

# **TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI**

**Trường Điện - Điện tử**

**Khoa Tự động hóa**



**Tiểu luận cuối kì**

**Môn: Hệ thống điều khiển máy CNC**

**Giảng viên hướng dẫn:**

**TS. Dương Minh Đức**

**Bộ môn:**

**Tự động hoá công nghiệp**

**Sinh viên thực hiện:**

**Nhóm 2**

**Nguyễn Quang Huy – 20173950**

**Trần Quang Huy – 20173965**

**Cao Minh Đức – 20173766**

## **Mục Lục**

<b>1.Thiết kế bộ điều khiển vị trí cho 2 trục XY .....</b>	<b>4</b>
<b>2.Thiết kế trước nội suy ADCBI.....</b>	<b>7</b>
2.1. Nội suy theo quỹ đạo đường thẳng.....	8
2.2. Nội suy theo quỹ đạo đường tròn .....	18
<b>3. Nội suy chữ U.....</b>	<b>26</b>
<b>4. Thiết kế sau nội suy ADCAI .....</b>	<b>28</b>
4.1.Nội suy theo quỹ đạo đường thẳng.....	29
4.2. Nội suy theo quỹ đạo đường tròn .....	34
<b>5. Phụ lục.....</b>	<b>39</b>
5.1 Nội suy đường thẳng ADCBI.....	39
5.2 Nội suy đường tròn ADCBI .....	44
5.3 Nội suy chữ U.....	49
5.4 Nội suy quỹ đạo đường thẳng theo ADCAI.....	56
5.5 Nội suy đường tròn theo ADCAI.....	59

## Yêu cầu bài toán

Một hệ thống CNC gồm 2 trục X và Y được điều khiển bởi 2 động cơ có bộ driver điều khiển tốc độ kèm theo. Giả sử hàm truyền với đầu vào là điện áp điều khiển, đầu ra là tốc độ của 2 hệ truyền động 2 trục X và Y là khâu quán tính bậc nhất

1. Tự chọn thông số 02 hàm truyền trên và thiết kế bộ điều khiển vị trí cho từng trục thỏa mãn các yêu cầu sau
  - Độ quá điều chỉnh  $\leq 5\%$
  - Sai lệch tĩnh  $\leq 0,1\%$
  - Thời gian xác lập nhỏ nhất
  - $|U_{đk}| \leq 10V$
2. Thực hiện nội suy đường thẳng và đường tròn với kiểu tăng tốc/giảm tốc dạng hình thang (tăng tốc/giảm tốc trước nội suy). Điểm đầu, điểm cuối, bán kính tùy chọn.
  - Thực hiện cả nội suy thô và nội suy tinh
  - Tự chọn vận tốc tối đa, gia tốc tối đa
  - Chu kỳ nội suy thô là 5ms, nội suy tinh là 1ms
3. Thực hiện mô phỏng hệ thống di chuyển theo quỹ đạo hình chữ O hoặc C.
4. Trình bày và nêu ví dụ minh họa (thông số tùy chọn) về nội suy thô đường thẳng và đường tròn với kiểu tăng tốc/giảm tốc dạng hình thang (tăng tốc/giảm tốc **sau nội suy**). *Gợi ý: Từ quỹ đạo tính ra các bước di chuyển cho từng trục, sau đó dùng bộ lọc số để thực hiện tăng tốc/giảm tốc.*

## 1. Thiết kế bộ điều khiển vị trí cho 2 trục XY

Ta có: 2 trục đều có thể xấp xỉ hàm truyền đối tượng của mạch vòng điều khiển vị trí như sau:

- Với trục X:

$$\frac{V_x}{U_x} = \frac{K_x}{T_x s + 1}, \text{ vậy đối tượng của mạch vòng vị trí là: } \frac{K_x}{s(T_x s + 1)}$$

- Với trục Y:

$$\frac{V_y}{U_y} = \frac{K_y}{T_y s + 1}, \text{ vậy đối tượng của mạch vòng vị trí là: } \frac{K_y}{s(T_y s + 1)}$$

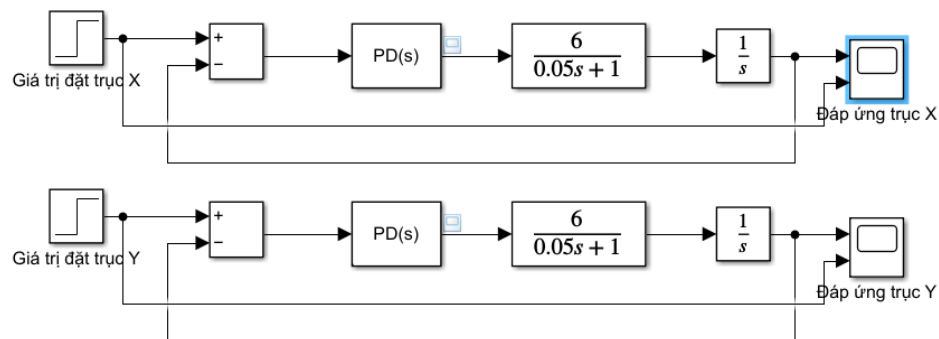
Với  $V_x, V_y$  là tốc độ của động cơ,  $U_x, U_y$  là điện áp đặt vào động cơ.

- Chọn  $K_x = 6, T_x = 0.05$

$$K_y = 6, T_y = 0.05$$

Suy ra hàm truyền là:  $\frac{V_x}{U_x} = \frac{6}{0.05s + 1}; \frac{V_y}{U_y} = \frac{6}{0.05s + 1}$

- Do đối tượng đã có sẵn khâu tích phân đã triệt tiêu sai lệch tĩnh, nên ta chỉ cần sử dụng bộ điều khiển PD. Ta có sơ đồ mô phỏng mạch vòng điều khiển cho 2 trục:



Hình 1. 1 Mạch vòng điều khiển

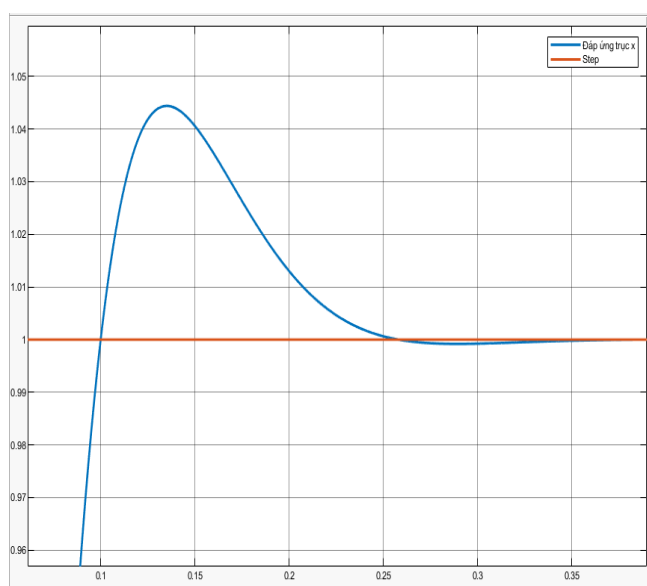
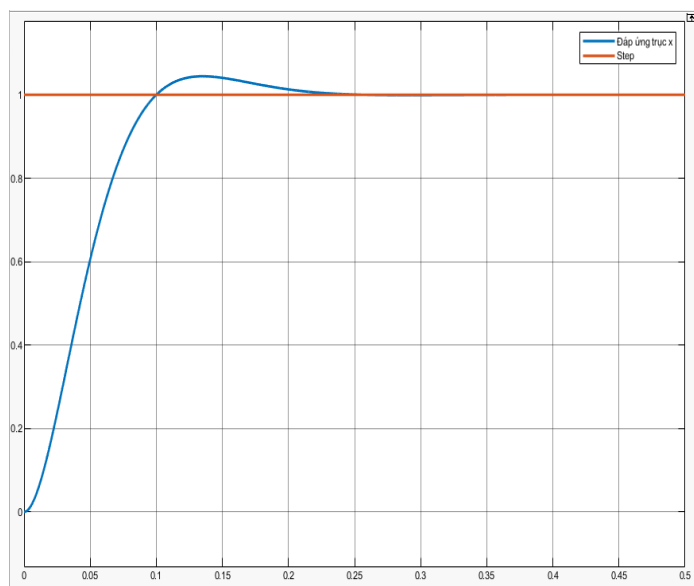
Ta sử dụng công cụ PID Tuner của MATLAB để thiết kế bộ điều khiển PD. Chọn theo mục tiêu là thời gian xác lập nhỏ nhất nhưng vẫn đảm bảo những yêu cầu đề bài đặt ra, ta chọn được thông số của bộ PD là:

$$P = 4.0097280018$$

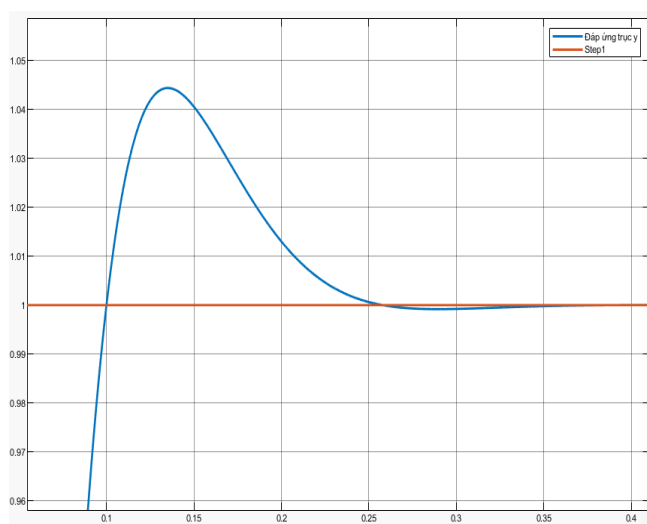
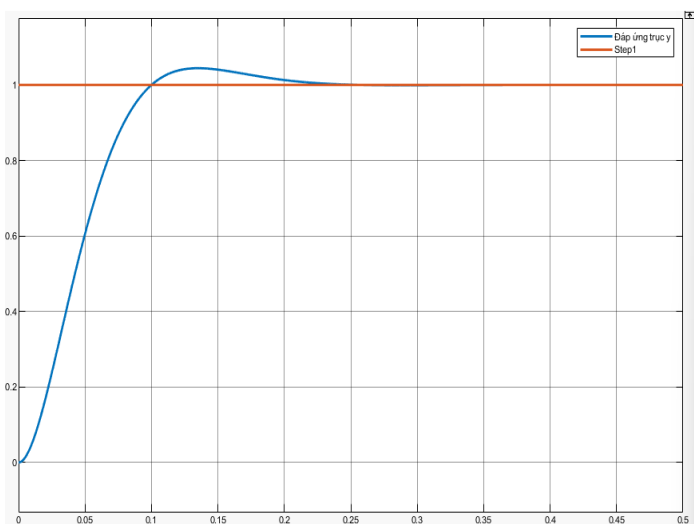
$$D = 0.1102790601$$

Với thông số PD trên, ta có đáp ứng của hệ thống:

❖ Đáp ứng trực X, Y:



Hình 1. 2 Đáp ứng trực x



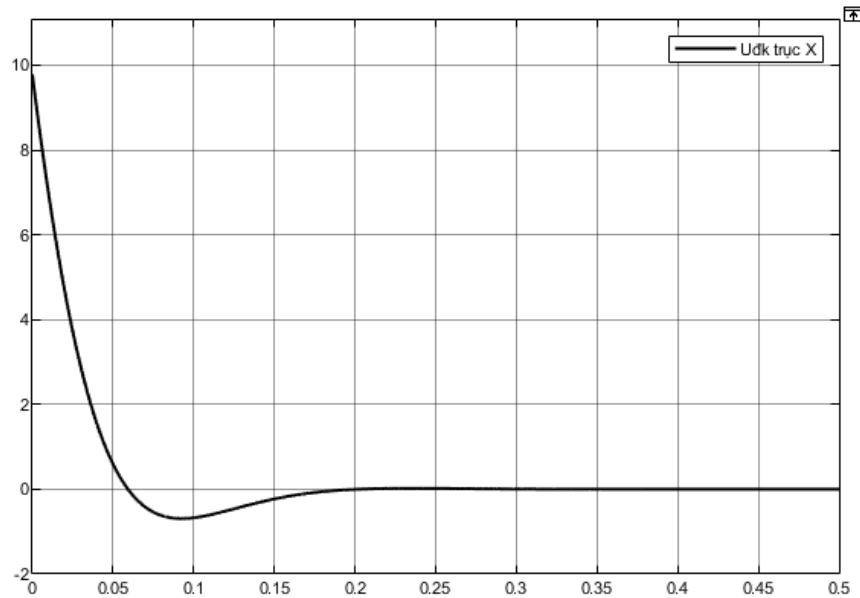
Hình 1. 4 Đáp ứng trực y

### Nhận xét:

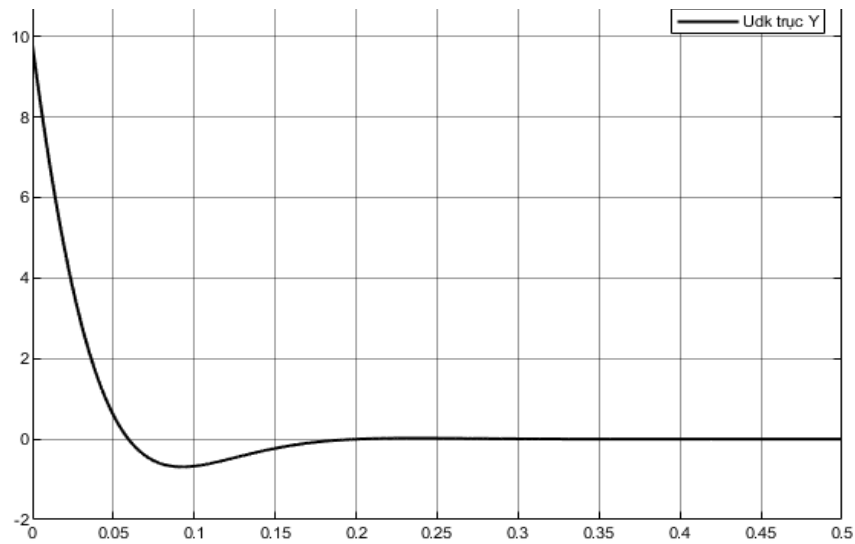
- Độ quá điều chỉnh:  $4.44\% \leq 5\%$
- Sai lệch tĩnh:  $\sim 0$
- Thời gian xác lập:  $0.186\text{s}$

Thỏa mãn yêu cầu bài toán.

❖ Điện áp điều khiển:



Hình 0.5 Điện áp điều khiển trục X

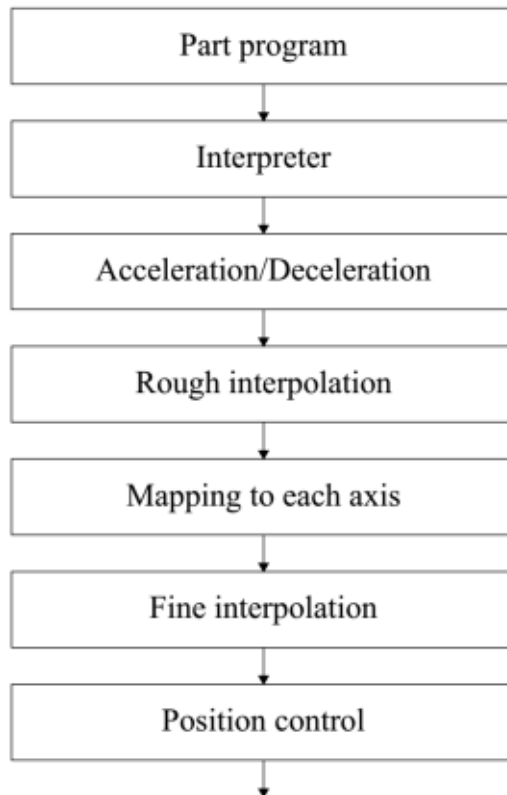


Hình 0.6 Điện áp điều khiển trục Y

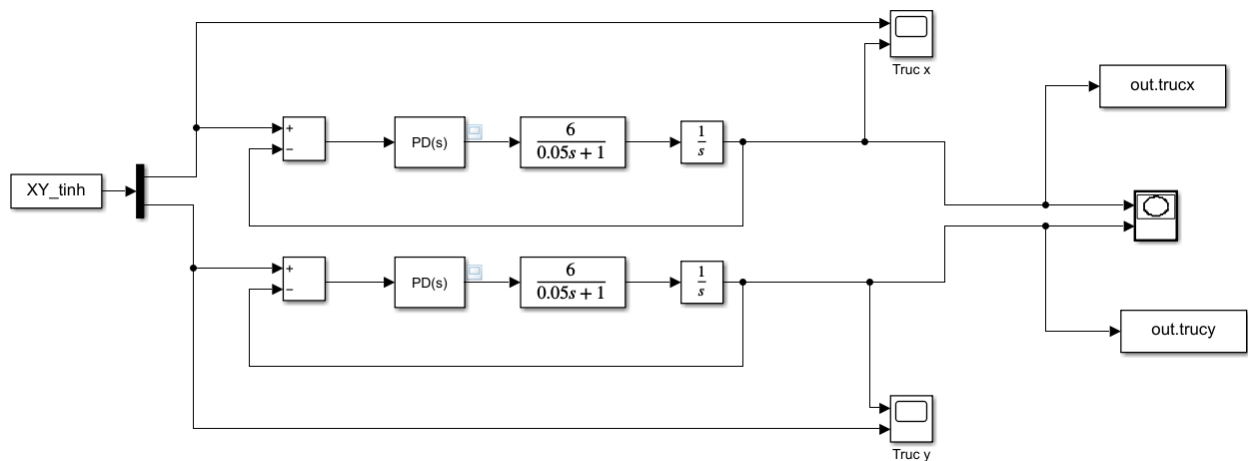
Nhận xét:  $U_{dkX/Y} = 9.788\text{V} \leq 10\text{V}$ , thỏa mãn yêu cầu bài toán.

## 2. Thiết kế trước nội suy ADCBI

Thiết kế theo cấu trúc ADCBI: Thực hiện tăng giảm tốc trước nội suy



Hình 2. 1 Cấu trúc nội suy theo ADCBI



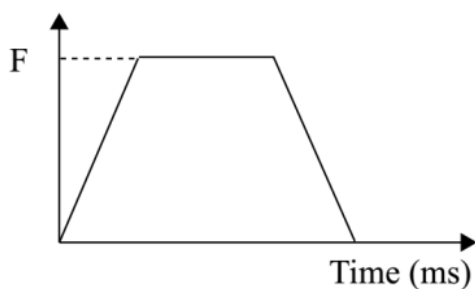
Hình 2. 2 Cấu trúc bộ điều khiển vị trí trong matlab simulink

## 2.1. Nội suy theo quỹ đạo đường thẳng

Thông số bài toán:

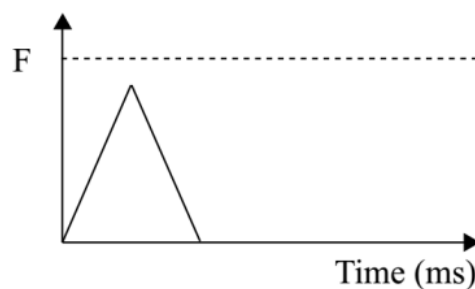
- Đi từ điểm A(20; 30) đến điểm B(50; 90)
- Gia tốc tăng cho phép:  $20 \text{ m/s}^2$
- Gia tốc giảm cho phép:  $20 \text{ m/s}^2$
- Chu kì nội suy:  $T_{ipo} = 0.005 \text{ s}$
- Chu kì điều khiển:  $T_{dk} = 0.01 \text{ s}$
- Tốc độ ăn dao:  $F = 30 \text{ m/s}$

Velocity ( $\text{mm/s}^2$ )



(a) Normal block

Velocity ( $\text{mm/s}^2$ )



(b) Short block

Hình 2. 3 Normal block và short block

### Bước 1: Kiểm tra quỹ đạo dạng Normal Block/ Short Block

$$\frac{F^2}{2A} + \frac{F^2}{2D} \leq L$$



Trong đó:

F là tốc độ

A là gia tốc tăng tốc

D là gia tốc giảm tốc

L là quãng đường

Nếu công thức trên thỏa mãn thì là Normal Block, ngược lại là Short Block

**Bước 2: Tính toán thời gian tăng tốc ( $T_A$ ), thời gian giảm tốc ( $T_D$ ), vận tốc không đổi ( $T_C$ )**

- Normal Block:

$$T_A = \frac{F}{A};$$

$$T_D = \frac{F}{D};$$

$$T_C = \frac{L - \frac{F^2}{2A} - \frac{F^2}{2D}}{F}$$

- Short Block

$$T'_A = \frac{F'}{A};$$

$$T'_D = \frac{F'}{D};$$

$$L = \frac{F'(T'_A + T'_D)}{2}$$

Với thông số đã chọn ta có:

$$\frac{F^2}{2A} + \frac{F^2}{2D} = 22.5 < L = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2} = 67.08$$

Vậy profile tốc độ dạng Normal Block.

