实验一内容以及步骤；

考虑如下差分方程描述的两个离散时间系统:

系统1:y(n) = 0.5x(n)+ 0.27x(n - 1) + 0.77x(n - 2)

系统2:y(n) = 0.45x(n)+ 0.5x(n-1) +0.45x(n -2) +0.53y(n-1)-0.46y(n -2)输入x(n) = cos(20πn/256) + cos(200πn/256)0≤n≤299

(1)编程求上述两个系统的输出,并分别画出系统的输入与输出波形。

(2)编程求.上述两个系统的冲激响应序列，并画出其波形。

(3)若系统的初始状态为零，判断系统2是否为时不变的?是否为线性？

第一二问代码：

ylabel('y');

y1=filter(num1,den1,x);

subplot(5,1,3),stem(n,y1);

xlabel('n');

ylabel('y1');

y2=impz(num,den,N);

y3=impz(num1,den1,N);

subplot(5,1,4),stem(n,y2);

xlabel('n');

ylabel('y2');

subplot(5,1,5),stem(n,y3);

xlabel('n');

ylabel('y3');

n=0:299;

z=n/256;

D=10;

N=300;

x=cos(20\*pi\*z)+cos(200\*pi\*z);

xd=[zeros(1,D) x];

num=[0.5 0.27 0.77]

num1=[0.45 0.5 0.45]

den=[1];

den1=[1 -0.53 0.46]

ic=[0 0];

y=filter(num,den,x,ic);

yd=filter(num,den,xd,ic);

L=length(y);

d=y-yd(1+D:L+D);

subplot(5,1,1),stem(n,x);

xlabel('n');

ylabel('x');

subplot(5,1,2),stem(n,y);

xlabel('n');

第三问代码

验证时不变特性代码

xlabel('n');

ylabel('信号幅度');

grid;

subplot(3,1,2);

stem(n,yd(1:length(yd)-10));

ylabel('信号幅度');

subplot(3,1,3),stem(n,d);

xlabel('n');

ylabel('信号幅度');

title('差值信号');

grid;

n=0:40;

z=n/256;

D=10;

x=cos(20\*pi\*z)+cos(200\*pi\*z);

xd=[zeros(1,D) x];

num=[0.5 0.27 0.77]

num1=[0.45 0.5 0.45]

den=[1];

den1=[1 -0.53 0.46]

ic=[0 0];

y=filter(num,den,x,ic);

yd=filter(num,den,xd,ic);

L=length(y);

d=y-yd(1+D:L+D);

subplot(3,1,1),stem(n,y);

验证线性代码：

yt=a\*y1+b\*y2;

subplot(2,1,1),stem(n,y);

xlabel('n');

ylabel('信号幅度');

grid;

subplot(2,1,2);

stem(n,yt);

ylabel('信号幅度');

grid;

n=0:40;

z=n/256;

D=10;

a=2;

b=-3;

x1=cos(20\*pi\*z)+cos(200\*pi\*z);

x2=cos(20\*pi\*z)+cos(200\*pi\*z);

x=a\*x1+b\*x2;

num=[0.5 0.27 0.77]

num1=[0.45 0.5 0.45]

den=[1];

den1=[1 -0.53 0.46]

y1=filter(num,den,x1);

y2=filter(num,den,x2);

y=filter(num,den,x);

若系统初始状态不为零，判断系统二是否为时不变的

是否为线性？

非时不变

线性

实验二离散系统频率响应和零极点分布

1.已知一因果系统的差分方程为y(n)=0.9y(n-1)+x(n)

(1)求H(x)并画出它的零极点图;

(2)画出|H( )|和相位响应H( )曲线,大致判断系统的滤波特性;

(3)求单位冲激响应h(n)。

2. 已知线性因果系统的差分方程为 y(n)=0.9y(n-1)十x(n)+0.9(n-1)(1求系统的系统函数 H(z)及其单位冲激响应 h(n);(2写出系统频率响应 H(e)的表达式，并定性画出其幅度特性曲线

