西南交通大学2014—2015学年第（ 1 ）学期考试试卷

课程代码 3231600 课程名称《数字信号处理》 考试时间 120分钟

题号	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	总成绩
得分											

阅卷教师签字：

密封装订线

班 级＿＿＿＿＿ 学 号＿＿＿＿＿ 姓 名＿＿＿＿＿

一、选择题：（20分）

本题共10个小题，每题回答正确得2分，否则得零分。每小题所给答案中只有一个是正确的。

1.数字信号的特征是（ B ）

A. 时间离散、幅值连续　　B. 时间离散、幅值量化

C. 时间连续、幅值量化　　D. 时间连续、幅值连续

2.有一连续信号 $x_a(t)=\cos(40\pi t)$ ，用采样间隔 T=0.02s 对 $x_a(t)$ 进行采样，则采样所得的时域离散信号 $x(n)$ 的周期为（ C ）

A. 20　　B. 2π　　C. 5　　D. 不是周期的

3.下列表示错误的是（ B ）

A. $W_N^{-nk}=W_N^{(N-k)n}$　　B. $\left(W_N^{nk}\right)^*=W_N^{nk}$

C. $W_N^{-nk}=W_N^{(N-n)k}$　　D. $W_N^{N/2}=-1$

4. 对于离散傅立叶级数而言,其信号的特点是(C)。

A. 时域连续非周期，频域连续非周期　　B. 时域离散周期，频域连续非周期

C. 时域离散周期，频域离散周期　　D. 时域离散非周期，频域连续周期

5.已知 $x(n)=\{1,2,3,4\}$，则 $x((n+1))_6R_6(n)=$（ C ）

A. {1, 0, 0, 4, 3, 2}　　B. {2, 1, 0, 0, 4, 3}

C. {2, 3, 4, 0, 0, 1}　　D. {0, 1, 2, 3, 4, 0}

6. 计算256点的按时间抽取基-2 FFT，在每一级有＿＿＿个蝶形。(C)

A.256　　B.1024　　C.128　　D.64

7.下列各种滤波器的结构中哪种不是IIR滤波器的基本结构(D)。

A.直接型　　B.级联型　　C.并联型　　D.频率抽样型

8. 窗函数法设计 FIR 滤波器时，减小通带内波动以及加大阻带衰减只能从（ B ）上找解决方法。

A. 过渡带宽度　　B. 窗函数形状　　C. 主瓣宽度　　D. 滤波器阶数

9. 线性相位FIR滤波器主要有以下四类

(Ⅰ)h(n)偶对称，长度N为奇数　(Ⅱ)h(n)偶对称，长度N为偶数

(Ⅲ)h(n)奇对称，长度N为奇数　(Ⅳ)h(n)奇对称，长度N为偶数

则其中不能用于设计低通滤波器的是（ C ）。

A. Ⅰ、Ⅱ　　B. Ⅱ、Ⅲ　　C. Ⅲ、Ⅳ　　D. Ⅳ、Ⅰ

10. FIR数字滤波器中线性相位型和直接型相比,线性相位型（ B ）。

A. 所需乘法单元多　　B. 所需乘法单元少

C. 便于时分复用　　D. 便于频分复用

二、判断题（每题2分，共10分）

1、（╳）按频率抽取基2 FFT首先将序列x(n)分成奇数序列和偶数序列。

2、（╳）相同的Z变换表达式一定对应相同的时间序列。

3、（√）有限长序列的DFT在时域和频域都是离散的。

4、（√）系统函数H(z)极点的位置主要影响幅频响应峰点的位置及形状。

5、（╳）双线性变换法的模拟角频率Ω与数字角频率ω成线性关系。

三、（15分）已知一个有限长序列为$x(n)=\{1,0,0,0,3\}$，

（1）求它的8点DFT $X(k)$；

（2）已知序列$y(n)$的8点DFT为$Y(k)=W_8^{4k}X(k)$，求序列$y(n)$；

（3）已知序列$g(n)$的8点DFT为$G(k)=X(k)Y(k)$，求序列$g(n)$。

解：（1）$x(n)=\delta(n)+3\delta(n-4)$

$$X(k)=\sum_{n=0}^{N-1}x(n)W_N^{nk}=\sum_{n=0}^{7}[\delta(n)+3\delta(n-4)]W_8^{nk}=1+3W_8^{4k}=1+3(-1)^k,0\le k\le 7$$

$$X(k)=\{4,-2,4,-2,4,-2,4,-2\}$$

（2）由$Y(k)=W_8^{4k}X(k)$可知，$y(n)$与$x(n)$的关系为

$$y(n)=x((n-4))_8R_8(n)=\{3,0,0,0,1,0,0,0\}=3\delta(n)+\delta(n-4)$$

（3）$g(n)$为$x(n)$和$y(n)$的8点圆周卷积

$$G(k)=(1+3W_8^{4k})(1+3W_8^{4k})W_8^{4k}=(1+3W_8^{4k})(W_8^{4k}+3W_8^{0k})$$
$$=W_8^{4k}+3W_8^{0k}++3W_8^{0k}+9W_8^{4k}=10W_8^{4k}+6W_8^{0k}$$
$$g(n)=6\delta(n)+10\delta(n-4)$$

