

# “信号与系统”在线虚拟实验教学平台的设计\*

魏晓娟 郭凌

(西北民族大学电气工程学院 甘肃兰州 730030)

**摘要:** “信号与系统”课程逻辑性、理论性较强,包含较多数学方面的知识,其概念较为抽象,学生在学习中不容易产生感官认识,与实际应用脱节。针对以上问题,本文提出建立一个在线的虚拟实验教学平台进行教学和实验。通过在线虚拟实验教学平台的应用,能够将信号与系统理论知识形象化、具体化,实现“身临其境”的可视化、体验式交互实验,并且能够提高学生的在线实验兴趣。

**关键词:** 信号与系统 虚拟实验 实验教学

**中图分类号:** G642.423 **文献标识码:** A

**DOI:** 10.12218/j.issn.2095-4743.2022.50.106

## 引言

“信号与系统”课程以高等数学、电路原理等课程为基础,是后续的通信原理、数字信号处理、自动控制原理等专业课程的先修课程,在教学环节中起着承上启下的作用,其教学质量的好坏直接关系到学生分析解决信号处理有关问题的能力以及后续课程的教学质量<sup>[1, 2]</sup>。

从本学校信号与系统实验条件来看,每学期至少有12个班级在同一个实验室做实验,导致部分实验仪器经常性损坏,而且长期下来部分实验仪器的实验结果与理论误差较大,准确性不高。在传统的实验教学中,缺少实时更新的功能,学生们能做的仅限于实验指导书中的实验,并且学生互动性受到限制,难以融入到教学过程中,所以信号与系统实验教学急需一种可视化交互实验教学手段。可视化虚拟仿真技术在虚拟实验环境下集实验、课堂教学为一体,使抽象的内容形象化,便于学生把握系统过程的整体演进,发现其内在规律,因此是信号与系统实验教学的理想方案之一<sup>[3]</sup>。为满足需求,本文提出一种基于MATLAB软件及其GUI工具的可视化虚拟实验平台。可视化虚拟实验平台不仅可以应用于实验教学,还可以应用于平时的理论授课中,帮助学生加深理论知识的理解,所以可作为传统教学的补充和辅助。

## 一、在线虚拟实验教学平台的设计构思及实施方案

MATLAB中的图形用户界面,具有良好的交互性,方便课程知识点的仿真演示。借助于MATLAB软件及其GUI工具进行开发设计可视化的虚拟实验平台,通过简单友好的交互

式界面,进行理论和实验教学<sup>[4]</sup>。结合传统的信号与系统硬件实验箱实现的实验项目,并且从课程的理论和实验教学内容着手分析,建设可视化实验平台。可视化平台分为理论教学演示平台和实验平台,分别进行模块化设计。虚拟实验教学平台主要围绕以下几个关键问题:

(1) 可视化虚拟在线实验平台能够对课程教学和实验的内容进行仿真实现,同时从学生的角度出发设计交互界面,充分考虑到学生用户体验效果,建立人机互动,生动形象地显示课程不易表达的内容。

(2) 针对一些复杂系统的实验,能够在MATLAB中搭建好基本的模型,学生可根据实验的需求对系统进一步完善,调整参数设置、结果显示等操作,最大化拓宽学生自主设计空间。

(3) 依托多层次实验教学平台,通过验证性实验及设计性实验,使学生熟悉相关理论在实践中的应用,借助开放性实验训练学生解决信号与系统相关领域问题的能力,进一步提高学生解决复杂工程问题的能力。

在平台的建设过程中,具体实施方案如下:

① 借鉴信号与系统实验室里面的现有硬件实验平台的功能,来利用MATLAB软件进行各个实验项目的开发设计。

② 让学生利用业余时间也参与到课题的研究中,组成小组在实验室集体开发实验项目,为学生学习掌握运用信号处理技术提供了保障,实现了理论学习向实验技能、创新研究的转变。

\*基金项目:甘肃省高等教育教学成果培育项目《“信号系统”课可视化实验教学平台的建设》(2020GSJXCGPY-09),西北民族大学创新创业教育改革项目《基于“专创融合”的“数字信号处理”课程教学改革与实践》,西北民族大学教育教学改革研究项目《面向新工科人才培养的信号检测与处理实践课程“333”教学体系构建与实践》(2022XJJG-01),甘肃省自然科学基金项目(20JR-10RA115),甘肃省高等学校创新基金项目(2022B-074)。

