

 POLITECNICO DI MILANO



Esercizi

Preparazione alla II prova *in itinere*



Esercizi:

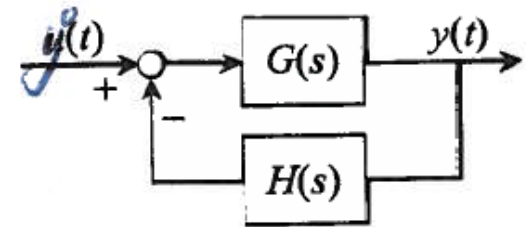
- Schemi a blocchi – funzioni di trasferimento
- Tracciamento diagrammi di Bode e di Nyquist (casi semplici)
- Analisi di stabilità di sistemi ad anello chiuso (applicazione criteri di Nyquist e Bode)
- Calcolo di margine di fase e margine di guadagno
- Prestazioni statiche e dinamiche dei sistemi di controllo
 - Guadagno statico delle funzioni di sensitività $S(s)$ e sensitività complementare $F(s)$
 - Poli dominanti di $S(s)$ e $F(s)$
 - Tracciamento qualitativo del diagramma di Bode del modulo di $S(s)$ e $F(s)$
 - Approssimazione di $F(s)$
 - Risposta di $F(s)$ a segnali a scalino
 - Risposta di $S(s)$ e $F(s)$ (a regime) a segnali sinusoidali

Teoria:

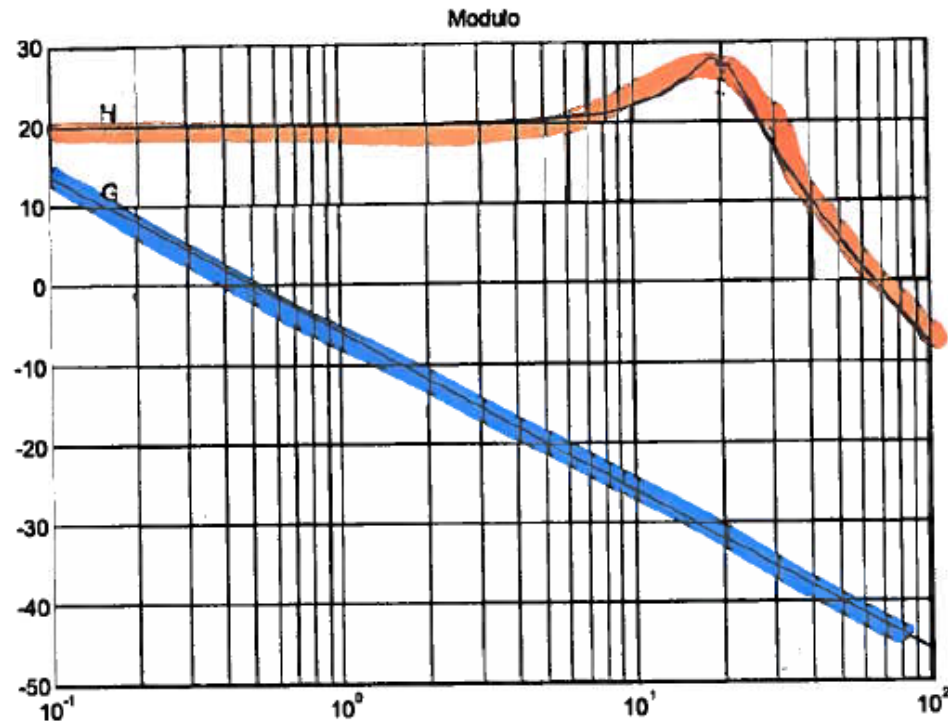
- Teorema della risposta esponenziale e della risposta armonica;
- Criterio di stabilità per sistemi ad anello chiuso di Nyquist
- Criterio di stabilità per sistemi ad anello chiuso di Bode
- ...

ESERCIZIO 1

Si consideri il sistema retroazionato descritto dallo schema a blocchi in figura, dove $G(s)$ e $H(s)$ sono due funzioni di trasferimento prive di poli a parte reale positiva, i cui moduli sono rappresentati nel diagramma di Bode seguente (non sono presenti altre singolarità oltre a quelle disegnate).

