离散LSI系统的时域响应

MATLAB子函数

1.dlsim

功能： 求解离散系统的响应。

调用格式：

y＝dlsim(b，a，x)；求输入信号为x时系统的响应。

说明： b和a分别表示系统函数H(z)中，由对应的分子项和分母项系数所构成的数组。

实验原理

1.离散LSI系统时域响应的求解方法

在实验4中我们已经讨论过，一个线性移不变离散系统可以用线性常系数差分方程(式(5-1))表示，也可以用系统函数(式(5-2))表示。无论是差分方程还是系统函数，一旦式中的系数b_m和a_k的数据确定了，则系统的性质也就确定了。因此，在程序编写时，往往只要将系数b_m和a_k列写成数组，然后调用相应的处理子函数，就可以求出系统的响应。

对于离散LSI系统的响应，MATLAB为我们提供了多种求解方法：

(1)用conv子函数进行卷积积分，求任意输入的系统零状态响应。

(2)用dlsim子函数求任意输入的系统零状态响应。

(3)用filter和filtic子函数求任意输入的系统完全响应。

本实验重点介绍(2)、(3)两种方法。

2.用dlsim子函数求LSI系统对任意输入的响应

对于离散LSI系统任意输入信号的响应，可以用MATLAB提供的仿真dlsim子函数来求解。

例6-1 已知一个IIR数字低通滤波器的系统函数公式为

$$H(z)=\frac{0.1321+0.3963z^{-1}+0.3963z^{-2}+0.1321z^{-3}}{1-0.34319z^{-1}+0.60439z^{-4}-0.20407z^{-3}}$$

输入两个正弦叠加的信号序列

$$x=\sin(\frac{n}{2})+\frac{1}{3}\sin(10n)$$

求该系统的响应。

编写MATLAB程序如下：

```
nx＝0：8*pi；
x＝sin(nx/2)＋sin(10*nx)/3；  %产生输入信号序列
subplot(3，1，1)；stem(nx，x)；
a＝［1，－0.34319，0.60439，－0.20407］；%输入系统函数的系数
b＝［0.1321，0.3963，0.3963，0.1321］；
nh＝0：9；
h＝impz(b，a，nh)；%求系统的单位冲激响应
subplot(3，1，2)；stem(nh，h)；
y＝dlsim(b，a，x)；          %求系统的响应
subplot(3，1，3)；stem(y)；
```

