

DSP 第三次实验报告

JL22060007 王艳莉

实验 6 信号通过 IIR 滤波器

一、实验目的

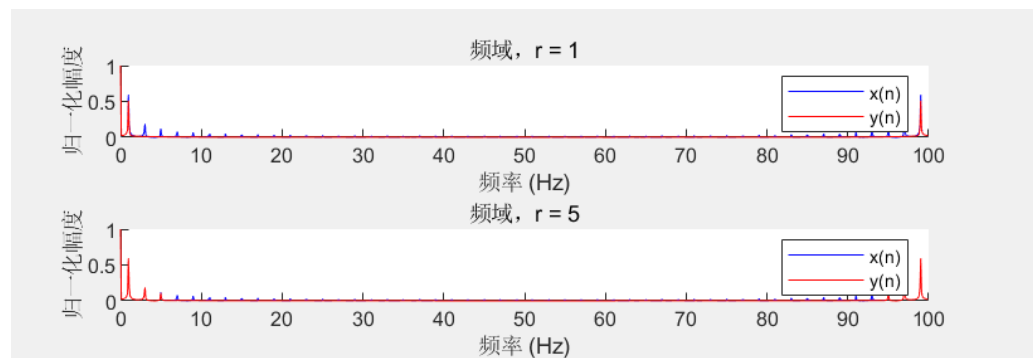
- (1) 理解系统对信号的作用、输入信号与输出信号的关系。
- (2) 任何复杂信号都可以看成是不同频率的简单正弦信号叠加的结果。

