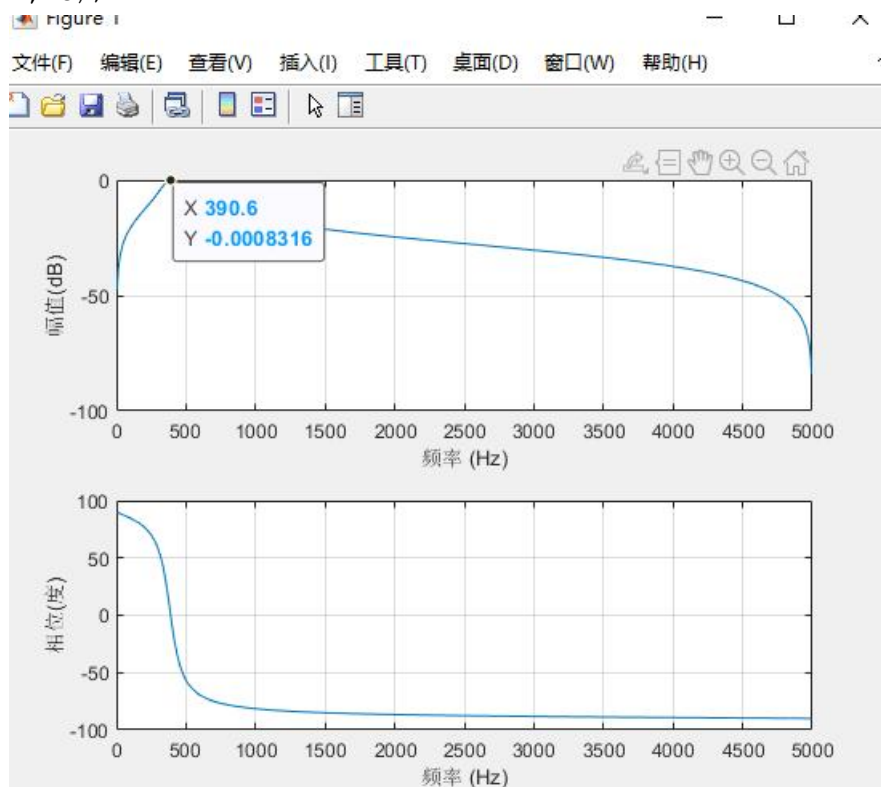
##### (1) 滤波器的设计指标

采用巴特沃斯滤波器设计带通滤波器，阶数  $N=1$ 。

滤波器的设计指标：中心频率为 395Hz、3dB 带宽为 130Hz、采样频率为 10kHz。

写出此时系统函数的系数。

```
N=1;
Fc=395;
Fs=10000;
Bw=130;
Wn=[Fc-Bw/2,Fc+Bw/2]/(Fs/2);
[b,a]=butter(N,Wn,'bandpass');
disp('滤波器系数b:');
disp(b);
disp('滤波器系数a:');
disp(a);
freqz(b,a,1024,Fs);
```