Tính toán thời gian tăng giảm tốc:

$$T_A = \frac{F}{A} = \frac{30}{20} = 1.5(\text{s}); T_D = \frac{F}{D} = \frac{30}{20} = 1.5(\text{s}); T_C = \frac{L - \frac{F^2}{2A} - \frac{F^2}{2D}}{F} = 0.73(\text{s})$$

**Bước 3: Xây dựng profile tốc độ.**

- Profile tốc độ dạng Normal Block
  - Giai đoạn tăng tốc:

$$V_{i+1} = V_i + T_{ipo} \cdot A$$
$$L_i = \frac{V_{i+1}^2 - V_i^2}{2A} = \frac{(V_{i+1} + V_i) \cdot (V_{i+1} - V_i)}{2A} = \frac{(V_{i+1} + V_i)}{2} \cdot T_{ipo}$$

Trong đó:  $i = 0, 1, 2, \dots, N_A - 1$

$V_i$ : Tốc độ ở chu kì thứ  $i$ ,  $V_0 = 0$

$L_i$ : Quãng đường đi được trong chu kì thứ  $i$

$N_A = \frac{T_A}{T_{ipo}}$ : Số chu kì tăng tốc

- Giai đoạn chuyển động đều:

$$V_{i+1} = V_i$$

$$L_i = V_i \cdot T_{ipo}$$

Trong đó:  $i = N_A, N_A + 1, N_A + 2, \dots, N_A + N_C + 1$

$L_i$ : Quãng đường đi được trong chu kì thứ  $i$

$N_C = \frac{T_C}{T_{ipo}}$ : Số chu kì chuyển động đều

- Giai đoạn giảm tốc:

$$V_{i+1} = V_i - T_{ipo} \cdot D$$

$$L_i = \frac{V_i^2 - V_{i+1}^2}{2D} = \frac{(V_{i+1} + V_i) \cdot (V_i - V_{i+1})}{2D} = \frac{(V_{i+1} + V_i)}{2} \cdot T_{ipo}$$

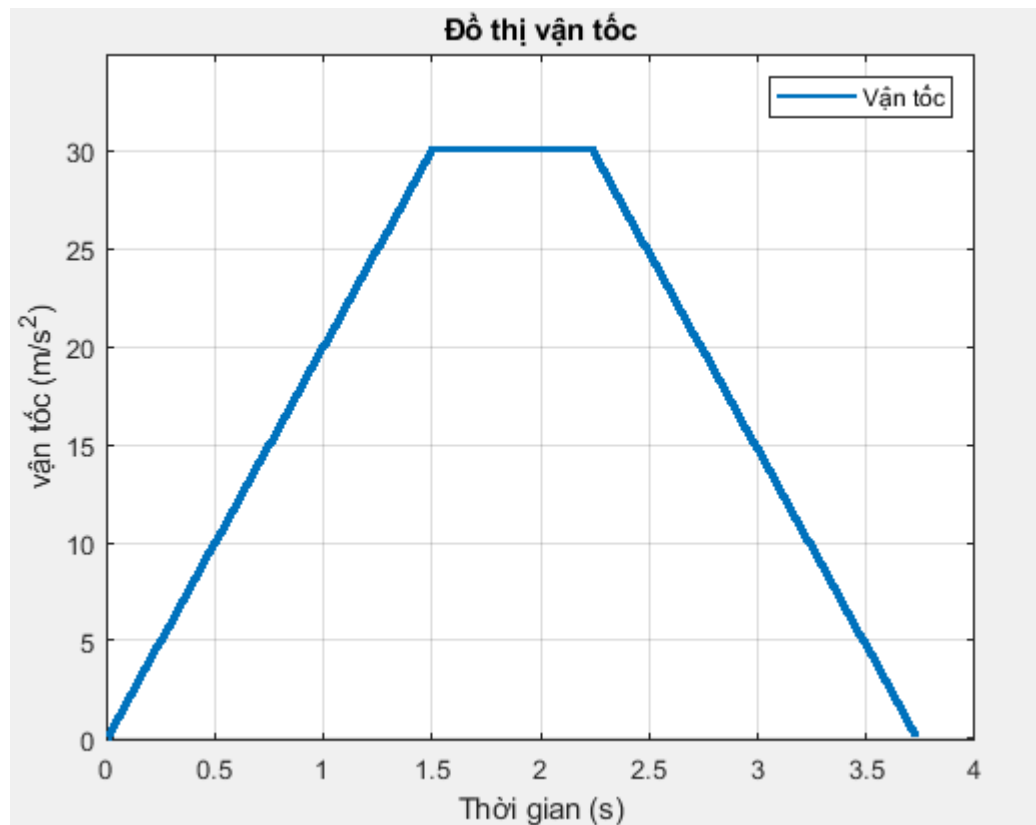
Trong đó:  $i = N_A + N_C, N_A + N_C + 1, N_A + N_C + 2, \dots, N_A + N_C + N_D - 1$

$V_i$ : Tốc độ ở chu kì thứ  $i$

$L_i$ : Quãng đường đi được trong chu kì thứ  $i$

$N_D = \frac{T_D}{T_{ipo}}$ : Số chu kì giảm tốc

Với thông số lựa chọn ta có profile tốc độ:



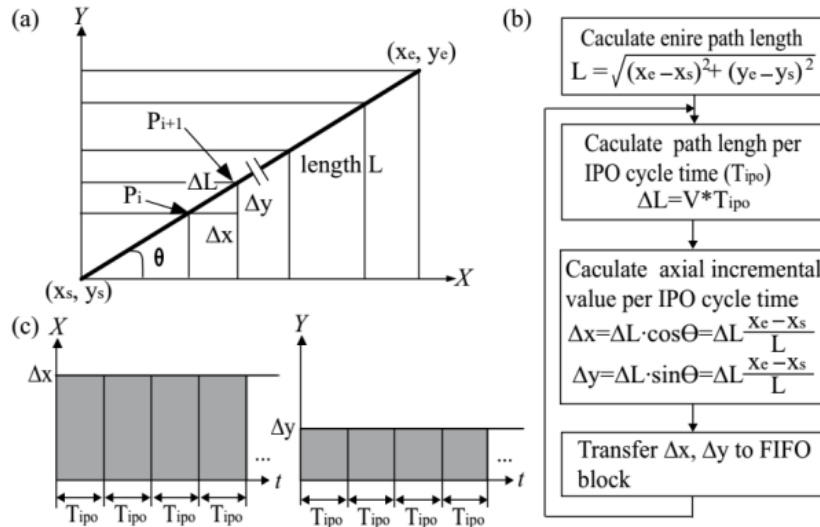
Hình 2. 4 Đồ thị vận tốc

#### Bước 4: Nội suy thô

Tính độ dịch chuyển trong mỗi chu kỳ nội suy:

$$S_i = T_{ipo} \left( \frac{V_i + V_{i+1}}{2} \right) \text{ Với } i = 0, 1, 2, \dots, N_A + N_C + N_D - 1$$

## Bước 5: Mapping to each axis



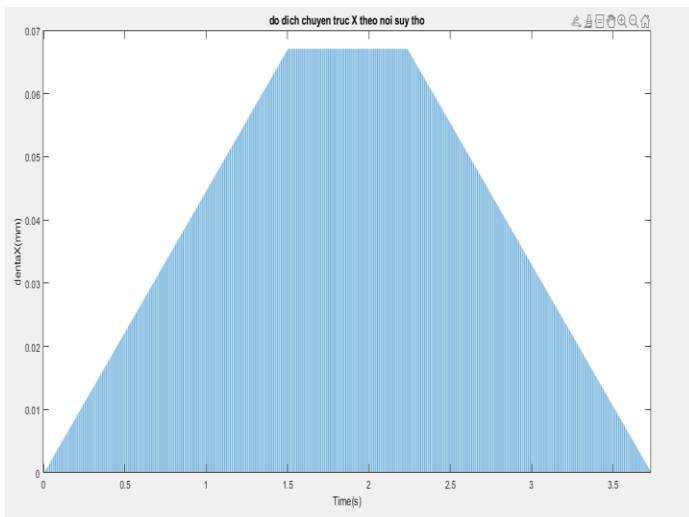
Hình 2. 5 Tham chiếu độ dịch chuyển lên các trục X, Y

Độ dịch chuyển trong mỗi chu kì:

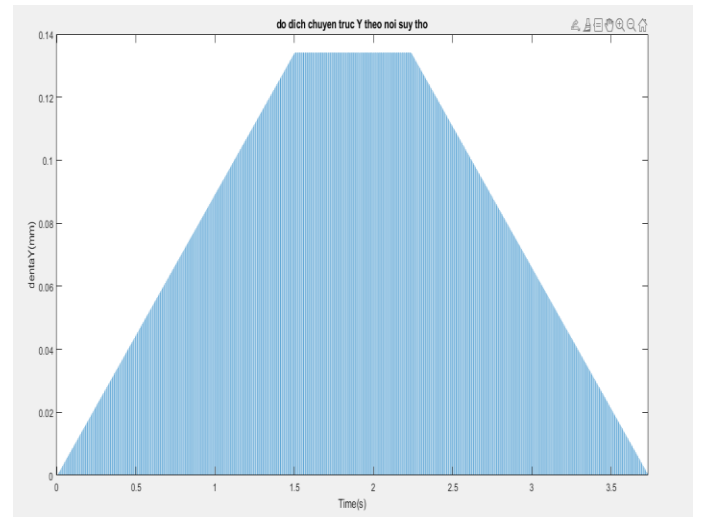
$$\Delta L_i = V \cdot T_{ipo} = S_i = \left( \frac{V_i + V_{i+1}}{2} \right) T_{ipo}$$

$$\Delta x_i = \Delta L_i \frac{x_B - x_A}{L}; \quad \Delta y_i = \Delta L_i \frac{y_B - y_A}{L}$$

Ta có đồ thị biểu diễn độ dịch chuyển các trục theo nội suy thô.



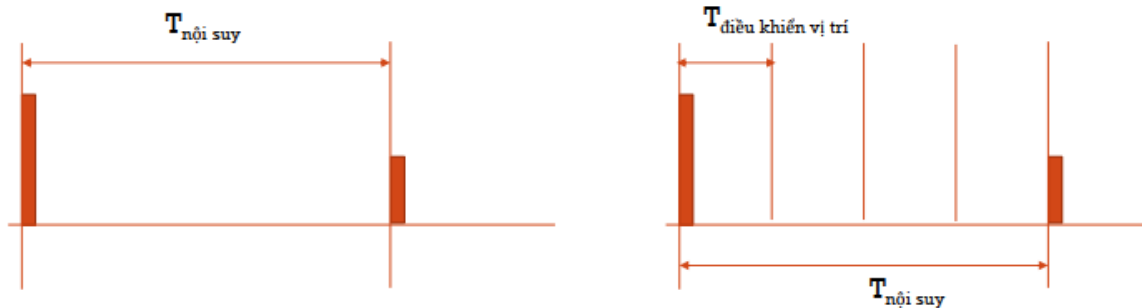
Hình 2. 6 Delta x sau khi nội suy thô



Hình 2. 7 Delta y sau khi nội suy thô

## Bước 6: Nội suy tĩnh

Do chu kì nội suy lớn hơn chu kì điều khiển nên cần chia nhỏ các giá trị độ dịch chuyển  $\Delta x_i$ ,  $\Delta y_i$  theo chu kì điều khiển. Tạo ra các đầu vào lượng đặt tại các thời



Hình 2. 8 Chu kì nội suy và chu kì điều khiển

điểm phát tín hiệu điều khiển

Ta có chu kì nội suy  $T_{ipo} = 5(\text{ms})$ , chu kì điều khiển  $T_{dk} = 1(\text{ms})$  suy ra:

$$N = \frac{T_{ipo}}{T_{dk}} = 5$$

- **Phương pháp tuyến tính**

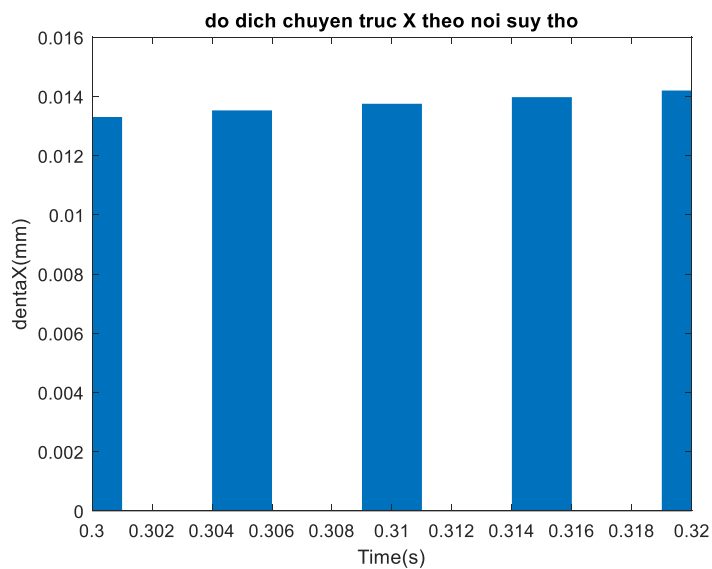
Trong mỗi chu kì trích mẫu của bộ điều khiển vị trí sẽ gửi tín hiệu điều khiển động cơ di chuyển 1 đoạn  $a(i)$  với:

$$a(i) = \frac{\Delta(i)}{N}$$

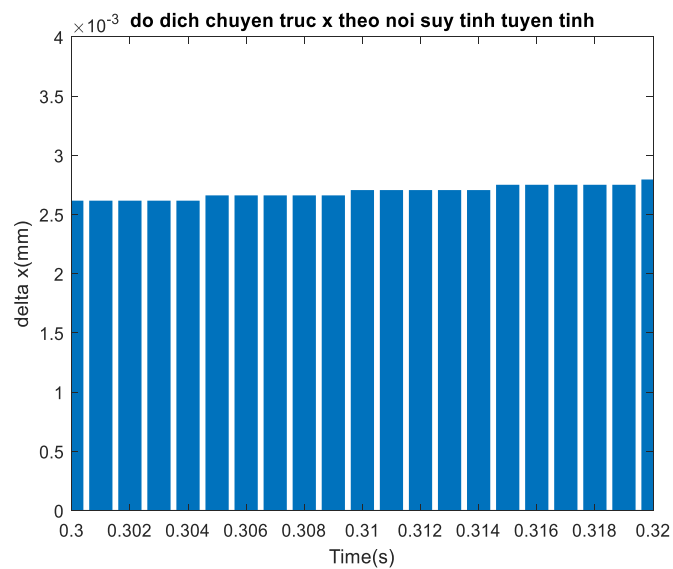
Trong đó:  $a(i)$ : quãng đường di chuyển trong mỗi chu kì nội suy tĩnh

$\Delta(i)$ : độ dịch chuyển của trục trong mỗi chu kì nội suy thô

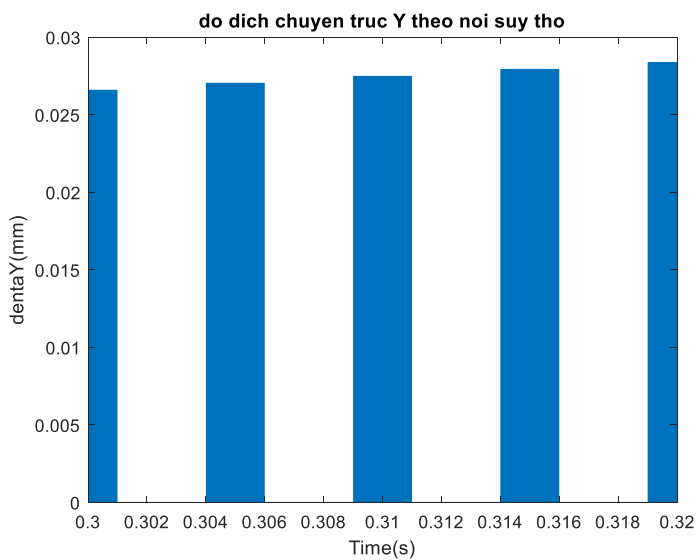
$$N = \frac{T_{ipo}}{T_{dk}} = 5$$



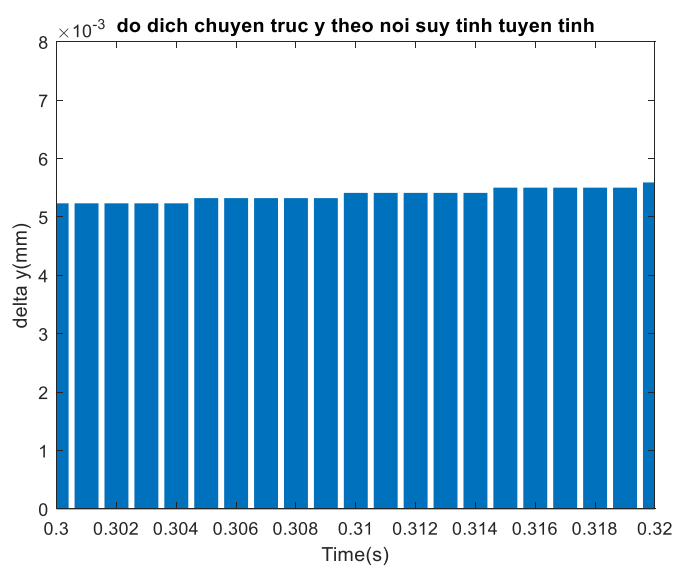
Hình 2. 9 Delta x nội suy thô



Hình 2. 10 Delta x nội suy tuyến tính



Hình 2. 11 Delta y nội suy thô



Hình 2. 12 Delta y nội suy tuyến tính

- **Phương pháp trung bình**

Công thức tổng quát:

$$b(j) = \frac{\sum_{k=-\frac{N}{2}+1}^{\frac{N}{2}} a(j-k)}{N}, b'(j) = \frac{\sum_{k=-\frac{N}{2}}^{\frac{N}{2}-1} a(j-k)}{N}, b''(j) = \frac{b(j) + b'(j)}{2}$$

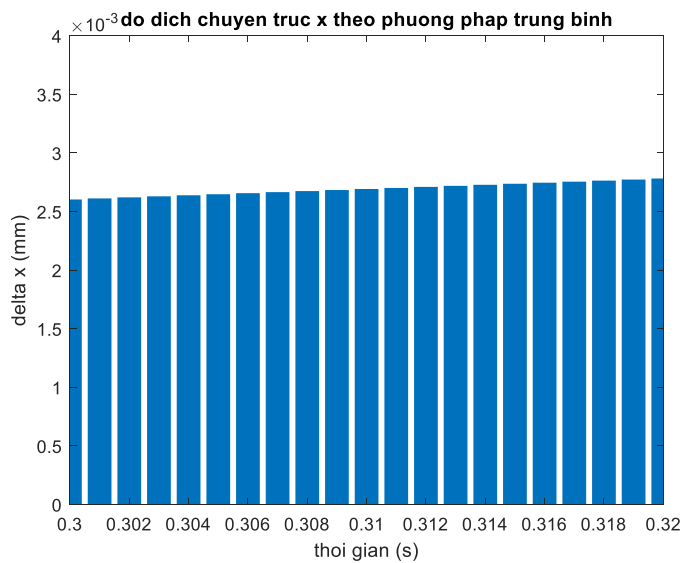
Với N=5 ta có:

$$b(j) = \frac{a(j+2) + a(j+1) + a(j) + a(j-1) + a(j-2)}{5}$$

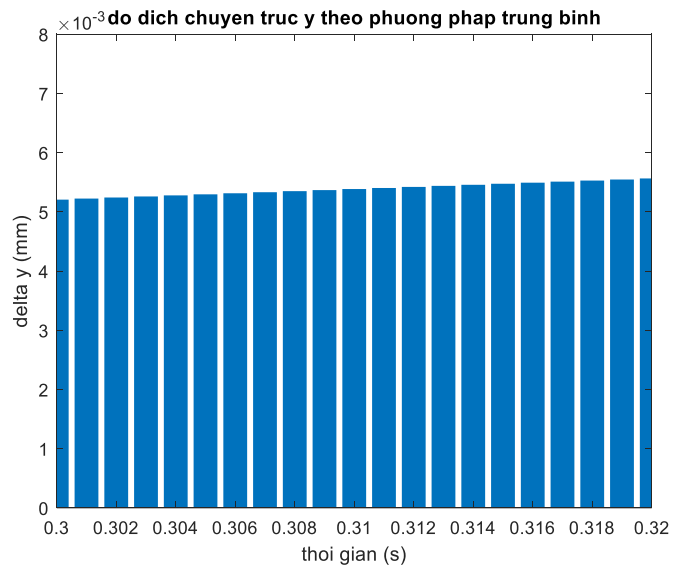
$$b'(j) = \frac{a(j+3) + a(j+2) + a(j+1) + a(j) + a(j-1)}{5}$$

$$b''(j) = \frac{b(j) + b'(j)}{2}$$

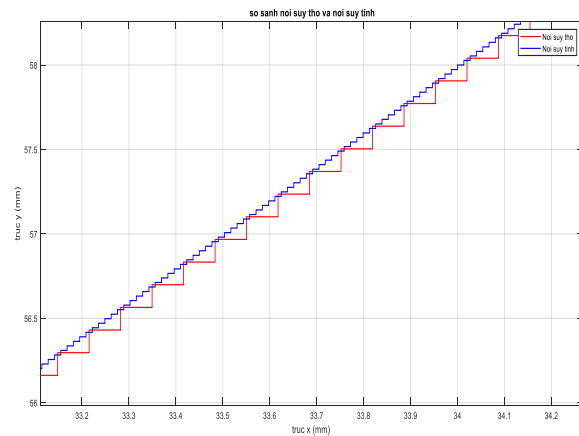
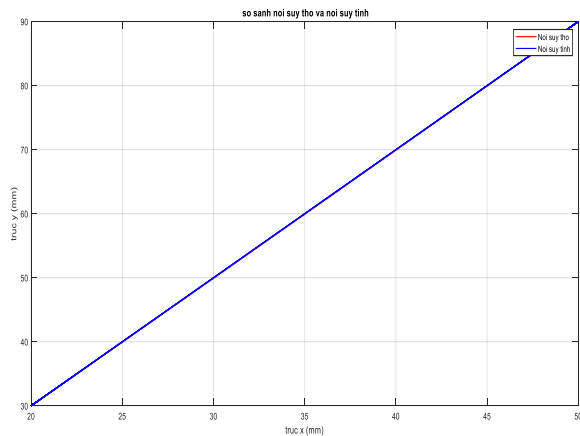
Ta có đồ thị:



Hình 2. 13 Delta x nội suy trung bình

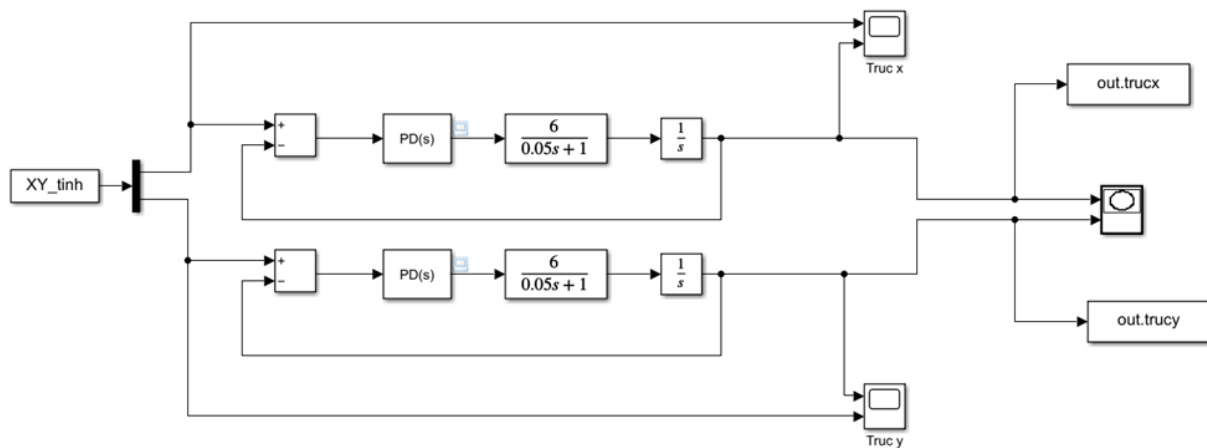


Hình 2. 14 Delta y nội suy trung bình



Hình 2. 15 So sánh quỹ đạo đặt nội suy tinh và nội suy thô

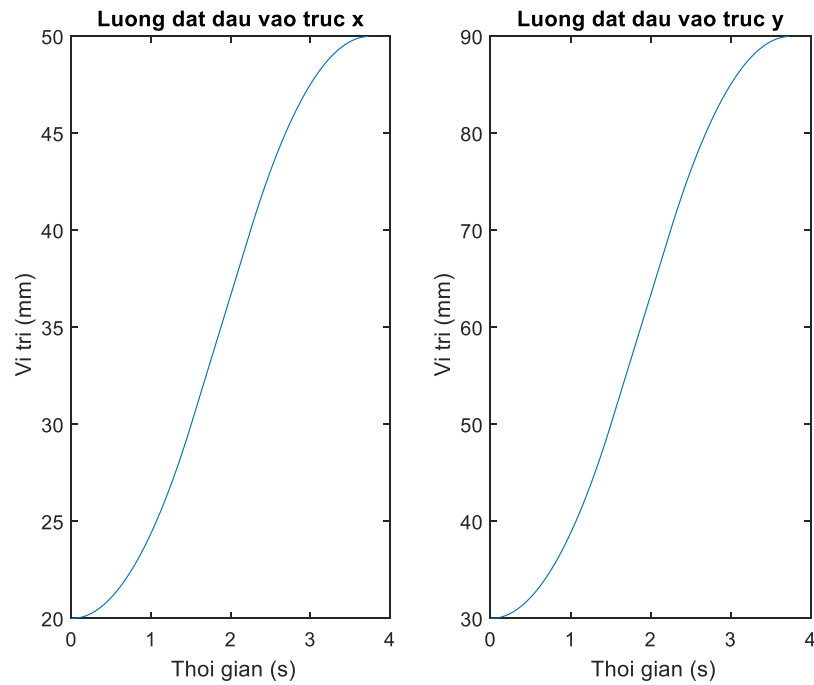
## Bước 7: Đưa dữ liệu đến bộ điều khiển vị trí



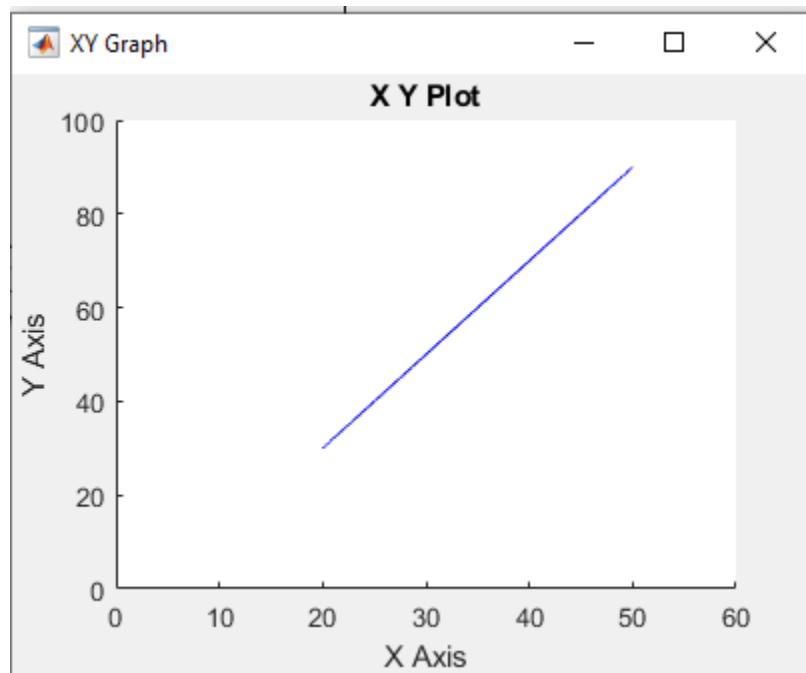
Hình 2. 16 Cấu trúc bộ điều khiển



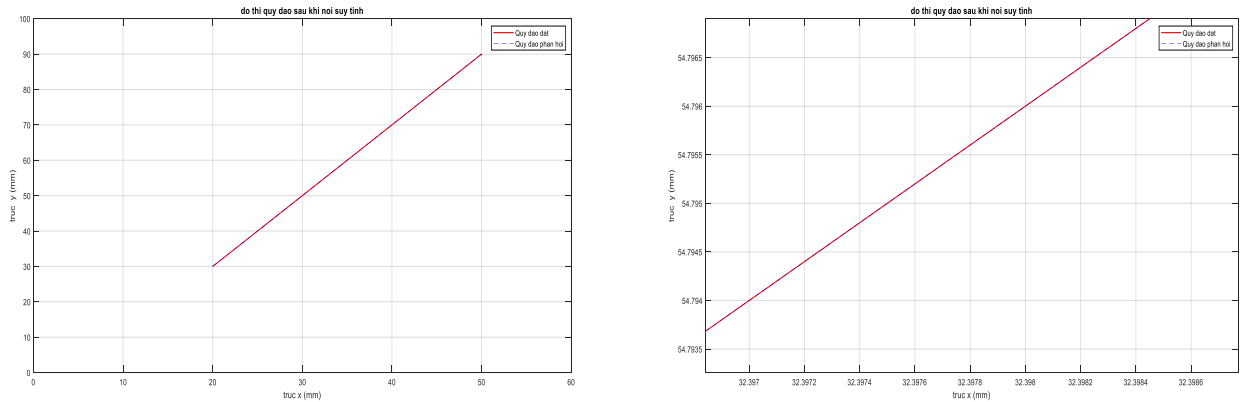
## Kết quả mô phỏng:



Hình 2. 17 Luồng đặt hai trục x và y



Hình 2. 18 Đáp ứng đầu ra của bộ điều khiển



Hình 2. 19 So sánh quỹ đạo đặt và quỹ đạo phản hồi

**Nhận xét: Quỹ đạo phản hồi bám sát với quỹ đạo đặt, sai số gần như bằng 0.**

## 2.2. Nội suy theo quỹ đạo đường tròn

Thông số bài toán:

- Từ điểm  $O(0;0)$  đến điểm  $A(30;0)$ , tâm đường tròn  $(15;0)$
- Gia tốc tăng tốc cho phép:  $A = 20 \text{ mm/s}^2$
- Gia tốc giảm tốc cho phép:  $D = 20 \text{ mm/s}^2$
- Chu kỳ nội suy:  $T_{ip} = 0.005$
- Chu kỳ điều khiển:  $T_{dk} = 0.001$
- Tốc độ ăn dao (tốc độ dài):  $F = 20 \text{ mm/s}$
- Góc nội suy:  $180^\circ$
- Nội suy thuận chiều kim đồng hồ

Tính toán được các giá trị:

- Bán kính đường tròn:  $R = \sqrt{(x_A - x_O)^2 + (y_A - y_O)^2}$
- Gia tốc góc tăng tốc cho phép:  $A_t = A/R$
- Gia tốc góc giảm cho phép:  $D_t = D/R$
- Tốc độ góc:  $W = F/R$
- Góc ban đầu:
  - $\theta_{bđ} = \arccos\left(\frac{x_C - x_O}{R}\right)$  khi  $(y_C - y_O) \geq 0$
  - $\theta_{bđ} = 2\pi - \arccos\left(\frac{x_C - x_O}{R}\right)$  khi  $(y_C - y_O) < 0$

Tính toán nội suy theo quỹ đạo đường tròn tương tự quỹ đạo đường thẳng.

### Bước 1: Kiểm tra quỹ đạo dạng normal block hay short block

Kiểm tra công thức:  $\frac{W^2}{2A_t} + \frac{W^2}{2D_t} \leq \theta$

Trong đó: W: Tốc độ góc

$A_t$  và  $D_t$ : lần lượt là gia tốc tăng tốc và giảm tốc

$\theta$  là góc cần di chuyển

Nếu công thức thỏa mãn là Normal Block, ngược lại là Short Block

### Bước 2: Tính toán thời gian tăng tốc ( $T_A$ ), thời gian giảm tốc ( $T_D$ ), vận tốc không đổi ( $T_C$ )

- Normal Block:

$$T_A = \frac{W}{A_t}; \quad T_D = \frac{W}{D_t}; \quad T_C = \frac{\theta - \frac{W^2}{2A_t} - \frac{W^2}{2D_t}}{W}$$

- Short Block

$$T'_A = \frac{W'}{A_t}; \quad T'_D = \frac{W'}{D_t}; \quad \theta = \frac{W'(T'_A + T'_D)}{2}$$

Với thông số đã chọn ta có:

$$\frac{W^2}{2A_t} + \frac{W^2}{2D_t} = < \theta = \pi$$

Vậy profile tốc độ theo dạng Normal Block

Tính toán thời gian tăng giảm tốc:

$$T_A = \frac{W}{A_t} = \frac{2}{2} = 1(s); T_D = \frac{W}{D_t} = \frac{2}{2} = 1(s); T_C = \frac{\theta - \frac{W^2}{2A_t} - \frac{W^2}{2D_t}}{W} = 0,5708(s)$$

### Bước 3: Xây dựng profile tốc độ.

Normal Block:

- Giai đoạn tăng tốc:

$$W_{i+1} = W_i + T_{ipo} \cdot A_t$$
$$\theta_i = \frac{W_{i+1}^2 - W_i^2}{2A_t} = \frac{(W_{i+1} + W_i) \cdot (W_{i+1} - W_i)}{2A_t} = \frac{(W_{i+1} + W_i)}{2} \cdot T_{ipo}$$

Với  $i = 0, 1, 2, \dots, N_A - 1$

$\theta_i$ : Góc dịch chuyển trong chu kì thứ  $i$

$N_A = \frac{T_A}{T_{ipo}}$ : Số chu kì tăng tốc

- Giai đoạn chuyển động đều:

$$W_{i+1} = W_i$$
$$a_i = W_i \cdot T_{ipo}$$

Với  $i = N_A, N_A + 1, N_A + 2, \dots, N_A + N_c - 1$

$a_i$ : góc dịch chuyển chu kì thứ  $i$

$N_c = \frac{T_c}{T_{ipo}}$ : Số chu kì chuyển động đều

- Giai đoạn giảm tốc:

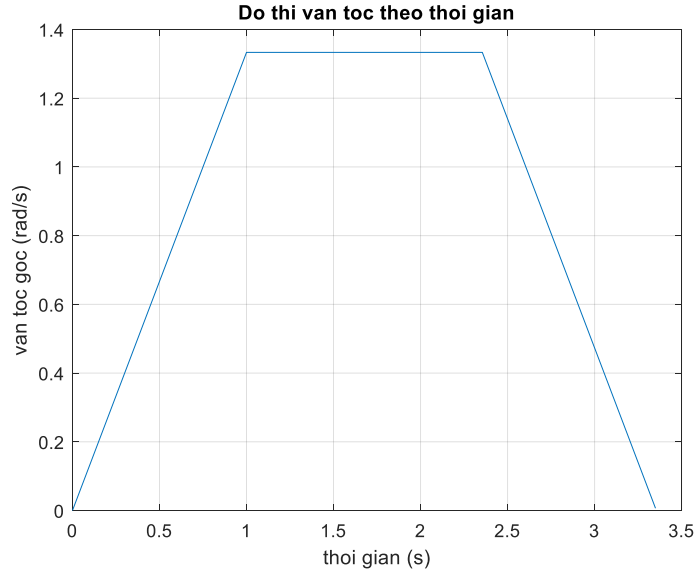
$$W_{i+1} = W_i - T_{ipo} \cdot D_t$$
$$\alpha_i = \frac{W_i^2 - W_{i+1}^2}{2D_t} = \frac{(W_{i+1} + W_i) \cdot (W_i - W_{i+1})}{2D_t} = \frac{(W_{i+1} + W_i)}{2} \cdot T_{ipo}$$

Với  $i = N_A + N_c, N_A + N_c + 1, N_A + N_c + 2, \dots, N_A + N_c + N_D - 1$

$\alpha_i$ : là góc dịch chuyển thứ  $i$

$N_D = \frac{T_D}{T_{ipo}}$ : Số chu kì giảm tốc

Ta có profile tốc độ:



Hình 2. 18 Đồ thị vận tốc

#### Bước 4: Nội suy thô

Tính góc dịch chuyển trong mỗi chu kỳ nội suy:

$$\alpha_i = T_{ipo} \left( \frac{W_i + W_{i+1}}{2} \right) \text{ với } i = 0, 1, 2, \dots, N_A + N_C + N_D - 1$$

#### Bước 5: Mapping to each axis

Chia làm 2 trường hợp:

- Nội suy thuận chiều kim đồng hồ: Tính được góc tại vị trí tiếp theo:

$$\theta_{i+1} = \theta_i - \alpha_i$$

- Nội suy ngược chiều kim đồng hồ: Tính được góc tại vị trí tiếp theo:

$$\theta_{i+1} = \theta_i + \alpha_i$$

Với  $i = 0, 1, 2, \dots, N_A + N_C + N_D - 1$

$$\theta_0 = \theta_{bđ}$$

Từ đó tính được độ dịch chuyển trên 2 trục X, Y:

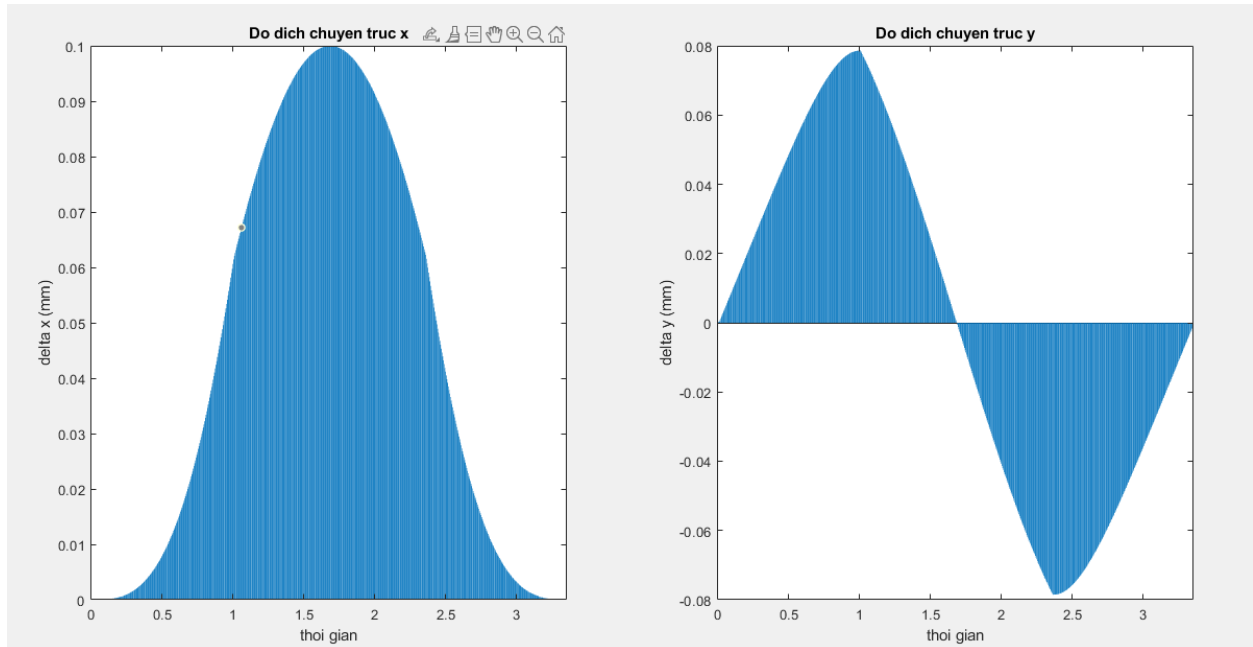
- Trục X:

$$\begin{aligned} \Delta x_i &= x_{i+1} - x_i = (x_o + R \cdot \cos(\theta_{i+1})) - (x_o + R \cdot \cos(\theta_i)) \\ &= R \cdot \cos(\theta_{i+1}) - R \cdot \cos(\theta_i) \end{aligned}$$

- Trục Y:

$$\begin{aligned}\Delta y_i &= y_{i+1} - y_i = (x_o + R. \sin(\theta_{i+1})) - (x_o + R. \sin(\theta_i)) \\ &= R. (\sin(\theta_{i+1}) - R. \sin(\theta_i))\end{aligned}$$

Ta thu được đồ thị biểu diễn độ dịch chuyển các trục theo nội suy thô.

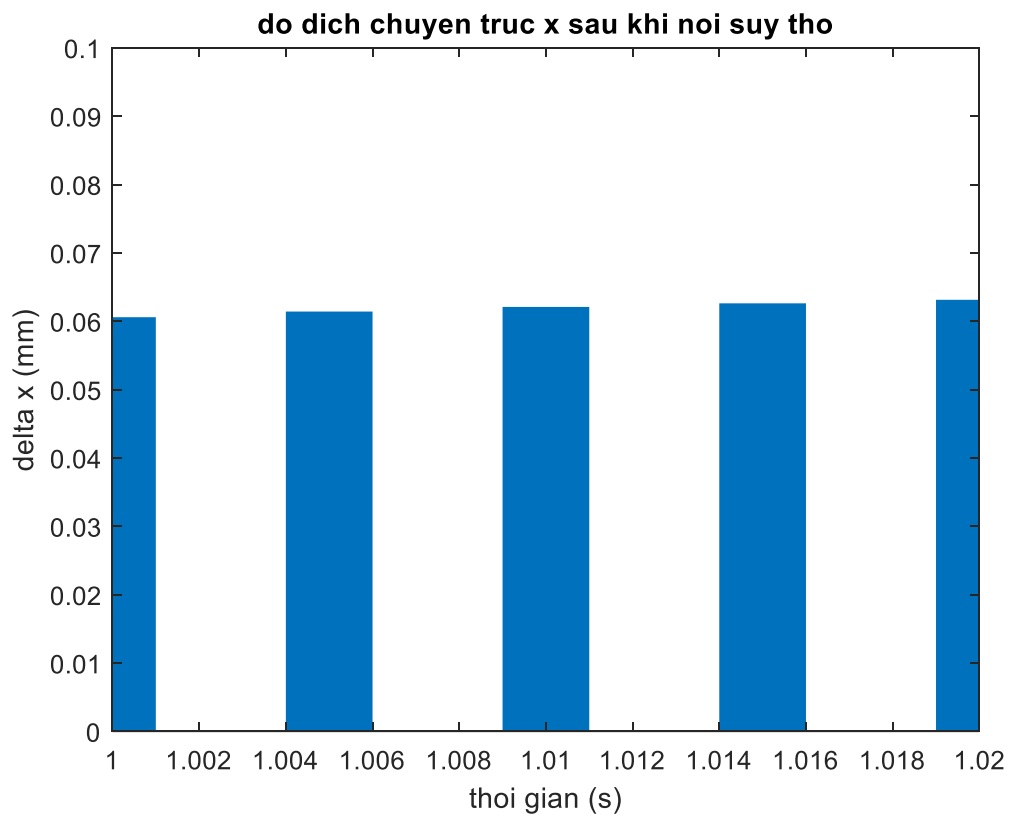


Hình 2. 19 Delta x,y sau khi nội suy thô

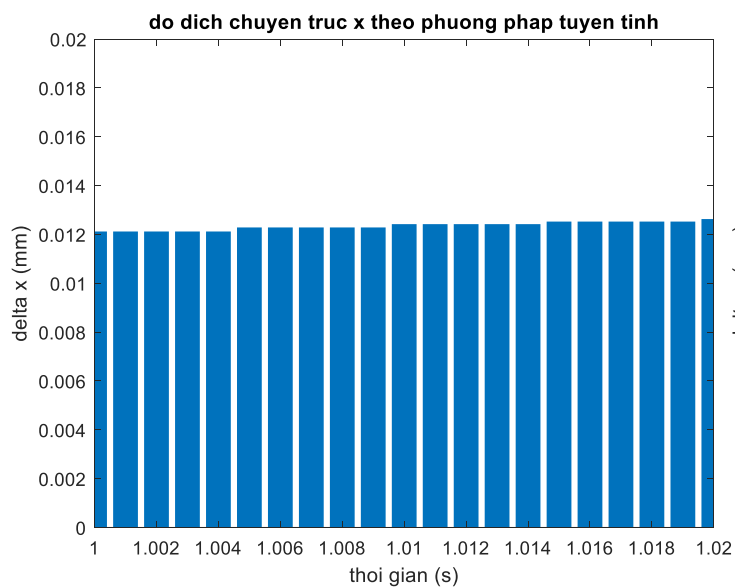
### Bước 6: Nội suy tinh.

