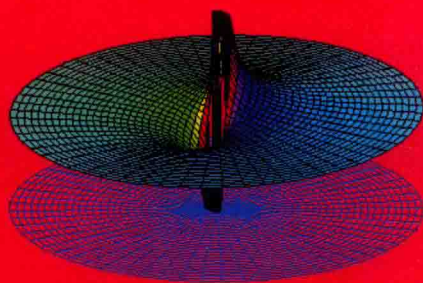




资深作者编写，基于MATLAB R2016a平台的电子信息工程仿真的权威著作
系统性、实用性与先进性相结合，理论与实践相交融
书中提供了25个MATLAB在电子信息工程中的典型应用案例

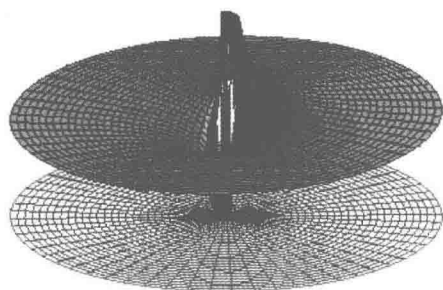
MATLAB R2016a 在电子信息工程中的 仿真案例分析



◎ 杨发权 编著



清华大学出版社



MATLAB R2016a

在电子信息工程中的仿真案例分析

◎ 杨发权 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以 MATLAB R2016a 为平台,在讲解各实现方法的过程中给出相应的实例,使得本书应用性更强,实用价值更高。

全书共 25 章,主要介绍控制系统设计应用、神经网络设计应用、数字图像处理算法分析及其应用、通信系统的实际应用和数字信号处理技术等内容。MATLAB 以其独特的魅力,成为电子信息工程领域强有力工具。

本书主要作为控制工程、通信工程、电子信息工程领域广大科研人员、学者、工程技术人员的参考用书,也可作为高等院校的教师、在读理工科学生用书。

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

MATLAB R2016a 在电子信息工程中的仿真案例分析/杨发权编著. —北京:清华大学出版社,2017
(精通 MATLAB)

ISBN 978-7-302-47251-3

I. ①M… II. ①杨… III. ①电子信息—计算机仿真—Matlab 软件 IV. ①G203-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 125955 号

责任编辑:刘 星 梅栾芳

封面设计:刘 键

责任校对:时翠兰

责任印制:刘海龙

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>, 010-62795954

印 装 者:北京泽宇印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:29

字 数:690 千字

版 次:2017 年 6 月第 1 版

印 次:2017 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:69.00 元

产品编号:074831-01

MATLAB 由一系列工具组成。这些工具方便用户使用 MATLAB 的函数和文件,其中许多工具采用的是图形用户界面,包括 MATLAB 桌面和命令窗口、历史命令窗口、编辑器和调试器、路径搜索和用户浏览帮助、工作空间、文件的浏览器。随着 MATLAB 的商业化以及软件本身的不断升级, MATLAB 的用户界面也越来越精致,更加接近 Windows 的标准界面,人机交互性更强,操作更简单。MATLAB 提供了完整的联机查询、帮助系统,极大地方便了用户的使用。

新版本的 MATLAB 可以利用 MATLAB 编译器和 C/C++ 数学库与图形库,将自己的 MATLAB 程序自动转换为独立于 MATLAB 运行的 C 和 C++ 代码,并允许用户编写可以和 MATLAB 进行交互的 C 或 C++ 语言程序。另外, MATLAB 网页服务程序还允许在 Web 应用中使用自己的 MATLAB 数学和图形程序。MATLAB 的一个重要特色就是具有一套程序扩展系统和一组称之为工具箱的特殊应用子程序。MATLAB 的应用范围非常广,包括信号和图像处理、通信系统调制与解调、控制系统设计、测试和测量、财务建模和分析以及计算生物学等众多应用领域。附加的工具箱(单独提供的专用 MATLAB 函数集)扩展了 MATLAB 环境,以解决这些应用领域内特定类型的问题。

本书具有以下特点:

(1) 结构紧凑,分析全面。本书介绍 MATLAB 的使用,深入介绍利用 MATLAB 解决实际问题,根据读者的学习习惯和内容的梯度合理安排,更加适合读者学习。

(2) 内容翔实,实用性强。书中每介绍一个概念或函数都给出相应的用法及实例进行说明,使读者能快速掌握 MATLAB 及其在实际中的应用。

(3) 图文并茂。对于程序的运行结果,本书给出了大量的图形。本书不仅注重基础知识,而且非常注重实践,让读者迅速掌握 MATLAB 的应用技能。

通过本书的学习,读者不仅可以全面掌握 MATLAB 编程和开发技术,还可以提高快速分析和解决实际问题的能力,从而能够在最短的时间内,以最好的效率解决实际建模中遇到的问题,提升工作效率。

本书主要由杨发权编写,数字图像处理部分由栾颖编写,参加编写的还有周品、曾虹雁、邓俊辉、陈添威、邓耀隆、高永崇、李嘉乐、李锦涛、梁朗星、梁志成、梁恩庆、梁仲轩、杨平和许兴杰。

本书主要作为控制工程、通信工程、电子信息工程领域广大科研人员、学者、工程技术人员的参考用书,也可作为高等院校的教师、在读理工科学生用书。

本书力求内容丰富、图文并茂、文字流畅,使之成为一本学习和使用 MATLAB 分析解决理论与工程应用方面有价值的参考书。

由于作者水平有限,错误或疏漏之处在所难免,敬请读者批评指正。

作 者

2017 年 1 月

第 1 章 最优的 FIR 滤波器设计	1
1.1 频率取样的 FIR 滤波器设计	1
1.1.1 约束条件	1
1.1.2 设计误差	1
1.2 最优的 FIR 滤波器设计	6
1.2.1 一般最优滤波器	6
1.2.2 加权最优滤波器	8
1.2.3 反对称 FIR 滤波器	9
1.2.4 微分 FIR 滤波器	11
1.3 IIR 与 FIR 数字滤波器的比较	12
第 2 章 基于神经网络的案例分析与实现	14
2.1 农作物虫情预测	14
2.1.1 基于神经网络的虫情预测原理	15
2.1.2 BP 网络设计	15
2.2 模型参考控制	18
2.2.1 模型参考控制概念	18
2.2.2 模型参考控制实例分析	18
2.3 神经网络控制的应用	22
2.3.1 机器人神经网络数字控制	22
2.3.2 神经网络的跟踪迭代学习控制	30
第 3 章 通信系统调制与解调分析与实现	35
3.1 载波提取分析	35
3.1.1 幅度键控分析	35
3.1.2 相移键控分析	35
3.1.3 频移键控分析	38
3.1.4 正交幅度调制	39
3.2 调制与解调的 Simulink 模块	41
3.2.1 DSB-AM 调制解调	41
3.2.2 SSB-AM 调制解调	43
3.2.3 DSBSC-AM 调制解调	45
3.2.4 FM 调制解调	46
3.2.5 PM 调制解调	48
第 4 章 BP 神经网络算法分析与实现	50
4.1 BP 网络模型结构	50

目录

4.2	BP 学习规则	52
4.3	BP 网络的训练函数	54
4.4	BP 网络的实现	64
4.5	BP 网络的限制	69
4.6	BP 方法的改进	70
第 5 章	飞机偏航阻尼器性能分析与设计	75
5.1	飞机偏航阻尼器设计	75
5.2	数学模型及 MATLAB 描述	75
5.3	校正前系统性能分析	77
5.3.1	计算开环特征值	77
5.3.2	求取系统的单位脉冲响应	78
5.4	校正设计	80
5.4.1	根轨迹法设计	81
5.4.2	下洗滤波器设计	83
5.5	校正后系统性能分析	84
5.5.1	观察从方向舵到偏航角速度通道的闭环脉冲响应	84
5.5.2	验证设计的下洗滤波器固定了飞机的螺旋模态问题	85
第 6 章	感知器网络算法分析与实现	87
6.1	感知器结构	87
6.2	感知器的学习	88
6.3	感知器的局部性	90
6.4	感知器的“异域”问题	92
6.5	感知器的神经网络训练函数	94
6.6	感知器网络的实现	96
6.7	线性分类问题的扩展讨论	102
6.8	线性可分限制的解决方法	104
第 7 章	FIR 滤波器结构分析与设计实现	105
7.1	FIR 滤波器的结构	105
7.1.1	直接型结构	105
7.1.2	级联型结构	105
7.1.3	频率抽样型结构	107
7.1.4	快速卷积型结构	110
7.2	线性相位 FIR 数字滤波器的特性	110
7.2.1	线性相位 FIR 滤波器幅度特性	111
7.2.2	线性相位 FIR 滤波器零点特性	116

