

# 基于 Matlab 的数字信号处理综合性实验设计

沈媛媛

(长江大学 电子信息学院, 湖北 荆州 434023)

**摘要:**针对数字信号处理实验课程教学情况,以巩固学生理论知识,提高实际动手能力为目的,利用 Matlab 软件平台,对“数字信号处理”课程的综合性实验设计进行了探讨和研究。通过综合性实验的设计,使学生深刻地掌握信号处理的方法,培养学生的创新能力和实际动手能力。

**关键词:**数字信号处理; Matlab; 综合性实验

**中图分类号:** TN 911. 7      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1006 - 7167(2009)08 - 0060 - 02

## The Comprehensive Experimental Design of Digital Signal Processing Based on Matlab

SHEN Yuan-yuan

(School of Electronic Information, Yangtze University, Jingzhou 434023, China)

**Abstract:** According to the digital signal processing experimental teaching situation, in order to consolidate theoretical knowledge and improve the students' practical ability, this paper discussed the design of digital signal processing comprehensive experiment by using Matlab software for the platform. Through the design of comprehensive experiment, the students have a profound signal processing methods. It can train students in practical innovation and practical ability.

**Key words:** digital signal processing; Matlab; comprehensive experiment

### 1 引言

“数字信号处理”课程是电子信息类专业的一门重要课程,该课程涉及范围广泛,包括微积分、概率统计、信号与系统、控制论等。学生在学习这门课的过程中通常感到概念抽象,对其中的基本理论和分析方法难以理解<sup>[1]</sup>。为了解决这一实际问题,很多高校增设了相应的实验课程,借助一些优良的软件平台(如 Matlab)帮助学生更好地理解并掌握数字信号处理中抽象概念和分析方法,激发学生的学习兴趣和从而达到良好的教学效果。

### 2 数字信号处理实验课程内容

我院“数字信号处理”课程实验教学大纲中开设的实验项目有 7 个,其中包括 4 个必做实验和 3 个选

做实验。具体实验内容如表 1 所示。

从近年的实验教学情况来看,学生针对理论知识的理解情况基本能够设计简单的实验项目,如用 FFT 进行谱分析、滤波器设计等。但学生遇到综合性设计题目时,往往难以将所学的知识连接起来,在设计中存在一定的问题。因此,本着巩固学生所学的数字信号处理理论知识的理念,让学生对信号的采集、处理、传输和显示等有一个系统的理解,我院对综合性实验进行了探索。

### 3 综合性实验设计

完成综合性实验要求学生具有一定的专业知识,因此综合性实验的开设通常是在所有的理论课讲授完毕,并且学生已经完成了基础实验之后开设。我院利用 Matlab 软件精心设计了综合性实验内容:录制一段语音信号,对语音信号进行频谱分析;然后,给原始的语音信号加噪声,画出加噪后的语音信号进行频谱分析,并设计性能良好的滤波器对信号进行滤波;最后,对语音进行回放,并与滤波后的语音信号对比<sup>[2]</sup>。整

收稿日期:2008 - 07 - 21

作者简介:沈媛媛(1980 - ),女,江苏太仓人,讲师,研究方向为数字信号处理的教学。

Tel: 13135766396; E-mail: shenyuan@yangtzeu.edu.cn

表 1 数学信号处理实验项目表

序号	实验项目	学时	实验性质				备注	
			演示	验证	设计	综合	必做	选做
1	离散时间信号分析	2						
2	离散时间系统分析	2						
3	用 FFT 进行谱分析	2						
4	利用 FFT 实现快速卷积	2						
5	无限冲激响应 (IR) 数字滤波器的设计	2						
6	有限冲激响应 (FR) 数字滤波器的设计	2						
7	数字信号处理综合设计	4						

流程图如图 1 所示。具体实现步骤如下。

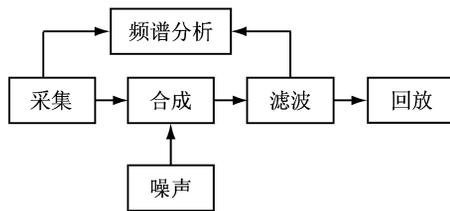


图 1 设计流程图

### 3.1 语音信号的获取

在 Windows 下录制一段语音,时间控制在 5 s 左右。

```

fs = 22050; % 语音信号采样频率为 22050
x1 = wavread('c:\ding.wav'); % 读取语音信号的数据,
    赋给变量 x1
  
