

# 基于 Matlab 的“信号与系统”实验演示系统

金 波

(长江大学 电子信息学院, 湖北 荆州 434023)

**摘 要:** 利用 Matlab 的 GUI 编程方法研制出“信号与系统”实验演示系统。该系统设计了 20 个实验项目, 覆盖面大, 可实现计算过程的可视化与良好的人机互动, 生动形象地显示了“信号与系统”课程中不易表达和难于表示的内容。通过示例表明: 在抽象的理论教学中融入生动的演示实验, 改进了课堂教学效果, 提高了学生课外的学习效率和兴趣, 加深了他们对课程内容的理解。

**关键词:** 实验演示; 信号与系统; Matlab; 实践教学

**中图分类号:** TP319 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002 4956(2010) 12- 0104- 04

## The experimental demonstration system for Signals and Systems based on Matlab

Jin Bo

(School of Electronics and Information, Yangtze University, Jingzhou 434023, China)

**Abstract:** A “Signals and Systems” experimental demonstration system has been developed by using Matlab Gui program language, which includes over 20 experiments. Through the visual computation and good man-machine interaction, the demonstration can vividly show some contents not easy to be expressed in the “Signals and Systems” curriculum. Furthermore, according to the demonstration experiments, an experimental instruction manual was proposed. The teaching activity shows that adding the vivid demonstration into the abstract theory teaching, not only improves teaching effectiveness, but also improves the learning efficiency of students and deepens understanding of course. So the application of demonstration into “Signals and Systems” provides a useful teaching reform attempt.

**Key words:** experimental demonstration; signal and system; Matlab; practical teaching

“信号与系统”课程理论性较强, 长期以来处于教师难教、学生难学的境况中。如何让学生深刻理解基本物理概念, 理清基本物理过程, 牢固掌握其基本的分析方法并灵活运用理论工具解决实际问题, 是教学过程中所要解决的重要问题。为了解决这一问题, 在国内外最近出版的关于信号与系统的教材中, 都加入了 Matlab 实验内容<sup>[1-4]</sup>, 利用实验加深学生对课程内容的理解。

计算机应用在教学上应该有 2 个层面: 一是选用 Matlab 作为计算工具, 编写一些简单的程序或命令来进行计算机辅助计算<sup>[5]</sup>。二是不需要编程, 操作已制

作好的课程软件, 通过输入数据、改变参数来观察实验或计算结果。目前的教学中就是需要一套实用的实验演示系统<sup>[6-8]</sup>, 来帮助学生在课堂和课外利用软件理解课程内容。操作这个系统不需要编程, 只需要输入若干参数和改变一些数据, 就可以非常直观、形象地观察课程中用语言或文字难以表达的内容。

为此, 我们利用 Matlab 强大的数值计算、符号计算和绘图功能, 采用图形用户界面(GUI) 编程方法<sup>[9]</sup>, 研制出一套“信号与系统实验演示系统”。

### 1 实验演示系统的组成

信号与系统实验演示系统是为“信号与系统”课程及实验教研研制的计算机辅助教学系统, 该系统的演示实验覆盖了“信号与系统”课程的基本内容。教师可以通过软件系统在课堂和实验中进行教学演示。学生可以通过操作软件系统, 改变信号和系统的参数, 观察

收稿日期: 2010- 01- 04 修改日期: 2010- 06- 12

基金项目: 湖北省教学研究项目基金(20060251)

作者简介: 金波(1955—), 男, 湖北省荆州市人, 副教授, 主要从事电路理论、信号与信息处理等方面的教学和研究工作。

E-mail: jinbo@yangtzeu.edu.cn

计算信号与系统分析的基本问题,从而加深对“信号与系统”课程的基本概念、基本分析方法和基本原理及思路的理解,提高学习效率和教学质量。

### 1.1 实验演示内容

系统共设计了 20 个实验:

#### (1) 连续信号与系统的时域分析

- 连续信号的显示与运算;
- 连续信号的卷积;

