实验五问题反馈：

- **Fourier和fft介绍**

A:

fourier：傅里叶变换函数

s=-1

$$F(w) = c\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)e^{iswx}dx$$

频域函数 **C=1** **时域函数** **W:变化变量**

Fourier(f, var, transVar)

输出为含有变换变量的函数

对应x

实验五问题反馈：

比如：

```
syms x y
f = exp(-x^2);
fourier(f, x, y)

ans =
pi^(1/2)*exp(-y^2/4)
```

如没指名变量，x为默认

```
syms x t y
f = exp(-x^2)*exp(-t^2);
fourier(f, y)

ans =
pi^(1/2)*exp(-t^2)*exp(-y^2/4)
```

如没变化变量，w为默认

```
fourier(f)

ans =
pi^(1/2)*exp(-t^2)*exp(-w^2/4)
```

实验五问题反馈：

FFT：离散傅里叶变换

$$Y(k) = \sum_{j=1}^{N} x(j) e^{-2\pi i (j-1)(k-1)/N}$$

N可调节

离散频域向量

离散时域向量

比如：

x=[1+i 1-i -2+3i -4-5i]

y = fft(x)

y =

-4 - 2i 7 - 7i 2 +10i -1 + 3i

FFT和fourier区别：

fourier： 产生傅里叶变换函数（含变量、连续）。

FFT： 产生离散傅里叶变换数值。

实验五问题反馈：

- **plot 和 fplot 介绍**

fplot (f):画出函数 f 在 变量处于 [-5 5]之间的值（时域函数有时候显示不全，这时可用plot）

fplot (f, xinterval):画出函数 f 在 变量处于 [xmin xmax]之间的值

如：画出sin(x)在x处于[-5 5]之间的图

fplot(@(x) sin(x)) (输入是函数和变量)

如：画出sin(x)在x处于[0 3]之间的图

fplot(@(x) sin(x), [0, 3])

plot (x ,y):画出向量y 在 x轴对应的值

如：x=0:pi/100:2*pi; y=sin(x);

plot(x, y) (输入是数值)

实验五问题反馈：

- **heaviside 工具介绍**

画阶跃函数一个重要工具：

heaviside(x)= $\begin{cases} 0, x < 0 \\ 0.5, x = 0 \\ 1, x > 0 \end{cases}$

如：syms x
fplot(heaviside(x), [-2, 2])
fplot(heaviside(x-1), [-2, 2])

- **integral 和 int 工具介绍**

integral 数值积分：integral(fun, xmin, xmax)

fun：构造函数和变量；xmin和xmax：积分范围

如：函数$g(x) = e^{-x^2}(lnx)^2$，x从0到1的积分

```
fun=@(x) exp(-x.^2).*log(x).^2; %创建x变量函数
q = integral(fun,0,1)结果: 1.9331
```

实验五问题反馈：

int：symbolic expression

可以把函数积分后的公式显示出来，包括有限和无限积分(复数也容易积分)

int(expr, var)： 计算函数expr 在 var 无限积分后的公式

int(expr, var, a, b)： 计算函数f 在 x =a 和 x=b之间的积分数值

如：函数$g(x) = \int \frac{-2\text{x}}{(1+x^2)^2}\,dx$

输入： syms x

int(-2*x/(1 + x^2)^2）

返回： 1/(x^2+1)

如:

输入： syms x

int(x*log(1+x), 0, 1）

返回： 1/4

实验5题目2：

2、一个三角脉冲信号表示为：

$$f_2(t)=\begin{cases}E\left(1-\dfrac{2|t|}{\tau}\right) & |t|\le\dfrac{\tau}{2}\\[2ex] 0 & |t|>\dfrac{\tau}{2}\end{cases}$$

