



# 《数字信号处理》

期末不挂科

## 课时6 时域离散系统的基本网络结构

知识点	重要程度	常考题型
1数字系统滤波器的表示方法	☆	填空
2用信号流图表示网络结构	☆	了解
3基本网络结构	☆☆	了解
△ 4无限次网络结构 (IIR)	☆☆☆	画图
△ 5无限次网络结构 (IIR)	☆☆☆	画图

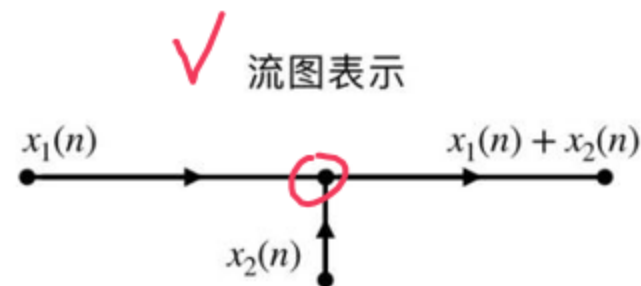
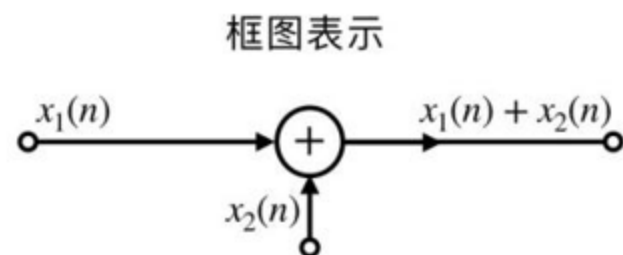
# 1 数字系统滤波器的表示方法

表示方法:

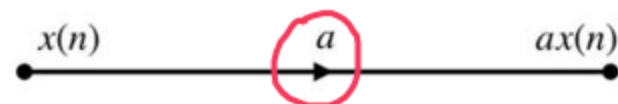
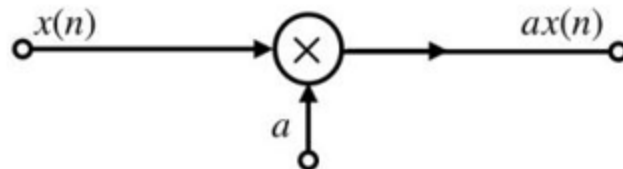
- ① 差分方程
- ② 单位序列响应  $h(n)$
- ③ 系统函数  $H(z)$

系统框图的几种基本运算单元:

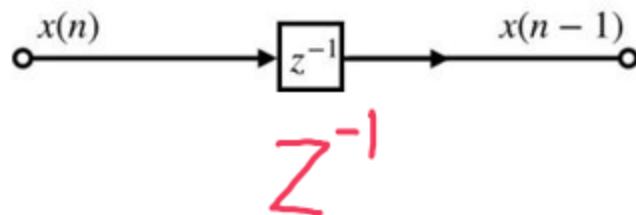
加法器



乘法器

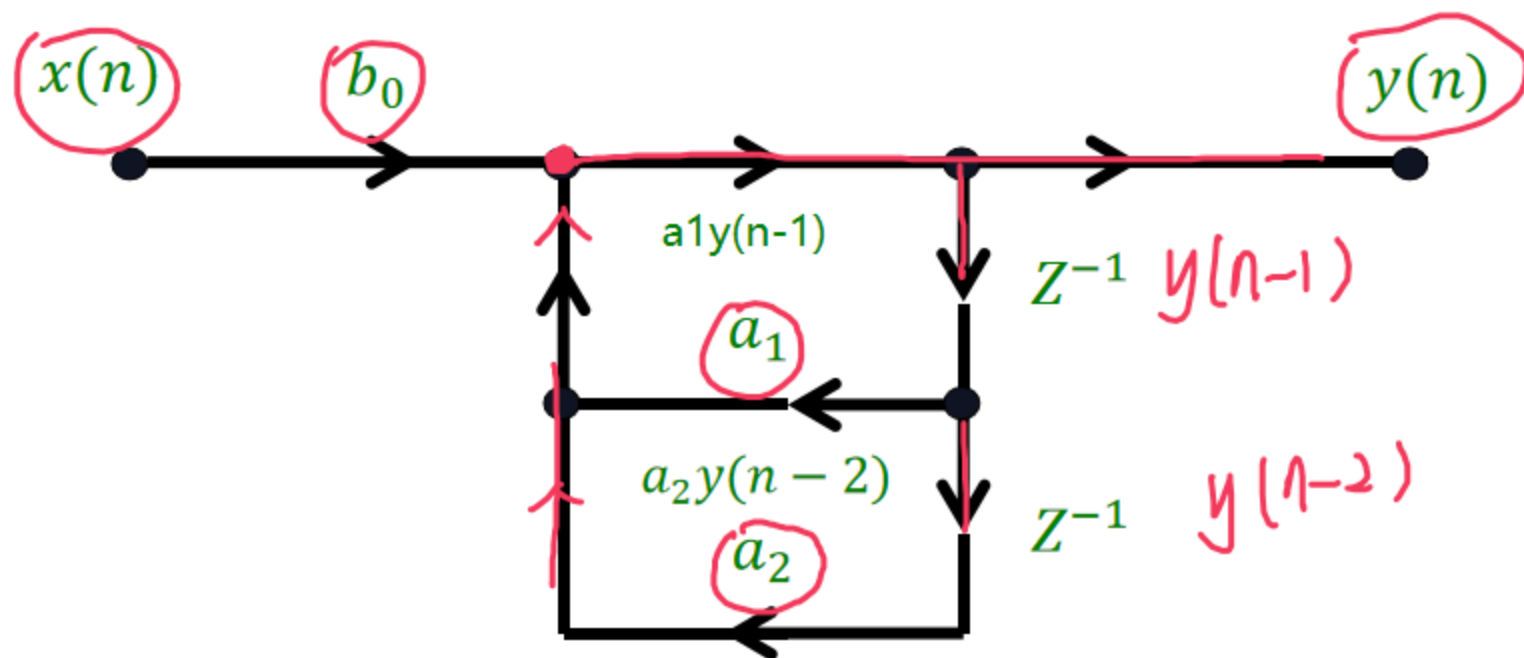


单位延时器

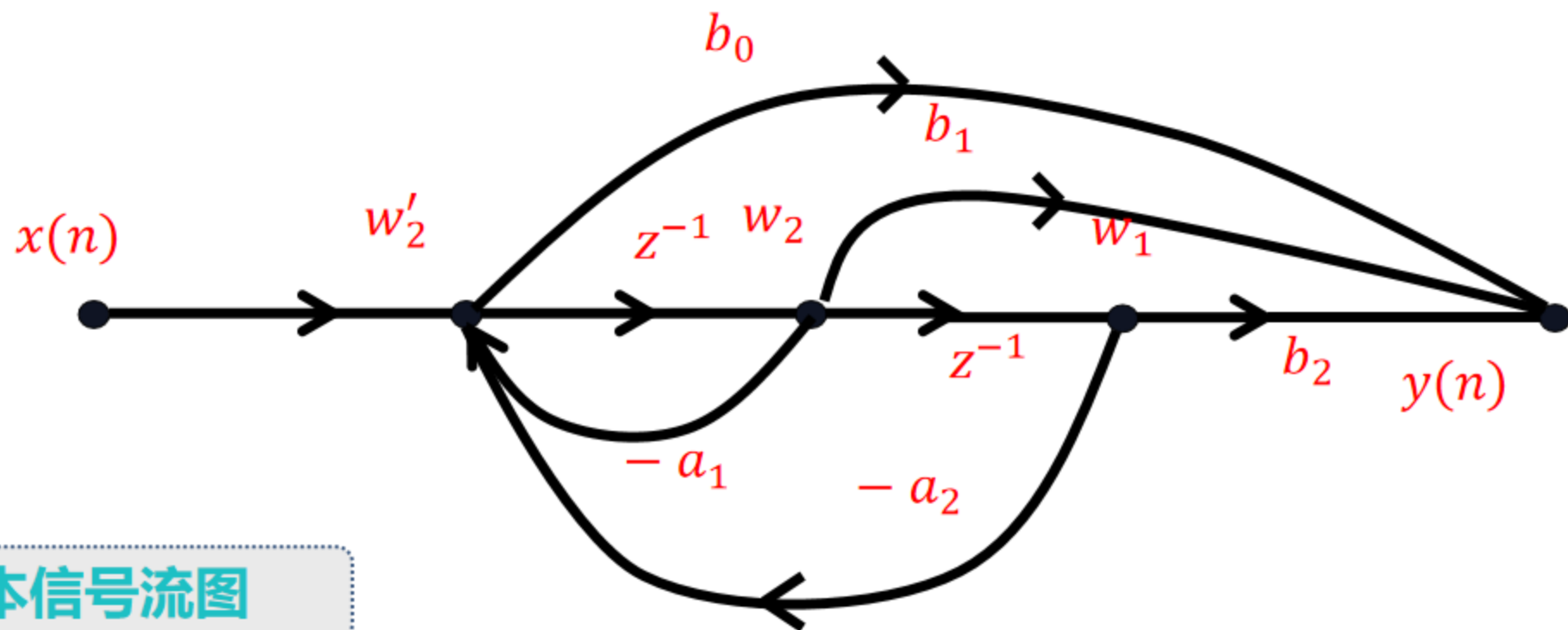


## 2用信号流图表示网络结构

$$y(n) = \underbrace{a_1 y(n-1)}_{(2)} + \underbrace{a_2 y(n-2)}_{(3)} + \underbrace{b_0 x(n)}_{(1)}$$



