班级________ 学号________ 姓名________

密封装订线

西南交通大学 2012－2013 学年第（ 1 ）学期考试试卷

课程代码 3130100 课程名称 《数字信号处理 A》 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：________________

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. 下列各种滤波器的结构中哪种不是 FIR 滤波器的基本结构（ C ）。

A. 直接型　　B. 级联型　　C. 并联型　　D. 频率抽样型

2. 对 6 点有限长序列 [1 3 0 5 2 6] 进行向右 2 点圆周移位后得到序列（ B ）

A. [1 3 0 5 2 6]　　B. [2 6 1 3 0 5]

C. [3 0 5 2 6 1]　　D. [3 0 5 2 6 0]

3. 已知某序列 Z 变换的收敛域为 $|z|>0.9$，则该序列为（ B ）

A. 有限长序列　　B. 右边序列

C. 左边序列　　D. 双边序列

4. 离散序列 x(n) 为实、偶序列，则其频域序列 X(k) 为：（ A ）。

A. 实、偶序列　　B. 虚、偶序列

C. 实、奇序列　　D. 虚、奇序列

5. 关于窗函数设计法中错误的是：（ D ）

A. 窗函数的截取长度增加，则主瓣宽度减小；

B. 窗函数的旁瓣相对幅度取决于窗函数的形状，与窗函数的截取长度无关；

C. 为减小旁瓣相对幅度而改变窗函数的形状，通常主瓣的宽度会增加；

D. 窗函数法不能用于设计高通滤波器；

6. 当用循环卷积计算两个有限长序列的线性卷积时，若两个序列的长度分别是 N 和 M，则循环卷积等于线性卷积的条件是：循环卷积长度（ A ）。

A. L≥N+M-1　　B. L<N+M-1　　C. L=N　　D. L=M

7. 适合带阻滤波器设计的是：（ D ）

A. $h(n)=-h(N-1-n)$ N 为偶数　　B. $h(n)=-h(N-1-n)$ N 为奇数

C. $h(n)=h(N-1-n)$ N 为偶数　　D. $h(n)=h(N-1-n)$ N 为奇数

8. 在基 2 DIT—FFT 运算时，需要对输入序列进行倒序，若进行计算的序列点数 N=16，倒序前信号点序号为 7，则倒序后该信号点的序号为（ C ）。

A. 8　　B. 15　　C. 14　　D. 9

9. 已知序列 $x(n)=\delta(n)$，其 N 点的 DFT 记为 X(k)，则 X(1)=（ B ）。

A. N-1　　B. 1　　C. 0　　D. N

10. 关于双线性变换法设计 IIR 滤波器正确的说法是（ D ）。

A. 双线性变换是一种线性变换

B. 不能用于设计高通和带阻滤波器

C. 双线性变换法将线性相位的模拟滤波器映射为一个线性相位的数字滤波器

D. 需要一个频率非线性预畸变

二、(10 分) 简答题

1. 用频率采样法设计 FIR 数字滤波器时，如何减小误差？试从时域和频域两个角度说明。

答：(1) 如果待逼近的滤波器单位脉冲响应为 $h_d(n)$，则由频率采样定理知道，在频域（0，2π）范围内等间隔采样 N 点，利用 IDFT 得到 $h(n)$ 是 $h_d(n)$ 以 N 为周期的周期延拓的主值区序列，即 $h(n)=\sum_{m=-\infty}^{+\infty} h_d(n+mN)R_N(n)$。由于混叠及截断，$h(n)$ 与 $h_d(n)$ 之间有偏差。所以，频域采样点数 N 越大，时域混叠越小。

(2) $H(e^{j\omega})=\sum_{k=0}^{N-1} H(k)\Phi(\omega-\frac{2\pi}{N}k)$，其中 $\Phi(\omega)=\frac{1}{N}\frac{\sin(\omega N/2)}{\sin(\omega/2)}e^{-j\omega\frac{N-1}{2}}$，上式表明特性平滑区域，误差小，特性曲线间断点处，误差最大。表现形式为间断点变成倾斜下降的过渡带曲线，过渡带宽度近似为 $\frac{2\pi}{N}$。通带和阻带内产生震荡波纹，且间断点附近震荡幅度最大，使阻带衰减减小，往往不能满足性能指标。在设计时增加 N，可使过渡带变窄，但是通带最大衰减和阻带最小衰减并无明显改善。在频响间断点附近区域内插一个或几个过渡采样点，使不连续点变成缓慢过渡带，可明显增加阻带衰减。

