

Bài 1:

① - Đối tượng: Hệ bóng và thanh

+) Tín hiệu vào: góc lệch  $\theta$  của thanh

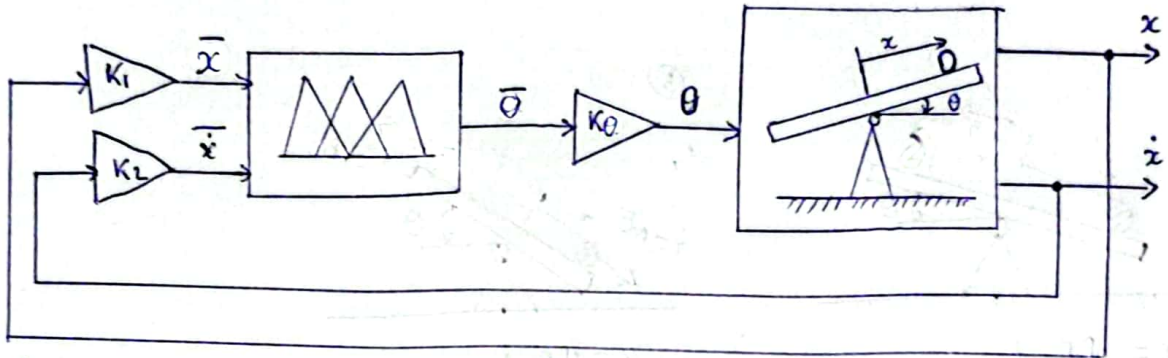
+) Tín hiệu ra: vị trí  $x$  của bóng trên thanh.

$\Rightarrow$  Các biến vào, ra của bộ điều khiển.

+) 2 biến vào: Vị trí ( $x$ ) của bóng và vận tốc ( $\dot{x}$ ) của bóng trên thanh.

+) Biến ra: Góc lệch  $\theta$  của thanh.

- Sơ đồ khối của hệ thống điều khiển:



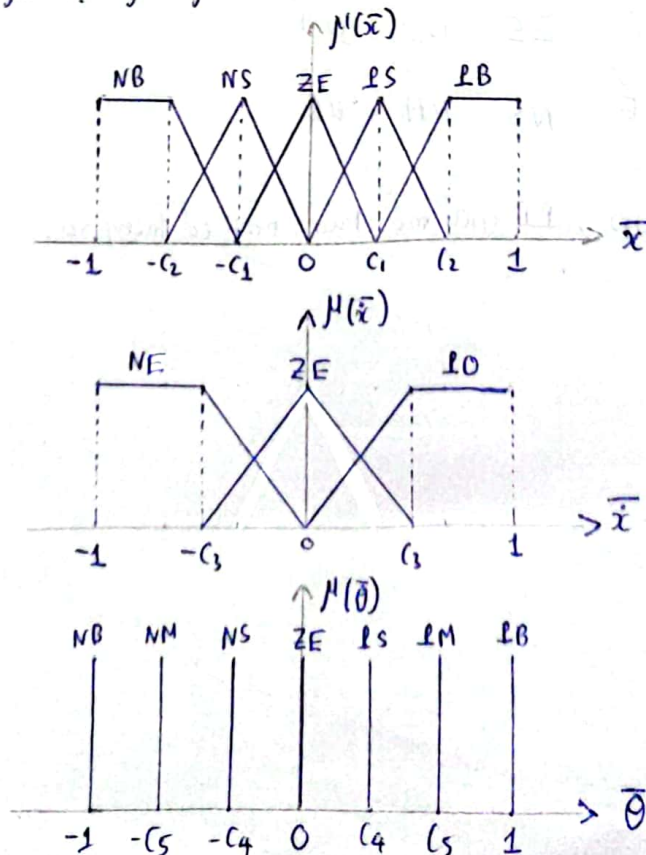
② Chuẩn hóa biến vào/ra của bộ điều khiển:

+) Vị trí:  $-0,6 \leq x \leq 0,6$  (m)  $\Rightarrow K_1 = \frac{1}{0,6}$

+) Vận tốc:  $-1 \leq \dot{x} \leq 1$  (m/s)  $\Rightarrow K_2 = 1$

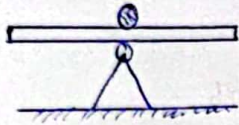
+) Góc lệch  $\theta$ :  $-\frac{\pi}{3} \leq \theta \leq \frac{\pi}{3}$  (rad)  $\Rightarrow K_\theta = \frac{\pi}{3}$ .

③ Định nghĩa các giá trị tại ngôn ngữ cho các biến vào/ra



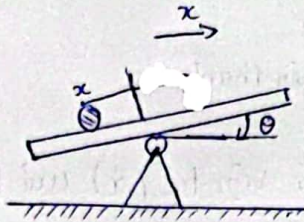
Ⓟ Qui tắc điều khiển mờ được đưa ra dựa vào kinh nghiệm

①



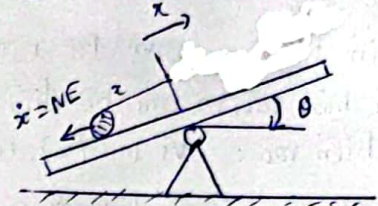
$$\left. \begin{array}{l} x = ZE \\ \dot{x} = ZE \end{array} \right\} \Rightarrow \theta = ZE$$

②



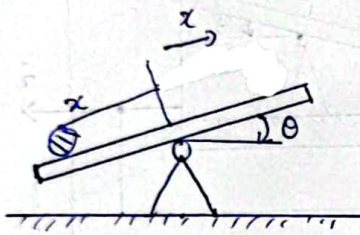
$$\left. \begin{array}{l} x = NS \\ \dot{x} = ZE \end{array} \right\} \Rightarrow \theta = LS$$

③



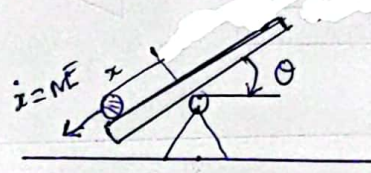
$$\left. \begin{array}{l} x = NS \\ \dot{x} = NE \end{array} \right\} \Rightarrow \theta = LM$$

④



$$\left. \begin{array}{l} x = NB \\ \dot{x} = ZE \end{array} \right\} \Rightarrow \theta =$$

⑤



$$\left. \begin{array}{l} x = NB \\ \dot{x} = NE \end{array} \right\} \Rightarrow \theta = LB$$

