

普通高等院校电子与通信专业面向应用系列规划教材
“立德树人”系列教材

信息与通信 综合实验指导书

■ 赖振讲 李英华 主编



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

普通高等院校电子与通信专业面向应用系列规划教材
“立德树人”系列教材

信息与通信

综合实验指导书

主 编 赖振讲 李英华
副主编 原立格 徐 音 韩彦净



 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

《信息与通信综合实验指导书》是电子信息工程、通信工程等电子信息类专业通用的实验实践教材。本书涵盖了电信类专业主干课程“信号与系统”“数字信号处理”“通信原理”等的基础实验及通信与信号处理综合实验内容。全书共4章,第1章是信号与系统实验,主要介绍“信号与系统课程”的基础实验;第2章是数字信号处理实验,主要介绍“数字信号处理”课程的实验;第3章是通信原理实验,主要介绍“通信原理”课程的基础实验;第4章是综合实验,主要介绍通信与信号处理综合实验。本教材以信息与通信实践教学为主线,按照课程基础实验到综合提高实验的顺序,将MATLAB软件仿真、DSP和通信技术实验箱等硬件设计相结合,综合运用“信号与系统”“数字信号处理”“通信原理”等课程的基本概念及专业理论知识、基本方法进行通信与信息处理中实际问题的分析与处理,从而达到理论和实践相结合的目的,巩固和加深对“信号与系统”“数字信号处理”“通信原理”等课程的基本知识的理解和掌握,提高学生综合运用所学的专业理论知识和方法独立分析和解决实际问题的能力。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

信息与通信综合实验指导书/赖振讲,李英华主编. —北京:北京理工大学出版社,2018.8
ISBN 978-7-5682-6229-3

I. ①信… II. ①赖… ②李… III. ①信息技术-实验-高等学校-教材 ②通信工程-实验-高等学校-教材 IV. ①G202-33 ②TN91-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第195291号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 /

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 9

字 数 / 215千字

版 次 / 2018年8月第1版 2018年8月第1次印刷

定 价 / 24.00元

责任编辑 / 钟 博

文案编辑 / 郭贵娟

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

序

德是育人的灵魂统帅，是一个国家道德文明发展的显现。坚持“育人为本、德育为先”的育人理念，把“立德树人”作为教育的根本任务，为郑州工商学院校本教材建设的指导方向。

立德树人，德育为先。教材编写应着眼于促进学生全面发展，创新德育形式，丰富德育内容，将习近平新时代中国特色社会主义思想渗透至教材各个章节中，引导广大学生努力成为有理想、有本领、有担当的人才，使他们真正做到习近平总书记在“十九大”报告中所要求的“坚定理想信念，志存高远，脚踏实地，勇于做时代的弄潮儿”。

立德为先，树人为本。要培养学生的创新创业能力，强化创新创业教育。要以培养学生的创新精神、创业意识与创业能力为核心，以提升学生的首创与冒险精神、创业能力和独立开展工作等能力为教育指向，改革教育内容和教学方法，突出学生的主体地位，注重学生的个性化发展，强化创新创业教育与素质教育的充分融合，把创新创业作为重要元素融入素质教育。

郑州工商学院校本教材注重引导学生积极参与教学活动过程，突破教材建设过程中过分强调知识系统性的思路，把握好教材内容的知识点、能力点和学生毕业后的岗位特点。编写以必需和够用为度，适应学生的知识基础和认知规律，深入浅出，理论联系实际，注重结合基础知识、基本训练以及实验实训等实践活动，培养学生分析、解决实际问题的能力和提高实践技能，突出技能培养目标。

前 言

《信息与通信综合实验指导书》是电子信息工程、通信工程等电子信息类、电气类部分专业通用的实验实践教材。本书涵盖了主干课程“信号与系统”“数字信号处理”及“通信原理”等的基础实验及通信与信号处理综合实践内容。

当今社会，对人才的需求更加注重理论与实践相结合，这就要求学生在学的过程中能够将理论与实践很好地结合。随着电子技术、信息技术及通信技术的飞速发展，信息处理及通信理论在科研、生产、自动控制和日常生活中具有重要的作用，在掌握理论知识的同时，实践能力的强弱已成为学生对知识掌握程度的重要衡量标准，同时也是企业选择人才的重要依据和参考。因此，专业实践环节的加强和改革将直接影响相关专业学生的培养质量。通过学科专业的综合实践教学的建设可巩固学生的专业理论知识、提高教学效果、培养学生的专业实践技能和专业自主学习及创新能力，也有利于学生对该学科专业有一个系统的、明确的认识。

