

Design of Virtual Experiment Teaching System for “Signal and System” Course Based on MATLAB GUI

Guangyan Wang Qian Sun Baoyun Yu

School of Information Engineering, Tianjin University of Commerce, Tianjin, 300134, China

Abstract

“Signal and system” course is a compulsory course for electronic information majors, focusing on the engineering application of mathematical knowledge in the field of electricity. The course contains plenty of knowledge points and formulas that is comprehensive, theoretical and abstract. In order to enable students to understand the relevant knowledge points in the course more intuitively and thoroughly, this paper completes the design of “signal and system” course experiment system based on MATLAB GUI technology. The whole “signal and system” course experiment software system consists of 14 interfaces. They are signal analysis interface, system analysis interface, main interface, exit interface and ten functional sub interfaces. The simulation results show that the interface is highly visible and easy to operate. The abstract signal processing and transformation process can be materialized, which is helpful to improve students’ interest and enthusiasm in course learning. Simultaneously, the system can assist the student to get a better learning effect.

Keywords

signal and system; experimental system; MATLAB GUI

基于 MATLAB GUI 的“信号与系统”实验系统设计

王光艳 孙茜 于宝云

天津商业大学信息工程学院, 中国·天津 300134

摘要

“信号与系统”课程是电子信息类专业的必修课程,侧重于数学知识在电学领域的工程应用。该课程内容涵盖全面、理论性强、概念抽象、知识点和公式繁多。为使学生能够相对直观透彻地理解课程中的相关知识点,论文基于MATLAB GUI技术,完成“信号与系统”课程实验系统的设计。整个“信号与系统”课程实验软件系统由10个功能子界面,以及信号分析界面、系统分析界面、主界面和退出界面共14个界面组成。测试结果表明,界面可视性强、操作简便,能够把抽象的信号处理和变换过程具体化,有助于提高学生的学习兴趣 and 积极性,改善学习效果。

关键词

信号与系统; 实验系统; MATLAB GUI

1 引言

“信号与系统”课程是高等学校通信工程、电子信息等电工电子类专业的主修课程,也是一门集数学方法、专业理论和工程应用为一体的课程。“信号与系统”课程主要内容包连续时间系统的时域分析、傅里叶变换、拉普拉斯变换、滤波、调制与抽样、信号的矢量空间分析、离散时间系统的时域分析、 z 变换、离散傅里叶变换、模拟与数字滤波器、反馈系统以及状态变量等内容^[1]。

目前的教学模式基本都是以理论教学为主,实验教学为

【作者简介】王光艳(1975-),女,博士,副教授,从事智能信号处理、数字音频信号处理技术及应用等研究。

辅。传统实验方式多采用实验箱进行相关内容的硬件实验,实验条件要求严苛,难以调试出理论上最优的实验结果等缺点。近年来,人们多采用基于MATLAB的仿真实验形式^[2-5],可以直观显示理论、性质及相关公式的计算结果,给出波形仿真结果,能极大程度上帮助学生理解课程知识内容。但是,由于“信号与系统”为专业基础课,开学学期相对较早,往往与MATLAB同学期开课,由于学习进度差异,学生往往对MATLAB程序开发和调试能力欠缺,不能达到较好的实验程序设计和调试效果。因此,面向于“信号与系统”课程初学者,开发一套不依赖于MATLAB软件编程和调试能力的虚拟实验系统,是非常必要的。

MATLAB GUI是由菜单、光标、命令按钮、工具栏、按键等操作栏构成的操作界面,主要利用其强大的仿真功能和设计技术对想要完成的理论实验进行设计,并加以调试,设计完成的实验不仅可表现难以理解的抽象概念知识图形也可完成数据多种形式运用,并且又可以为实验教学提供一个友好的虚拟环境^[6]。论文通过整合“信号与系统”的MATLAB实验程序,基于MATLAB GUI技术,完成一套面向课程初学者的基础实验系统设计。使用者可以通过点击相应实验系统界面按钮,或者输入相关参数,自由方便地实现课程相关理论内容的结果显示。