题目一代码 题目二代码

clear all;close all;clc

b=[1,0.9,0];a=[1,-0.9,0];

figure(1);subplot(2,1,1);zplane(b,a);

h=impz(b,a);

subplot(2,1,2);stem(h);

title('系统冲激响应');

xlabel('n');ylabel('h(n)');

[H,W]=freqz(b,a);

figure(2);subplot(2,1,1);

plot(W/pi,H,'');

1. H(z)=(1+0.9z)/(1-0.9)

冲激响应见附图

1. H()=(1+0.9)/(1-0.9)

幅度特性曲线见附图

clear all;close all;clc7

b=[1,0,0];a=[1,0,-0.9];

figure(1);subplot(2,1,1);zplane(b,a);

h=impz(b,a);

subplot(2,1,2);stem(h);

title('系统冲激响应');

xlabel('n');ylabel('h(n)');

[H,W]=freqz(b,a);

figure(2);subplot(2,1,1);

plot(W/pi,abs(H));

title('幅度响应曲线');grid on;

xlabel('\omega x \pi');ylabel('|H(e^j^\omega)|');

subplot(2,1,2);

plot(W/pi,angle(H));

title('相位响应曲线');

xlabel('\omega x \pi');ylabel('相角');grid on;

1. H(z)=1/1-0.9 零点图见下图
2. 见下图，滤波特性为非线性相位带阻滤波器。

思考：总结如何根据系统的零极点图判断收敛域、因果性、稳定性以及系统的滤波特性。

答：系统的收敛域由极点确定，收敛域为极点所在的单位圆外部。

当且仅当系统所有的极点都在单位圆内或左半平面时，系统是因果的。当且仅当其所有极点都在单位圆内，系统是稳定的。一个系统的频率响应取决于其零点和极点的位置，例如，一个具有一个零点和一个极点的系统，将在零点和极点之间的某一频率上具有一个低通滤波器的特性，而在极点之后则具有高通滤波器的特性。

实验三DFT及信号的频谱分析

实验内容以及步骤

2.信号(t)由三个正弦组成,即xa(t)=sin(2pif1t)+sin(2pif2t)+sin(2pif3t),其频率分别为f1=2Hz,f2=2.02Hz,f3=2.07Hz。利用DFT对信号xa(t)进行频谱分析,其抽样频率为fs=10Hz。试用 DFT 进行频谱分析:

(1)若信号的记录长度 Tp=25.6s,能否分辨出信号xa(t)中的频率成分?求出并画出此时的频谱图。

(2)若将信号的记录长度增加为 Tp=102.4s,情况又如何?求出并画出此时的频谱图,分析比较两种情况得出结论。

小1代码

function X=DFTfor(xn)

N=length(xn);

X=zeros(1,N);

for k=0:N-1

for n=0:N-1

X(k+1)=X(k+1)+xn(n+1)\*exp(-j\*2\*pi\*n\*k/N);

end

end

end

clear;clc;close all;

fs=10;

n=0:1/fs:25.6;

xn=sin(2\*pi\*2\*n)+sin(2\*pi\*2.02\*n)+sin(2\*pi\*2.07\*n);

N=length(xn);

X1=DFTfor(xn);

k=n;w=2\*pi\*k/N;

magX1=abs(X1);

subplot(2,1,1);plot(w/pi,magX1);

ylabel('|X(e^j^\omega)');xlabel('\omega(x\pi)');grid on;

subplot(2,1,2);stem(n,xn);ylabel('x(n)');xlabel('n');grid on;

小2代码

clear;clc;close all;

fs=10;

n=0:1/fs:102.4;

xn=sin(2\*pi\*2\*n)+sin(2\*pi\*2.02\*n)+sin(2\*pi\*2.07\*n);

N=length(xn);

X1=DFTfor(xn);

k=n;w=2\*pi\*k/N;

magX1=abs(X1);

subplot(2,1,1);plot(w/pi,magX1);

ylabel('|X(e^j^\omega)');xlabel('\omega(x\pi)');grid on;

subplot(2,1,2);stem(n,xn);ylabel('x(n)');xlabel('n');grid on;

function X=DFTfor(xn)

N=length(xn);