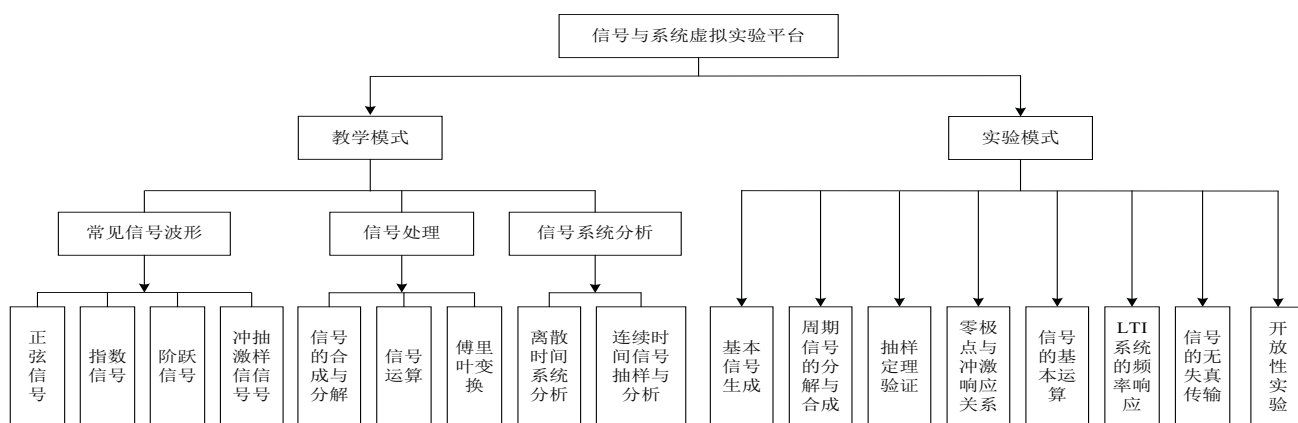


图1 虚拟实验教学平台的整体框架

该平台所演示的信号与系统的教学和实验内容主要模块构成：一个主界面，一个选择界面（实验功能、教学功能）和十一个模块界面，其中包含教学功能的三个模块（常见信号波形模块，信号处理模块、信号系统分析模块）和实验功能的八个模块（基本信号产生模块、信号运算模块、方波信号的分解与合成模块、抽样定理的验证模块、信号零极点分布与冲激响应的关系模块、LTI系统的频率响应模块、信号的无失真传输模块、开放性实验模块）。系统的整体框架图如图1所示。

## 二、在线理论教学演示平台

理论教学演示平台以教学内容为主线，将各知识点演示作为课堂教学的辅助，亦可作为学生课后复习使用。根据课程教学内容和教学目标，设计的教学演示平台可包含：信号的表示、信号处理、系统分析等模块，同时为了方便学生查看知识点，平台中还设计帮助系统。理论教学演示平台整体结构如图2所示。

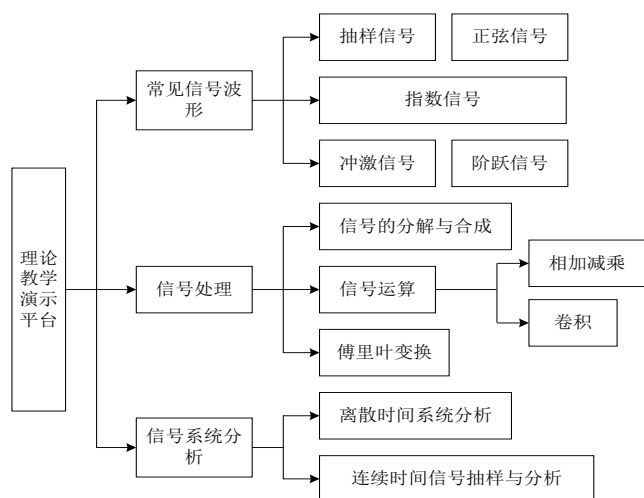


图2 理论教学演示平台结构

## 三、在线实验教学平台

开发的在线虚拟实验平台框图如图3所示，分别是：基本信号生成，信号的基本运算，抽样定理验证，周期信号的分解与合成，零极点与冲激响应的关系，LTI系统的频率响应，信号的无失真传输。这些实验涵盖了连续时间系统和离散时间系统的时域分析、频域分析以及复频域分析等主要内容。另外设计开放性实验，学生可根据需要自主设计实验内容，由学生自行设计实验方案，实现系统的灵活设计，提高学生的综合能力，也可调动学生的学习积极性。通过以上形式，主要培养学生设计能力、创新能力和主动性。

