

数字信号处理

(课程代码 02356)

注意事项:

1. 本试卷分为两部分, 第一部分为选择题, 第二部分为非选择题。
2. 应考者必须按试题顺序在答题卡(纸)指定位置上作答, 答在试卷上无效。
3. 涂写部分、画图部分必须使用2B铅笔, 书写部分必须使用黑色字迹签字笔。

第一部分 选择题

一、单项选择题: 本大题共20小题, 每小题1分, 共20分。在每小题列出的备选项中只有一项是最符合题目要求的, 请将其选出。

1. 若某系统的数学模型为 $y(n) = x(n)\sin(5n+1)$, 则该系统为

A. 线性、移变系统	B. 非线性、移不变系统
C. 线性、移不变系统	D. 非线性、移变系统
2. 已知 $X(z) = 1 + 5z^2 + 3z^{-3}$, 则其Z反变换为

A. $1 + 5\delta(n-2) + 3\delta(n+3)$	B. $\delta(n) + 5\delta(n-2) + 3\delta(n+3)$
C. $\delta(n) + 5\delta(n+2) + 3\delta(n-3)$	D. $1 + 5\delta(n+2) + 3\delta(n-3)$
3. 已知 $f_1(n) = (-1)^n u(n)$, $f_2(n) = \delta(n-2)$, 若 $f(n) = f_1(n) * f_2(n)$, 则 $f(n)$ 等于

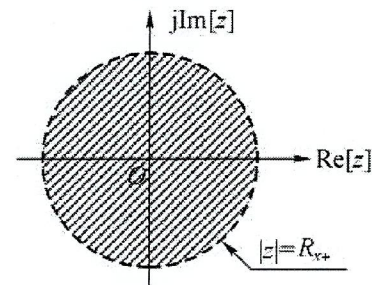
A. 0	B. $(-1)^n u(n)$
C. $(-1)^{n-2} u(n)$	D. $(-1)^{n-2} u(n-2)$
4. 离散正弦信号 $x(n) = \sin(\frac{5}{2}\pi n) + \cos(2\pi n)$ 的周期是

A. 2π	B. $\frac{6}{5}$
C. 4	D. 非周期

5. 序列 $\tilde{x}(n)$ 的离散傅里叶级数的系数 $\tilde{X}(k)$ 满足

A. 连续周期特性	B. 离散周期特性
C. 连续非周期特性	D. 离散非周期特性

6. 如下图所示的z变换收敛域图, 其相对应的时域序列为



- | | |
|---------|----------|
| A. 左边序列 | B. 双边序列 |
| C. 右边序列 | D. 以上都不是 |
7. 序列 $(-2)^{n-2} u(-n-1)$ 的z变换是

A. $\frac{1}{4} \frac{z}{z+2}, z < 2$	B. $-\frac{1}{4} \frac{z}{z+2}, z > 2$
C. $-\frac{1}{4} \frac{z}{z-2}, z < 2$	D. $\frac{1}{4} \frac{z}{z-2}, z > 2$
 8. 序列 $x(n) = R_4(n)$, 其10点DFT记为 $X(k), k=0, 1, \dots, 9$, 则 $X(0)$ 为

A. 2	B. 4
C. 5	D. 10
 9. 采用冲激响应不变法设计IIR滤波器时, 若给出数字滤波器的通带截止频率为 $0.25\pi \text{rad}$, 采样频率为 1000Hz , 则转换为模拟技术指标时的截止频率为

A. $250\pi \text{ rad/s}$	B. 26.45 rad/s
C. $25\pi \text{ rad/s}$	D. 16.45 rad/s
 10. 已知 $X(z) = \frac{2z}{z+5}, |z| < 5$, 则相对应的时域序列 $x(n)$ 为