Ta có 2 phương pháp tuyến tính và trung bình. Thực hiện tương tự với nội suy đường thẳng

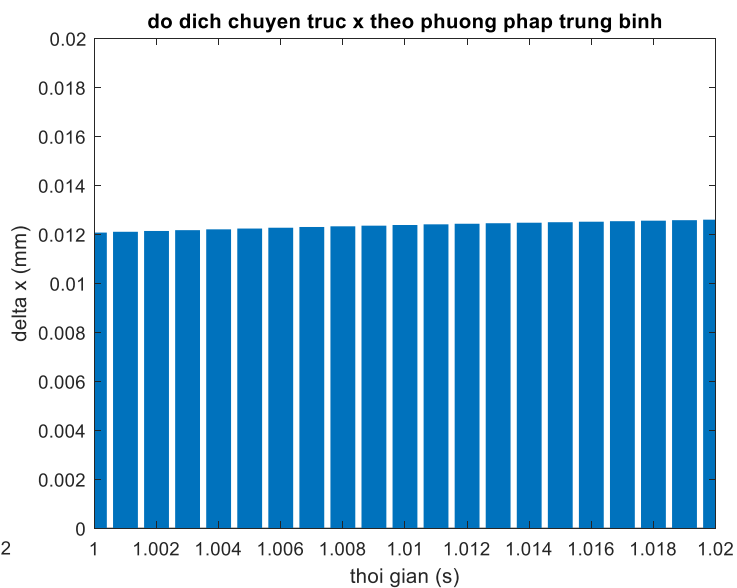
Trục x:



*Hình 2. 20 Delta x sau khi nôi suy tho*

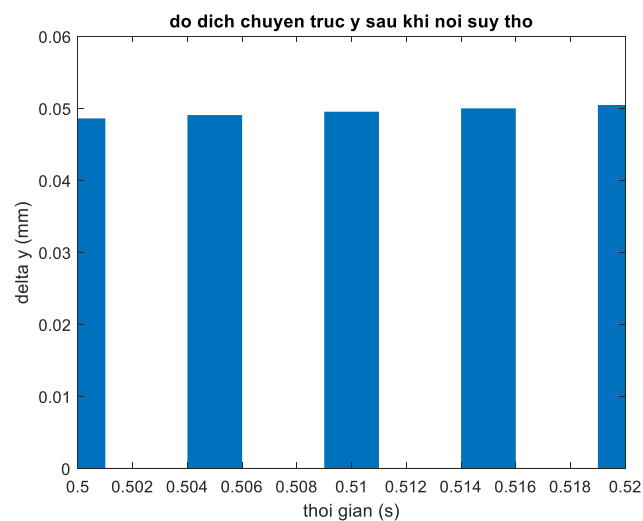


*Hình 2. 21 Delta x nôi suy tuyến tính*

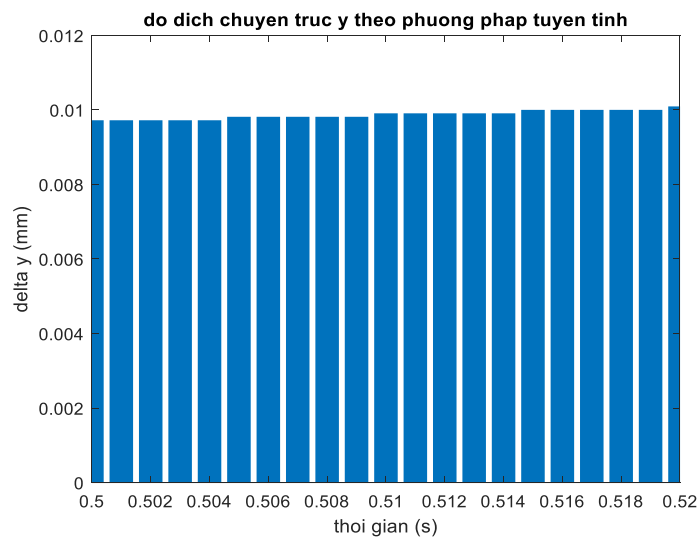


*Hình 2. 22 Delta x nôi suy trung bình*

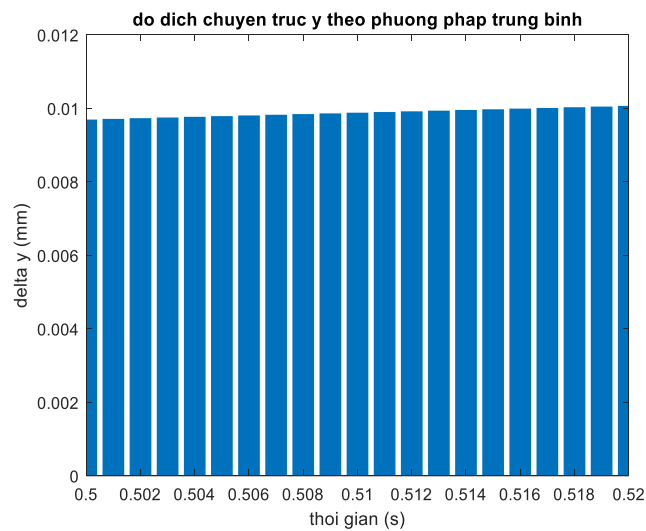
Trục y:



Hình 2. 23 Delta y nội suy thô

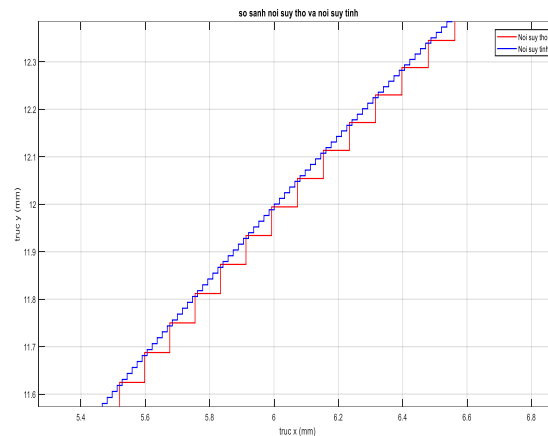
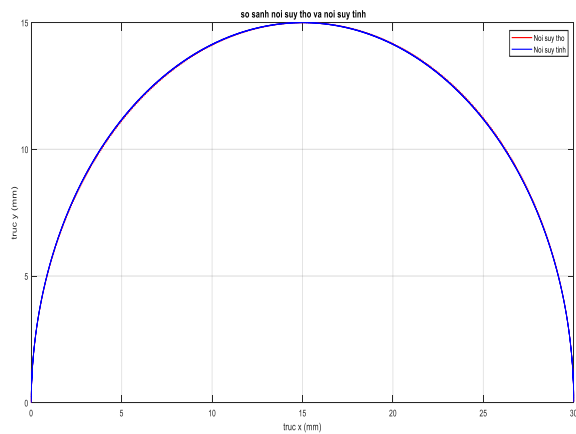


Hình 2. 24 Delta y nội suy tuyến tính



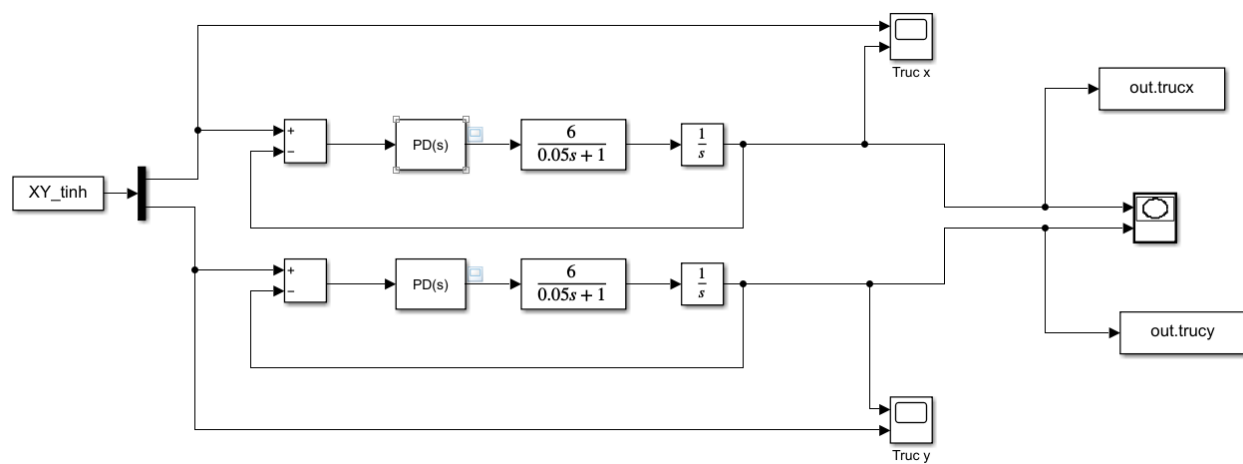
Hình 2. 25 delta y nội suy trung bình



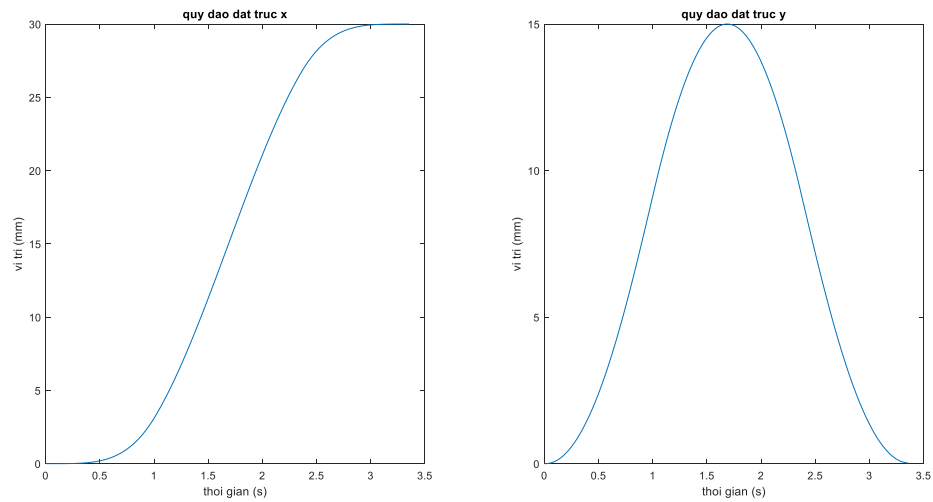


Hình 2. 26 So sánh quỹ đạo nội suy thô và nội suy tinh

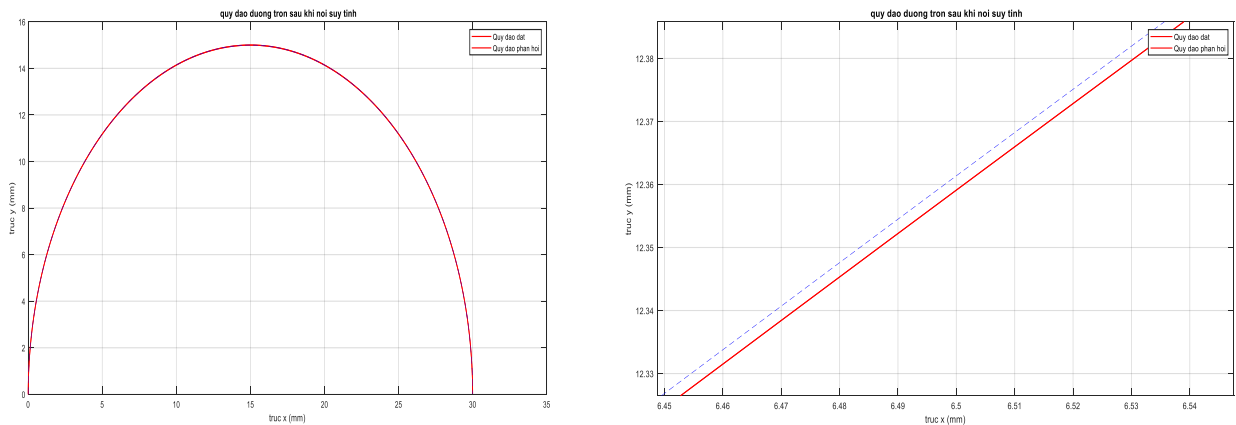
## Bước 7: Đưa dữ liệu đến bộ điều khiển vị trí



## Kết quả mô phỏng:



Hình 2. 26 Quỹ đạo đặt hai trục x y



Hình 2. 27 So sánh quỹ đạo đặt và quỹ đạo phản hồi

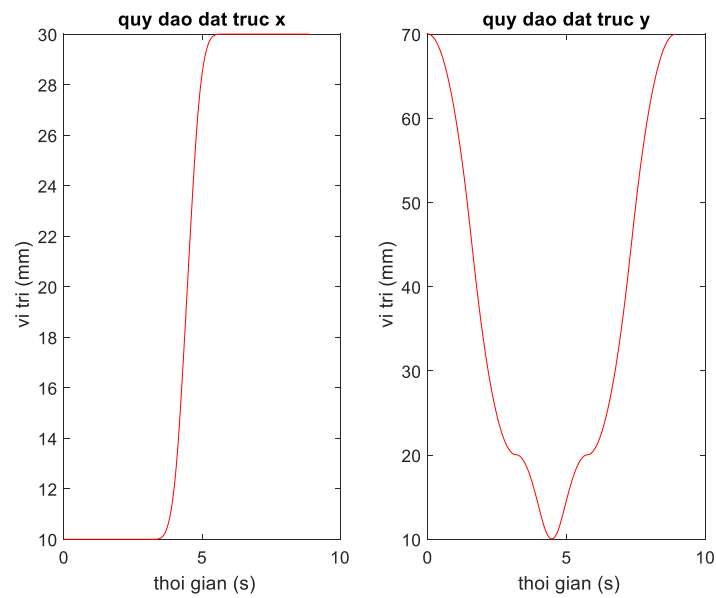
**Nhận xét: Quỹ đạo đường tròn sau bộ điều khiển bám sát với quỹ đạo đặt với sai số rất nhỏ .**

## 3 Nội suy chữ U

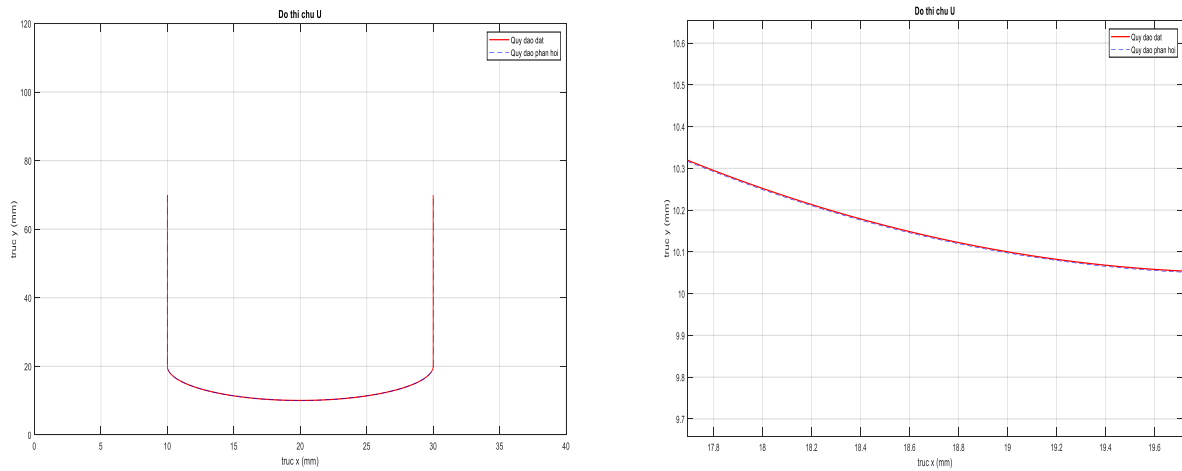
Tiến hành nội suy với lệnh đặt là chữ U. Chữ U được ghép bởi 2 đường thẳng và 1 nửa đường tròn. Ta thực hiện vẽ chữ U gồm 3 giai đoạn:

- Giai đoạn 1: Đường thẳng bắt đầu từ điểm A(10;70) đến điểm B(10;20)
- Giai đoạn 2: Nửa đường tròn từ điểm B(10;20) đến điểm C(30;20), góc nội suy 180 độ
- Giai đoạn 3: đường thẳng từ điểm C(30;20) đến điểm D(30;70)

## Kết quả mô phỏng



Hình 2. 28 Quỹ đạo đặt hai trục x y

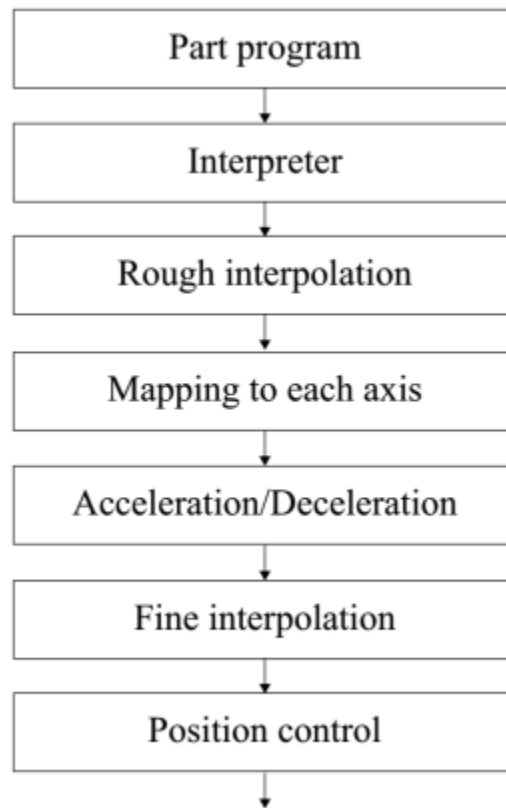


Hình 2. 29 So sánh quỹ đạo đặt và quỹ đạo phản hồi

**Nhận xét: quỹ đạo phản hồi bám sát giá trị đặt, giá trị sai số gần như bằng 0.**

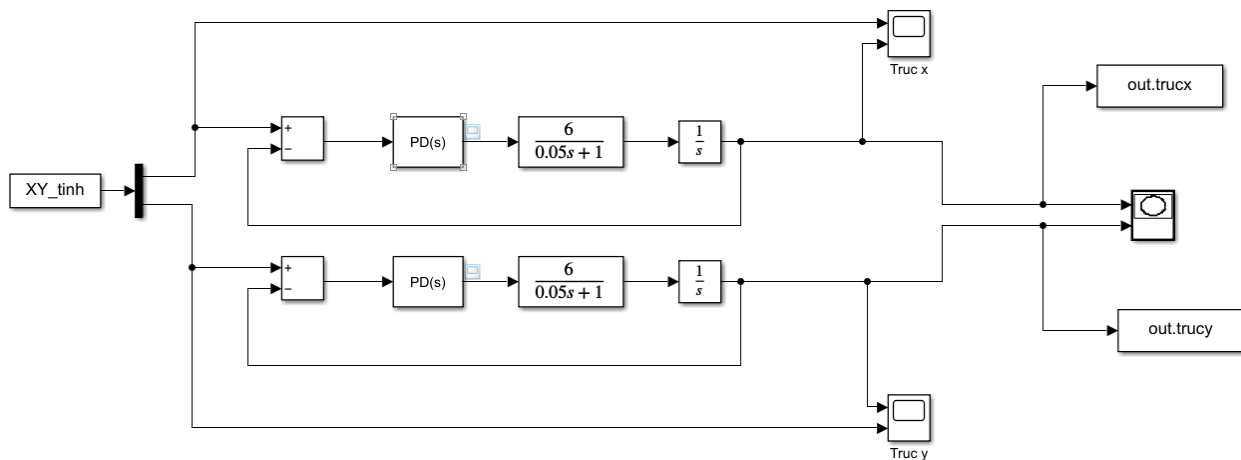
#### 4. Thiết kế sau nội suy ADCAI

Cấu trúc điều khiển:



Hình 4. 1 Cấu trúc nội suy theo ADCAI

#### Cấu trúc bộ điều khiển



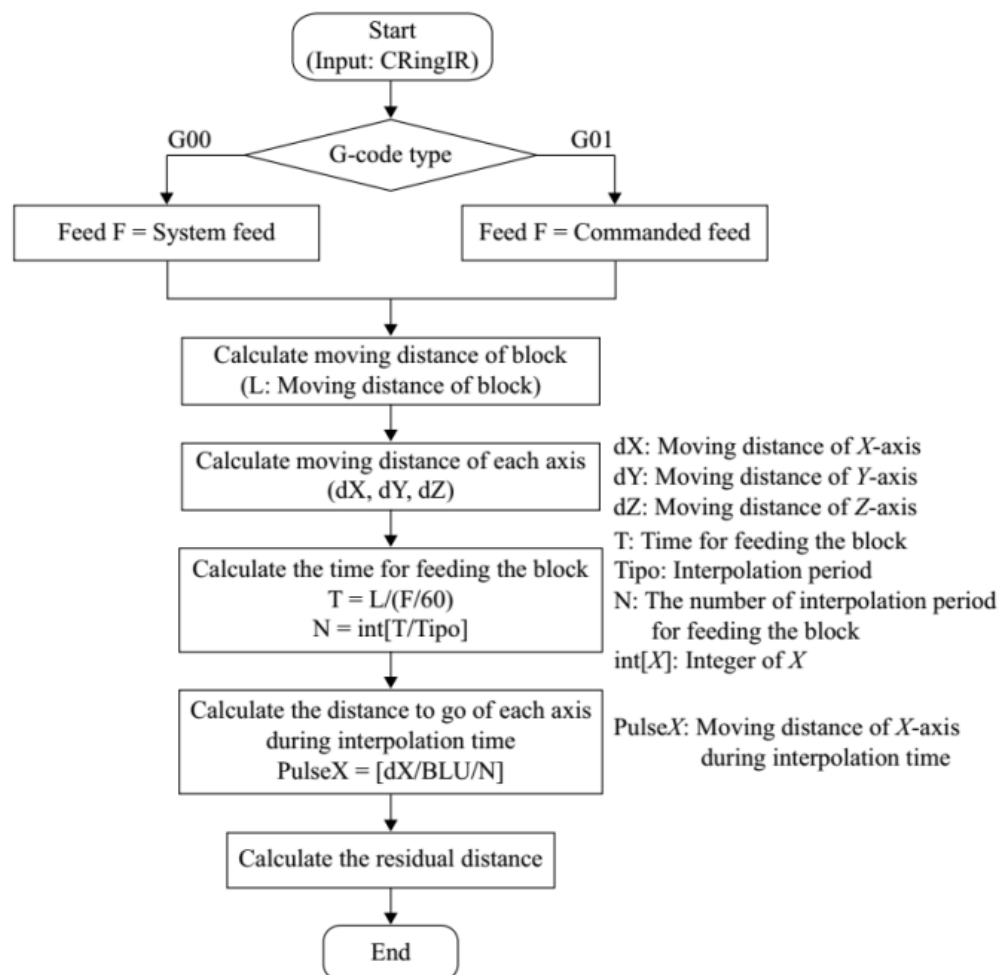
Hình 4.2 Cấu trúc bộ điều khiển

#### 4.1. Nội suy theo quỹ đạo đường thẳng

Thông số lựa chọn:

- Từ điểm A(20;30) đến điểm B(50;90)
- Gia tốc tăng tốc cho phép:  $A = 20 \text{ mm/s}^2$
- Gia tốc giảm tốc cho phép:  $D = 20 \text{ mm/s}^2$
- Chu kỳ nội suy:  $T_{ipo} = 0.005 \text{ s}$
- Chu kỳ điều khiển:  $T_{dk} = 0.01 \text{ s}$
- Tốc độ ăn dao:  $F = 30 \text{ mm/s}$
- $BLU = 0.02$

##### Bước 1: Nội suy thô, mapping to each axis



Hình 4. 2 Lưu đồ thuật toán nội suy thô đường thẳng

Thực hiện tính toán độ dịch chuyển trên mỗi trục X, Y trong mỗi chu kì nội suy  $T_{ipo}$

Tính toán:

$$T = L/F = 2.23(s) ; N = \text{int}(T/T_{ipo}) = 447 \text{ chu kì nội suy}$$

$$\text{PulseX} = dX/BLU/N = 3 \text{ xung}, \text{PulseY} = dY/BLU/N = 7 \text{ xung}$$

$$\text{denta\_x} = 0.07 ; \text{denta\_y} = 0.13$$

## Bước 2: Thực hiện tăng tốc, giảm tốc (sử dụng bộ lọc số)

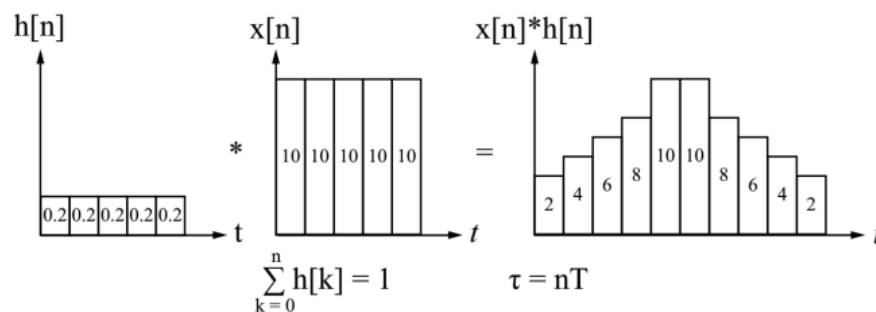
Theo lý thuyết bộ lọc kỹ thuật số, nếu tín hiệu đầu vào  $x[n]$  được nhập vào bộ lọc với phản ứng xung  $h[n]$ , tín hiệu đầu ra  $Y[n]$  được biểu thị bằng sự tích chập của  $h[n]$  và  $x[n]$ .

