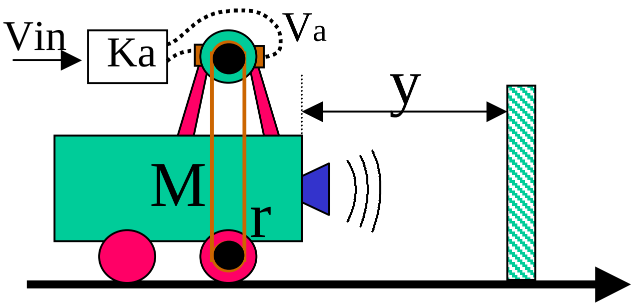
(legenda: ***de***=diploma elettronica, ***di***=diploma informatica, ***l***=laurea)

1-(***di+l***). Il carrello riportato in figura dispone di un sensore ad ultrasuoni in grado di fornire una misura di distanza **y** ogni 0.5 sec. Tenendo conto che il motore in c.c. è controllato in tensione sull'armatura e che la trasmissione è rigida, tracciare lo schema a blocchi del sistema di controllo a ciclo chiuso della distanza **y**, impiegando un generico controllore C(z).



1a-(***de***) Svolgere l'esercizio 1 supponendo che il sensore sia di tipo analogico (fornisca la misura in maniera continua) ed il controllore sia rappresentabile con una f.d.t. C(s).

2-(***de***) Linearizzare il seguente sistema di equazioni intorno al punto x_1=0, x_2=1, e discutere la stabilità del sistema linearizzato.

$$\dot{x}_1 = -3x_2 \sin(x_1) + u$$
$$\dot{x}_2 = -4x_2 x_1 + x_1 u$$

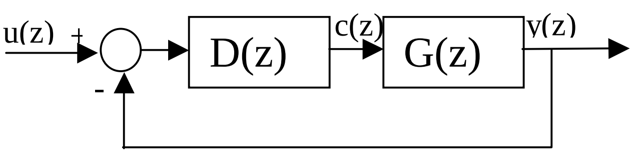
3-(***l+di***) Sia dato un processo P(s) descrivibile mediante la funzione di trasferimento

$$P(s) = \frac{s+5}{(s+1)(s/50+1)} e^{-0.01s}$$

Sintetizzare un sistema di controllo a controreazione tale che il guadagno a ciclo chiuso sia pari a **2** e l'errore a regime per un ingresso a rampa **u(t)=5t** sia minore di **0.04**. Inoltre, la pulsazione di attraversamento $\boldsymbol{\omega_t}$ sia maggiore di **40 rad/sec** ed il margine di fase della *funzione a ciclo aperto* sia maggiore di 40°. Valutare dai diagrammi ottenuti l'errore di riproduzione di un ingresso del tipo **u(t)=2sin(10t)**, e determinare, utilizzando la carta di *Nichols*, la *banda passante* (in Hz) ed il *modulo alla risonanza* della funzione a ciclo chiuso.

4-(***de***) Tracciare il diagramma di bode della funzione P(s) dell'esercizio 3

5-(***l***) Dato il processo discreto G(z) = 1/(z-0.5) sintetizzare il controllore D(z) in modo che il sistema in controreazione riportato in figura riproduca esattamente l'ingresso con un ritardo di 1 campione. Successivamente, perturbare il processo G(z) spostando a 0.6 il polo mantenendo il guadagno inalterato. Determinare sulla nuova W(z) risultante (funzione di trasferimento a ciclo chiuso) il valore della sovraelongazione in risposta al gradino unitario mediante il calcolo dei primi campioni dell'uscita.

