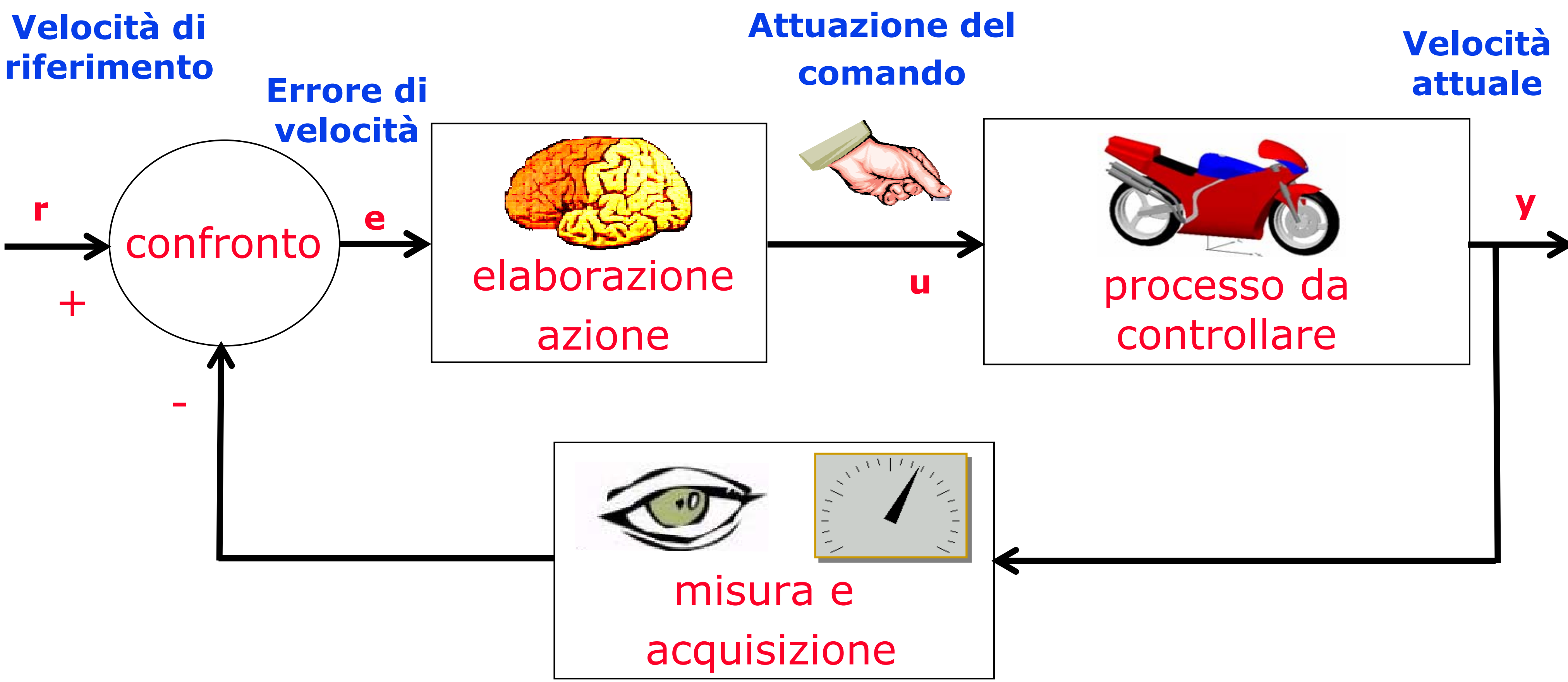
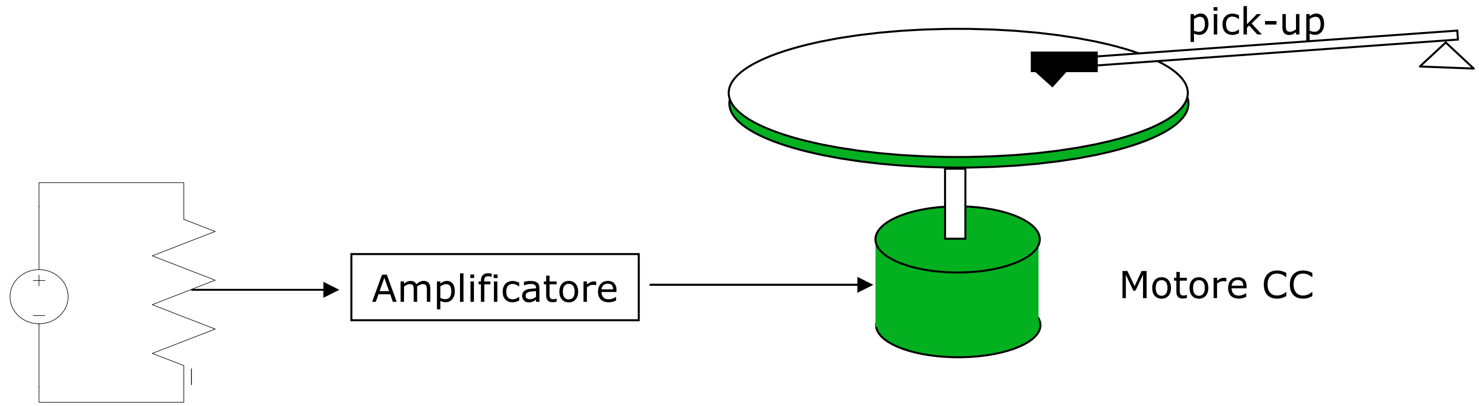
La Retroazione

- Catena aperta e catena chiusa
- Regolazione / Asservimento
- Controllo del moto e controllo di processo
- Sensibilità alle variazioni parametriche
- Banda Critica
- Controllo ad alto guadagno
- Influenza sulla Banda Passante
- Sensibilità agli ingressi non manipolabili
- Linearizzazione operata dalla retroazione

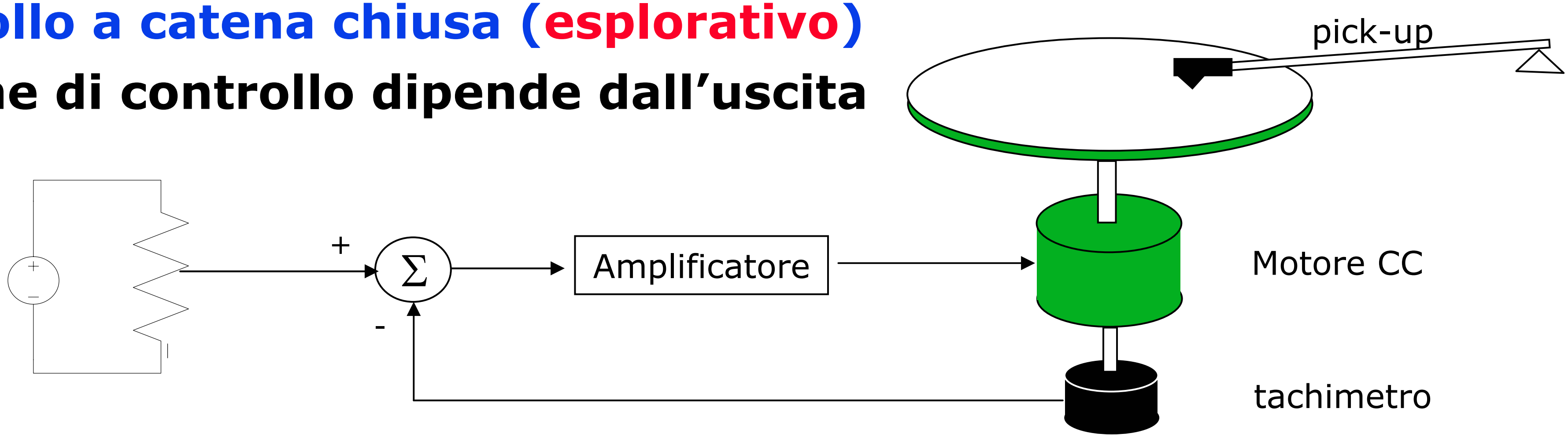
Negli schemi di controllo si evidenzia la presenza di un LOOP



