**Controlli automatici e controllo dei processi**
Docente: Davide M. Raimondo
Prova scritta: 11/04/2013
Durata: 2h

Cognome ________________ Nome ________________ Matricola ________________

## Esercizio 1

Il modello di un mulino per la produzione di cemento è descritto dalle seguenti equazioni differenziali

$$\begin{cases} \dot{x}_1 &= -x_1 + 0.8\varphi(x_2) \\ \dot{x}_2 &= -0.8\varphi(x_2) + u \\ y &= x_1 \end{cases}$$

in cui $\varphi(x_2) = -0.1x_2^2 + 16x_2$.

a) Determinare il punto di equilibrio per cui risulta $\bar{x}_2 = 100$.

b) Linearizzare il sistema attorno a tale punto di equilibrio trovando le equazioni del sistema in variabili di stato.

c) Studiare la stabilità del punto di equilibrio trovato.

d) Ricavare la funzione di trasferimento.

e) Supponendo che l'ingresso $u$ sia dato da $u = Ky$, studiare la stabilità del sistema linearizzato così ottenuto, al variare di $K$.

---

f) Si determinino le matrici di raggiungibilità ed osservabilità del sistema. Il sistema è completamente raggiungibile? E' completamente osservabile? Motivare la risposta.

g) Si traccino i diagrammi di Bode della G(s) al punto d

h) Determinare l'uscita a regime per

$$u(t) = 1.1 * \bar{u} + sen(4t)$$

**Esercizio 2**

Dato il sistema LTI descritto dalla funzione di trasferimento ad anello aperto

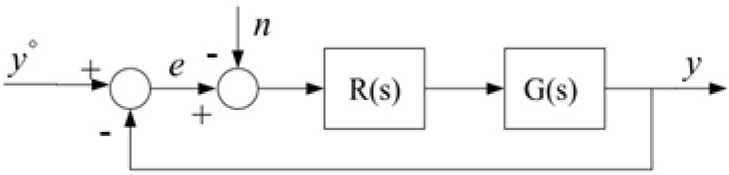
$$L(s) = \frac{\rho(s^2+9)}{s(s+8)(s+12)}, \qquad \rho > 0$$

Studiare la stabilità del sistema retroazionato con retroazione negativa utilizzando il criterio di Nyquist.

Dire se il sistema può essere stabile con $\rho < 0$.

**Esercizio 3:**

Si consideri il sistema di controllo in figura:




$$G(s) = \frac{1}{(20s+1)(100s+1)}$$

Si determini la funzione di trasferimento del regolatore $R(s)$ in modo che:

(a) l'errore a transitorio esaurito $e_\infty$ verifichi $|e_\infty| \leq 1$ quando $y^o(t) = 10\mathrm{sca}(t)$;

(b) il margine di fase $\phi_m$ verifichi $\phi_m \geq 75°$;

(c) la banda passante del sistema di controllo sia maggiore o uguale a 0.01 $rad/s$.

(d) Un disturbo $n(t) = \sin(\omega t)$, $\omega \geq 0.2\ rad/s$ sia attenuato sull'uscita a regime di un fattore almeno pari a 25.

(e) Si modifichi la funzione di trasferimento del regolatore in modo che i punti a-d precedenti siano ancora soddisfatti ma che il margine di fase sia maggiore di 75° anche in presenza di un ritardo di tempo che modifica la G(s) come segue

$$G(s) = 10\frac{e^{-5s}}{(20s+1)(100s+1)}$$

## Esercizio 4

Dire se le seguenti affermazioni sono vere o false. Punteggio: risposta esatta= 1, errore= $-0.5$, non risponde= 0.

$V$ $F$

(a) Sia $G(s)$ una funzione di trasferimento del primo ordine e asintoticamente stabile. Condizione sufficiente perchè la risposta allo scalino sia maggiore o uguale a zero ad ogni istante è che $G(s)$ non possieda zeri a parte reale positiva.

☐ ☐

(b) I modi di un sistema LTI con matrice $A = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$ sono infinitesimi per $t \to +\infty$.

☐ ☐

(c) Sia $G(s)$ un sistema a fase minima. Se per $\omega \in [1, 10]$ il diagramma asintotico di Bode del modulo ha pendenza pari ad 1 allora, sempre per $\omega \in [1, 10]$, il diagramma asintotico della fase vale $+90°$.

☐ ☐

(d) La risposta $y(t)$ all'ingresso $u(t) = e^{-t}$, $\forall t \geq 0$ di $G(s) = \frac{2-s}{s+2}$ verifica $y(0^+) = -1$

☐ ☐

(e) Sia $g_x(t)$, $t \geq 0$ la risposta all'impulso dello stato di un sistema LTI SISO e sia $x_f(t)$ il movimento forzato di stato prodotto dall'ingresso $u(t)$. Allora si ha $x_f(t) = \int_0^t g_x(t-\tau)u(\tau)d\tau$, $\forall t \geq 0$.

☐ ☐