



Chapter 5: Thiết kế cấu trúc hệ thống

📅 Date	@March 18, 2024
🌟 Status	Done

▼ Cấu trúc hệ thống

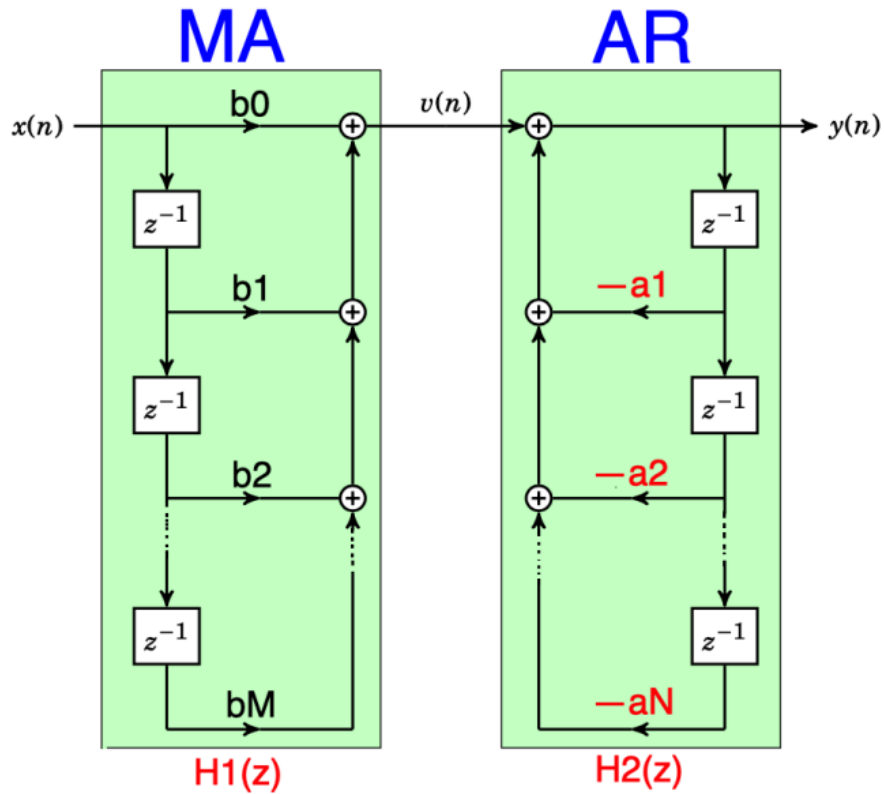
Hệ thống tuyến tính bất biến rời rạc được mô tả bởi hàm truyền $H(z)$:

$$H(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2} + \dots + b_M z^{-M}}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2} + \dots + a_N z^{-N}} = \frac{\sum_{k=0}^M (b_k z^{-k})}{\sum_{k=0}^N (a_k z^{-k})},$$

$$H(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + \dots + b_M z^{-M}}{a_0 + a_1 z^{-1} + \dots + a_N z^{-N}} \text{ với } a_0 = 1$$