X=zeros(1,N);

for k=0:N-1

for n=0:N-1

X(k+1)=X(k+1)+xn(n+1)\*exp(-j\*2\*pi\*n\*k/N);

end

end

end

实验四

实验内容以及步骤

2.已知序列x(n)={2,1,1,2}和x2(n)={1,-1,-1,1}。

(1)计算循环卷积x1 (n) 圈N x2(n),N=4、7和8;

(2)计算线性卷积x1(n) \* x2(n);

(3)利用计算结果，确定所需要的最小N值使得在N点区间内有相同的线性卷积与循环卷积。

3.已知x(n)={1+2 \* n,1≤n≤6},y(n)={n,-2≤n≤2},

(1)求两序列的自相关序列,并绘制自相关序列图;

(2)计算两序列线性相关rl(m),绘制rl(m)序列图;

1. 代码如下

函数代码

function y=circonvtim(x1,x2,N)

n=0:N-1;

x1=[x1,zeros(1,N-length(x1))];

x2=[x2,zeros(1,N-length(x2))];

x3=x2(mod(-n,N)+1);

for m=0:N-1

x4=cirshftt(x3,m,N);

x5=x1.\*x4;

y(m+1)=sum(x5);

end

function y=cirshftt(x,m,N)

if length(x)>N

error('N must be >=the length of x')

end

x=[x,zeros(1,N-length(x))];

n=0:N-1;

n=mod(n-m,N);

y=x(n+1);

程序代码

程序代码

clear;clc;close all

x1=[2,1,1,2];

x2=[1,-1,-1,1];

y1=circonvtim(x1,x2,4);

subplot(5,1,1);stem(y1);

axis([1,8,-3,3]);title('y\_n=x-1(n)④x\_2(n)');

y2=circonvtim(x1,x2,7);

subplot(5,1,2);stem(y2);

axis([1,8,-3,3]);title('y\_n=x-1(n)⑦x\_2(n)');

y3=circonvtim(x1,x2,8);

subplot(5,1,3);stem(y3);

axis([1,8,-3,3]);title('y\_n=x-1(n)⑧x\_2(n)');

y4=conv(x1,x2)

subplot(5,1,4);stem(y4);

axis([1,8,-3,3]);title('y\_n=x-1(n)\*x\_2(n)');

2.代码如下

函数代码

function [r,m]=circorrtime(x,y)

N1=length(x);N2=length(y);N=N1+N2-1;

x=[x,zeros(1,N-length(x))];

y=[y,zeros(1,N-length(y))];

for m=0:N-1

y1=cirshftt(y,m,N);

rm=x.\*conj(y1);

r(m+1)=sum(rm);

end

m=0:N-1

function [r,m]=lincorrtime(x,y)

N1=length(x);N2=length(y);N=N1+N2-1;

M=N1+2\*N2-2;

x=[zeros(1,N2-1),x,zeros(1,N2-1)];

y=[y,zeros(1,N-1)];

y=conj(y);

for n=0:M-1

yy=[zeros(1,n),y(1,1:M-n)];

r(n+1)=sum(x.\*yy);

end

r=r(1,1:N);

m=[-N2+1:N1-1];

clear;clc;close all;

x=[3,5,7,9,11,13];

y=[-2,-1,0,1,2];

[rl1,ml1]=lincorrtime(x,x);

subplot(2,2,1);stem(ml1,rl1);xlabel('n');

title('用线性相关求x(n)自相关');

[r1,m1]=circorrtime(x,x);

subplot(2,2,2);stem(m1,r1);xlabel('n');

title('用圆周相关法求x(n)自相关');

[rl2,ml2]=lincorrtime(y,y);

subplot(2,2,3);stem(ml2,rl2);xlabel('n');

title('用线性相关法求y(n)自相关');

[r2,m2]=circorrtime(y,y);

subplot(2,2,4);stem(m2,r2);xlabel('n');

title('用圆周相关法求y(n)自相关');

clear;clc;close all;

x=[3,5,7,9,11,13];

y=[-2,-1,0,1,2];

[rxy,mxy]=lincorrtime(x,y);

subplot(2,1,1);stem(mxy,rxy);

ylabel('r\_x\_y(n)');xlabel('n');

