Teoria dei sistemi e del controllo

LM in Ingegneria Informatica e Ingegneria Elettronica

(http://www.dii.unimore.it/∼lbiagiotti/TeoriaSistemiControllo.html)

Esercitazione numero 6

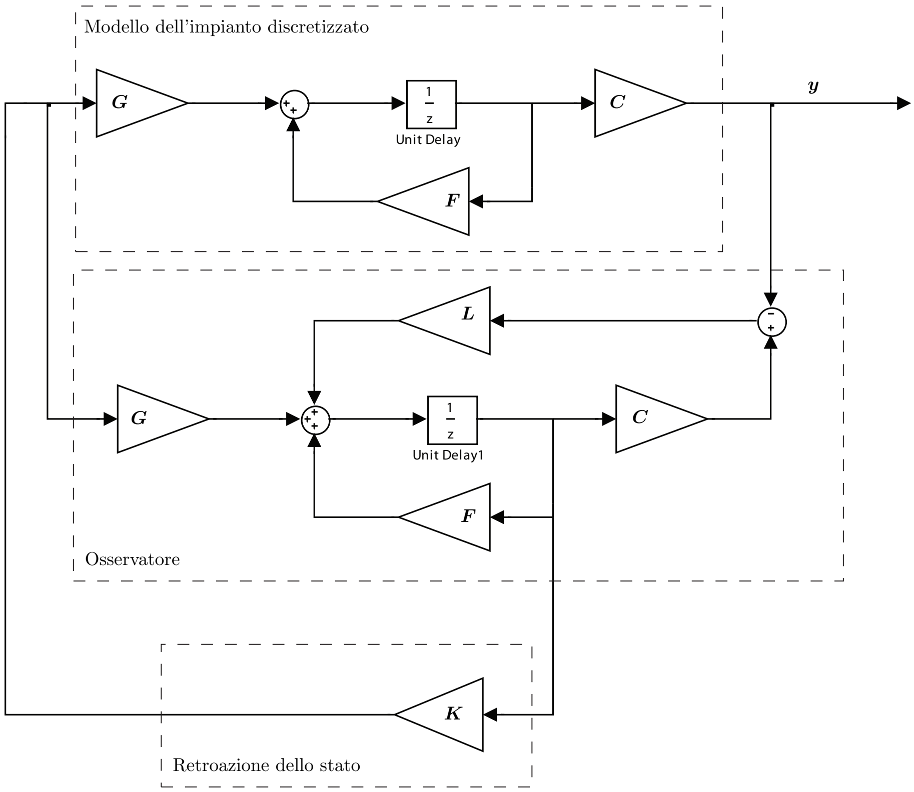
Avvio di Matlab

La prova pratica viene svolta in ambiente Linux. Per accedere al programma Matlab e creare i propri file di lavoro (che dovranno essere inclusi dentro la stessa directory `cognome.nome`) eseguire la seguente procedura:

1. Accedere al pc utilizzando le seguenti username e password (sono quelle per accedere alla propria e-mail di ateneo):
   Username: `<numero di tessera dello studente>`
   Password: `<password e-mail dello studente>`
2. Sulla barra in alto, cliccare su `Applications`, quindi da `Accessories` selezionare `Terminal`
3. Nella propria home creare la propria directory di lavoro locale ed entrarvi con i comandi
   `mkdir cognome.nome`
   `cd cognome.nome`
4. Aprire il programma Matlab con il comando `matlab2006b`
5. Svolgere la prova chiamando il programma principale `prova.m` (nella prima riga del file prova.m specificare il proprio nome e cognome, opportunamente commentati)

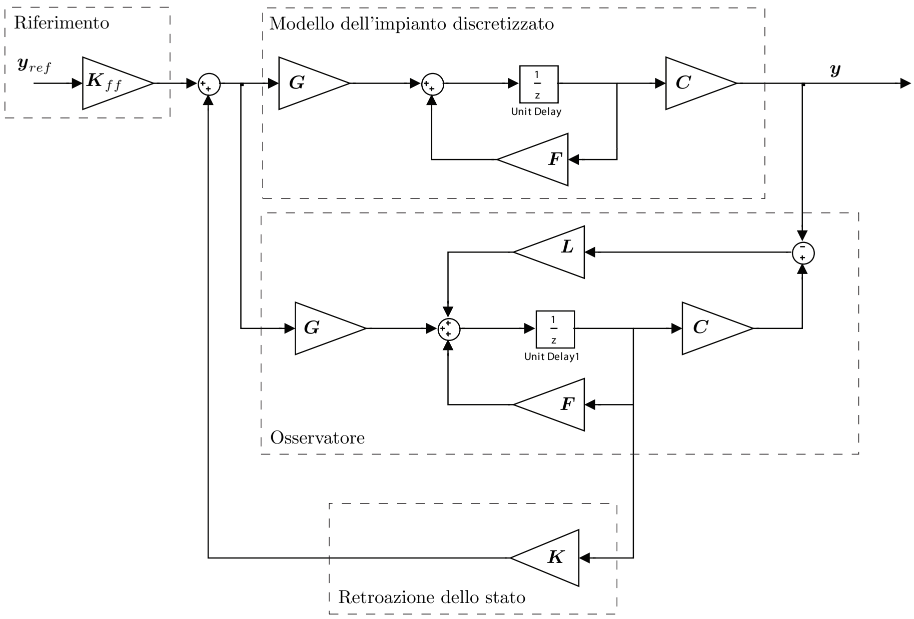
Riferimenti istruzioni e schemi Matlab/Simulink

