

# THIẾT KẾ BỘ LỌC IIR



# KHÁI NIỆM TỔNG HỢP BỘ LỌC SỐ IIR

- Tương tự với lọc số FIR, tổng hợp bộ lọc số IIR chỉ xét đến quá trình xác định các hệ số bộ lọc sao cho thỏa mãn các chỉ tiêu kỹ thuật trong miền tần số:  $\delta_1$ ,  $\delta_2$ ,  $\omega_P$ ,  $\omega_S$
- Nội dung các phương pháp để tổng hợp bộ lọc số IIR trên cơ sở bộ lọc tương tự, tức là tổng hợp bộ lọc tương tự trước, sau đó dùng các phương pháp chuyển đổi tương đương một cách gần đúng từ bộ lọc tương tự sang bộ số.
- Các phương pháp chính để chuyển từ lọc tương tự sang số:
  - + Phương pháp bất biến xung
  - + Phương pháp biến đổi song tuyến
  - + Phương pháp tương đương vi phân



# PHƯƠNG PHÁP BẤT BIẾN XUNG

Nội dung phương pháp là xác định đáp ứng xung  $h(n)$  của bộ lọc số bằng cách lấy mẫu đáp ứng xung của bộ lọc tương tự  $h_a(t)$ :

$$h(nT_s) = h_a(t)|_{t=nT_s}$$

- Giả thiết hàm truyền đạt  $H_a(s)$  của bộ lọc tương tự có dạng:

$$H_a(s) = \sum_{i=1}^N \frac{k_i}{(s - s_{ci})}$$

- Hàm truyền đạt  $H(z)$  của bộ lọc số được chuyển tương đương theo phương pháp bất biến xung sẽ là:

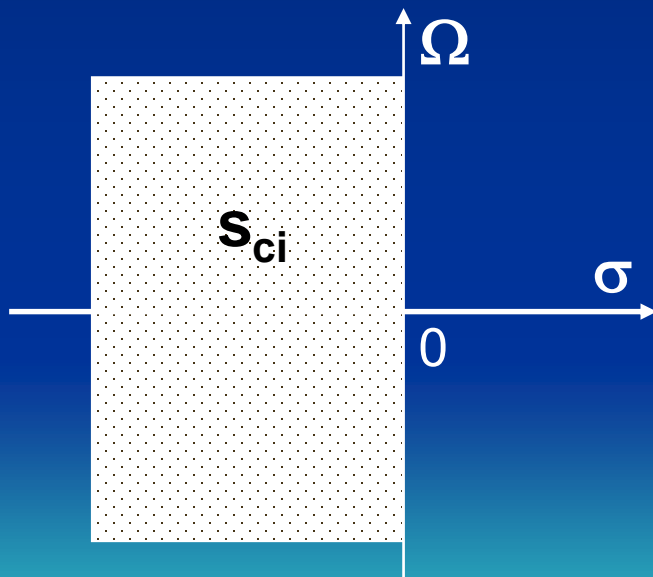
$$H(z) = \sum_{i=1}^N \frac{k_i}{(1 - e^{s_{ci}T_s} z^{-1})}$$

## ❖ Tính ổn định của bộ lọc:

### SO SÁNH TÍNH ỔN ĐỊNH

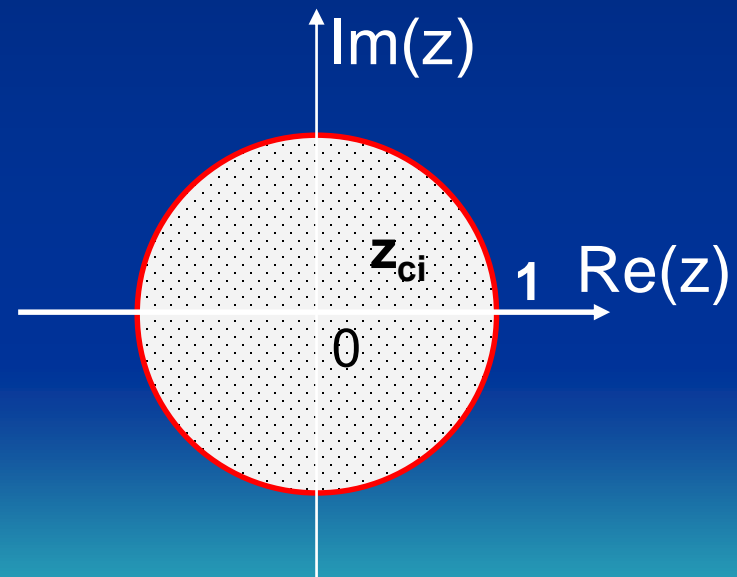
#### Bộ lọc tương tự

- Nếu tất cả các điểm cực của  $H_a(s)$  nằm bên trái mặt phẳng  $s$  thì hệ sẽ ổn định