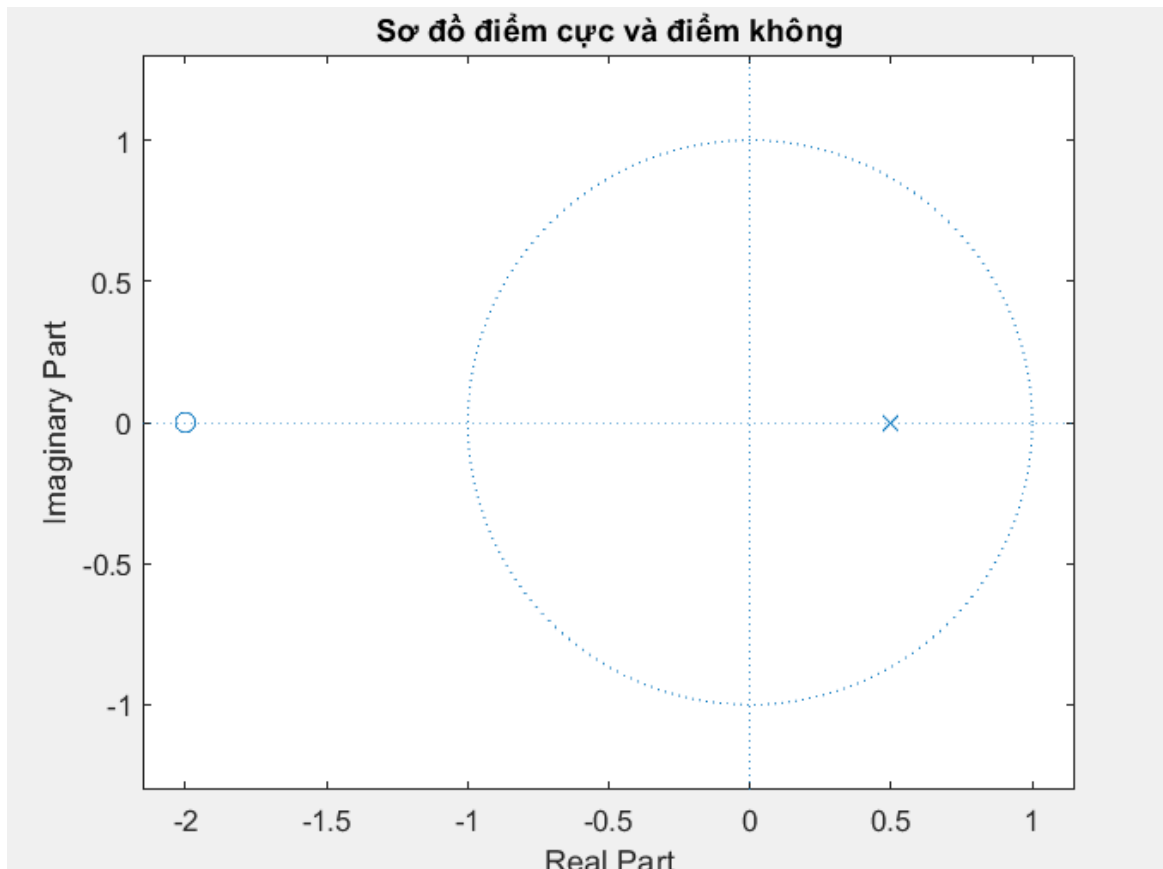
$$H(z) = \underbrace{(b_0 + b_1 z^{-1} + \dots + b_M z^{-M})}_{H_1(z)} \underbrace{\frac{1}{1 + a_1 z^{-1} + \dots + a_N z^{-N}}}_{H_2(z)}$$

$H_1(z)$	$H_2(z)$
Đáp ứng xung hữu hạn (Finite Impulse Response)	Đáp ứng xung vô hạn (Infinite Impulse Response hay IIR)
Nhân quả và ổn định.	Tùy thuộc vị trí điểm cực với đường tròn đơn vị ⇒ Hệ thống có thể ổn định, có thể sẽ không ổn định
Chỉ có điểm không, không có điểm cực	Chỉ có điểm cực nên còn được gọi là hệ thống toàn cực (all poles)
Hệ thống trung bình động (Moving Average) hay MA	Hệ thống hồi quy Auto Regressive hay AR



Hình 5.1: Ví dụ sơ đồ cấu trúc của hệ thống, với các hệ số $\{a_k\}, \{b_k\}$ xác định từ hàm truyền hoặc phương trình sai phân. Lưu ý: phải chuẩn hoá $a_0 = 1$ trước khi vẽ cấu trúc hệ thống.

Dùng lệnh `zplane(b, a)` để hiển thị các điểm 0 và điểm cực trên đồ thị



▼ Cấu trúc hệ thống nối tiếp và cấu trúc song song

Để giảm độ phức tạp của hệ thống, người ta chia nhỏ thành các hệ thống nối tiếp hoặc song song hoặc kết hợp các hàm truyền có bậc **bé hơn hoặc bằng 2** lại với nhau

▼ Cấu trúc hệ thống nối tiếp

Nếu hàm truyền $H(z)$ có thể phân tách thành

$$H(z) = H_1(z)H_2(z)...H_m(z)$$

thì ta có cấu trúc nối tiếp $H_1(z)$ nối tiếp $H_2(z)$ nối tiếp $...H_m(z)$.

Ta có thể chuyển từ cấu trúc hệ thống ban đầu

$$H(z) = \frac{b_0 + b_1z^{-1} + b_2z^{-2} + .. + b_Mz^{-M}}{1 + a_1z^{-1} + a_2z^{-2} + .. + a_Nz^{-N}}$$

sang cấu trúc hệ thống nối tiếp có dạng

$$H(z) = b_0 \frac{\prod_k (B_{0,k} + B_{1,k}z^{-1} + B_{2,k}z^{-2})}{\prod_p (A_{0,p} + A_{1,p}z^{-1} + A_{2,p}z^{-2})}$$

Kết quả sau phân tích phải là các đa thức có hệ số nguyên

⇒ Thực hiện lần lượt cho tử số và mẫu số của $H(z)$ sử dụng lệnh *roots, poly*.