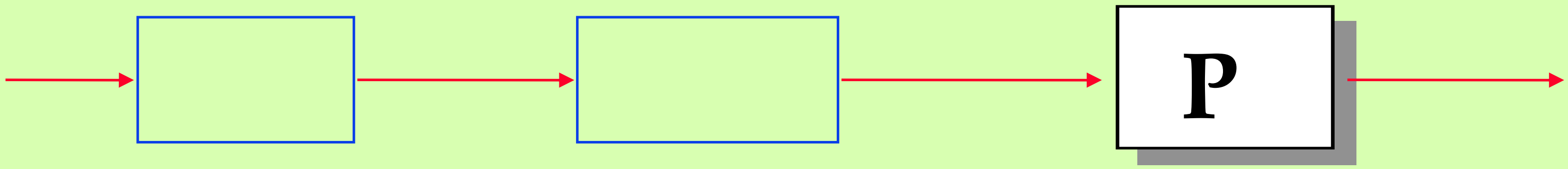
- **Controllo a catena aperta (predittivo)**
- **l'azione di controllo è indipendente dall'uscita**



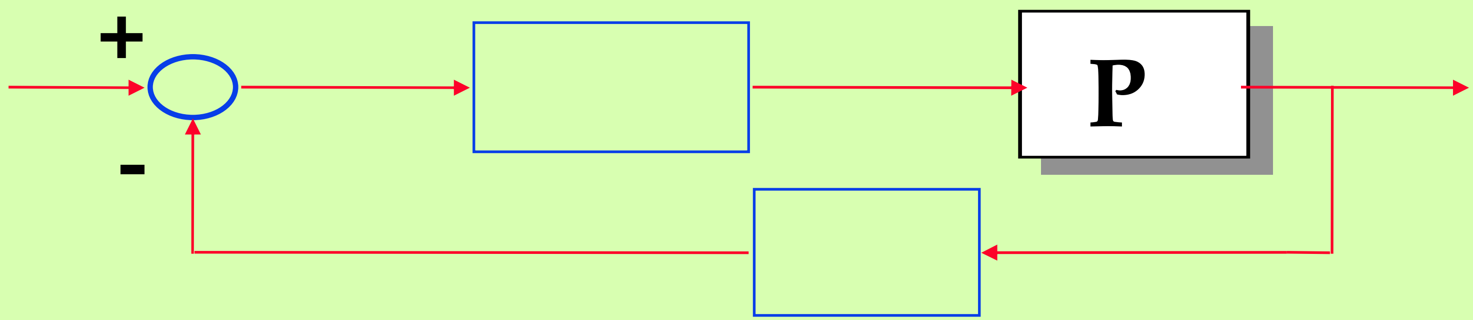
- **Controllo a catena chiusa (esplorativo)**
- **l'azione di controllo dipende dall'uscita**



