

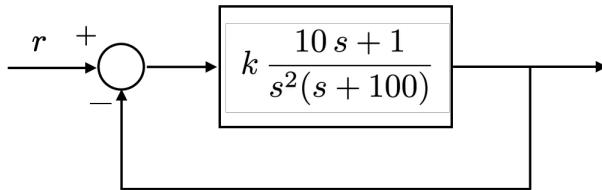
# SISTEMI DI CONTROLLO

## prova intermedia 2024/25

*La soluzione dei problemi 2 e 3 richiede (1) la spiegazione delle varie scelte (2) l'espressione finale del controllore (3) lo schema a blocchi del sistema di controllo finale con gli stessi simboli indicati nel testo.*

### Problema 1

Si consideri il sistema di controllo in figura.



- Utilizzando il criterio di Nyquist insieme al criterio di Routh, si studi la stabilità del sistema di controllo al variare di  $k$ . Al termine, si confermi il risultato mediante il luogo delle radici.
- Scelto un valore di  $k$  per il quale il sistema di controllo risulti asintoticamente stabile, calcolare l'errore a regime permanente nei casi  $r(t) = r_1(t) = 2t$ ,  $r(t) = r_2(t) = 2t^2$  e  $r(t) = r_3(t) = 2t^3$ .

### Problema 2

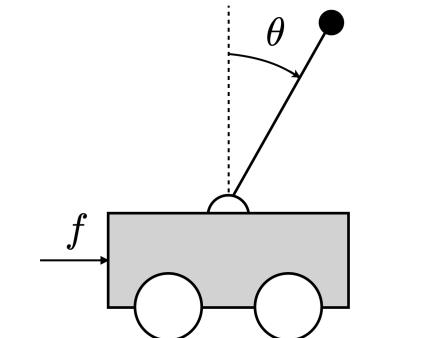
Si consideri il processo avente la seguente rappresentazione nello spazio di stato

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= x_2 \\ \dot{x}_2 &= -x_1 + u \\ y &= x_1 + x_2 + d\end{aligned}$$

dove  $u$  è l'ingresso,  $y$  è l'uscita e  $d$  è un disturbo costante di ampiezza incognita. Progettare un controllore di dimensione minima che garantisca (1) errore a regime nullo per un riferimento a gradino (2) errore a regime non superiore a 0.1 per un riferimento a rampa unitaria (3) astatismo rispetto al disturbo.

### Problema 3

Il sistema *cart-pendulum* consiste di un pendolo inverso montato su un carrello azionato da una forza motrice  $f$ . Si indichi con  $\theta$  lo spostamento angolare del pendolo rispetto alla verticale.



Per piccoli valori di  $\theta$ , la sua evoluzione è ben descritta dall'equazione

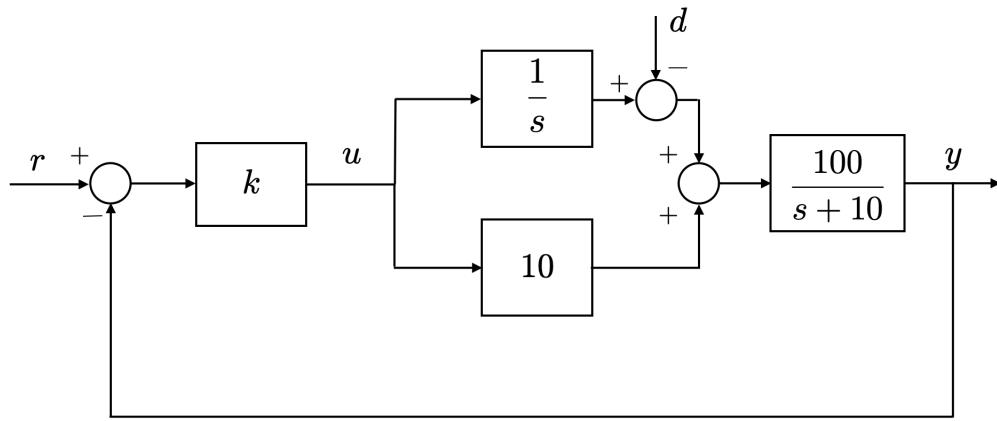
$$\ddot{\theta} = a\theta - bf$$

dove  $a$  e  $b$  sono costanti positive che dipendono dalle masse in gioco e dalla lunghezza del pendolo.

- a) Ricavare la funzione di trasferimento  $P(s)$  tra  $f$  e  $\theta$ .
- b) Nel caso  $a = b = 1$ , progettare un controllore di dimensione minima in grado di guidare il pendolo a un angolo desiderato  $\theta^* \neq 0$ . Di quali misure è necessario disporre per implementare il controllore?
- c) Come si può semplificare il progetto nel caso  $\theta^* = 0$ ?

#### Problema 4

Si consideri il sistema di controllo in figura, in cui  $d$  è un disturbo.



Le affermazioni seguenti sono *vere* o *false*? Rispondere e fornire una breve spiegazione.

- (a) Posto  $k = 1$ ,  $r = 0$  e  $d = \bar{d}$ , la risposta a regime permanente è nulla, qualunque sia il valore della costante  $\bar{d}$ .
- (b) Posto  $k = -1$ ,  $r = \bar{r}$  e  $d = 0$ , l'errore a regime permanente è nullo, qualunque sia il valore della costante  $\bar{r}$ .
- (c) Posto  $k = 1$ ,  $r = \sin t$  e  $d = 0$ , l'errore a regime permanente non supera 0.02.
- (d) Posto  $r = t$  e  $d = 1$ , si può ridurre a piacere l'errore a regime permanente aumentando  $k$ .

[2 h 30 min]