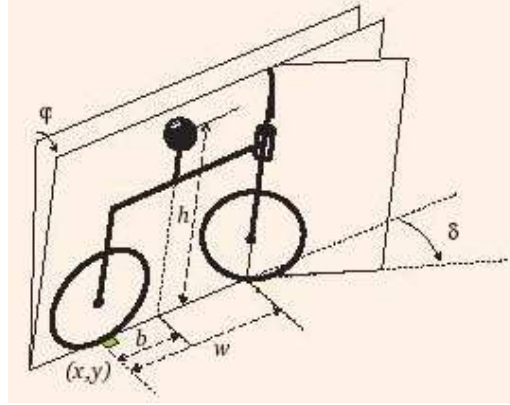


Esame di Stato per l'abilitazione alla professione di Ingegnere
I Sessione 2009
Previgente ordinamento (Prova Pratica)
(Tema 10)

Si consideri il seguente modello di una bicicletta



ove δ è l'angolo di sterzo, φ è l'inclinazione e la massa della bicicletta è concentrata ad altezza h dal suolo e a distanza b dal punto di contatto della ruota posteriore. La distanza tra i punti di contatto delle ruote è w . Quando la bicicletta si muove di moto rettilineo, con velocità di modulo v costante, un modello linearizzato della dinamica dell'angolo di inclinazione è

$$\ddot{\varphi}(t) = \frac{g}{h}\varphi(t) - \frac{v^2}{hw}\delta(t) - \frac{vb}{hw}\dot{\delta}(t) \quad (1)$$

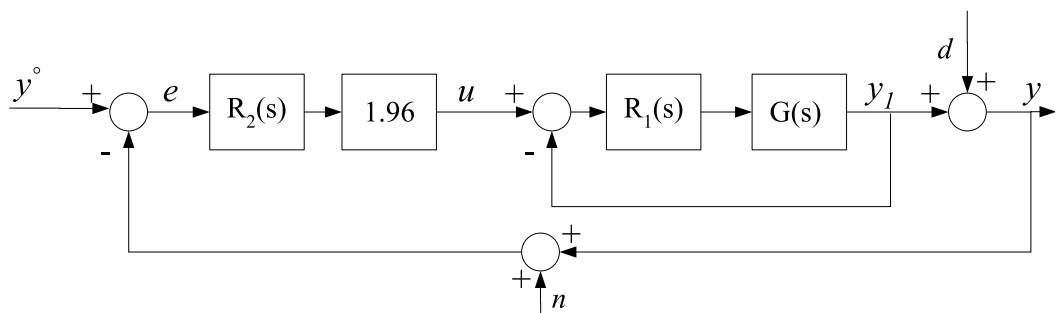
ove φ è la variabile di uscita, l'angolo di sterzo è la variabile di ingresso e $g \simeq 10 \text{ m/s}^2$ è l'accelerazione di gravità. I valori degli altri parametri sono $b = 1 \text{ m}$, $w = 2 \text{ m}$, $h = 1 \text{ m}$ e $v = 1 \text{ m/s}$.

1. Si verifichi che il sistema lineare

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = 10x_2 - 0.5u \\ \dot{x}_2 = x_1 - 0.5u \\ y = x_2 \end{cases} \quad (2)$$

è una realizzazione in variabili di stato del modello (1).

2. Ricavare la funzione di trasferimento $G(s)$ del sistema (2) e tracciare il grafico qualitativo della risposta allo scalino.
3. Si consideri lo schema di controllo in cascata riportato in figura



ove la funzione di trasferimento $G(s)$ è stata ricavata al punto precedente.

3.1 Progettare il regolatore *proporzionale* $R_1(s)$ in modo che il sistema con ingresso u ed uscita y_1 sia asintoticamente stabile ed abbia un polo in -0.2 .

3.2 Progettare il regolatore $R_2(s)$ in modo che

- (a) l'errore a transitorio esaurito sia nullo in corrispondenza del disturbo $d(t) = 10\text{sca}(t)$;
- (b) il margine di fase valga almeno 75° ;
- (c) la banda passante del sistema di controllo sia almeno pari a 10 rad/s ;
- (d) il disturbo $n(t) = \sin(\omega t)$ $\omega \geq 100 \text{ rad/s}$ sia attenuato di un fattore almeno pari a 9 sull'uscita.

4. Discutere l'implementazione digitale del controllore $R_2(s)$ progettato al punto precedente.