

# 南京大学 电子科学与工程学院 全日制统招本科生

## 《数字信号处理》期末考试试卷 闭卷

任课教师姓名： 李晨，庄建军

考试日期： 2013-6-27

考试时间： 2 小时 0 分钟

考生年级 \_\_\_\_\_ 考生专业 \_\_\_\_\_ 考生学号 \_\_\_\_\_ 考生姓名 \_\_\_\_\_

题号	一	二	三	四	五	六	总分
得分							

本题得分	
------	--

一. 单项选择题 (20 分, 每题 2 分)

1. 在对连续信号均匀采样时, 要从离散采样值不失真恢复原信号, 则采样角频率  $\Omega_s$  与信号最高截止频率  $\Omega_c$  应满足关系 ( )  
 A.  $\Omega_s > 2\Omega_c$       B.  $\Omega_s > \Omega_c$       C.  $\Omega_s < \Omega_c$       D.  $\Omega_s < 2\Omega_c$
2. 下列系统(其中  $y(n)$  为输出序列,  $x(n)$  为输入序列)中哪个属于线性系统? ( )  
 A.  $y(n)=y(n-1)x(n)$     B.  $y(n)=x(n)/x(n+1)$     C.  $y(n)=x(n)+1$     D.  $y(n)=x(n)-x(n-1)$
3. 已知某序列  $z$  变换的收敛域为  $5 > |z| > 3$ , 则该序列为 ( )  
 A. 有限长序列      B. 右边序列      C. 左边序列      D. 双边序列
4. 实偶序列傅里叶变换是 ( )  
 A. 实偶序列      B. 实奇序列      C. 虚偶序列      D. 虚奇序列
5. 已知  $x(n)=\delta(n)$ , 其  $N$  点的 DFT  $[x(n)] = X(k)$ , 则  $X(N-1)=$  ( )  
 A.  $N-1$       B. 1      C. 0      D.  $-N+1$
6. 设两有限长序列的长度分别是  $M$  与  $N$ , 欲通过计算两者的圆周卷积来得到两者的线性卷积, 则圆周卷积的点数至少应取 ( )  
 A.  $M+N$       B.  $M+N-1$       C.  $M+N+1$       D.  $2(M+N)$
7. 下面说法中正确的是 ( )  
 A. 连续非周期信号的频谱为周期连续函数  
 B. 连续周期信号的频谱为周期连续函数  
 C. 离散非周期信号的频谱为周期连续函数  
 D. 离散周期信号的频谱为周期连续函数
8. 下列各种滤波器的结构中哪种不是 IIR 滤波器的基本结构? ( )  
 A. 直接型      B. 级联型      C. 频率抽样型      D. 并联型
9. 下列关于 FIR 滤波器的说法中正确的是 ( )  
 A. FIR 滤波器容易设计成线性相位特性  
 B. FIR 滤波器的脉冲响应长度是无限的  
 C. FIR 滤波器的脉冲响应长度是确定的  
 D. 对于相同的幅频特性要求, 用 FIR 滤波器实现要比用 IIR 滤波器实现阶数低

10. 下列关于冲激响应不变法的说法中错误的是 ( )

- A. 数字频率与模拟频率之间呈线性关系
- B. 能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
- C. 具有频率混叠效应
- D. 可以用于设计低通、高通和带阻滤波器

本题得分	
------	--

二. 填空题 (20 分, 每空 1 分)

1. 序列  $x(n) = e^{j(3\pi n/7 - \pi/8)}$  的周期为\_\_\_\_\_.

2. 用频率  $f_s = 80\text{Hz}$  对  $\cos(100\pi t)$  理想采样, 得到序列  $x(n) = \underline{\hspace{2cm}}$ , 若将  $x(n)$  通过截止频率  $f_c = 40\text{Hz}$  的理想低通滤波器, 恢复出的模拟信号  $y(t) = \underline{\hspace{2cm}}$ .

3.  $x(n) = |n-2|u(n+1)$  的 Z 变换为\_\_\_\_\_, 其收敛域为\_\_\_\_\_.

4. 对序列  $x(n) = \delta(n-n_0)$ ,  $0 < n_0 < N$ , 其 N 点的 DFT 为\_\_\_\_\_.

5. 用 DFT 近似分析连续信号频谱时, \_\_\_\_\_效应是指 DFT 只能计算一些离散点上的频谱, 可采取的解决方法为\_\_\_\_\_.

6. 有限长序列  $x(n]$  与  $X(k)$  的关系\_\_\_\_\_,  $X(k)$  与  $X(e^{j\omega})$  的关系\_\_\_\_\_.

