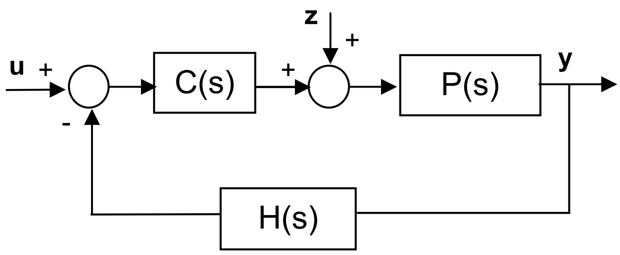
Esame di Fondamenti di Automatica

Corso di Laurea Nuovo e Vecchio Ordinamento in Ingegneria Elettronica

14 luglio 2003

Cognome:	Nome	Matricola:	E-mail:

1. Dato il sistema di controllo raffigurato, con **C(s)=3/s**, **P(s)=(s+1)/(s (s+3))** e **H(s)=0.25**, determinare:
   a. Se il sistema sia stabile a ciclo chiuso con il criterio di Routh
   b. Il tipo di sistema di controllo
   c. Astatismo rispetto al disturbo costante **z**
   d. L'uscita permanente con **u(t)=5**
   e. L'uscita permanente con **u(t)=3t**

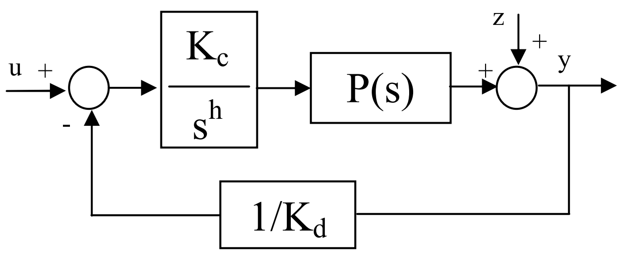


---

2. Sia dato un processo **P(s)** descrivibile mediante la funzione di trasferimento

$$P(s)=\frac{(s/400+1)(1-s/200)}{(s/80+1)(s/50+1)}$$

Sintetizzare il sistema di controllo in figura (determinare **h** e il **K_c**) in modo tale che:
- il guadagno a ciclo chiuso sia uguale a **2**
- l'errore per ingresso a rampa **u(t)=0.1t** sia minore o uguale a **0.01**



Scelto il valore **minimo** di **K_c** compatibile con le specifiche, tracciare i diagrammi di **BODE** e **NYQUIST** della funzione a ciclo aperto, e determinare su questi la pulsazione di attraversamento (**ω_t**) e, in caso di sistema stabile a ciclo chiuso, i margini di stabilità (**m_ϕ** e **m_g**).

Infine calcolare l'effetto in uscita a regime di un disturbo **z(t)= 2t**.

---

3. (Solo vecchio ordinamento) Dato il sistema:

