Compensadores por cancelación

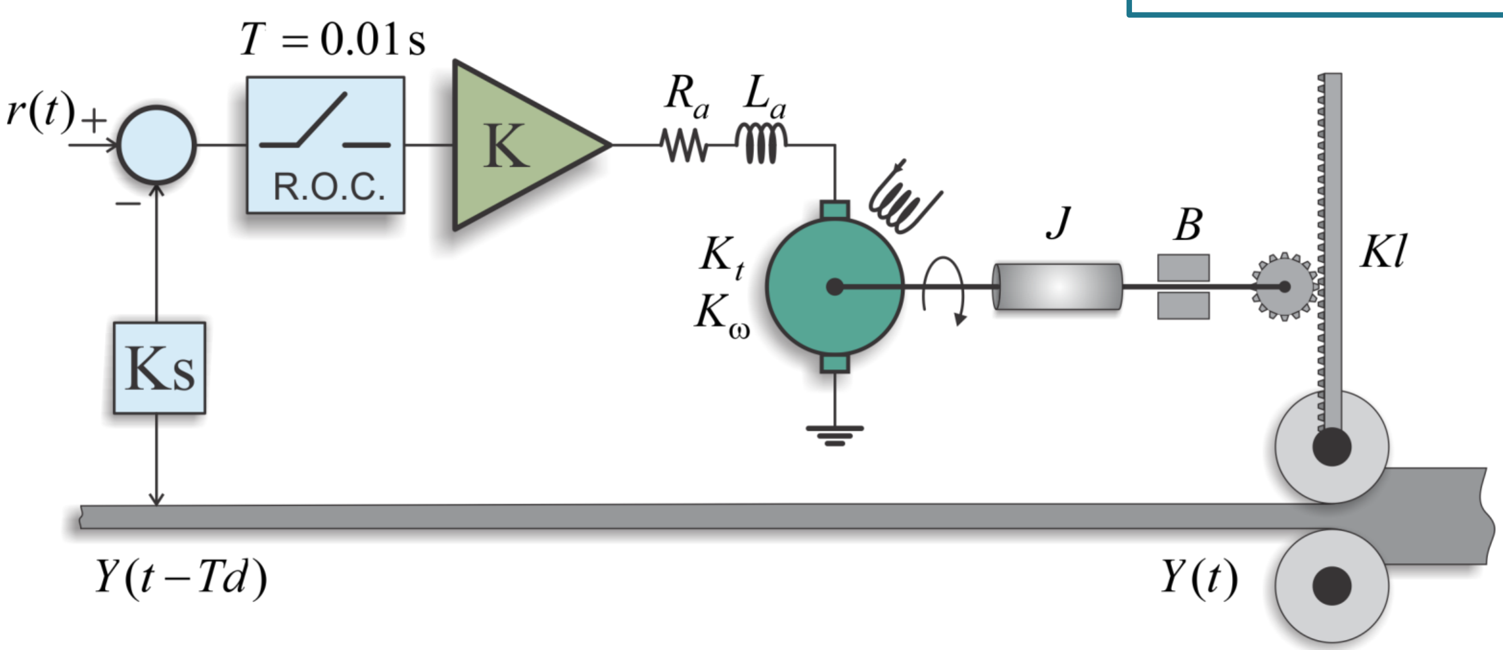
Resolución: ejercicio 5_6

Compensadores por cancelación

Para el sistema del ejercicio 4-5 encontrar un compensador para obtener el mínimo tiempo de respuesta.

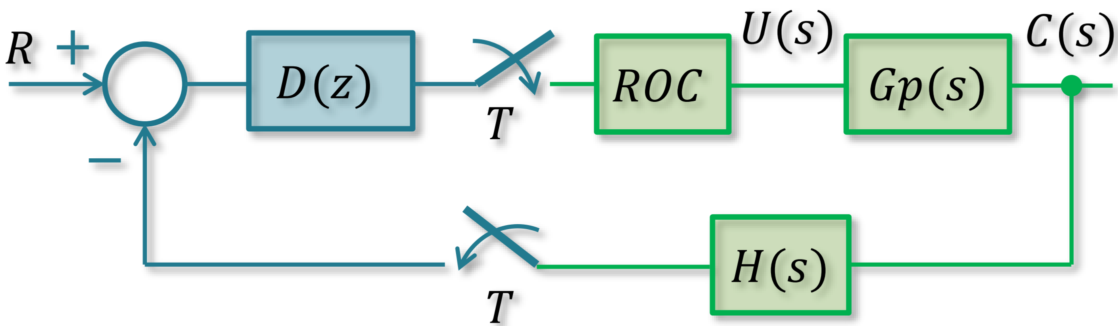
Datos

$R_a = 5\Omega$	$K_t = 0.721$ Nm/A
$L_a = 0$	$K_\omega = 0.721$ Vs/r
$J = 10^{-3}$ Kg m^2	$Kl = 0.01$ m/rev
$B = 0.01$ Nm s/r	$= 0.01/2\pi$ m/r
$Td = 0.01$ s	$Ks = 100$ V/m