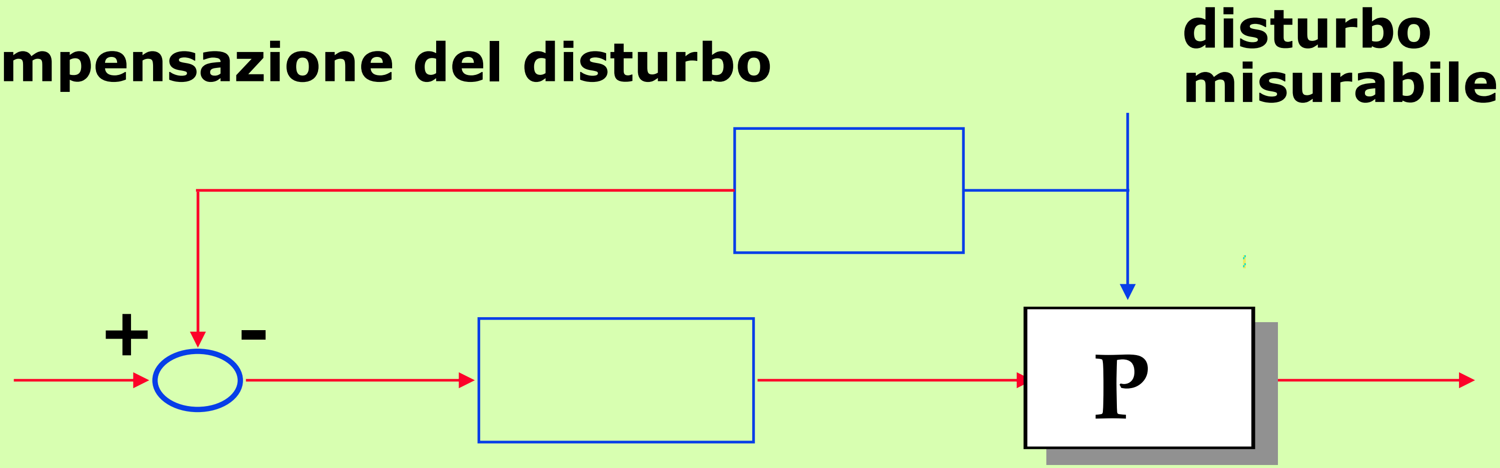
Controllo a catena aperta



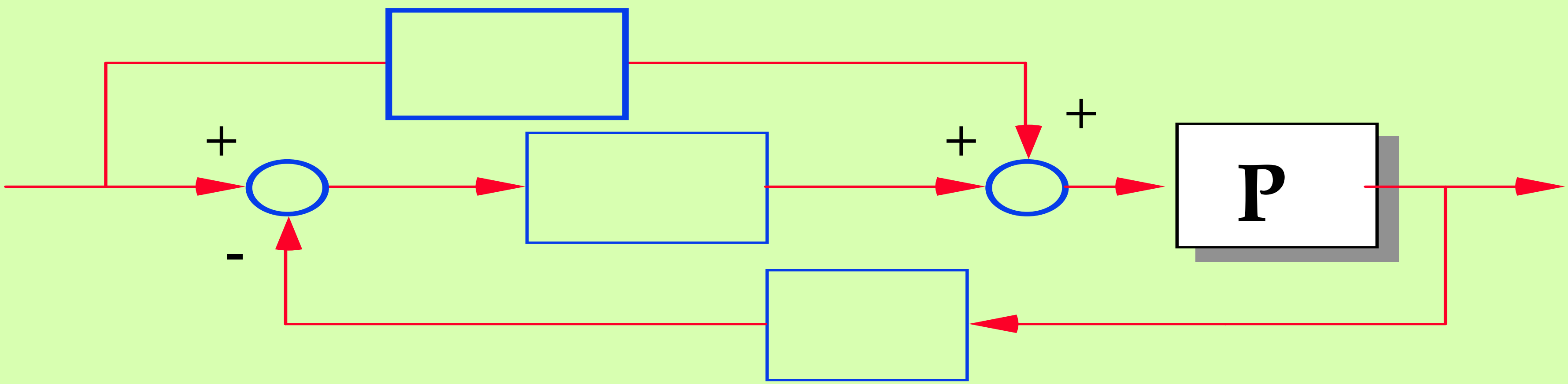
Controllo a catena chiusa

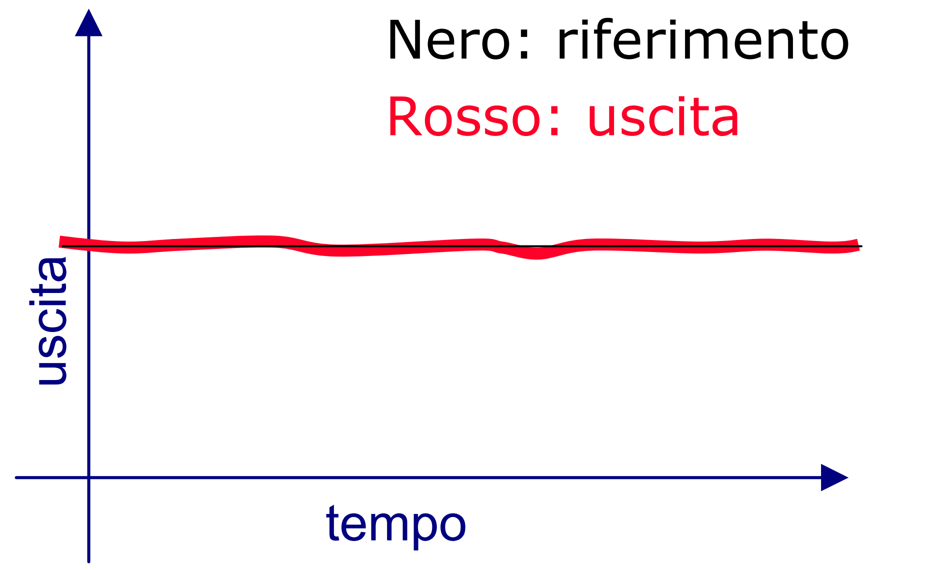


Compensazione del disturbo

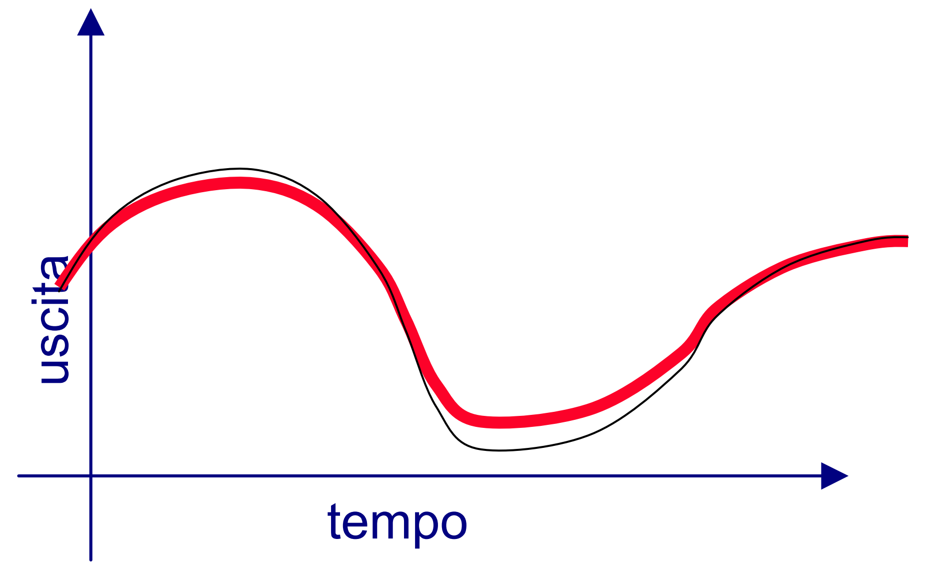


Controllo con feed-forward





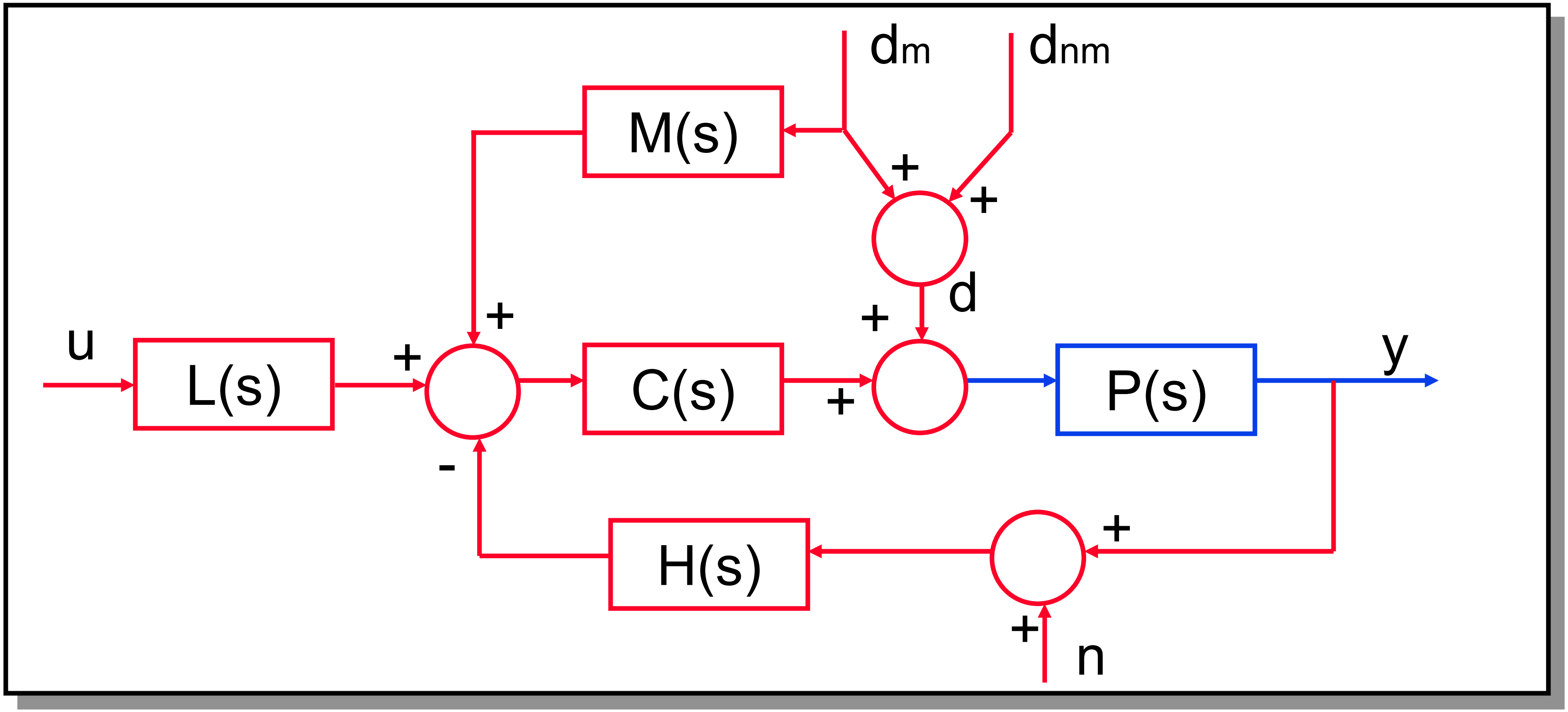
- Regolazione
- l'uscita è mantenuta costante intorno ad un valore predefinito