## 2用信号流图表示网络结构



### 基本信号流图

- 1、信号流图中所有的支路都是基本的，支路增益是常数或者是 $z^{-1}$ ；
- 2、流图环路中必须存在延迟支路；
- 3、节点和支路的数目是有限的；

### 3基本网络结构

#### 有限长脉冲响应网络 (FIR)

$z^{-1}$

不存在输出对输入的反馈支路,其单位脉冲 $h(n)$ 是有限长

$$y(n) = \sum_{i=0}^M b_i x(n-i)$$

#### 无限长脉冲响应网络 (IIR)

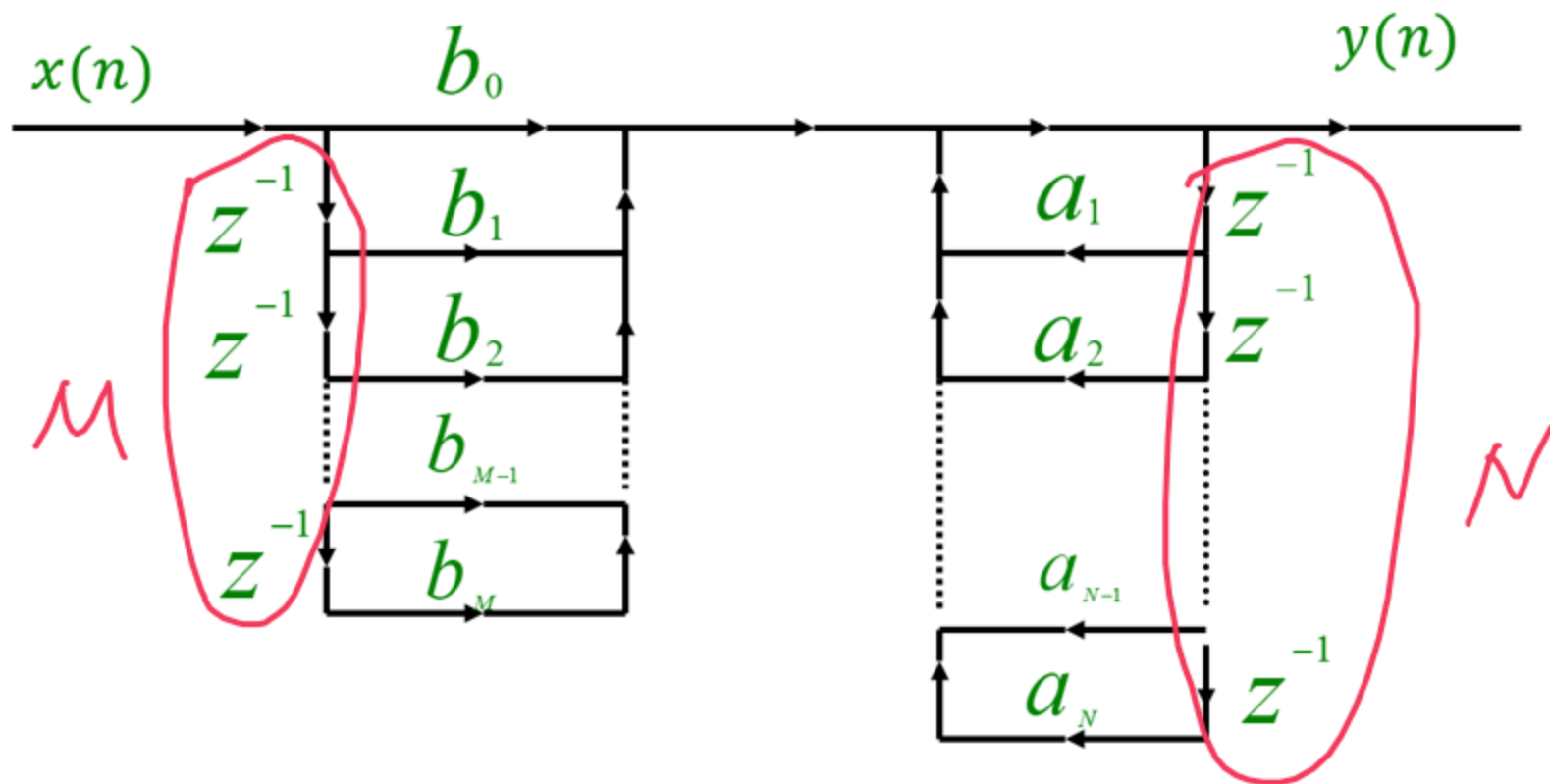
存在输出对输入的反馈支路,其单位脉冲 $h(n)$ 是无限长

$$y(n) = \sum_{i=0}^M b_i x(n-i) - \sum_{i=1}^N a_i y(n-i)$$

# 4无限次网络结构 (IIR)

——直接 I 型