Compensadores por cancelación

Diagrama de bloques



$U(s)$: Tensión del motor

$$H(s) = Ks = 100$$

$$Gp(s) = \frac{0.23}{s(s+114)} e^{-0.01s}$$

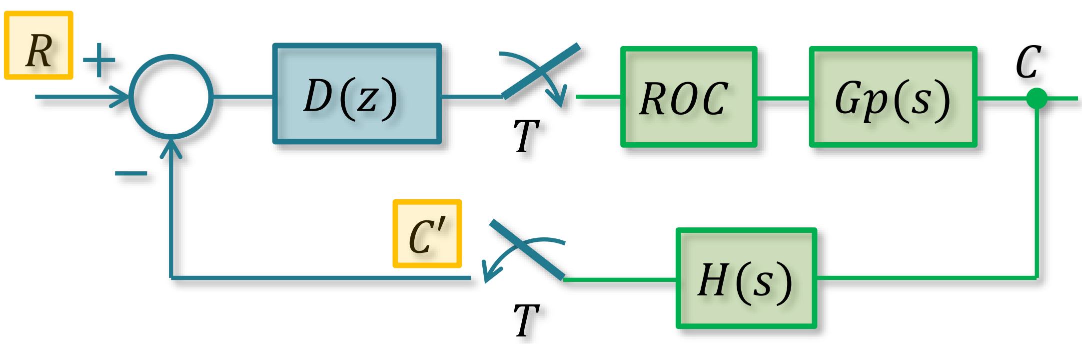
$$\boxed{ROC \cdot Gp(s)H(s) = \frac{23}{s(s+114)} e^{-0.01s} \frac{(1-e^{-Ts\,s})}{s}}$$

Se plantea el uso de un controlador DEAD-BEAT (mínimo tiempo de respuesta).

La planta tiene 1 retardo, entonces la transferencia a lazo cerrado debe responder con 2 muestras de retardo.

Compensadores por cancelación

En este caso *H(s)* es distinto de 1, luego la transferencia que debe responder con dos muestras de retardo es entre *R y C'*.



R y C' son señales de igual naturaleza que pueden ser comparadas.

Luego, se plantea lo siguiente:

$$T'(z) = \frac{C'(z)}{R(z)} = \frac{D(z)GpH(z)}{[1 + D(z)GpH(z)]} \qquad \text{donde:} \qquad GpH(z) = (1 - z^{-1})Z\left\{\frac{GpH(s)}{s}\right\}$$

Despejando $D(z)$ se obtiene:

$$\boxed{D(z) = \frac{1}{GpH(z)}\left[\frac{T'(z)}{1 - T'(z)}\right]}$$

Compensadores por cancelación

Cálculo de D(z) [Compensador DEAD_BEAT]

Discretizar la planta con Ts=0.01 seg

$$GpH(z) = (1 - z^{-1})Z\left\{\frac{GpH(s)}{s}\right\} = (1 - z^{-1})z^{-1}Z\left\{\frac{23}{s^2(s+114)}\right\}$$

$$GpH(z) = \frac{8.14 \cdot 10^{-4}\,(z + 0.68)z^{-1}}{(z-1)(z-0.32)}$$

Teniendo en cuenta el retardo de la planta $T'(z) = 1/z^2$. Luego:

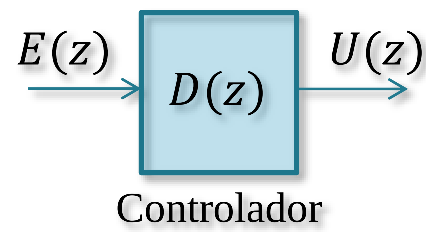
$$D(z) = \frac{1}{GpH(z)}\left[\frac{T'(z)}{1 - T'(z)}\right] = \frac{(z-1)(z-0.32)}{8.14 \cdot 10^{-4}(z+0.68)z^{-1}}\left[\frac{z^{-2}}{1 - z^{-2}}\right]$$

$$\boxed{D(z) = 1228.5\,\frac{(1 - 0.32z^{-1})}{(1 + z^{-1})(1 + 0.68z^{-1})}}$$

Compensadores por cancelación

Cálculo de D(z) [Compensador DEAD_BEAT]

