

《数字信号处理 A》课程教学大纲

Digital Signal Processing A

课程编码： 适用专业：通信工程等

先修课程：信号与线性系统 学分数：4

总学时数：64 实验（上机）学时：8

考核方式：校考

执笔者：和煦 编写日期：2012年6月

一、课程性质和任务

本课程是为通信、电子及信息类相关专业学生开设的一门专业基础课，在完成前期信号与线性系统学习的基础上开展该课程的教学。通过本课程的学习使学生了解离散信号的基本概念，掌握利用 DFT 理论进行信号谱分析，以及数字滤波器的设计原理和实现方法，为学生进一步学习有关信息、通信等方面的课程奠定的理论基础。

二、课程教学内容和要求

第一章 时域离散信号和时域离散系统

教学内容：时域离散信号的定义、表示方法、基本运算及分类，时域离散系统，线性卷积定义、计算及性质，离散时间系统性质、差分方程及其求解，抽样定理，模拟信号的数字处理。

1.1 引言

了解数字信号处理的主要研究内容。

1.2 时域离散信号

理解序列的定义、表示方法和分类，掌握序列的基本运算，熟练掌握单位脉冲序列、单位阶跃序列和单位矩形序列的定义和表示方法，掌握一般正弦序列的周期性。

1.3 时域离散系统

理解 LTI 系统、因果系统、稳定系统的数学定义和判断，了解单位脉冲响应的定义和物理含义、LTI 系统的性质。理解卷积和的定义，掌握卷积和的性质，熟练掌握卷积和的计算方法。

1.4 时域离散系统的输入输出描述法——线性常系数差分方程

理解线性常系数差分方程，并掌握其求解方法。

1.5 模拟信号数字处理方法

理解采样定理，掌握连续时间信号的数字处理方法：采样和内插。

第二章 时域离散信号和系统的频域分析

教学内容：序列傅里叶变换的定义及性质，周期序列的离散傅里叶级数及傅里叶变换表示式，时域离散信号的傅里叶变换与模拟信号的傅里叶变换（FT）之间的关系，序列的 Z 变换（ZT）定义、收敛域、性质和定理，系统函数及其应用。

2.1 引言

了解时域离散信号和系统的分析方法。

2.2 序列的傅里叶变换的定义及性质

理解序列傅里叶变换的定义，掌握其性质。

2.3 周期序列的离散傅里叶级数及傅里叶变换表达式

了解 DFS 的离散性与周期性的对应关系，理解 DFS 的定义。

2.4 时域离散信号的傅里叶变换与模拟信号傅里叶变换之间的关系

了解时域离散信号的傅里叶变换与模拟信号傅里叶变换之间的关系

2.5 序列的 Z 变换

了解 ZT 的定义和收敛域，掌握常用序列的 ZT，理解用留数法、幂级数法求 IZT，熟练掌握用部分分式展开法求 IZT，掌握 ZT 的性质和定理。

2.6 利用 Z 变换分析信号和系统的频域特性

了解频率响应的定义和物理含义、理解频率响应的几何确定法。

第三章 离散傅里叶变换（DFT）

教学内容：离散傅里叶变换定义与性质，DFT 与 ZT、DTFT 之间的关系，循环卷积及其计算，频域采样定理，DFT 的应用。

3.1 离散傅里叶变换的定义

理解 DFT 的定义、掌握 DFT 与 ZT 和 DTFT 之间的关系以及 DFT 的隐含周期性。

3.2 离散傅里叶变换的基本性质

了解 DFT 的线性性质、循环移位性质和循环卷积的定义，理解循环移位的概念，掌握循环卷积的计算，熟练掌握 DFT 的共轭对称性和帕斯瓦尔定理。理解并掌握 DFT 性质的证明和应用。

3.3 频率域采样

了解频域采样定理的证明，掌握由采样值恢复原始信号的条件，熟练掌握定理的内容及应用。

3.4 DFT 的应用举例

掌握用 DFT 计算线性卷积，理解利用 DFT 对信号进行谱分析的过程，以及由这种近似的谱分析所产生的误差：频谱混叠现象、频谱泄漏和栅栏效应。

第四章 快速傅里叶变换 (FFT)

教学内容：基 2FFT 算法原理，减少计算量的措施，FFT 的应用与问题，IDFT 的快速算法。

4.1 引言

了解直接计算 DFT 的运算量、影响运算量的因素及解决方案，理解旋转因子的性质：对称性和周期性。

4.2 基 2FFT 算法

理解基 2-DIT-FFT 及基 2-DIF-FFT 的基本原理，掌握基本蝶形图，算法的运算量和特点。了解两种基 2-FFT 算法的异同以及减少运算量的依据。在 FFT 算法基础上，了解 IFFT 的实现方法。

4.3 进一步减少运算量的措施

理解并掌握进一步减少 FFT 运算量的措施。

4.4 分裂基 FFT 算法

了解分裂基 FFT 算法的思想。

4.5 离散哈特莱变换 (DHT)