四、（15 分）已知一因果系统的系统函数为$H(z)=\dfrac{1+0.5z^{-1}}{1-\frac{3}{5}z^{-1}+\frac{2}{25}z^{-2}}$

试完成下列问题：

(1) 画出系统的极零图，系统是否稳定？为什么？

(2) 求单位脉冲响应$h(n)$；

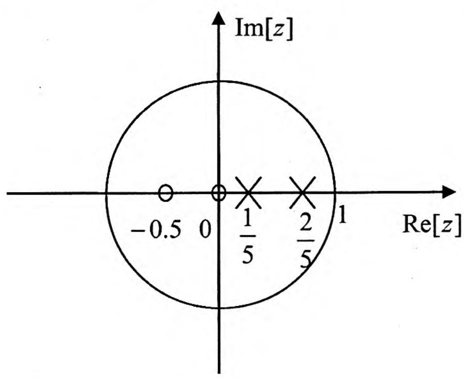
(3) 写出差分方程；

(4) 画出系统的并联结构。

解：（1）$H(z)=\dfrac{1+0.5z^{-1}}{1-\frac{3}{5}z^{-1}+\frac{2}{25}z^{-2}}=\dfrac{z(z+0.5)}{(z-\frac{1}{5})(z-\frac{2}{5})}$

零点$z_1=0$, $z_2=-0.5$，极点$p_1=\dfrac{1}{5}, p_1=\dfrac{2}{5}$

因为系统因果，且所有极点在 Z 平面单位圆以内，系统稳定。



（2）

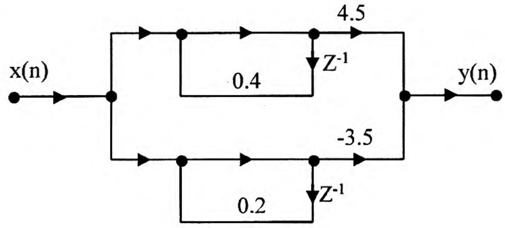
$$H(z)=\frac{z(z+0.5)}{(z-\frac{1}{5})(z-\frac{2}{5})}=\frac{-3.5z}{z-0.2}+\frac{4.5z}{z-0.4}$$

$$h(n)=-3.5(0.2)^n u(n)+4.5(0.4)^n u(n)$$

（3）

$$y(n)-\frac{3}{5}y(n-1)+\frac{2}{25}y(n-2)=x(n)+0.5x(n-1)$$

（4）



五、（10 分）如果一台计算机的速度为平均每次复乘 5μS，每次复加 0.5μS，用它来计算 512 点的 DFT[x(n)]，问直接计算需要多少时间，用 FFT 运算需要多少时间。

解：1、 直接计算

复乘所需时间 $T_1 = 5\times10^{-6}\times N^2 = 5\times10^{-6}\times512^2 = 1.31072s$

复加所需时间 $T_1 = 0.5\times10^{-6}\times N\times(N-1) = 0.5\times10^{-6}\times512\times511 = 0.130816s$

所以 $T = T_1 + T_2 = 1.441536s$

2、用 FFT 计算

复乘所需时间 $T_1 = 5\times10^{-6}\times\dfrac{N}{2}\log_2 N = 5\times10^{-6}\times\dfrac{512}{2}\log_2 512 = 0.01152s$

复加所需时间 $T_2 = 0.5\times10^{-6}\times N\log_2 N = 0.5\times10^{-6}\times512\log_2 512 = 0.002304s$

所以 $T = T_1 + T_2 = 0.013824s$

六、（10 分）试用矩形窗口法设计一个 5 阶的线性相位 FIR 带通数字滤波器，其 $\omega\in[-\pi,\pi]$ 内的幅度特性为 $\left|H_d\left(e^{j\omega}\right)\right| = \begin{cases}1, & \dfrac{\pi}{3}\le|\omega|\le\dfrac{2\pi}{3}\\ 0, & 其它\end{cases}$

（1）试求 $h(n)$ 的表达式及其 $h(n)$ 的具体值；

（2）试求 H(z)，并画出其线性相位的直接型结构图。

解：

（1）用理想带通滤波器作为逼近滤波器，假设理想带通滤波器的频率特性为

$$H_d\left(e^{j\omega}\right) = \left|H_d\left(e^{j\omega}\right)\right|e^{-j\omega\alpha}$$

