# Problema 2

**a.**

$$G_{OL} = (-1)(-k)\left(-\frac{R_1}{L_1 s + R_1}\right)\frac{\frac{1}{Cs}}{L_2 s + R_2 + \frac{1}{Cs}} = -k\frac{\frac{R_1}{L_1}}{s+\frac{R_1}{L_1}}\frac{\frac{1}{L_2C_2}}{s^2+\frac{R_2}{L_2}s+\frac{1}{L_2C_2}}$$

**b.**

$$G_{OL} = -k\frac{\frac{R_1}{L_1}}{s+\frac{R_1}{L_1}}\frac{\left(100\frac{R_1}{L_1}\right)^2}{s^2+100\frac{R_1}{L_1}s+\left(100\frac{R_1}{L_1}\right)^2} = -k\frac{\omega_0\omega_1^2}{(s+\omega_0)\left(s^2+\omega_1 s+\omega_1^2\right)}$$

. donde $\omega_0 = \frac{R_1}{L_1}$ y $\omega_1 = 100\frac{R_1}{L_1}$

**c.** Utilizamos el criterio de Nyquist con $A\beta = -G_{OL}$, el sistema está bien planteado ya que $\lim_{s\to\infty} A\beta(s) = 0 \neq -1$ y no hay cancelaciones cero polo en $C^+$ tampoco. En la figura 1 se muestran los diagramas de Bode y Nyquist

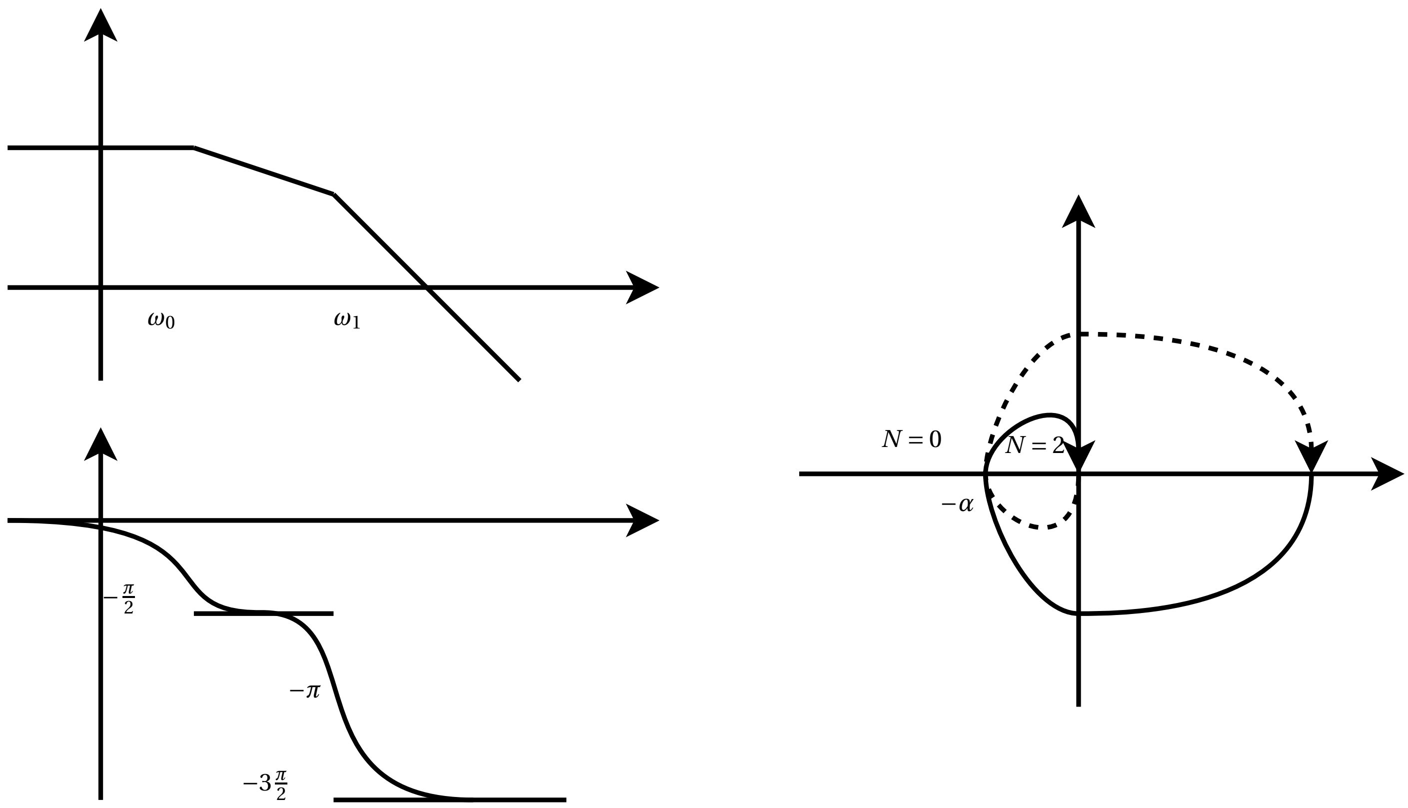


Figura 1: Diagramas de Bode y Nyquist

Para que el sistema sea estable $\alpha < 1$ ya que $Z = N + P$ y $P = 0$ el diagrama de Nyquist no debe dar ninguna vuelta al rededor del $-1$. EL punto $-\alpha$ es fácil de determinar a partir del Bode, allí vemos que el corte del diagrama de Nyquist con el semieje real negativo ($\arg(A\beta(j\omega) = \pi$) se da para $oemga = \omega_1$.

Por lo tanto $\alpha \simeq -A\beta(j\omega_1) \simeq -k\dfrac{\omega_0\omega_1^2}{j\omega_1.j\omega_1^2} = \dfrac{k}{100}$, para que el sistema sea estable debe darse $k < 100$.

**d.** Para que el margen de ganancia sea mayor o igual que 2 debe cumplirse $\alpha \leq \frac{1}{2}$ o sea $k \leq 50$

**e.** Para los valores de $k$ para los cuales el sistema es estable podemos usar el teorema del valor final ya que $1 + A\beta(s)$ no tienen polos en $C^+$. $E(s) = \frac{1}{1+A\beta(s)}V_i(s)$. $\lim_{t\to\infty} e(t) = \lim_{s\to 0} sE(s) = \lim_{s\to 0}\dfrac{1}{1+A\beta(s)} = \dfrac{1}{1+k}$

**f.** $k \leq 50$ por lo tanto $e_{min} = \frac{1}{1+50} = \frac{1}{51} \simeq 0{,}02$