

南京邮电大学

2007 年攻读硕士学位研究生入学考试数字信号处理试题

一、填空题（每空 1 分，共 10 分）

- 1、第三类线性相位的 FIR 数字滤波器 ($h(n)$ 奇对称, N 为奇数) 适合设计低通、高通、带通、带阻中的哪一种:_____。
- 2、采样频率 f_s 对应于模拟角频率 Ω = _____, 对应于数字角频率 ω = _____。
- 3、已知 8 点序列 $x(n)(n=0,1,\dots,7)$, 如果其 16 点的离散傅立叶变换 (DFT) 为 $X(k)=\{X(0),X(1),X(2),\dots,X(15)\}$, 则其 8 点 DFT 为_____。
- 4、对模拟信号进行数字信号处理, 在 A/D 转换器 (模拟/数字转换器) 前信号要经过前置低通, 该低通滤波器的作用是_____; 在 D/A 转换器后信号要经过后置低通, 该低通滤波器的作用是_____。
- 5、已知序列 $x(n)=a^n u(n)$ 的 Z 变换收敛域为 $|Z|>|a|$, 序列 $y(n)=a^n u(n-M)$ 的 Z 变换的收敛域为 $|Z|>|a|$, 则序列 $x(n)-y(n)$ 的 Z 变换的收敛域为_____。
- 6、当单位脉冲响应分别为 $h_1(n)$ 和 $h_2(n)$ 的两个线性时不变离散时间系统级联 (串联) 时, 其级联系统的单位脉冲响应为_____, 系统函数为_____。
- 7、单位脉冲响应满足奇对称条件的 FIR 数字滤波器, 其频响的相位表达式是_____。

二、判断题（每题 2 分，共 10 分）

（错的请指出错误之处，并解释原因或给出正确结果）

- 1、凡是因果系统, 系统的极点只能在单位圆内。
- 2、若某序列的傅立叶变换 (DTFT) 存在, 则其离散傅立叶变换 (DFT) 也存在。
- 3、在数字滤波器设计中, $H(z)$ 只与数字域参数 ω_c 有关, 即只与临界频率 f_c 与采样频率 f_s 的相对值有关, 而与他们的绝对值大小无关。
- 4、用窗口法设计 FIR 数字滤波器, 如果窗函数为矩形窗, 那么由于吉布斯 (Gibbs) 效应, 在窗函数的长度取不同值时, 所设计滤波器的过渡带和阻带最小衰减都不会发生变化。
- 5、离散周期信号的频谱是连续的周期函数。

三、论述题（每题 5 分，共 15 分）

- 1、一阶 IIR 网络 $H(z)=\frac{1}{1-az^{-1}}$, 当采用定点制舍入处理时, 试说明只有系数 $|a|<\frac{1}{2}$ 时才不会零输入极限环震荡。
- 2、利用离散傅立叶变换 (DFT) 的奇偶对称特性和虚实特性说明: 如果有限长序列 $x(n)$ 是实序列、偶对称的, 则其 DFT $X(k)$ 也是实序列、偶对

称的。

3、滤波器的系数量化使滤波器零极点位置的取值范围由一个连续域变为一个离散的 Z 平面点阵。试说明：如果量化位置在 Z 平面实轴附近分布的稀，在虚轴附近分布的密，则会使低通、高通滤波器的量化误差较大，使带通滤波器的量化误差较小。

四、问答题（每题 6 分，共 12 分）

下列各系统中， $x(n)$ 表示激励， $y(n)$ 表示系统响应，问

1、 $y(n) = \sum_{m=-\infty}^n x(m)$ 是否为线性系统，时不变系统？为什么？

2、 $y(n) = x(n - n_0)$ 是否为稳定系统、因果系统？为什么？

五、画图题（共 24 分）

1、（6 分）画出巴特沃兹（Butterworth）滤波器、切比雪夫（Chebyshev）I 型、切比雪夫（Chebyshev）II 型滤波器幅度平方函数的大致曲线。

2、（8 分）已知序列 $x(n) = e^{j\omega n} u(n)$ ，请画出其 Z 变换 $X(z) = Z[x(n)]$ 的零、极点分布图及收敛域。

