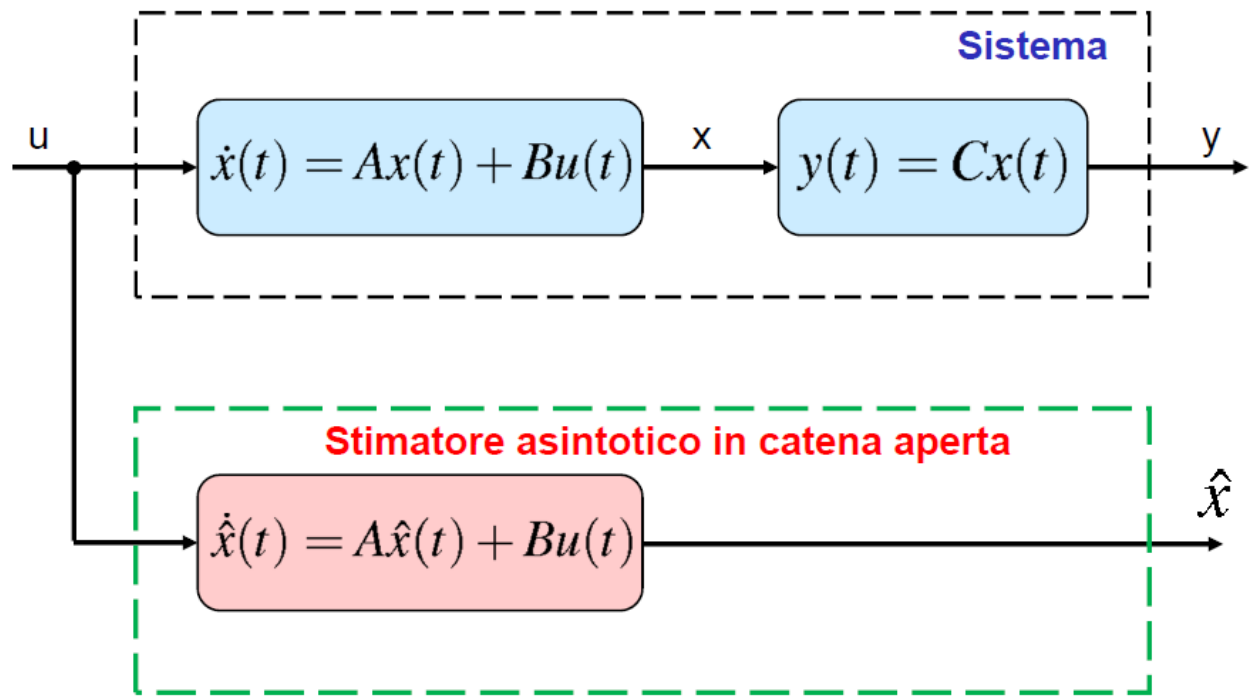




Controllo di Sistemi Robotici

- Implementazione in Matlab/Simulink degli osservatori dello stato in ambiente deterministico

Osservatore asintotico dello stato in catena aperta



Osservatore asintotico dello stato in catena aperta

➔ Script di inizializzazione:

```
%% Parametri sistema
```

```
A = [1 0;0 -5];
```

```
B = [1 0;0 1];
```

```
C = [1 0;-1 1];
```

```
D = [0 0;0 0];
```

```
x0 = [1;1];
```

```
%% Osservatore
```

```
x0s = [0;0];
```



