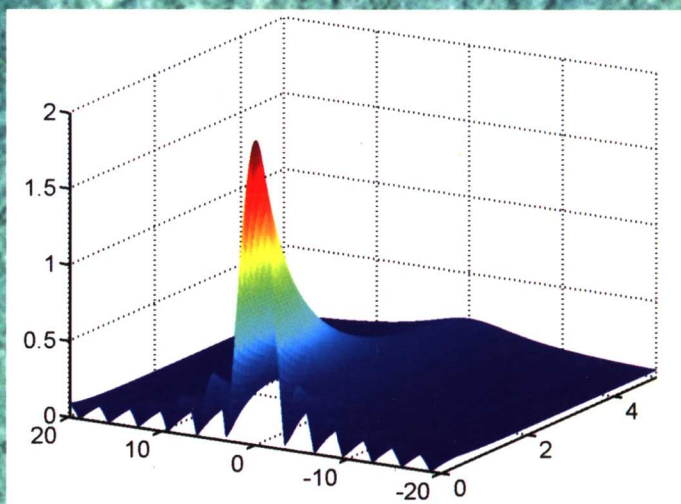


SIGNALS & SYSTEMS EXPERIMENTS

信号与系统实验教程

任亚莉 编著



XINHAO YU XITONG SHIYAN JIAOCHENG



甘肃科学技术出版社

信号与系统实验教程

任亚莉 编著

甘肃科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

信号与系统实验教程 / 任亚莉编著. — 兰州: 甘肃科学技术出版社, 2007.1

ISBN 978-7-5424-1124-2

I. 信… II. 任… III. 信号系统—实验—教材 IV. TN911.6-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 010658 号

责任编辑 刘钊(0931-8773274 LZ928@sina.com)

封面设计 晨曦

出版 甘肃科学技术出版社(兰州市南滨河东路 520 号 0931-8773274)

发行 甘肃科学技术出版社发行部(兰州市南滨河东路 520 号 730030)

联系人: 陈桢 0931-8773237)

印刷 甘肃地质印刷厂(兰州市西固区福利西路 357 号)

开本 850mm × 1168mm 1/32

印张 4.5

字数 107 千

版次 2007 年 1 月第 1 版 2007 年 1 月第 1 次印刷

印数 1~1,000

书号 ISBN 978-7-5424-1124-2

定价 12.00 元

前 言

《信号与系统》课程是一门实用性较强、涉及面较广的专业基础课,是电子信息类专业学生的必修课程。该课程是将学生从电路分析的知识领域引入信号处理与传输领域的关键性课程,对后续专业课起着承上启下的作用,该课程的基本理论和方法大量用于计算机信息处理的各个领域。信号与系统实验是辅助该课程教学的一种有效手段,传统的硬件电路实验灵活性和实时性较差,严重影响和制约了教学效果,学生自己设计的系统更是无法调试,得不到可视化的测试结果。利用软件技术构建虚拟实验是提高教学质量及实验效率、降低实验成本的一条有效途径,可以实现在实验环境中,以计算机为辅助教学手段,帮助学生完成信号与系统分析的可视化建模及仿真调试,使学生主动获取知识和独立解决问题的能力不断提高。为此编写了这本“实验教程”,该“实验教程”采用 MATLAB 语言构建了 10 个虚拟实验,实验内容基本上覆盖了信号与系统理论的大部分内容,不仅可以在教学过程中演示,帮助学生理解抽象的概念和公式,还可以由学生在 PC 机上单独完成各种信号与系统的实验仿真,培养学生动手、创新的能力。

任亚莉

2007 年 1 月

内 容 简 介

本书是电子信息类专业《信号与系统》课程的实验教材,也可作为课程的补充教材,目的在于让学生将课程中的实验内容用 MATLAB 进行形象直观的计算机模拟与仿真实现,从而加深对信号与系统基本原理、方式及应用的理解,使学生达到从基本理论过渡到实际应用。

本书简明扼要地介绍了实验中要用到的 MATLAB 基础知识。对以 MATLAB 为工具设计的 10 个实验进行了详细的介绍,通过这 10 个实验实现信号与系统在时域、频域、复频域及 Z 域的计算机模拟,达到并远远超过了硬件电路实验所要求的内容,使学生不但能完成《信号与系统》的实验内容,而且可以掌握 MATLAB 的使用。最后在附录中对实验前的准备工作、实验步骤及注意事项、实验报告的要求作了详细的规定。

目 录

MATLAB 简介	(1)
实验一 信号时域分析	(22)
实验二 线性系统时域分析	(35)
实验三 周期信号频域分析	(46)
实验四 非周期信号频域分析	(59)
实验五 连续系统频域分析	(65)
实验六 信号抽样与重建	(74)
实验七 信号的调制与解调	(86)
实验八 连续系统复频域分析	(94)
实验九 离散系统 Z 域分析	(108)
实验十 系统状态变量分析	(123)
附 录 实验注意事项	(133)
参考文献	(135)

