

LabVIEW在信号与系统虚拟仿真实验教学中的应用

毛小燕, 叶 华, 杨 智, 齐庭庭, 王国栋, 曹英杰

湖南文理学院计算机与电气工程学院, 湖南 常德

收稿日期: 2024年9月11日; 录用日期: 2024年11月7日; 发布日期: 2024年11月14日

摘 要

随着计算机技术及仿真工具软件的快速发展, 虚拟实验已成为实验教学的重要模式, 尤其在信号与系统这一复杂而抽象的学科中, 虚拟仿真实验更是展现出了其独特的优势。本文旨在探讨信号与系统虚拟仿真实验的设计、实现及其在教学中的应用效果, 通过分析传统实验教学的局限性, 提出基于LabVIEW软件的滤波器虚拟实验案例的设计与实现过程, 首先通过信号生成函数分别输出正弦波和噪声信号, 然后将噪声与正弦波叠加, 再通过滤波器从叠加有噪声的信号中滤出正弦波信号。最后利用FFT函数分析正弦波的频谱特性。仿真结果表明: 基于LabVIEW软件实现的滤波器能够帮助学生分析理解其滤波特性, 满足信号与系统实验教学的需求。

关键词

LabVIEW, 信号与系统, 虚拟仿真

Application of LabVIEW in Virtual Simulation Experiment Teaching of Signals and Systems

Xiaoyan Mao, Hua Ye, Zhi Yang, Tingting Qi, Guodong Wang, Yingjie Cao

College of Computer and Electrical Engineering, Hunan University of Arts and Science, Changde Hunan

Received: Sep. 11th, 2024; accepted: Nov. 7th, 2024; published: Nov. 14th, 2024

Abstract

With the rapid development of computer technology and simulation tool software, virtual experiments

文章引用: 毛小燕, 叶华, 杨智, 齐庭庭, 王国栋, 曹英杰. LabVIEW 在信号与系统虚拟仿真实验教学中的应用[J]. 职业教育发展, 2024, 13(6): 2134-2141. DOI: 10.12677/ve.2024.136329

have become an important mode of experimental teaching, especially in the complex and abstract discipline of signals and systems, where virtual simulation experiments have demonstrated their unique advantages. This article aims to explore the design and implementation of virtual simulation experiments for signals and systems, as well as their application effects in teaching. By analyzing the limitations of traditional experimental teaching, a filter virtual experiment case based on LabVIEW software is proposed for the design and implementation process. Firstly, a sine wave and noise signal are output separately through a signal generation function. Then, the noise is superimposed on the sine wave, and the sine wave signal is filtered out from the superimposed noisy signal through a filter. Finally, the FFT function is used to analyze the spectral characteristics of the sine wave. The simulation results show that the filter implemented based on LabVIEW software can help students analyze and understand its filtering characteristics, meeting the needs of signal and system experimental teaching.

Keywords

LabVIEW, Signals and Systems, Virtual Simulation

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

2016 年我国正式成为《华盛顿协议》的一员,标志着我国工程教育质量得到国际认可,并以国际工程教育的标准培养人才,对提升与各国之间的竞争力具有重大意义[1]。

为务实推进“以学生为中心,以成果为导向,形成持续改进机制”的 OBE 理念教学及工程教育专业认证[2],贯彻教育部从“教得好”向“学得好”转变的课堂改革导向,我院自动化专业的教学从学习成果出发,以学生的知识、能力为主导,强调学生综合实践能力的培养。

信号与系统作为自动化、电子信息及通信工程等本科专业的必修基础课程,通过该课程的学习,使本科生能熟悉信号与系统分析的基本理论,解决信号处理及信号通过系统后的分析方法;同时要求能培养学生的实践应用能力,使学生具有一定的相关实验、实践技能[3]。该课程以高等数学、线性代数、电路理论等课程为基础,又是数字信号处理、数字图像处理等课程的先修课程,在教学过程中起承上启下的过渡作用,然其理论性强、内容抽象,学生在学习过程中普遍感到困难,在信号与系统教学中设置必要的实验环节有利于加强学生对基本概念的理解,且促进学生综合能力的培养[4]。

2. 传统实验教学存在的问题

传统的实验教学方法往往依赖于硬件实验设备,实验教学中主要存在以下问题:

- (1) 教学项目主要以验证性实验为主,忽略对原理等知识的探索,导致学生对知识点的理解不够深刻;
- (2) 教学内容设计针对单一理论知识点,综合性、设计性的实验较少,不利于学生创新实践能力的培养;
- (3) 硬件实验箱能完成的实验主要集中在分析连续时间系统的时域分析,而对系统的频域分析很少,对系统的复频域分析和 Z 域分析完全没有;不能观察信号的频谱,不能把信号的时域和频域结合起来进行分析;
- (4) 各课程之间相互独立,忽略对学生专业知识的整合。

随着计算机技术和虚拟仪器技术的发展, LabVIEW 作为一种图形化编程语言, 逐渐在实验教学中展现出其独特的优势[5]。LabVIEW 是一个功能非常强大的控制仿真系统软件, 通过这个通用编程系统, 不但能够完成一般的数学运算与逻辑运算和输入输出功能, 它还带有专门的用于数据采集和仪器控制的库函数和开发工具, 尤其还附带专业的各类工具包, 基本上可以满足复杂的信号处理、工程设计、计算和分析要求。

本文针对信号与系统实验教学, 提出一种基于 LabVIEW 仿真软件的虚拟实验设计方案, 采用模块化的设计方法, 完成和实现信号与系统虚拟仿真实验的设计, 并通过具体实例说明系统的实现过程。该系统可以使学生由浅入深地进行动态交互式学习, 克服了实际实验仪器的部分缺点, 可以有效地提高教学质量加深学生对各知识点的理解。以滤波器实验为例, 展示实验设计过程及效果, 以期教学改革提供新的思路和方法[6]。

3. LabVIEW 在滤波器实验中的应用

在信号与系统课程中, 滤波器能够有选择性地让输入信号中某些频率分量通过, 而其他频率分量很少通过, 由于它的特殊功能常被用于信号分析。通过对信号进行滤波处理, 可以提取出信号的频率、相位等特征信息, 为后续的信号处理提供基础。

3.1. 框架设计

本设计实现的滤波器主要由信号发生、滤波、显示等三个主要模块构成。信号发生模块产生的模拟信号与噪声信号叠加, 可以输出本设计所需要的信号源, 经过滤波功能模块实现滤波, 恢复出原始的模拟信号, 最后通过前面板的显示模块显示观测滤波输出波形, 同时可对各阶段的信号进行频谱分析并显示。系统原理框图如图 1 所示。

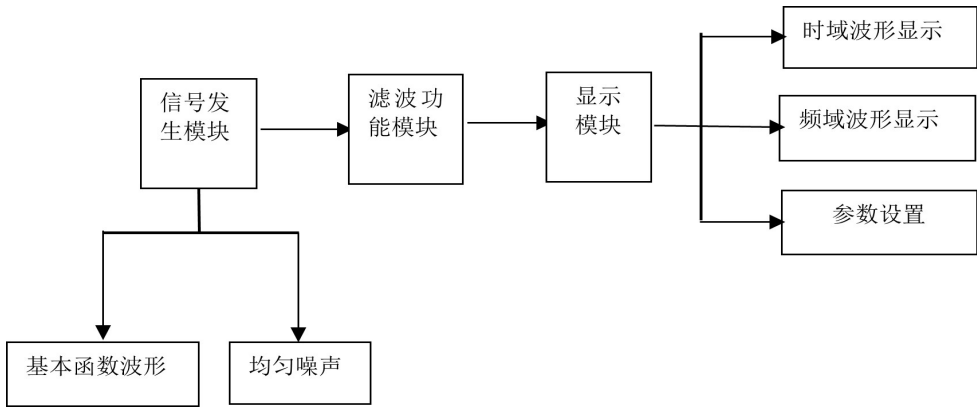


Figure 1. Principle block diagram
图 1. 原理框图

3.2. 前面板设计

前面板是程序的界面, 实现人机交互的功能。滤波器前面板由参数设置和波形显示两个部分组成。原始信号幅值、频率, 滤波器的类型、截止频率等参数可以在属性中根据需要进行设置。波形显示部分可以显示原始波形图、添加噪声后波形、滤波输出的波形图以及各阶段的频谱分析图。程序成功运行后就可以从滤波实时显示区得到滤波结果的频率幅值和初相位, 同时在波形显示区中也可以得到相应的波形, 使结果更为直观地反映出来。