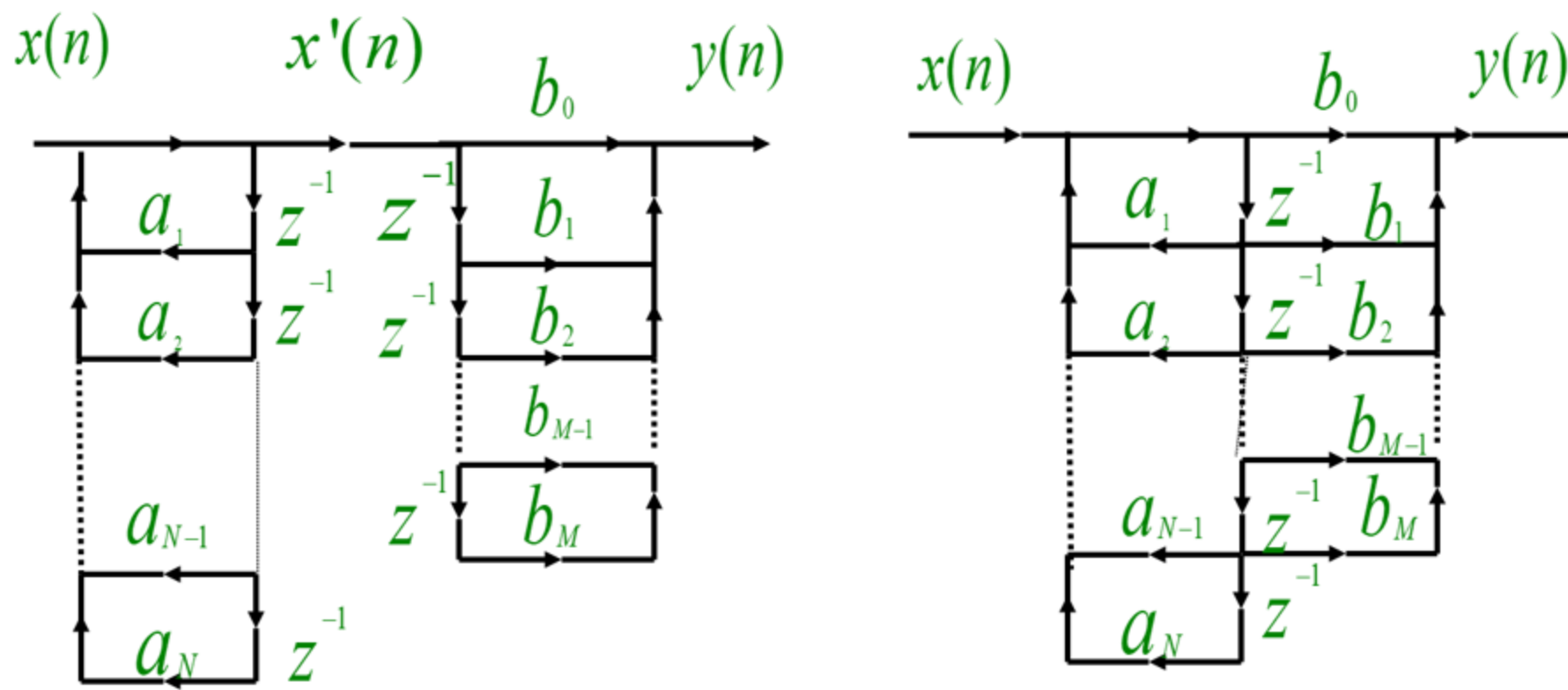
$$y(n) = \sum_{k=1}^N a_k y(n-k) + \sum_{k=0}^M b_k x(n-k)$$



需要  $(N + M)$  级延时单元

# 4无限次网络结构 (IIR)

——直接II型



又称典范型，实现N阶滤波器所需的最少延时单元， $\max(N,M)$



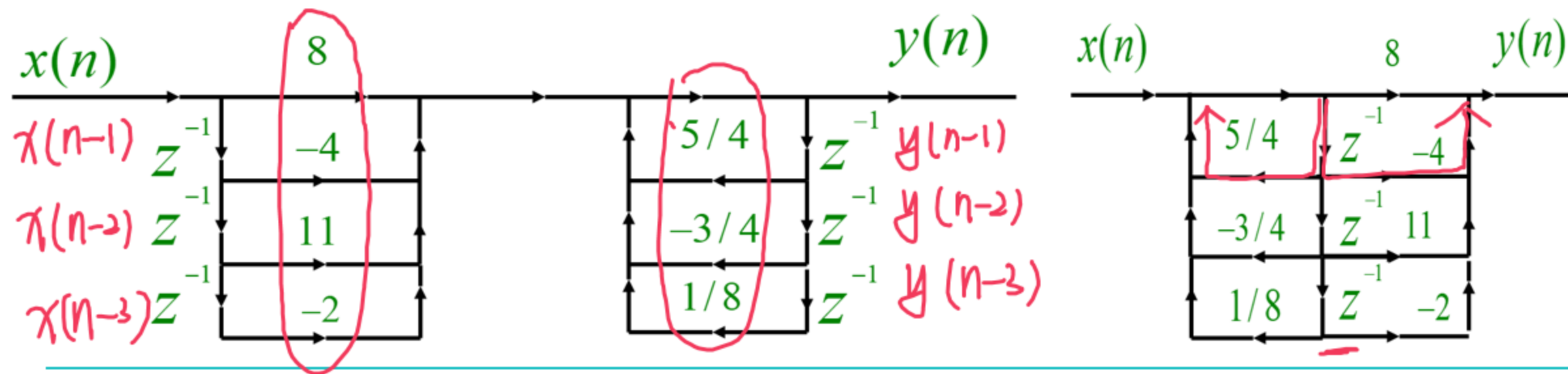
**题1** 设IIR数字滤波器的系统函数 $H(Z)$ 为下式, 画出该滤波器的直接型结构。

$$H(Z) = \frac{8 - 4z^{-1} + 11z^{-2} - 2z^{-3}}{1 - \frac{5}{4}z^{-1} + \frac{3}{4}z^{-2} - \frac{1}{8}z^{-3}}$$

