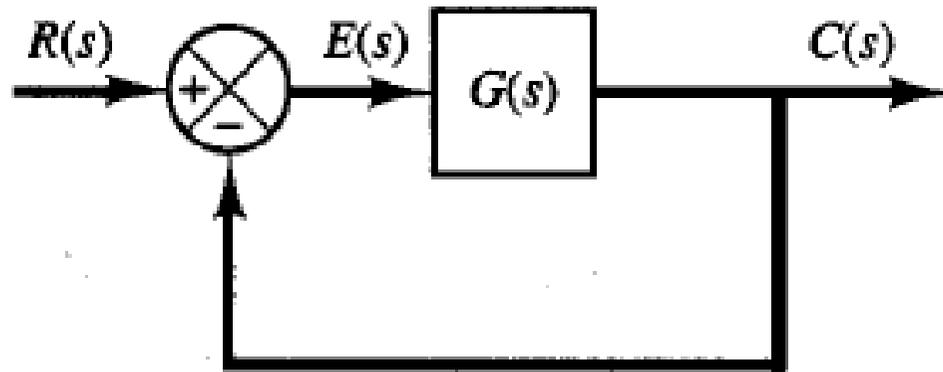


# ERRORES DE ESTADO ESTACIONARIO

Ogata 3°Ed. cap. 5.10; Kuo cap. 7-3-2

# Errores



$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G(s)}{1 + G(s)}$$

$$\frac{E(s)}{R(s)} = 1 - \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{1}{1 + G(s)}$$

$$E(s) = \frac{1}{1 + G(s)} R(s)$$

“Error de estado estacionario”

$$e_{\text{ss}} = \lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = \lim_{s \rightarrow 0} sE(s) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{sR(s)}{1 + G(s)}$$

# Error al escalón

Error de estado estacionario:

$$e_{ss} = \lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = \lim_{s \rightarrow 0} sE(s) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{sR(s)}{1 + G(s)}$$

Si  $R(s)$  es el  
escalón...

$$e_{ss} = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{s}{1 + G(s)} \frac{1}{s} = \frac{1}{1 + G(0)}$$

Constante de error de posición estática:

$$K_p = \lim_{s \rightarrow 0} G(s) \neq G(0)$$

$$e_{ss} = \frac{1}{1 + K_p} \quad \text{(Suele decirse también "error de posición")}$$

## Error al escalón

$$G(s) = \frac{K(T_a s + 1)(T_b s + 1) \cdots (T_m s + 1)}{s^N (T_1 s + 1)(T_2 s + 1) \cdots (T_p s + 1)}$$



N: “tipo” del sistema

Para un sistema de tipo 0,

$$K_p = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{K(T_a s + 1)(T_b s + 1) \cdots}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1) \cdots} = K$$

Para un sistema de tipo 1 o mayor,

$$K_p = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{K(T_a s + 1)(T_b s + 1) \cdots}{s^N (T_1 s + 1)(T_2 s + 1) \cdots} = \infty$$

## Error al escalón

$$e_{ss} = \frac{1}{1 + K}, \quad \text{para sistemas de tipo 0}$$

$$e_{ss} = 0, \quad \text{para sistemas de tipo 1 o mayor}$$

¡Ojo!

El sistema realimentado DEBE ser estable a LC

Tipo  $\geq 1$  no garantiza por sí solo que resulte  $e_{ss}=0$

## Error para la entrada Rampa

$$\lim_{s \rightarrow 0} \frac{sR(s)}{1 + G(s)} \longrightarrow e_{ss} = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{s}{1 + G(s)} \frac{1}{s^2} = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{1}{sG(s)}$$

La constante de error de velocidad estática  $K_v$  se define mediante

$$K_v = \lim_{s \rightarrow 0} sG(s)$$

Entonces, el error de estado estacionario para una excitación “rampa” es...

$$e_{ss} = \frac{1}{K_v} \quad (\text{Suele decirse también “error de velocidad”})$$