首先创建一个新的前面板,在前面板上,将“仿真信号”、“滤波后信号”、“仿真信号频谱”、“滤波后仿真信号频谱”,四个波形图控件放置于前面板上,接下来对波形图控件相关的参数进行设置。本设计中,“仿真信号”波形图控件横坐标(频率)设定为0到500(ms),纵坐标(幅值)设定为-200到200之间;相应的“滤波后信号”波形图控件频率设定为0到500(ms),幅值设定为-0.8到0.8;“仿真信号频谱”波形图控件频率设定为0到250(ms),幅值设定为0到12;“滤波后仿真信号频谱”频率设定为0到250(ms),幅值设定为0到0.7。系统前面板如图2所示。

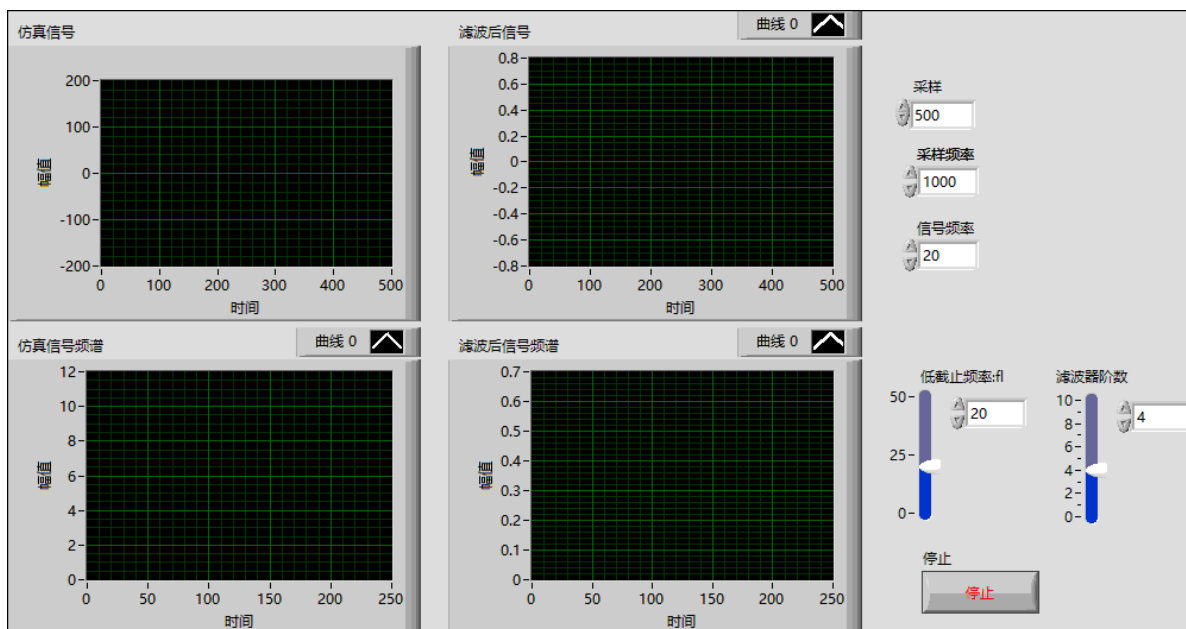


Figure 2. Front panel diagram of the system
图 2. 系统前面板图

3.3. 程序设计

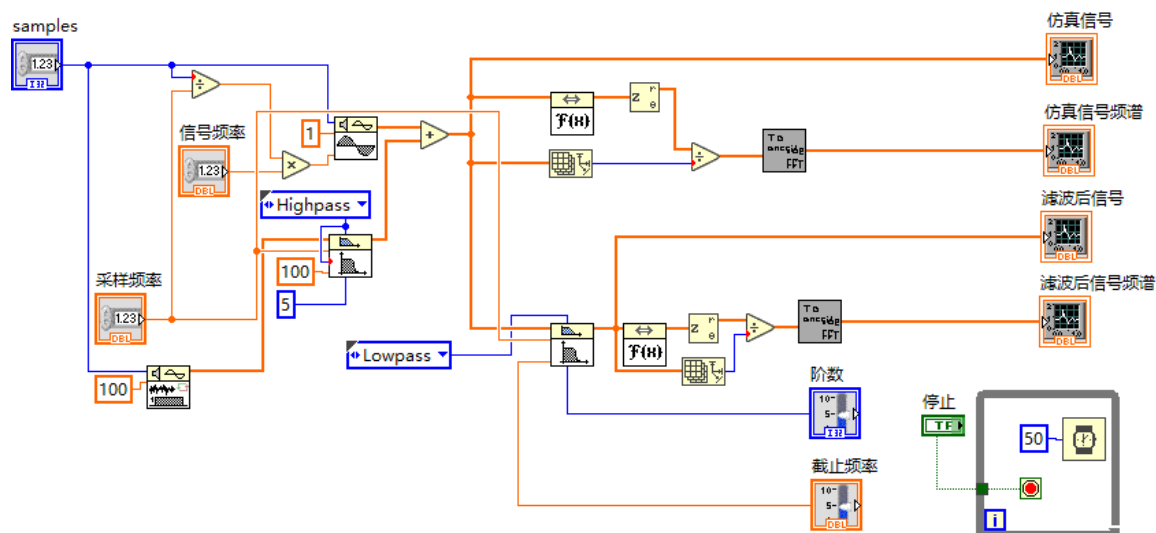


Figure 3. System program diagram
图 3. 系统程序框图

LabVIEW 程序的功能主要是由程序框图来实现的, 程序框图中需要的函数模块在函数选板中, 函数选板包括程序的结构、数值运算、字符串、数组等运算, 还包括波形发生、波形运算及波形测量等[7]。首先通过信号生成函数分别输出正弦波和噪声信号, 然后将噪声与正弦波相加。再通过滤波器从叠加有噪声的信号中滤出正弦波信号。最后利用 FFT 函数分析正弦波的频谱特性。在信号分析过程中, 有些情况下只能对信号进行时域分析, 信号的全部特征不能被完全揭示出来, 为了便于观察过程, 除了要对信号经过低通滤波前后的仿真结果进行比较分析之外, 还要把滤波前后的信号进行频谱分析。频谱分析功能模块则通过 FFT 函数节点快速傅里叶变换将时域信号转换为频域信号。本设计中实际采集的信号均为实数, 因此使用的是 Real FFT.Vi。利用 Convert to One-sided FFT (real).vi 可将其转换为单边。最后通过前面板显示出来的仿真波形图对滤波前后的幅频特性变化进行比较分析。系统的程序框图如图 3 所示。

