



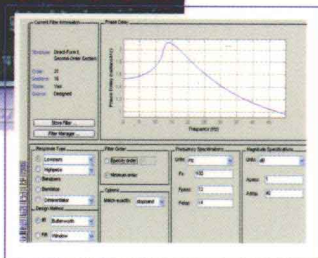
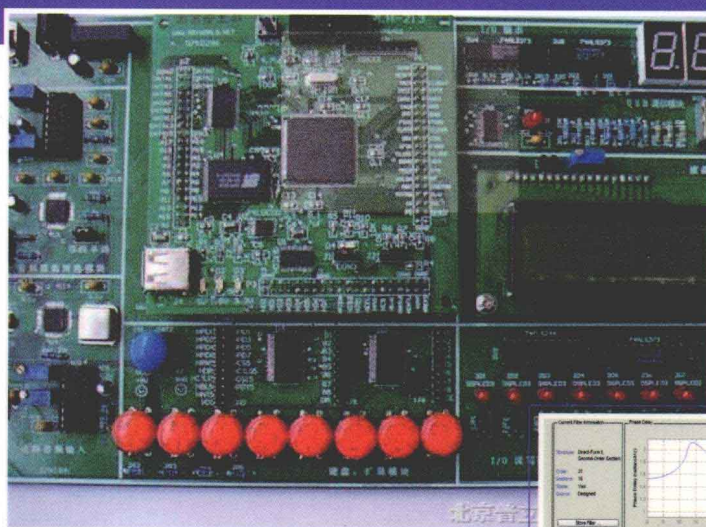
高等学校应用型特色规划教材

SHUZI XINHAO CHULI
SHIYAN YU XUEXI ZHIDAO

数字信号处理

实验与学习指导

宋宇飞 主 编
潘子宇 魏 垠 副主编



- 安排了基本实验与综合实验，有助于加深理解数字信号处理的基本原理，并熟悉MATLAB的应用。
- 系统梳理了数字信号处理的基本概念和理论线索，并详细分析了典型例题和部分习题，方便课后的系统练习和巩固基本知识。

清华大学出版社

内 容 简 介

本书是立足于工程应用型本科的教学实践而编写的数字信号处理实验与学习指导教材。

本书是主教材《数字信号处理》的教辅材料,分为实验指导篇与学习指导篇。实验指导篇根据数字信号处理的基本概念与原理、重要算法与应用,安排了基本实验与综合实验,方便学生上机练习,以加深理解数字信号处理的基本原理,并熟悉 MATLAB 的应用;学习指导篇贴近数字信号处理的基本知识点与理论体系,系统梳理数字信号处理的基本概念和理论线索,并详细分析典型例题和部分习题,方便学生进行课后的系统练习和巩固基本知识。

本书可作为电子信息类本科专业的教材和其他相关专业的教学参考书,也可作为相关领域工程技术人员的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

数字信号处理实验与学习指导/宋宇飞主编;潘子宇,魏垠副主编. —北京:清华大学出版社,2012.8
(高等学校应用型特色规划教材)

ISBN 978-7-302-28412-3

I. ①数… II. ①宋… ②潘… ③魏… III. ①数字信号处理—高等学校—教学参考资料 IV. ①TN911.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 056040 号

责任编辑:李春明 郑期彤

封面设计:杨玉兰

责任校对:周剑云

责任印制:张雪娇

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62791865

印 刷 者:三河市君旺印装厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:14 字 数:333 千字

版 次:2012 年 8 月第 1 版 印 次:2012 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:28.00 元

产品编号:044633-01

前 言

《数字信号处理》是普通高等学校应用型特色规划教材，本书是与之配套的实验和学习辅导教材。

本书立足于工程应用型本科的教学实践，根据数字信号处理课程的特点，突出理论与实践相结合。全书分为实验指导篇与学习指导篇。实验指导篇根据数字信号处理的基本概念与原理、重要算法与应用，安排了基本实验与综合实验，方便学生上机练习，以加深理解数字信号处理的基本原理，并熟悉 MATLAB 的应用；学习指导篇贴近数字信号处理的基本知识点与理论体系，系统梳理了数字信号处理的基本概念和理论线索，并详细分析了典型例题和部分习题，方便学生课后的系统练习和巩固基本知识。

本书的结构和内容安排如下：实验指导篇共安排了 15 个实验，包括基础实验 12 个，综合实验 3 个；学习指导篇共安排了 6 章，各章均包括本章基本要求、学习要点与公式、典型例题、习题选解等部分。

本书由宋宇飞任主编并负责统稿，编写人员及具体分工为：实验指导篇由宋宇飞和潘子宇编写，学习指导篇由宋宇飞和魏垠编写。本书的编写和出版得到了清华大学出版社和南京工程学院通信工程学院等单位的大力支持和帮助，在此表示诚挚的谢意。

