

## Esercitazione di laboratorio #3 - Controlli Automatici

### Esercizio #3: progetto del controllo di un levitatore magnetico mediante regolatore dinamico

Autori: M. Indri, M. Taragna (ultima modifica: 28/04/2020)

#### Contents

---

- [Introduzione](#)
- [Passo 0: definizione del sistema da controllare \(levitatore magnetico\)](#)
- [Passo 1: verifica della completa raggiungibilita' e osservabilita' del sistema da controllare](#)
- [Passo 2: assegnazione degli autovalori dell'osservatore asintotico dello stato](#)
- [Passo 3: assegnazione degli autovalori imposti dalla legge di controllo](#)
- [Passo 4: definizione del sistema controllato mediante regolatore dinamico](#)
- [Passo 5: simulazione del sistema controllato mediante regolatore dinamico](#)

#### Introduzione

---

Si puo' suddividere il programma in diverse sezioni di codice usando i caratteri "%%". Ogni sezione puo' essere eseguita separatamente dalle altre con il comando "Run Section" (nella toolbar dell'Editor, subito a destra del tasto "Run"). Si puo' ottenere lo stesso risultato selezionando la porzione di codice che si vuole eseguire e premendo il tasto funzione F9, risparmiando cosi' tempo rispetto all'esecuzione di tutto il programma. Si prenda questo script come esempio di riferimento.

```
clear all, close all, clc
```

#### Passo 0: definizione del sistema da controllare (levitatore magnetico)

---

```
A=[0, 1; 900, 0];  
B=[0; -9];  
C=[600, 0];  
D=0;
```

#### Passo 1: verifica della completa raggiungibilita' e osservabilita' del sistema da controllare

---

```
Mr=ctrb(A,B)  
rank_Mr=rank(Mr)  
  
Mo=obsv(A,C)  
rank_Mo=rank(Mo)
```

```
Mr =  
     0     -9  
    -9     0  
rank_Mr =  
     2  
Mo =  
    600     0  
     0    600  
rank_Mo =  
     2
```

#### Passo 2: assegnazione degli autovalori dell'osservatore asintotico dello stato

---

```
l_oss1=-120  
l_oss2=-180  
L=place(A',C',[l_oss1,l_oss2])' % In alternativa: acker(A',C',[l_oss1,l_oss2])'  
eig_A_minus_LC=eig(A-L*C)      % Verifica della corretta assegnazione degli autovalori
```

```

l_oss1 =
    -120
l_oss2 =
    -180
L =
    0.5000
    37.5000
eig_A_minus_LC =
    -180.0000
    -120.0000

```

### Passo 3: assegnazione degli autovalori imposti dalla legge di controllo

```

l1=-40;
l2=-60;
K=place(A,B,[l1,l2])      % In alternativa: acker(A,B,[l1,l2])
eig_A_minus_BK=eig(A-B*K) % Verifica della corretta assegnazione degli autovalori

% Scelta del guadagno alfa

alfa=-1

% Per imporre la condizione di regolazione dell'uscita, basta scommentare:
% alfa=inv(-(C-D*K)*inv(A-B*K)*B+D)

```

```

K =
    -366.6667    -11.1111
eig_A_minus_BK =
    -40.0000
    -60.0000
alfa =
    -1

```

### Passo 4: definizione del sistema controllato mediante regolatore dinamico

```

Areg=[A,-B*K; L*C, A-B*K-L*C];
Breg=[alfa*B; alfa*B];
Creg=[C,-D*K; zeros(size(C)),C-D*K];
Dreg=[alfa*D; alfa*D];

```

### Passo 5: simulazione del sistema controllato mediante regolatore dinamico

```

sistema_con_regolatore=ss(Areg,Breg,Creg,Dreg);
t_r=0:.001:4;
r=sign(sin(2*pi*0.5*t_r));
dx0_1=[ 0.00; 0];
dx0_2=[+0.01; 0];
dx0_3=[-0.01; 0];
dx0oss=[0;0];
dx0tot_1=[dx0_1; dx0oss];
dx0tot_2=[dx0_2; dx0oss];
dx0tot_3=[dx0_3; dx0oss];
[yreg_1,t_yreg_1,xreg_1]=lsim(sistema_con_regolatore,r,t_r,dx0tot_1);
[yreg_2,t_yreg_2,xreg_2]=lsim(sistema_con_regolatore,r,t_r,dx0tot_2);
[yreg_3,t_yreg_3,xreg_3]=lsim(sistema_con_regolatore,r,t_r,dx0tot_3);

figure, plot(t_r,r,'k',t_yreg_1,yreg_1(:,1),'r',t_yreg_1,yreg_1(:,2),'c--', ...
             t_yreg_2,yreg_2(:,1),'g',t_yreg_2,yreg_2(:,2),'y--', ...
             t_yreg_3,yreg_3(:,1),'b',t_yreg_3,yreg_3(:,2),'m--'), grid on,
title(['Risposta \deltay(t) del sistema controllato mediante regolatore', ...
      ' e sua stima \deltay_{oss}(t) al variare di \deltax_0']),
legend('r(t)', '\deltay(t) per \deltax_0^{(1)}', '\deltay_{oss}(t) per \deltax_0^{(1)}', ...
      '\deltay(t) per \deltax_0^{(2)}', '\deltay_{oss}(t) per \deltax_0^{(2)}', ...

