**安徽大学人工智能学院**

**《数字信号处理》**

**实验案例设计报告**

**课程名称：** 数字图像处理实验

**专 业：** 机器人工程

**班 级：** 3班

**学 号：** WA2224013

**姓 名：** 郭义月

**任课老师： 谭春雨**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 实验名称 | FIR数字滤波器的设计 | 实验次序 | 6 |
| 实验地点 | 笃行南楼A104 | 实验日期 | 11.20 |
| 实验内容：  **例13.1**  用矩形窗设计一个线性相位高通滤波器     1. 问设计的滤波器有几种类型？分别属于哪一种线性相位滤波器？画出所设计滤波器的频率响应曲线 2. 若用升余弦窗（Hanning窗），再次讨论   **实验目的：**  练习矩形窗与汉宁窗的设计并比较两种窗函数的不同之处，掌握窗函数设计FIR数字滤波器的步骤。  **实验原理：**  根据窗函数设计FIR数字滤波器的步骤，首先，求出理想高通滤波器的单位冲激响应：    保证线性，然后利用窗函数序列对进行截取，获得实际滤波器的单位冲激响应  情况1：所设滤波器长度N为奇数，为整数，关于a偶对称，即，，因此为第一类线性相位滤波器  情况2：所设滤波器长度N为偶数，不为整数，关于a奇对称，即，，因此为第四类线性相位滤波器  **实验代码：**  clc;clear;close all;  N = input('滤波器长度 N = ? ');  n = 0:N-1;a = (N-1)/2;Wc = pi/4;  k = n-a;k = k+(k == 0)\*eps;  hd = (-1).^n.\*sin(k\*Wc)./(k\*pi);  Wr = ones(1,N);  Whn = 0.5\*(1-cos(2\*pi\*n/(N-1)));  h1 = hd.\*Wr;  h2 = hd.\*Whn;  [H1,w] = freqz(h1,1,1000);  [H2,w] = freqz(h2,1,1000);  mag1 = abs(H1);db = 20\*log10(mag1/max(mag1));  mag2 = abs(H2);db = 20\*log10(mag2/max(mag2));  figure(1);subplot(2,1,1);  stem(k,h1);  xlabel('n');ylabel('h(n)');grid on;  subplot(2,1,2);  plot(w/pi,mag1,'-k');  xlabel('\omega/\pi');ylabel('幅度(dB)');grid on;  figure(2);subplot(2,1,1);  stem(k,h2);  xlabel('n');ylabel('h(n)');grid on;  subplot(2,1,2);  plot(w/pi,mag2,'-k');  xlabel('\omega/\pi');ylabel('幅度(dB)');grid on;  **实验结果：**  运行程序，当输入N=21时，矩形窗函数设计：    当输入N=21时，汉宁窗函数设计：    当输入N=22时，矩形窗函数设计：    当输入N=22时，汉宁窗函数设计：    **实验内容：例13.2**  用矩形窗设计线性相位FIR低通滤波器，通带截止频率，单位冲激响应h(n)的长度N=21，绘出h(n)及其幅度，，相位响应特性曲线  **实验目的：**  通过矩形窗设计一个线性相位的FIR低通滤波器，了解并掌握FIR滤波器的设计方法和特性。具体地，通过设定滤波器的通带截止频率和单位冲激响应的长度，使用矩形窗函数对单位冲激响应进行加窗处理，并绘制滤波器的单位冲激响应及其幅度、相位响应特性曲线，从而分析滤波器的频率响应特性  **实验原理：**  通过设定滤波器的通带截止频率和单位冲激响应的长度，计算理想低通滤波器的单位冲激响应，并使用矩形窗对其进行加窗处理，得到实际的滤波器系数。然后，计算滤波器的频率响应，并绘制其幅度和相位响应特性曲线，从而分析和验证滤波器的设计效果及其频率特性。  **实验代码：**  clear;clc;close all  N = 21;wc = pi/4;  n = 0:N-1;a = (N-1)/2;  na = n-a+eps\*((n-a) == 0);  hdn = sin(wc\*na)/pi./na;  if rem(N,2) ~= 0 hdn(a+1) = wc/pi; end  wn1 = boxcar(N);  hn1 = hdn.