目前，对应信号与系统、数字信号处理、通信原理教材的实验指导书还不是太多，这些实验指导书都是利用仿真软件将理论形象化，并且它们有一个共同特点：是为了对应的教材而编写的。这些实验指导书的编著时间距离现在有些长，需要结合目前科技发展和学生特点加入新的元素。另外，当今社会对人才所要求的理论与实践相结合，除了理论与软件的结合外，还要求理论与硬件的动手能力相结合，并且社会对综合性人才的需求也显得更为迫切。郑州工商学院作为一个应用型大学，希望毕业的学生能够很快地胜任自己的工作岗位，适应社会的发展。结合社会对人才需求情况和郑州工商学院本身的特点，我们所编的《信息与通信综合实验指导书》在章节设置上既兼顾了各对应教材的内容，又体现了综合能力的培养；既培养了学生软件编程的实践能力，又锻炼了学生的动手能力。

本书以信息与通信实践教学为主线，按照课程基础实验到综合提高实验的顺序，将MATLAB 软件仿真及算法实现、硬件 DSP 原理及应用和通信技术实验箱等硬件设计相结合，综合运用“信号与系统”“数字信号处理”“通信原理”等课程的基本概念及专业理论知识、基本方法进行通信与信息处理中实际问题的分析与处理，从而达到理论和实践相结合的目的，巩固和加深对“信号与系统”“数字信号处理”“通信原理”等课程的基本知识的理解和掌握，提高学生综合运用所学的理论知识和方法独立分析和解决问题的能力。

本书共4章。第1章是信号与系统实验，第2章是数字信号处理实验，第3章是通信原理实验，第4章是综合实验。本书的编写工作由赖振讲、李英华、原立格、徐音、韩

彦净共同完成。其中，赖振讲、原立格共同编写了第4章；李英华编写了第2章；徐音编写了第3章；韩彦净编写了第1章，全书由李英华、原立格统稿。郑州工商学院电子与通信技术教研室主任郭军利对本书框架的形成及本书的统稿等作出了很多贡献，发挥了很重要的作用。

本书在编写过程中，受到了多位专家、朋友的帮助，参考并引用了大量书籍与网络资料，在此表示衷心感谢！

由于编者水平有限，书中难免存在错漏或不妥之处，恳切希望读者对本书的体系、内容等提出宝贵意见，欢迎批评指正，我们不胜感谢！

编 者
2018 年 6 月

目 录

第一章 信号与系统实验	1
第一节 MATLAB 软件简介	1
一、MATLAB 界面	1
二、MATLAB 的窗口	2
三、系统和程序控制指令	5
第二节 实验部分	7
实验一 基本信号在 MATLAB 中的表示和运算	7
实验二 连续时间 LTI 系统的时域分析	21
实验三 傅里叶变换、系统的频域分析	26
实验四 信号抽样与恢复	35
实验五 信号与系统复频域分析	38
第二章 数字信号处理实验	43
第一节 TMS320C54X – IV DSP 实验箱简介	43
一、教学实验系统的硬件组成	43
二、主要技术参数	43
三、TMS320C54X DSP 芯片及系统	44
第二节 实验部分	46
实验一 典型时域离散信号的产生及运算	46
实验二 时域离散系统响应及系统稳定性	52
实验三 信号的频谱分析	54
实验四 CCS 工程创建及 C 语言基本操作	58
实验五 IIR 滤波器的软件实现	59
实验六 FIR 滤波器的设计与实现	63
实验七 用 SPTool 测试数字系统	66
第三章 通信原理实验	77
第一节 通信原理实验平台主要模块介绍	77
一、主控 & 信号源模块	77
二、2 号模块——数字终端 & 时分复用模块	81
三、3 号模块——信源编译码模块	82