3.4. 仿真结果显示

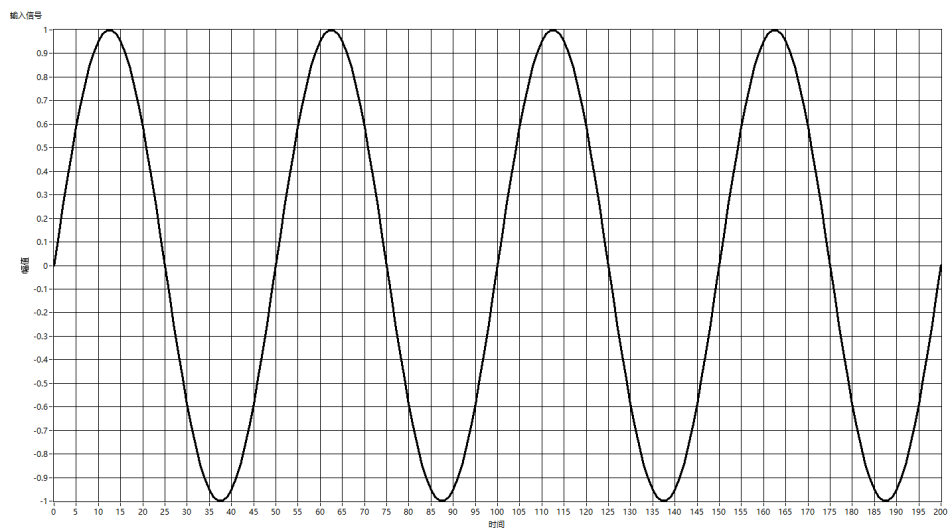


Figure 4. Output signal without uniform white noise
图 4. 无均匀白噪声的输出信号

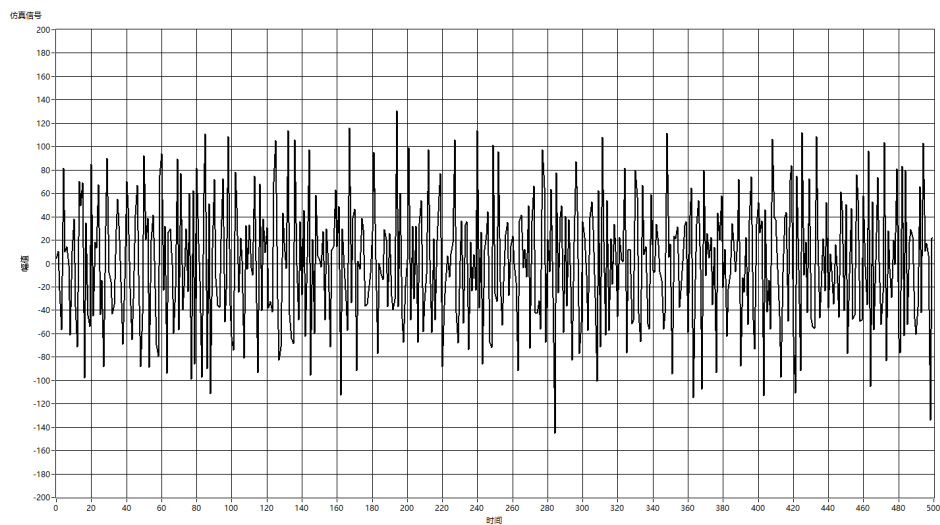


Figure 5. Output signal after adding uniform white noise
图 5. 添加均匀白噪声后的输出信号

(1) 原始信号

在测试信号生成模块中, 由函数功能节点产生的正弦信号和均匀白噪声叠加形成原始信号。通过相关控件, 可以设置采样频率值为 1000, 信号频率为 20, 设定采样数 500, 可得到周期为 1s 的正弦信号波形。“Butterworth 滤波器”函数节点中, 滤波器类型为高通, “低截止频率 f_l ”和“阶数”分别设定为 100 和 5。“均匀白噪声”函数节点幅值设定为 100。将正弦信号和均匀白噪声信号通过“加法运算”函数节点叠加在一起, 即为本课题中所采用的信号源。原始的正弦信号波形图和添加均匀白噪声信号的正弦函数输出的波形图进行对比, 结果分别如图 4、图 5 所示。

(2) 低通滤波

在程序框图设计窗口下, 在设计区放置一个“Butterworth 滤波器”函数节点, 滤波器类型为低通, 接着创建在该函数节点的“低截止频率: f_l ”和“阶数”对应的接线端口处创建相对应的输入控件, 由此即可在前面板设计窗口下可以看到对应的“Butterworth 滤波器”函数节点的“低截止频率 f_l ”和“阶数”的输入控件均为数值输入控件。为便于动态观察低通滤波器的工作情况, 将数值输入控件用垂直滑动杆控件替换。低截止频率 f_l 的刻度范围设定为 0 到 50, 滤波器阶数刻度范围设定为 0 到 10, 低通滤波器的下限截止频率设定为默认值 20, 阶数设定为默认值 4。由此经过低通滤波功能模块进行低通滤波后的信号波形图如图 6 所示。

