数字信号处理实验

微信扫码

请实名！！！

数字信号处理实验-2024-2025-1
班级容量：500人
二维码有效期截至2024-11-21
邀请码：BD233B
雨课堂公众号中输入，长期有效

授课老师：何　美霖 (Meilin He)

单　　位：通信工程学院

邮　　箱：meilinhe@hdu.edu.cn

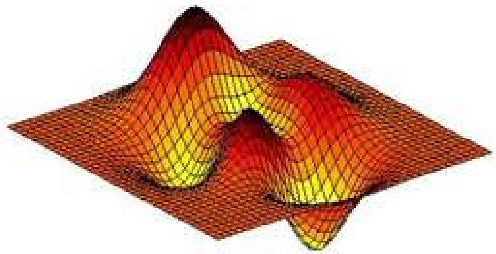
QQ扫码

请实名！！！

数字信号处理实验-20...
群号：747674564

第2讲 离散系统频率响应和零极点分布

- 系统的零极点
- 系统的频率响应（冲激响应的傅里叶变换）
- 系统的系统函数（冲激响应的Z变换）



冲激响应impz函数

差分方程：$\sum_{k=0}^{N} a_k y[n-k] = \sum_{k=0}^{M} b_k x[n-k]$

$B = [b_0, b_1, \ldots, b_M]$

$A = [a_0, a_1, \ldots, a_N]$

$$\sum_{k=0}^{N} a_k h[n-k] = \sum_{k=0}^{M} b_k \delta[n-k]$$

- filter函数：冲激响应h = filter(B,A,d)

  系统响应函数

- impz函数：冲激响应h = impz(B,A,W)的前W个样本

用impz和filter获得的冲激响应是一致的。

差分方程：$\sum_{k=0}^{N} a_k y[n-k] = \sum_{k=0}^{M} b_k x[n-k]$

$B = [b_0, b_1, ..., b_M]$

$A = [a_0, a_1, ..., a_N]$

零极点图zplane函数

- 用**zplane**函数可绘制零极点图

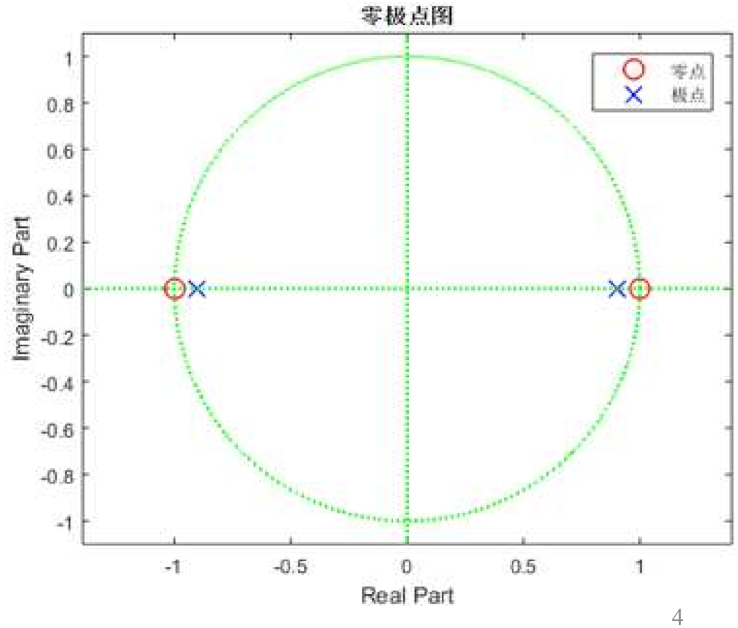
思考：零极点对系统稳定性的影响

$$\textbf{zplane}(B, A)$$

- 例1：差分方程 $y[n] - 0.81y[n-2] = x[n] - x[n-2]$

```
clc; clear; close all;
b=[1 0  -1];
a=[1 0 -0.81];
[hz, hp, ht]=zplane(b,a);

figure(1);
set(hz,'color','r','markersize',10,'linewidth',1);
set(hp,'color','b','markersize',10,'linewidth',1);
set(ht,'color','g','markersize',10,'linewidth',1.5);
legend('零点','极点'); title('零极点图');
```



零极点图zplane函数

- **零极点对系统稳定性的影响**
  - 系统稳定的条件：
    - 时域条件：
      $$\sum_{n=-\infty}^{\infty}|h[n]|<\infty$$
    - Z域条件： **系统函数$H(z)$的所有极点均位于z平面的单位圆内。**