[ryx,myx]=lincorrtime(y,x);

subplot(2,1,2);stem(myx,ryx);

ylabel('r\_y\_x(n)');xlabel('n');

序列图

实验五线性卷积的快速运算

1. 用快速FFT计算线性卷积y(n)=x(n)\*h(n),其中x(n)=2n+3,0<=n<=7,x(n)=0,其他。h(n)=sin(12n/16 ),，h(n)=0，其他。
2. 用重叠相加法计算序列x(n)=n,0<=n<=200,x(n)=0其他和h(n)={1，0，3，7}的线性卷积，按N=5对x(n)分段。

题目一代码

Dftconv函数代码

function y=dftconv(x1,x2,N)

Xk=DFTfor(x1);

Hk=DFTfor(x2);

Yk=Xk.\*Hk;

y=idft(Yk,N);

clear all;clc;close all;

n=0:7;

xn=2\*n+3;

m=0:15;

hn=sin((2\*pi\*m)/16);

N1=length(xn);N2=length(hn);

N=N1+N2-1;

xn=[xn zeros(1,N-N1)];

hn=[hn zeros(1,N-N2)];

yn=dftconv(xn,hn,N);

nn=0:N-1;

subplot(3,1,1);stem(nn,xn);

title('序列x(n)');

subplot(3,1,2);stem(nn,hn);

title('序列h(n)');

subplot(3,1,3);stem(nn,real(yn));

title('序列x(n)与h(n)的线性卷积y(n)');

xlabel('n');

题目二代码

clear ;clc;close all

n=0:200;

x=n;

h=[1,0,3,7];

L=5;

ya=overaddfft(h,x,L);

subplot(3,1,1);

stem(0:length(ya)-1,ya);

title('重叠相加法overaddfft()计算线性卷积');

实验六快速傅里叶变换

实验内容以及步骤

1.已知序列x(n)={2,1,3,9,0,5,7,8},模仿例题编程实现 DIF-FFT功能计算X(k)并与直接调用函数fft()命令对比计算结果是否正确。

2.已知序列x(n)的 DFT 为 X(k)={36.0000,-4.0000+9.6569i,-4.0000+4.0000i,-4.0000+1.6569i,-4.0000,-4.0000-0.6569i,-4.0000-4.0000i,-4.0000-9.6569i},模仿例题按图8.7所示流程图编程实现IFFT功能计算x(n),并与直接调用函数ifft()命令对比计算结果是否正确。

题目一代码

xn=[2,1,3,9,0,5,7,8];

ditfft(xn)

fft(xn)

subplot(2,1,1);stem(real(ditfft(xn)));

xlabel('ditfft');

subplot(2,1,2);stem(real(fft(xn)));

xlabel('fft');

题目二代码

clc;clear;

Xk=[36.0000,-4.0000+9.6569i,-4.0000+4.0000i,-4.0000+1.6569i,-4.0000,-4.0000-0.6569i,-4.0000-4.0000i,-4.0000-9.6569i];

N=length(Xk);

Xk1=conj(Xk);

xn1=ditfft(Xk1);

xn1=conj(xn1)/N;

xn1=real(xn1)

xn2=real(ifft(Xk))

subplot(2,1,1);stem(real(xn1));

xlabel('xn1');

subplot(2,1,2);stem(real(xn2));

xlabel('ifft');

函数代码

for L=1:M;

disp('运算级次:');

disp(L);

B=2^(L-1);

for R=0:B-1

P=2^(M-L)\*R;

for K=R:2^L:N-2

T=A(K+1)+A(K+B+1)\*WN(P+1);

A(K+B+1)=A(K+1)-A(K+B+1)\*WN(P+1);

A(K+1)=T;

end

end

disp('本级运算后各存储单元的数据:');

disp(A);

end

disp('输出各存储单元的数据:');

Xk=A;

function Xk=ditfft(xn)

M=nextpow2(length(xn));

N=2^M;

for m=0:N/2-1

WN(m+1)=exp(-j\*2\*pi/N)^m;

end

A=[xn,zeros(1,N-length(xn))];

disp('输入到各存储单元的数据:');

disp(A);

J=0;

for I=0:N-1;

if I<J

T=A(I+1);

