Parte A

1. [punti 7] Enunciare il Criterio di Nyquist (sia il caso generale che quello particolare) avendo cura di definire i concetti e le premesse teoriche sui quali si basa. Riportare inoltre una dimostrazione di tale criterio.

2. [punti 5] Dato un sistema dinamico con funzione di trasferimento

$$G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\delta\omega_n s + \omega_n^2}, \quad \omega_n > 0,\ \delta \in (0,1)$$

determinarne la larghezza di banda per le pulsazioni (relativamente alla corrispondente risposta armonica). [riportare tutti i necessari passaggi argomentativi o algebrici fino alla formula finale]. 1

3. [punti 7] Tracciare i diagrammi di Bode asintotici (diagramma dei moduli e diagramma delle fasi della risposta armonica) associati alla funzione di trasferimento $G(s) = 50\dfrac{s-4}{(s+1)(s+20)}$

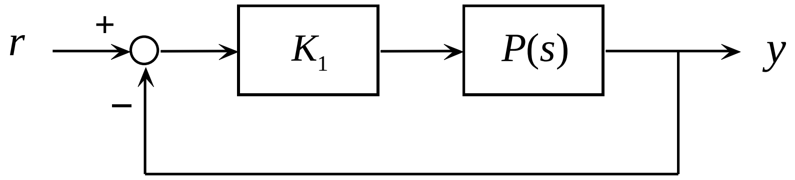
Suggerimenti:

i) per una decade delle pulsazioni si assegnino 10 quadretti del foglio protocollo;

ii) si riportano per comodità dello studente i logaritmi in base 10 degli interi da 2 a 9:
$\log_{10} 2 \cong 0,30$, $\log_{10} 3 \cong 0,48$, $\log_{10} 4 \cong 0,60$, $\log_{10} 5 \cong 0,70$, $\log_{10} 6 \cong 0,78$,
$\log_{10} 7 \cong 0,85$, $\log_{10} 8 \cong 0,90$, $\log_{10} 9 \cong 0,95$.

Parte B

4. [punti 10] Sia dato il sistema in retroazione di figura



dove $P(s) = \dfrac{1}{s(s+3)(s+6)^2}$.

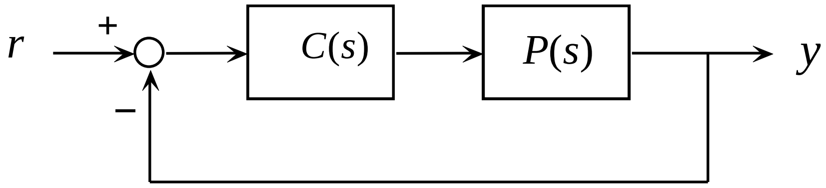
a. Tracciare il luogo delle radici dell'equazione caratteristica del sistema retroazionato per $K_1 > 0$ (luogo diretto) e $K_1 < 0$ (luogo inverso) determinando in entrambi i luoghi gli asintoti e le eventuali radici doppie.

b. Determinare i valori di $K_1 \in \mathbb{R}$ per i quali il sistema retroazionato è asintoticamente stabile.

c. Determinare i valori di $K_1 \in \mathbb{R}$ per i quali il sistema retroazionato ha grado di stabilità $G_s \geq 1\,[\mathrm{s}^{-1}]$.

d. Determinare il valore di K_1 che massimizza il grado di stabilità del sistema retroazionato: $K_1^* = \arg\max_{K_1 \in \mathbb{R}} G_s(K_1)$.

5. [punti 7] Sia dato il sistema in retroazione di figura



dove $P(s) = \dfrac{1}{s^3}$.

1. Progettare un controllore $C(s)$ di ordine due affinché i poli del sistema retroazionato siano posti in $-1, -2, -4, -5, -6$.

2. Con il controllore progettato al punto **1,** si applichi un gradino $r(t) = 3 \cdot 1(t)$ al sistema retroazionato e si determini una stima del tempo di assestamento T_a e l'errore di regolazione a regime e_r. $\left[e_r := \lim_{t \to +\infty} r(t) - y(t) \right]$