

Soluzione Esercizio Laboratorio 22 maggio 2017

Si definisce in Matlab il sistema da controllare descritto dalla sua funzione di trasferimento $G(s)$ come segue:

```
>> s=tf('s')
```

```
Transfer function:  
s
```

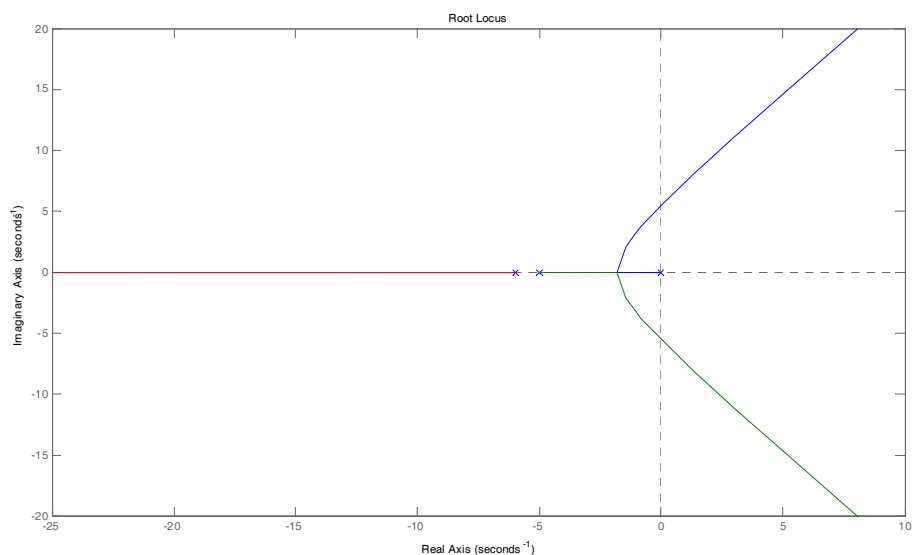
```
>> Gs=1/(s*(s+5)*(s+6))
```

```
Transfer function:  
1  
-----  
s^3 + 11 s^2 + 30 s
```

E se ne disegna il luogo delle radici col comando Matlab `rlocus`:

```
>>  
>> rlocus(Gs)  
>>
```

Il grafico del luogo delle radici di $G(s)$ è rappresentato nella figura sotto.



Si definiscono quindi in Matlab il numeratore ed il denominatore della funzione di trasferimento del sistema da controllare:

```
>> [numGs,denGs]=tfdata(Gs,'v')
```

```

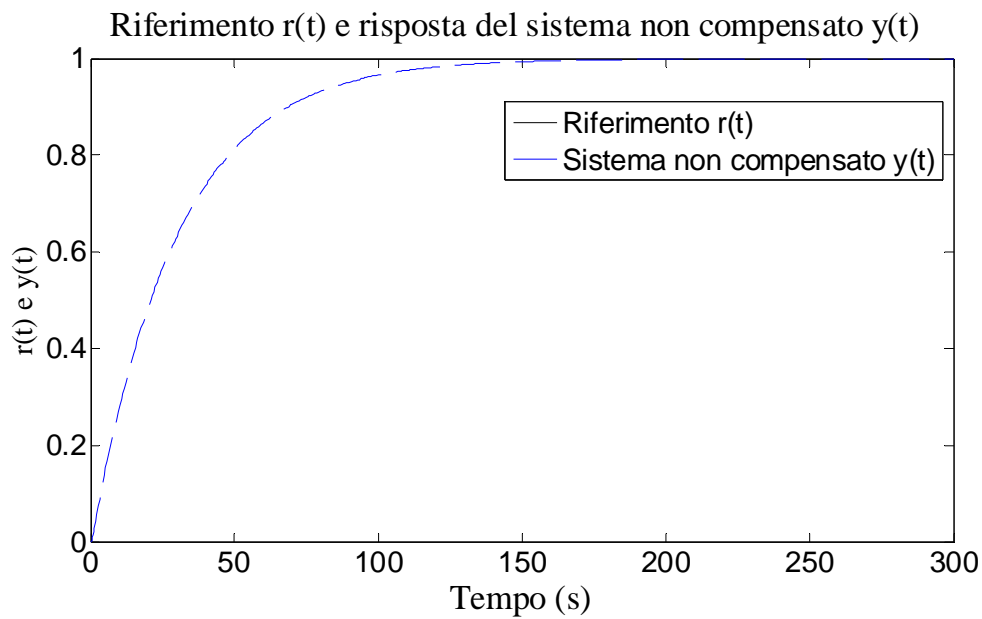
numGs =
    0    0    0    1

denGs =
    1   11   30    0

>>