Tích chập chung của  $f_1[n]$  và  $f_2[n]$  cho một hệ thống rời rạc:

$$\begin{aligned} f[n] &= f_1[n] * f_2[n] \\ &= f_1[0]f_2[n] + \dots + f_1[k]f_2[n-k] + \dots + f_1[n]f_2[0] \end{aligned}$$

$$f[n] = f_1[n] * f_2[n] = \sum_{k=1}^n f_1[k] * f_2[n-k]$$

Giả sử rằng  $x[n]$  được định nghĩa là đầu ra của nội suy thô và  $h[n]$  là bộ lọc số. Ta thu được kết quả như hình dưới.



Chú ý: Hàm  $h[n]$  có  $n$  là số chu kì, thời gian tăng giảm tốc được tính theo công thức  $\tau = n * T_{ipo}$ , từ thời gian tăng giảm tốc sẽ tính được số chu kì của bộ lọc số. Giá trị mỗi xung của bộ lọc số có giá trị bằng  $1/n$

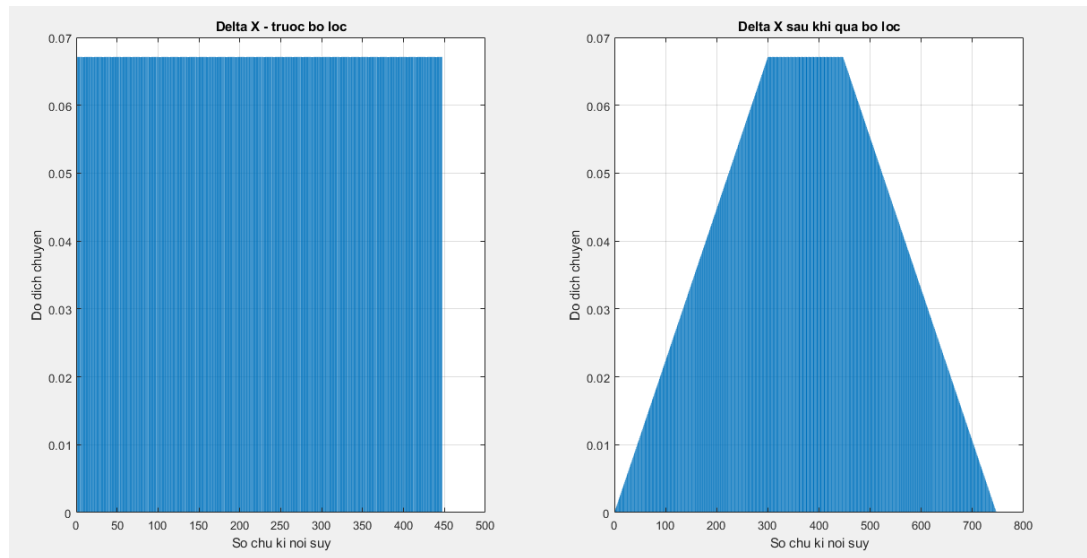
$$T_{acc} = F/A = 1(s)$$

$$\text{Số chu kì của bộ lọc số} : n = T_{acc}/T_{ipo} = 200$$

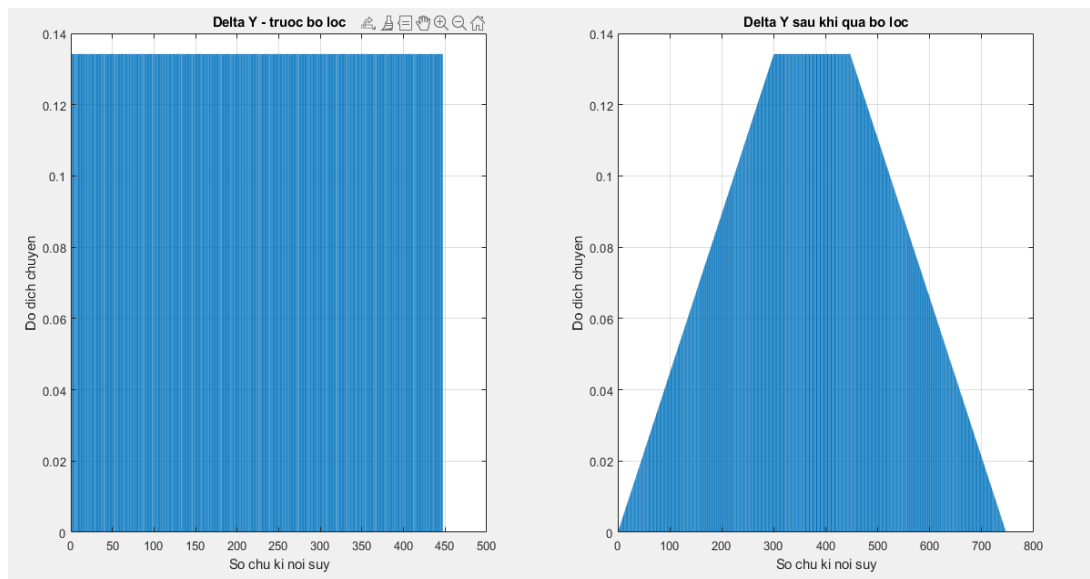
Các giá trị sau khi đi qua bộ lọc số được tính theo công thức:

$$\Delta X_{(i)} = \Delta X_{(i-1)} + \frac{X_{(i)} - X_{(i-n)}}{n}$$

Kết quả:

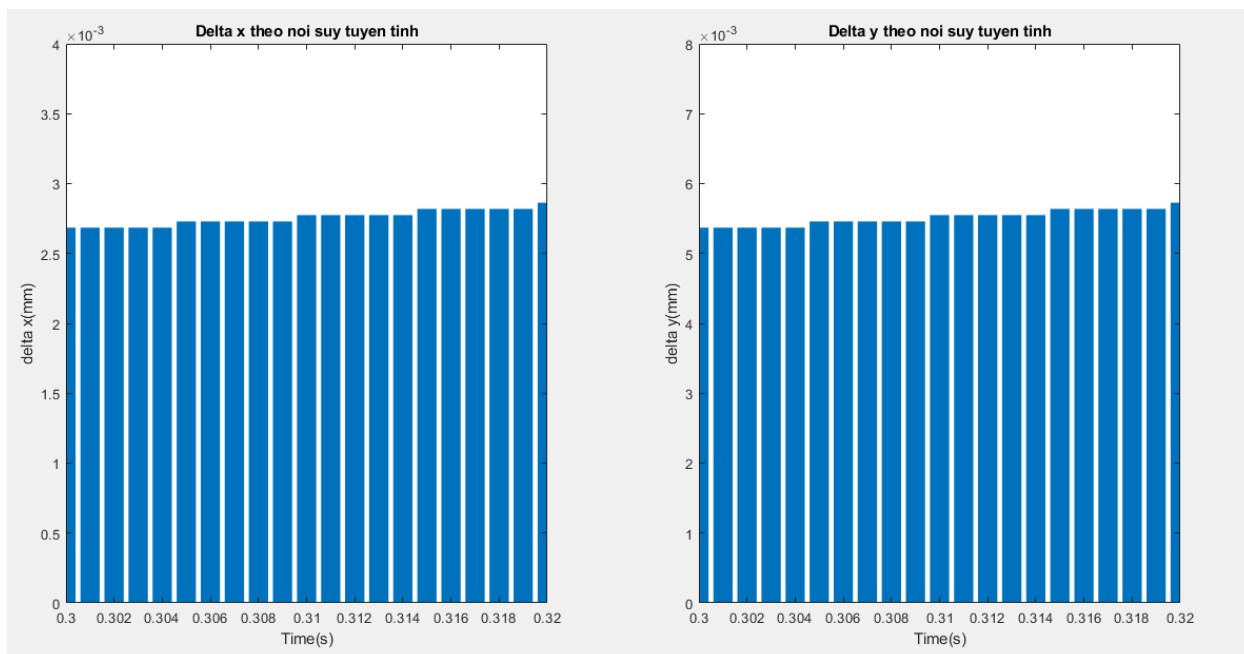


Hình 4. 3 Độ dịch chuyển trục x trước và sau khi qua bộ lọc

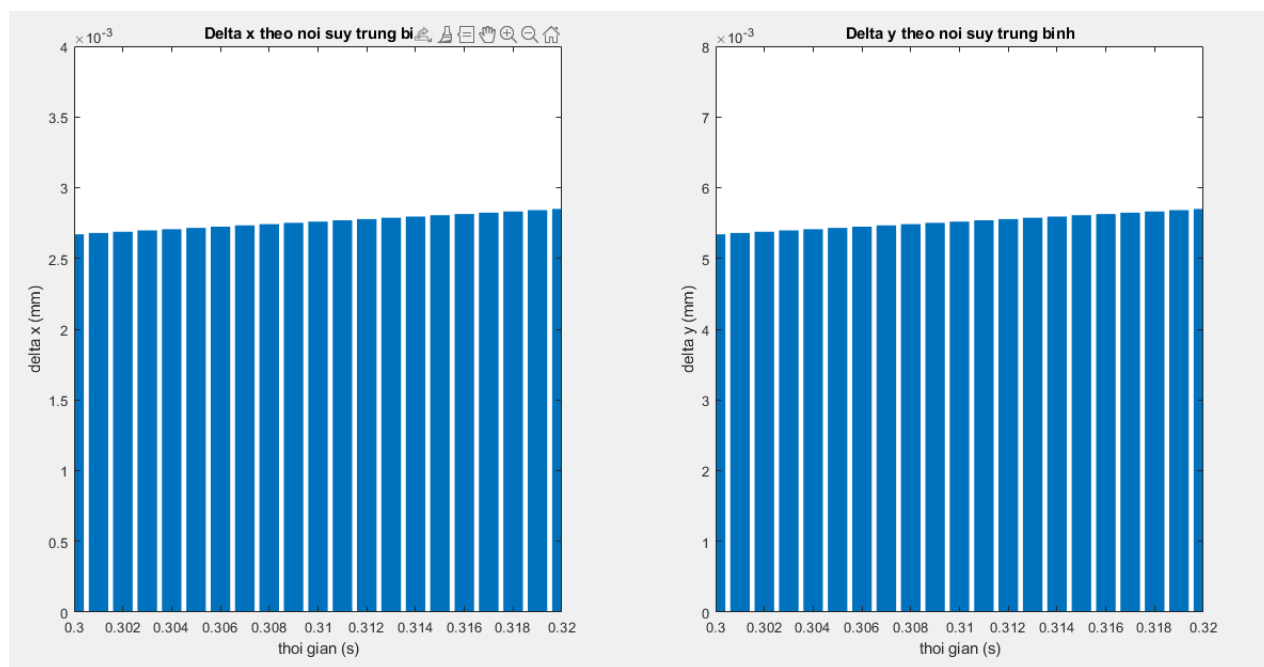


Hình 4. 4 Độ dịch chuyển trục y trước và sau khi qua bộ lọc

### Bước 3: Nội suy tĩnh



Hình 4. 5 Độ dịch chuyển trục x y theo nội suy tuyến tính

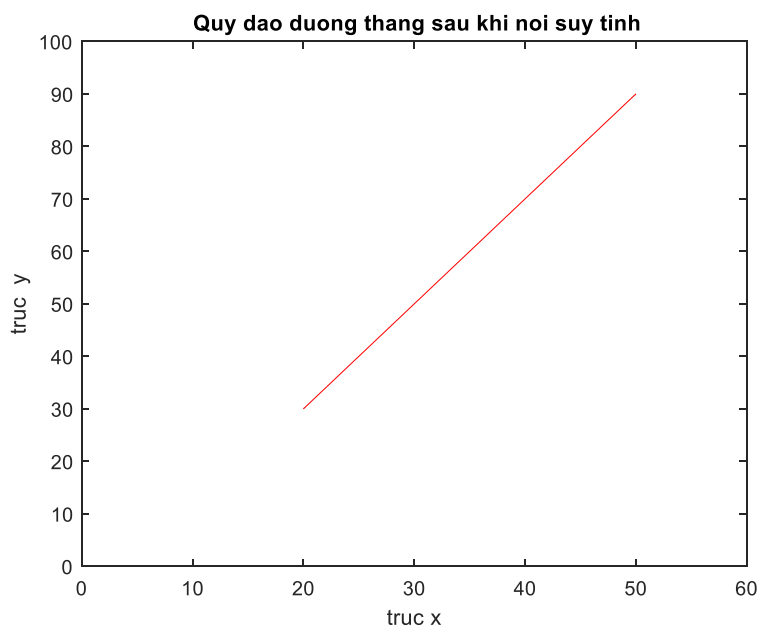


Hình 4. 6 Độ dịch chuyển trục x y theo nội suy trung bình

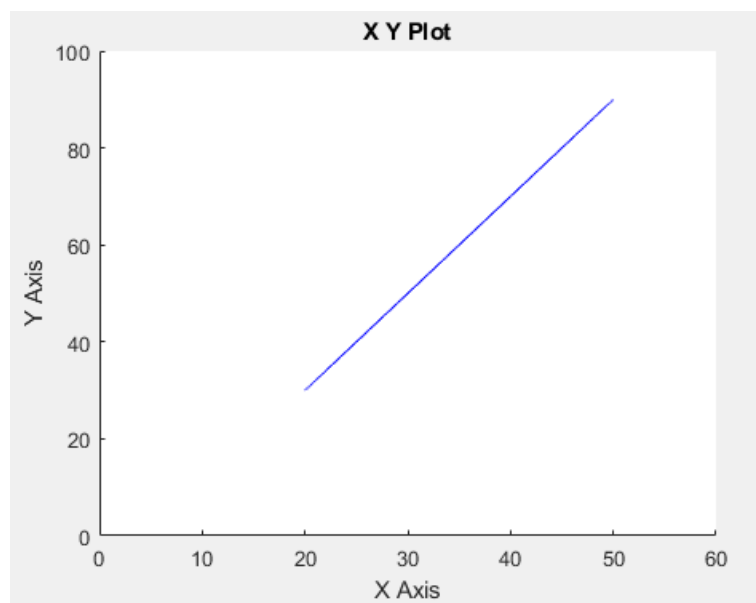


#### Bước 4: Đưa dữ liệu đến bộ điều khiển

Kết quả mô phỏng:



Hình 4. 7 Quỹ đạo đường thẳng sau khi nội suy tinh



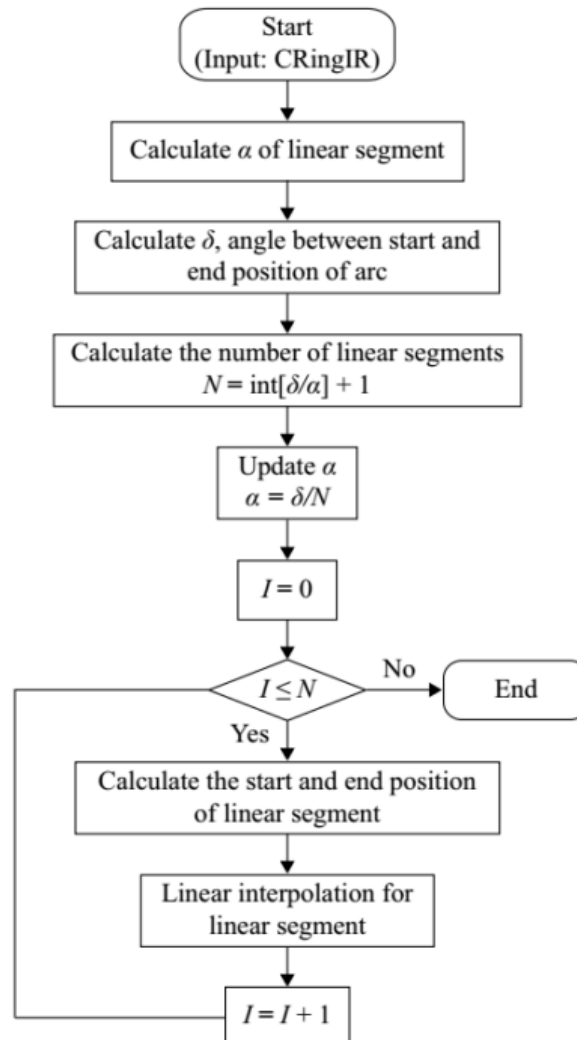
Hình 4. 8 Quỹ đạo đường thẳng qua bộ điều khiển

## 4.2. Nội suy theo quỹ đạo đường tròn

Thông số lựa chọn:

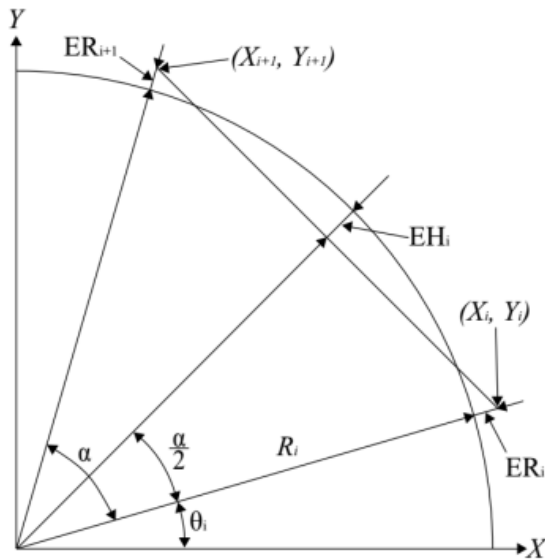
- Từ điểm: (0;0) Tâm (20;0) đến điểm (40;0)
- Gia tốc tăng tốc cho phép:  $A = 20 \text{ mm/s}^2$
- Gia tốc giảm tốc cho phép:  $D = 20 \text{ mm/s}^2$
- Chu kỳ nội suy:  $T_{ip} = 0.005$
- Chu kỳ điều khiển:  $T_{dk} = 0.001$
- Tốc độ ăn dao (tốc độ dài):  $F = 20 \text{ mm/s}$
- Góc nội suy:  $180^\circ$
- Nội suy thuận chiều kim đồng hồ

### Bước 1: Nội suy thô, Mapping to each axis



Hình 4. 9 Lưu đồ thuật toán nội suy thô đường tròn

Tính góc  $\alpha$ :



Sai lệch bán kính:  $ER(i) = i(C - 1)R$

Với  $C = \sqrt{A^2 + B^2}$ ,  $A = \cos \alpha$ ,  $B = \sin \alpha$

$i$  = số chu kỳ nội suy

Theo thuật toán Euler: với góc nội suy bất kỳ  $\theta$  và bước dịch chuyển cơ bản (BLU)

$$ER_{max} = \frac{\theta}{\alpha} \cdot (\sqrt{1 + \alpha^2} - 1) \cdot R$$

Suy ra:  $\alpha = \frac{2 \cdot (BLU)}{\theta \cdot R}$  với  $\alpha$  nhỏ

$$N = \text{int}\left(\frac{\theta}{\alpha}\right) + 1$$

Sau đó cập nhật lại giá trị  $\alpha = \frac{\theta}{N}$

Tăng giá trị của  $\alpha$  dần và tính độ dịch chuyển trên mỗi trục X, Y theo công thức:

Nội suy ngược chiều kim đồng hồ:

$$X_{(i)} = R * \cos(\text{theta0} + \alpha * i) - R * \cos(\text{theta0} + \alpha * (i - 1))$$

$$Y_{(i)} = R * \sin(\text{theta0} + \alpha * i) - R * \sin(\text{theta0} + \alpha * (i - 1))$$

Nội suy thuận chiều kim đồng hồ:

$$X_{(i)} = R * \cos(\text{theta0} - \alpha * i) - R * \cos(\text{theta0} - \alpha * (i - 1))$$

$$Y_{(i)} = R * \sin(\text{theta0} - \alpha * i) - R * \sin(\text{theta0} - \alpha * (i - 1))$$