- **思考：零极点对系统因果性的影响**

系统的频率响应

若 $x[n] \xleftrightarrow{\text{DTFT}} X(e^{jw})$

则 $x[n-n_0] \xleftrightarrow{\text{DTFT}} X(e^{jw})e^{-jwn_0}$

- 离散时间LTI**系统**一般用线性常系数**差分方程**描述

$$\sum_{k=0}^{N} a_k y[n-k] = \sum_{k=0}^{M} b_k x[n-k]$$

- 利用**DTFT的时移特性**，得到该系统的频域方程

$$\sum_{k=0}^{N} a_k e^{-jkw} Y(e^{jw}) = \sum_{k=0}^{M} b_k e^{-jkw} X(e^{jw})$$

- 离散时间LTI系统的**频率响应**定义为

$$H(e^{jw}) \triangleq \frac{Y(e^{jw})}{X(e^{jw})} = \sum_{k=0}^{M} b_k e^{-jkw} \Bigg/ \sum_{k=0}^{N} a_k e^{-jkw}$$

差分方程：$\sum_{k=0}^{N} a_k y[n-k] = \sum_{k=0}^{M} b_k x[n-k]$

$B = [b_0, b_1, ..., b_M]$

$A = [a_0, a_1, ..., a_N]$

系统的频率响应freqz函数

频率响应：$H(e^{jw}) \triangleq \frac{Y(e^{jw})}{X(e^{jw})} = \sum_{k=0}^{M} b_k e^{-jkw} \Big/ \sum_{k=0}^{N} a_k e^{-jkw}$

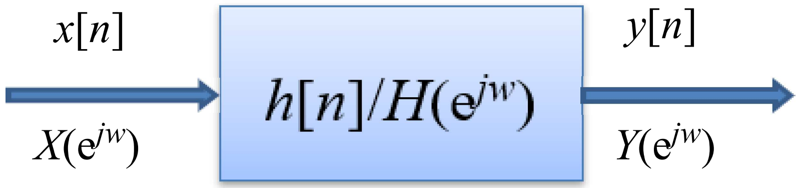
- 用**freqz**函数可获得系统频率响应

$$[\boldsymbol{H}, w] = \mathbf{freqz}(B, A, T)$$

其中，返回量***H***包含了离散系统频响在0~π范围内T个频率等分点的值（其中T为正整数），w包含了范围内T个频率等分点。调用默认的T时，其值是512。

频率响应的幅度和相位频谱

- 幅度频谱和相位频谱



$$H(e^{jw}) = \underbrace{|H(e^{jw})|}_{\text{幅度频谱}} e^{\underbrace{j\angle H(e^{jw})}_{\text{相位频谱}}}$$

若$h[n]$是实函数时，则

幅度频谱$|H(e^{j\Omega})|$是Ω的偶函数，相位频谱$\varphi(\Omega)$是Ω的奇函数。

频率响应的幅度和相位频谱

- 幅度频谱和相位频谱

$$H(e^{jw}) = \underbrace{|H(e^{jw})|}_{\text{幅度频谱}} e^{j\underbrace{\angle H(e^{jw})}_{\text{相位频谱}}}$$

- **abs**函数：求复数的模

H_abs = abs (***H***)

- **angle**函数：求复数的相位

H_angle = angle (***H***)

频率响应的幅度和相位频谱

差分方程： $\sum_{k=0}^{N} a_k y[n-k] = \sum_{k=0}^{M} b_k x[n-k]$

$B = [b_0, b_1, \dots, b_M]$

$A = [a_0, a_1, \dots, a_N]$

频率响应： $H(e^{jw}) = \sum_{k=0}^{M} b_k e^{-jkw} \Big/ \sum_{k=0}^{N} a_k e^{-jkw}$

[H,w] = freqz(B,A,T)