7.3	基本窗函数法的 FIR 滤波器设计	117
7.3.1	窗函数的原理	117
7.3.2	矩形窗	119
7.3.3	汉宁窗	119
7.3.4	海明窗	121
7.3.5	布莱克曼窗	123
7.3.6	凯赛窗	124
第 8 章	图像阈值分割算法分析与应用	127
8.1	灰度阈值分割	128
8.1.1	灰度图像二值化	128
8.1.2	灰度图像多区域阈值分割	130
8.2	直方图阈值分割	132
8.2.1	直方图阈值双峰法	132
8.2.2	动态阈值法	133
8.3	最大熵阈值分割	137
8.4	分水岭法	140
第 9 章	状态方程求解分析与设计实现	143
9.1	系统数学模型	143
9.2	系统的状态变量分析	153
9.2.1	状态方程与系统函数之间的转换	153
9.2.2	状态方程的变换域符号求解分析	155
9.2.3	状态方程的时域符号求解分析	159
9.2.4	系统方程的数值求解分析	160
第 10 章	奈奎斯特稳定性判据及其应用	163
10.1	频域分析基本概念	163
10.1.1	频率特性	163
10.1.2	频率特性曲线绘制的方法	163
10.1.3	奈奎斯特稳定判据	163
10.1.4	对数频率稳定判据	164
10.1.5	开环频域性能指标	164
10.2	Bode 图	164
10.3	Nyquist 图	166
10.4	系统稳定性的判定	167
10.4.1	用 Bode 图法判断系统稳定性	167
10.4.2	用 Nyquist 曲线法判断系统稳定性	170

目录

第 11 章 基于频域滤波的图像分析与实现	173
11.1 有限冲激响应滤波	173
11.1.1 频率变换法	173
11.1.2 频率抽样法	174
11.1.3 窗函数法	175
11.1.4 频率响应矩阵	177
11.2 低通滤波	178
11.2.1 理想低通滤波器	178
11.2.2 巴特沃斯低通滤波器	178
11.2.3 高斯低通滤波器	178
11.3 高通滤波	179
11.3.1 理想高通滤波器	180
11.3.2 巴特沃斯高通滤波器	180
11.3.3 高斯高通滤波器	180
11.4 高斯带阻滤波	181
11.4.1 理想带阻滤波器	182
11.4.2 巴特沃斯带阻滤波器	182
11.4.3 高斯带阻滤波器	182
11.5 同态滤波	183
第 12 章 控制系统数学模型分析与实现	186
12.1 连续系统	186
12.1.1 微分方程	186
12.1.2 传递函数	186
12.1.3 状态空间描述	187
12.2 离散系统	188
12.2.1 差分方程	188
12.2.2 离散传递函数(Z 传递函数)	188
12.2.3 离散状态空间模型	188
12.3 数学模型的 MATLAB 相关函数	189
12.3.1 传递模型的函数	189
12.3.2 零极点模型函数	194
12.3.3 状态空间模型函数	198
第 13 章 径向基网络算法分析与实现	202
13.1 径向基网络模型	202
13.2 径向基网络的学习算法	204

