Teoria dei sistemi e del controllo

LM in Ingegneria Informatica e Ingegneria Elettronica

Prova pratica del 25 febbraio 2015

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>`

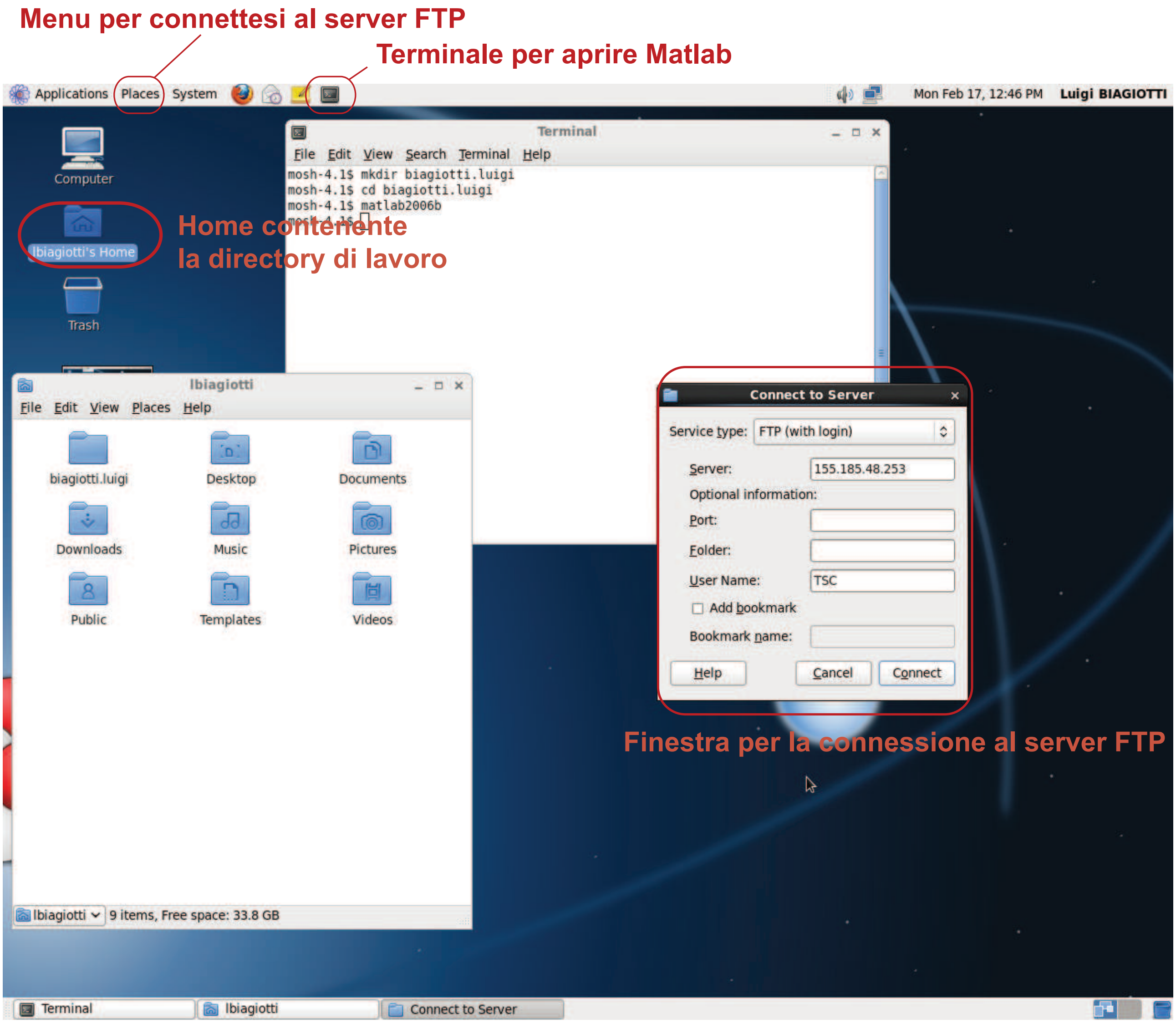
2. Sulla barra in alto, cliccare sull'icona del terminale

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.