$$F(s)=\frac{1}{(s+1)(s-1)^2}$$

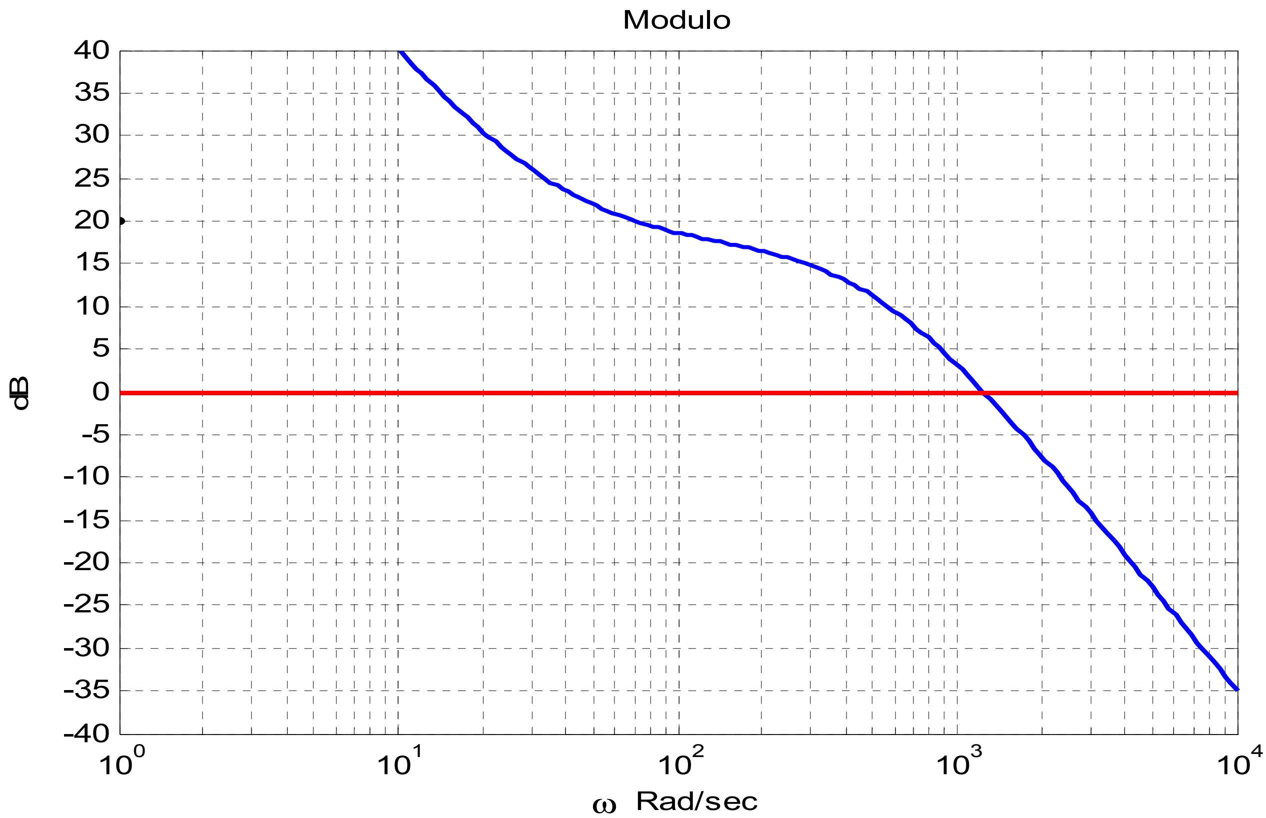
Determinare:
   a. una realizzazione in forma di **Jordan**
   b. individuare una **reazione dinamica** dall'uscita in grado di assegnare tutte le dinamiche (processo e sistema di errore) in **-2** (lasciare indicati i calcoli).

