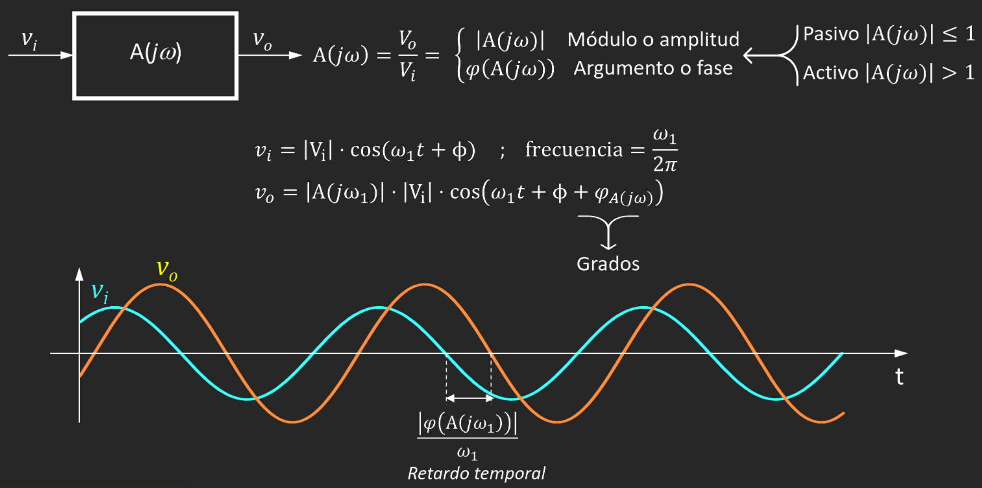
Respuesta en frecuencia de un amplificador

Mario López Sáez

30 de diciembre de 2024

1 Función de transferencia

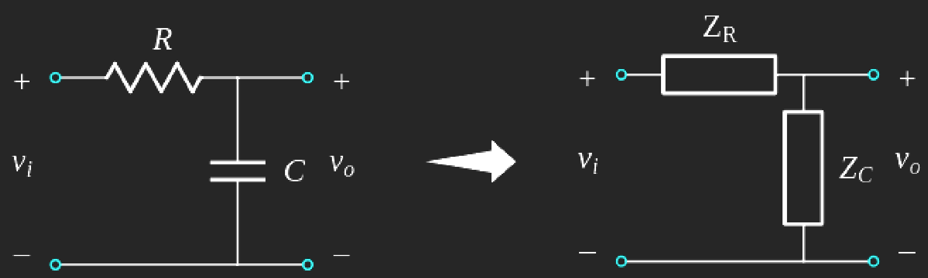
La función de transferencia de un circuito $A(j\omega)$ es una función compleja que representa la respuesta en frecuencia del mismo. A cada pulsación o frecuencia ($\omega = 2\pi f$) le corresponde un número complejo cuyo módulo nos indica la respuesta en amplitud (factor ganancia) y su argumento la respuesta de fase (desplazamiento temporal).



Expresión general de una FDT. Es un cociente de polinomios con variable $j\omega$

$$A(j\omega) = \frac{N(j\omega)}{D(j\omega)} = \frac{A_1 + A_2 j\omega + A_3(j\omega)^2 + A_4(j\omega)^3 + \ldots + A_{n+1}(j\omega)^n}{B_1 + B_2 j\omega + B_3(j\omega)^2 + B_4(j\omega)^3 + \ldots + B_{m+1}(j\omega)^m}$$

1.1 Ejemplo 1. Filtro paso bajo



$$Z_R = R;\ Z_C = \frac{1}{j\omega C}$$

$$A(j\omega) = \frac{v_o}{v_i} = \frac{Z_C}{Z_R + Z_C} = \frac{1}{1 + j\omega RC} = \frac{1}{1 + j\frac{\omega}{\omega_0}}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{R_1 C_1} = \frac{1}{\tau}$$

