



北京交通大学

数字信号处理

Digital Signal Processing

主讲人：陈后金
电子信息工程学院



FIR数字滤波器的基本结构

- ◆ 直接型结构
- ◆ 线性相位直接型结构
- ◆ 级联型结构



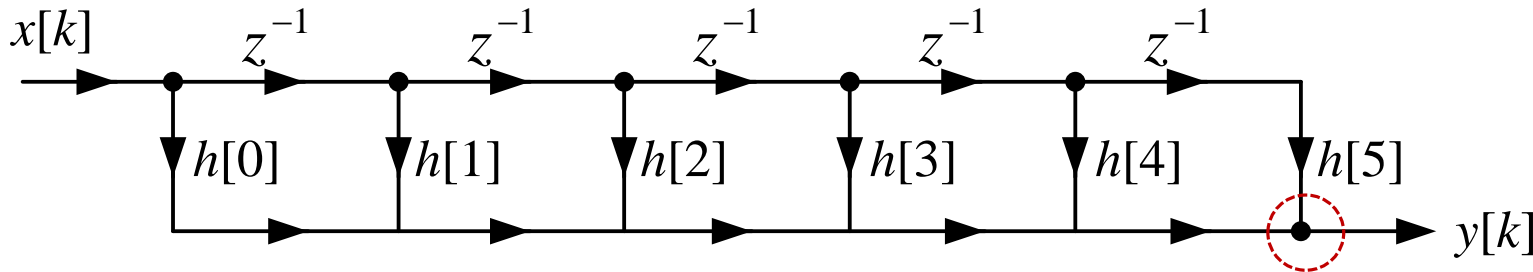
FIR数字滤波器的直接型结构

*M*阶FIR数字滤波器的系统函数为

$$H(z) = \sum_{k=0}^M h[k]z^{-k} = \sum_{i=0}^M b_i z^{-i}$$

设FIR数字滤波器阶数 $M=5$

$$H(z) = h[0] + h[1]z^{-1} + h[2]z^{-2} + h[3]z^{-3} + h[4]z^{-4} + h[5]z^{-5}$$





线性相位FIR数字滤波器的直接型结构

当FIR数字滤波器具有**线性相位**时，其单位脉冲响应 $h[k]$ 具有对称特性：

$$h[k] = \pm h[M-k]$$

在实现具有**线性相位**FIR数字滤波器直接型结构时，可以共用乘法器以降低成本，即可得线性相位FIR数字滤波器的直接型结构。



线性相位FIR数字滤波器的直接型结构

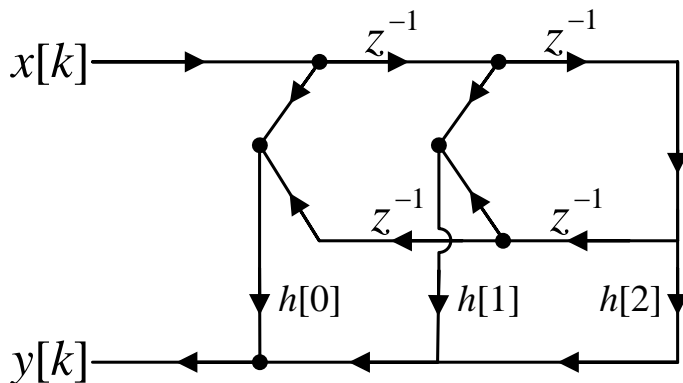
FIR滤波器I型系统： $M=4$ ， $h[k]=h[M-k]$

$$h[0]=h[4]$$

$$h[1]=h[3]$$

$$H(z) = h[0] + h[1]z^{-1} + h[2]z^{-2} + h[1]z^{-3} + h[0]z^{-4}$$

$$= h[0](1 + z^{-4}) + h[1](z^{-1} + z^{-3}) + h[2]z^{-2}$$





线性相位FIR数字滤波器的直接型结构

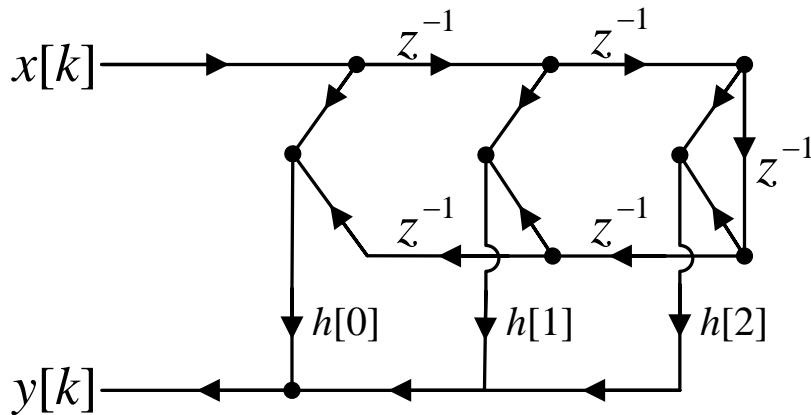
FIR滤波器II型系统: $M=5$, $h[k]=h[M-k]$

$$\begin{aligned} H(z) &= h[0] + h[1]z^{-1} + h[2]z^{-2} + h[2]z^{-3} + h[1]z^{-4} + h[0]z^{-5} \\ &= h[0](1 + z^{-5}) + h[1](z^{-1} + z^{-4}) + h[2](z^{-2} + z^{-3}) \end{aligned}$$