13.3	广义回归神经网络	207
13.4	径向基网络的训练函数	208
13.5	径向基网络的实现	213
13.5.1	径向基函数网络在散布设计中的影响	213
13.5.2	用于模式分类的 RBF 网络	216
13.5.3	用于网络的逼近	216
13.6	基于 RBF 网络的非线性滤波	219
13.7	RBF 网络与多层感知器的比较	221
第 14 章	MIMO-OFDM 通信系统设计与实现	223
14.1	MIMO-OFDM 通信系统设计	223
14.2	MIMO 系统	223
14.3	OFDM 技术	224
14.4	MIMO-OFDM 系统	226
14.5	空间分组编码	227
14.6	STBC 的 MIMO-OFDM 系统设计	228
14.6.1	STBC 的 MIMO-OFDM 系统模型分析	228
14.6.2	STBC 的 MIMO-OFDM 系统性能分析	229
14.7	STBC 的 MIMO-OFDM 系统 MATLAB 实现	230
第 15 章	图像分割算法的 MATLAB 实现	235
15.1	区域分割	235
15.1.1	区域生长法	235
15.1.2	分裂-合并法	238
15.2	边缘分割	240
15.2.1	梯度算子	241
15.2.2	一阶微分算子	242
15.2.3	二阶微分算子	244
15.3	彩色空间分割	248
15.3.1	基于像元的分割方法	249
15.3.2	聚类算法	252
第 16 章	雷达信号、语音的模拟与实现	255
16.1	雷达信号的产生	255
16.1.1	脉冲幅度调制	255
16.1.2	线性调频信号	257
16.1.3	相位编码信号	258
16.1.4	相位编码脉内线性调频混合调制信号	259

目录

16.2	噪声和杂波的产生	261
16.2.1	随机热噪声	261
16.2.2	杂波的模拟与实现	265
16.3	小波在语音信号处理中的应用	269
16.3.1	小波在语音信号增加中的应用	270
16.3.2	小波在语音信号压缩中的应用	271
第 17 章	根轨迹分析与 MATLAB 函数实现	274
17.1	根轨迹的概述	274
17.1.1	根轨迹法的基本概念	274
17.1.2	根轨迹方程	274
17.1.3	绘制根轨迹的基本条件	275
17.2	二阶系统的根轨迹分析	275
17.3	MATLAB 根轨迹相关函数	279
17.3.1	pzmap 函数	279
17.3.2	rlocus 函数	280
17.3.3	rlocfind 函数	282
17.3.4	sgrid 函数	284
17.3.5	zgrid 函数	285
17.3.6	damp 函数	285
第 18 章	Hopfield 网络算法与应用	287
18.1	离散 Hopfield 网络	287
18.2	连续 Hopfield 网络	292
18.3	联想记忆	293
18.4	Hopfield 网络结构	297
18.5	Hopfield 网络模型学习过程	297
18.6	几个重要结论	298
18.7	Hopfield 网络的应用	298
第 19 章	图像统计分析与滤波分析的函数实现	307
19.1	图像的统计特性	307
19.1.1	图像均值	307
19.1.2	图像的标准差	308
19.1.3	图像的相关系数	308
19.1.4	图像的等高线	309
19.2	空间域滤波	310
19.2.1	图像加入噪声	310

19.2.2	中值滤波器	311
19.2.3	自适应滤波器	313
19.2.4	排序滤波	314
19.2.5	锐化滤波	315
第 20 章	自组织神经网络的设计与应用	321
20.1	常用的几种联想学习规则	321
20.1.1	内星学习规则	322
20.1.2	外星学习规则	324
20.1.3	科荷伦(Kohonen)学习规则	325
20.1.4	阈值学习规则	326
20.2	自组织竞争神经网络的结构	327
20.3	自组织竞争神经网络的设计	327
20.3.1	网络初始化	328
20.3.2	网络学习规则	328
20.3.3	网络训练	329
20.4	自组织竞争网络的应用	331
第 21 章	控制系统稳定性判定分析与实现	336
21.1	方程特征根判定稳定性	336
21.2	lienard-Chipard 判据判定系统稳定性	337
21.3	根轨迹法判定稳定性	337
21.4	传递函数极点法判断系统稳定性	341
21.5	李亚普诺夫第二法判定系统稳定性	343
21.6	频率法判定系统稳定性	344
21.6.1	Bode 图判定系统的稳定性	344
21.6.2	Nyquist 曲线判断系统稳定性	348
第 22 章	线性神经网络算法分析与应用	353
22.1	线性神经网络的模型	353
22.2	W-H 学习规则	354
22.3	线性网络的训练函数	356
22.4	线性神经网络的构建	358
22.5	网络训练	361
22.6	线性网络的实现	364
22.7	线性网络的局限性	369
22.8	系统辨识	372