#### Bộ lọc số

- Nếu tất cả các điểm cực của  $H(z)$  nằm bên trong vòng tròn đơn vị thì hệ sẽ ổn định



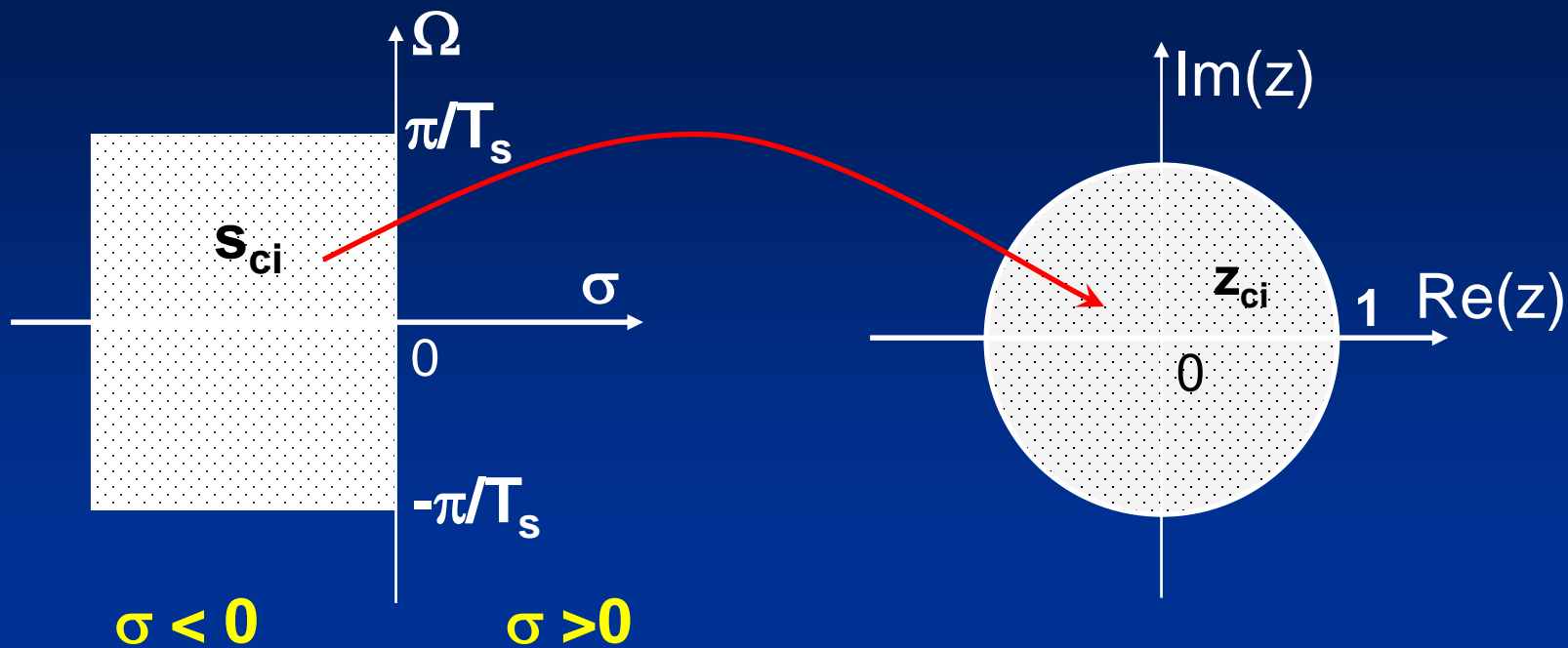
- Các điểm cực của  $H_a(s)$  cũng chính là các điểm cực  $H(z)$ :

$$H_a(s) = \sum_{i=1}^N \frac{k_i}{(s - s_{ci})} \quad \Leftrightarrow \quad H(z) = \sum_{i=1}^N \frac{k_i}{(1 - e^{s_{ci}T_s} z^{-1})}$$