$\rightarrow x(n)$   
 $\parallel$   
 $\rightarrow y(n)$

解: 差分方程为:

$$y(n) = \frac{5}{4}y(n-1) - \frac{3}{4}y(n-2) + \frac{1}{8}y(n-3) + 8x(n) - 4x(n-1) + 11x(n-2) - 2x(n-3)$$



## 4无限次网络结构 (IIR)

——级联型

$H_1(z)$

$H_2(z)$

$$H(Z) = \frac{\sum_{k=0}^M b_k Z^{-k}}{1 - \sum_{k=1}^N a_k Z^{-k}} = A \frac{\prod_{k=1}^{M_1} (1 - p_k Z^{-1}) \prod_{k=1}^{M_2} (1 - q_k Z^{-1})(1 - q_k^* Z^{-1})}{\prod_{k=1}^{N_1} (1 - c_k Z^{-1}) \prod_{k=1}^{N_2} (1 - d_k Z^{-1})(1 - d_k^* Z^{-1})}$$

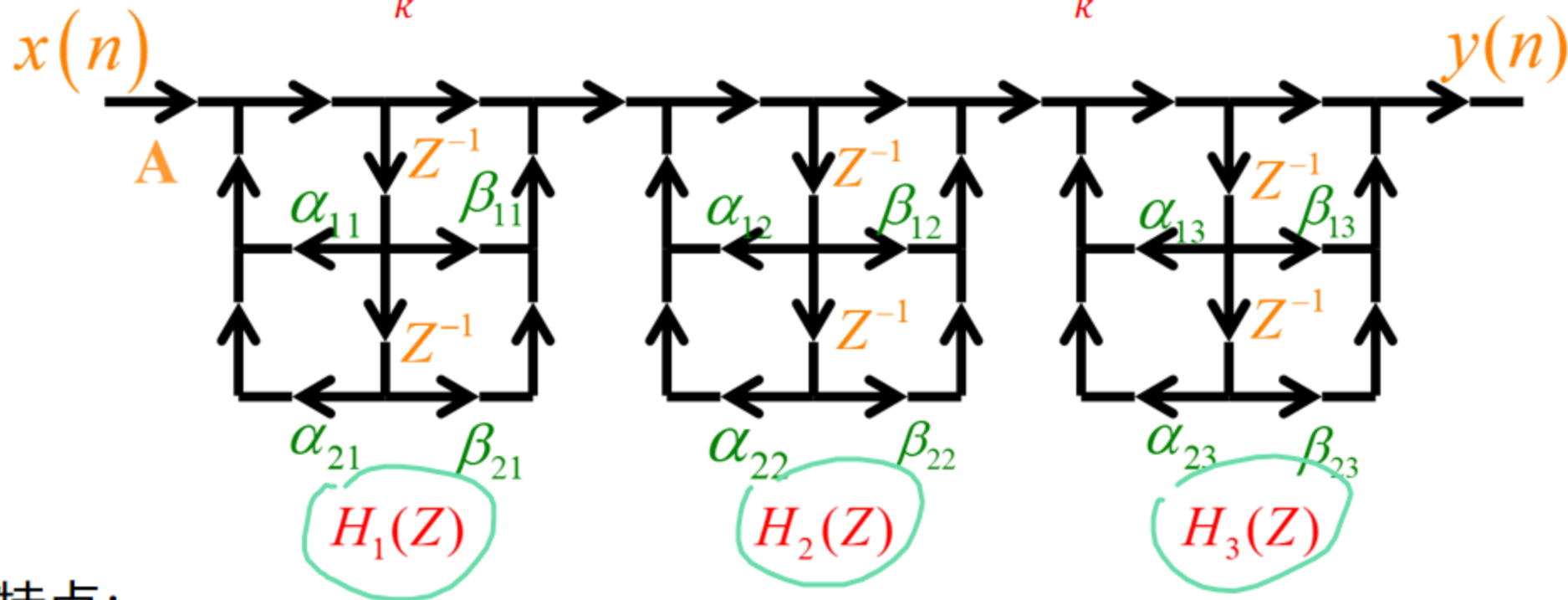
$$= A \frac{\prod_{k=1}^{M_1} (1 - p_k Z^{-1}) \prod_{k=1}^{M_2} (1 + \beta_{1k} Z^{-1} + \beta_{2k} Z^{-2})}{\prod_{k=1}^{N_1} (1 - c_k Z^{-1}) \prod_{k=1}^{N_2} (1 - \alpha_{1k} Z^{-1} - \alpha_{2k} Z^{-2})}$$

当 (M=N=2倍数) 时  $= A \prod_k \frac{1 + \beta_{1k} Z^{-1} + \beta_{2k} Z^{-2}}{1 - \alpha_{1k} Z^{-1} - \alpha_{2k} Z^{-2}} = A \prod_k H_k(z)$

## 4无限次网络结构 (IIR)

——级联型

$$H(Z) = A \prod_k \frac{1 + \beta_{1k}Z^{-1} + \beta_{2k}Z^{-2}}{1 - \alpha_{1k}Z^{-1} - \alpha_{2k}Z^{-2}} = A \prod_k H_k(Z)$$



