南京邮电大学

2006 年攻读硕士学位研究生入学考试数字信号处理试题

(考生注意：答案写在答题纸上，保持卷面整洁。)

一、填空题（每空 1 分，共 16 分）

1、正弦类变换中性能最佳的是卡亨南—洛厄维变换（KLT)，在____准则下，该变换的失真最小。

2、一个数字低通的截止频率为 $\omega_c = 0.1\pi$，如果采样频率为 $f_s = 1kHz$，则等效于模拟低通的截止频率为 $f_c =$_______，如果采样频率为 $f_s = 2kHz$，则等效于模拟低通截止频率为 $f_c =$______。

3、已知 $x(n) = \sigma(n) + 2\sigma(n-1) + 3\sigma(n-2) + 4\sigma(n-3) + 5\sigma(n-4)$，则该序列的循环移位序列 $\tilde{x}(n+2)R_5(n) =$________。

4、某线性时不变离散时间系统的单位脉冲响应为 $h(n) = 0.5^n u(-n)$，则该系统的因果稳定性质为_______、_______.

5、用窗口法设计 FIR 数字滤波器时，理想的窗函数应满足以下两项要求

（1）____。

（2）____。

6、全通系统就是指____。

7、已知 $x(n) = \sigma(n-n_0), x(n)$ 的 Z 变换为 X(z)，当 n_0<0，则 X(z)的收敛域为--------------，当 n_0>0 时，X(Z)的收敛域为--------------。

8、为了由模拟滤波器低通原型的传递函数 $H_a(s)$ 求出相应的数字滤波器的系统函数 $H(z)$，必须找出 S 平面与 Z 平面之间的映射关系。这种关系，这种映射关系应遵循的两个基本目标：

（1）--。

（2）--。

9、在 IIR 数字滤波器的不同实现结构中，直接Ⅱ型优于直接Ⅰ型之处是--。

10、定点运算通常在________运算过程中会引入量化噪声，浮点运算在__________运算过程中会引入量化噪声。

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、已知信号 x(n)的 Z 变换为 $X(z)$，如果 $X(z)$ 的所有极点都在单位圆内，则信号 x(n)是趋于零的衰减信号。

2、已知系统的输入输出关系为 $y(n) = 2x(n) + 3$，因为该方程是一个线性方

程，所以对应的系统为线性系统。

3、线性相位的 FIR 系统都具有恒群时延和恒相时延特性。

4、用 DFT 来分析长度为t_B的一段时域波形的模拟频谱$H(j\Omega)$，为了提高模拟频域的分辨率，可以通过提高抽样频率来增加采样点数。

5、计算 N=6 时间抽取 FFT，对输入序列可以采用倒位序规律进行排序。

三、问答题（共 14 分）

1、（8 分）设$x(n)$是一 N 点序列，有

$$x(n)=\begin{cases} 1, 0\le n\le \dfrac{N}{2}-1 \\ -1, \dfrac{N}{2}\le n\le N-1 \\ 0 \quad\quad \text{其他} \end{cases}$$

试确定$y(n)=x(n)*x(n)$的最大正值和最小负值及他们的位置。

2、（6 分）已知正弦序列$x(n)=\sin\left(\dfrac{3\pi}{4}n-\dfrac{\pi}{4}\right)$，试问

（1）该序列的数字频率ω_0为多少？

（2）该序列是否为周期序列？若是，则给出其周期.

四、证明题（每题 8 分，共 16 分）

1、试证 M 个一阶 FIR 数字低通滤波器$H_{Lp}(z)=\dfrac{1}{2}(1+z^{-1})$级联构成的数字低通滤波器的 3dB 截止频率为$\omega_c=2\arccos(2^{-\frac{1}{2M}})$

2、已知 Hilbert 变换器的频响为

$$H(e^{jw})=\begin{cases} -j, 0\le\omega<\pi \\ j, -\pi\le\omega<0 \end{cases}$$

若该 Hilbert 变换器在序列$x(n)$激励下的输出为$y(n)$，试证$x(n)$和$y(n)$的自相关函数相等，即 $R_x(m)=R_y(m)$

五、画图题（每题 6 分，共 18 分）

1、FFT 的应用之一是快速计算相关函数，假定利用随机序列 x(n)的 N 个数据点估计$x(n)$的自相关函数$R_x(m)$的方法为

$$\hat{R}_x(m)=\frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1}x_N(n)x_N(n+m)$$

试画出快速计算上式中 $\hat{R}_x(m)$ 的运算框图（注：上式中的 $\hat{R}_x(m)$ 表示 $R_x(m)$ 的估值，$x_N(n)$ 表示由 $x(n)$ 的 N 个数据点构成的有限长序列。）

