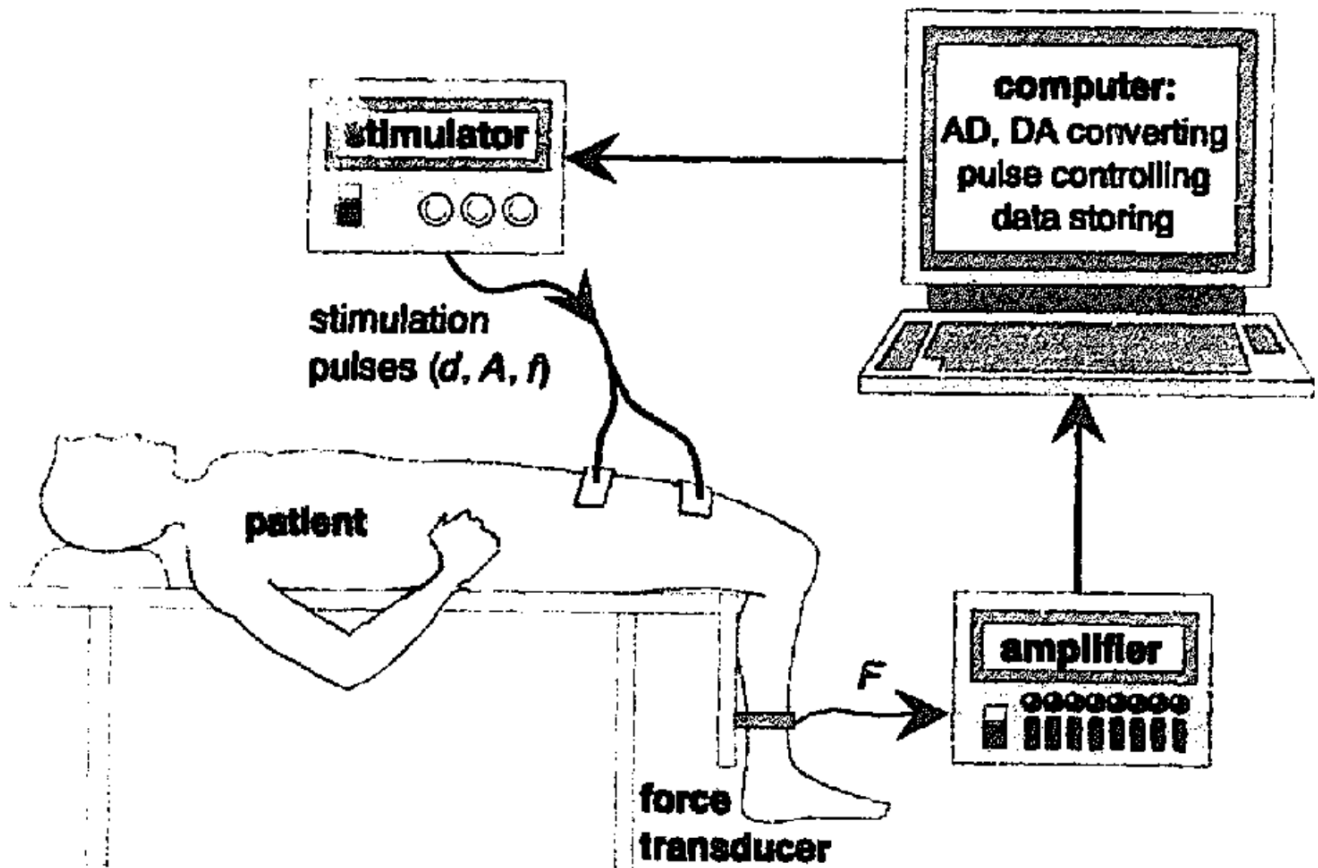


CONTROLLO DEL MOVIMENTO DEL GINOCCHIO MEDIANTE STIMOLAZIONE ELETTRICA FUNZIONALE (FES)

Il modello Simulink fornito è un simulatore dell'**angolo del ginocchio** (uscita del sistema) come conseguenza della **stimolazione elettrica** (ingresso del sistema) del muscolo quadricipite.

Il paziente si trova nella posizione visibile nella seguente figura.