- Asservimento
- l'uscita segue l'ingresso il più possibile (inseguimento di traiettoria)

- Controllo del Moto (Servomeccanismi)
- La grandezza controllata è una variabile di tipo meccanico (posizione, velocità)

- Controllo di Processo
- La variabile di uscita controllata non è di tipo meccanico ma rappresenta comunque una grandezza fisica (temperatura, pressione, tensione, corrente, portata, livello, concentrazione)

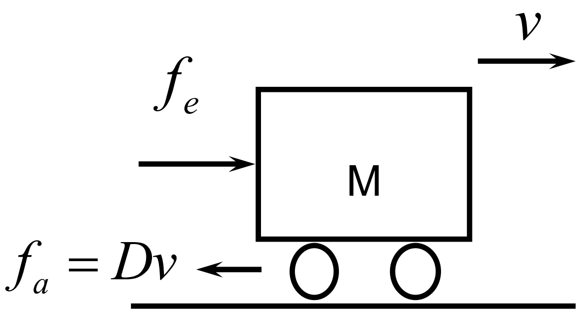


- Si cerca $y_{des}(t) = K_d u(t)$, ma quale sarà il vero legame tra u e y ?
- Come influiranno le variazioni parametriche del processo P(s) ?
- Come si modifica la larghezza di banda ?
- Che effetto avranno i disturbi ?

- Per valutare l'effetto della retroazione definiamo la Funzione di Sensibilità di **Q** rispetto ad α

$$S_\alpha^Q \triangleq \frac{\dfrac{dQ}{Q}}{\dfrac{d\alpha}{\alpha}} = \frac{\alpha}{Q}\frac{dQ}{d\alpha}$$

- Rappresenta l'influenza del parametro α sulla grandezza **Q**



$$M\dot{v} = f_e(t) - Dv$$

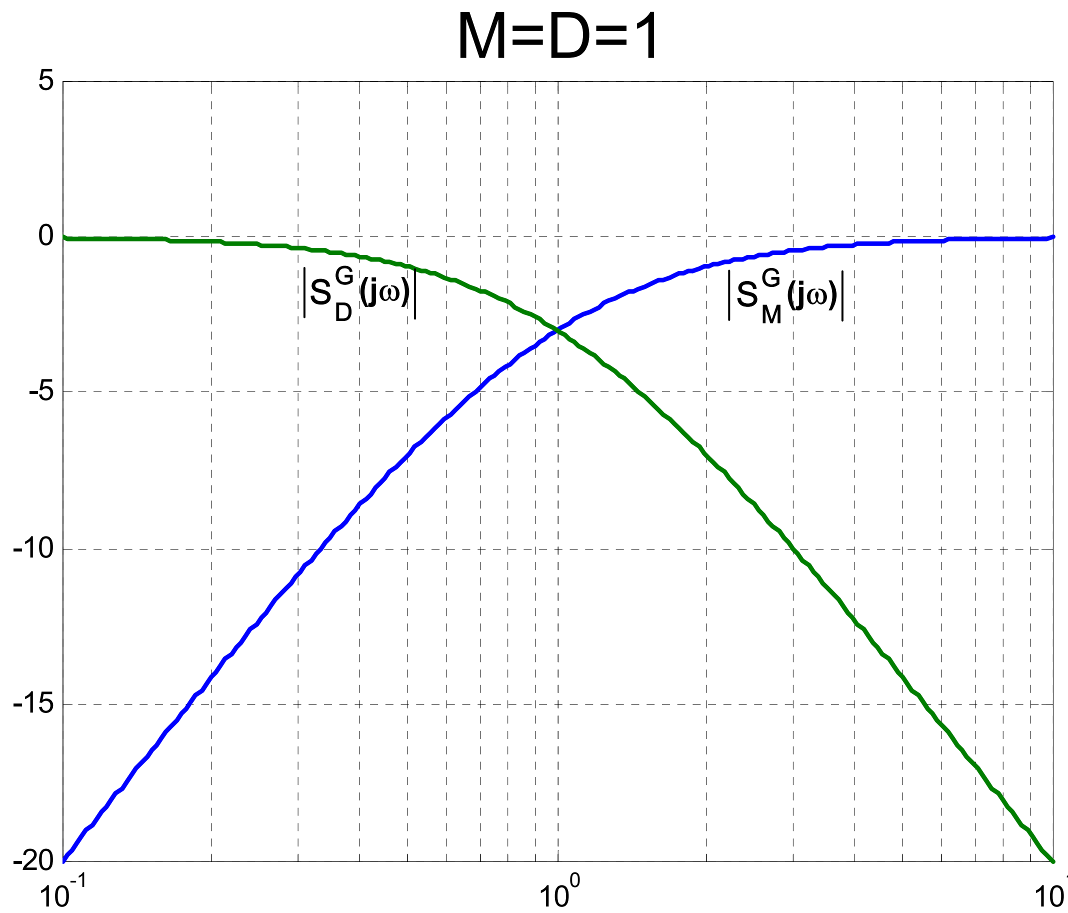
$$V(s) = \frac{1}{Ms+D} \cdot F_e(s) = G(s)F_e(s)$$

Sensibilità di $G(s)$ rispetto ad M

$$S_M^G = \frac{M}{G(s)}\frac{dG(s)}{dM} = \frac{-sM}{Ms+D}$$

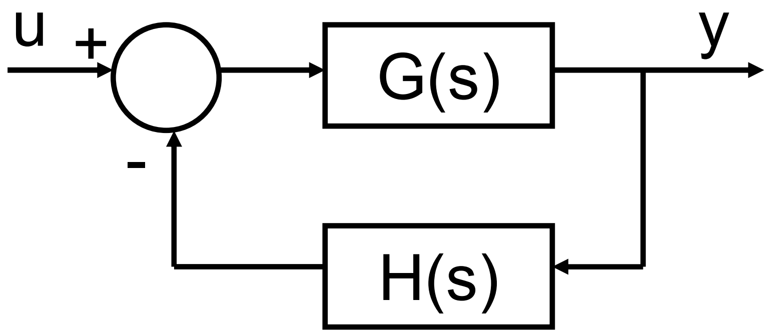
Sensibilità di $G(s)$ rispetto a D

$$S_D^G = \frac{D}{G(s)}\frac{dG(s)}{dM} = \frac{-D}{Ms+D}$$



SENSIBILITÀ RISPETTO A VARIAZIONI DI G(S)

$$W(s) = \frac{G(s)}{1+G(s)H(s)}$$



Sensibilità di $W(s)$ rispetto a $G(s)$ (diretta) :

$$S_G^W(s) = \frac{G(s)}{W(s)}\frac{dW(s)}{dG(s)} = \frac{1}{1+G(s)H(s)}$$

Tende a 0 per guadagni di anello elevati

Sensibilità di $W(s)$ rispetto ad $H(s)$ (complementare) :