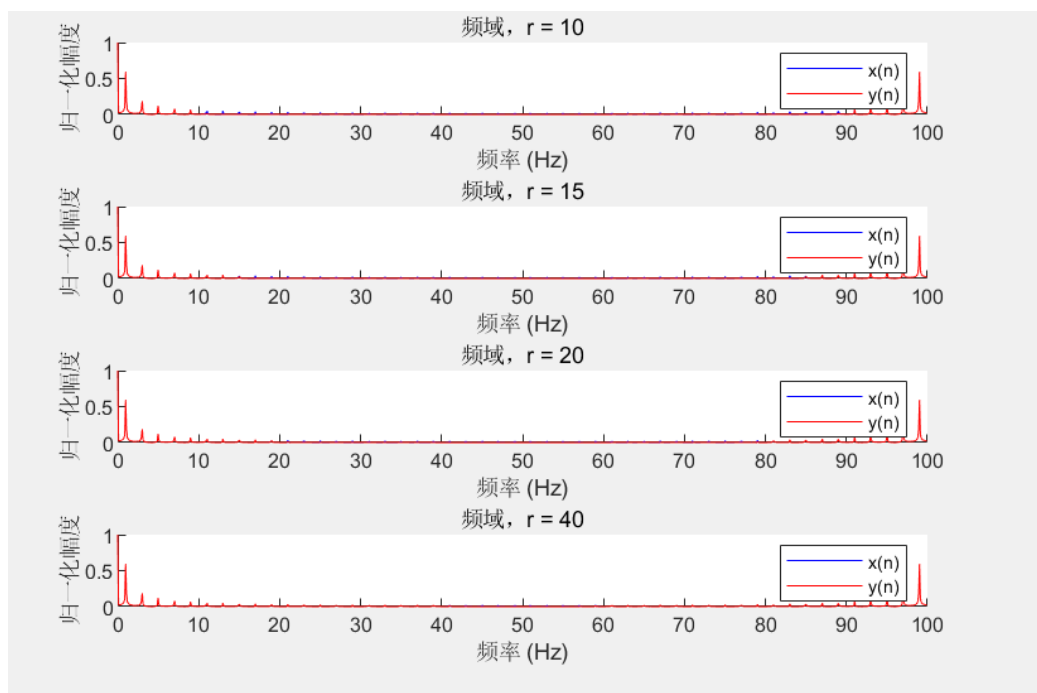
二、实验原理

观察一个矩形波信号通过低通滤波器。通过设置滤波器不同的截止频率，可以看到矩形波信号时域波形的变化。随着截止频率的升高，时域波形越接近矩形。

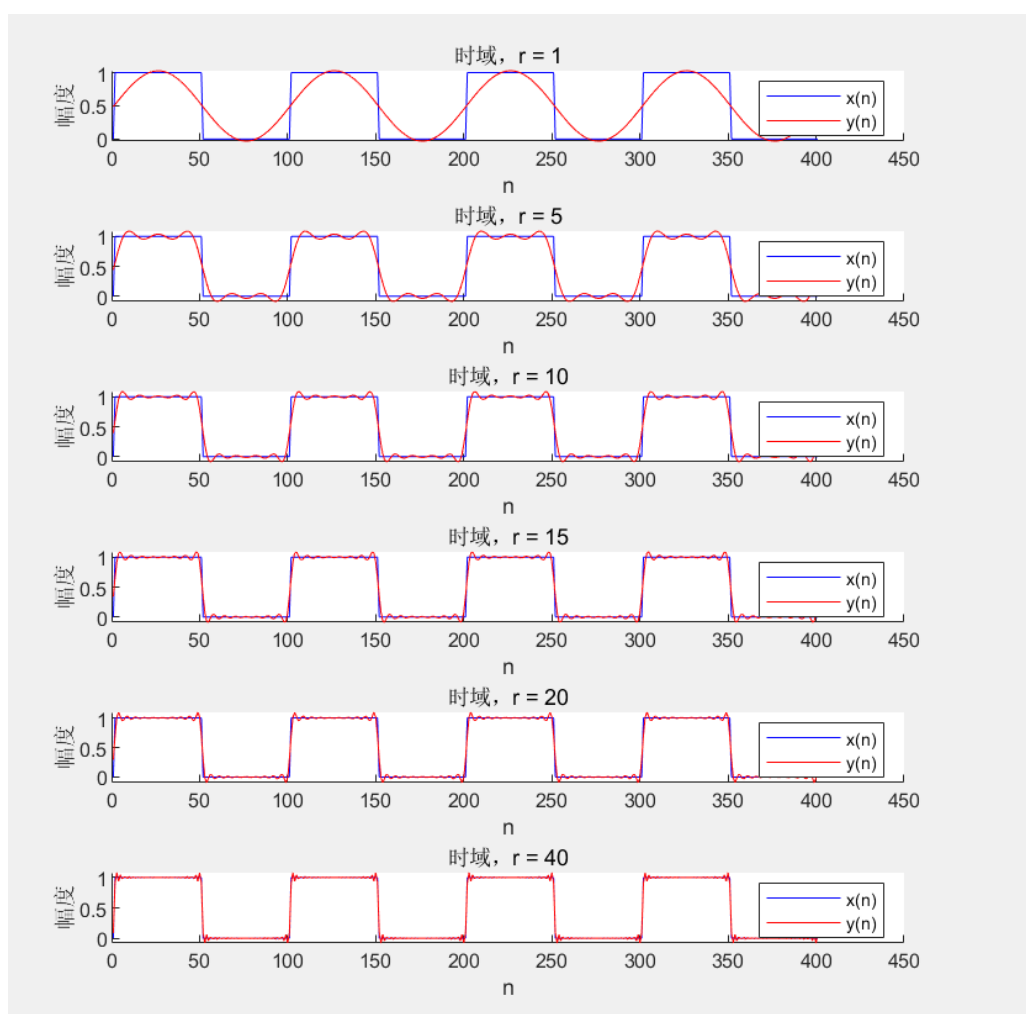
三、实验内容与数据分析

- (1) 设计一个 IIR 低通滤波器。通带起伏小于 1dB，止带衰减大于 40dB，过渡带宽小于 0.1π ，通带截止频率为 $w_p(n) = r \cdot 2\pi/N$ ，其中 r 分别取 1, 5, 10, 15, 20, 40。周期序列 $x(n)$ 通过设计的滤波器得到 $y(n)$ ，幅频特性如下：



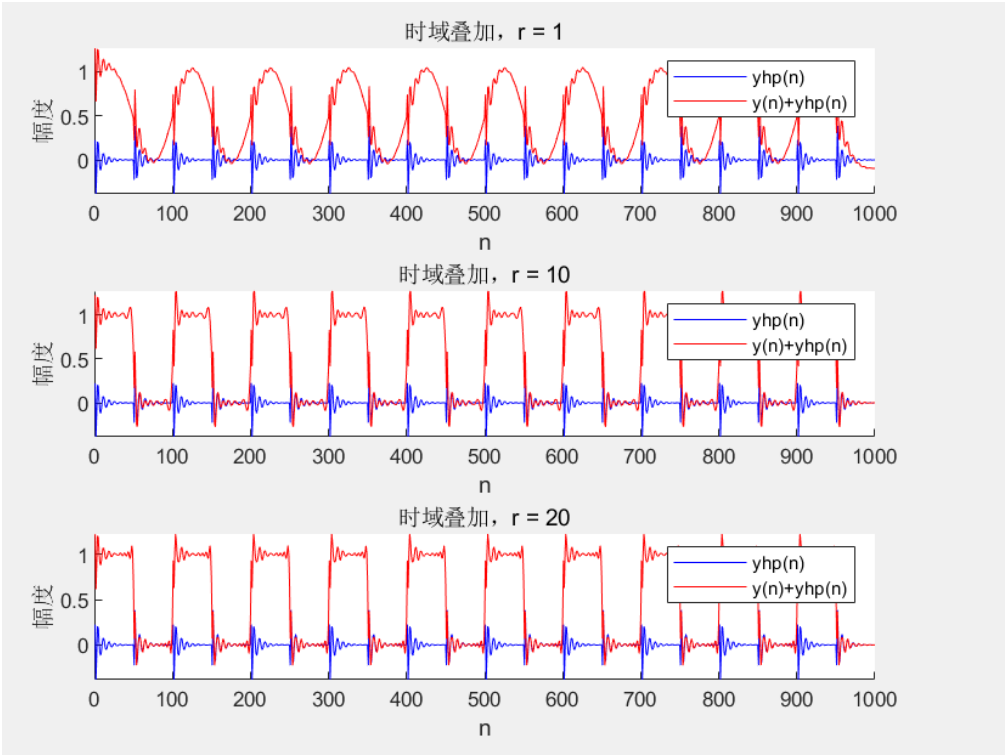
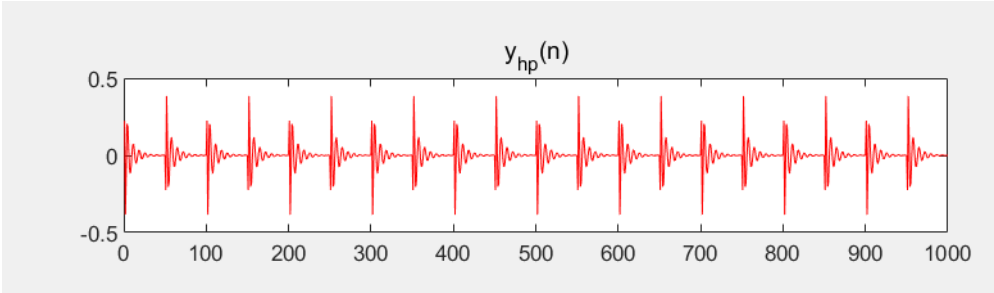
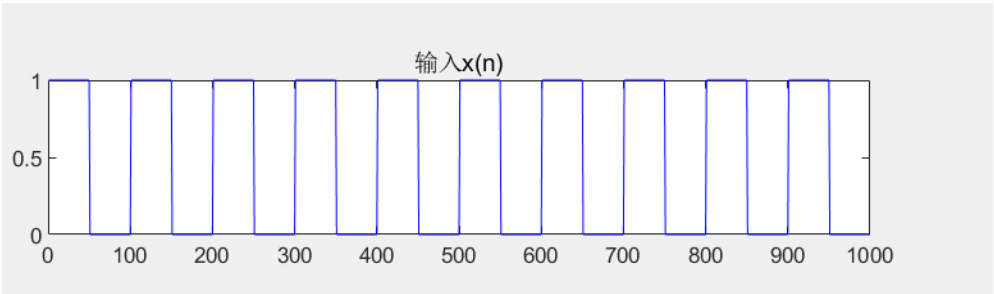