本书可作为电子信息类本科专业教材和其他相近专业的教学参考书，也可以作为相关领域工程技术人员的参考用书。

由于作者的学识有限，书中难免有疏漏和不妥之处，欢迎广大读者批评指正。

编 者

目 录

实验指导篇

第 1 章 基础实验 1	五、实验报告 29
实验一 时域离散信号的产生和 基本运算..... 1	六、实验参考 29
一、实验目的..... 1	实验五 用 FFT 做频谱分析..... 33
二、实验原理与方法..... 1	一、实验目的 33
三、实验内容..... 7	二、实验原理与方法 33
四、实验预习..... 7	三、实验内容 37
五、实验报告..... 7	四、实验预习 37
六、实验参考..... 7	五、实验报告 37
实验二 时域离散系统及系统响应..... 11	六、实验参考 38
一、实验目的..... 11	实验六 时域采样与信号的重建..... 40
二、实验原理与方法..... 11	一、实验目的 40
三、实验内容..... 14	二、实验原理与方法 40
四、实验预习..... 14	三、实验内容 43
五、实验报告..... 14	四、实验预习 44
六、实验参考..... 14	五、实验报告 44
实验三 离散时间傅里叶变换	六、实验参考 44
DTFT 及 IDTFT :..... 22	实验七 频域采样与恢复..... 45
一、实验目的..... 22	一、实验目的 45
二、实验原理与方法..... 22	二、实验原理与方法 45
三、实验内容..... 24	三、实验内容 47
四、实验预习..... 24	四、实验预习 47
五、实验报告..... 25	五、实验报告 47
六、实验参考..... 25	实验八 用脉冲响应不变法设计
实验四 离散傅里叶变换	IIR 数字滤波器 47
DFT 及 IDFT 26	一、实验目的 47
一、实验目的..... 26	二、实验原理与方法 47
二、实验原理与方法..... 26	三、实验内容 51
三、实验内容..... 29	四、实验预习 51
四、实验预习..... 29	五、实验报告 51
	六、实验参考 51



实验九 用双线性变换法设计	
IIR 数字滤波器	57
一、实验目的	57
二、实验原理与方法	57
三、实验内容	60
四、实验预习	61
五、实验报告	61
实验十 用窗函数法设计 FIR	
数字滤波器	61
一、实验目的	61
二、实验原理与方法	61
三、实验内容	68
四、实验预习	68
五、实验报告	69
六、实验参考	69
实验十一 用频率采样法设计 FIR	
数字滤波器	74
一、实验目的	74
二、实验原理与方法	74
三、实验内容	76
四、实验预习	76
五、实验报告	76
实验十二 用 FDATool 设计	
数字滤波器	77
一、实验目的	77
二、实验原理与方法	77
三、实验内容	81
四、实验预习	81
五、实验报告	81
第 2 章 综合实验	82
综合实验一 利用 FFT 分析信号频率	
成分和功率	82
一、实验目的	82
二、实验原理	82
三、实验内容	83
四、实验预习	83
五、实验报告	83
综合实验二 语音信号的采样和	
频谱分析	83
一、实验目的	83
二、实验原理	84
三、实验内容	84
四、实验预习	85
五、实验报告	86
综合实验三 用谱减法实现语音增强	86
一、实验目的	86
二、实验原理	86
三、实验内容	87
四、实验预习	87
五、实验报告	87

学习指导篇

第 3 章 时域离散信号与系统	88
3.1 本章基本要求	88
3.2 学习要点与公式	88
3.2.1 信号与系统的类型	88
3.2.2 典型序列的特点	89
3.2.3 序列的运算	93
3.2.4 时域离散系统	94
3.2.5 时域离散系统的输入输出	
描述——线性常系数差分	
方程	97
3.2.6 模拟信号的数字处理方法	98
3.3 典型例题	102
3.4 习题选解	104
第 4 章 时域离散信号与系统的	
频域分析	105
4.1 本章基本要求	105
4.2 学习要点与公式	105
4.2.1 DTFT 和 IDTFT	105
4.2.2 DTFT 的基本性质	106



