

Tema 3

Transmisión de señales a través de cuadripolos lineales invariantes en el tiempo. Análisis en dominio de tiempo. Convolución. Convolución discreta. Análisis en frecuencia. Función de transferencia, amplitud y fase. Ancho de banda equivalente. Distorsión de amplitud y fase. Condiciones necesarias para transmisión sin distorsión.

Retardos de fase y grupo. Efecto de alinealidades leves. Modelado de la distorsión no lineal. Análisis en tiempo y frecuencia. Puntos de intercepción de segundo y tercer orden. Ruido térmico. Modelo de resistencia ruidosa. Caracterización del ruido térmico en sistemas lineales. Número de ruido y Temperatura equivalente de ruido. Cascada de cuadripolos. Relación señal/ruido. Rango dinámico.

Condiciones necesarias para transmisión sin distorsión

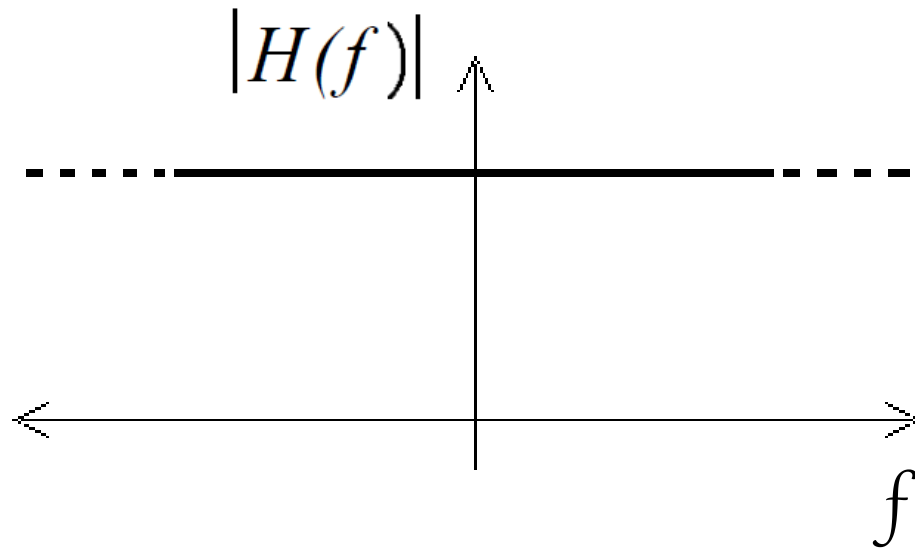
$$y(t) = Kx(t - t_d)$$

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

$$Y(f) = \mathcal{F}[y(t)] = Ke^{-j\omega t_d}X(f)$$

$$H(f) = Ke^{-j\omega t_d}$$

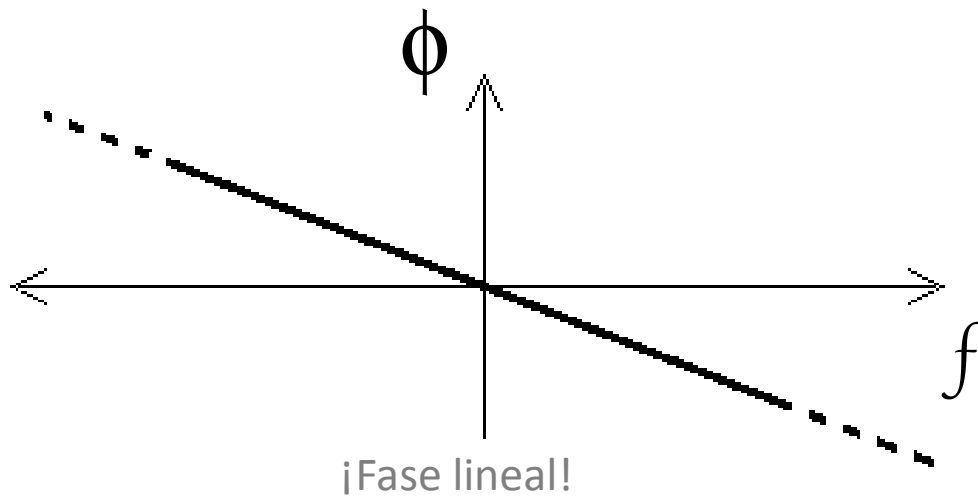
$$|H(f)| = |K| \quad \arg H(f) = -2\pi t_d f \pm m180^\circ$$



$$|H(f)| \neq |K|$$

(Módulo NO constante)

Distorsión de amplitud



$$\arg H(f) \neq -2\pi t_d f \pm m180^\circ$$

Distorsión de retardo

Causalidad y Realizabilidad

Paley-Wiener
+
energía finita

¿Filtro ideal?

Paley-Wiener

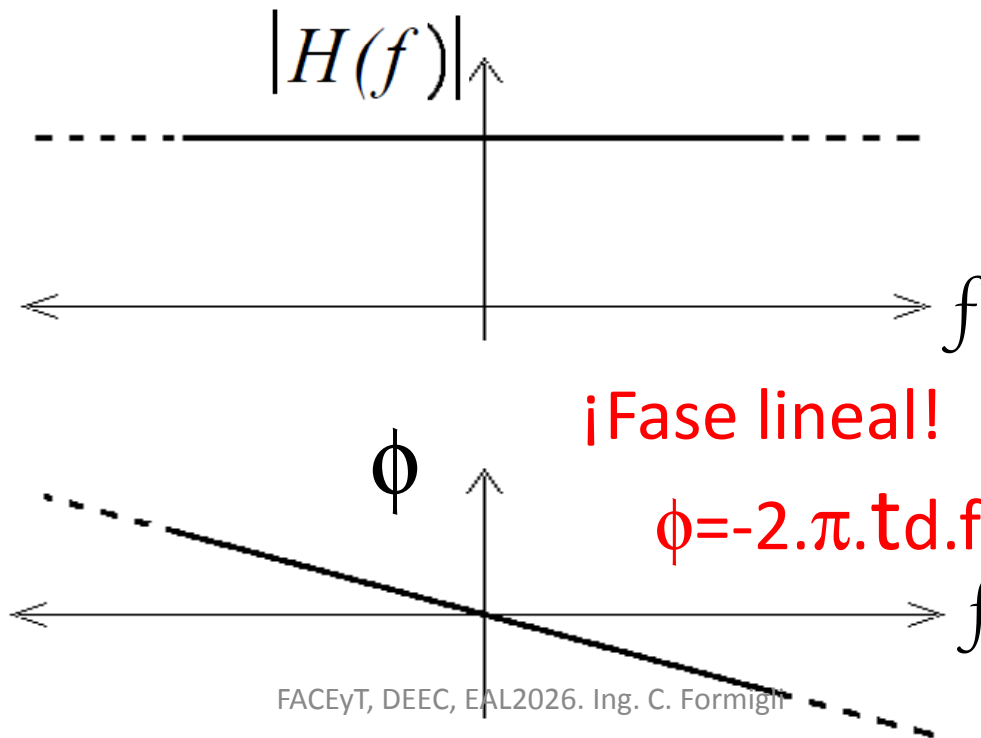
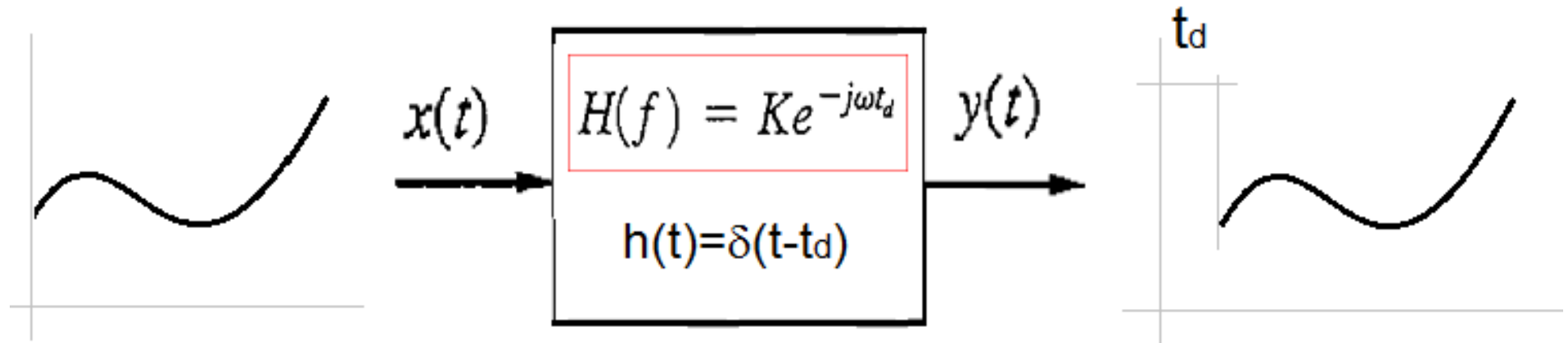
$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{|\ln (|H(\omega)|)|}{1+\omega^2} \cdot d\omega < \infty$$