A(I+1)=A(J+1);

A(J+1)=T;

end

K=N/2;

while J>=K

J=J-K;

K=K/2;

end

J=J+K;

end

disp('倒序后各个存储单元的数据');

disp(A);

实验7 IIR滤波器设计—模拟滤波器的数字化

实验内容以及步骤

设计低通数字滤波器,要求通带内频率低于 0.2rad 时,允许幅度误差在 1dB 之内频率在 0.3元到之间的阻带衰减大于 10dB。试采用巴特沃斯模拟滤波器进行设计,用激响应不变法进行转换,采样间隔 T=1ms。

实验代码

clear;clc;close all;

fc=1000;

ap=1;as=10;fp=100;fs=150;

wp=2\*pi\*fp/fc;

ws=2\*pi\*fs/fc;

Wanp=wp\*fc;

Wans=ws\*fc;

[N,Wanc]=buttord(Wanp,Wans,ap,as,'s');

[b,a]=butter(N,Wanc,'s');

[B1,A1]=impinvar(b,a,fc)

[H1,w]=freqz(B1,A1,'whole');

subplot(2,1,1);

plot(w/pi,20\*log10(abs(H1)));grid on;

axis([0,2,-60,0]);xlabel('pi');ylabel('H1幅值dB');

title('冲激响应不变法设计的数字低通IIR滤波器');

subplot(2,1,2);

plot(w/pi,angle(H1));

xlabel('频率(rad)');ylabel('相位(弧度)');grid on;

实验8

实验内容以及步骤

分别用冲激响应不变法和双线性变换法设计一个巴特沃斯数字低通滤波器，已知通带截止频率f=200Hz,阻带截止频率f =400Hz,8=1dB,8=30dB,抽样间隔T=1ms; 要求:

(1)观察所设计数字滤波器的幅频和相频特性曲线，记录带宽；

冲激响应不变法

clear;clc;close all;

fc=1000;

ap=1;as=30;fp=200;fs=400;

wp=2\*pi\*fp/fc;

ws=2\*pi\*fs/fc;

Wanp=wp\*fc;

Wans=ws\*fc;

[N,Wanc]=buttord(Wanp,Wans,ap,as,'s');

[b,a]=butter(N,Wanc,'s');

[B1,A1]=impinvar(b,a,fc)

[H1,w]=freqz(B1,A1,'whole');

subplot(2,1,1);

plot(w\*fc/2/pi,20\*log10(abs(H1)));grid on;

axis([0,1000,-50,0]);xlabel('频率');

ylabel('H1幅值dB');

title('冲激响应不变法设计的数字低通IIR滤波器');

subplot(2,1,2);

plot(w\*fc/2/pi,angle(H1));

xlabel('频率(rad)');ylabel('相位(弧度)');grid on;

disp(Wanc/2/pi);

双线性变换法

clear;clc;close all;

fc=1000;

ap=1;as=30;fp=200;fs=400;

wp=2\*pi\*fp/fc;

ws=2\*pi\*fs/fc;

anp=2\*fc\*tan(wp/2);

ans=2\*fc\*tan(ws/2);

[N,anc]=buttord(anp,ans,ap,as,'s');

[b,a]=butter(N,anc,'s');

[B2,A2]=bilinear(b,a,fc)

[H2,w]=freqz(B2,A2,'whole');

subplot(2,1,1);

plot(w\*fc/2/pi,20\*log10(abs(H2)));grid on;

axis([0,1000,-100,0]);xlabel('H2幅值');ylabel('H2幅值dB');

title('双线性变换法设计的数字低通IIR滤波器');

subplot(2,1,2);

plot(w\*fc/2/pi,angle(H2));

xlabel('频率(rad)');ylabel('相位(弧度)');grid on;

disp(anc/2/pi);

3db截止频率分别为：224.9553 309.8464

实验九FIR数字滤波器设计—窗函数法

用窗函数法设计一个FIR数字低通滤波器。滤波器满足指标:通带边界频率fp=800Hz,阻带边界频率fs=1000Hz,通带波纹0.5dB,阻带最小衰减40dB，抽样频率fc=4000Hz。窗函数类型根据指标要求自行选定

