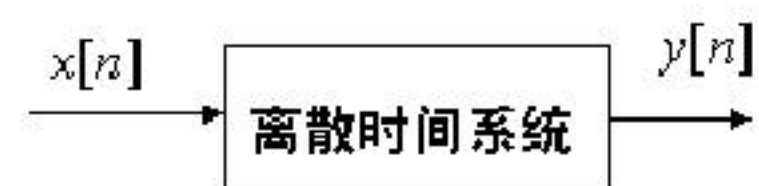


实验一 离散时间系统的时域分析

一、实验目的

1. 运用 MATLAB 仿真一些简单的离散时间系统，并研究它们的时域特性。
2. 运用 MATLAB 中的卷积运算计算系统的输出序列，加深对离散系统的差分方程、冲激响应和卷积分析方法的理

二、实验原理



离散时间系统其输入、输出关系可用以下差分方程描述：

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

当输入信号为冲激信号时，系统的输出记为系统单位冲激响应

$\delta[n] \rightarrow h[n]$ ，则系统响应为如下的卷积计算式：

$$y[n] = x[n] * h[n] = \sum_{m=-\infty}^{\infty} x[m] h[n-m]$$

当 $h[n]$ 是有限长度的 ($n: [0, M]$) 时，称系统为 FIR 系统；反之，称系统为 IIR 系统。

在 MATLAB 中，可以用函数 $y = \text{Filter}(p, d, x)$ 求解差分方程，也可以用函数 $y = \text{Conv}(x, h)$

计算卷积。

例 1

```
clf;
```

```
n=0:40;
```

```
a=1;b=2;
```

```

x1= 0.1*n;

x2=sin(2*pi*n);

x=a*x1+b*x2;

num=[1, 0.5,3];

den=[2 -3 0.1];

ic=[0 0];    %设置零初始条件

y1=filter(num,den,x1,ic); %计算输入为 x1(n)时的输出 y1(n)

y2=filter(num,den,x2,ic); %计算输入为 x2(n)时的输出 y2(n)

y=filter(num,den,x,ic); %计算输入为 x (n)时的输出 y(n)

yt= a*y1+b*y2;

%画出输出信号

subplot(2,1,1)

stem(n,y);

ylabel( '振幅' );

title( '加权输入 a*x1+b*x2 的输出' );

subplot(2,1,2)

stem(n,yt);

ylabel( '振幅' );

title( '加权输出 a*y1+b*y2' );

```

(一)、线性和非线性系统

对线性离散时间系统，若 $y_1(n)$ 和 $y_2(n)$ 分别是输入序列 $x_1(n)$ 和 $x_2(n)$ 的响应，则输入

$x(n) = ax_1(n) + bx_2(n)$ 的输出响应为 $y(n) = ay_1(n) + by_2(n)$ ，即符合叠加性，其中对任意常量 a 和 b 以及任意输入 $x_1(n)$ 和 $x_2(n)$ 都成立，否则为非线性系统。

(二)、时不变系统和时变系统

对离散时不变系统，若 $y_1(n)$ 是 $x_1(n)$ 的响应，则输入 $x(n)=x_1(n-n_0)$ 的输出响应为 $y(n)=y_1(n-n_0)$ ，式中 n_0 是任意整数。该输入输出关系，对任意输入序列及其相应的输出成立，若对至少一个输入序列及其相应的输出序列不成立，则系统称之为时变的。

(三)、线性卷积

假设待卷积的两个序列为有限长序列，卷积运算符在 MATLAB 中可命令 `conv` 实现。例如，可以把系统的冲激响应与给定的有限长输入序列进行卷积，得到有限长冲激响应系统的输出序列。下面的 MATLAB 程序实现了该方法。

例 2

```
clf;

h=[3 2 1 -2 1 0 -4 0 3];%冲激

x=[1 -2 3 -4 3 2 1]; %输入序列

y=conv(h,x);

n=0:14;

stem(n,y);

xlabel('时间序号 n');ylabel('振幅');

title('用卷积得到的输出'); grid;
```

三、实验内容与步骤

1. 假定一因果系统为

$$y(n)-0.4y(n-1)+0.75y(n-2)=2.2403x(n)+2.4908x(n-1)+2.2403x(n-2)$$

用 MATLAB 程序仿真该系统，输入三个不同的输入序列：

$$x_1(n) = \cos(2\pi \cdot 0.1n), \quad x_2(n) = \cos(2\pi \cdot 0.4n), \quad x = 2x_1(n) - 3x_2(n)$$