2 课程实验系统方案设计

2.1 系统开发工具

为了增加更多的互动性,在设计中需增加更多的参数输入、结果输出、图形仿真输出等,这些都能与原函数或图像进行对比与分析。在这基础之上,还要求图形用户界面要友好、操作简单、可读性强、容易修改。之所以选择MATLAB中具有可视化编程能力的图形界面GUI,就是因为其提供的工具与编程经验结合起来,再在各级界面利用向导编辑器GUIDE中提供的控件,利用图标及其对应的功能来设计对应的友好的交互式界面。

设计时,通过回调函数编写来实现函数代码,再通过执行函数代码来完成图形界面中控件操作,把函数代码放在M文件中,当使用该控件时,系统会自动执行文件或往下编写内容,将子菜单界面所保存的文件名与主界面的菜单名关联起来,完成相应的功能,从而实现整个软件设计。

2.2 系统总体规划

系统采用主界面调用多个子界面的方式,每个子界面均为独立界面,每个界面实现某个知识点的实验或功能。结合教学内容,将实验系统分为信号分析和系统分析两部分。整个系统以欢迎主界面开始,通过欢迎界面的选项引导,使用者进入实验的信号分析部分或系统分析部分,在信号分析或系统分析的引导界面中,使用者点击不同的引导按钮以进入不同的实验操作界面。所设计的“信号与系统”实验系统的组成结构如图1所示。

3 实验子界面功能规划

在所有实验中,首先分为信号分析与系统分析,再根据实验内容的不同将其分为10个实验子系统,现就各个子系统进行归纳与设计思路简单叙述。

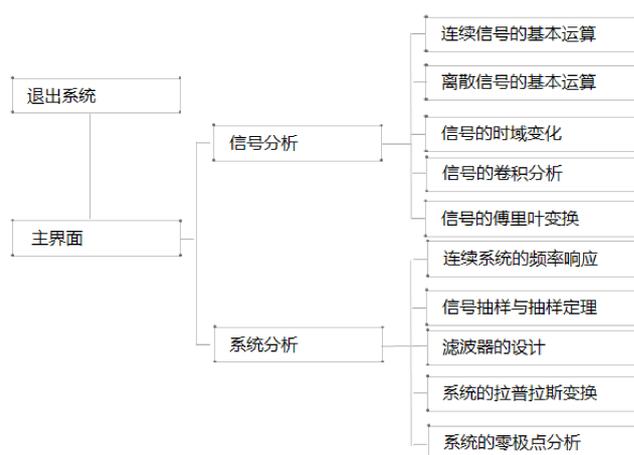


图1 实验系统的组成结构图

3.1 连续信号的基本运算

这个子系统由基本信号产生和正弦信号基本运算两个实验部分组成。信号产生部分可通过输入不同相关的参数,来实现坐标轴上基本信号的显示,操作者可以更改“幅度”“相位”“周期”和“占空比”等参数。在显示图形时还没有能够完成图形保持、网格线添加的小功能键。第二部分正弦信号的运算,利用3个并列的坐标轴显示 $f_1(t)$ 、 $f_2(t)$ 、 $f_1(t)+f_2(t)$ (或者 $f_1(t)\times f_2(t)$)。用到的正弦信号,操作者也可修改参数,实现不同参数下信号的对比,这样可使学生可以直观地了解运算的过程。同时子系统还配有“HELP窗口”。可以指导使用者正确认识和使用各个模块。实验界面的程序结构如图2所示。

3.2 离散信号的基本运算

对应于离散信号的产生和运算,同样也有产生和运算界面。在信号产生部分可以产生“冲激序列”“阶跃序列”“矩形序列”“正弦序列”“指数序列”,而后4个序列都可改变参数以进行变化图形得到新的图形。运算部分是进行信号的位移和反转变化。位移量和幅值参数都可以任意改变,经过变化后的图形可以进行对比,实验结果直观且清晰。本实验界面设计思路和程序结构如图3所示。