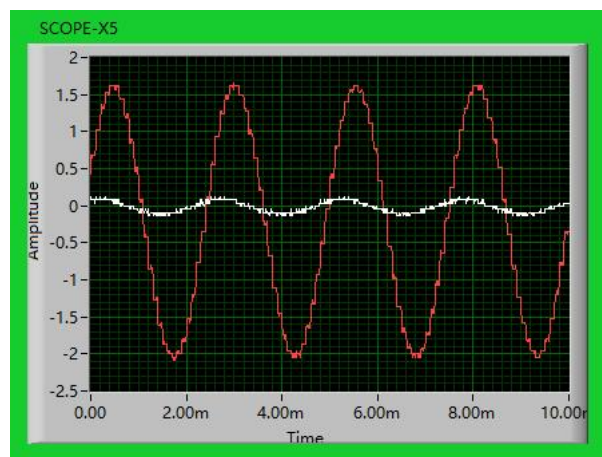
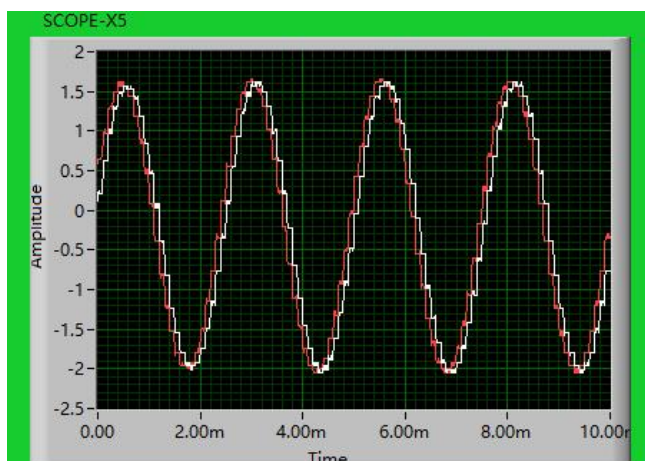
```
freqz(b, a, 1024, Fs);
滤波器系数b:
    0.0393         0    -0.0393

滤波器系数a:
    1.0000   -1.8642    0.9215
```

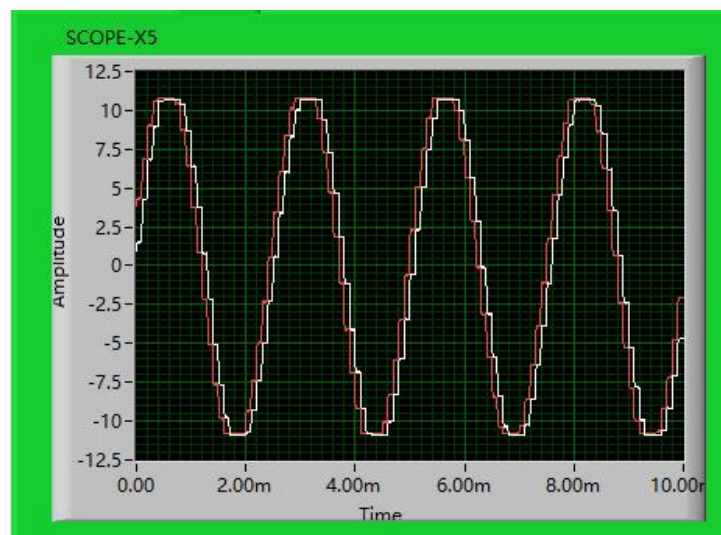
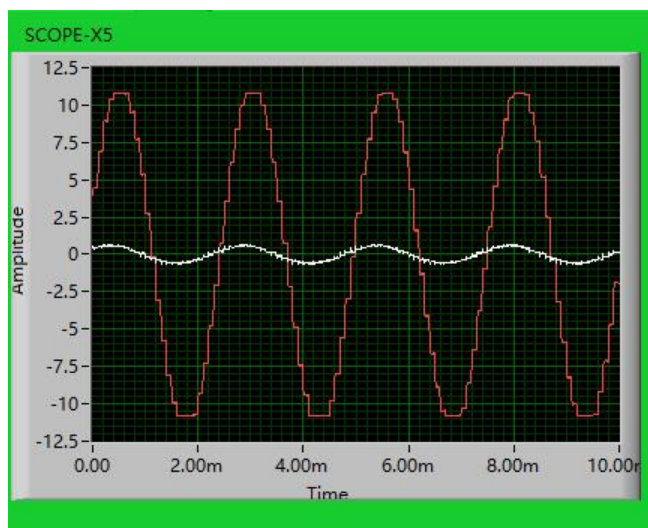
## (3) 内部节点饱和现象观测