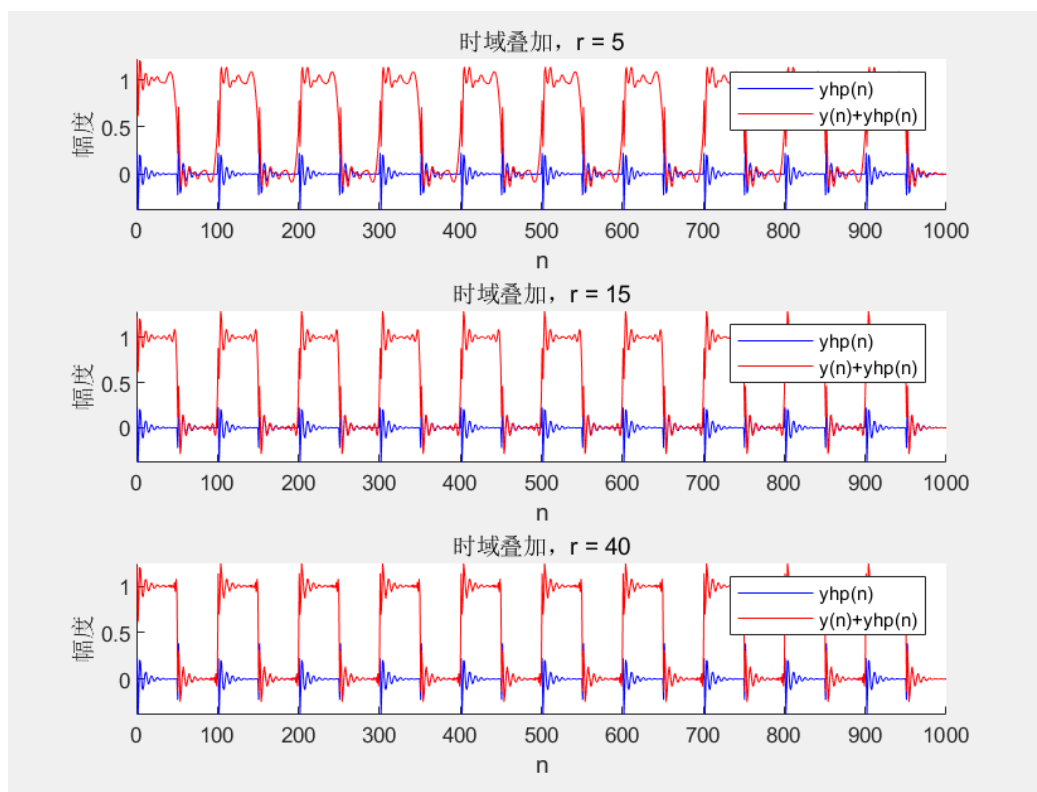
(2) 不同截止频率时, $x(n)$, $y(n)$ 的时域波形如下:



观察可以看到截止频率增大的时候， $y(n)$ 的时域波形逐渐贴近于滤波前的 $x(n)$ ，即矩形波，方波棱角更为显著，相较于 $x(n)$ ， $y(n)$ 的幅频特性更为明显。

(3) 双线性变换法的到切比雪夫 I 型高通滤波器， $x(n)$ 通过后输出时域波形，该时域波形与 $y(n)$ 叠加后的对比图如下：





经过高通滤波器后输出的波形毛刺较多，叠加低通滤波器滤出的波形，可以看到完整的，即低通与高通组合的滤波结果。

四、总结

实验中，我们将十个周期的矩形波通过低通滤波器，可以观察到当截止频率越高，滤出的波形越接近于矩形波。在矩形波通过高通滤波器后，我们可以将两个滤出的波形相加，获得一个完整的滤波效果。