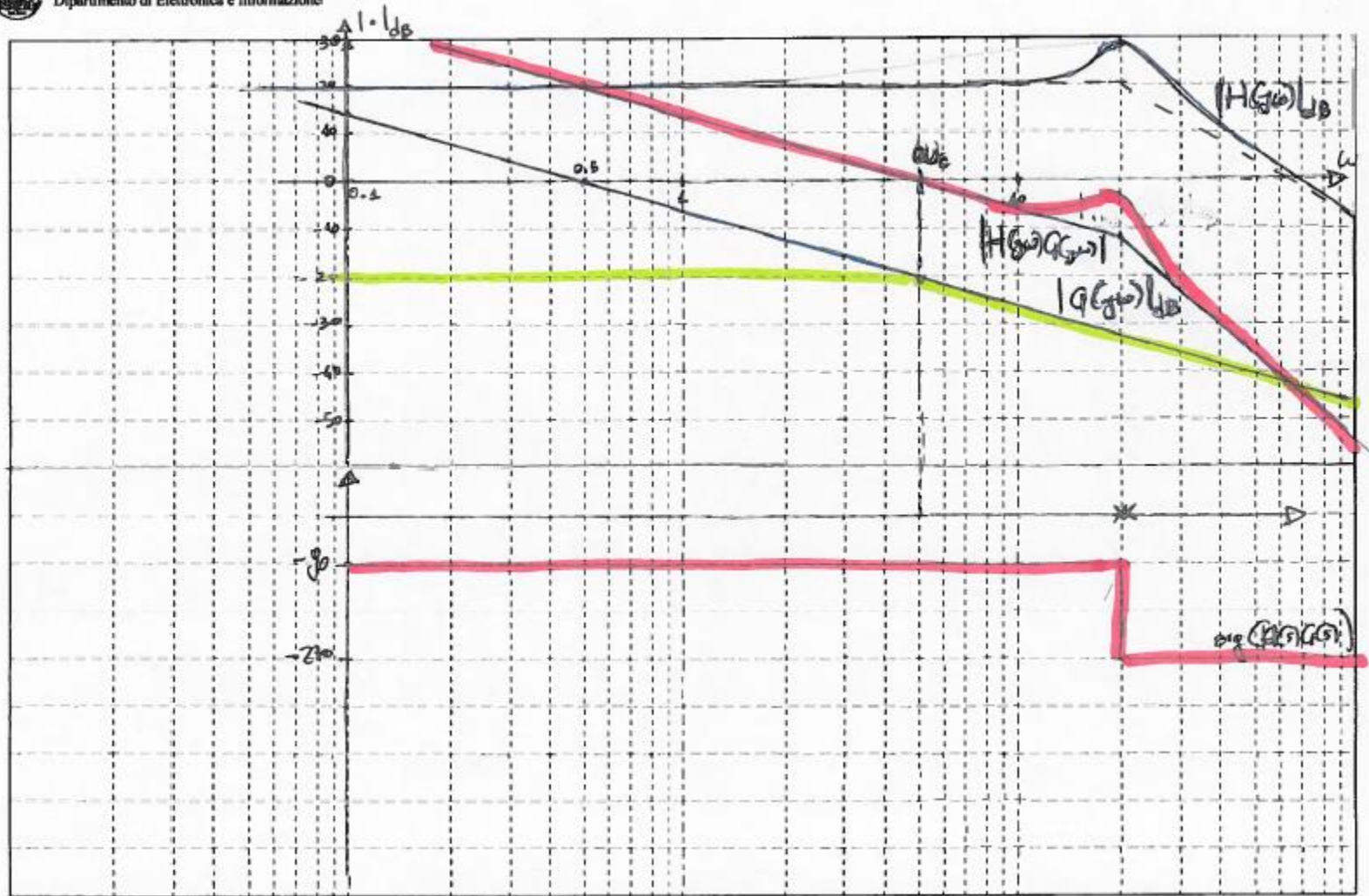


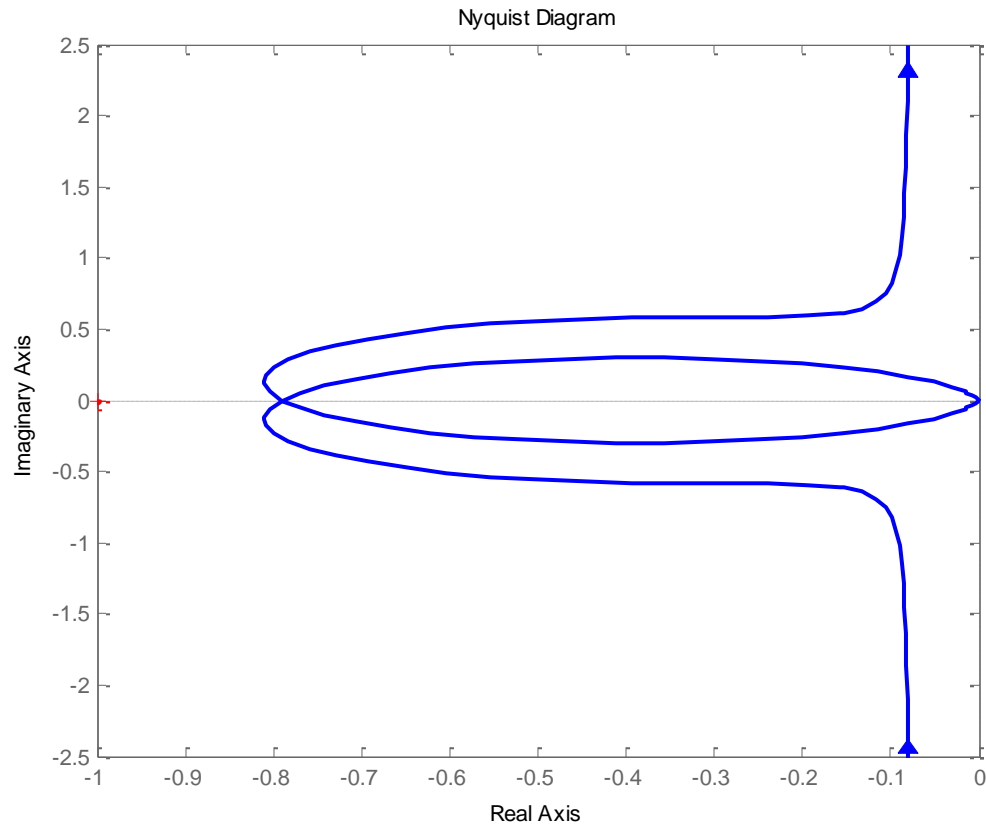
$G(s)$ e $H(s)$ hanno guadagni positivi





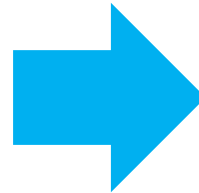
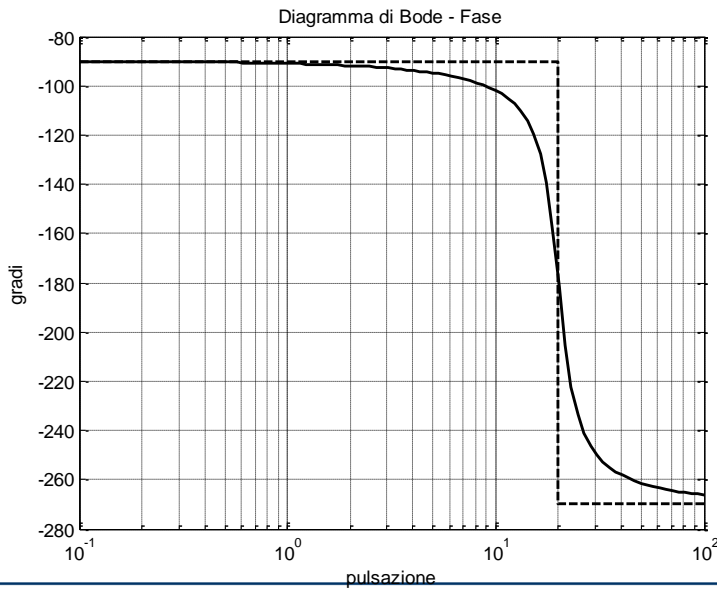
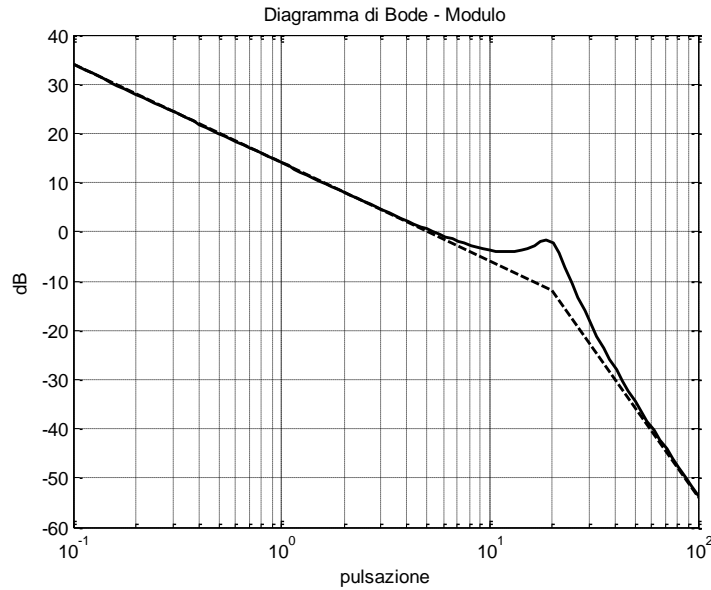
- Valutare (graficamente) la pulsazione critica e il guadagno generalizzato di $L(s)$.
- Dire se il sistema retroazionato è asintoticamente stabile. Valutare approssimativamente il margine di fase di $L(s)$, spiegando il significato di tale indicatore nei riguardi della robustezza del sistema. Spiegare perchè in questo caso il margine di fase non è un buon indicatore di robustezza.
- Tracciare il diagramma di Bode del modulo (approssimato) relativo alla funzione di trasferimento in anello chiuso da y^o a $y(t)$ $F(s)$. Sulla base del diagramma così ricavato, tracciare inoltre l'andamento approssimato della risposta del sistema in anello chiuso ad un segnale di riferimento $u(t) = sca(t)$.
- Discutere le variazioni del comportamento del sistema (stabilità, risposta a scalino) indotte rispettivamente da una riduzione e da un aumento del guadagno di $H(s)$ di un fattore 10.