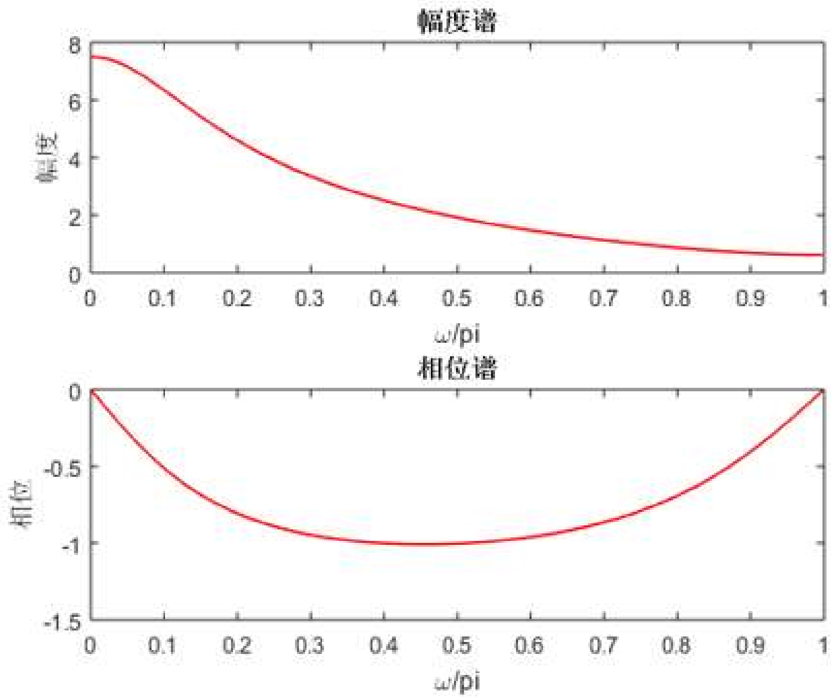
H_abs = abs(H)

H_ang = angle(H)

- 例2：频率响应为 $$H(e^{jw}) = \frac{2+e^{-jw}}{1-0.6e^{-jw}}$$

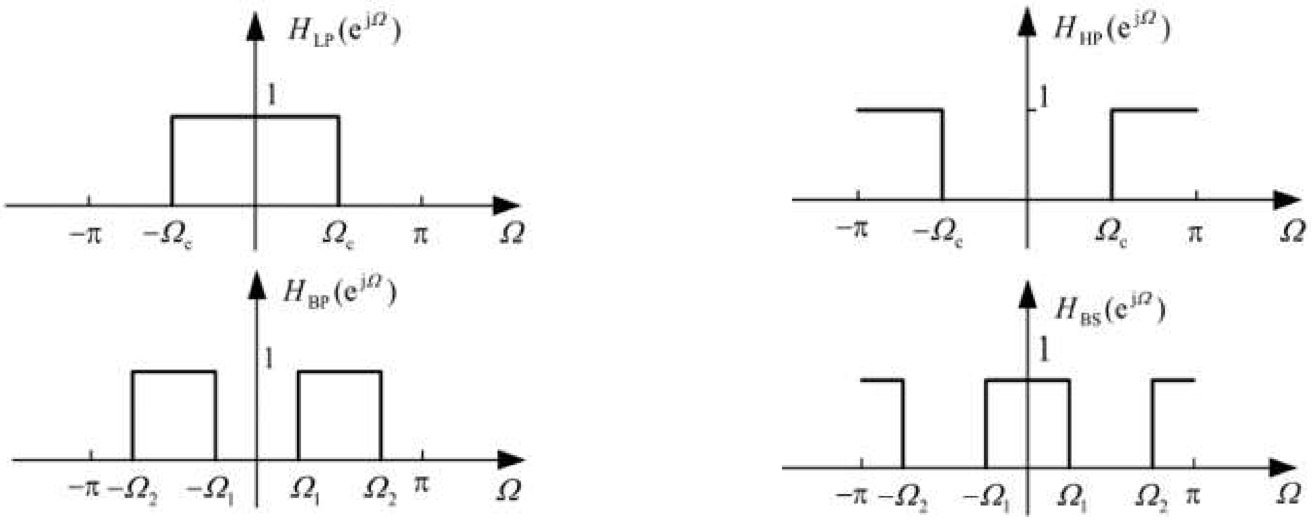
```
clear; close all; clc
b = [2 1];
a = [1 -0.6];
[H,w] = freqz(b, a);

figure(1);
subplot(2,1,1);
plot(w/pi, abs(H), '-r', 'Linewidth', 1.0);
xlabel('\omega/pi'); ylabel('幅度');
title('幅度谱');
subplot(2,1,2);
plot(w/pi, angle(H), '-r', 'Linewidth', 1.0);
xlabel('\omega/pi'); ylabel('相位');
title('相位谱');
```



