# Control PID sobre el sistema desacoplado por prealimentación

Las perturbaciones siempre están presentes
No se conoce con exactitud D,H,C,K,$F_v$

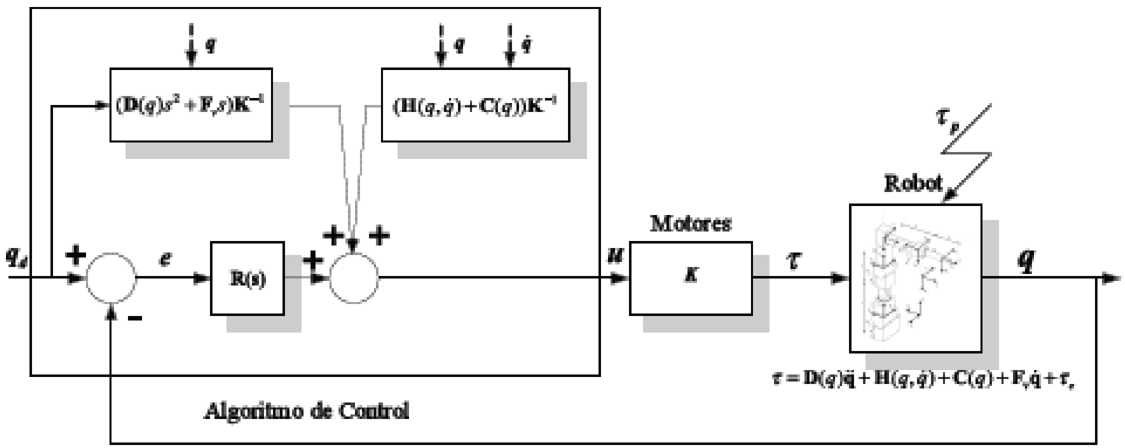
→ La prealimentación es insuficiente

Utilizar un control PID, sobre le sistema desacoplado, para dar robustez al control frente a las incertidumbres anteriores

Al haber desacoplado al sistema, cada regulador PID será monovariable

$$\mathbf{R}(s)=\begin{bmatrix} k_{p1}+\frac{k_{i1}}{s}+k_{d1}s & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & k_{p2}+\frac{k_{i2}}{s}+k_{d2}s & \cdots & 0 \\ \vdots & 0 & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & k_{pn}+\frac{k_{in}}{s}+k_{dn}s \end{bmatrix}$$

# Esquema de control PID sobre el sistema desacoplado por prealimentación




Par de mando a la salida de los motores

$$\tau = \left(\mathbf{D}(q)s^2 + \mathbf{F}_v s\right)\boldsymbol{q}_d + \left(\mathbf{H}(q,\dot{q}) + \mathbf{C}(q)\right) + \mathbf{R}(s).\mathbf{K}(\boldsymbol{q}_d - \boldsymbol{q})$$

Modelo (uso del par)

$$\tau = \left(\mathbf{D}(q)s^2 + \mathbf{F}_v s\right)\boldsymbol{q} + \mathbf{H}(q,\dot{q}) + \mathbf{C}(q) + \tau_e$$

Igualando ambas:

$$\left(\mathbf{D}(q)s^2 + \mathbf{F}_v s + \mathbf{R}(s).\mathbf{K}\right)\boldsymbol{q}_d = \left(\mathbf{D}(q)s^2 + \mathbf{F}_v s + \mathbf{R}(s).\mathbf{K}\right)\boldsymbol{q} + \tau_e \Rightarrow$$

$$\boldsymbol{q} = \boldsymbol{q}_d - \left[\mathbf{D}(q)s^2 + \mathbf{F}_v s + \mathbf{R}(s).\mathbf{K}\right]^{-1}.\tau_e$$

# Efectos de PID+FF en multiarticular

$$\boldsymbol{q} = \boldsymbol{q}_d - \left[\mathbf{D}(q)s^2 + \mathbf{F}_v s + \mathbf{R}(s).\mathbf{K}\right]^{-1}.\tau_e$$

En ausencia de perturbación

$$\tau_e = 0 \Rightarrow \boxed{\boldsymbol{q}(t) = \boldsymbol{q}_d(t)}$$

Ante perturbaciones en forma de escalón unitario en todas las articulaciones sin variar $q_d$

$$\tau_e = \begin{bmatrix} \frac{1}{s} \\ \dots \\ \frac{1}{s} \end{bmatrix} \quad y \quad \boldsymbol{q}_d(s) = 0$$

