

Esame di Controllo Digitale - 10.09.2010

Studente: _____ N. Matricola: _____

Si consideri il problema di controllare la posizione di un carrello comandato da attuatori idraulici. Il comportamento dinamico del sistema può essere descritto dal modello:

$$\dot{x} = Ax + Bu \quad (1)$$

$$y = Cx, \quad (2)$$

dove $u \in \mathbb{R}$ e $x = [x_1 \ x_2 \ x_3]^\top \in \mathbb{R}^3$ rappresentano:

- u : flusso d'olio alla servo-valvola (cm^3/s),
- x_1 : posizione del carrello (cm),
- x_2 : velocità del carrello (cm/s),
- x_3 : pressione dell'olio nel circuito idraulico,

e le matrici A , B e C hanno la seguente struttura:

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & a_{22} & a_{23} \\ 0 & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ b_3 \end{pmatrix}, \quad C = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

con $a_{22} = -1.2644$, $a_{23} = 83.5276$, $a_{32} = -688.7872$, $a_{33} = -15.5057$, $b_3 = -64.0732$.

1. Progettare un sistema di controllo in retroazione dall'uscita y che soddisfi le seguenti specifiche:
 - a) il sistema di controllo è asintoticamente stabile;
 - b) l'uscita y insegue un riferimento $r(t)$ a gradino con sovraelongazione inferiore al 15% e tempo di assestamento (all'1%) inferiore a 1.5 s;
 - c) l'uscita y insegue con errore a regime nullo un riferimento $r(t)$ a rampa con pendenza unitaria;
 - d) il segnale di ingresso u non eccede $150 \text{ cm}^3/s$ in nessuna delle condizioni precedenti.
2. Verificare il comportamento del sistema di controllo progettato al punto 1 realizzandone uno schema Simulink ed effettuando una simulazione della durata complessiva di 5 s con condizioni iniziali nulle e $r(t) = 1$ per $t \geq 0$.
3. Ottenere una implementazione digitale del controllore analogico progettato al punto 1, scrivendo l'equazione alle differenze che lega l'ingresso di controllo $u(kT)$ all'errore di inseguimento $e(kT)$. Si scelga un metodo di discretizzazione opportuno ed il massimo tempo di campionamento T che consentono di preservare la stabilità asintotica a fronte di un incremento inferiore al 5% del massimo errore di inseguimento alla rampa (vedi punto 1.c).
4. Confrontare e commentare le prestazioni del sistema di controllo nei casi in cui si usi il controllore analogico progettato al punto 1 o la sua versione digitale ricavata al punto 3. A tale scopo si modifichi opportunamente lo schema Simulink realizzato al punto 2 in modo da confrontare il segnale di uscita, l'errore di inseguimento e il segnale di ingresso, nei due casi.

5. Scegliere il più piccolo tempo di campionamento T in modo tale che un sistema di controllo *dead-beat* progettato sul modello discretizzato del sistema (1)-(2) soddisfi la specifica 1.d.
6. Simulare la risposta al gradino del sistema di controllo a dati campionati formato dal controllore tempo-discreto progettato al punto 5 e dal sistema controllato tempo-continuo. Confrontare, discutendo le differenze, il comportamento transitorio con quello del sistema di controllo progettato al punto 1.

Modalità di consegna dell'elaborato

Al termine della prova, dovrà essere consegnato un *foglio protocollo* in cui si illustrano e commentano le scelte progettuali effettuate, i procedimenti seguiti, i confronti tra diverse soluzioni. Dovranno inoltre essere copiati nella cartella \\Sunto\Esami\ConDig i seguenti file:

- file `nome_cognome_1.m` relativo ai punti 1 e 3 (progetto del controllore analogico e sua digitalizzazione);
- file `nome_cognome_sim_1.mdl` relativo ai punti 2 e 4 (simulazione e confronto dei sistemi di controllo con controllore analogico e sua digitalizzazione);
- file `nome_cognome_2.m` relativo al punto 5 (progetto del controllore tempo-discreto);
- file `nome_cognome_sim_2.mdl` relativo al punto 6 (simulazione del sistema di controllo a dati campionati).

Attenzione! Durante lo svolgimento della prova, salvare i file in locale, e soltanto al termine copiarli nella cartella specificata, in quanto il sistema impedisce la sovrascrittura.