Ecuación en diferencias



$$D(z) = 1228.5\,\frac{(1 - 0.32z^{-1})}{(1 + z^{-1})(1 + 0.68z^{-1})}$$

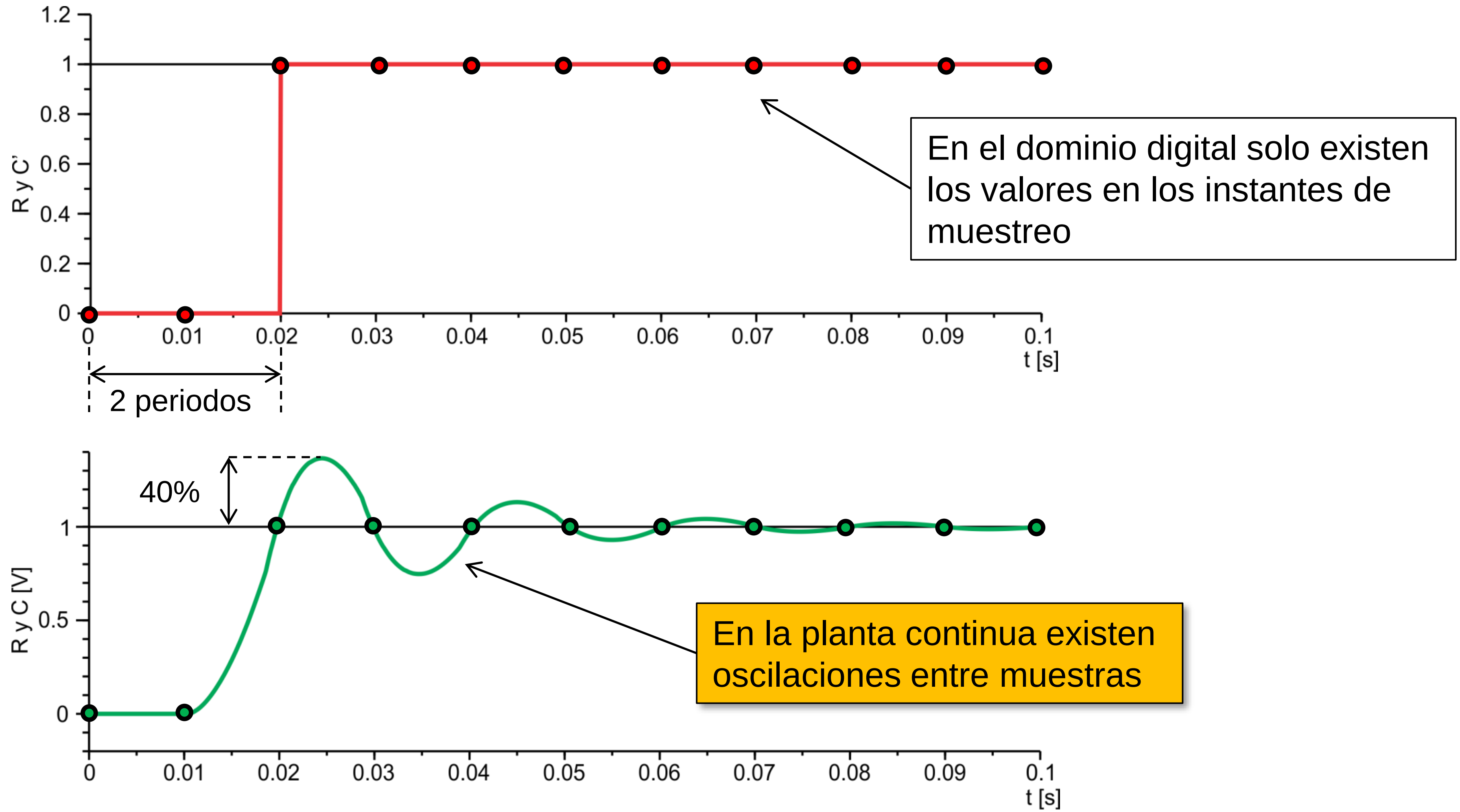
$$D(z) = \frac{U(z)}{E(z)} = \frac{K(1 - b_1 z^{-1})}{(1 + a_1 z^{-1})(1 + a_2 z^{-1})} = \frac{K(1 - b_1 z^{-1})}{1 + (a_1 + a_2)z^{-1} + a_1 a_2 z^{-2}}$$

