

清华大学本科生期末考试试卷A

信号处理原理

2010.01.20 14:30-16:30 三教2102,2302

1. (6分) 磁带录放机播放录音磁带时, 如选择快速播放, 则声音听起来有何特点? 请解释原因.
2. (6分) 证明: 如果 $x(n)$ 是一个实数序列, 则它的DFT满足下面的关系式

$$X(N-k) = X^*(k)$$

3. (6分) 设某数字信号 $x(n)$ 的5个采样值为 $[3, -1, 0, 2, 1]$

- (a) 求这些采样值的5点DFT幅度频谱.
- (b) 将信号补零为8点, 然后求8点DFT的幅度频谱.

4. (7分) 音频电话机在按键时会产生双音多频信号, 各键对应的两个频率值如下所示:

频率(Hz)	1209	1336	1477
697	1	2	3
770	4	5	6
852	7	8	9
941	*	0	#

如果以8kHz进行声音采样, 用DFT来分析电话按键的声音信号, 则DFT窗的最小宽度是多少 (单位为采样点数) 才能保证区分各个按键? 当用户按下数字键8时, DFT所得结果中的峰值会出现在哪些地方?

5. (7分) 求下列Z变换的逆变换:

$$X(z) = \frac{2z^2 - 0.75z}{(z - 0.25)(z - 0.5)}$$

6. (7分) 已知某个数字滤波器的差分方程为

$$y(n) + 0.8y(n-1) - 0.9y(n-2) = x(n-2)$$

试判断滤波器的稳定性, 并画出信号流图.

7. (7分) 已知数字滤波器零点为 $z = -0.2$ 和 $z = 0.4$, 极点为 $z = -0.7 \pm j0.6$, 系统增益为0.5.

- (a) 画出滤波器的零-极点图
- (b) 求滤波器的传递函数 $H(z)$

8. (7分) 用双线性变换法设计低通IIR滤波器: -3dB处的频率为800Hz, 1200Hz处增益降到-25dB. 采样率为8000Hz. 请计算合适的滤波器阶数. 下面是可能用到的公式.

- 阻带衰减 δ_s , 模拟频率 Ω 与数字频率 ω 之间的预扭曲方程为 $\Omega = 2f_s \tan(\omega/2)$
- IIR滤波器阶数计算公式. 其中, Ω_s 为阻带边缘模拟频率, Ω_p 为通带边缘模拟频率.

$$n \geq \frac{\log\left(\frac{1}{\delta_s^2} - 1\right)}{2 \log\left(\frac{\Omega_s}{\Omega_p}\right)}, \quad n \in \mathbb{Z}$$

9. (7分) 用窗函数法设计FIR滤波器: 通带边缘10kHz, 过渡带宽度为4kHz, 通带边缘衰减为0.05dB, 阻带衰减为50dB, 采样频率为44kHz.

供设计IIR滤波器时使用的各种公式:

- 矩形窗: $w(n) = 1$, 窗内项: $0.91f_s/T.W.$, 阻带衰减21dB
- 汉宁窗: $0.5 + 0.5 \cos(2\pi n/(N-1))$, 窗内项: $3.32f_s/T.W.$, 阻带衰减44dB
- 哈明窗: $0.54 + 0.46 \cos(2\pi n/(N-1))$, 窗内项: $3.44f_s/T.W.$, 阻带衰减55dB