密封装订线 姓名＿＿＿＿ 学号＿＿＿＿ 班级＿＿＿＿ 密封装订线 密封装订线

西南交通大学 2016—2017 学年第(1)学期考试试卷

课程代码 3231600, 3045931 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：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

一、 选择题：（共 20 分，每空 2 分）

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

1. 对一个矩形序列 $R_{32}(n)$ 的频谱在一个周期内进行 40 点等间隔采样，用这些采样点再进行 40 点逆 DFT，则结果为（ B ）。

A. $R_{16}(n)$　　B. $R_{32}(n)$　　C. $R_{64}(n)$　　D. 以上都不正确

2. 序列 $x(n)=(\frac{1}{3})^n u(n)-(\frac{1}{2})^n u(-n-1)$，则 $X(z)$ 的收敛域为（ D ）。

A. $|z|<1/2$　　B. $|z|>1/3$　　C. $|z|>1/2$　　D. $1/3<|z|<1/2$

3. 若 $X(e^{j\omega})=FT[x(n)]$，则 $FT\left[x(n)e^{j\omega_0 n}\right]$ 的结果为（ A ）。

A. $X\left(e^{j(\omega-\omega_0)}\right)$　　B. $X\left(e^{j(\omega+\omega_0)}\right)$　　C. $X\left(e^{j(\omega_0\omega)}\right)$　　D. $X\left(e^{j\omega_0}\right)$

4. 若 $1+j$ 是具有线性相位 FIR 滤波器的一个零点，则下列选项中（ D ）不为其零点。

A. $1-j$　　B. $\frac{1}{2}(1-j)$　　C. $\frac{1}{2}(1+j)$　　D. $1-\frac{1}{2}j$

5. 如何将无限长序列和有限长序列进行线性卷积（ D ）。

A. 直接使用线性卷积计算　　B. 使用 FFT 计算

C. 使用循环卷积直接计算　　D. 采用分段卷积，可采用重叠相加法

6. 已知一滤波器的系统函数 $H(z)=\dfrac{z+0.9}{1-0.9z^{-1}}$，则该滤波器为（ A ）滤波器。

A. 低通　　B. 高通　　C. 带通　　D. 带阻

7. 序列 $x(n)=\cos\left(\dfrac{3\pi}{8}n+\dfrac{\pi}{2}\right)$ 的周期为（ C ）。

A. 3　　B. 8　　C. 16　　D. 无限长

8. 若一线性时不变系统当输入为 $x(n)=\delta(n)$ 时，输出为 $y(n)=R_4(n)$，则当输入为 $u(n)-u(n-2)$ 时，输出为（ C ）。

A. $R_4(n)$　　B. $R_2(n)$　　C. $R_4(n)+R_4(n-1)$　　D. $R_4(n)+R_4(n-1)$

9. 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=32，倒序前信号点序号为 9，则倒序后该信号点的序号为（ C ）。

A. 5　　B. 9　　C. 18　　D. 26

10.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

则其中可以用于设计带通滤波器的是(D)。

A.I、II　　B.II、III　　C.II、III、IV　　D.I、II、III、IV

二、（10 分）判断题

（对以下各题的说法，认为对的在括号内填“√”，认为错的在括号内填“×”；每小题 2 分，共 10 分）

1.（ × ）按时间抽取的 FFT 算法的运算量小于按频率抽取的 FFT 算法的运算量。

2.（ × ）序列的 z 变换存在则其傅里叶变换也存在。

3.（ √ ）一个线性时不变的因果离散系统，它是稳定系统的充分必要条件是：系统函数 H(Z)的所有极点在单位圆内。

4.（ × ）用矩形窗设计 FIR 滤波器，增加长度 N 可改善通带波动和阻带衰减。

5.（ √ ）利用 DFT 计算频谱时可以通过补零来减少栅栏效应。

三、（10 分）　有一个线性移不变的系统，其系统函数为：

$$H(z)=\frac{-\frac{3}{2}z^{-1}}{(1-\frac{1}{2}z^{-1})(1-2z^{-1})}\qquad \frac{1}{2}<|z|<2$$

（1）用直接型结构实现该系统；

（2）讨论系统稳定性，并求出相应的单位脉冲响应 $h(n)$。

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

图略

（2）当 $2>|z|>\frac{1}{2}$ 时：

收敛域包括单位圆，系统稳定系统。

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

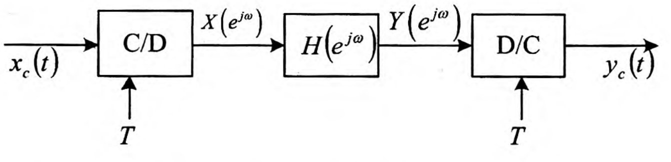
$$h(n)=(\frac{1}{2})^{n}u(n)+2^{n}u(-n-1)$$

