

Nome

Matricola

---

Robotica Antropomorfa  
29 Novembre 2005

**Esercizio #1:** Progetto di un'unità pan-tilt a due gradi di libertà:

Esempio:



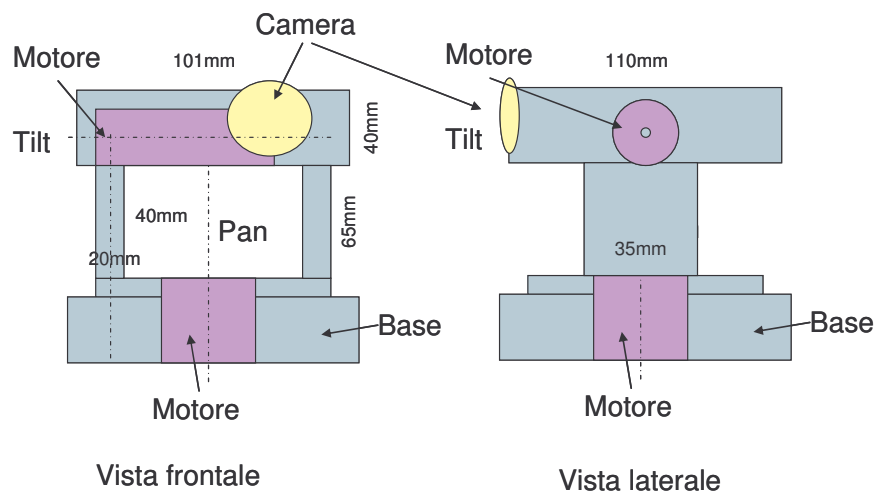
Dimensioni totali: 4x4.48x3.58 in. (1in = 25.40mm)

Massa: 2.950Kg (totale) di cui 2Kg nella base, 750g nella telecamera e il resto diviso in maniera uguale tra le due braccia di sostegno.

Telecamera: parallelepipedo di dimensione 101Width x 40Height x 110Depth in mm: J = (vedere tabella in appendice)

Le braccia che sostengono la telecamera si possono considerare parallelepipedi 20Width, 65Height, 35Depth.

La distanza tra l'asse del pan (verticale) e ciascuna barra di sostegno è di 40mm.



Si risponda alle domande giustificando la risposta.

1. Calcolare i momenti d'inerzia delle varie parti rispetto all'asse del pan e del tilt per la parte della telecamera e a quello del pan per le due braccia di sostegno. Il peso dei motori si immagini già incluso nelle indicazioni delle masse come da specifica.

Un motore movimenta direttamente il primo grado di libertà (immaginiamo essere il tilt). Il secondo movimenta sia il primo motore che la telecamera. Si suppongano le densità uniformi. Per il calcolo del momento d'inerzia del pan si consideri la telecamera in posizione orizzontale (caso peggiore).



2. Si dimensionino i motori utilizzando il catalogo in allegato (Faulhaber/Minimotor, allegata una parte) immaginando le seguenti specifiche (si inizi dal tilt e poi si ripetano i calcoli per il pan).

Accelerazione massima: PAN: 500gradi/secondo<sup>2</sup>, TILT: 900gradi/secondo<sup>2</sup>



Si faccia l'ipotesi che la potenza massima dei motori sia di circa 1W.

Si segua l'esempio presentato a lezione, ricavando la coppia richiesta al motore a partire dall'accelerazione.

3. Si dimensionino i riduttori utilizzando il catalogo (consiglio: si faccia questa operazione insieme a quelle del punto 2).



4. Si verifichi che la velocità massima sia compatibile con il motori scelti (dalla formula della potenza).



5. Per il motore del tilt se ne disegni il modello con i parametri corretti dedotti dal catalogo. Si utilizzi per far questo il modello del secondo ordine visto a lezione. Suggerimento: si determini il termine B (attrito viscoso) a partire dalla costante di tempo meccanica (vedere sul catalogo motori).



6. Si semplifichi il modello precedente considerando un amplificatore con feedback di corrente e costante di tempo dell'amplificatore  $\tau_a=0.1\text{ms}$  e guadagno  $A=1$ .