Energía finita

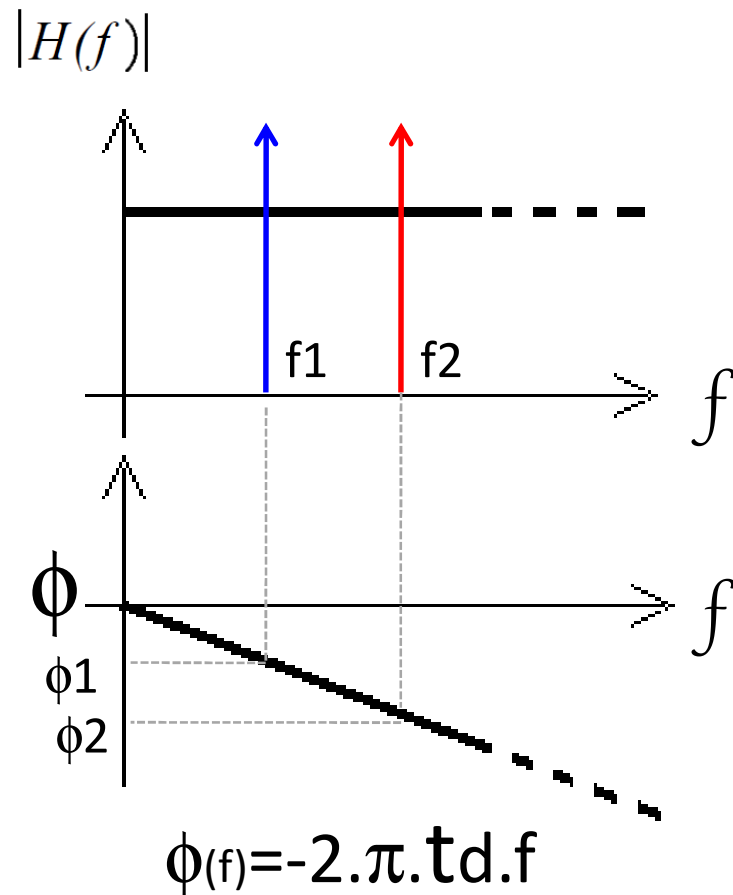
$$\int_{-\infty}^{\infty} |H(\omega)|^2 \cdot d\omega < \infty$$

Retardos de Fase y de Grupo

(Carlson-Crilly-Rutledge cap. 3.2)



Retardo de Fase



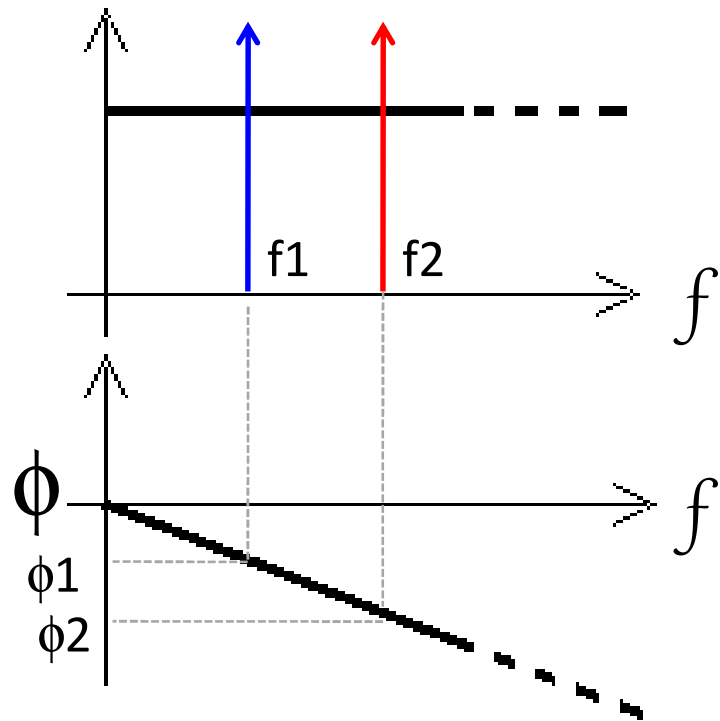
El **Retardo de Fase** (“phase delay”), es una **medida de tiempo**, que indica el equivalente en segundos del corrimiento de fase angular (phase shift, o phase lag/lead) que se observa a una frecuencia particular, entre las señales de entrada y salida de un bipuerto.

Cuando se tiene un sistema que presenta corrimiento de fase “lineal”, cada componente espectral sufrirá un corrimiento angular distinto, pero el equivalente en tiempo será el mismo para todas. Es decir: todas las componente tendrán el mismo **retardo** de fase.

Cuando se tiene un sistema de modulación de banda angosta, suele tomarse como referencia de frecuencia la correspondiente a la portadora, y se habla de “retardo de portadora”. O sea: el retardo de fase representativo para la banda de frecuencias de trabajo será el retraso angular de la portadora, pero expresado en segundos.