```

```

        '\deltay(t) per \deltax_0^{(3)}', '\deltay_{oss}(t) per \deltax_0^{(3)}')

figure, plot(t_r,r,'k',t_yreg_1,yreg_1(:,1),'r',t_yreg_1,yreg_1(:,2),'c--', ...
            t_yreg_2,yreg_2(:,1),'g',t_yreg_2,yreg_2(:,2),'y--', ...
            t_yreg_3,yreg_3(:,1),'b',t_yreg_3,yreg_3(:,2),'m--'), grid on,
title(['Risposta \deltay(t) del sistema controllato mediante regolatore', ...
      ' e sua stima \deltay_{oss}(t) al variare di \deltax_0']),
legend('r(t)', '\deltay(t) per \deltax_0^{(1)}', '\deltay_{oss}(t) per \deltax_0^{(1)}',...
      '\deltay(t) per \deltax_0^{(2)}', '\deltay_{oss}(t) per \deltax_0^{(2)}',...
      '\deltay(t) per \deltax_0^{(3)}', '\deltay_{oss}(t) per \deltax_0^{(3)}')

axis_orig=axis;
axis([0,0.2,axis_orig(3:4)]);

figure, plot(t_yreg_1,xreg_1(:,1),'r',t_yreg_1,xreg_1(:,3),'c--', ...
            t_yreg_2,xreg_2(:,1),'g',t_yreg_2,xreg_2(:,3),'y--', ...
            t_yreg_3,xreg_3(:,1),'b',t_yreg_3,xreg_3(:,3),'m--'), grid on,
title(['Stato \deltax_1(t) del sistema controllato mediante regolatore', ...
      ' e sua stima \deltax_{oss,1}(t) al variare di \deltax_0']),
legend('\deltax_1(t) per \deltax_0^{(1)}', '\deltax_{oss,1}(t) per \deltax_0^{(1)}',...
      '\deltax_1(t) per \deltax_0^{(2)}', '\deltax_{oss,1}(t) per \deltax_0^{(2)}',...
      '\deltax_1(t) per \deltax_0^{(3)}', '\deltax_{oss,1}(t) per \deltax_0^{(3)}')

figure, plot(t_yreg_1,xreg_1(:,1),'r',t_yreg_1,xreg_1(:,3),'c--', ...
            t_yreg_2,xreg_2(:,1),'g',t_yreg_2,xreg_2(:,3),'y--', ...
            t_yreg_3,xreg_3(:,1),'b',t_yreg_3,xreg_3(:,3),'m--'), grid on,
title(['Stato \deltax_1(t) del sistema controllato mediante regolatore', ...
