数字信号处理例题讲解

Xiaohei

更新:2021 年 1 月 2 日

1 离散时间信号与系统

Exercise 1

一模拟信号 $x_a(t) = \sin(240\pi t) + 5\sin(360\pi t)$,采用 300Hz 的抽样频率进行采样。

1) 求信号的 Nyquist 抽样频率。
2) 求信号的折叠频率。
3) 求经过抽样后的序列 $x(n)$。
4) 若序列 $x(n)$ 通过理想 D/A 进行转换,求转换后的信号 $y_a(t)$。

2 z 变换与离散时间 Fourier 变换(DTFT)

3 离散 Fourier 变换(DFT)

Exercise 2

对实信号进行谱分析,要求谱分辨率 $F_0 \leq 10\text{Hz}$,信号最高频率 $f_h = 2.5\text{kHz}$,试确定以下参量:

1) 最小记录长度 T_0。
2) 抽样点间的最大时间间隔 T。
3) 在一个记录中的最小抽样点数 N。

Exercise 3

若存在模拟信号

$$x_a(t) = [\cos(160\pi t) + \cos(200\pi t)]\cos(1200\pi t)$$

使用 DFT 做谱分析，要求能分辨该信号的所有频率分量，试求：

1) 最小采样频率 f_s。
2) 采样后的离散序列 $x(n)$。
3) 在一个记录中的最小抽样点数 N。
4) 使用 1200Hz 的采样频率对信号采样后通过理想 D/A 恢复的信号 $x_a'(t)$。

4 快速 Fourier 变换（FFT）

5 数字滤波器的基本结构

Exercise 4

已知系统由下面差分方程描述：

$$y(n) = x(n) + \frac{1}{2}x(n-1) + \frac{5}{6}y(n-1) - \frac{1}{6}y(n-2)$$

试画出系统的直接 I 型、直接 II 型、级联型和并联型结构。其中 $x(n)$ 和 $y(n)$ 分别表示系统的输入和输出信号。

6 IIR 滤波器设计

Exercise 5

用双线性变换法设计一个三阶数字 Butterworth 低通滤波器，采样频率 $f_s = 4\text{kHz}$，其 3dB 截止频率为 $f_c = 1\text{kHz}$，三阶模拟 Butterworth 低通滤波器为

$$H_a(s)=\frac{1}{1+2\left(\frac{s}{\Omega_c}\right)+2\left(\frac{s}{\Omega_c}\right)^2+\left(\frac{s}{\Omega_c}\right)^3}$$

Exercise 6

已知模拟滤波器的系统函数 $H_a(s)=\dfrac{1}{2s^2+3s+1}$，用脉冲响应不变法和双线性变换法分别将其转化为数字滤波器，采样周期 $T=2$ 秒。

7 FIR 滤波器设计

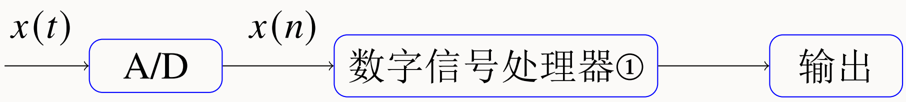
Exercise 7

用矩形窗设计一个 FIR 线性相位低通数字滤波器。已知通带的截止频率 $\omega_p=0.5\pi$，窗的长度 $N=17$，求出 $h(n)$ 的表达式即可。

8 综合题

Exercise 8

如图为一数字信号处理系统，其中 A/D 为模数转换器，$x(t)=\sin(200\pi t)+\sin(300\pi t)$ 为系统模拟输入信号，试解答如下问题：



1) 若图中数字信号处理器①是 IIR 数字滤波器并具有高通特性，试确定其截止频率和输出信号（忽略滤波器带来的影响）。
2) 简要叙说 IIR 和 FIR 这两种滤波器的异同（至少涉及 3 个方面）。

3) 设 A/D 采样率为 512Hz，对序列 $x(n)$ 进行 256 个点的 FFT 变换。求两谱线间的频率间隔。若对上述数据进行离散傅立叶反变换，则反变换后的抽样间隔是多少？整个 256 个点的时宽又为多少？