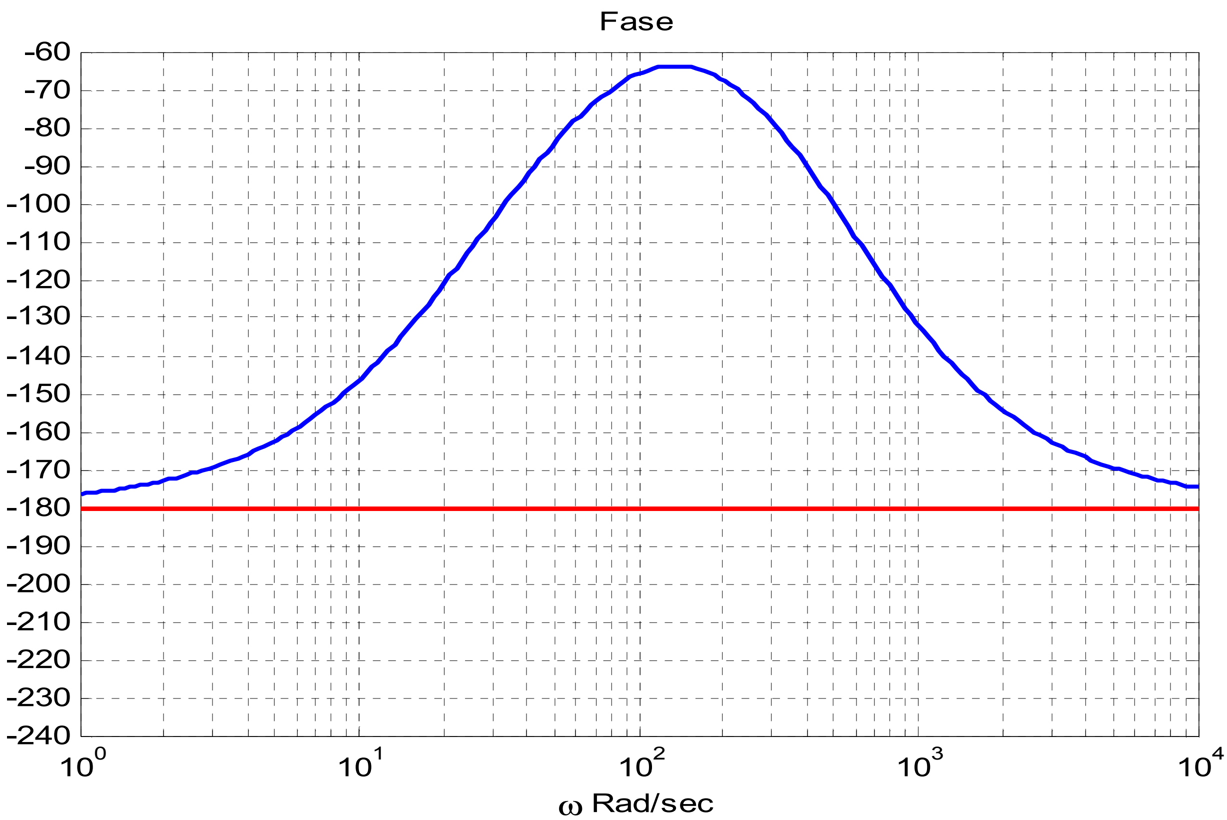
---

4. (Solo vecchio ordinamento) Analizzare la seguente equazione alle differenze e determinare:
   a. la stabilità
   b. il guadagno
   c. i primi cinque campioni della risposta ad un ingresso a gradino unitario supponendo condizioni iniziali nulle

$$y_k = 0.5y_{k-1} - 0.2y_{k-2} + u_{k-1}$$

5. Dato il diagramma di **BODE** della funzione di trasferimento a ciclo aperto **F(s)** sotto riportata (non ci sono poli a parte reale positiva) determinare la rete compensatrice **R(s)** tale da assicurare ω_t**<=1000** rad/sec e m_ϕ>=60°. Tracciare quindi il diagramma di **NICHOLS** della funzione compensata **F'(s)=F(s)R(s)** e determinare su di esso il modulo alla risonanza **Mr** e la banda passante a –3 Decibel.





La funzione di trasferimento a ciclo chiuso vale

$$W(s) = \frac{12(s+1)}{4s^3 + 12s^2 + 3s + 3}$$

a) Scrivendo la tabellina di Routh si scopre che il sistema è asintoticamente stabile
b) Il tipo di sistema di controllo è il secondo (due integratori in catena diretta)
c) Il sistema è astatico rispetto al disturbo costante essendoci un polo nell'origine prima dell'ingresso del disturbo
d) Il sistema riproduce correttamente ingressi a gradino: Y p(t)=5
e) Il sistema riproduce correttamente ingressi a rampa: Yp(t)=3t

$$y_k = 0.5y_{k-1} - 0.2y_{k-2} + u_{k-1}$$
$$Y(z)(1 - 0.5z^{-1} + 0.2z^{-2}) = U(z)z^{-1}$$
$$G(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{z^{-1}}{1 - 0.5z^{-1} + 0.2z^{-2}} = \frac{z}{z^2 - 0.5z + 0.2}$$

il denominatore ha le seguenti radici:

$$z_{1,2} = 0.2500 \ \pm \ 0.3708j$$

quindi il sistema, avendo radici all'interno del cerchio unitario è asintotocamente stabile con modi oscillatorio smorzati.

Il guadagno vale:

$$G(z=1) = \frac{1}{1 - 0.5 + 0.2} = 1.4286$$

La risposta al gradino unitario vale:

$$y_{-1} = y_0 = 0$$
$$y_1 = 0.5y_0 - 0.2y_{-1} + u_0 = 1$$
$$y_2 = 0.5y_{k-1} - 0.2y_{k-2} + u_{k-1} = 0.5y_1 + 1 = 1.5$$
$$y_3 = 0.5y_{k-1} - 0.2y_{k-2} + u_{k-1} = 0.75 - 0.2 + 1 = 1.55$$
$$y_4 = 1.475$$
$$y_5 = 1.4275$$