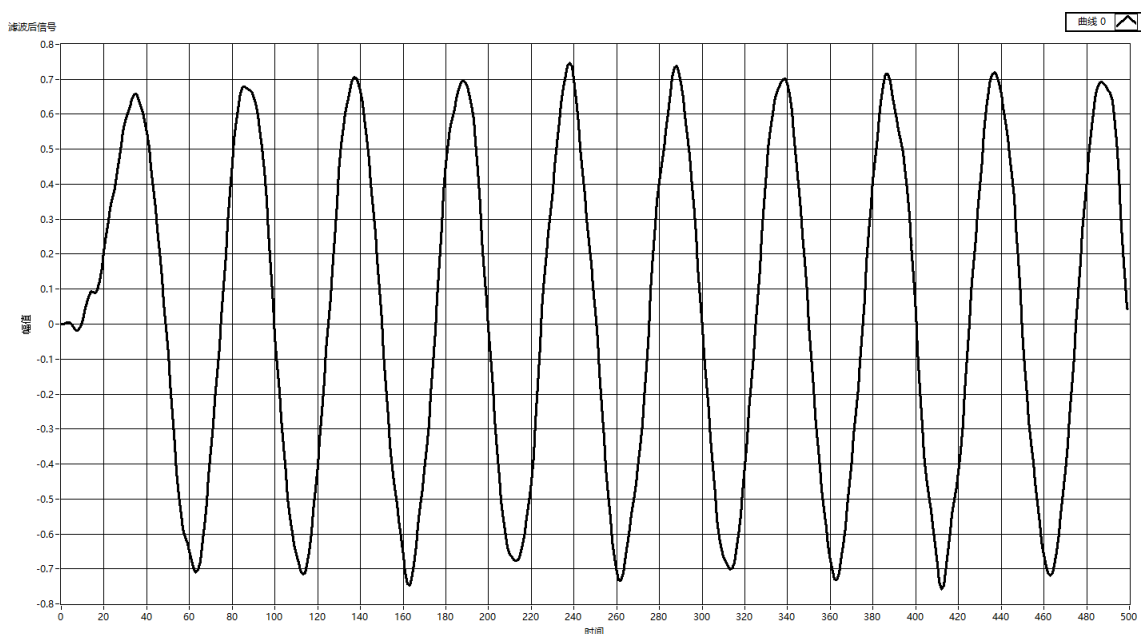


Figure 6. The filtered signal

图 6. 滤波后的信号

(3) 频谱分析

在这一功能模块中需要重新创建一个双边频谱转换单边频谱子 VI。创建子 VI 所需添加的函数节点包括: 一个“数组大小”函数节点、一个“数组子集”函数节点、一个“替换数组子集”函数节点、“商和余数”函数功能节点, “加法”函数功能节点和“乘法”函数功能节点。根据数组节点的端口创建相应的输入/输出控件和相应的常量。在此过程之后, 切换到前面板设计窗口下的子面板图标, 然后编辑子 VI 的子 VI 创建。当子 VI 被调用时, 子 VI 连接到函数节点所需的其他端口。子 VI 的两个接线端口分别是所创建的双边频谱(实数)和单边频谱(实数)。仿真信号频谱及滤波后信号频谱图如图 7、图 8 所示。