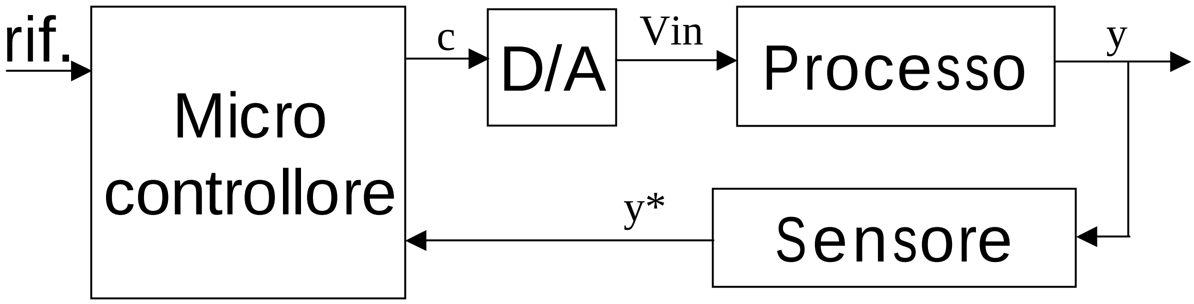


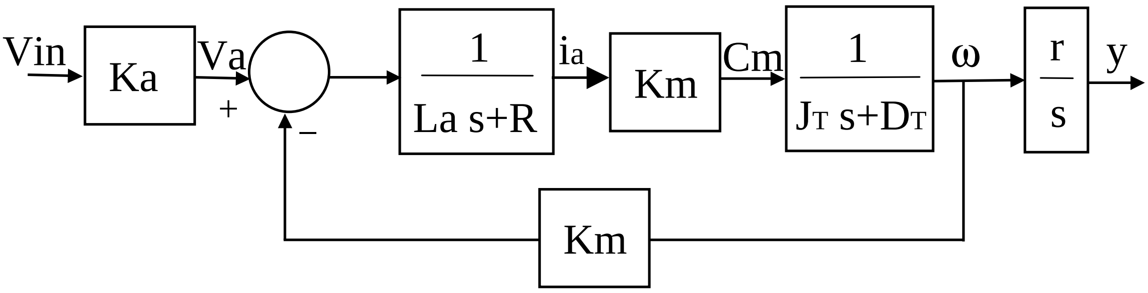
6-(***l+di***) Diagonalizzare il sistema a fianco (ricavare la funzione di trasferimento, scomporla in frazioni parziali e ricavare nuovamente la rappresentazione nello spazio di stato). Ricavare, infine, il valore della risposta impulsiva per t=2sec.

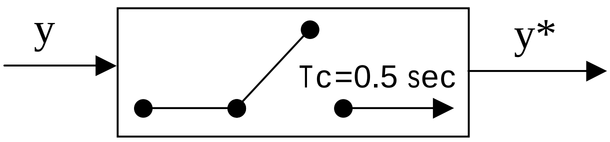
$$A = \begin{pmatrix} 3 & -15 \\ 2 & -8 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \end{pmatrix}, C = \begin{pmatrix} -4 & 11 \end{pmatrix}$$

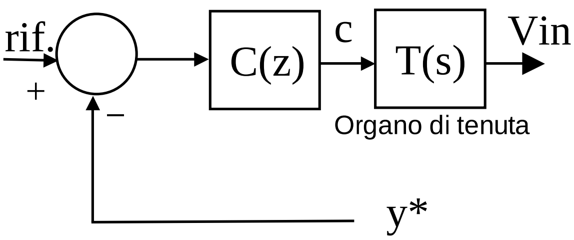
Nome ....……………… Cognome .....………......…… Matricola ....…..………... Laurea/Diploma ....

Modellistica (1)









$J_T = Mr^2 + J_{motore}$

$D_T = D_{rotolamento} + D_{motore}$

$$\dot{x}_1 = -3x_2 \sin(x_1) + u$$
$$\dot{x}_2 = -4x_2 x_1 + x_1 u$$

all'equilibrio

$$0 = -3x_{20} \sin(x_{10}) + u_0$$
$$0 = -4x_{20} x_{10} + x_{10} u_0$$

imponendo: $x_{10} = 0, x_{20} = 1$

$$0 = u_0$$
$$0 = 0$$

linearizzando i singoli termini nonlineari:

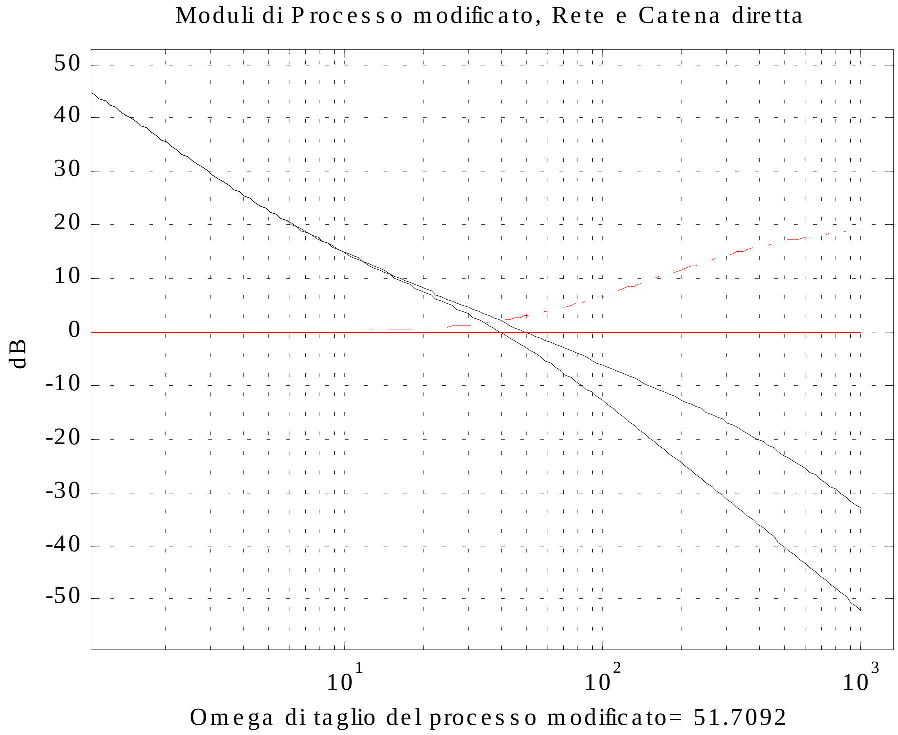
$$x_2 \sin(x_1) \simeq x_{20} \sin(x_{10}) + x_{20} \cos(x_{10}) \Delta x_1 + \sin(x_{10}) \Delta x_2 = \Delta x_1$$
$$x_2 x_1 \simeq x_{20} x_{10} + x_{20} \Delta x_1 + x_{10} \Delta x_2 = \Delta x_1$$
$$x_1 u \simeq x_{10} u_0 + x_{10} \Delta u + u_0 \Delta x_1 = 0$$

da cui:

$$\Delta \dot{x}_1 = -3\Delta x_1 + \Delta u$$
$$\Delta \dot{x}_2 = -4\Delta x_1$$

ques ta rappresentazione è al limite di stabilità,
avendo un atovalore negativo ed uno nullo.