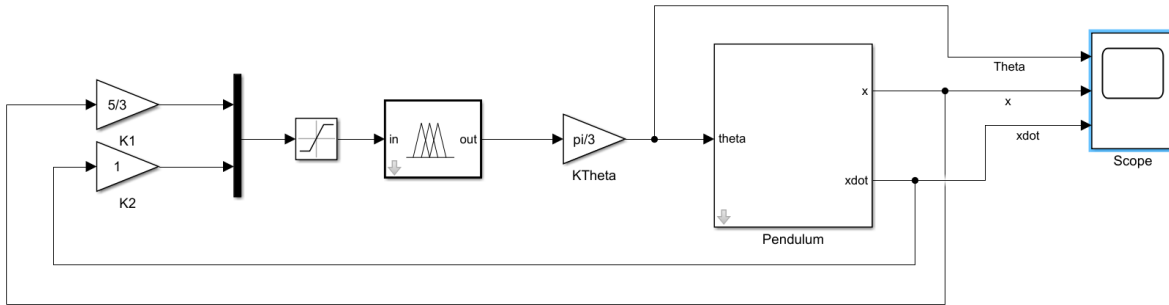
Ⓢ Bảng qui tắc điều khiển.

u		x				
		NB	NS	ZE	LS	LB
x-dot	NE	LB	LM	LS	ZE	NS
	ZE	LM	LS	ZE	NS	NM
	LO	LS	ZE	NS	NM	NB

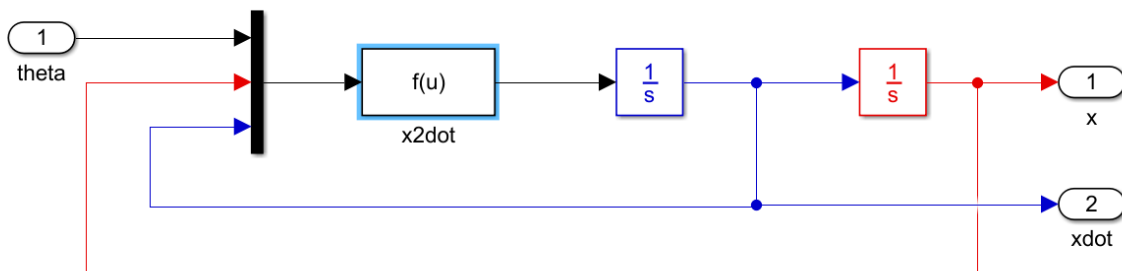
→ Chọn LP suy luận MAX-PROP, LP giải mờ trung bình có trọng số.

## Bài 1:

### 2. Mô phỏng hệ thống điều khiển mờ dùng Simulink.



#### - Khối Pendulum:

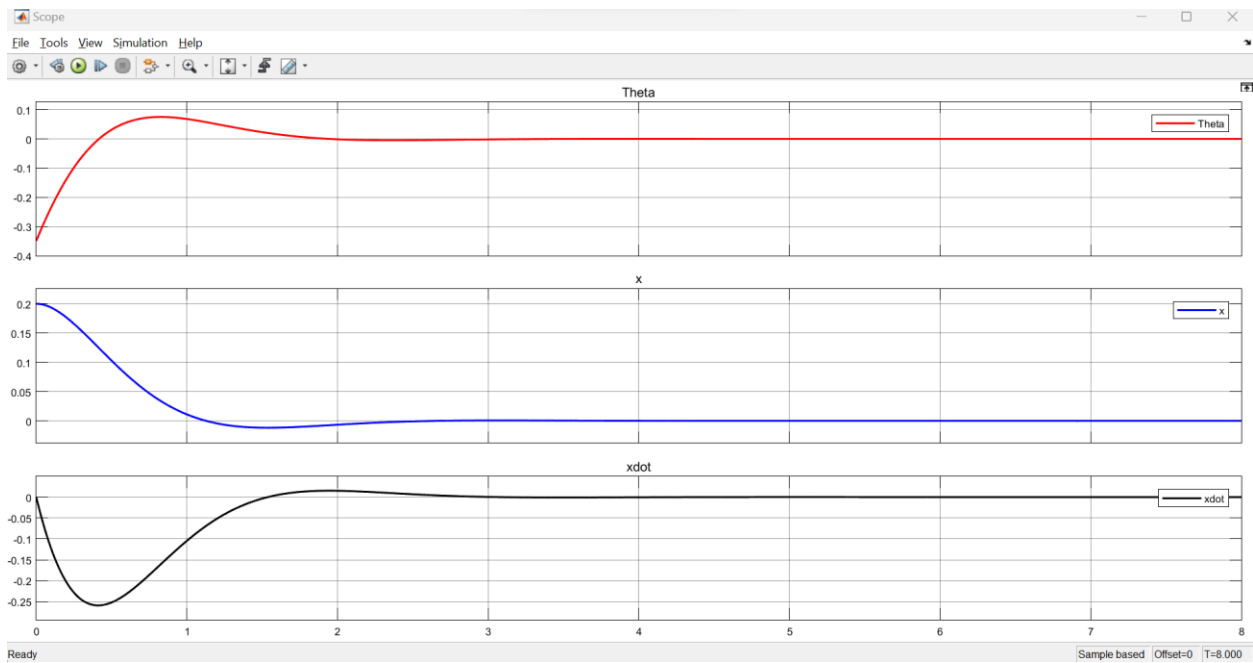


#### - Các thông số bộ điều khiển:

$K_1$	$K_2$	$K_{\text{Theta}}$	c1	c2	c3	c4	c5
1/0.6	1	$\pi/3$	0.4	0.8	0.5	0.4	0.7

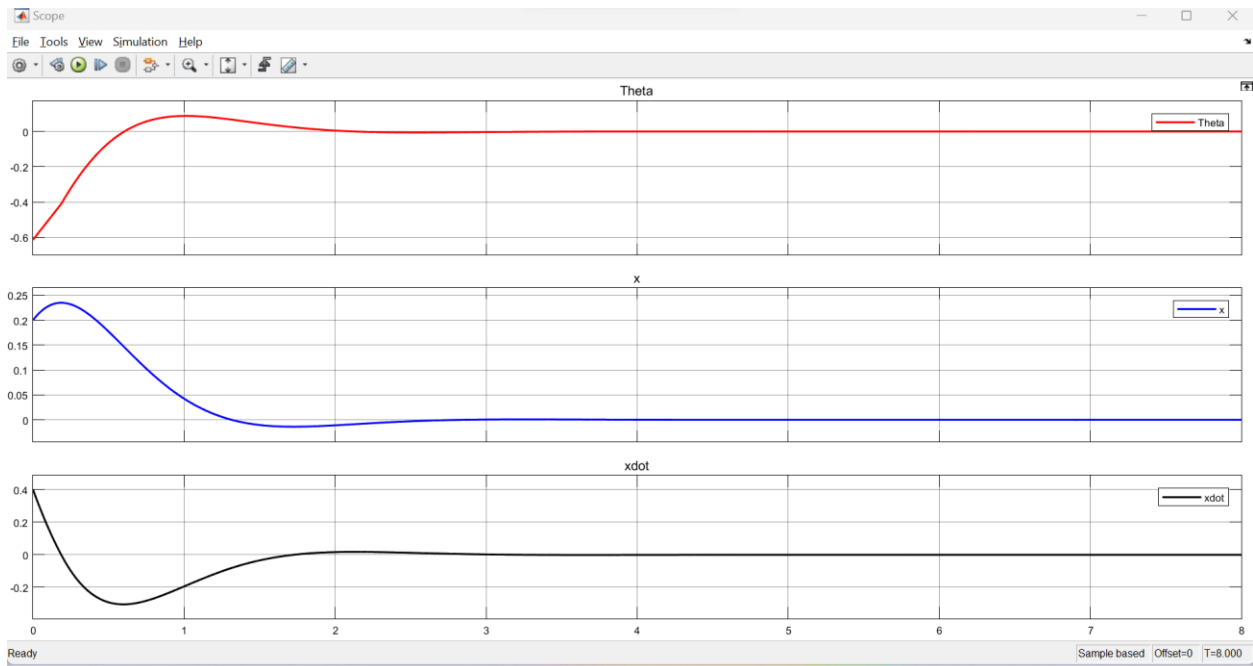
- Kết quả mô phỏng:

+ **TH1:**  $x_0 = 0.2$  (m),  $\dot{x}_0 = 0$  (m/s)



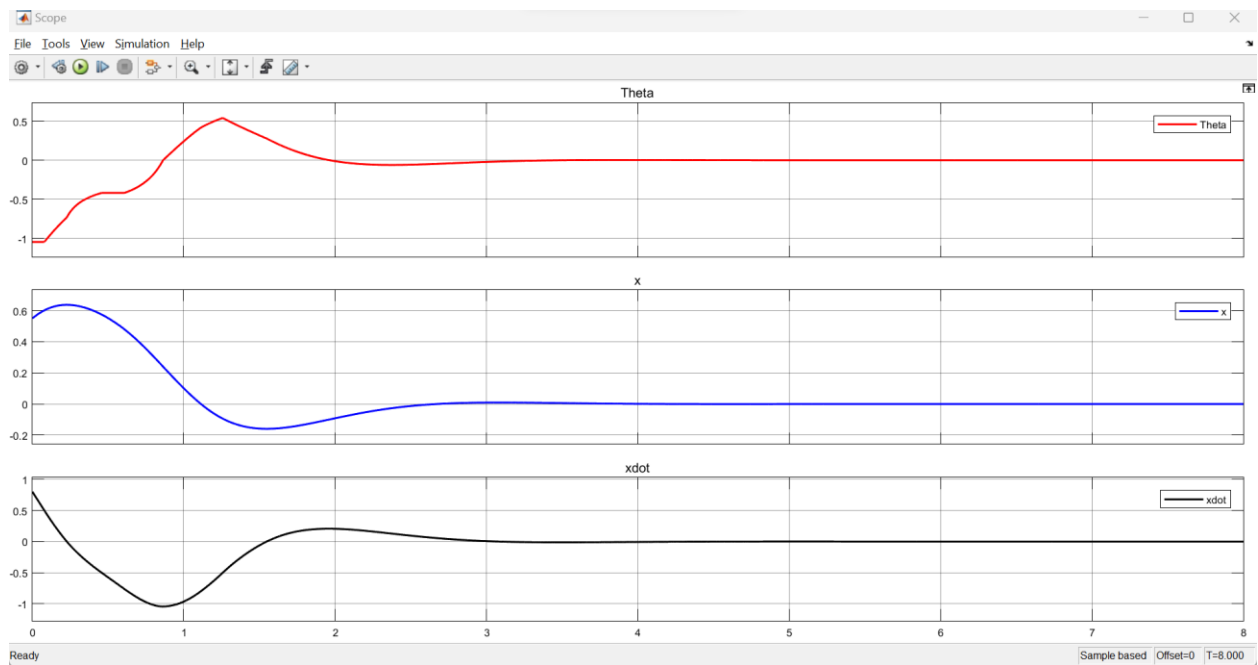
**Nhận xét:** Hệ thống đáp ứng khoảng 2.1s và không có dao động.

+ **TH2:**  $x_0 = 0.2$  (m),  $\dot{x}_0 = 0.4$  (m/s)



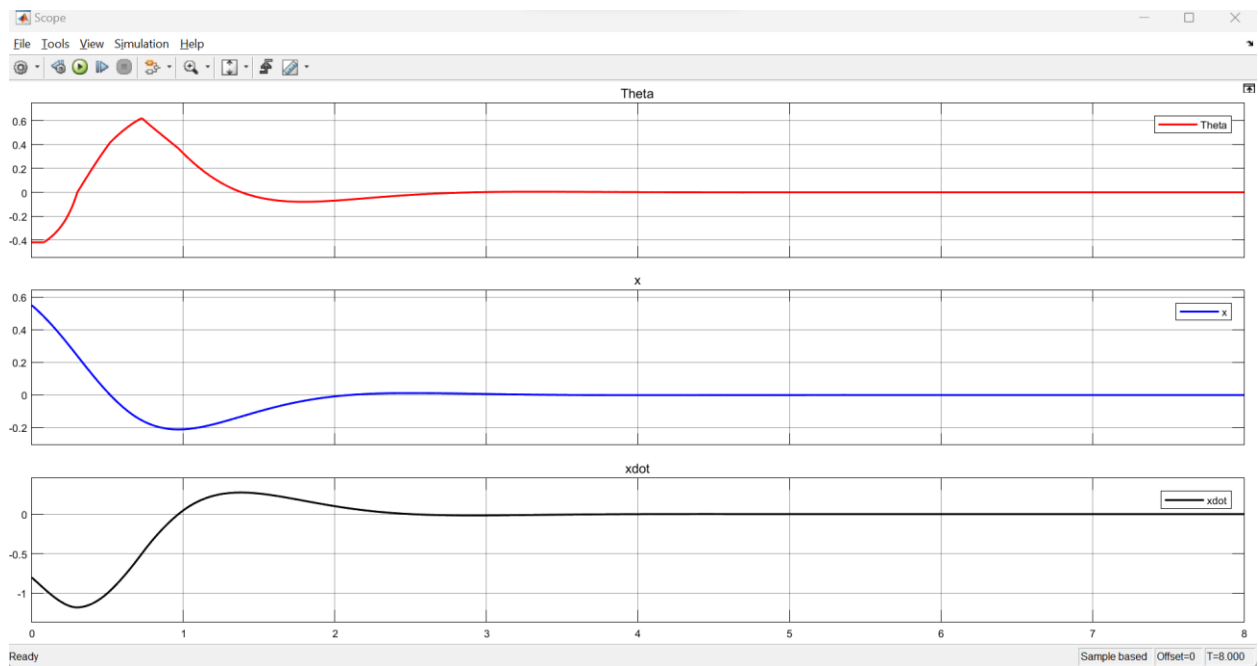
**Nhận xét:** Hệ thống đáp ứng khoảng 2.2s và không có dao động.

