

# Teoria dei sistemi e del controllo

LM in Ingegneria Informatica e Ingegneria Elettronica

Prova pratica del 18 febbraio 2014

## Avvio di Matlab e salvataggio della prova

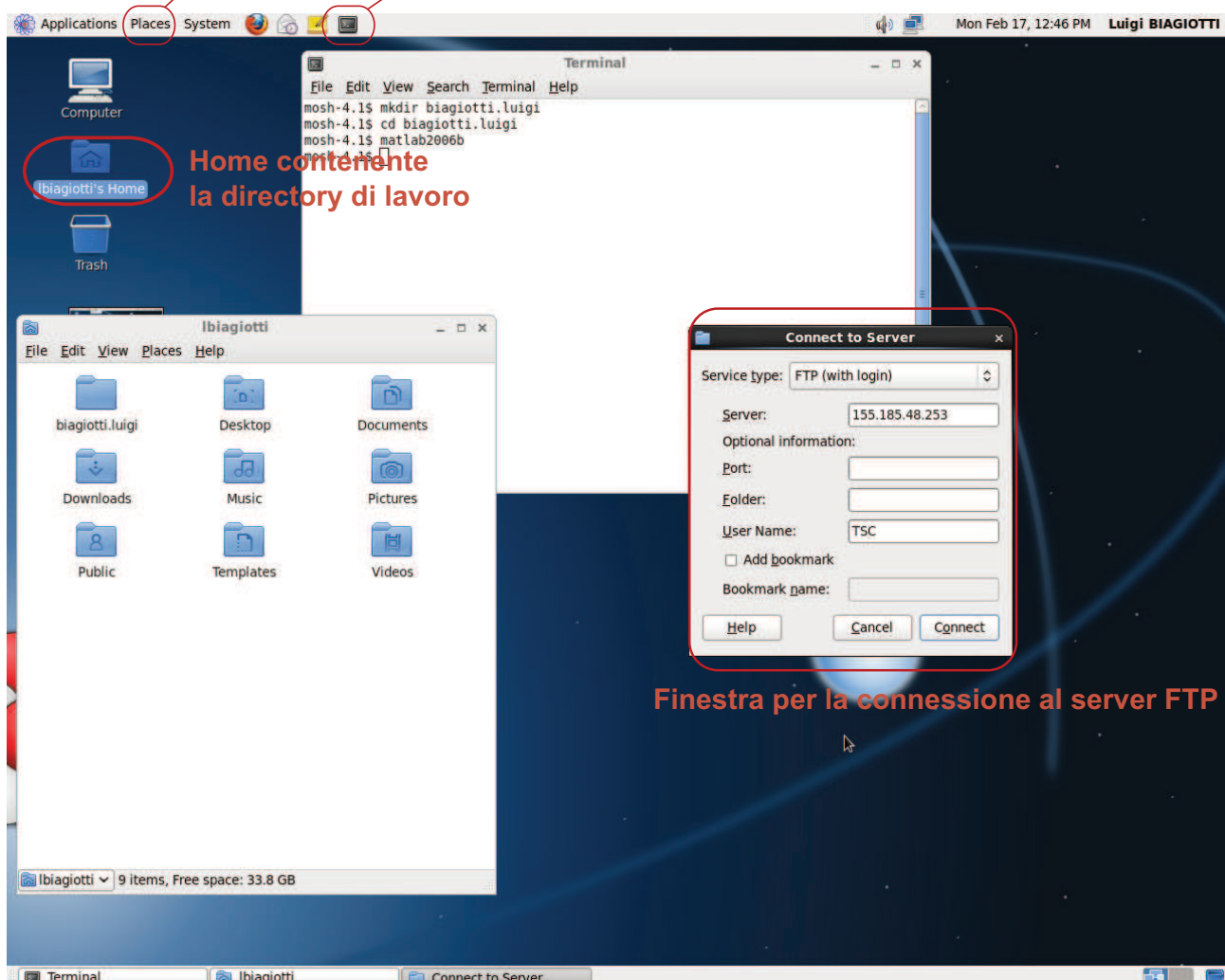
La prova pratica viene svolta in ambiente Linux. Per accedere al programma Matlab e creare i propri file di lavoro (che dovranno essere inclusi dentro la stessa directory `cognome.nome`) eseguire la seguente procedura:

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 `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)

