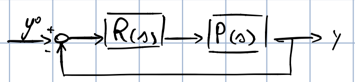
7.1

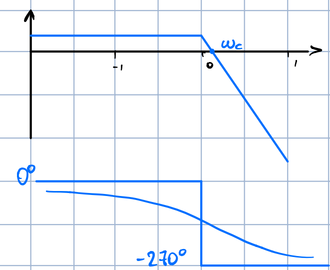


$P(s) = \dfrac{1}{(s+1)^3}$ $\qquad R(s) = K \in \mathbb{R}^+, \; K > 1$

Per quali K S è AS?

$L(s) = R(s)P(s) = \dfrac{K}{(s+1)^3}$ $\Rightarrow$ non ci sono poli a $Re > 0 \Rightarrow$ posso applicare Bode

$p_{1-2-3} = -1$ $\qquad \mu = K > 1 = \mu_{dB} > 0$ $\qquad g = 0$



$|L(j\omega)| = |K|_{dB} + \left| \dfrac{1}{(j\omega+1)^3} \right|_{dB}$

$\mu_c > 0 \quad \forall K > 1$

$\varphi_m > 0 \qquad \varphi_m = 180° - |\varphi_c|$

$\measuredangle L(j\omega) = \underbrace{\measuredangle K}_{\emptyset} + \measuredangle \dfrac{1}{(j\omega+1)^3}$, $\measuredangle L(j\omega) = \measuredangle K - 3 \measuredangle 1 + j\omega \Rightarrow \measuredangle L(j\bar\omega) = -180° = 0° - 3\,tg^{-1}(\omega) = -3\,tg^{-1}(\omega)$

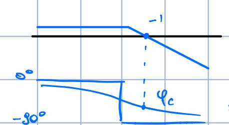
$\bar\omega = \sqrt{3}$

$\bar K : |L(j\bar\omega)| = 1 \Rightarrow \left| \dfrac{\bar K}{(1+j\sqrt{3})^3} \right| = \dfrac{\bar K}{8} = 1 \Rightarrow \bar K = 8$ $\qquad S$ è AS. $\forall K < 8$

7.2

$G(s) = \dfrac{3K}{s+2}$, $\exists\, K > 1 : S$ instabile?

$p_1 = -2$, $g = 0$



$\Rightarrow |\varphi_c| < 180° \quad \forall K > 1$

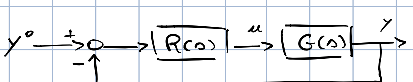
7.3

$\mu = 20\,dB = 10$ $\qquad z_1 = -1$ $\qquad p_1 = -3$ $\qquad p_2 = -10$ $\qquad p_3 = -10^3$ $\qquad G(s) = \dfrac{10(s+1)}{(s+3)(s+10)(s+10^3)}$

$g = 0$

a) Vero, poli e zeri sono a parte reale < 0
b) Vero, ci sono tre poli al denominatore
c) Vero, non ci sono sovra/sotto-elongazioni e hanno m.a. = 1
d) Falso, per il TVF tende a $\mu = 10$
e) Vero $\Rightarrow$ approssimazione zero + 2 poli
f) Falso, $\tau_d = \dfrac{1}{3} \rightarrow T_a = \dfrac{5}{3}$
g) Vero, si nota dal Diag. di Bode

2) (a) no perché fase asintotica è $-90°$, in più modulo non cresce
(b) no per lo stesso motivo della fase di (a)
(c) perché modulo cresce e tg orizz. a $-180°$



$R(s) = \alpha, \quad \alpha \in \mathbb{R}^+$

$G(s) = \frac{10(s+1)}{(s+3)(s+10)(s+10^3)}$, $L(s) = 10\alpha \frac{(s+1)}{(s+3)(s+10)(s+10^3)}$

$|L(j\bar{\omega})| = 1$

$\angle L(j\bar{\omega}) = -180 \Rightarrow \angle 10\alpha + \angle(j\omega+1) - \angle(j\omega+3) - \angle(j\omega+10) - \angle(j\omega+10^3)$

$\alpha > 0$: $tg^{-1}(\bar{\omega}) - tg^{-1}\left(\frac{\omega}{3}\right) - tg^{-1}\left(\frac{\omega}{10}\right) - tg^{-1}\left(\frac{\omega}{10^3}\right) = -180°$

Per $\alpha > 1$ il diagramma di B. del modulo è traslato in alto e la pulsazione critica si avvicina alla fase asintotica di $-180°$ con margine di fase >0 $\forall \alpha > 1$