其中，$\left|H_d\left(e^{j\omega}\right)\right| = \begin{cases}1, & \dfrac{\pi}{3}\le|\omega|\le\dfrac{2\pi}{3}\\ 0, & 其它\end{cases}$

$$h_d(n) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\pi}^{\pi}\left|H_d\left(e^{j\omega}\right)\right|e^{-j\omega\alpha}e^{j\omega n}d\omega = \frac{1}{2\pi}\left[\int_{-\frac{2\pi}{3}}^{-\frac{\pi}{3}}e^{j\omega(n-\alpha)}d\omega + \int_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{2\pi}{3}}e^{j\omega(n-\alpha)}d\omega\right]$$

$$= \frac{1}{(n-\alpha)\pi}\left[\sin\left(\frac{2}{3}\pi(n-\alpha)\right) - \sin\left(\frac{1}{3}\pi(n-\alpha)\right)\right]$$

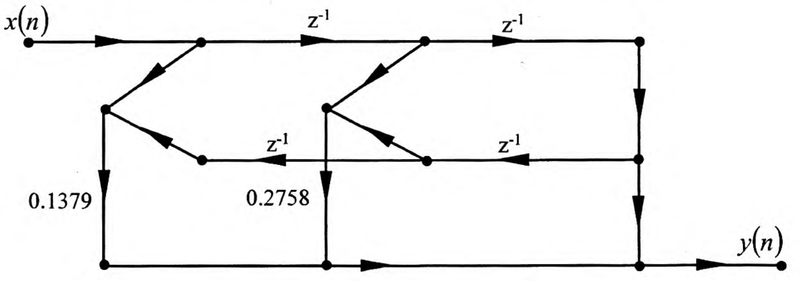
按照题目 N=5，$\alpha = \dfrac{N-1}{2} = 2$,

$h_d(n) = \{-0.276, 0, 0.333, 0, -0.276;\quad n = 0,1,2,3,4\}$

（2）其线性相位结构如图所示：

（2）其线性相位结构如图所示：

$H(z)=0.1379+0.2758z^{-1}+z^{-2}+0.2758z^{-3}+0.1379z^{-4}$



七、（10 分）用双线性变换法设计一个数字巴特沃斯低通 IIR 滤波器，设计指标为：通带截止频率 $\omega_p=0.2\pi$，阻带截止频率 $\omega_s=0.3\pi$，通带最大衰减 $\alpha_p=1\,dB$，阻带最小衰减 $\alpha_s=40\,dB$。采样间隔 T=2 秒。

求：（1）求出模拟滤波器的阶数 N；

（2）求出模拟滤波器的 3dB 通带截止频率 Ω_c。

解：

采用双线性变换法：

$$\Omega=\frac{2}{T}tg(\frac{\omega}{2})$$

由指标要求得：

$$\Omega_p=tg(\frac{\omega_p}{2})=tg(\frac{0.2\pi}{2})=0.325 \qquad \Omega_s=tg(\frac{\omega_s}{2})=tg(\frac{0.3\pi}{2})=0.51$$

过渡比的倒数为：

$$\lambda_{sp}=\frac{\Omega_s}{\Omega_p}=\frac{0.51}{0.325}=1.569$$

$$k_{sp}=\sqrt{\frac{10^{0.1\alpha_s}-1}{10^{0.1\alpha_p}-1}}=\sqrt{\frac{10^4-1}{10^{0.1}-1}}=\frac{\sqrt{9999}}{\sqrt{0.2589}}=\frac{99.995}{0.5088}=196.53$$

故巴特沃斯模拟低通滤波器的阶数 N 为：$N=\frac{\lg k_{sp}}{\lg\lambda_{sp}}=\frac{\lg(196.53)}{\lg(1.569)}=\frac{2.2934}{0.1956}=11.725$

取 N=12

又 $1+(\frac{\Omega_p}{\Omega_c})^{2N}=10^{0.1\alpha_p}$ 可得 $\Omega_c=\Omega_p(10^{0.1\alpha_p}-1)^{-\frac{1}{2N}}=0.325\times1.0579=0.3438$

八、（10 分）设一个实序列 $x(n)=\{\ x(0), x(1), x(2), x(3)\ \}=\{4,3,2,1\}$，

（1）请画出序列长度 N=4 时的基 2 按时间抽取 FFT（DIT-FFT）计算流图，输入序列为倒序，输出序列为自然顺序）。

（2）利用以上画出的计算流图求该有限长序列的 DFT，即 $X[k], k=0,1,2,3$。请按要求做，直接按 DFT 定义计算不得分）。

解