```

La risposta del sistema $G(s)$ non controllato in retroazione unitaria è riportata nella figura sotto.



Le caratteristiche della risposta al gradino unitario di riferimento sono le seguenti:

```

>> lsiminfo(ync,t)

ans =

    SettlingTime: 116.2273
           Min: 0
    MinTime: 0
           Max: 1.0000
    MaxTime: 300

>>

```

che chiaramente non soddisfano le specifiche richieste:

$$\begin{cases} S\% \leq 1\% \quad (\delta \geq 0.85) \\ T_a \leq 2.5s \end{cases}$$

Si procede quindi alla definizione della seguente funzione di trasferimento della rete correttiva di tipo ritardatrice, come richiesto dal problema:

$$R(s) = K_1 \frac{1 + \frac{s}{9}}{1 + \frac{s}{8}}$$

```
>> Rs=(1+s/9)/(1+s/8)
```

```
Transfer function:
```

```
8 s + 72
```

```
-----
```

```
9 s + 72
```

```
>> [numRs,denRs]=tfdata(Rs,'v')
```

```
numRs =
```

```
8 72
```

```
denRs =
```

```
9 72
```

```
>>
```

Si calcola la funzione di guadagno di anello per $K_1 = 1$:

```
>> Ga=Rs*Gs
```

```
Transfer function:
```

```
8 s + 72
```

```
-----
```

```
9 s^4 + 171 s^3 + 1062 s^2 + 2160 s
```

```
>>
```

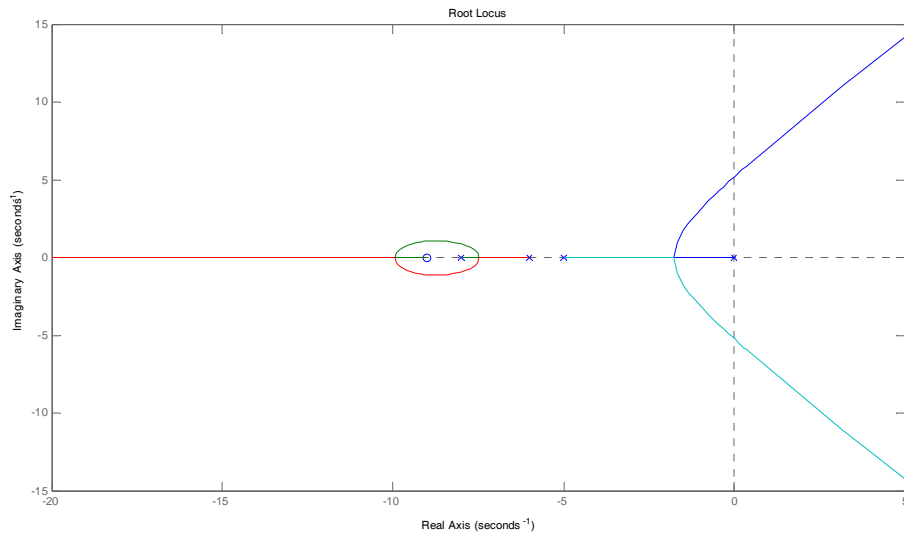
E successivamente se ne disegna il luogo delle radici come segue:

```
>>
```