$$h[0]=h[5]$$

$$h[1]=h[4]$$

$$h[2]=h[3]$$

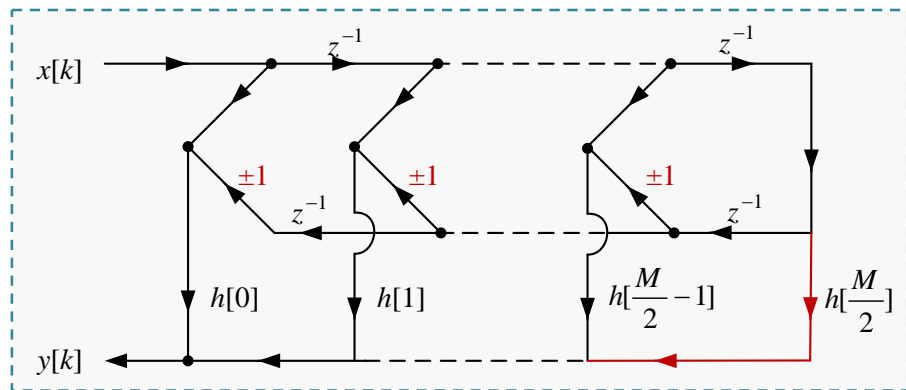




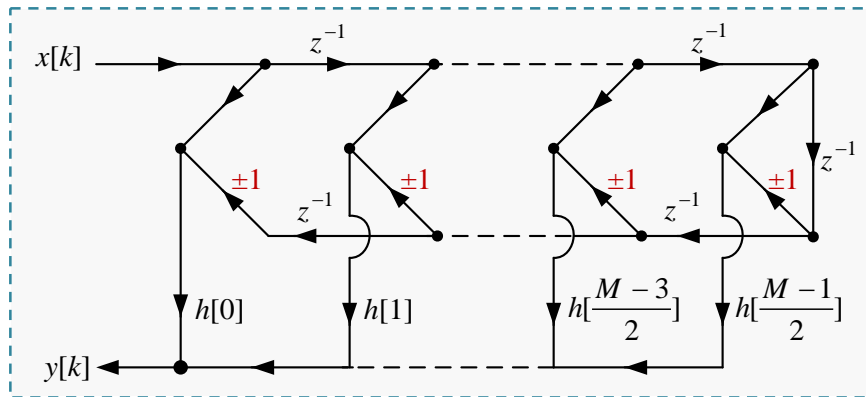
线性相位FIR数字滤波器的直接型结构

四种类型（I, II, III, IV）线性相位FIR数字滤波器

$$h[k] = \pm h[M-k]$$



M 为偶数（I型、III型）



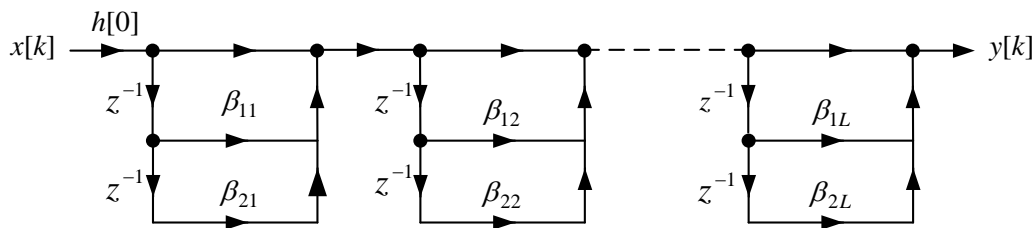
M 为奇数（II型、IV型）



FIR数字滤波器的级联型结构

若将 $H(z)$ 分解为若干个实系数一阶或二阶因子相乘

$$H(z) = h[0] \prod_{k=1}^L (1 + \beta_{1,k} z^{-1} + \beta_{2,k} z^{-2})$$



得到级联型结构，可分别控制每个子系统的零点。



FIR数字滤波器结构举例

[例] 已知某FIR数字滤波器的系统函数为

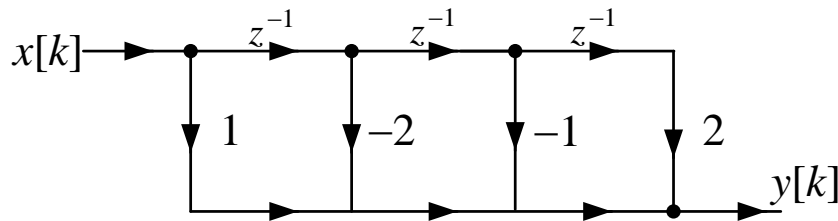
$$H(z) = (1 + z^{-1})(1 - 3z^{-1} + 2z^{-2})$$