\*wn1’;  figure(1);  stem(n,hn1,’.’);stem(n,hn1,’.’);line([0,20],[0,0]);grid on;  xlabel(‘n’);ylabel(‘h(n)’);title(‘矩形窗设计的 h(n)’);  hw1 = fft(hn1,512);w1 = 2\*[0:511]/512;  figure(2);  subplot(2,1,1);plot(w1,20\*log10(abs(hw1)));grid on;  ylabel(‘幅度(dB)’);title(‘幅度特性’);  subplot(2,1,2);plot(w1,unwrap(angle(hw1)));grid on;  xlabel(‘\omega/\pi’);ylabel(‘相位(度)’);title(‘相位特性’);  **实验结果：**  H(n)的曲线：    幅度响应，相位响应的特征曲线：    **实验内容：13.3**  采用矩形窗和海明窗设计一个FIR数字低通滤波器，满足指标，N=10,试比较矩形窗长度分别为N=10.，N=20，N=50和N=100时滤波器的振幅响应。  **实验目的：**  通过矩形窗和海明窗设计FIR数字低通滤波器，比较不同长度的矩形窗设计的滤波器的幅频响应特性。具体来说，通过设定通带截止频率，使用矩形窗和海明窗分别设计FIR低通滤波器，并比较矩形窗长度分别为N=10、N=20、N=50和N=100时滤波器的幅频响应，从而分析不同窗函数和窗长对滤波器性能的影响。  **实验原理：**  通过设定通带截止频率，使用矩形窗和海明窗分别设计FIR低通滤波器，并通过快速傅里叶变换（FFT）计算滤波器的频率响应，绘制其幅频响应特性曲线。然后，通过比较不同长度的矩形窗设计的滤波器的幅频响应，分析窗长对滤波器性能的影响。矩形窗长度的变化会直接影响滤波器的频率特性，窗长越大，频率响应越接近理想滤波器，但时域响应的长度也会相应增加。通过对比分析，可以深入理解不同窗函数和窗长在FIR滤波器设计中的作用和影响  **实验代码：**  N=10时不同窗函数的幅度响应代码：  clc;clear;close all;  N = input('滤波器阶次 N = ? ');  wc = 0.25;  h1 = fir1(N,wc,boxcar(N+1));  h2 = fir1(N,wc,hamming(N+1));  M = 128;  H1 = freqz(h1,1,M);  H2 = freqz(h2,1,M);  f = 0:0.5/M:0.5-0.5/M;  plot(f,abs(H1),'--k','LineWidth',2);hold on;  plot(f,abs(H2),'-','LineWidth',2);hold off;  legend('矩形窗','海明窗');grid on;  xlabel('\omega/(2\pi)');ylabel('|H(e^{j\omega})|');  axis([0,0.5,0,1.2]);  N=10.，N=20，N=50和N=110时滤波器的振幅响应代码：  clc;clear;close all;  N\_values = [10, 20, 50, 100];  wc = 0.25;  M = 512;  f = 0:0.5/M:0.5-0.5/M;  figure;  hold on;  for N = N\_values  h = fir1(N, wc, boxcar(N+1));  H = freqz(h, 1, M);  plot(f, abs(H), 'LineWidth', 1.5);  end  hold off;  legend('N=10', 'N=20', 'N=50', 'N=100');  xlabel('\omega/(2\pi)');ylabel('|H(e^{j\omega})|');  axis([0, 0.5, 0, 1.2]);  grid on;  **实验结果：**  N=10时不同窗函数的幅度响应曲线如下，从图中可以看出，海明窗比矩形窗得到的滤波器幅频响应有更低的旁瓣，但主瓣也更宽了    N=10.，N=20，N=50和N=110时滤波器的振幅响应曲线如下，从图中可以看出，窗口宽度越大，得到的滤波器幅频相应的过渡带越陡峭，旁瓣也得到限制，有力的减少了频谱泄露。    **实验内容：例13.4**  采用窗函数法设计一个FIR数字带通滤波器，满足指标：低端阻带边界频率，高端阻带边界频率，阻带最小衰减为60dB，低端通带边界频率，高端阻带边界频率，通带最大衰减为1dB  **实验目的：**  通过窗函数法设计一个FIR数字带通滤波器，满足特定的频率响应指标。具体目标是设计一个带通滤波器，使其在指定的阻带和通带频率范围内具有所要求的衰减特性。通过本实验，可以掌握窗函数法在FIR滤波器设计中的应用，以及如何利用窗函数法实现特定频率特性的滤波器。  **实验原理：**  首先，确定滤波器的过渡带宽，并根据过渡带宽计算所需滤波器的阶数。