安徽大学 2011—2012 学年第 1 学期

《数字信号处理》考试试卷参考答案（A 卷）

一、选择题（每小题 2 分，共 10 分）

1、(B)　　2、(C)　　3、(A)　　4、(B)　　5、(D)

二、判断题（每小题 2 分，共 10 分）

1、(×)　2、(√)　　3、(×)　　4、(√)　5、(×)

三、填空题（每空 1 分，共 20 分）

1、$e^{-j\frac{2\pi}{N}}$，-1；

2、混叠失真，频谱泄漏；

3、单位圆内部；

4、1024，2048；

5、形状，过渡带宽，高通和带阻，互为倒数的共轭对；

6、70，6，63；

7、$\Omega = \tan\left(\frac{\omega}{2}\right)$，混叠；

8、12；

9、$h(n) = h(n) \cdot u(n)$，$\sum_{n=-\infty}^{+\infty} |h(n)| < \infty$，极点全部在单位圆内部。

四、简答题（每小题 5 分，共 10 分）

1、答：用 DFT 算法实现快速卷积的步骤是：

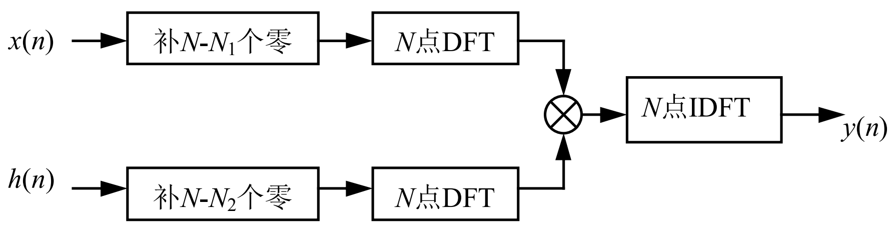
(1) 把 $x(n), h(n)$ 都补零到 N 点，其中 $N \geq N_1 + N_2 - 1$；　(1 分)

(2) 计算补零后序列 $x(n)$ 的 N 点 DFT：$X(k)$；

(3) 计算补零后序列 $h(n)$ 的 N 点 DFT：$H(k)$；　(1 分)

(4) 计算 $X(k)$ 与 $H(k)$ 的乘积，即：$Y(k) = X(k) \cdot H(k)$；　(1 分)

(5) 求 $Y(k)$ 的逆 N 点 FFT 即得 $y(n) = x(n) * h(n)$。　(1 分)



(1 分)

2、答：(1) 对 $X(k)$ 取共轭得到 $X^*(k)$； (1 分)

(2) 将 $X^*(k)$ 作为 FFT 的输入，得到输出 $DFT[X^*(k)]$； (2 分)

(3) 对 $DFT[X^*(k)]$ 再取共轭得到 $\{DFT[X^*(k)]\}^*$； (1 分)

(4) 最后将 $\{DFT[X^*(k)]\}^*$ 乘 $\frac{1}{N}$ 即得 $x(n)$； (1 分)

五、计算题（共 4 小题，共 50 分）

1、(10 分) 解：(1)冲激响应不变法：

$$H_a(s)=\frac{3s+2}{2s^2+3s+1}=\frac{3s+2}{(2s+1)(s+1)}=\frac{A_1}{2s+1}+\frac{A_2}{s+1}$$

其中 $A_1=\frac{3s+2}{s+1}|_{s=-\frac{1}{2}}=1$，$A_2=\frac{3s+2}{2s+1}|_{s=-1}=1$

因此 $H_a(s)=\frac{1}{2s+1}+\frac{1}{s+1}=\frac{0.5}{s+0.5}+\frac{1}{s+1}$ (2 分)

$H_a(s)$ 有两个实极点，分别是 $s_1=-0.5$，$s_2=-1$

映射到 z 平面，极点为 $z_1=e^{s_1T}=e^{-0.5T}$，$z_2=e^{s_2T}=e^{-T}$

则数字滤波器的系统函数为 $H(z)=\frac{0.5T}{1-e^{-0.5T}z^{-1}}+\frac{T}{1-e^{-T}z^{-1}}$，

将 T=2 代入上式得：$H(z)=\frac{1}{1-e^{-1}z^{-1}}+\frac{2}{1-e^{-2}z^{-1}}$ (3 分)

(2)双线性变换法：将 $s=\frac{2}{T}\frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}=\frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}$ (2 分)

代入 $H_a(s)$ 公式，得

$$H(z)=\frac{3\times\frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}+2}{2\times(\frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}})^2+3\times\frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}+1}=\frac{(5-z^{-1})(1+z^{-1})}{2(1-z^{-1})^2+3(1-z^{-1})(1+z^{-1})+(1+z^{-1})^2}$$

$$=\frac{5+4z^{-1}-z^{-2}}{6-2z^{-1}}=\frac{\frac{5}{6}+\frac{2}{3}z^{-1}-\frac{1}{6}z^{-2}}{1-\frac{1}{3}z^{-1}}$$ (3 分)

2、(10 分) 解：(1) $T_{p\min}=5s$，$T_p\geq\frac{1}{F}\Rightarrow F\geq\frac{1}{T_p}=\frac{1}{5}=0.2Hz$ (3 分)

(2)因为 $f_s\geq 2f_c=2\times3400=6800Hz$

所以时域最小采样间隔 $\mathrm{T}_s=\frac{1}{f_s}=\frac{1}{6800}s=1.47\times10^{-4}s$ (2 分)