实验 7 FIR 滤波器的窗函数设计方法

一、实验目的

- (1) 探究窗函数主瓣宽度和旁瓣电平对滤波器性能的影响。
- (2) 观察理解 Gibbs 效应。

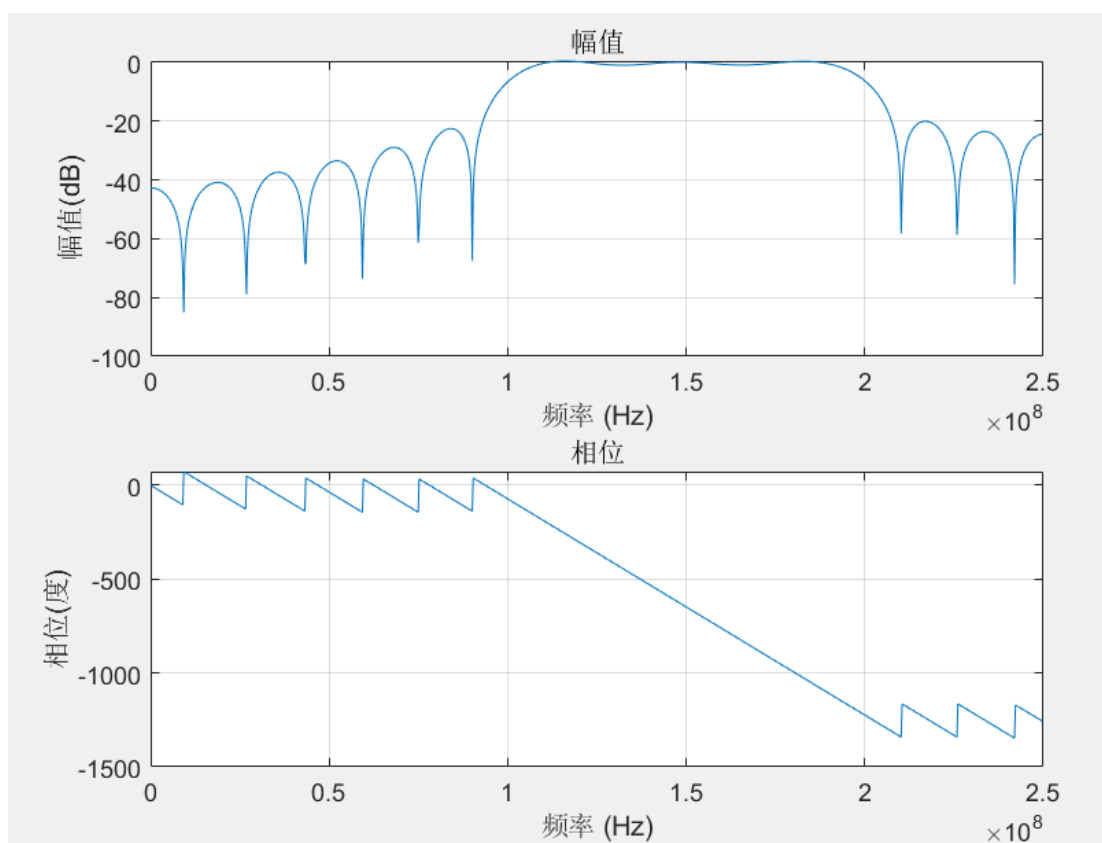
二、实验原理

用窗函数法设计 FIR 滤波器，观察不同阶数下的通带起伏和过渡带

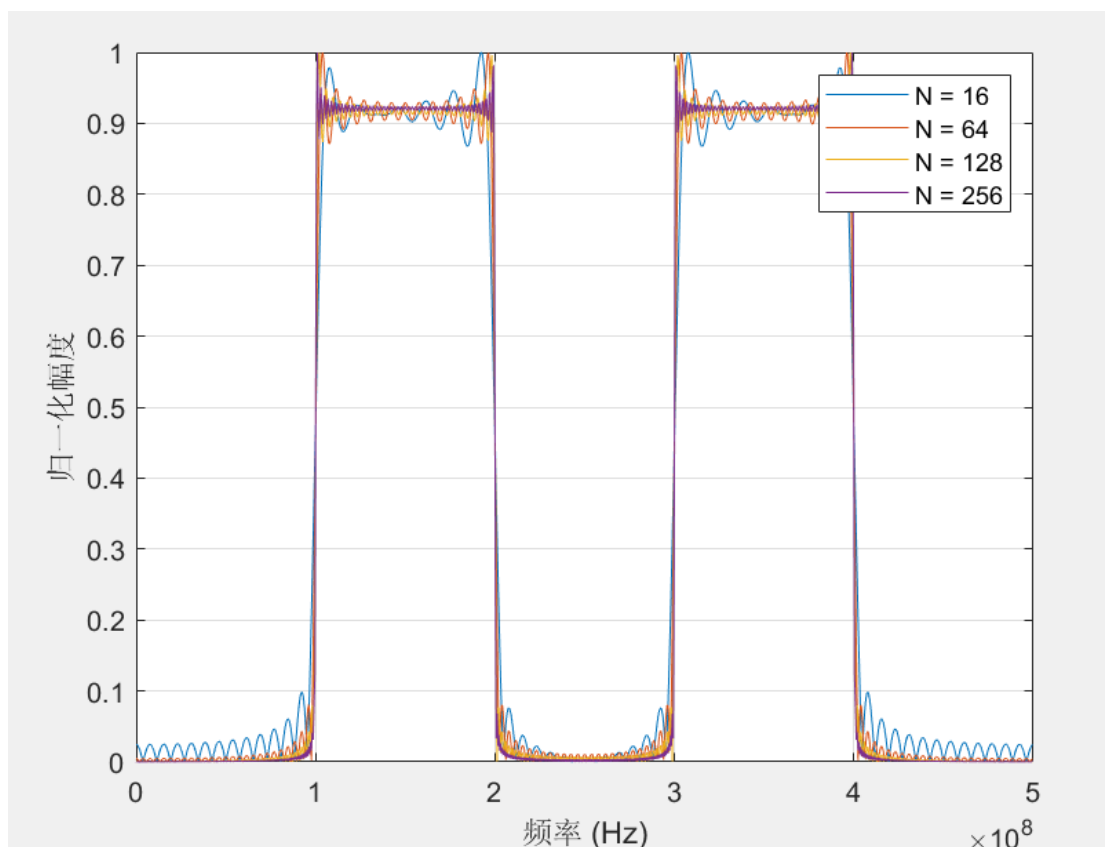
宽度的变化。

三、实验内容与数据分析

(1) 采用矩形窗函数法设计带通滤波器，中心频率 $f_0 = 150\text{MHz}$ ，通带宽度 $B = 100\text{MHz}$ ，上下阻带最小衰减大于 20dB，上下过渡带宽小于 10MHz，采样频率为 $f_s = 500\text{MHz}$ ，要求具有线性相位特性，使用 MATLAB 内置的 fir1 函数设计出符合指标要求的滤波器(其中形窗函数使用 boxcar 函数)，利用 MATLAB 内置的 freqz 函数画出幅频特性曲线，如下：



(2) 改变系统阶数 N (增加和减少)，画出不同 N 下的幅频特性曲线 (此处建议对幅度谱取绝对值画图，不建议画出功率谱图)，展示如下：



可以看到 N 的取值越大，通带，阻带纹波变化越快，由于抽样点更加密集，频率响应的平坦区逼近误差越小，产生的过渡带越窄，但通带肩峰与阻带过冲没有显著的改变，Gibbs 效应没有消失。