目录

第 23 章 信源编译码 MATLAB 模块实现	380
23.1 信源编译码	380
23.1.1 信源编码	380
23.1.2 信源译码	383
23.2 MATLAB-Simulink 通信系统仿真实例	385
23.2.1 MATLAB 编码实例	385
23.2.2 Simulink 信道实例	391
23.2.3 MATLAB-Simulink 信道实例	396
第 24 章 数字基带调制解调 Simulink 模块实现	400
24.1 数字幅度调制解调	400
24.1.1 数字幅度调制模块	400
24.1.2 数字幅度解调模块	402
24.2 数字频率调制解调	404
24.2.1 数字频率调制模块	404
24.2.2 数字频率解调模块	405
24.3 数字相位调制解调	406
24.3.1 数字相位调制模块	406
24.3.2 数字相位解调模块	408
24.4 调制与解调的 Simulink 应用	410
第 25 章 功率谱估计方法分析与设计实现	418
25.1 功率谱估计	418
25.1.1 经典功率谱估计法	418
25.1.2 改进的直接法估计	423
25.1.3 AR 模型功率谱估计	431
25.1.4 部分现代谱估计的非参数方法	437
25.2 MUSIC 法功率谱估计	442
附录 A MATLAB R2016a 安装说明	445
参考文献	451

1.1 频率取样的 FIR 滤波器设计

工程上,常给定频域上的技术指标,所以采用频域设计更直接。

1.1.1 约束条件

为了设计线性相位的 FIR 滤波器,采样值 $H(k)$ 要满足一定的约束条件。

具有线性相位的 FIR 滤波器,其单位采样响应 $h(n)$ 是实序列,且满足 $h(n) = \pm h(N-1-n)$,由此得到的幅频和相频特性,就是对 $H(k)$ 的约束。

例如,要设计第一类线性相位 FIR 滤波器,即 N 为奇数, $h(n)$ 偶对称,则

$$H(e^{j\omega}) = H(\omega)e^{-j\omega(\frac{N-1}{2})} \quad (1-1)$$

幅度函数 $H(\omega)$ 应具有偶对称性:

$$H(\omega) = H(2\pi - \omega) \quad (1-2)$$

则 $H_k = -H_{N-k}$ (满足对称性)。

同样,若要设计第二种线性相位 FIR 滤波器, N 为偶数, $h(n)$ 偶对称,相位关系同上,由于幅度特性是奇对称的,有

$$H(\omega) = -H(2\pi - \omega) \quad (1-3)$$

因此, H_k 也必须满足对称要求:

$$H_k = -H_{N-k} \quad (1-4)$$

其他两种线性相位 FIR 数字滤波器的设计,同样也要满足幅度与相位的约束条件。

1.1.2 设计误差

设计步骤: $\theta_k, H_k \Rightarrow H(k) \Rightarrow H(e^{j\omega})$

推导如下:

因

$$\begin{aligned} H(z) &= \sum_{n=0}^{N-1} h(n) z^{-n} = \sum_{n=0}^{N-1} \left[\frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} H(k) e^{j2\pi k n / N} \right] z^{-n} \\ &= \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} H(k) \left[\sum_{n=0}^{N-1} e^{j2\pi k n / N} z^{-n} \right] = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} H(k) \frac{1 - z^{-N}}{1 - e^{j2\pi k / N} z^{-1}} \end{aligned} \quad (1-5)$$

令 $W = e^{j2\pi k / N}$, 则

$$H(z) = \frac{1 - z^{-N}}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \frac{H(k)}{1 - W^k z^{-1}} \quad (1-6)$$

单位圆上的频响为

$$\begin{aligned} H(e^{j\omega}) &= \frac{1 - e^{-j\omega N}}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \frac{H(k)}{1 - e^{j2\pi k / N} e^{-j\omega}} \\ &= \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \frac{H(k) \sin(\omega N / 2)}{\sin[(\omega - 2\pi k N) / 2]} e^{-j(\frac{N-1}{2}\omega + \frac{k\pi}{N})} = \sum_{k=0}^{N-1} H(k) \phi_k(e^{j\omega}) \end{aligned} \quad (1-7)$$

这是一个内插公式, 式中

$$\phi_k(e^{j\omega}) = \frac{1}{N} \frac{\sin(\omega N / 2)}{\sin[(\omega - 2\pi k N) / 2]} e^{-j(\frac{N-1}{2}\omega + \frac{k\pi}{N})} \quad (1-8)$$