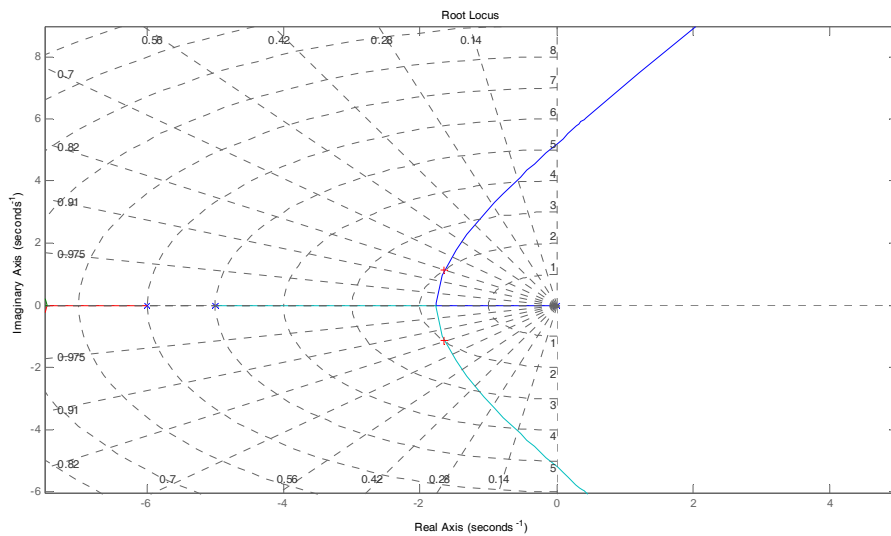
```
>> rlocus(Ga)
```

```
>>
```

Il luogo delle radici del sistema $G_a(s) = R(s) G(s)$ è rappresentato nella figura successiva.



Si disegnano i luoghi delle radici a δ costante e col comando `rlocfind` si determina il K_1 di primo tentativo che corrisponde all'intersezione del luogo delle radici di $G_a(s)$ con il luogo dei punti a $\delta \cong 0.85$ costante. La figura successiva mostra i punti scelti col mouse.



```
>> sgrid
>> K1=rlocfind(Ga)
Select a point in the graphics window
```

```
selected_point =

    -1.6135 + 1.1431i
```

```
K1 =

    31.2858
```

>>

Si determina il K_1 di primo tentativo, con $K_1 = 31$, che permette di ottenere le prestazioni determinate col comando Matlab `rlocfind`:

```
>> lsiminfo(yc,t)
```

ans =

```
SettlingTime: 2.1270
           Min: 0
           MinTime: 0
           Max: 1.0104
           MaxTime: 3.0409
```

>>

Anche se risultano già praticamente soddisfatte, si prova a ridurre il guadagno per ottenere un ulteriore miglioramento della specifica sulla sovraelongazione, ad esempio per $K_1 = 29$:

```
>> K1=29
```

K1 =

```
29
```

```
>> lsiminfo(yc,t)
```

ans =

```
SettlingTime: 2.4788
           Min: 0
           MinTime: 0
           Max: 1.0043
           MaxTime: 3.4481
```

>>

In questo modo si riesce a mantenere un certo margine su entrambe le specifiche che la risposta al gradino di riferimento unitario deve soddisfare per il sistema compensato da $R(s)$.

Si può quindi passare al progetto della rete correttrice equivalente a tempo discreto secondo il metodo di Tustin come richiesto dal problema, e con tempo di campionamento di $T = 0.02s$.