+ **TH3:**  $x_0 = 0.55$  (m),  $\dot{x}_0 = 0.8$  (m/s)



**Nhận xét:** Hệ thống đáp ứng khoảng 2.4s và không có dao động.

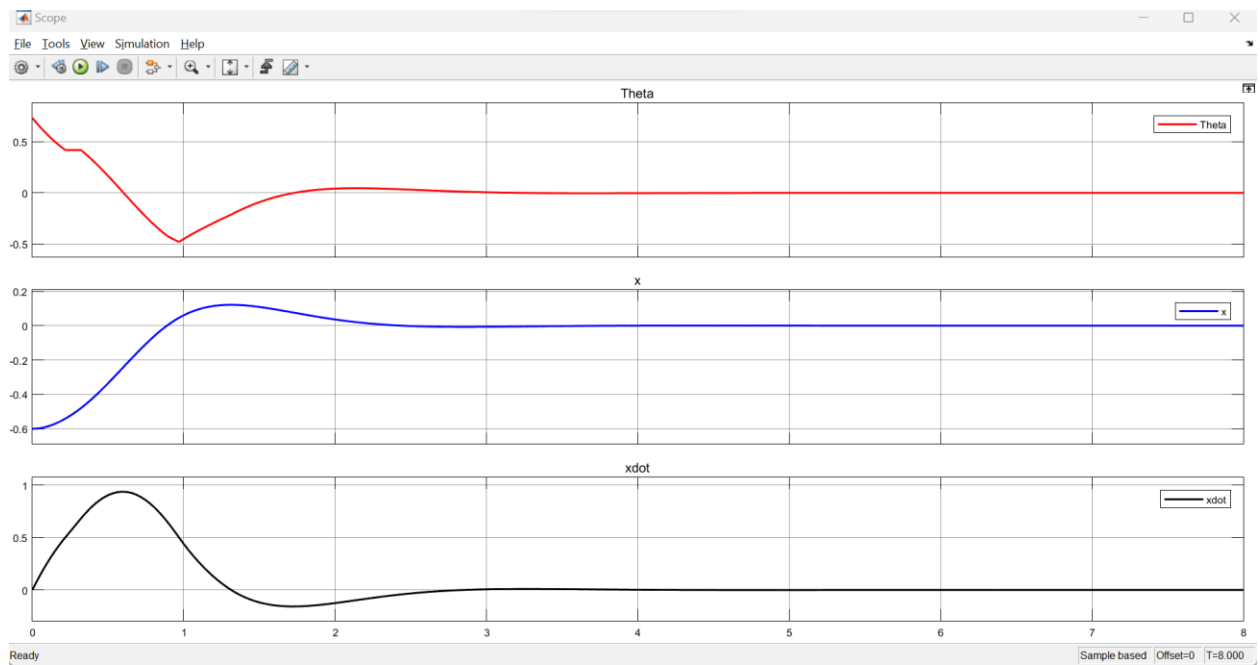
+ **TH4:**  $x_0 = 0.55$  (m),  $\dot{x}_0 = -0.8$  (m/s)



**Nhận xét:** Hệ thống đáp ứng khoảng 2s và không có dao động.

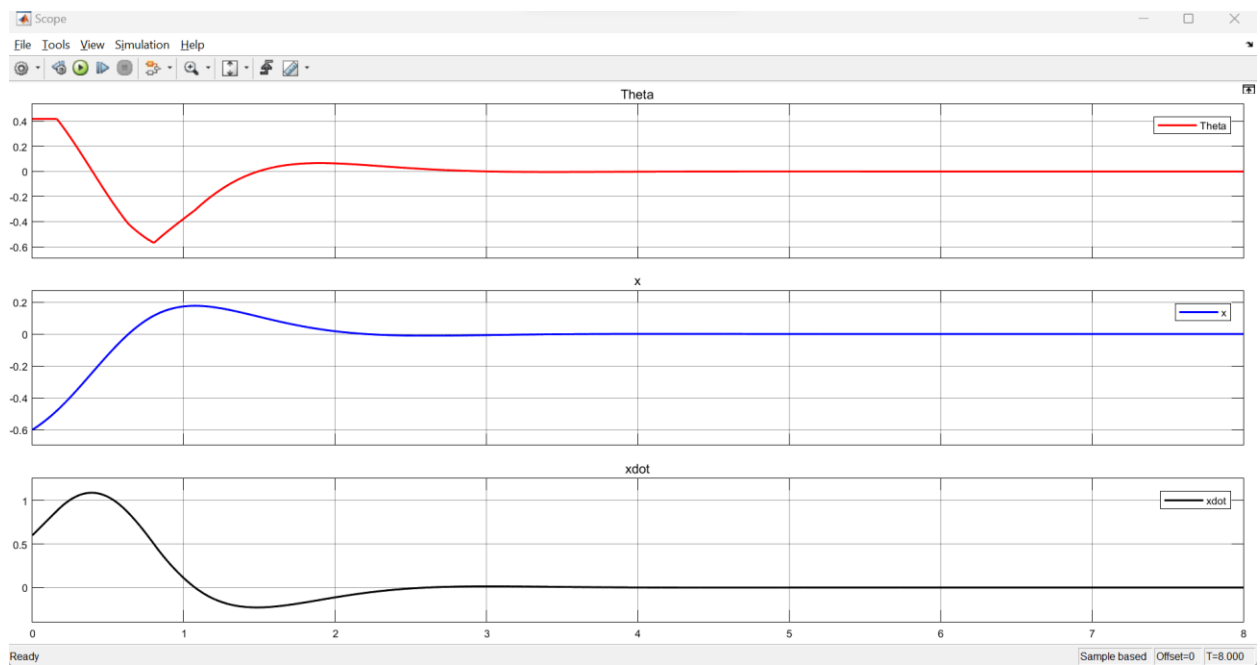


+ **TH5:**  $x_0 = -0.6$  (m),  $\dot{x}_0 = 0$  (m/s)



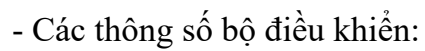
**Nhận xét:** Hệ thống đáp ứng khoảng 2.1s và không có dao động.