为内插函数。

令

$$\omega = \frac{2\pi}{N} i \quad (i = 0, 1, \dots, N-1) \quad (1-9)$$

则

$$\phi_k(e^{j\frac{2\pi}{N}i}) = \begin{cases} 1, & k = i \\ 0, & k \neq i \end{cases} \quad (i = 1, 2, \dots, N-1) \quad (1-10)$$

【例 1-1】 频率采样技术: 低通, 最优法 T1 & T2。

其实现的 MATLAB 程序代码如下:

```
>> clear all;
wp = 0.2 * pi; ws = 0.3 * pi;
Rp = 0.25; Rs = 50;
T1 = 0.5925; Ts = 0.1099;
M = 60; alpha = (M-1)/2; l = 0:M-1; w1 = (2 * pi/M) * l;
Hrs = [ones(1,7), T1, 0.11, zeros(1,43), 0.11, T1, ones(1,6)];
Hdr = [1 1 0 0]; wdl = [0 0.2 0.3 1];
k1 = 0:floor((M-1)/2); k2 = floor((M-1)/2) + 1:M-1;
angH = [-alpha * (2 * pi)/M * k1, alpha * (2 * pi)/M * (M-k2)];
H = Hrs. * exp(j * angH);
h = real(ifft(H,M));
[db, mag, pha, grd, w] = freqz_m(h,1);
[Hr, ww, a, L] = hr_type2(h);
subplot(2,2,1); plot(w1(1:31)/pi, Hrs(1:31), 'o', wdl, Hdr);
axis([0,1,-0.1,1.1]); title('低通:M=60, T1=0.59, T2=0.109');
xlabel(''); ylabel('Hr(k)');
set(gca, 'XTickMode', 'manual', 'XTick', [0,0.2,0.3,1]);
set(gca, 'YTickMode', 'manual', 'YTick', [0,0.059,0.109,1]);
```

```

grid on;
subplot(2,2,2);stem(1,h);axis([-1,M,-0.1,0.3]);
title('脉冲响应');ylabel('h(n)');text(M+1,-0.1,'n');
subplot(2,2,3);plot(ww/pi,Hr,wl(1:31)/pi,Hrs(1:31),'o');
axis([0,1,-0.1,1.1]);title('振幅响应');
xlabel('频率/pi');ylabel('Hr(w)');
set(gca,'XTickMode','manual','XTick',[0,0.2,0.3,1]);
set(gca,'YTickMode','manual','YTick',[0,0.059,0.109,1]);
grid on;
subplot(2,2,4);plot(w/pi,db);
axis([0 1 -100 10]);
grid on;title('幅度响应');
xlabel('频率/pi');ylabel('分贝数');
set(gca,'XTickMode','manual','XTick',[0,0.2,0.3,1]);
set(gca,'YTickMode','manual','YTick',[-63;0]);
set(gca,'YTickLabelMode','manual','YTickLabels',['63';'0']);