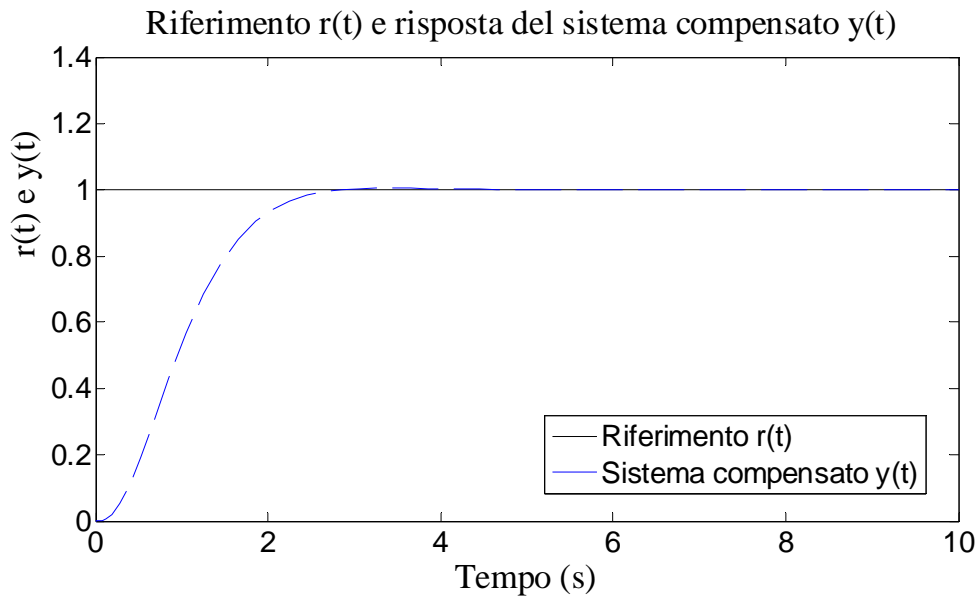
```
>> T=0.02
```

T =

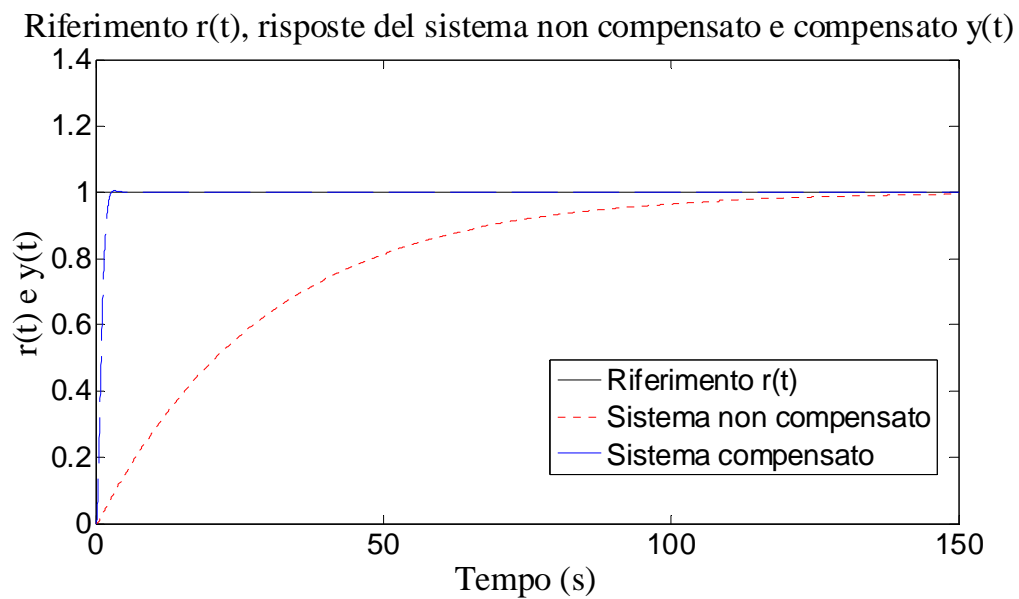
```
0.0200
```

>>

La risposta del sistema compensato al gradino di riferimento è riportata nella figura seguente.



Il confronto della risposta del sistema non compensato e quella del sistema compensato è riportato nella figura successiva.