四、总结

此次实验我们由阻带最小衰减 A_s 来确定窗函数，选取不同的 N 来观察 Gibbs 效应，需要注意的是，窗的点数选取过小可能导致上下带截止频率不满足设计要求，需要更换 N 取值的大小。

实验 8 线性相位系统

一、实验目的

(1) 观察理解 IIR 滤波器的非线性相位特性与 FIR 滤波器的线性相位特性。

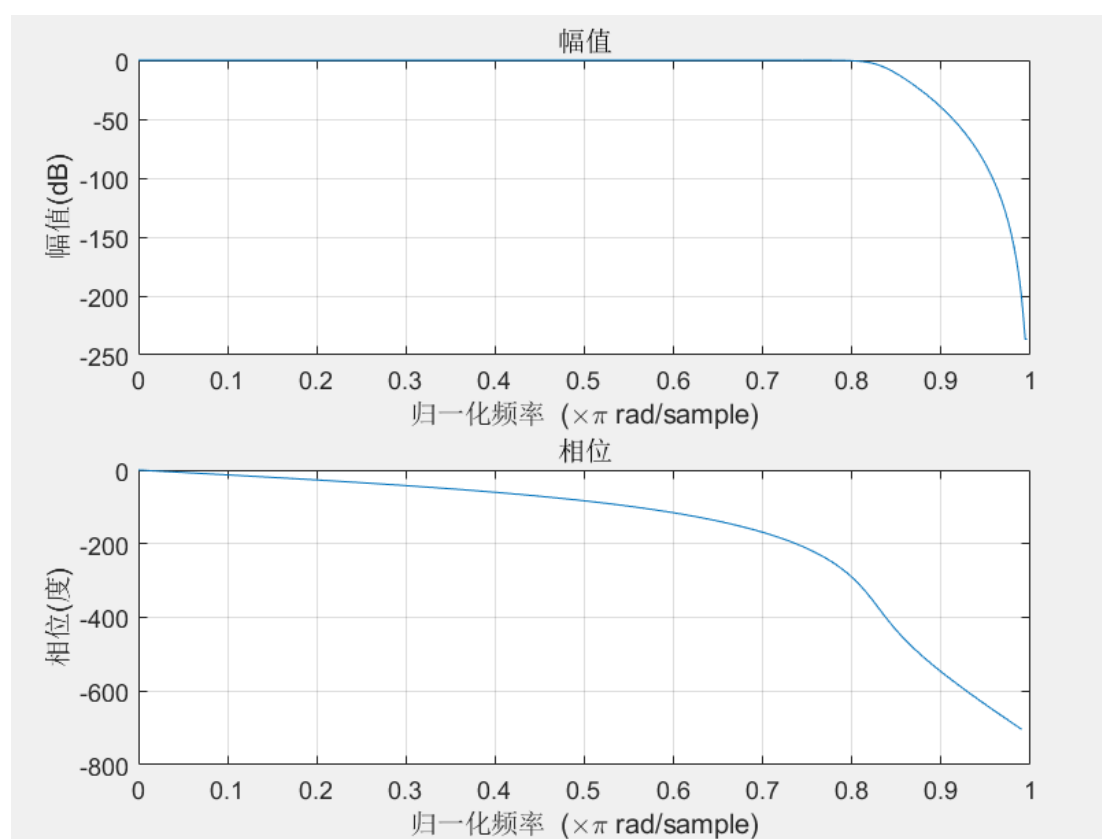
(2) 探究两类相位特性对信号处理的影响。

二、实验原理

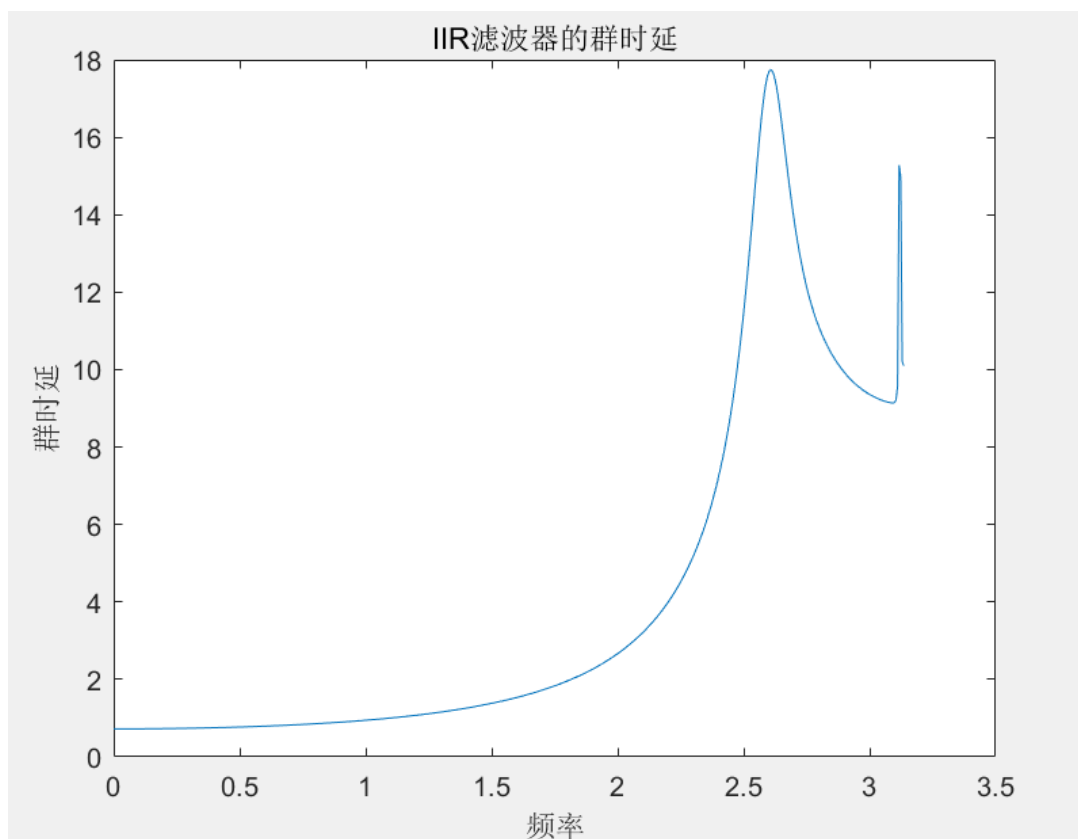
设计频带指标相同的 IIR 滤波器与 FIR 滤波器，观察两类滤波器对信号波形的影响。观察非线性相位的 IIR 滤波器发生的色散现象。

