北京航空航天大学

2013 ~2014 学年第　1 学期

数字信号处理 期末考试试卷

（　2014 年　 1 月　 9　日）

学号：________________ 姓名：_________________ 成绩：_______________

一、填空计算题（每空 1 分，共 30 分）

1.用 $T(x[n])=\sum_{k=n-n_0}^{k=n+n_0}x[k]$ 式描述的系统是______（稳定、不稳定）_________（因果、非因果）_________（线性、非线性）_________（时变、非时变）________（有、无记忆）的；

2.图 1 示出了某 LTI 系统的系统函数 H(z)的零极点图，该系统是_________（因果、非因果）、________（是否）广义线性相位系统，________（是否）存在稳定的逆系统；这样的零点分布（能否）作为某个幅度平方函数的零点， _________ （能否）作为某个最小相位系统的零点。

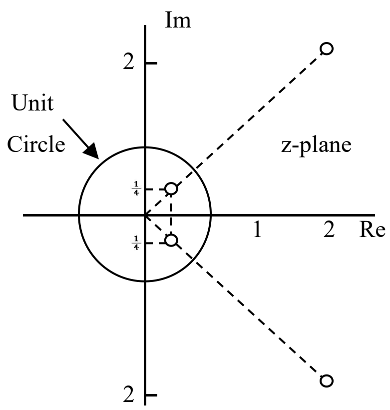


图 1 某 LTI 系统的零极点图

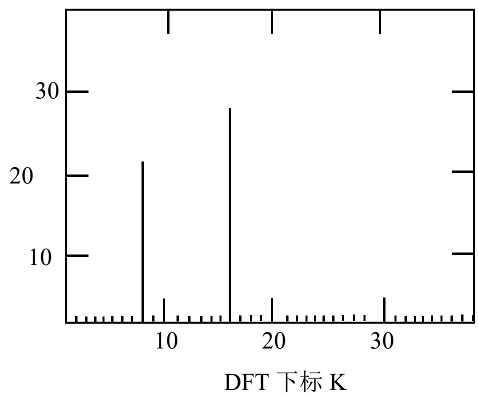


图 2 截取序列的幅度谱

3.为了对两个正弦（或余弦）序列求和组成的信号 x[n]进行谱分析，使用 64 点矩形窗对数据截取。图 2 给出了截取序列的 64 点 DFT 的幅度（仅画出 0≤k≤32 范围），则不考虑混叠时，x[n]中两个频率分量的数字角频率分别为___________和___________，若该序列是对连续时间信号 x(t)以 fs=400Hz 采样获得，则两个分量的频率分别为_______Hz 和_______Hz。

4.序列 x(n)= δ(n-n_0)，(0<n_0<N)的傅里叶变换（DTFT）为_________________、z 变换为_________________、N 点 DFT 为_________________；若 n_0=2，则序列{1,2,3,4,5}与 x(n)卷积得到的序列是_________________；

5.设参数 T=1s，给定连续时间系统 H(s)=1/s,若采用脉冲响应不变法将其离散化，则离散时间系统 H(z)=________；若采用双线性变换法，则 H(z)=____________；现期望将平方幅度

函数为$|H(j\Omega)|^2 = 1/(36+\Omega^2)$的模拟滤波器转化为离散时间滤波器，若采用脉冲响应不变法，（后面没照上= =）

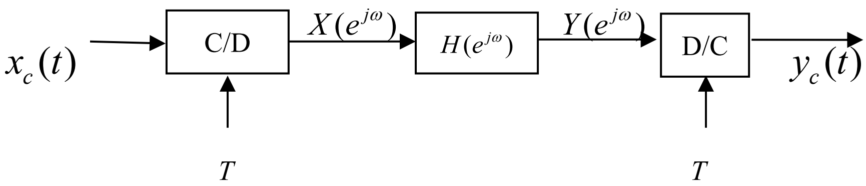


图 3 连续时间信号的离散事件处理

6.在图 3 所示系统中，输入$x_c(t)=\cos(2\times 5t)$，采样间隔 T=1/8s，$H(e^{j\omega})$为理想全通系统，则采样过程_______（有、无混叠），输出$y_c(t)=$______________________；若采样间隔 T=1/16s，则采样过程_______（有、无混叠），输出$y_c(t)=$______________________；

7.假设一个无干扰、无噪声的时间连续实信号$x_c(t)$，带宽限制在 5KHz 以下，即对于$|\Omega| \ge 2\pi(5000)$，$X_C(j\Omega)=0$,以每秒 20000 个样本的采样率对信号$x_c(t)$进行采样，得到一个长度为 N=2000 的序列$x[n]=x_c(nT)$。$x[n]$的 N 点 DFT 记作$X[k]$，则 X[600]=______ 若已知$X[400]=1+j$，则 X[_____]=1-j,k=400 对应$X_C(j\Omega)$的连续频率是$\Omega_k=$__________rad/s，在该连续频率处$X_C(j\Omega_k)=$__________;

二、（10 分）已知 LTI 系统的差分方程 y(n)=x(n)-x(n-4)