四、（10 分）在下图所示系统中，输入连续信号 $x_c(t)$ 的频谱 $X_c(j\Omega)$ 是带限的，即 $|\Omega| \ge \Omega_N$ 时，$X_c(j\Omega)$=0。离散时间系统 $H(e^{j\omega})=\begin{cases} 1 & |\omega| \le \omega_c \\ 0 & 其它 \end{cases}$。

（1）为了使 $y_c(t)=x_c(t)$，采样周期 T 最大可以取多少？

（2）如果要使整个系统等效为低通滤波器，即过滤掉 $x_c(t)$ 的高频部分，无混叠，或者有混叠，混叠部分大于 ω_c，试确定 T 的取值范围？

（3）若给定采样频率 1/T=20KHz，整个系统等效为截止频率为 $f_c = 3k\ Hz$ 的理想低通滤波器，确定 ω_c 及 Ω_N 的取值范围。



解：(a) 等效模拟低通滤波器，现要求全通，则数字频率的最高频率限制在 ω_c 之内，即 $\omega_N = \Omega_N T \le \omega_c$，所以 $T \le \dfrac{\omega_c}{\Omega_N}$。

(b) 等效模拟低通滤波器，则数字频率的最高频率大于 ω_c 无混叠，或者有混叠，混叠大于 ω_c，即 $\omega_N = \Omega_N T \ge \omega_c$，且 $2\pi - \Omega_N T \ge \omega_c$，化简得 $\dfrac{\omega_c}{\Omega_N} \le T \le \dfrac{2\pi - \omega_c}{\Omega_N}$。

(c) $\omega_c = \Omega_c T = 2\pi \cdot 3000 \cdot \dfrac{1}{20 \cdot 10^3} = 0.3\pi$，$\Omega_N$ 的取值使采样后不混叠，且高于 0.3π，或混叠部分在 0.3π 以上。

所以 $\omega_N = \Omega_N T \ge \omega_c$，$(\dfrac{2\pi}{T} - \Omega_N) \cdot T \ge 0.3\pi$，$0.3\pi < \Omega_N T < 2\pi - 0.3\pi$，即 $6000\pi < \Omega_N < 34000\pi$。

五、（10 分）已知二阶巴特沃斯模拟低通原型滤波器的传递函数为

$$H_a(p) = \frac{1}{p^2 + 1.414p + 1}$$

试用双线性变换法设计一个数字低通滤波器，其 3dB 截止频率为 $\omega_c = 0.5\pi$ rad，写出数字滤波器的系统函数，并画出其直接型结构图。（要预畸，设 $T=1$）

解：（1）预畸

$$\Omega_c = \frac{2}{T}\arctan(\frac{\omega_c}{2}) = \frac{2}{T}\arctan(\frac{0.5\pi}{2}) = 2$$

（2）反归一划

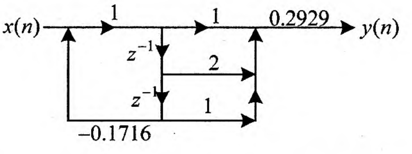
$$H(s)=H_a(p)\big|_{p=\frac{s}{\Omega_c}}=\frac{1}{(\frac{s}{2})^2+1.414(\frac{s}{2})+1}=\frac{4}{s^2+2.828s+4}$$

（3） 双线性变换得数字滤波器

$$H(z)=H(s)\big|_{s=\frac{2}{T}\frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}}=\frac{4}{s^2+2.828s+4}\Bigg|_{s=2\frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}}=\frac{4}{(2\frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}})^2+2.828\cdot 2\frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}+4}$$

$$=\frac{4(1+2z^{-1}+z^{-2})}{13.656+2.344z^{-2}}=\frac{0.2929(1+2z^{-1}+z^{-2})}{1+0.1716z^{-2}}$$

（4）



六、(15分)试用矩形窗口法设计一个 $h(n)$ 的长度为 5 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 $\left|H_d(e^{j\omega})\right|=\begin{cases}1, & \frac{\pi}{3}\le|\omega|\le\frac{2\pi}{3}\\ 0, & \text{其它}\end{cases}$