程序执行的结果如图6-1所示。

从系统的输出响应y(n)可以看出，原输入序列中的高频信号部分通过低通滤波器后已被滤除，仅剩下频率较低的sin(n/2)分量。

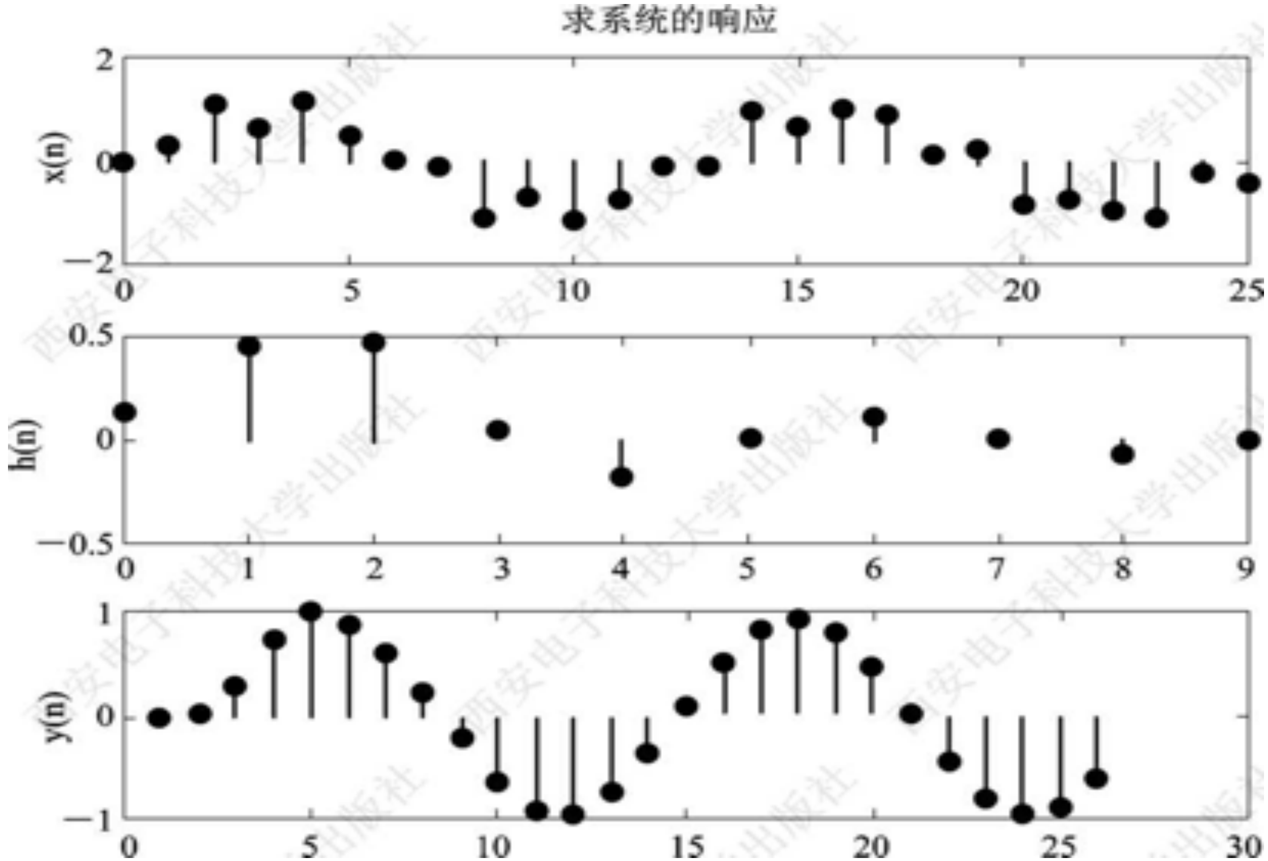

图6-1 例6-1x(n)、h(n)、y(n)的波形

3.用filtic和filter子函数求LSI系统对任意输入的响应

filtic和filter子函数采用递推法进行系统差分方程的求解，可以用于求解离散LSI系统对任意输入的完全响应。在实验5中，当输入信号为单位冲激信号或单位阶跃信号时，求得的响应即为系统的单位冲激响应或单位阶跃响应。

本实验则使用任意输入序列x(n)，求系统的完全响应。

例6-2 已知一个LSI系统的差分方程为

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

满足初始条件$y(-1)=0$，$x(-1)=0$，求系统输入为$x(n)=e^{-0.05+j0.4n}u(n-2)$时的响应$y(n)$。

解 将上式整理后得到：

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

由上式可列写出其b_m和a_k系数。

编写MATLAB程序如下：

```
a＝［1，－0.9］； %输入差分方程的系数
b＝［1，0.9］；
x01＝0；y01＝0；  %输入初始条件
xi＝filtic(b，a，x01，y01)；%计算初始状态
N＝40；n＝0：N－1；
x＝(exp((－0.05＋j*0.4)*n)).*［n>＝2］；%建立输入信号x(n)
y＝filter(b，a，x，xi)；  %求系统的完全响应
```

```
subplot(2，2，1)，stem(n，real(x))；
title('输入信号x(n)的实部')；
subplot(2，2，2)，stem(n，imag(x))；
title('输入信号x(n)的虚部')；
subplot(2，2，3)，stem(n，real(y))；
title('系统响应y(n)的实部')；
subplot(2，2，4)，stem(n，imag(y))；
title('系统响应y(n)的虚部')；
```