三、实验内容与数据分析

(1)设计 IIR 低通滤波器。通带截止频率 0.8π ，通带起伏小于 1dB，过渡带宽小于 0.1π ，止带衰减大于 40dB，幅度模型 Butterworth。使用 MATLAB 内置的 buttord 与 butter 函数设计出符合指标要求的滤波器，利用 MATLAB 内置的 freqz 函数画出幅频特性曲线和相频特性曲线，利用 MATLAB 内置的 grdelay 函数测量设计出的滤波器的群时延，展示如下：

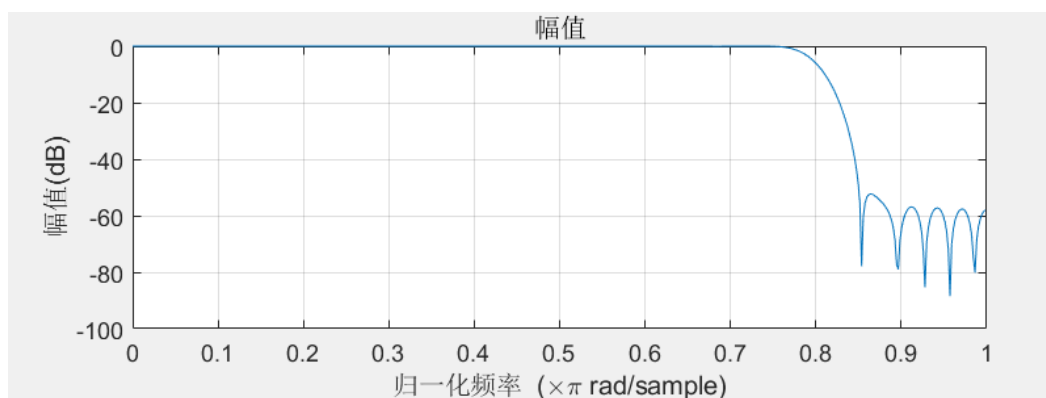


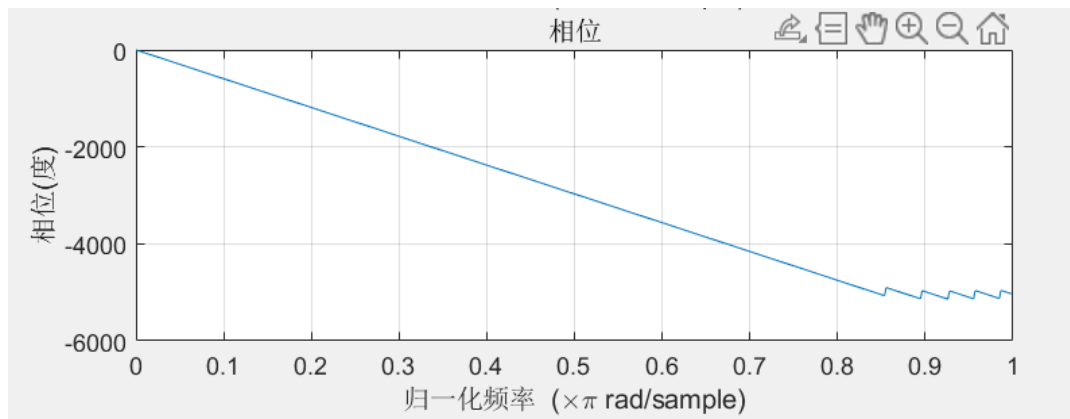
群时延：



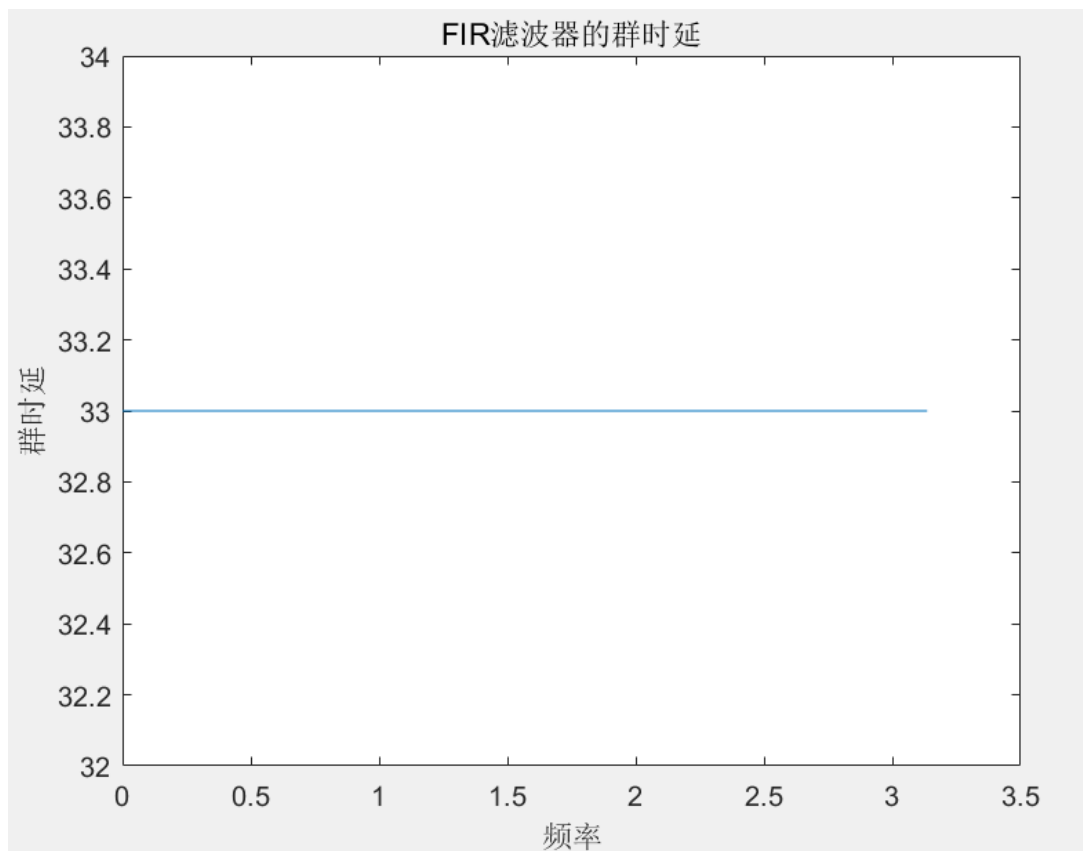
(2)设计 FIR 低通滤波器。通带截止频率 0.8π , 过渡带宽小于 0.1π , 止带

