

高纲 4281

江苏省高等教育自学考试大纲

02356 数字信号处理

南京邮电大学编（2024 年）

I 课程性质与课程目标

一、课程性质和特点

《数字信号处理》是一门理论联系实际、应用性较强的课程，是江苏省高等教育自学考试通信工程专业（专升本）的一门重要的专业基础课。数字信号处理既可离线分析，也可在线处理。它是一门学科，也是众多工程领域强有力的工具。它的应用领域非常广泛，已在语音、图像、雷达、声呐、通信、控制、生物医学工程、遥感遥测、地质勘探、航空航天、电力系统、故障检测、自动化、仪器仪表等众多领域获得了极其广泛的应用，并有效地推动了各工程技术和学科的发展。

二、课程目标

本课程注重培养考生掌握数字信号处理的基本理论和技能，利用计算机或专用器件和设备，对信号进行采集、变换、估值、滤波等加工处理。通过本课程的学习，考生能够掌握数字信号处理的基本概念、原理和方法，较全面地了解数字信号处理技术的各种功能和分类，熟练地把数字信号处理技术应用到自己所从事的领域中，为考生今后应用它解决工作中的问题打下良好的基础。

通过本课程学习，使考生在已具备数学和信号与系统知识的基础上，具有数字信号处理的理论基础和基本技能；能够理论联系实际，具有分析问题和解决问题的能力、动手能力和创新能力，设计和实现数字信号处理系统。

三、与相关课程的联系与区别

本课程是专业基础课程，融合了数学和信号理论的相关知识，需要多门基础学科的知识作为铺垫。

四、课程的重点和难点

本课程的重点为：离散时间信号及其频谱以及特性分析，离散时间系统的描述和分析，离散时间系统的设计和实现；从连续时间信号到离散时间信号（采样），离散时间信号的速率变换；离散傅里叶变换（DFT）及其快速算法（FFT），用 DFT 进行连续信号的频谱分析，用 FFT 实现离散系统功能（线性卷积）；无限单位脉冲响应（IIR）滤波器的设计：脉冲响应不变法、双线性变换法，从模拟滤波器设计各种数字滤波器，把数字低通滤波器变换为各种数字滤波器；线性相位有限单位脉冲响应（FIR）滤波器的时域特性和频域特性、FIR 滤波器的设计：窗口设计法、频率采样设计法；数字信号处理系统的电路和编程实现。

本课程的难点为：由系统函数或差分方程求系统收敛域和单位脉冲响应；离散时间信号速率变换前后的频谱；离散傅里叶变换（DFT）的计算；由模拟滤波器设计各种 IIR，参数计算和综合设计；线性相位有限单位脉冲响应（FIR）滤波器的时域特性和频域特性；FIR 滤波器的窗口设计法和频率采样设计法；数字信号处理系统的电路信号流程图。

II 考核目标

本大纲在考核目标中，按照识记、领会、简单应用和综合应用四个层次规定其应达到的能力层次要求。四个能力层次是递进关系，各能力层次的含义是：

识记：要求考生能够识别和记忆本课程中有关数字信号处理的基本概念，并能够根据考核的不同要求，做正确的表述、选择和判断。

领会：要求考生能够领悟和理解本课程中有关数字信号处理的基本原理及模型，理解数字信号处理的性能指标，并能根据考核的不同要求对有关问题进行分析，做出正确的判断、解释和说明，阐述其原理。

简单应用：要求考生能够根据已知的数字信号处理理论，对信号处理的局部环节进行分析论证、简单设计计算、函数变换等。

综合应用：要求考生面对工程应用要求，运用数字信号处理理论，进行分析和论证，选择合适的技术方案，计算性能指标参数，设计完整的数字信号处理模块（系统），对数字信号处理技术进行综合应用。

