西安交通大学 2014-2015 年数字信号处理期末试卷

一、填空题（每小题 2 分，共 20 分）

1. 系统稳定的充要条件是系统的单位脉冲响应满足：$\sum\limits_{n=-\infty}^{\infty}|h(n)|$ __①__。

2. 设连续信号 $x_a(t)$ 属于带限信号，最高截止频率为 Ω_c，如果采样角频率 $\Omega_s \ge 2\Omega_c$，那么让采样信号 $\hat{x}_a(t)$ 通过一个增益为 T、截止频率为__①__的理想低通滤波器，可以唯一地恢复出原连续信号 $x_a(t)$。

3. 共轭对称序列其虚部是__①__。

4. 序列 Z 变换的收敛域总是用__①__限定其边界。

5. x(n) 的 N 点 DFT 是 x(n) 的 Z 变换在__①__上的 N 点等间隔采样。

6. 有限长序列 x(n) 的 N 点离散傅里叶变换 X(k) 正好是 x(n) 的周期延拓序列离散傅里叶级数系数 $\tilde{X}(k)$ 的__①__。

7. 数字低通滤波器的通频带中心位于 2π 的整数倍处，数字高通滤波器的通频带中心位于 π 的__①__处。

8. __①__滤波器不能采用间接法设计，常用的设计方法有窗函数法、频率采样法等。

9. 稳定和__①__相位特性是 FIR 滤波器最突出的优点。

10. 线性相位 FIR 滤波器的频域约束条件是指满足线性相位时，对__①__特性的约束条件。

二、单项选择题（每小题 2 分，共 30 分）

1. 序列 $x(n)=e^{j(\frac{1}{6}n-\pi)}$ 的周期为______。

A. 12　　B. 6　　C. 3　　D. 非周期序列

2. 系统用差分方程描述如下，x(n) 和 y(n) 分别表示系统输入和输出，则______是非线性系统。

A. $y(n)=2x(n)+3$　　B. $y(n)=x(n)+3x(n-2)$

C. $y(n)=x(n-n_0)$　　D. $y(n)=x(-n)$

3. 给定下述系统的差分方程，则______是非因果系统。

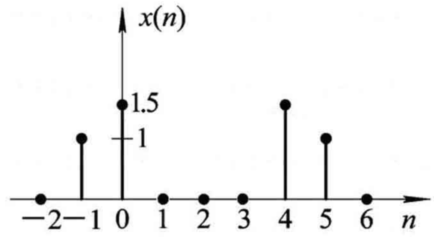
A. $y(n)=\frac{1}{N}\sum\limits_{k=0}^{N-1}x(n-k)$　B. $y(n)=\sum\limits_{k=n-5}^{n+5}x(k)$　C. $y(n)=x(n-5)$　D. $y(n)=e^{x(n)}$

4. 已知 $X(e^{j\omega})=\begin{cases}1, & |\omega|\le\omega_0\\ 0, & \omega_0<|\omega|\le\pi\end{cases}$，则 $X(e^{j\omega})$ 的傅里叶反变换 $x(n)=$ ______。

A. $\dfrac{\pi n}{\sin\omega_0 n}$　　B. $\dfrac{\sin\omega_0}{\pi n}$　　C. $\dfrac{\sin\omega_0 n}{n\omega_0}$　　D. $\dfrac{\sin\omega_0 n}{\pi n}$

5. 已知序列 x(n) 如图所示，则 $\int_{-\pi}^{\pi}X(e^{j\omega})d\omega=$______。

A. 3π　　B. 4π　　C. 2π　　D. 0



6. $ZT[2^{-n}u(-n)]=$______。

A. $\dfrac{1}{1-2z}$　$|z|>\dfrac{1}{2}$　　B. $\dfrac{1}{1-2z}$　$|z|<\dfrac{1}{2}$

C. $\dfrac{1}{1-0.5z}$　$|z|>2$　　D. $\dfrac{1}{1-0.5z}$　$|z|<2$

7. 已知序列 $x(n)=\delta(n-n_0)$，$0<n_0<N$，则 N 点 DFT 等于______，$k=0,1,\cdots,N-1$。

A. N　　B. W_N^{kn}　　C. $W_N^{kn_0}$　　D. n

8. 假设 $X(k)$=DFT［$x(n)$］，则 DFT［$X(n)$］= ______。

A. $Nx(N-k)$　　B. $Nx(N+k)$　　C. $N(N-k)$　　D. $x(N-k)$

9. 已知复数序列 $f(n)=x(n)+jy(n)$，实部 $x(n)$ 与虚部 $y(n)$ 均为长度为 N 的实序列。设 $F(k)$=DFT［$f(n)$］$_N$ =1+j3　$0\leqslant k\leqslant N-1$。则 $y(n)=$______。