7. Si disegni il diagramma di Bode (guadagno e fase) approssimato della FDT del sistema di cui al punto 6. Si marchino i punti salienti del grafico a partire dai valori numerici della risposta 6.



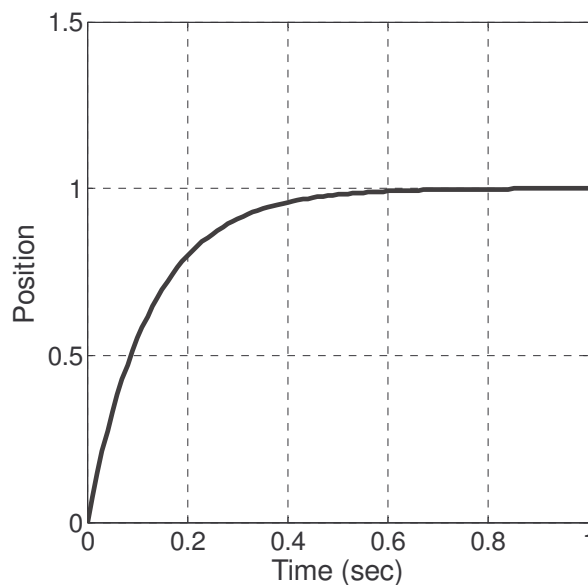
Moments of inertia:

Object	Axis	Moment of Inertia
Thin cylindrical shell, length L and radius R	main axis	$MR^2$
Thin cylindrical shell, length L and radius R	Diameter through center	$MR^2/2 + ML^2/12$
Thin solid cylindrical rod, length L	perpendicular line through center	$ML^2/12$
Solid cylinder, radius R	main axis	$MR^2/2$
Solid cylinder, length L and radius R	diameter through center	$MR^2/4 + ML^2/12$
Hollow cylinder, radii $R_1 < R_2$	main axis	$M(R_1^2 + R_2^2)/2$
Hollow cylinder, length L and radii $R_1 < R_2$	diameter through center	$M(R_1^2 + R_2^2)/4 + ML^2/12$
Thin spherical shell, radius R	diameter through center	$2MR^2/3$
Solid sphere, radius R	diameter through center	$2MR^2/5$
Solid rectangular parallelepiped, length L and Width W	perpendicular to face, through center	$M(L^2 + W^2)/12$
Any object, whose moment of inertia about an axis through the center of mass is $I_{cm}$	any parallel axis that passes a distance h away from the center of mass	$I_{cm} + Mh^2$

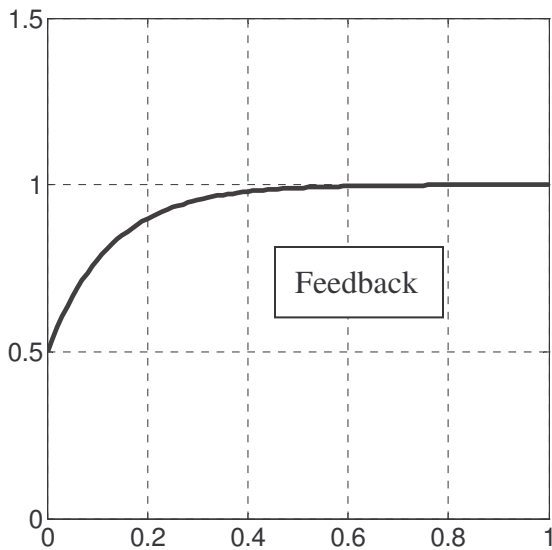
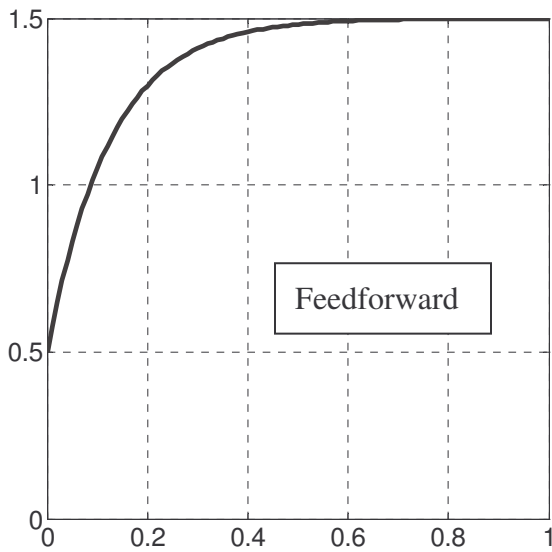
## Esercizio #2: controllo motorio

