

# 《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；