其中，$E=1$，$\tau=1$。

请分别使用三种方法绘制三角脉冲信号的频谱，在一张图中展示并标注legend。

（1）**数值方法**近似计算三角脉冲的频谱。

（2）根据卷积定理，通过计算矩形脉冲的频谱，得到三角脉冲的频谱。

（3）三角脉冲信号的理论计算值。

实验5题目2：

（1）**数值方法**近似计算三角脉冲的频谱。

思路：

a) 构造时域三角脉冲函数。
b) 把三角脉冲函数通过变量t积分，构造傅里叶变换后的频谱公式。
c) 把相应数值和频率代入求出频谱。

```
w = -50: 0.5 : 50;  % 设置频率范围
E = 1; % 三角函数系数;    tao = 1;    % 变量取值界点
for k = 1 : 1 : length(w)  % 计算频率点个数
    i_w = w(k); % 把每个频率点取出来
    fun = @(t) E * (1 - 2 * abs(t) / tao) .* exp(-1i * i_w .* t); % 构造时域三角函数，把t设置为变量，然后构造傅里叶变换后的公式。
    Num_F(k) = integral(fun,-tao/2,tao/2); % 把公式在范围内进行积分，算出每个频率点w对应的数值。
end
plot(w, abs(Num_F), ‘b-+’); % 画出频谱图
```

实验5题目2：

（2）根据卷积定理，通过计算矩形脉冲的频谱，得到三角脉冲的频谱。

思路：

a) 三角脉冲函数等效于两个同样的矩形脉冲卷积。
b) 时域卷积等效于频域相乘。
c) 矩形脉冲幅度为：$\sqrt[2]{2E/\tau}$, 宽度为：$\tau/2$。

```
tao_rec = tao / 2; % 矩形脉冲宽度
E_rec = sqrt(2 * E / tao); % 矩形脉冲幅度
Ana_rec = E_rec * tao_rec * sin(w * tao_rec / 2) ./ (w *
tao_rec / 2); % 矩形脉冲频谱
From_rec_F = Ana_rec .* Ana_rec; % 三角脉冲频谱
hold on
plot(w, From_rec_F, 'r-*');
```

实验5题目2：

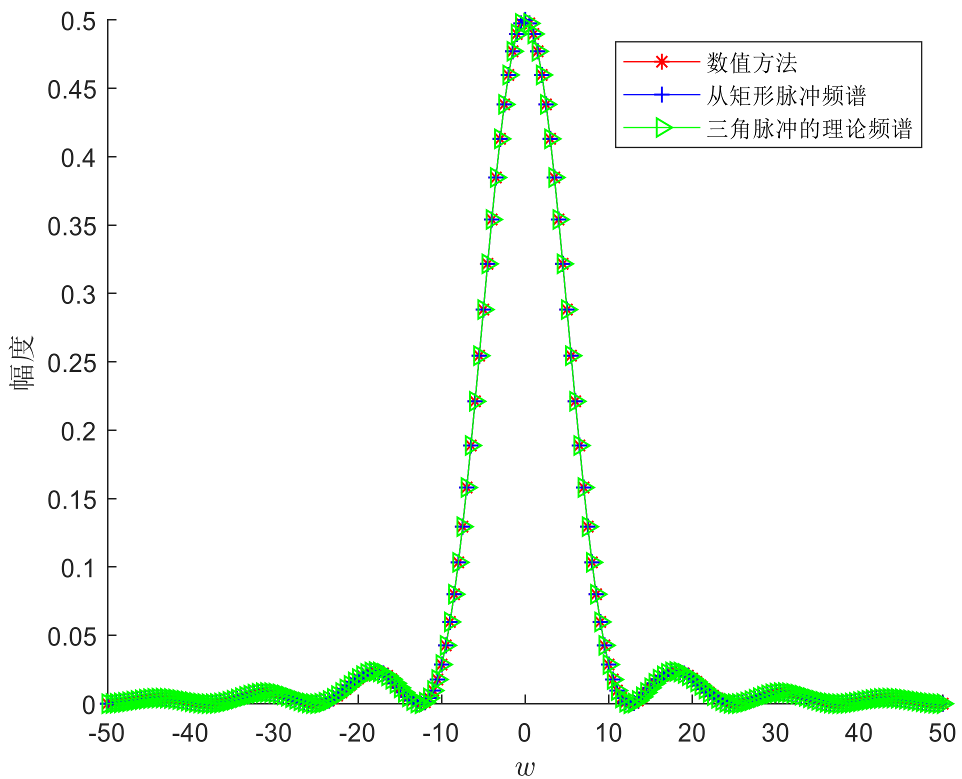
（3）三角脉冲信号的理论计算值。

思路：

a) 直接算出三角脉冲函数频谱公式：$\frac{E\tau}{2}\mathrm{Sa}^2(\frac{w\tau}{4})$

b) 把数值代入直接求解频谱。

```
Ana_F = E * tao / 2 * (4 ./ tao ./ w).^2 .* sin(w * tao / 4) .* sin(w * tao / 4); % 三角脉冲函数频谱公式
plot(w, Ana_F, 'g->');
```