#### (2) 连续信号与系统的频域分析

- 周期信号的分解与合成;
- 典型周期信号的频谱;
- 非周期信号的频谱;
- 周期信号激励的连续系统频域分析;
- 非周期信号激励的连续系统频域分析;
- 抽样信号及频谱;
- 抽样定理的验证;

#### (3) 连续系统的复频域分析

- 系统函数的曲面图演示;
- 连续系统的拉氏变换分析;
- 零极点分布与冲激响应的关系;
- 零极点分布与频率响应的关系;

#### (4) 离散信号与系统的分析

- 离散信号的显示与运算;
- 离散信号的卷积;
- 离散系统的 Z 变换分析;
- 零极点分布与冲激响应的关系;
- 零极点分布与频率响应的关系;

#### (5) 状态变量分析

- 连续系统状态变量分析;
- 离散系统状态变量分析。

### 1.2 实验模块界面的特点

(1) 内容丰富,覆盖面大。它包括了“信号与系统”课程的基本内容。

(2) 交互式与可视化。可以建立人机互动,生动形象地显示“信号与系统”课程不易表达的内容。

(3) 实现远程虚拟实验。该系统不仅可以单机运行,也可以在網上运行,学生可以进行远程虚拟实验。虚拟实验在任何时间、任何地方完全开放。

## 2 演示实验示例

以“信号与系统”实验演示系统的 2 个演示实验为例,说明该系统在教学中的应用。

### 2.1 周期信号的分解与合成演示实验

实验的演示功能:

(1) 输入周期方波信号的第 1 周期表达式,显示 2 个周期的波形;

(2) 按输入的第 1 周期表达式、周期  $T$  和最高谐波次数  $N$ ,自动计算并显示周期信号的  $N$  个分解后的波形,观察分解后的波形的谐波次数、正弦与余弦项等;

(3) 显示周期信号前  $N$  项和的波形,即对周期信号的合成演示。

周期方波的分解与合成的界面及计算结果如图 1 和图 2 所示。从图中可知,当选择最高谐波次数  $N = 3$  时,周期方波分解为一次和三次谐波。当  $N = 11$  时,周期方波分解为 1、3、5、7、9、11 次谐波,并且均为正弦波。这是因为图中给出的周期方波为原点对称(奇函数)且半周镜像对称(奇谐函数),这种波形只有奇次的正弦波。从合成的波形可知,选择最高谐波次数越高,合成的波形越接近原始的周期波形。

任意周期波的分解与合成实验的界面及计算结果如图 3 和图 4 所示。从图中可知,选择最高谐波次数  $N = 3$  时,周期波分解为直流和一次、二次和三次谐波。选择最高谐波次数越高,合成的波形越接近原始的周期波形。