2. 简述用窗函数法设计滤波器的步骤

答：(1) 根据对阻带衰减及过渡带的要求，选择窗函数的类型，并估计窗口长度 N。

(2) 构造希望逼近的频率响应函数 $H_d(e^{j\omega})$，求出 $h_d(n)$

(3) 加窗得到设计结果：$h(n)=h_d(n)w(n)$

三、（15 分）假设 LTI 系统单位脉冲响应 $h(n)$ 和输入信号 $x(n)$ 分别用下式表示：

$x(n)=2\delta(n)+3\delta(n-1)-\delta(n-2)$，$h(n)=\delta(n)+\delta(n-1)+\delta(n-2)+\delta(n-3)$，

系统的输出为 $y(n)$。

（1）求系统函数 $H(z)$，该系统是否稳定？

（2）求系统的输出 $y(n)$。要求写出 $y(n)$ 的表达式，并画出 $y(n)$ 的波形。

（3） 令 $y_c(n)=x(n)⑤h(n)$，求 $y_c(n)$，并画出波形。说明 $y(n)$ 与 $y_c(n)$ 的关系（即指出二者在那些样点上相等，在那些样点上不相等，并说明理由）。

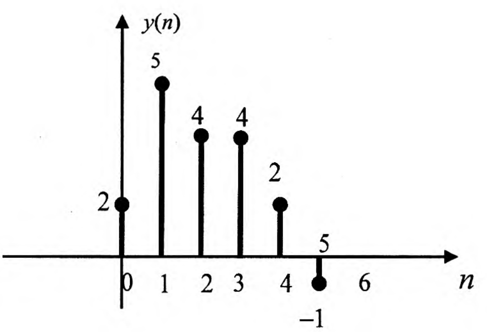
解：（1）$h(n)=\delta(n)+\delta(n-1)+\delta(n-2)+\delta(n-3)$，$H(z)=1+z^{-1}+z^{-2}+z^{-3}$

因为是 FIR 系统，所以稳定。

（2）$x(n)=2\delta(n)+3\delta(n-1)-\delta(n-2)$，$X(z)=2+3z^{-1}-z^{-2}$

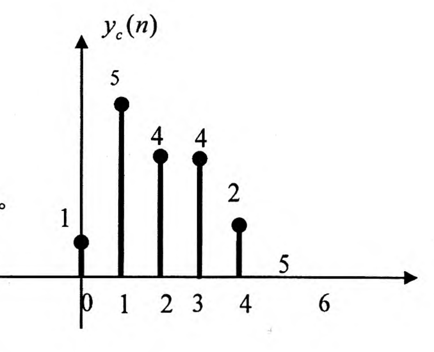
$$\begin{aligned}Y(z)&=X(z)\cdot H(z)=(2+3z^{-1}-z^{-2})(1+z^{-1}+z^{-2}+z^{-3})\\&=2+5z^{-1}+4z^{-2}+4z^{-3}+2z^{-4}-z^{-5}\end{aligned}$$

$y(n)=2\delta(n)+5\delta(n-1)+4\delta(n-2)+4\delta(n-3)+2\delta(n-4)-\delta(n-5)$