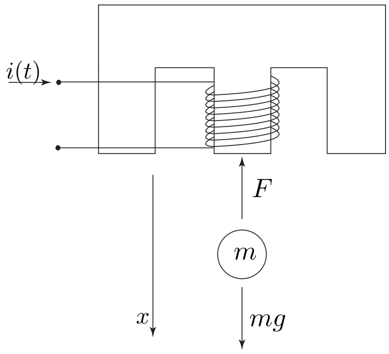


Testo della prova

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 il semplice modello di levitatore magnetico, il cui schema di principio è riportato in figura, che corrisponde alla seguente equazione differenziale:

$$m\ddot{x} = m\,g - \frac{K_m i^2 + K_0}{x^2}.$$



Assumendo come vettore di stato $\mathbf{x} = [x_1,\, x_2]^T = [x,\, \dot{x}]^T$, il modello può essere riscritto come

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2 \\ \dot{x}_2 &= \frac{1}{m}\left(m\,g - \frac{K_m i^2 + K_0}{x_1^2}\right) \end{aligned}$$

Sul levitatore è installato un sensore che permette di misurare la posizione della massa sospesa. Il segnale di uscita y fornito dal sensore dipende dalla posizione x della massa secondo la relazione:

$$y = K_v\, x + v_0.$$

m	5	Kg
K_m	5	$\mathrm{N\,m^2\,A^{-2}}$
K_0	4	$\mathrm{N\,m^2}$
K_v	1	$\mathrm{V\,m^{-1}}$
v_0	2	V

Dati i parametri del problema riportati in tabella e posto $g = 9.81$ [m s^{-2}]:

1. Definirne il modello simulink, in cui la corrente $i(t)$ è l'ingresso di controllo mentre l'uscita è $y(t)$.
2. Dal modello simulink appena definito ricavare il modello linearizzato nell'intorno dello stato di equilibrio $\mathbf{x}_e = [1,\, 0]^T$ corrispondente all'ingresso di equilibrio $i_e = \sqrt{\dfrac{m\,g\,x_{1,e}^2 - K_0}{K_m}}$ dove $x_{1,e}$ è la prima componente del vettore di stato all'equilibrio.
3. Valutare la stabilità del sistema linearizzato (e di quello nonlineare di partenza).
4. Al fine di realizzare un regolatore tempo-discreto discretizzare il sistema linearizzato, assumendo un periodo di campionamento $T_s = 0.01$ s.
5. Per il sistema tempo-discreto realizzare un regolatore ottimo che penalizzi l'uscita e il controllo secondo i pesi $Q_y = 1$, $R = 20$. Simulare la risposta libera del sistema con retroazione ottima dello stato a partire dallo stato iniziale $\delta\mathbf{x}_0 = [0.1,\, 0]^T$ (durata della simulazione 3 s). Plottare nella stessa figura (2 subplot distinti) l'andamento della variabile di controllo e dell'uscita.
6. Per realizzare un regolatore basato sulla retroazione (dinamica) della sola uscita $y(t)$, progettare uno stimatore asintotico dello stato (scegliendone opportunamente gli autovalori) dopo aver verificato la completa osservabilità del sistema. Simulare la risposta libera del sistema linearizzato a partire da $\delta\mathbf{x}_0 = [0.1,\, 0]^T$ considerando la retroazione dello stato stimato anziche quello vero. Plottare in una nuova figura l'andamento della variabile di controllo e dell'uscita. In una seconda figura confrontare l'andamento delle variabili di stato vere e delle corrispondenti stime (2 subplot distinti).
7. Al posto del modello lineare (tempo-discreto) del sistema considerare il modello nonlineare di partenza e simulare nuovamente la risposta libera dell'impianto con la regolazione dell'uscita a partire dalla condizione iniziale $\mathbf{x}_e + \delta\mathbf{x}_0$ (Nota bene: tra le variabili del sistema nonlineare e di quello lineare esiste la seguente relazione $\delta\mathbf{x} = \mathbf{x} - \mathbf{x}_e$, $\delta u = u - u_e$, $\delta y = y - y_e$). Plottare l'andamento della variabile di controllo u e dell'uscita y.