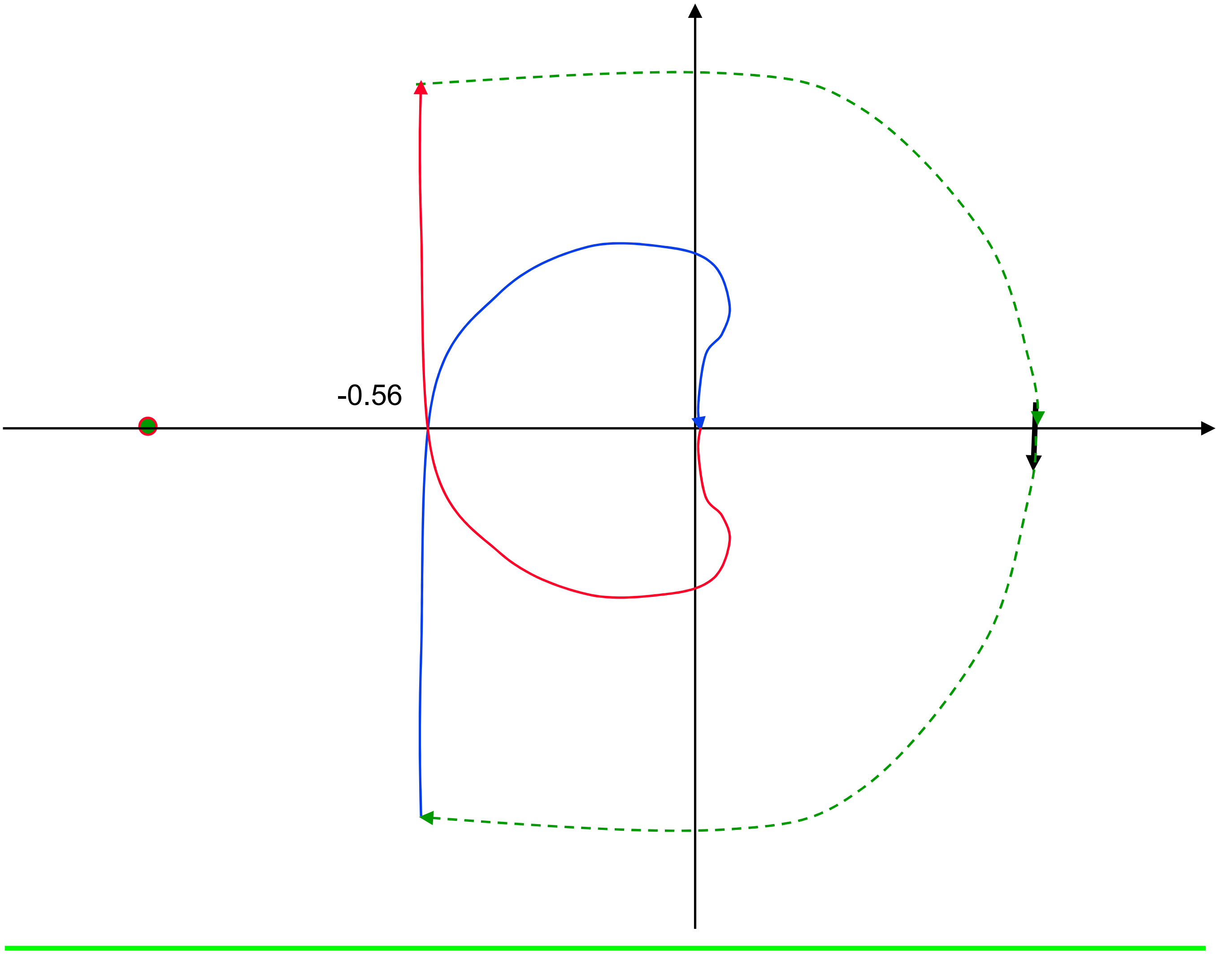
- Kd=2 per avere il guadagno a ciclo chiuso richiesto,
- h=1 per avere un sistema di controllo di tipo 1 (errore finito per ingresso a rampa)
- Kc>= 40 in conseguenza della specifica sull'errore.

