

### Diagrammi di Bode e analisi dei sistemi di controllo

#### Esercizio 1: Diagrammi di Bode e teorema della risposta in frequenza

Sia data la funzione di trasferimento

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

- Tracciare i diagrammi di Bode reale e approssimato di modulo e fase. (funzione *bode* e *bodeasin*); si calcoli il valore massimo dell'errore commesso con l'approssimazione asintotica, verificando numericamente il risultato ottenuto.
- Utilizzando il teorema della risposta in frequenza calcolare l'uscita a transitorio esaurito per l'ingresso  $u(t) = 15 - 3\sin(0.5t)$ . (funzioni *bode*, *abs*, *phase*)

#### Esercizio 2: Diagrammi di Bode - analisi sistema del secondo ordine

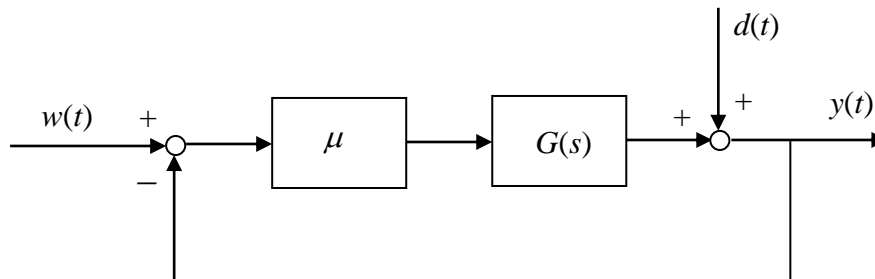
Si consideri un sistema meccanico massa-molla soggetto ad attrito viscoso (si indichi con  $u(t)$  la forza applicata alla massa, con  $y(t)$  la posizione della massa, con  $k$  la costante elastica della molla e con  $h$  il coefficiente di attrito viscoso).

Posto  $k = 8$  e  $m = 2$

- si traccino i diagrammi di Bode di modulo e fase per i seguenti valori di  $h$   $h = [7; 4; 0.4; 0.04; 0.01]$ ;
- si simuli la risposta a ingresso sinusoidale di ampiezza unitaria e pulsazione 2 per  $h = [4; 0.4; 0.04]$ . Spiegare il risultato ottenuto.

#### Esercizio 3: Sistemi di controllo - Analisi di stabilità

Sia dato il seguente sistema di controllo:



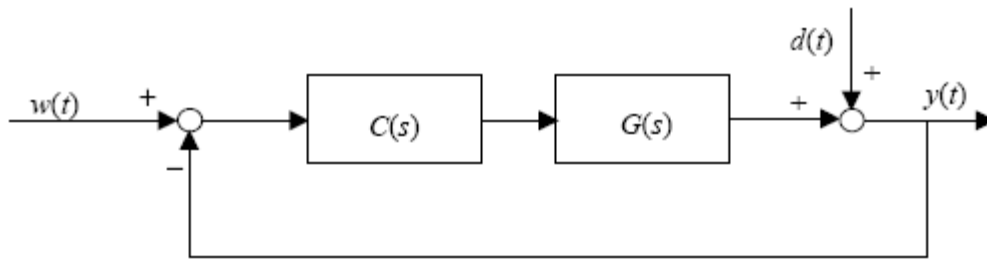
con:

$$G(s) = \frac{10s+1}{(s+1)^4}$$

- Si studi la stabilità del sistema sotto controllo per  $\mu = 10$ . E' possibile applicare il criterio di Bode per l'analisi di stabilità? (si usi il comando *margin*). Si verifichi quanto trovato eseguendo la risposta del sistema a scalino unitario.
- Si supponga ora di potere modificare a piacimento il parametro  $\mu$ . È possibile stabilizzare il sistema? Se sì, si individui il valore di guadagno che consente di ottenere un margine di fase per il sistema sotto controllo pari almeno a  $10^\circ$ .
- Utilizzando il teorema della risposta in frequenza, si calcoli e si visualizzi l'uscita del sistema con il guadagno calcolato al punto precedente sottoposto al seguente ingresso:  $w(t) = 3$ ;  $d(t) = -2 * \sin(0.3t)$ .

#### Esercizio 4: Sistemi di controllo -Esempio di progetto di un regolatore

Sia dato il seguente sistema sotto controllo:



dove:

$$G(s) = \frac{40}{(0.01s + 1)(0.001s + 1)^2}$$

Si vuole progettare un regolatore

$$C(s) = \frac{1 + \alpha\tau s}{1 + \tau s}$$

( $\tau$  positivo e  $\alpha$  compreso tra 0 e 1) che stabilizzi il sistema in anello chiuso e che garantisca un margine di fase maggiore di  $20^\circ$  e una pulsazione critica maggiore di 300rad/s.