```

运行程序,效果如图 1-1 所示。

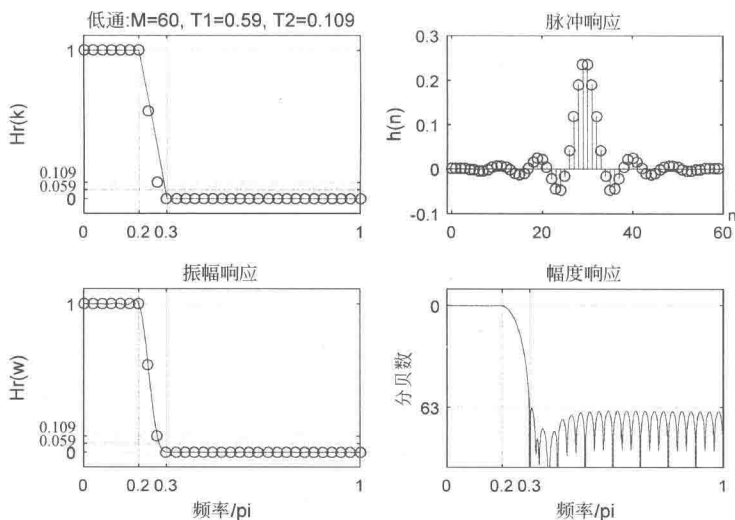


图 1-1 例 1-1 运行效果图

【例 1-2】 频率采样技术：高通，最优法 T1。

其实现的 MATLAB 程序代码如下：

```

>> clear all;
wp = 0.8 * pi; ws = 0.6 * pi;
Rp = 1; As = 50;
T1 = 0.1095; T2 = 0.598;
M = 33; alpha = (M-1)/2; l = 0:M-1; wl = (2 * pi/M) * l;
Hrs = [zeros(1,11),T1,T2,ones(1,8),T2,T1,zeros(1,10)];
Hdr = [0 0 1 1];wdl = [0 0.6 0.8 1];
k1 = 0:floor((M-1)/2);k2 = floor((M-1)/2)+1:M-1;
angH = [-alpha * (2 * pi)/M * k1,alpha * (2 * pi)/M * (M-k2)];
H = Hrs. * exp(j * angH);
h = real(ifft(H,M));
[db,mag,pha,grd,w] = freqz_m(h,1);

```

```

[Hr,ww,a,L]=hr_type1(h);
subplot(1,1,1)
subplot(2,2,1);plot(wl(1:17)/pi,Hrs(1:17),'o',wdl,Hdr);
axis([0,1,-0.1,1.1]);title('高通:M=33, T1=0.1095, T2=0.598');
xlabel(''); ylabel('Hr(k)');
set(gca,'XTickMode','manual','XTick',[0;.6;.8;1]);
set(gca,'XTickLabelMode','manual','XTickLabels',{'0';'.6';'.8';'1'});
set(gca,'YTickMode','manual','YTick',[0,0.109,0.59,1]);
grid on;
subplot(2,2,2);stem(1,h);axis([-1,M,-0.4,0.4]);
title('脉冲响应');ylabel('h(n)');text(M+1,-0.4,'n');
subplot(2,2,3);plot(ww/pi,Hr,wl(1:17)/pi,Hrs(1:17),'o');
axis([0,1,-0.1,1.1]);title('振幅响应');
xlabel('频率/pi');ylabel('Hr(w)');
set(gca,'XTickMode','manual','XTick',[0;.6;.8;1]);
set(gca,'XTickLabelMode','manual','XTickLabels',{'0';'.6';'.8';'1'});
set(gca,'YTickMode','manual','YTick',[0,0.109,0.59,1]);
grid on;
subplot(2,2,4);plot(w/pi,db);
axis([0 1 -100 10]);
grid on;title('幅度响应');
xlabel('频率/pi');ylabel('分贝数');
set(gca,'XTickMode','manual','XTick',[0;.6;.8;1]);
set(gca,'XTickLabelMode','manual','XTickLabels',{'0';'.6';'.8';'1'});
set(gca,'YTickMode','manual','YTick',[-50;0]);
set(gca,'YTickLabelMode','manual','YTickLabels',{'50';'0'});

```

运行程序,效果如图 1-2 所示。

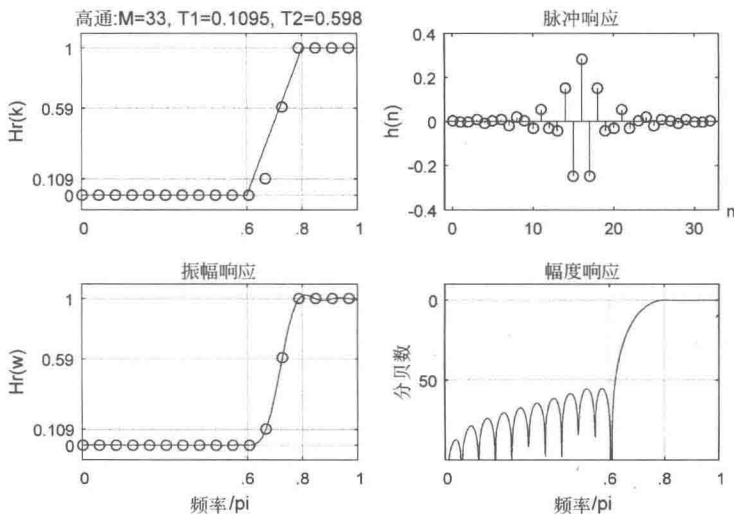


图 1-2 例 1-2 运行效果图

【例 1-3】 频率采样技术: 带通, 最优法 T1&T2。

其实现的 MATLAB 程序代码如下:

```

>> clear all;
wpl = 0.35 * pi; wsl = 0.2 * pi;

