

## 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

快速卷积型、线性相位型结构及应用

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 —— 快速卷积型结构

### ➤ 原理

(1) 设FIR DF的单位脉冲响应 $h(n)$ 的非零值长度为 $N$ ,  
输入 $x(n)$ 的非零值长度为 $M$ 。则输出 $y(n)=x(n)*h(n)$ ,  
且长度 $L=N+M-1$ 。

(2) 若将 $x(n)$ 补零加长至 $L$ , 将 $h(n)$ 补零加长至 $L$ 。

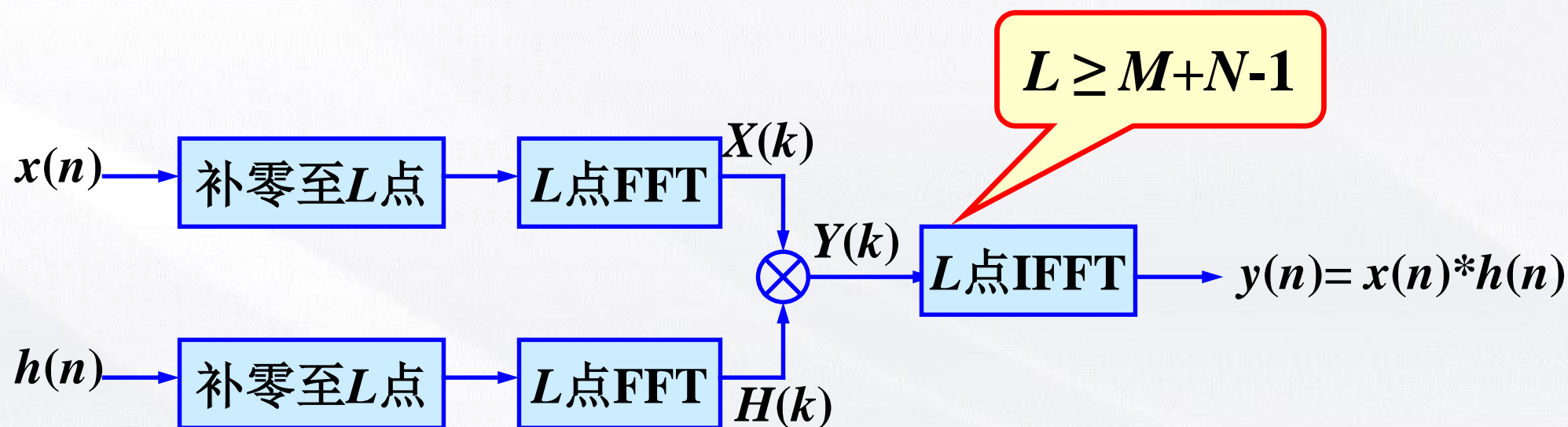
这样进行 $L$ 点圆周卷积, 可代替线性卷积。

$$y(n) = h(n) \circledast x(n) = h(n) * x(n)$$

## 5.3 FIR数字滤波器结构 —— 快速卷积型结构



### ➤ 结构框图





## 5.3 FIR数字滤波器结构 —— 线性相位型结构

### ➤ 线性相位系统

*Structures for Linear-Phase FIR System*

$$H(e^{j\omega}) = |H(e^{j\omega})|e^{-j\omega\alpha}, \quad -\pi < \omega < \pi$$

式中，幅度 $|H(e^{j\omega})|$ 是**非负**的 $\omega$ 的实数函数， $\alpha$ 为实数，相位是 $\omega$ 的线性函数。

### ➤ 广义线性相位系统

$$H(e^{j\omega}) = A(e^{j\omega})e^{-j(\omega\alpha+\beta)}, \quad -\pi < \omega < \pi$$

式中，广义幅度 $A(e^{j\omega})$ 是 $\omega$ 的实数函数， $\alpha$ 和 $\beta$ 为实数，广义相位是 $\omega$ 的线性函数加上常数项。