函数发生器产生幅度 0.1-1.6V 之间的三组正弦波信号，施加到滤波器输入端，记录在图 5-3 中节点  $x_2$  或  $x_1$  任意一个出现饱和现象时，该节点出现饱和现象的时域波形及此时 Y 输出端口的时域波形（每组输入正弦波信号只需记录一个节点，注意说明输入信号幅值、节点名称）。

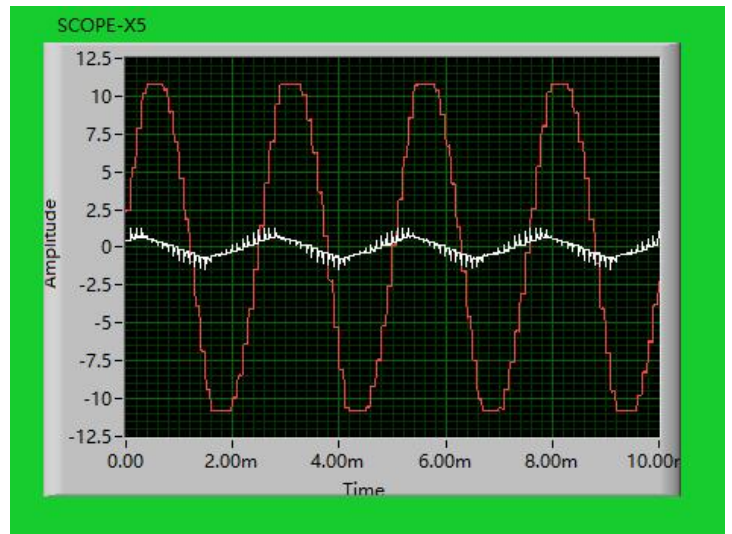
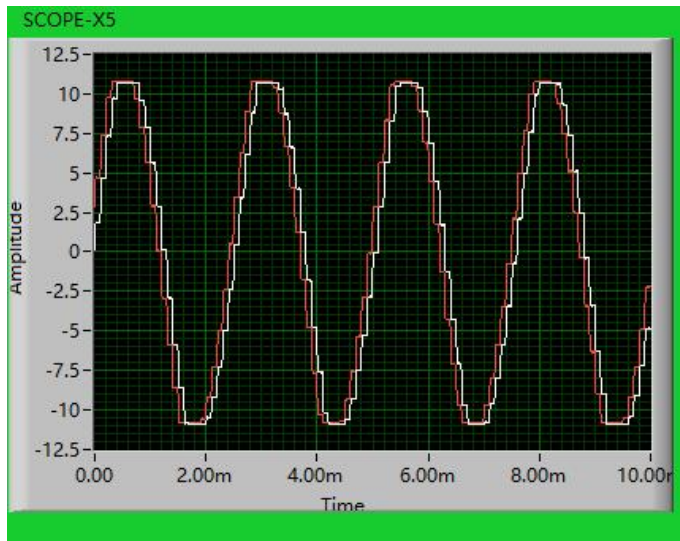
对于  $x_1$  输入信号幅值 0.1V