实验5题目3：

3、对时间范围$0 \le t \le 20$内的正弦信号$f_3(\mathrm{t}) = \sin(0.8\pi t)$进行抽样得到抽样信号，抽样频率分别取为$2Hz$、$0.8Hz$、$0.4Hz$，画出信号$f_3(\mathrm{t})$及不同抽样频率下的时域波形，并对信号$f_3(\mathrm{t})$及抽样信号进行傅里叶变换，绘制幅度-频率特性曲线。

实验5题目3：

思路（实现方法有多种，合理即正确）：

a) 构造时域正弦信号，t为变量。

b) 变量t的变化代表不同采样率。

c) 采样后的信号转成频域。

```
%% 构造时域正弦信号（离散思维）
t=0:0.01:20;          % 变量t取密集一点，无限接近真实时域信号
y=sin(0.8*pi*t); % 构造时域正弦信号
%% 构造频域正弦信号（采用离散傅里叶变换）
N=300;          % 设置离散傅里叶变换N点个数
W=2*pi;
k=-N:N;         % 设置角频域范围
w=k*W/N;  % 角频域
Y=0.01*y*exp(-j*t'*w); % 离散傅里叶变换
Y=abs(Y);   % 频谱增益
```

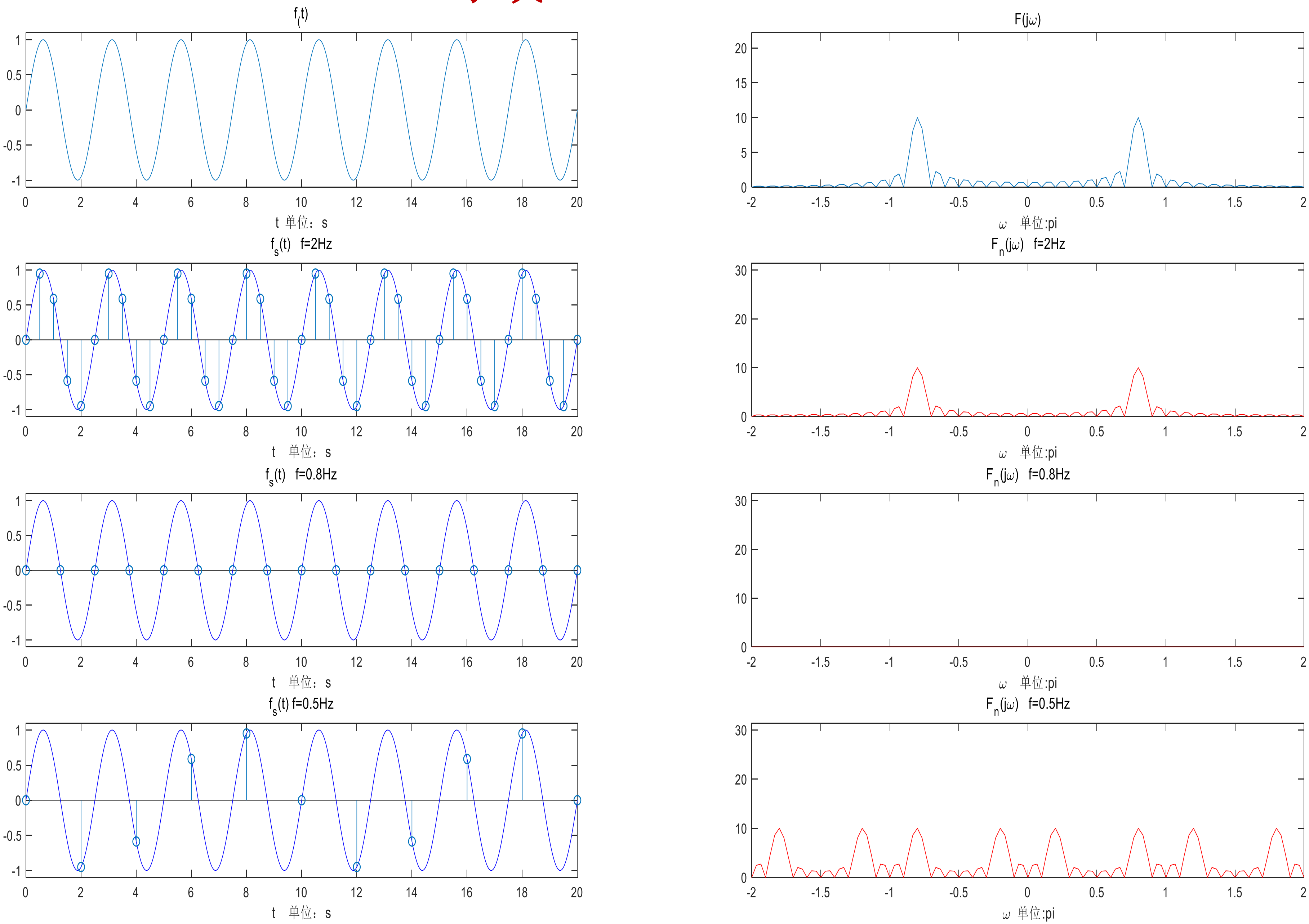
实验5题目3：

```
%% 构造2Hz抽样的时域正弦信号
t1=0:0.5:20;        % 2Hz频域等效于每t=0.5时刻进行采样
y1=sin(0.8*pi*t1); % 构造2Hz时域正弦信号

%% 构造频域正弦信号
Y1=1/2*y1*exp(-j*t1'*w);
Y1=abs(Y1);
```