      ' e sua stima \deltax_{oss,1}(t) al variare di \deltax_0']),
legend('\deltax_1(t) per \deltax_0^{(1)}', '\deltax_{oss,1}(t) per \deltax_0^{(1)}',...
      '\deltax_1(t) per \deltax_0^{(2)}', '\deltax_{oss,1}(t) per \deltax_0^{(2)}',...
      '\deltax_1(t) per \deltax_0^{(3)}', '\deltax_{oss,1}(t) per \deltax_0^{(3)}')

axis_orig=axis;
axis([0,0.2,axis_orig(3:4)]);

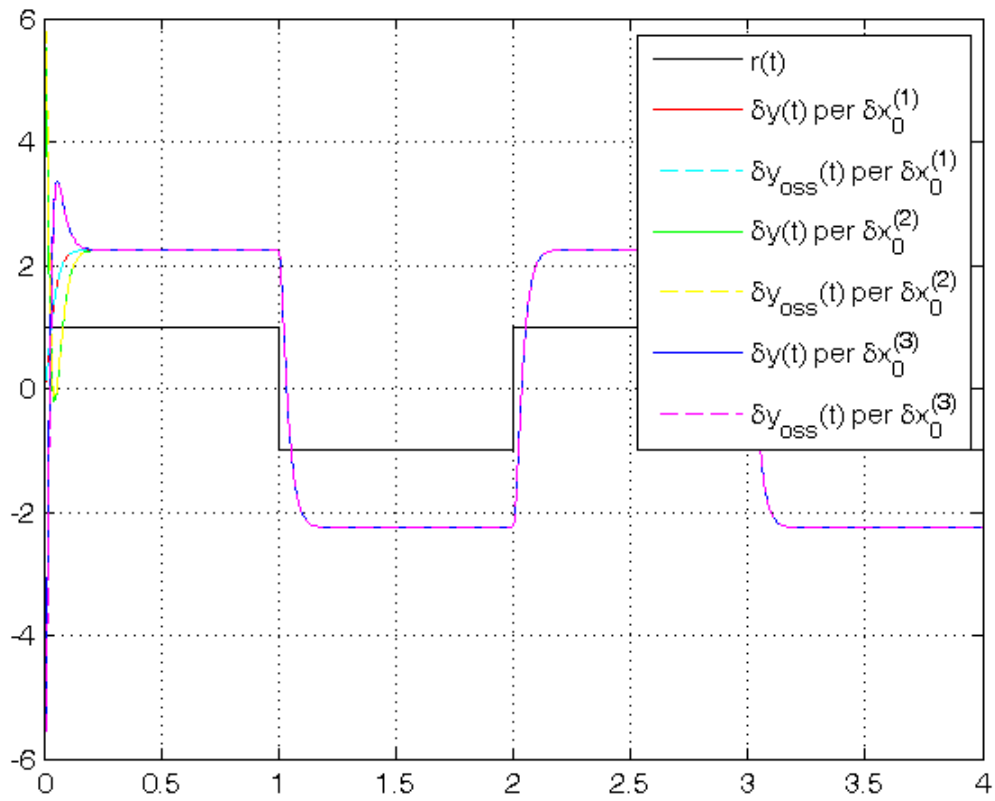
figure, plot(t_yreg_1,xreg_1(:,2),'r',t_yreg_1,xreg_1(:,4),'c--', ...
            t_yreg_2,xreg_2(:,2),'g',t_yreg_2,xreg_2(:,4),'y--', ...
            t_yreg_3,xreg_3(:,2),'b',t_yreg_3,xreg_3(:,4),'m--'), grid on,
title(['Stato \deltax_2(t) del sistema controllato mediante regolatore', ...
      ' e sua stima \deltax_{oss,2}(t) al variare di \deltax_0']),
legend('\deltax_2(t) per \deltax_0^{(1)}', '\deltax_{oss,2}(t) per \deltax_0^{(1)}',...
      '\deltax_2(t) per \deltax_0^{(2)}', '\deltax_{oss,2}(t) per \deltax_0^{(2)}',...
      '\deltax_2(t) per \deltax_0^{(3)}', '\deltax_{oss,2}(t) per \deltax_0^{(3)}')

figure, plot(t_yreg_1,xreg_1(:,2),'r',t_yreg_1,xreg_1(:,4),'c--', ...
            t_yreg_2,xreg_2(:,2),'g',t_yreg_2,xreg_2(:,4),'y--', ...
            t_yreg_3,xreg_3(:,2),'b',t_yreg_3,xreg_3(:,4),'m--'), grid on,
title(['Stato \deltax_2(t) del sistema controllato mediante regolatore', ...
      ' e sua stima \deltax_{oss,2}(t) al variare di \deltax_0']),
legend('\deltax_2(t) per \deltax_0^{(1)}', '\deltax_{oss,2}(t) per \deltax_0^{(1)}',...
      '\deltax_2(t) per \deltax_0^{(2)}', '\deltax_{oss,2}(t) per \deltax_0^{(2)}',...
      '\deltax_2(t) per \deltax_0^{(3)}', '\deltax_{oss,2}(t) per \deltax_0^{(3)}')

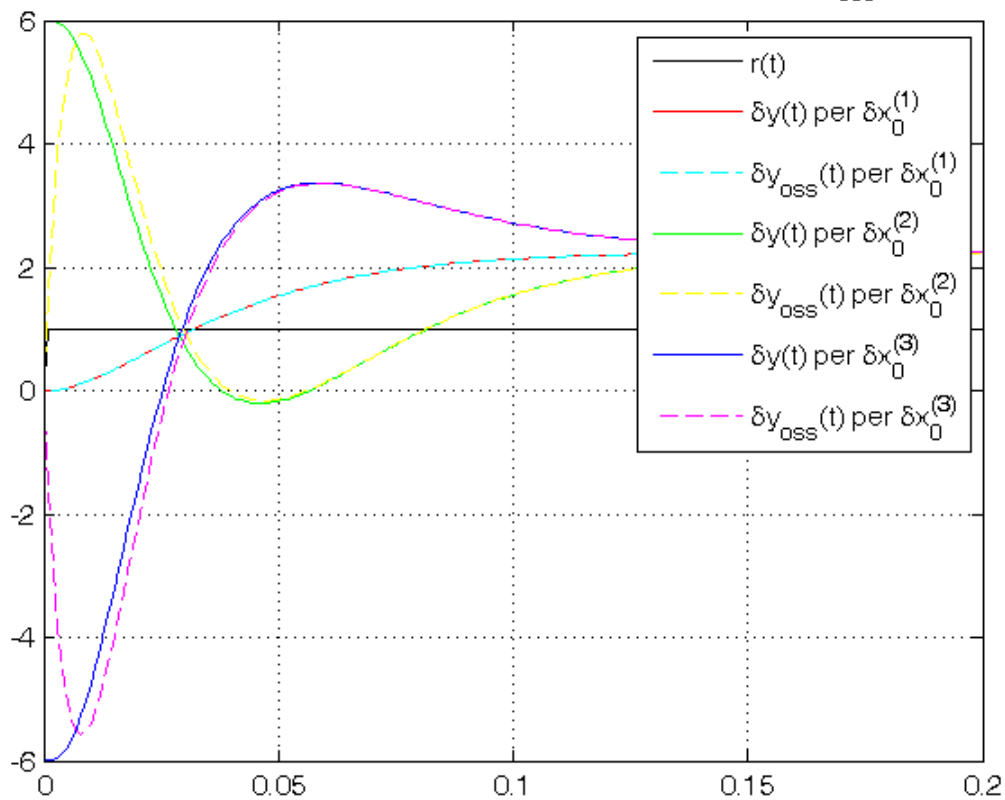
axis_orig=axis;
axis([0,0.2,axis_orig(3:4)]);