计算并显示相应的输出 $y_1(n)$, $y_2(n)$ 和 $y(n)$ 。

2. 用 MATLAB 程序仿真步骤 1 给出的系统，对两个不同的输入序列 $x(n)$ 和 $x(n-10)$ ，计算并显示相应的输出序列 $y_3(n)$ 和 $y_4(n)$ 。

3. 用 MATLAB 程序仿真计算下列两个有限长序列的卷积和并显示图形。

$$x_1(n) = \delta(n) + 3\delta(n-1) + 2\delta(n-2)$$

$$x_2(n) = u(n) - u(n-3)$$

四、实验仪器设备

计算机，MATLAB 软件

五、实验要求

给出理论计算结果和程序计算结果并讨论。

六、实验结果

实验 1：

```
clf;
```

```
n=0:40;
```

```
a=2;b=-3;
```

```
x1= cos(2*pi*0.1*n);
```

```
x2=cos(2*pi*0.4*n);
```

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

```
den=[1, -0.4,0.75];
```

```
num =[2.2403 2.4908 2.2403];%分子系数
```

```
ic=[0 0]; %设置零初始条件
```

```
y1=filter(num,den,x1,ic); %计算输入为 x1(n)时的输出 y1(n)
```

```
y2=filter(num,den,x2,ic); %计算输入为 x2(n)时的输出 y2(n)
```

```
yn=filter(num,den,x,ic); %计算输入为 x (n)时的输出 y(n)%画出输出信号
```

```
subplot(2,2,1)
```

```
stem(n,y1);
```

```
ylabel('振幅');
```

```
title('y1 输出');
```

```
subplot(2,2,2)
```

```
stem(n,y2);
```

```
ylabel('振幅');
```

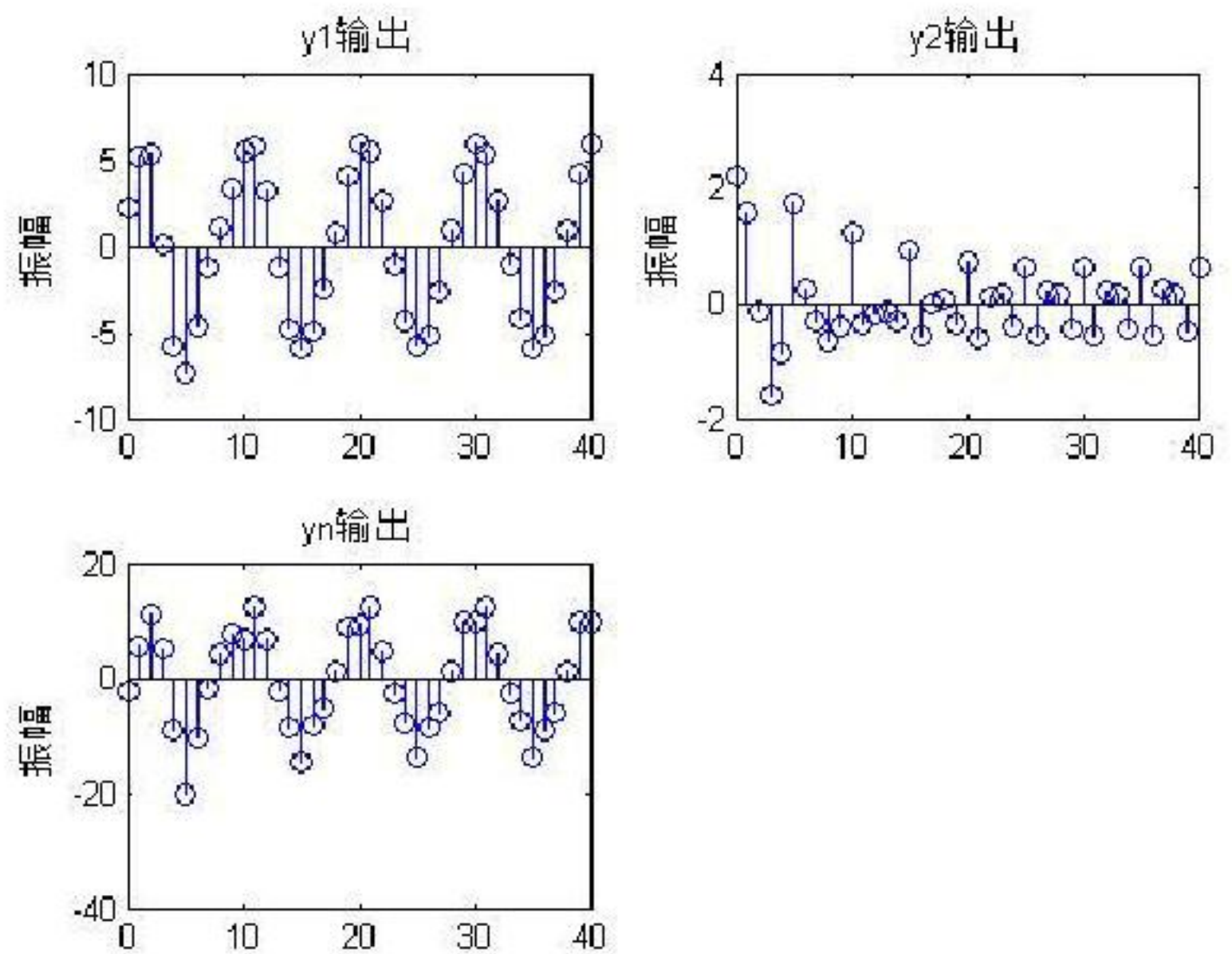
```
title('y2 输出');
```

```
subplot(2,2,3)
```

```
stem(n,yn);
```

```
ylabel('振幅');
```

```
title('yn 输出');
```