以此内推，可以构造0.8Hz和0.5Hz抽样的正弦时域和对应频谱。

实验5题目3：时域 频域



f(t)
t 单位：s
F(jω)
ω 单位:pi
f_s(t) f=2Hz
t 单位：s
F_n(jω) f=2Hz
ω 单位:pi
f_s(t) f=0.8Hz
t 单位：s
F_n(jω) f=0.8Hz
ω 单位:pi
f_s(t) f=0.5Hz
t 单位：s
F_n(jω) f=0.5Hz
ω 单位:pi

实验七：z变换、离散时间系统的分析

The Experiment of Signal and System

01 实验目的

实验目的

- 掌握z变换及其意义；
- 掌握利用MATLAB分析离散时间系统的特性。

02 实验原理和内容

实验原理

Z变换：调用MATLAB的ztrans函数来实现。

调用方式：F=ztrans(f)

z变换，z为变量的函数

连续时间信号$f(t)$

如: 对$x(n)=\dfrac{n(n-1)}{2}$进行单边z变换

```
syms n;               %定义n为符号函数
x=n*(n-1)/2;          %构造关于n的函数x
X=ztrans(x)           %计算关于x函数的z变换X
Xs=simplify(X)        %对X的公式进行化简
```

输出为

```
X =
(z*(z + 1))/(2*(z - 1)^3) - z/(2*(z - 1)^2)
Xs =
z/(z - 1)^3
```

实验内容：逆z变换

- 利用iztrans函数进行逆z变换，也可以用residuez通过分子和分母的系数向量，实现部分分式展开法求解逆z变换，类似residue函数。

（1）符号函数法

```
syms z          %定义符号z
X=1/(1-1.5*z^(-1)+0.5*z^(-2));
%z变换公式
 x=iztrans(X)  %计算逆z变换
```

输出结果为

```
x =
2 - (1/2)^n
```

实验内容：逆z变换

（2）部分分式展开法

```
b=1;                              %多项式分子的系数b
a=[1,-1.5,0.5];                   %多项式分母的系数a
[r,p,k]=residuez(b,a)             %部分分式展开
```

输出结果为

```
r =

     2
    -1

p =

    1.0000
    0.5000

k =

     []
```

因此，$X(z)$的部分分式展开形式为$X(z)=\frac{2}{1-z^{-1}}-\frac{1}{1-0.5z^{-1}}$，由于逆z变换的输出为右边序列，因此$x(n)=(2-0.5^{n})u(n)$。

