



北京交通大学

数字信号处理

Digital Signal Processing

主讲人：李艳凤

电子信息工程学院



FIR数字滤波器设计

已知信号 $y(t) = x(t) + n(t)$ ，其中 $x(t)$ 是频率范围在0~2.5 kHz的有用信号， $n(t)$ 是频率范围在3 kHz~4 kHz的噪声信号。若按抽样频率 $f_{\text{sam}} = 10$ kHz对信号 $y(t)$ 进行抽样，得到离散信号 $y[k]$ ，设计能滤除 $y[k]$ 中噪声信号的FIR数字滤波器，要求对噪声的衰减 A_s 不小于40dB。



设计能滤除 $y[k]$ 中噪声信号的FIR数字滤波器

解：有用信号频率范围是0~2.5 kHz，噪声信号的频率范围是3 ~4 kHz

设计数字低通滤波器以滤除噪声，选择I型线性相位FIR数字滤波器

数字滤波器的设计指标

$$\Omega_p = \omega_p T = \frac{2\pi f_p}{f_{\text{sam}}} = 0.5\pi \text{ rad}$$

$$\Omega_s = \omega_s T = \frac{2\pi f_s}{f_{\text{sam}}} = 0.6\pi \text{ rad}$$

选取：

$$f_p = 2.5 \text{ kHz}$$

$$f_s = 3 \text{ kHz}$$



设计能滤除 $y[k]$ 中噪声信号的FIR数字滤波器

解：

$$\Omega_p = 0.5\pi \text{ rad}$$

$$\Omega_s = 0.6\pi \text{ rad}$$

由于对噪声的衰减 A_s 不小于40dB，选择Hann窗

阶数 $M=N-1$ 由窗口类型以及过渡带宽度决定

$$6.2\pi/N \leq |\Omega_s - \Omega_p|$$

$$6.2\pi/N \leq 0.1\pi$$

取整得 $N=62$

I型线性相位FIR数字滤波器，阶数 M 为偶数，因而选取 $N=63$

$$\Omega_c = (\Omega_p + \Omega_s) / 2 = 0.55\pi \text{ rad}$$



设计能滤除 $y[k]$ 中噪声信号的FIR数字滤波器

解： 1. 确定幅度函数 $A_d(\Omega)$ 和 $\varphi_d(\Omega)$

$$A_d(\Omega) = \begin{cases} 1 & |\Omega| \leq 0.55\pi \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad \varphi_d(\Omega) = -\frac{M}{2}\Omega \quad M=62$$

2. 根据 $A_d(\Omega)$ 和 $\varphi_d(\Omega)$ 构建 $H_d(e^{j\Omega})$ ，通过IDTFT求解 $h_d[k]$

$$h_d[k] = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \boxed{A_d(\Omega)e^{j\varphi_d(\Omega)}} e^{jk\Omega} d\Omega = 0.55\text{Sa}[0.55\pi(k-31)]$$

3. 加窗截短 $h_d[k]$ ，得到 $h[k] = h_d[k]w_N[k]$ ， $k=0, 1, \dots, 62$.



FIR数字滤波器设计

谢 谢

本课程所引用的一些素材为主讲老师多年的教学积累，来源于多种媒体及同事和同行的交流，难以一一注明出处，特此说明并表示感谢！