选 课 时 间 段 周五3-5

序 号（座位号） 31



杭 州 电 子 科 技 大 学

实 验 报 告

课程名称 数字信号处理实验

实验名称 FIR数字滤波器设计——频率抽样法

指导教师 吴超

学生姓名 萧化壹

学生学号 21081226

学生班级 21083411

所学专业 通信工程

试验日期 2024.01.05

一：实验目的

1.熟悉FIR滤波器频率抽样法设计基本方法

2.掌握设计原理，熟悉相应的计算机语言编程

3.熟悉该方法设计所得滤波器的幅频特性和相频特性

二：实验原理

频率抽样法是从频域出发，在频域直接设计，把给定的理想频率响应加以等间隔抽样，并以此作为实际FIR滤波器的频率响应。设所需滤波器的频率响应为。现要求设计一个M阶的FIR滤波器h[k]，使得在M+1个抽样点上，FIR滤波器的频率响应与所需的频率响应相等，即

由设计的要求给定，h[k]通过设计来确定。如果M+1个方程是线性无关的，则可以通过求解M+1阶的线性方程来得出FIR滤波器的h[k]。对的一些特殊抽样方法，上述方程的解可以直接由IDFT得到。由于要求设计出的滤波器是实系数的线性相位FIR滤波器，所以的抽样值还需要满足线性相位滤波器的约束条件。

I型和II型线性相位滤波器的，III型和IV型线性相位滤波器的。为了使设计出的滤波器具有线性相位， 在M+1个抽样点上的值应为：



总而言之：

通过选取一组理想的频率响应样本，可以得到对应的脉冲响应序列。在频域上通过将滤波器的频率响应与理想的目标频率响应进行匹配，从而确定滤波器的脉冲响应序列。

频率抽样法的步骤如下：

1.确定滤波器的阶数（或者说脉冲响应序列的长度），通常根据滤波器的要求和计算能力来确定。

2.确定目标频率响应，即希望滤波器在各个频率上的增益值。

3.根据目标频率响应生成频率响应样本，可以通过理论计算、设计规则或者其他设计工具得到。

4.对频率响应样本进行反变换，得到相应的脉冲响应序列。

三：预习与参考

1.所使用的主要函数：

firpm函数：该函数用于通过频率抽样法设计最优（最小最大误差）的线性相位FIR滤波器。它可以根据给定的目标频率响应样本和对应的频率点来生成滤波器系数。

freqz函数：该函数用于计算并绘制滤波器的频率响应曲线。可以通过输入滤波器系数来获取滤波器的幅度响应和相位响应。

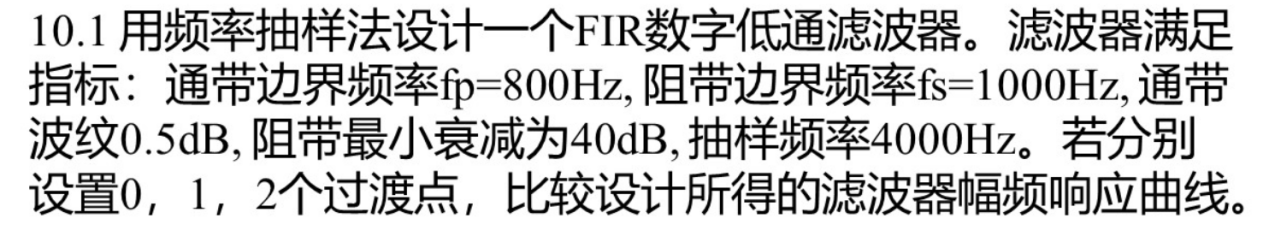
impz函数：该函数用于计算并绘制滤波器的脉冲响应曲线。可以通过输入滤波器系数来获取滤波器的单位脉冲响应。

filter函数：该函数用于将输入信号通过滤波器进行滤波处理。可以通过输入滤波器系数和输入信号来获取滤波后的输出信号。

2.相关函数的应用实例：

B=fir2(N,R,A):设计一个N阶的FIR数字滤波器，其频率响应由向量F和A指定，滤波器的系数(单位冲激响应)返回向量B中，长度为N+1。

四：实验内容以及步骤



五：实验结果与数据处理、分析

|  |
| --- |
| **应用实例** |
| clc;clear all;close all;  fc=4000;  ap=0.5;as=40;fp=800;fs=1000;  wp=2\*pi\*fp/fc;  ws=2\*pi\*fs/fc;  N\_t=2\*pi/(ws-wp);%20  N=21;  wc=(ws+wp)/2;  N\_c=wc/2/pi\*21;%4.725  a=(N-1)/2;  k=0:floor((N-1)/2);  k2=floor((N-1)/2)+1:N-1;  angH=[-a\*(2\*pi)/N\*k,a\*(2\*pi)/N\*(N-k2)];  %未插入过渡点  Hrs=[ones(1,5),zeros(1,12),ones(1,4)];  Hb=Hrs.\*exp(j\*angH);  h=real(ifft(Hb,N));  [Hb,w]=freqz(h,1,1000);  mag=abs(Hb);  Hdb=20\*log10(mag);  %插入一个过渡点  Hrs1=[ones(1,5),0.6,zeros(1,10),0.6,ones(1,4)];  Hb1=Hrs1.\*exp(j\*angH);  hbl=real(ifft(Hb1,N));  [Hb1,w1]=freqz(hbl,1,1000);  mag1=abs(Hb1);  Hdb1=20\*log10(mag1) ;  %插入两个过渡点  Hrs2=[ones(1,5),0.7,0.3,zeros(1,8),0.3,0.7,ones(1,4)];  Hb2=Hrs2.\*exp(j\*angH);  hb2=real(ifft(Hb2,N));  [Hb2,w2]=freqz(hb2,1,1000);  mag2=abs(Hb2);  Hdb2=20\*log10(mag2) ;  figure(1);  plot(w/pi,Hdb,'m');  grid on; hold on;  plot(w1/pi,Hdb1,'c') ;  hold on;  plot(w2/pi,Hdb2,'y') ;  hold off;  xlabel('\omega/pi') ;  ylabel('幅度(dB)') ;  title('滤波器幅频响应曲线');  legend('未插入过渡点','插入1个过渡点','插入2个过渡点');  IMG_256 |

从图中可以看出，在满足滤波器需求的前提下，设置更多的过渡点可以使过渡带变窄，从而更好地实现滤波效果。

六、解答实验思考题

**1.** **设置过渡点的点数对设计FIR数字滤波器幅频响应的影响。**

增加过渡点的数量会使过渡区域的宽度变窄，从而使幅频响应更接近理想的通带和阻带响应。但是，增加过渡点的数量也会增加计算量和滤波器的阶数，导致滤波器的实现难度增加。

七、实验总结

频率抽样法的基本思路是将所需的模拟滤波器的频率响应进行采样得到一个离散时间的频率响应，然后对这个频率响应进行离散化处理得到FIR数字滤波器的系数。在实验中，我利用MATLAB软件进行了频率抽样法的FIR数字滤波器设计，并对设计结果进行了验证。实验结果表明，采用频率抽样法设计的FIR数字滤波器能够有效地实现所需的滤波特性，具有较好的滤波效果。