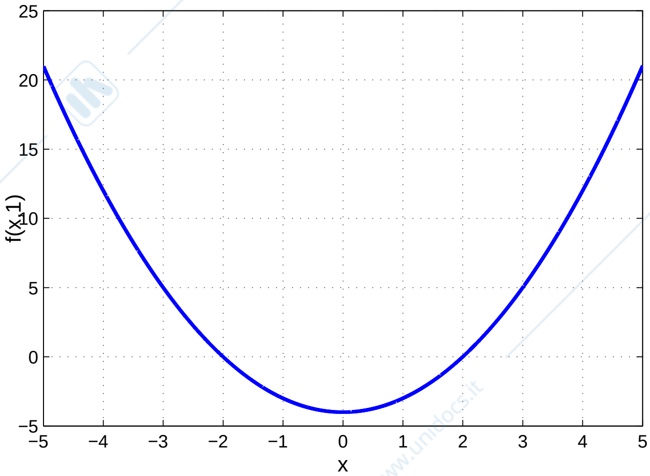
FONDAMENTI DI AUTOMATICA I - Ingegneria dell'Automazione Prof.ssa Mara Tanelli
Appello del 13 settembre 2016



1. Si consideri il sistema dinamico non lineare e tempo invariante descritto dalle seguenti equazioni

$$\dot{x}(t) = f(x(t), u(t))$$
$$y(t) = x(t),$$

dove $f(x(t), u(t)) = [x(t)^2 - 4]u(t)$.

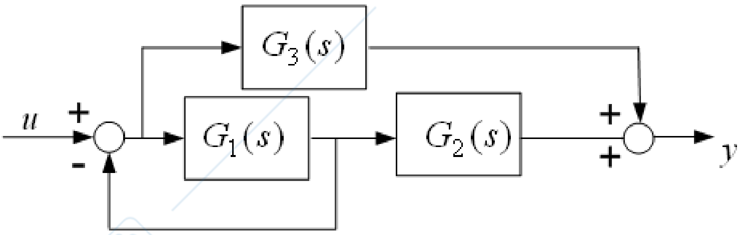
In figura è tracciato il grafico di $f(x(t), 1) = [x(t)^2 - 4]$.

1.1 Si determinino gli stati di equilibrio associati all'ingresso $u(t) = \overline{u} = 1$, $t \geq 0$ e se ne studino le proprietà di stabilità **(3 punti)**.

1.2 Per gli eventuali stati di equilibrio asintoticamente stabili determinati al punto precedente si calcoli la regione di attrazione, definendone prima il significato **(2 punti)**.

1.3 Si dica, motivando la risposta, se e come cambiano le risposte ai punti precedenti considerando come ingresso
a) $u(t) = \overline{u} = 5$, $t \geq 0$
b) $u(t) = \overline{u} = -1$, $t \geq 0$ **(2 punti)**.

2. Si consideri lo schema a blocchi in figura



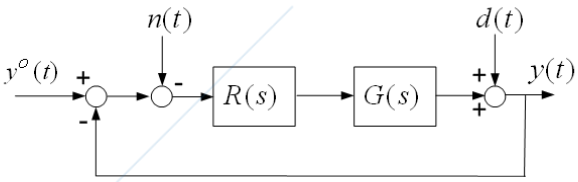
dove $G_1(s)$, $G_2(s)$, e $G_3(s)$ sono funzioni di trasferimento di sistemi di ordine uno.
2.1 Determinare l'espressione della funzione di trasferimento $H(s)$ del sistema in funzione di $G_1(s)$, $G_2(s)$, $G_3(s)$ **(1 punto)**.

2.2 Posto $G_1(s) = \frac{1}{s+2}$, $G_2(s) = \frac{s+5}{s+2}$, $G_3(s) = -\frac{1}{s+2}$, calcolare $H(s)$ e studiare la stabilità del sistema con ingresso u e uscita y **(3 punti)**.

2.3 Calcolare la risposta di regime del sistema con funzione di trasferimento $H(s)$ all'ingresso $u(t) = e^{-5t} + 1 - 5\sin(3\,t)$ **(3 punti)**.

2.4 Scrivere le istruzioni Matlab per definire la funzione di trasferimento $H(s)$ calcolata al punto precedente, e calcolare la risposta del sistema con funzione di trasferimento $H(s)$ a $u(t) = 1$, $t \geq 0$, viasualizandola poi in un grafico in funzione del tempo **(1 punto)**.

3. Si consideri il sistema di controllo in figura



dove $G(s) = \frac{10}{(s+1)} e^{-0.1s}$.

3.1 Progettare un regolatore $R(s)$ tale che: 1) il sistema in anello chiuso sia asintoticamente stabile; 2) il modulo dell'errore a transitorio esaurito a fronte di $y^o(t) = \pm\,\mathrm{sca(t)}$ e $d(t) = \pm\,5\mathrm{sca(t)}$ sia $|e_\infty| \leq 0.5$; 3) la pulsazione critica del sistema in anello chiuso sia $\omega_c \geq 1\,\mathrm{rad/s}$ e 4) il margine di fase sia $\varphi_m \geq 50°$ **(4 punti)**.

3.2 Si tracci il grafico dell'andamento qualitativo della risposta di $y(t)$ del sistema in anello chiuso a fronte di un riferimento $y^o(t) = \text{sca(t)}$ e con $d(t) = 0$ (si specifichino, in particolare: valore iniziale, valore finale, tempo di assestamento e sovraelongazione percentuale massima[1]) **(2 punti)**.

3.3 Si dica quanto vale l'ampiezza dell'uscita $y(t)$ di regime del sistema di controllo progettato al punto 3.1, quando $n(t) = 5 - \sin(0.01\,t) - 10\sin(20\,t)$ **(3 punti)**.

[1] $S\% = 100\,e^{-\xi\pi/\sqrt{1-\xi^2}}$.

4. Si considerino i sistemi lineari e tempo invarianti a tempo discreto. Per tali sistemi, si definiscano i concetti di movimento libero e forzato di stato e uscita e se ne scrivano le espressioni **(4 punti)**.

5. Si enunci con precisione il criterio di Bode **(4 punti)**.