

数字信号处理课程教学大纲

课程代码: 74120250

课程中文名称: 数字信号处理

课程英文名称: Digital Signal Processing

学分: 3.0 周学时: 2.5-1.0

面向对象:

预修要求: 信号与系统、MATLAB 应用

一、课程介绍

(一) 中文简介

课程主要讲述数字信号的分析 and 处理方法。信号分析为信号处理提供了理论工具, 对数字信号进行处理可以达到系统的设计要求。 围绕着这两大主题, 课程可分四大学习板块: 一是分析处理的对象, 即离散时间信号与系统; 二是分析工具和算法, 即 DFT 和 FFT; 三是滤波器, 包括分类、特性、结构、设计方法; 四是有限字长效应, 即用数字表示信号、进行处理所带来的误差及其分析方法。

(二) 英文简介

The course focuses on the analysis and processing methodologies of digital signals. Signal analysis provides a theoretical tool for processing, and processing of digital signals can meet the design requirements of the system. Around the two major subjects, the course can be divided into four learning sections: First, the object of the analysis and processing, that is, discrete time signal and system; Second, analysis tools and algorithms, namely DFT and FFT; Third, the filter, including classification, characteristics, structure, design method; The fourth is the finite word length effect, that is, the error caused by using digital numbers to represent and process signals and its corresponding analysis methods.

二、教学目标

(一) 学习目标

本课程是在学生完成《信号与系统》课程后，进一步学习专业知识的课程。本课程将通过讲课、练习、实验的教学方式使学生掌握数字信号处理的基本理论、基本知识和基本方法；能够从信号与系统的角度出发，理解模拟、离散和数字信号之间的关系和区别；加深理解数字信号的时域—频域分析法，特别是频域分析和滤波处理方法，为从事信号分析和模式识别，通信信号处理等方面的工作奠定基础。

（二）可测量结果

通过本课程有序展开的理论学习、实验仿真和跟实际问题紧密关联的大作业课程设计，使学生们能够逐渐提高分析并解决系统设计中遇到的各类数字信号处理问题的能力。最终，经过本课程的学习初步具备开展海洋信息及通信工程应用中信号的时域和频域分析处理的能力。具体地讲包括以下几个方面：

- 1) 掌握模拟、离散和数字信号与系统的特点、区别和联系。能够分析和理解实际系统中信号和系统的这些关联特性。
- 2) 掌握离散傅里叶变换的原理、性质和特点，综合其时域—频域的对称关系。能够根据实际系统中的要求，运用离散傅里叶变换进行离散信号和系统时域和频域分析并可以有选择性地进行分析计算。
- 3) 掌握傅里叶变换的快速计算原理和在数字信号和系统时域—频域分析中的应用技术。理解快速傅里叶变换实际计算中的误差因素和限制条件。
- 4) 深刻理解连续信号的数字处理过程和频域概念。
- 5) 了解时域离散系统的典型结构及其特点。掌握利用信号流图法对时域离散系统进行分析的方法。
- 6) 理解 IIR 滤波器的相关概念及应用，掌握 IIR 数字滤波器的实现结构及常用的设计方法。
- 7) 理解 FIR 滤波器的相关概念及应用，掌握 FIR 数字滤波器的实现结构及常用的设计方法。
- 8) 了解数字信号处理算法的软、硬件实现方法及误差的产生机制。理解主要的误差来源包括二进制表示中的量化误差、信号数值化中的量化误差，傅里叶变换和数字滤波计算中系数量化和有限字长带来的量化效应等。

