

# FONDAMENTI DI AUTOMATICA - ESERCITAZIONE 7

Prof. Lalo Magni, Prof. Chiara Toffanin

## Abstract

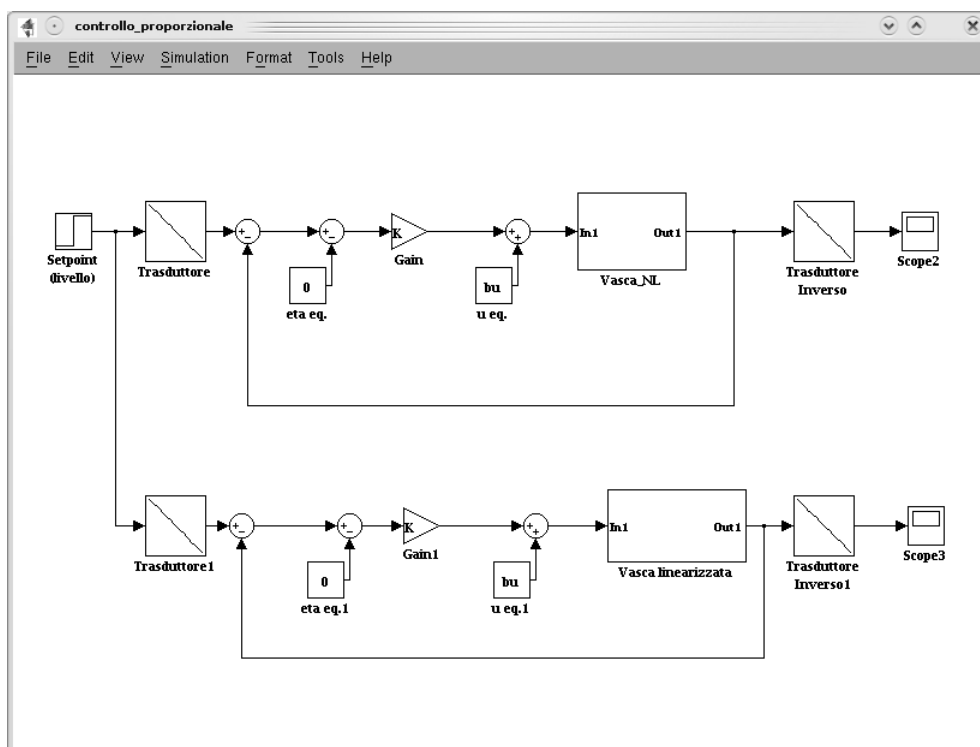
Lo scopo dell'esercitazione è regolare il livello dell'acqua nella vasca attraverso un controllo proporzionale.

## Controllo della vasca: progetto di un controllore proporzionale per la regolazione di livello

Lo scopo dell'esercitazione è sintetizzare un controllore proporzionale, cioè con f.d.t.  $R(s) = K \in \mathbb{R}$  per la regolazione del livello nella vasca. A tale scopo si utilizzerà il modello linearizzato  $G(s)$  della cascata attuatore-sistema-trasduttore ricavato nella scorsa esercitazione:

$$G(s) = -2.8668 \frac{1}{1 + 370.92s};$$

1. Utilizzando il criterio del polinomio caratteristico in anello chiuso si studi la stabilità del sistema di controllo al variare di  $K$ .
2. Si scelga  $K$  in modo che il sistema in anello chiuso abbia una banda passante 153 volte maggiore di quella del sistema sotto controllo.
3. Si verifichi il rispetto dei requisiti tracciando i diagrammi di Bode. Si verifichi inoltre la stabilità del sistema ad anello chiuso utilizzando i criteri di Bode e Nyquist.
4. Si costruisca uno schema Simulink come quello rappresentato in figura che permette di confrontare la risposta



ad uno scalino *di livello* degli schemi di controllo che utilizzano il modello nonlineare ed il modello linearizzato. In particolare:

- I blocchi “VascaNL” e “Vasca linearizzata” sono macro-blocchi che racchiudono sottosistemi. In Simulink, tali blocchi si creano selezionando le componenti di un sottosistema (per esempio il modello nonlineare della vasca creato nella scorsa esercitazione, esclusi i blocchi Step e Scope) e scegliendo “create subsystem” dal menu “edit”.

- Il blocco “Trasduttore inverso” implementa la funzione inversa del trasduttore ed è realizzato tramite un blocco “Lookup table”. Se i vettori contenenti le ascisse e ordinate dei punti che definiscono il trasduttore sono rispettivamente  $X$  e  $Y$ , i vettori che definiscono le ascisse ed ordinate del trasduttore inverso sono rispettivamente `fliplr(Y)` e `fliplr(X)` (`fliplr` serve per ordinare le ascisse in modo crescente, come richiesto dai blocchi “Lookup table”)
- Il regolatore proporzionale si implementa mediante il blocco “Gain” reperibile nella libreria “Math operations”.

5. Imponendo che al tempo  $t = 0$  il sistema sia nel punto di funzionamento nominale caratterizzato

- dal setpoint  $\bar{y}^o = 0.1$
- dallo stato di equilibrio del modello nonlineare della vasca  $\bar{x} = 0.1$
- dall'uscita di equilibrio del modello nonlineare della vasca  $\bar{y} = 2.3522$
- dal valore di equilibrio della variabile di controllo  $\bar{u} = 2.9273$
- dall'errore di equilibrio  $\bar{\eta} = 0$

confrontare le risposte allo scalino dei due sistemi retroazionati all'ingresso  $y^o(t) = \bar{y}^o + 0.08\text{sca}(t - 200)$ . In particolare, utilizzando lo schema di controllo basato sul sistema linearizzato:

- calcolare analiticamente il valore dell'errore a transitorio esaurito e verificare il risultato tramite simulazione. Perché tale errore è non nullo?
- calcolare il tempo di assestamento e verificarne la correttezza tramite simulazione;

Se in fase di simulazione si incontrassero problemi di *loop algebrici* perturbare lievemente il valore del setpoint utilizzato fino al tempo 200 *sec*.

## Riferimenti istruzioni e funzioni Matlab e Simulink

- `bode(sist)`, `margin(sist)`: diagrammi di Bode del sistema `sist` e calcolo dei margini di guadagno e fase;
- `nyquist(L)`: diagrammi di Nyquist della funzione di trasferimento `L`;
- `ltview(sist)`: tool grafico per visualizzare risposte, diagrammi di Bode, Nyquist etc. del sistema `sist`;
- `a=fliplr(b)`: il vettore `a` contiene gli elementi del vettore `b` in ordine inverso.