4.2.3 周期序列的离散傅里叶级数.....	109	6.2.5 基于模拟滤波器变换设计数字滤波器	157
4.2.4 z 变换与逆 z 变换	111	6.2.6 基于数字滤波器变换设计数字滤波器	163
4.2.5 z 变换的性质和定理	118	6.3 典型例题.....	168
4.2.6 传输函数和系统函数.....	123	6.4 习题选解.....	170
4.3 典型例题.....	124	第 7 章 有限长单位脉冲响应数字滤波器(FIR DF)设计	172
4.4 习题选解.....	125	7.1 本章基本要求.....	172
第 5 章 离散傅里叶变换(DFT)与 FFT	126	7.2 学习要点与公式.....	172
5.1 本章基本要求.....	126	7.2.1 线性相位 FIR DF 格式	172
5.2 学习要点与公式.....	126	7.2.2 窗函数法设计 FIR DF	174
5.2.1 DFT 与 IDFT	126	7.2.3 频率采样法设计 FIR DF	180
5.2.2 DFT 的基本性质	128	7.2.4 IIR DF 与 FIR DF 综合比较	182
5.2.3 频域采样与恢复.....	130	7.3 典型例题.....	183
5.2.4 DFT 的应用	132	7.4 习题选解.....	185
5.2.5 DFT 应用的影响	133	第 8 章 数字系统的网络结构	188
5.2.6 时域抽取法(DIT-FFT)基 2FFT 基本原理.....	135	8.1 本章基本要求.....	188
5.3 典型例题.....	138	8.2 学习要点与公式.....	188
5.4 习题选解.....	140	8.2.1 数字信号处理的信号流图与结构图	188
第 6 章 无限长单位脉冲响应数字滤波器(IIR DF)设计	141	8.2.2 FIR 系统的结构	192
6.1 本章基本要求.....	141	8.2.3 IIR 系统的结构	197
6.2 学习要点与公式.....	141	8.2.4 有限字长效应	200
6.2.1 数字滤波器基础.....	141	8.2.5 误差效应分析	203
6.2.2 典型模拟滤波器设计方法.....	143	8.2.6 几种特殊的滤波器	208
6.2.3 脉冲响应不变法设计 IIR DF	150	8.3 典型例题.....	209
6.2.4 双线性变换法设计 IIR DF	154	8.4 习题选解.....	211
		参考文献	213

实验指导篇

第1章 基础实验

实验一 时域离散信号的产生和基本运算

一、实验目的

- (1) 了解常用的时域离散信号及其特点。
- (2) 掌握 MATLAB 产生常用时域离散信号的方法。
- (3) 掌握时域离散信号简单的基本运算方法。

二、实验原理与方法

1. 典型离散信号的表示与产生方法

1) 单位采样序列

单位采样序列的表达式为

$$\delta(n) = \begin{cases} 1 & n=0 \\ 0 & n \neq 0 \end{cases} \quad \text{或} \quad \delta(n-k) = \begin{cases} 1 & 1 \leq n \leq k \\ 1 & n=k \\ 0 & k < n \leq N \end{cases}$$

下面的例子介绍了产生 $\delta(n)$ 信号的方法。读者可自行类比 $\delta(n-k)$ 信号的产生方法。

【例 1-1】用 zeros 函数和采样点直接赋值的方法产生单位采样序列 $\delta(n)$ 。

解：MATLAB 程序如下：

```
x=zeros(1,10)
x(1)=1;
```

2) 单位阶跃序列

单位阶跃序列的表达式为

$$u(n) = \begin{cases} 1 & n \geq 0 \\ 0 & n < 0 \end{cases}$$

下面的例子介绍了产生 $u(n)$ 信号的方法。



【例 1-2】用 ones 函数产生 $N=10$ 点的单位阶跃序列 $u(n)$ 。

解：MATLAB 程序如下：

```
N=10;
u=ones(1,N);
```

3) 正(余)弦序列

正弦序列的表达式为

$$x(n) = A \sin(\omega_0 n + \varphi)$$

连续时间信号与离散时间信号的联系可由下面的例子清楚地反映出来。

【例 1-3】已知一时域周期性正弦信号的频率为 1Hz，振幅为 10V。在窗口中显示两个周期的信号波形，并对该信号的一个周期进行 32 点采样获得离散信号。试显示原连续信号及其采样获得的离散信号的波形。

解：MATLAB 程序如下：

```
f=1;A=10;nt=2;           %输入信号频率、振幅、显示周期数
N=32; T=1/f;              %采样点数、信号周期
dt=T/N;                    %采样时间间隔
n=0:nt*N-1;                %建立离散信号的时间序列
tn=n*dt;                   %确定序列样点在时间轴上的位置
x=A*sin(2*f*pi*tn);        %原模拟信号
subplot(2,1,1);plot(tn,x); %采样后的离散时间信号
axis([0 nt*T 1.1*min(x) 1.1*max(x)]);
ylabel('x(t)');
subplot(2,1,2);stem(tn,x); %采样后的离散时间信号
axis([0 nt*T 1.1*min(x) 1.1*max(x)]);
ylabel('x(n)');
```