MATLAB 简介

1. MATLAB 概述

MATLAB 语言是由美国 Clever Moler 博士于 1980 年开发的。MATLAB 即 Matrix Laboratory (矩阵实验室)的意思。

MATLAB 语言是以矩阵计算为基础的程序设计语言,它的核心是采用 C 语言编写的。自 1984 年推向市场以来,现已发展成为国际公认的最优秀的科技应用软件,成为一个具有通用性和实用性的操作平台。其结构简明,易学易用。

MATLAB 具有以下基本功能:

- (1) 数值计算功能。
- (2) 符号计算功能。
- (3) 图形处理及可视化功能。
- (4) 可视化建模及动态仿真功能。

2. MATLAB 通用操作界面

MATLAB 启动后,可打开如图 1 所示的操作界面。注意:界面上窗口的多少与设置有关。图示为默认情况,前台有三个窗口。

操作桌面可弹出的窗口共有 8 个,分别介绍如下:

命令窗口(Command Window):用于输入变量,运行函数的 M 文件。

命令历史窗口(Command History):用于记录和观察先前用过

的函数,拷贝和执行被选择的行。

当前目录浏览器(Current Directory Browser):寻找、观察、打开和改变 MATLAB 相关目录和文件。

数组编辑器(Array Editor):观察数组内容和编辑其值。

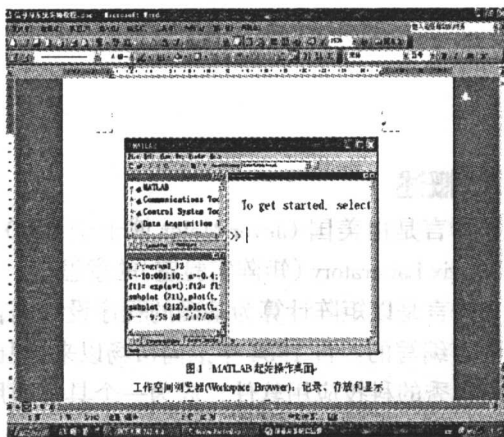


图 1 MATLAB 起始操作桌面

工作空间浏览器 (Workspace Browser): 记录、存放和显示 MATLAB 运行历程中建立的全部变量。

交互界面分类目录窗(Lauch Pad):提供进入工具、演示和文件的便捷的方式。

M 文件编辑器 / 调试器(Editor/Debugger):生成、编辑和调试 M 文件。

帮助浏览器(Help Browser):显示 MATLAB 的 HTML 格式的帮助文件。

3.MATLAB 基本概念

3.1 变量

和其他高级语言一样,MATLAB 也是使用变量来保存信息。变

量由变量名表示,变量的命名规则如下:

- (1) 变量名的第一个字符必须是字母。
- (2) 变量名可以由字母、数字、下划线组成。
- (3) 大写和小写的字母视为不同的字符。
- (4) 变量名长度不超过 31 个字符。

在 MATLAB 中有一些系统默认的固定变量:

ans 计算结果的缺省变量名

pi 圆周率 π

inf 无穷大

i 或 j 虚数单位 $\sqrt{-1}$

eps 机器零阈值

MATLAB 的变量分为字符变量和数值变量两种,字符变量必须用单引号括起来。例如,用户可输入:

```
a='happy new year',b=365
```

和其他高级语言不同的是,MATLAB 使用变量时不需要预先对变量类型进行说明,MATLAB 会自动根据所输入的数据来决定变量的类型和分配存储空间。

3.2 数值

MATLAB 内部,每一个数据元素都是用双精度来表示和存储的,约有 16 位有效数字,其数值有效范围约为 $10^{-308} \sim 10^{+308}$ 。

MATLAB 用常规的十进制表示数值,亦可用科学计数法来表示,还可以进行复数运算,复数可以由如下语句来产生:

```
c=a+i*b, c=a*exp(i*b)
```

下面是各种合法的输入数据示例:

```
34 -4 0.7 5.6e-4 5i 1+i -5e+5
```

3.3 矩阵

矩阵是 MATLAB 进行数据处理和运算的基本元素,MATLAB 的大部分运算或命令都是在矩阵运算意义下执行的。通常意义上的数量(标量)在 MATLAB 系统中是作为 1×1 的矩阵来处理的,而仅有一行或一列的矩阵在 MATLAB 中称为向量。

3.3.1 创建矩阵

(1)直接输入法。

```
a=[1,2,3;4,5,6;7,8,9]
```

```
b=[1 2 3;4 5 6;7 8 9]
```

```
c=[1 2 3  
    4 5 6  
    7 8 9]
```