实验 2:

clf;

n=0:40;n1=0:50;

a=2;b=-3;

x1= cos(2*pi*0.1*n);

x2=cos(2*pi*0.4*n);

x3=a*x1+b*x2;

x4=[zeros(1,10), x3];

den=[1, -0.4,0.75];

num=[2.2403 2.4908 2.2403];

ic=[0 0]; %设置零初始条件

y3=filter(num,den,x3,ic);

y4=filter(num,den,x4,ic);%计算输入为 x (n)时的输出 y(n)

%画出输出信号

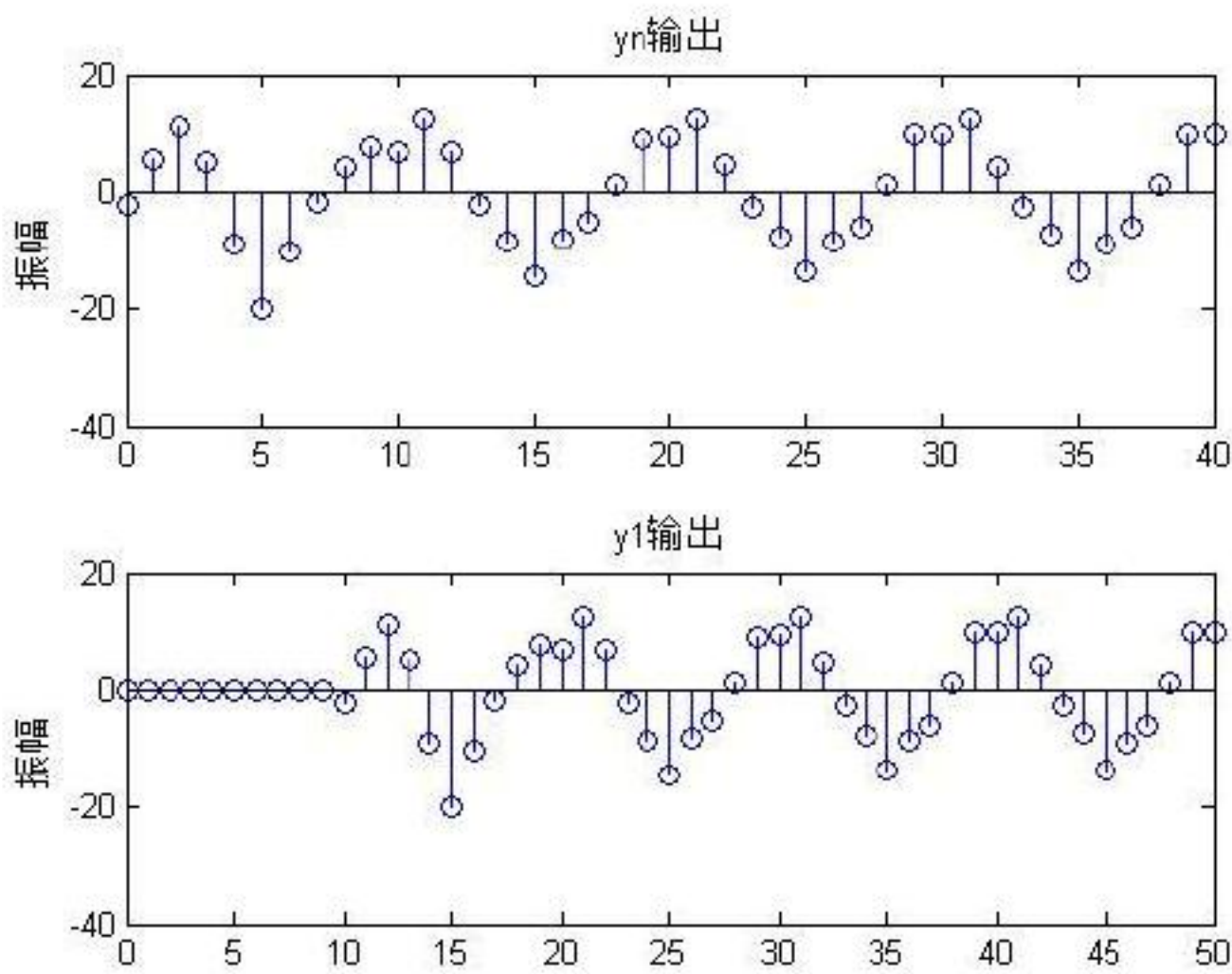
subplot(2,1,1)