3.3 信号的时域变化

本实验可验证信号时域移位、尺度和反折的变化,移位和尺度的变换量可以输入的参数调整,来决定位移量多少和尺度的扩展和收缩,根据新得到的图像与时域变化前后的图像进行比较,观察差别进而得到变化规律。实验界面设计思路和程序结构如图4所示。

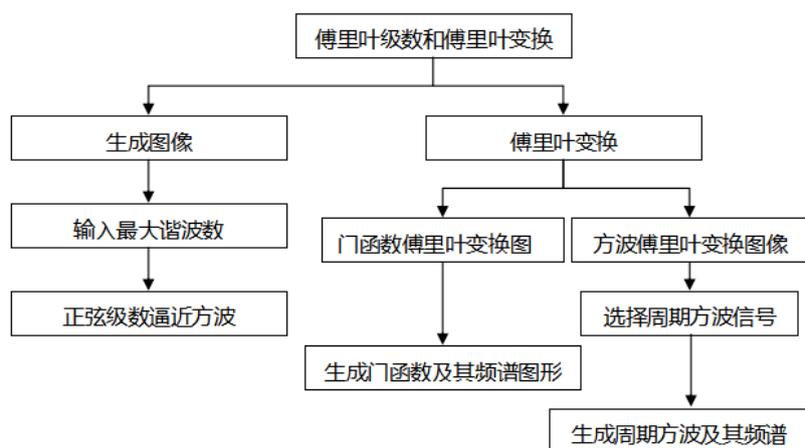


图 6 信号的傅里叶变换程序结构图

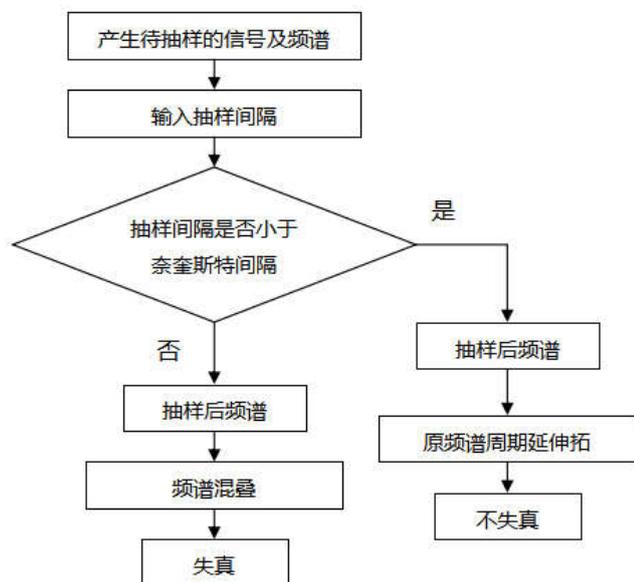


图 7 信号抽样与抽样定理程序结构图

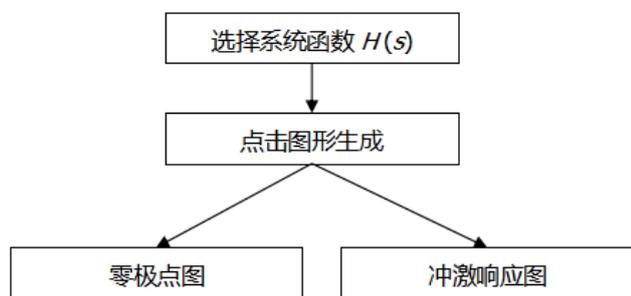


图 8 系统的拉普拉斯变换程序结构图

3.9 Z 变换及零极点分析

Z 变换在离散系统的地位与作用类似于拉普拉斯变换在连续系统中的地位，所进行的实验是离散系统的系统函数与时域特性关系，可根据系统函数零极点的不同来对系统函数

进行选择。从而显示系统零极点图和系统冲激响应。程序结构同图 8，将系统函数对应修改为 $H(z)$ 。

3.10 滤波器的设计

滤波器是使用最为广泛的一种线性系统也是处理信号的基础。模拟低通滤波器的设计，主要包括巴特沃斯滤波器，切比雪夫滤波器和椭圆滤波器。滤波器是用来完成信号滤波处理功能的，用有限精度算法实现的离散时间非线性系统。