III 课程内容与考核要求

绪 论

一、学习目的与要求

通过本章学习，理解数字信号处理的概念和定义；理解各种类型信号的定义和区别；熟悉数字信号处理的优缺点。

二、考核知识点与考核要求

识记：①各种信号的定义；②信号处理的定义；③模拟信号处理和数字信号处理概念。

领会：①各种信号的区分；②数字信号处理的优缺点；③数字信号处理的应

用领域。

三、本章的重点和难点

本章重点为：①信号处理的基本概念；②连续时间信号和模拟信号；③离散时间信号和数字信号；④模拟信号处理和数字信号处理。

第一章 离散时间信号与系统

一、学习目的与要求

通过本章学习,理解离散时间信号及序列的概念和表示方法,熟悉常见序列,掌握序列的时域运算;理解离散时间傅里叶变换(DTFT)的定义,熟悉其特性,掌握其运算;理解离散时间信号 z 变换的定义,熟悉其特性,掌握其运算。领会序列特性与 z 变换及其收敛域的关系;掌握逆 z 变换的定义和运算;领会DTFT与 z 变换的关系;理解离散时间系统的定义,掌握线性时不变系统的定义和判别,掌握因果稳定系统的定义和判别。掌握离散时间系统的几种表示方法;领会系统函数和频率特性的定义,掌握其运算,学会用它们(如零极点分布等)判断系统性能;熟悉有限长脉冲响应(FIR)系统的定义和特点;熟悉无限长脉冲响应(IIR)系统的定义和特点。

二、考核知识点与考核要求

(一) 离散时间信号

识记：①离散时间信号的表示—序列；②常用典型序列。

领会：①离散周期序列。

简单应用：①序列的图示。

综合应用：①序列的运算；②序列的（线性）卷积。

(二) 离散时间信号的傅里叶变换与 z 变换

识记：①离散时间傅里叶变换(DTFT)；②离散时间信号的 z 变换。

领会：①DTFT的特性；②信号在时域实、虚、共轭（奇、偶）对称与在频域实、虚、共轭（奇、偶）对称之间的关系；③ z 变换的特性；④DTFT与 z 变换的关系；⑤序列时域特性与 z 变换特性及其收敛域的关系。

简单应用：①求序列的DTFT；②求序列的 z 变换。

综合应用：①求函数 $X(z)$ 的 z 逆变换[需熟练因式分解和部分分式分解技巧]；
②求序列能量

（三）离散时间系统

识记：①离散时间系统；②线性时不变系统；③稳定系统和因果系统；（上述系统的定义）④离散时间系统的描述方法：单位脉冲响应，差分方程。

领会：①线性时不变系统的判别；②因果稳定系统的判别；③离散时间系统的不同描述方法的相互关系；④系统基本运算单元；⑤差分方程网络结构框图。

简单应用：①差分方程对应的系统框图（或反过来）。

综合应用：①序列通过离散时间系统的输出（时域方法）。

（四）系统的频率响应及其系统函数

识记：①系统函数；②频率响应；③系统函数的零极点；④FIR 系统；⑤IIR 系统。

领会：①从系统函数判断系统的因果稳定性。②FIR 系统的特点；③IIR 系统的特点。

简单应用：①离散时间系统不同描述方式间的相互转换。

综合应用：①序列通过离散时间系统的输出（变换域方法）；②离散时间系统的频率响应。

（五）本章小结（本节内容不作考核要求）

三、本章的重点和难点

本章重点：①序列卷积；②DTFT；③ z 变换；④单位脉冲响应；⑤差分方程；⑥系统函数；⑦频率响应；⑧IIR 数字系统和 FIR 数字系统。

本章难点：①由差分方程写出系统函数；②求系统函数的单位脉冲响应序列。

第二章 信号的采样与重建

一、学习目的与要求

通过本章学习，领会对模拟信号采样和量化概念；领会模拟信号重建概念；了解混叠失真，理解采样定理；领会抗混叠滤波器和平滑（重建）滤波器概念及其特性指标；领会对离散时间信号的抽取和插值的概念；如何避免抽取和插值过程中可能产生的失真；掌握离散信号采样率（ $1/M$ 、 L 和 L/M ）变换的原理和方法。

二、考核知识点与考核要求

（一）数字信号处理系统的模拟接口

识记：①模拟信号数字化；②模数（A/D）变换；③数模（D/A）变换。

领会：①模数（A/D）、数模（D/A）变换系统框图。

简单应用：①信号采样、重建前后的波形、频谱和实现框图。

（二）模拟信号的采样与重建

识记：①采样和量化概念；②频谱混叠；③重建概念。

领会：①采样定理及抗混叠滤波；②采样使信号频带受限；③信号重建原理及平滑滤波。

（三）采样与重建中的模拟低通滤波器指标特性

识记：①滤波器性能指标；②通带、阻带、过渡带概念。

领会：①通带波动 δ_1 、阻带波动 δ_2 ；②通带衰减 δ 、阻带衰减 At ；③ δ_1 、 δ_2 (比值)与 δ 、 $At(\text{dB})$ 的关系；④抗混叠滤波器性能指标；⑤平滑滤波器性能指标。