Retardo de Fase

$|H(f)|$



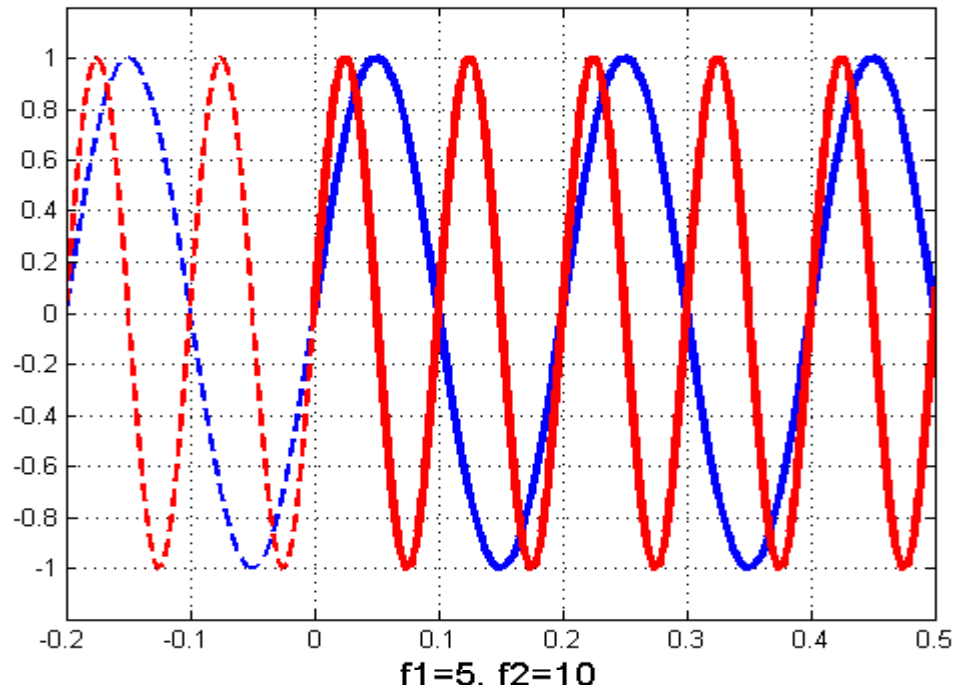
$$\phi = -2 \cdot \pi \cdot t_d \cdot f$$

si $t_d = 25\text{ms}$,

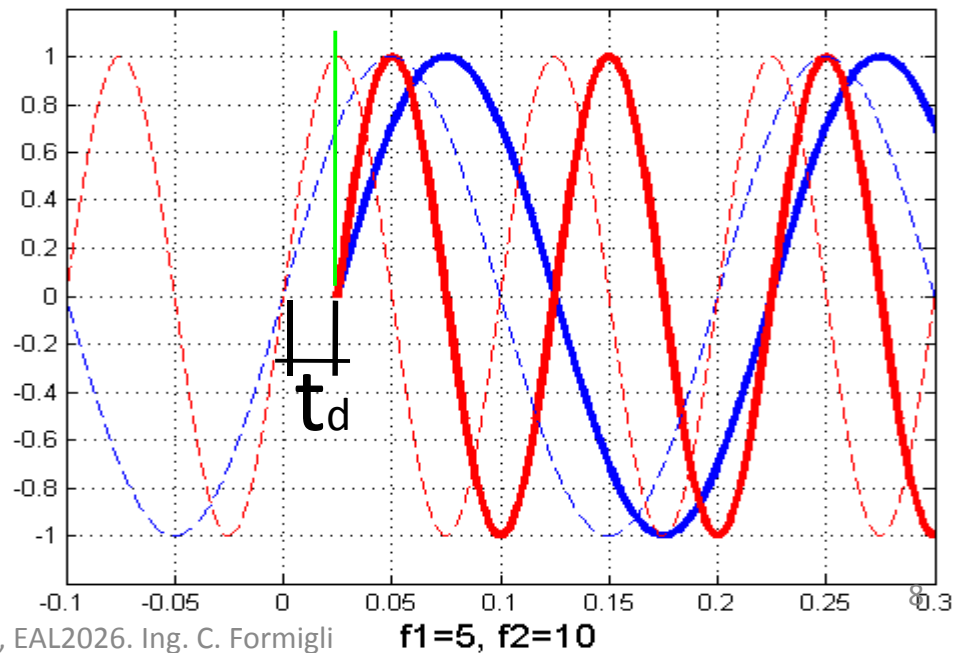
$$\phi_1 = -45^\circ$$

$$\phi_2 = -90^\circ$$

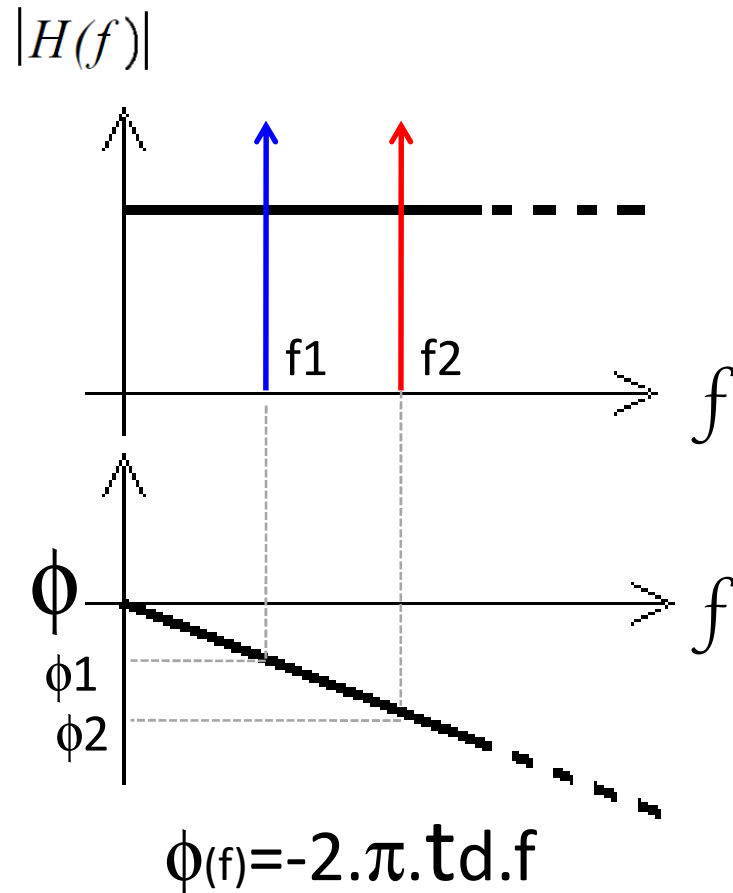
$X(t)$



$Y(t)$



Retardo de Grupo



El retardo de grupo es una medida de tiempo (en segundos) que se corresponde con el retardo entre la envolvente de la señal de entrada y envolvente de la señal de salida. También es llamado “Retardo de Envolvente”, “Group delay” o “Envelope Delay”.