结果如图6-2所示。注意：由于输入信号是一个复指数信号，作图时应分别表示。

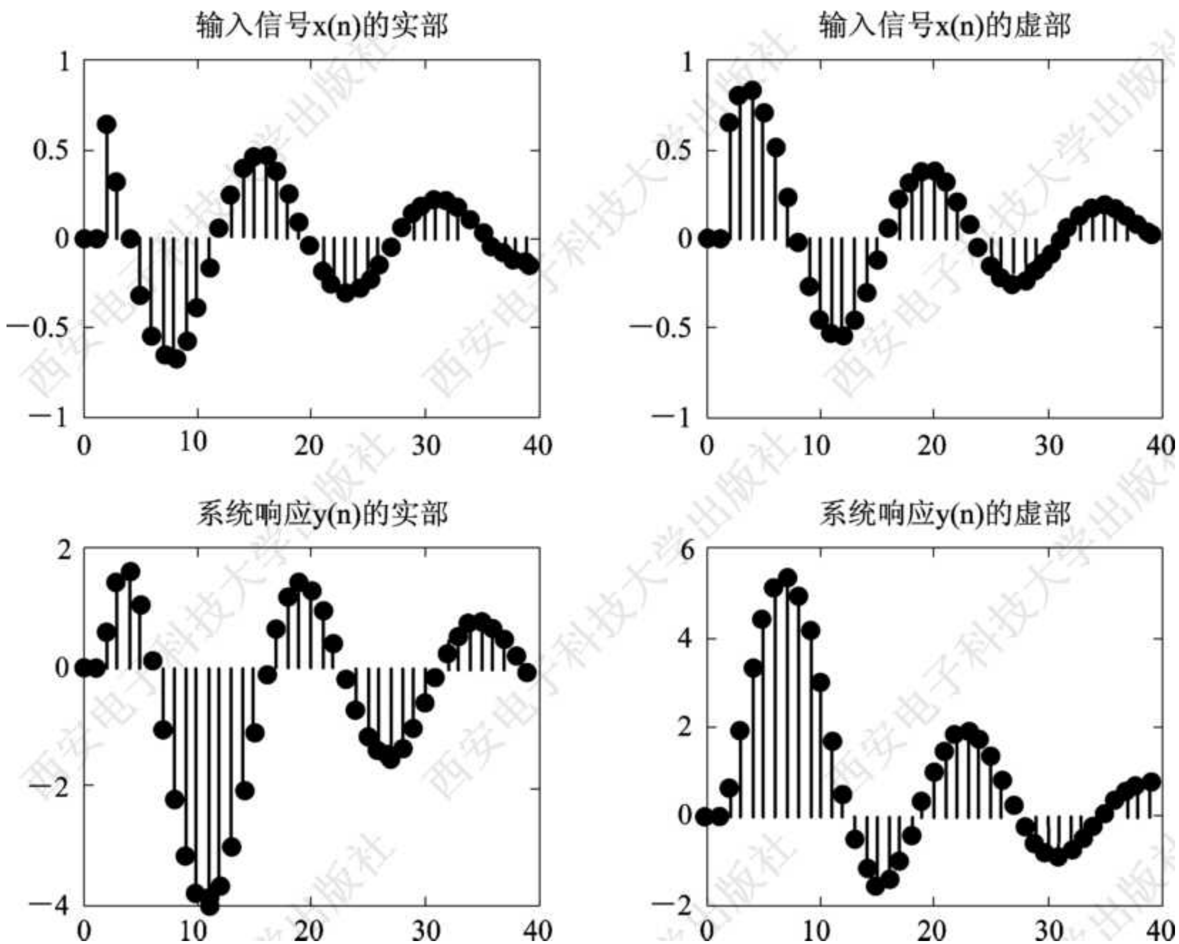

图6-2 例6-2x(n)和y(n)的实部、虚部波形

例6-3 已知一个系统的差分方程为

$$y(n)-1.5y(n-1)+0.5y(n-2)=x(n) \quad n\geq 0$$

满足初始条件y(−1)=4, y(−2)=10， 用filtic和filter子函数求系统输入为$x(n)=(0.25)^n u(n)$时的零输入、零状态以及完全响应。

解 为了更深入地理解filtic和filter子函数的用途， 我们对上述方程进行推导， 可得到完全响应的

$$y(n)=\left[\left(\frac{1}{2}\right)^n+\frac{1}{3}\left(\frac{1}{4}\right)^n\right]u(n)+\frac{2}{3}u(n)$$