（四）连续时间带通信号的采样

识记：①欠采样概念。

简单应用：①连续时间带通信号不产生混叠的最低采样频率的确定。

（五）离散时间信号的采样和插值

识记：①抽取概念；②插值概念；③采样率变换（降采样、升采样）概念。

领会：①抽取原理及可能的影响—混叠及防止措施；②插值原理及可能的影响—镜像及防止措施；③采样插值结合实现分数采样率变换。

简单应用：①信号抽取、插值前后的频谱和实现框图。

综合应用：①离散信号 $1/M$ 倍抽取、 L 倍插值及 L/M 倍采样率变换的设计计算。

（六）本章小结（本节内容不作考核要求）

三、本章的重点和难点

本章重点为：①采样、抗混叠滤波；②重建、平滑滤波；③滤波器的特性指标；④采样率变换；⑤离散信号的抽取、抗混叠；⑥离散信号的插值、抗镜像；⑦分数采样率变换。

本章难点为：①离散信号的抽取；②离散信号的插值；③抽取或插值前后的频谱图。

第三章 离散傅里叶变换及其快速算法

一、学习目的与要求

通过本章学习,理解离散傅里叶级数(DFS)概念;理解离散傅里叶变换(DFT)的概念;理解信号在时域离散、周期与在频域离散、周期的关系;熟悉 DFT 的特性;掌握 DFT、IDFT 的计算方法;掌握用 DFT 对(非周期、周期)连续信号进行频谱分析的方法;理解 DFT (IDFT)的快速算法 FFT 原理;熟悉 DFT 与 FFT 的运算量比较;了解按时间抽取和按频率抽取的 FFT;熟悉基二和基四 FFT,了解 N 为组合数的 FFT;了解 FFT 的应用场合;掌握利用 FFT 进行线性卷积的方法、可能的问题和解决方法。

二、考核知识点与考核要求

(一) 离散傅里叶变换

识记: ①离散傅里叶级数(DFS)的定义; ②周期卷积; ③离散傅里叶变换(DFT)的定义; ④循环卷积。

领会: ①离散傅里叶级数(DFS)的性质; ②离散傅里叶变换(DFT)的性质; ③信号在时域实、虚、共轭(奇、偶)对称与在其 DFT 实、虚、共轭(奇、偶)对称之间的关系; ④循环卷积等价于线性卷积的条件(p97); ⑤序列的傅里叶变换(DFT)与其 DTFT 和 z 变换之间的关系。

简单应用: ①求序列的傅里叶变换。

综合应用: ①用 DFT 计算序列通过线性系统的输出。

(二) 利用 DFT 进行连续信号的频谱分析

识记: ①频谱混叠; ②频谱泄漏; ③栅栏效应; ④分辨率。(以上名词的定义)

领会: ①产生频谱混叠的原因,非周期信号、周期信号,克服方法; ②产生频谱泄漏的原因,克服方法; ③产生栅栏效应的原因,克服方法; ④分辨率及其影响,改善分辨率的方法。

简单应用: ①分辨率计算; ②对频率为 f_a 的连续周期信号选择适当的采样频率 $f_s = kf_a$ 中的 k 和序列长度 $N = mk$, 以便准确显示其频谱。

(三) 快速傅里叶变换

识记: ①按时间抽取的 FFT; ②按频率抽取的 FFT; ③基二、基四和 N 为

组合数 FFT。

领会：①DFT 与 FFT 的运算量比较；②基二和基四 FFT。

（四）关于 FFT 应用中的几个问题

识记：①FFT 的几个典型应用：计算线性卷积，计算相关函数，计算二维 DFT；②分段卷积。

领会：①分段卷积的重叠相加法；②分段卷积的重叠保留法。

简单应用：①分段卷积参数设计。

综合应用：①分段卷积设计计算。

（五）本章小结（本节内容不作考核要求）

三、本章的重点和难点

本章重点为：①离散傅里叶变换（DFT）；②DFT 与循环卷积；③用 DFT 进行连续信号的频谱分析；④快速傅里叶变换（FFT）；⑤用 DFT 计算线性卷积；⑥分段卷积。