Nello studio del controllo motorio hanno sempre giocato un ruolo fondamentale i movimenti “target directed”. Lo studio di questi movimenti ha portato a diverse teorie del controllo motorio. Confrontiamo qui due teorie: il modello feedforward ed il modello feedback.

Per esemplificare la situazione si consideri un sistema lineare controllato con due strategie di controllo; la prima puramente feedforward e la seconda puramente feedback. Entrambe le strategie di controllo hanno il seguente “target”: portare lo stato  $x$  del sistema nella posizione 1, i.e.  $x=1$ . In assenza di disturbi, la traiettoria seguita dal sistema a partire dalla condizione iniziale  $x(0)=0$  è:



Le due strategie di controllo si comportano in maniera diversa in presenza di disturbi. In particolare, supponiamo di perturbare la condizione iniziale. Invece di avere  $x(0)=0$  abbiamo  $x(0)=1/2$ . Le risposte del sistema risultano essere (N.B. il sistema è lineare):



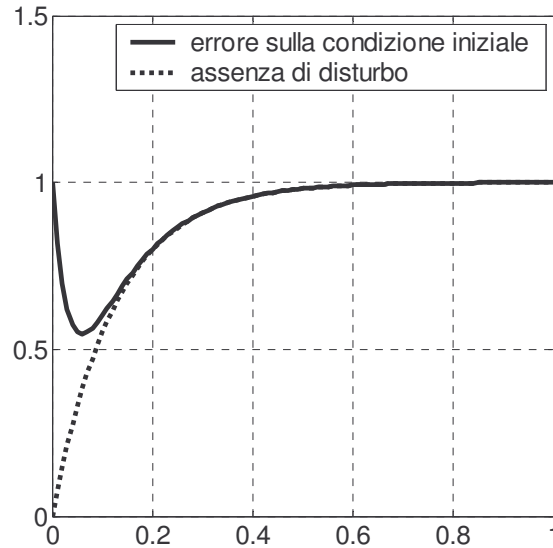
- Si giustifichi l'andamento del caso feedforward (hint: si utilizzi il principio di sovrapposizione degli effetti).
- Si disegni la risposta delle due strategie di controllo nel caso in cui l'errore sulla posizione iniziale sia  $x(0)=1$ .

Diversi esperimenti sulle scimmie dimostrano che eventuali errori sulla condizione iniziale non pregiudicano l'ottenimento del target.

[F. A. Mussa-Ivaldi and E. Bizzi "Motor learning through the combination of primitives"] "As in the work of Polit & Bizzi (1979), they instructed monkeys to execute arm movements towards a visual target but with the vision of the arm blocked by an opaque screen. As soon as the EMG activity indicated the onset of a movement, a motor

drove the arm right on the target (*n.d.r.* initial condition corresponds to the target, i.e.  $x(0)=1$ ). If this were the equilibrium position specified by the muscle commands at that time, the arm should have remained in place. On the contrary, the experimenters could observe an evident motion backward towards the starting position followed by a forward motion towards the target.”

Riadattando (al nostro semplice esempio) i risultati ottenuti, abbiamo il seguente comportamento per una condizione iniziale  $x(0)=1$ :



- Si commenti questo comportamento, confrontandolo con quello ottenuto nella risposta alla domanda precedente.
- Questi esperimenti supportano un modello di tipo feedforward oppure un modello di tipo feedback? Si giustifichi la risposta, proponendo eventualmente altri modelli.
- Si mettano in relazione le considerazioni fatte con la teoria degli “spinal fields”.