7. IIR 滤波器的有限字长效应与它的结构有关, \_\_\_\_\_结构的输出误差最小, \_\_\_\_\_结构的输出误差最大

8. 已知 FIR 滤波器  $H(z) = 1 + 2z^{-1} + 5z^{-2} + az^{-3} + z^{-4}$  具有线性相位, 则  $a = \underline{\hspace{2cm}}$ .

冲激响应  $h(n) = \underline{\hspace{2cm}}$ , 相位  $\theta(\omega) = \underline{\hspace{2cm}}$ .

9. 在利用窗函数法设计 FIR 滤波器时, 一般希望窗函数能满足两项要求:

①\_\_\_\_\_; ②\_\_\_\_\_. 但是, 一般来说, 以上两点很难同时满足。

10. 当线性相位 FIR 数字滤波器的系统函数  $H(z) = \frac{1-z^{-1}}{2}$ , 试判断滤波器的类型 (低通, 高通, 带通, 带阻) 为\_\_\_\_\_.

11. 当 FIR 滤波器满足偶对称条件时, 其单位冲激响应  $h(n)$  满足的条件为\_\_\_\_\_, 此时对应系统的频率响应  $H(e^{j\omega}) = H(\omega)e^{j\varphi(\omega)}$ , 则其对应的相位函数为\_\_\_\_\_.

## 三. 简单计算 (26 分)

本题得分

1. (6 分) 序列  $x(n) = \cos\left(\frac{\pi n}{2}\right), 0 \leq n \leq 3; h(n) = 2^n, 0 \leq n \leq 3$

(1) 求  $x(n), h(n)$  的 4 点 DFT  $X(k), H(k)$  ; (2) 求  $x(n), h(n)$  的 4 点循环卷积  $y(n)$

(3) 利用  $x(n), h(n)$  的 DFT  $X(k), H(k)$  相乘, 再求 IDFT 的方法计算 (2) 中的  $y(n)$

2. (6 分) 若  $x(n) = u(n) - u(n-5)$

(1) 求此序列的 Z 变换, 标出收敛区, 画出极零点图;

(2) 求此序列的傅里叶变换  $X(e^{j\omega})$  , 并画出至少一个周期内的幅度谱;

(3) 求  $X(k) = DFT[x(n)]$ , 并在  $X(e^{j\omega})$  的幅度谱上标出  $|X(k)|$  所在的点

3. (6 分) 设因果的离散 LTI 系统的单位阶跃响应为  $g(n)$ , 已知当输入为因果序列

$x(n)$ , 其零状态响应为  $y_{zs}(n) = \sum_{i=0}^n g(i)$ , 求输入  $x(n)$

4. (8 分) 已知 FIR 滤波器:  $H(z) = 1 + 16\frac{1}{16}z^{-4} + z^{-8}$

- (1) 画出直接型, 线性相位和级联形式结构
- (2) 若要得到包含实系数线性相位分量的级联形式, 画出其实现结构

四 . ( 12 分 ) 已知 8 点有限长实序列 :

本题得分	
------	--

$x(n), x(n)=0 (n < 0 \text{ 或 } n > 7)$ , 其 8 点 DFT 记为  $X(k)$

(1) 利用  $x(n)$  计算  $(\frac{1}{8} \sum_{k=0}^7 X(k) e^{j(2\pi/8)kn})|_{n=9}$  ;

(2) 设一个 8 点有限长实序列:  $v(n), v(n)=0(n < 0 \text{ 或 } n > 7)$ , 其 8 点 DFT 设为  $V(k)$ .

若  $k=0,1,\dots,7$  时, 在  $z=2e^{j(2\pi k+\pi)/8}$  处  $V(k)=X(z)$ , 用  $x(n)$  来表示  $v(n)$ ;

(3) 设 4 点序列  $w(n), w(n)=0(n < 0 \text{ 或 } n > 3)$ , 其 4 点 DFT 为  $W(k)$

若  $W(k)=X(k)+X(k+4)$ , 用  $x(n)$  来表示出  $w(n)$ ;

(4) 设 8 点序列  $y(n), y(n)=0(n < 0 \text{ 或 } n > 7)$ , 其 8 点 DFT 为  $Y(k)$

若  $Y(k)=\begin{cases} 2X(k), & k=0,2,4,6 \\ 0, & k=1,3,5,7 \end{cases}$ , 用  $x(n)$  来表示出  $y(n)$