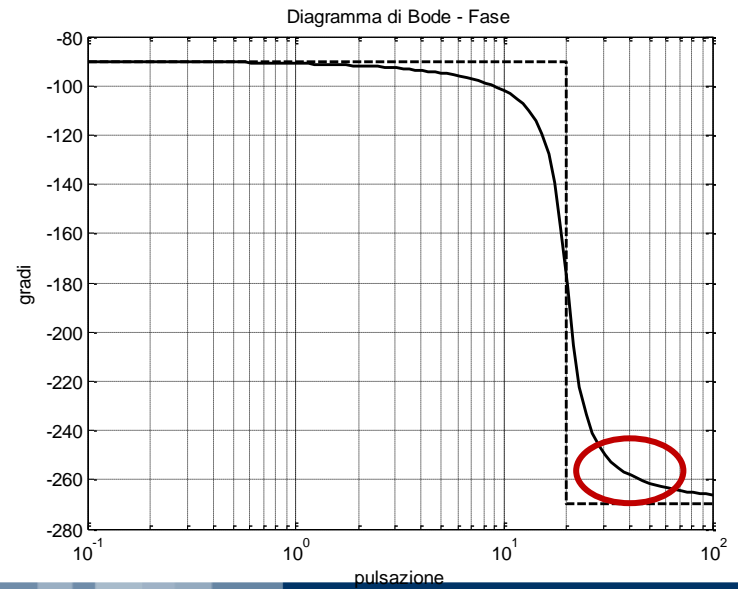




ES 1

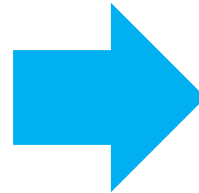
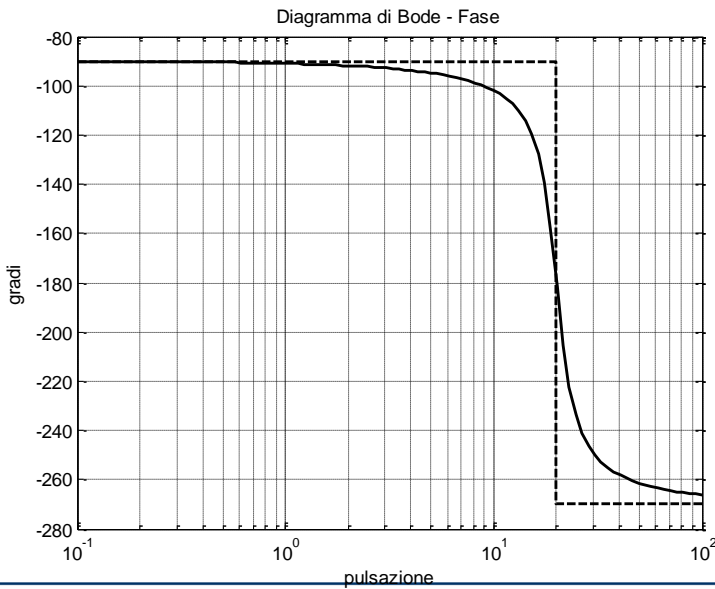
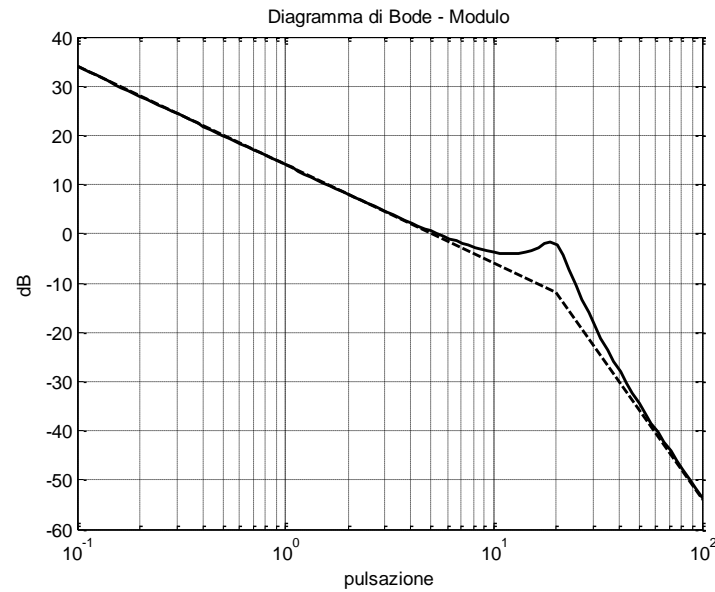


Aumento del guadagno di fattore 10

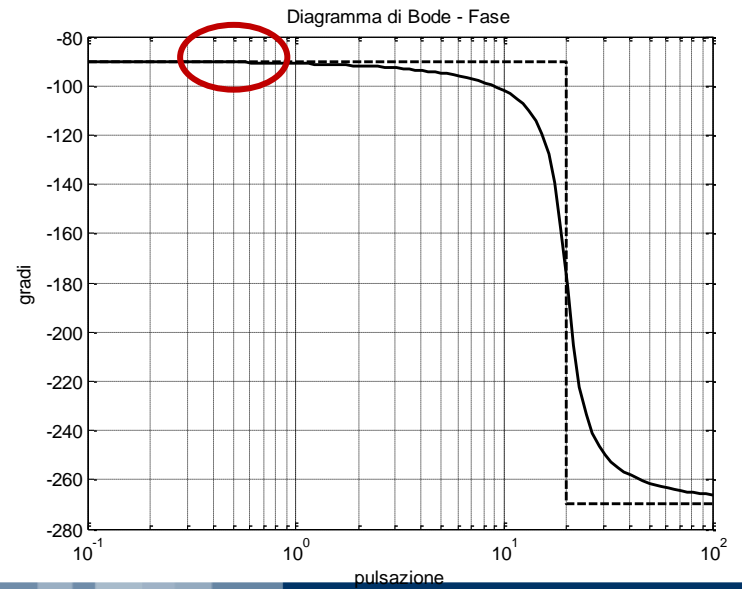




ES 1

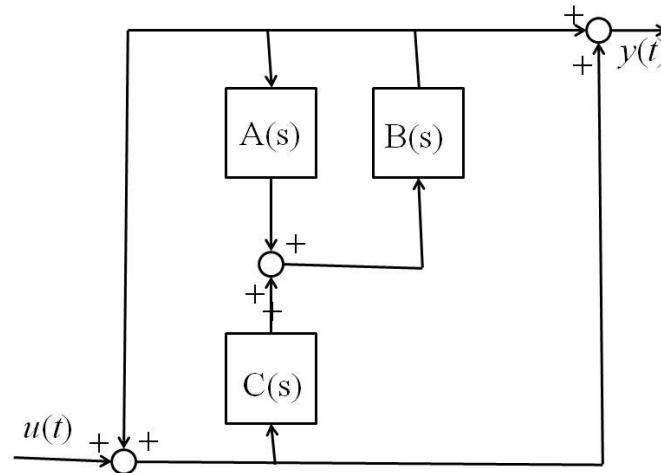


Diminuzione
del guadagno
di fattore 10





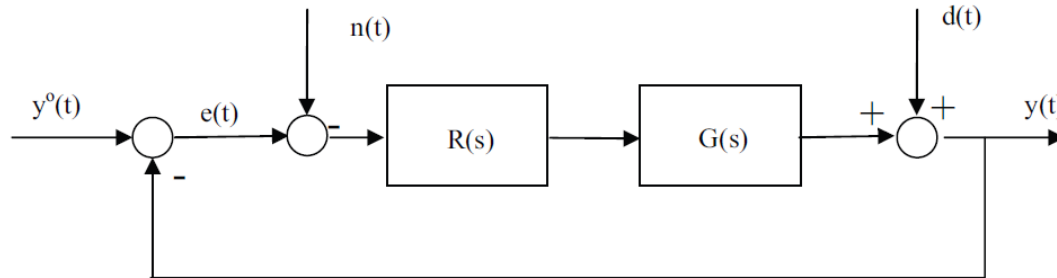
Si consideri lo schema a blocchi in figura:



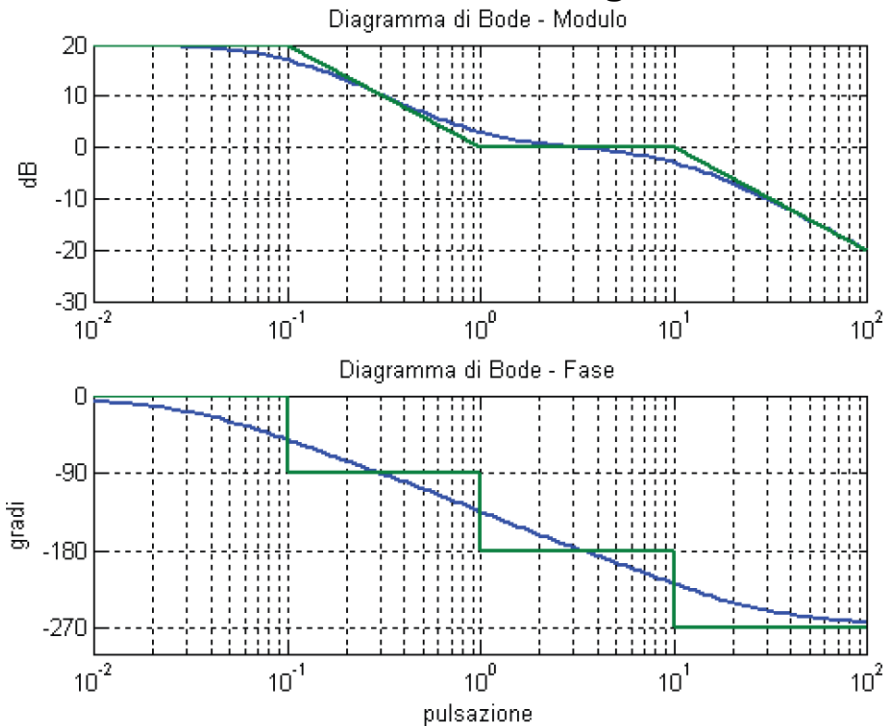
- Si calcoli la funzione di trasferimento complessiva tra l'ingresso $u(t)$ e l'uscita $y(t)$.
- Per garantire l'asintotica stabilità dello schema complessivo è necessario che $A(s)$, $B(s)$ e/o $C(s)$ siano asintoticamente stabili?



Si consideri il sistema di controllo descritto dallo schema a blocchi:



Dove $G(s)$ è la f.d.t. di un sistema di ordine 2 i cui diagrammi di Bode di modulo e fase sono i seguenti.





3.1 La funzione di trasferimento $G(s)$

- a) presenta poli instabili?
- b) è a fase minima?
- c) è strettamente propria?
- d) ha tipo $g=1$?
- e) Qual è il grado relativo di $G(s)$?
- f) Qual è il guadagno di $G(s)$?
- g) Qual è il polo dominante di $G(s)$ e quanto vale la costante di tempo ad esso associata?

3.2 Dire, motivando la risposta, se il sistema retroazionato è asintoticamente stabile nei seguenti casi

- a) $R(s) = 0.5$
- b) $R(s) = \frac{0.01}{s}$
- c) $R(s) = 0.5 \frac{1+10s}{s}$

3.3 Dire, motivando la risposta, quale tra i tre controllori garantisce migliori prestazioni in termini di errore a transitorio esaurito a fronte di una variabile di riferimento variabile a scalino $y^o(t) = sca(t)$.