Trong đó:  $\text{theta0}$ : góc nội suy ban đầu

$i$ : lần nội suy thứ  $i$  và  $i = 1, 2, 3, \dots, N$

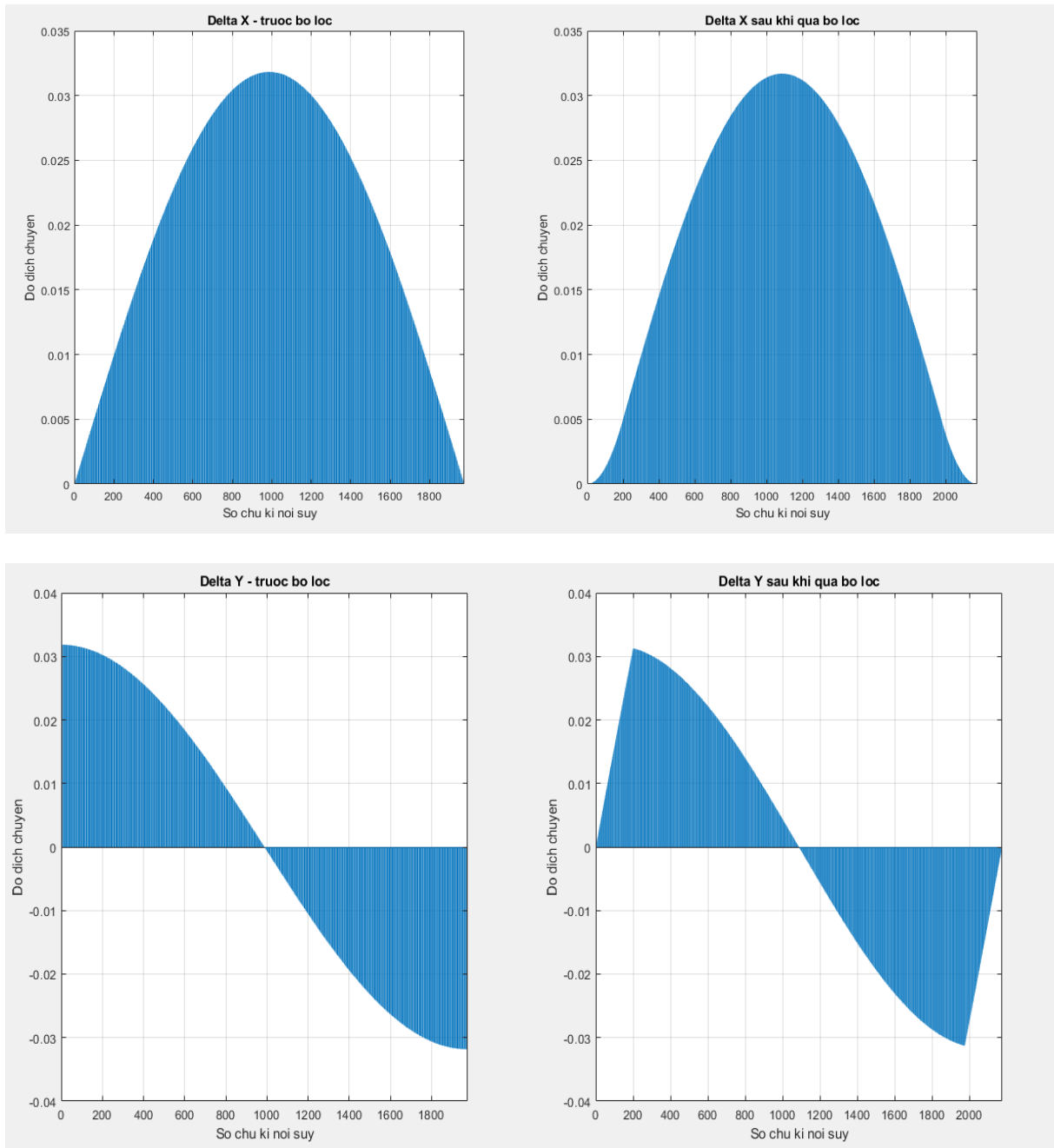
$R$ : bán kính đường tròn nội suy

## Bước 2: Thực hiện tăng giảm tốc (sử dụng bộ lọc số)

Tương tự như với đường thẳng:

$$\Delta X_{(i)} = \Delta X_{(i-1)} + \frac{X_{(i)} - X_{(i-n)}}{n}$$

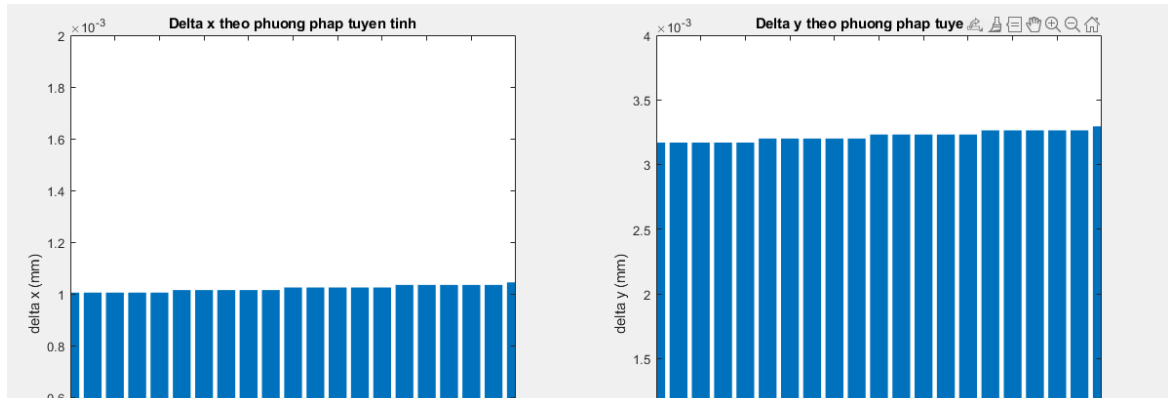
Với số chu kỳ của bộ lọc số  $n = T_{acc}/T_{ipo} = 200$



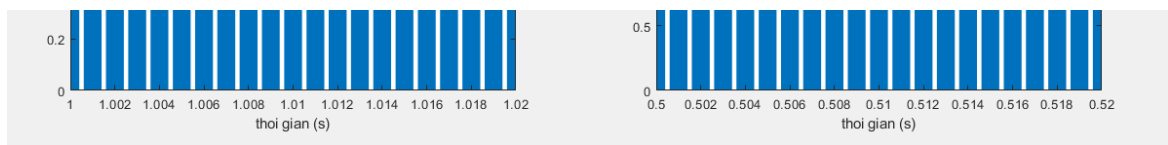
Hình 4.10 Độ dịch chuyển trục y trước và sau khi qua bộ lọc

### Bước 3: Nội suy tĩnh

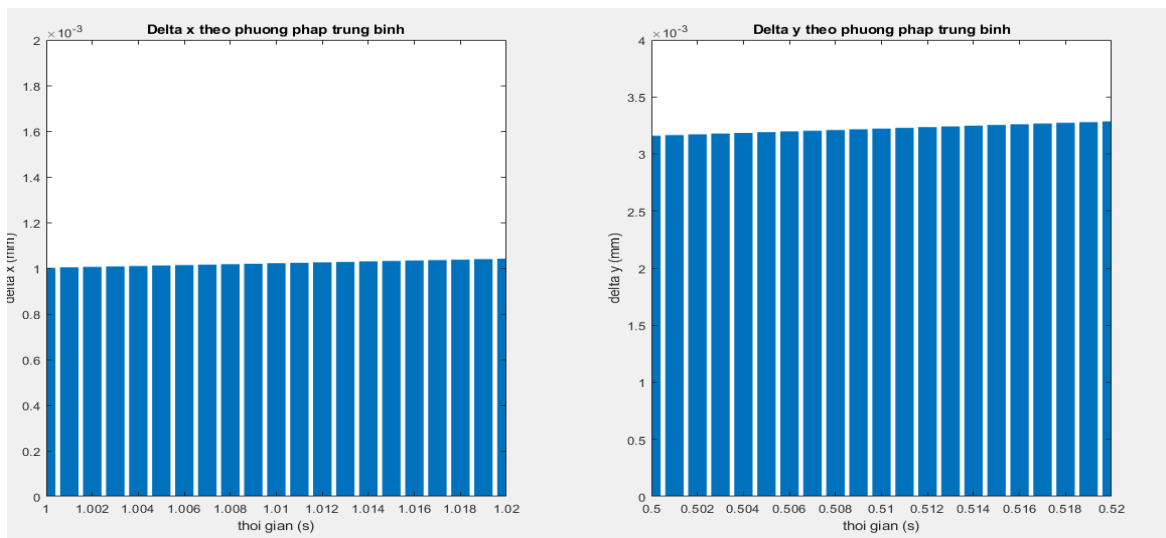
Thực hiện tương tự với nội suy tĩnh đường thẳng



Hình 4. 8 Độ dịch chuyển trục x trước và sau khi qua bộ lọc



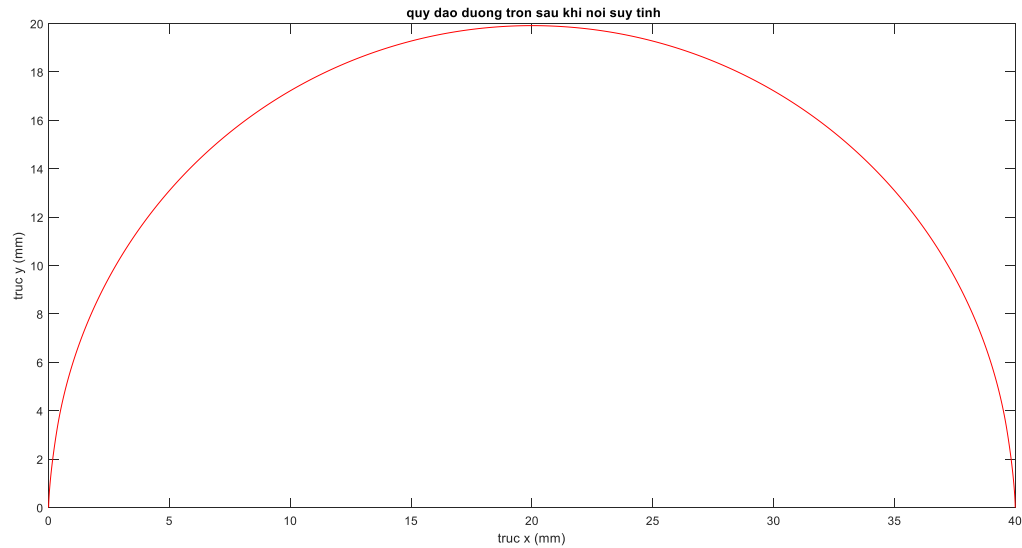
Hình 4. 11 Độ dịch chuyển trục x y theo nội suy tuyến tính



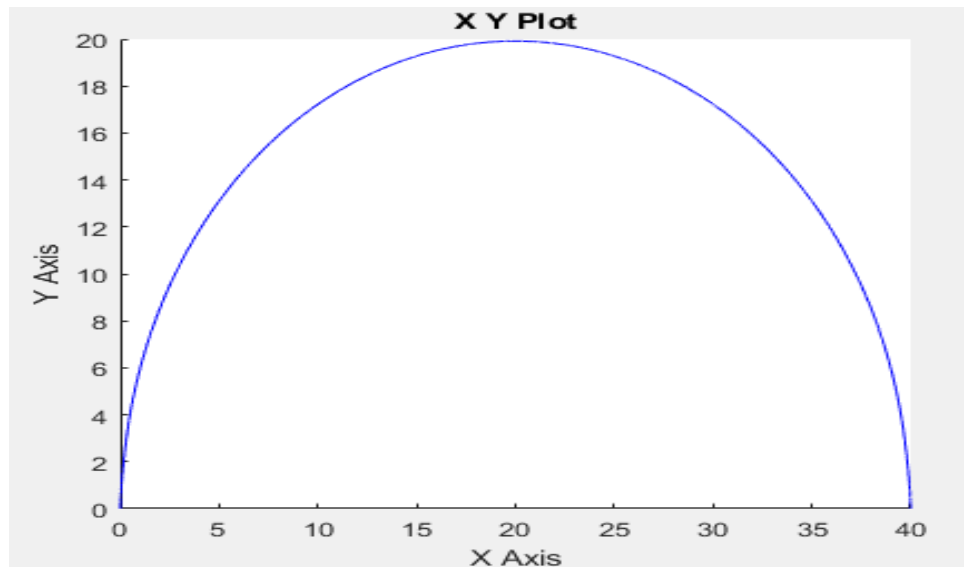
Hình 4. 12 Độ dịch chuyển trục x y theo nội suy trung bình

## Bước 4: Đưa dữ liệu đến bộ điều khiển

### Kết quả mô phỏng



Hình 4. 13 Quỹ đạo đường tròn sau khi nội suy tính



Hình 4. 14 Quỹ đạo đường tròn sau bộ điều khiển

## 5 Phụ lục

### 5.1 Nội suy đường thẳng ADCBI

```
xA = 20; yA = 30; %Toa do diem A
xB = 50; yB = 90; %Toa do diem B
x0 = xA; y0 = yA;
L = sqrt((xB - xA)^2 + (yB - yA)^2); %Chieu dai quang duong
A = 20; %Gia toc tang
D = 20; %Gia toc giam
Vmax = 30; %van toc toi da
Vs = 0; %Van toc khoi dong
Ve = 0; %Van toc ket thuc
Tacc = Vmax/A; %Thoi gian tang toc
Tdec = Vmax/D; %Thoi gian giam toc
Tipo = 0.005; %Chu ki noi suy tho
Tdk = 0.001; %Chu ki dieu khien

% Xay dung profile tocd0
Na= floor(Tacc/Tipo);
a1 = (Vmax - Vs)/(Na*Tipo); %gia toc tang toc
Nd = floor(Tdec/Tipo);
a3 = (Ve - Vmax)/(Nd*Tipo); %gia toc giam toc

if (L - ((Vmax^2 - Vs^2)/(2*a1)) - ((Ve^2 - Vmax^2)/(2*a3)))/Vmax > 0
    Tconst = ((L - ((Vmax*Vmax - Vs*Vs)/(2*a1)) - ((Ve*Ve -
Vmax*Vmax)/(2*a3)))/Vmax); %thoi gian toc do khong doi
    Nc = floor(Tconst/Tipo);
    V = [0 0];
    for i =1:(Na + Nd + Nc-1)
        if (i <= Na)
            V(i+1) = V(i) + a1*Tipo;
        elseif (Na < i && i <= (Na+Nc))
            V(i+1) = V(i);
        else
            V(i+1) = V(i) + a3*Tipo;
        end
    end
else
    Vmax = sqrt((2*L*a1*a3)/(a3 - a1));
    Na = Vmax/(a1*Tipo);
    Nd = Vmax/(a3*Tipo);
    Nc = 0;
    V = [0 1];
    for i = 1:(Na+Nd-1)
        if ( i <= Na)
            V(i+1) = V(i) + a1*Tipo;
        else
            V(i+1) = V(i) + a3*Tipo;
        end
    end
end
N = Na+Nc+Nd-1;
t1 = [0 1];
for i = 1:N
    t1(i+1) = t1(i)+ Tipo;
end
```

```

% noi suy vi tri truc X
X_dodichchuyen = [0 1];
X_tho = [xA 1];
deltaX = [Tipo*V(2)*(xB-xA)/(2*L) 1]; % dentax
Xstart = xA;
Xend = xB;
for i = 1:N
    deltaX(i+1) = Tipo*(V(i+1)+V(i))*(xB-xA)/(2*L);
    X_dodichchuyen(i+1) = X_dodichchuyen(i) + deltaX(i);
    X_tho(i+1) = X_tho(i) + deltaX(i);
end

% noi suy vi tri truc Y
Y_dodichchuyen = [0 1];
Y_tho = [yA 1];
deltaY = [Tipo*V(2)*(yB-yA)/(2*L) 1]; % dentay
Ystart = yA;
Yend = yB;
for i = 1:N
    deltaY(i+1) = (Tipo*(V(i+1)+V(i))/2)*(yB-yA)/L;
    Y_dodichchuyen(i+1) = Y_dodichchuyen(i) + deltaY(i);
    Y_tho(i+1) = Y_tho(i) + deltaY(i);
end

% thoi gian
t2 = [0 1];
for i = 1: (N*5-1)
    t2(i+1) = t2(i)+Tdk;
end

k = Tipo/Tdk;

%noi suy tinh
%do dich chuyen X,Y
X2 = [0 0];
Y2 = [0 0];
for i= 1:N
    for j = 1:k
        X2(i+1,j) = deltaX(i)/k; % gia tri do dich chuyen tuyen tinh
        Y2(i+1,j) = deltaY(i)/k;
    end
end

% %gia tri noi suy sau tuyen tinh
CX = zeros(1,N*k);
CY = zeros(1,N*k);
for i=1:N
    for j = 1:k
        j1 = (i-1)*k + j; %muc dich la muon chuyen ma tran nhieu
        hang thanh ma tran 1 hang
        CX(j1) = CX(j1) + X2(i,j); % voi j1 tang dan tu 1,2,3,4,5,6,7,...
        CY(j1) = CY(j1) + Y2(i,j);
    end
end
end

```



```

figure(1);
stairs(t1,V,'linewidth',2);
title('Do thi van toc');
grid on;
xlabel('thoi gian (s)');
ylabel('Van toc (m/s^2)');
legend('van toc');

figure(2)
subplot(1,2,1);
plot(t1,X_dodichchuyen);
title('Tong do dich chuyen theo truc x');
xlabel('thoi gian(s)');
ylabel('quang duong(mm)');
grid on;
subplot(1,2,2)
plot(t1,Y_dodichchuyen); % stairs
title('Tong do dich chuyen theo truc y');
xlabel('thoi gian(s)');
ylabel('quang duong(mm)');
grid on;

figure(3)
plot(X_tho,Y_tho, 'r');
hold on;
title('quy dao duong thang');
xlabel('trucx (mm)');
ylabel('trucy (mm)');
axis([ (min(xA,xB)-10) (max(xA,xB)+10) (min(yA,yB)-10) (max(yA,yB)+10) ]);
plot(xA,yA,'b o',xB,yB,'b o');
hold on

% % do thi tho
figure(4)
bar(t1, deltaX, 0.4);
xlabel('Time(s)');
ylabel('dentaX(mm)');
title('do dich chuyen truc X theo noi suy tho');
% axis([0.30 0.32 0 0.016]);

figure(5)
bar(t1, deltaY, 0.4);
xlabel('Time(s)');
ylabel('dentaY(mm)');
title('do dich chuyen truc Y theo noi suy tho');
% axis([0.30 0.32 0 0.03]);

figure(6)
bar(t2,CX);
xlabel('Time(s)');
ylabel('delta x(mm)');
title('do dich chuyen truc x theo noi suy tinh tuyen tinh');
axis([0.30 0.32 0 0.004]);

```

```

figure(7)
bar(t2,CY);
xlabel('Time(s)');
ylabel('delta y(mm)');
title('do dich chuyen truc y theo noi suy tinh tuyen tinh');
axis([0.30 0.32 0 0.008]);

%%Phuong phap trung binh
%% truc x
bX = [0 0];
bX1 = [0 0];
bX2 = [0 0];
bX(1) = (CX(1) + CX(2) + CX(3))/k;
bX(2) = (CX(1) + CX(2) + CX(3) + CX(4))/k;
for i = 3:N*k - 2
    bX(i) = (CX(i+2) + CX(i+1) + CX(i) + CX(i-1) + CX(i-2))/k;
end
bX(N*k-1) = (CX(N*k) + CX(N*k-1) + CX(N*k-2) + CX(N*k-3))/k;
bX(N*k) = (CX(N*k) + CX(N*k-1) + CX(N*k-2))/k;

bX1(1) = (CX(1) + CX(2) + CX(3) + CX(4))/k;
for i=2:N*k-3
    bX1(i) = (CX(i+3) + CX(i+2) + CX(i+1) + CX(i) + CX(i-1))/k;
end
bX1(N*k-2) = (CX(N*k) + CX(N*k-1) + CX(N*k-2) + CX(N*k-3))/k;
bX1(N*k-1) = (CX(N*k) + CX(N*k-1) + CX(N*k-2))/k;
bX1(N*k) = (CX(N*k) + CX(N*k-1))/k;

for i=1:N*k
    bX2(i) = (bX(i) + bX1(i))/2;
end

%%truc y
bY = [0 0];
bY1 = [0 0];
bY2 = [0 0];
bY(1) = (CY(1) + CY(2) + CY(3))/k;
bY(2) = (CY(1) + CY(2) + CY(3) + CY(4))/k;
for i = 3:N*k - 2
    bY(i) = (CY(i+2) + CY(i+1) + CY(i) + CY(i-1) + CY(i-2))/k;
end
bY(N*k-1) = (CY(N*k) + CY(N*k-1) + CY(N*k-2) + CY(N*k-3))/k;
bY(N*k) = (CY(N*k) + CY(N*k-1) + CY(N*k-2))/k;

bY1(1) = (CY(1) + CY(2) + CY(3) + CY(4))/k;
for i=2:N*k-3
    bY1(i) = (CY(i+3) + CY(i+2) + CY(i+1) + CY(i) + CY(i-1))/k;
end
bY1(N*k-2) = (CY(N*k) + CY(N*k-1) + CY(N*k-2) + CY(N*k-3))/k;
bY1(N*k-1) = (CY(N*k) + CY(N*k-1) + CY(N*k-2))/k;
bY1(N*k) = (CY(N*k) + CY(N*k-1))/k;

for i=1:N*k
    bY2(i) = (bY(i) + bY1(i))/2;
end

```

```

figure(9)
bar(t2,bX2);
title('do dich chuyen truc x theo phuong phap trung binh');
xlabel('thoi gian (s)');
ylabel('delta x (mm)');
axis([0.30 0.32 0 0.004]);

figure(10)
bar(t2,bY2);
title('do dich chuyen truc y theo phuong phap trung binh');
xlabel('thoi gian (s)');
ylabel('delta y (mm)');
axis([0.30 0.32 0 0.008]);

%%noi suy tinh theo pp trung binh
X_tinh = [xA 1];
Y_tinh = [yA 1];
for i = 1:(N*k-1)
    X_tinh(i+1) = X_tinh(i) + bX2(i);
    Y_tinh(i+1) = Y_tinh(i) + bY2(i);
end

figure(11)
plot(X_tinh,Y_tinh,'r');
xlabel('truc x (mm)');
ylabel('truc y (mm)');
title('do thi quy dao sau khi noi suy tinh');
axis([0 60 0 100]);
hold on
% plot(out.trucx.signals.values, out.trucy.signals.values,'--b');
% legend('Quy dao dat','Quy dao phan hoi');
% grid on

figure(12)
stairs(X_tinh,Y_tinh,'b-');
hold on
stairs(X_tho,Y_tho,'r-');
title(' Quy dao dat theo noi suy tho va noi suy tinh trung binh');
xlabel('truc x (mm)');
ylabel('truc y (mm)');

figure(13)
subplot(1,2,1);
plot(t2,X_tinh);
title('Luong dat dau vao truc x');
xlabel(' Thoi gian (s)');
ylabel(' Vi tri (mm)');
subplot(1,2,2);
plot(t2,Y_tinh);
title('Luong dat dau vao truc y');
xlabel(' Thoi gian (s)');
ylabel(' Vi tri (mm)');

figure(14)