试分别画出直接型和级联型结构。

解：直接型

将系统函数 $H(z)$ 表达为：

$$H(z) = 1 - 2z^{-1} - z^{-2} + 2z^{-3}$$





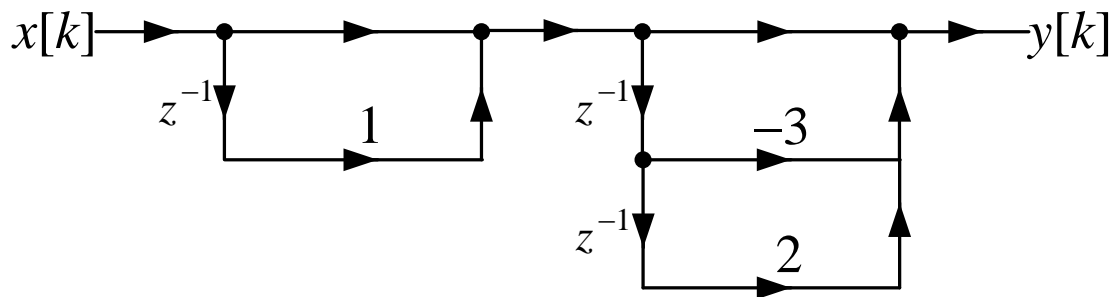
FIR数字滤波器结构举例

[例] 已知某FIR数字滤波器的系统函数为

$$H(z) = (1 + z^{-1})(1 - 3z^{-1} + 2z^{-2})$$

试分别画出直接型和级联型结构。

解：级联型



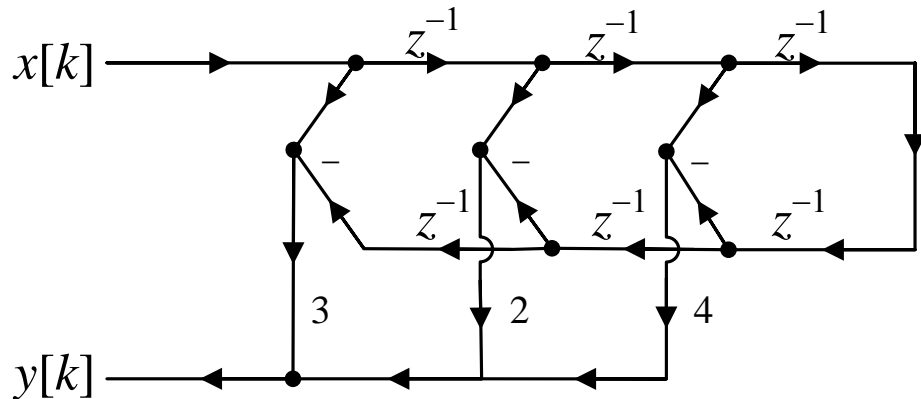


FIR数字滤波器结构举例

[例]已知某6阶线性相位FIR数字滤波器(III型)，其单位脉冲响应 $h[k]=\{3, 2, 4, 0, -4, -2, -3\}$ ，满足 $h[k]=-h[M-k]$ ，试画出该FIR数字滤波器的线性相位直接型结构。

解：

$$\begin{aligned} h[0] &= -h[6] = 3, \\ h[1] &= -h[5] = 2, \\ h[2] &= -h[4] = 4, \\ h[3] &= 0 \end{aligned}$$



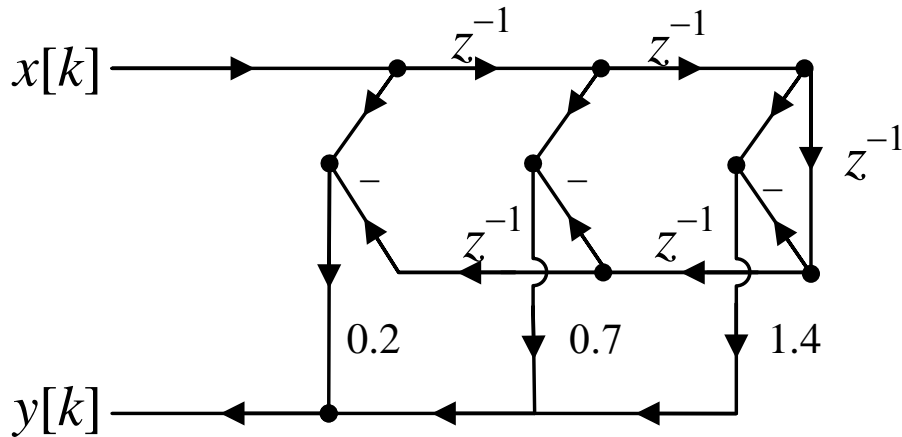


FIR数字滤波器结构举例

[例]已知某5阶线性相位FIR数字滤波器(IV型)，其单位脉冲响应 $h[k]=\{0.2, 0.7, 1.4, -1.4, -0.7, -0.2\}$ ，满足 $h[k]=-h[M-k]$ ，试画出该FIR数字滤波器的线性相位直接型结构。

解：

$$\begin{aligned}h[0] &= -h[5] = 0.2, \\h[1] &= -h[4] = 0.7, \\h[2] &= -h[3] = 1.4,\end{aligned}$$





FIR数字滤波器的基本结构

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！