Constante de tiempo τ

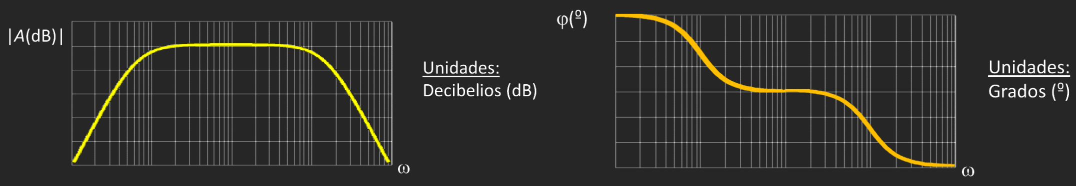
$$A(j\omega) = \frac{1}{1 + j\omega RC} \qquad \begin{matrix} A_1 = 1, A_2 = 0, A_3 = 0... \\ B_1 = 1, B_2 = RC, B_3 = 0... \end{matrix}$$

$$\text{Amplitud: } |A(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}}$$

$$\text{Fase: } \varphi_A(j\omega) = -\text{arctg}(\omega RC)$$

2 Representación de la FDT. Diagramas de Bode

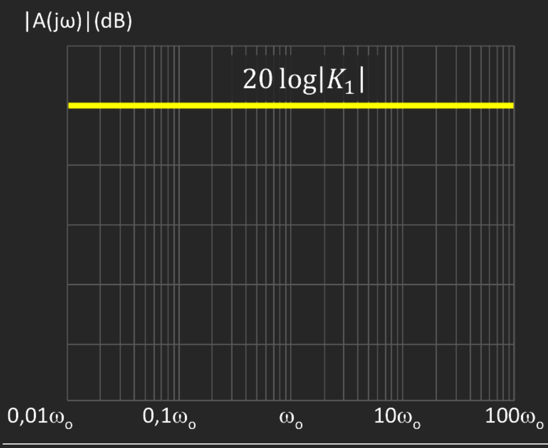
Diagrama de Bode: representación de la amplitud y fase de una FDT

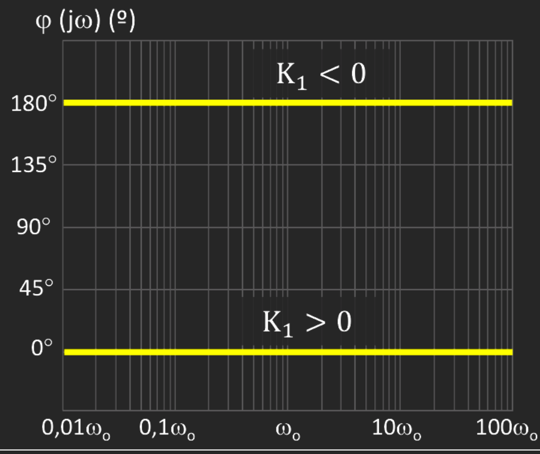


2.1 Factor constante

$$A(j\omega) = K_1$$

$$|A(j\omega)| = |K_1| \rightarrow |A(j\omega)|_{dB} = 20 \log |K_1| \qquad \varphi[A(j\omega)] = \begin{cases} 0° & \text{si } K_1 > 0 \\ 180° & \text{si } K_1 < 0 \end{cases}$$

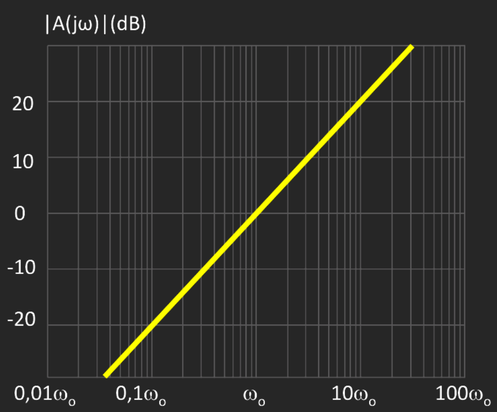




2.2 Derivador puro

$$A(j\omega) = j\frac{\omega}{\omega_0}$$

$$|A(j\omega)| = \frac{\omega}{\omega_0} \rightarrow |A(j\omega)|_{dB} = 20 \log \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right) \qquad \varphi[A(j\omega)] = 90°$$