该界面中，设计了低通 FIR 滤波器、高通 FIR 滤波器和巴特沃斯滤波器。程序设计结构图如图 9 所示。

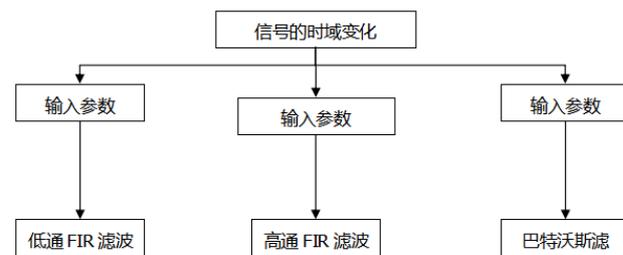


图 9 滤波器设计界面程序结构图

4 系统实现与功能测试

本次设计采用主界面调用子界面的方式，共有 1 个主界面、2 个一级子界面、10 个二级子界面和 1 个退出界面。

4.1 系统引导和退出界面

图 10 是系统的主界面，界面美观简洁，使用方便。点击对应按钮，则可切换到图 11 (a) 和 (b) 所示分别为“信号分析”和“系统分析”实验所包含的实验内容，左下角为退出按钮，可以进入到退出界面，如图 12 所示。



图 10 系统主界面



(a) 信号分析界面



(b) 系统分析界面

图 11 实验引导界面



图 12 退出界面

如果在完成实验之后想要退出系统，只需要点击各个实验界面右下角的 **BACK** 按钮，返回到信号分析界面或系统分析界面，再点击界面左下角的 **BACK** 返回到系统的主界面，点击主界面左下角的 **EXIT** 按钮，跳转到图 12 所示的退出界面，点击“是”退出 GUI 界面，点击“否”回到主界面。

4.2 各功能子界面仿真测试

如前所述，本实验系统的核心内容是根据课程内容所划分的 10 个功能子界面，分别为：连续信号的基本运算、离散信号的基本运算、信号的时域变化、信号的卷积分析、信号的傅里叶变换、连续系统的频率响应、信号抽样与抽样定理、系统的拉普拉斯变换、系统的零极点分析和滤波器的设计。进入实验界面时，只需点击信号分析界面或系统分析界面上的相应按钮即可跳转到该实验的界面中进行该实验。

下面主要对部分功能子界面进行仿真测试，图 13 所示为连续信号的时域变换界面，这个界面主要是完成连续信号的，反褶，移位，尺度的变化。在这个模块中位移和尺度可以输入相关的参数，产生新的图像后再与原图进行对比，可以在静态文本框中输入参数，来调整尺度变换量和位移量。图 13 中尺度变化量为 2，移位量为 3。

图 14 所示为离散信号产生和运算界面，此界面可以显示冲激序列、阶跃序列、正弦序列和指数序列等常见序列信号的波形，可以通过输入位移量、幅值等参数，实现序列移位等波形变换。

图 15 所示为信号的傅里叶变换部分的界面，其中，傅里叶级数模块主要展示了三角形数傅里叶级数对方波的逼近，如图 16 所示。傅里叶变换部分是门函数和周期方波的傅里叶变换，可以选择不同的脉宽和周期，实现方波信号的波形变换，进而对比起频谱图的变化，图 17 所示为脉宽为 2s，周期为 10s 的方波信号的时域波形和傅里叶变换。

图 18 所示为连续时间系统的频率响应界面，以三阶系统为例，在文本框里输入系统函数的相关参数后，则可实现对应幅频特性和相频特性的图形显示。图 19 所示为几种常用系统函数的 Z 变换及零极点图显示界面。连续时间系统的拉普拉斯变换，具有与图 19 类似的界面布局 and 结果显示。