结果如图 1.1 所示。

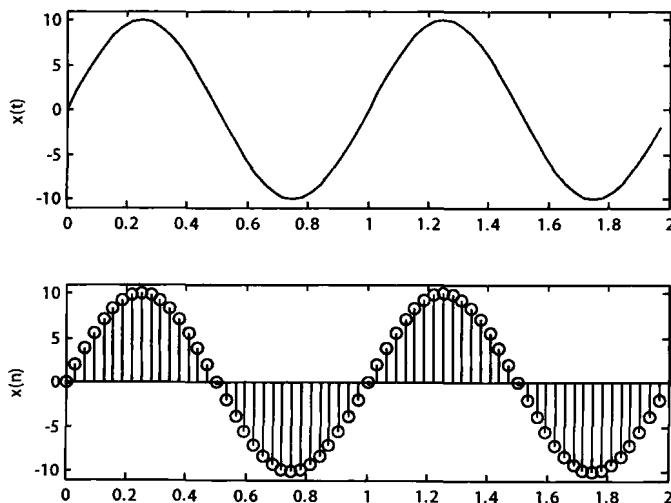


图 1.1 时域连续正弦信号与采样后的离散序列

4) 实指数序列

实指数序列的表达式为

$$x(n) = a^n$$

当 $|a| < 1$ 时, $x(n)$ 的幅度随 n 的增大而减小, 序列逐渐收敛; 当 $|a| > 1$ 时, $x(n)$ 的幅度随 n 的增大而增大, 序列逐渐发散。

【例 1-4】编写产生 $a=1/2$ 和 $a=2$ 实指数序列的程序。

解: MATLAB 程序如下:

```
N=10;
n=0:N;
a1=1/2,a2=2;
x1=a1.^n;
x2=a2.^n;
subplot(2,1,1);
stem(n,x1,'filled','k');
title('实指数序列 a=1/2');
xlabel('时间(n)');ylabel('幅度 x(n)');
subplot(2,1,2);
stem(n,x2,'filled','k');
title('实指数序列 a=2');
xlabel('时间(n)');ylabel('幅度 x(n)');
```

结果如图 1.2 所示。

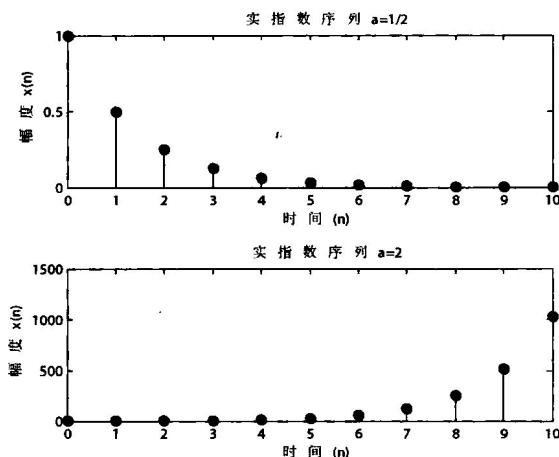


图 1.2 $a=1/2$ 和 $a=2$ 的实指数序列

5) 随机序列

在实际系统的研究和处理中, 常常需要产生随机信号。MATLAB 提供的 `rand` 函数可以生成随机信号。

`rand(1,N)`: 产生 $[0,1]$ 上均匀分布的随机序列。

`randn(1,N)`: 产生均值为 0、方差为 1 的高斯随机序列, 也就是白噪声序列。



2. 时域离散信号的基本运算

1) 信号的移位

在 MATLAB 中给定离散信号 $x(n)$ ，若信号 $y(n)$ 定义为 $y(n) = x(n-k)$ ，那么 $y(n)$ 是信号 $x(n)$ 在时间轴上的移位序列。当 $k > 0$ 时，原序列右移 k 位，形成的新序列称为 $x(n)$ 的延时序列；当 $k < 0$ 时，原序列左移 k 位，形成的新序列称为 $x(n)$ 的超前序列。

【例 1-5】已知一余弦序列 $x(n) = \cos \frac{2\pi n}{10}$ ，求其移位信号 $x(n-3)$ 和 $x(n+3)$ 在 $-3 < n < 10$ 区间的序列波形。

解：MATLAB 程序如下：

```
n=-3:10;k0=3;k1=-3;
x=cos(2*pi*n/10);           %建立原信号 x(n)
x1=cos(2*pi*(n-k0)/10);     %建立 x(n-2) 信号
x2=cos(2*pi*(n-k1)/10);     %建立 x(n+2) 信号
subplot(3,1,1),stem(n,x,'filled','k');
ylabel('x(n)');
subplot(3,1,2),stem(n,x1,'filled','k');
ylabel('x(n-2)');
subplot(3,1,3),stem(n,x2,'filled','k');
ylabel('x(n+2)');
```