然后，计算带通滤波器的截止频率，并使用Blackman窗对理想滤波器的冲激响应进行加窗处理，以减少频率域中的旁瓣效应。最后，通过快速傅里叶变换（FFT）计算滤波器的频率响应，绘制幅度响应和相位响应特性曲线，以验证滤波器的设计是否满足要求的频率响应特性。实验过程中，通过对频率响应曲线的分析，可以观察到不同窗函数和滤波器阶数对滤波器性能的影响，从而更好地理解窗函数法在FIR滤波器设计中的应用和优化方法。  **实验代码：**  设计指标中要求阻带最小衰减为60dB，所以选用布莱克曼窗，代码如下：  clc;clear all;close all;  ws1=0.2\*pi;ws2=0.8\*pi;  wp1=0.35\*pi;wp2=0.65\*pi;  tr\_width=min((wp1-ws1),(ws2-wp2));  N=ceil(12\*pi/tr\_width)+1;  wc1=(ws1+wp1)/2;wc2=(ws2+wp2)/2;  wc=[wc1 wc2];  h=fir1(N,wc/pi,blackman(N+1));  [H,w]=freqz(h,1,1000);  mag=abs(H);db=20\*log10(mag/max(mag));  subplot(2,1,1);  plot(w/pi,db,'-b','LineWidth',1);  xlabel('\omega/\pi');ylabel('幅度(dB)');axis([0,1,-150,10]);grid on;  subplot(2,1,2);  plot(w/pi,w,'-k','LineWidth',1);  xlabel('\omega/\pi');ylabel('相位(度)');grid on;  **实验结果：**  图中表明设计的带通滤波器完全满足设计指标    **实验内容：13.8**  设FIR低通滤波器阶数为40，截止频率为200Hz,抽样频率为1000HZ，试设计此滤波器并对信号滤波，=50Hz，=250Hz，选取滤波器输出的第81个抽样点到第241个抽样点之间的信号并与对应的输出信号进行比较  **实验目的：**  通过比较滤波后的信号和原始信号，可以验证滤波器的效果，分析其对不同频率成分的滤除能力。  **实验原理：**  FIR低通滤波器设计通过确定滤波器的阶数和截止频率，并使用窗函数进行加窗处理，得到滤波器系数。信号经过滤波器处理后，高频成分被衰减，低频成分被保留。通过对比滤波前后特定区间的信号，可以验证滤波器对不同频率成分的滤除效果，分析其频率选择特性。  **实验代码：**  由于抽样频率为1000HZ，所以该滤波器的归一化频率的1对应于Nyquist频率的500Hz，因此归一化频率为，程序代码如下：  clc;clear;close all;  N = 1000;fs = 1000;  fc = 200;  n = [0:N-1];t = n/fs;  f1 = 50;f2 = 250;  x = sin(2\*pi\*f1\*t) + sin(2\*pi\*f2\*t);  h = fir1(40,fc\*2/fs);  yfft = fftfilt(h,x,256);  nl = 81:241;  tl = t(nl);  xl = x(nl);  subplot(2,1,1);plot(tl,xl);grid on;  title('输入信号');  n2 = nl-40/2;t2 = t(n2);  y2 = yfft(n2);  subplot(2,1,2);  plot(t2,y2);  title('输出信号');  grid on;xlabel('时间/s');  **实验结果：**  程序运行结果如下图所示，可见经过滤波器的滤波，完全滤去了250Hz高频率部分，只剩下50Hz低频部分    **实验过程中遇到的问题**  需要理解窗函数的输入输出和每个函数适用的场景  b=firl(N,W):采用海明窗设计的FIR数字滤波器，其中参数N为滤波器的阶数，W是截止频率，其取值在0-1之间，以抽样频率为标称值，输出参数b对应设计好的滤波器h(n)是系数，h(n)的长度为N+1，若W是标量，则用来设计低通滤波器，若W是1\*2的向量，则可以用来设计带通滤波器，若W是1\*L向量，可以设计L带滤波器，此时调用格式为b=firl(N,W,’D-1’)或b=firl(N,W,’D-2’)，其中参数D-1表示第一个为通带，参数D-2表示第一个为阻带  b=firl(N,W,’high’):采用海明窗设计高通滤波器；  b=firl(N,W,’low’)：采用海明窗设计带阻滤波器；  未指定窗函数类型，默认为海明窗，若需要指定窗函数类型，则调用形式还要再加上一个参数，此时调用的格式为b=firl(N,W,’stop’,’window’)。  对于不熟悉的函数，可以查阅matlab的帮助文档，里面有很多实例可以帮助学习，对平时的学习很有帮助。 | | | |