注：以上结果可以通过课堂讨论、仿真实验、作业以及笔试等环节测量。

三、课程要求

（一）授课方式与要求

- 1) 理论课（讲授核心内容、总结、按顺序提示今后内容、答疑、公布习题和课后大作业等）
- 2) 课后练习（按照理论内容进行）
- 3) 实验环节（配合理论课教学内容，布置相应的实验设计任务。要求学生学会相应的 Matlab 命令和函数，编写相应的处理程序完成实验任务。）
- 4) 学生课堂讲解和分析课后作业和实验内容，老师对重点难点进行总结
- 5) 课后大作业（每学期提供几个结合实际的后大作业题目（或者提供经过老师同意的大作业题目），要求完成一个较为复杂的数字信号处理程序，要求团队同学自行分工，各自承担一项子任务）
- 6) 答疑（全部理论课程和实验课程完成后安排 1~2 次答疑，答疑时间不包括在课程学时内，答疑内容包括讲授内容、习题、实验等）
- 7) 期末考试。

（二）考试评分与建议

考试 60%；实验/课后大作业 20%；平时成绩 20%（课堂报告，出勤率，作业等）。

具体情况可酌情而定。

四、教学安排

课程理论教学 48 学时。具体内容见如下。

u 课程理论教学内容和学时分配

周次	教学大纲章节名称	作业或实验	课内 时数
1	第零章 绪论和预备知识回顾 1) 课程概况； 2) 信号与系统及数学预备知识回顾 第一章 时域离散信号和系统概述 1) 时域离散信号 2) 时域离散系统 3) LTI 系统的输入输出描述方法	第一章作业	3

2	第二章 时域离散信号和系统的频域分析 1) 时域离散信号的傅立叶变换 (DTFT) 的定义 2) 周期序列的离散傅立叶级数 (DFS) 3) 周期序列的傅立叶变换表示 4) 时域离散信号傅立叶变换的性质 5) 模拟信号数字处理方法 a) 模拟信号数字处理原理方框图 b) 模拟信号与数字信号的相互转换 c) 多数字信号处理部分的设计考虑 d) 线性系统的数字模拟 (DTFT 和 FT 的关系)	第二章作业	3
3	4) 序列的 z 变换。 5) 利用 Z 变换分析信号和系统的频域特性。		3
4	第三章 DFT 1) 离散傅立叶变换 (DFT) 的定义和性质 2) 频率域采样	第三章作业 第一个实验 第二个实验	3
5	3) DFT 的应用举例 a) 用 DFT 计算线性卷积 b) DFT 对信号进行谱分析 (误差问题) 第四章 FFT 几种基本简化算法如基 2FFT 算法/分裂基 FFT 算法/DHT 的介绍 part1 学生讲解和分析第一章/第二章作业, 老师总结 (1 学时)	第四章作业 第三个实验	3
6	几种基本简化算法如基 2FFT 算法/分裂基 FFT 算法/DHT 的介绍 part2 第五章 数字滤波器的基本概念及一些特殊的滤波器 1) 数字滤波器的基本概念 2) 理想数字滤波器 3) 简单滤波器的设计 学生讲解和分析第一个/第二个实验 (1 学时)		3
7	4) 一些特殊滤波器 学生讲解和分析第三章/第四章作业, 老师总结 (1 学时)		3

8	第六章 IIR 滤波器的设计方法和步骤 1) 几种典型的模拟滤波器的设计和比较 2) 用脉冲响应不变法设计 IIR 数字低通滤波器		3
9	3) 用双线性变换法设计 IIR 数字低通滤波器 4) 数字高通, 带通和带阻滤波器的设计 学生讲解和分析第三个实验 (1 学时)	第六章作业	3
10	第七章 FIR 滤波器的设计方法和步骤 1) 线性相位 FIR 数字滤波器的条件和特点 2) 利用窗函数法设计 FIR 滤波器		3
11	3) 利用频率采样法设计 FIR 滤波器 4) 利用切比雪夫逼近法设计 FIR 滤波器 5) IIR 和 FIR 数字滤波器的比较 学生讲解和分析第六章作业, 老师总结 (1 学时)	第七章作业 实验四	3
12	第八章 时域离散系统的实现 1) 如何用信号流程图来表示网络结构 2) IIR 网络结构 3) FIR 网络结构 4) 线性相位结构, 频率采样结构和格型网络结构。	第八章作业	3
13	5) 数字信号处理中的量化效应 学生讲解和分析实验四和第 7 章作业, 老师总结 (1 学时)		3
14	第九章 多采样率数字信号处理 1) 整数因子抽取 2) 整数因子的内插 3) 按有理数因子的采样率转换	第九章作业	3
15	4) 采样率转换滤波器的高效实现 5) 采样率转换系统的多级实现 学生讲解第八章章作业, 老师总结 (1 学时)		3
16	学生讲解第九章作业, 期末总复习		3