四、6 号模块——信道编译码模块	84
五、7 号模块——时分复用 & 时分交换模块	86
六、8 号模块——基带传输编译码模块	88
七、9 号模块——数字调制解调模块	89
八、13 号模块——载波同步及位同步模块	92
九、21 号模块——PCM 编译码及语音终端模块	94
第二节 实验基本操作说明	96
第三节 实验部分	96
实验一 抽样定理实验	96
实验二 PCM 编译码实验	98
实验三 AMI 码型变换实验	103
实验四 HDB3 码型变换实验	106
实验五 ASK 调制及解调实验	109
实验六 FSK 调制及解调实验	111
实验七 BPSK 调制及解调实验	113
第四章 综合实验	116
第一节 综合实验简介	116
一、实验基本要求	116
二、实验内容	116
第二节 实验部分	116
实验一 用 IIR 滤波器、FIR 滤波器实现信号的滤波	116
实验二 语音信号处理与滤波	118
实验三 语音信号的交混回响	121
实验四 离散卷积演示的实现	122
实验五 时域采样定理演示的实现	123
实验六 用 FFT 实现信号的频分复用	124
实验七 信号编码的实现及频谱分析	125
实验八 数字调幅信号的频谱分析及解调的实现	126
实验九 数字调频信号的频谱分析及解调的实现	127
实验十 2PSK 数字调制信道的建模与仿真	128
实验十一 2DPSK 数字调制信道的建模与仿真	129
实验十二 4PSK 信号调制与解调设计及实现	130
实验十三 线性分组码、循环码、卷积码和 BCH 码的仿真	131
参考文献	133

第一章

信号与系统实验

第一节 MATLAB 软件简介

MATLAB 是美国 MathWorks 公司出品的商业数学软件。

MATLAB 是 Matrix 和 Laboratory 两个词的组合,意为矩阵工厂(矩阵实验室)。其是由美国 MathWorks 公司发布的主要面对科学计算、可视化以及交互式程序设计的高科技计算环境。它将数值分析、矩阵计算、科学数据可视化以及非线性动态系统的建模和仿真等诸多强大功能集成在一个易于使用的视窗环境中,为科学研究、工程设计以及必须进行有效数值计算的众多科学领域提供了一种全面的解决方案,并在很大程度上摆脱了传统非交互式程序设计语言(如 C、FORTRAN)的编辑模式,代表了当今国际科学计算软件的先进水平。

MATLAB 和 Mathematica、Maple 并称为三大数学软件。在数学类科技应用软件中, MATLAB 在数值计算方面首屈一指。MATLAB 的基本数据单位是矩阵,它的指令表达式与数学、工程中常用的形式十分相似,故用 MATLAB 来解算问题要比用 C、FORTRAN 等语言简捷得多,并且 MATLAB 吸收了 Maple 等软件的优点,这使其成为一个强大的数学软件。MATLAB 在新的版本中还加入了对 C、FORTRAN、C++ 和 Java 的支持。

MATLAB 可以进行矩阵运算、绘制函数和数据、实现算法、创建用户界面、连接其他编程语言的程序等,主要应用于工程计算、控制设计、信号处理与通信、图像处理、信号检测、金融建模设计与分析等领域。

一、MATLAB 界面

MATLAB 的主界面如图 1.1 所示。MATLAB 的主界面主要由菜单栏、工具栏、当前工作目录、工作空间窗口和历史命令窗口组成。

各组成部分的功能如下:

- (1)菜单栏:显示包含 MATLAB 所有功能的各个子菜单,依次为“File”“Edit”“View”“Web”“Window”“Help”。
- (2)工具栏:单击该区域的按钮可以快速执行常用的功能或命令。
- (3)当前工作目录:显示当前目录中的所有文件,可以执行新建文件夹或文件,以及对文件进行排序等操作。
- (4)工作空间窗口:显示程序运行中的所有变量,可以采用命令“clear”清除所有变量。
- (5)历史命令窗口:保存以前在命令窗口中执行的程序。双击鼠标左键可以执行历史命令