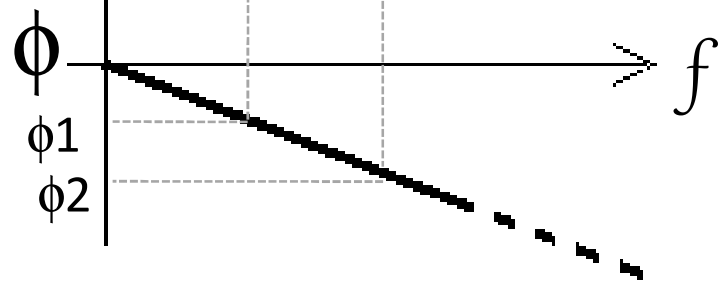
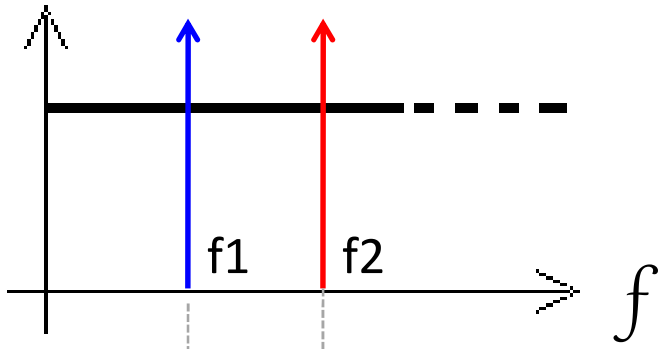
Se define matemáticamente como:

$$t_g = 1/2\pi * d\phi/df$$

De manera que cuando el sistema exhibe corrimiento de fase lineal, el retardo de grupo (t_g) resulta igual al retardo de fase (t_d).

Retardo de Grupo

$|H(f)|$



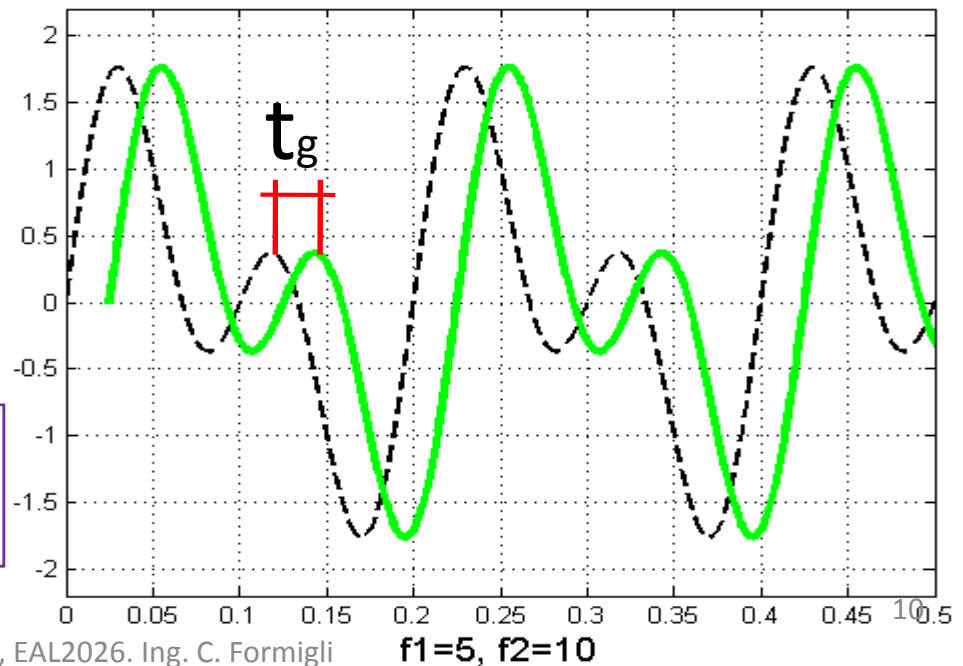
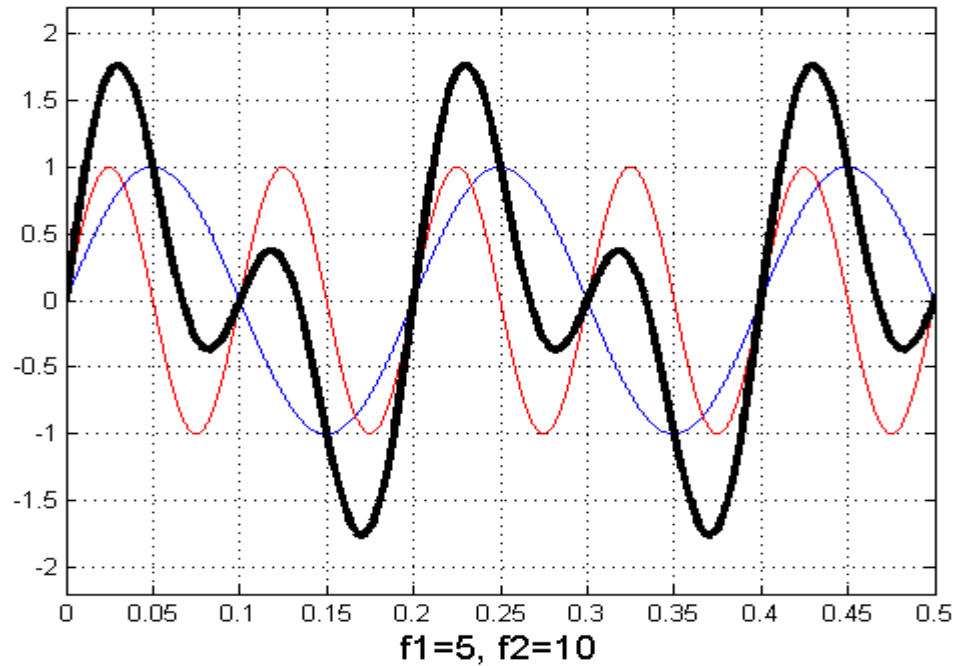
$$\phi = -2 \cdot \pi \cdot t_d \cdot f$$

si $t_d = 25\text{ms}$...