Condizioni iniziali osservatore

```
>> eig(A)
```

```
ans =
```

```
-5
```

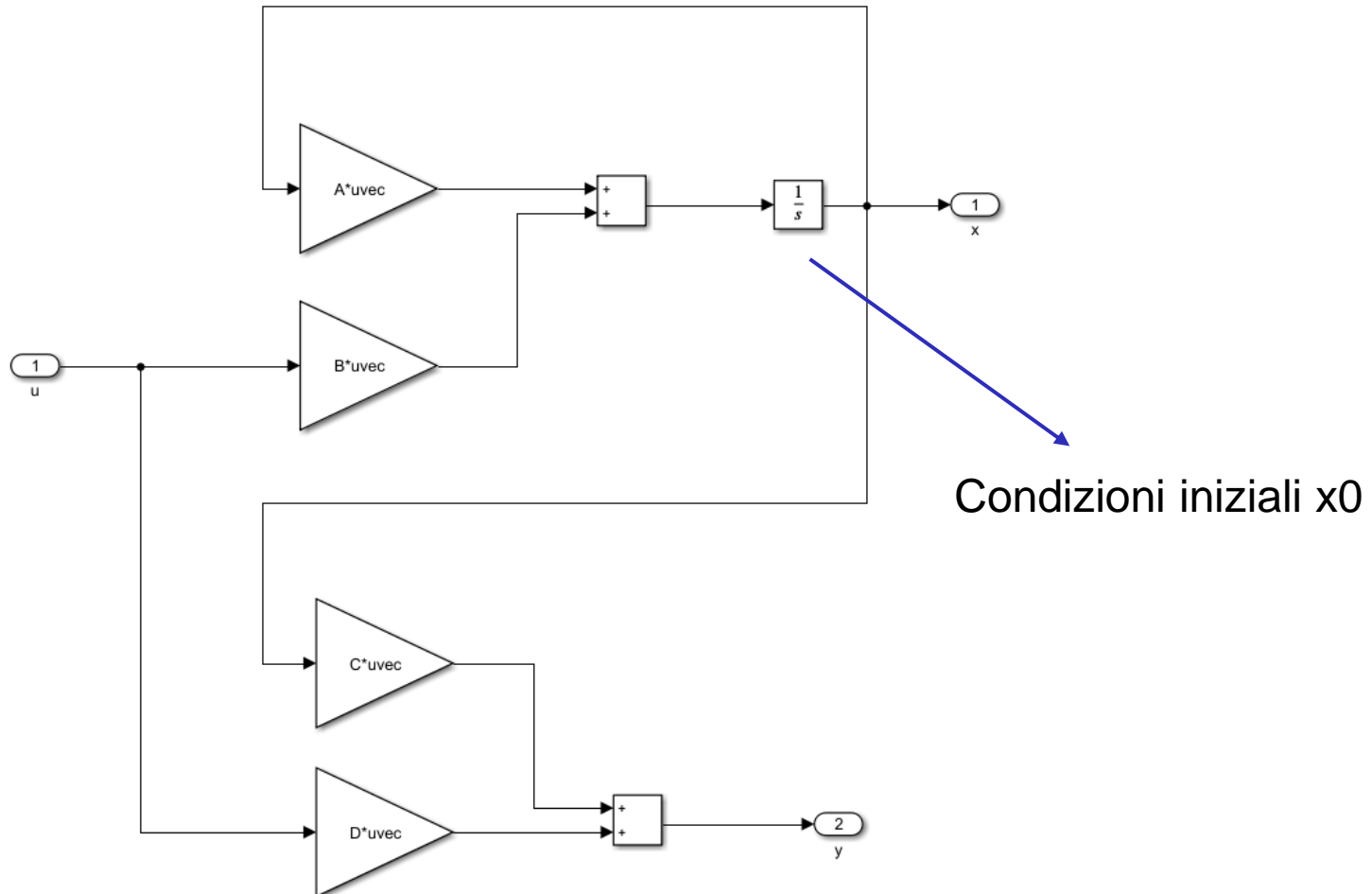
```
1
```