本题得分	
------	--

五. (10 分) 已知  $x(n)$  为实序列, 并且已知其 8 点 DFT 的前 5 个值为:

{0.25, 0.125-j0.3, 0, 0.125-j0.06, 0.5}

(1) 求此序列 8 点 DFT 的后三点的值;

(2) 若  $x_1(n) = x((n+2))_8$ , 求  $x_1(n)$  的 8 点 DFT

(3) 若已知  $X(k)$ , 试写出利用 FFT 计算 IFFT 的步骤;

(4) 按照 (3) 的方法, 计算出 8 点序列  $x(n)$ , 要求画出基-2FFT 的蝶形运算流程图来完成具体计算过程

本题得分	
------	--

六. (12 分) 设计低通滤波器: 低通滤波器的指标为: 在频率低于  $0.2\pi$  的通带内幅度特性下降小于 1dB, 在频率  $0.3\pi \sim \pi$  之间的阻带内, 衰减大于 15dB

(1) 用冲激响应不变法设计 Butterworth 数字低通滤波器

$$|H_a(j\Omega)|^2 = \frac{1}{1 + \left(\frac{\Omega}{\Omega_c}\right)^{2N}} \quad N \geq \frac{\lg\left(\frac{10^{0.1\delta_1} - 1}{10^{0.1\delta_2} - 1}\right)}{2\lg\left(\frac{\Omega_p}{\Omega_{st}}\right)} = \frac{\lg\left(\frac{10^{0.1\delta_2} - 1}{10^{0.1\delta_1} - 1}\right)}{2\lg\left(\frac{\Omega_{st}}{\Omega_p}\right)} \quad \Omega_c = \frac{\Omega_{st}}{\sqrt[2N]{(10^{0.1\delta_2} - 1)}}$$

表 6-4 巴特沃思滤波器分母多项式  $s^N + a_{N-1}s^{N-1} + \dots + a_2s^2 + a_1s + 1$  ( $a_0 = a_N = 1$ ) 的系数

N	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	$a_7$	$a_8$	$a_9$
1	1								
2	1.4142136								
3	2.0000000	2.0000000							
4	2.6131259	3.4142136	2.6131259						
5	3.2360680	5.2360680	5.2360680	3.2360680					
6	3.8637033	7.4641016	9.1416202	7.4641016	3.8637033				
7	4.4939592	10.0978347	14.5917939	14.5917939	10.0978347	4.4939592			
8	5.1258309	13.1370712	21.8461510	25.6883559	21.8461510	13.1370712	5.1258309		
9	5.7587705	16.5817187	31.1634375	41.9863857	41.9863857	31.1634375	16.5817187	5.7587705	
10	6.3924532	20.4317291	42.8020611	64.8823963	74.2334292	64.8823963	42.8020611	20.4317291	6.3924532

(2) 用双线性变换法设计 Chebyshev 数字低通滤波器

$$|H(j\Omega)|^2 = \frac{1}{1 + \varepsilon^2 C_N^2\left(\frac{\Omega}{\Omega_c}\right)} \quad N \geq \frac{ch^{-1}\left[\frac{1}{\varepsilon} \sqrt{10^{0.1\delta_2} - 1}\right]}{ch^{-1}\left(\frac{\Omega_{st}}{\Omega_c}\right)} = \frac{ch^{-1}\left[\sqrt{\frac{10^{0.1\delta_2} - 1}{10^{0.1\delta_1} - 1}}\right]}{ch^{-1}\left(\frac{\Omega_{st}}{\Omega_c}\right)}$$

b. 1-dB 波纹 ( $\epsilon=0.5088471, \epsilon^2=0.2589254$ )										
1	1.9652267									
2	1.1025103	1.0977343								
3	0.4913067	1.2384092	0.9883412							
4	0.2756276	0.7426194	1.4539248	0.9528114						
5	0.1228267	0.5805342	0.9743961	1.6888160	0.9368201					
6	0.0689069	0.3070808	0.9393461	1.2021409	1.9308256	0.9282510				
7	0.0307066	0.2136712	0.5486192	1.3575440	1.4287930	2.1760778	0.9231228			
8	0.0172267	0.1073447	0.4478257	0.8468243	1.8369024	1.6551557	2.4230264	0.9198113		
9	0.0076767	0.0706048	0.2441864	0.7863109	1.2016071	2.3781188	1.8814798	2.6709468	0.9175476	
10	0.0043067	0.0344971	0.1824512	0.4553892	1.2444914	1.6129856	2.9815094	2.1078524	2.9194657	0.9159320