$$\phi_1 = -45^\circ$$

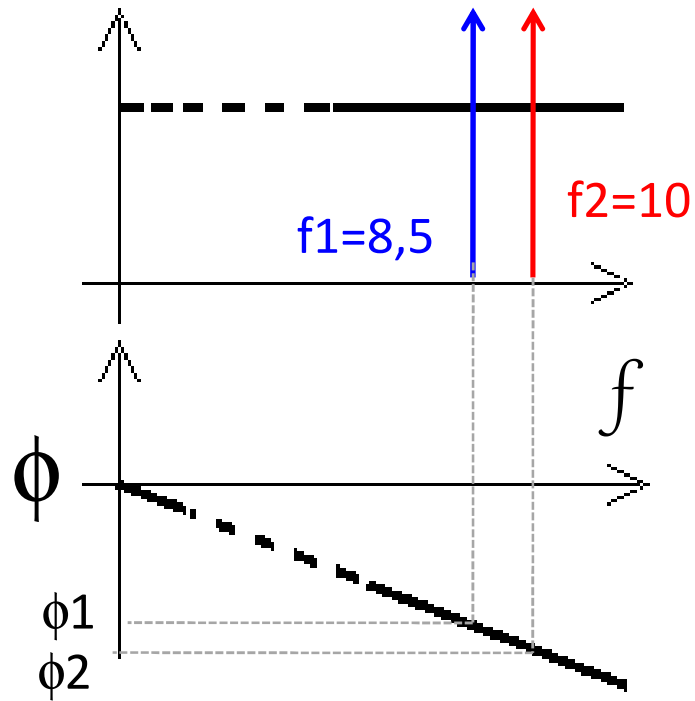
$$\phi_2 = -90^\circ$$

$$t_g = 1/2\pi * d\phi/df$$



Retardo de Grupo

$|H(f)|$



$$\phi(f) = -2 \cdot \pi \cdot t_d \cdot f$$

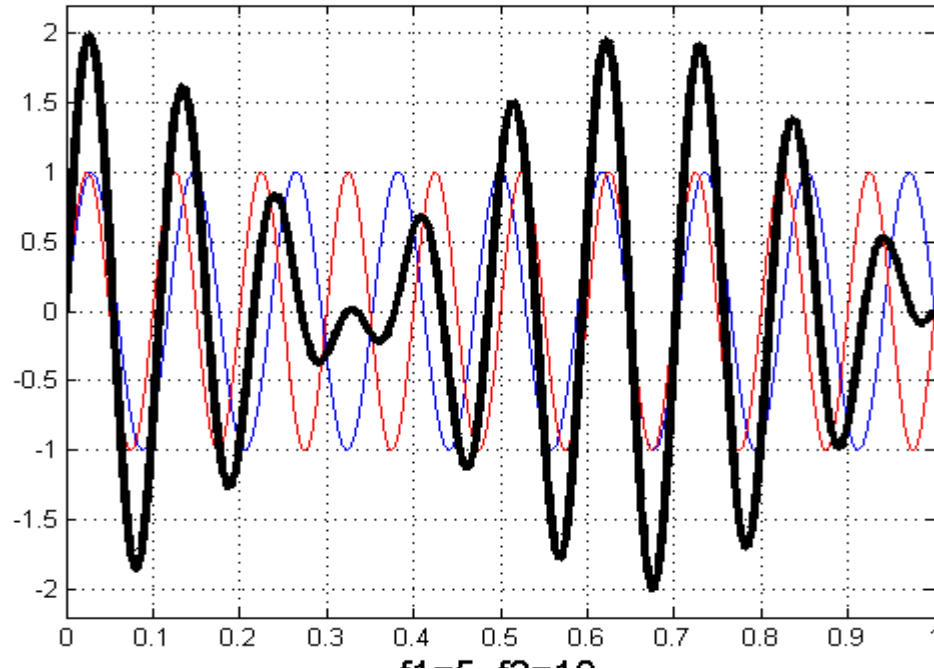
si $t_d = 25 \text{ms}$,

$$\phi_1 = -76,5^\circ$$

