

Teoria dei sistemi e del controllo
LM in Ingegneria Informatica e Ingegneria Elettronica
(<http://www.dii.unimore.it/~lbiagiotti/TeoriaSistemiControllo.html>)

Esercitazione numero 5

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 `matlab_R2006b`
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

Con riferimento al sistema

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu \\ y = Cx + Du \end{cases}$$

matrice di controllabilità: `CO = ctrb(A,B)`

matrice di osservabilità: `OB = obsv(A,C)`

rango della matrice M : `rank(M)`

autovalori della matrice M : `E = eig(M)`

calcolo della retroazione statica dello stato $u = Kx$ per sistemi con un solo ingresso: `K = -acker(A,B,P)` dove P è il vettore degli autovalori desiderati

calcolo della retroazione statica dello stato $u = Kx$ (**NOTA BENE:** numero di ingressi qualsiasi ma molteplicità degli autovalori desiderati non superiore al numero di ingressi): `K = -place(A,B,P)` dove P è il vettore degli autovalori desiderati

Con riferimento allo stimatore asintotico $\hat{x}(t) = A\hat{x}(t) + Bu(t) + L(\hat{y}(t) - y(t))$, calcolo del guadagno L :

`L = -acker(A',C',Po)'` dove Po è il vettore degli autovalori desiderati (sistemi con una sola uscita)

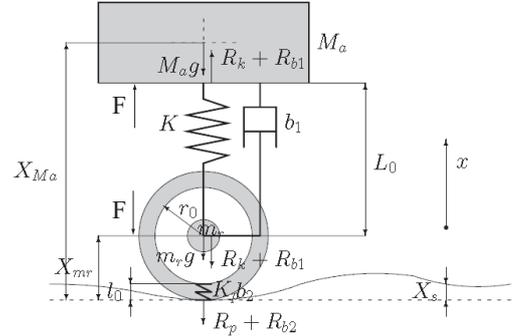
`L = -place(A',C',Po)'` dove Po è il vettore degli autovalori desiderati, la cui molteplicità non deve superare il numero di uscite

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.

Si consideri il sistema meccanico mostrato in figura, che rappresenta il modello semplificato della sospensione di un autoveicolo (stesso modello delle esercitazioni 01 e 02). Il significato e il valore dei parametri sono riportati di seguito:

massa del veicolo (1/4)	M_a	290	kg
massa dello pneumatico	m_r	60	kg
rigidezza dello sospensione	K	20000	N/m
rigidezza dello pneumatico	K_p	190000	N/m
coeff. di smorzamento della sospensione	b_1	1000	N/m/s
smorzamento dello pneumatico	b_2	10000	N/m/s



Il modello del sistema in forma di stato (con lo stato $\mathbf{x} = [p_a, X_r, p_r, X_{rp}]^T$, l'ingresso di controllo $\mathbf{u} = F$ e quello di disturbo $\mathbf{d} = [g, \dot{X}_s]^T$), risulta

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{B}\mathbf{u} + \mathbf{B}_d\mathbf{d} \quad (1)$$

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} -b_1/M_a & -K & b_1/m_r & 0 \\ 1/M_a & 0 & -1/m_r & 0 \\ b_1/M_a & K & -(b_1 + b_2)/m_r & -K_p \\ 0 & 0 & 1/m_r & 0 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{B}_d = \begin{bmatrix} -M_a & 0 \\ 0 & 0 \\ -m_r & b_2 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$$

mentre l'uscita di interesse è $y = \frac{1}{M_a}p_a = \dot{X}_{M_a}$.

1. Dopo avere definito il modello $(\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{C}, 0)$ nello spazio degli stati (a questo proposito si trascurino gli ingressi di disturbo) e averne verificato le proprietà di controllabilità progettare un regolatore statico dello stato che consenta di imporre i seguenti autovalori:

$$-3 \pm 5j, -50, -100$$

2. Servendosi di uno o più schemi simulink confrontare la risposta del sistema con e senza regolazione (per realizzare il regolatore si supponga che lo stato del sistema sia accessibile), quando siano applicati gli ingressi di disturbo $g = 9.81m/s^2$ e $\dot{X}_s(t) = h(t-5) - h(t-5.2)$ e le condizioni iniziali $\mathbf{x}_0 = [0, 0.05, 0, 0]^T$. Plottare in figura 1 le risposte y ottenute nei due casi.
3. Dopo aver studiato l'osservabilità del sistema, progettare uno stimatore asintotico dello stato e inserirlo nello schema di regolazione Simulink [**Suggerimento:** si assumano gli autovalori dello stimatore circa 10 volte più veloci degli autovalori più lenti del sistema]. Confrontare le risposte del sistema con e senza stimatore (figura 2) e confrontare in un'altra figura (figura 3, con 4 subplot distinti) lo stato vero e lo stato stimato.