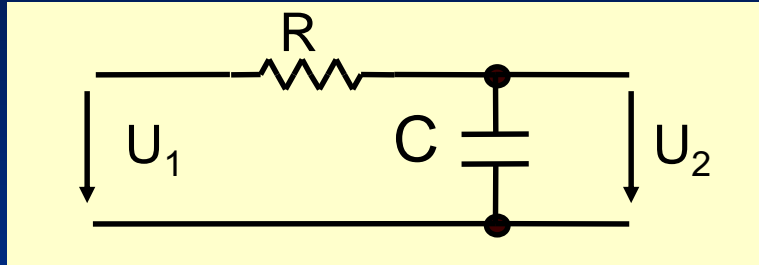
Hay các điểm cực  $s_{ci} = \sigma + j\omega$  của  $H_a(s)$  lọc tương tự được chuyển thành các điểm cực  $z_{ci} = e^{s_{ci}T_s}$  của  $H(z)$  lọc số:

$$z_{ci} = e^{s_{ci}T_s} = e^{(\sigma + j\Omega)T_s} = e^{\sigma T_s} e^{j\Omega T_s} = |z_{ci}| e^{j\omega} \quad \text{với:} \quad \begin{cases} |z_{ci}| = e^{\sigma T_s} \\ \omega = \Omega T_s \end{cases}$$

- Nếu:  $\sigma < 0$  hay các điểm cực của  $H_a(s)$  sẽ nằm bên trái mặt phẳng  $s \Rightarrow |z_{ci}| < 1$  hay các điểm cực của  $H(z)$  sẽ nằm bên trong vòng tròn đơn vị. Như vậy điều kiện ổn định vẫn được đảm bảo khi chuyển  $H_a(s)$  thành  $H(z)$



• **Ví dụ:** Hãy chuyển sang mạch số bằng phương pháp bất biến xung, biết mạch điện tương tự cho như sau:



• Hàm truyền đạt của mạch tương tự:

$$\mathbf{H}_a(s) = \frac{\mathbf{U}_2(s)}{\mathbf{U}_1(s)} = \frac{1/\mathbf{RC}}{(s + 1/\mathbf{RC})} = \frac{\mathbf{k}_1}{(s - s_{c1})}$$

$$\text{Với: } \mathbf{k}_1 = \frac{1}{\mathbf{RC}}; s_{c1} = -\frac{1}{\mathbf{RC}}$$

⇒ hàm truyền đạt của mạch số tương ứng là:

$$\mathbf{H}(z) = \frac{\mathbf{k}_1}{(1 - e^{s_{c1}T_s} z^{-1})} = \frac{1/\mathbf{RC}}{(1 - e^{-\frac{1}{\mathbf{RC}}T_s} z^{-1})}$$

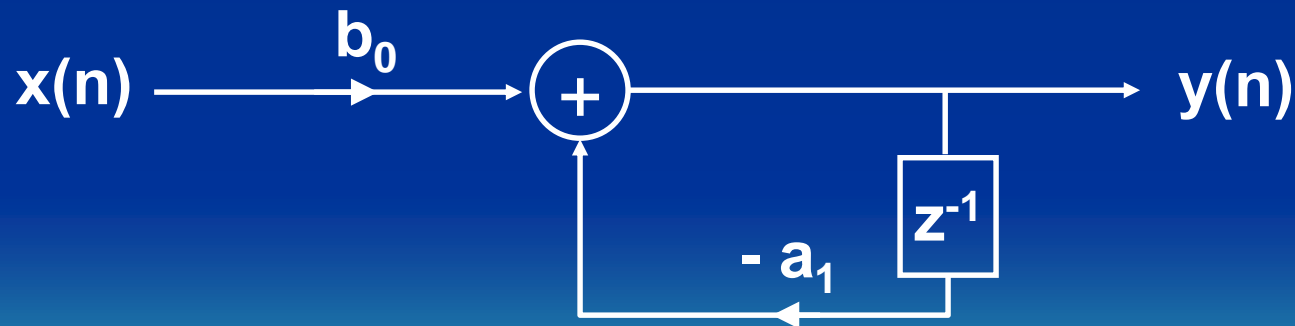
$$\mathbf{H}(\mathbf{z}) = \frac{1/\mathbf{RC}}{(1 - \mathbf{e}^{-\frac{1}{\mathbf{RC}}T_s}\mathbf{z}^{-1})} = \frac{\mathbf{b}_0}{(1 + \mathbf{a}_1\mathbf{z}^{-1})}$$