结果如图 1.3 所示。

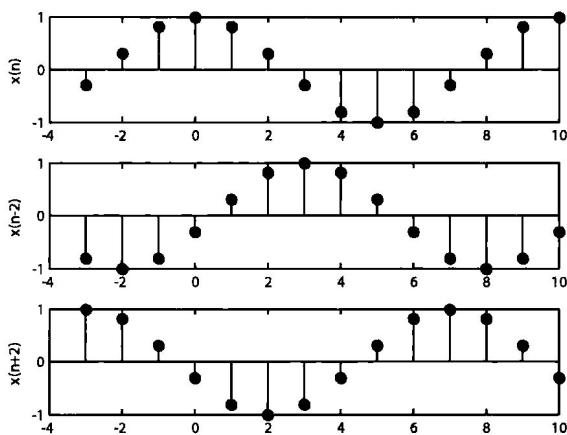


图 1.3 余弦序列 $x(n)$ 、 $x(n-3)$ 和 $x(n+3)$

2) 信号相加

信号相加，即

$$x(n) = x_1(n) + x_2(n)$$

当序列 $x_1(n)$ 和 $x_2(n)$ 的长度不等或位置不对应时，首先应使两者位置对齐，然后通过 zeros 函数左右补零使其长度相等后再相加。

3) 信号相乘

信号相乘, 即

$$x(n) = x_1(n)x_2(n)$$

当序列 $x_1(n)$ 和 $x_2(n)$ 的长度不等或位置不对应时, 首先应使两者位置对齐, 然后通过 zeros 函数左右补零使其长度相等后, 在 MATLAB 中用 “.” 来实现相乘。

【例 1-6】已知序列 $x_1=[0,1,2,3,4,3,2,1,0]$, $n_1=[-2:6]$; $x_2=[2,2,0,0,0,-2,-2]$, $n_2=[2:8]$ 。求 x_1 与 x_2 的和及乘积, 并画出序列的图形。

解: MATLAB 程序如下:

```
x1=[ 0,1,2,3,4,3,2,1,0];ns1=-2;      % 给定 x1 及 ns1
x2=[ 2,2,0,0,0,-2,-2]; ns2=2;        % 给定 x2 及 ns2
nf1=ns1+length(x1)-1; nf2=ns2+length(x2)-1;
ny= min(ns1,ns2):max(nf1,nf2);      % y(n)的时间变量
xa1 = zeros(1,length(ny)); xa2 = xa1; % 延拓序列初始化
xa1(find((ny>=ns1)&(ny<=nf1))==1))=x1; % 给 xa1 赋值 x1
xa2(find((ny>=ns2)&(ny<=nf2))==1))=x2; % 给 xa2 赋值 x2
ya = xa1 + xa2                       % 序列相加
yp = xa1.* xa2                       % 序列相乘
subplot(4,1,1), stem(ny,xa1,'.')    % 绘图
subplot(4,1,2), stem(ny,xa2,'.')
line([ny(1),ny(end)], [0,0])         % 画 x 轴
subplot(4,1,3), stem(ny,ya,'.')
line([ny(1),ny(end)], [0,0])         % 画 x 轴
subplot(4,1,4), stem(ny,yp,'.')
line([ny(1),ny(end)], [0,0])         % 画 x 轴
```

结果如图 1.4 所示。

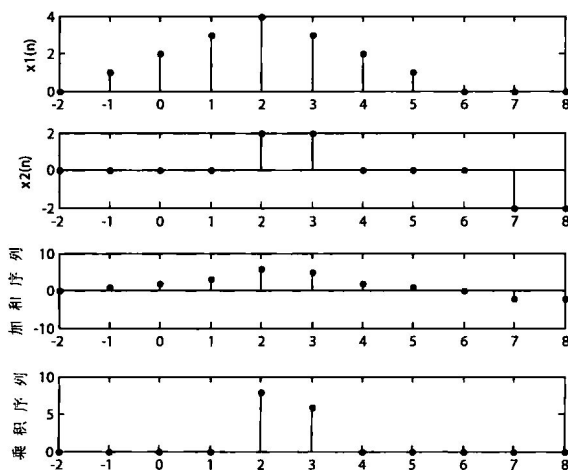


图 1.4 序列 x_1 和 x_2 的加和与乘积

4) 信号的翻转

离散序列翻转是指离散序列的两个向量以零时刻的取值为基准点, 以纵轴为对称轴翻



转。在 MATLAB 中提供了 `fliplr` 函数，可以实现序列的翻转。

【例 1-7】已知一实指数序列 $x(n) = e^{-0.3n} (-4 < n < 4)$ ，求它的翻转序列 $x(-n)$ 。

解：MATLAB 程序如下：

```
n=-5:5;
x=exp(-0.4*n);
x1=fliplr(x);
n1=-fliplr(n);
subplot(1,2,1),stem(n,x,'filled','k');title('x(n)');
subplot(1,2,2),stem(n1,x1,'filled','k');title('x(-n)');
```