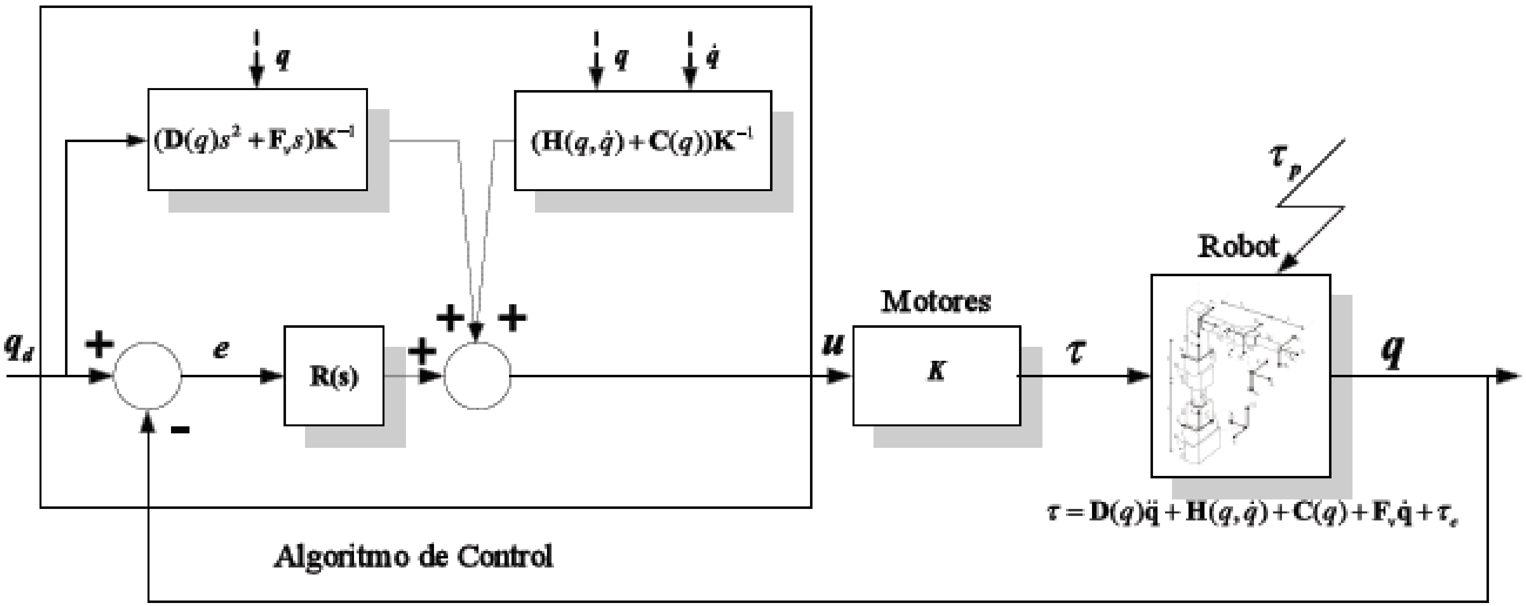
En régimen permanente:

$$\boxed{\Delta\boldsymbol{q}(\infty)} = \lim_{s \to 0} s.\left[\mathbf{D}(q)s^2 + \mathbf{F}_v s + \mathbf{R}(s).\mathbf{K}\right]^{-1} \begin{bmatrix} \frac{1}{s} \\ \dots \\ \frac{1}{s} \end{bmatrix} = \boxed{\begin{bmatrix} 0 \\ \dots \\ 0 \end{bmatrix}}$$

Nota: Considerar que

$$R_{ii}^{-1} = \frac{s}{k_{p1}s + k_{i1} + k_{d1}s^2}$$

# Ley de control de par calculado




$$\boldsymbol{u}=\left[\left(\mathbf{D}(q)s^2+\mathbf{F}_v s\right)\boldsymbol{q}_d+\mathbf{H}(q,\dot{q})+\mathbf{C}(q)\right]\mathbf{K}^{-1}+\mathbf{R}(s).\boldsymbol{e}$$

Consigue que si

$$\begin{cases} \tau_e=0 \Rightarrow \boldsymbol{q}(t)=\boldsymbol{q}_d(t) \\ \tau_e=\begin{bmatrix}\dfrac{1}{s} & \dots & \dfrac{1}{s}\end{bmatrix}^{\mathrm{T}} \; y \;\; \boldsymbol{q}_d(s)=0 \Rightarrow \Delta\boldsymbol{q}_d(\infty)=0 \end{cases}$$