```

这一步设计主要是为了让学生了解 wavread 函数以及采样频率等概念。

### 3.2 产生噪声信号

噪声信号采用的是高频余弦信号,频率为 5 kHz。

```
f = fs * (0:511) / 1024; % 计算频率刻度值
```

这一步首先要让学生理解频率刻度值的基本概念,在书本中通常用  $f_k$  表示每条谱线所代表的频率刻度值<sup>[3]</sup>,表达式为  $f_k = f_s \times k / N$ 。其中,  $k$  的最大范围为  $N / 2$ 。在设计中,应该给学生先强调这一基本概念,然后再指导学生进行设计。

```

t = 0:1/22050:(size(x1) - 1)/22050; % 将所加噪声信号的
    点数调整到与原始信号相同
Au = 0.03;
d = [Au * cos(2 * pi * 5000 * t)]'; % 噪声为 5kHz 的余弦
    信号
x2 = x1 + d; % 将噪声信号加入原始信号
  
```

### 3.3 对原始信号及噪声信号进行频谱分析

频谱分析这一环节在基础实验中完成过,因此,在做频谱分析时应该要求学生明确区分噪声信号的频谱。

```

y1 = fft(x1, 1024); % 对信号做 1024 点 FFT 变换
y2 = fft(x2, 1024); % 对加噪信号做谱分析
subplot(2, 1, 1); plot(f, abs(y1(1:512)));
  
```

```
subplot(2, 1, 2); plot(f, abs(y2(1:512)));
```

通过 2 个信号的频谱分析,学生可以清楚地看到在 5 kHz 处有明显的高峰出现,那么这就是噪声信号所产生的频谱<sup>[4]</sup>。通过 Matlab 软件,学生可以从视觉感受到 2 个信号频谱的区别,这对于理解为什么要做谱分析有很大的帮助。

### 3.4 设计滤波器并对噪声信号进行滤波

根据语音的特点,教师应该先指导学生分析设计何种类型的滤波器,分析正确以后再开始设计。在基础实验中,学生已经完成过 IR 和 FR 滤波器的设计,因此这里可以学以致用。

利用双线性变换法设计 Butterworth 滤波器程序如下:

```

wp1 = 2/Ts * tan(wp/2); % 将模拟指标转换成数字指标
ws1 = 2/Ts * tan(ws/2);
[N, Wn] = buttord(wp1, ws1, Rp, Rs, 's'); % 选择滤波器的
    最小阶数
[Z, P, K] = buttap(N); % 创建 butterworth 模拟滤波器
[b, a] = lp2p(Bap, Aap, Wn);
[bz, az] = bilinear(b, a, Fs); % 用双线性变换法实现模拟
    滤波器到数字滤波器的转换
[H, W] = freqz(bz, az); % 绘制频率响应曲线
利用窗函数法设计 FR 滤波器程序如下:
N = ceil(6.6 * pi/wdelta); % 求出滤波器的阶数并取整
wn = (0.2 + 0.3) * pi/2;
b = fir1(N, wn/pi, hamming(N + 1)); % 选择窗函数,并归
    一化截止频率
freqz(b, 1, 512);
  
```

设计好数字滤波器后,教师要提醒学生验证设计结果是否满足指标要求,先查看计算机仿真的设计结果再通过分析滤波结果,来判断设计是否正确。然后,分别用以上设计滤波器进行滤波,并比较滤波的效果。

```

f1 = filter(bz, az, x2);
f2 = filter(bz, az, x2);
  
```

### 3.5 回放语音

在 Matlab 中函数 sound 可以对语音信号进行回放,并将滤波后的语音进行比较。

(下转第 73 页)

项操作功能的设置及控制点的配置,以及控制器的配置与模型的配置等功能。

对于远程控制,本系统提供广义预测控制(GPC)控制算法,通过校园网对实验室三阶水槽控制系统进行远程控制。设定液位为 16 cm,等到系统稳定时再改变最初的设定值,把液位设置成 26 cm。稳定后再次将液位设定值改变为 10 cm使其重新稳定。图 6 为整个过程的液位测量值运行画面。

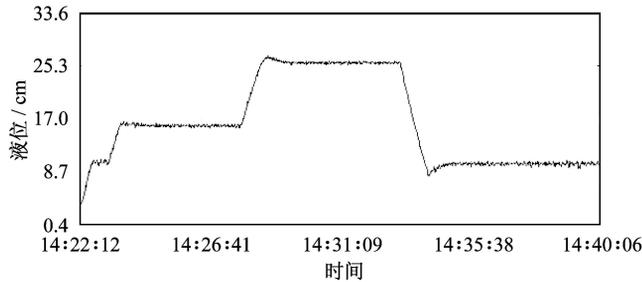


图 5 远程控制实验系统体系结构

## 4 结 语

在现有远程实验系统软件体系结构分析的基础上,针对远程实验系统用户需求的多样性和控制系统本身的实时性强的特点下,提出一种基于需求特征映射的软件体系结构建模的方法。在此基础上,开发与设计了基于 C/S和 B/S混合结构的远程控制实验系统。实际应用表明,系统在满足实时性要求下,在一定程度上满足了多用户的需求,具有较好的可行性。

