

Teoria dei sistemi e del controllo

LM in Ingegneria Informatica e Ingegneria Elettronica

Prova pratica del 19 aprile 2016

Avvio di Matlab e salvataggio della prova

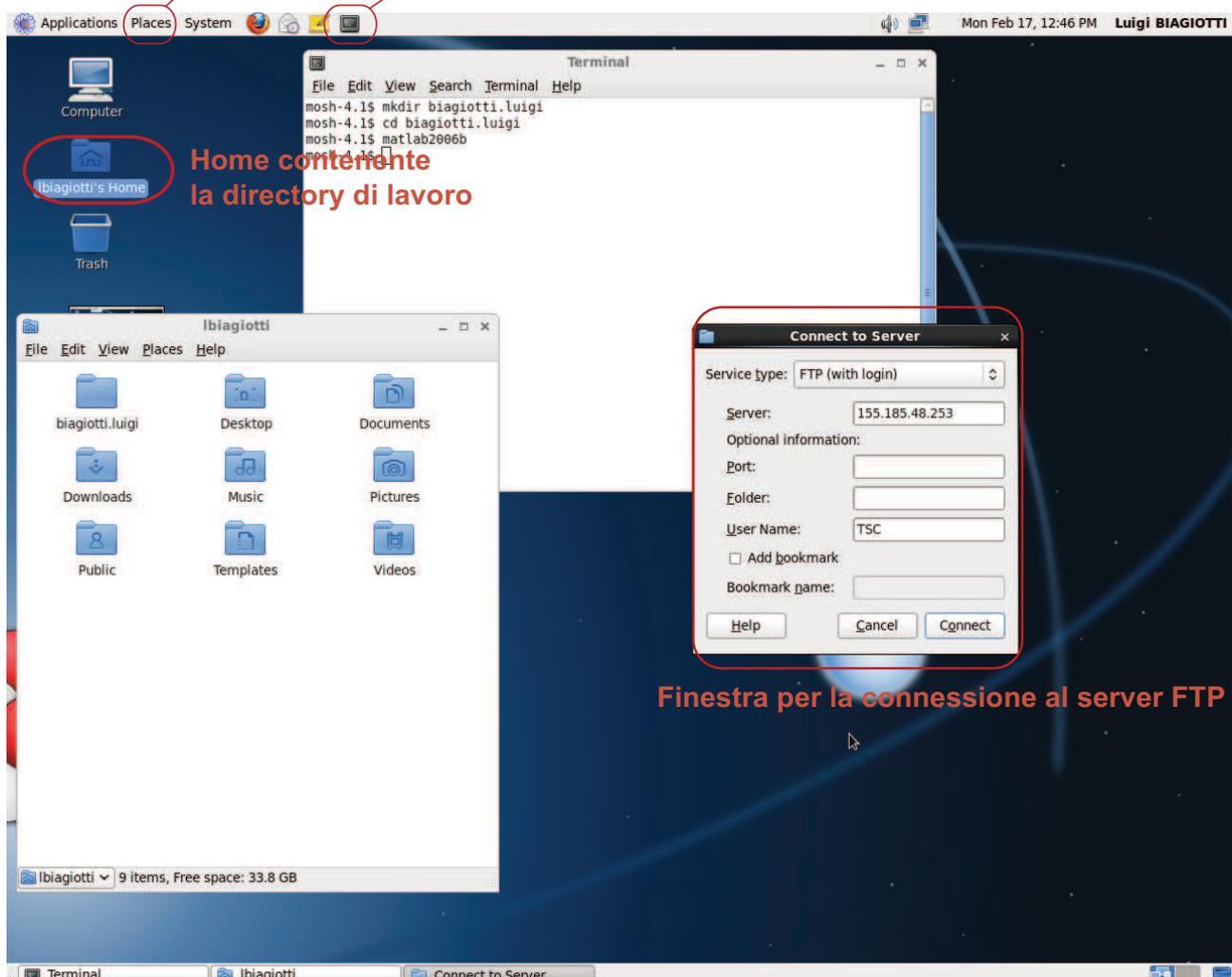
La prova pratica viene svolta in ambiente Linux. Per accedere al programma Matlab e creare i propri file di lavoro (che dovranno essere inclusi dentro la stessa directory `cognome.nome`) eseguire la seguente procedura:

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 sull'icona del terminale
3. Da terminale creare la propria directory di lavoro (all'interno della propria home) 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)

Consegna della prova. Al termine della prova, occorre salvare l'intera directory di lavoro (`cognome.nome`) su un server FTP all'indirizzo `155.185.48.253`, accessibile dal menu a tendina **Places** mediante l'opzione **Connect to server**. Le opzioni da scegliere sono illustrate nella figura seguente (username: `TSC`, password: `TSC`). **Per il salvataggio della prova si hanno 5 minuti oltre la fine della stessa.** Non verranno considerate le prove consegnate tardivamente o non presenti sul server.