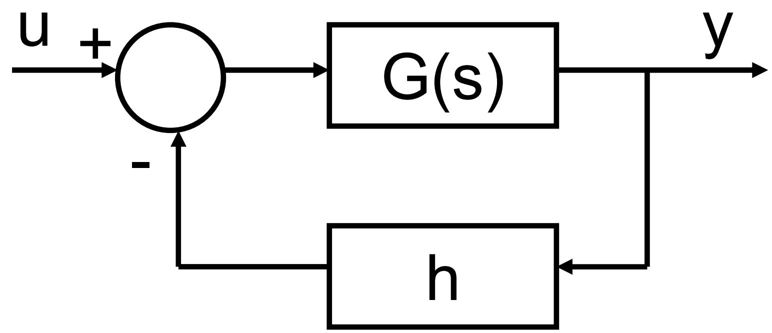
$$S_H^W(s) = \frac{H(s)}{W(s)}\frac{dW(s)}{dH(s)} = -\frac{G(s)H(s)}{1+G(s)H(s)}$$

Tende a 1 per guadagni di anello elevati

$S_G^W(s) - S_H^W(s) = 1$ ➔ Impossibile minimizzare entrambe

Controllo ad Alto Guadagno di Anello

$$W(s)=\frac{G(s)}{1+G(s)h}$$



$$|W(j\omega)|=\left|\frac{G(j\omega)}{1+G(j\omega)h}\right|=\frac{|G(j\omega)|}{|1+G(j\omega)h|}$$

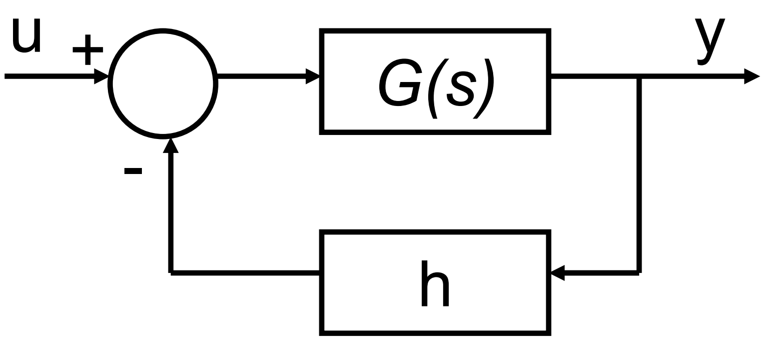
Per valori elevati di $|G(j\omega)|$, ammesso che la stabilità venga preservata, abbiamo per la funzione a ciclo chiuso

$$|W(j\omega)|\rightarrow\frac{1}{h}$$

Anche ragionando sul guadagno statico :

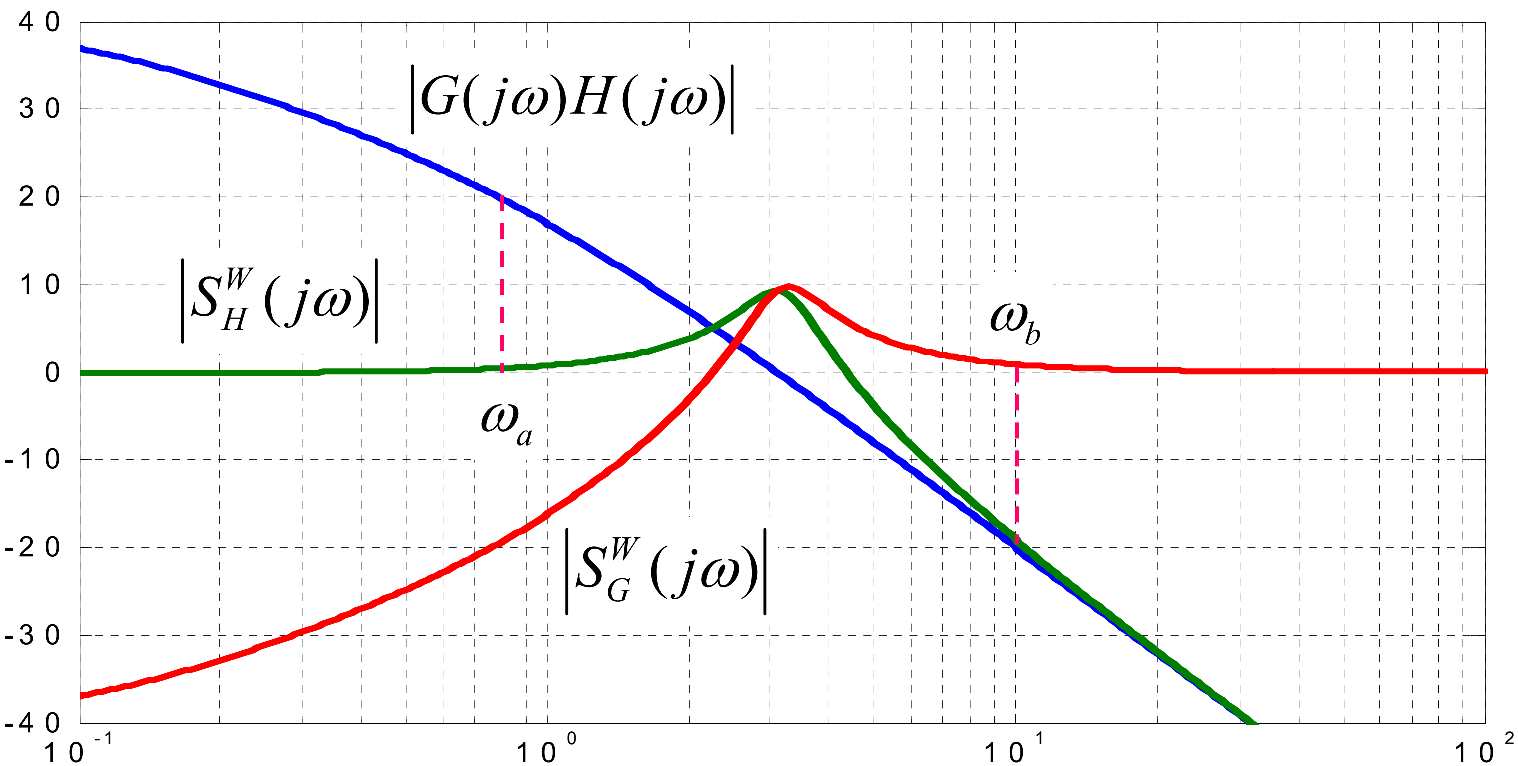
$$G(s)=\frac{K_G}{1+\tau s}\Rightarrow W(s)=\frac{K_G}{1+\tau s+K_G h}$$

$$K_W=\frac{K_G}{1+K_G h}\Rightarrow \lim_{K_G\rightarrow\infty}K_W=\frac{1}{h}$$