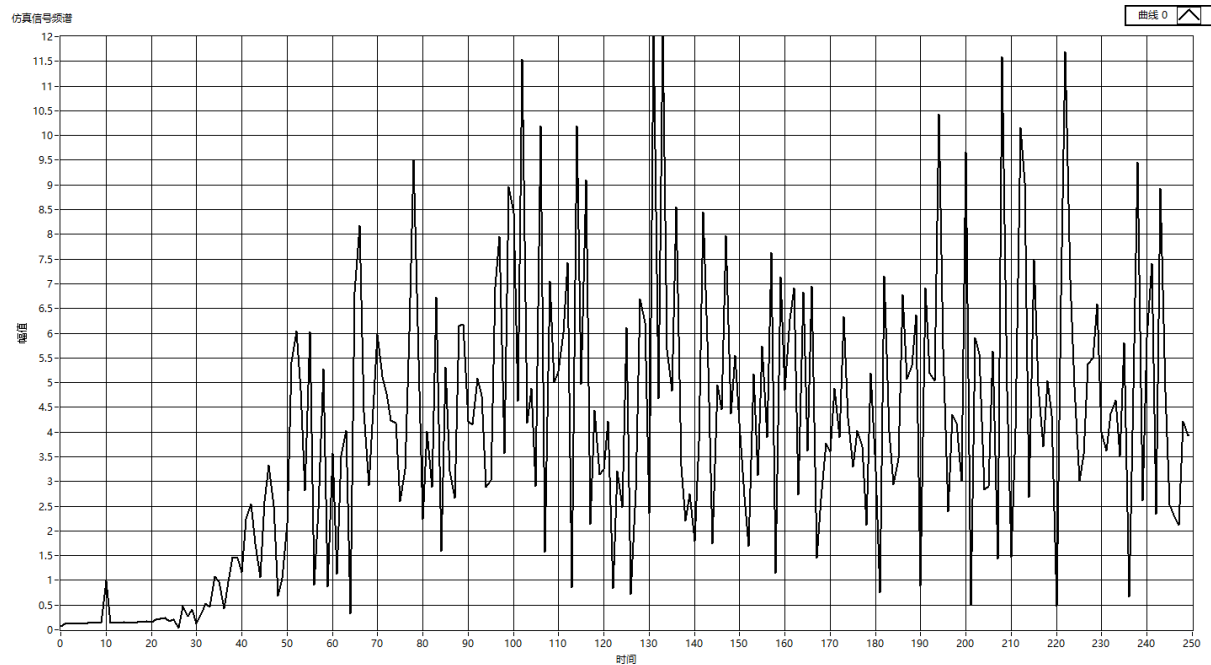


Figure 7. Simulated signal spectrum
图 7. 仿真信号频谱图

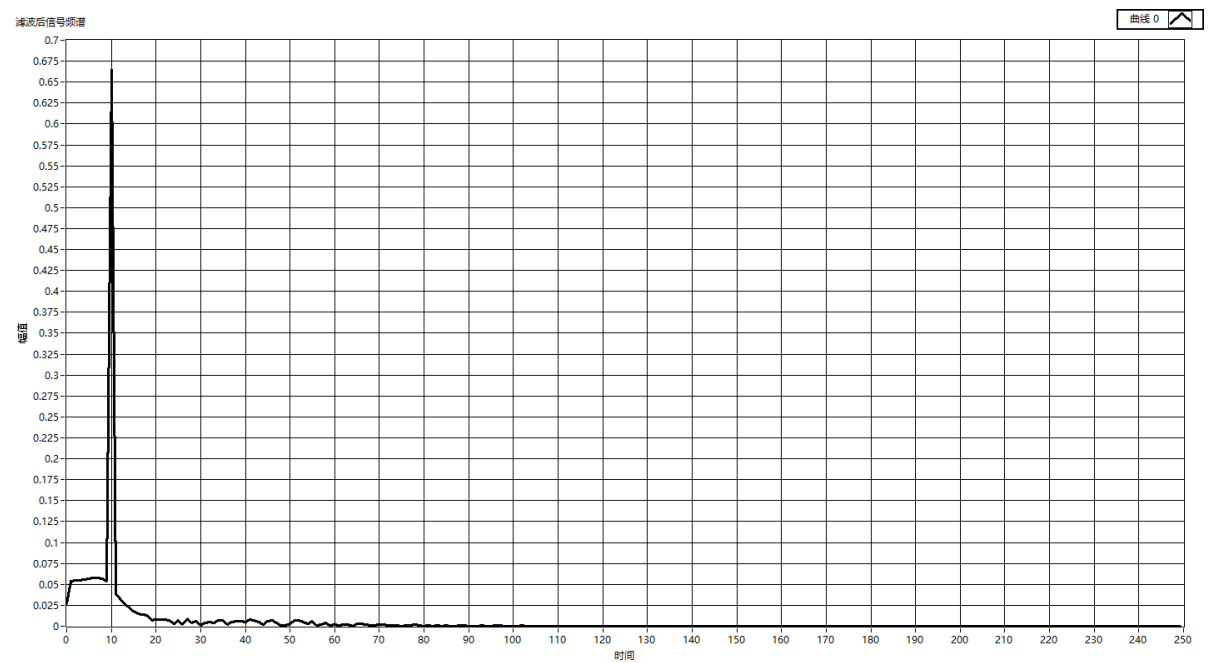


Figure 8. Spectrum of the filtered signal
图 8. 滤波后信号频谱

在 LabVIEW 程序软件的前面板上可以看到设计的低通滤波器运行界面上可以分别观察到“仿真信号”、“滤波后信号”、“仿真信号频谱”和“滤波后信号频谱”控件中的四个图形波形。通过改变各输入控件中的值，还可以观察到各个“波形图”控件中的波形会根据各输入控件中的值的改变而改变。系统运行结果如图 9 所示。