A. $N\delta(n)$　　B. $3\delta(n)$　　C. $3N$　　D. 1

10. 相频特性反映各频率成分通过滤波器后______情况。

A. 波形突变　　B. 振幅衰减　　C. 时间延时　　D. 幅度突变

11. 设计模拟滤波器时，总是先设计______滤波器，再通过频率变换将其转换成希望类型的滤波器。

A. 低通　　B. 高通　　C. 带通　　D. 带阻

12. 以下关于脉冲响应不变法叙述错误的是______。

A. 频率变换关系是线性的；

B. 适合用于高通、带阻滤波器的设计；

C. 会产生不同程度的频率混叠失真；

D. 时域特性逼近好。

13. 第 1 类线性相位特性，h(n) 应当______。

A. 关于 n=N/2 点偶对称　　B. 关于 n=(N-1)/2 点奇对称

C. 关于 n=(N-1)/2 点偶对称　　D. 关于 n=N/2 点奇对称

14. 第 2 类线性相位特性 N 为奇数时，可以实现______滤波器设计。

A. 各种　　B. 低通、带通　　C. 带通　　D. 带通、高通

15. 选择窗函数类型的原则是在保证阻带衰减满足要求的情况下，尽量选择____的窗函数。

A. 旁瓣宽　　B. 主瓣宽　　C. 主瓣窄　　D. 旁瓣窄

三、画图题（每小题 5 分，共 10 分）

1. 设 $x(n)=R_4(n)$，试用图形表示 $x(n)$ 的共轭对称序列 $x_e(n)$ 和共轭反对称序列 $x_o(n)$ 。

2. 设线性时不变系统的单位脉冲响应 h(n) 和输入 x(n) 分别为：$h(n)=2R_4(n)$，$x(n)=\delta(n)-\delta(n-2)$，画出 y(n)。

四、计算题（每小题 10 分，共 40 分）

1. 已知 $X(z)=\dfrac{5-7z^{-1}}{2-5z^{-1}+2z^{-2}}$，求出对应 $X(z)$的各种可能的序列表达式。

2. 用 Z 变换法解下列差分方程：$y(n)-0.9y(n-1)=0.05u(n)$，$n<0$ 时 $y(n)=0$。

3. 设计一个巴特沃斯低通滤波器， 要求其通带截止频率 f_p=12 kHz，阻带截止频率 f_s=24 kHz，f_p 处最大衰减为 3dB，阻带最小衰减 a_s=15dB。求出该滤波器的系统函数 $H_a(s)$，并说明如何应用脉冲响应不变法转换为数字滤波器系统函数。

4. 用矩形窗设计线性相位低通 FIR 滤波器，要求过渡带宽度不超过 π/8 rad。希望逼近的理想低通滤波器频率响应函数为 $H_d(e^{j\omega})=\begin{cases}e^{-j\omega a} & 0\le|\omega|\le\omega_c\\ 0 & \omega_c<|\omega|\le\pi\end{cases}$。

(1) 求出理想低通滤波器的单位脉冲响应 $h_d(n)$；

(2) 求出加矩形窗设计的低通 FIR 滤波器的单位脉冲响应 $h(n)$表达式， 确定α 与 N之间的关系；（矩形窗过渡带宽度近似值：4π/N ）

(3) 简述 N取奇数或偶数对滤波特性的影响。

一、填空题（每小题 2 分，共 20 分）

1. ① <∞ 2. ① $\Omega_s/2$ 3. ① 奇函数 4. ① 极点 5. ① 单位圆

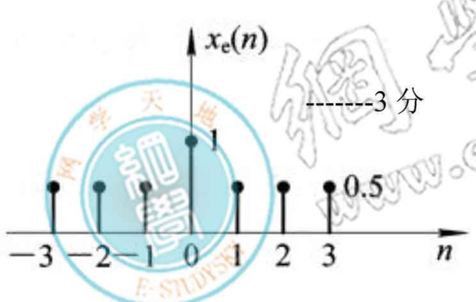
6. ① 主值序列 7. ① 奇数倍 8. ① FIR 9. ① 线性 10. ① 幅度

二、单项选择题（每小题 2 分，共 30 分）

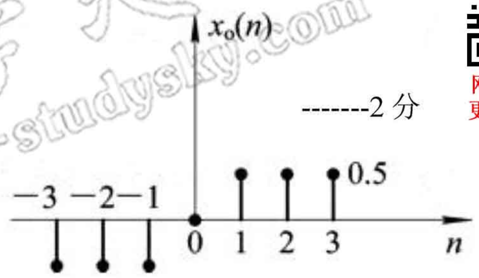
题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
答案	D	A	B	D	A	B	C	A	B	C	A	B	C	C	C

三、画图题（每小题 5 分，共 10 分）

1.