stem(n,y3);

ylabel('振幅');

title('yn 输出');

subplot(2,1,2)



```
stem(n1,y4);

ylabel('振幅');

title('y1 输出');
```

实验 3:

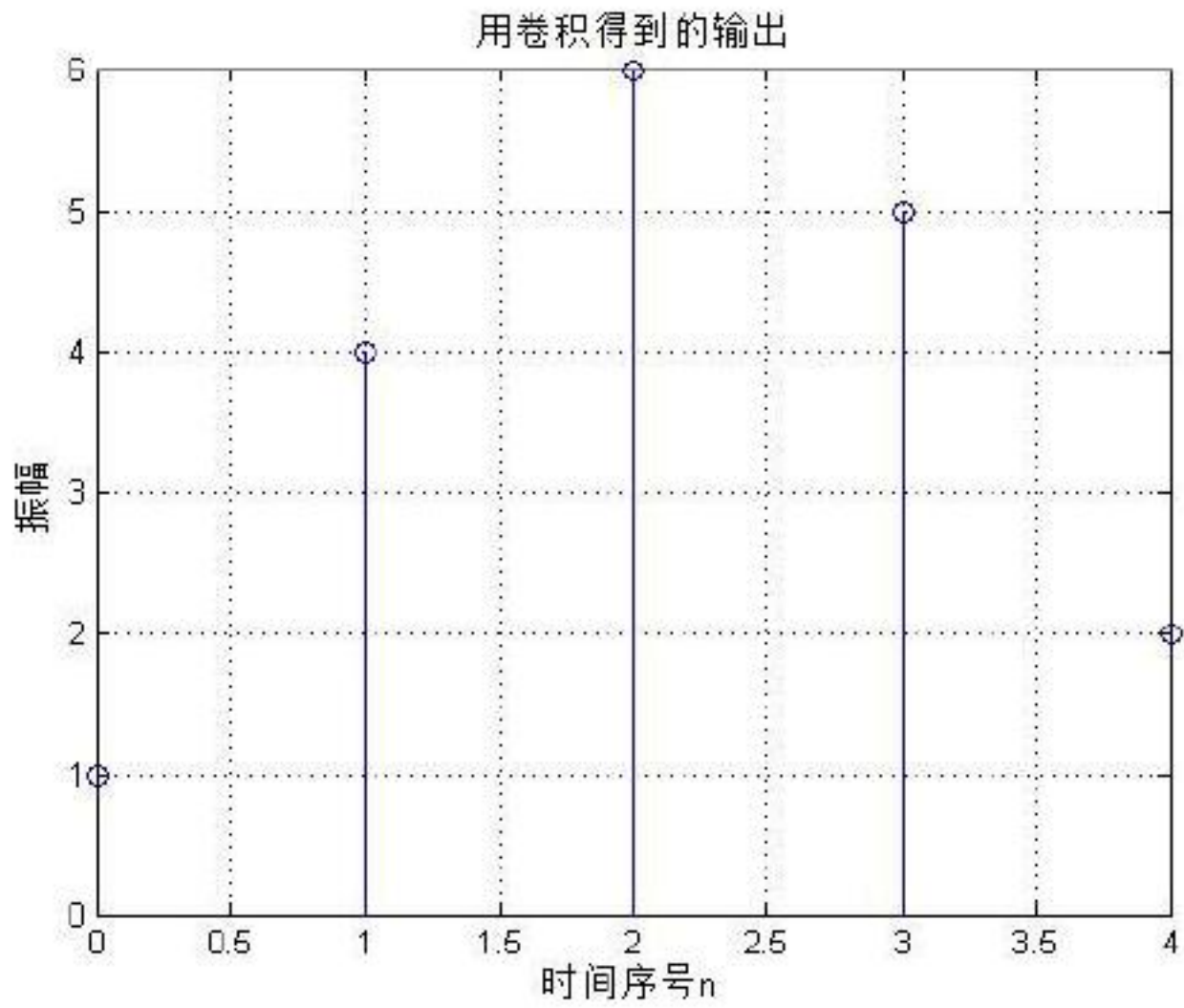
```
clf;

x=[1 3 2];%冲激

u=[1 1 1]; %输入序列

y=conv(u,x);

n=0:4;
```



```
stem(n,y);

xlabel('时间序号 n');ylabel('振幅');

title('用卷积得到的输出');grid;
```