**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.]

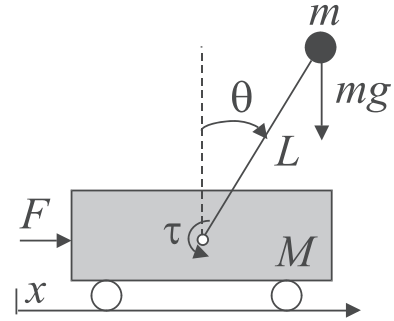
Si consideri il modello di pendolo su carrello rappresentato in figura. Assumendo che il carrello abbia una massa  $M$  e che la massa  $m$  del pendolo sia concentrata all'estremità e che inoltre non sia presente attrito, il modello dinamico del sistema risulta:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = \frac{m L x_4^2 \sin(x_3) - m g \sin(x_3) \cos(x_3) + u}{M + m (\sin(x_3))^2} \\ \dot{x}_3 = x_4 \\ \dot{x}_4 = \frac{-m L x_4^2 \sin(x_3) \cos(x_3) + (M + m) g \sin(x_3) - u \cos(x_3)}{L (M + m (\sin(x_3))^2)} \end{cases}$$

dove le variabili di stato sono

$$\mathbf{x} = [x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4]^T = [x \ \dot{x} \ \theta \ \dot{\theta}]^T$$

e l'ingresso  $u = F$  rappresenta la forza applicata al carrello per spostarlo.



1. Assumendo i seguenti valori numerici:  $m = 0.2\text{kg}$ ,  $M = 0.5\text{kg}$ ,  $L = 0.3\text{m}$ ,  $g = 9.81\text{ m/s}^2$ , e considerando come uscita la posizione del carrello  $x$  e la posizione angolare del pendolo  $\theta$  realizzare il modello Simulink del sistema e simularne il comportamento considerando un ingresso nullo e condizioni iniziali  $x_0 = [0 \ 0 \ 0.0873 \ 0]^T$  che corrispondono a un'inclinazione iniziale del pendolo di  $5^\circ$  (durata della simulazione 20 s). Plottare sovrapposti in un'unica figura gli andamenti delle due uscite  $x$  e  $\theta$ .
2. Ricavare il modello linearizzato del sistema nel punto di equilibrio  $x_e = [\bar{x} \ 0 \ 0 \ 0]^T$ , dove  $\bar{x}$  è un valore di posizione del carrello qualsiasi (si assuma nel modello simulink  $\bar{x} = 0.2$ ), che corrisponde all'ingresso  $u_e = 0$  e valutarne la stabilità.
3. Per il sistema linearizzato progettare un regolatore ottimo che minimizzi il funzionale

$$J = \frac{1}{2} \int_{t_0}^{\infty} [x^2(t) + 10\theta^2(t) + 5u^2(t)] dt$$

Simulare il comportamento del sistema retroazionato a partire dalle condizioni iniziali  $\delta x_0 = [0 \ 0 \ 0.0873 \ 0]^T$  (durata della simulazione 20s). Plottare in un'unica figura (2 subplot distinti) l'andamento di  $x$  e  $\theta$  sovrapposti (subplot 1) e l'andamento dell'azione di controllo  $u(t)$  (subplot 2).

4. Progettare uno stimatore asintotico dello stato da inserire nella retroazione, in modo da utilizzare la stima dello stato anzichè lo stato vero (che in realtà risulta inaccessibile). Simulare il comportamento del sistema con la retroazione dinamica dell'uscita a partire da  $\delta x_0$  (durata della simulazione 20s) e plottare nuovamente uscite e variabile di controllo come al punto precedente e in un'altra figura stato vero e stato stimato (si realizzino 4 subplot e in ciascuno di essi si consideri una diversa componente dello stato). **NOTA BENE:** attenzione al nome dei parametri,  $L$  è già stato definito!!!!
5. Applicare il regolatore (retroazione dinamica dell'uscita) al sistema non lineare di partenza e simularne il comportamento a partire dalle condizioni iniziali  $x_0 = x_e + \delta x_0$  (essendo  $x_e$  lo stato di equilibrio definito sopra) e modificando l'uscita di equilibrio portando la posizione del carrello da  $\bar{x} = 0.2$  a  $\bar{x} = -1$  all'istante  $t = 10\text{s}$  (si può utilizzare il blocco simulink della funzione a gradino). Plottare in un'unica figura (2 subplot distinti) gli andamenti delle uscite del sistema nonlineare ( $x$  e  $\theta$ ) e della variabile di controllo, come già fatto ai punti 3 e 4.