Menu per connettersi al server FTP

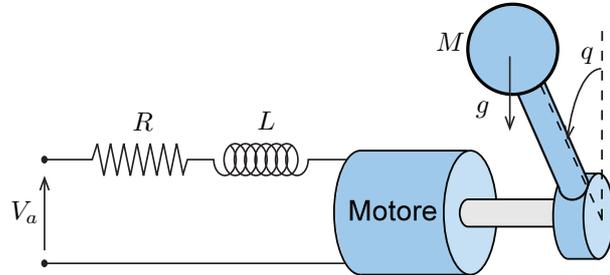
Terminale per aprire Matlab



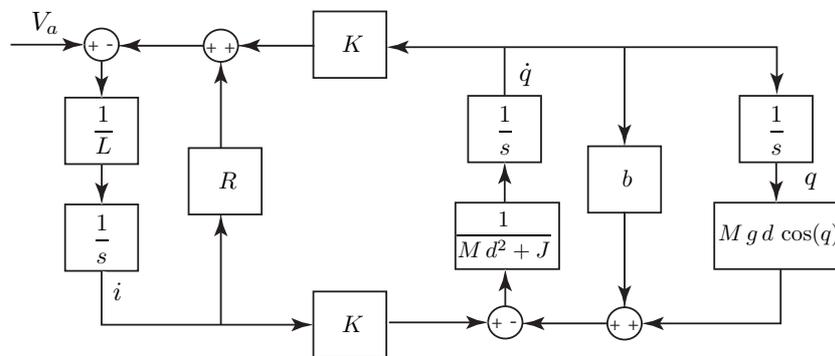
Testo della prova

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. [Durata 90 min.]

Si consideri un pendolo inverso di massa M e lunghezza d rigidamente collegato a un motore in corrente continua, come riportato in figura.



Se il pendolo è disposto su un piano verticale, il modello POG del sistema risulta



dove sono stati indicati con J l'inerzia, con K la costante di coppia e con b il coefficiente di attrito viscoso del motore; R ed L sono rispettivamente la resistenza e l'induttanza del circuito d'armatura; q denota lo spostamento angolare del pendolo e V_a è la tensione di ingresso del motore.

1. Assumendo i seguenti valori numerici: $R = 0.1 \Omega$, $L = 5 \cdot 10^{-4} \text{ H}$, $K = 5 \cdot 10^{-2} \text{ Nm/A}$, $J = 0.01 \text{ Kg m}^2/\text{rad}$, $M = 0.2 \text{ kg}$, $d = 0.3 \text{ m}$, $b = 0.2 \text{ kg m}^2/\text{rad}$, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$, realizzare il modello Simulink del sistema considerando come ingresso la tensione V_a e come uscita la posizioni del pendolo q .
2. Utilizzando il comando `trim` determinare l'ingresso di equilibrio $u_e = V_{ae}$ e lo stato di equilibrio x_e corrispondenti all'uscita di equilibrio $y_e = q_e = 0 \text{ rad}$.
3. Linearizzare il sistema nel punto di equilibrio x_e trovato al punto precedente¹.

Nota: il comando

`[sizes,x0,xstring] = <Nome File Simulink>`

dove `<Nome File Simulink>` è il nome del file simulink (senza apici ed estensione finale) contenente il modello POG non lineare, permette di conoscere la corrispondenza tra le componenti del vettore di stato del sistema linearizzato e le variabili di uscita degli integratori, che rappresentano lo stato del modello POG. Si veda in particolare il contenuto della variabile `xstring`.

4. Per il sistema linearizzato progettare un regolatore basato su retroazione statica dello stato (attenzione al nome del guadagno!) che assegni al sistema due autovalori dominanti in $\lambda_{1,2} = -3 \pm j$. Simulare il comportamento del sistema retroazionato a partire dalle condizioni iniziali $\delta x_0 = [\delta q_0, \delta \dot{q}_0, \delta i_0]^T = [-0.2, 0, 0]^T$, supponendo lo stato x completamente accessibile (durata della simulazione 3s). Plottare in un'unica figura (2 subplot distinti) l'andamento di $q(t)$ (subplot 1) e l'andamento dell'azione di controllo $u(t)$ (subplot 2).
5. Dopo aver verificato la completa osservabilità del sistema dall'uscita $q(t)$, progettare uno stimatore asintotico dello stato (attenzione al nome del guadagno dello stimatore!) i cui autovalori λ_i siano caratterizzati

¹I valori trovati dovrebbero essere $u_e = V_{ae} = 1.1772$ e $x_e = [q_e, \dot{q}_e, i_e]^T = [0, 0, 11.7720]^T$.

da $\text{Re}\{\lambda_i\} \leq -150$. Inserire lo stimatore nella retroazione in modo da utilizzare la stima dello stato anzichè lo stato vero (che in realtà risulta inaccessibile) e simulare il comportamento del sistema a partire da δx_0 . Plottare in una figura lo stato vero e quello stimato (si realizzino 3 subplot distinti e in ciascuno di essi si consideri una diversa componente dello stato) e in un'altra l'andamento di $q(t)$, e $u(t)$ (come già fatto al punto precedente).

6. Applicare il regolatore al sistema non lineare di partenza e simularne il comportamento a partire dalle condizioni iniziali $x_0 = x_e + \delta x_0$. Plottare in un'unica figura (2 subplot distinti) gli andamenti di $q(t)$ e $u(t)$, come già fatto ai punti precedenti.
7. Simulare il comportamento del sistema non lineare col regolatore dinamico dall'uscita a partire da x_0 quando il punto di equilibrio venga fatto variare (all'istante $t = 1.5\text{s}$) da (V_{ae}, q_e) a (V'_{ae}, q'_e) , dove V'_{ae} è l'ingresso di equilibrio (da calcolare tramite il comando `trim`) corrispondente a $q'_e = \pi/6$ rad (durata della simulazione 5s). Plottare gli andamenti di $q(t)$ e $u(t)$, come fatto precedentemente. Al grafico di $q(t)$ sovrapporre (a tratteggio rosso) anche l'andamento dell'uscita di equilibrio imposta.