实验结果如下

绘制出了滤波器的幅度响应曲线和相位响应曲线

使用的窗函数为汉宁窗函数

clear; clc; close all;

% 确定滤波器阶数

fp = 800; % 通带边界频率 (Hz)

fs = 1000; % 阻带边界频率 (Hz)

Ap = 0.5; % 通带波纹 (dB)

As = 40; % 阻带最小衰减 (dB)

fc = 4000; % 抽样频率 (Hz)

wp = 0.4\*pi;

ws = 0.5\*pi;

% 使用频率采样法计算阶数

delta\_w = ws - wp; % 过渡带宽度

N = 6.2\*pi/delta\_w;

% 设计FIR滤波器vf

b = fir1(N, wp/pi, 'low', hann(N+1));

% 绘制滤波器的幅频特性曲线

[H, w] = freqz(b, 1, 1024,"whole");

f = w/(2\*pi)\*fc;

mag = abs(H);db=20\*log10(mag/max(mag));

滤波器阶数N=62 是用的过渡带宽算出来的 N=6.2\*pi/delta\_w

[H, w] = freqz(b, 1, 1024,"whole");

f = w/(2\*pi)\*fc;

mag = abs(H);db=20\*log10(mag/max(mag));

% 绘制幅频特性曲线

subplot(2,1,1);

plot(f, db,'-b','LineWidth',1);

axis([0,4000,-200,10]);

xlabel('频率（HZ）');

ylabel('幅值 (dB)');

title('FIR数字低通滤波器设计');

grid on;

subplot(2,1,2);

plot(f,w,'-k','LineWidth',1);

xlabel('频率（HZ）');ylabel('相位(度)');

grid on;

实验十FIR数字滤波器设计—频率抽样法

题目1用频率抽样法设计一个FIR数字低通滤波器。滤波器满足指标:通带边界频率f=800Hz,阻带边界频率f=1000Hz,通带波线文0.5dB,阻带最小衰减40dB,抽样频率f

4000Hz。若分别设置0个,1个和2个过渡点 ,比较设计所得到的滤波器幅频响应曲线。

程序代码

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

N\_t1=4\*pi/(ws-wp);

N1=41;

N\_c1=wc/2/pi\*41;%9.225

a1=(N1-1)/2;

k1=0:floor((N1-1)/2);k21=floor((N1-1)/2)+1:N1-1;

angH1=[-a1\*(2\*pi)/N1\*k1,a1\*(2\*pi)/N1\*(N1-k21)];

N\_t2=6\*pi/(ws-wp);

N2=61;

N\_c2=wc/2/pi\*61;%13.7250

a2=(N2-1)/2;

k2=0:floor((N2-1)/2);k22=floor((N2-1)/2)+1:N2-1;

angH2=[-a2\*(2\*pi)/N\*k2,a2\*(2\*pi)/N2\*(N2-k22)];

a=(N-1)/2;

k=0:floor((N-1)/2);k20=floor((N-1)/2)+1:N-1;

angH=[-a\*(2\*pi)/N\*k,a\*(2\*pi)/N\*(N-k20)];

%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(1,10),0.6,zeros(1,20),0.6,ones(1,9)];

Hb1=Hrs1.\*exp(j\*angH1);

hbl=real(ifft(Hb1,N1));

[Hb1,w1]=freqz(hbl,1,1000);

mag1=abs(Hb1);Hdb1=20 \* log10(mag1) ;

%插入两个过渡点

Hrs2=[ones(1,15),0.7,0.3,zeros(1,28),0.3,0.7,ones(1,14)];

Hb2=Hrs2.\*exp(j\*angH2);

hb2=real(ifft(Hb2,N2));

[Hb2,w2]=freqz(hb2,1,1000);

mag2=abs(Hb2);Hdb2=20\*log10(mag2) ;

figure(1);

plot(w/pi,Hdb,'black','LineWidth',1.3);

grid on; hold on;

plot(w1/pi,Hdb1,'g','LineWidth',1.3) ;

hold on;

plot(w2/pi,Hdb2,'r','LineWidth',1.3) ;

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')