3、（10 分）画出 $N=8$ 按时间抽取（DIT）的 FFT 分解流程图，要求：

（1）按照 $N=2 \times 4$ 分解，注明输入、输出序列及每一级的 W 因子。

（2）指出比直接计算 DFT 节约了多少次乘法运算。

六、证明题（共 14 分）

1、（8 分） $x(n)$ 是长度为 N 的有限长序列，其 N 点的 DFT 为 $X(k)$ 。如果

$$x_e(n) = \frac{1}{2} [x(n) + x^*(N - n)]$$

$$x_o(n) = \frac{1}{2} [x(n) - x^*(N - n)]$$

$$DFT[x_e(n)] = \text{Re}[X(k)]$$

证明： $DFT[x_o(n)] = j \text{Im}[X(k)]$

2、（6 分）某高斯白噪声序列 $\{x(n)\}$ 的集合平均为 $E[x(n)] = m_x$ ，现用某一样本的某一片段来计算平均值的估值：

$m_x = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x(n)$ 。证明： m_x 是 m_x 的无偏估计。

七、设计题（共 25 分）

1、（12 分）二阶低通数字滤波器的系统函数为 $H(z) = \frac{1}{(1 - 0.9z^{-1})(1 - 0.8z^{-1})}$ ，

现采用定点制运算，尾数作舍入处理，试计算直接型，级联型两种实现结构下输出噪声的方差。（设量化台阶为 q ）。

2、（13 分）用双线性变换法设计一个三阶巴特沃兹（Butterworth）高通数字滤波器（要求预畸），采样频率为 6KHz, 3dB 截止频率为 1.5KHz, 已知三阶巴特沃兹滤波器归一化低通原型为

$$H(s) = \frac{1}{s^3 + 2s^2 + 2s + 1}, \text{ 要求:}$$

（1）设计该高通滤波器的系统函数 $H(z)$;

（2）画出该滤波器的直接 II 型（正准型）实现结构。

八、综合题（共 40 分）

1、（7 分）已知序列 $x(n) = |n-3|u(n)$ ，试求其 Z 变换。

2、（8 分）设计得到的 IIR 低通滤波器的系统函数为

$$H(z) = \frac{1}{1 - \frac{2}{3}\sqrt{3}Z^{-1} + \frac{4}{9}Z^{-2}} \text{ 实现时, 由于有限字长, 系数只能舍入到 } 0, \pm 0.5, \pm 1, \pm 1.5 \text{ 七个值之一。}$$

1) 求出系数量化前后的极点位置;

2) 根据求出的极点位置, 用几何法画出量化前后幅频特性的大致曲线。

3、（10）求满足下列差分方程的线性移不变因果离散时间系统的单位脉冲响应 $h(n)$, 并指出每个系统是 FIR 系统还是 IIR 系统。

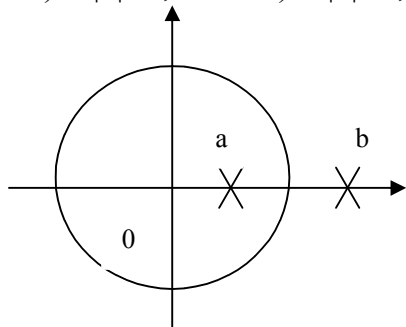
$$(1) \quad y(n) = x(n) - 2x(n-2) + x(n-3)$$

$$(2) \quad y(n) + 2y(n-1) = x(n) + x(n-1)$$

4、（15 分） $H(z)$ 是序列 $h(n)$ 的 Z 变换, 是某系统的系统函数, 其极点的分布如图所示, 若收敛域分别为

$$a) |z| < a \quad b) a < |z| < b \quad c) |z| > a$$

$$d) a < |z| < b, a=0 \quad e) a < |z| < b, b=\infty$$



（若不说明, 默认 $0 < a < 1$ 及 $1 < b < \infty$ ）

填写下列表格, 说明这五种情况分别对应说明样的序列和系统?

	左边序列、 右边序列、 双边序列?	有限长序列 还是无限长 序列?	起点在 $n=0$ 处 还是 $n<0$ 处还 是 $n>0$ 处?	序列傅氏变 换 是 否 存 在?	系 统 的 因 果 性?	系 统 的 稳 定 性?
a)						
b)						
c)						
d)						
e)						