实验二（1） 离散时间信号的 DTFT

一、实验目的

1. 运用 MATLAB 理解 Z 变换及其绘制 $H(z)$ 的零极点图。
2. 运用 MATLAB 计算逆 Z 变换。

二、实验原理

（一）、MATLAB 在 ZT 中的应用。

线性时不变离散时间系统的冲激响应 $h(n)$ 的 z 变换是其系统函数 $H(z)$ ，在 MATLAB 中可以利用性质求解 Z 变换，例如可以利用线性卷积求的 Z 变换。若 $H(z)$ 的收敛域包含单位圆，即系统为稳定系统，即系统在单位圆上 $z = e^{j\omega}$ 处计算的是系统的频率响应。

（二）、逆 Z 变换

Z 变换对于分析和表示离散线性时不变系统具有重要作用。但是在 MATLAB 中不能直接计算 Z 变换，但是对于一些序列可以进行逆 Z 变换。

已知序列的 Z 变换及其收敛域，求序列称为逆 Z 变换。序列的 Z 变换及其逆 Z 变换

表示如下：

$$X(z) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(n)z^{-n}, \quad R_{x-} < |z| < R_{x+}$$

$$x(n) = \frac{1}{\pi} \int_{\gamma} X(z)z^{n-1}dz, \quad c \in (R_{x-}, R_{x+})$$

通常，直接计算逆 Z 变换的方法有三种：围线积分法、长除法和部分分式展开法。在实际中，直接计算围线积分比较困难，往往不直接计算围线积分。由于序列的 Z 变换常为有理函数，因此采用部分分式展开法比较切合实际，它是将留数定律和常用序列的 Z 变换相结合的一种方法。

设 x(n) 的 Z 变换 X(z) 是有理函数，分母多项式是 N 阶，分子多项式是 M 阶，将 X(z) 展成一些简单的常用的部分分式之和，通过常用序列的 Z 变换求得各部分的逆变换，再相加即得到原序列 x(n)。在 MATLAB 中提供了函数 residuez 来实现上述过程，调用格式如下：

$$[R, P, K] = \text{residuez}(B, A)$$

其中 B、A 分别是有理函数分子多项式的系数和分母多项式的系数，输出 R 是留数列向量，P 是极点列向量。如果分子多项式的阶数大于分母多项式的阶数，则 K 返回为常数项的系数。

三、实验内容与步骤

选做一个实验：

1、运行下面程序并显示它，验证离散时间傅立叶变换 DTFT 的时移性。

已知两个线性时不变的因果系统，系统函数分别为

$$H_1(z) = 1 - z^{-N}, \quad H_2(z) = \frac{1 - z^{-N}}{1 - a_N z^{-N}}$$

分别令 N=8, a=0.8, 计算并图示这两个系统的零、极点图及幅频特性。

程序：

2、运行下面程序并显示它，验证离散时间傅立叶变换 DTFT 的频移性。

● [b, a]=residuez(rp, k)

该函数可以将传递函数进行部分分式展开，也可以将部分展开式转换成传递函数。其中，b、a 分别是有理函数分子多项式的系数和分母多项式的系数，而输出 R 是列向量，为留数，P 为极点列向量。如果分子多项式的阶数大于分母多项式的阶数，则 k 返回为直接项系数，极点数为

$$n = \text{length}(a) - 1 = \text{length}(r) = \text{length}(p)$$

如果分子多项式的阶数小于分母多项式的阶数，则 k 返回为空，否则

$$\text{length}(k) = \text{length}(b) - \text{length}(a) + 1$$

【例 2-22】 计算 $X(z) = \frac{1}{(1+0.3z^{-1})(1-0.4z^{-1})(1+0.5z^{-1})(1-0.8z^{-1})}$ 的 Z 反变换。