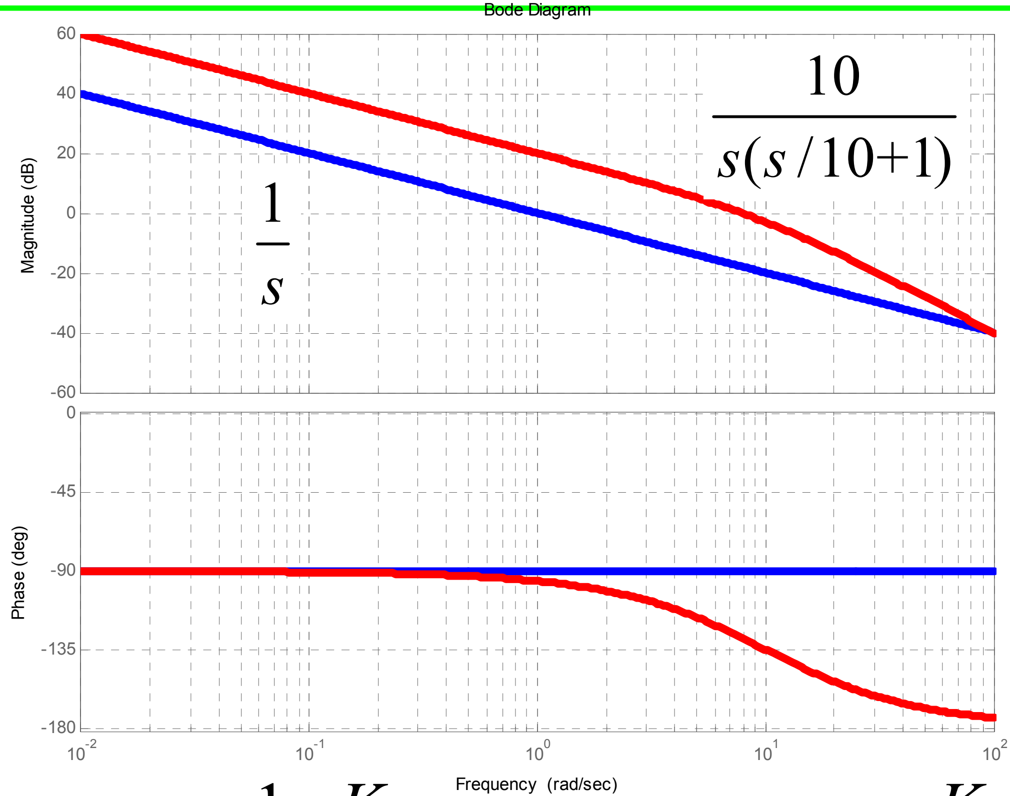
$$G(s) = \frac{1000}{(s+1)(10s+1)} \qquad h = 0.1$$

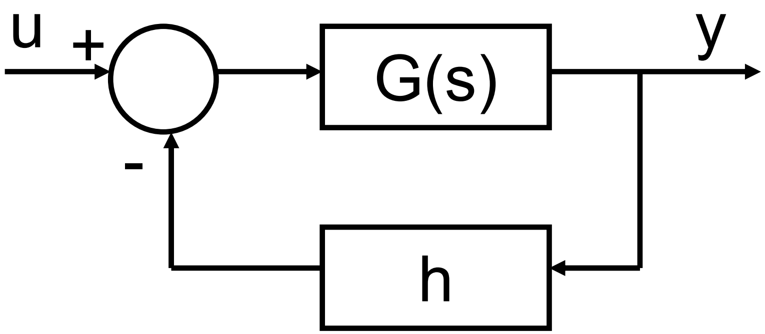
$$W(s) = \frac{G(s)}{1+G(s)h} = -\frac{S_H^W(s)}{h}$$



20dB=10

L' integratore come alto guadagno a basse frequenze

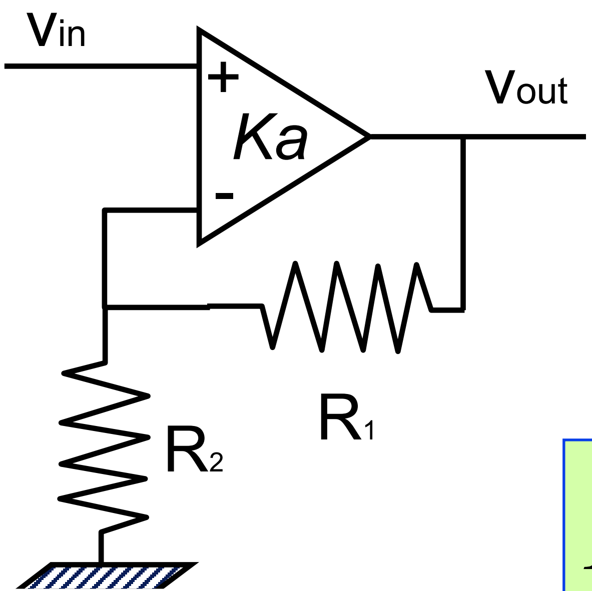


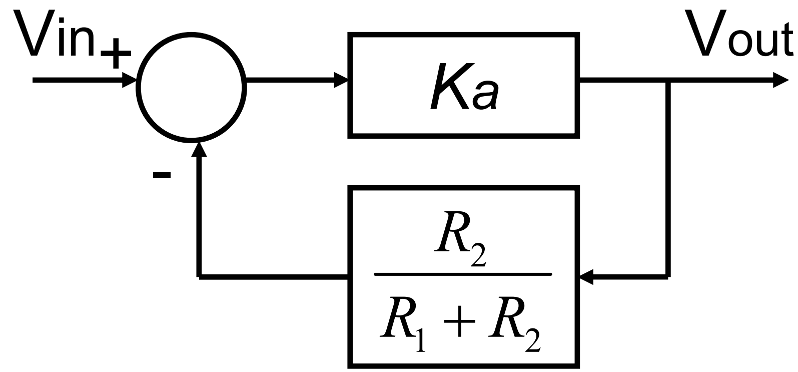


$$G(s) = \frac{1}{s}\frac{K_G}{1+\tau s} \Rightarrow W(s) = \frac{K_G}{s(1+\tau s)+K_G h}$$

Applicando un gradino ed usando il teorema del valore finale

$$U(s) = \frac{1}{s} \quad \Rightarrow \quad y(\infty) = \lim_{s\to 0} sW(s)U(s) = \frac{1}{h}$$