Với:  $\mathbf{b}_0 = \frac{1}{\mathbf{RC}}; \mathbf{a}_1 = -\mathbf{e}^{-\frac{1}{\mathbf{RC}}T_s}$

⇒ Phương trình sai phân:

$$\mathbf{y}(\mathbf{n}) + \mathbf{a}_1\mathbf{y}(\mathbf{n} - 1) = \mathbf{b}_0\mathbf{x}(\mathbf{n})$$

⇒ Sơ đồ thực hiện hệ thống:





# PHƯƠNG PHÁP BIẾN ĐỔI SONG TUYẾN

Nội dung phương pháp là phép ánh xạ mặt phẳng **s** của bộ lọc tương tự sang mặt phẳng **z** của bộ lọc số.

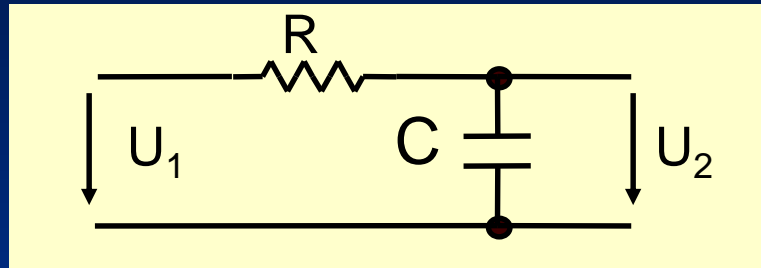
- Hàm truyền đạt của bộ lọc số **H(z)** có thể nhận được từ hàm truyền đạt bộ lọc tương tự **H<sub>a</sub>(s)**, nếu ta thay:

$$s = \frac{2}{T_s} \cdot \frac{(1 - z^{-1})}{(1 + z^{-1})}$$

- Hay quan hệ giữa các hàm truyền đạt **H<sub>a</sub>(s)** và **H(z)** là:

$$H(z) = H_a(s) \Big|_{s = \frac{2}{T_s} \cdot \frac{(1 - z^{-1})}{(1 + z^{-1})}}$$

• **Ví dụ**: Hãy chuyển sang mạch số bằng phương pháp biến đổi song tuyến, biết mạch điện tương tự cho:



• Hàm truyền đạt của mạch tương tự:

$$\mathbf{H}_a(s) = \frac{\mathbf{U}_2(s)}{\mathbf{U}_1(s)} = \frac{1}{\mathbf{RC}s + 1}$$

⇒ hàm truyền đạt của mạch số tương ứng là:

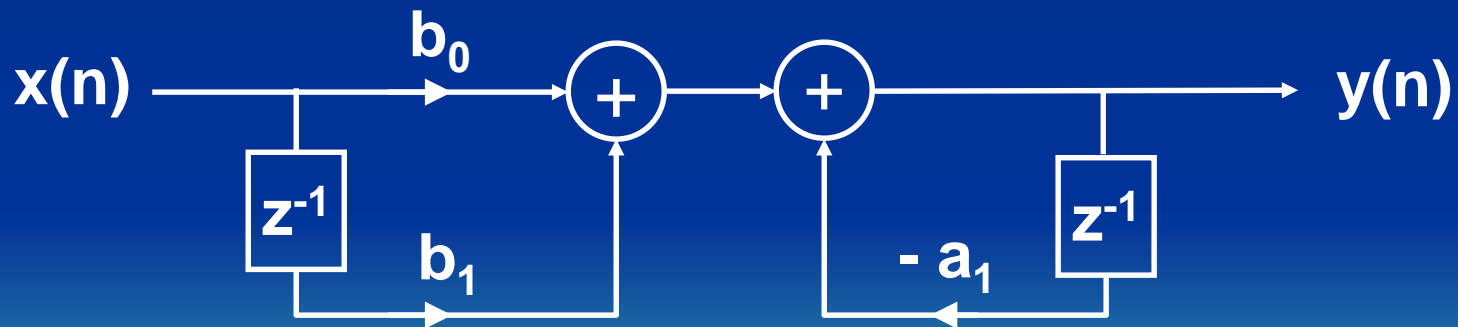
$$\mathbf{H}(z) = \frac{1}{\mathbf{RC} \cdot \frac{2}{\mathbf{T}_s} \frac{(1-z^{-1})}{(1+z^{-1})} + 1} = \frac{\frac{\mathbf{T}_s}{\mathbf{K}} + \frac{\mathbf{T}_s}{\mathbf{K}} z^{-1}}{1 + \left( \frac{\mathbf{T}_s - 2\mathbf{RC}}{\mathbf{K}} \right) z^{-1}}$$