本章难点为：①离散傅里叶变换（DFT）；②DFT 与循环卷积；③用 DFT 计算线性卷积；④分段卷积。

第四章 无限长单位脉冲响应（IIR）滤波器的设计方法

一、学习目的与要求

通过本章学习，理解无限长脉冲响应（IIR）滤波器概念；理解经典滤波器的概念和分类；理解滤波器的特性指标；了解 IIR 滤波器两种设计方法；了解模拟滤波器概念、种类和系统函数；理解根据模拟滤波器设计 IIR 滤波器的方法：脉冲响应不变法，双线性变换法；掌握从模拟原型低通滤波器设计各种数字滤波器；熟悉从数字低通原型滤波器设计各种数字滤波器。

二、考核知识点与考核要求

（一）滤波器的基本原理

识记：①经典滤波器；②滤波器分类。

领会：①数字滤波器与模拟滤波器，各自特点；②滤波器的特性指标；③从模拟滤波器设计 IIR 滤波器；④IIR 滤波器的最优化设计。

（二）模拟滤波器设计方法（本节内容不作考核要求）

（三）根据模拟滤波器设计 IIR 滤波器

识记：①从模拟滤波器设计数字滤波器： $H_a(s) \rightarrow H(z)$ ；②脉冲响应不变法；③双线性变换法。

领会：①脉冲响应不变法；②脉冲响应不变法平面映射关系；③脉冲响应不变法适用的滤波器种类；④双线性变换法；⑤双线性变换法平面映射关系；⑥双线性变换法适用的滤波器种类。

简单应用：①利用脉冲响应不变法公式进行参数变换；②利用双线性变换法公式进行参数变换。

（四）从模拟滤波器低通原型到各种数字滤波器的频率变换

领会：①从模拟原型低通滤波器设计各种数字滤波器一般步骤（p172，并参照 p155）：（a）数字指标参数 \rightarrow 模拟指标参数（参数变换）；（b）设计模拟原型低通滤波器 $H_a(s)$ ；（c）系统函数变换 $H_a(s) \rightarrow H(z)$ ；②低通变换；③高通变换；④带通变换；⑤带阻变换。

综合应用：①利用模拟-数字设计方法设计数字低通滤波器；②利用模拟-数字设计方法设计数字高通滤波器。

（五）从低通数字滤波器到各种数字滤波器的频率变换

领会：①从数字原型低通滤波器设计其它数字滤波器步骤；②数字低通 \rightarrow 低通；③数字低通 \rightarrow 高通；④数字低通 \rightarrow 带通；⑤数字低通 \rightarrow 带阻。

（六）IIR 数字滤波器的最优化设计方法（本节内容不作考核要求）

（七）本章小结（本节内容不作考核要求）

三、本章的重点和难点

本章重点为：①IIR 滤波器；②从模拟原型低通滤波器设计数字滤波器；③脉冲响应不变法；④双线性变换法；⑤模拟-数字滤波器设计步骤；⑥实际模拟-数字滤波器设计（模拟-数字设计，着重低通、高通）；⑦从数字原型低通滤波器设计其它数字滤波器（数字-数字设计，理解）。

本章难点为：①用脉冲响应不变法设计 IIR 滤波器；②用双线性变换法设计 IIR 滤波器。

第五章 有限长单位脉冲响应（FIR）滤波器的设计方法

一、学习目的与要求

通过本章学习，理解有限长脉冲响应（FIR）滤波器概念；熟悉线性相位滤

波器的定义和特点；掌握线性相位 FIR 滤波器的相频特性（及时延特性）、幅频特性和零点特性；熟悉线性相位 FIR 滤波器分类；理解窗口设计法原理；熟悉窗口函数的种类；用窗口设计法设计滤波器；理解频率采样设计法原理；熟悉频率采样设计步骤；用频率采样设计法设计滤波器；熟悉 IIR 滤波器和 FIR 滤波器各自的优缺点。