（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

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

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

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

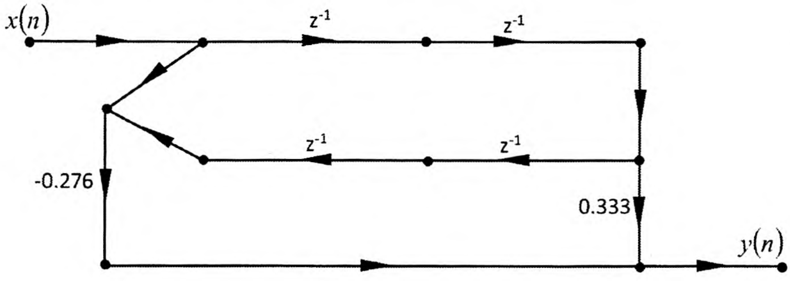
$$=\frac{1}{(n-\alpha)\pi}\left[\sin\left(\frac{2}{3}\pi(n-\alpha)\right)-\sin\left(\frac{1}{3}\pi(n-\alpha)\right)\right]$$

按照题目 N=5，$\alpha=\frac{N-1}{2}=2$，

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

其线性相位结构如图所示：

$H(z)=-0.276+0.333z^{-2}-0.276z^{-4}$



七、（10分）考虑两个实值有限长序列 $h(n)$ 和 $x(n)$，0≤n≤23，若线性卷积为 $y(n)=x(n)*h(n)$，该线性卷积可用DFT进行计算，即分别计算出 $H(k)$、$X(k)$，然后通过IDFT计算出 $y(n)=IDFT\{X(k)H(k)\}$。试问：

（1）计算 $H(k)$、$X(k)$ 的最小点数是多少？

（2）若有复数基2-FFT程序可供使用，如何构造一序列 $z(n)$，通过一次调用该程序，并经简单计算得到 $H(k)$ 和 $X(k)$，写出实现步骤。

解：(a)两个序列线性卷积的长度为 $N_1+N_2-1=47$，则长度为 47 的圆周卷积可以计算线性卷积，所以计算DFT的最小点数是47.

(b) 步骤1：

序列 $x(n)$，$\mathrm{h}(n)$ 均补零至长度 $N=64=2^6$，满足 $N\ge N_1+N_2-1=47$，即

$$x(n)=\begin{cases}x(n) & n=0,1,\cdots,23\\ 0 & n=24,25,\cdots,63\end{cases},\quad \mathrm{h}(n)=\begin{cases}\mathrm{h}(n) & n=0,1,\cdots,23\\ 0 & n=24,25,\cdots,63\end{cases}$$

步骤2：由于 $x(n)$，$\mathrm{h}(n)$ 的 $N=64=2^6$ 点DFT分别为 $X(k)$，$\mathrm{H}(k)$，所以构造序列 $z(n)=x(n)+jh(n)$

计算其 $N=64=2^6$ 点DFT $\mathrm{Z}(k)$，得 $Z(k)=X(k)+jH(k)$。

步骤3：$X(k)=\mathrm{Z}_{ep}(k)=(Z(k)+Z^*(\mathrm{N}-k))/2$

$H(k)=\mathrm{Z}_{op}(k)=(Z(k)-Z^*(\mathrm{N}-k))/2$ 设 $x(n)=\begin{cases}n+1, & 0\leqslant n\leqslant 4\\ 0, & 其他n\end{cases}$，$h(n)=R_4(n-2)$

八、(15 分)已知序列 $x[n]=4\delta[n]+3\delta[n-1]+2\delta[n-2]+\delta[n-3]$，其 6 点离散傅立叶变换(DFT)用 X[k] 表示，试解答下列问题：

（1）若序列 y[n]的长度为 6，其 6 点离散傅立叶变换为 Y[k] $=W_6^{4k}X[k]$，求 y[n]；

（2） 求 $x[n] * x[n]$；

（3） 求 $x[n]④x[n]$。

解：(a) 依据 Y[k] $=W_6^{4k}X[k]$， $y[n]$是$x[n]$循环右移 4 位的结果，即

$$y[n]=x((n-4))_6=4\delta[n-4]+3\delta[n-5]+2\delta[n]+\delta[n-1]$$

(b) $x(n)*x(n)=16\delta(n)+24\delta(n-1)+25\delta(n-2)+20\delta(n-3)+10\delta(n-4)+4\delta(n-5)+\delta(n-6)$

(c) $x[n]④x[n]=26\delta(n)+28\delta(n-1)+26\delta(n-2)+20\delta(n-3)$