+ **TH6:**  $x_0 = -0.6$  (m),  $\dot{x}_0 = 0.6$  (m/s)



**Nhận xét:** Hệ thống đáp ứng khoảng 2s và không có dao động.

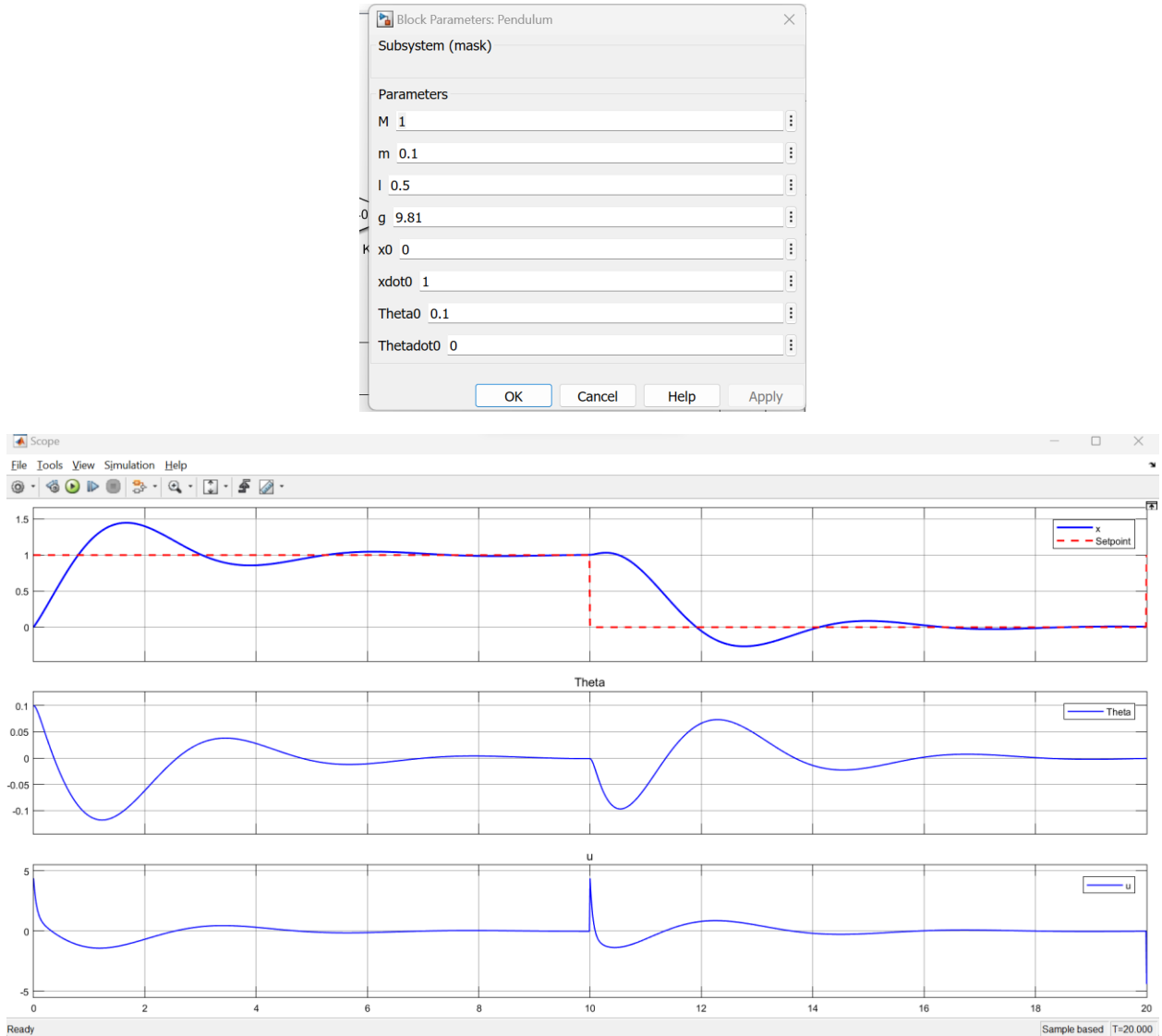
## 1. Mô hình Simulink mô phỏng hệ thống điều khiển hệ con lắc ngược



K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>u</sub>
1/0.3	1	1/3	1/3	40

- Kết quả mô phỏng:

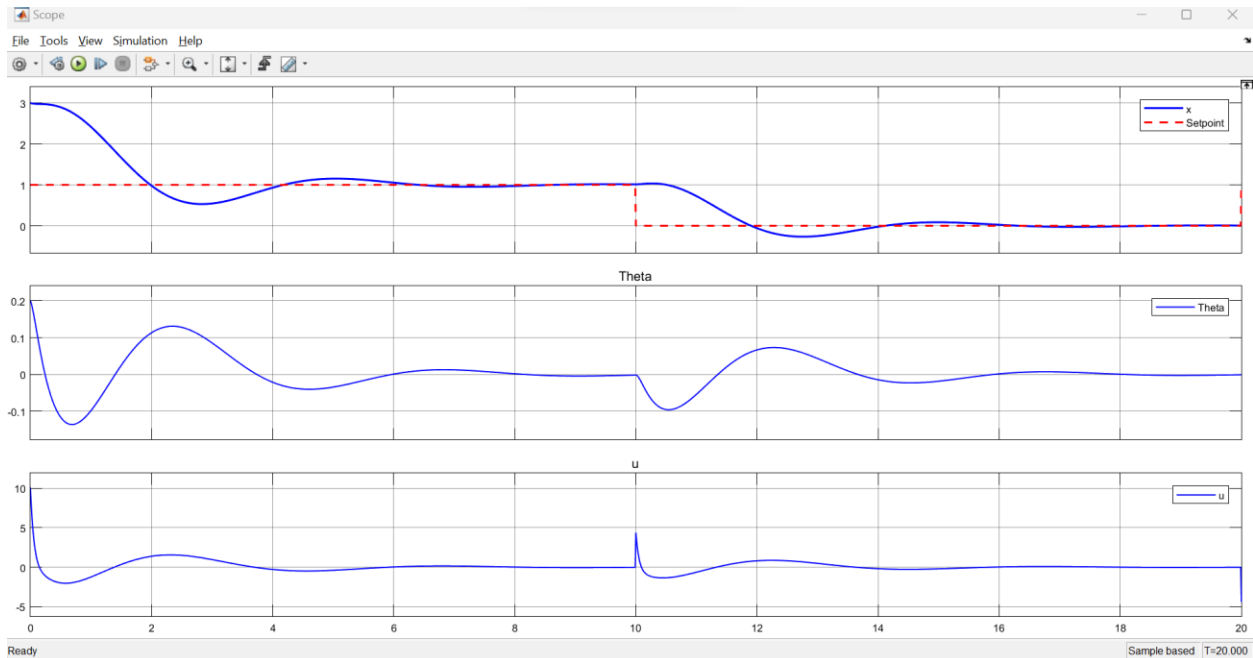
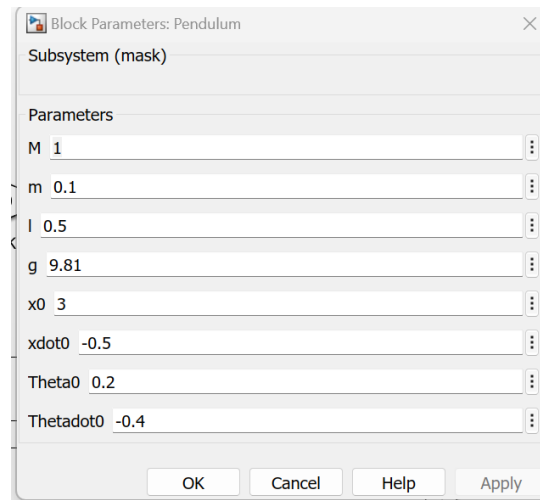
+ **TH1:**  $x_0 = 0$ ,  $\dot{x}_{dot0} = 0.1$ ,  $\Theta_{theta0} = 0.1$ ,  $\dot{\Theta}_{thetadot0} = 0$ . Setpoint = 1 trong 10s đầu và Setpoint = 0 trong 10s sau.