Real Axis

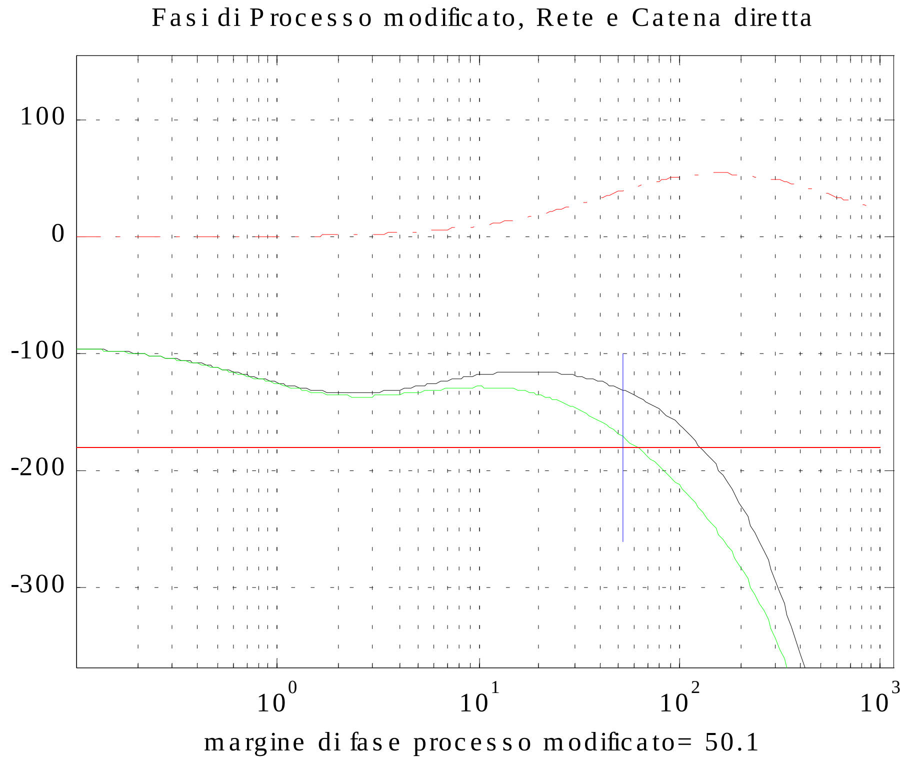


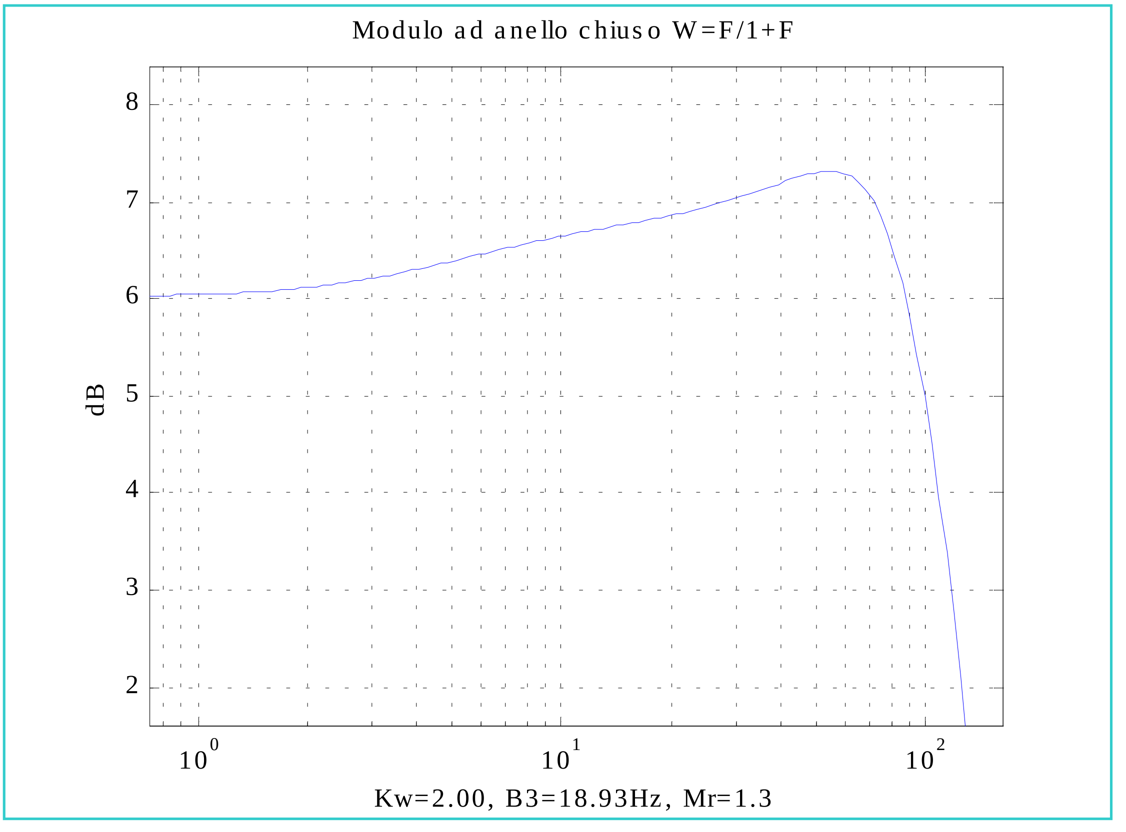
$$C(s) = \frac{100}{s} \frac{0.02s+1}{\frac{0.02}{10}s+1}$$

$$e = 2\left|\frac{K_d}{1+F(10j)}\right| \cong$$

$$2\left|\frac{2}{1+5.62}\right| =$$

$$= 0.6042$$




Modulo ad anello chiuso W=F/1+F
dB
8
7
6
5
4
3
2
10^0
10^1
10^2
Kw=2.00, B3=18.93Hz, Mr=1.3