利用以下程序代码计算上式。

```
clc;close all;clear all;
b=1;
a=poly([0.3 0.4 0.5 0.8]);
[r,p,k]=residuez(b,a)
```

输出结果为

```
r = 2.8444 -2.3148 0.0847 0.3857
p = -0.3000 -0.5000 0.4000 -0.3000
k = []
```

这样，就可以得到 $X(z)$ 的部分分式展开式为

$$X(z) = \frac{0.03857}{(1+0.3z^{-1})} + \frac{0.0847}{(1-0.4z^{-1})} + \frac{-2.3148}{(1+0.5z^{-1})} + \frac{2.8444}{(1-0.8z^{-1})}$$

再利用 Z 变换性质关系对 $a^n u(n) \sim \frac{1}{1-az^{-1}}$ ，则可以得到 $X(z)$ 的 Z 反变换 $x(n)$ 为：

$$x(n) = [0.03857(-0.36)^n + 0.0847(0.4)^n - 2.3148(-0.5)^n + 2.8444(0.8)^n]$$

四、实验仪器设备

计算机，MATLAB 软件

五、实验注意事项

课前预先阅读并理解实验程序；

六、实验结果

clear

```
num1=[1 0 0 0 0 0 0 0 -1];%分子系数高阶到低阶

den1=[1 0 0 0 0 0 0 0 0];

subplot(2,2,1)

zplane(num1, den1)

grid;

title('H1 零极点分布图');

[H,w]=freqz(num1,den1,200,'whole'); %中 B 和 A 分别为离散系统的系统函数分子、分母
多项式的系数向量,

HF=abs(H); %返回量 H 则包含了离散系统频响在 0~pi 范围
内 N 个频率等分点的值 (其中 N 为正整数)

subplot(2,2,2); %w 则包含了范围内 N 个频率等分点。

plot(w,HF)

title('H1 幅频响应特性曲线');

a=0.8;

A=a^8;

num2=[1 0 0 0 0 0 0 0 -1];%分子系数高阶到低阶

den2=[1 0 0 0 0 0 0 0 A];

subplot(2,2,3)

zplane(num2, den2);

grid;

title('H2 零极点分布图');
```

```
[H,w]=freqz(num2,den2,200,'whole'); %中 B 和 A 分别为离散系统的系统函数分子、分母
```