L'ingresso del sistema è la stimolazione elettrica del muscolo quadricipite. La stimolazione avviene mediante impulsi elettrici rettangolari con frequenza ed altezza fissate ma con larghezza modulabile. L'intensità della stimolazione elettrica del muscolo è quindi determinata dalla **pulsewidth modulation (pwm)** degli impulsi elettrici. Essa varia normalmente tra i valori **0 e 500** (l'unità di misura è in μs).

L'angolo del ginocchio a riposo, in assenza di stimolazione elettrica, è (convenzionalmente) circa **90°**. Quando la gamba è completamente estesa l'angolo del ginocchio è (convenzionalmente) circa **180°**. L'angolo del ginocchio non assume mai angoli superiori ai 180° ma può assumere angoli inferiori a 90°, fino a circa 60°.

Il tempo di campionamento del simulatore è di **0.05 s**.

Il sistema ha una dinamica non lineare, dovuta a saturazioni, parametri tempo-varianti e relazioni non lineari tra le variabili. E' utile conoscere gli effetti di alcuni dei fenomeni modellati nel simulatore. In particolare:

- 1) La **soglia di reclutamento muscolare**, ovvero il valore dell'ingresso (pwm) al di sotto del quale non si ha contrazione muscolare e quindi nessun movimento, è di circa **120 μ s**.
- 2) La **saturazione del reclutamento muscolare**, ovvero il valore dell'ingresso (pwm) in corrispondenza del quale le fibre muscolari sono tutte completamente reclutate e la contrazione muscolare è massima, è di circa **490 μ s**.
- 3) Il simulatore contiene anche la modellazione della **fatica muscolare** che è molto elevata quando la contrazione muscolare è indotta da stimolazione elettrica artificiale. Per questo motivo si suggerisce di non fare esperimenti più lunghi di circa **100 s**.

L'obiettivo del progetto è progettare un controllore dell'angolo del ginocchio.

Suggerimenti.

- a) Dal momento che il sistema è non lineare è lecito progettare un controllore che abbia un range di controllo limitato, per esempio di una decina di gradi intorno ad un valore medio assegnato (controllo intorno ad un equilibrio). Questo consente di utilizzare tecniche di identificazione/modellistica e controllo lineari.
- b) Non è disponibile un modello fisico del sistema perciò è consigliato identificare un modello black-box del sistema mediante esperimenti. Nel modello simulink è disponibile un esempio di ingresso utile per acquisire misure sul sistema.
- c) Non è obbligatorio utilizzare le tecniche di controllo insegnate nell'insegnamento di Controlli Automatici.

Strategia suggerita

1) Identificare un modello ARX/ARMAX del sistema intorno ad un equilibrio

- a. Trovare un possibile equilibrio mediante esperimenti
- b. Progettare i segnali da dare in ingresso, non troppo ampi intorno all'equilibrio vicino al quale si vuole identificare il modello. I segnali devono essere abbastanza eccitanti.
- c. Utilizzare il System Identification Toolbox per scegliere la famiglia di modelli più opportuna, scegliere la complessità e stimare i parametri.
- d. Utilizzare sempre almeno due dataset, uno per la stima ed uno per la validazione

2) Progettare il controllore per il modello identificato

La libertà è massima. E' possibile utilizzare il controllo MV/GMV se la famiglia dei modelli è ARX/ARMAX. E' possibile utilizzare controllori PID, anche eventualmente sfruttando il PID tuner di Simulink.

3) Non ci sono vincoli sul tipo di approccio da utilizzare

Per esempio, risolto il problema come suggerito ai punti 1) e 2) è possibile risolvere il medesimo problema intorno ad altri equilibri e verificare se è possibile progettare ed implementare un controllore gain scheduling.

E' anche possibile realizzare in variabili di stato un modello identificato ed applicare le tecniche di assegnamento degli autovalori, prestando molta attenzione alla definizione delle specifiche ed utilizzando in cascata un altro tipo di controllore.

File disponibili

model.mdl – modello Simulink del sistema

act_dyn.m, con_dyn.m, creAB.m – file di servizio del modello Simulink

data.mat – contiene un esempio di ingresso

Per utilizzarlo importare nel Matlab Workspace data.mat, lanciare il modello Simulink, simulare con i dati attualmente preimpostati.