结果如图 1.5 所示。

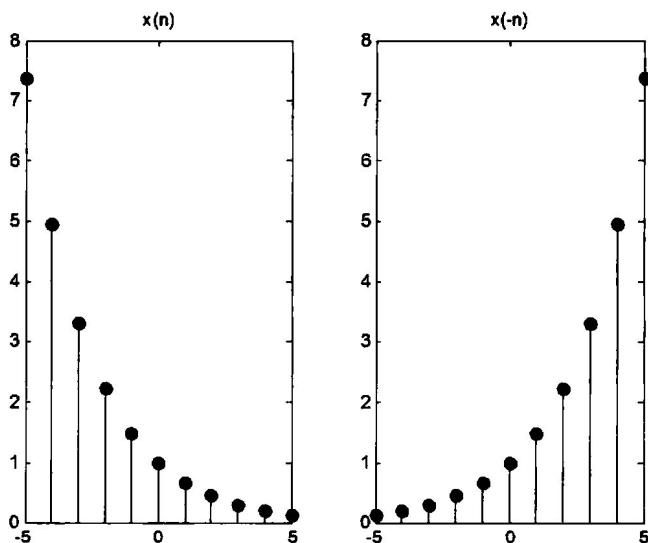


图 1.5 序列 $x(n)$ 及其翻转序列 $x(-n)$

5) 信号和

对于 N 点信号 $x(n)$ ，其和信号的定义为 $y = \sum_{n=1}^N x(n)$ ，在 MATLAB 中用 `y = sum(x)` 来实现。

6) 信号积

对于 N 点信号 $x(n)$ ，其积信号的定义为 $y = \prod_{n=1}^N x(n)$ ，在 MATLAB 中用 `y = prod(x)` 来实现。

7) 信号的能量

有限长信号的能量定义为

$$E_x = \sum_{n=1}^N x(n)x^*(n) = \sum_{n=1}^N |x(n)|^2$$

在 MATLAB 中有两种方法来实现：`Ex = sum(x.*conj(x))` 或 `Ex = sum(abs(x).^2)`。

三、实验内容

(1) 自己设定参数，分别表示并绘制单位采样序列、单位阶跃序列、正弦序列、实指数序列、随机序列。

(2) 自己设定参数，分别表示并绘制信号移位、信号相加、信号相乘、信号翻转、信号和、信号积、信号能量。

(3) 已知信号

$$x(n) = \begin{cases} 2n+5 & -4 \leq n \leq -1 \\ 6 & 0 \leq n \leq 4 \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

① 描绘 $x(n)$ 序列的波形。

② 用延迟的单位脉冲序列及其加权和表示 $x(n)$ 序列。

③ 描绘以下序列的波形： $x_1(n) = 2x(n-2)$ ， $x_2(n) = 2x(n+2)$ ， $x_3(n) = x(2-n)$ 。

四、实验预习

(1) 认真阅读实验原理，明确本次实验任务，读懂例题程序，复习有关序列运算的理论知识，了解实验方法。

(2) 根据实验任务预先编写实验程序。

(3) 预习思考：离散时间信号有哪些区别于模拟信号的运算方式？

五、实验报告

(1) 列出调试通过的实验程序，打印或描绘实验程序产生的图形曲线。

(2) 思考题：当进行离散序列的相乘运算时，例 1-6 程序中有 $yp = xa1.* xa2$ ，请问此处进行的相乘运算是矩阵乘还是数组乘，为何要这样使用？

六、实验参考

MATLAB 是由美国 MathWorks 公司推出的一款高性能的数值计算和可视化软件。MATLAB 是 Matrix Laboratory 的缩写，意思是矩阵实验室。它以矩阵为基本数据结构，交互式地处理数据，具有强大的计算、仿真及绘图等功能，是目前世界上应用广泛的工程计算软件之一，具有编程效率高、使用方便、运算高效、绘图方便等优点。

在安装了 MATLAB 软件之后，双击 MATLAB 图标就可以进入 MATLAB 界面。MATLAB 提供了一个集成化的开发环境，通过这个集成环境，用户可以方便地完成从编辑