滤波特性

- 低通：通低频而抑制高频
- 高通：通高频而抑制低频
- 带通：通信号某一范围频率而抑制其它频率成分
- 带阻：抑制信号某一范围频率而通过其他频率成分
- 全通：让信号的所有频率通过



系统函数

若 $x[n] \xleftrightarrow{ZT} X(z)$

则 $x[n-n_0] \xleftrightarrow{ZT} X(z)z^{-n_0}$

- 离散时间**LTI系统**一般用线性常系数**差分方程**描述

$$\sum_{k=0}^{N} a_k y[n-k] = \sum_{k=0}^{M} b_k x[n-k]$$

- 利用ZT的时移特性，得到该系统的复频域方程

$$\sum_{k=0}^{N} a_k z^{-k} Y(z) = \sum_{k=0}^{M} b_k z^{-k} X(z)$$

- 离散时间LTI系统的**系统函数**定义为

$$H(z) \triangleq \frac{Y(z)}{X(z)} = \sum_{k=0}^{M} b_k z^{-k} \Big/ \sum_{k=0}^{N} a_k z^{-k}$$

系统函数求解

若 $x[n] \xleftrightarrow{ZT} X(z)$

则 $x[n-n_0] \xleftrightarrow{ZT} X(z)z^{-n_0}$

- 例3：差分方程 $$y[n]-0.81y[n-2]=x[n]-x[n-2]$$

解：两边同时进行Z变换，该系统的复频域方程为

$$Y(z)-0.81Y(z)z^{-2}=X(z)-X(z)z^{-2}$$

$$Y(z)(1-0.81z^{-2})=X(z)(1-z^{-2})$$

故，**系统函数**为

$$H(z)=\frac{Y(z)}{X(z)}=\frac{1-z^{-2}}{1-0.81z^{-2}}=\frac{1-z^{-2}}{(1+0.9z^{-1})(1-0.9z^{-1})}$$

总结

◆ 系统的零极点

- zplane(B, A)
- 对系统稳定性的影响

◆ 频率响应：$h[n]$的傅里叶变换

- [H, w] = freqz(B, A, T)
- 幅频特性和相频特性：滤波特性

◆ 系统函数：$h[n]$的Z变换

差分方程：$$\sum_{k=0}^{N} a_k y[n-k] = \sum_{k=0}^{M} b_k x[n-k]$$

$$B = [b_0, b_1, \dots, b_M]$$
$$A = [a_0, a_1, \dots, a_N]$$

频率响应：$$H(e^{jw}) = \sum_{k=0}^{M} b_k e^{-jkw} \Big/ \sum_{k=0}^{N} a_k e^{-jkw}$$

系统函数：$$H(z) = \sum_{k=0}^{M} b_k z^{-k} \Big/ \sum_{k=0}^{N} a_k z^{-k}$$

操作验收习题

注意：系统函数$H(z)$的求解，系统滤波特性的判断，和频率响应表达式的写出均体现在实验报告中，上机验收只验收每一小题的图！！！

- 2.1 已知一因果系统的差分方程为：

$y(n)=0.9y(n-1)+x(n)$

(1)：求$H(z)$并画出它的零极点。

(2)：画出$|H(e^{jw})|$和$<H(e^{jw})$曲线，大致判断系统的滤波特性。

(3)：画出单位冲激响应$h(n)$。

- 2.2 已知线性因果系统的差分方程为：

$y(n)=0.9y(n-1)+x(n)+0.9x(n-1)$

(1)：求系统的系统函数$H(z)$，画出单位冲激响应$h(n)$。

(2)：写出系统频率响应$H(e^{jw})$的表达式，并定性画出其幅度特性曲线。

实验报告作业题

- 2.1 已知一因果系统的差分方程为:

$y(n)=0.9y(n-1)+x(n)$

(1)：求$H(z)$并画出它的零极点。

(2)：画出$|H(e^{jw})|$和$<H(e^{jw})$曲线，大致判断系统的滤波特性。

(3)：画出单位冲激响应$h(n)$。

- 2.2 已知线性因果系统的差分方程为:

$y(n)=0.9y(n-1)+x(n)+0.9x(n-1)$

(1)：求系统的系统函数$H(z)$，画出单位冲激响应$h(n)$。

(2)：写出系统频率响应$H(e^{jw})$的表达式，并定性画出其幅度特性曲线。

感谢聆听!