Il sistema equivalente a tempo discreto $R(z)$ si ottiene con le seguenti istruzioni:

```
>> Rz=c2d(Rs,T,'tu')
```

Transfer function:

```
0.8971 z - 0.749
```

```
-----
```

```
z - 0.8519
```

```
Sampling time (seconds): 0.02
>> [numRz,denRz]=tfdata(Rz,'v')
```

```
numRz =
```

```
    0.8971    -0.7490
```

```
denRz =
```

```
    1.0000    -0.8519
```

```
>>
```

```
>>
```

```
>>
```

```
>> K2=K1
```

```
K2 =
```

```
    29
```

```
>>
```

```
>>
```

Si verifica la risposta del sistema a tempo discreto per il gradino di riferimento, con un guadagno statico uguale a quello del regolatore a tempo continuo:

```
>> lsiminfo(yd,t)
```

```
ans =
```

```
    SettlingTime: 2.3498
```

```
           Min: 0
```

```
    MinTime: 0
```

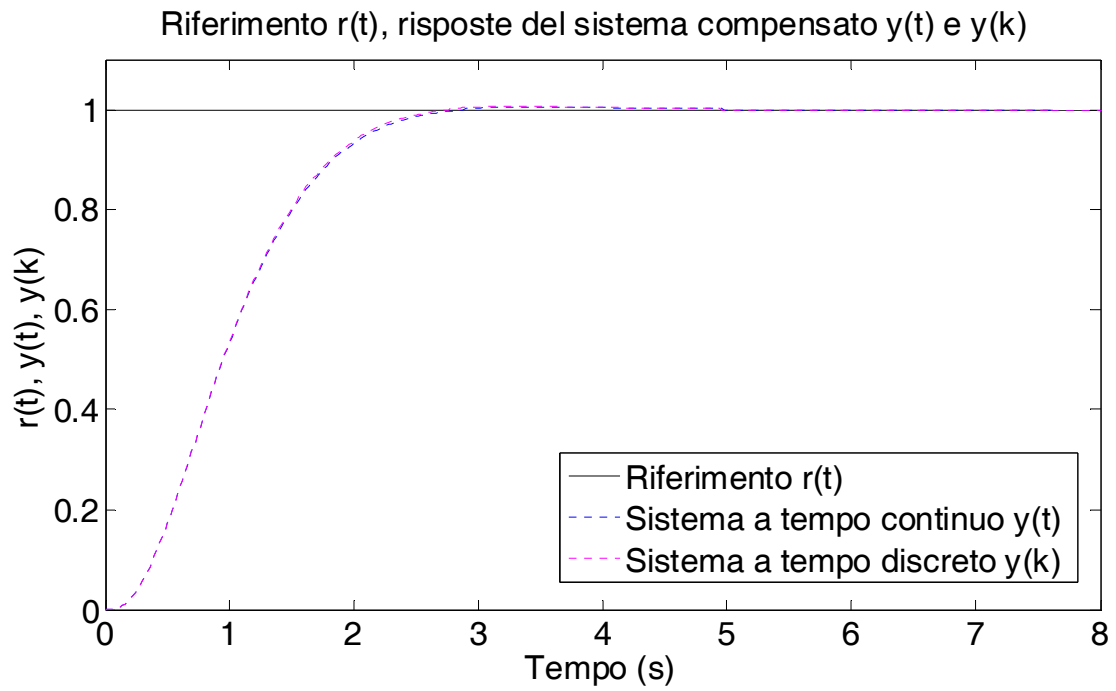
```
           Max: 1.0057
```

```
    MaxTime: 3.3000
```

```
>>
```

Si osserva che in questo caso le specifiche continuano ad essere soddisfatte anche per il sistema digitale, senza nessun aggiustamento del guadagno statico della funzione di trasferimento $R(z)$.

Questo appare evidente anche dal confronto della risposta del sistema a tempo discreto con quella del sistema a tempo continuo, come riportato nella figura sotto.



Si riporta infine lo schema Simulink utilizzato per ottenere le risposte dei sistemi non compensato, compensato a tempo continuo, e compensato a tempo discreto.