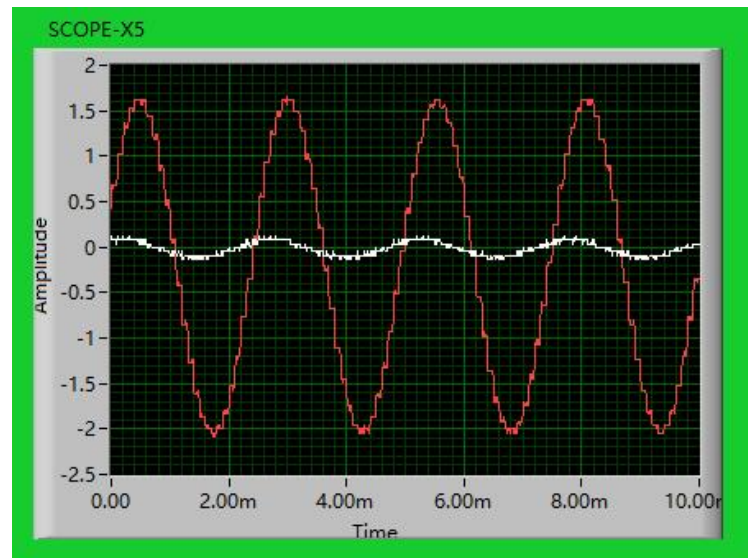
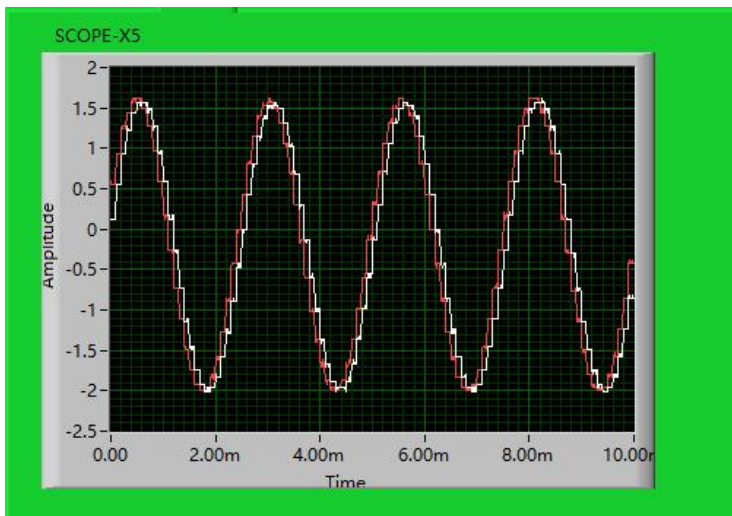
对于  $x_1$  输入信号幅值 0.65V



对于 x1 输入信号幅值 0.9V

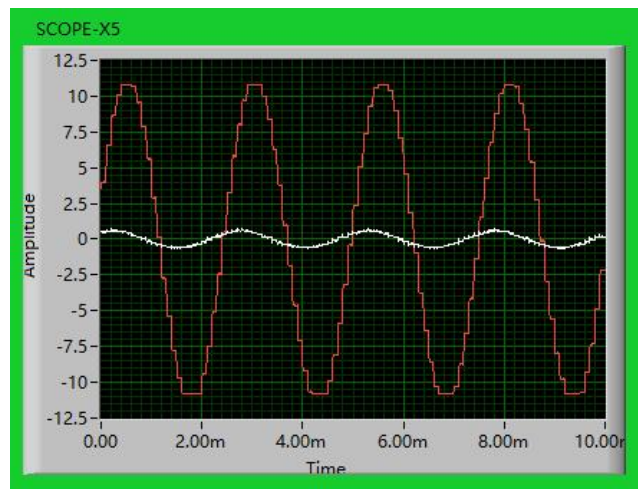
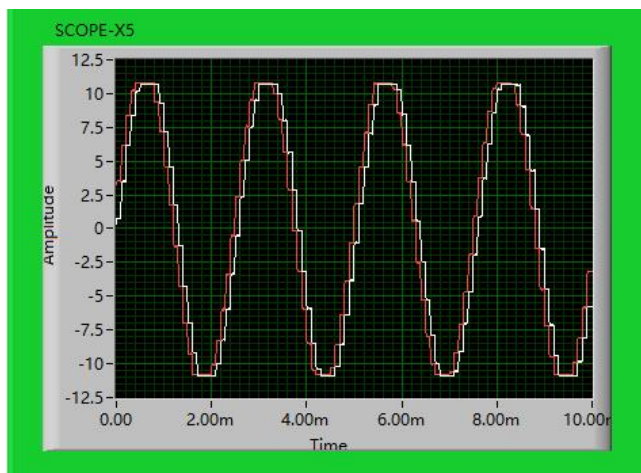