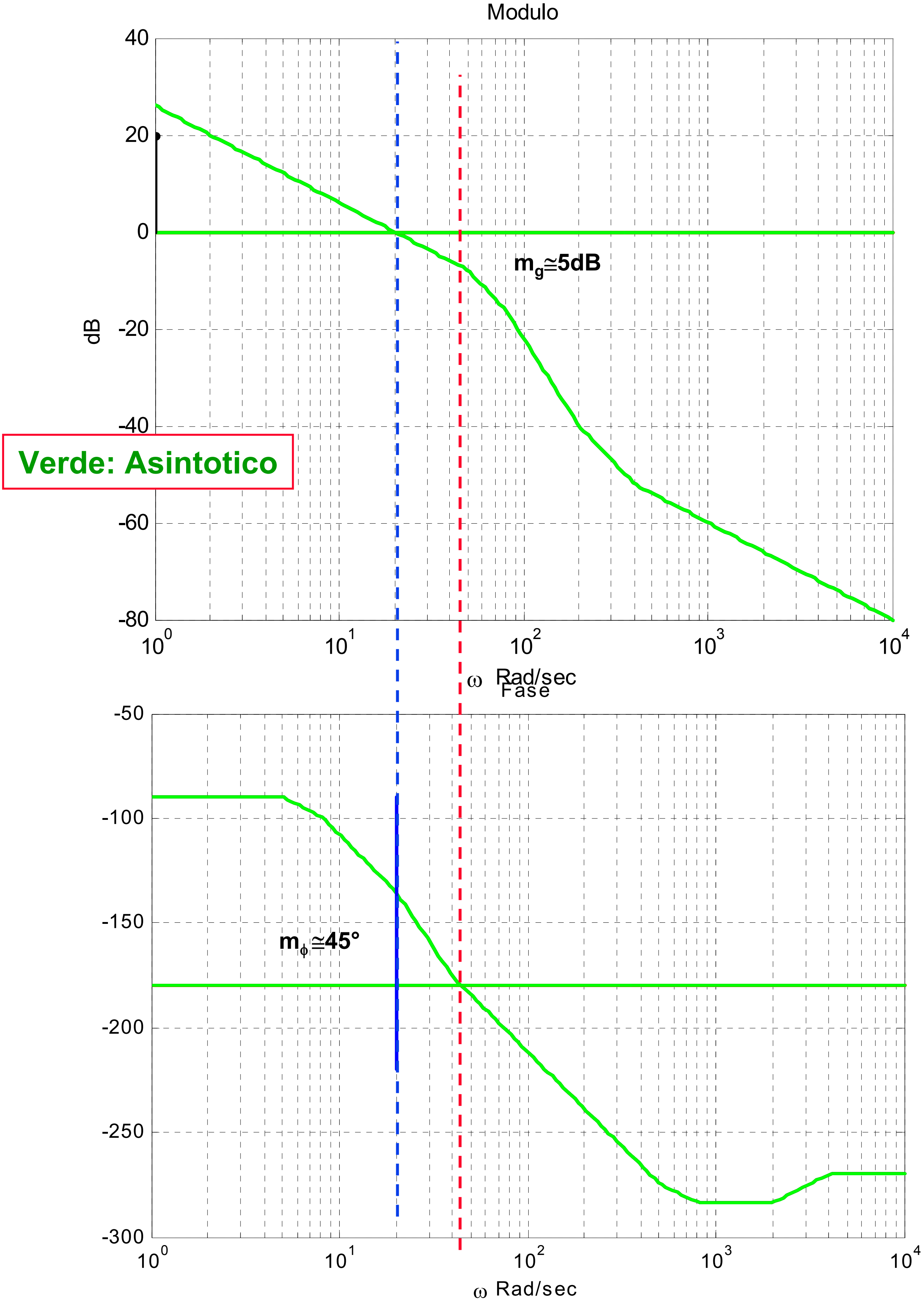
$$C(s) = \frac{K_c}{s} R(s) = \frac{K_c}{s} \frac{N_R(s)}{D_R(s)}; P(s) = K_p \frac{N_p(s)}{D_p(s)}$$

