

Problema 1

- a. Llamemos w a la tensión de salida del operacional. Entonces tenemos $e_+ = \frac{Z}{Z+Z_1} w$, $Z_2 * I_0 = e_- - w = e_+ - w = -\frac{Z_1}{Z+Z_1} w$. Entonces $w = -\frac{Z_2 I_0 [Z+Z_1]}{Z_1}$. Entonces el equivalente Thevenin tiene tensión de vacío

$$V_o = w = -\frac{Z_2 I_0 [Z + Z_1]}{Z_1}$$

e impedancia vista

$$Z_V = Z_o,$$

ya que la impedancia de salida del operacional en esta configuración es nula.

- b. Abrimos el lazo como se muestra en la figura 1

$$G_{OL}(s) = -L(s) = \frac{e_o}{e_i} = \frac{e_o}{V_3} \frac{V_3}{V_2} \frac{V_2}{e_i} = \frac{-kR}{Ls + 2R + \frac{1}{Cs}} \frac{-R}{Ls} \frac{-2R}{Ls - R}$$

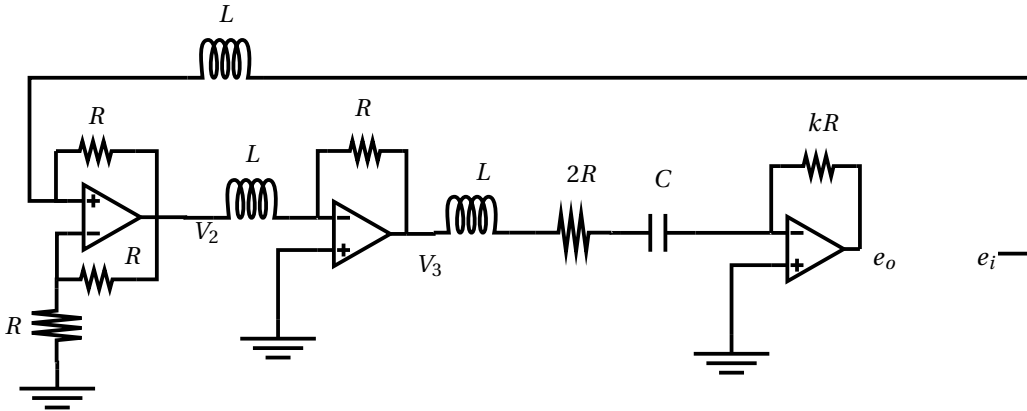


Figura 1: apertura del lazo

- c.

$$\begin{aligned} \frac{10R}{L} &= \sqrt{\frac{1}{LC}} = \omega_0 \\ RC &= \frac{R}{L} LC = \frac{\omega_0}{10} \frac{1}{\omega_0^2} = \frac{1}{10\omega_0} \\ \frac{R^2 C}{L} &= \frac{R}{L} RC = \frac{\omega_0}{10} \frac{1}{10\omega_0} = \frac{1}{100} \\ L(s) &= \frac{-kR^2 C/L}{LCs^2 + sRCs + 1} \frac{-2}{\frac{Ls}{R} - 1} = \frac{k}{50} \frac{1}{\frac{s^2}{\omega_0^2} + \frac{s}{5\omega_0} + 1} \frac{1}{\frac{10s}{\omega_0} - 1} \end{aligned}$$

Realizamos el diagrama de Bode en la figura 2.

Para usar el criterio de Nyquist primero observamos que el número de polos en C^+ es $P = 1$, por el criterio de argumento el número de ceros de $1 + "a\beta"$ en C^+ será $Z = N + P = N + 1$, que es nulo sólo cuando $N = -1$.

Realizamos el diagrama de Nyquist en la figura

Del diagrama de Bode se puede aproximar el punto de corte $-\alpha \simeq L(j\omega_0) = -\frac{k}{100}$, esto es razonable ya que ambas raíces están separadas una década. El otro punto de corte se da para $L(0) = -\frac{k}{50}$

Para que el sistema sea estable se debe cumplir que el -1 se encuentre en la región $N = -1$ o sea $:k/100 < 1 < k/50$. Es decir $100 > k > 50$.

Si no hubiéramos realizado la aproximación para el punto de corte α las cuentas habrían dado que $\alpha = \frac{k}{99}$ es decir que la aproximación fue razonable.

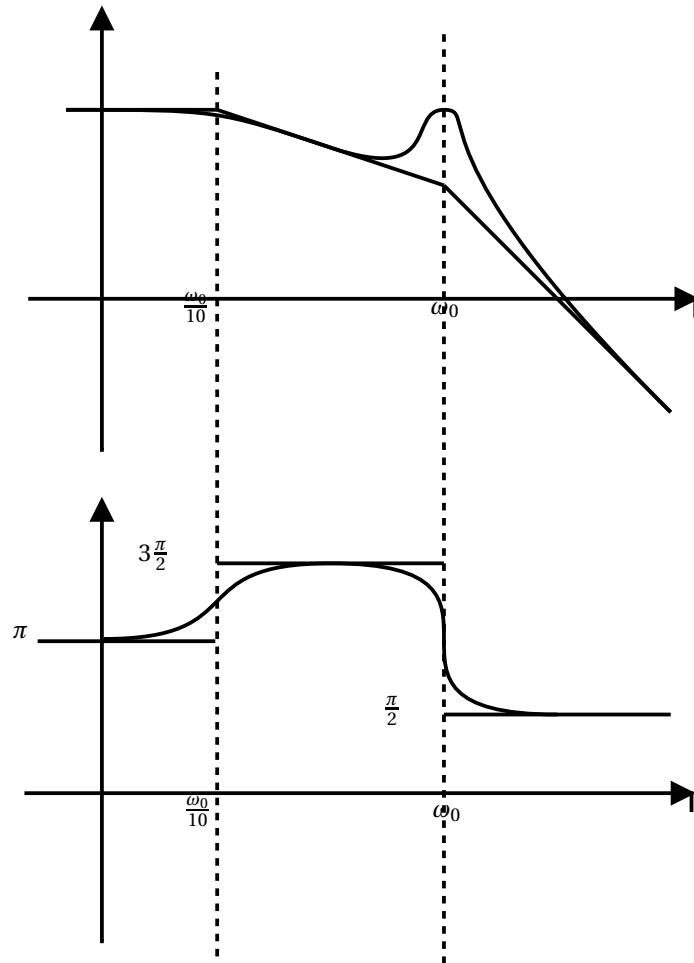


Figura 2: Diagrama de Bode

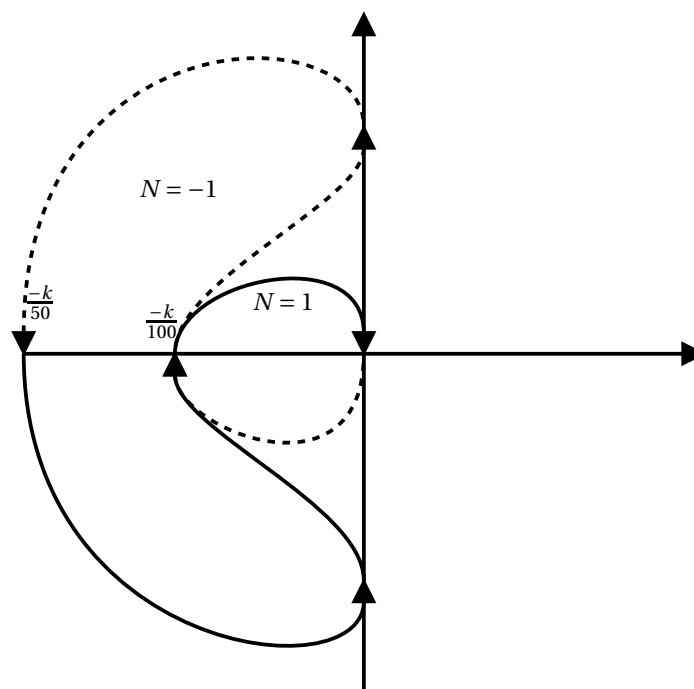


Figura 3: Diagrama de Nyquist