对于 x2 输入信号幅值 0.1V

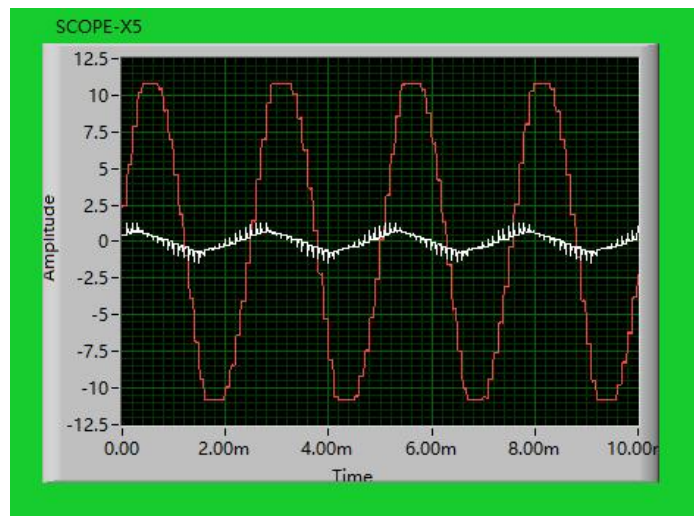
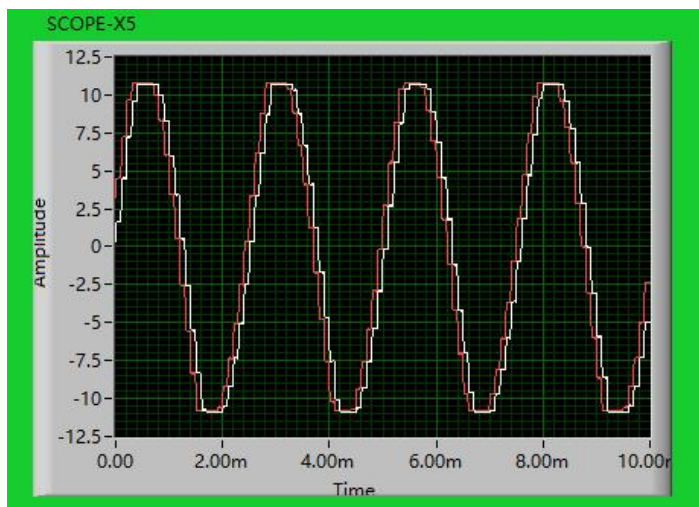




对于  $x_2$  输入信号幅值 0.65V



对于  $x_2$  输入信号幅值 0.9V



**问题 1** 给出确保不发生饱和现象的条件下所使用的输入信号的最大幅值。

输入信号的最大幅值为 0.64V

**问题 2** 写出输出节点  $Y$ 、内部节点  $x_2$  和  $x_1$  的系统函数（以  $U$  为输入节点）。

$$\text{输出节点 } Y: H = \frac{0.04 - 0.04z^{-1}}{1 - 1.8642z^{-1} + 0.9215z^{-2}}$$