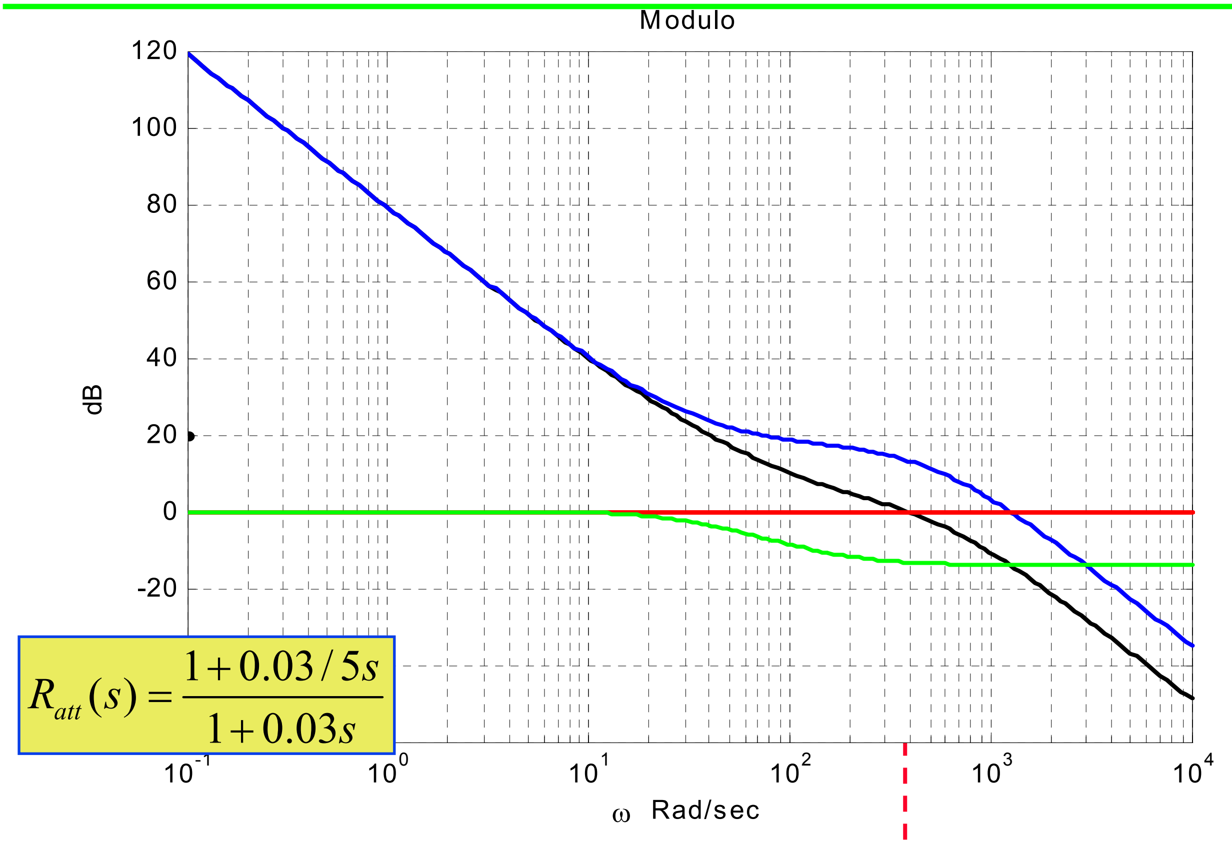
$$W_z(s) = \frac{sK_d K_p N_P(s) N_R(s)}{sK_d D_P(s) D_R(s) + K_c K_p N_P(s) N_R(s)}$$