特点:

可单独调整系数, 便于调节滤波器的频率特性;  
后面的网络输出不会反馈到前面, 运算误差的积累小些;  
所用到的延时单元也为最少, 为N个

(简答)

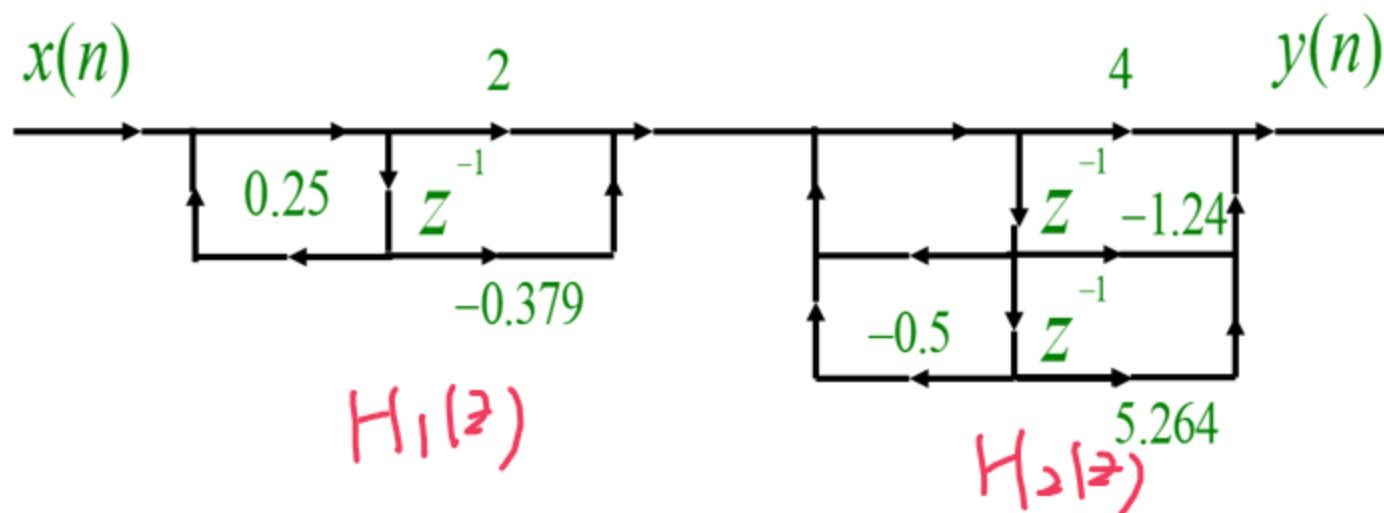
**题2** 设系统函数 $H(Z)$ 为下式，试画出其级联型网络结构。

$$H(Z) = \frac{8 - 4z^{-1} + 11z^{-2} - 2z^{-3}}{1 - \frac{5}{4}z^{-1} + \frac{3}{4}z^{-2} - \frac{1}{8}z^{-3}}$$

$$\frac{(\quad)(\quad)}{(\quad)(\quad)}$$

解：分子分母因式分解为：

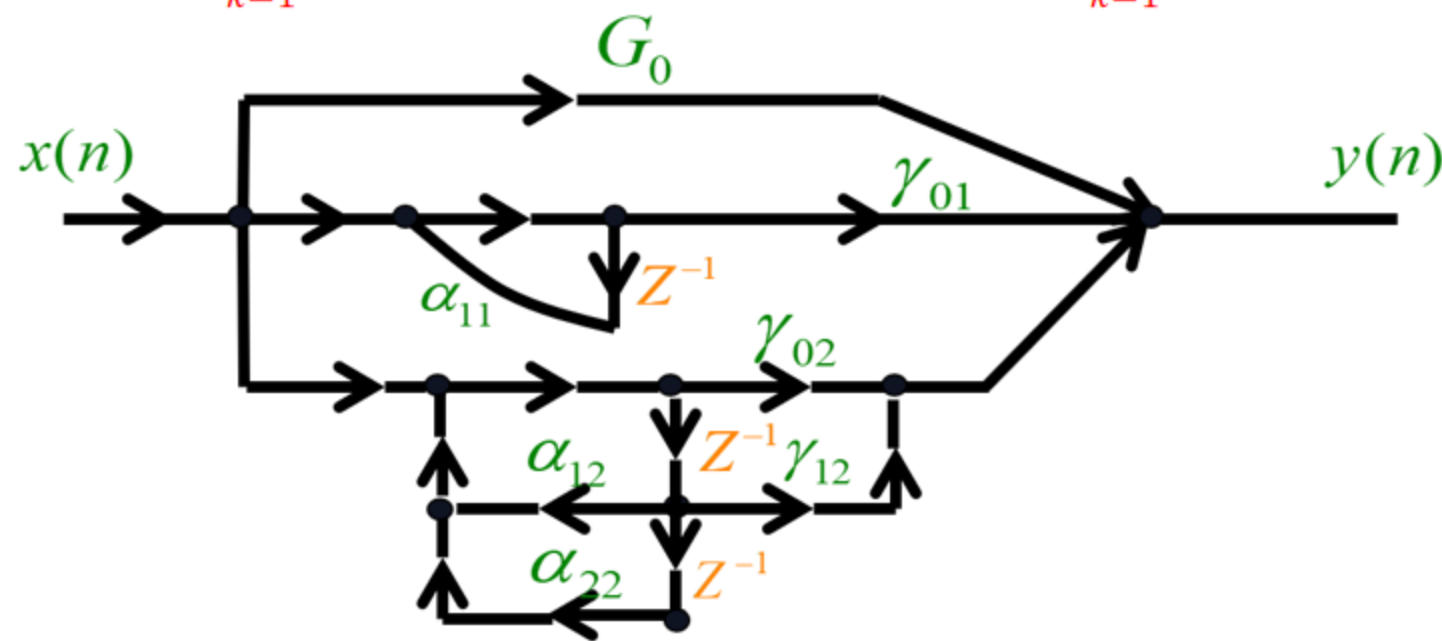
$$H(Z) = \frac{(2 - 0.379z^{-1})(4 - 1.24z^{-1} + 5.264z^{-2})}{(1 - 0.25z^{-1})(1 - z^{-1} + 0.5z^{-2})}$$



