

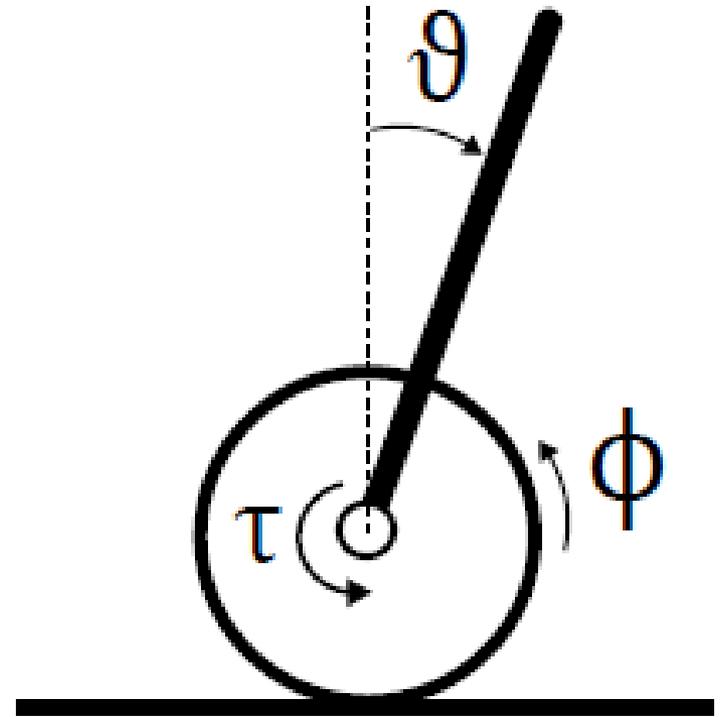


POLITECNICO
MILANO 1863

Stabilizzazione e controllo di un seagway

Luca Bascetta

Dal sistema al modello (1)



Dal sistema al modello (2)

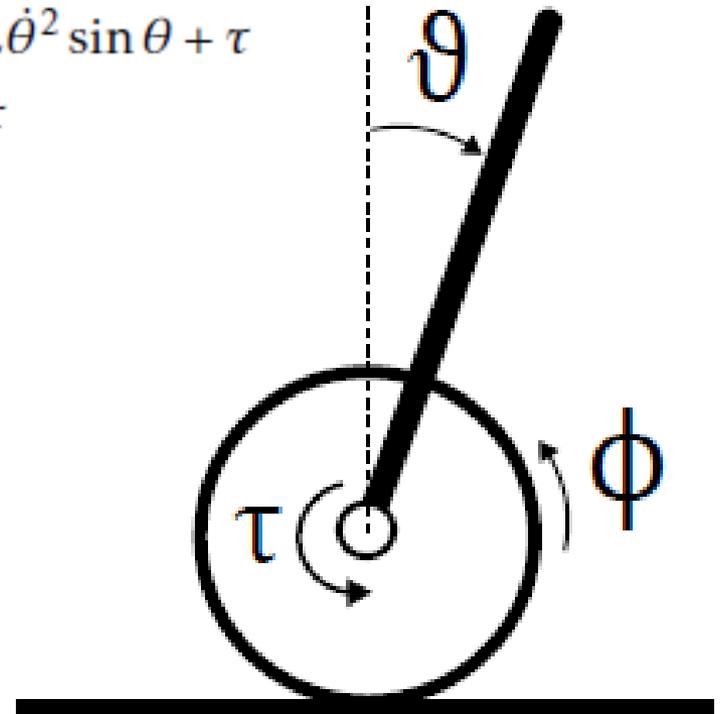
$$\begin{cases} (I_w + (m_w + m_r)R^2)\ddot{\phi} + (m_r RL \cos \theta)\ddot{\theta} = m_r RL\dot{\theta}^2 \sin \theta + \tau \\ (m_r RL \cos \theta)\ddot{\phi} + (I_r + m_r L^2)\ddot{\theta} = m_r gL \sin \theta - \tau \end{cases}$$



$$\vartheta = \phi = 0$$

approssimazione a
piccoli angoli

$$\begin{cases} (I_w + (m_w + m_r)R^2)\ddot{\phi} + (m_r RL)\ddot{\theta} = \tau \\ (m_r RL)\ddot{\phi} + (I_r + m_r L^2)\ddot{\theta} = m_r gL\theta - \tau \end{cases}$$



Dal sistema al modello (3)