窗口中的程序。

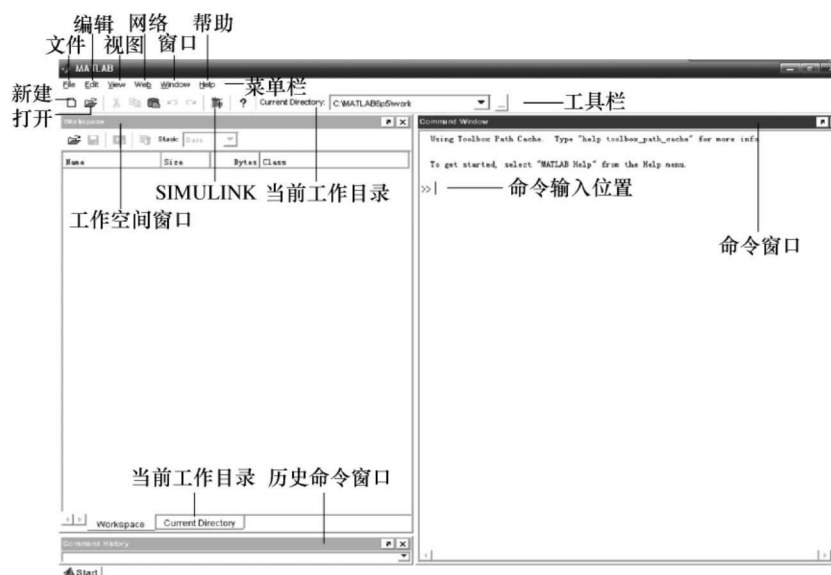


图 1.1 MATLAB 的主界面

二、MATLAB 的窗口

(1)“Workspace”窗口如图 1.2 所示。该窗口主要用于显示当前运行程序涉及的所有变量,以方便查询变量名、变量大小、变量类型。通过工作区可以对变量进行管理;通过上面的工具栏可以新建或删除变量、导入/导出数据、绘制变量的图形等。

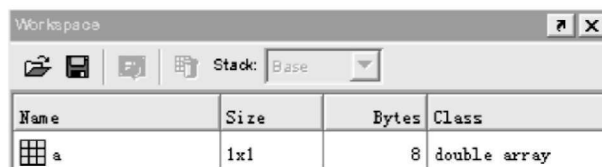


图 1.2 “Workspace”窗口

(2)“MATLAB.m”文件编辑窗口的界面如图 1.3 所示。在这个窗口可以编辑以“.m”为后缀的 m 文件和脚本文件。程序编辑完成后,在该窗口可以对 m 文件进行调试、运行,如在工具栏中设置合适的断点,进行单步调试,并将其保存为正确的函数或文件,以备应用。

(3)“Current Directory”窗口如图 1.4 所示。“Current Directory”窗口显示当前路径下的所有文件和文件夹及其相关信息,并且可以通过单击“Current Directory”窗口的按钮或用鼠标右键单击打开的快捷菜单对这些文件进行操作。

(4)“Set Path”对话框如图 1.5 所示。除了 MATLAB 默认的搜索路径外,用户还可以设置其他搜索路径。设置方法为:选择 MATLAB 窗口中的“HOME”→“ENVIRONMENT”→“Set Path”命令,打开“Search Path”对话框。用户可以单击“Add Folder”或者“Add with Subfolders”按钮添加选中目录或者添加选中目录及其子目录。单击后,打开“Browse Folder”对话框,选中待添加的路径。