## 参考文献 (References):

- [1] Bell J T, Fogler H S. A prototype virtual reality based educational module for chemical reaction engineering[J]. Computer Applications in Engineering Education, 1996, 4(4): 301-315.
- [2] Ball J, Patrick K. Learning about heat transfer—“Oh, I See!” experiments[C]//Proceedings of the 29th Annual Frontiers in Education Conference. 1999: 12C5/1-12C6/6.
- [3] Rohrig C, Bischoff A. Web-based environment for collaborative remote experimentation[C]//In Proc 42nd IEEE Conf Decision and Control, Hawaii, USA, 2003, 2514-2518.
- [4] Ko C C, Chen B M, Zhuang C Y. Development of a web-based laboratory for control experiments on a coupled tank apparatus[J]. IEEE Transactions on Education, 2001, 44(1): 76-86.
- [5] 吕 露. 基于互联网的扫描探针显微镜远程控制研究[J]. 高技术通讯, 2000, 10(4): 45-47.
- [6] 庞文尧,蒋静坪. 基于 Winsock和 SQL Server的远程控制实验研究[J]. 仪器仪表学报, 2004, 25(4): 549-553.
- [7] Ko C C, Chen B M, Hu S Y. A Web-based virtual laboratory on a frequency modulation experiment[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, 2001, 31(3): 295-303.
- [8] Casini M, Prattichizzo D, Vicino A. The automatic control telelab: A remote control engineering laboratory[C]//Proceedings of the 40th IEEE Conference on Decision and Control Oriando, Florida USA, December 2001, 3242-3247.
- [9] Casini M, Prattichizzo D, Vicino A. The automatic control telelab: A user-friendly interface for distance learning[J]. IEEE Transactions on Education, 2003, 46(2): 252-257.
- [10] 邵奇可,杨马英,俞立,等. 远程控制实验室的设计与开发[J]. 实验室研究与探索, 2005, 24(Sup. 1): 347-350.
- [11] 刘冬云,梅宏. 从需求到软件体系结构:一种面向特征的映射方法[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2004, 40(3): 372-378.

### (上接第 61 页)

Sound(x2, 22050); %播放加噪声后的语音信号

Sound(f2, 22050); %播放滤波后的语音信号

利用扬声器,学生可以分别听到加噪声后的语音和噪声滤除后的语音,通过对比亲身体会到滤波器的强大功能。

### 3.6 设计总结

通过整个的综合性实验设计,让学生对整体的理论知识有了进一步的了解,不仅加强了理论知识的理解而且还锻炼了学生 Matlab 软件的编程能力。让学生有了一定的成就感,对将来的学习起到了一定的推动作用。

## 4 结 语

综合性实验是提高学生整体实践能力的一个重要手段,教师在明确设计实验的目的和任务后,引导学生针对性地收集相关文献资料,提出合理可行的设计方案,最后根据相关的技术指标独立完成设计<sup>[5]</sup>。通过

综合性实验的设计,增强学生对系统概念的理解,提高学生的工程实践能力和培养相互协作的团队精神。同时,通过综合性实验设计还能够发掘一些有创新能力、动手能力强的学生,这为推荐和培养其参加各种全国的比赛又起到了促进作用<sup>[6]</sup>。

## 参考文献 (References):

- [1] 沈媛媛,刘益成. “数字信号处理”课程教学改革探讨[J]. 中国现代教育技术, 2008(10): 98-99.
- [2] 杨述斌,李永全. 数字信号处理实践教程[M]. 武汉:华中科技大学出版社, 2007.
- [3] 刘益成,孙祥娥. 数字信号处理[M]. 北京:电子工业出版社, 2004.
- [4] 唐建锋,游开明,陈列尊. 基于 Matlab的数字信号处理综合性设计性实验探讨[J]. 衡阳师范学院学报, 2006, 27(3): 38-39.
- [5] 崔灵智,王书平,付土国. Matlab在数字信号处理课程设计中的应用[J]. 山东水利职业学院院刊, 2008(1): 11-12.
- [6] 郑恭明,沈媛媛. 电子信息工程专业实用型创新人才培养探讨[J]. 中国现代教育技术, 2008(9): 119-121.