二、考核知识点与考核要求

（一）线性相位 FIR 滤波器的特点

识记：①线性相位滤波器定义。

领会：①线性相位 FIR 滤波器的分类；②线性相位 FIR 滤波器的零点特性。

综合应用：①线性相位 FIR 滤波器类型选择；②求实际 FIR 滤波器相频特性、时延特性；③求实际 FIR 滤波器幅频特性。

（二）窗口设计法

识记：①窗口设计法概念。

领会：①窗口设计法原理；②窗口设计法种类和特点。

综合应用：①用窗口设计法设计 FIR 滤波器。

（三）频率采样设计法

识记：①频率采样设计法概念。

领会：①频率采样设计法原理；②频率采样设计法步骤和特点。

综合应用：①用频率采样设计法设计 FIR 滤波器。

（四）FIR 滤波器的最优化设计（本节内容不作考核要求）

（五）IIR 与 FIR 数字滤波器的比较

领会：①IIR 滤波器的优缺点；②FIR 滤波器的优缺点。

（六）本章小结（本节内容不作考核要求）

三、本章的重点和难点

本章重点为：①FIR 滤波器；②线性相位滤波器；③线性相位 FIR 滤波器特性；④线性相位 FIR 滤波器分类；⑤窗口设计法；⑥频率采样设计法；⑦IIR 与 FIR 滤波器比较。

本章难点为：①线性相位 FIR 滤波器的特性；②窗口设计法设计 FIR 滤波器；③频率采样法设计 FIR 滤波器。

第六章 数字信号处理系统的实现

一、学习目的与要求

通过本章学习，领会系统函数对应的信号流程图；理解梅森公式；理解 IIR 滤波器的 4 种类型；掌握直接 II 型（正准型、典范型）、级联型、并联型滤波器结构；理解 FIR 滤波器的 4 种类型；掌握横截型（卷积型）、线性相位型滤波器结构。

二、考核知识点与考核要求

（一）数字滤波器的结构

识记：①方框图；②信号流程图；③梅森公式。

领会：①系统函数与信号流程图的关系；②IIR 滤波器的 4 种类型：直接 I 型、直接 II 型（正准型、典范型）、级联型、并联型；③FIR 滤波器的 4 种类型：横截型（卷积型）、级联型、线性相位型、频率采样型。

综合应用：①用直接 II 型（正准型、典范型）、级联型或并联型结构实现 IIR 数字滤波器；②用横截型（卷积型）或线性相位型结构实现 FIR 数字滤波器。

（二）量化与量化误差（本节内容不作考核要求）

（三）有限字长运算对数字信号处理系统的影响（本节内容不作考核要求）

（四）极限环振荡（本节内容不作考核要求）

（五）系数量化对数字滤波器的影响（本节内容不作考核要求）

（六）实时数字信号处理系统的硬件实现（本节内容不作考核要求）

（七）本章小结（本节内容不作考核要求）

三、本章的重点和难点

本章重点为：①信号流程图；②梅森公式；③IIR 滤波器结构及分类；④FIR 滤波器结构及分类；⑤用几种基本结构实现 IIR 滤波器；⑥用几种基本结构实现 FIR 滤波器

本章难点为：①由系统函数画出 IIR 滤波器信号流程图；②由系统函数画出 FIR 滤波器信号流程图。

第七章 多采样率信号处理（本章内容不作考核要求）

IV 关于大纲的说明与考核实施要求

一、自学考试大纲的目的和作用

《数字信号处理》自学考试大纲是根据专业考试计划的要求,结合自学考试的特点而确定。其目的是对个人自学、社会助学和课程考试命题进行指导和规定。

自学考试大纲明确了《数字信号处理》学习的内容以及深广度,规定了课程自学考试的范围和标准。因此,它是编写自学考试教材和辅导书的依据,是社会助学组织进行自学辅导的依据,是考生学习教材、掌握课程内容知识范围和程度的依据,也是进行自学考试命题的依据。

二、课程自学考试大纲与教材的关系

课程自学考试大纲是进行学习和考核的依据,教材是学习掌握课程知识的基本内容与范围,教材的内容是大纲所规定的课程知识和内容的扩展与发挥。课程内容在教材中体现一定的深度或难度,大纲中对考核的要求比较适当。

大纲与教材所体现的课程内容基本一致;大纲里面的课程内容和考核知识点,教材里一般都有。反过来教材里有的内容,大纲里不一定体现。

三、关于自学教材

本课程使用教材为:《数字信号处理》(第三版),吴镇扬主编,高等教育出版社,2016年。

四、关于自学要求和自学方法的指导

本大纲的课程基本要求是依据专业考试计划和专业培养目标而确定的。课程基本要求还明确了课程的基本内容,以及对基本内容掌握的程度。基本要求中的知识点构成了课程内容的主体部分。因此,课程基本内容掌握程度、课程考核知识点是高等教育自学考试考核的主要内容。