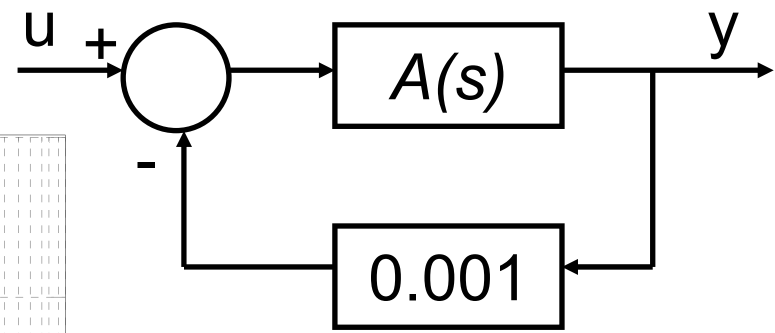


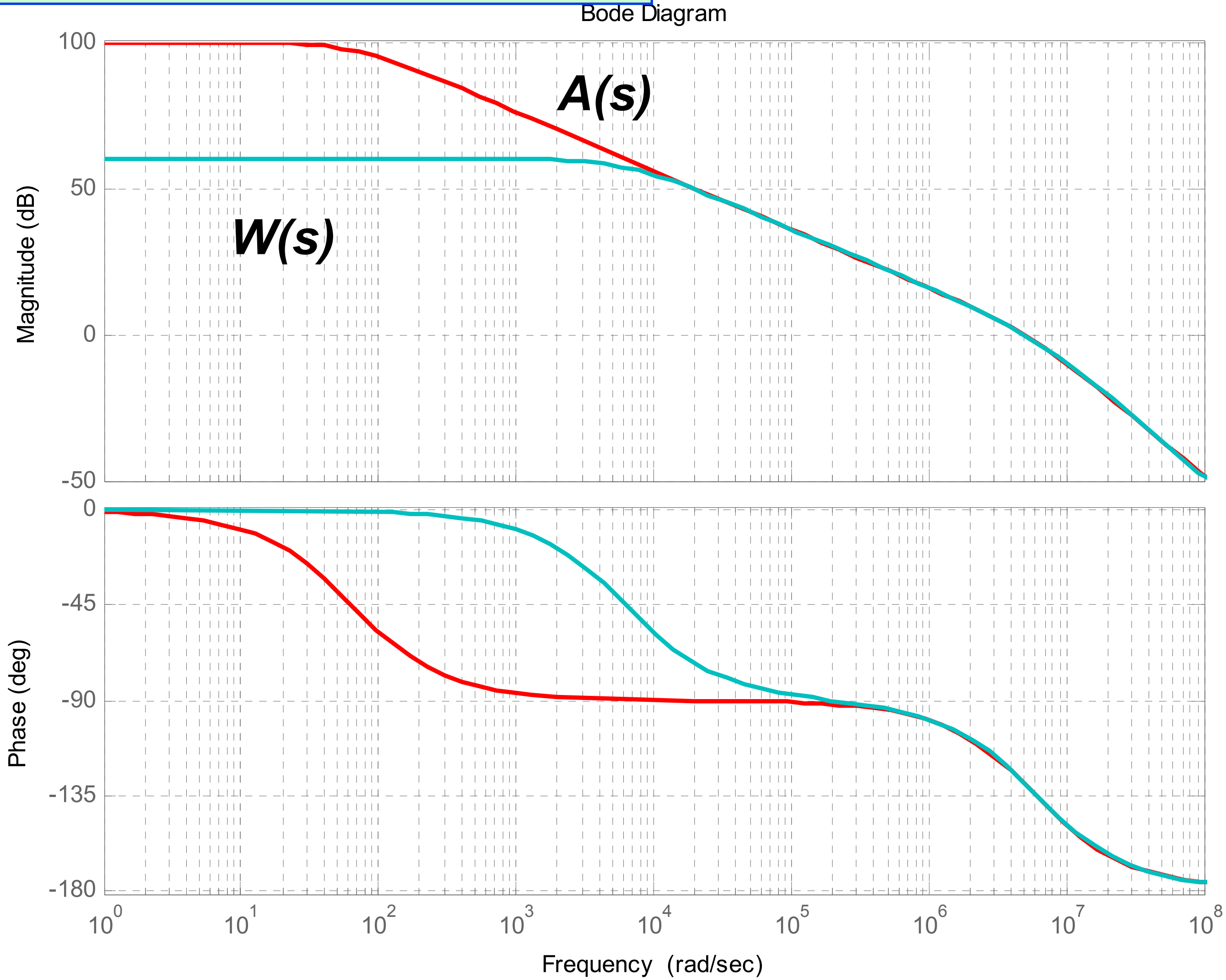
$$K_A \simeq 10^5$$

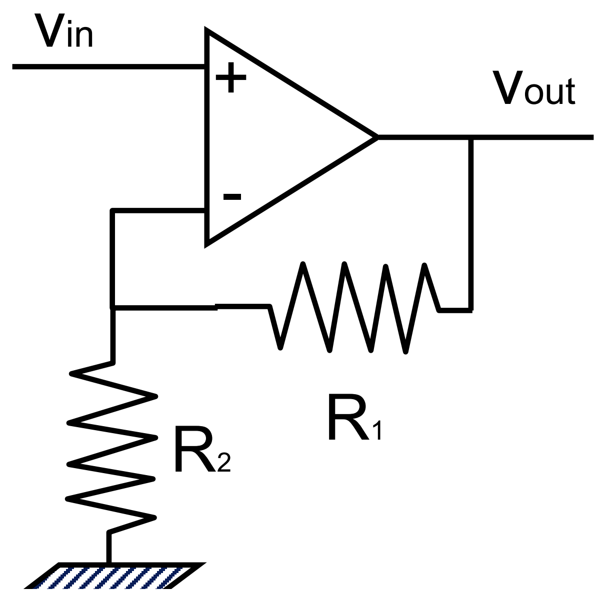
$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{K_a}{1 + K_a \dfrac{R_2}{R_1+R_2}} = \frac{K_a(R_1+R_2)}{R_1+R_2+K_aR_2} \rightarrow 1+\frac{R_2}{R_1}$$

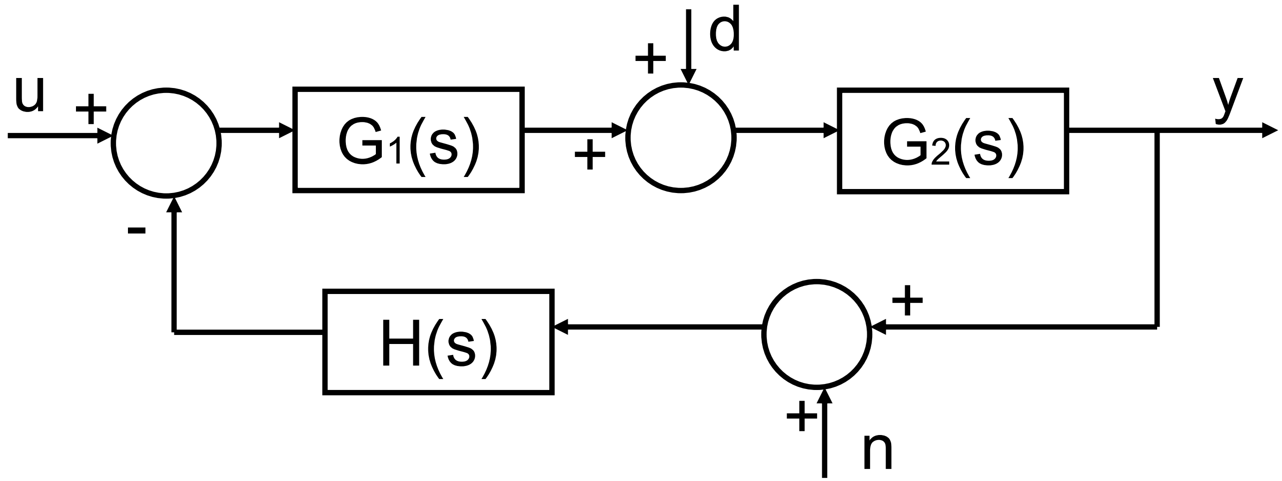
$$A(s)\frac{10^5}{(s/0.0159+1)(s/6000000+1)}$$

