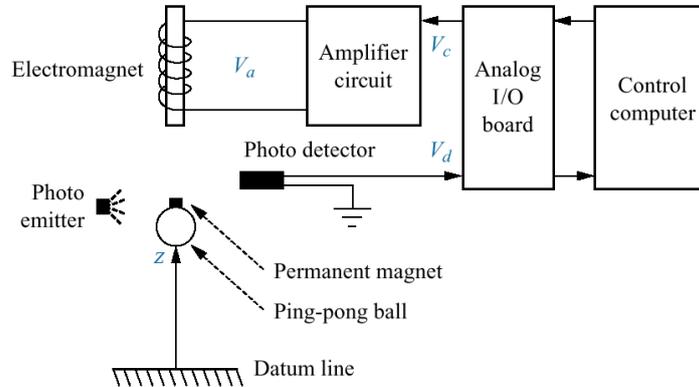


**Controlli Automatici**  
**Prof. Paolo Rocco**  
**Elaborato**

**Il problema**

Il levitatore magnetico di figura<sup>1</sup> deve mantenere sospesa una pallina, su cui è disposto un piccolo magnete permanente, agendo sulla tensione applicata all'elettrocalamita. La posizione della pallina è rilevata da un sistema ottico:

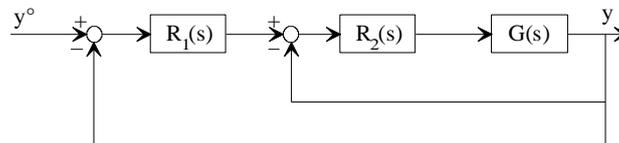


La funzione di trasferimento dalla tensione  $V_a$ , espressa in Volt, alla posizione  $z$ , espressa in metri, per il sistema linearizzato intorno a un opportuno stato di equilibrio, è la seguente:

$$G(s) = \frac{Z(s)}{V_a(s)} = \frac{\rho_G}{(s^2 - a^2)(s + b)}$$

**Svolgimento dell'elaborato**

1. Si supponga di controllare il sistema con un controllore di funzione di trasferimento  $R_2(s) = \rho_R(s+z)/(s+p)$ . Si progetti con il metodo del luogo delle radici il regolatore in modo che il sistema in anello chiuso sia asintoticamente stabile con due poli reali e coincidenti approssimativamente a pulsazione 33 rad/s;
2. Esternamente a tale anello di controllo (secondo lo schema di figura, in cui  $y=z$ ) si progetti un regolatore  $R_1(s)$  nella famiglia dei controllori PI che conferisca all'anello di controllo un margine di fase di circa 60°;



3. Si proponga una realizzazione digitale dei controllori determinati ai precedenti punti. Si simuli il sistema di controllo digitale con un opportuno schema Simulink. Si assuma una frequenza di campionamento di 1 kHz e si supponga di utilizzare per l'ADC un convertitore a 14 bit con range sulla posizione di 10 cm, mentre per il DAC un convertitore a 12 bit con range sulla variabile di controllo (la tensione  $u$ ) di  $\pm 1$  V. Si simuli la risposta del sistema a uno scalino di riferimento di posizione di 1 cm;
4. Si determini una realizzazione in variabili di stato del sistema e, operando gradualmente, si progetti uno schema di assegnamento degli autovalori:
  - a. Si progetti una legge di controllo che, agendo su tutto lo stato del sistema, posizioni gli autovalori in anello chiuso tutti a pulsazione  $a$ , uno reale e una coppia a smorzamento 0.7. Si simuli una condizione iniziale con  $y = 1$  cm e velocità nulla;
  - b. Si progetti un ricostruttore dello stato che, misurando  $y$ , assegni gli autovalori della dinamica dell'errore di stima tutti a pulsazione  $5a$ , uno reale e una coppia a smorzamento 0.7. Si confronti il transitorio con quello ottenuto al punto precedente;
  - c. Si progetti uno schema ad assegnamento degli autovalori con regolazione a zero dell'errore. Si determini la legge di controllo in modo da assegnare globalmente gli autovalori del sistema aumentato con lo stato dell'integratore, tutti con smorzamento 0.7, una coppia a pulsazione  $a$  e una coppia a pulsazione  $2a$ . Si simuli il moto del sistema a partire da condizioni iniziali nulle, dando un gradino di 1 cm al riferimento.

<sup>1</sup> Da: "Control Systems Engineering", Norman S. Nise, John Wiley, Sixth Edition

### ***Modalità di svolgimento dell'elaborato***

1. Gli studenti utilizzano il set di dati fisici su cui eseguire il progetto corrispondente al loro cognome secondo la tabella riportata nel file dati\_fisici.pdf e svolgono singolarmente e in autonomia l'elaborato, cercando di coprire il maggior numero di punti possibile (non necessariamente tutti);
2. Al termine gli studenti inviano via e-mail al docente ([paolo.rocco@polimi.it](mailto:paolo.rocco@polimi.it)) i file .m contenenti tutti i dati per l'inizializzazione degli impianti di simulazione e i file Simulink (.mdl) contenenti gli impianti di simulazione stessa. I file devono essere accompagnati da una breve relazione illustrativa in formato pdf, in cui deve essere riportato il nome dell'autore;
3. Nella mail specificare la versione di Matlab con cui i file sono stati generati (preferibilmente la R2012a o precedenti);
4. L'invio dei file deve avvenire almeno tre giorni lavorativi prima della data dell'appello d'esame a cui lo studente si iscrive.