衰减大于 40dB。线性相位特性，窗函数法。使用 MATLAB 内置的 fir1 函数（默认为 Hamming 窗）设计出符合指标要求的滤波器，利用 MATLAB 内置的 freqz 函数画出幅频特性曲线和相频特性曲线，利用 MATLAB 内置的 grdelay 函数测量设计出的滤波器的群时延，展示如下：

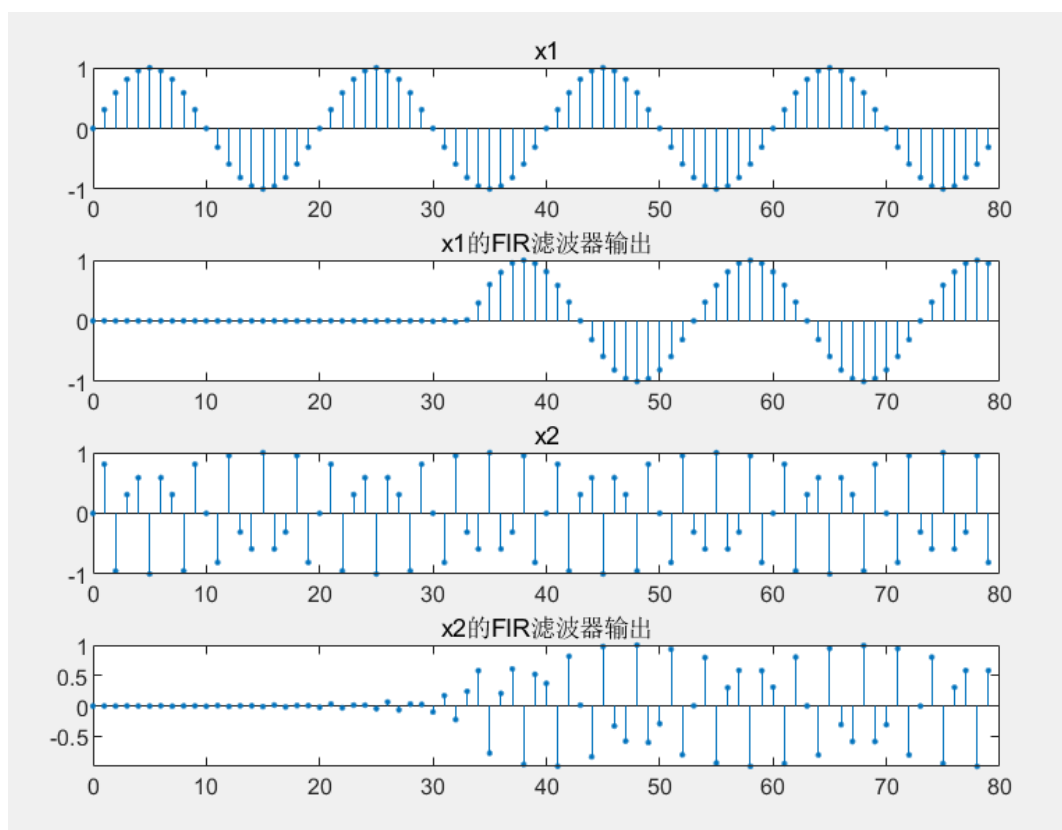
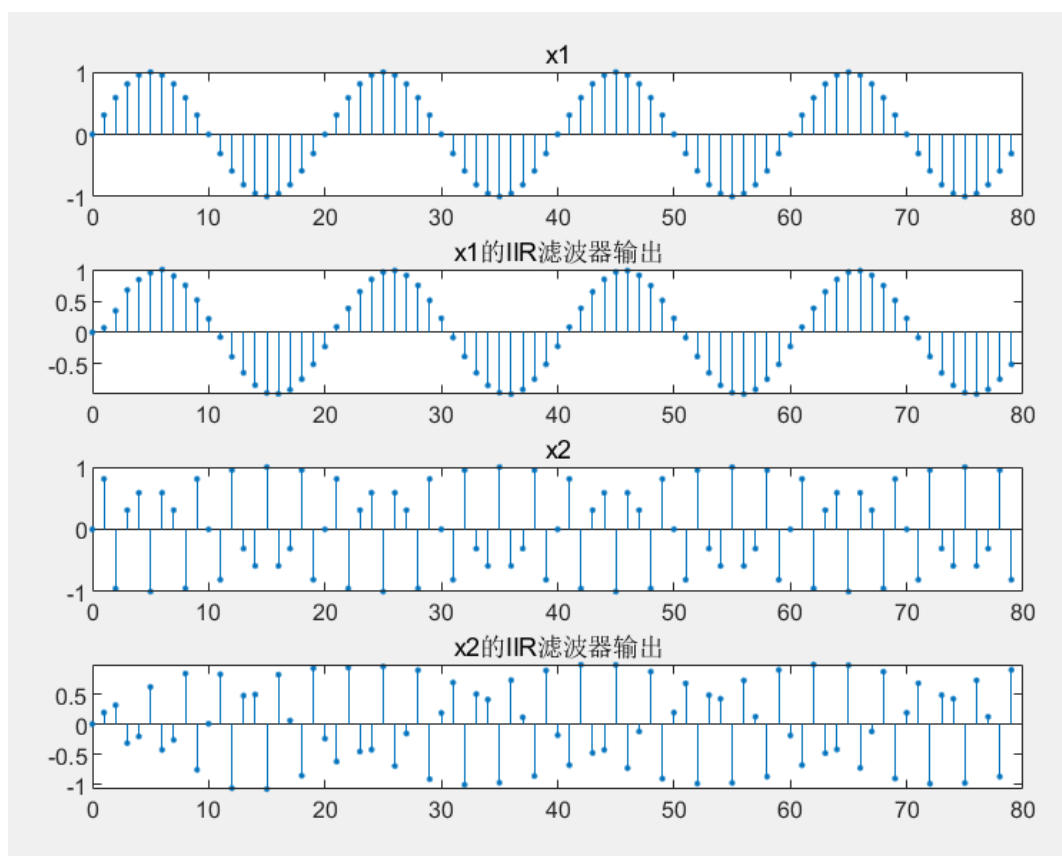




