Esercitazione di laboratorio #1 - Controlli Automatici

Soluzione dell'esercizio riguardante il sistema meccanico

Autori: M. Indri, M. Taragna (ultima modifica: 31/03/2020)

Contents

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
```

Procedimento

1. Definizione dei parametri del sistema e del tipo di simulazione
2. Definizione della rappresentazione di stato del sistema
3. Calcolo numerico dell'evoluzione di stati e uscita del sistema dinamico
4. Confronto grafico dei risultati ottenuti
5. Calcolo della funzione di trasferimento come oggetto "transfer function"
6. Calcolo della funzione di trasferimento come come rapporto di polinomi
7. Definizione della trasformata di Laplace dell'ingresso
8. Calcolo della trasformata di Laplace dell'uscita
9. Scomposizione in fratti semplici della trasformata di Laplace dell'uscita

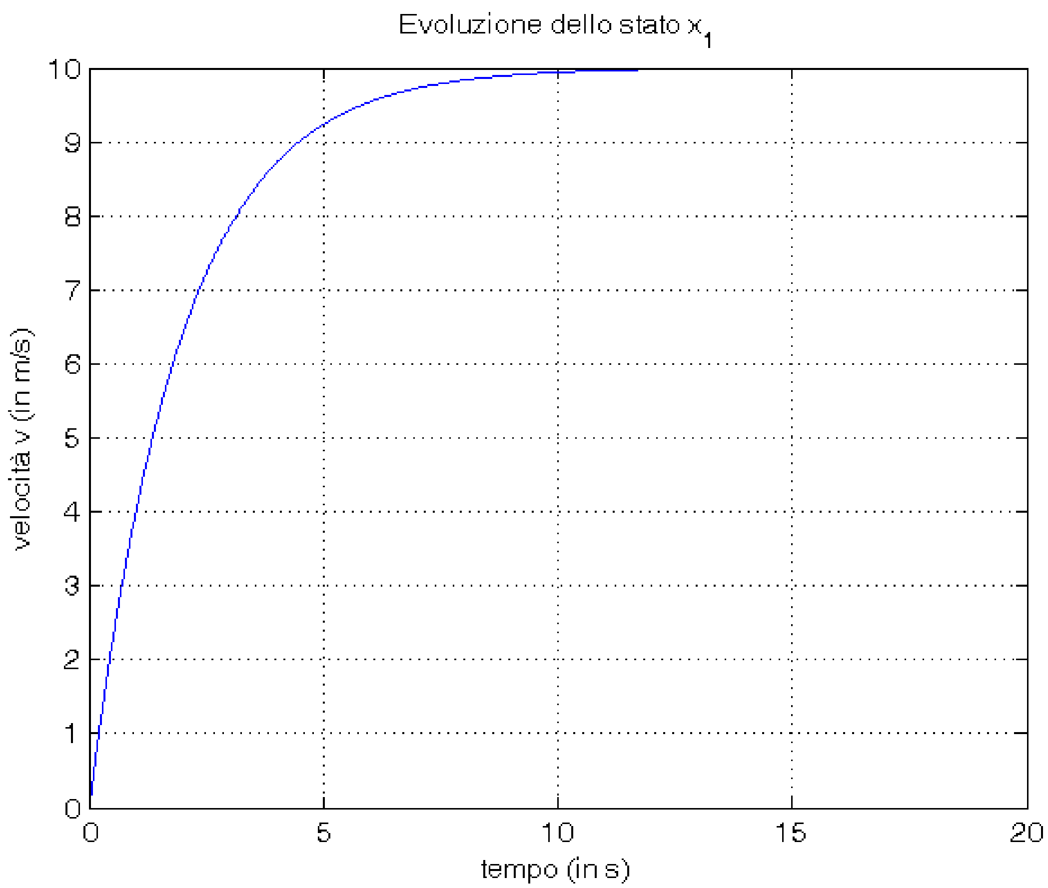
Definizione del sistema dinamico

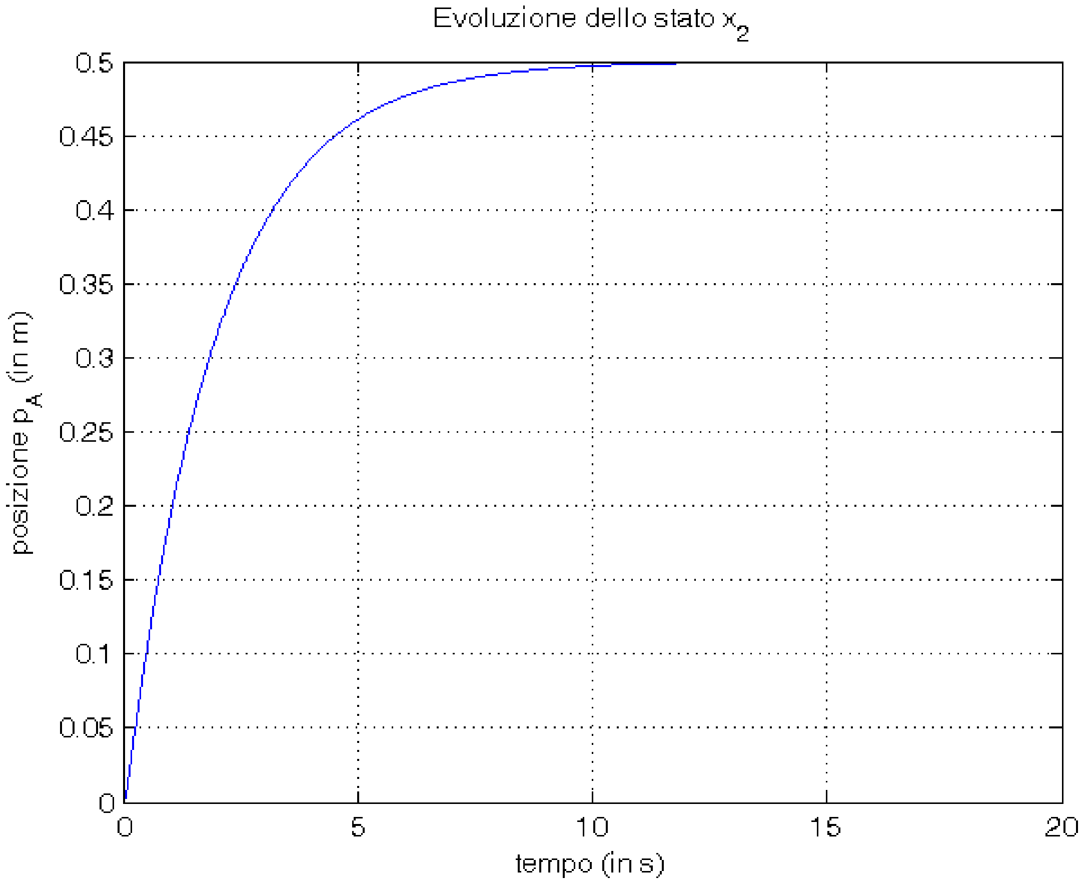
```
% Passo 1: definizione dei parametri del sistema e del tipo di simulazione