实验内容:离散时间系统的系统函数

单位样值响应$h(n)$与系统函数$H(z)$是一组z变换对：

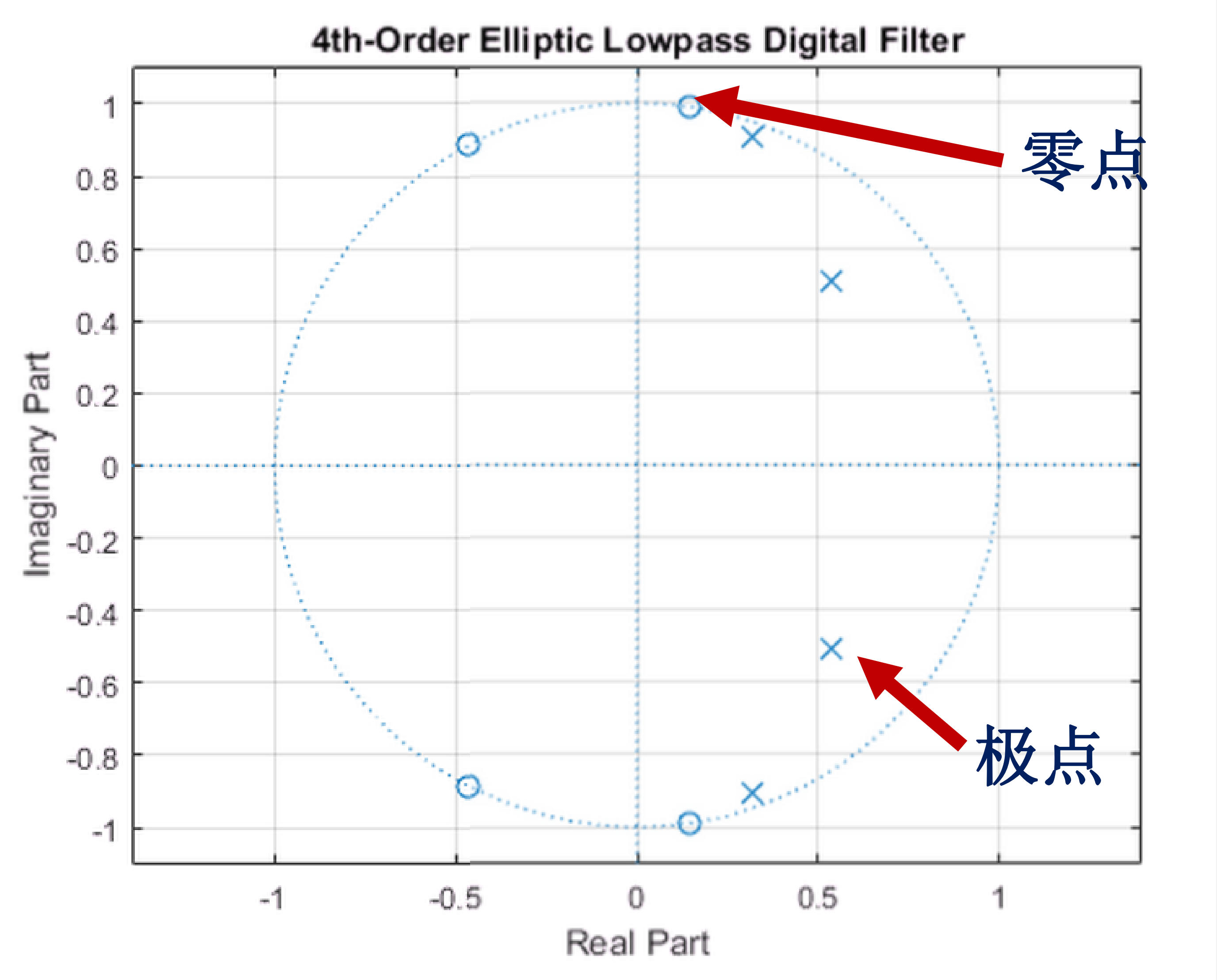
$$H(z) = \sum_{n=0}^{\infty} h(n) z^{-n}$$