群时延

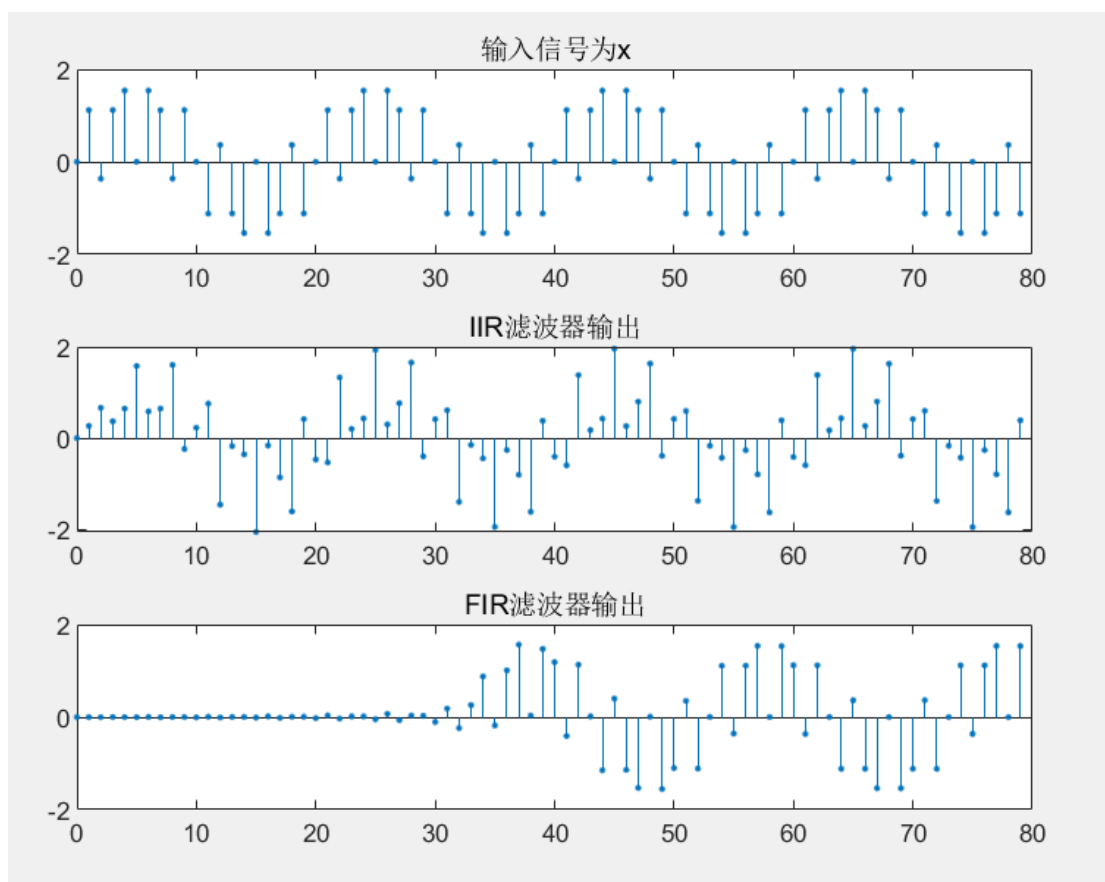


(3) $x_1(n) = \sin(w_1 n)$, $x_2(n) = \sin(w_2 n)$, $w_1 = 0.1\pi$, $w_2 = 0.7\pi$, 序列长度为 $N=80$, 通过 IIR, FIR 滤波器图像如下:



由于群时延的存在，滤波器输出会有一些“不对齐”的现象，可以明显的观察到 FIR 滤波器的群时延为 33 左右。

(4) $x(n)=x_1(n)+x_2(n)$, 输入 IIR 与 FIR 滤波器, 结果如下:



四、总结

本次实验用 IIR 与 FIR 滤波器对三个函数进行滤波, 从滤波的结果我们可以看到群时延的存在, 在时域上, 不同频率的信号分量可能不再对齐, 导致信号形状的改变。在频域上, 信号的相位延迟可能会导致频谱形状的扭曲。