$\alpha < 0$:

Falso: $\alpha < 0$ piccoli portano il # giri in -1 nel diag. di Nyquist $= 0$ = poli a $Re > 0$ e quindi è AS

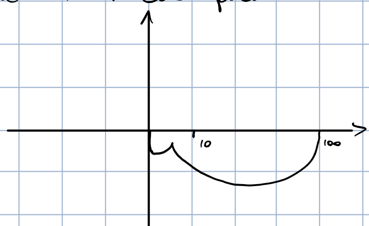
7.4

$\mu = 40\,dB = 100$ $p_1 = -1$ $z_1 = -20$ $p_2 = -100$

a) Vero, rispetta i requisiti del criterio di Bode in quanto fase asintotica è $-90°$ e $\varphi_m > 0$
b) Vero, ha poli e zero negativi
c) Vero, modulo cambia solo di $\pm 20\,dB/dec$ e fase $\pm 90°$
d) Falso, II ordine (2 poli)

2) È il (b), infatti $T_a = 5s$ (no in (c) e (d)) e non presenta sovraelongazioni perchè lo zero è tra i due poli

3)



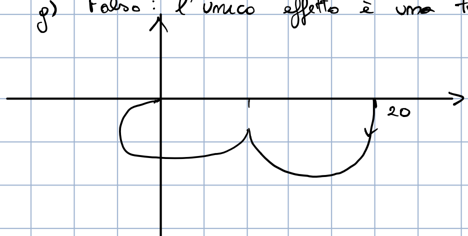
4) $R(s) = \frac{1}{10}$ il S è ancora AS perchè rispetta ancora il C. di Bode $\Rightarrow$ non modifica la fase e scala solo l'ampiezza del modulo.

7.5

$G(s)$: $\mu = 26\,dB = 20$ $p_1 = -0{,}2$ $z_1 = -2$ $p_2 = -20$ $p_3 = -200$

1) a) No è di ordine 3: 3 poli $\qquad G(s) = 20\,\frac{s+2}{(s+0.2)(s+20)(s+200)}$
b) Vero, poli a $Re < 0$
c) Falso, $\mu = 20$ si assesta a 20
d) Vero, $\tau_d = 5$
e) Vero, non ci sono poli cc
f) Vero, come si vede dal diag del modulo
g) Falso: l'unico effetto è una traslazione nel tempo

2)



3) $L(s) = 20K\,\frac{s+2}{(s+0.2)(s+20)(s+200)}$ $\qquad \forall K$ perchè diag. polare rimane confinato e # giri in -1 è zero

$G(s) = 20\,\frac{s+2}{(s+0.2)(s+20)(s+200)}$

4) $K = 1$

a) Falso: interconnessione con S statico

b) Vero, visto al punto precedente

c) Vero: sfasamento $-\frac{180°}{\pi}\omega_c \tau = -\frac{5400}{\pi} \simeq -1718.87° \Rightarrow \varphi_m < 0$ Non è AS.

7.6

1) $\exists!\,\bar{\omega} : |S(j\bar{\omega})| = 1$ ✓ $\quad \mu = 5 > 0$ ✓

$\varphi_c \simeq -90° \Rightarrow \varphi_m > 0$ ✓

No poli a $Re > 0$ altrimenti fase crescerebbe con modulo che decresce

No autovalori nascosti

2) $\tau = 0.1$ $\quad \omega_c = 20$ $\quad$ Ritardo $-\frac{180}{\pi}\omega_c \tau = -114°$ $\quad \varphi_c \simeq -90° - 114° > 180$

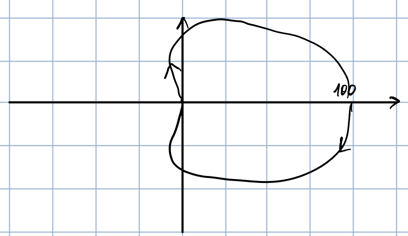
$\varphi_m < 0 \Rightarrow$ Non è AS

7.7

$g = 0$ $\quad \mu = 100 = 40\,dB$ $\quad p_{1-2} = -1$ $\quad p_3 = +10$

1) $G(s) = \frac{100}{(s+1)^2(s-10)}$

2)



3) $h > 0$ per nessun valore di h il diagramma abbraccia $(-1,0)$ mentre $P_d = 1$ e $N = 0 \Rightarrow$ Non è AS.