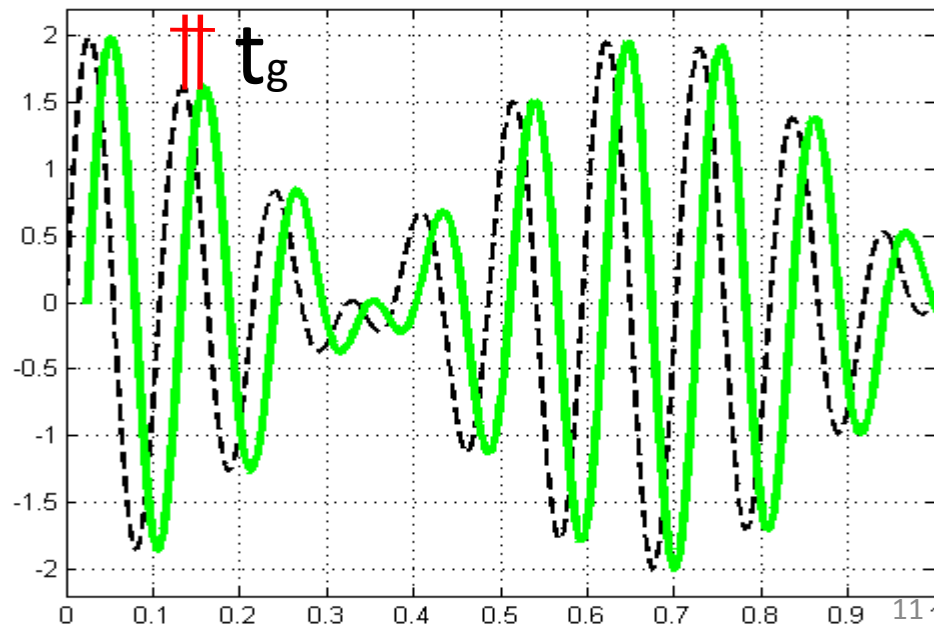
$$\phi_2 = -90^\circ$$

$t_g = t_d$

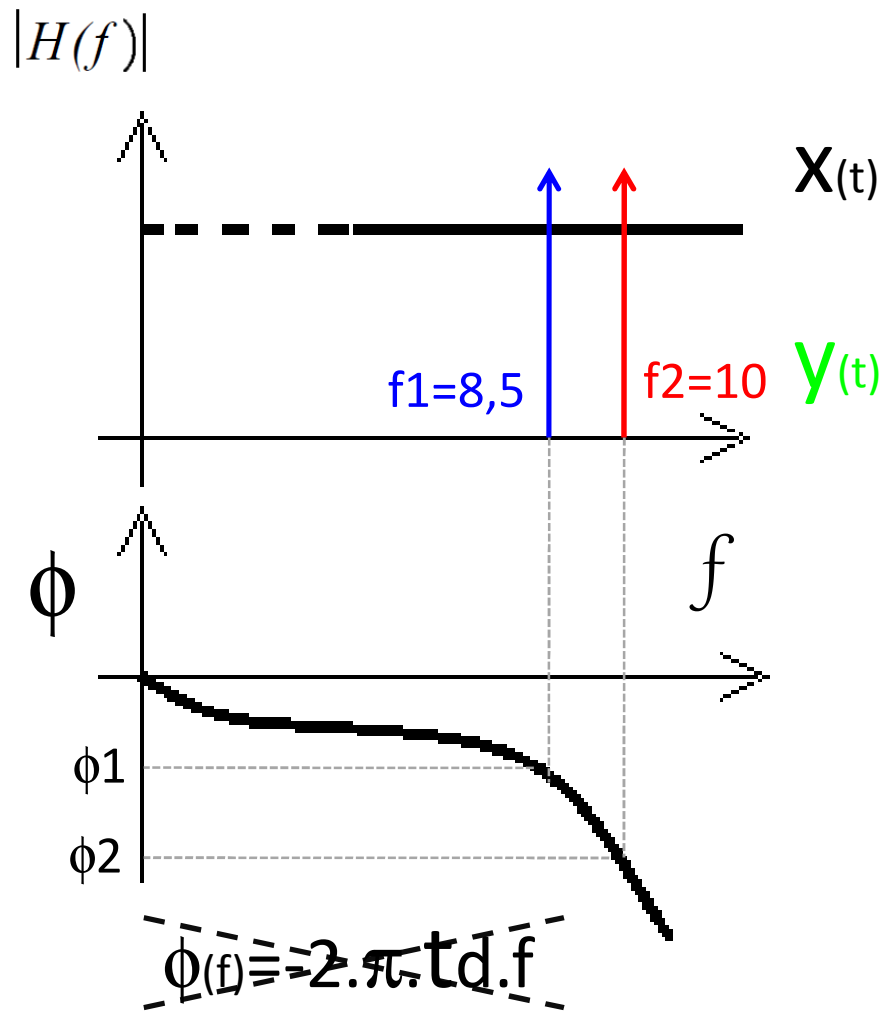
$X(t)$



$Y(t)$



Retardo de Grupo



$\phi_1 = -45^\circ$

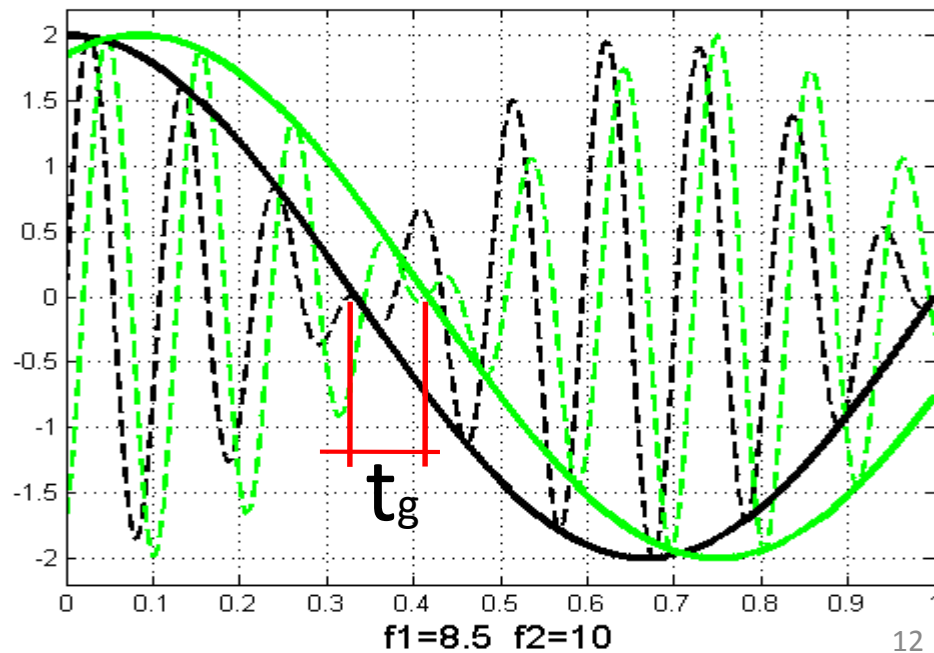
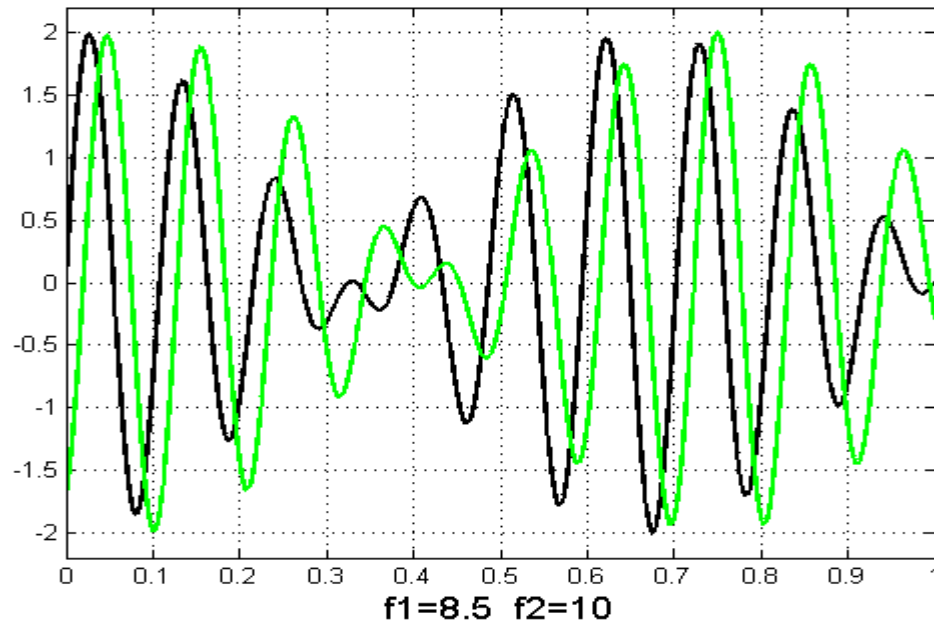
$\phi_2 = -90^\circ$