Scelto $x = [\phi \quad \vartheta \quad \dot{\phi} \quad \dot{\vartheta}]$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & \frac{-\left(m_r^2 RL^2 g\right)}{\left(R^2 m_w I_r + R^2 m_w m_r L^2 + R^2 m_r I_r + I_w I_r + I_w m_r L^2\right)} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\left(R^2 m_w m_r g L + R^2 m_r^2 g L + I_w m_r g L\right)}{\left(R^2 m_w I_r + R^2 m_w m_r L^2 + R^2 m_r I_r + I_w I_r + I_w m_r L^2\right)} & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \frac{\left(I_r + m_r L^2 + m_r RL\right)}{\left(R^2 m_w I_r + R^2 m_w m_r L^2 + R^2 m_r I_r + I_w I_r + I_w m_r L^2\right)} \\ \frac{\left(m_r RL + R^2 m_w + R^2 m_r + I_w\right)}{\left(R^2 m_w I_r + R^2 m_w m_r L^2 + R^2 m_r I_r + I_w I_r + I_w m_r L^2\right)} \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$D = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$



Dal sistema al modello (4)

Introduciamo anche le seguenti funzioni di trasferimento

$$G_1(s) = \frac{\vartheta}{\tau} \quad G_2(s) = \frac{\phi}{\vartheta} \quad G_3(s) = \frac{\phi}{\tau}$$

E i seguenti valori dei parametri

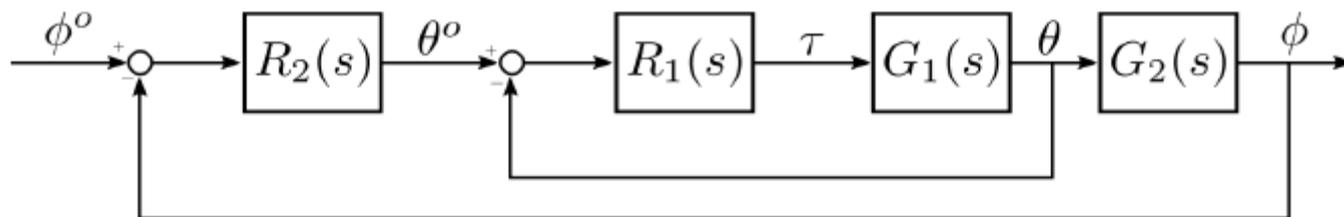
- $mr = 3$; % Kg
- $mw = 20$; % Kg
- $lr = 10$; % Kg*m²
- $lw = 0.06$; % Kg*m²
- $L = 0.4$; % m
- $R = 0.2$; % m
- $g = 9.81$; % m/s²



Controllo della posizione del seagway (1)

Vogliamo controllare la posizione ϕ del seagway, agendo sulla coppia mortice τ .

L'analisi del sistema linearizzato mostra però che tale sistema ed il corrispondente equilibrio sono instabili, procediamo quindi con uno schema di controllo in cascata.



In questo caso l'anello interno verrà utilizzato per stabilizzare il sistema e quello esterno per controllare la posizione ed il seagway.



Controllo della posizione del seagway (2)

Le funzioni di trasferimento che si ricavano dal modello linearizzato sono

$$G_1(s) = \frac{-0.1195}{s^2 - 1.13}$$

$$G_2(s) = \frac{-8.787 s^2 + 9.649}{s^2}$$

$$G_3(s) = \frac{1.05 s^2 - 1.153}{s^4 - 1.13 s^2}$$



Controllo della posizione del seagway (3)

Possiamo progettare $R_1(s)$ utilizzando il luogo delle radici, con l'obiettivo di stabilizzare il sistema e fare in modo che il sistema in anello chiuso sia caratterizzato da due poli reali in -2.

Possiamo poi progettare $R_2(s)$ utilizzando il criterio di Bode con l'obiettivo di avere un margine di fase maggiore o uguale a 50° .

La funzione su cui dobbiamo progettare $R_2(s)$ è

$$L_2(s) = \frac{-82.429 (s + 1.048) (s - 1.048)}{s^2 (s + 2)^2}$$

si tratta quindi di un sistema a fase non minima.

Per la precisione statica osserviamo che il sistema da controllare contiene due integratori, possiamo quindi scegliere una funzione di trasferimento unitaria per la parte statica del regolatore.



Controllo della posizione del seagway (4)

Inseriamo poi uno zero una decade prima dello zero a fase non minima, e scegliamo il guadagno del regolatore in modo da massimizzare la banda garantendo la specifica sul margine di fase.

Inseriamo infine un polo ad una decade dalla pulsazione critica in modo da rendere causare il controllore.

Otteniamo

$$R_2(s) = 0.0014 \frac{1 + 10s}{1 + 0.2s}$$