在使用filtic和filter子函数进行系统差分方程的求解时，我们同时将上面推导出的公式也编入程序，与MATLAB子函数计算的结果进行比较。

编写MATLAB程序如下：

```
a＝［1，－1.5，0.5］； %输入系统a、b系数
b＝［1］；
N＝20；n＝0：N－1；
x＝0.25.^n；%建立输入信号x(n)
x0＝zeros(1，N)；%建立零输入信号
y01＝［4，10］；%输入初始条件
xi＝filtic(b，a，y01)；%计算初始状态
y0＝filter(b，a，x0，xi)；%求零输入响应
xi0＝filtic(b，a，0)；%计算初始状态为零的情况
```

```
y1＝filter(b，a，x，xi0)；%求零状态响应
y＝filter(b，a，x，xi)；%求系统的完全响应
%用公式求完全响应
y2＝((1/3)*(1/4).^n＋(1/2).^n＋(2/3)).*ones(1，N)；
subplot(2，3，1)，stem(n，x)；
title('输入信号x(n)')；
subplot(2，3，2)，stem(n，y0)；
title('系统的零输入响应')；
subplot(2，3，3)，stem(n，y1)；
title('系统的零状态响应')；
subplot(2，2，3)，stem(n，y)；
title('用filter求系统的完全响应y(n)')；
subplot(2，2，4)，stem(n，y2)；
title('用公式求系统的完全响应y(n)')；
```

程序执行的结果如图6-3所示。

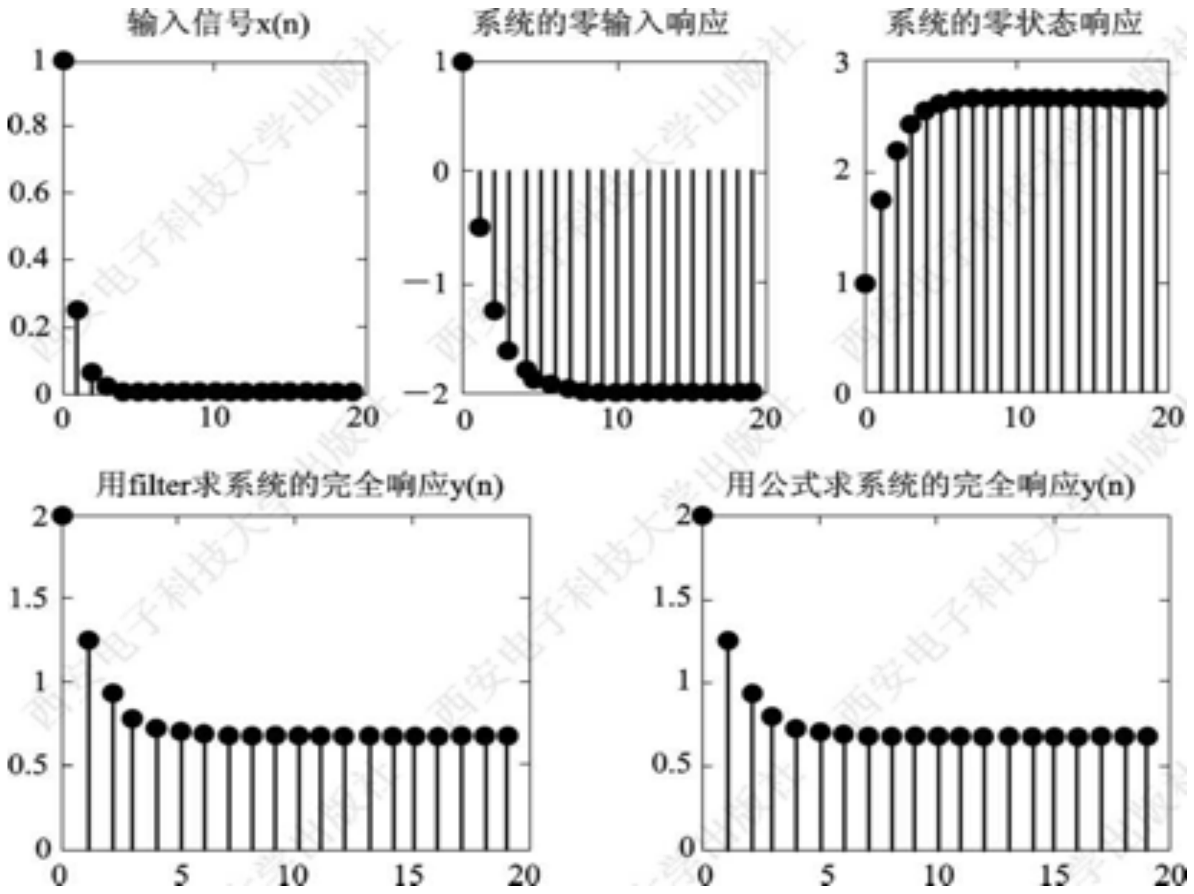

图6-3 例6-3x(n)和系统零输入、零状态和完全响应的波形