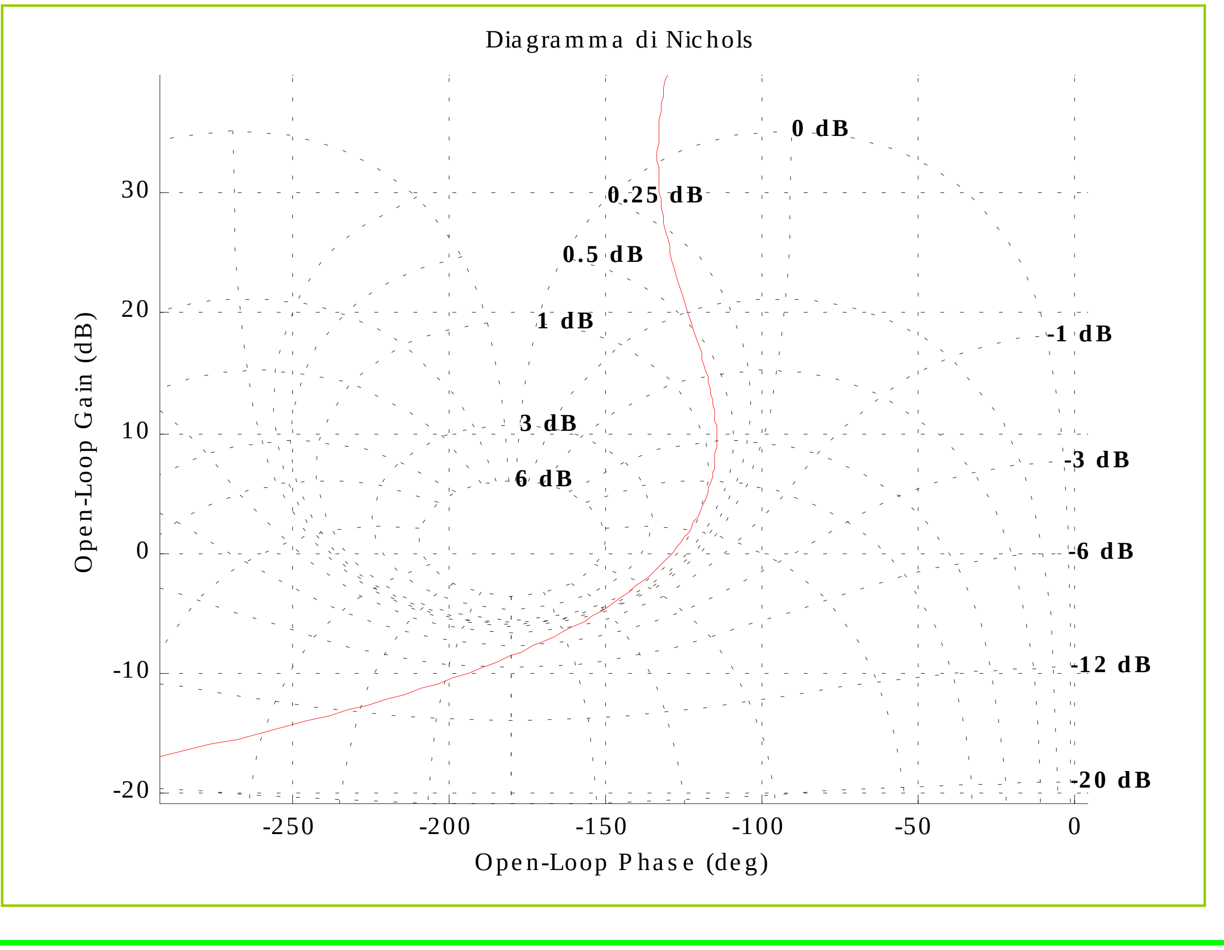
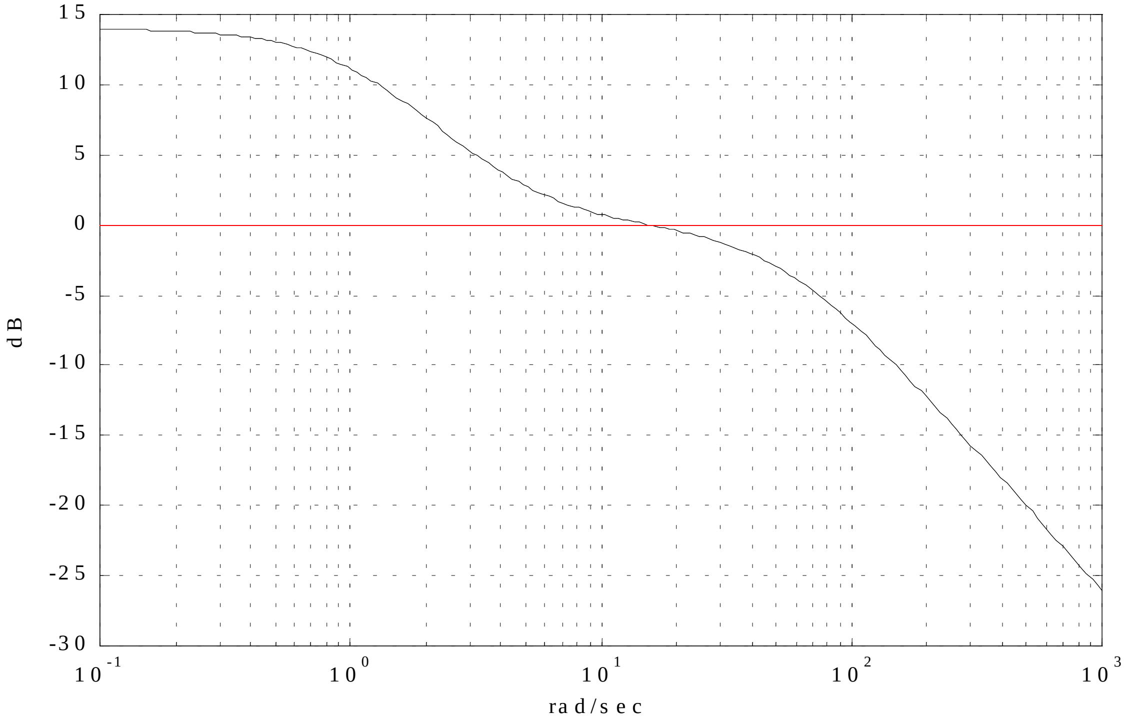


