

实验四：FIR 滤波器设计

一、实验目的

认真复习 FIR 数字滤波器的基本概念，线性相位 FIR 滤波器的条件和特点、幅度函数特点、零点位置的基本特点与性质；窗函数设计法的基本概念与方法，各种窗函数的性能和设计步骤，线性相位 FIR 低通、高通、带通和带阻滤波器的设计方法。熟悉和掌握矩形窗、三角形窗、汉宁窗、海明窗、布莱克曼窗、凯塞窗设计 FIR 数字滤波器的方法。

二、实验内容

1. 设线性相位 FIR 滤波器单位抽样响应分别为：

- a) $h(n) = \{-4, 1, -1, -2, 5, 6, 5, -2, -1, 1, -4\}$
- b) $h(n) = \{-4, 1, -1, -2, 5, 6, 6, 5, -2, -1, 1, -4\}$
- c) $h(n) = \{-4, 1, -1, -2, 5, 0, -5, 2, 1, -1, 4\}$
- d) $h(n) = \{-4, 1, -1, -2, 5, 6, -6, -5, 2, 1, -1, 4\}$

分别求出滤波器的幅度频率响应 $H(\omega)$ ，系统函数 $H(z)$ 以及零极点分布，并绘制相应的波形和分布图。

2. 设计 FIR 数字低通滤波器，技术指标为： $\omega_p = 0.2\pi$ ， $\omega_{st} = 0.3\pi$ ， $\delta_1 = 0.25\text{dB}$ ， $\delta_2 = 50\text{dB}$ 。

- a) 基于上述技术指标，任选一窗函数设计该滤波器；
- b) 求滤波器的单位抽样响应、频率响应，并绘制相应的波形图。
- c) 对该滤波器输入 $x(n) = R_{10}(n)$ ，求滤波器的输出信号，并绘制相应的波形图。

3. 设计 FIR 数字带通滤波器，技术指标为：

下阻带边缘： $\omega_{st1} = 0.2\pi$ ， $\delta_{s1} = 60\text{dB}$ ，下通带边缘： $\omega_{p1} = 0.35\pi$ ， $\delta_{p1} = 1\text{dB}$ ；

上通带边缘： $\omega_{p2} = 0.65\pi$ ， $\delta_{p1} = 1\text{dB}$ ，上阻带边缘： $\omega_{st2} = 0.8\pi$ ， $\delta_{s2} = 60\text{dB}$ 。

通过技术指标，选择一种窗函数进行设计；求滤波器的单位抽样响应、频率响应，并绘制波形。

4. 一个理想差分器的频率响应为：

$$H_d(e^{j\omega}) = \begin{cases} j\omega, & (0 < \omega \leq \pi) \\ -j\omega, & (-\pi < \omega < 0) \end{cases}$$

用长度为 21 的汉宁窗设计一个数字 FIR 差分器，并绘制其时域和频率的响应波形。

三、实验报告要求

根据实验目的与内容，写出相应的计算过程，绘制各种波形图。完成实验内容，撰写实验报告，给出必要的理论推导，附上全部程序代码（详细注释，确保程序可以直接运行并输出相应的图形）。在实验报告末尾总结实验收获和体会。