Sistema instabile

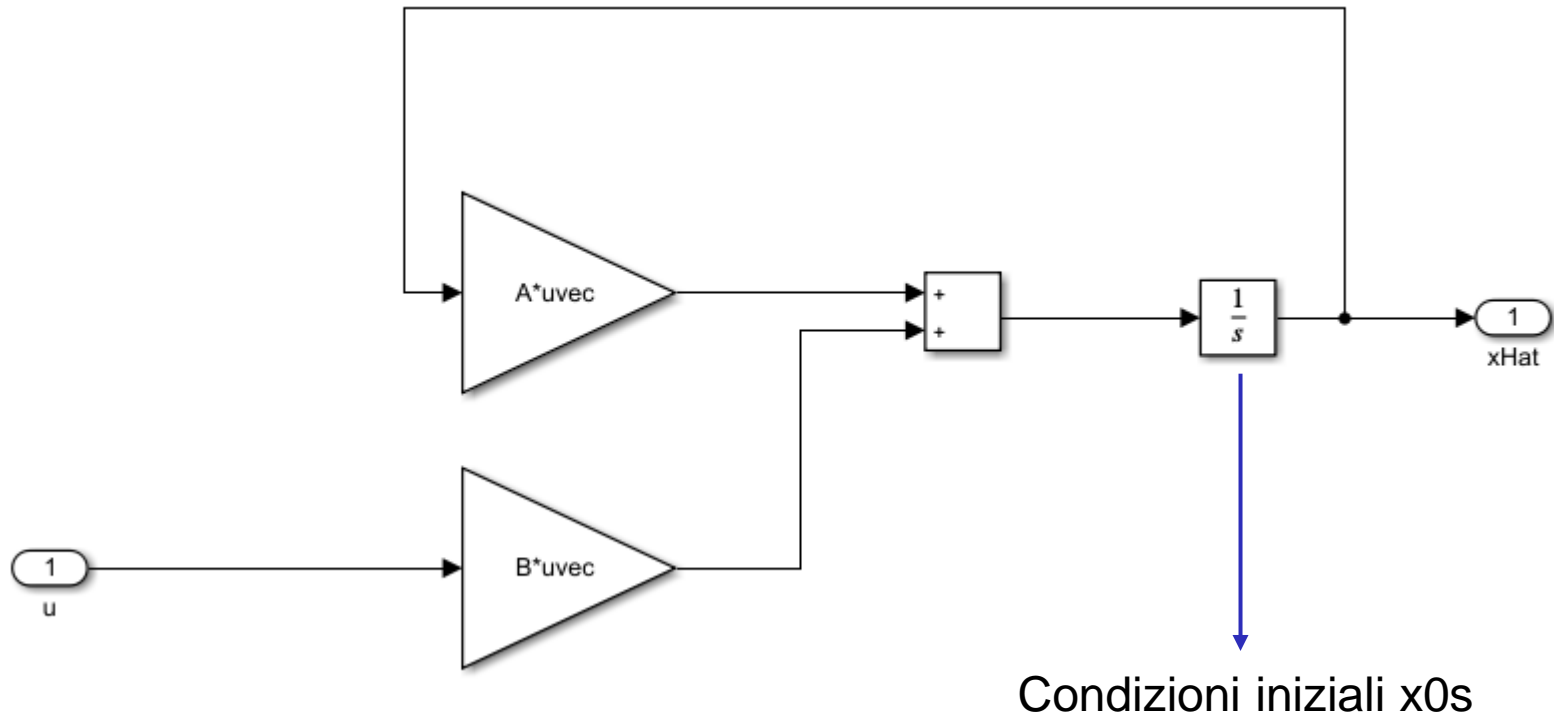
Osservatore asintotico dello stato in catena aperta

➔ Modello simulink sistema:



Osservatore asintotico dello stato in catena aperta

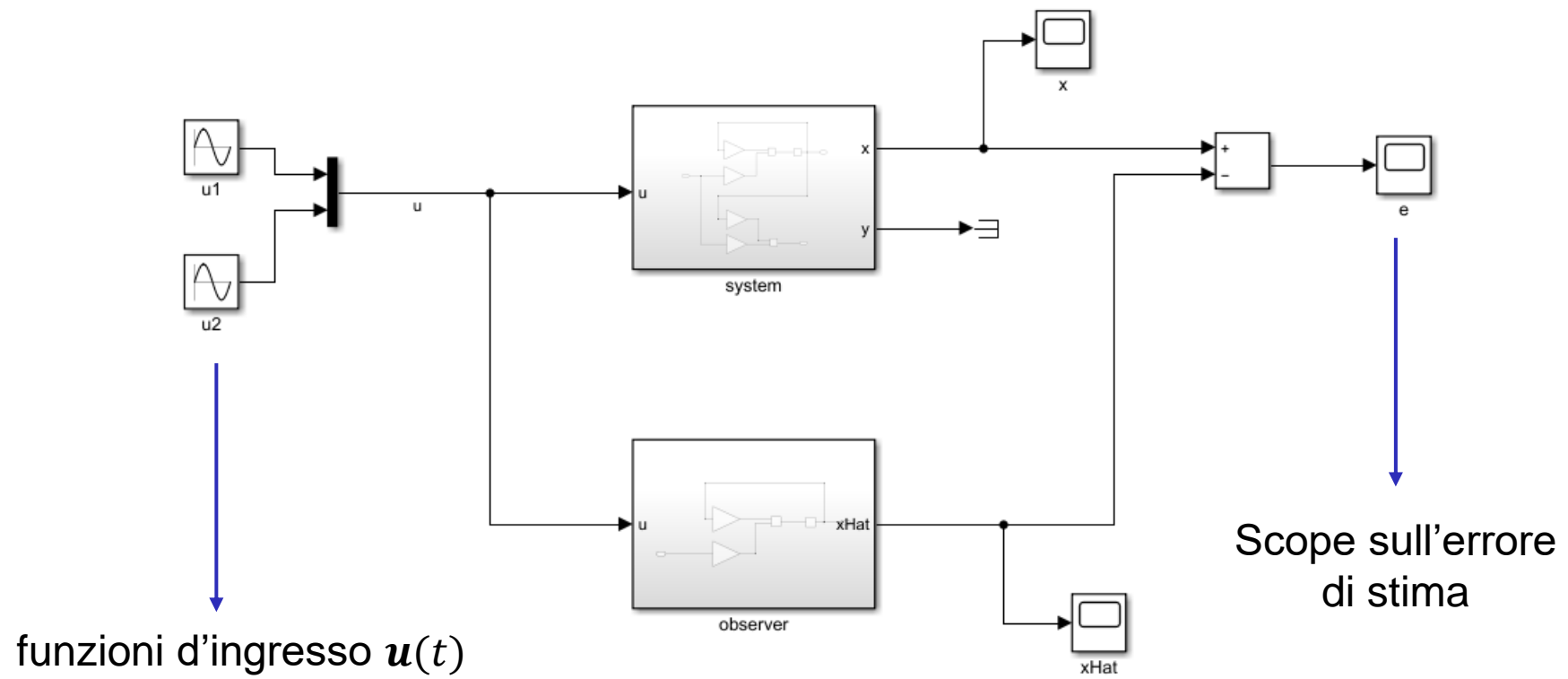
➔ Modello simulink osservatore in catena aperta:



Osservatore asintotico dello stato in catena aperta



➔ Modello simulink sistema + osservatore

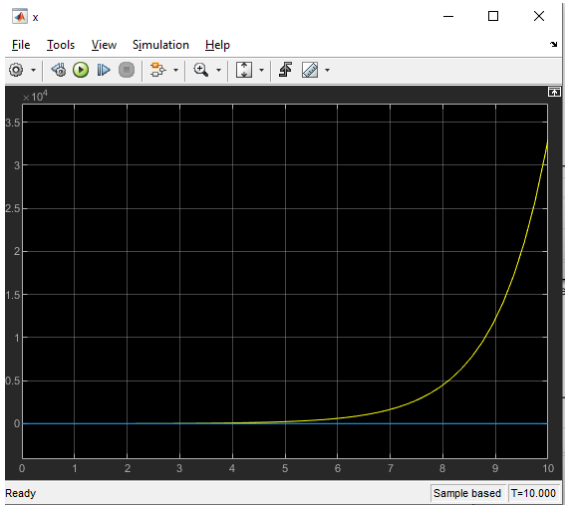


Osservatore asintotico dello stato in catena aperta

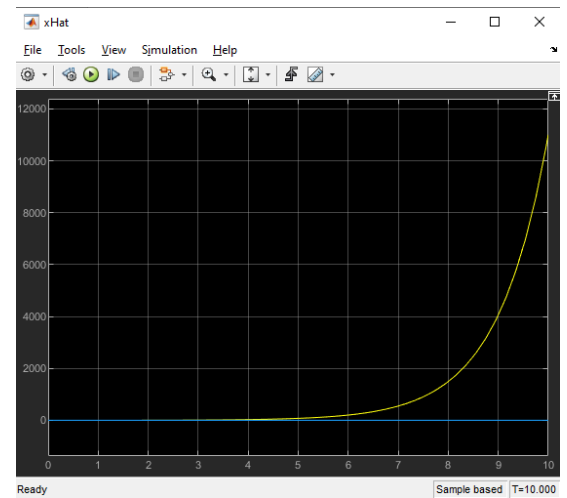


➔ Risultati: sistema instabile, errore di stima non convergente

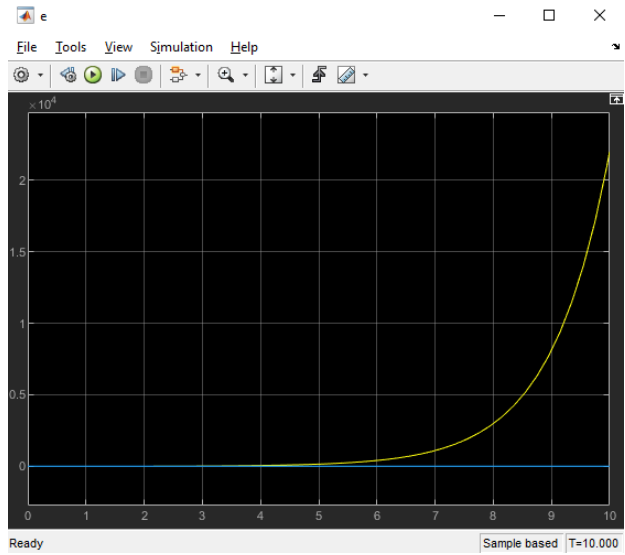
stato



stato
stimato



errore di
stima



Osservatore asintotico dello stato in catena aperta

- ➔ Script di inizializzazione, modifica agli autovalori di A

```
%% Parametri sistema
```

```
A = [-1 0; 0 -5];
```

```
B = [1 0; 0 1];
```

```
C = [1 0; -1 1];
```

```
D = [0 0; 0 0];
```

```
x0 = [1; 1];
```

```
%% Osservatore
```

```
x0s = [0; 0];
```

```
>> eig(A)
```

```
ans =
```

```
-5
```

```
-1
```