到执行, 以及分析仿真结果的过程。图 1.6 所示为一个完整的 MATLAB 集成开发环境, 其中包括 Command Window(命令窗口)、Workspace(工作区)窗口、Current Directory(当前目录)窗口、Launch Pad(快速启动)窗口以及 Command History(历史命令)窗口。这些窗口通常以默认的方式集成在 MATLAB 主窗口中, 可以通过单击各窗口右上方的  按钮使这些窗口单独成为一个窗口, 也可以通过各独立窗口中的菜单命令 View | dock 将这些窗口集成到 MATLAB 的主窗口中。

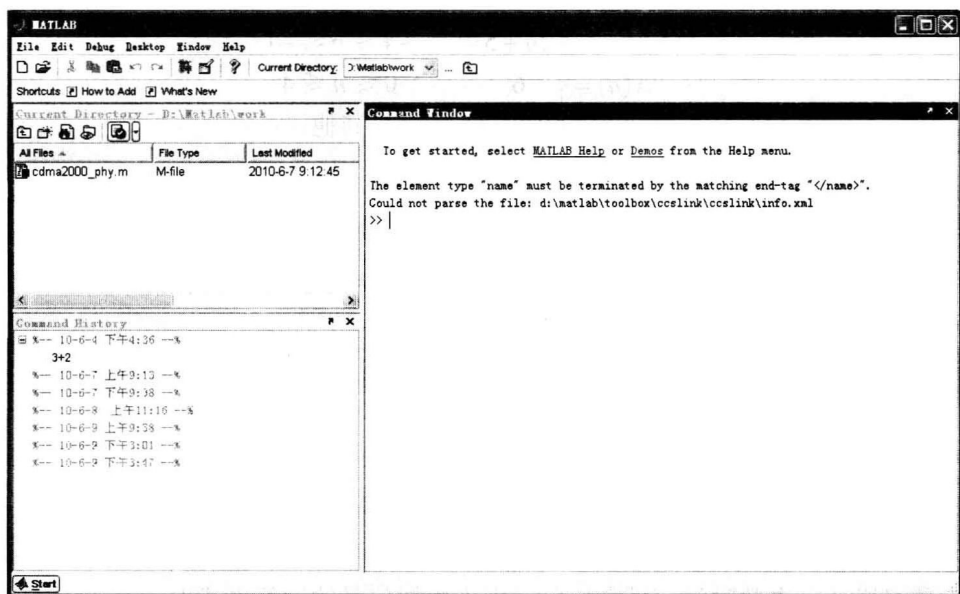


图 1.6 MATLAB 集成开发环境

Command Window(命令窗口)是 MATLAB 的主窗口, 在出现命令提示符 “>>” 之后可以输入各种 MATLAB 命令, 这些命令能够完成对 MATLAB 环境的设置和创建、仿真变量的设置及仿真程序的运行。常用的 MATLAB 函数如下。

1) plot

语法:

```
plot(X,Y)
plot(X,Y,LineSpec)
```

介绍: plot 是 MATLAB 中最常用的画图命令, plot(X,Y)将画出一条以向量 X 为横坐标、向量 Y 为纵坐标的线。plot(X,Y,LineSpec)是按照特定的方式画出由向量 X 和向量 Y 描述的曲线, 特定的方式包括线的种类、粗细、颜色, 标记的种类、大小和颜色等。

2) figure

语法:

```
figure
figure(h)
```

介绍: **figure** 用来以默认的值创建一个新的图形窗口, 后面的图形将画在这个图形窗口内。 **figure(h)** 根据句柄为 **h** 的图形窗口是否存在有两种处理的可能: 如果句柄为 **h** 的图形窗口存在, 那么执行完 **figure(h)** 之后, 句柄为 **h** 的图形窗口成为当前窗口, 后面的图形就画在该图形上面; 如果句柄为 **h** 的图形窗口不存在, 当 **h** 是一个正整数时, 将产生一个句柄为 **h** 的图形窗口, 当 **h** 不是一个正整数时, 则产生一个错误。

3) subplot

语法:

```
subplot(m,n,p)
```

介绍: 该语句将当前的图形窗口划分成 $m \times n$ 个小块, 而且把第 **p** 个小块作为当前的图形窗口。当前窗口的计算是从第一行开始, 然后是第二行。

4) stem

语法:

```
stem(X,Y)
stem(X,Y,'fill')
stem(X,Y,LineStyle)
```

介绍: **stem** 主要用来画离散的图形。 **stem(X,Y)** 可画出以 **X** 为横坐标、**Y** 为纵坐标的类似火柴杆的图形。 **stem(X,Y,'fill')** 和 **stem(X,Y,LineStyle)** 的区别在于火柴杆的顶端是否涂上颜色。 **stem(X,Y,LineStyle)** 可按照特定的方式画出由向量 **X** 和向量 **Y** 确定的火柴杆图形, 特定的方式包括火柴杆的类型、粗细、颜色, 标记的种类、大小和颜色等。