zplane函数用于绘制零、极点分布图，若有极点位于单位圆外则说明系统不稳定。

zplane(b, a)，其中向量b和a分别为系统函数中的分子多项式系数与分母多项式系数。

在零极点图中，符号“o”代表零点，符号“x”代表极点，图中包括单位圆作为参考。

实验内容：离散时间系统的系统函数



离散时间系统的样值响应与频率响应

离散时间系统的频率响应$H\left(e^{j\omega}\right)$是系统的单位样值响应$h(n)$的傅里叶变换：

$$H\left(e^{j\omega}\right)=\sum_{n=-\infty}^{\infty}h(n)e^{-j\omega n}$$

在MATLAB中可利用impz函数由系统函数的分子多项式系数和分母多项式系数得到单位样值响应。

调用方式为： h=impz(b, a, k) 取值范围

样值响应 分子系数 分母系数

freqz函数计算离散时间系统的频率响应。

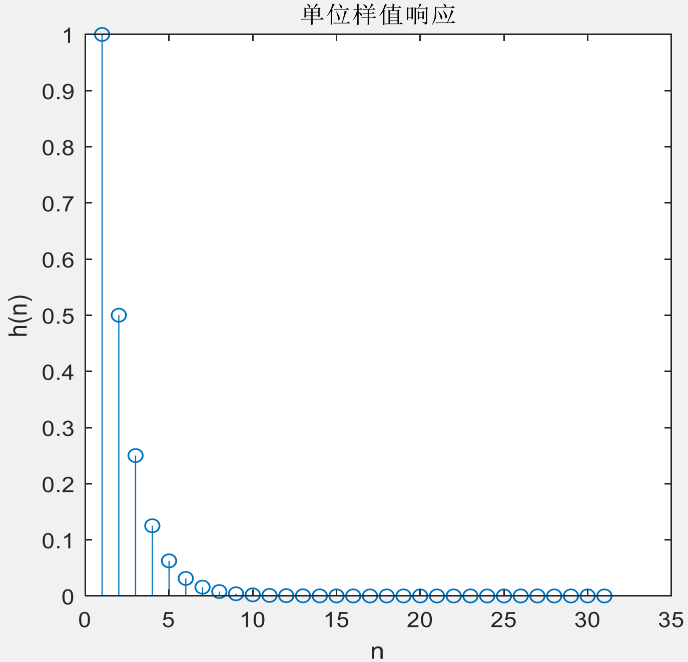
频率响应 H=freqz(b， a， w) 频率响应点

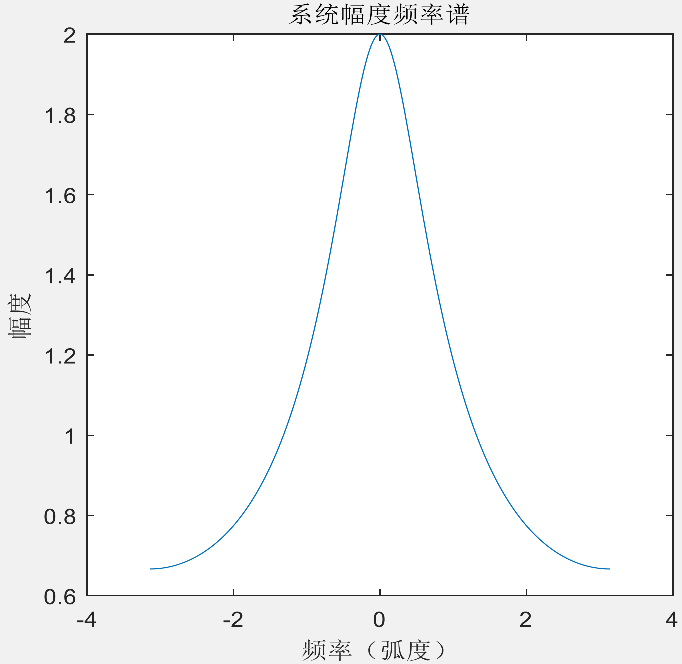
分子系数 分母系数

离散时间系统的样值响应与频率响应