$$u_{[k]} = K\left(e_{[k]} - b_1 e_{[k-1]}\right) - (a_1 + a_2)u_{[k-1]} - a_1 a_2 u_{[k-2]}$$

$$\boxed{u_{DB[k]} = 1228.5\left(e_{[k]} - 0.32e_{[k-1]}\right) - 1.68u_{[k-1]} - 0.68u_{[k-2]}}$$

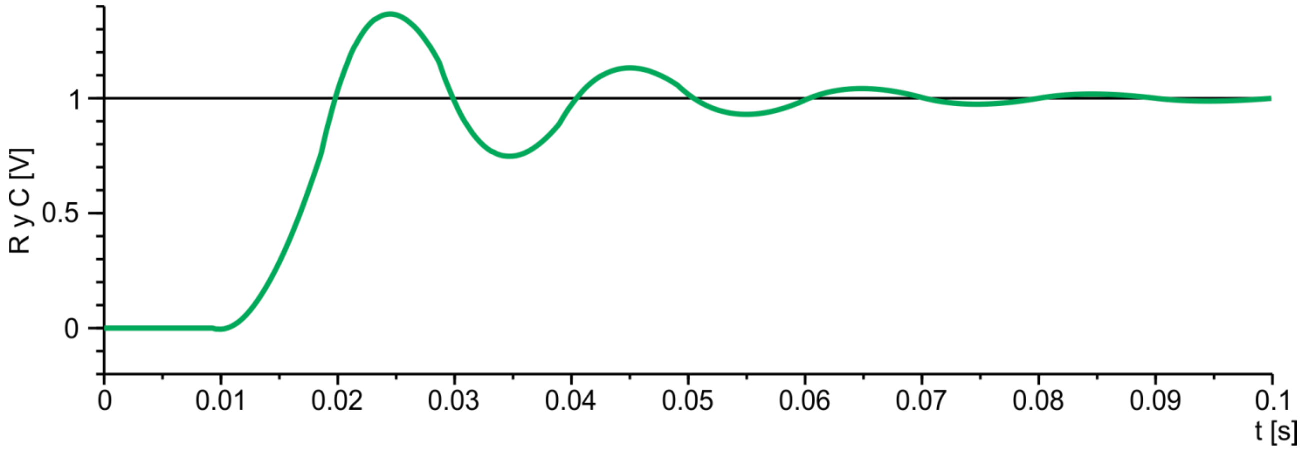
Compensadores por cancelación

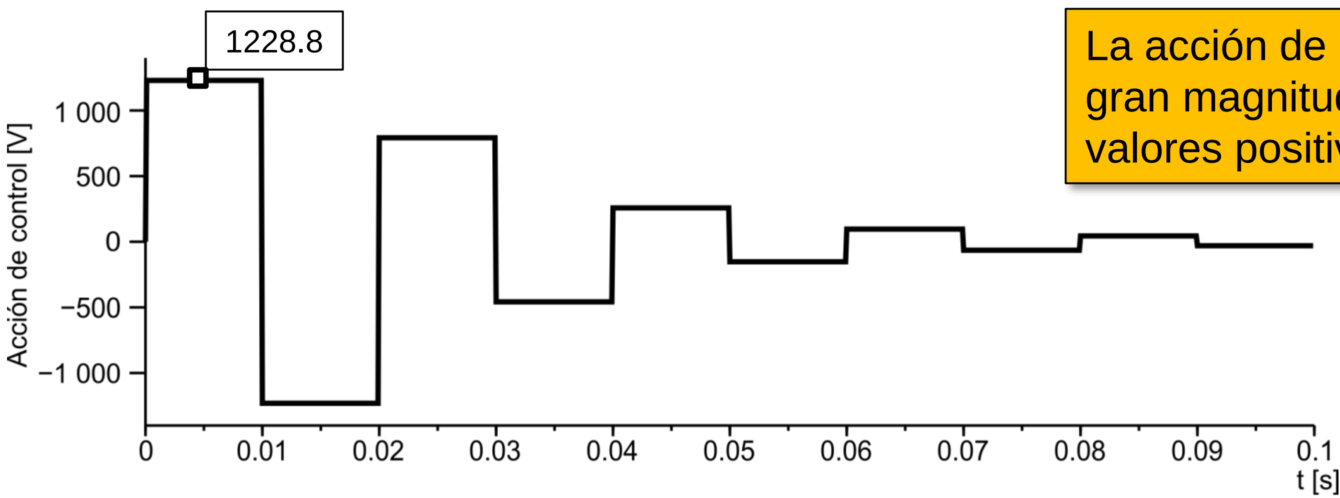
Simulaciones con compensador DEAD-BEAT



Compensadores por cancelación

Simulaciones con compensador DEAD-BEAT

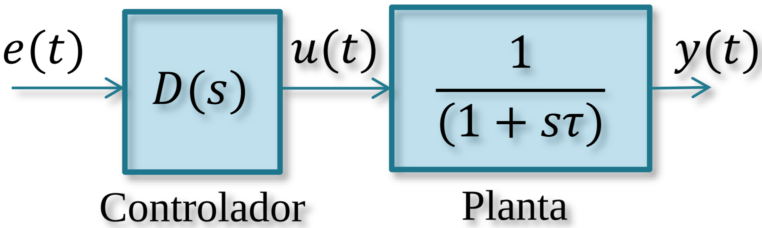


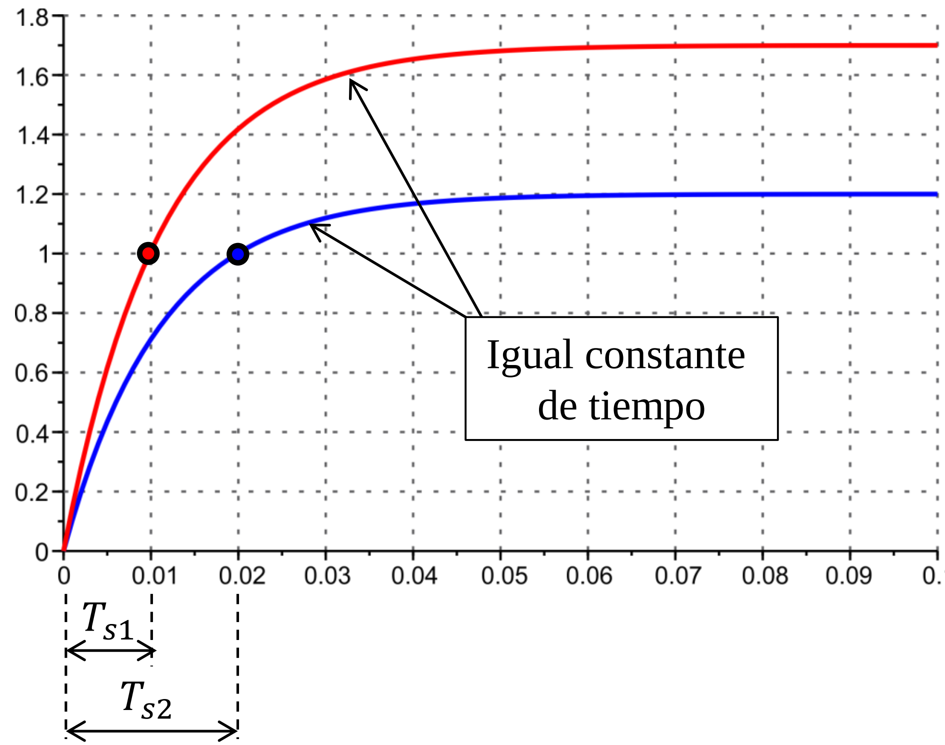


La acción de control es de gran magnitud y alterna entre valores positivos y negativos.

Compensadores por cancelación

Análisis de la acción de control





Curva roja con $u_1(t)$

Curva azul con $u_2(t)$

Llegar al mismo valor ‘1’ en menor tiempo implica que: $u_1(t) > u_2(t)$

Para reducir la acción de control se puede:

- Aumentar el tiempo de muestreo, T_s
- Relajar la dinámica entre muestras, T_s (Analizar controlador DAHLIN)

Compensadores por cancelación

Cálculo de D(z) [Compensador DAHLIN]

$$GpH(z) = \frac{8.14 \cdot 10^{-4}\,(z + 0.68)z^{-1}}{(z-1)(z-0.32)}$$

Se plantea obtener, para una entrada en escalón, una salida con una constante de tiempo $\tau = 50$ms. Luego, considerando que $T_s = 0.01s$, se tiene:

$$T'(z) = \frac{1}{z}\left[\frac{1-q}{z-q}\right] \quad \text{donde:} \quad \begin{array}{l} q = e^{-\lambda T_s} \\ \lambda = 1/\tau \end{array} \Rightarrow \quad T'(z) = \frac{1}{z}\left[\frac{0.1813}{z-0.8187}\right]$$