5) title

语法:

```
title('string')
title('fname')
```

介绍: **title('string')** 用于在图形的顶部和中部输出特定的字符串。 **title(fname)** 用于在图形的顶部和中部输出由 **fname** 指定的字符。如果想输出希腊字符, 可以利用 “\” 加英文字母的方式, 比如 “\omega” 可以输出一个 Ω 。

6) xlabel 和 ylabel

语法:

```
xlabel('string')
ylabel('string')
```

介绍: **xlabel** 和 **ylabel** 主要用来在图形的横坐标和纵坐标上写上适当的文字。

7) help

语法:

```
help
```



介绍: `help` 函数是 MATLAB 的帮助函数。如果想查看一个函数详细的功能, 只需在命令窗口输入 `help` 和该函数的名字就可以了。

8) `clear`

语法:

```
clear
```

介绍: `clear` 用于清除 MATLAB 工作空间的所有变量。

9) `clc`

语法:

```
clc
```

介绍: `clc` 用于清除当前的屏幕, 使得当前的光标处于命令窗口的左上角。`clc` 和 `clear` 的区别在于: `clear` 是清除所有变量的值, 而 `clc` 的作用仅仅是清屏。

10) `sin` 和 `cos`

语法:

```
Y=sin(X)
```

```
Y=cos(X)
```

介绍: `sin` 和 `cos` 是 MATLAB 中的正弦和余弦函数, $Y=\sin(X)$ 和 $Y=\cos(X)$ 可用来计算向量 X 所对应的正弦值和余弦值。

【例 1-8】 试用 MATLAB 命令绘制正弦序列 $x(n) = \sin\left(\frac{n\pi}{6}\right)$ 的波形图。

解: MATLAB 程序如下:

```
n=0:39;  
x=sin(pi/6*n);  
stem(n,x,'fill'),xlabel('n'),grid on  
title('正弦序列')  
axis([0,40,-1.5,1.5]);
```

结果如图 1.7 所示。

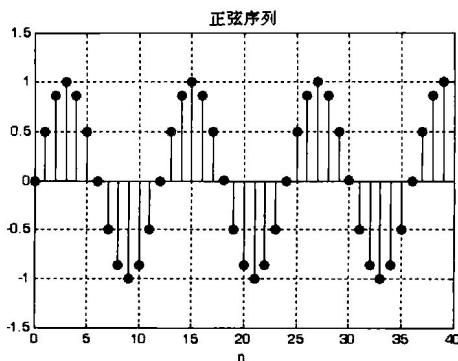


图 1.7 正弦序列

实验二 时域离散系统及系统响应

一、实验目的

- (1) 掌握求解离散时间系统脉冲响应和阶跃响应的方法。
- (2) 进一步理解卷积定理，掌握应用线性卷积求解离散时间系统响应的基本方法。
- (3) 掌握离散系统的响应特点。

二、实验原理与方法

1) 用 `impz` 和 `dstep` 函数求解离散系统的单位脉冲响应和阶跃响应

在 MATLAB 语言中，求解系统单位脉冲响应和阶跃响应的最简单的方法就是使用 MATLAB 提供的 `impz` 和 `dstep` 函数。

下面举例说明使用 `impz` 和 `dstep` 函数求解系统单位脉冲响应和阶跃响应的方法。

【例 1-9】 已知某因果系统的差分方程为

$$y(n) + 0.5y(n-1) = x(n) + 2x(n-2)$$

系统为零状态，求系统的脉冲响应和阶跃响应。

解：该系统是一个 2 阶系统，列出 b_m 和 a_k 系数为

$$a_0 = 1, \quad a_1 = 0.5, \quad a_2 = 0$$

$$b_0 = 1, \quad b_1 = 0, \quad b_2 = 2$$

MATLAB 程序如下(取 16 点作图):

```
a=[1,0.5,0];
b=[1,0,2];
n=16;
hn=impz(b,a,n);           %脉冲响应
gn=dstep(b,a,n);          %阶跃响应
subplot(1,2,1),stem(hn,'k'); %显示脉冲响应曲线
title('系统的单位脉冲响应');
ylabel('h(n)');xlabel('n'); %显示阶跃响应曲线
axis([0,n,1.1*min(hn),1.1*max(hn)]);
subplot(1,2,2),stem(gn,'k');
title('系统的单位阶跃响应');
ylabel('g(n)');xlabel('n');
axis([0,n,1.1*min(gn),1.1*max(gn)]);
```

结果如图 1.8 所示。