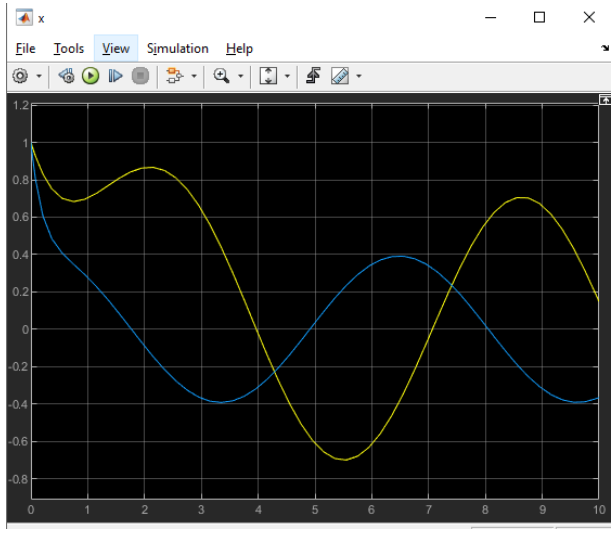
Sistema stabile

Osservatore asintotico dello stato in catena aperta

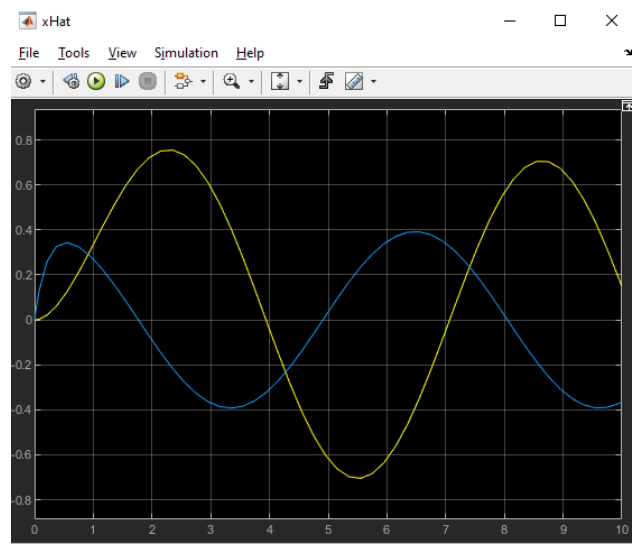


➡ Risultati con sistema stabile: l'errore di stima si annulla a regime

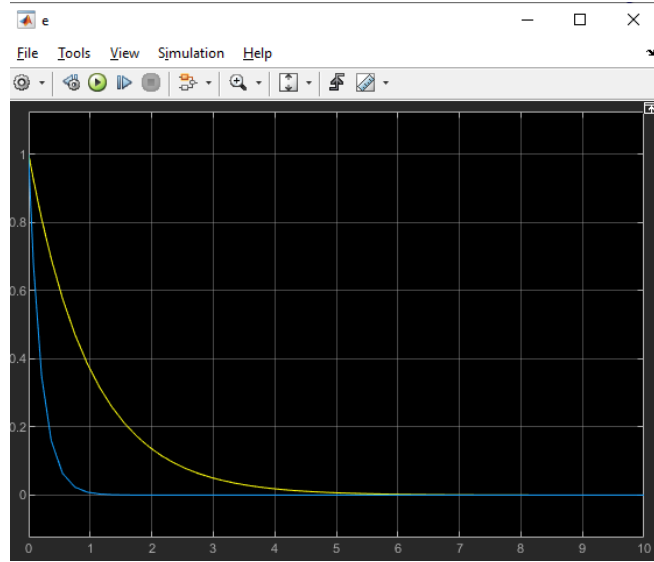
stato



stato
stimato



errore di
stima



➡ La velocità del transitorio dipende dagli autovalori del sistema

Osservatore asintotico dello stato in catena chiusa

➡ Sistema

$$\begin{cases} \dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{A}\mathbf{x}(t) + \mathbf{B}\mathbf{u}(t) \\ \mathbf{y}(t) = \mathbf{C}\mathbf{x}(t) + \mathbf{D}\mathbf{u}(t) \end{cases}$$

➡ Osservatore in catena chiusa

$$\begin{cases} \dot{\hat{\mathbf{x}}}(t) = \mathbf{A}\hat{\mathbf{x}}(t) + \mathbf{B}\mathbf{u}(t) + \mathbf{L}(\mathbf{y}(t) - \hat{\mathbf{y}}(t)) \\ \hat{\mathbf{y}}(t) = \mathbf{C}\hat{\mathbf{x}}(t) + \mathbf{D}\mathbf{u}(t) \end{cases}$$

Osservatore asintotico dello stato in catena chiusa

➔ Script di inizializzazione

```
%% Parametri sistema
```

```
A = [-1 0 0; 2 -2 0; -1 -1 -3];
```

```
B = [1; 0; 0];
```

```
C = [1 1 0; 0 1 0];
```

```
D = [0; 0];
```

```
x0 = [1; 1; 1];
```

```
%% Osservatore asintotico in catena chiusa
```

```
x0s = [0; 0; 0];
```

```
L = [1 0; 0 1; 1 1];
```