画出系统函数$H(z)=\frac{z}{z-0.5}\,(|z|>0.5)$所对应的单位样值响应与幅度频率谱：

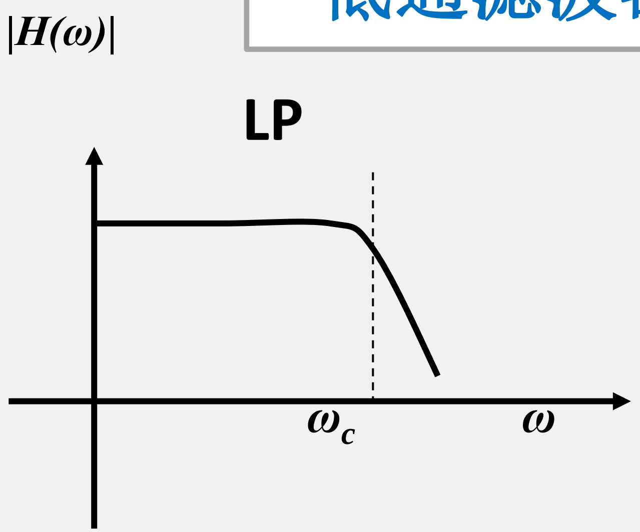
```
b=[1];               %定义分子多项式行向量b
a=[1 -0.5];          %定义分母多项式行向量a
k=0:30;              %输出序列取值范围
h=impz(b,a,k)        %计算单位样值响应
w=-pi:pi/100:pi;     %频率响应抽样点抽样
H=freqz(b,a,w);      %计算频率响应函数H
```



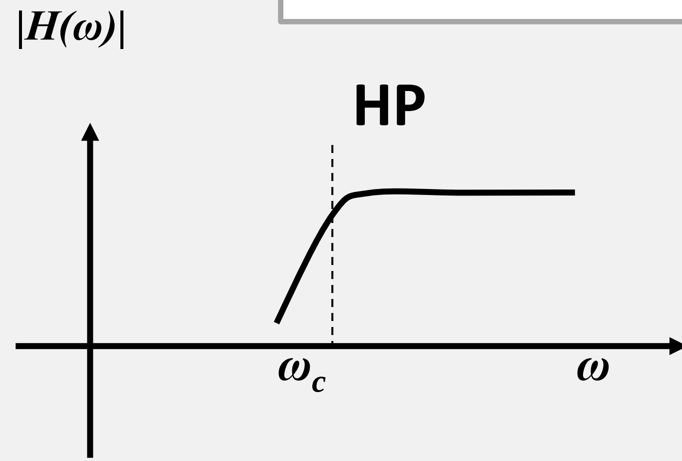


滤波器

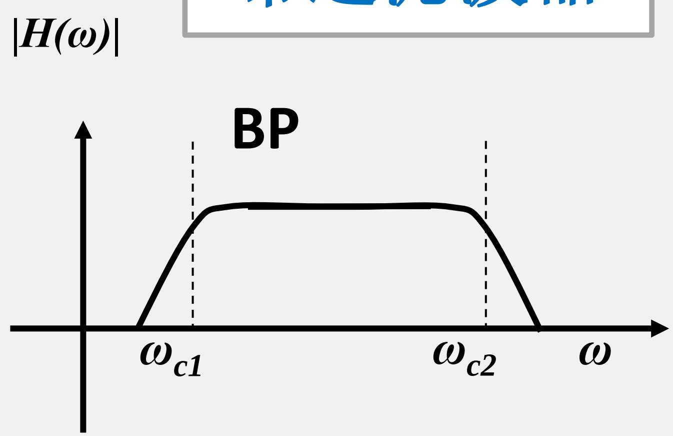
低通滤波器



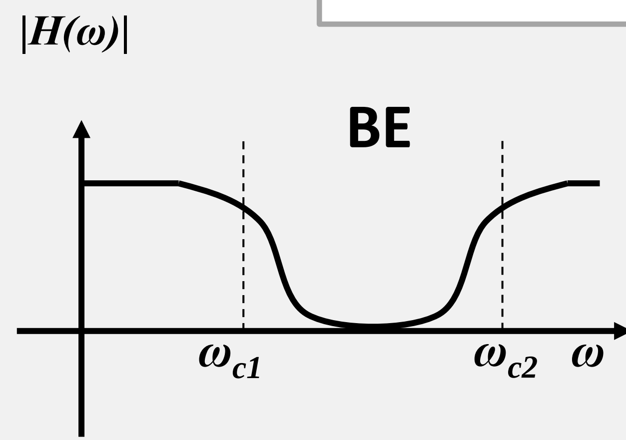
高通滤波器



带通滤波器



带阻滤波器



1、实验报告提交内容须包括：

（1）电子版的实验报告，需要把实验结果截图粘贴在报告中，并且完成预习题或思考题（若有）

（2）程序源文件：*.m

2、实验六实验报告提交的截止日期为7月5日（周日），请各班学委收齐后发给肖涵老师。