es=menu('Simulazione della risposta del sistema meccanico',...
        'caso 1.a: beta=0.1,  K=2,  x0=[0;0],   F(t)=1;',...
        'caso 1.b: beta=0.01, K=2,  x0=[0;0],   F(t)=1;',...
        'caso 1.c: beta=10,   K=20, x0=[0;0],   F(t)=1;',...
        'caso 1.d: beta=0.1,  K=2,  x0=[0;0.2], F(t)=1;',...
        'caso 2.a: beta=0.1,  K=2,  x0=[0;0],   F(t)=cos(4t);',...
        'caso 2.b: beta=0.01, K=2,  x0=[0;0],   F(t)=cos(4t);',...
        'caso 2.c: beta=10,   K=20, x0=[0;0],   F(t)=cos(4t);',...
        'caso 2.d: beta=0.1,  K=2,  x0=[0;0.2], F(t)=cos(4t)');
switch es,
case 1, beta=0.1;  k=2;  x0=[0;0];   w0=0; tmax=20;
case 2, beta=0.01; k=2;  x0=[0;0];   w0=0; tmax=200;
case 3, beta=10;   k=20; x0=[0;0];   w0=0; tmax=10;
case 4, beta=0.1;  k=2;  x0=[0;0.2]; w0=0; tmax=20;
case 5, beta=0.1;  k=2;  x0=[0;0];   w0=4; tmax=10;
case 6, beta=0.01; k=2;  x0=[0;0];   w0=4; tmax=10;
case 7, beta=10;   k=20; x0=[0;0];   w0=4; tmax=10;
case 8, beta=0.1;  k=2;  x0=[0;0.2]; w0=4; tmax=10;
end
```

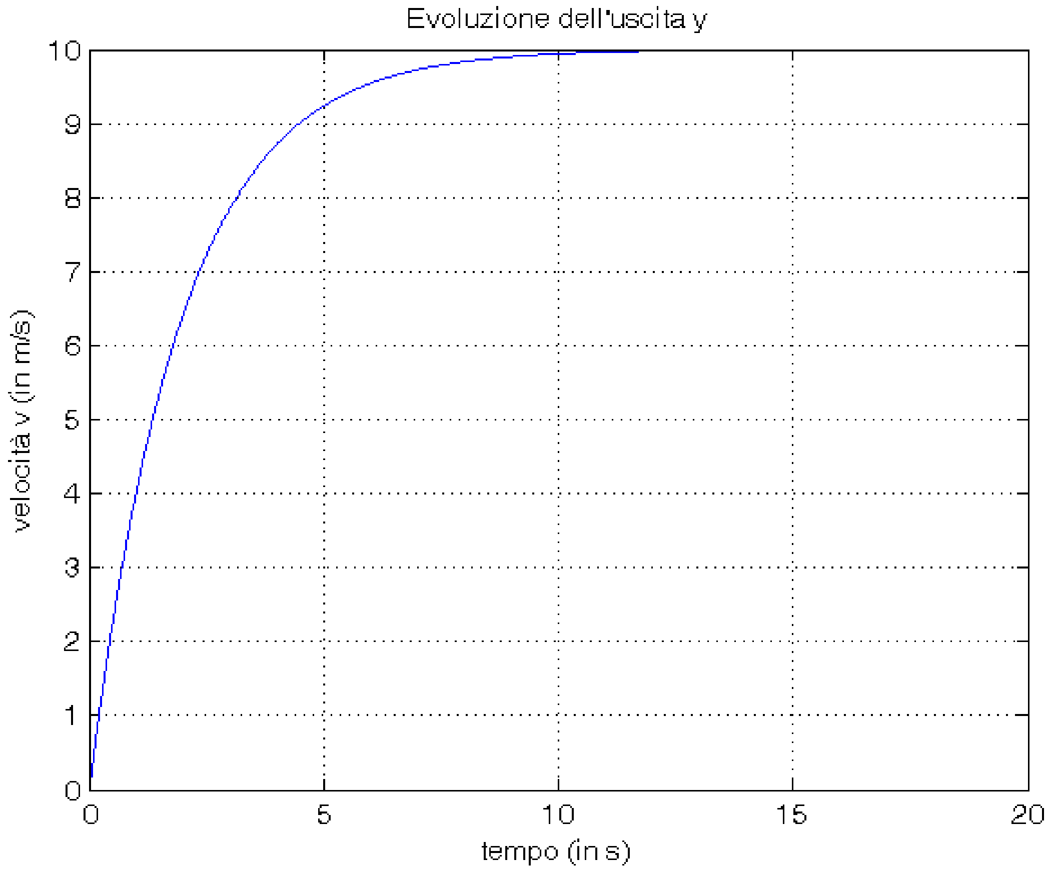
```
m=0.2; f0=1;