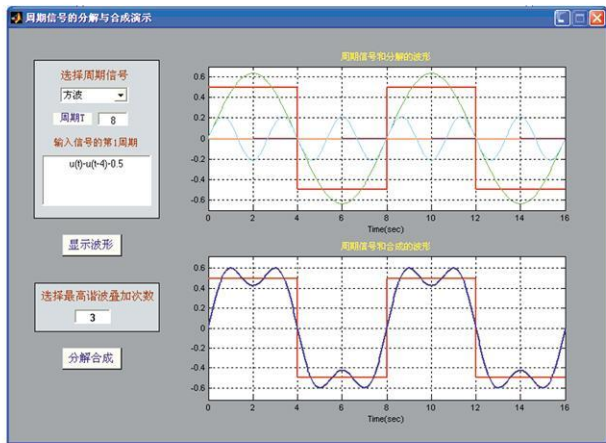


图 1 周期方波的分解与合成( $N = 3$ )界面图

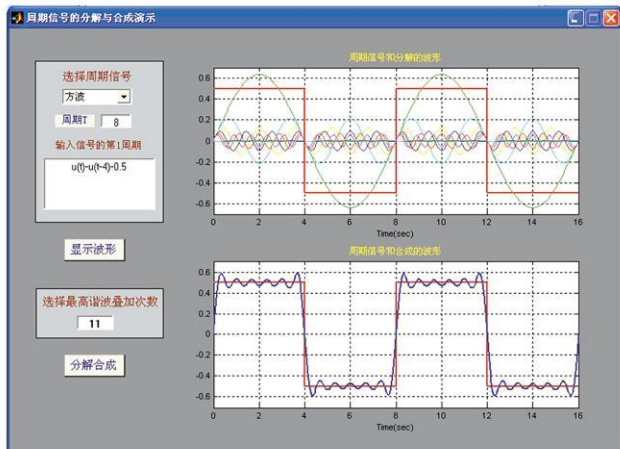
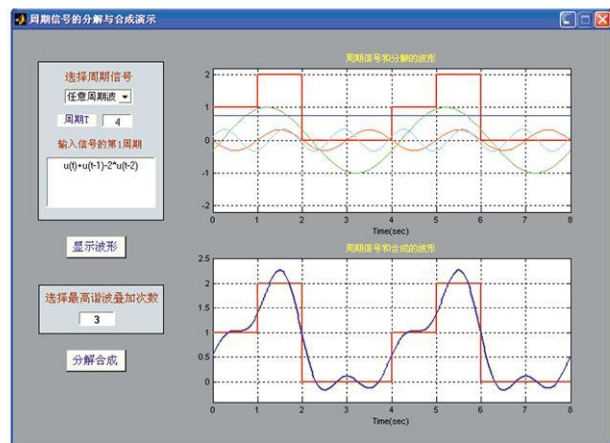
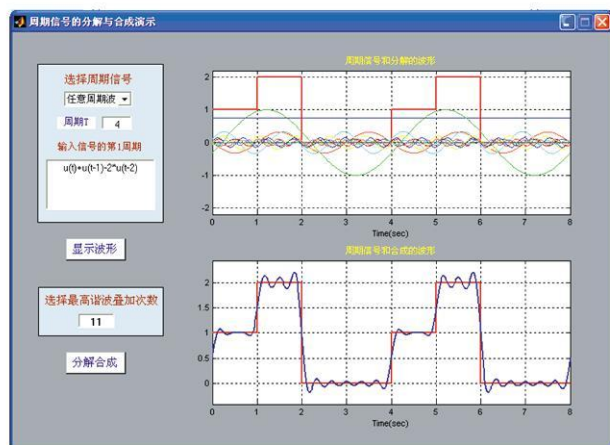


图 2 周期方波的分解与合成( $N = 11$ )界面图

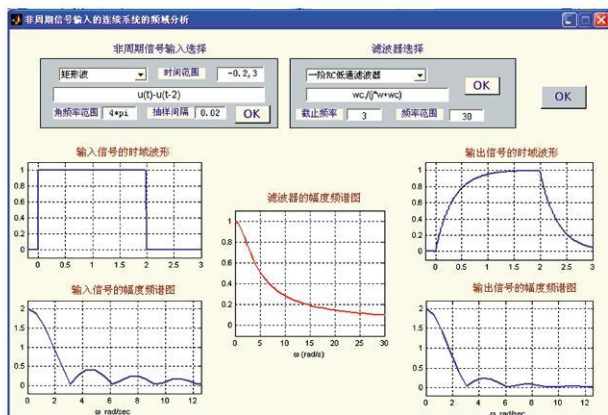
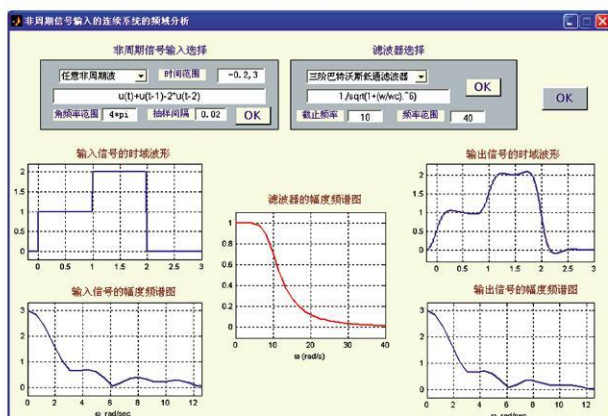
图 3 任意周期波形的分解与合成( $N=3$ )界面图图 4 任意周期波形的分解与合成( $N=11$ )界面图