Cuidado: NO tiene la misma forma que para  $K_{p_6}$

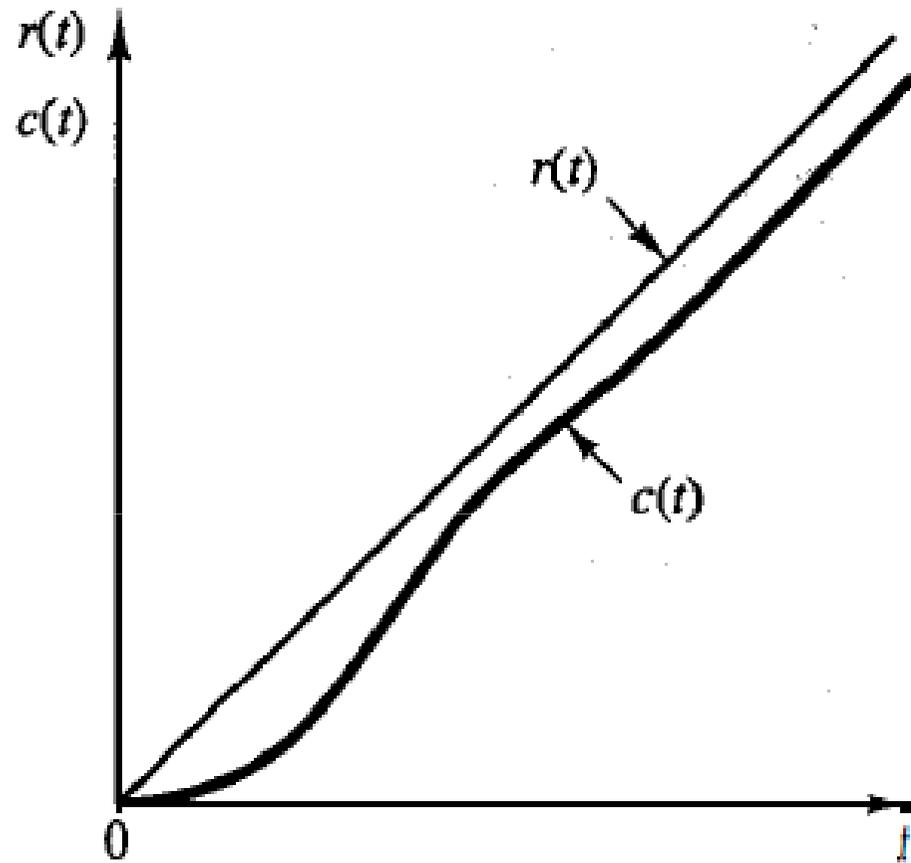
## Error para la entrada Rampa

$$e_{ss} = \frac{1}{K_v} = \infty, \quad \text{para sistemas de tipo 0}$$

$$e_{ss} = \frac{1}{K} = \frac{1}{K}, \quad \text{para sistemas de tipo 1}$$

$$e_{ss} = \frac{1}{K_v} = 0, \quad \text{para sistemas de tipo 2 o mayor}$$

## Error para la entrada Rampa



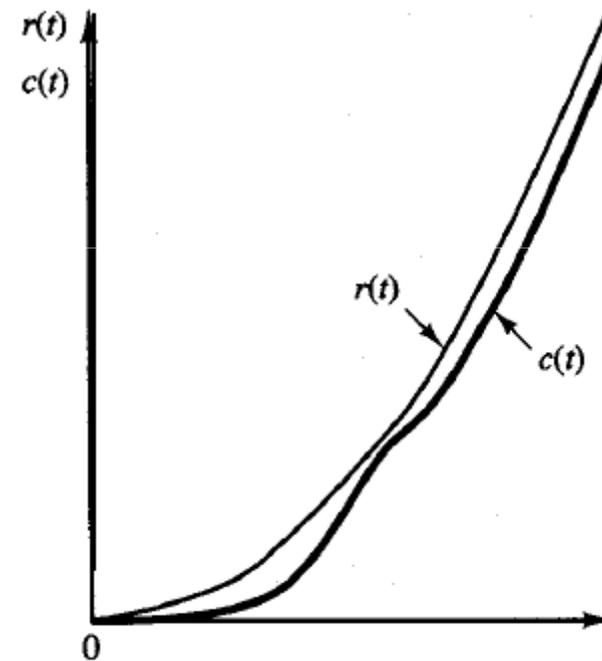
Respuesta de un sistema con realimentación unitaria de tipo 1 para una entrada rampa.

# Error para la entrada parabólica

Constante de error de aceleración estática  $K_a$

$$r(t) = \frac{t^2}{2}, \quad \text{para } t \geq 0$$
$$= 0, \quad \text{para } t < 0$$

$$e_{ss} = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{s}{1 + G(s)} \frac{1}{s^3}$$
$$= \frac{1}{\lim_{s \rightarrow 0} s^2 G(s)}$$



Respuesta de un sistema de tipo 2 con realimentación unitaria a una entrada parabólica.

**Tabla 5-2** Error en estado estable en términos de la ganancia  $K$

	Entrada escalón $r(t) = 1$	Entrada rampa $r(t) = t$	Entrada de aceleración $r(t) = \frac{1}{2}t^2$
Sistema de tipo 0	$\frac{1}{1 + K}$	$\infty$	$\infty$
Sistema de <b>tipo 1</b>	0	$\frac{1}{K}$	$\infty$
Sistema de tipo 2	0	0	$\frac{1}{K}$