图 20 为滤波器设计界面，能够实现低通 FIR 滤波器、高通 FIR 滤波器和巴特沃斯滤波器设计，通过输入不同的参数得到不同的滤波器传输特性，图中图形框显示为巴特沃斯滤波器的设计结果。

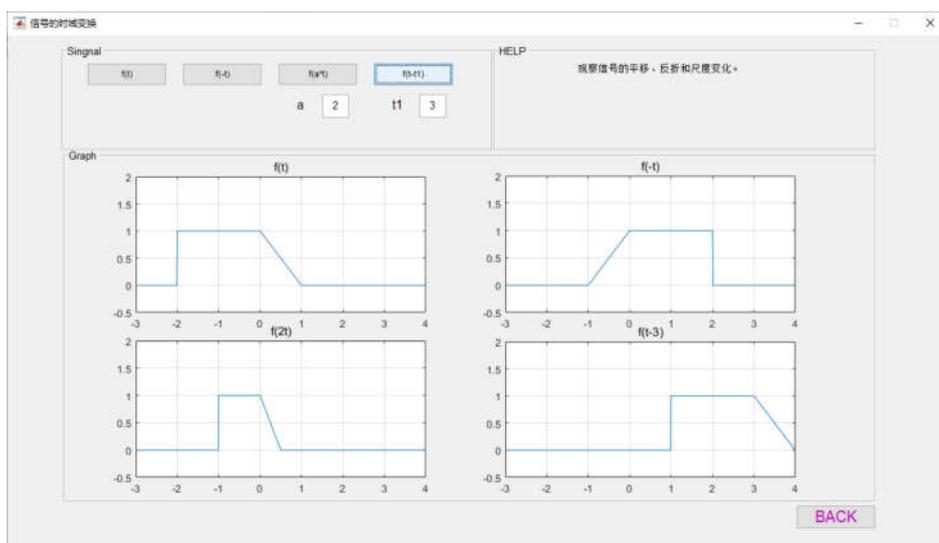


图 13 信号的时域变化界面

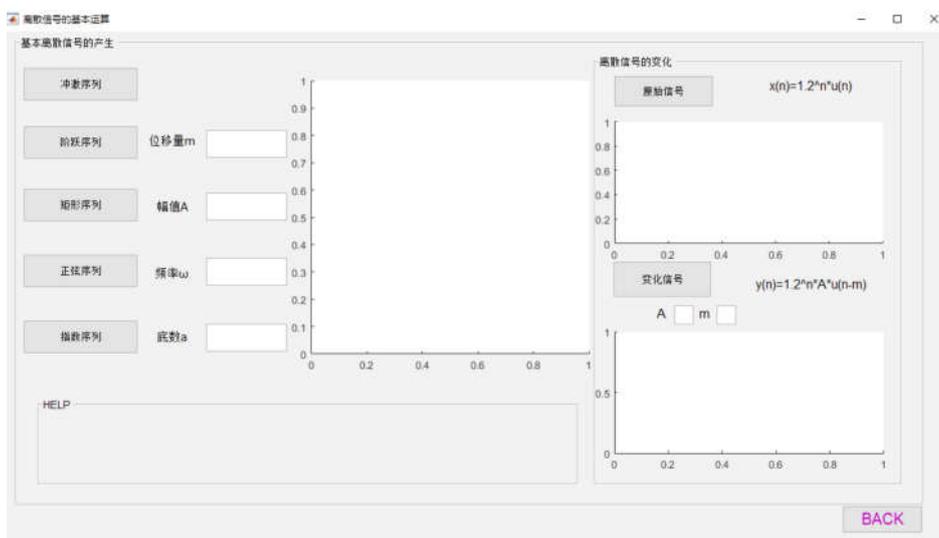


图 14 离散信号的基本运算

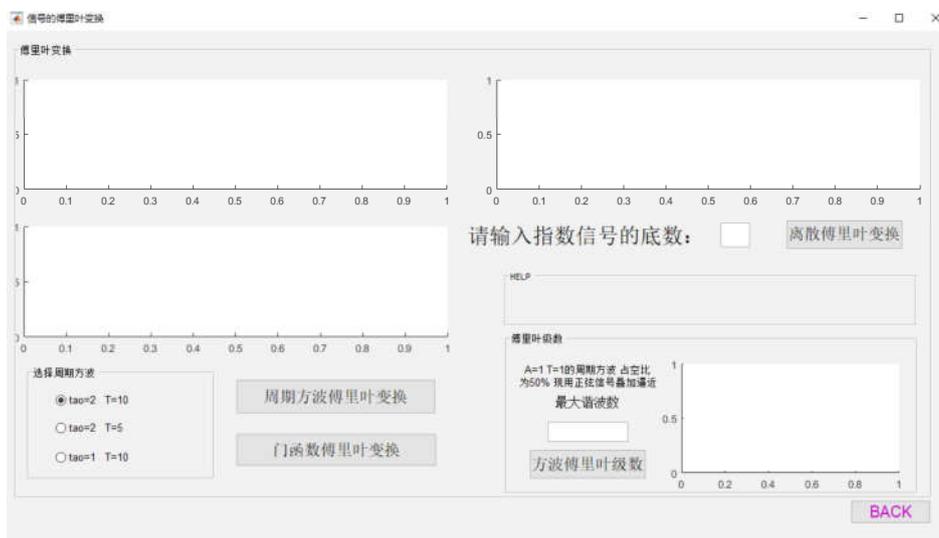


图 15 信号的傅里叶变换界面

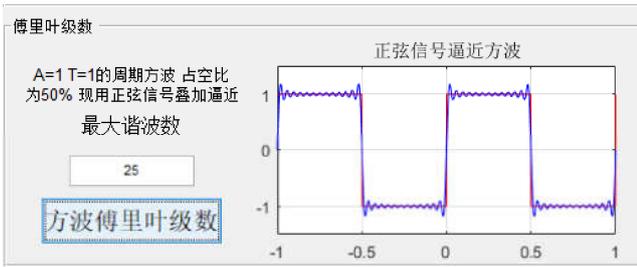


图 16 正弦级数逼近方波