了解离散哈特莱变换 (DHT) 的思想。

第五章 时域离散系统的基本网络结构与状态变量分析法

教学内容：网络结构、信号流图，IIR 数字系统的网络结构，FIR 数字系统的网络结构，状态变量分析法。

5.1 引言

了解数字滤波器的表示方法，掌握离散时间系统的差分方程、单位脉冲响应和系统函数。

5.2 用信号流图表示网络结构

掌握用信号流图表示网络结构。

5.3 无限长脉冲响应基本网络结构

理解同一差分方程或系统函数的不同表现形式，IIR 滤波器的实现结构的非唯一性，熟练掌握直接型、级联型和并联型网络结构图，以及这三种结构之间的比较。

5.4 有限长脉冲响应基本网络结构

了解 FIR 系统差分方程和系统函数的一般形式，掌握直接型、级联型和频率采样型网络结构，以及频率采样结构的优点。

5.5 状态变量分析法

了解状态变量分析法的基本思想。

第六章 无限脉冲响应数字滤波器的设计

教学内容：数字滤波器概念，经典模拟滤波器的设计，脉冲响应不变法，双线性变换法，滤波器类型转换，IIR 数字滤波器的直接设计法。

6.1 数字滤波器的基本概念

了解滤波器的基本概念，理解数字滤波器的分类方法：低通、高通、带通和带阻，掌握数字滤波器设计的基本思路和步骤。

6.2 模拟滤波器的设计

了解巴特沃斯逼近法的原理，理解该方法的特点，掌握其设计步骤，了解模拟低通滤波器的一般形式。了解切比雪夫滤波器的设计思路。掌握模拟高通、带通、带阻滤波器的设计。

6.3 用脉冲响应不变法设计 IIR 数字低通滤波器

掌握用脉冲响应不变法设计 IIR 数字滤波器的基本原理、设计步骤和优缺点，理解从 s 平面到 z 平面的映射关系。

6.4 用双线性变换法设计 IIR 数字低通滤波器

理解双线性变换法的设计思想，掌握该方法的基本原理、设计步骤和优缺点，能够使用双线性变换法设计数字滤波器。

6.5 数字高通、带通和带阻滤波器设计

了解低通-高通、低通-带通、低通-带阻的变换公式，掌握数字高通、带通和带阻滤波器的设计。

第七章 有限脉冲响应数字滤波器的设计

教学内容：线性相位 FIR 数字滤波器，窗口设计法，频率采样设计法，优化设计法，IIR 与 FIR 数字滤波器的比较。

7.1 线性相位 FIR 数字滤波器的条件和特点

理解 FIR 滤波器的线性相位特性,掌握第一类线性相位和第二类线性相位特征,了解线性相位 FIR 滤波器幅频响应的对称性问题。

7.2 利用窗函数法设计 FIR 滤波器

理解用矩形窗函数逼近理想低通滤波器的频率响应,及 Gibbs 效应的产生。

7.3 利用频率采样法设计 FIR 滤波器

掌握使用频率采样法设计线性相位 FIR 滤波器的基本思路和条件。

7.4 IIR 和 FIR 数字滤波器的比较

理解 IIR 和 FIR 数字滤波器的优缺点。

三、各教学环节的学时分配

章节	项目 主要内容	学时分配				
		讲课	习题课	实验	上机	合计
第一章	时域离散信号和时域离散系统	6				6
第二章	时域离散信号和系统的频域分析	8	2	2		12
第三章	离散傅里叶变换 (DFT)	10				8
第四章	快速傅里叶变换 (FFT)	4		2		6
第五章	时域离散系统的基本网络结构与状态变量分析法	6	2			8
第六章	无限脉冲响应数字滤波器的设计	8		2		10
第七章	有限脉冲响应数字滤波器的设计	8	2	2		10
合计		50	6	8		64

四、实验部分教学内容和要求: (含课内实验的课程填写本部分)

1、实验项目及学时分配

其中: 演示性实验 0 %, 验证性实验 50 %, 设计性实验 50 %, 综合性实验 0 %

序号	实验项目名称	实验内容及要求	学时	实验类型			
				演示	验证	设计	综合
1	信号、系统及系统响应	时域采样定理、卷积、利用傅里叶变换进行频域分析	2		√		
2	用 FFT 作谱分析	用 FFT 对信号进行谱分析	2		√		

3	用双线性变换法设计 IIR 数字滤波器	熟悉用双线性变换法设计 IIR 数字滤波器	2			√	
4	用窗函数法设计 FIR 数字滤波器	掌握用窗函数法设计 FIR 数字滤波器、熟悉线性相位 FIR 数字滤波器特性	2			√	

2、实验所需设备及材料

序号	实验项目名称	每组人数	每组需要的主要仪器设备		每组需要的主要实验材料		
			设备名称	数量	材料名称	数量	性质
1	信号、系统及系统响应	1	计算机	1	Matlab	1	非一次性
2	用 FFT 作谱分析	1	计算机	1	Matlab	1	非一次性
3	用双线性变换法设计 IIR 数字滤波器	1	计算机	1	Matlab	1	非一次性
4	用窗函数法设计 FIR 数字滤波器	1	计算机	1	Matlab	1	非一次性

注：材料性质填写“一次性”或“非一次性”。

五、本课程与其它课程的联系

本课程的先修课程主要包括：高等数学、复变函数、电路分析基础、信号与线性系统、概率论与数理统计等，后续课程有数字信号处理器原理及现代信号处理等。作为数字信号处理的入门理论课程，本课程主要介绍信号处理的基础理论和基本算法，对相应的数学基础要求比较高，如级数、傅里叶变换、拉普拉斯变换等，与后续相关课程内容联系紧密，如自适应滤波、功率谱估计等。

六、建议教材及参考资料

课程选用教材：

《数字信号处理与应用》，卢光跃、黄庆东、包志强编著，人民邮电出版社，2012。

主要参考资料：

1、《数字信号处理（第二版）》，丁玉美、高西全编著，西安电子科技大学出版社，2001。

- 2、《数字信号处理——理论、算法与实现（第三版）》，胡广书，清华大学出版社，2012；
- 3、《离散时间信号处理（第二版）》，[美] A.V. 奥本海姆 等编著. 刘树棠、黄建国译，西安交通大学出版社，2001；
- 4、《数字信号处理教程（第三版）》，程佩青，清华大学出版社，2012；
- 5、《数字信号处理教程习题分析与解答（第三版）》，程佩青，清华大学出版社，2012；