El controlador resulta:

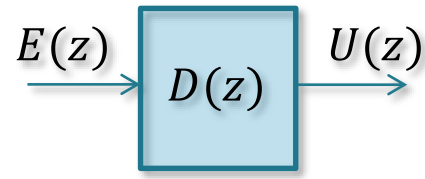
$$D(z) = \frac{1}{GpH(z)}\left[\frac{T'(z)}{1-T'(z)}\right] = \frac{(z-1)(z-0.32)}{8.14 \cdot 10^{-4}(z+0.68)z^{-1}}\left[\frac{0.1813}{(z+0.68)(z+0.1813)}\right]$$

$$\boxed{D(z) = 222.7\,\frac{(1-0.32z^{-1})}{(1+0.1813z^{-1})(1+0.68z^{-1})}}$$

Compensadores por cancelación

Cálculo de D(z) [Compensador DAHLIN]

Ecuación en diferencias



Controlador

$$D(z) = 222.7\frac{(1-0.32z^{-1})}{(1+0.1813z^{-1})(1+0.68z^{-1})}$$

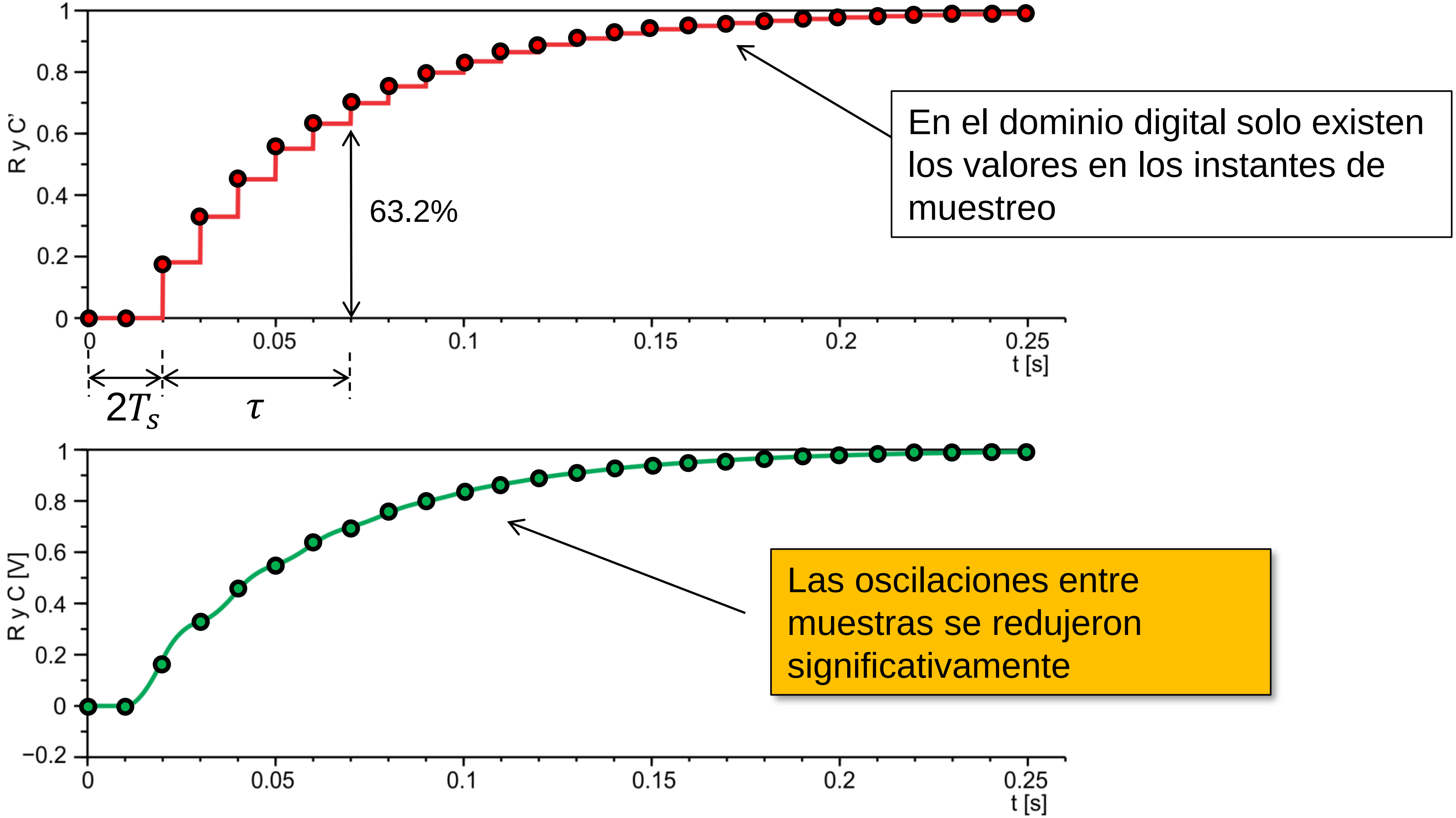
$$D(z) = \frac{U(z)}{E(z)} = \frac{K(1-b_1z^{-1})}{(1+a_1z^{-1})(1+a_2z^{-1})} = \frac{K(1-b_1z^{-1})}{1+(a_1+a_2)z^{-1}+a_1a_2z^{-2}}$$