$t_g = 1/2\pi \cdot d\phi/df$

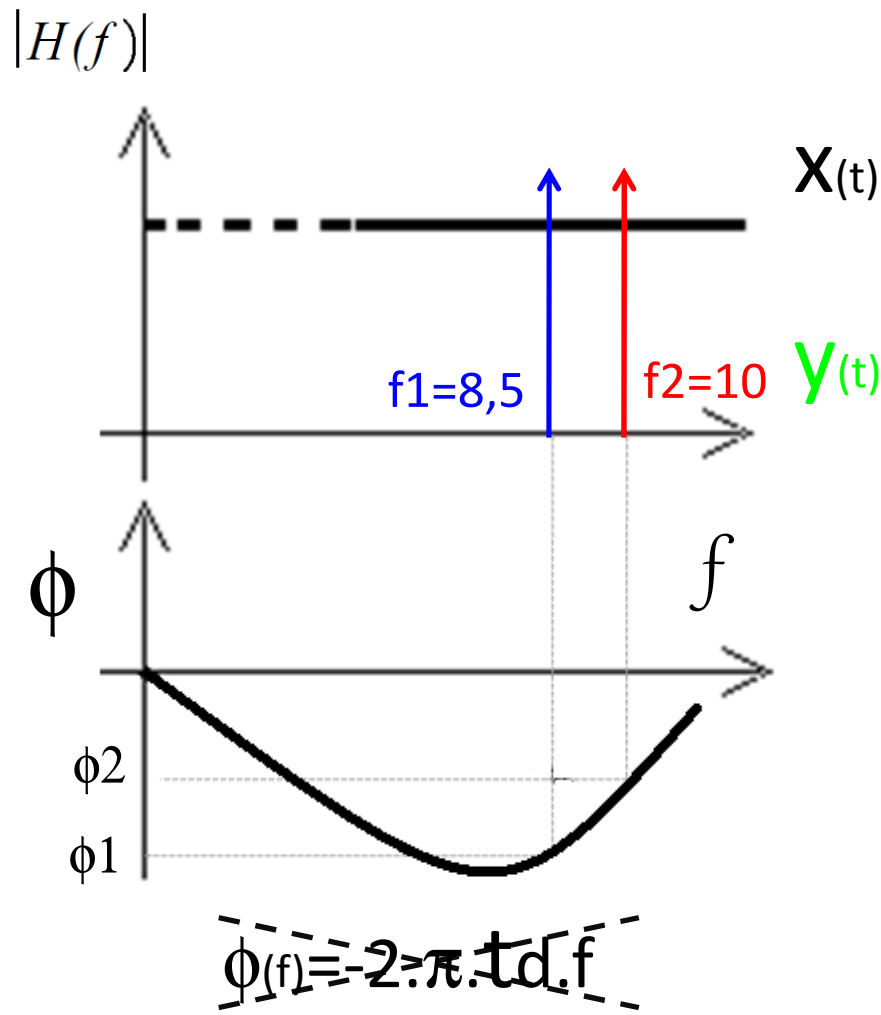
$t_g = 83ms$

$X(t)$

$Y(t)$



Retardo de Grupo

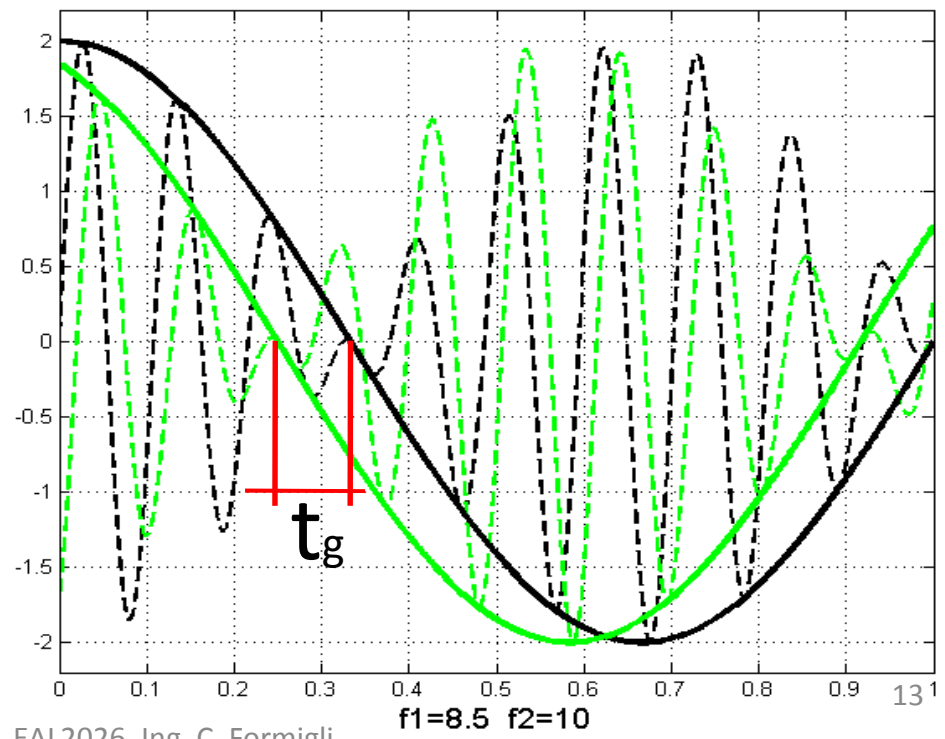
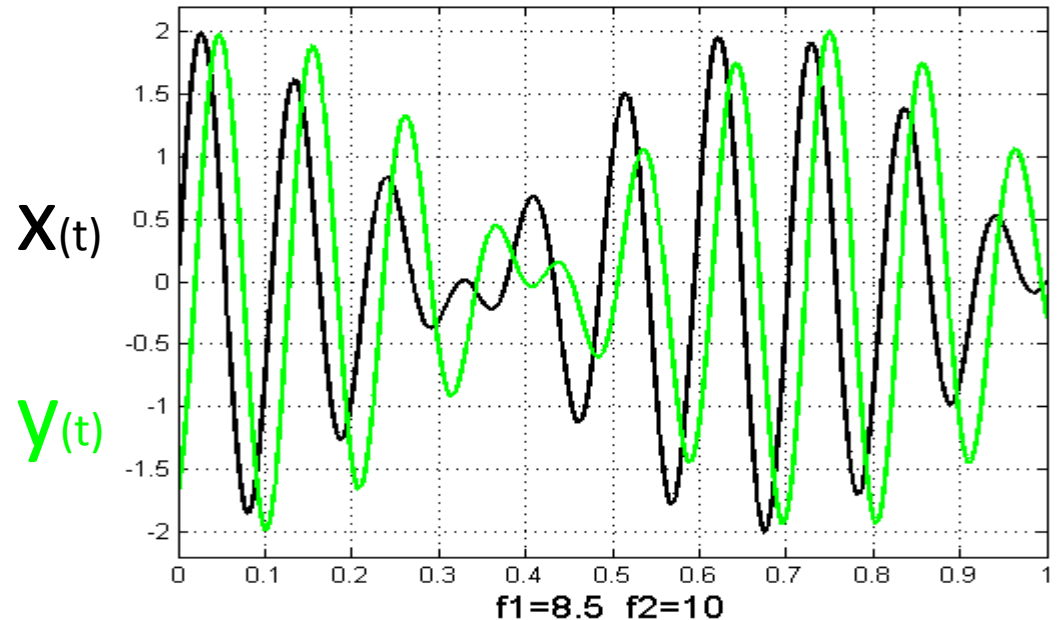