Diagramma di Nichols
0 dB
0.25 dB
0.5 dB
1 dB
3 dB
6 dB
-1 dB
-3 dB
-6 dB
-12 dB
-20 dB
Open-Loop Gain (dB)
30
20
10
0
-10
-20
-250
-200
-150
-100
-50
0
Open-Loop Phase (deg)

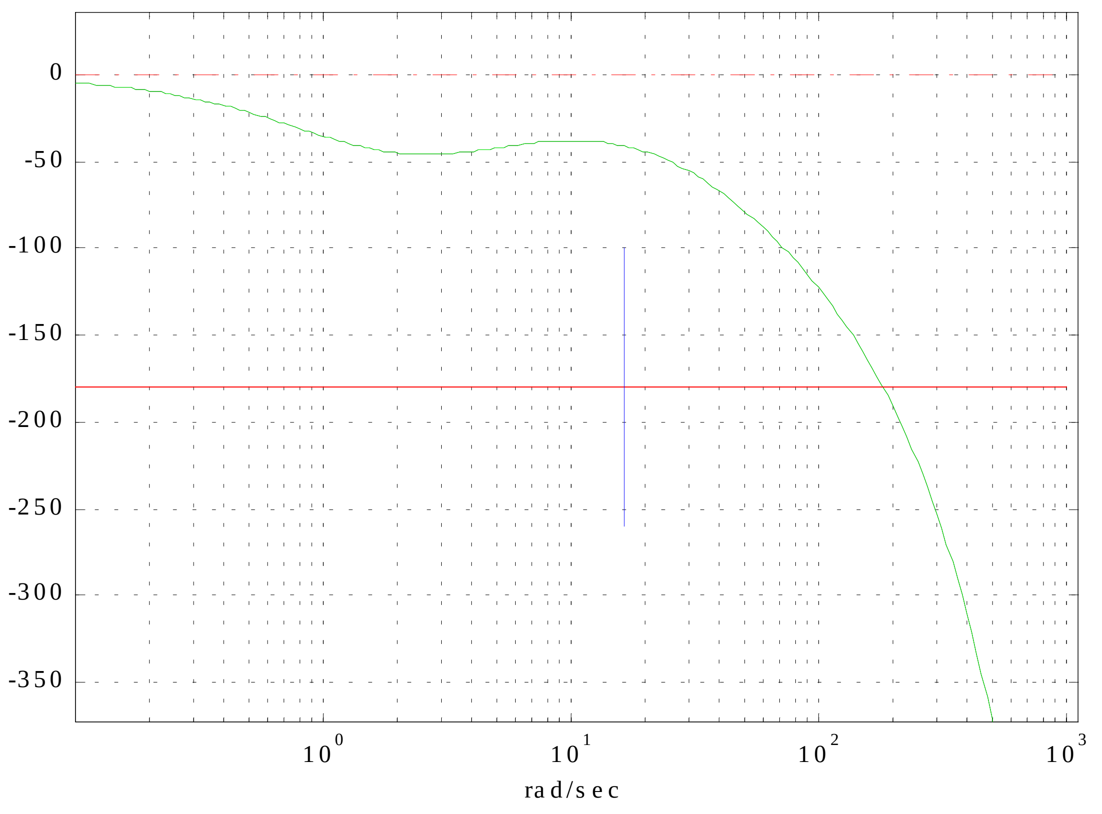
-40 dB

Bode (4)

