



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



数字滤波器的实现

- ◆ IIR数字滤波器基本结构
- ◆ FIR数字滤波器基本结构
- ◆ 有限字长效应



IIR数字滤波器基本结构

- ◆ 直接型结构
- ◆ 级联型结构
- ◆ 并联型结构



IIR数字滤波器的直接型结构

根据描述离散LTI系统的差分方程：

$$y[k] + \sum_{j=1}^N a_j y[k-j] = \sum_{i=0}^M b_i x[k-i]$$

可得该离散LTI系统的系统函数 $H(z)$ 为

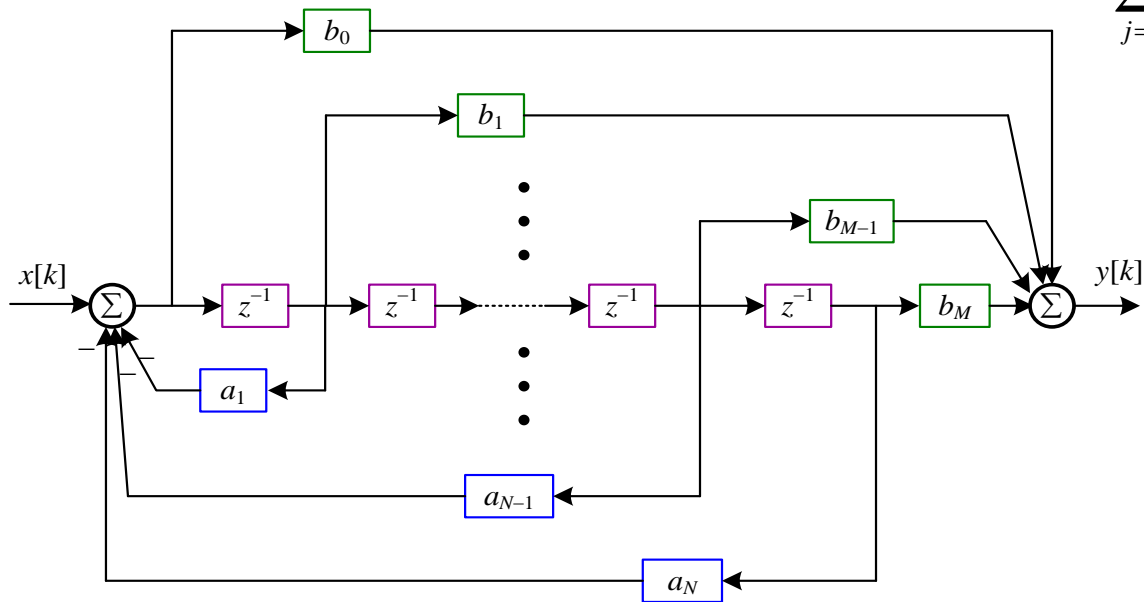
$$H(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + \cdots + b_{M-1} z^{-(M-1)} + b_M z^{-M}}{1 + a_1 z^{-1} + \cdots + a_{N-1} z^{-(N-1)} + a_N z^{-N}} = \frac{\sum_{i=0}^M b_i z^{-i}}{1 + \sum_{j=1}^N a_j z^{-j}}$$



IIR数字滤波器的直接型结构

设 $M = N$

$$H(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + \cdots + b_{M-1} z^{-(M-1)} + b_M z^{-M}}{1 + a_1 z^{-1} + \cdots + a_{N-1} z^{-(N-1)} + a_N z^{-N}} = \frac{\sum_{i=0}^M b_i z^{-i}}{1 + \sum_{j=1}^N a_j z^{-j}}$$





IIR数字滤波器的直接型结构

$$H(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + \cdots + b_{M-1} z^{-(M-1)} + b_M z^{-M}}{1 + a_1 z^{-1} + \cdots + a_{N-1} z^{-(N-1)} + a_N z^{-N}}$$

$$= \underbrace{\sum_{i=0}^M b_i z^{-i}}_{H_1(z)} \underbrace{\frac{1}{1 + \sum_{j=1}^N a_j z^{-j}}}_{H_2(z)}$$