```

Risposta  $\delta y(t)$  del sistema controllato mediante regolatore e sua stima  $\delta y_{\text{oss}}(t)$  al variare di  $\delta x_1$

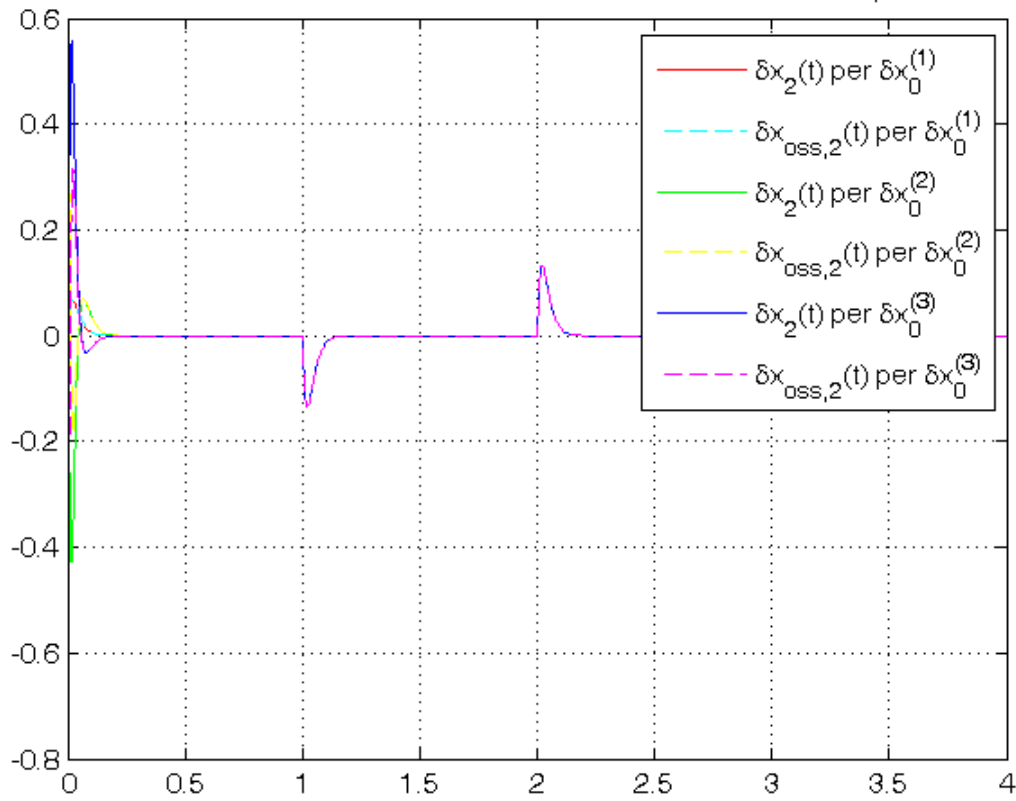


Risposta  $\delta y(t)$  del sistema controllato mediante regolatore e sua stima  $\delta y_{\text{oss}}(t)$  al variare di  $\delta x_1$





Stato  $\delta x_2(t)$  del sistema controllato mediante regolatore e sua stima  $\delta x_{oss,2}(t)$  al variare di  $\delta x_c$



Stato  $\delta x_2(t)$  del sistema controllato mediante regolatore e sua stima  $\delta x_{oss,2}(t)$  al variare di  $\delta x_c$