Với:  $\mathbf{K} = 2\mathbf{RC} + \mathbf{T}_s$

$$\mathbf{H(z)} = \frac{\mathbf{b_0 + b_1 z^{-1}}}{1 + \mathbf{a_1 z^{-1}}} \quad \text{Với:} \quad \mathbf{b_0 = \frac{T_s}{K}; \quad b_1 = \frac{T_s}{K}; \quad a_1 = \frac{T_s - 2RC}{K}}$$

⇒ Phương trình sai phân:  $\mathbf{y(n) + a_1 y(n-1) = b_0 x(n) + b_1 x(n-1)}$

⇒ Sơ đồ thực hiện hệ thống:



# PHƯƠNG PHÁP TƯƠNG ĐƯƠNG VI PHÂN

Nội dung phương pháp là chuyển phương trình vi phân của bộ lọc tương tự tương đương thành phương trình sai phân của bộ lọc số.

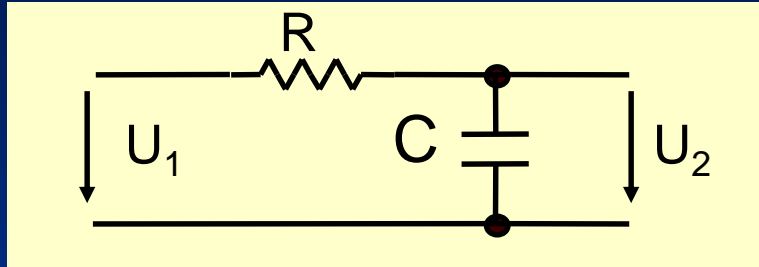
- Hàm truyền đạt của bộ lọc số  $\mathbf{H(z)}$  có thể nhận được từ hàm truyền đạt bộ lọc tương tự  $\mathbf{H_a(s)}$ , nếu ta thay:

$$\mathbf{s = \frac{1 - z^{-1}}{T_s}}$$

- Hay quan hệ giữa các hàm truyền đạt  $\mathbf{H_a(s)}$  và  $\mathbf{H(z)}$  là:

$$\mathbf{H(z) = H_a(s) \Big|_{s = \frac{1 - z^{-1}}{T_s}}}$$

• Ví dụ: Hãy chuyển sang mạch số bằng phương pháp tương đương vi phân, biết mạch điện tương tự cho:



• Hàm truyền đạt của mạch tương tự:

$$\mathbf{H}_a(s) = \frac{\mathbf{U}_2(s)}{\mathbf{U}_1(s)} = \frac{1}{\mathbf{RC}s + 1}$$

⇒ hàm truyền đạt của mạch số tương ứng là:

$$\mathbf{H}(z) = \frac{1}{\mathbf{RC} \cdot \frac{(1 - z^{-1})}{T_s} + 1} = \frac{T_s / \mathbf{K}}{1 - \frac{\mathbf{RC}}{\mathbf{K}} z^{-1}}$$

Với:  $\mathbf{K} = \mathbf{RC} + T_s$

$$\mathbf{H(z)} = \frac{\mathbf{b_0}}{1 + \mathbf{a_1 z^{-1}}} \quad \text{Với:} \quad \mathbf{b_0 = \frac{T_s}{K}; \quad a_1 = \frac{RC}{K}}$$

⇒ Phương trình sai phân:  $\mathbf{y(n) + a_1 y(n-1) = b_0 x(n)}$

⇒ Sơ đồ thực hiện hệ thống:

