



---

# **E1214 Fundamentos de las Comunicaciones**

## **E0214 Comunicaciones**

## **E0311/E1311 Comunicaciones**

**Curso 2024**

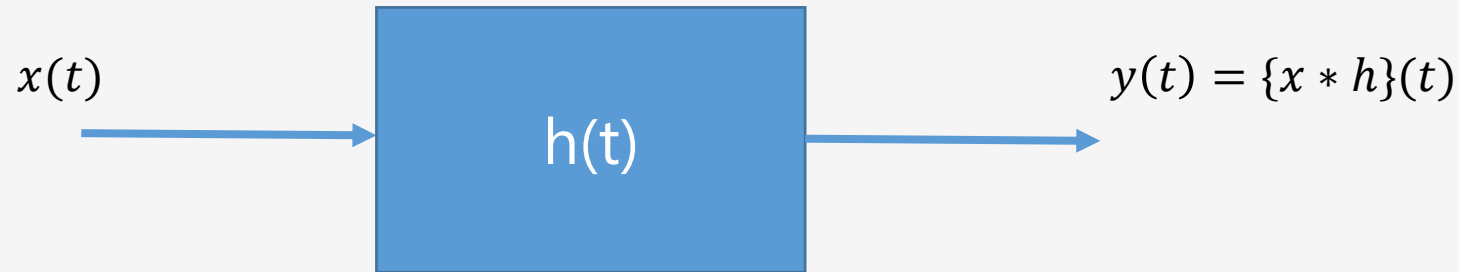
# Temas a tratar

---

- Distorsión Lineal
- Retardo de fase
- Retardo de grupo

# Distorsión lineal

¿Cómo debería ser la respuesta de un sistema lineal que no produce distorsión de la señal?

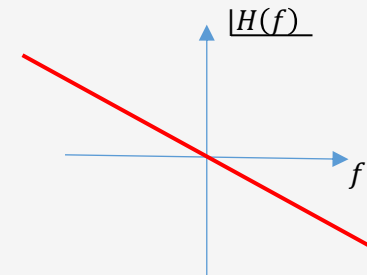
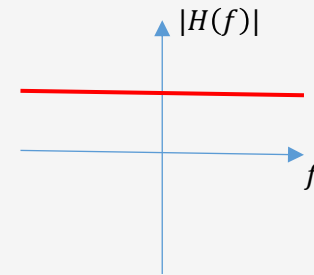


Si el sistema NO produce distorsión lineal, podemos escribir a la señal de salida como:

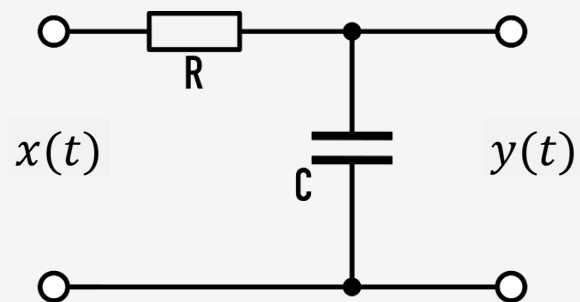
$$y(t) = K x(t - t_o) \quad ; \quad \text{con } K \text{ constante real}$$