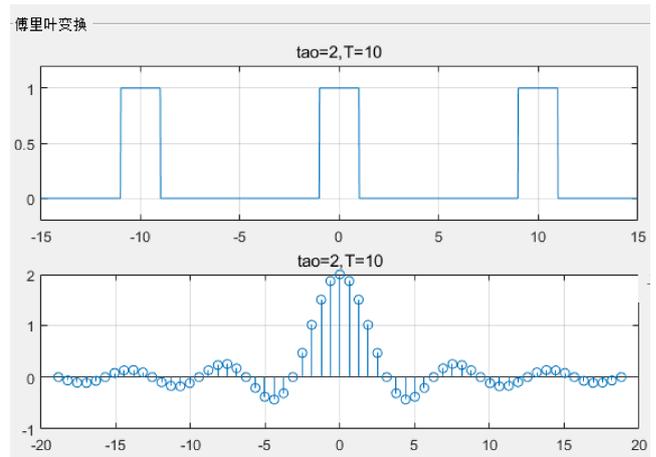


图 17 周期方波信号的傅里叶变换

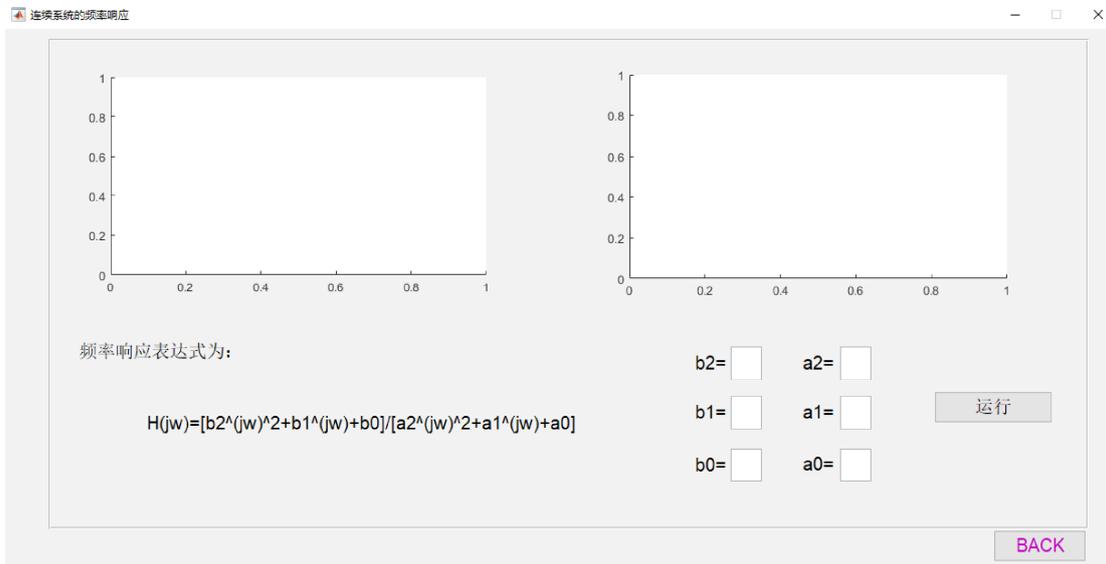


图 18 连续信号的频率响应界面

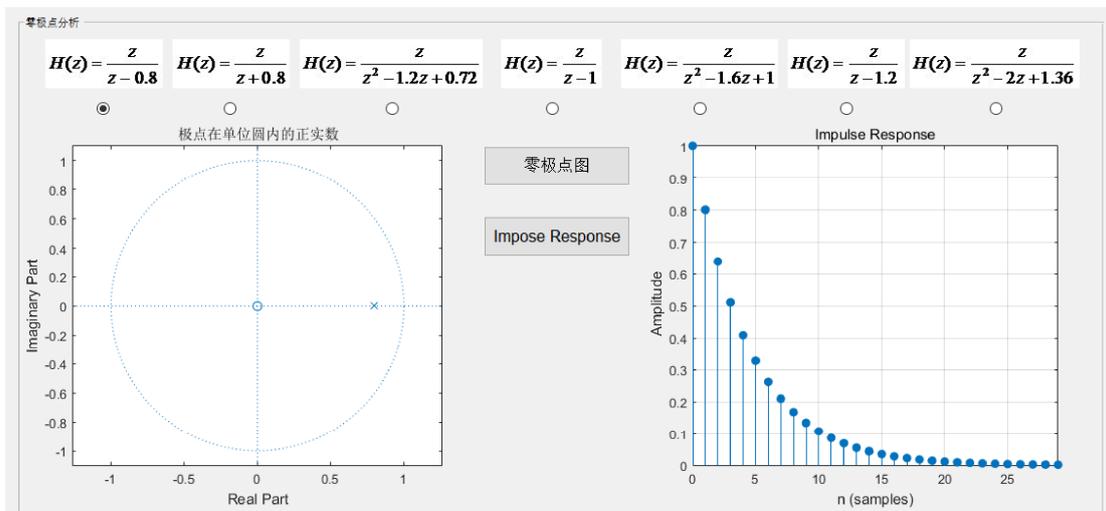


图 19 离散系统的零极点分析图

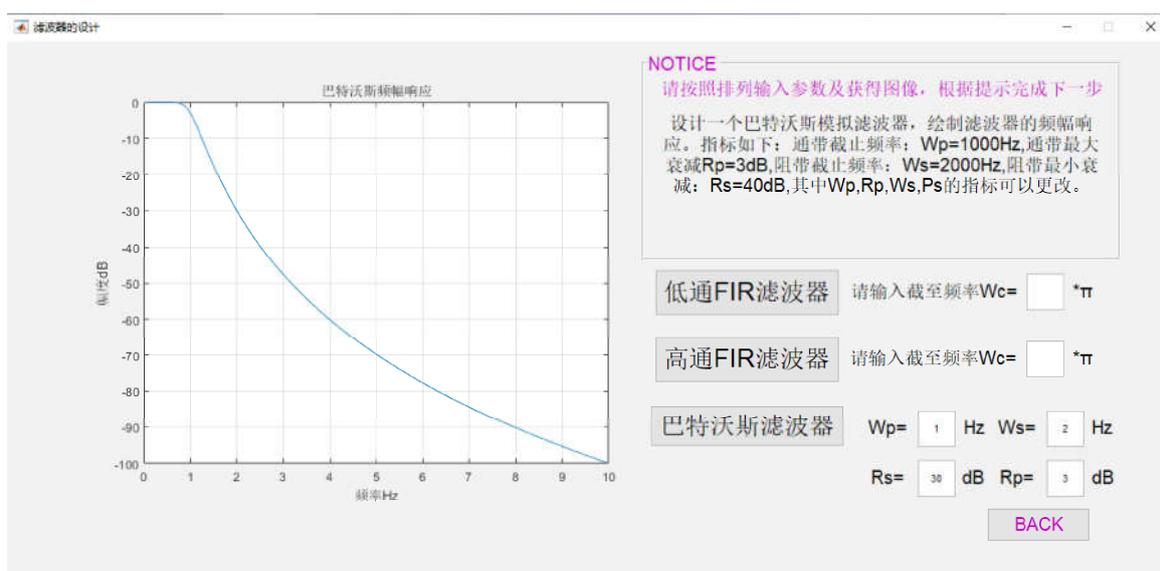


图 20 巴特沃斯滤波器图像界面

5 结语

近年来,“信号与系统”课程越来越多的作为电类专业的一门很重要的基础课程,但由于该课程具有理论性强、概念抽象、难以理解、公式推导复杂、计算繁琐、实验内容丰富等特点,从而容易使学生感到乏味,导致理解课程知识产生一定的困难。