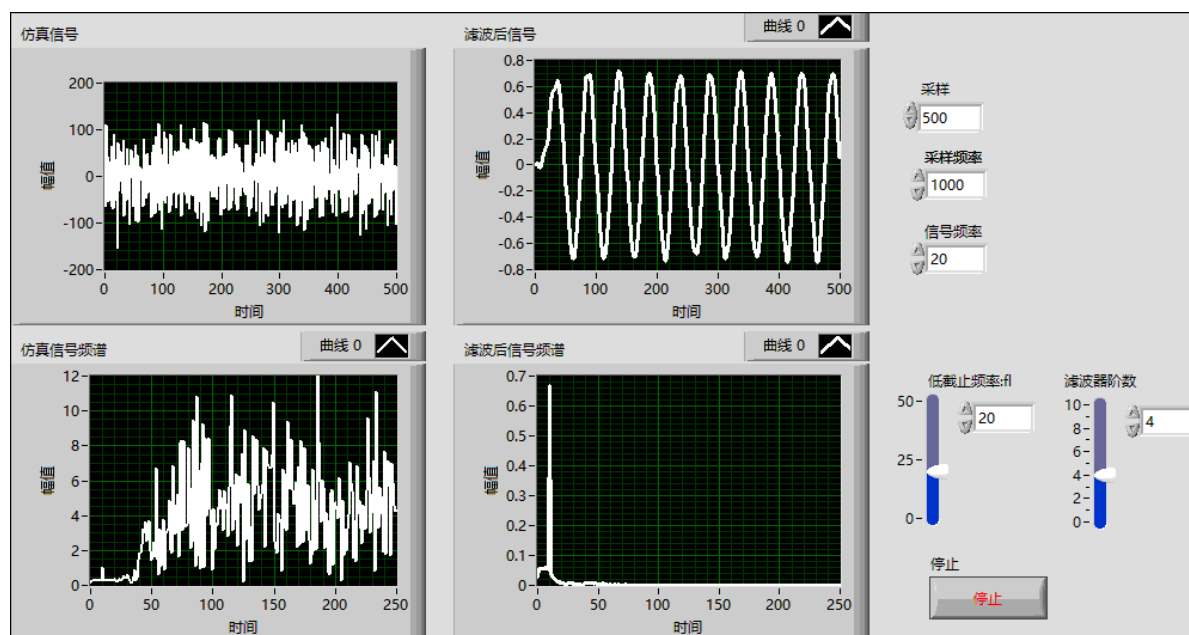


Figure 9. System operation results

图 9. 系统运行结果

4. 结语

本文探讨了 LabVIEW 在信号与系统实验教学中的应用。通过仿真平台实现低通滤波器实验案例的演示,展示了 LabVIEW 在信号与系统实验教学中的独特优势和应用价值。未来随着计算机技术和虚拟仪器技术的不断发展完善以及教育理念的持续创新变革,我们有理由相信 LabVIEW 将在更多领域发挥重要作用并推动教育事业的蓬勃发展。

基金项目

湖南文理学院校级项目(19YB20; JGZD2409); 湖南省自然科学基金项目(2023JJ50329); 湖南省普通高等学校教学改革研究项目(HNJG-2022-0947); 湖南文理学院博士启动项目(21BSQD04)。

参考文献

- [1] 罗正祥. 工程教育专业认证及其对高校实践教学的影响[J]. 实验室研究与探索, 2008(6): 1-3.
- [2] 孙晶, 张伟, 任宗金, 等. 工程教育专业认证毕业要求达成度的成果导向评价[J]. 清华大学教育研究, 2017, 38(4): 117-124.
- [3] 魏晓娟. 工程教育认证背景下的信号与系统虚拟实验教学平台的研究[J]. 教育教学论坛, 2019(38): 274-275.
- [4] 蔡莉莉, 周酥. “激越四段式教学法”在信号与系统虚拟仿真实验教学中的研究与探索[J]. 中国多媒体与网络教学学报(上旬刊), 2023(5): 80-83.
- [5] 潘逢群, 杨建桥, 郑恩让. 基于 LABVIEW 的虚拟滤波器的设计与实现[J]. 电子测量技术, 2012, 35(3): 78-81.
- [6] 胡良红, 赵作东, 韦勇, 等. 基于 LabVIEW 的虚拟滤波器设计[J]. 玉林师范学院学报, 2019, 40(2): 64-71.
- [7] 顾绮芳, 马列坚. 数字滤波器性能指标优化中 IIR 的设计与仿真[J]. 江苏科技信息, 2017(29): 41-43.