为有效地指导个人自学和社会助学,本大纲指出了课程的重点和难点:课程的重点和难点主要集中在:数字信号处理基本概念,模拟信号的采样与恢复,信号处理的数学理论—信号变换,离散时间信号和系统的实现,信号的频谱分析,序列通过线性系统,数字滤波器(IIR、FIR)的设计和实现。

对这些章节的学习重点应放在数字信号处理基本概念、信号和序列的变换,频谱分析,序列通过线性系统,数字滤波器设计的理论和方法,数字滤波器的种类、模型、设计和实现。

难点在于下述几个方面：

1. 数字信号处理概念较多，容易混淆。要求考生在学习时对概念要理解透彻，会前后比较，有机联系，融会贯通。

2. 数字信号处理需要较多数学理论，如因式分解、部分分式分解、多种(DTFT、 z 变换、DFT等)信号变换，解决问题时也需要熟练的数学技能。

3. 数字信号处理是理工学科，不能局限于概念、原理，回答思考题、问答题，而是要解决工程实际问题。需要定量分析计算和设计，得出真正可用的结果。这要求考生加强对数学理论的理解、数学技能的训练。在做习题、分析设计中，反复下笔计算训练。

五、应考指导

1. 如何学习

周全的计划和组织是学习成功的法宝。具体要做到以下几点：①在学习时，一定要跟紧课程并完成作业。②为了在考试中做出满意的回答，必须对所学课程的内容有很好的理解。③可以使用“行动计划表”来监控学习的进展。④阅读课本时最好做读书笔记，如有需要重点主要的内容，可以用彩笔来标注。如：红色代表重点；绿色代表需要深入研究的领域；黄色代表可以运用在工作之中的知识点。还可以在空白处记录相关网站、文章等。

2. 如何考试

一是卷面要整洁。评分教师只能为他能看懂的内容打分，而书写工整、段落与间距合理、卷面赏心悦目有助于教师评分。二是在答题时，要回答所问的问题，而不能随意地回答，要避免超过问题的范围。

六、对社会助学的要求

1. 社会助学者应根据本大纲规定的课程内容和考核要求，认真钻研指定教材，明确本课程与其他课程不同的特点和学习要求，对考生进行切实有效的辅导，引导他们防止自学中可能出现的各种偏向，把握社会助学的正确导向。

2. 正确处理基础知识和应用能力的关系，努力引导考生将识记、领会与应用联系起来，有条件的应适当组织考生开展科学研究实践，学会把基础知识和理论转化为应用能力，在全面辅导的基础上，着重培养和提高考生提出问题、分析问题和解决问题的能力。

3. 要正确处理重点和一般的关系。课程内容有重点与一般之分,但考试内容是全面的。社会助学者应指导考生全面系统地学习教材,掌握全部考试内容和考核知识点,在此基础上突出重点。总之,要把重点学习与兼顾一般相结合,防止孤立地抓重点,甚至猜题、押题。

七、对考核内容的说明

1. 本课程要求考生学习和掌握的知识点内容都作为考核的内容。课程中各章的内容均由若干知识点组成,在自学考试成为考核知识点。因此,课程自学考试大纲中所规定的考试内容是以分解为考核知识点的方式给出的。由于各知识点在课程中的地位、作用以及知识自身的特点不同,自学考试将对各知识点分别按四个能力层次确定其考核要求。

2. 在考试之日起6个月前,由全国人民代表大会和国务院颁布或修订的法律、法规都将列入相应课程的考试范围。凡大纲、教材内容与现行法律法规不符的,应以现行法律法规为准。命题时也会对我国经济建设和科技文化发展的重大方针政策的变化予以体现。

八、关于考试命题的若干规定

1. 本课程的命题考试,应根据本大纲所规定的课程内容和考核要求来确定考试范围和考核要求,不能任意扩大或缩小考试范围,提高或降低考核要求。考试命题要覆盖到各章,并适当突出重点章节,体现本课程的内容重点。