线性相位系统和广义线性相位系统统称为常数群延迟系统。

## 5.3 FIR数字滤波器结构 —— 线性相位型结构

➤ 线性相位系统单位脉冲响应  $h(n)$  的特点

偶对称:  $h(n) = h(N-1-n)$   $0 \leq n \leq N-1$

奇对称:  $h(n) = -h(N-1-n)$   $0 \leq n \leq N-1$

对称中心:  $\frac{N-1}{2}$

◆  $N$ 为奇数时:

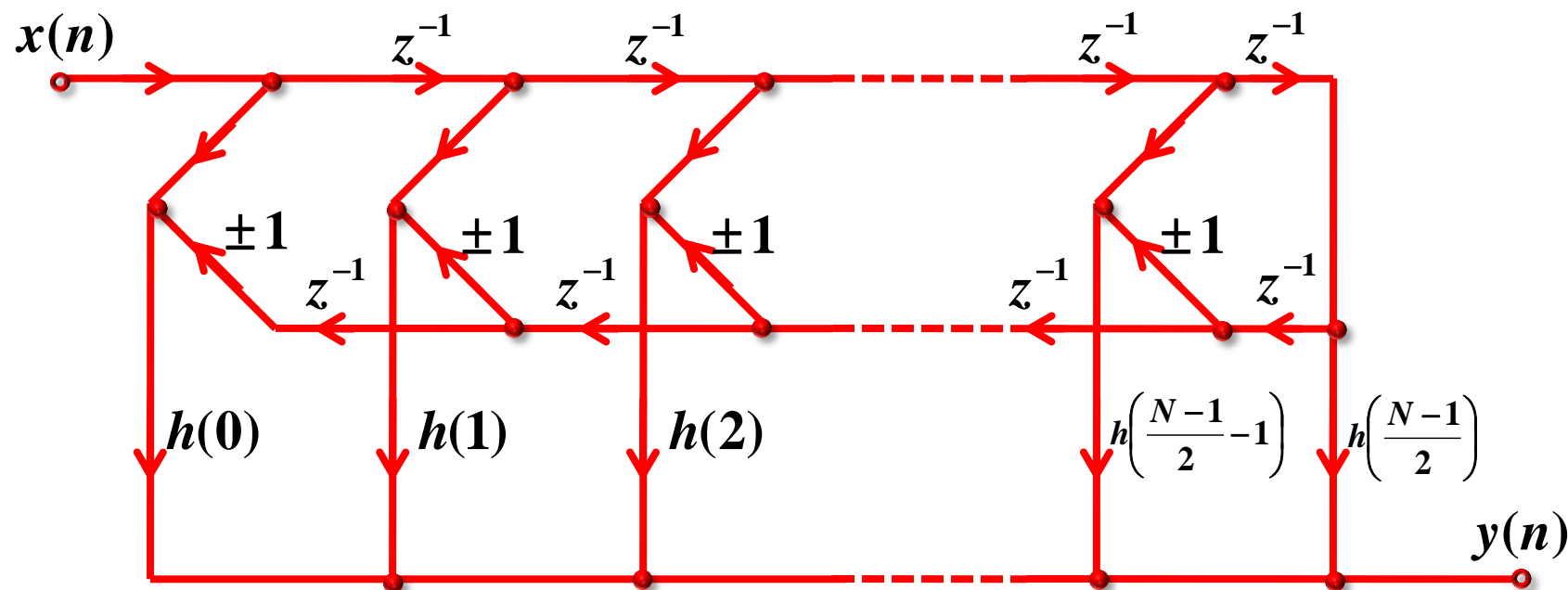
$$H(z) = \sum_{n=0}^{N-1} h(n)z^{-n} = \sum_{n=0}^{(N-1)/2-1} h(n)[z^{-n} \pm z^{-(N-1-n)}] + h\left(\frac{N-1}{2}\right)z^{-\frac{N-1}{2}}$$

◆  $N$ 为偶数时:

$$H(z) = \sum_{n=0}^{N-1} h(n)z^{-n} = \sum_{n=0}^{N/2-1} h(n)[z^{-n} \pm z^{-(N-1-n)}]$$