$$|A(j\omega_0)| = 0dB \quad |A(j10\omega_0)| = 20dB$$

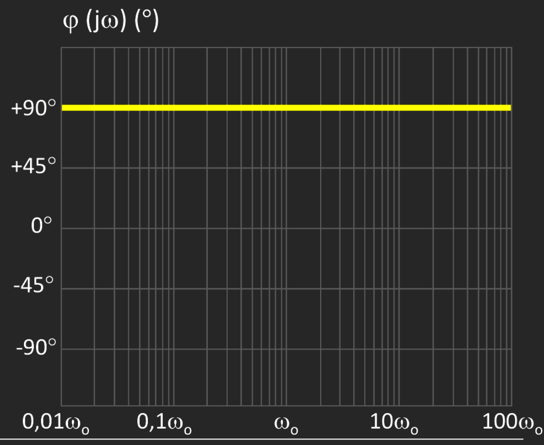
$$\text{Recta de pendiente } +20\frac{dB}{dec}$$

La salida es proporcional a la derivada de la entrada

$$v_i = A\sin(\omega t)$$

$$v_o = \frac{\omega}{\omega_0} A\sin(\omega t + 90^\circ) = A\frac{\omega}{\omega_0}\cos(\omega t)$$

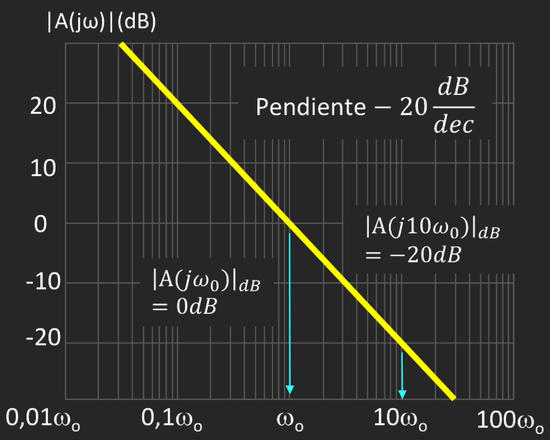
$$v_0(t) = \frac{dv_i(t)}{dt}$$

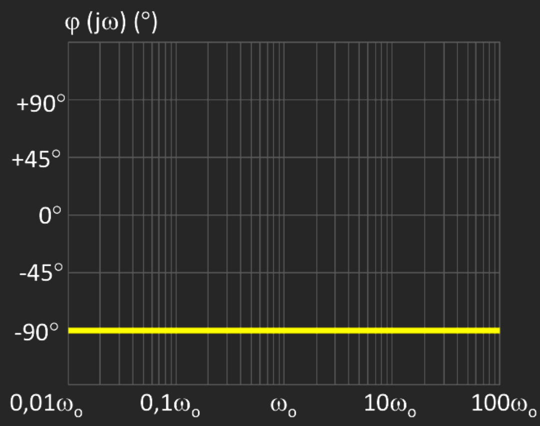


2.3 Integrador puro

$$A(j\omega) = \frac{1}{j\frac{\omega}{\omega_0}}$$

$$|A(j\omega)| = \frac{1}{\frac{\omega}{\omega_0}} \rightarrow |A(j\omega)|_{dB} = 0 - 20\log\frac{\omega}{\omega_0} \qquad \varphi[A(j\omega)] = -90^\circ$$





2.4 Cero simple

$$A(j\omega) = 1 + j\frac{\omega}{\omega_0}$$

$$|A(j\omega)| = \sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}$$