# 4无限次网络结构 (IIR)

——并联型

$$H(Z) = \sum_{k=1}^{N_1} \frac{A_k}{1 - c_k Z^{-1}} + \sum_{k=1}^{N_2} \frac{B_k (1 - g_k Z^{-1})}{(1 - d_k Z^{-1})(1 - d_k^* Z^{-1})} +$$
$$= G_0 + \sum_{k=1}^{[(N+1)/2]} \frac{\gamma_{0k} + \gamma_{1k} Z^{-1}}{1 - \alpha_{1k} Z^{-1} - \alpha_{2k} Z^{-2}} = G_0 + \sum_{k=1}^{[(N+1)/2]} H_k(Z)$$



## • 结构:

- 一阶网络决定一个实数极点
- 二阶网络决定一对共轭极点

## ☆ • 优点:

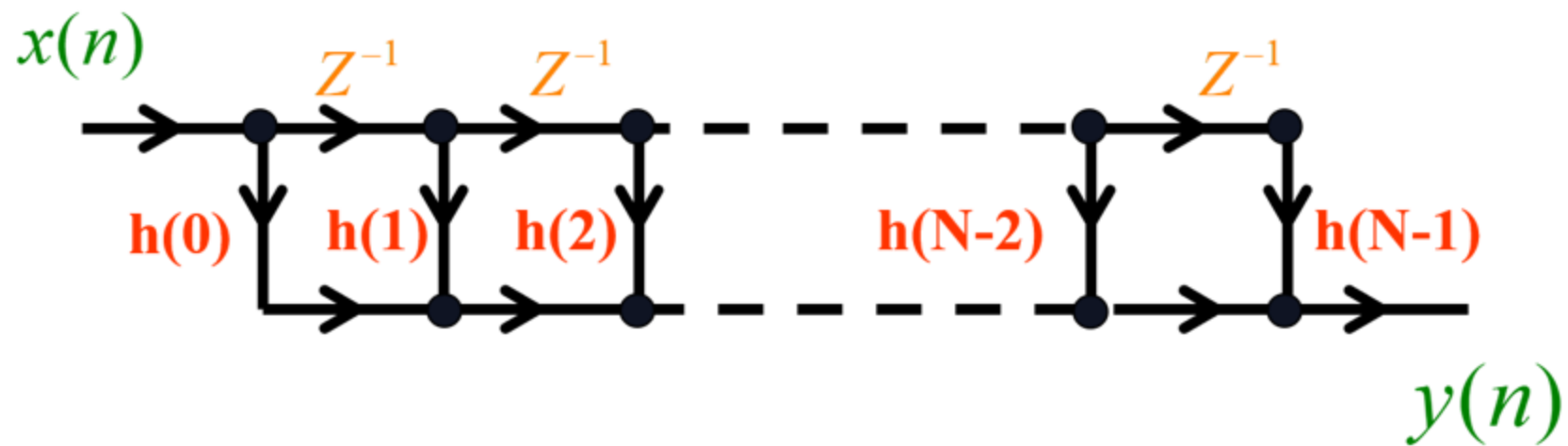
- 运算误差不累积, 误差最小
- 可同时对输入进行运算, 运算速度最高

(简答题)