$$H(f) = K e^{-j2\pi f t_o}$$

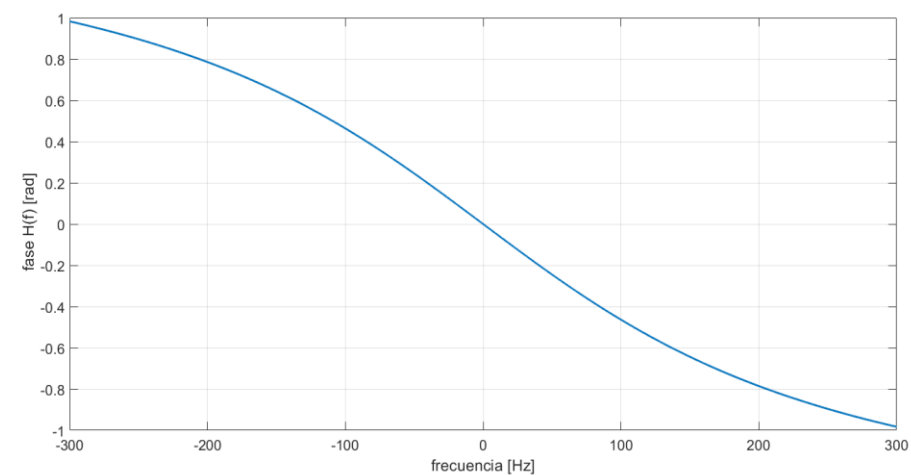
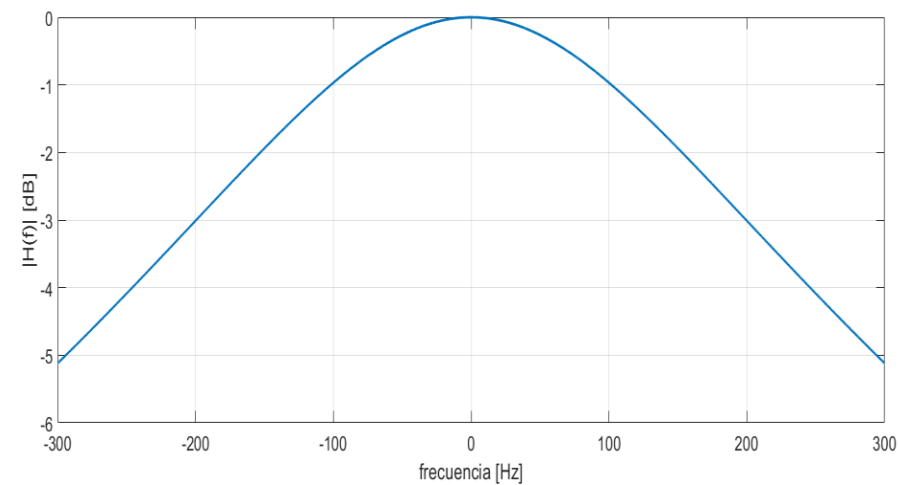
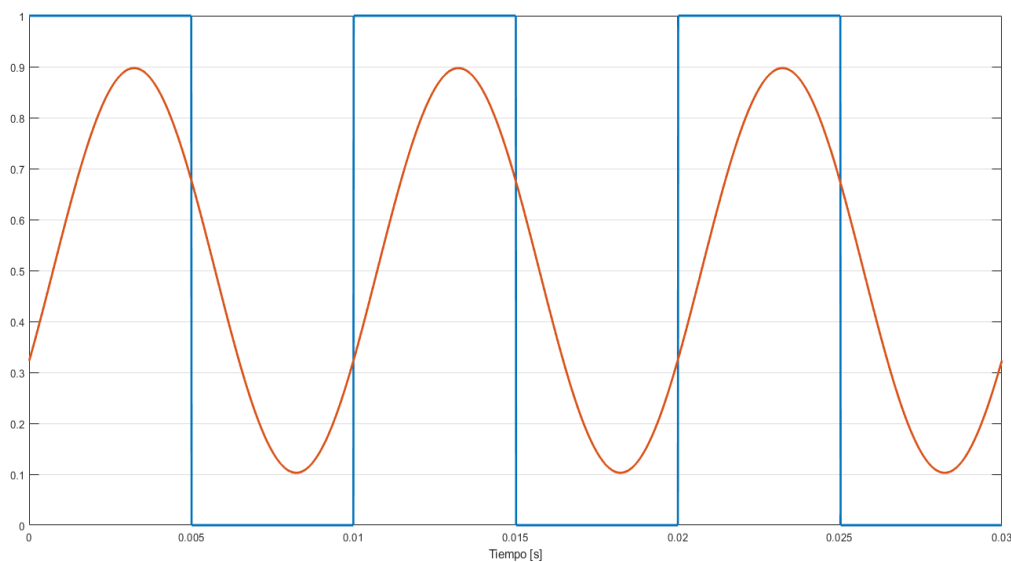
La distorsión no se produce porque aparecen componentes que no estaban en la señal de entrada (como en los SNL)