—————> Scelta di primo tentativo

Osservatore asintotico dello stato in catena chiusa



➡ Analisi stabilità e osservabilità

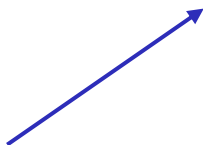
$$ev = eig(A)$$

$$Q = obsv(A, C)$$

$$r = rank(obsv(A, C))$$

ev =

-3
-2
-1



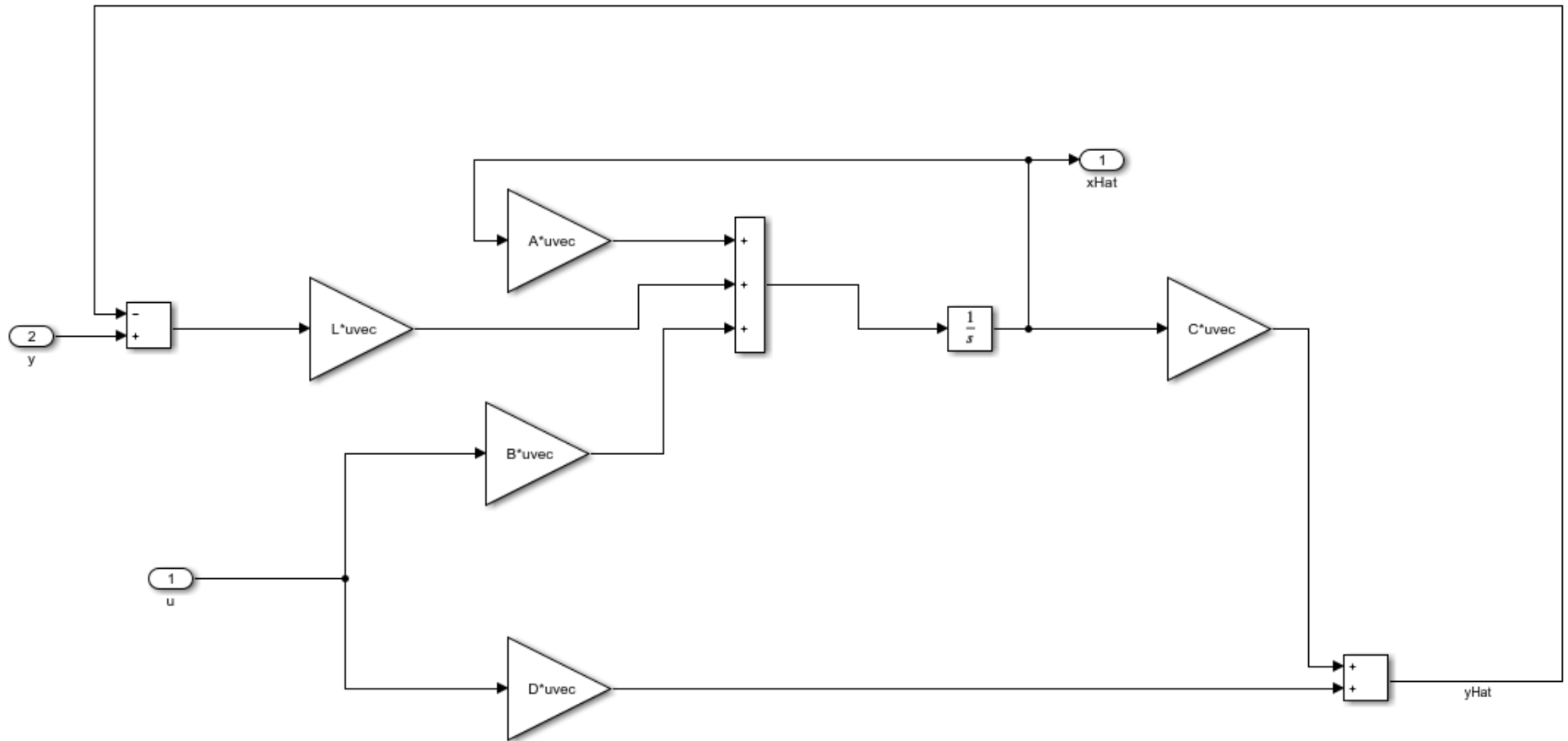
r =

2

Sistema non
completamente
osservabile MA
rilevabile

Osservatore asintotico dello stato in catena chiusa

➔ Modello simulink dell'osservatore in catena chiusa

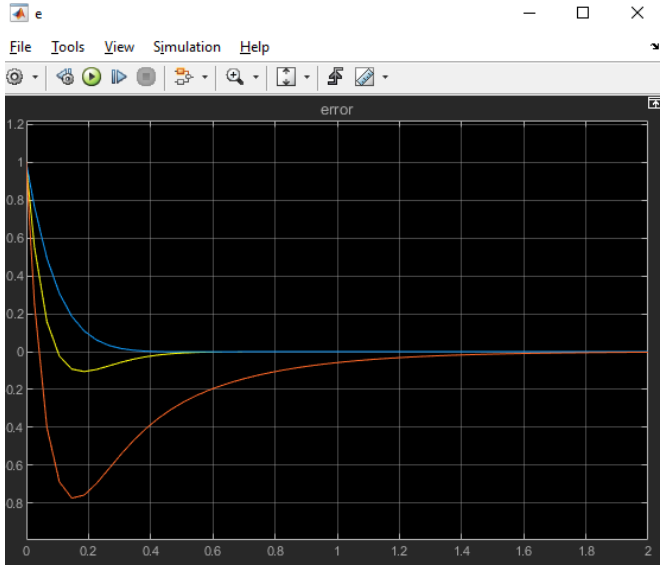
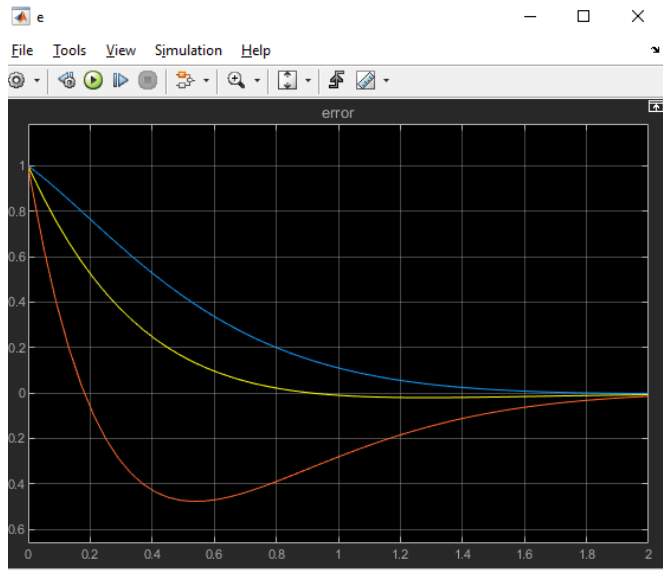


Osservatore asintotico dello stato in catena chiusa

➔ Risultati, errore di stima al variare di L

$$L = [1 \ 0; 0 \ 1; 1 \ 1]$$

$$L = 10*[1 \ 0; 0 \ 1; 1 \ 1]$$



```
evCl = eig(A-L*C)
evCl =
-3.0000 + 0.0000i
-2.5000 + 1.3229i
-2.5000 - 1.3229i
```

```
evCl =
-3.0000 + 0.0000i
-11.5000 + 4.4441i
-11.5000 - 4.4441i
```



Osservatore asintotico dello stato in catena chiusa

- ➡ Al variare di L un autovalore dell'osservatore (di $A-LC$) non cambia.
- ➡ Tale autovalore, che comunque è a parte reale negativa corrisponde alla parte non osservabile del sistema
- ➡ Una delle tre variabili del vettore errore di stima si annulla sempre con la stessa velocità (al variare di L)