（3）$y_c(n)=x(n)⑤h(n)=\left[\sum_{q=-\infty}^{+\infty}y(n+5q)\right]R_5(n)$

$=\{1,5,4,4,2\}\qquad 0\le n\le 4$

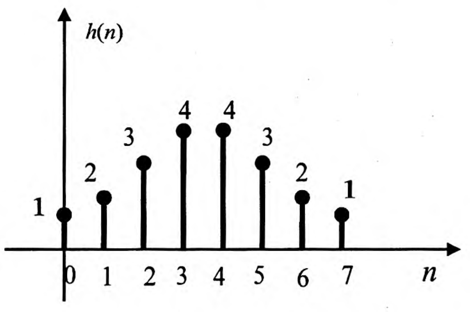


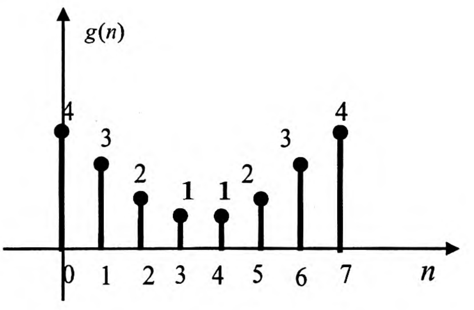
序列在 n=1, 2, 3, 4 各点上，循环卷积与线性卷积相等。

因为当线性卷积 $y(n)$ 本身长度为 6，以 5 为周期进行周期延拓时，在主值区间中，在 n=0 处发生混叠。

四、（15 分）如图所示，已知$h(n)$和$g(n)$是偶对称序列，设 N=8，

$H(k)=DFT[h(n)] \quad 0 \le k \le N-1$，$G(k)=DFT[g(n)] \quad 0 \le k \le N-1$





（1） 试确定$H(k)$与$G(k)$的关系式。$|H(k)|=|G(k)|$是否成立？为什么？

（2） $h(n)$和$g(n)$所构成的低通滤波器是否具有线性相位？群延时为多少？

（3） 求系统$h(n)$的幅频响应函数和相频响应函数。

（4） 如果具有线性相位特点，试画出系统$h(n)$线性相位型结构，否则画出其直接型结构图。

解：（1）由图可见，$h(n)$和$g(n)$之间是循环移位关系。

$$g(n)=h((n+4))_8 R_8(n)$$

所以$G(k)=DFT[g(n)]=W_8^{-4k}X(k)=e^{j\pi k}X(k)$

$$|G(k)|=|e^{j\pi k}X(k)|=|X(k)|$$

（2）因为$h(n)=h(N-1-n)$，$g(n)=g(N-1-n)$，且N＝8，所以二者所构成的滤波器具有线性相位。群延时为$\theta(\omega)=-\frac{N-1}{2}\omega=-\frac{7}{2}\omega$

（3）$H(e^{j\omega})=H_g(\omega)e^{j\theta(\omega)}=\sum_{n=0}^{7}h(n)e^{-j\omega n}=\sum_{n=0}^{3}[h(n)e^{-j\omega n}+h(N-1-n)e^{-j\omega(N-1-n)}]$

$$=\sum_{n=0}^{3}[h(n)e^{-j\omega n}+h(N-1-n)e^{-j\omega(N-1-n)}]$$

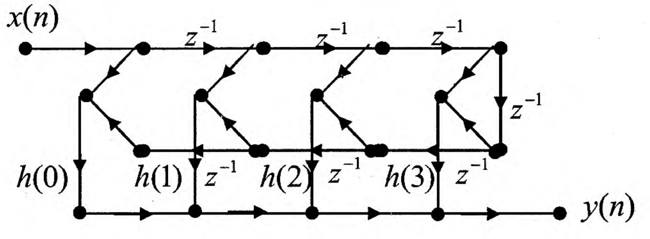
$$=e^{-j\frac{7}{2}\omega}\sum_{n=0}^{3}[h(n)e^{-j\omega(n-\frac{7}{2})}+h(7-n)e^{j\omega(n-\frac{7}{2})}]$$

$$=e^{-j\frac{7}{2}\omega}\sum_{n=0}^{3}2h(n)\cos(n-\frac{7}{2})\omega$$

$$\theta(\omega)=-\frac{N-1}{2}\omega=-\frac{7}{2}\omega$$

$$H_g(\omega)=\sum_{n=0}^{3}2h(n)\cos(n-\frac{7}{2})\omega$$

（ 4 ）



五、（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 $\omega_p = 0.3\pi$，阻带截止频率 $\omega_s = 0.4\pi$，通带最大衰减 $\alpha_p = 0.1\,dB$，阻带最小衰减 $\alpha_s = 50\,dB$。采样间隔 T=2 秒。

求：（1）求出模拟滤波器的阶数 N；

（2）若要求通带技术指标有富裕量，求出模拟滤波器的 3dB 通带截止频率 Ω_c。

解：（1）

采用双线性变换法：

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

由指标要求得：

$$\Omega_p = tg(\frac{\omega_p}{2}) = tg(\frac{0.3\pi}{2}) = 0.51 \qquad \Omega_s = tg(\frac{\omega_s}{2}) = tg(\frac{0.4\pi}{2}) = 0.73$$

过渡比的倒数为：

$$\lambda_{sp} = \frac{\Omega_s}{\Omega_p} = \frac{0.73}{0.51} = 1.43$$

根据通带最大衰减 $\alpha_p = 0.1\,dB$，$\alpha_s = 50\,dB$ 可知：

$$k_{sp} = \sqrt{\frac{10^{0.1\alpha_s} - 1}{10^{0.1\alpha_p} - 1}} = \sqrt{\frac{10^5 - 1}{10^{0.01} - 1}} = \sqrt{\frac{99999}{1.0233 - 1}} = 2072$$