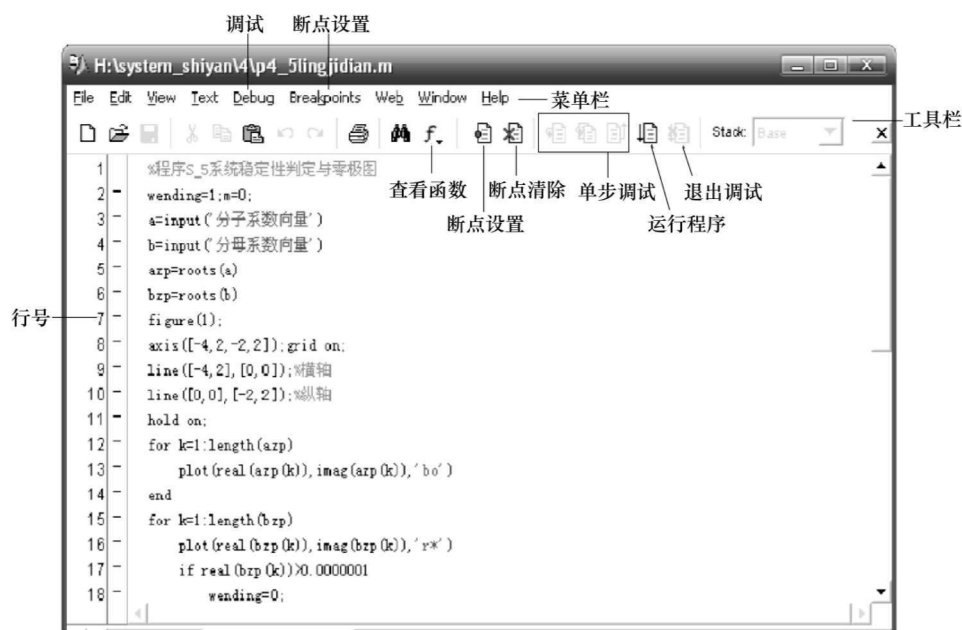


图 1.3 “MATLAB.m”文件编辑窗口的界面



图 1.4 “Current Directory”窗口

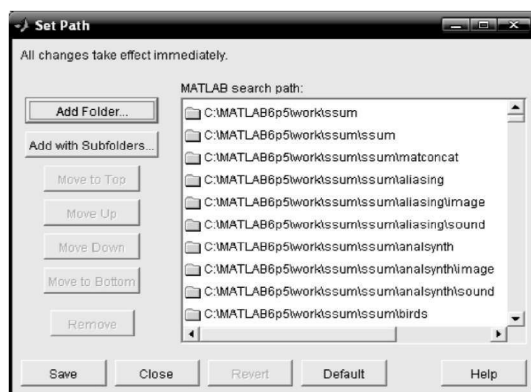


图 1.5 “Set Path”对话框

MATLAB 提供了一系列函数来支持基本的数学运算,这些函数中的大多数调用格式和人们平时的书写习惯一致,方便用户记忆和书写。例如,一般连续时间信号(以下简称“连续信号”) $x(t) = 5e^{-0.8t} \sin(\pi t)$ 、一般离散时间信号(以下简称“离散信号”) $y(k) = 2 \times 0.8^k$,其 MATLAB 实现如【例 1-1】、【例 1-2】所示。

【例 1-1】 一般连续信号 $x(t) = 5e^{-0.8t} \sin(\pi t)$ 的表示。

其 MATLAB 源程序为

```
clear; %清除内存变量
```

```

b=5; %设置数学函数的计算参数
a=0.8; %设置数学函数的计算参数
t=0:0.001:5; %产生时间数组
x=b*exp(-a*t).*sin(pi*t); %计算函数值,π在程序中用pi表示
plot(t,x); %以t为横轴,x为纵轴绘图

```

运行结果如图 1.6 所示。

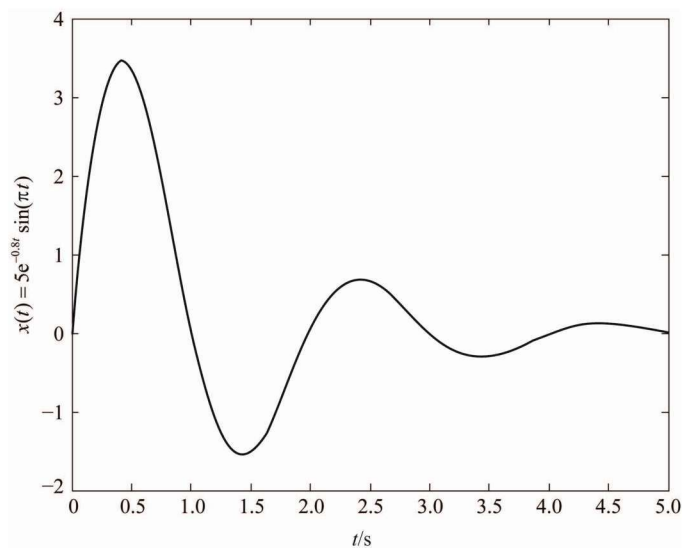


图 1.6 【例 1-1】的运行结果

【例 1-2】 一般离散信号 $y(k) = 2 \times 0.8^k$ 的表示。

其 MATLAB 源程序为

```

c=2;
d=0.8;
k=-5:5;
y=c*d.^k; %注意d是数,而指数是数组,因此d前要加“.”
stem(k,y);