```



```

wp2=0.65*pi; ws2=0.8*pi;
Rp=1; Rs=60;
T1=0.109021; T2=0.59417456;
M=40; alpha=(M-1)/2; l=0:M-1; w1=(2*pi/M)*1;
Hrs=[ones(1,5),T1,T2,zeros(1,7),T2,T1,ones(1,9),T1,T2,ones(1,7),T2,T1,zeros(1,4)];
Hdr=[0 0 1 1 0 0];wdl=[0 0.2 0.35 0.65 0.8 1];
k1=0:floor((M-1)/2);k2=floor((M-1)/2)+1:M-1;
angH=[-alpha*(2*pi)/M*k1,alpha*(2*pi)/M*(M-k2)];
H=Hrs.*exp(j*angH);
h=real(ifft(H,M));
[db,mag,pha,grd,w]=freqz_m(h,1);
[Hr,ww,a,L]=hr_type2(h);
subplot(2,2,1);plot(w1(1:21)/pi,Hrs(1:21),'o',wdl,Hdr);
axis([0,1,-0.1,1.1]);title('低通:M=40, T1=0.5941, T2=0.109');
xlabel(""); ylabel('Hr(k)');
set(gca,'XTickMode','manual','XTick',[0,0.2,0.35,0.65,0.8,1]);
set(gca,'YTickMode','manual','YTick',[0,0.059,0.109,1]);
grid on;
subplot(2,2,2);stem(l,h);axis([-1,M,-0.4,0.4]);
title('脉冲响应');ylabel('h(n)');text(M+1,-0.4,'n');
subplot(2,2,3);plot(ww/pi,Hr,w1(1:21)/pi,Hrs(1:21),'o');
axis([0,1,-0.1,1.1]);title('振幅响应');
xlabel('频率/pi');ylabel('Hr(w)');
set(gca,'XTickMode','manual','XTick',[0,0.2,0.35,0.65,0.8,1]);
set(gca,'YTickMode','manual','YTick',[0,0.059,0.109,1]);
grid on;
subplot(2,2,4);plot(w/pi,db);
axis([0 1 -100 10]);
grid on;title('幅度响应');
xlabel('频率/pi');ylabel('分贝数');
set(gca,'XTickMode','manual','XTick',[0,0.2,0.35,0.65,0.8,1]);
set(gca,'YTickMode','manual','YTick',[-60;0]);
set(gca,'YTickLabelMode','manual','YTickLabels',{'60';'0'});

```

运行程序,输出如图 1-3 所示。

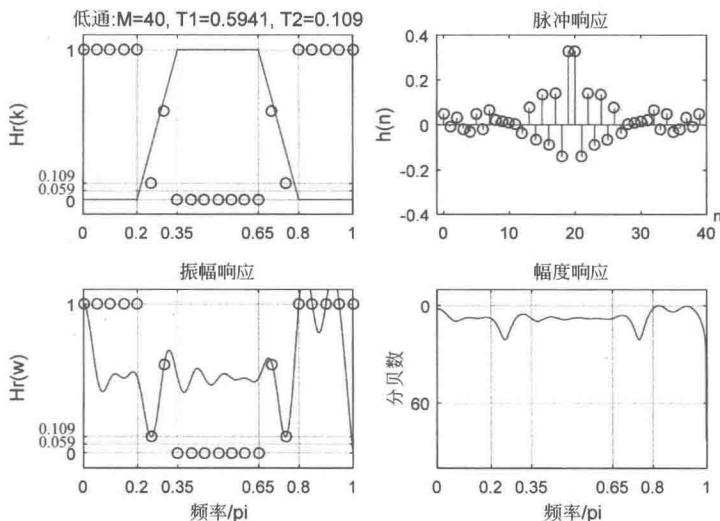


图 1-3 例 1-3 运行效果图