(a)写出其系统函数，画出零极点图；

(b)画出系统的实现流图；

(c)若差分方程为 y(n)=0.5y(n-1)+x(n)-x(n-4)，画出系统的直接 II 型流图。

三、(10 分)在图 3 所示系统之前，通常需要加入如图 4 所示的连续时间抗混叠滤波器 Ha(jΩ)。给定连续时间信号$x_a(t)$的傅里叶变换如图 5 所示，采样周期 T 为已知。

（a）画出理想抗混叠滤波器 Ha(jΩ)的幅频响应；

（b）画出$x_c(t)$和$x[n]$的傅里叶变换 Xc(jΩ)和$X(e^{j\omega})$；

（c）若图 3 系统中的$H(e^{j\omega})$如图 6 所示，请画出$Y(e^{j\omega})$和 Yc(jΩ)；

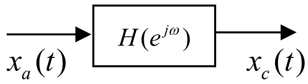


图 4 抗混叠滤波器

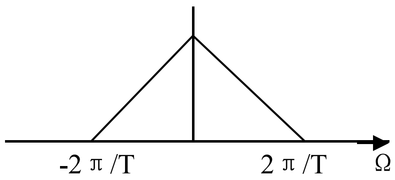


图 5 $x_a(t)$的傅里叶变换（最大幅度为 1）

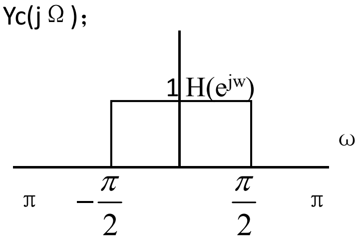


图 6 $H(e^{jw})$

四、（10 分）采用 Kaiser 窗函数法设计一个广义线性相位的数字低通滤波器，经验公式如下

$$\beta=\begin{cases}0.1102(A-8.7) & A>50\\ 0.5842(A-21)^{0.4}+0.07886(A-21) & 21\le A\le 50\\ 0.0 & A<21\end{cases}\qquad M=\frac{A-8}{2.285\Delta\omega}$$

（这中间的文字都没照上）

（b）Kaiser 窗表达式记为 w(n)，写出所设计的滤波器的脉冲响应 h(n)。

五、（10 分）若一个系统的冲激响应为 $h[n]=\begin{cases}1 & 0\le n\le 11\\ 0 & \text{其它}\end{cases}$，当输入信号

$x[n]=\begin{cases}n & 0\le n\le 9\\ 0 & \text{其它}\end{cases}$ 时，输出 y[n]可用不同方法求得

(a)求线性卷积 x[n]*h[n]可得 y[n]，请计算 x[n]*h[n]；

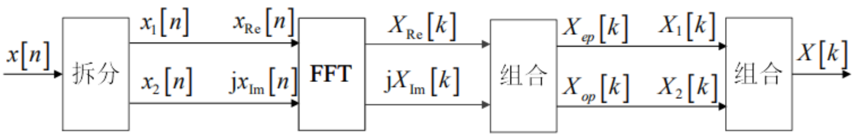
(b)计算 N 点 FFT 得到 Y[k]=X[k]H[k]。利用逆 FFT 可得 y[n]，请分别计算 N=12、N=21 时的输出 y[n]；

(c)请说明什么时候(b)的计算结果和(a)相同，简要说明理由。

六、(10 分)一个 N 点长序列 x[n]的 DFT 可表示为 $X[k]=\sum_{n=0}^{n=N-1}x[n]e^{-j(2\pi/N)kn}$，k=0,1,…N-1。

(a)设 N=8，若将 x[n]分为两个 4 点长序列 $x_1[n]$和 $x_2[n]$，其 4 点 DFT 分别记为 $X_1[k]$和 $X_2[k]$，试问如何通过 $X_1[k]$和 $X_2[k]$的组合计算出 x[n]的 8 点 DFT X[k]，给出实现方法；

(b)给出 N 点 FFT 计算流图中蝶形个数计算公式，并计算 N=4096 的蝶形个数？



七、（10 分）设 $x_c(t)$ 为限带信号，即当 $|\Omega| \ge \Omega_N$ 时 $X_C(j\Omega)=0$，现对 $x_c(t)$ 采样得到序列 $x[n]=x_c(t)\big|_{t=nT}$，采样间隔 $T<\pi/\Omega_N$，试证明 $x_c(t)$ 可由 x[n]重构，即

$$x_c(t)=\sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n]\frac{\sin\left[\pi(t-nT)/T\right]}{\pi(t-nT)/T}$$

八、（10 分）设 x[n]是长度为 N=1000 点的序列，X[k]表示 x[n]的 1000 点 DFT，$X[k]=X(e^{j\omega})\big|_{\omega=2\pi k/N}$，k=0,1,…999，设

$$W[k]=\begin{cases} X[k] & 0\le k\le 250 \\ 0 & 251\le k\le 749 \\ X[k] & 750\le k\le 999 \end{cases}$$

可求得 W[k]的 1000 点 IDFT，w[n]=IDFT{W[k]}

现构造
$$y[n]=\begin{cases} w[2n] & 0\le n\le 499 \\ 0 & 500\le n\le 999 \end{cases}$$

对 y[n]做 1000 点 DFT 得到 Y[k]，试分析 Y[k]与 $X(e^{j\omega})$ 之间的关系。