```

运行结果如图 1.7 所示。

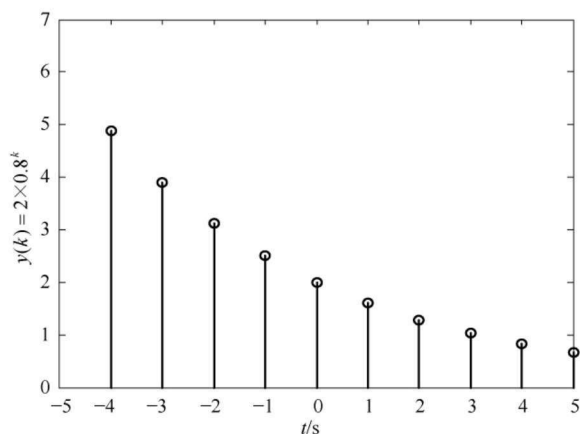


图 1.7 【例 1-2】的运行结果

在 MATLAB 命令窗口编辑器中提供了 save 和 load 两个指令,当完成程序的编写后,可以通过调用“save”指令把内存变量保存为“Filename.mat”文件;反之,可以通过调用“load”指令把“Filename.mat”文件中的变量装入内存。这两个指令的具体使用格式如表 1.1 所示。

表 1.1 save、load 指令的具体使用格式

指令名称	指令功能
save Filename	把全部内存变量保存为“Filename.mat”
save Filename v1 v2	把变量 v1 和 v2 保存为“Filename.mat”
save Filename v1 v2 -append	把变量 v1 和 v2 添加到“Filename.mat”中
save Filename v1 v2 -ascii	把变量 v1 和 v2 保存为 Filename 8 位 ASCII 文件
save Filename v1 v2 -ascii -double	把变量 v1 和 v2 保存为 Filename 16 位 ASCII 文件
load Filename	把“Filename.mat”文件中的所有变量装入内存
load Filename v1 v2	把“Filename.mat”文件中的变量 v1 和 v2 装入内存
load Filename v1 v2 -ascii	把 Filename ASCII 文件中的变量 v1 和 v2 装入内存

说明:Filename 文件名可以带路径,但不带扩展名,-ascii 选项使数据以 ASCII 格式处理,便于利用文字处理软件修改;没有此选项的数据是 2 进制格式,文件名带“.mat”后缀。

三、系统和程序控制指令

为了方便用户操作,MATLAB 中定义了一些快捷键。掌握一些常用的操作命令和快捷键,可以使 MATLAB 的操作更加便利。MATLAB 中的常用指令如表 1.2 所示。

表 1.2 MATLAB 中的常用指令

指令名称	指令功能	指令名称	指令功能
cd	显示或改变工作目录	clc	清除命令窗内容
clear	清除内存变量	clf	清除图形窗
copyfile	复制文件	delete	删除文件或图形对象
demo	运行演示程序	dir/ls	显示当前目录下的文件
help	帮助信息	path	控制搜索路径
disp	显示变量内容	echo	命令窗口回显控制
load	载入文件中的数据	movefile	移动文件
open	打开文件以供编辑	pack	整理内存碎片
pwd	显示当前工作路径	save	保存变量到文件
type	显示文件内容	who	显示当前内存中的变量
clock	时钟	cputime	MATLAB 占用 CPU 的时间
input	提示键盘输入	pause	运行中暂停,按任意键继续

在 MATLAB 中,标点有着重要的意义,可以用标点进行运算,或者用标点包含特定的意义。MATLAB 中的常用标点及功能如表 1.3 所示。

表 1.3 MATLAB 中的常用标点及功能

名称	标点的功能
空格	(为机器辨认)用于分隔输入量;用于分隔数组元素
逗号,	指令间分隔时,用于显示运行结果;用于分隔数组元素(等价于空格);用于分隔输入量
黑点 .	小数点
分号;	用于指令间分隔时不显示运行结果;用于数组元素时,表示另一行元素
冒号;	用于生成一维数组;用于数组元素寻访时,表示那一维的全部
注释号 %	由它开始至行末为注释,不被执行
单引号'	字符串标识符
圆括号 ()	在数组援引时用;函数指令输入宗量列表时用
方括号 []	输入数组时用;函数指令输出宗量列表时用
花括号 { }	元胞数组标识符
下划线 _	增加程序的易读性,用于变量、函数或文件名中的连字符
续行号 ...	3 个连续的黑点,当程序行较长时使用,表示下续一行与本行是同一行指令
“@”	放在函数名前形成函数句柄;放在目录名前形成用户对象类目录