A. $2(-5)^n u(-n-1)$	B. $-2(-5)^n u(-n-1)$
C. $2(-5)^n u(n)$	D. $2 \cdot 5^n u(n)$

11. 关于 s 平面与 z 平面映射的关系说法正确的是
- s 平面的虚轴对应于 z 平面的单位圆
 - s 左半平面对应于 z 平面的单位圆外
 - s 右半平面对应于 z 平面的单位圆内
 - 以上说法都对
12. 一个线性移不变离散时间系统稳定的充分必要条件是系统函数 $H(z)$ 的收敛域包含
- 单位圆
 - 原点
 - 实轴
 - 虚轴
13. 在 $N=128$ 的基-2 FFT 按时间抽取运算流图中, 从 $x(n)$ 到 $X(k)$ 需多少级蝶形运算过程?
- 4
 - 5
 - 6
 - 7
14. 已知 $x_1(n)$ 是长度为 128 点的序列, $x_2(n)$ 是长度为 64 点的序列, 则 $x_1(n)$ 与 $x_2(n)$ 的线性卷积和序列的长度为
- 64
 - 128
 - 191
 - 192
15. 已知 FIR 数字滤波器的单位采样响应, 其中具有第二类线性相位的是
- $h(n)=[4, 3, 5, 5, 3, 4]$
 - $h(n)=[4, 3, 5, 5, -3, -4]$
 - $h(n)=[4, 3, 5, 0, 5, 3, 4]$
 - $h(n)=[4, 3, 5, 0, -5, -3, -4]$
16. 线性相位 FIR 滤波器主要有以下四类: ① $h(n)$ 偶对称, 长度 N 为奇数; ② $h(n)$ 偶对称, 长度 N 为偶数; ③ $h(n)$ 奇对称, 长度 N 为奇数; ④ $h(n)$ 奇对称, 长度 N 为偶数; 则其中不能用于设计高通滤波器的是
- ①②
 - ②③
 - ③④
 - ①④
17. 关于常用模拟滤波器的设计, 以下说法错误的是
- 常用的模拟滤波器类型包括巴特沃斯型、切比雪夫 I 型、切比雪夫 II 型、椭圆型等
 - 巴特沃斯型滤波器是最简单的滤波器, 通带和阻带都有平坦的幅频特性
 - 椭圆型滤波器的特点和巴特沃斯型滤波器一样, 在通带和阻带都具有平坦的幅频特性
 - 切比雪夫 I 型滤波器的幅频特性在通带有波纹, 阻带单调下降。而切比雪夫 II 型正好相反

18. 以下哪个系统是 IIR 系统?
- $y(n) = x(n) + 2x(n-1) + 2x(n-2) + x(n-2)$
 - $h(n) = \delta(n) + 3\delta(n-1) + 3\delta(n-2) + \delta(n-3)$
 - $y(n) - 3y(n-1) + 2y(n-2) = x(n)$
 - $h(n) = 4U(n-1) - 2U(n-6)$
19. 采用冲激响应不变法进行映射时, 模拟滤波器系统函数与数字滤波器系统函数的对应关系说法中错误的是
- s 平面的单极点映射为 z 平面的单极点
 - 模拟滤波器系统函数与数字滤波器系统函数的部分分式系数均相等
 - 若模拟滤波器稳定, 则数字滤波器必稳定
 - 以上说法都不正确
20. 在 $N=32$ 的基-2 FFT 按时间抽取运算中, 复数乘法的运算量为
- 32
 - 62
 - 80
 - 160

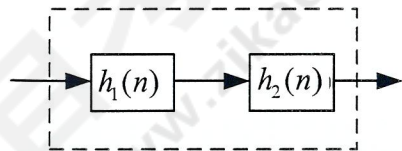
二、判断题: 本大题共 10 小题, 每小题 1 分, 共 10 分。判断下列各题正误, 正确的在答题卡相应位置涂 "A", 错误的涂 "B"。

21. s 平面与 z 平面映射的关系中, s 平面的实轴对应于 z 平面的正实轴。
22. 某滤波器方程为 $y(n) = 3x(n) + \frac{5}{3}x(n-1) + \frac{2}{3}x(n-2) - \frac{1}{6}y(n-1) - \frac{1}{3}y(n-2) + \frac{1}{6}y(n-3)$, 若采用直接 II 型结构设计 IIR 数字滤波器, 则需要 5 个延时单元。
23. 序列 $x(n)$ 的频谱是连续时间信号 $x_a(t)$ 频谱的周期延拓。
24. 稳定和线性相位是 IIR 数字滤波器突出的优点。
25. 用频谱分析仪分析某信号时, 数据记录长度为 $T_0 = 5 \text{ ms}$, 则频率分辨率 $F_0 = 200 \text{ Hz}$ 。
26. s 平面到 z 平面的映射关系是单值映射。
27. 用窗函数法设计 FIR 数字滤波器时, 当窗长固定时, 改变窗函数的类型可以改变过渡带的宽度。
28. 切比雪夫 I 型滤波器的幅频特性特点是: 阻带有波动。
29. 圆周移位运算相当于将序列值在圆上的旋转。
30. $x(n)$ 的 DFT 系数 $X(k)$ 可看作是对其 DTFT $X(e^{j\omega})$ (即连续频谱) 在主值区间 $(0 \sim 2\pi)$ 上的 N 点等间隔抽样。