**Nhận xét:** Bộ điều khiển mờ có thể giữ cân bằng hệ con lắc ngược khi vị trí của xe thay đổi từ 1 về 0. Hệ thống đáp ứng khoảng 6s.

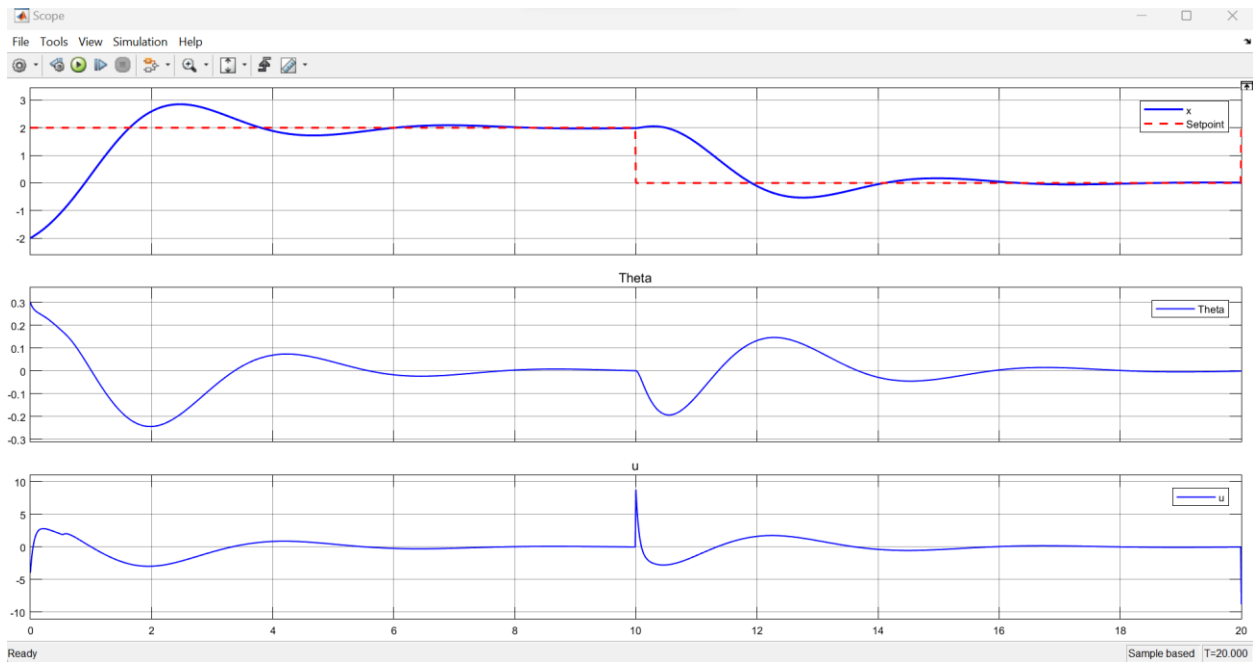
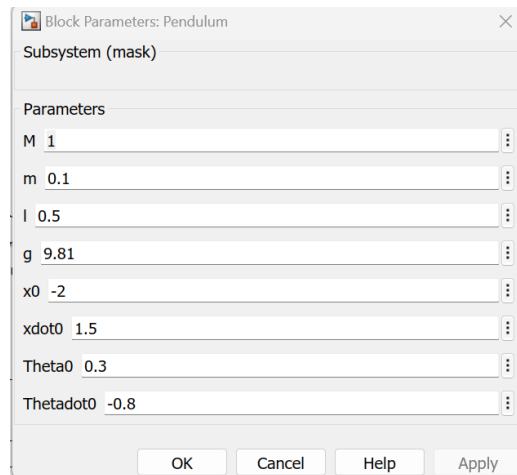


+ **TH2:**  $x_0 = 3$ ,  $\dot{x}_0 = -0.5$ ,  $\theta_0 = 0.2$ ,  $\dot{\theta}_0 = -0.4$ . Setpoint = 1 trong 10s đầu và Setpoint = 0 trong 10s sau.



**Nhận xét:** Bộ điều khiển mờ có thể giữ cân bằng hệ con lắc ngược khi vị trí của xe thay đổi từ 1 về 0. Hệ thống đáp ứng khoảng 6s.

+ **TH3:**  $x_0 = -2$ ,  $\dot{x}_0 = 1.5$ ,  $\theta_0 = 0.3$ ,  $\dot{\theta}_0 = -0.8$ . Setpoint = 2 trong 10s đầu và Setpoint = 0 trong 10s sau.



**Nhận xét:** Bộ điều khiển mờ có thể giữ cân bằng hệ con lắc ngược khi vị trí của xe thay đổi từ 2 về 0. Hệ thống đáp ứng khoảng 6s.

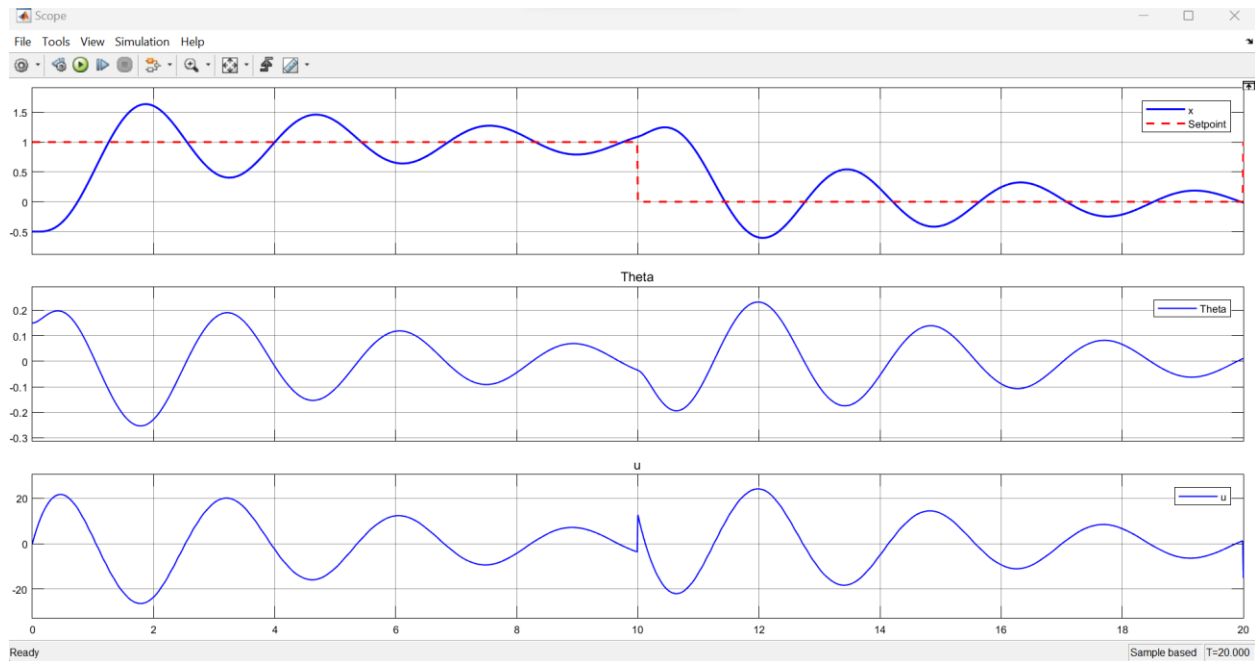
**Kết luận:** Sau khi thực hiện mô phỏng 3 trường hợp từ các trạng thái đầu khác 0 thì bộ điều khiển mờ có thể giữ cân bằng hệ con lắc ngược.