$$\text{内部节点 } x_2: H = \frac{z^{-2}}{1 - 1.8642z^{-1} + 0.9215z^{-2}}$$

$$\text{内部节点 } x_1: H = \frac{z^{-1}}{1 - 1.8642z^{-1} + 0.9215z^{-2}}$$

## (4) 调整系统函数参数以满足设计指标

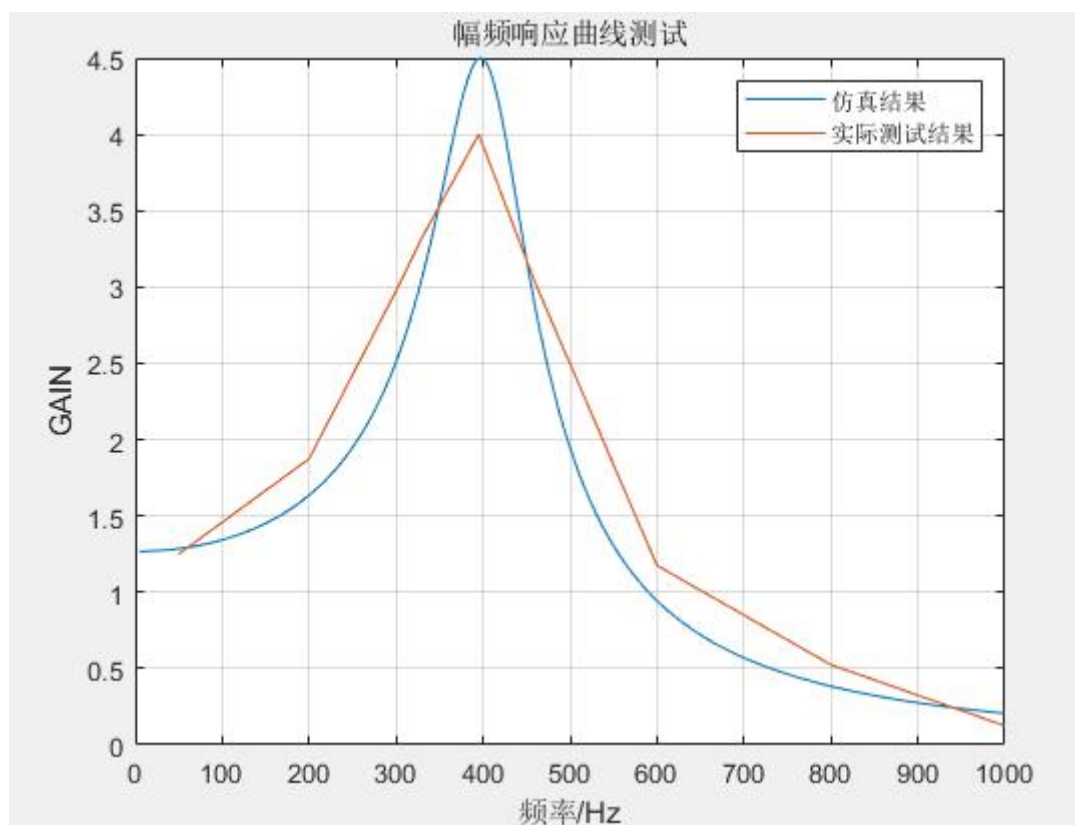
函数发生器产生幅值为 0.08V (即 0.16Vpp) 的正弦输入信号, 测量输出端口 Y 的幅频响应曲线。由于理论计算和硬件实现存在着误差, 需微调系统函数的参数, 使其满足滤波器设计指标, 确定最后选定的滤波器系数 (实测中心频率与理论计算中心频率基本一致)。

此时滤波器系数为:

$a_0 = 1$ ;  $a_1 = 1.864$ ;  $a_2 = -0.932$

$b_0 = 0.04$ ;  $b_1 = 0$ ;  $b_2 = -0.04$

在微调系统参数后, 测量输出节点 Y 通过可调谐低通滤波器 (TUNEABLE LPF) 后的幅频响应, 在实验报告里根据实测数据用 MATLAB 画出幅频响应曲线, 并与仿真曲线在同一张图中对比。