## 5有限次网络结构 (FIR)

——直接型 (横截型) ☆

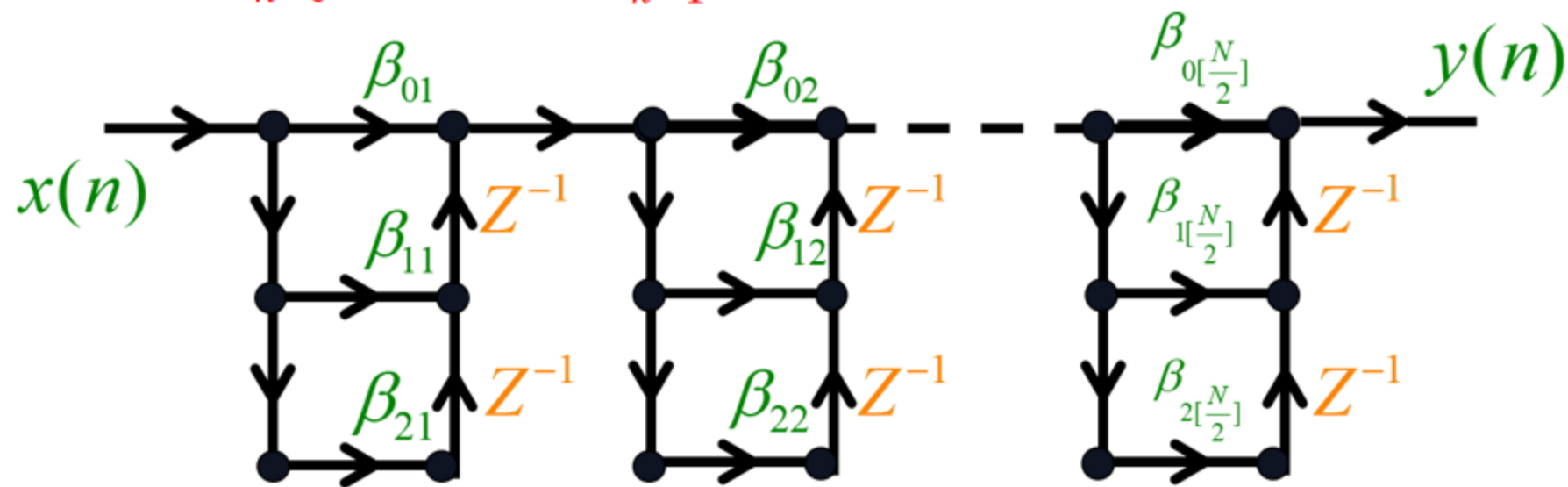
$$y(n) = \sum_{m=0}^{N-1} h(m)x(n-m]$$



## 5有限次网络结构 (FIR)

——级联型

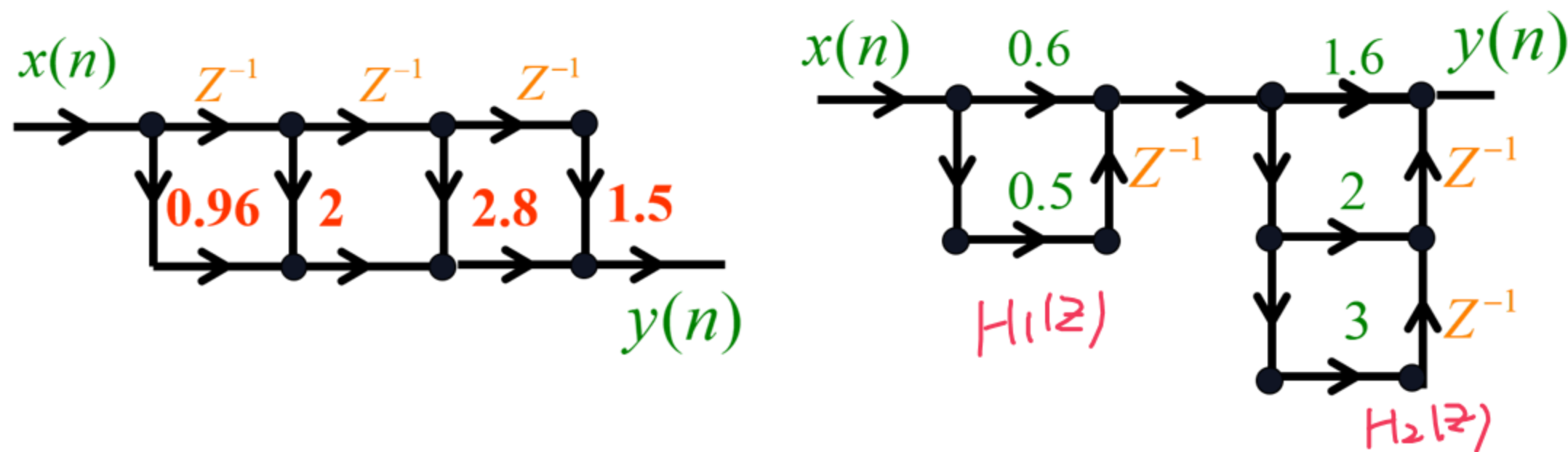
$$H(Z) = \sum_{n=0}^{N-1} h(n)Z^{-n} = \prod_{k=1}^{[N/2]} (\beta_{0k} + \beta_{1k}Z^{-1} + \beta_{2k}Z^{-2})$$



题3 FIR网络系统函数 $H(Z)$ 为下式，画出其的直接型结构和级联型结构

$$H(Z) = 0.96 + 2.0z^{-1} + 2.8z^{-2} + 1.5z^{-3}$$

解：因式分解为： $H_1(z)$   $H_2(z)$

$$H(Z) = (0.6 + 0.5z^{-1}) (1.6 + 2z^{-1} + 3z^{-2})$$




## 5有限次网络结构 (FIR)

——频率采样结构 ☆