## 2.2 非周期信号激励的连续系统频域分析演示实验的演示功能:

- (1) 选择并显示非周期信号的时域波形和频谱, 可以画出典型任意非周期信号的频谱;
- (2) 用频域分析方法计算任意非周期信号通过滤波器时的系统响应;
- (3) 选择并显示滤波器的频率特性, 显示输出信号的时域波形和频谱。

矩形波通过  $RC$  滤波器的系统响应的界面及计算结果如图 5 和图 6 所示。从图中可知, 首先在“非周期信号输入选择”中输入矩形波的数学表达式, 要输入显示时域波形的时间范围, 显示频谱图的频率范围。由于采用的是 FFT(fast fourier transform)的数值计算, 还要输入抽样间隔。按“OK”后就会显示输入信号的时域波形和幅度频谱图, 再进行滤波器选择。如选择  $RC$  滤波器, 输入截止频率和显示频谱图的频率范围, 按“OK”后就会显示滤波器的幅度频谱图。最后按右边的“OK”, 就会显示输出信号的时域波形和幅度频谱

图。不断改变滤波器的截止频率, 可观察输出信号频谱和时域波形的变化, 从而深刻理解滤波器的滤波功能。从时域和频域两个方法对照来帮助理解。

图 5 矩形波通过  $RC$  滤波器的响应界面图(截止频率  $\omega_c=3$ )图 6 矩形波通过  $RC$  滤波器的响应界面图(截止频率  $\omega_c=8$ )

任意波通过三阶巴特沃斯滤波器的系统响应界面及计算结果如图 7 和图 8 所示。输入数据和观察方法与上面介绍相同。

## 3 编写实验指导

为了能让学生在课外更好地使用“信号与系统”实验演示系统, 我们编写了“信号与系统实验演示系统实验指导”, 介绍每个演示实验的实验目的、预习要求、实验演示功能、实验演示示例和实验演示练习。例如演示实验“连续信号的显示与运算”的内容包括:

### 3.1 实验目的

- (1) 了解基本连续信号的特点。
- (2) 掌握连续信号的相加、相减、相乘, 平移、反折、尺度变换的方法。

### 3.2 实验预习要求

- (1) 学习有关基本信号的数学表示法和 M atlab



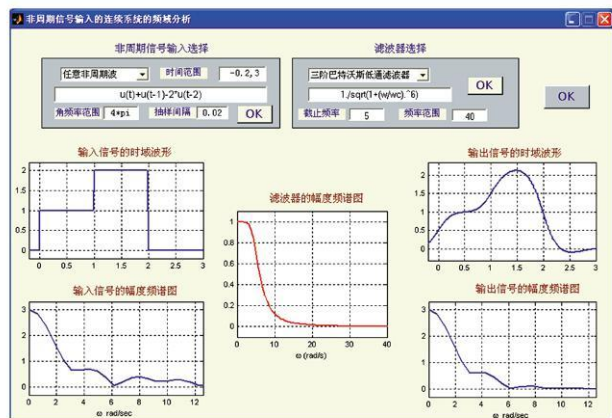


图 7 任意波通过三阶巴特沃斯滤波器响应界面图  
(截止频率  $\omega_c = 5$ )