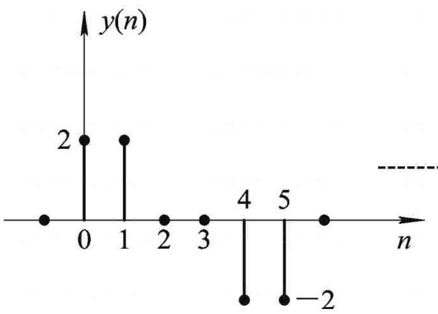


-------3 分



-------2 分

2.



-------5 分

四、计算题（每小题 10 分，共 40 分）

1．**解**：$X(z)$有两个极点：$z_1=0.5$，$z_2=2$，因为收敛域总是以极点为界，因此收敛域有三种情况：$|z|<0.5$，$0.5<|z|<2$，$2<|z|$。对应三种不同的原序列。 -----------3 分

$$x(n)=-\mathrm{Res}[F(z),0.5]-\mathrm{Res}[F(z),2]$$

$$=-\frac{(5z-7)z^n}{2(z-0.5)(z-2)}(z-0.5)\Big|_{z=0.5}-\frac{(5z-7)z^n}{2(z-0.5)(z-2)}(z-2)\Big|_{z=2}$$ ------------3 分

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

$$x(n)=3\cdot(\frac{1}{2})^{n+1}u(n)-2^n u(-n-1)$$ ------------------------2 分

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

2．**解**：

$$Y(z)-0.9Y(z)z^{-1}=0.05\frac{1}{1-z^{-1}}$$

$$Y(z)=\frac{0.05}{(1-0.9z^{-1})(1-z^{-1})}$$ ------------------------4 分

$$y(n)=\mathrm{Res}[F(z),0.9]+\mathrm{Res}[F(z),1]=\frac{0.05}{-0.1}(0.9)^{n+1}+\frac{0.05}{0.1}$$ ------------------------3 分

$$=-0.5\cdot(0.9)^{n+1}+0.5$$

$n<0$ 时， $y(n)=0$

最后得到 $y(n)=[-0.5\cdot(0.9)^{n+1}+0.5]\,u(n)$ ------------------------3 分

3．**解**：$\lambda_{sp}=\dfrac{\Omega_s}{\Omega_p}=\dfrac{2\pi\times24\times10^3}{2\pi\times12\times10^3}=2$

$$k_{sp}=\sqrt{\frac{10^{0.1a_s}-1}{10^{0.1a_p}-1}}=\sqrt{\frac{10^{1.5}-1}{10^{0.3}-1}}=\sqrt{\frac{30.623}{0.995}}\approx5.548$$

$$N=\frac{\lg k_{sp}}{\lg\lambda_{sp}}=\frac{\lg5.548}{\lg2}=2.472$$ ------------------------4 分

$$G(p)=\frac{1}{p^3+2p^2+2p+1}$$

$$H(s)=G(p)|_{p=\frac{s}{\Omega_c}}=\frac{\Omega_c^3}{s^3+2\Omega_c s^2+2\Omega_c^2 s+\Omega_c^3}$$ ------------------------3 分

式中 $\Omega c=2\pi fc=2\pi\times12\times10^3=24\pi\times10^3$ rad/s

由 $H(s)=\sum_{i=1}^{N}\dfrac{A_i}{s-s_i}$、$H(z)=\sum_{i=1}^{N}\dfrac{A_i}{1-e^{s_iT}z^{-1}}$ 关系可得数字滤波器系统函数。 ----3 分

4．**解**：(1)

$$h_d(n)=\frac{1}{2\pi}\int_{-\pi}^{\pi}H_d(e^{-j\omega})e^{j\omega n}d\omega=\frac{1}{2\pi}\int_{-\omega_c}^{\omega_c}e^{-j\omega\alpha}e^{j\omega n}d\omega$$

$$=\frac{\sin[\omega_c(n-\alpha)]}{\pi(n-\alpha)}$$ ------------------------4 分

(2) $\alpha=\dfrac{N-1}{2}$

$\dfrac{4\pi}{N}\le\dfrac{\pi}{8}$ 求解得到 $N\geqslant 32$

$$h(n)=h_d(n)\cdot R_N(n)=\frac{\sin[\omega_c(n-\alpha)]}{\pi(n-\alpha)}R_N(n)$$

$$=\begin{cases}\dfrac{\sin[\omega_c(n-\alpha)]}{\pi(n-\alpha)} & 0\le n\le N-1,\alpha=\dfrac{N-1}{2}\\ 0 & 其它n\end{cases}$$ ------------------------3 分

(3) N 取奇数时，幅度特性函数 $Hg(\omega)$ 关于 ω=0，π，2π 三点偶对称，可实现各类幅频特性；N 取偶数时，$Hg(\omega)$ 关于 ω=π 奇对称，即 $Hg(\pi)$=0，所以不能实现高通、 带阻和点阻滤波特性。 ------------------------3 分