Schema a blocchi completo di un sistema di <u>*regolazione*</u> *tempo-discreto con retroazione dinamica dell'uscita*



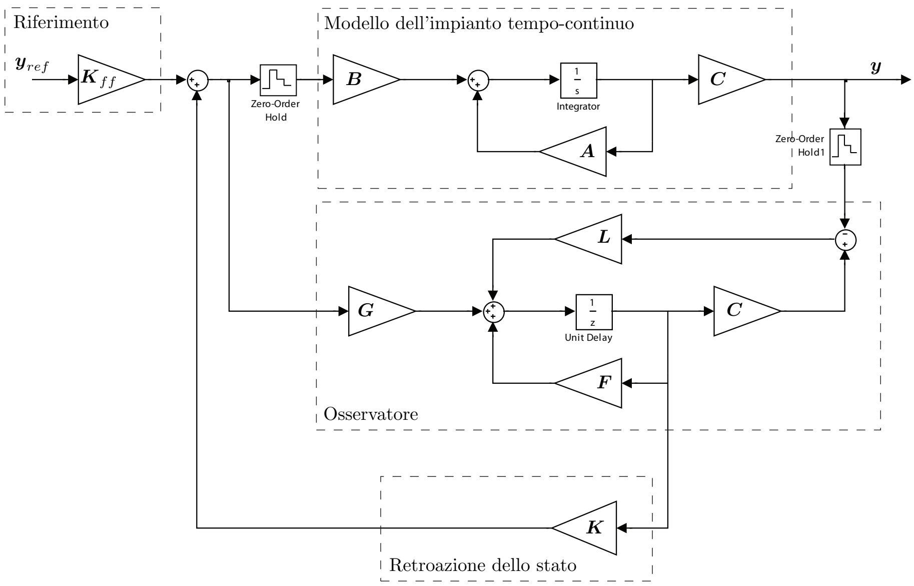
Nota bene: le condizioni iniziali andranno specificate nel blocco ritardo unitario presente nel modello dell'impianto (dove dovrà essere pure specificato il tempo di campionamento che di default è posto a 1).

Schema a blocchi completo di un sistema di <u>*controllo*</u> *tempo-discreto con retroazione dinamica dell'uscita*



Nota bene: il riferimento e il relativo guadagno, che nel caso tempo-discreto e con la convenzione sui segni per cui $\boldsymbol{u} = \boldsymbol{K}\boldsymbol{x} + \boldsymbol{K}_{ff}\,\boldsymbol{y}_{ref}$, assume il valore $\boldsymbol{K}_{ff} = -(\boldsymbol{C}\,(\boldsymbol{F} + \boldsymbol{G}\,\boldsymbol{K} - \boldsymbol{I}_n)^{-1}\,\boldsymbol{G})^{-1} = (\boldsymbol{C}\,(\boldsymbol{I}_n - (\boldsymbol{F} + \boldsymbol{G}\,\boldsymbol{K}))^{-1}\,\boldsymbol{G})^{-1}$ (dove $\boldsymbol{I}_n$ indica la matrice identità $n \times n$, con n ordine del sistema), possono essere non presenti nel caso si tratti di un problema di regolazione a zero dello stato. Nel caso in cui si assuma $\boldsymbol{u} = -\boldsymbol{K}\boldsymbol{x} + \boldsymbol{K}_{ff}\,\boldsymbol{y}_{ref}$ (come nella trattazione relativa al controllo ottimo), il guadagno $\boldsymbol{K}_{ff}$ deve essere calcolato come $\boldsymbol{K}_{ff} = -(\boldsymbol{C}\,(\boldsymbol{F} - \boldsymbol{G}\,\boldsymbol{K} - \boldsymbol{I}_n)^{-1}\,\boldsymbol{G})^{-1} = (\boldsymbol{C}\,(\boldsymbol{I}_n - (\boldsymbol{F} - \boldsymbol{G}\,\boldsymbol{K}))^{-1}\,\boldsymbol{G})^{-1}$.

Schema a blocchi completo di un sistema di controllo tempo-discreto con retroazione dinamica dell'uscita applicato a un impianto tempo-continuo



Nota bene la presenza del riscostruttore di ordine zero (in cui andrà specificato il tempo di campionamento T_s) tra la parte tempo-continua e la parte tempo-discreta.