Modulo



Fase

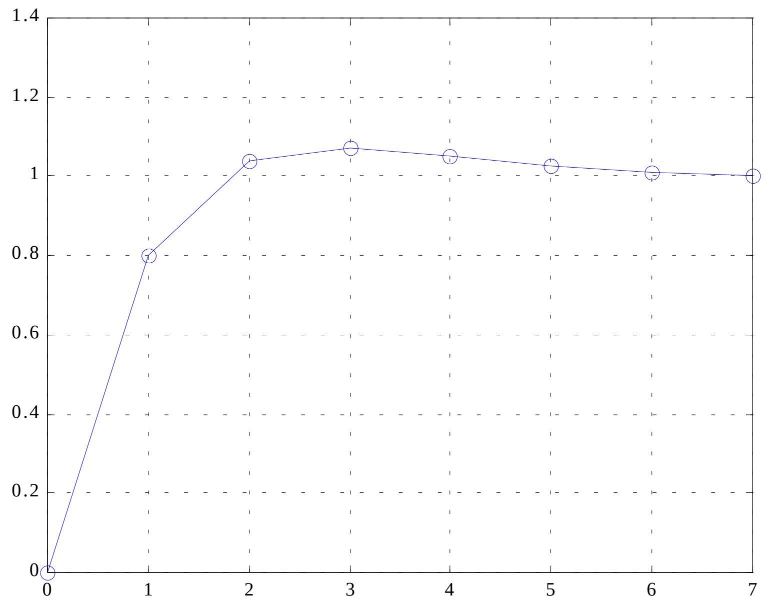


```
>G(z):=1/(z-0.5);
                              1
                     G(z) := ------
                             z - .5

> W(z):=z^(-1);

                       W(z) := 1/z

> D(z):=simplify(1/G(z)*W(z)/(1-W(z)));

                              2. z - 1.
                  D(z) := .5  --------
                               z - 1.

> G1(z):=0.8/(z-0.6);  "il guadagno rimane 2 "

                               1
                   G1(z) := .8 ------
                              z - .6

> W1(z):=simplify(D(z)*G1(z)/(1+D(z)*G1(z)));

                           2. z - 1.
             W1(z) := 2. -----------------
                             2
                         5. z  - 4. z + 1
```

Primi 8 campioni della risposta al Gradino:

0
0.8000
1.0400
1.0720
1.0496
1.0253
1.0103
1.0032

Sovraelongazione: s=0.72



$$A := \begin{bmatrix} 3 & -15 \\ 2 & -8 \end{bmatrix} \quad B := \begin{bmatrix} 2 \\ 1 \end{bmatrix} \quad C := [-4 \quad 11]$$

Calcoliamo la Funzione di Trasferimento del sistema:

$$(sI-A)^{-1} = \begin{bmatrix} \dfrac{8+s}{6+5s+s^2} & -15\dfrac{1}{6+5s+s^2} \\ 2\dfrac{1}{6+5s+s^2} & \dfrac{-3+s}{6+5s+s^2} \end{bmatrix}$$

$$F(s) = C(sI-A)^{-1}B = \frac{7+3s}{5s+s^2+6}$$

Abbiamo ottenuto un denominatore del secondo grado, quindi il sistema era Completamente raggiungibile ed osservabile. Adesso scomponiamo la F(s) con il metodo dei poli e dei residui:

$$F(s) := \frac{1}{s+2} + 2\frac{1}{s+3}$$

Da questa possiamo scrivere il sistema come il parallelo di due sistemi del primo ordine:

$$A := \begin{bmatrix} -2 & 0 \\ 0 & -3 \end{bmatrix} \quad B := \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad C := [1 \quad 2]$$

Calcoliamo ora la risposta impulsiva per t=2 sec

$$y(2) := C\int_0^2 e^{(A\,t)} B\,\delta(\tau)\,d\tau = 2\,C\,e^{(A\,t)}B = C\begin{bmatrix} e^{(-4)} & 0 \\ 0 & e^{(-6)} \end{bmatrix} B = 6.046546287$$