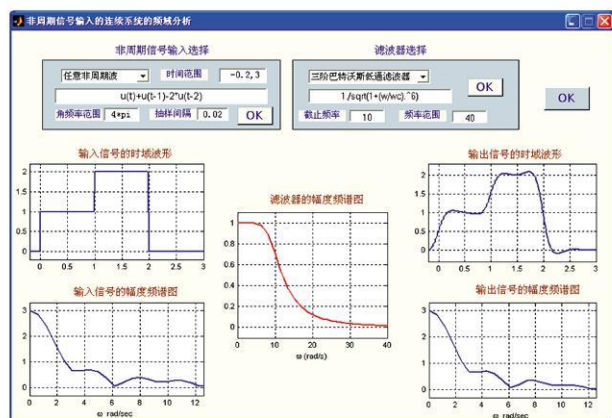


图 8 任意波通过三阶巴特沃斯滤波器响应界面图  
(截止频率  $\omega_c = 8$ )

表示法,如门函数、三角波、周期三角波等。

(2) 复习有关波形平移、反折、尺度变换的方法,波形分解为奇偶分量的方法。

(3) 复习有关信号的基本运算方法,如相加、减、乘、求导、积分等。

(4) 根据已知数学表达式画波形,根据已知波形写出数学表达式。

### 3.3 实验演示功能

显示连续信号的波形;对信号进行加、减、乘、求导和积分运算;定义  $f(t)$  变换波形为  $f(at+b)$ ,通过改变参数  $a$  和  $b$ ,实现信号的平移、反折、尺度变换以及综合变换;信号分解为奇分量和偶分量。

### 3.4 实验演示示例

实验演示包括:信号的相减;信号的相乘;信号的平移、反折、尺度变换;信号分解为奇分量和偶分量;信号的调制;信号的求导和积分等。

### 3.5 实验演示练习

“信号与系统实验演示系统实验指导”中包含若干练习题(略)。

通过以上实验指导说明,写好实验指导书可以更好地发挥实验演示系统的作用,通过多个示例的操作说明和若干有针对性的练习题,可以让学生更好地掌握软件的使用。

## 4 结束语

通过开发“信号与系统”实验演示系统并在教学实践中的应用,达到了将理论课所学习的方法在计算机上加以实现,从而加深了对较难课程内容的理解。由于每一个实验都有较好的人机交互界面,学生不学习编程就会操作软件,提高了学习效率并激发了学生的学习积极性。将本系统应用于“信号与系统”课程的课堂教学中,有利于教师对课程较难内容的讲解。由于实验演示界面形象、生动,很好地揭示了信号与系统的时域分析和频域分析的内在联系,在信号与系统课程的教学收到了良好的教学效果。

### 参考文献(References):

- [1] Lathi B P. 线性系统与信号[M]. 刘树棠,译. 2版. 西安:西安交通大学出版社,2006.
- [2] Rodger E Ziemer. 信号与系统——连续与离散[M]. 肖志涛,译. 4版. 北京:电子工业出版社,2005.
- [3] Edward W K, Bonnie S H. Fundamental of Signals and Systems Using the Web and Matlab[M]. 2版. 影印版. 北京:科学出版社,2002.
- [4] 金波. 信号与系统基础[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2006.
- [5] 金波. 信号与系统实验教程[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2008.
- [6] 林霖,杨丰,张志德. 基于 Matlab 的“信号与系统”课程演示软件的应用[J]. 电气电子教学学报,2009,31(5): 98-100.
- [7] 罗朝明,李文,李延平,等. 基于 Matlab 和 VB 的《信号与系统》虚拟实验系统[J]. 湖南理工学院学报:自然科学版,2007,20(1): 59-61.
- [8] 吕锋,刘泉,江雪梅. 基于 Matlab 的信号与系统软件实验平台[J]. 理工高教研究,2006,25(2): 98-99.
- [9] 李显宏. MATLAB7. x 界面设计与编程技巧[M]. 北京:电子工业出版社,2006.

《实验技术与管理》杂志欢迎投稿、欢迎订阅