2、一个因果系统的差分方程为 $y(n)+0.81y(n-2)=x(n)-x(n-1)$，请画出系统的零、极点分布图，并根据零、极点分布粗略画出其幅频特性曲线。

3、设滤波器的差分方程为 $y(n)=x(n)+\frac{1}{3}x(n-1)+\frac{3}{4}y(n-1)-\frac{1}{8}y(n-2)$，请画出并联型实现结构。

六、设计题（共 22 分）

1、（10 分）在 IIR 数字滤波器设计中，常用的方法是从模拟滤波器设计 IIR 数字滤波器。已知二阶巴特沃兹低通滤波器的幅度平方函数为

$$|H_a(j\Omega)|^2=\frac{1}{1+\left(\dfrac{j\Omega}{j\Omega_c}\right)^2}$$

如果要求 3dB 截止频率 Ω_c =2rad/s，则可以解出 $H_a(s)H_a(-s)$ 在 s 平面上的极点为：$s_1=-\sqrt{2}+j\sqrt{2}, s_2=-\sqrt{2}-j\sqrt{2}, s_3=\sqrt{2}-j\sqrt{2}, s_4=\sqrt{2}+j\sqrt{2}$，要求：

（1）选取合适的极点组成二阶巴特沃兹模拟低通滤波器的系统函数 $H_a(s)$；

（2）试用脉冲响应不变法由模拟低通滤波器 $H_a(s)$ 求出相应的数字低通滤波器 $H(z)$。（假定抽样周期为 T）

2.（12 分）用窗口法设计一个线性相位的 FIR 低通数字滤波器，其截止频率为 f_c，采样频率为 $f=6f_c$。假定窗口为矩形窗，窗长为 N=13，要求：

（1）所设计滤波器的单位脉冲响应 h(n)的表达式。

（2）求系统的时延 α 和过渡带宽 $\Delta\omega$；

（3）如果矩形窗的长度改为 N=17，问滤波器的阻带最小衰耗是否会改变？

七、简单计算题（每题 10 分，共 30 分）

1、已知某线性移不变离散因果系统，当输入为 $u(n)$ 时输出为 $\delta(n)$，求当输出为

$$y(n)=\begin{cases}1, n=0,1\\ -1, n=2,3\\ 0 \quad 其他\end{cases}$$

时的输入 $x(n)$。

2、已知$X(z)=\dfrac{0.5z^{-1}}{(1-0.5z^{-1})^2},|z|>0.5$，求 Z 反变换$x(n)=Z^{-1}\left[X(z)\right]$。

3、已知序列$x_1(n)=(-1)^n x(n), x_2(n)=\dfrac{1}{2}\left[x(n)+x_1(n)\right]$,序列$y(n)$是对$x_2(n)$的抽取，有$y(n)=x_2(n)$，如果$x(n)$和$y(n)$的 Z 变换分别为$X(z)$和Y(z)，求$X(z)$和Y(z)的关系。

八、综合题（共 24 分）

1、（14 分）用计算机对测量的随机数据$x(n)$进行平均处理，当收到一个测量数据后，计算机就把这一次输入的数据与前三次输入的数据进行平均，要求：

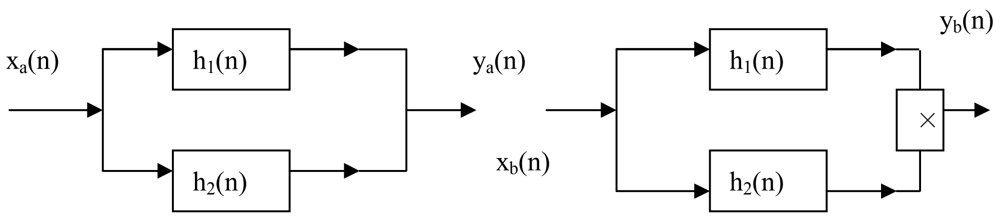
（1）列出描述这一运算过程的差分方程，画出系统的结构图；

（2）求系统函数$H(z)$；

（3）根据其零、极点分布，判断该系统具有何种滤波特性（注：指出是低通、还是高通。

（4）求单位脉冲响应$h(n)$。

2、（10 分）如图（a）、（b）所示两个系统，已知三个线性移不变子系统的单位脉冲响应分别为$h_1(n)=u(n), h_2(n)=\delta(n), h_3(n)=u(n)+\delta(n)$



(1) 求系统（a）和系统（b）的单位脉冲响应$h_a(n)$和$h_b(n)$；

(2) 判断两个系统是否等效。