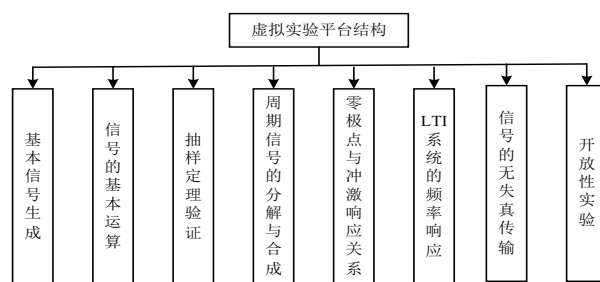


图3 可视化实验平台结构

## 四、应用实例分析

实例1：周期信号的分解与合成以方波的分解与合成为例，周期方波信号如图4所示。

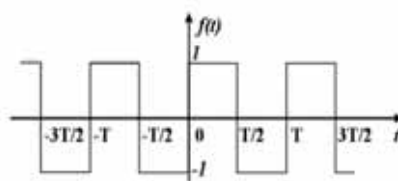


图4 方波信号

由于该方波信号是奇次谐波信号，则其傅立叶正弦级数为<sup>[5]</sup>：

$$f(t) = \frac{\pi}{4} \left[ \sin(\Omega t) + \frac{1}{3} \sin(3\Omega t) + \frac{1}{5} \sin(5\Omega t) + \dots + \frac{1}{n} \sin(n\Omega t) + \dots \right], \quad n = 1, 3, 5, \dots \quad \text{式(1)}$$

因此,只含有一、三、五等奇次谐波分量,合成的谐波次数越多越接近原始的周期信号。信号的分解与合成界面如图5所示。平台操作的时候首先可以输入方波的频率和幅值,点击原始方波按钮,第一个坐标轴上可以显示用户设定的原始方波。然后选择谐波叠加的数目,点击信号叠加按钮,就可以在第二个坐标轴上观察到原始方波的分解与合成波形。通过选择不同的谐波叠加的数目,可以观察到不同的波形生成,通过对比得出实验结论。

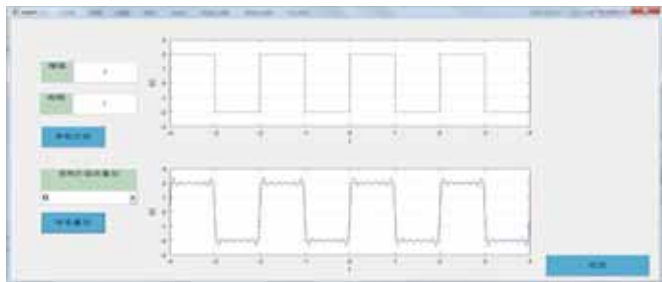


图5 信号的分解与合成界面

#### 实例2: 零极点与冲激响应的关系

根据系统函数 $H(s)$ 的零极点分布,可以用来判断系统的稳定性。可以通过输入系统函数的不同分子和分母多项式系数来改变系统的零极点,观察系统函数的零极点在坐标轴上的分布来验证零极点分布与冲激响应的关系。当用户在分母多项式系数框里输入1, 3, 4的值,在分子多项式系数框里输入2, 3的值,生成的图形如图6所示。当用户在分母多项式系数框里面输入1, -5, 6的值,在分子多项式系数框里面输入1的值,生成的图形如图7所示。



图6 系统稳定

图7 系统不稳定

通过图6和图7对比可知,输入不同的变量值,通过程序计算,系统可在图中标出函数的零极点位置。当极点在左半平面时,系统稳定;当极点在右半平面时,系统不稳定,能够观察出实验现象,满足实验需求。

#### 结语

运用虚拟仪器思想设计出来的在线可视化实验教学平台,能够满足一般的在线理论和实验教学任务,各个实验模块都能够完成相应的实验内容,同时各个实验模块还具有很好的拓展性。该平台不仅可以继承传统的实验仪器设备的优点,而且可以弥补传统实验仪器的不足之处,同时还可以在疫情期间在线开展实验教学,使得教学工作顺利进行,并且能够根据使用者的需求去进一步修改虚拟实验平台,具有精度高、可兼容性好、易修改等特点。

#### 参考文献

- [1]谭北海,彭秋明,姚小娇,胡超.高等院校信号与系统课程教学辅助探究与实践[J].实验科学与技术,2018,16(02):70-73+93.
- [2]杜世民.MATLAB在“信号与系统”教学中的应用研究[J].电气电子教学学报,2009(6):89-91.
- [3]刘世金,许高骞,张敬泉.信号与系统课程的可视化仿真教学研究[J].计算机时代,2012(03):45-47.
- [4]刘正君.MATLAB科学计算与可视化仿真宝典[M].电子工业出版社,2009.
- [5]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.

#### 作者简介

魏晓娟(1988—),女,汉族,副教授,主要研究方向:智能检测与信号处理。