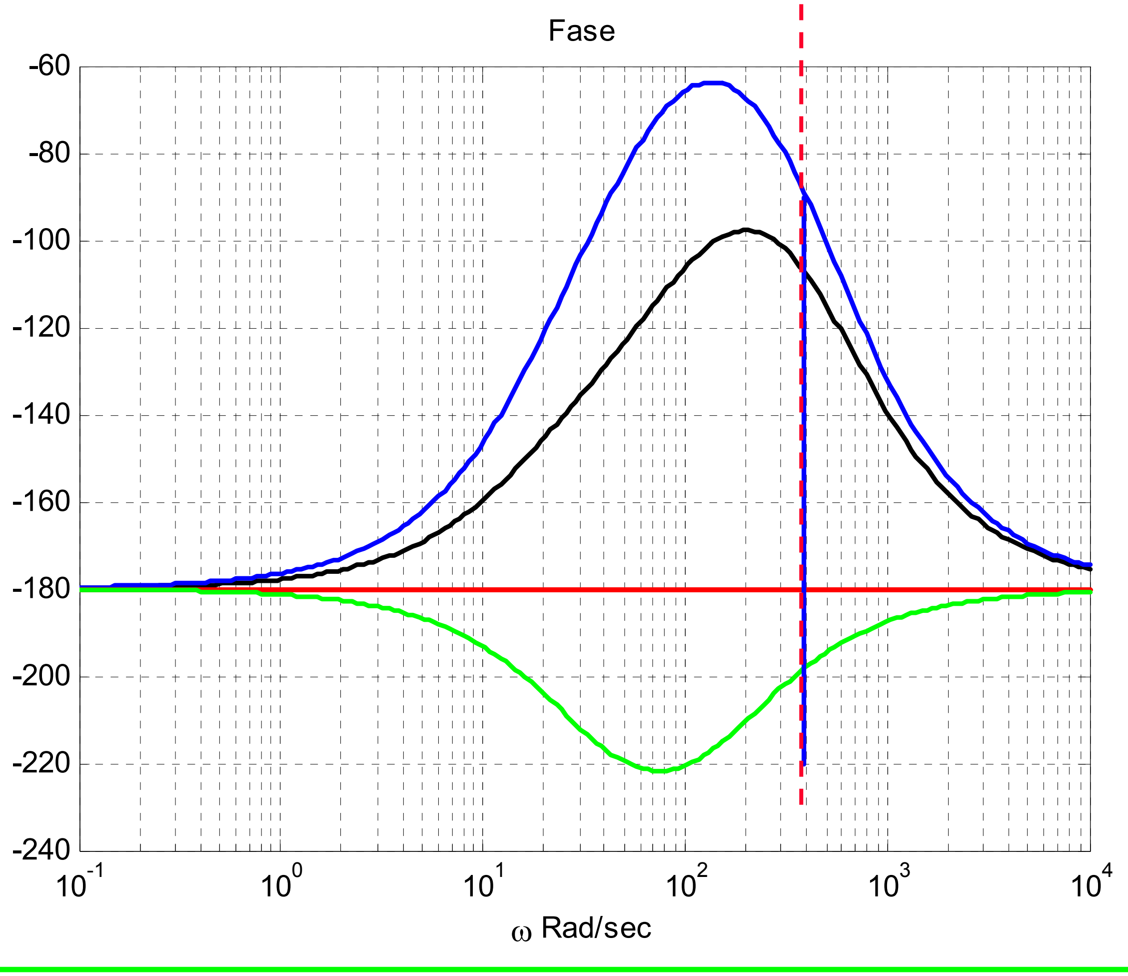
$$z(s) = \frac{4}{s^2}$$

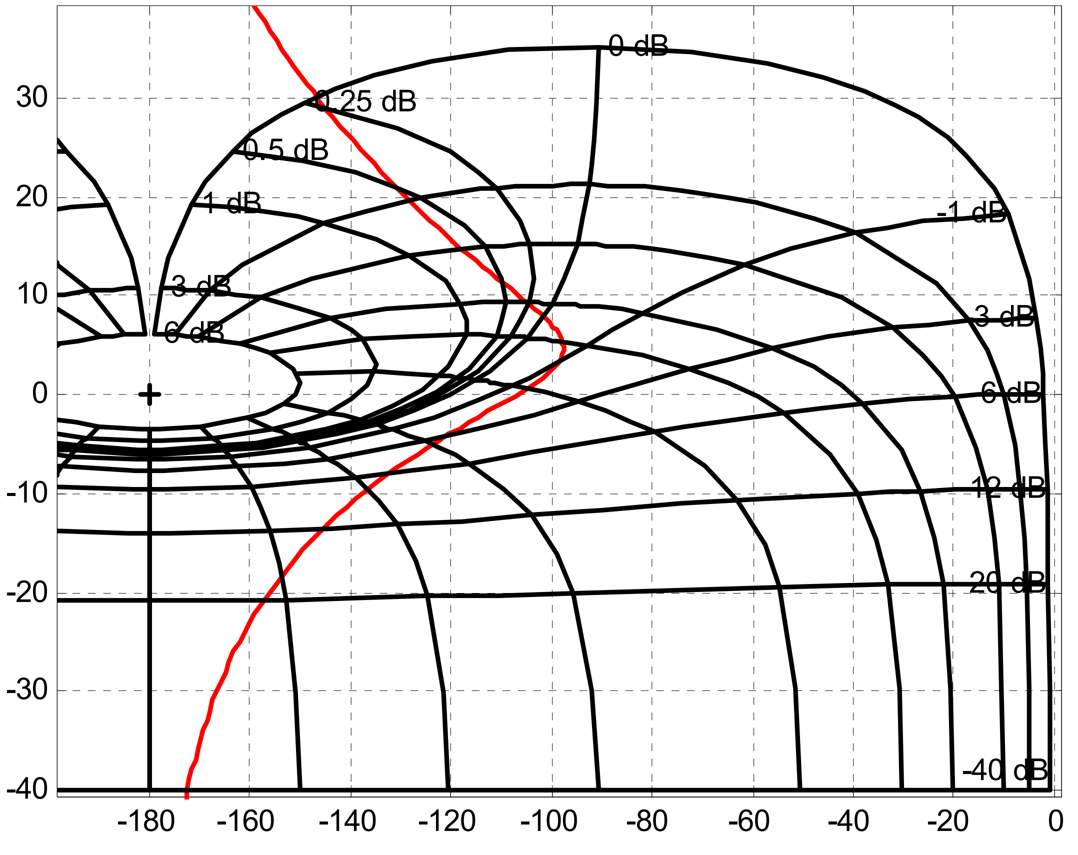
$$z(\infty) = \lim_{s \to 0} sW_z(s) z(s) = \lim_{s \to 0} \frac{K_d}{K_c} 4 = \frac{2}{40} 4 = 0.2$$