$$u_{[k]} = K\left(e_{[k]} - b_1e_{[k-1]}\right) - (a_1+a_2)u_{[k-1]} - a_1a_2u_{[k-2]}$$

$$\boxed{u_{DAH[k]} = 222.7\left(e_{[k]} - 0.32e_{[k-1]}\right) - 0.8613u_{[k-1]} - 0.1233u_{[k-2]}}$$

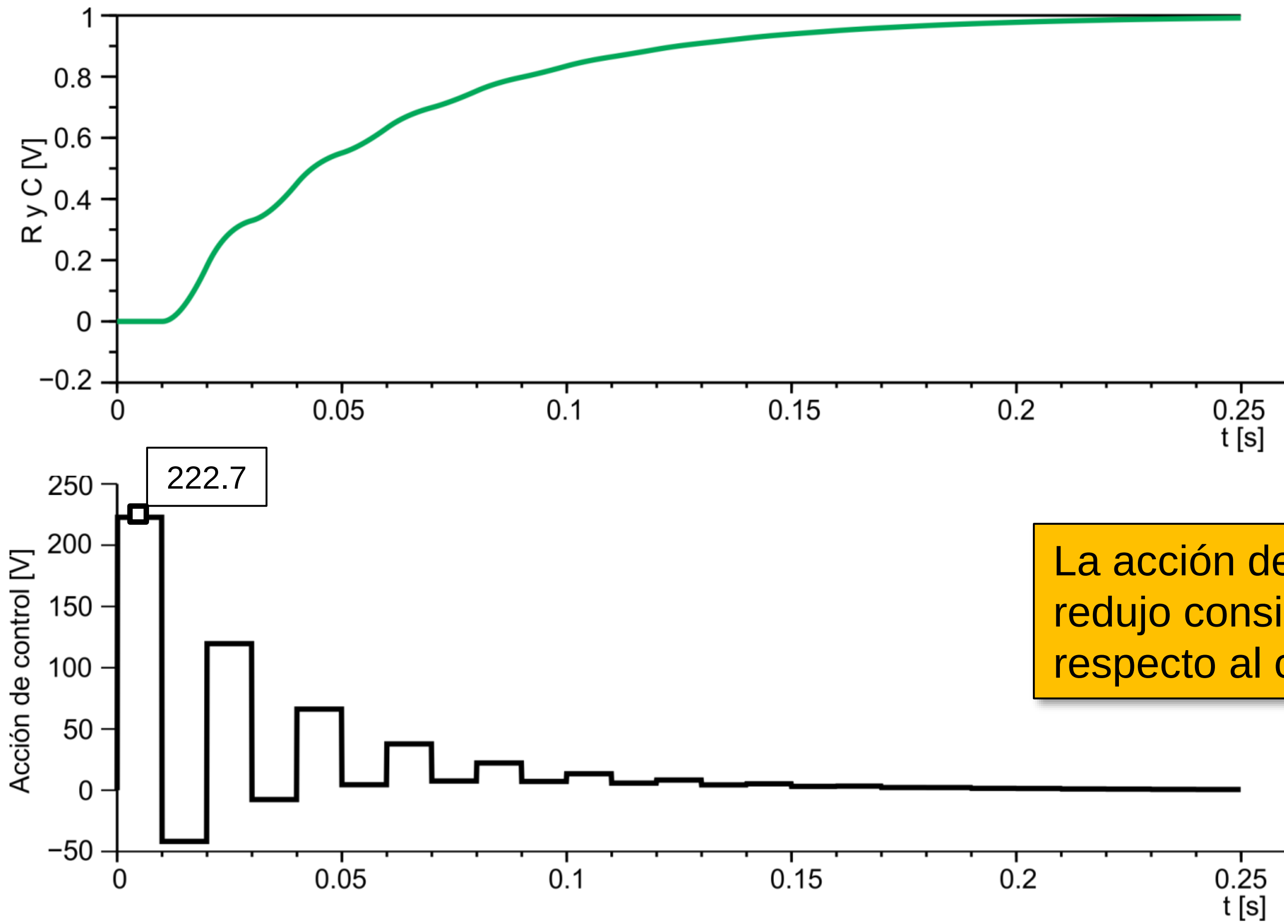
Compensadores por cancelación

Simulaciones con compensador DAHLIN



Compensadores por cancelación

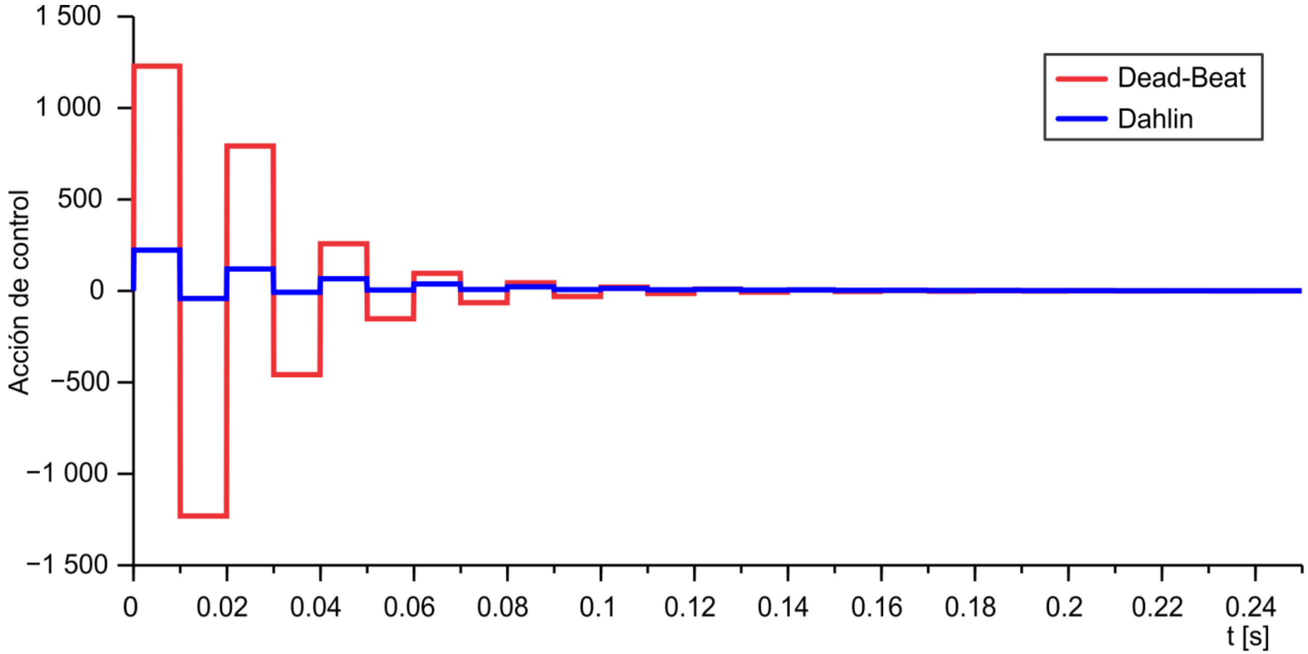
Simulaciones con compensador DAHLIN



La acción de control se redujo considerablemente respecto al caso Dead-Beat.

Compensadores por cancelación

Comparativa DEAD-BEAT vs. DAHLIN



$$u_{DB[k]} = 1228.5\left(e_{[k]} - 0.32e_{[k-1]}\right) - 1.68u_{[k-1]} - 0.68u_{[k-2]}$$

$$u_{DAH[k]} = 222.7\left(e_{[k]} - 0.32e_{[k-1]}\right) - 0.8613u_{[k-1]} - 0.1233u_{[k-2]}$$