(2)利用 MATLAB 函数创建。

ones(),产生全为 1 的矩阵。

zeros(),产生全为 0 的矩阵。

例如,输入语句:

```
x=ones(3,4)
```

```
y=zeros(3,4)
```

3.3.2 向量的生成

(1)利用冒号“:”运算生成向量。

a=m:n 生成步长为 1 的均匀等分向量,且 $n>m$ 。

a=m:p:n 生成步长为 p 的均匀等分向量,且 $n>m$ 。

(2)利用函数生成向量。

linspace(m,n,s),生成 m 到 n 间线性等分的 s 个元素的行向量。

3.3.3 矩阵元素的引用

在 MATLAB 中,矩阵的元素是通过其行、列的标号来标识的,a(i,j)即表示矩阵 a 第 i 行第 j 列的元素。

3.3.4 矩阵运算

A+B: A 与 B 相加

A-B: A 与 B 相减

A*B: A 与 B 相乘

A.*B: A 与 B 对应元素相乘

- A^P : A 的乘方
 $A.^P$: A 各元素进行乘方运算
 A' : A 的共轭转置
 $A./B$: A 与 B 对应元素相除
 A/B : A 与 B 相除

3.4 函数

MATLAB 为用户提供了丰富且功能各异的函数，用户可以直接调用这些函数来进行数据处理。函数由函数名和参数组成，函数调用的格式为：

函数名(参数)

若在 MATLAB 的命令窗口输入命令：

$a=\sin(b)$

则表示计算 b 的正弦值并将其赋给变量 a 。

3.5 MATLAB 的语句

MATLAB 采用命令行式的表达式语言，每一个命令行就是一条语句，用户在命令窗口输入语句并按下回车键后，该语句就由系统解释运行，并即时给出运行结果。MATLAB 语句采用以下两种形式：

(1) 表达式

(2) 变量 = 表达式

表达式由变量名、常数、函数和运算符构成。

语句的第一种形式中，表达式执行运算后产生的矩阵将自动赋给名为“ans”的默认变量，并即时在屏幕上显示出来。

在语句的第二种形式中，语句的执行结果是将表达式计算产生的矩阵，赋给等号左边的变量，并存入内存。

注意：MATLAB 语句的结尾若加上分号“;”，其作用是将计算结果存入内存，但不显示在屏幕上。反之，语句结尾不加“;”，表示在将计算结果存入内存的同时，还将运算结果显示出来。

如果一个命令行很长,一行之内写不下,可以在第一行之后加上3个小黑点并按下回车键,然后接着下一行继续写命令的其他部分。3个小黑点称为续行符。例如:

```
s=1-1/2+1/3-1/4+1/5-1/6+...
    1/7-1/8+1/9-1/10+1/11-1/12;
```

3.6 运算符

(1) 算术运算符。

+ 加 - 减 * 乘 / 除
^ 乘方 ' 矩阵的复共轭转置

(2) 逻辑运算符。

A & B 逻辑与 A | B 逻辑或 ~ A 逻辑非

(3) 关系运算符。

A < B 小于
A > B 大于
A <= B 小于等于
A >= B 大于等于
A == B 等于
A ~= B 不等于

(4) 特殊运算符。

: 产生向量
[] 创建和表示矩阵
; 不显示中间结果
% 注释语句
, 分隔矩阵列
= 赋值
() 函数调用和指定运算顺序

4. MATLAB 的基本管理命令

当 MATLAB 启动后, 系统自动在内存中开辟一块用于存储用户在命令窗口中定义的变量、运算结果, 此内存空间称为 MATLAB 的工作空间。但退出 MATLAB 后, 工作空间的内容将不再保留。

命令	功能
clear	清除工作空间中的全部变量
clc	清除命令窗口中所显示的所有内容
clf	清除当前图形窗口中的图形
exit	关闭并退出 MATLAB
cd	改变当前工作目录
dir	列出当前目录清单
↑	前寻式调出已输入过的命令行
↓	后寻式调出已输入过的命令行
Esc	删除当前行全部内容

5. MATLAB 的工作方式

MATLAB 的工作方式有两种, 一种是交互式的指令行操作方式, 即用户在命令窗口中按 MATLAB 的语法规则输入命令行并按下回车键后, 系统将执行该命令并即时给出运算结果。第二种是 M 文件的编程工作方式, 即在命令窗口中调用 M 文件, 从而实现一次执行多条 MATLAB 语句的方式。

M 文件是由 MATLAB 语句(命令行)构成的 ASCII 码文本文件, 扩展名为 .m。M 文件的作用是: 当用户在命令窗口中键入已编辑并保存的 M 文件的文件名并按下回车键后, 系统将按 M 文件中的语句所规定的计算任务以解释方式逐一执行语句, 从而实现用户要求的特定功能。