u 实验内容

周次	实验名称	实 验 内 容
1	有限长序列、频谱、DFT 的性质	对给出的几组序列用 matlab 画出它们的实部、虚部、模、相角；观察并记录实部、虚部、模、相角的特征。计算序列的幅度谱、频谱实部、频谱虚部；观察并记录它们的特征，给予解释。 观察同种序列取不同参数时的频谱，发现它们的差异，给予解释。
2	确定性信号谱分析	采用 DFT/FFT 技术对给出的周期性信号进行谱分析。通过实验验证用 $X(k)$ 近似表示频谱 $X(e^{j\omega})$ 带来的栅栏效应、混叠现象和频谱泄漏，及了解如何正确地选择参数（抽样间隔 T 、抽样点数 N ）。
3	基 4-FFT 算法编程	编写 16 点基 4-FFT 算法的 MATLAB 程序。产生 16 点输入序列 x ，算出 16 点频谱序列 X ，用 <code>stem(X)</code> 显示频谱图形。
4	FIR 数字滤波器的设计和使用	先用不同的窗函数设计两个 FIR 低通滤波器，对一个随机序列 $x(n)$ 滤波，观察讨论经过两个滤波器前后信号的频谱特征。设计第三个窗长不一样的滤波器对 $x(n)$ 滤波，观察分析结果。讨论滤波器的设计参数对频率响应中的过渡带宽度，阻带最小衰减等的影响

u 大型课程设计作业

为了加深理解所学的课内理论知识，让学生结合理论知识与实际应用，本课程还需完成一个大型课程设计作业。学生可以从以下几个题目中任意选择一个用熟悉的编程语言设计完成（建议用 matlab）并提交论文报告。2-3 人/组，自由组合，组内分工

1. DTMF 信号的识别 - 大作业提供了几个电话拨号音文件，要求编写 matlab 程序，将例子声音文件中的电话键播号音，转换成相应的数字电话号码串。
2. 信道均衡器的设计 - 在数字通信系统设计中，常常需要设计相应的均衡器来扭转信号在信道中传输后的失真。我们需要能根据信道的输出信号反向推断出系统所采用的滤波器。知道了信道采用滤波器的参数，我们就可以设计出相应的均衡器来补偿失真。大作业中提供了几个经过滤波器后的声音文件，要求能够设计一个均衡器来补偿信号而恢复出原始信号。
3. 语音/音乐归类系统 - 大作业提供了一些声音文件的例子，有纯语音的，纯音乐的或者两者的混合。请设计算法将它们区分出来。
4. 可自己提供合理的设计题目进行设计（题目需得到老师的认可）

五、参考教材及相关资料

教材:

数字信号处理（第四版）高西全 丁玉美 编著 西安电子科技大学出版社

参考资料:

“*Digital Signal Processing: Principals, Algorithms and Applications*”, 4-th Edition, J. G. Proakis and D. G. Manolakis, 电子工业出版社.

《数字信号处理：原理、实现及应用》高西全, 丁玉美, 阔永红著 电子工业出版社

《数字信号处理实验指导书》 Digital Signal Processing Laboratory Using Matlab, Sanjit K. Mira 著 电子工业出版社

《MATLAB 程序设计及其在信号处理中的应用》，聂祥飞等编著，西南交通大学出版社

六、课程教学网站:

将通过校内网站提供必要的课件及文字材料链接