2. 本课程在试卷中对不同能力层次要求的分数比例大致为:识记部分占15%,领会部分占30%,简单应用部分占35%,综合应用部分占20%。

3. 本大纲各章所规定的课程内容、知识点及知识点下的知识细目,都属于考核的内容。考试命题既要覆盖到章,又要避免面面俱到。要注意突出课程的重点、章节的重点,加大重点内容的覆盖度。

4. 命题不应有超出大纲中考核知识点范围的题,考核要求不得高于大纲中所规定的相应的最高能力层次要求。命题应着重考核考生对基本概念、基本知识和基本理论是否了解或掌握,对基本方法是否会用或熟练运用。不应出与基本要求不符的偏题或怪题。

5. 要合理安排试题的难易程度,试题的难度可分为:易、较易、较难和难四个等级。每份试卷中不同难度试题的分数比例一般为:2:3:3:2。

必须注意试题的难易程度与能力层次有一定的联系,但二者不是等同的概念。在各个能力层次中对于不同的考生都存在着不同的难度。

6. 考试方式为闭卷、笔试,考试时间为 150 分钟。评分采用百分制,60 分为及格。考生只准携带 0.5 毫米黑色墨水的签字笔、铅笔、圆规、直尺、三角板、橡皮等必需的文具用品。可携带没有存贮功能的普通计算器。

7. 本课程考试命题的主要题型有单项选择题、名词解释题、简答题、计算作图题、分析计算题。

附录 题型举例

一、单项选择题

1. 当离散时间信号的幅值为量化值时,称为

- A. 电信号 B. 连续时间信号 C. 模拟信号 D. 数字信号

参考答案: D

二、名词解释题

1. (离散)周期序列

参考答案:

序列 $x(n)$ 若有以下特性

$$x(n) = x(n+kN), 0 \leq n \leq N-1, k \text{ 为任意整数}$$

即为(离散)周期序列,记着 $\tilde{x}(n)$ 。

2. 离散傅里叶变换 DFT

参考答案:

将有限长序列 $x(n)$ (长为 N) 延拓成周期为 N 的周期序列 $\tilde{x}(n)$, 前者称为后者的主值序列。对 $\tilde{x}(n)$ 求其傅里叶级数 DFS $\tilde{X}(k)$, 取其主值序列为 $X(k)$, 则 $X(k)$ 是 $x(n)$ 的离散傅里叶变换 DFT, 即

$$\begin{cases} X(k) = \text{DFT}[x(n)] = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)W_N^{kn} & 0 \leq k \leq N-1 \\ x(n) = \text{IDFT}[X(k)] = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X(k)W_N^{-kn} & 0 \leq n \leq N-1 \end{cases} \quad \text{其中 } W_N = e^{-j\frac{2\pi}{N}}$$

三、简答题

1. 简述数字信号处理的优缺点。

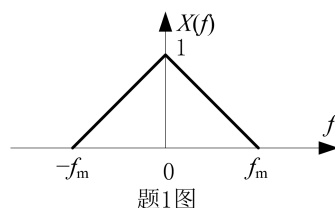
参考答案:

优点：①精度高；②灵活性强；③超越模拟信号处理的特性和指标；④可实现多维信号处理。

缺点：①复杂度高；②频率范围受限；③功耗大。

四、计算作图题

1. 某模拟信号 $x_a(t)$ 频谱 $X(f)$ 如图所示，最高频率为 f_m 。以 f_{s1} 采样率采样传输后，对其进行 $1/M$ 抽取（降采样），抽取后的采样率为 f_{s2} 。



- (1) 为使抽取后的信号没有混叠失真， M 、 f_m 、 f_{s1} 、 f_{s2} 应该满足何种约束关系？
- (2) 若 $f_m = 4$ kHz, $f_{s1} = 20$ kHz, 求最大 M 值和 f_{s2} ；
- (3) 画出抽取前后的 $X(e^{j\omega})$ 、 $Y(e^{j\omega})$ 的频谱图。