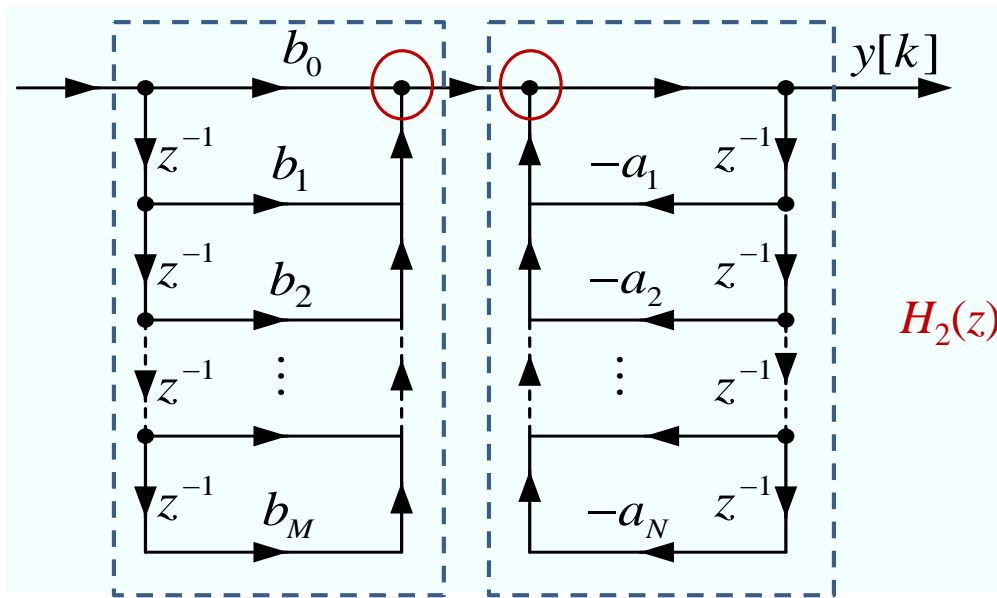


IIR数字滤波器的直接型结构

※ 直接I型结构

设 $M = N$

$$H_1(z) = \sum_{i=0}^M b_i z^{-i}$$

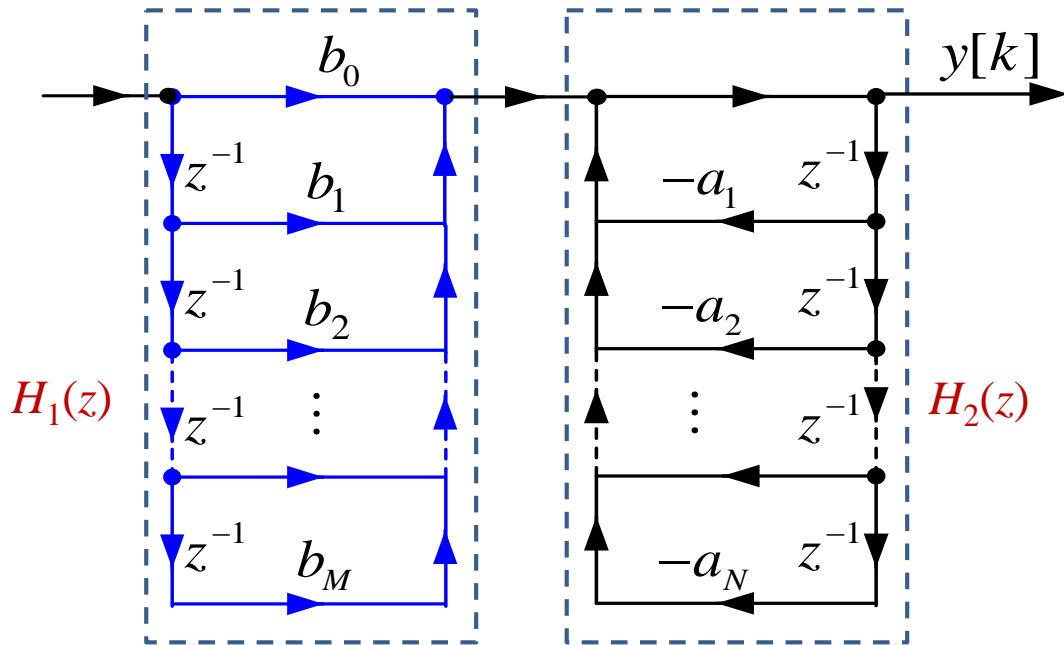


$$H_2(z) = \frac{1}{1 + \sum_{j=1}^N a_j z^{-j}}$$



IIR数字滤波器的直接型结构

※直接II型结构

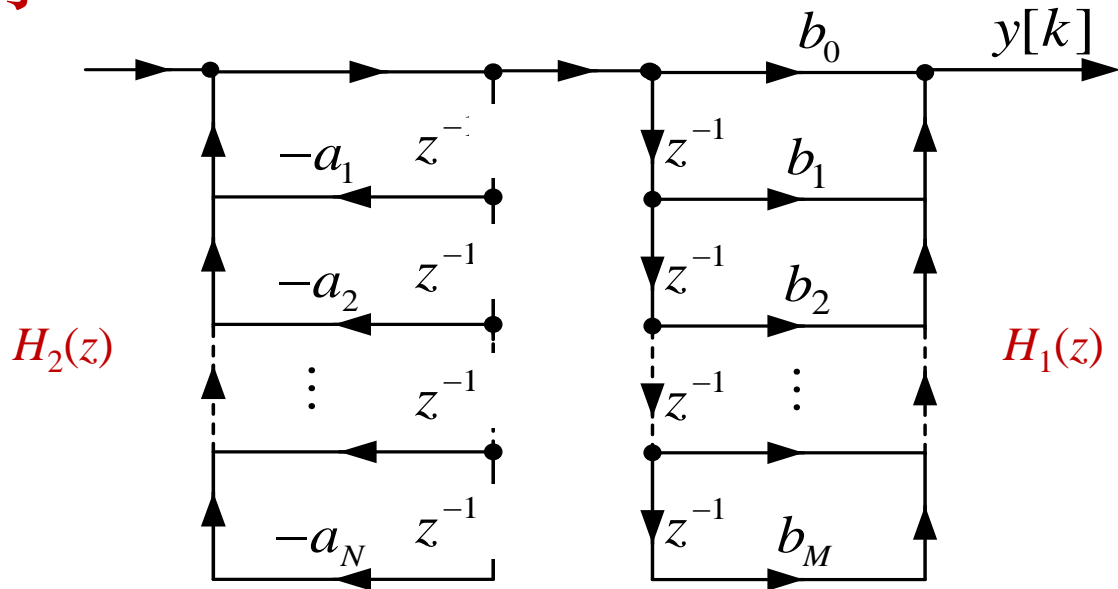