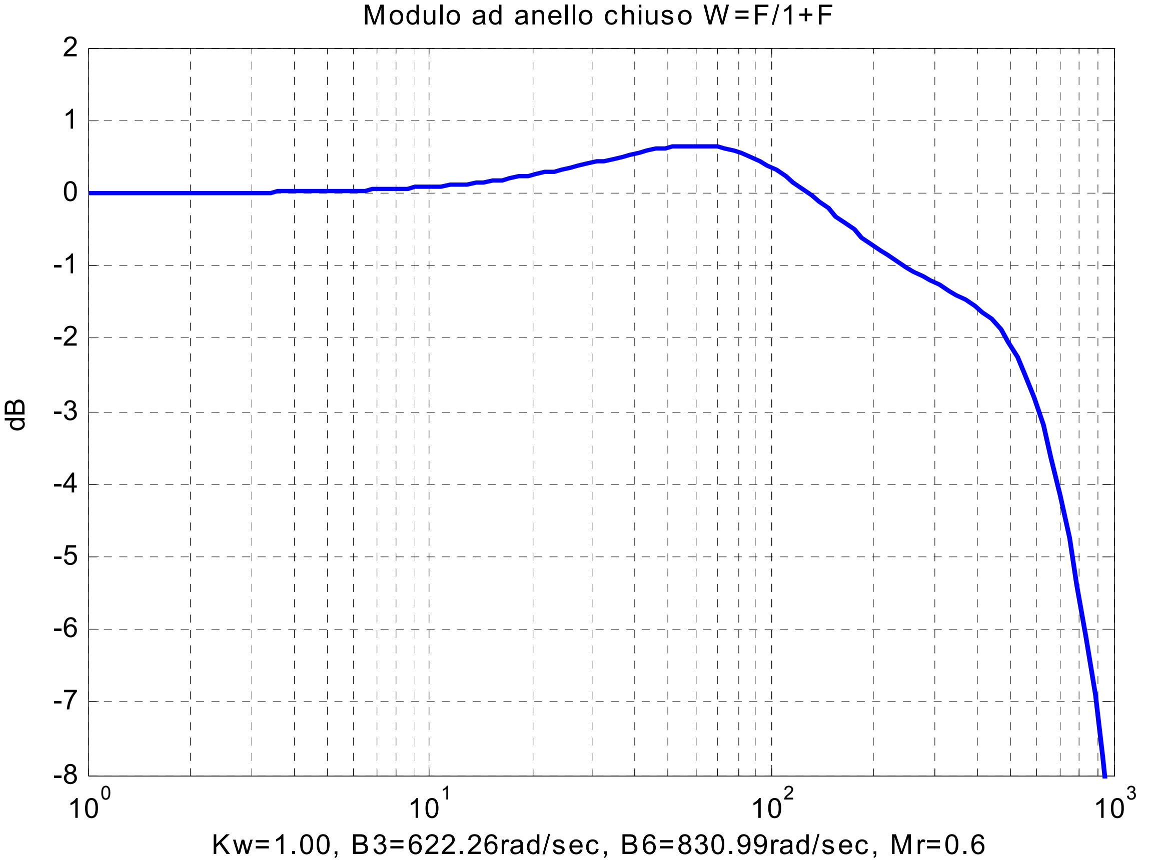



Modulo
40
20
0
-20
-40
-60
-80
dB
mg≅5dB
Verde: Asintotico
10^0
10^1
10^2
10^3
10^4
ω Rad/sec
Fase
-50
-100
-150
-200
-250
-300
mφ≅45°
10^0
10^1
10^2
10^3
10^4
ω Rad/sec


Modulo
120
100
80
60
40
20
0
-20
dB
$R_{att}(s) = \dfrac{1+0.03/5s}{1+0.03s}$
10^{-1}
10^{0}
10^{1}
10^{2}
10^{3}
10^{4}
ω Rad/sec


Fase
-60
-80
-100
-120
-140
-160
-180
-200
-220
-240
10^{-1}
10^{0}
10^{1}
10^{2}
10^{3}
10^{4}
ω Rad/sec





Kw=1.00, B3=622.26rad/sec, B6=830.99rad/sec, Mr=0.6

$$F(s)=\frac{4}{(s+1)(s-1)^2}=\frac{1}{s+1}+\frac{-1}{s-1}+\frac{2}{(s-1)^2}$$

$$A=\begin{bmatrix}-1&0&0\\0&1&1\\0&0&1\end{bmatrix};B=\begin{bmatrix}1\\0\\1\end{bmatrix}$$

$$C=\begin{bmatrix}1&2&-1\end{bmatrix}$$

$$R=\begin{bmatrix}1&-1&1\\0&1&2\\1&1&1\end{bmatrix}\Rightarrow R^{-1}=\frac{1}{4}\begin{bmatrix}-1&2&-3\\2&0&-2\\-1&-2&1\end{bmatrix}\Rightarrow \gamma=\begin{bmatrix}-\frac{1}{4}&-\frac{1}{2}&\frac{1}{4}\end{bmatrix}$$

$$O=\begin{bmatrix}1&2&-1\\-1&2&1\\-1&2&3\end{bmatrix}\Rightarrow O^{-1}=\frac{1}{8}\begin{bmatrix}4&-8&4\\2&2&0\\0&-4&4\end{bmatrix}\Rightarrow \tilde{\gamma}=\begin{bmatrix}1/2\\0\\1/2\end{bmatrix}$$

$$P^*(\lambda)\equiv P_e^*(\lambda)=(\lambda+2)^3$$

$$P^*(A)\equiv P_e^*(A)=\left(\begin{bmatrix}-1&0&0\\0&1&1\\0&0&1\end{bmatrix}+2\begin{bmatrix}1&0&0\\0&1&0\\0&0&1\end{bmatrix}\right)^3=\begin{bmatrix}1&0&0\\0&3&2\\0&0&3\end{bmatrix}^3=\begin{bmatrix}1&0&0\\0&27&54\\0&0&27\end{bmatrix}$$

$$K_1=-\gamma P^*(\lambda)=\begin{bmatrix}0.25&13.5&20.25\end{bmatrix}$$

$$K_2=P_e^*(\lambda)\tilde{\gamma}=\begin{bmatrix}0.25\\27\\13.5\end{bmatrix}$$