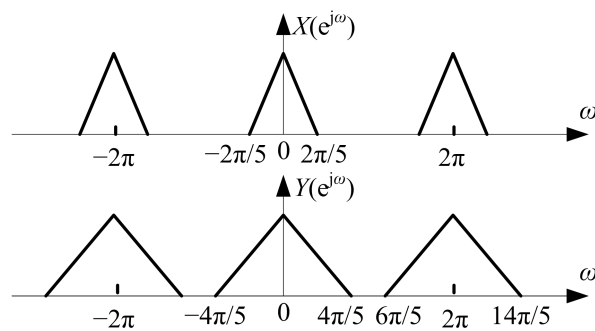
参考答案：

(1) 无混叠失真的 M 、 f_m 、 f_{s1} 、 f_{s2} 约束关系为 $f_{s1} = M f_{s2} \geq 2M f_m$

(2) 由于最小采样频率 $f_s = 2 \times 4 = 8$ kHz

$M = f_{s1}/f_s = 20/8 = 2.5$, 取 $M = 2$ $f_{s2} = f_{s1}/M = 20/2 = 10$ kHz

(3) 频谱图如下



答1图

2. 已知某三阶数字滤波器的系统函数为

$$H(z) = \frac{3 + 2.4z^{-1} + 0.4z^{-2}}{(1 - 0.6z^{-1})(1 + z^{-1} + 0.5z^{-2})}$$

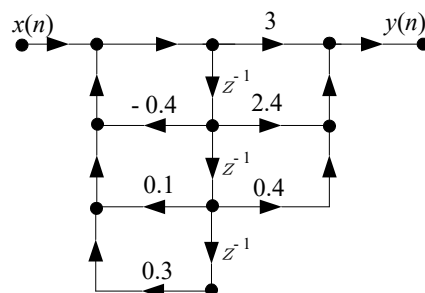
试画出其直接 II 型（正准型）结构信号流图。

参考答案：

将系统函数分母展开，得

$$H(z) = \frac{3 + 2.4z^{-1} + 0.4z^{-2}}{1 + 0.4z^{-1} - 0.1z^{-2} - 0.3z^{-3}}$$

信号流图如右：



答 3 图

五、分析计算题

1. 一个离散线性时不变系统差分方程为， $y(n-1) - \frac{5}{2}y(n) + y(n+1) = x(n)$ ，已知系统是稳定的。试求其收敛域和单位脉冲响应。

参考答案：此系统的系统函数为 $H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{1}{z^{-1} - \frac{5}{2} + z} = \frac{z^{-1}}{z^{-2} - \frac{5}{2}z^{-1} + 1} = \frac{2}{3} \left[\frac{1}{1-2z^{-1}} - \frac{1}{1-\frac{1}{2}z^{-1}} \right]$

极点为： $z_1=1/2$ ， $z_2=2$ 。为了使系统稳定，收敛区域必须包括单位圆，故取 $1/2 < |z| < 2$ ；

当收敛域为 $1/2 < |z| < 2$ 时， $H(z)$ 第 1 项为左边序列，第 2 项为右边序列，则对应的序列为：

$$h(n) = -\frac{2}{3} \left[2^n u(-n-1) + \frac{1}{2^n} u(n) \right]$$

2. 用双线性变换法设计一个三阶切比雪夫数字高通滤波器，采样频率 $f_s=16$ kHz，截止频率为 $f_c=4$ kHz，通带波动 3dB。

[注：三阶切比雪夫模拟低通归一化传输函数： $H_a(p) = \frac{0.4913}{p^3 + 0.9883p^2 + 1.2384p + 0.4913}$]

参考答案：

模拟边界频率（预畸）： $\Omega_c = \frac{T}{2} \cot \frac{\omega_c}{2} = \frac{T}{2} \cot \frac{2\pi f_c / f_s}{2} = \frac{T}{2}$

去归一化，将 $p = s/\Omega_c$ 代入 $H_a(p)$ 得边界频率为 Ω_c 的低通传输函数 $H_a(s)$ 为

$$H_a(s) = \frac{0.4913}{\left(2s/T\right)^3 + 0.9883\left(2s/T\right)^2 + 1.2384\left(2s/T\right) + 0.4913}$$

经模拟低通-数字高通双线性变换，得到滤波器的传输函数为：

$$H(z) = H_a(s) \Big|_{s=\frac{T}{z} \frac{1+z^{-1}}{1-z^{-1}}} = \frac{0.4913}{\left(\frac{1+z^{-1}}{1-z^{-1}}\right)^3 + 0.9883\left(\frac{1+z^{-1}}{1-z^{-1}}\right)^2 + 1.2384\left(\frac{1+z^{-1}}{1-z^{-1}}\right) + 0.4913} \quad [\text{注：只需到此}]$$