```

```

stairs(X_tho,Y_tho,'r-');
hold on
stairs(X_tinh,Y_tinh,'b-');
title(' so sanh noi suy tho va noi suy tinh');
xlabel('truc x (mm)');
ylabel('truc y (mm)');
legend('Noi suy tho','Noi suy tinh');
grid on

```

```

XY_tinh.time = [];
sum = [X_tinh;Y_tinh]';
XY_tinh.signals.values = sum;
XY_tinh.signals.dimensions = 2;

```

## 5.2 Nội suy đường tròn ADCBI

```

Tipo = 0.005;           % chu ky noi suy tho
Tdk = 0.001;           %chu ky noi suy tinh
F = 20;                 %van toc dai toi da
A = 20;                 %gia toc tang toc
D = 20;                 %gia toc giam toc
Wstart = 0;
Wend = 0;
xA = 30;
yA = 0;
Xstart = 0;
Ystart = 0;
Xcenter = 15;
Ycenter = 0;
C = 1; %thuan chieu kim dong ho = 1; nguoc chieu kim dong ho = 0;
R = sqrt((Xcenter - Xstart)^2 + (Ycenter - Ystart)^2); %tinh ban kinh
duong tron
Wmax = F/R;
At = A/R;               %gia toc goc tang toc
Dt = D/R;               %gia toc goc giam toc
theta0 = acos((Xstart-Xcenter)/R); %tinh goc ban dau
theta = 180;            %goc noi suy
L = 2*R;                % do dai quang duong
TA = Wmax/At;            % thoi gian tang toc
TD = Wmax/Dt;            %thoi gian giam toc
Nac = floor(TA/Tipo);    %so lan noi suy tang toc
a1 = (Wmax - Wstart)/(Nac*Tipo); %gia toc goc tang toc
Ndc = floor(TD/Tipo);    %so lan noi suy giam toc
a3 = (Wend - Wmax)/(Ndc*Tipo); %gia toc goc giam toc
%tinh thoi gian toc do khong doi
Tconst = (theta*pi/180 - (Wmax*Wmax-Wend*Wend)/(2*a1) - (Wend*Wend-
Wmax*Wmax)/(2*a3))/Wmax;
Ncc = floor(Tconst/Tipo); %so lan noi suy toc do khong doi
W = [0 1];
N = Nac + Ndc + Ncc;

%tinh van toc
for i = 1:N-1
    if (i <= Nac)

```

```

        W(i+1) = W(i) + a1*Tipo;
    elseif (i> Nac) && (i <= (Nac + Ncc))
        W(i+1) = W(i);
    else
        W(i+1) = W(i) + Tipo*a3;
    end
end
t1 = [0 1];
for i = 1:N-1
    t1(i+1) = t1(i) + Tipo;
end

% ve do thi van toc
figure(1)
plot(t1,W);
title('Do thi van toc theo thoi gian');
xlabel('thoi gian (s)');
ylabel('van toc goc (rad/s)');
grid on

alpha = [Tipo*W(2)/2 1];
Gocnoisuy = [theta0 1];
X_tho = [Xstart 1];
Y_tho = [Ystart 1];
for i = 1:N-1
    alpha(i+1) = Tipo*(W(i) + W(i+1))/2; %%sua doan nay
    if (C==1)
        Gocnoisuy(i+1) = Gocnoisuy(i) - alpha(i);
    else
        Gocnoisuy(i+1) = Gocnoisuy(i) + alpha(i);
    end
end
deltaX_tho = [R*cos(Gocnoisuy(2)) - R*cos(Gocnoisuy(1)) 1]; %do dich
chuyen truc x
deltaY_tho = [R*sin(Gocnoisuy(2)) - R*sin(Gocnoisuy(1)) 1]; %do dich
chuyen truc y
for i = 1:N-1
    deltaX_tho(i+1) = R*cos(Gocnoisuy(i+1)) - R*cos(Gocnoisuy(i));
    deltaY_tho(i+1) = R*sin(Gocnoisuy(i+1)) - R*sin(Gocnoisuy(i));
    X_tho(i+1) = Xcenter + R*cos(Gocnoisuy(i+1));
    Y_tho(i+1) = Ycenter + R*sin(Gocnoisuy(i+1));
end

figure(2)
plot(t1,Gocnoisuy/pi*180);
title('do thay doi goc noi suy');
xlabel('thoi gian');
ylabel('goc noi suy');
grid on

figure(3)
plot(X_tho,Y_tho,'r');
hold on
title('quy dao duong tron');
xlabel('truc x (mm)');
ylabel('truc y (mm)');

```

```

figure(4)
subplot(1,2,1);
bar(t1,deltaX_tho);
title('Do dich chuyen truc x');
xlabel('thoi gian');
ylabel('delta x (mm)');
subplot(1,2,2);
bar(t1,deltaY_tho);
title('Do dich chuyen truc y');
xlabel('thoi gian');
ylabel('delta y (mm)');

figure(6)
bar(t1,deltaX_tho,0.4);
xlabel('thoi gian (s)');
ylabel('delta x (mm)');
title('do dich chuyen truc x sau khi noi suy tho');
axis([1 1.02 0 0.1]);

figure(7)
bar(t1,deltaY_tho,0.4);
xlabel('thoi gian (s)');
ylabel('delta y (mm)');
title('do dich chuyen truc y sau khi noi suy tho');
axis([0.5 0.52 0 0.06]);

% Noi suy tinh
k = Tipo/Tdk;
t2 = [0 1];
for i = 1:(N*5-1)
    t2(i+1) = t2(i) + Tdk;
end

% %tinh noi suy tinh
X2 = [0 0];
Y2 = [0 0];
deltaX_tho = [X_tho(2) - X_tho(1) 1];
deltaY_tho = [Y_tho(2) - Y_tho(1) 1];
for i = 1:N-1
    deltaX_tho(i) = X_tho(i+1) - X_tho(i);
    deltaY_tho(i) = Y_tho(i+1) - Y_tho(i);
    for j = 1:k
        X2(i+1,j) = deltaX_tho(i)/k;    %o day X2 va Y2 dang la ma tran nhieu
        Y2(i+1,j) = deltaY_tho(i)/k;    %nen ko ve do thi voi t2 duoc
    end
end

% %gia tri noi suy sau tuyen tinh
CX = zeros(1,N*k);
CY = zeros(1,N*k);
for i=1:N
    for j = 1:k

```

```

        j1 = (i-1)*k + j;           %muc dich la muon chuyen ma tran nhieu
hang thanh ma tran 1 hang
        CX(j1) = CX(j1) + X2(i,j); % voi j1 tang dan tu 1,2,3,4,5,6,7,...
        CY(j1) = CY(j1) + Y2(i,j);
    end
end

figure(8)
bar(t2,CX);
xlabel('thoi gian (s)');
ylabel('delta x (mm)');
title('do dich chuyen truc x theo phuong phap tuyen tinh');
axis([1 1.02 0 0.02]);

figure(9)
bar(t2,CY);
xlabel('thoi gian (s)');
ylabel('delta y (mm)');
title('do dich chuyen truc y theo phuong phap tuyen tinh');
axis([0.5 0.52 0 0.012]);

%%Phuong phap trung binh
%% truc x
bX = [0 0];
bX1 = [0 0];
bX2 = [0 0];
bX(1) = (CX(1) + CX(2) + CX(3))/k;
bX(2) = (CX(1) + CX(2) + CX(3) + CX(4))/k;
for i = 3:N*k - 2
    bX(i) = (CX(i+2) + CX(i+1) + CX(i) + CX(i-1) + CX(i-2))/k;
end
bX(N*k-1) = (CX(N*k) + CX(N*k-1) + CX(N*k-2) + CX(N*k-3))/k;
bX(N*k) = (CX(N*k) + CX(N*k-1) + CX(N*k-2))/k;

bX1(1) = (CX(1) + CX(2) + CX(3) + CX(4))/k;
for i=2:N*k-3
    bX1(i) = (CX(i+3) + CX(i+2) + CX(i+1) + CX(i) + CX(i-1))/k;
end
bX1(N*k-2) = (CX(N*k) + CX(N*k-1) + CX(N*k-2) + CX(N*k-3))/k;
bX1(N*k-1) = (CX(N*k) + CX(N*k-1) + CX(N*k-2))/k;
bX1(N*k) = (CX(N*k) + CX(N*k-1))/k;

for i=1:N*k
    bX2(i) = (bX(i) + bX1(i))/2;
end

%%truc y
bY = [0 0];
bY1 = [0 0];
bY2 = [0 0];
bY(1) = (CY(1) + CY(2) + CY(3))/k;
bY(2) = (CY(1) + CY(2) + CY(3) + CY(4))/k;
for i = 3:N*k - 2
    bY(i) = (CY(i+2) + CY(i+1) + CY(i) + CY(i-1) + CY(i-2))/k;
end
bY(N*k-1) = (CY(N*k) + CY(N*k-1) + CY(N*k-2) + CY(N*k-3))/k;

```

```

bY(N*k) = (CY(N*k) + CY(N*k-1) + CY(N*k-2))/k;

bY1(1) = (CY(1) + CY(2) + CY(3) + CY(4))/k;
for i=2:N*k-3
    bY1(i) = (CY(i+3) + CY(i+2) + CY(i+1) + CY(i) + CY(i-1))/k;
end
bY1(N*k-2) = (CY(N*k) + CY(N*k-1) + CY(N*k-2) + CY(N*k-3))/k;
bY1(N*k-1) = (CY(N*k) + CY(N*k-1) + CY(N*k-2))/k;
bY1(N*k) = (CY(N*k) + CY(N*k-1))/k;

for i=1:N*k
    bY2(i) = (bY(i) + bY1(i))/2;
end

figure(10)
bar(t2,bX2);
title('do dich chuyen truc x theo phuong phap trung binh');
xlabel('thoi gian (s)')
ylabel('delta x (mm)')
axis([1 1.02 0 0.02]);

figure(11)
bar(t2,bY2)
title('do dich chuyen truc y theo phuong phap trung binh');
xlabel('thoi gian (s)')
ylabel('delta y (mm)')
axis([0.5 0.52 0 0.012]);

%%noi suy tinh theo pp trung binh
X_tinh = [0 X_tho(1)];
Y_tinh = [0 Y_tho(1)];
for i = 1:(N*k-1)
    X_tinh(i+1) = X_tinh(i) + bX2(i);
    Y_tinh(i+1) = Y_tinh(i) + bY2(i);
end

figure(12)
plot(X_tinh,Y_tinh,'r');
xlabel('truc x (mm)');
ylabel('truc y (mm)');
title(' quy dao duong tron sau khi noi suy tinh');
% hold on
% plot(out.trucx.signals.values, out.trucy.signals.values,'--b');
% legend('Quy dao dat','Quy dao phan hoi');
% grid on

figure(13)
stairs(X_tho,Y_tho,'r-');
hold on
stairs(X_tinh,Y_tinh,'b-');
title(' so sanh noi suy tho va noi suy tinh');
xlabel('truc x (mm)');
ylabel('truc y (mm)');
legend('Noi suy tho','Noi suy tinh');
grid on

```



```

figure(14)
subplot(1,2,1);
plot(t2,X_tinh);
title('quy dao dat truc x');
xlabel('thoi gian (s)');
ylabel('vi tri (mm)');
subplot(1,2,2);
plot(t2,Y_tinh);
title('quy dao dat truc y');
xlabel('thoi gian (s)');
ylabel('vi tri (mm)');

XY_tinh.time = [];
sum = [X_tinh;Y_tinh]';
XY_tinh.signals.values = sum;
XY_tinh.signals.dimensions = 2;

% XY_tho.time = [];
% sum1 = [X_tho;Y_tho]';
% XY_tho.signals.values = sum1;
% XY_tho.signals.dimensions = 2;

```

### 5.3 Nội suy chữ U

```

%ve chu U gom 2 duong thang va 1 duong tron
%dt thu nhut tu diem (10;50) den diem (10 20)
%nua duong tron huong xuong duoi co tam (20 20), tu diem (10 20) den diem
%(30 20)
%dt thu hai tu diem (30 20) den diem (30 50)

%%ve duong thang dau tien
xA = 10;
yA = 70;
xB = 10;
yB = 20;
L1 = sqrt((xB - xA)^2 + (yB - yA)^2); %Chieu dai quang duong
A = 20; %Gia toc tang
D = 20; %Gia toc giam
F = 20;
Vmax = 30; %van toc toi da
Vs = 0; %Van toc khoi dong
Ve = 0; %Van toc ket thuc
Tacc = Vmax/A; %Thoi gian tang toc
Tdec = Vmax/D; %Thoi gian giam toc
Tipo = 0.005; %Chu ki noi suy tho
Tdk = 0.001; %Chu ki dieu khien

% Xay dung profile tocd0
Na_line1= floor(Tacc/Tipo);
a1_line1 = (Vmax - Vs)/(Na_line1*Tipo); %gia toc tang toc
Nd_line1 = floor(Tdec/Tipo);
a3_line1 = (Ve - Vmax)/(Nd_line1*Tipo); %gia toc giam toc

```

```

if (L1 - ((Vmax^2 - Vs^2)/(2*a1_line1)) - ((Ve^2 - Vmax^2)/(2*a3_line1)))/Vmax >
0
    Tconst_line1 = ((L1 - ((Vmax*Vmax - Vs*Vs)/(2*a1_line1)) - ((Ve*Ve -
Vmax*Vmax)/(2*a3_line1)))/Vmax); %thoi gian toc do khong doi
    Nc_line1 = floor(Tconst_line1/Tipo);
    V = [0 0];
    for i = 1:(Na_line1 + Nd_line1 + Nc_line1 - 1)
        if (i <= Na_line1)
            V(i+1) = V(i) + a1_line1*Tipo;
        elseif (Na_line1 < i && i <= (Na_line1+Nc_line1))
            V(i+1) = V(i);
        else
            V(i+1) = V(i) + a3_line1*Tipo;
        end
    end
else
    Vmax = sqrt((2*L1*a1_line1*a3_line1)/(a3_line1 - a1_line1));
    Na_line1 = Vmax/(a1_line1*Tipo);
    Nd_line1 = Vmax/(a3_line1*Tipo);
    Nc_line1 = 0;
    V = [0 1];
    for i = 1:(Na_line1+Nd_line1-1)
        if (i <= Na_line1)
            V(i+1) = V(i) + a1_line1*Tipo;
        else
            V(i+1) = V(i) + a3_line1*Tipo;
        end
    end
end
N_line1 = Na_line1+Nc_line1+Nd_line1-1;
t1 = [0 1];
for i = 1:N_line1
    t1(i+1) = t1(i) + Tipo;
end
% noi suy vi tri truc X
X_dodichchuyen_line1 = [0 1];
X_tho_line1 = [xA 1];
deltaX_tho_line1 = [Tipo*V(2)*(xB-xA)/(2*L1) 1]; % dentaX
Xstart = xA;
Xend = xB;
for i = 1:N_line1
    deltaX_tho_line1(i+1) = Tipo*(V(i+1)+V(i))*(xB-xA)/(2*L1);
    X_dodichchuyen_line1(i+1) = X_dodichchuyen_line1(i) + deltaX_tho_line1(i);
    X_tho_line1(i+1) = X_tho_line1(i) + deltaX_tho_line1(i);
end

% noi suy vi tri truc Y
Y_dodichchuyen_line1 = [0 1];
Y_tho_line1 = [yA 1];
deltaY_tho_line1 = [Tipo*V(2)*(yB-yA)/(2*L1) 1]; % dentaY
Ystart = yA;
Yend = yB;
for i = 1:N_line1
    deltaY_tho_line1(i+1) = (Tipo*(V(i+1)+V(i))/2)*(yB-yA)/L1;

```

```

        Y_dodichchuyen_line1(i+1) = Y_dodichchuyen_line1(i) +
deltaY_tho_line1(i);
        Y_tho_line1(i+1) = Y_tho_line1(i) + deltaY_tho_line1(i);
end

t2 = [0 1];
for i = 1: (N_line1*5-1)
    t2(i+1) = t2(i)+Tdk;
end

k = Tipo/Tdk;

% figure(1)
% plot(X_tho_line1,Y_tho_line1,'r');
% xlabel('truc x (mm)');
% ylabel('truc y (mm)');
% title('do thi quy dao duong thang dau tien')
% axis([0 20 0 80]);

%%%noi suy nua duong tron
Wstart = 0;
Wend = 0;
xB = 10;
yA = 20;
Xstart = xB;
Ystart = yB;
Xcenter = 20;
Ycenter = 20;
C = 0;
F = 20;
A = 20;
D = 20;
Tipo = 0.005; %Chu ki noi suy tho
Tdk = 0.001; %Chu ki dieu khien
R = sqrt((Xcenter - Xstart)^2 + (Ycenter - Ystart)^2); %tinh ban kinh
duong tron
Wmax = F/R;
At = A/R; %gia toc goc tang toc
Dt = D/R; %gia toc goc giam toc
theta0 = acos((Xstart-Xcenter)/R); %tinh goc ban dau
theta = 180; %goc noi suy
L_circle = 2*R; % do dai quang duong
TA = Wmax/At; % thoi gian tang toc
TD = Wmax/Dt; %thoi gian giam toc
Nac_circle = floor(TA/Tipo); %so lan noi suy tang toc
a1_circle = (Wmax - Wstart)/(Nac_circle*Tipo); %gia toc goc tang toc
Ndc_circle = floor(TD/Tipo); %so lan noi suy giam toc
a3_circle = (Wend - Wmax)/(Ndc_circle*Tipo); %gia toc goc giam toc
%tinh thoi gian toc do khong doi
Tconst_circle = (theta*pi/180 - (Wmax*Wmax-Wend*Wend)/(2*a1_circle)-
(Wend*Wend-Wmax*Wmax)/(2*a3_circle))/Wmax;
Ncc_circle = floor(Tconst_circle/Tipo); %so lan noi suy toc do
khong doi
W = [0 1];
N_circle = Nac_circle + Ndc_circle + Ncc_circle;

```

```

%tinh van toc
for i = 1:N_circle-1
    if (i <= Nac_circle)
        W(i+1) = W(i) + a1_circle*Tipo;
    elseif (i > Nac_circle) && (i <= (Nac_circle + Ncc_circle))
        W(i+1) = W(i);
    else
        W(i+1) = W(i) + Tipo*a3_circle;
    end
end
t1 = [0 1];
for i = 1:N_circle-1
    t1(i+1) = t1(i) + Tipo;
end

alpha = [Tipo*W(2)/2 1];
Gocnoisuy = [theta0 1];
deltaX_tho_circle = [0 1];    %do dich chuyen truc x
deltaY_tho_circle = [0 1];    %do dich chuyen truc y
X_tho_circle = [Xstart 1];
Y_tho_circle = [Ystart 1];
for i = 1:N_circle-1
    alpha(i+1) = Tipo*(W(i) + W(i+1))/2;
    if (C==1)
        Gocnoisuy(i+1) = Gocnoisuy(i) - alpha(i);
    else
        Gocnoisuy(i+1) = Gocnoisuy(i) + alpha(i);
    end
    deltaX_tho_circle(i+1) = R*cos(Gocnoisuy(i+1)) - R*cos(Gocnoisuy(i));
    deltaY_tho_circle(i+1) = R*sin(Gocnoisuy(i+1)) - R*sin(Gocnoisuy(i));
    X_tho_circle(i+1) = Xcenter + R*cos(Gocnoisuy(i+1));
    Y_tho_circle(i+1) = Ycenter + R*sin(Gocnoisuy(i+1));
end

%%noi suy duong thang thu 2
% Xay dung profile toc do
xC = 30;
xD = 30;
yC = 20;
yD = 70;
L2 = sqrt((xD - xC)^2 + (yD - yC)^2);
Na_line2 = floor(Tacc/Tipo);
a1_line2 = (Vmax - Vs)/(Na_line2*Tipo);    %gia toc tang toc
Nd_line2 = floor(Tdec/Tipo);
a3_line2 = (Ve - Vmax)/(Nd_line2*Tipo);    %gia toc giam toc

if (L2 - ((Vmax^2 - Vs^2)/(2*a1_line2)) - ((Ve^2 - Vmax^2)/(2*a3_line2)))/Vmax >
0
    Tconst_line2 = ((L2 - ((Vmax*Vmax - Vs*Vs)/(2*a1_line2)) - ((Ve*Ve -
Vmax*Vmax)/(2*a3_line2)))/Vmax); %thoi gian toc do khong doi
    Nc_line2 = floor(Tconst_line2/Tipo);
    V = [0 0];
    for i = 1:(Na_line2 + Nd_line2 + Nc_line2 -1)

```

```

        if (i <= Na_line2)
            V(i+1) = V(i) + a1_line2*Tipo;
        elseif (Na_line2 < i && i <= (Na_line2+Nc_line2))
            V(i+1) = V(i);
        else
            V(i+1) = V(i) + a3_line2*Tipo;
        end
    end
else
    Vmax = sqrt((2*L2*a1_line2*a3_line2)/(a3_line2 - a1_line2));
    Na_line2 = Vmax/(a1_line2*Tipo);
    Nd_line2 = Vmax/(a3_line2*Tipo);
    Nc_line2 = 0;
    V = [0 1];
    for i = 1:(Na_line2+Nd_line2-1)
        if (i <= Na_line2)
            V(i+1) = V(i) + a1_line2*Tipo;
        else
            V(i+1) = V(i) + a3_line2*Tipo;
        end
    end
end
N_line2 = Na_line2+Nc_line2+Nd_line2-1;

t1_line2 = [0 1];
for i = 1:N_line2-1
    t1_line2(i+1) = t1_line2(i) + Tipo;
end

% noi suy vi tri truc X
X_dodichchuyen_line2 = [0 1];
X_tho_line2 = [xC 1];
deltaX_tho_line2 = [0 1]; % dentaX
Xstart = xC;
Xend = xD;
for i = 1:N_line2
    deltaX_tho_line2(i+1) = Tipo*(V(i+1)+V(i))*(xD-xC)/(2*L1);
    X_dodichchuyen_line2(i+1) = X_dodichchuyen_line2(i) + deltaX_tho_line2(i);
    X_tho_line2(i+1) = X_tho_line2(i) + deltaX_tho_line2(i);
end

% noi suy vi tri truc Y
Y_dodichchuyen_line2 = [0 1];
Y_tho_line2 = [yC 1];
deltaY_tho_line2 = [0 1]; % dentaY
Ystart = yC;
Yend = yD;
for i = 1:N_line2
    deltaY_tho_line2(i+1) = (Tipo*(V(i+1)+V(i))/2)*abs(yD-yC)/L2;
    Y_dodichchuyen_line2(i+1) = Y_dodichchuyen_line2(i) +
deltaY_tho_line2(i);
    Y_tho_line2(i+1) = Y_tho_line2(i) + deltaY_tho_line2(i);
end

