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（B 卷）

一、选择题（每小题 2 分，共 10 分）

1、(A)　　2、(B)　　3、(B)　　4、(C)　　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、可加性，比例性；

2、圆环；

3、$1-z^{-1}$、$1-e^{-j\omega}$；

4、$\sum_{n=0}^{M-1} x(n)W_N^{kn}, 0 \le k \le N-1$　；　$\frac{1}{N}\sum_{k=0}^{N-1} X(k)W_N^{-kn}, 0 \le n \le N-1$；

5、对称性、周期性、可约性；

6、7，64，448，40；

7、10Hz；

8、混叠失真；

9、级联型，并联型；

10、形状，过渡带宽。

四、简答题（每小题 5 分，共 10 分）

1、答：(1)给定所要求的频率响应函数 $H_d(e^{j\omega})$，根据 $h_d(n) = IDTFT[H_d(e^{j\omega})]$ 求所要求的单位冲激响应；　(1 分)

(2)根据对过渡带宽及阻带衰减的要求，选定窗函数 $w(n)$ 的形状及 N 的大小。待求滤波器的过渡带近似等于窗函数的主瓣宽度；　(1 分)

(3)求所设计的 FIR 滤波器的单位冲激响应

$$h(n) = h_d(n)w(n), \qquad n = 0,1,...,N-1;$$　(2 分)

(4)检验技术指标是否满足设计要求，设计出的 FIR 滤波器的频率响应

$$H(e^{j\omega}) = DTFT[h(n)]$$　(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) 对于两个序列 $x_1(n)=nR_4(n)$， $x_2(n)=R_4(n)$，利用“对位相乘求和法”可得到其线性卷积的结果为：

$$y_l(n)=nR_4(n)*R_4(n)=\{0,1,3,6,6,5,3\},0\le n\le 6$$ (5 分)

因为 L 点的循环卷积是线性卷积以 L 点为周期的周期延拓序列的主值序列。由于循环卷积的点数 $L=5$ 比线性卷积的长度 7 少 2 点，因此线性卷积以 5 点为周期进行周期延拓时，一个周期内在 $n=0$ 到 $n=1$ 这 2 点处发生混叠。

故两序列的 5 点圆周卷积为：

$$y_c(n)=nR_4(n)⑤R_4(n)=\sum_{r=-\infty}^{\infty}y_l(n+5r)\cdot R_5(n)=\{5,4,3,6,6\},0\le n\le 4$$ (5 分)

2、(10 分) 解：(1)因为 $t_p=\frac{1}{F}$，而 $F\le 100\text{Hz}$，故 $t_p\ge\frac{1}{100}\text{s}$，

即最小记录长度为 0.01s。 (2 分)

(2)因为 $f_s\ge 2f_c=2\times 3000=6000\text{Hz}$

所以信号的最大采样间隔为 $T_s=\frac{1}{f_s}\le\frac{1}{2f_c}=\frac{1}{6000}s=1.67\times 10^{-4}s$ (3 分)

(3) $N\ge\frac{2f_c}{F}=\frac{2\times 3000}{100}=60$，又因 N 必须是 2 的整数幂，

故最少的点数 $N=2^6=64$。 (3 分)

(4) 若要求频率分辨率提高 1 倍，即 $F\le 50\text{Hz}$

则信号的最小记录时间为 $t_p=\frac{1}{50}s=0.02s$。 (2 分)

3、(15 分)解：(1) 对差分方程两边取 Z 变换有：

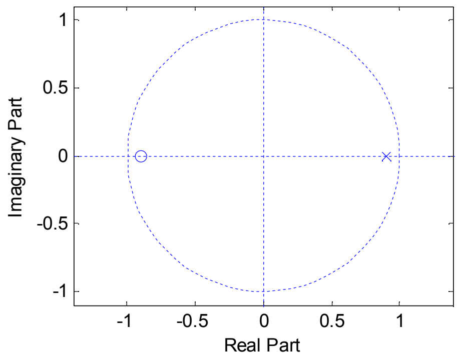
$$Y(z)=0.9z^{-1}Y(z)+X(z)+0.9z^{-1}X(z),$$

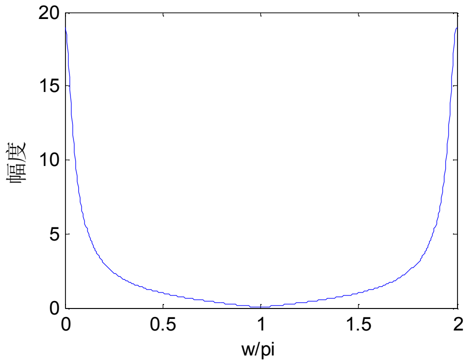
系统函数为：$H(z)=\frac{Y(z)}{X(z)}=\frac{1+0.9z^{-1}}{1-0.9z^{-1}}=1+\frac{1.8z^{-1}}{1-0.9z^{-1}}$ (3 分)

$\therefore h(n)=\delta(n)+1.8\times 0.9^{n-1}u(n-1)$ (2 分)

(2) $H(e^{j\omega})=H(z)\big|_{z=e^{j\omega}}=\frac{1+0.9e^{-j\omega}}{1-0.9e^{-j\omega}}$

极点 $z=0.9$，零点 $z=-0.9$ (3 分)





(2 分)

(3) 因为：$x(n)=e^{j\omega_0 n}$

所以：$y(n)=e^{j\omega_0 n}H(e^{j\omega_0})=e^{j\omega_0 n}\dfrac{1+0.9e^{-j\omega_0}}{1-0.9e^{-j\omega_0}}$ (5 分)

4、(15 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 $A_1=\dfrac{3s+2}{s+1}\Big|_{s=-\frac{1}{2}}=1$，$A_2=\dfrac{3s+2}{2s+1}\Big|_{s=-1}=1$

因此 $H_a(s)=\dfrac{1}{2s+1}+\dfrac{1}{s+1}=\dfrac{0.5}{s+0.5}+\dfrac{1}{s+1}$ (3 分)

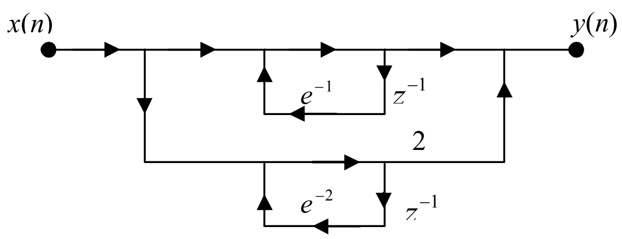
$H_a(s)$ 有两个实极点，分别是 $s_1=-0.5$，$s_2=-1$

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 $H(z)=\dfrac{0.5T}{1-e^{-0.5T}z^{-1}}+\dfrac{T}{1-e^{-T}z^{-1}}$，

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

并联结构如下图：



(2 分)

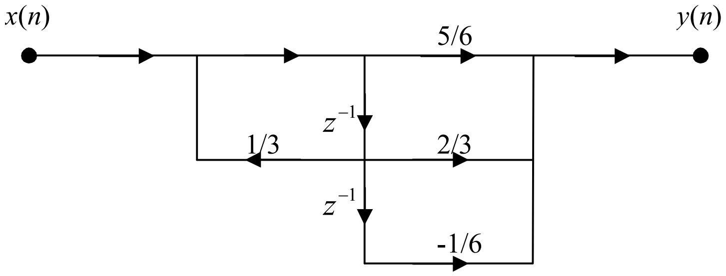
(2)双线性变换法。将 $s=\dfrac{2}{T}\dfrac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}=\dfrac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}$ (3 分)

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)

直接II型结构为：



(2 分)