- Xác định nghiệm của đa thức
- Sắp xếp các nghiệm thành từng cặp: phức, thực ⇒ vector R
- Nếu số nghiệm là lẻ, bổ sung thêm nghiệm bằng 0 vào cuối vector R:

$$R = [R, 0]$$

- Nhóm từng cặp nghiệm lại với nhau để có đa thức bậc 2: *poly([R(i), R(i+1)])*
 - Lưu kết quả các hệ số của đa thức bậc 2.
- ▼ Tìm nghiệm của đa thức (*roots*) (điểm không || điểm cực)

$$P(z) = 4 + 3z^{-1} - 2z^{-2} + z^{-3} - 2z^{-4} + 3z^{-5}$$

```
roots([4 , 3 , -2 , 1 , -2 , 3])
```

Giá trị truyền vào *roots* được sắp xếp từ bậc cao xuống bậc thấp

- Sắp xếp các nghiệm

Lệnh **cplxpair** sẽ sắp xếp các cặp số phức lại thành từng cặp, đôi một, từ đầu đến cuối. Các nghiệm thực, nếu có, sẽ nằm cuối cùng.

```
cplxpair(roots([4 3 -2 1 -2 3]))
```

```
ans =
-0.3003 - 0.8325i
-0.3003 + 0.8325i
0.6731 - 0.4328i
0.6731 + 0.4328i
-1.4955 + 0.0000i
```

▼ Xác định các hệ số của đa thức từ nghiệm *poly*

Sử dụng lệnh *poly* để xác định hệ số của đa thức từ nghiệm

```
poly([ -0.3003 - 0.8325i, -0.3003 + 0.8325i])
```

```
ans =
1.0000 0.6006 0.7832
```

▼ Cấu trúc hệ thống song song

$$H(z) = Ha(z) + Hb(z) + \dots + Hg(z)$$

thì ta sẽ có cấu trúc ghép nối song song $Ha(z) // Hb(z) // \dots Hg(z)$.

Sau khi biểu diễn $H(z)$ thành tổng của các thành phần phân thức \Rightarrow Nhóm các thành phần liên quan đến nghiệm phức lại với nhau bằng cách quy đồng mẫu số để tạo các phân thức có hệ số thực.

▼ Chia đa thức *residuez*

Cấu trúc lệnh : $[r, p, k] = \text{residuez}(b, a)$

- b, a : là các vector hệ số của hàm truyền $H(z)$
- r, p, k là các vector hệ số thu được khi thực hiện chia đa thức tử số cho mẫu số

$$H(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + \dots + b_M z^{-M}}{a_0 + a_1 z^{-1} + \dots + a_N z^{-N}}$$

$$= \frac{r(1)}{1 - p(1)z^{-1}} + \dots + \frac{r(N)}{1 - p(N)z^{-1}} + k(1) + k(2)z^{-1} + \dots + k(M - N + 1)z^{-(M-N)}$$

```
[r,p,k] = residuez([1 -2 3],[2 -2 3 4])
```

```
r =
-0.0245 + 0.0208i
-0.0245 - 0.0208i
0.5491 + 0.0000i
p =
0.8631 + 1.4173i
0.8631 - 1.4173i
-0.7263 + 0.0000i
k =
[]
```

▼ Bài tập

1. Viết hàm `Cautrucnoitiep`

```
function [b0, B, A] = Cautrucnoitiep(b, a)
% Phân tích đa thức bậc cao thành tích các đa thức bậc thấp

% Tìm nghiệm của đa thức H(z)
r = roots(a);

% Số lượng bộ thành phần
n = length(r);

% Hệ số khuếch đại
b0 = b(1) / prod(1 - r);

% Ma trận hệ số tử số và mẫu số
B = zeros(n, 3);
A = zeros(n, 3);
```

```

for i = 1:n
    % Hệ số tử số
    B(i, :) = [1, -r(i), r(i)^2];

    % Hệ số mẫu số
    A(i, :) = [1, -conj(r(i)), conj(r(i))^2];
end
end

