

# El Girador y la simulación de un inductor

Víctor Manuel Sánchez Esquivel

Por definición, un *girador* es una red eléctrica de dos puertos o bipuerto. En la figura 1 se muestra su representación simbólica y la relación entre las variables eléctricas de sus puertos.

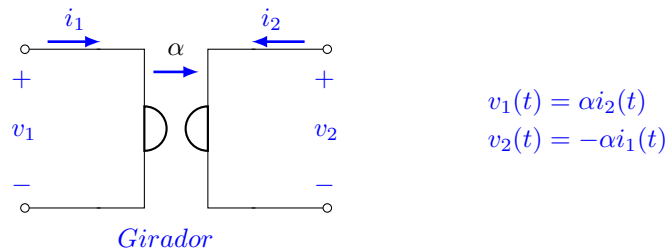


Figura 1. Representación simbólica de un girador. La constante  $\alpha$  recibe el nombre de *giro*.

Asimismo, la impedancia de entrada  $Z_{en}(s)$  que *observa* una fuente independiente que se conecta al puerto de la entrada de una red eléctrica de dos puertos con una impedancia de carga  $Z_L(s)$  en el puerto de la salida, como se muestra en la figura 2, se puede encontrar a partir de los parámetros  $ABCD$  o de transmisión del bipuerto, esto es

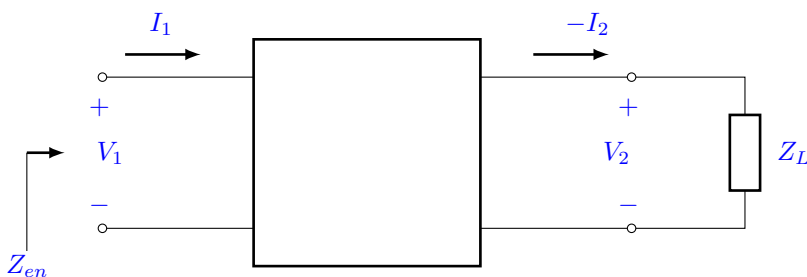


Figura 2. Bipuerto con una impedancia de carga.

La matriz de los parámetros  $ABCD$  o de transmisión de un bipuerto es

$$\begin{bmatrix} V_1(s) \\ I_1(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A(s) & B(s) \\ C(s) & D(s) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_2(s) \\ -I_2(s) \end{bmatrix} = [\mathbf{T}(s)] \begin{bmatrix} V_2(s) \\ -I_2(s) \end{bmatrix} \quad (1)$$

teniendo en cuenta que  $V_2(s) = -Z_L(s)I_2(s)$ , la razón de las ecuaciones de (1), permite determinar  $Z_{en}(s)$ , o sea

$$Z_{en}(s) = \frac{V_1(s)}{I_1(s)} = \frac{A(s)V_2(s) - B(s)I_2(s)}{C(s)V_2(s) - D(s)I_2(s)} = \frac{A(s)Z_L(s) + B(s)}{C(s)Z_L(s) + D(s)} \quad (2)$$

A continuación, se presenta un forma de llevar a cabo el análisis anterior y realizar una construcción de un girador.

En la figura 3, se presenta un *convertidor de immitancia generalizado*, sus parámetros de trasmisión son

$$A(s) = 1 \quad B(s) = C(s) = 0 \quad D(s) = \frac{Z_2(s)Z_4(s)}{Z_1(s)Z_3(s)} \quad (3)$$

por consiguiente, la impedancia de entrada se encuentra sustituyendo la ecuación (3) en la ecuación (2), con  $Z_5(s) = Z_L(s)$

$$Z_{en}(s) = \frac{Z_L(s) + 0}{0 + \frac{Z_2(s)Z_4(s)}{Z_1(s)Z_3(s)}} = \frac{Z_1(s)Z_3(s)Z_L(s)}{Z_2(s)Z_4(s)} = \frac{Z_1(s)Z_3(s)Z_5(s)}{Z_2(s)Z_4(s)} \quad (4)$$

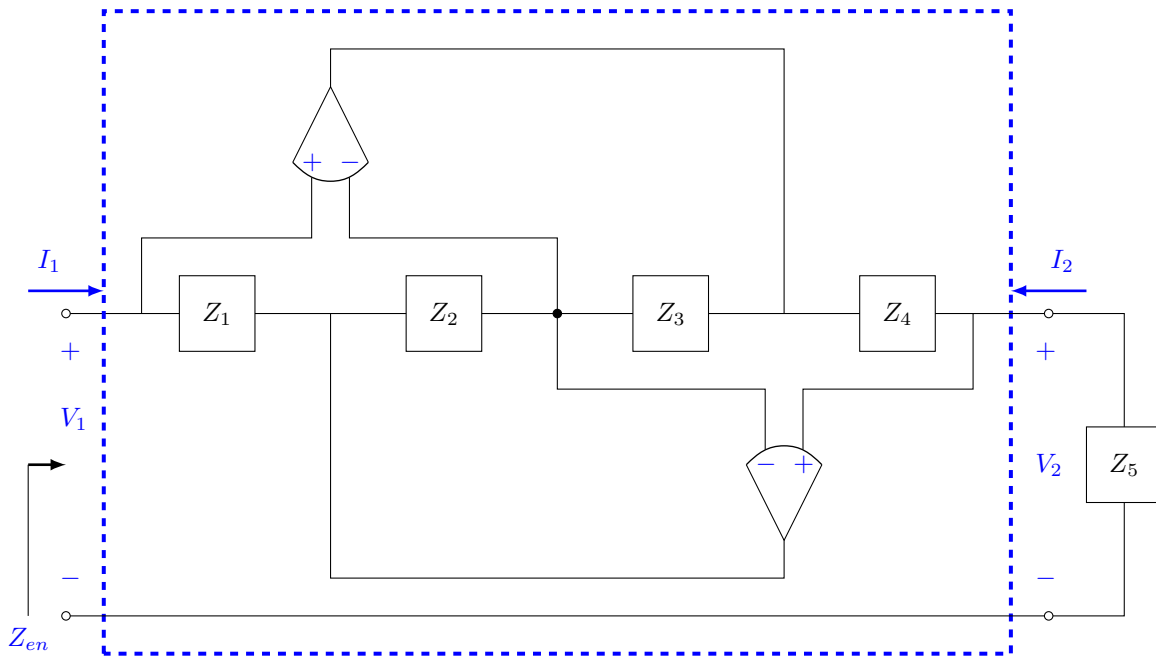


Figura 3. Convertidor de immitancia generalizado.

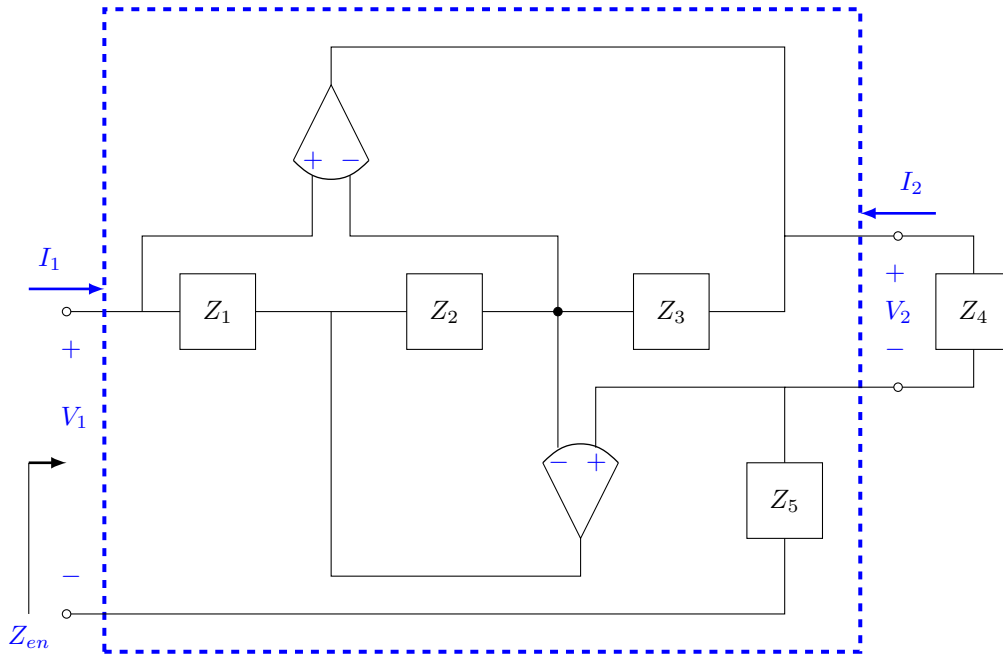


Figura 4. Inversor de immitancia generalizado.

Otra opción se observa en la figura 4, la red eléctrica de dos puertos recibe ahora el nombre de *inversor de immitancia generalizado*. Sus parámetros de transmisión son

$$A(s) = D(s) = 0 \quad B(s) = Z_5(s) \quad C(s) = \frac{Z_2(s)}{Z_1(s)Z_3(s)} \quad (5)$$

entonces, la impedancia de entrada correspondiente, considerando las ecuaciones (2) y (5), es

$$Z_{en}(s) = \frac{0 + Z_5(s)}{\frac{Z_2(s)Z_L(s)}{Z_1(s)Z_3(s)} + 0} = \frac{Z_1(s)Z_3(s)Z_5(s)}{Z_2(s)Z_L(s)} = \frac{Z_1(s)Z_3(s)Z_5(s)}{Z_2(s)Z_4(s)} \quad (6)$$

A partir de las ecuaciones (4) y (6), se puede inferir que ambas redes eléctricas activas se comportan de la misma manera, si es que solo se involucra la impedancia de entrada.

Si en la figura 3, la impedancia  $Z_2(s)$  es la correspondiente a un capacitor y las otras impedancias son resistencias, de la ecuación (4)

$$Z_{en}(s) = \frac{R_1 R_3 R_5}{\frac{1}{sC_2} R_4} = \frac{sR_1 C_2 R_3 R_5}{R_4} \quad L_{eq} = \frac{R_1 C_2 R_3 R_5}{R_4} \quad (7)$$

la impedancia de entrada corresponde a la de un inductor cuyo valor de la inductancia es la que se muestra.

Si se realiza un procedimiento similar para la red eléctrica de la figura 4, con  $Z_4(s) = \frac{1}{sC_4}$  y las demás impedancias como resistencias, de la ecuación (6)

$$Z_{en}(s) = \frac{R_1 R_3 R_5}{R_2 \frac{1}{sC_4}} = \frac{sR_1 R_3 C_4 R_5}{R_2} \quad L_{eq} = \frac{R_1 R_3 C_4 R_5}{R_2} \quad (8)$$

la impedancia vista por una fuente independiente conectada al puerto de la entrada es la de un inductor.

Como una aplicación de los resultados teóricos obtenidos, en el simulador de circuitos eléctricos Multisim se simulan simultáneamente dos circuitos eléctricos RL, uno con un inductor *real* y el otro con un inductor *simulado* con un girador.

Efectúe la simulación que se muestra en la figura 5 con el software de Multisim y verifique que el voltaje en el inductor es idéntico para ambos circuitos eléctricos, para la misma señal de la entrada del generador.

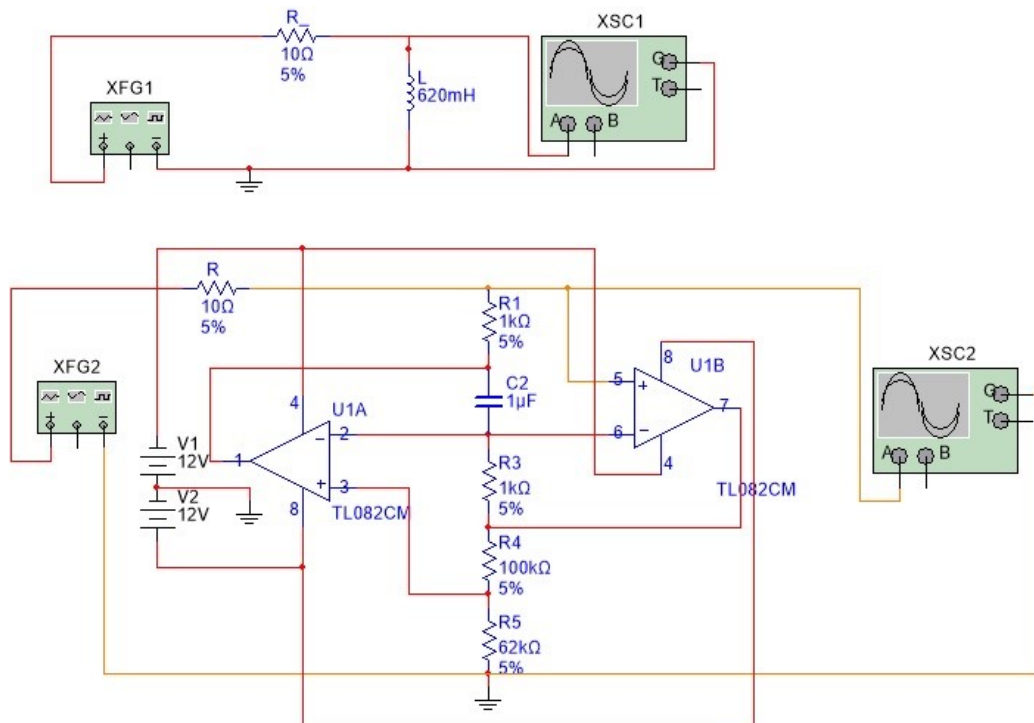


Figura 5. Circuito eléctrico RL.

La desventaja que presenta esta realización es que el inductor que se simula debe estar aterrizado.

---

---

## Bibliografía

- D. E. Johnson, J. L. Hilburn, J. R. Johnson y P. D. Scott, *Basic Electric Circuit Analysis*, Prentice-Hall, 1995.
- L. P. Huelsman y P. E. Allen, *Introduction to the theory and design of active filters*, McGraw-Hill, 1980.
- C. A. Desoer y E. S. Kuh, *Basic Circuit Theory*, McGraw-Hill, 1969.