% Passo 2: definizione della rappresentazione di stato del sistema

A=[0, -k/m; 1, -k/beta];
B=[1/m; 0];
C=[1, 0];
D=0;

sistema=ss(A,B,C,D);
```

Simulazione della risposta del sistema dinamico

```
% Passo 3: calcolo numerico dell'evoluzione di stati e uscita del sistema dinamico

t=0:0.01:tmax;
u=f0*cos(w0*t);

[y,tsim,x]=lsim(sistema,u,t,x0);

% Passo 4: confronto grafico dei risultati ottenuti

figure(1), plot(tsim,x(:,1)), grid on, zoom on, title('Evoluzione dello stato x_1'),
xlabel('tempo (in s)'), ylabel('velocità v (in m/s)')
figure(2), plot(tsim,x(:,2)), grid on, zoom on, title('Evoluzione dello stato x_2'),
xlabel('tempo (in s)'), ylabel('posizione p_A (in m)')
figure(3), plot(tsim,y), grid on, zoom on, title('Evoluzione dell''uscita y'),
xlabel('tempo (in s)'), ylabel('velocità v (in m/s)')
```







Calcolo della funzione di trasferimento del sistema dinamico

```
% Passo 5: calcolo di G(s) come oggetto di tipo "transfer function"

fprintf('System G(s)'); G=tf(sistema)
```

```
% Passo 6: calcolo di G(s) come rapporto di polinomi

[numG,denG]=ss2tf(A,B,C,D)
fprintf('Zeri di G(s)'); damp(numG); % Calcolo degli zeri di G(s)
fprintf('Poli di G(s)'); damp(denG); % Calcolo dei poli di G(s)
```

```
System G(s)
G =

     5 s + 100
  ---------------
  s^2 + 20 s + 10

Continuous-time transfer function.

numG =
     0     5   100
denG =
    1.0000   20.0000   10.0000
Zeri di G(s)
   Pole         Damping       Frequency       Time Constant
                            (rad/TimeUnit)      (TimeUnit)

 -2.00e+01     1.00e+00       2.00e+01           5.00e-02
Poli di G(s)
   Pole         Damping       Frequency       Time Constant
                            (rad/TimeUnit)      (TimeUnit)

 -1.95e+01     1.00e+00       1.95e+01           5.13e-02
 -5.13e-01     1.00e+00       5.13e-01           1.95e+00
```

Calcolo analitico di risposte nel tempo del sistema dinamico

```
% Passo 7: definizione della trasformata di Laplace U(s) dell'ingresso u(t)

fprintf('Input U(s)');
ingresso=menu('Tipo d''ingresso del sistema','u(t)=u0;','u(t)=t;','u(t)=u0*cos(4t)');

% Soluzione #1: esplicitando i polinomi di U(s)
switch ingresso,
case 1, U=tf(1,[1,0])
case 2, U=tf(1,[1,0,0])
case 3, U=tf([1,0],[1,0,4^2])
end

% Soluzione #2 (equivalente): introducendo l'oggetto "transfer function" s
s=tf('s');
switch ingresso,
case 1, U_=1/s          % tf(1,[1,0])
case 2, U_=1/s^2        % tf(1,[1,0,0])
case 3, U_=s/(s^2+4^2) % tf([1,0],[1,0,4^2])
end

% Passo 8: calcolo della trasformata di Laplace Y(s) dell'uscita y(t)

fprintf('Output Y(s)'); Y=G*U

% Passo 9: scomposizione in fratti semplici di Y(s)

[numY,denY]=tfdata(Y,'v');
[residui,poli,resto]=residue(numY,denY)
```

```
Input U(s)
```

```
U =

  1
  -
  s

Continuous-time transfer function.


U_ =

  1
  -
  s

Continuous-time transfer function.

Output Y(s)
Y =

       5 s + 100
  -------------------
  s^3 + 20 s^2 + 10 s

Continuous-time transfer function.

residui =
    0.0069
  -10.0069
   10.0000
poli =
  -19.4868
   -0.5132
         0
resto =
     []
```