

海军工程大学 2027 年博士研究生招生资格考试大纲

科目代码：3018

科目名称：数字信号处理

一、考试要求

主要考查学生对数字信号处理的基本概念、算法原理和典型应用的理解与掌握；对经典数字信号处理基本概念与方法的掌握；对随机信号经典功率谱估计和参数功率谱估计的理解与掌握；对维纳滤波器和自适应滤波器的理解与掌握；以及综合运用数字信号处理理论和算法解决工程应用问题的能力。

二、考试内容

1. 经典数字信号处理

(1) 离散时间信号与系统：离散信号的基本概念；信号的分类；信号空间的基本概念；信号的卷积和相关运算；离散系统的基本概念；线性移不变离散系统的输入输出关系。

(2) 离散信号的傅里叶变换与频谱：频谱的定义和物理概念；离散傅里叶变换 (DFT)；快速傅里叶变换 (FFT)；时域抽样定理与频域抽样定理；用 DFT 实现线性卷积方法；用 DFT 实现频谱分析方法。

(3) 离散时间系统的分析与设计：离散系统的频率响应和系统函数；离散系统的零极分析；离散系统的结构；IIR 和 FIR 数字滤波器设计。

2. 随机信号的功率谱估计

(1) 平稳随机信号概述：平稳随机信号的自相关函数；平稳随机信号的功率谱；平稳随机信号通过线性系统的输入输出关系。

(2) 经典功率谱估计：自相关函数的估计；经典谱估计的周期图法和自相关法；估计的质量和改进方法。

(3) 参数模型功率谱估计：平稳随机信号的参数模型；AR 模型的正则方程与参数计算；AR 模型的稳定性与信号建模；线性预测理论；AR 模型系数求解的自相关法和 Burg 法；MA 模型及功率谱估计；ARMA 模型及功率谱估计。

(4) 非参数法现代谱估计：基于矩阵特征分解的功率谱估计。

3. 现代滤波器设计

(1) 维纳滤波器：平稳随机信号的线性最小均方滤波；FIR 维纳滤波器；维纳-霍夫方程；维纳滤波的误差性能曲面；最陡下降法的基本原理与稳定性分析。

(2) 自适应滤波器：自适应滤波器的概念与分类；最小均方 (LMS) 算法；归一化最小均方 (NLMS) 算法；最小二乘 (LS) 算法；递归最小二乘 (RLS) 算法。

三、考试形式

考试形式为闭卷、笔试，考试时间为 2 小时，满分 100 分。

题型包括：单项选择题 20 分、简答题 20 分、综合应用题 60 分。

四、参考书目

《数字信号处理——理论、算法与实现 (第 4 版)》，主编 胡广书，清华大学出版社，2023 年，第 4 版。

海军工程大学博士研究生招生考试

数字信号处理 样卷

(科目代码 3018)

注意事项:

1. 本试卷共 2 页, 满分 100 分; 考试时间 120 分钟。
2. 所有试题都作答在答题纸(卡)上, 答在试卷上无效。
3. 考试结束后, 考生将答题纸(卡)和本试卷一同装入试卷袋后密封, 并在密封签上签名。

一、单项选择题(本大题共 5 小题, 每小题 4 分, 共 20 分)

在每小题列出的四个备选项中只有一个是符合题目要求的, 请将其代码填写在答题纸上对应题号内。错选、多选或未选均无分。

1. 对信号进行傅里叶变换, 就时域和频域而言, 一个域的周期必然对应另一个域的_____;
一个域的非周期必然对应另一个域的_____。()

- A. 连续、离散 B. 离散、连续 C. 非周期、周期 D. 周期、非周期

2. 信号 $x(t)$ 含有三种频率成分, $f_1 = 49.8\text{Hz}$, $f_2 = 50\text{Hz}$, $f_3 = 150\text{Hz}$, 欲利用 FFT 将这三个频率成分区分出来, 数据处理的最小数据长度 $T_0 =$ () 秒。

- A. 0.02 B. 0.2 C. 5 D. 不确定

3. 在下列表达式中, **不能**作为某实平稳随机过程的(复)功率谱密度的表达式的是 ()。

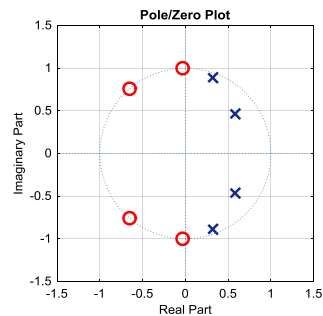
- A. σ^2 B. $\frac{1-a^2}{1+a^2-2a\sin\omega}$
C. $1+z+z^{-1}$ D. $\frac{1.04+0.4\cos\omega}{1.25-\cos\omega}$

4. 自适应滤波有四种类型应用, 分别是系统辨识、自适应噪声抵消、自适应预测和自适应通道均衡。这四种应用之间本质的不同在于自适应滤波器的 () 信号获取方式的不同。

- A. 输入 B. 输出
C. 期望 D. 误差

5. 某离散时间系统的零极图如题图 5 所示, 则该系统为 () 滤波器。

- A. 低通 B. 高通
C. 带通 D. 带阻



题 5 图

二、简答题（本大题共 2 小题，每小题 10 分，共 20 分）

6. 在数字信号处理中，时间窗的引入对分析原始数字信号的频谱带来什么影响？怎样才能减少这种影响？

7. 简述平稳随机信号的功率谱估计中，参数模型法的理论依据、基本思路 and 分类。

三、综合应用题（本大题共 3 小题，每小题 20 分，共 60 分）

8. 确定性信号 $x(n)$ ，其 z 变换为 $X(z)$ ，收敛域为 $|z| > R_{x-}$ 。

已知 $x(n)$ 的自相关函数 $r_x(m)$ 的计算公式为：

$$r_x(m) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(n)x(n+m)$$

(1) 试确定 $r_x(m)$ 的 z 变换 $R_x(z)$ 及其收敛域；

(2) 设 $x(n) = (\frac{1}{2})^n u(n)$ ，试计算自相关函数 $r_x(m)$ 以及 z 变换 $R_x(z)$ 。

9. 已知实平稳随机序列 $X(n)$ 的单一样本的 3 个观测值为

$$x(n) = \{4, 2, 1\}$$

(1) 估计其自相关函数 $r_x(m)$ ；

(2) 利用相关法估计其功率谱 $P_{BT}(e^{j\omega})$ ；

(3) 由 (1) 中的自相关函数，写出 AR(2) 模型的正则方程，并估计功率谱 $P_{AR}(e^{j\omega})$ ；

(4) 自相关法和参数模型法估计的功率谱相等吗？为什么？

10. 观测信号 $x(n) = s(n) + w(n)$ ，其中 $w(n)$ 是方差为 σ_w^2 的白噪声， $s(n)$ 是一个一阶 AR 模型的输出，其输入输出关系是： $s(n) = \rho s(n-1) + u(n)$ ，其中 $u(n)$ 是方差为 σ_u^2 的白噪声。

(1) 证明 $s(n)$ 的自相关函数为： $r_s(m) = \frac{\sigma_u^2}{1-\rho^2} \rho^{|m|}$ ；

(2) 当 $\sigma_w^2 = 1$ ， $\sigma_u^2 = 0.64$ 时，设计一个长度为 2 的 FIR 维纳滤波器来估计 $s(n)$ ，求滤波器系数及滤波后的均方误差；

(3) 滤波后达到了降噪的目的吗？为什么？