多项式的系数向量,

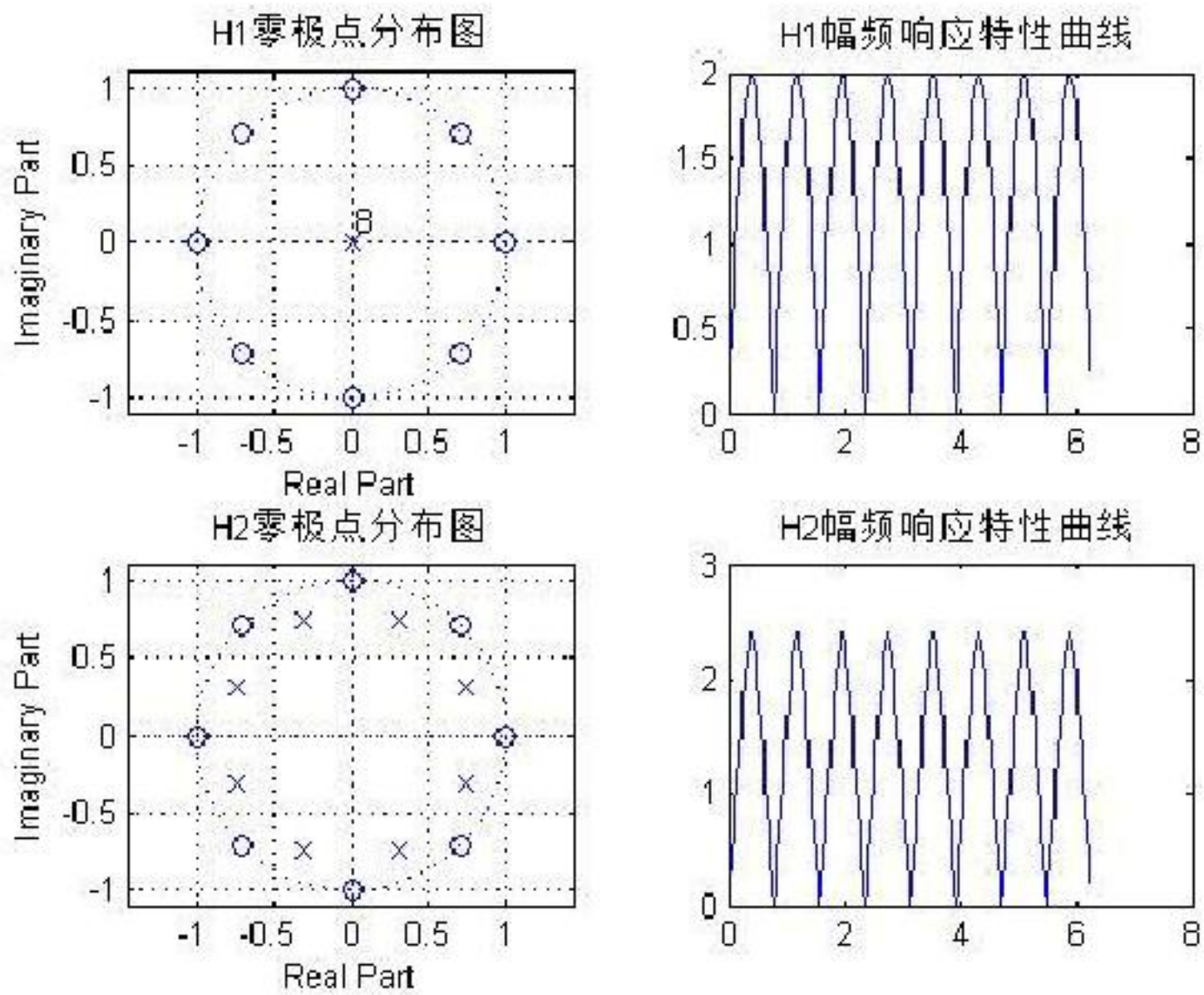
`HF=abs(H);` %返回量 H 则包含了离散系统频响在 $0 \sim \pi$ 范围

内 N 个频率等分点的值 (其中 N 为正整数)

`subplot(2,2,4);` %w 则包含了范围内 N 个频率等分点。

`plot(w,HF)`

`title('H2 幅频响应特性曲线');`



实验二（2） 离散傅立叶变换 DFT

一、实验目的

1. 运用 MATLAB 计算有限长序列的 DFT 和 IDFT。
2. 运用 MATLAB 验证离散傅立叶变换的性质。
3. 运用 MATLAB 计算有限长序列的圆周卷积。

二、实验原理

（一）、离散傅立叶变换 DFT 的定义

一个有限长度的序列 $x(n)$ ($0 \leq n < N-1$)，它的 DFT $X(k)$ 可以通过在 ω 轴 ($0 \leq \omega < 2\pi$) 上对 $X(e^{j\omega})$ 均匀采样得到

$$X(k) = X(e^{j\omega}) \Big|_{\omega=2\pi k/N} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(n)e^{-j2\pi kn/N} \quad 0 \leq k \leq N-1$$

可以看到 $X(k)$ 也是频域上的有限长序列，长度为 N 。序列 $X(k)$ 称为序列 $x(n)$ 的 N 点 DFT。

N 称为 DFT 变换区间长度。

通常表示

$$W_N = e^{-j2\pi/N}$$

可将定义式表示为

$$X(k) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(n)W_N^{kn} \quad 0 \leq k \leq N-1$$

$X(k)$ 的离散傅里叶逆变换(IDFT)为

$$x(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=-\infty}^{\infty} X(k)W_N^{-kn} \quad 0 \leq n \leq N-1$$