```

2. Dùng hàm `Cautrucnoitiep`

a. $y(n) - 2y(n-1) + 4y(n-2) - 3y(n-3) = x(n) + 5x(n-1) - 4x(n-2) + 2x(n-3)$

Kết quả

- Hệ số khuếch đại b0:
0.2500 + 0.0000i
- Ma trận hệ số tử số B:

$$\begin{bmatrix} 1.0000 + 0.0000i & 5.7554 + 0.0000i & 33.1244 + 0.0000i \\ 1.0000 + 0.0000i & -0.3777 - 0.4526i & -0.0622 + 0.3419i \\ 1.0000 + 0.0000i & -0.3777 + 0.4526i & -0.0622 - 0.3419i \end{bmatrix}$$
- Ma trận hệ số mẫu số A:

$$\begin{bmatrix} 1.0000 + 0.0000i & 5.7554 + 0.0000i & 33.1244 + 0.0000i \\ 1.0000 + 0.0000i & -0.3777 + 0.4526i & -0.0622 - 0.3419i \\ 1.0000 + 0.0000i & -0.3777 - 0.4526i & -0.0622 + 0.3419i \end{bmatrix}$$

b. $16y(n) + 12y(n-1) + 2y(n-2) - 4y(n-3) - y(n-4) = x(n) - 3x(n-1) + 11x(n-2) - 27x(n-3) + 18x(n-4)$

Kết quả

Ma trận hệ số tử số B:

$$\begin{bmatrix} 1.0000 + 0.0000i & 0.0000 - 3.0000i & -9.0000 - 0.0000i \\ 1.0000 + 0.0000i & 0.0000 + 3.0000i & -9.0000 + 0.0000i \\ 1.0000 + 0.0000i & -2.0000 + 0.0000i & 4.0000 + 0.0000i \\ 1.0000 + 0.0000i & -1.0000 + 0.0000i & 1.0000 + 0.0000i \end{bmatrix}$$

Ma trận hệ số mẫu số A:

$$\begin{bmatrix} 1.0000 + 0.0000i & 0.0000 + 3.0000i & -9.0000 + 0.0000i \\ 1.0000 + 0.0000i & 0.0000 - 3.0000i & -9.0000 - 0.0000i \end{bmatrix}$$

$$\begin{array}{cccc} 1.0000 + 0.0000i & -2.0000 + 0.0000i & 4.0000 + 0.0000i & \\ 1.0000 + 0.0000i & -1.0000 + 0.0000i & 1.0000 + 0.0000i & \end{array}$$

3. Viết hàm `cautrucsongsong`

```
function [Tuso, Mauso] = cautrucsongsong(a, b)
    % Số lượng hệ thống thành phần
    n = length(a);

    % Khởi tạo ma trận Tuso và Mauso
    Tuso = zeros(n, length(b));
    Mauso = zeros(n, length(a));

    for i = 1:n
        % Hệ số của đa thức tử số
        Tuso(i, :) = b * a(i);

        % Hệ số của đa thức mẫu số
        Mauso(i, :) = a * a(i);
    end
end
```

4. Dùng hàm `cautrucsongsong`

a. $y(n) - 2y(n-1) + 4y(n-2) - 3y(n-3) = x(n) + 5x(n-1) - 4x(n-2) + 2x(n-3)$

Ma trận hệ số của đa thức tử số Tuso:

$$\begin{array}{cccc} 1 & -2 & 4 & -3 \\ 5 & -10 & 20 & -15 \\ -4 & 8 & -16 & 12 \\ 2 & -4 & 8 & -6 \end{array}$$

Ma trận hệ số của đa thức mẫu số Mauso:

$$\begin{array}{cccc} 1 & 5 & -4 & 2 \\ 5 & 25 & -20 & 10 \\ -4 & -20 & 16 & -8 \\ 2 & 10 & -8 & 4 \end{array}$$

b. $16y(n) + 12y(n-1) + 2y(n-2) - 4y(n-3) - y(n-4) = x(n) - 3x(n-1) + 11x(n-2) - 27x(n-3) + 18x(n-4)$

Ma trận hệ số của đa thức tử số Tusó:

16	12	2	-4	-1
-48	-36	-6	12	3
176	132	22	-44	-11
-432	-324	-54	108	27
288	216	36	-72	-18

Ma trận hệ số của đa thức mẫu số Mausó:

1	-3	11	-27	18
-3	9	-33	81	-54
11	-33	121	-297	198
-27	81	-297	729	-486
18	-54	198	-486	324