# Distorsión lineal



$$H(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{1}{1 + sRC}$$



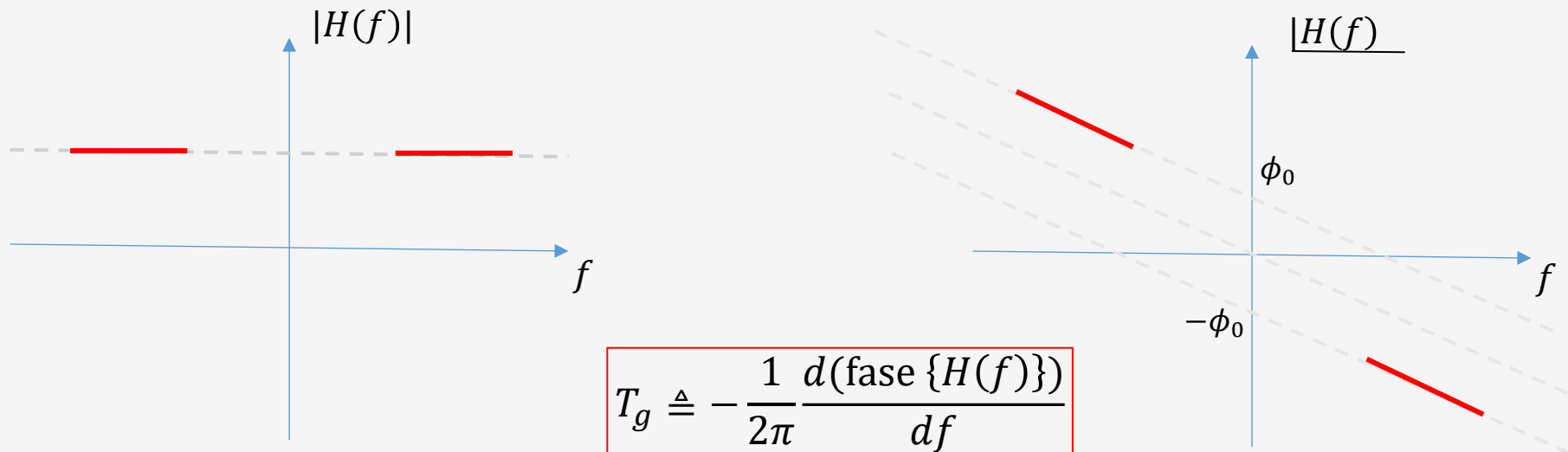
# Retardo de fase y grupo

Definimos al retardo de fase como:

$$T_f \triangleq -\frac{\text{fase}\{H(f)\}}{2\pi f}$$

Para que el sistema no produzca distorsión lineal, el módulo de la respuesta en frecuencia deberá ser constante y la fase lineal (**retardo de fase constante**) en el ancho de banda de señal.

En algunos casos podemos relajar esta restricción tan fuerte para el sistema.



# Ejemplos

Supongamos una señal de DBL que atraviesa un canal/sistema que no produce distorsión lineal, esto es, en el ancho de banda de señal puede escribirse,  $H(f) = G e^{-j2\pi f t_0}$ , con  $G$  y  $t_0$  constantes reales.

$$x(t) = A m(t) \cos(2\pi f_p t) \qquad \text{fase}\{H(f)\} = -2\pi t_0 f \quad \longrightarrow \quad T_f \triangleq -\frac{\text{fase}\{H(f)\}}{2\pi f} = t_0 \text{ cte.}$$

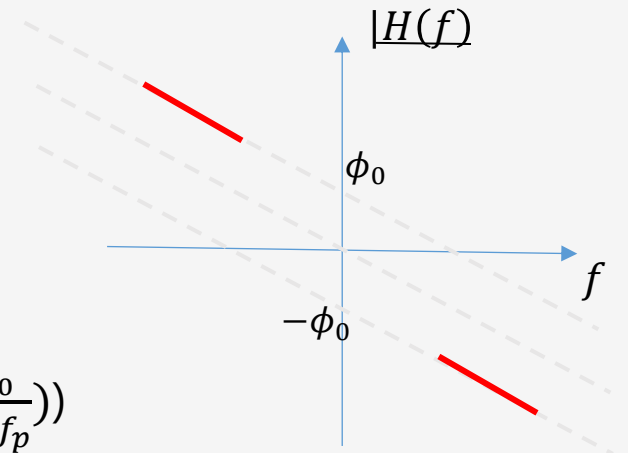
La señal a la salida será:  $y(t) = A G m(t - T_f) \cos(2\pi f_p(t - T_f))$

Si ahora, la señal atraviesa un canal con ganancia y retardo de grupo constante en el ancho de banda de señal

$$Y(f) = X(f) H(f)$$

$$\begin{aligned} Y(f) &= \frac{1}{2} [M(f + f_p) - M(f - f_p)] H(f) = \\ &= \frac{G}{2} [M(f + f_p) e^{j\phi_0} - M(f - f_p) e^{-j\phi_0}] e^{j2\pi f T_g} \end{aligned}$$

$$y(t) = G m(t - T_g) \cos(2\pi f_p(t - T_g) - \phi_0) = G m(t - T_g) \cos(2\pi f_p(t - T_g - \frac{\phi_0}{2\pi f_p}))$$



## Fuentes:

---

- Principles of Communications, 5/E by Rodger Ziemer and William Tranter, John Wiley & Sons. Inc.
- [www.minicircuits.com](http://www.minicircuits.com)
- <https://www.mwrf.com>
- Software Defined Radio Using MATLAB & Simulink and the RTL-SDR. ISBN: 978-0-9929787-1-6