第二部分 非选择题

三、填空题：本大题共 10 小题，每小题 1 分，共 10 分。

31. 序列 $2\delta(n) + \delta(n+2)$ 的收敛域为_____。
32. 已知 $x_1(n) = [1, 2, -2, 4]$, $0 \leq n \leq 3$, $x_2(n) = [2, 1, -2]_{-1}$, 则 $x_1(n) \cdot x_2(n) =$ _____。
33. 椭圆型滤波器的幅频特性特点是：通带阻带都_____（填平坦或波动）。
34. 已知序列 $x(n) = [1, 2, 2, 1]_0$, $x_2(n) = 2R_3(n)$, 两序列的线性卷积和为_____。
35. 已知有限长序列 $x(n) = \{1, 2, 0, 3, 4\}_0$, 则其圆周移位 $x((n+2))_5 R_5(n) =$ _____。
36. 在采用 DFT 分析连续时间信号频谱的过程中，会带来_____、频谱泄漏和栅栏效应等问题。
37. 如图所示，某离散系统由两个子系统 $h_1(n)$ 和 $h_2(n)$ 级联而成，其时域单位抽样响应 $h(n) =$ _____。



38. 序列 $-a^n u(-n-1)$ 的 z 变换表达式及收敛域为_____。
39. 将模拟滤波器映射成数字滤波器主要有冲激响应不变法及_____。
40. 设两个有限长分别为 $x(n) = [1, 2, 3, 2, 0, 4, 3, 1, 2, 2]$, $h(n) = [1, 0, 2]$, 若采用重叠保留法计算线性卷积和，按分段长度为 6 对 $x(n)$ 进行分段，则第 2 个分段为 $x_1(n) =$ _____。

四、简答题：本大题共 3 小题，每小题 5 分，共 15 分。

41. 简述用 DFT 计算线性卷积和的步骤。
42. 设计 FIR 数字滤波器时，常用的窗函数有哪些？请列举 5 个。
43. 简述 FIR 数字滤波器窗函数设计法的基本步骤。

五、画图题：本大题共 1 小题，每小题 5 分，共 5 分。

44. 已知 IIR 滤波器的差分方程为 $y(n] + 3y(n-1) - 4y(n-2) = 2x(n) + x(n-1)$, 请写出系统函数，画出其直接 II 型。

六、计算题：本大题共 4 小题，每小题 10 分，共 40 分。

45. 已知序列 $x_1(n) = [1, 3, 2, 1, 2]_0$, $x_2(n) = 2R_3(n)$, 求两个序列的 $N=5$ 、 $N=7$ 及 $N=9$ 点的圆周卷积。
46. 已知某 IIR 数字滤波器的系统函数 $H(z) = \frac{z^2 - z}{z^2 + 5z + 6}$
- (1) 如果该滤波器满足因果性，求该滤波器的单位样值响应 $h(n)$;
- (2) 画出该滤波器的零极点分布图，并判断当其为因果系统时的稳定性，要求说明判断依据。
47. 已知模拟滤波器系统函数为 $H(s) = \frac{3s-5}{s^2 + \frac{10}{3}s + 1}$, 抽样周期 T 为 0.002s, 用冲激响应不变法设计 IIR 数字低通滤波器，请写出数字滤波器的系统函数 $H(z)$ 。
48. 设计第二类线性相位 FIR 数字高通滤波器，通带截止频率 $\omega_p = \frac{\pi}{3}$ rad, 通带最大衰减为 $\alpha_p = 3$ dB, 阻带截止频率 $\omega_s = \frac{\pi}{5}$ rad, 阻带的最小衰减为 $\alpha_s = 60$ dB。
- 求：(1) 根据技术指标判断选择哪种窗进行设计比较合适；
- (2) 计算所使用的窗长度及滤波器的群延时。（附表如下）

窗函数	加窗后滤波器过渡带宽 $\Delta\omega$	加窗后滤波器阻带最小衰减(dB)
矩形窗 $\omega_r(n) = R_N(n)$	$0.9 \times 2\pi / N$	-21
三角形窗 $\omega_{Br}(n) = \begin{cases} \frac{2n}{N-1}, & 0 \leq n \leq \frac{N-1}{2} \\ 2 - \frac{2n}{N-1}, & \frac{N-1}{2} < n \leq N-1 \end{cases}$	$2.1 \times 2\pi / N$	-25
海宁窗 (Hanning) $\omega_H(n) = \frac{1}{2} \left[1 - \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right) \right] R_N(n)$	$3.1 \times 2\pi / N$	-44
海明窗 (Hamming) $\omega_H(n) = \left[0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right) \right] R_N(n)$	$3.3 \times 2\pi / N$	-53
布拉克曼窗 $\omega_B(n) = \left[0.42 - 0.5 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right) + 0.08 \cos\left(\frac{4\pi n}{N-1}\right) \right] R_N(n)$	$5.5 \times 2\pi / N$	-74