5.1 创建新 M 文件

利用 M 文件编辑器创建新 M 文件有如下两种方法:

方法一: 命令窗口菜单栏【File】菜单下【New】菜单选项的【M-File】命令, 打开 M 文件编辑器窗口。

方法二: 单击 MATLAB 命令窗口工具栏的“New M-File”图标按钮, 打开 M 文件编辑器窗口。

5.2 保存、打开 M 文件

保存 M 文件的方法是, 单击 M 文件编辑器窗口工具栏中的“Save”图标或选中 M 文件编辑器窗口菜单栏【File】菜单的【Save】命令, 打开 M 文件保存对话框。如果是新建的 M 文件, 则系统默认的文件名为“Untitled1.m”, 用户可以对要保存的文件进行重新命名。系统默认的文件保存目录为“work”, 用户也可以通过保存对话框进行更改和设置。当保存的文件名和保存位置设定完成后, 按下【保存】按钮, 即可将 M 文件保存到指定位置。

若需要对已保存过的 M 文件进行修改和编辑, 则可单击命令窗口工具栏的“Open file”图标按钮或选中命令窗口菜单栏【File】菜单下【Open】的命令, 系统即启动 M 文件编辑器并打开用户指定的 M 文件。

5.3 搜索与执行 M 文件

M 文件中的命令是通过在命令窗口中键入 M 文件名并按下回车键来执行的, 系统先搜索该文件, 若该文件存在, 则以解释方式按顺序逐条执行 M 文件的语句。

“work”目录是系统 M 文件的默认保存目录。若用户的 M 文件保存在“work”目录以外的其他位置, 则可通过如下两种方式在命令窗口中直接调用该 M 文件

方法一: 用“CD”命令将当前工作目录更改为 M 文件的保存目录, 如:

```
cd d:\mydata
```

方法二:用“path”命令将 M 文件的保存目录添加到 MATLAB 的默认搜索路径中,设待执行的 M 文件的保存位置为“d:\mydata”,则添加到搜索路径的命令为:

```
path(path, 'd:\mydata')
```

5.4 M 文件的分类

M 文件分为命令文件和函数文件两大类。

运行命令文件的效果等价于从命令窗口中按顺序逐条输入并运行文件的指令,命令文件具有如下特点:

(1)命令文件可以访问当前工作空间中所有变量和数据。

(2)命令文件运行过程中创建和定义的所有变量均被保留在工作空间中,工作空间中其他命令文件和函数可以共享这些变量。

因此在程序设计中,命令文件常作为主程序来设计。

函数文件的第一行为函数说明语句,其格式为:

```
function [返回参数 1, 返回参数 2, ...]
```

```
= 函数名(传入参数 1, 传入参数 2, ...)
```

其中函数名用户自己定义(与变量名的命名规则相同)。

函数文件保存的文件名应与用户定义的函数名一致。

用户可通过函数说明语句的返回参数及传入参数来实现函数传递。返回参数和传入参数并不是必须的。下面是函数调用及参数传递的例子。

首先创建如下所示的函数文件并保存。

```
function [m,s]=mean(a) %定义函数文件 mean.m
```

```
l=length(a);
```

```
s=sum(a);
```

```
m=s/l;
```

上述函数文件定义了一个新的函数 mean,其作用是对指定向量求和及均值,并通过向量 s、m 返回计算结果。用户可以调用该函数:

```
a=1:9;
[m,s]=mean(a)    %函数调用
或写成下面的形式也可：
b=1:9;
[x,y]=mean(b)    %函数调用
```

6. MATLAB 程序流程控制

6.1 循环控制语句

for 循环语句的格式为：

```
for 变量 = 表达式
    语句组
```

```
end
```

例 1: 编写计算 $s=1+2+3+\dots+100$ 的 MATLAB 程序。

程序如下：

```
% Program1
```

```
s=0;
```

```
for n=1:100
```

```
    s=s+n;
```

```
end
```

```
s
```

6.2 条件控制语句

(1) 单分支 if 语句的格式为：

```
if 条件
    语句组
```

```
end
```

(2) 双分支 if 语句的格式为：

```
If 条件
    语句组 1
```

else

语句组 2

end

例 2: 计算分段函数:
$$\begin{cases} y=x+1, x=10 \\ y=x-1, x \neq 10 \end{cases}$$

程序如下:

% Program2

x=input('x=');

if x=10

y=x+1

else

y=x-1

end

7. MATLAB 常用函数

7.1 数学函数

函数名	功能
abs	求绝对值或复数求模
angle	求复数相角
imag	求复数虚部
real	求复数实部
cos	余弦函数
sin	正弦函数
tan	正切函数
atan	反正切函数
exp	自然指数函数
sinc	抽样函数
sum	矩阵求和