$$N = \frac{\lg k_{sp}}{\lg \lambda_{sp}} = \frac{3.316}{0.155} = 21.39$$

取 N=22

（2）$\Omega_c = \Omega_s (10^{0.1\alpha_s} - 1)^{-\frac{1}{2N}}$

$$\Omega_c = 0.73(10^5 - 1)^{-\frac{1}{44}} = 0.73 \times 0.77 = 0.5621$$

六、（20 分）设一个实际序列 $x(n)=\{\ x(0), x(1), x(2), x(3)\ \}=\{3, 2, 1, 0\ \}$，

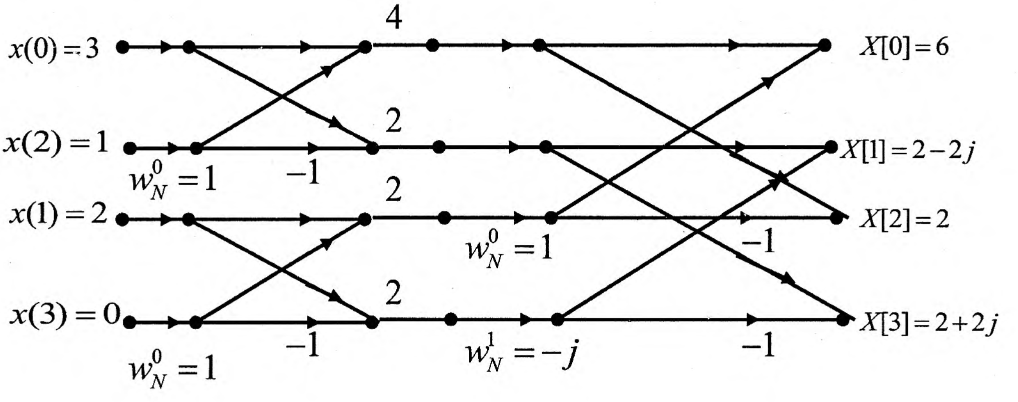
（1） 请画出序列长度 N=4 时的基 2 按时间抽取 FFT（DIT-FFT）计算流图，（输入序列为倒序，输出序列为自然顺序）。

（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）。

（3）若 $y(n)=\{x(0),0,x(1),0,x(2),0,x(3),0\}=\{3,0,2,0,1,0,0,0\}$，使用最少的运算量求 $Y(k), 0\le k\le 7$

按 DFT 定义直接计算不得分。（提示：利用时域抽取法原理）

解



（3）

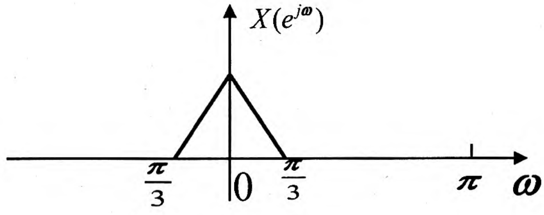
$$Y(k)=\sum_{n=0}^{7}y(n)W_8^{nk}$$
$$=\sum_{r=0}^{3}y(2r)W_8^{2rk}+\sum_{r=0}^{3}y(2r+1)W_8^{(2r+1)k}$$
$$=\sum_{r=0}^{3}x(r)W_8^{2rk}+\sum_{r=0}^{3}y(2r+1)W_8^{(2r+1)k}$$
$$=\sum_{r=0}^{3}x(r)W_4^{rk}=X(k)(因y(2r+1)=0)$$
$$k=0,1,\ldots,7$$

当 k=0,, 1, 2, 3, $Y(k)=X(k)$;

当 k=4,, 5, 6, 7, 利用 DFT 的圆周性，$Y(k)=Y(4+k')=X(4+k')=X(k'), k'=0, 1, 2, 3$;

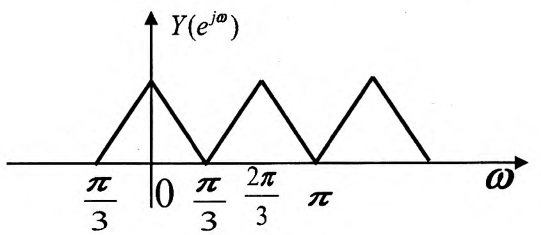
故 $Y(k)=\{6,2-2j,2,2+2j,6,2-2j,2,2+2j\}$

七、（10 分）假设信号 $x(n)$，其频谱 $X(e^{j\omega})$ 如图所示。按因子 D=3 直接对 $x(n)$ 抽取，得到信号 $y(m)=x(3m)$，画出 $y(m)$ 的频谱函数曲线，说明抽取过程是否丢失了信息。



解：设信号 $x(n)$ 的采样模拟频率为 Ω_{sa1}，对应的数字域频率为 2π 。

若按因子 D=3 直接对 $x(n)$ 抽取，则 $y(m)=x(3m)$ 的采样模拟频率为 $\Omega_{sa1}/3$，对应的数字域频率为 $2\pi/3$，抽取过程没有丢失信息。变换为数字域频率 $\omega=\Omega\cdot T_1$，则



或：若变换为 $\omega=\Omega\cdot T_2=\Omega\cdot 3T_1$