$\phi_1 = -90^\circ$

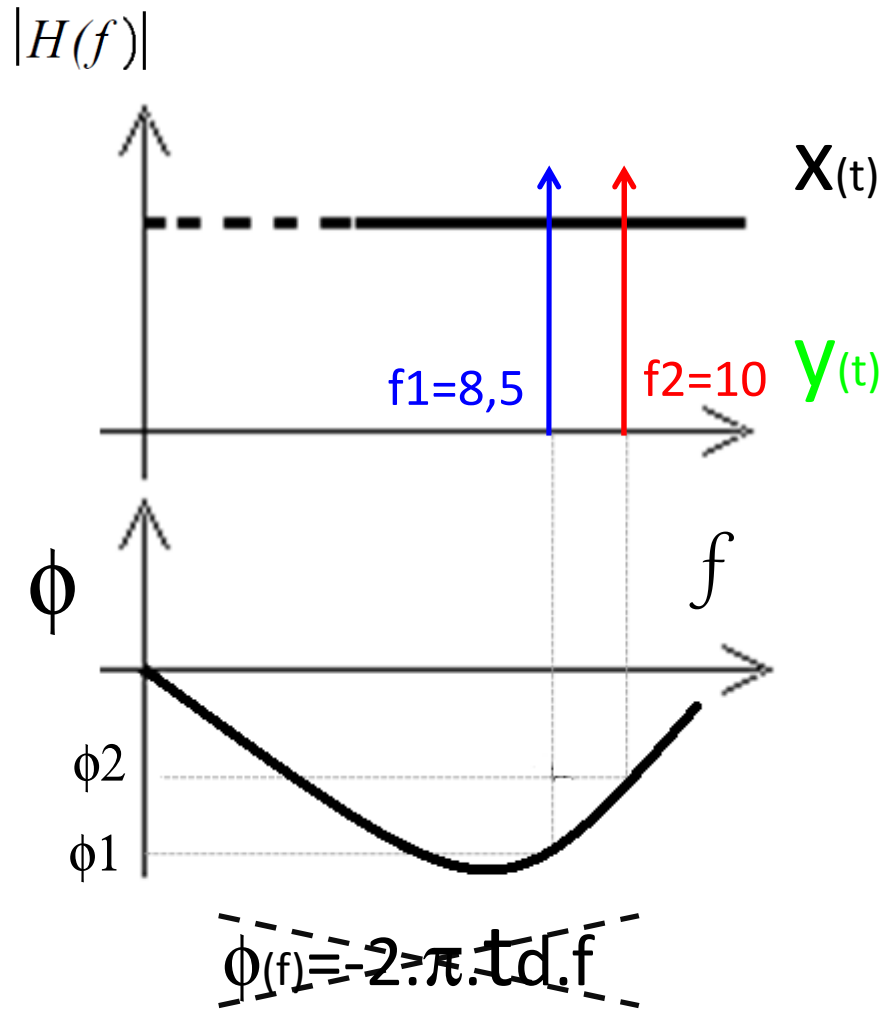
$\phi_2 = -45^\circ$

$t_g = 1/2\pi \cdot d\phi/df$

$t_g = -83\text{ms}$



Retardo de Grupo

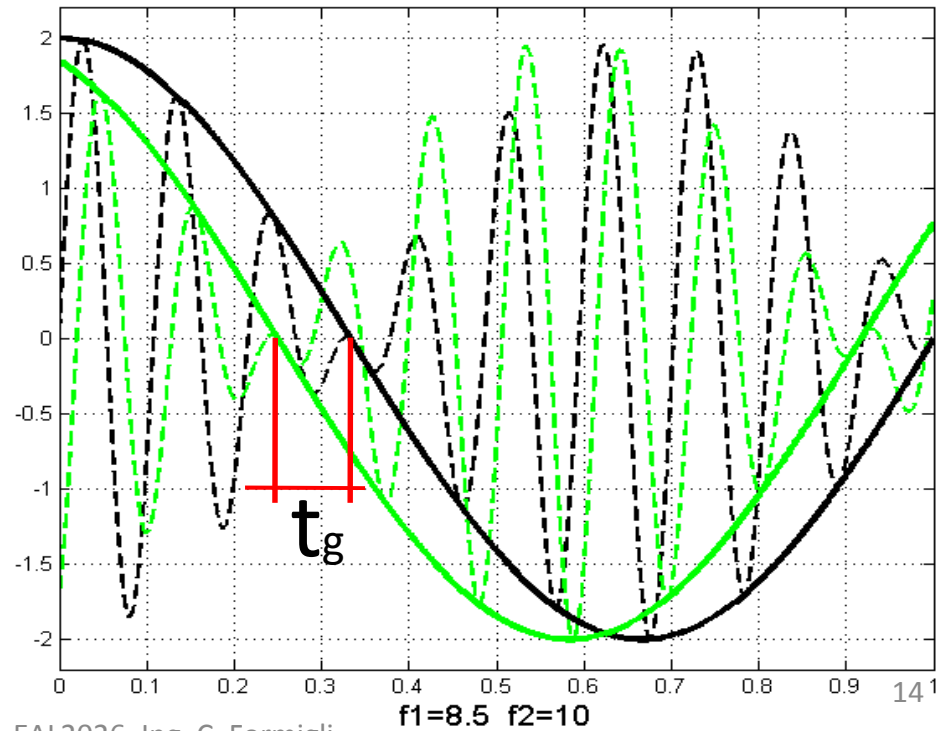
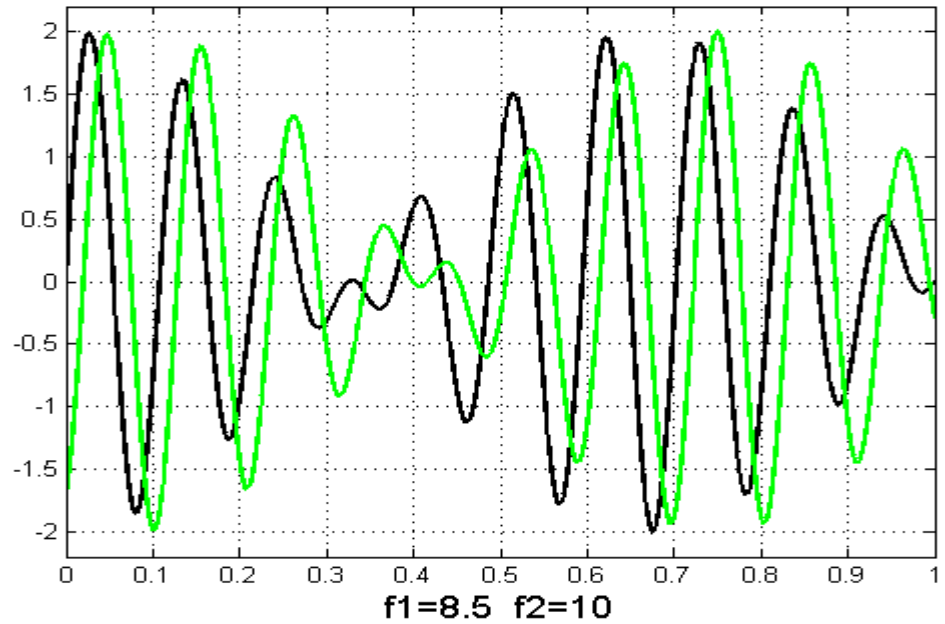


$\phi_1 = -90^\circ$

$\phi_2 = -45^\circ$

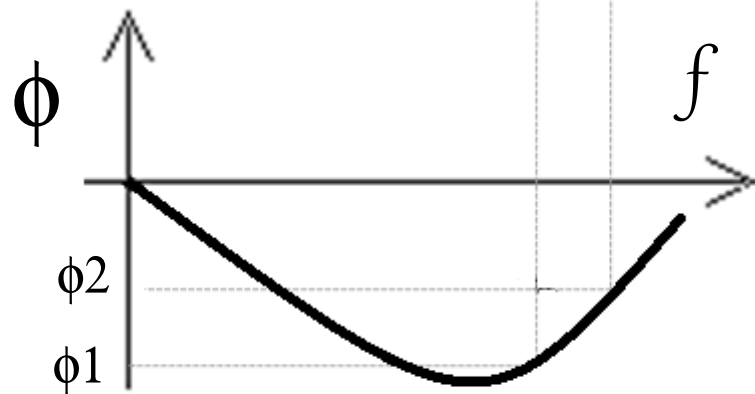
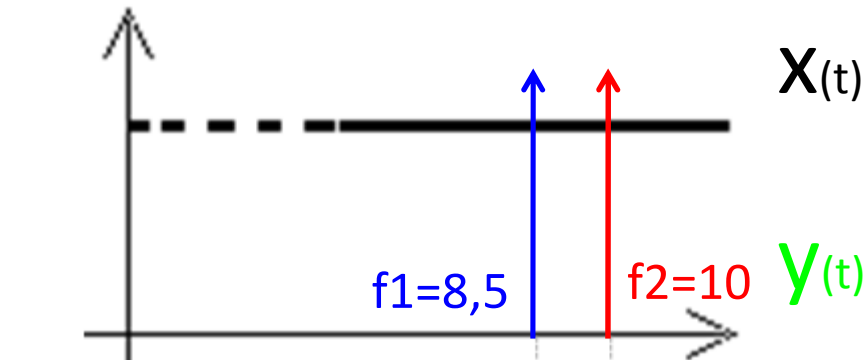
$t_g = 1/2\pi \cdot d\phi/df$

$t_g = -83\text{ms}$



Retardo de Grupo

$|H(f)|$



$$\phi(f) = -2\pi \cdot t_d \cdot f$$

$$t_g = 1/2\pi \cdot d\phi/df$$

$$\phi_1 = -90^\circ$$

$$\phi_2 = -45^\circ$$

$$t_g = -83ms$$

¿Viaje al futuro?

