

第五章 数字滤波器结构

Structures for digital filter

5.1

数字滤波器概述

5.2

IIR数字滤波器结构

5.3

FIR数字滤波器结构



第五章 数字滤波器结构

Structures for digital filter

5.3 FIR数字滤波器结构

频域采样型结构

华东理工大学信息科学与工程学院 万永菁

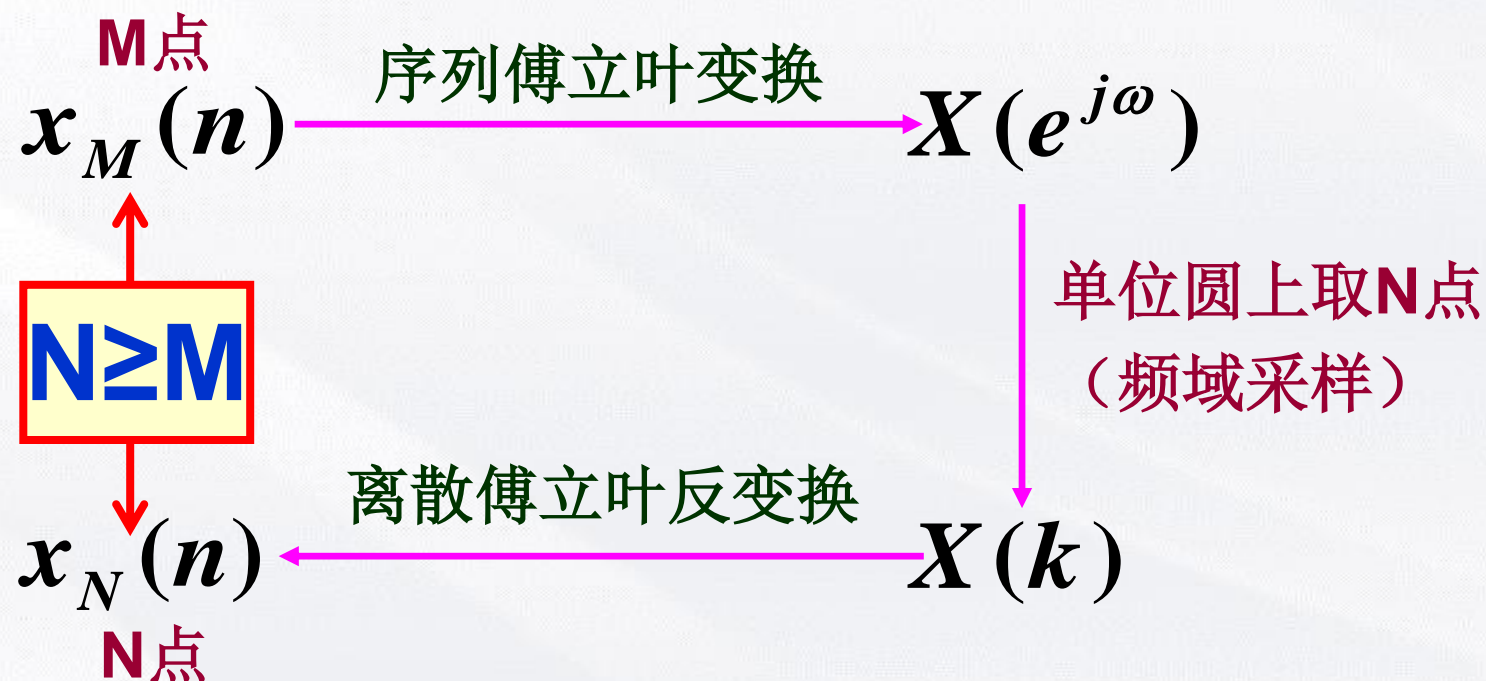




5.3 FIR数字滤波器结构



回忆：频率采样定理



5.3 FIR数字滤波器结构

➤ 频域采样型滤波器结构的基本原理

用 $H(k)$ 表示 $H(z)$ 的方法，利用内插公式：

$$H(z) = (1 - z^{-N}) \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \frac{H(k)}{1 - W_N^{-k} z^{-1}}$$

它是由两部分级联而成：

$$H(z) = H_1(z) \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} H_k(z)$$

$H_1(z) = (1 - z^{-N})$

梳状滤波器

$H_k(z) = \frac{H(k)}{1 - W_N^{-k} z^{-1}}$

由N个谐振器组成的谐振柜

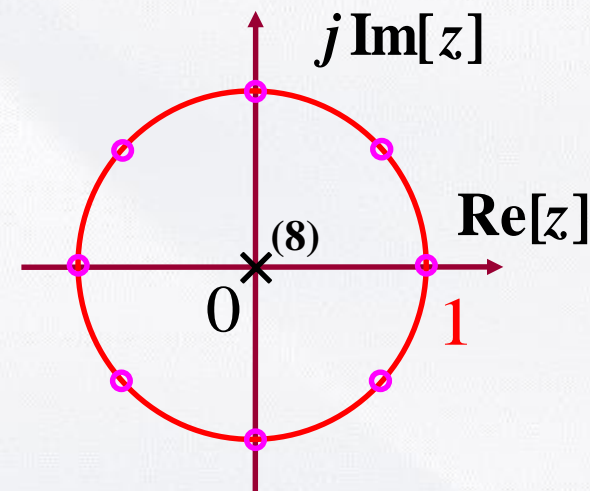
5.3 FIR数字滤波器结构

➤ 梳状滤波器

$$H_1(z) = 1 - z^{-N} = \frac{z^N - 1}{z^N}$$

可见，极点集中在 $z = 0$ 处(N 阶)