3.4 Dire, motivando la risposta, quale tra i tre controllori garantisce migliori prestazioni dinamiche (per la risposta a scalino del punto precedente).

3.5 Supponendo che $d(t) = \sin(0.01t)$, $n(t) = \sin(10t)$, quali sono gli effetti di questi disturbi sul segnale di uscita?

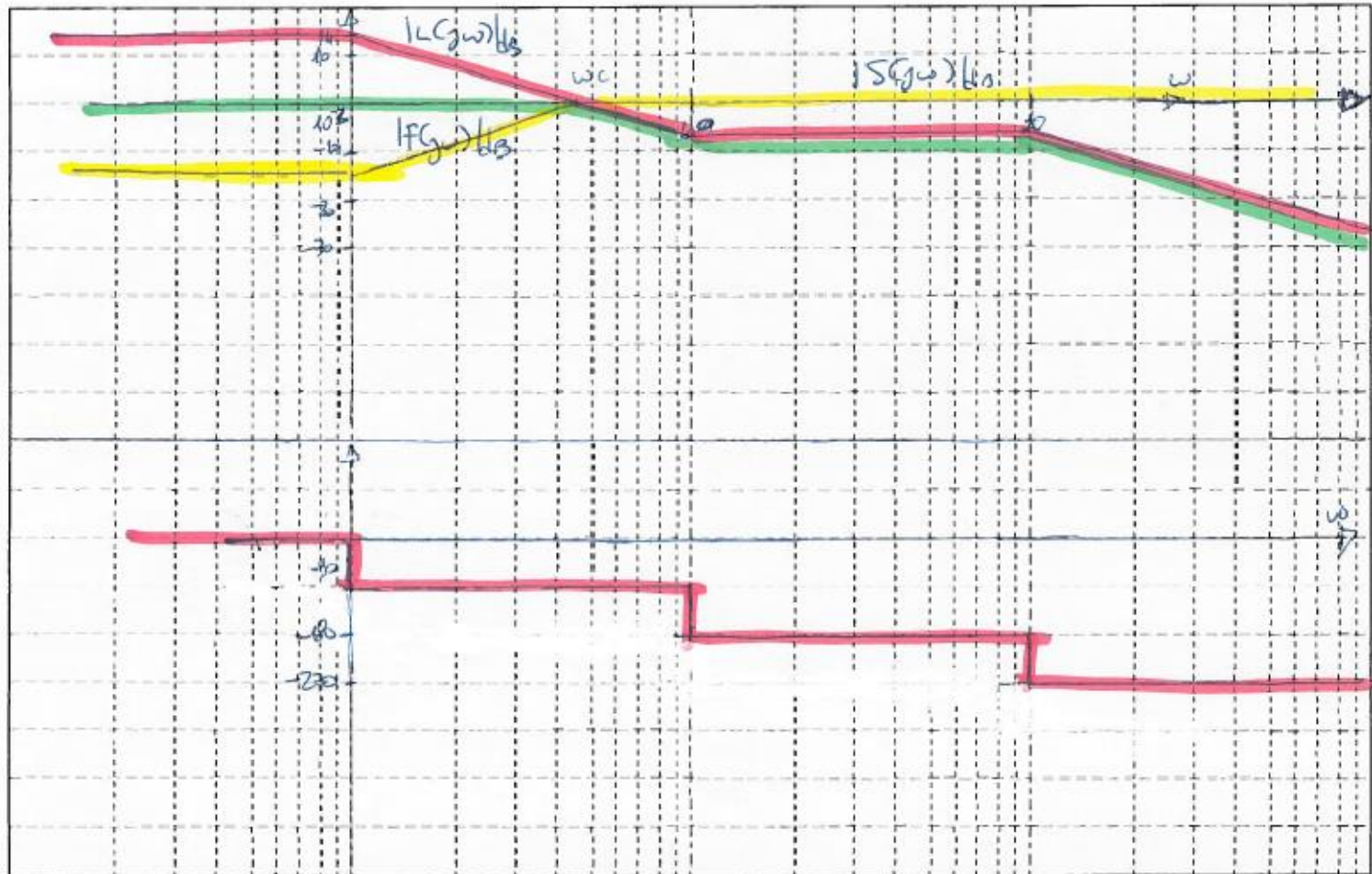


ES 3

ES 3 a) $R(s) = 0.5$