说明:为保证程序正确执行,以上符号在输入时一定要处于半角英文状态,MATLAB 不能识别中文标点。

在日常语言中,人们通过使用条件短语来描述自己的判断。例如:如果我得到奖学金,那么我将奖励自己一个新手机。如果用应用控制指令实现,则可以表示为:if 我得到奖学金为真,那么我就可以买一个新手机。MATLAB 中的控制指令如表 1.4 所示。

表 1.4 MATLAB 的控制指令

指令名称	指令功能	指令名称	指令功能
break	终止最内层循环	case	同 switch 一起使用
catch	同 try 一起使用	continue	把控制转交外层 for 或 while 循环
else	同 if 一起使用	elseif	同 if 一起使用
end	结束 for、while、if 语句	for	按规定次数重复执行
if	条件执行	otherwise	可同 switch 一起使用
return	从子程序等返回	switch	多个条件分支
try	try-catch 结构	while	不确定次数重复执行语句

循环控制指令的实现示例如下:

```
for x=array
(commands)
end
while expression
(commands)
end
```

在 MATLAB 中,当判断结果导致多个动作发生时,用户可以使用多分支结构来实现,if—else—end 分支结构的使用如表 1.5 所示。

表 1.5 if—else—end 分支结构

单分支	双分支	多分支
<pre> if expression (commands) end </pre>	<pre> if expression (commands1) else (commands2) end </pre>	<pre> if expression1 (commands1) elseif expression2 (commands2) ... else (commandsk) end </pre>
常用	常用	可以换作 switch—case 结构

示例程序如下:

```

switch ex                                %ex 是一个标量或字符串
    case test1                            %ex=test1 时执行 commands1,然后跳出循环
        (commands1)
    case test2                            %ex=test2 时执行,以下同
        (commands2)
    ...
    case testk
        (commandsk)
    otherwise                             %这条语句可选,在 ex 不等于前面所有值时执行
        (commands)
end
try
    (commands1)                            %这组命令总被执行
catch
    (commands2)                            %仅当上面命令组执行出现错误后才执行
end
for k=1:3000
    y(k)=sin(k);
end

```

第二节 实验部分

实验一 基本信号在 MATLAB 中的表示和运算

一、实验目的

(1)掌握用 MATLAB 表示常用连续信号的方法。

(2)掌握用 MATLAB 进行信号基本运算的方法。

二、实验原理

(一)信号的 MATLAB 表示

1. 连续信号的 MATLAB 表示

信号与系统分析中用到了几种典型的常用连续信号,包括指数信号、正弦信号、抽样信号、三角信号、虚指数信号、复指数信号、矩形脉冲信号和单位阶跃信号等。而 MATLAB 恰好提供了大量的生成基本信号的函数(如指数信号、正余弦信号)。因此,在实际应用中通常会将两者结合,用 MATLAB 软件工具来进行信号的表示和运算。

在 MATLAB 中,有两种表示连续信号的方法:一是数值法;二是符号法。数值法是先定义某一时间范围和取样时间间隔;然后调用该函数计算这些点的函数值,得到两组数值矢量;最后利用绘图语句画出该信号的波形。符号法是利用 MATLAB 的符号运算功能(需定义符号变量和符号函数)来表示该信号。运算结果是符号表达的解析式,也可用绘图语句画出其波形图。

【例 1-3】 指数信号的 MATLAB 表示。

指数信号在 MATLAB 中用 exp 函数表示,请用 MATLAB 表示信号 $f(t) = e^{-0.4t}$ 。

其调用格式为: $ft = A * \exp(a * t)$; MATLAB 源程序为

```
A=1; a=-0.4;
t=0:0.01:10;    %定义时间点
ft=A*exp(a*t);  %计算这些点的函数值
plot(t,ft);      %画图命令,用直线段连接函数值来表示曲线
grid on;          %在图上画方格
```