## 2. Thay đổi thông số hệ thống: $M=5\text{kg}$ ; $m=3\text{kg}$ ; $l = 1\text{m}$ .

Vì trong lượng xe, trọng lượng con lắc và chiều dài con lắc tăng lên rất nhiều lần, nên cần tăng lực tác động vào xe ( $K_u$ ) lên nhiều lần.

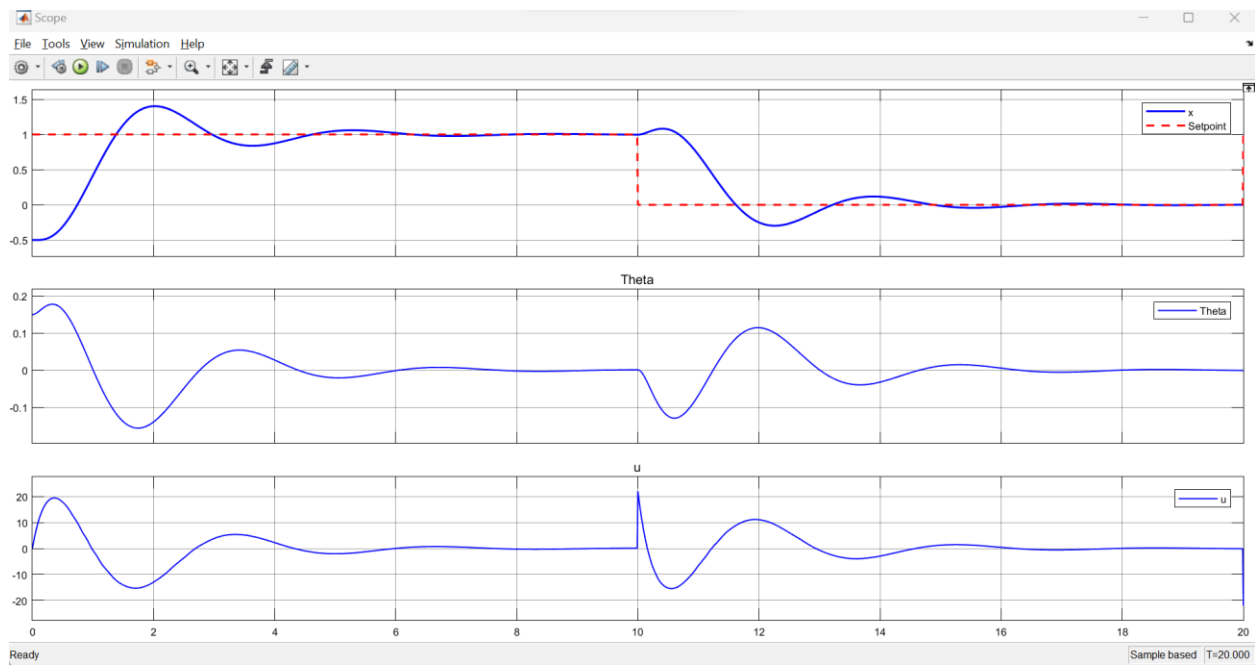
+ **TH1:** Khảo sát tại trạng thái ban đầu  $x_0 = -0.5$ ,  $\dot{x}_{d0} = 0$ ,  $\Theta_0 = 0.15$ ,  $\dot{\Theta}_0 = 0$ . Setpoint = 1 trong 10s đầu và Setpoint = 0 trong 10s sau. Giữ nguyên các giá trị  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$ ,  $K_4$ .

•  $K_u = 150$



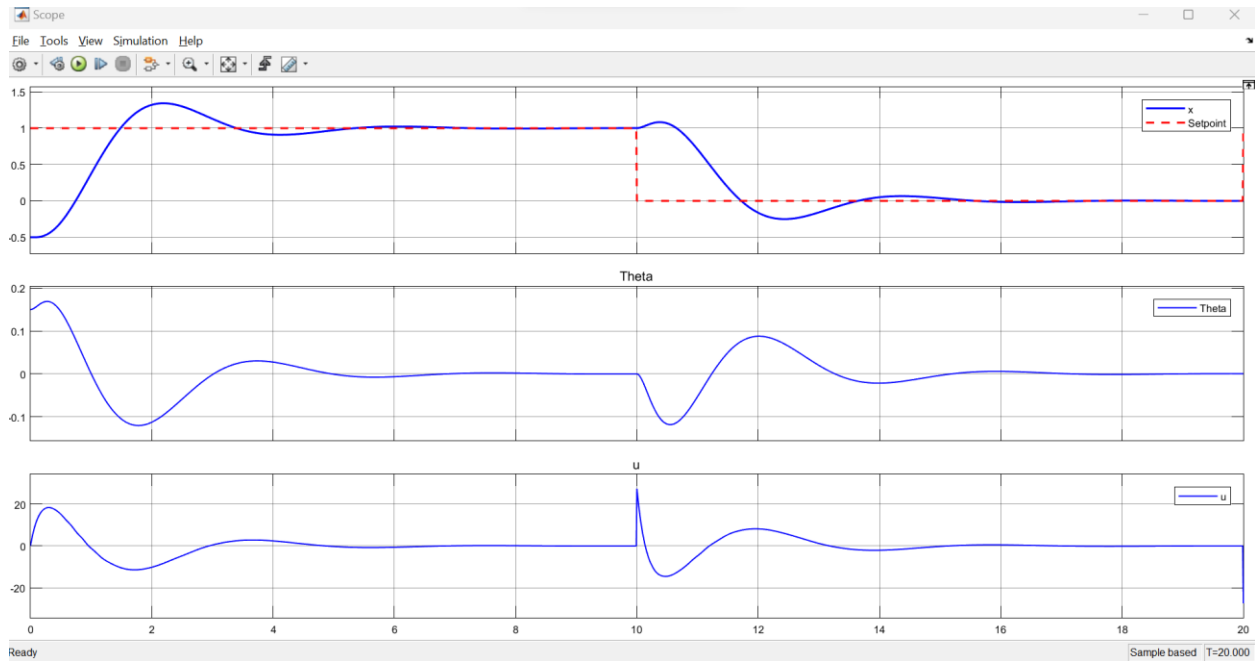
**Nhận xét:** Ta thấy đáp ứng của hệ thống vẫn còn dao động xung quanh giá trị Setpoint.