因此,为使学生更容易掌握信号与系统课程的基本理论,论文利用了 MATLAB 的图形用户界面(GUI),设计出可视化图形用户界面,这些界面可用于进行“信号与系统”课程中基本信号的产生和计算、时域变换、卷积、傅里叶变换、拉普拉斯变换、Z 变换、滤波器等实验,使各个基本概念和基本方法通过图形和数据的结合更加形象化,可极大程度上帮助学生理解课程内容及培养学生独立思考的能力。

该系统操作简单方便、实验效率高、实验内容丰富,能满足初学者对于“信号与系统”课程主要理论内容的验证和学习要求。同时,该系统具有二次开发功能,学生在具体学

习和使用过程中,可以结合“信号与系统”和 MATLAB 技术两门课程的学习进度和掌握情况,随时扩展或补充相关功能,进一步丰富实验内容,学以致用,提升学习兴趣和学习效果。

参考文献

- [1] 郑君里,应启珩,杨为理.信号与系统引论[M].北京:高等教育出版社,2009.
- [2] 陈怀琛,吴大正,高西全.MATLAB 及在电子信息课程中的应用[M].北京:电子工业出版社,2002.
- [3] 李忠广.基于MATLAB《信号与系统》课程实验设计[J].电子技术,2011,38(5):54-56.
- [4] 李蕴华.基于MATLAB的《信号与系统》频域分析[J].武汉科技学院学报,2006(5):21-23.
- [5] 谷源涛,应启珩,郑君里.信号与系统:MATLAB综合实验[M].北京:高等教育出版社,2008.
- [6] 陈晔光,毛涛涛,王正林,等.精通MATLAB GUI设计[M].北京:电子工业出版社,2000.