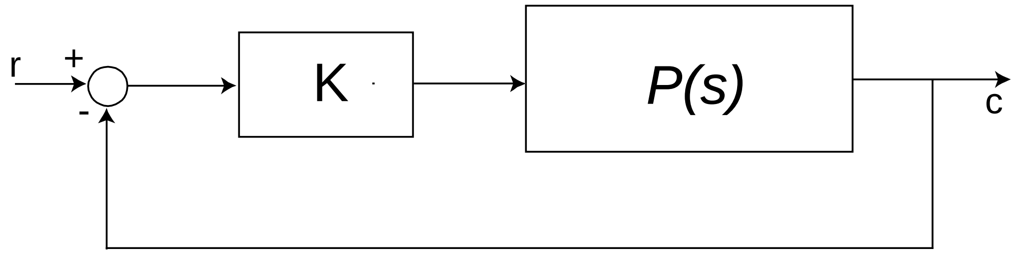
Parte A

1. [punti 6] 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 7] Sia data la funzione di trasferimento $L(s) = \frac{10(s-1)}{s^2(s+10)}$.

1) Determinare l'espressione analitica dell'argomento $arg(L(j\omega))$ e studiare gli andamenti asintotici di $L(j\omega)$ quando $\omega \to 0^+$ e $\omega \to +\infty$. A seguire, tracciare il diagramma di Nyquist di $L(j\omega)$.
2) Determinare per via grafica, applicando l'appropriata formulazione del teorema dell'indice logaritmico (la stessa che porta alla deduzione del criterio di Nyquist), il numero delle radici a parte reale positiva dell'equazione $1 + L(s) = 0$.
3) Tracciare i diagrammi di Bode asintotici di $L(j\omega)$ (diagramma dei moduli e diagramma delle fasi).
[Suggerimento: si assegnino 10 quadretti del foglio protocollo per una decade delle pulsazioni. Si noti che: $\log_{10} 2 \cong 0,30$, $\log_{10} 3 \cong 0,48$, $\log_{10} 4 \cong 0,60$, $\log_{10} 5 \cong 0,70$, $\log_{10} 6 \cong 0,78$, $\log_{10} 7 \cong 0,85$, $\log_{10} 8 \cong 0,90$, $\log_{10} 9 \cong 0,95$.]

3. [punti 6] Sia dato il sistema retroazionato di figura



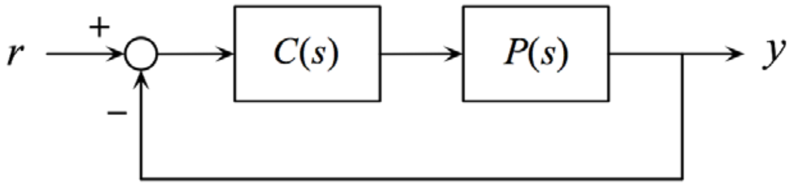
dove $P(s) = \dfrac{s(s^2+1)}{(s^2+4)(s+1)(s+2)}$.

1. Determinare i valori di K per i quali è assicurata la stabilità asintotica del sistema retroazionato.
2. Tracciare il luogo delle radici dell'equazione caratteristica associata al sistema retroazionato per $K \in [0, +\infty)$. Si determini l'angolo di partenza dal polo $+2j$ e l'angolo di arrivo sullo zero $+j$. Infine si determinino le eventuali intersezioni con l'asse immaginario $j\mathbb{R}$.

Parte B

4. [punti 5] Presentare e dedurre la funzione di trasferimento a tempo discreto $P_d(z)$ di un sistema a tempo continuo $P(s)$ con all'ingresso un mantenitore D/A di ordine zero e all'uscita un campionatore A/D sincronizzati con periodo T .

5. [punti 6] Sia dato il sistema di controllo con controllore PID



$C(s) = K_p\left(1 + T_d s + \frac{1}{T_i s}\right)$ ed un impianto controllato $P(s) = \frac{20}{(s+1)(s+2)^2}$. Posto $T_i = 4T_d$, progettare il controllore PID affinché il margine di fase del sistema sia $M_f = 45°$.
[Suggerimento: impostare una sintesi in frequenza, utilizzare una procedura numerica per tentativi se necessario (2 o 3 cifre significative esatte sono sufficienti).]

6. [punti 6] Un sistema a tempo discreto, con ingresso u ed uscita y , è descritto dalla seguente equazione alle differenze

$$y(k) - 0.5y(k-2) + 0.5y(k-3) + 0.06y(k-4) = u(k-1) \text{ .}$$

a) Determinarne la funzione di trasferimento.
b) Verificarne la stabilità asintotica applicando il criterio di Jury.