# 5.3 FIR数字滤波器结构 —— 线性相位型结构

## ➤ $N$ 为奇数时线性相位FIR滤波器结构

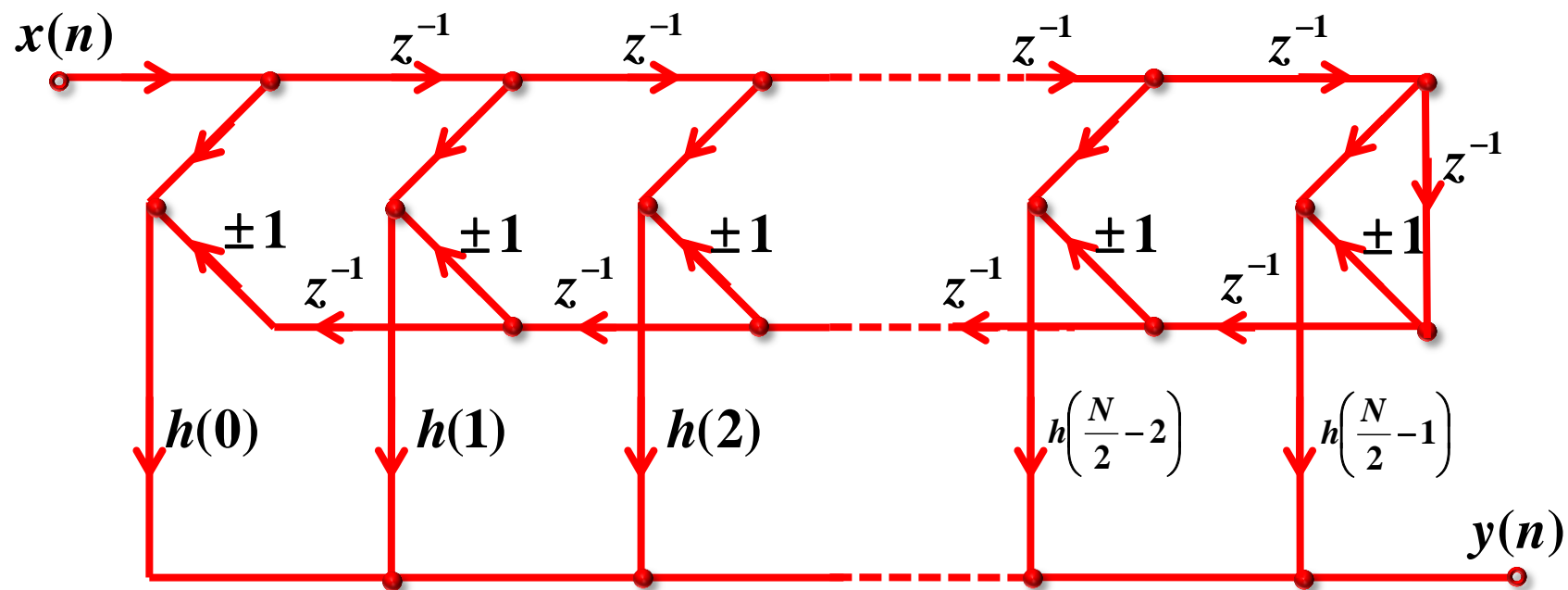


$h(n)$ 为偶对称时， $\pm$ 号取“+1”

$h(n)$ 为奇对称时， $\pm$ 号取“-1”，且  $h\left(\frac{N-1}{2}\right) = 0$

## 5.3 FIR数字滤波器结构 —— 线性相位型结构

### ➤ $N$ 为偶数时线性相位FIR滤波器结构



$h(n)$ 为偶对称时,  $\pm$ 号取“+1”

$h(n)$ 为奇对称时,  $\pm$ 号取“-1”





# 第五章 数字滤波器结构

*Structures for digital filter*

## 5.3 FIR数字滤波器结构

快速卷积型、线性相位型结构及应用

华东理工大学信息科学与工程学院 万永菁

