



滤波器

主讲教师：于淼

大纲

- 概述
- 无限冲激响应（ IIR ）数字滤波器
 - 冲激响应不变法
 - 双线性变换法
 - IIR数字滤波器的网络结构
- 有限冲激响应（ FIR ）数字滤波器
 - 窗函数法
 - FIR滤波器的网络结构

概述

1、数字滤波器的概念

- 数字滤波器是具有一定传输特性的数字信号处理装置
- 输入和输出都是数字信号
- 借助于数字器件和一定的数值计算方法，对输入信号的波形或频谱进行加工、处理，改变输入信号，从而去掉信号中的无用成分而保留有用成分

概述

2、数字滤波器的优点

- **精度高**：模拟器件（如R、L、C）精度一般很难做高，而数字滤波器的精度则由字长决定。若要增加精度，只需增加字长
- **可靠性高**：模拟滤波器中各种参数都有一定的温度系数，会随着环境变化而变化，易出现感应、杂散效应甚至振荡等。数字滤波器一般不受外界环境（如温度、湿度等）的影响，没有模拟电路的元器件老化问题
- **灵活性高**：通过编程可以随时修改滤波器特性的设计，灵活性较高
- **便于大规模集成**：设计数字滤波器具有一定的规范性，便于大规模集成、生产。数字滤波器可工作于极低频率，也可比较容易地实现模拟滤波器难以实现的线性相位系统

概述

3、数字滤波器的种类

数字
滤波器

冲激响应
的时间特性

- 无限冲激响应数字滤波器
- 有限冲激响应数字滤波器

滤波器幅频
特性的通带
与阻带范围

- 低通滤波器
- 高通滤波器
- 带通滤波器
- 带阻滤波器

数字滤波器的
构成方式

- 递归型数字滤波器
- 非递归型数字滤波器
- 用快速傅立叶变换实现的数字滤波器

概述

4、数字滤波器的原理

- 设输入序列为 $x(n)$ ，输出序列为 $y(n)$ ，则
$$y(n) + \sum_{k=1}^N a_k y(n-k) = \sum_{k=0}^M b_k x(n-k)$$

滤波器的传递函数

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2} + \cdots + b_M z^{-M}}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2} + \cdots + a_N z^{-N}}$$

$$= \frac{\sum_{i=0}^M b_i z^{-i}}{1 + \sum_{i=1}^N a_i z^{-i}}$$

决定系统的零点

决定系统的极点

概述

4、数字滤波器的原理

• 若 $a_i=0$, 则有
$$H(z) = \sum_{i=0}^M b_i z^{-i}$$

$$h(n) = b_0 \delta(n) + b_1 \delta(n-1) + \cdots + b_M \delta(n-M)$$

- 单位脉冲响应的时间长度是有限的，最多有 $M+1$ 项
- 把系统函数具有以上形式的数字滤波器称为**有限冲激响应FIR滤波器**

概述

4、数字滤波器的原理

- 若至少有一个 a_i 的值不为零，并且分母至少存在一个根不为分子所抵消，例如

$$H(z) = \frac{b_0}{1 - z^{-1}} = b_0(1 + z^{-1} + z^{-2} + \cdots) \quad |z| > 1$$

$$h(n) = b_0[\delta(n) + \delta(n-1) + \cdots] = b_0u(n)$$

- 单位脉冲响应有无限多个，时间长度持续到无限长
- 具有该形式的数字滤波器称为**无限冲激响应IIR滤波器**



谢谢大家