Politecnico di Milano
Dipartimento di Elettronica e Informazione

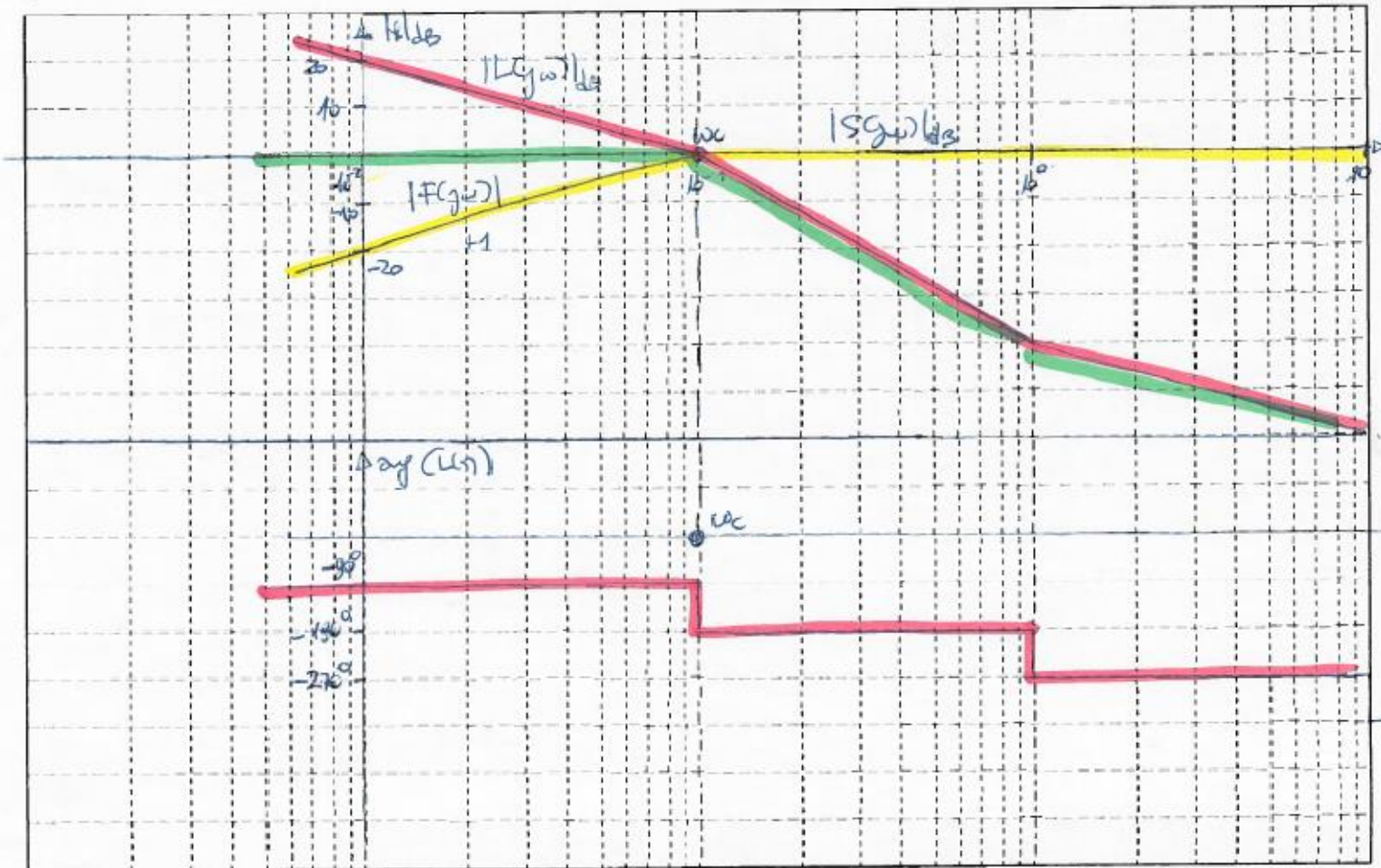




ES 3

ES 3 b) $F(s) = \frac{0.01}{s}$

 **Politecnico di Milano**
Dipartimento di Elettronica e Informazione





$$\boxed{\text{ES 3}} \quad c) \quad R(s) = 0.5 \frac{(10s + 1)}{s} \quad \Rightarrow \quad L(s) = 5 \frac{(1-s)}{(1+0.1s)s}$$