（二）、DFT 的性质

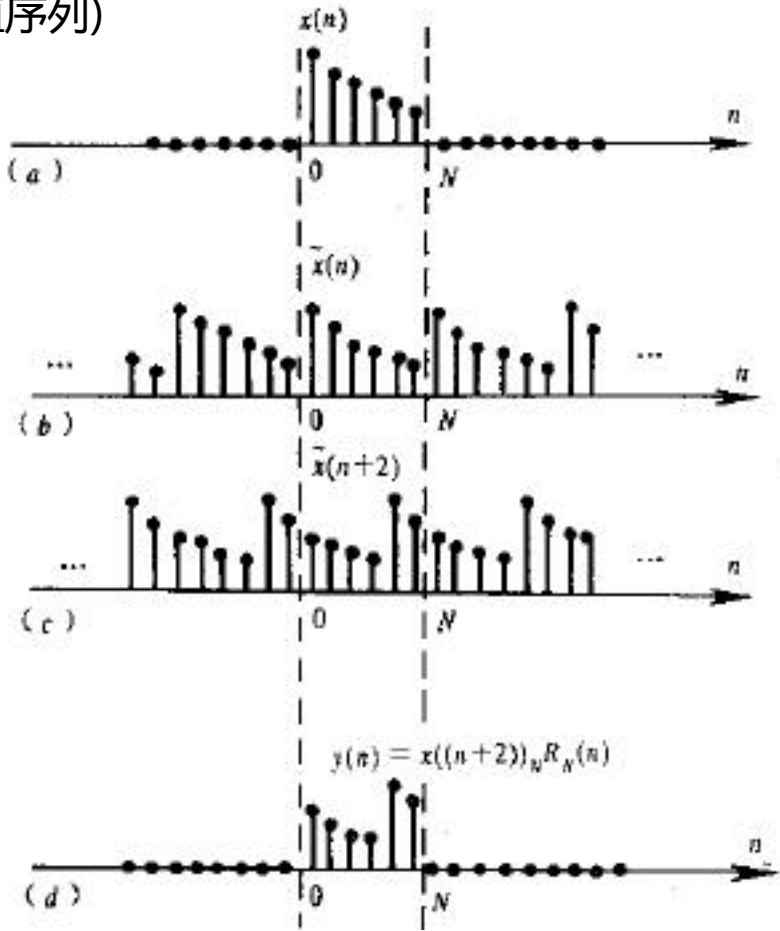
1. 圆周移位

定义序列 $x(n)$ 的 m 单位的圆周移位 $y(n)$ 为：

$$y(n) = x((n+m))_N R_N(n) = x((n+m))_N R_N(n)$$

即对 $x(n)$ 以 N 为周期进行周期延拓的序列 $\tilde{x}(n)$ 的 m 点移位, $R_N(n)$ 表示对

此延拓移位后再取主值序列)



1. 圆周卷积

设 $x_1(n) \xrightarrow[N]{\text{DFT}} X_1(k) \quad 0 \leq k \leq N-1$

$x_2(n) \xrightarrow[N]{\text{DFT}} X_2(k) \quad 0 \leq k \leq N-1$

则 $x_1(n) \circledast x_2(n) \xrightarrow[N]{\text{DFT}} X_1(k) X_2(k) \quad 0 \leq k \leq N-1$

这里 $x_1(n) \circledast x_2(n)$ 表示 $x_1(n)$ 与 $x_2(n)$ 的 N 点循环卷积。

$$x_1(n) \circledast x_2(n) = \sum_{m=0}^{N-1} x_2(m) [x_1((n-m))_N R_N(n)], \quad n = 0, 1, \dots, N-1$$

2. 共轭对称性

$$x(n) = x_{ep}(n) + x_{op}(n), 0 \leq n \leq N-1$$

$$\begin{cases} x_{ep}(n) = \frac{1}{2} [x(n) + x^*(N-n)] \\ x_{op}(n) = \frac{1}{2} [x(n) - x^*(N-n)] \end{cases}, 0 \leq n \leq N-1$$

$$x(n) \xleftrightarrow[N]{\text{DFT}} X(k)$$

$$\text{ep} \quad \text{DFT} \quad \frac{1}{N} [X(k) + X^*(k)] = \text{Re}[X(k)] = X_r(k)$$

实际应用中，利用上述对称性质可以减少 DFT 的运算量，提高运算效率。

三、实验内容与步骤：（2，3 选做一个）

1. 构造离散傅立叶正、反变换函数的 MATLAB 程序，其中 dft(xn,N)为离散傅立叶正变换，idft(xn,N)为离散傅立叶反变换。

2、如果 $x(n) = \sin(n\pi/8) + \sin(n\pi/4)$ 是一个 $N=16$ 的有限长序列，利用离散傅立叶变换函数求其 16 点 DFT。

3、如果 $x(n) = \cos(0.82\pi n) + 2\sin(0.43\pi n)$ 是一个 $0 \leq n \leq 100$ 的有限长序列，绘制 $x(n)$ 及其离散傅立叶变换 $X(K)$ 的幅度、相位图。

四、实验仪器设备

计算机，MATLAB 软件

五、实验注意事项

课前预先阅读并理解实验程序；

六、实验结果

Dft:程序

```
function xk=dft(xn,N) %dft
```

```
n=[0:1:N-1];
```

```
k=n;
```

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/816145101240011001>