**问题 3** 滤波器系统函数系数  $b_0$ 、 $b_1$ 、 $b_2$  具有怎样的关系, 解释其原因。

$$b_0 = -b_2$$

$$b_1 = 0$$

因此滤波器零点分别为 1, -1; 所以  $b_0 = -b_2$

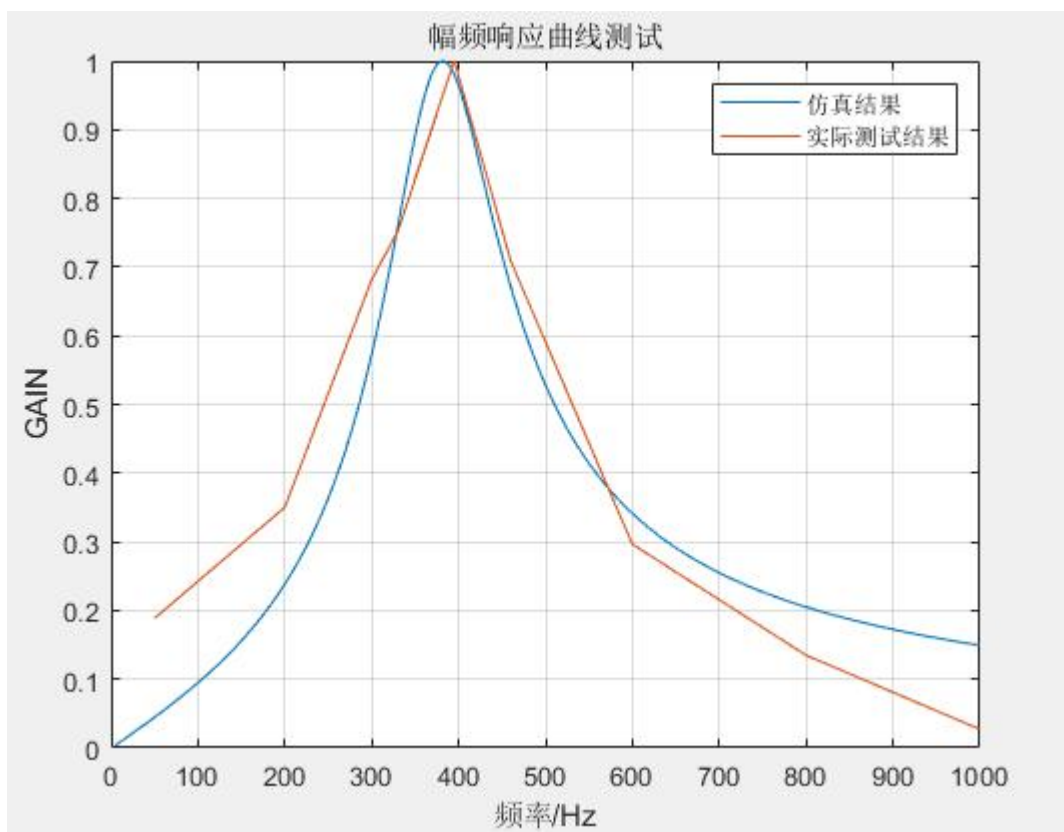
### 5.5.3 提高采样频率, 保持滤波器幅频特性不变

(1) 采样频率提高至 20kHz, 设计与 5.5.2(1) 技术指标一样的带通滤波器, 重新设置实验板系数。

参数为:  $a_0 = 1$ ;  $a_1 = 1.9453$ ;  $a_2 = 0.96$

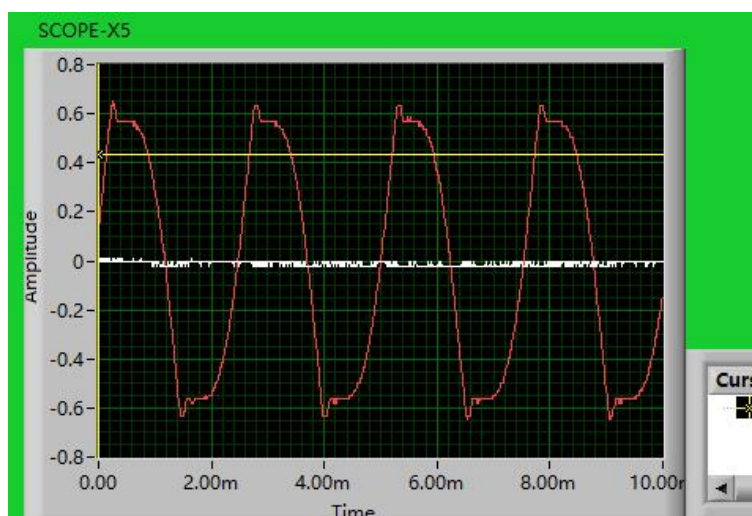
$b_0 = 0.02$  ;  $b_1 = 0$  ;  $b_2 = -0.02$