运行程序,得到的指数信号的波形如图 1.8 所示。

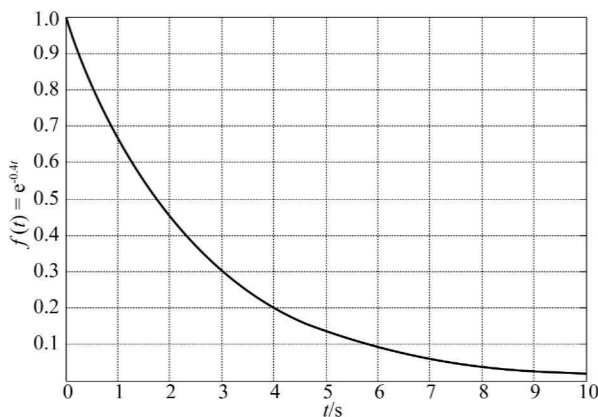


图 1.8 【例 1-3】指数信号的波形

【例 1-4】 正弦信号的 MATLAB 表示。

正弦信号在 MATLAB 中用 sin 函数表示,请用 MATLAB 表示信号 $f(t) = \sin\left(2\pi t + \frac{\pi}{6}\right)$ 。

其调用格式为 $f_t = A * \sin(w * t + \text{phi})$; MATLAB 源程序为

```
A=1; w=2*pi; phi=pi/6;
t=0:0.01:8;           %定义时间点
ft=A*sin(w*t+phi);     %计算这些点的函数值
plot(t,ft);            %画图命令
grid on;               %在图上画方格
```

运行程序,得到的正弦信号的波形如图 1.9 所示。

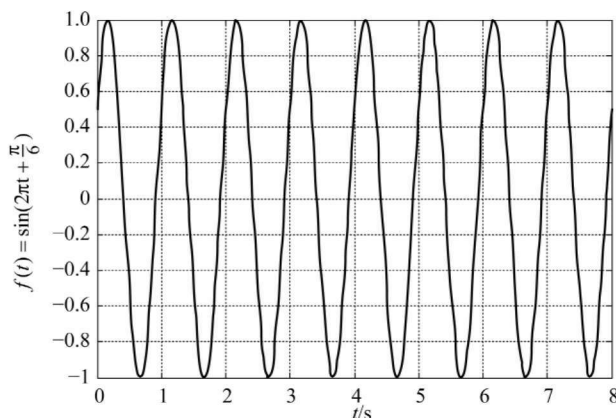


图 1.9 【例 1-4】正弦信号的波形

【例 1-5】 抽样信号的 MATLAB 表示。

抽样信号 $Sa(t) = \sin(t)/t$ 在 MATLAB 中用 sinc 函数表示,其定义为 $Sa(t) = \text{sinc}(t/\pi)$; MATLAB 源程序为

```
t=-3*pi:pi/100:3*pi;
ft=sinc(t/pi);
plot(t,ft);
grid on;
axis([-10,10,-0.5,1.2]); %定义画图范围、横轴、纵轴
title('抽样信号')       %定义图的标题名字
```

运行程序,得到的抽样信号的波形如图 1.10 所示。

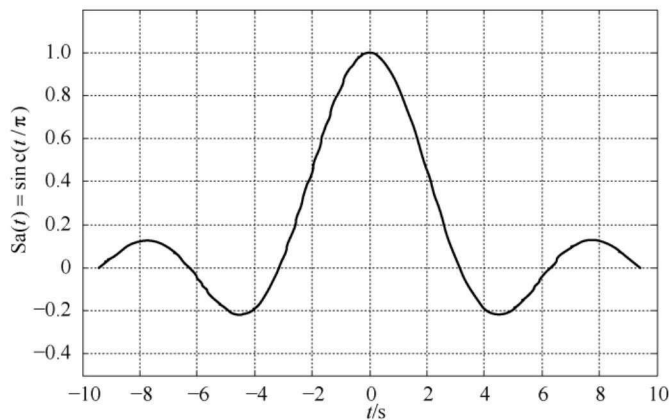


图 1.10 【例 1-5】抽样信号的波形