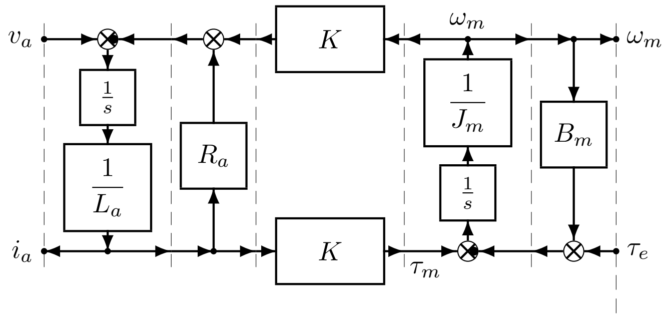
Altri comandi matlab

discretizzazione di un sistema (espresso come funzione di trasferimento o come sistema nello spazio degli stati):	`Sysd = c2d(Sys,Ts,'Metodo')` (ovvero `Gz = c2d(Gs,Ts,'Metodo')` nel caso di funzioni di trasferimento) discretizza il sistema in accordo con il `Metodo` scelto. Di default (quando omesso) vien utilizzato il metodo con ricostruttore di ordine zero 'zoh' (si veda l'help del comando per maggior dettagli).
estrazione delle matrici caratteristiche di un sistema dinamico tempo-discreto:	`[F,G,C,D,Ts] = ssdata(Sysd)`
assegnamento dei poli per un sistema tempo-discreto:	`K = -acker(F,G,P)` e `K = -place(F,G,P)` come nel caso tempo-continuo, cambia solo la posizione dei poli (stessa cosa dicasi per lo stimatore asintotico)
plottaggio di una funzione a scalini:	`stairs(time,u)`
plottaggio di una sequenza di campioni:	`stem(time,y)`

Testo dell'esercitazione

Si progetti con Matlab un m-file (prova.m) che (eventualmente con l'ausilio di altri m-file e di uno o più schemi Simulink) svolga le operazioni richieste.

Dato il modello di motore in corrente continua, di cui in figura è riportato lo schema POG



Induttanza d'armatura	L_a	60×10^{-6}	H
Resistenza d'armatura	R_a	0.15	Ω
Costante del motore	K	0.0065	Nm/A
Inerzia del rotore	J_m	9×10^{-6}	kg m^2
Attrito viscoso	B_m	10^{-5}	N/m/s

il modello del sistema in forma di stato (con lo stato $\boldsymbol{x} = [x_1,\, x_2,\, x_3]^T = [\theta,\, \omega,\, i_a]^T$, l'ingresso di controllo $u = v_a$ e l'uscita $y = \theta$) risulta

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & -\dfrac{B_m}{J_m} & \dfrac{K}{J_m} \\ 0 & -\dfrac{K}{L_a} & \dfrac{-R_a}{L_a} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} u \tag{1}$$

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} \tag{2}$$

1. Dopo avere definito il modello nello spazio degli stati lo si discretizzi considerando un tempo di campionamento $T_s = 0.1$s.

2. Considerando il modello tempo-discreto, realizzare un regolatore deadbeat (ovvero una retroazione statica dello stato che collochi tutti gli autovalori in 0). Simulare il comportamento del sistema considerando lo stato iniziale $\boldsymbol{x}_0 = [0.5,\, 2,\, 0.3]^T$ (durata della simulazione 3 s) e plottare nella stessa figura (2 subplot distinti) l'uscita y e la variabile di controllo u [**Suggerimento:** dal momento che lo schema a blocchi è costituito soltanto da sistemi tempo-discreti selezionare nei parametri della simulazione un metodo di integrazione a passo fisso - Fixed step - specificando un passo di simulazione pari a T_s e per il plottaggio usare il comando `stem`].

3. Simulare il comportamento dell'impianto tempo-continuo con la retroazione dello stato tempo-discreta considerando le medesime condizioni iniziali e durata del punto precedente (in questo caso la simulazione non potrà essere a passo fisso) e confrontare le risposte e l'azione di controllo ottenute nei due casi.

4. Considerando il sistema tempo-continuo progettare un osservatore tempo-discreto deadbeat al fine di realizzare una retroazione dinamica dell'uscita tempo-discreta. Simulare il comportamento del sistema e plottare nuovamente la variabile di controllo u e l' uscita y e in una nuova figura lo stato vero e quello stimato.

5. Ricalcolare la retroazione dello stato imponendo al sistema i seguenti autovalori [0.9, 0, 0] e simulare nuovamente il comportamento del sistema (plottare l'andamento dell'uscita e del controllo).

6. Al regolatore del punto precedente aggiungere un ingresso di riferimento e simulare il comportamento complessivo del sistema considerando il segnale di ingresso $y_{ref}(t) = 2h(t-2) - 3h(t-10)$, dove $h(t)$ è la funzione gradino unitario (durata della simulazione 20s). Plottare l'andamento della sola uscita sovrapposta al riferimento.