(2) 测试 20kHz 采样频率下滤波器输出节点 Y 的幅频响应特性。如果实测幅频响应不满足要求，则需微调滤波器系数，若微调，写出微调后的滤波器系数。



**问题 4** 函数发生器产生幅值与问题 1 中相同的正弦信号，测试 20kHz 采样频率下滤波器各节点是否发生饱和。

饱和

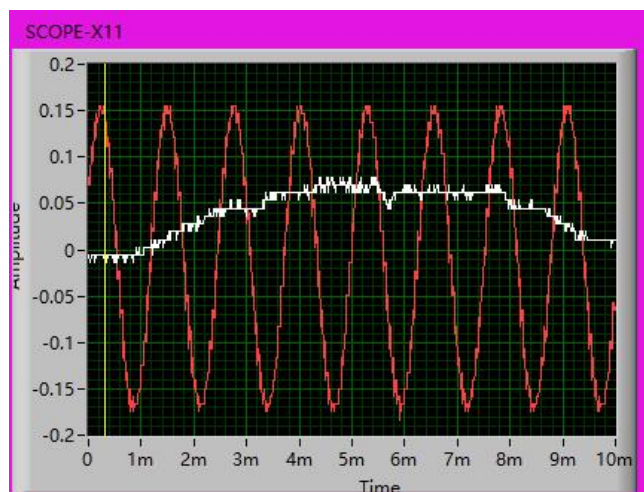
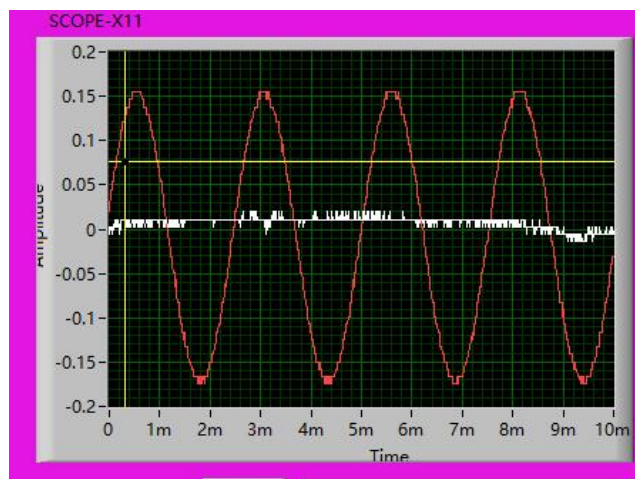


给出确保不发生饱和现象的条件下所使用的输入信号的最大幅值。

最大幅值 0.22V

**问题 5** 若不改变滤波器的参数设置, 20kHz 采样频率下输出节点 Y 的幅频响应曲线的峰值幅度与 10kHz 采样频率下的峰值幅度相比, 有怎样的变化? 其中心频率是否发生变化?

由于不改变滤波器的参数设置, 所以零极点都未发生改变, 但是零极点对应的中心频率翻倍, 同时采样频率翻倍使峰值幅度略微增大



所以峰值幅度稍微变大

中心频率翻倍

**问题 6** 如果要在两种采样频率条件下滤波器的幅频响应不变, 20kHz 采样频率下的极点相位与 10kHz 采样频率下的极点相位具有什么样的关系?

$$20\text{kHz 采样频率下的极点相位} = \frac{10\text{kHz 采样频率下的极点相位}}{2}$$

## 二、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。