```

```

X_tho = [X_tho_line1 X_tho_circle X_tho_line2];
Y_tho = [Y_tho_line1 Y_tho_circle Y_tho_line2];

% figure(3)
% plot(X_tho_line2,Y_tho_line2);
% axis([0 40 0 100])

% figure(4)
% plot(X_tho,Y_tho,'r');
% axis([0 40 0 80]);

N = N_line1 + N_circle + N_line2;
deltaX_tho = [deltaX_tho_line1 deltaX_tho_circle deltaX_tho_line2];
deltaY_tho = [deltaY_tho_line1 deltaY_tho_circle deltaY_tho_line2];

% %tinh noi suy tinh
X2 = [0 0];
Y2 = [0 0];
for i = 1:N-1
    for j = 1:k
        X2(i+1,j) = deltaX_tho(i)/k;    %o day X2 va Y2 dang la ma tran nhieu
        hang nhieu cot
        Y2(i+1,j) = deltaY_tho(i)/k;    %nen ko ve do thi voi t2 duoc
    end
end

% %gia tri noi suy sau tuyen tinh
CX = zeros(1,N*k);
CY = zeros(1,N*k);
for i=1:N
    for j = 1:k
        j1 = (i-1)*k + j;                %muc dich la muon chuyen ma tran nhieu
        hang thanh ma tran 1 hang
        CX(j1) = CX(j1) + X2(i,j);    % voi j1 tang dan tu 1,2,3,4,5,6,7,...
        CY(j1) = CY(j1) + Y2(i,j);
    end
end

%%Phuong phap trung binh
%% truc x
bX = [0 0];
bX1 = [0 0];
bX2 = [0 0];
bX(1) = (CX(1) + CX(2) + CX(3))/k;
bX(2) = (CX(1) + CX(2) + CX(3) + CX(4))/k;
for i = 3:N*k - 2
    bX(i) = (CX(i+2) + CX(i+1) + CX(i) + CX(i-1) + CX(i-2))/k;
end
bX(N*k-1) = (CX(N*k) + CX(N*k-1) + CX(N*k-2) + CX(N*k-3))/k;
bX(N*k) = (CX(N*k) + CX(N*k-1) + CX(N*k-2))/k;

bX1(1) = (CX(1) + CX(2) + CX(3) + CX(4))/k;
for i=2:N*k-3
    bX1(i) = (CX(i+3) + CX(i+2) + CX(i+1) + CX(i) + CX(i-1))/k;
end

```

```

bX1(N*k-2) = (CX(N*k) + CX(N*k-1) + CX(N*k-2) + CX(N*k-3))/k;
bX1(N*k-1) = (CX(N*k) + CX(N*k-1) + CX(N*k-2))/k;
bX1(N*k) = (CX(N*k) + CX(N*k-1))/k;

for i=1:N*k
    bX2(i) = (bX(i) + bX1(i))/2;
end

%%truc y
bY = [0 0];
bY1 = [0 0];
bY2 = [0 0];
bY(1) = (CY(1) + CY(2) + CY(3))/k;
bY(2) = (CY(1) + CY(2) + CY(3) + CY(4))/k;
for i = 3:N*k - 2
    bY(i) = (CY(i+2) + CY(i+1) + CY(i) + CY(i-1) + CY(i-2))/k;
end
bY(N*k-1) = (CY(N*k) + CY(N*k-1) + CY(N*k-2) + CY(N*k-3))/k;
bY(N*k) = (CY(N*k) + CY(N*k-1) + CY(N*k-2))/k;

bY1(1) = (CY(1) + CY(2) + CY(3) + CY(4))/k;
for i=2:N*k-3
    bY1(i) = (CY(i+3) + CY(i+2) + CY(i+1) + CY(i) + CY(i-1))/k;
end
bY1(N*k-2) = (CY(N*k) + CY(N*k-1) + CY(N*k-2) + CY(N*k-3))/k;
bY1(N*k-1) = (CY(N*k) + CY(N*k-1) + CY(N*k-2))/k;
bY1(N*k) = (CY(N*k) + CY(N*k-1))/k;

for i=1:N*k
    bY2(i) = (bY(i) + bY1(i))/2;
end

%%noi suy tinh theo pp trung binh
X_tinh = [X_tho(1) 0];
Y_tinh = [Y_tho(1) 0];
for i = 1:(N*k-1)
    X_tinh(i+1) = X_tinh(i) + bX2(i);
    Y_tinh(i+1) = Y_tinh(i) + bY2(i);
end

figure(5)
plot(X_tinh,Y_tinh,'r');
title('Do thi chu U');
xlabel('truc x (mm)');
ylabel('truc y (mm)');
axis([0 40 0 120]);
% hold on
% plot(out.trucx.signals.values, out.trucy.signals.values,'--b');
% legend('Quy dao dat','Quy dao phan hoi');
% grid on

XY_tinh.time = [];
sum = [X_tinh;Y_tinh]';
XY_tinh.signals.values = sum;
XY_tinh.signals.dimensions = 2;

```

## 5.4 Nội suy quỹ đạo đường thẳng theo ADCAI

```
xA = 20; yA = 30; % diem dau
xB = 50; yB = 90; % diem cuoi
X0 = xA; Y0 = yA;
L = sqrt((yB-yA)^2+(xB-xA)^2);
A = 20; % gia toc tang toc cho phep
D = 20; % gia toc giam toc cho phep
Vmax = 30; % van toc lon nhat cho phep
Tipo = 0.005; % chu ki noi suy
Tdk = 0.001; % chu ki dieu khien
Tacc = Vmax/A;
Tdec = Vmax/D;
BLU = 0.02;
T = L/Vmax;
n = floor(T/Tipo); %so chu ki noi suy
n1 = floor(Tacc/Tipo); %so chu ki bo loc so
PulseX = (xB-xA)/BLU/n; %quang duong di chuyen trong thoi gian noi suy
PulseY = (yB-yA)/BLU/n;
deltaX_tho = [0 0];
deltaY_tho = [0 0];
for i = 1:n
    deltaX_tho(i) = PulseX*BLU; % do dich chuyen truc X
    deltaY_tho(i) = PulseY*BLU; % do dich chuyen truc Y
end
% bo loc
for i = 1:n1
    h(i) = 1/n1;
end
% Tinh do dich chuyen tren moi truc
delta_X1 = conv(deltaX_tho, h); % tinh tích chap
delta_Y1 = conv(deltaY_tho, h);
X_dodichchuyen = [0 1];
Y_dodichchuyen = [0 1];
X_tho = [xA 1];
Y_tho = [yA 1];
N = (n+n1)-1;
for i = 1:N
    X_dodichchuyen(i+1) = X_dodichchuyen(i) + delta_X1(i);
    Y_dodichchuyen(i+1) = Y_dodichchuyen(i) + delta_Y1(i);
    X_tho(i+1) = X_tho(i) + delta_X1(i);
    Y_tho(i+1) = Y_tho(i) + delta_Y1(i);
end

% Ve do thi
figure(1)
subplot(1,2,1);
bar(deltaX_tho);
axis([0 500 0 0.07]);
title('Delta X - truoc bo loc');
grid on;
xlabel('So chu ki noi suy');
```



```

ylabel('Do dich chuyen');
subplot(1,2,2);
bar(delta_X1);
axis([0 800 0 0.07]);
title('Delta X sau khi qua bo loc');
grid on;
xlabel('So chu ki noi suy');
ylabel('Do dich chuyen');

figure(2)
subplot(1,2,1);
bar(deltaY_tho);
axis([0 500 0 0.14]);
title('Delta Y - truoc bo loc');
grid on;
xlabel('So chu ki noi suy');
ylabel('Do dich chuyen');
subplot(1,2,2);
bar(delta_Y1);
axis([0 800 0 0.14]);
title('Delta Y sau khi qua bo loc');
grid on;
xlabel('So chu ki noi suy');
ylabel('Do dich chuyen');

figure(3)
plot(X_tho,Y_tho, 'r');
hold on;
title('quy dao duong thang sau khi noi suy tho');
xlabel('trucx (mm)');
ylabel('trucy (mm)');
axis([(min(xA,xB)-10) (max(xA,xB)+10) (min(yA,yB)-10) (max(yA,yB)+10)]);
plot(xA,yA, 'b o',xB,yB, 'b o');
hold on;
grid on;

t2 = [0 1];
for i = 1: (N*5-1)
    t2(i+1) = t2(i)+Tdk;
end
k = Tipo/Tdk;

%noi suy tinh
%do dich chuyen X,Y
X2 = [0 0];
Y2 = [0 0];
for i= 1:N
    for j = 1:k
        X2(i+1,j) = delta_X1(i)/k; % gia tri do dich chuyen tuyen tinh
        Y2(i+1,j) = delta_Y1(i)/k;
    end
end

% %gia tri noi suy sau tuyen tinh
CX = zeros(1,N*k);

```

```

CY = zeros(1,N*k);
for i=1:N
    for j = 1:k
        j1 = (i-1)*k + j;           %muc dich la muon chuyen ma tran nhieu
hang thanh ma tran 1 hang
        CX(j1) = CX(j1) + X2(i,j);   % voi j1 tang dan tu 1,2,3,4,5,6,7,...
        CY(j1) = CY(j1) + Y2(i,j);
    end
end

figure(4)
subplot(1,2,1);
bar(t2,CX);
xlabel('Time(s)');
ylabel('delta x(mm)');
title('Delta x theo noi suy tuyen tinh');
axis([0.30 0.32 0 0.004]);
subplot(1,2,2);
bar(t2,CY);
xlabel('Time(s)');
ylabel('delta y(mm)');
title('Delta y theo noi suy tuyen tinh');
axis([0.30 0.32 0 0.008]);

%%Phuong phap trung binh
%% truc x
bX = [0 0];
bX1 = [0 0];
bX2 = [0 0];
bX(1) = (CX(1) + CX(2) + CX(3))/k;
bX(2) = (CX(1) + CX(2) + CX(3) + CX(4))/k;
for i = 3:N*k - 2
    bX(i) = (CX(i+2) + CX(i+1) + CX(i) + CX(i-1) + CX(i-2))/k;
end
bX(N*k-1) = (CX(N*k) + CX(N*k-1) + CX(N*k-2) + CX(N*k-3))/k;
bX(N*k) = (CX(N*k) + CX(N*k-1) + CX(N*k-2))/k;

bX1(1) = (CX(1) + CX(2) + CX(3) + CX(4))/k;
for i=2:N*k-3
    bX1(i) = (CX(i+3) + CX(i+2) + CX(i+1) + CX(i) + CX(i-1))/k;
end
bX1(N*k-2) = (CX(N*k) + CX(N*k-1) + CX(N*k-2) + CX(N*k-3))/k;
bX1(N*k-1) = (CX(N*k) + CX(N*k-1) + CX(N*k-2))/k;
bX1(N*k) = (CX(N*k) + CX(N*k-1))/k;

for i=1:N*k
    bX2(i) = (bX(i) + bX1(i))/2;
end

%%truc y
bY = [0 0];
bY1 = [0 0];
bY2 = [0 0];
bY(1) = (CY(1) + CY(2) + CY(3))/k;
bY(2) = (CY(1) + CY(2) + CY(3) + CY(4))/k;
for i = 3:N*k - 2

```

```

        bY(i) = (CY(i+2) + CY(i+1) + CY(i) + CY(i-1) + CY(i-2))/k;
    end
    bY(N*k-1) = (CY(N*k) + CY(N*k-1) + CY(N*k-2) + CY(N*k-3))/k;
    bY(N*k) = (CY(N*k) + CY(N*k-1) + CY(N*k-2))/k;

    bY1(1) = (CY(1) + CY(2) + CY(3) + CY(4))/k;
    for i=2:N*k-3
        bY1(i) = (CY(i+3) + CY(i+2) + CY(i+1) + CY(i) + CY(i-1))/k;
    end
    bY1(N*k-2) = (CY(N*k) + CY(N*k-1) + CY(N*k-2) + CY(N*k-3))/k;
    bY1(N*k-1) = (CY(N*k) + CY(N*k-1) + CY(N*k-2))/k;
    bY1(N*k) = (CY(N*k) + CY(N*k-1))/k;

    for i=1:N*k
        bY2(i) = (bY(i) + bY1(i))/2;
    end

    figure(5)
    subplot(1,2,1);
    bar(t2,bX2);
    title('Delta x theo noi suy trung binh');
    xlabel('thoi gian (s)');
    ylabel('delta x (mm)');
    axis([0.30 0.32 0 0.004]);
    subplot(1,2,2)
    bar(t2,bY2);
    title('Delta y theo noi suy trung binh');
    xlabel('thoi gian (s)');
    ylabel('delta y (mm)');
    axis([0.30 0.32 0 0.008]);

    %%noi suy tinh theo pp trung binh
    X_tinh = [xA 1];
    Y_tinh = [yA 1];
    for i = 1:(N*k-1)
        X_tinh(i+1) = X_tinh(i) + bX2(i);
        Y_tinh(i+1) = Y_tinh(i) + bY2(i);
    end

    figure(6)
    plot(X_tinh,Y_tinh,'r');
    xlabel('truc x');
    ylabel('truc y');
    axis([0 60 0 100]);
    title(' Quy dao duong thang sau khi noi suy tinh');

```

## 5.5 Nội suy quỹ đạo đường tròn theo ADCAI

```

xC = 0; yC = 0;
BLU = 0.05;
Xcenter = 20; Ycenter = 0;
Xstart = xC; Ystart = yC;
Tacc = 1; Tdec = 1;
Tipo = 0.005; % chu ki noi suy
Tdk = 0.001; % chu ki dieu khien
C = 0; % C = 1 noi suy nguoc chieu kim dong ho

```

```

% C = 0 noi suy thuan chieu kim dong ho
theta = pi; %goc noi suy
R = sqrt((Xstart-Xcenter)^2+(Ystart - Ycenter)^2); % ban kinh noi suy

if (yC-Ycenter) >=0
    theta0 = acos((Xstart-Xcenter)/R); % goc ban dau
else
    theta0 = 2*pi - acos((Xstart-Xcenter)/R);
end
alpha = BLU*2/(theta*R);
n = floor(theta/alpha)+1;
alpha = theta/n;
deltaX_tho = [0 1];
deltaY_tho = [0 1];
for i = 1:n
    if (C == 1)
        deltaX_tho(i) = R*cos(theta0 + alpha*i) - R*cos(theta0 + alpha*(i-1));

        deltaY_tho(i) = R*sin(theta0 + alpha*i) - R*sin(theta0 + alpha*(i-1));

    else
        deltaX_tho(i) = R*cos(theta0 - alpha*i) - R*cos(theta0 - alpha*(i-1));

        deltaY_tho(i) = R*sin(theta0 - alpha*i) - R*sin(theta0 - alpha*(i-1));

    end
end
n1 = floor(Tacc/Tip0);
for i= 1:n1
    h(i)= 1/n1;
end
delta_x1=conv(deltaX_tho,h);
delta_y1=conv(deltaY_tho,h);
X_dodichchuyen = [0 1];
Y_dodichchuyen = [0 1];
X_tho = [xC 1];
Y_tho = [yC 1];
N = n+n1-1;
for i= 1:N
    X_dodichchuyen(i+1)= X_dodichchuyen(i)+ delta_x1(i);
    Y_dodichchuyen(i+1)= Y_dodichchuyen(i)+ delta_y1(i);
    X_tho(i+1) = X_tho(i) + delta_x1(i);
    Y_tho(i+1) = Y_tho(i) + delta_y1(i);
end

% Ve do thi
figure(1)
subplot(1,2,1);
bar(deltaX_tho);
title('Delta X - truoc bo loc');
grid on;
xlabel('So chu ki noi suy');

```

```

ylabel('Do dich chuyen');
subplot(1,2,2);
bar(delta_x1);
title('Delta X sau khi qua bo loc');
grid on;
xlabel('So chu ki noi suy');
ylabel('Do dich chuyen');

figure(2)
subplot(1,2,1);
bar(deltaY_tho);
title('Delta Y - truoc bo loc');
grid on;
xlabel('So chu ki noi suy');
ylabel('Do dich chuyen');
subplot(1,2,2);
bar(delta_y1);
title('Delta Y sau khi qua bo loc');
grid on;
xlabel('So chu ki noi suy');
ylabel('Do dich chuyen');

figure(3)
plot(X_tho,Y_tho,'r');
hold on;
title('quy dao duong tron');
xlabel('trucx (mm)');
ylabel('trucy (mm)');
plot(xC,yC,'b o',Xcenter,Ycenter,'b *');
hold on
% plot(trucx.signals.values, trucy.signals.values,'--b');
%stairs(trucx.signals.values, trucy.signals.values,'--b');
grid on;

% Noi suy tinh
k = Tipo/Tdk;
t2 = [0 1];
for i = 1:(N*5-1)
    t2(i+1) = t2(i) + Tdk;
end

% %tinh noi suy tinh
X2 = [0 0];
Y2 = [0 0];
for i = 1:N-1
    for j =1:k
        X2(i+1,j) = delta_x1(i)/k; %o day X2 va Y2 dang la ma tran nhieu
        Y2(i+1,j) = delta_y1(i)/k; %nen ko ve do thi voi t2 duoc
    end
end

% %gia tri noi suy sau tuyen tinh
CX = zeros(1,N*k);
CY = zeros(1,N*k);

```

```

for i=1:N
    for j = 1:k
        j1 = (i-1)*k + j;          %muc dich la muon chuyen ma tran nhieu
hang thanh ma tran 1 hang
        CX(j1) = CX(j1) + X2(i,j); % voi j1 tang dan tu 1,2,3,4,5,6,7,...
        CY(j1) = CY(j1) + Y2(i,j);
    end
end

figure(4)
subplot(1,2,1);
bar(t2,CX);
xlabel('thoi gian (s)');
ylabel('delta x (mm)');
title('Delta x theo phuong phap tuyen tinh');
axis([1 1.02 0 0.002]);
subplot(1,2,2);
bar(t2,CY);
xlabel('thoi gian (s)');
ylabel('delta y (mm)');
title('Delta y theo phuong phap tuyen tinh');
axis([0.5 0.52 0 0.004]);

%%Phuong phap trung binh
%% truc x
bX = [0 0];
bX1 = [0 0];
bX2 = [0 0];
bX(1) = (CX(1) + CX(2) + CX(3))/k;
bX(2) = (CX(1) + CX(2) + CX(3) + CX(4))/k;
for i = 3:N*k - 2
    bX(i) = (CX(i+2) + CX(i+1) + CX(i) + CX(i-1) + CX(i-2))/k;
end
bX(N*k-1) = (CX(N*k) + CX(N*k-1) + CX(N*k-2) + CX(N*k-3))/k;
bX(N*k) = (CX(N*k) + CX(N*k-1) + CX(N*k-2))/k;

bX1(1) = (CX(1) + CX(2) + CX(3) + CX(4))/k;
for i=2:N*k-3
    bX1(i) = (CX(i+3) + CX(i+2) + CX(i+1) + CX(i) + CX(i-1))/k;
end
bX1(N*k-2) = (CX(N*k) + CX(N*k-1) + CX(N*k-2) + CX(N*k-3))/k;
bX1(N*k-1) = (CX(N*k) + CX(N*k-1) + CX(N*k-2))/k;
bX1(N*k) = (CX(N*k) + CX(N*k-1))/k;

for i=1:N*k
    bX2(i) = (bX(i) + bX1(i))/2;
end

%%truc y
bY = [0 0];
bY1 = [0 0];
bY2 = [0 0];
bY(1) = (CY(1) + CY(2) + CY(3))/k;
bY(2) = (CY(1) + CY(2) + CY(3) + CY(4))/k;
for i = 3:N*k - 2
    bY(i) = (CY(i+2) + CY(i+1) + CY(i) + CY(i-1) + CY(i-2))/k;
end

```

```

end
bY(N*k-1) = (CY(N*k) + CY(N*k-1) + CY(N*k-2) + CY(N*k-3))/k;
bY(N*k) = (CY(N*k) + CY(N*k-1) + CY(N*k-2))/k;

bY1(1) = (CY(1) + CY(2) + CY(3) + CY(4))/k;
for i=2:N*k-3
    bY1(i) = (CY(i+3) + CY(i+2) + CY(i+1) + CY(i) + CY(i-1))/k;
end
bY1(N*k-2) = (CY(N*k) + CY(N*k-1) + CY(N*k-2) + CY(N*k-3))/k;
bY1(N*k-1) = (CY(N*k) + CY(N*k-1) + CY(N*k-2))/k;
bY1(N*k) = (CY(N*k) + CY(N*k-1))/k;

for i=1:N*k
    bY2(i) = (bY(i) + bY1(i))/2;
end

figure(5)
subplot(1,2,1);
bar(t2,bX2);
title('Delta x theo phuong phap trung binh');
xlabel('thoi gian (s)');
ylabel('delta x (mm)');
axis([1 1.02 0 0.002]);
subplot(1,2,2);
bar(t2,bY2);
title('Delta y theo phuong phap trung binh');
xlabel('thoi gian (s)');
ylabel('delta y (mm)');
axis([0.5 0.52 0 0.004]);

%%noi suy tinh theo pp trung binh
X_tinh = [0 X_tho(1)];
Y_tinh = [0 Y_tho(1)];
for i = 1:(N*k-1)
    X_tinh(i+1) = X_tinh(i) + bX2(i);
    Y_tinh(i+1) = Y_tinh(i) + bY2(i);
end

figure(6)
plot(X_tinh,Y_tinh,'r');
xlabel('truc x (mm)');
ylabel('truc y (mm)');
title(' quy dao duong tron sau khi noi suy tinh');

figure(7)
stairs(X_tho,Y_tho,'r-');
hold on
stairs(X_tinh,Y_tinh,'b-');
title(' so sanh noi suy tho va noi suy tinh');
xlabel('truc x (mm)');
ylabel('truc y (mm)');

```