Amplificatore Operazionale









$Y_d(s) = G_2(s)D(s)$ ➔ Senza retroazione

$$Y_d(s) = \frac{G_2(s)}{1 + G_1(s)G_2(s)H(s)} D(s) = S_G^W G_2(s)D(s)$$

➔ Con retroazione:
è piccola dove S_G^W è piccola

$$Y_n(s) = -\frac{G_1(s)G_2(s)}{1 + G_1(s)G_2(s)H(s)} N(s) = S_H^W N(s)$$

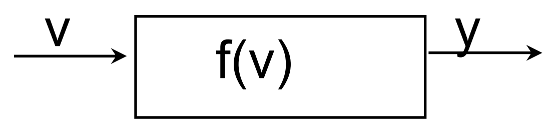
➔ Con retroazione:
c'è poco da fare!

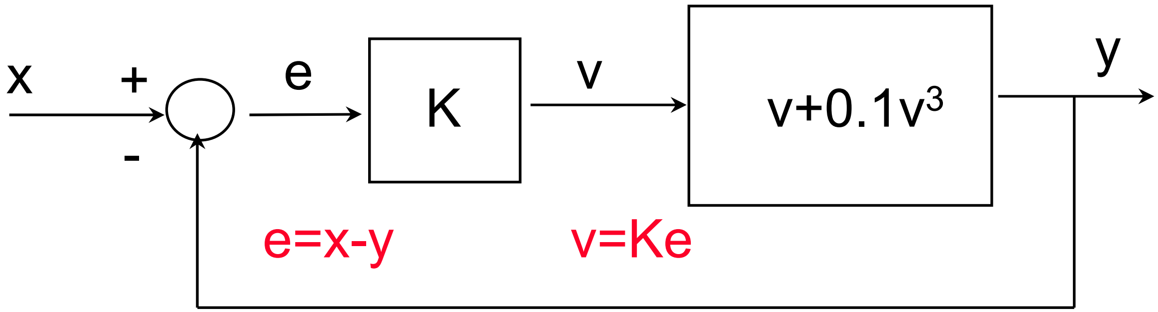
Linearizzazione operata dalla controreazione

Open loop

Relazione lineare desiderata: y=x

Relazione non lineare reale: $y=v+0.1v^3=f(v)$





Closed loop:

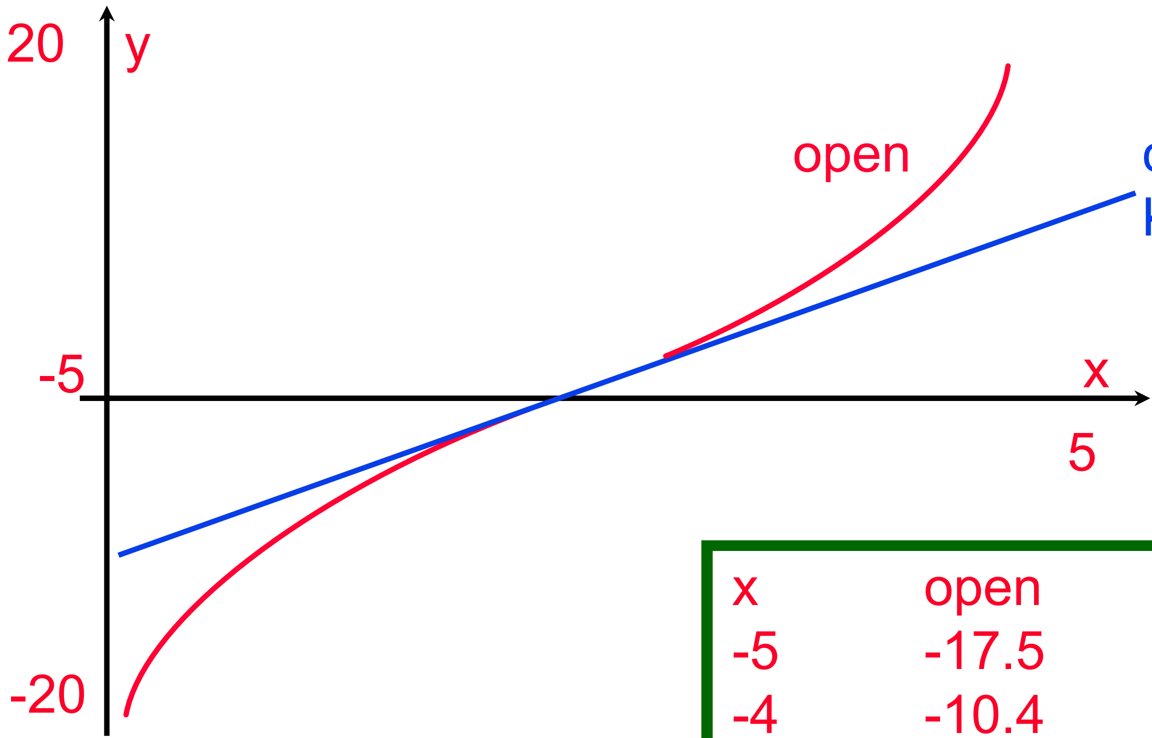
$K(x-y)+0.1K^3(x-y)^3 = y$

Risolvere $$(x-y)^3+\frac{K(x-y)-y}{0.1K^3}=0$$

per $K \to \infty$ si ha $(x-y)^3=0$ ➡ x=y !

Altrimenti $$y=x-\frac{1}{K}\sqrt[3]{\frac{K(x-y)-y}{0.1}}$$

Diminuisce quando K diminuisce



x	open	K=10	K=100
-5	-17.5	-4.73	-4.95
-4	-10.4	-3.76	-3.97
..	......	......	......
..	......	......	......
0	0	0	0
..	......	......	......
+4	+10.4	+3.76	+3.97
+5	+17.5	+4.73	+4.95

$$Md^2\ddot{\theta} + Mgd\sin(\theta) = u(t)$$

Scegliamo un feedback con alto guadagno (ε piccolo):

$$u(t) = \frac{1}{\varepsilon}(v - \dot{\theta}) \quad \Rightarrow \quad Md^2\ddot{\theta} + Mgd\sin(\theta) = \frac{1}{\varepsilon}(v - \dot{\theta})$$

Abbiamo

$$\varepsilon Md^2\ddot{\theta} + \varepsilon Mgd\sin(\theta) = v - \dot{\theta}$$

e per ε che tende a zero rimane

$$v - \dot{\theta} = 0$$

ovvero

$$\dot{\theta} = v$$