零点在单位圆上均匀分布(N 个)



$$|H_1(e^{j\omega})| = |1 - e^{-j\omega N}| = \left| e^{-j\frac{\omega N}{2}} (e^{j\frac{\omega N}{2}} - e^{-j\frac{\omega N}{2}}) \right| = 2 \left| \sin \frac{\omega N}{2} \right|$$

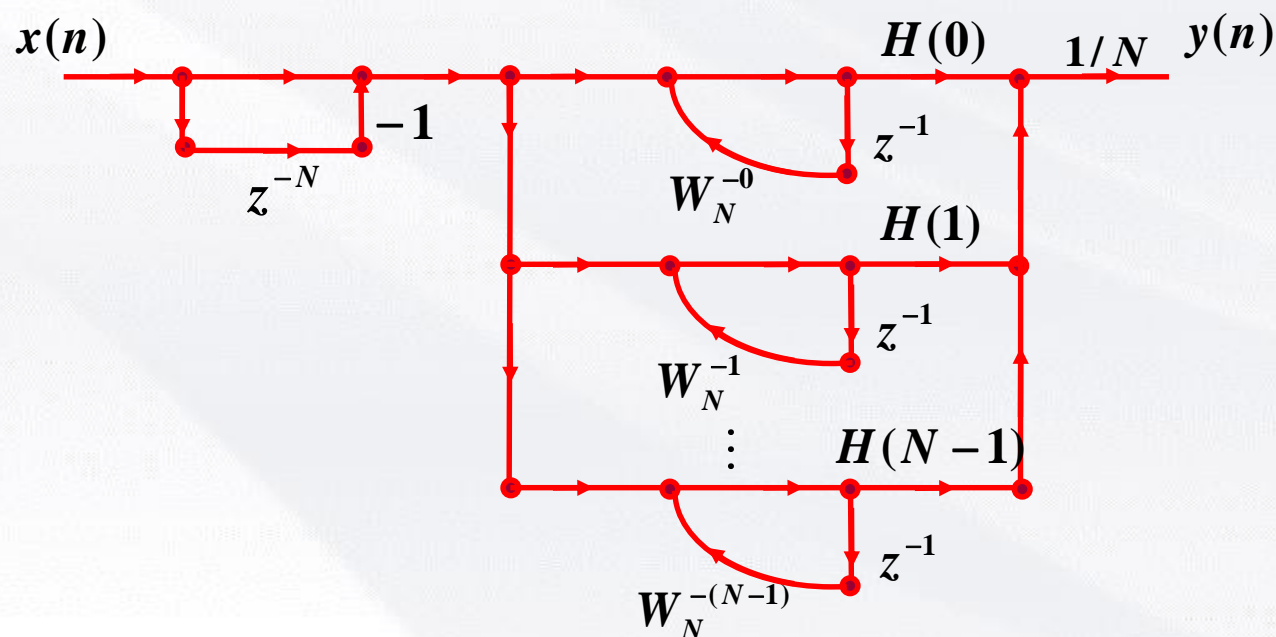


5.3 FIR数字滤波器结构

➤ 谐振柜：由 N 个谐振器并联而成。

$$H_2(z) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \frac{H(k)}{1 - W_N^{-k} z^{-1}} = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} H_k(z)$$

梳状滤波器 $H_1(z)$ 中的每一个零点与 $H_2(z)$ 中的某一个 $H_k(z)$ 的极点相抵消。



5.3 FIR数字滤波器结构

频域采样型FIR数字滤波器结构的特点

- ◆ 可直接根据系统的频率响应的采样值构造滤波器，**易于设计实现。**
- ◆ 谐振器柜中的每个一阶网络的系数均为**复数**，**计算相对复杂。**
- ◆ 适用于**窄带滤波器**，即仅有**少数 $H(k)$ 不为0**的滤波器。
- ◆ 由于系数的有限字长，**易使系统变为不稳定。**

5.3 FIR数字滤波器结构

➤ 修正方法

(1) 原理

为了克服系数量化后可能不稳定的缺点，将频率抽样结构做一点修正。即将所有零极点都移到单位圆内某一靠近单位圆、半径为 r ($r \leq 1$) 的圆上，同时梳状滤波器的零点也移到 r 圆上。(即将频率采样由单位圆移到修正半径 r 的圆上)

5.3 FIR数字滤波器结构

(2) 修正的频率抽样结构的系统函数

$$H(z) = (1 - \underline{r}^N z^{-N}) \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \frac{H_r(k)}{1 - \underline{r} W_N^{-k} z^{-1}}$$

$H_r(k)$ 为新抽样点上的抽样值，但是由于 $r \approx 1$ ，因此， $H_r(k) \approx H(k)$ 。

$$\text{即： } H_r(k) = H(z) \Big|_{z=rW_N^{-k}} \approx H(z) \Big|_{z=W_N^{-k}} = H(k)$$

则谐振器的极点为：

$$z_k = r e^{j\frac{2\pi}{N}k}, k = 0, 1, 2, \dots, N-1$$

5.3 FIR数字滤波器结构

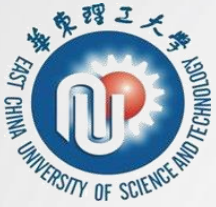
频域采样型结构实现的说明

- ◆ 常用于**窄带滤波**，不适于宽带滤波

当谐振器中剩下**少数几个**所需要的谐振器时，该结构可以比直接型少用**乘法器**，但**存储器**会多一些。

- ◆ 可以共同使用多个**并列的滤波器**实现

在实现时，可以**共用梳状滤波器及谐振柜**，将各谐振器的输出适当加权组合就能组成各种所需的滤波器。



第五章 数字滤波器结构

Structures for digital filter

5.3 FIR数字滤波器结构

频域采样型结构

华东理工大学信息科学与工程学院 万永菁