- ➡ Le altre due si annullano tanto più velocemente quanto più sono negativi i due autovalori che vengono imposti dalla matrice L

Osservatore asintotico dello stato in catena chiusa

➡ Script di inizializzazione, modifica matrice A

```
%% Parametri sistema  
A = [-1 0 1; 2 -2 0; -1 -1 -3];  
B = [1; 0; 0];  
C = [1 1 0; 0 1 0];  
D = [0; 0];  
x0 = [1; 1; 1];
```

```
r = rank(observ(A,C))
```

```
r =
```

3



Sistema completamente osservabile e ricostruibile: si possono imporre a piacimento tutti gli autovalori dell'osservatore

Osservatore asintotico dello stato in catena chiusa

- Il comando `place` può essere utilizzato anche per ricavare il guadagno dell'osservatore che assegna all'osservatore gli autovalori desiderati (in caso di completa osservabilità)

```
ev = eig(A)
```

```
p = [-100, -150, -200]
```

```
L = place(A', C', p) .'
```

```
L =
```

```
1.0e+04 *
```

```
0.0246    -0.0246
```

```
0.0002     0.0196
```

```
1.4258    -1.4259
```

```
evCl = eig(A-L*C)
```

```
evCl =
```

```
-150.0000
```

```
-100.0000
```

```
-200.0000
```

Osservatore asintotico dello stato in catena chiusa

➡ Risultati, errore di stima con autovalori assegnati