(3)相应的最少采样点数 $N_{\min}=\dfrac{T_{p\min}}{T_s}=5\times 6800=34000$ (3 分)

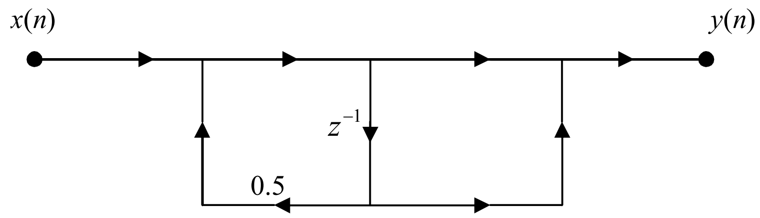
(4)最小记录时间增大 1 倍即 $T_{p\min}=5\times 2=10s$

则信号的频谱分辨率即 $F\ge\dfrac{1}{T_{p\min}}=\dfrac{1}{10}=0.1Hz$ (2 分)

3、(15 分) 解：(1) 对差分方程两边进行 z 变换可得：

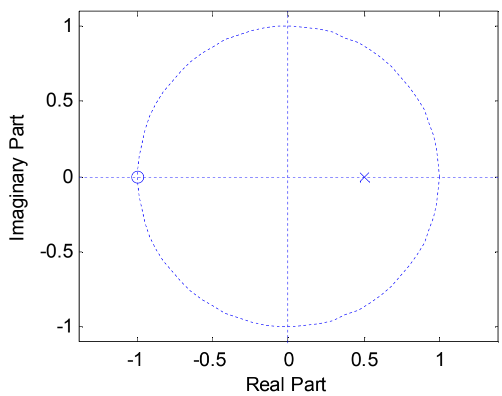
$$Y(z)=\frac{1}{2}Y(z)z^{-1}+X(z)+X(z)z^{-1}$$
$$\Rightarrow H(z)=\frac{Y(z)}{X(z)}=\frac{1+z^{-1}}{1-0.5z^{-1}}=\frac{z+1}{z-0.5}$$
(2 分)

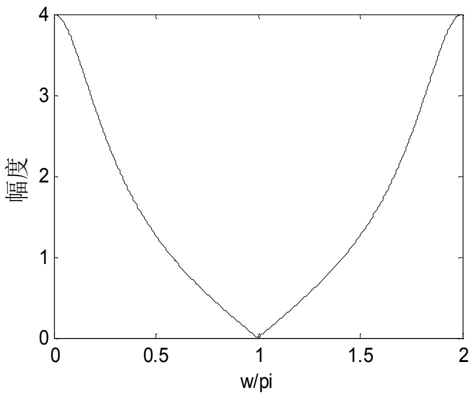
因为该系统为因果稳定系统，因此其收敛域为:$|z|>0.5$ (1 分)



(2 分)

(2) 由系统函数可得系统的零点为：$z=-1$，系统的极点为：$z=0.5$ (2 分)
再由几何确定法可得系统幅频响应曲线为：





(3 分)

(3) 当输入为 $u(n)$ 时，$X(z)=\dfrac{z}{z-1},|z|>1$

则有 $Y(z)=X(z)\cdot H(z)=\dfrac{z}{z-1}\cdot\dfrac{z+1}{z-0.5}=\dfrac{4z}{z-1}+\dfrac{-3z}{z-0.5}$，$|z|>1$ (2 分)

故响应为：$y(n)=[4-3(0.5)^n]u(n)$ (3 分)

4、(15 分) 解：(1)由于最小窗函数的形状决定了最小阻带衰减，因此根据给出的最小阻带衰减为-50dB 的要求，通过查表可选海明窗。 (3 分)

(2) 由于海明窗的过渡带宽满足 $\Delta\omega = \dfrac{3.3 \times 2\pi}{N}$，因此

$$N = \frac{6.6\pi}{\Delta\omega} = \frac{6.6\pi}{\frac{8}{51}\pi} = 42.075\text{，故取 } N = 43 \qquad (3\text{ 分})$$

$$\text{延时 } \alpha = \frac{N-1}{2} = 21 \qquad (3\text{ 分})$$

(3) 理想滤波器的单位抽样响应为

$$h_d(n) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\omega_c}^{\omega_c} e^{-j\omega\alpha} e^{j\omega n} d\omega = \frac{\omega_c}{\pi}\frac{\sin[\omega_c(n-\alpha)]}{\omega_c(n-\alpha)} \qquad \text{其中 } \omega_c = 0.5\pi$$

海明窗函数的表达式为：

$$\omega(n) = \left[0.54 - 0.46\cos(\frac{\pi n}{21})\right] R_{43}(n) \qquad (3\text{ 分})$$

$$\begin{aligned} \therefore h(n) = h_d(n)\cdot\omega(n) &= \frac{\omega_c}{\pi}\frac{\sin[\omega_c(n-\alpha)]}{\omega_c(n-\alpha)}\cdot\left[0.54 - 0.46\cos(\frac{2\pi n}{N-1})\right] R_N(n) \\ &= \frac{\sin[0.5\pi(n-21)]}{\pi(n-21)}\cdot\left[0.54 - 0.46\cos(\frac{\pi n}{21})\right] R_N(n) \end{aligned} \qquad (3\text{ 分})$$