•  $K_u = 200$



**Nhận xét:** Đáp ứng của hệ thống ổn định trong khoảng 6s.

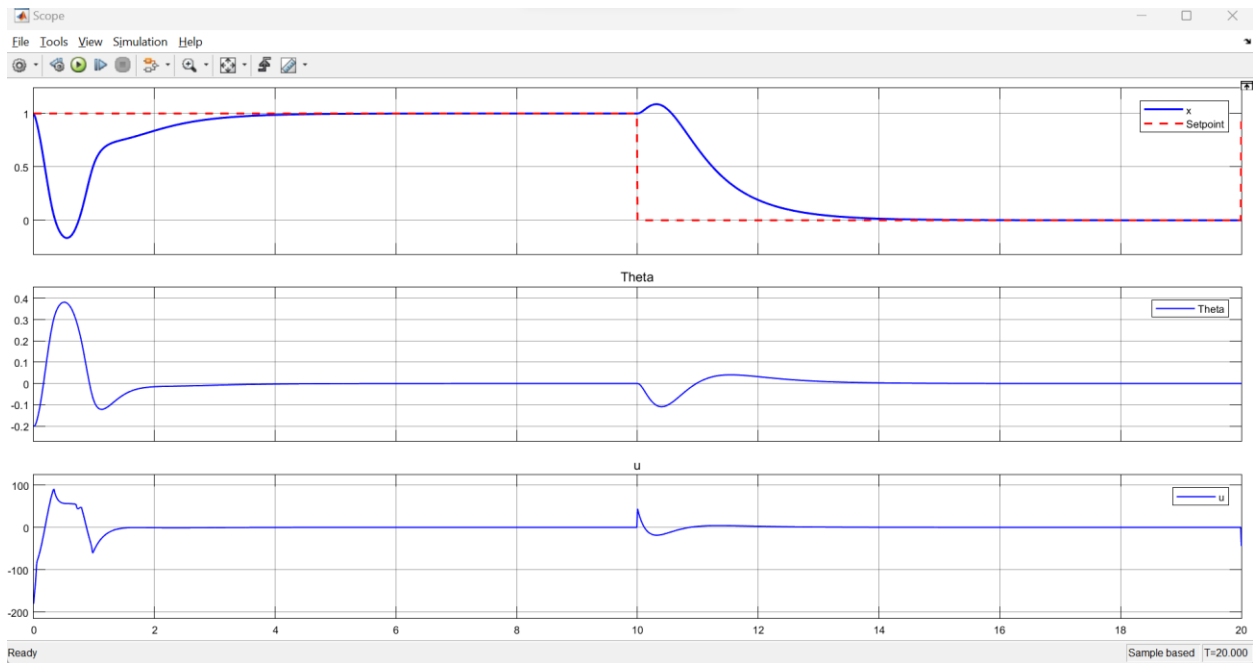
•  $K_u = 250$



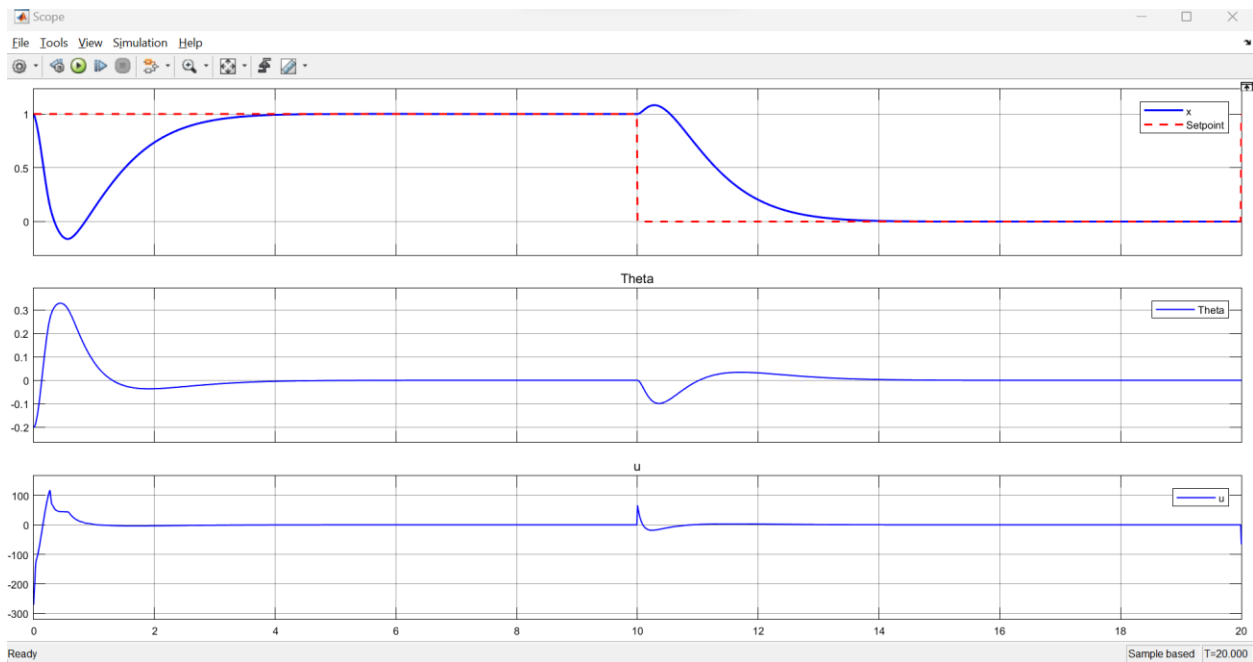
**Nhận xét:** Đáp ứng của hệ thống ổn định trong khoảng 5s.

+ **TH2:** Khảo sát tại trạng thái ban đầu  $x_0 = 1$ ,  $\dot{x}_0 = -1$ ,  $\theta_0 = -0.2$ ,  $\dot{\theta}_0 = -0.2$ . Setpoint = 1 trong 10s đầu và Setpoint = 0 trong 10s sau. Giữ nguyên các giá trị  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  và  $K_4 = 1/2$ .

•  $K_u = 400$



•  $K_u = 600$



**Nhận xét:** Đáp ứng của hệ thống ổn định trong khoảng 4s.