交换 $H_1(z)$ 、 $H_2(z)$ 级联顺序



IIR数字滤波器的直接型结构

※直接II型结构

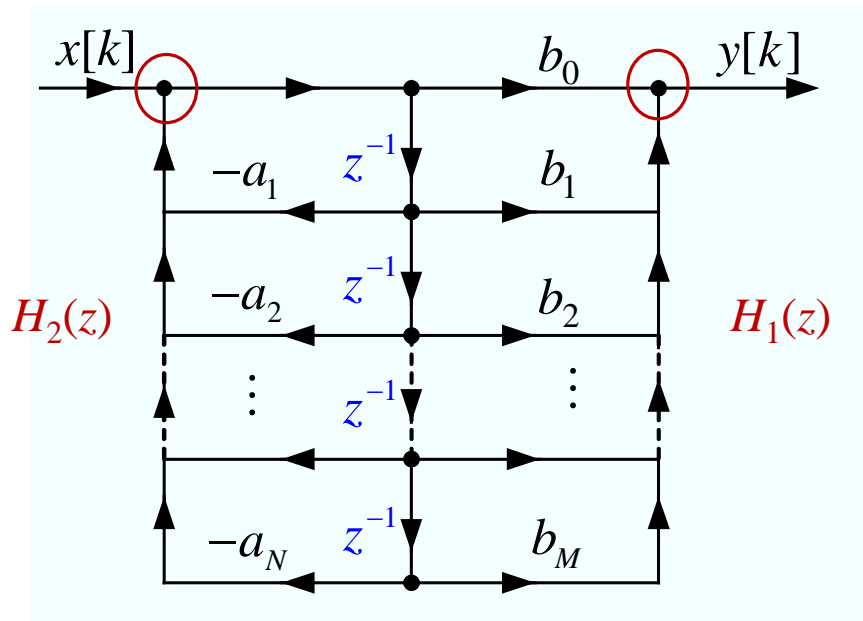


$H_2(z)$ 与 $H_1(z)$ 共用延时器。



IIR数字滤波器的直接型结构

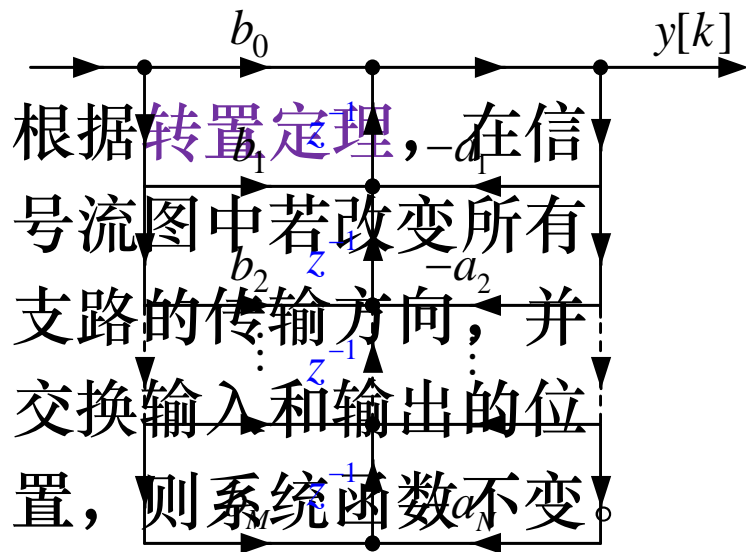
※ 直接II型结构



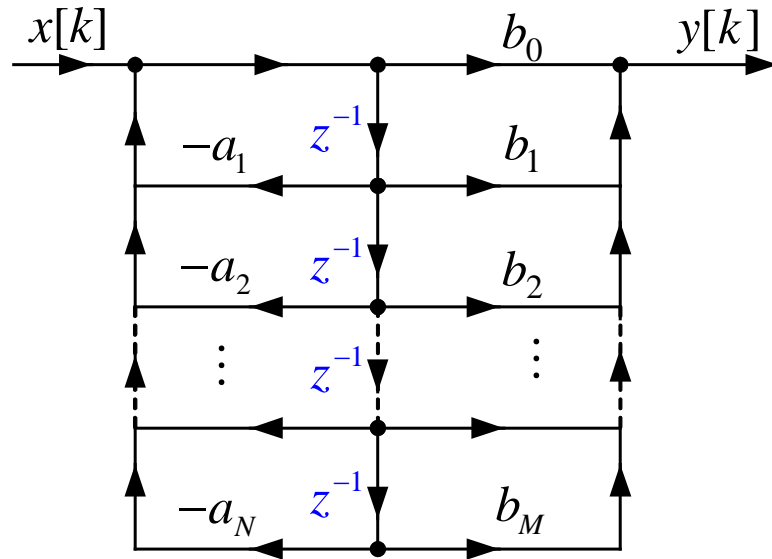


IIR数字滤波器的直接型结构

※ 转置直接II型结构



转置直接II型结构



直接II型结构



IIR数字滤波器的直接型结构

※ IIR数字滤波器直接型结构的特点：

优点：简单直观

缺点：

1. 改变某一个 $\{a_k\}$ 将影响所有的极点
2. 改变某一个 $\{b_k\}$ 将影响所有的零点
3. 对有限字长效应很敏感，容易出现不稳定现象

对于三阶以上的IIR滤波器，一般不采用直接型结构，而采用级联型、并联型等其他形式的结构。



IIR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！