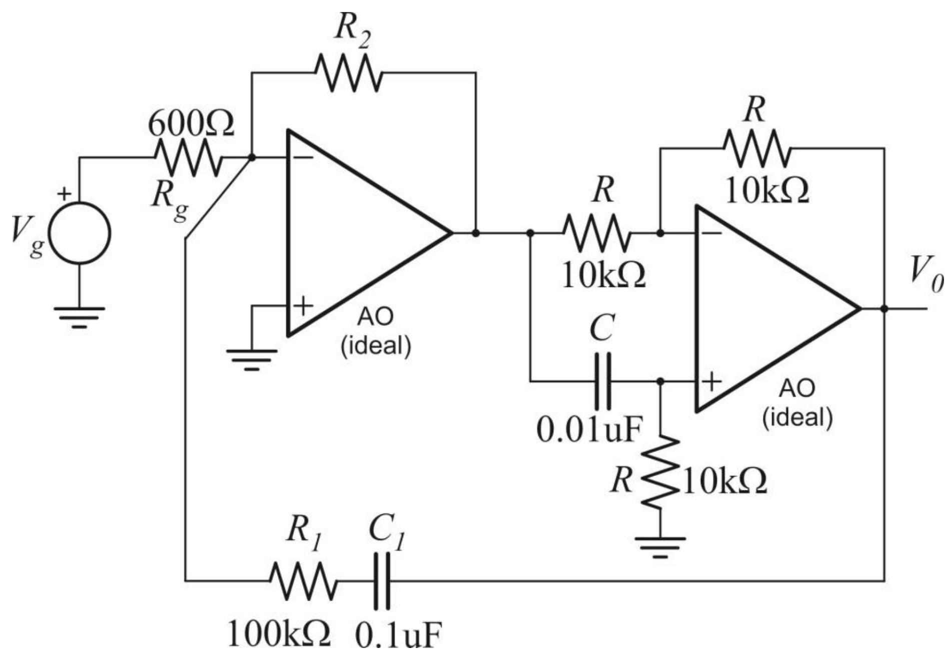
Análisis de Estabilidad

Ejercicio 3.8: Girador de Fase

Análisis de Estabilidad

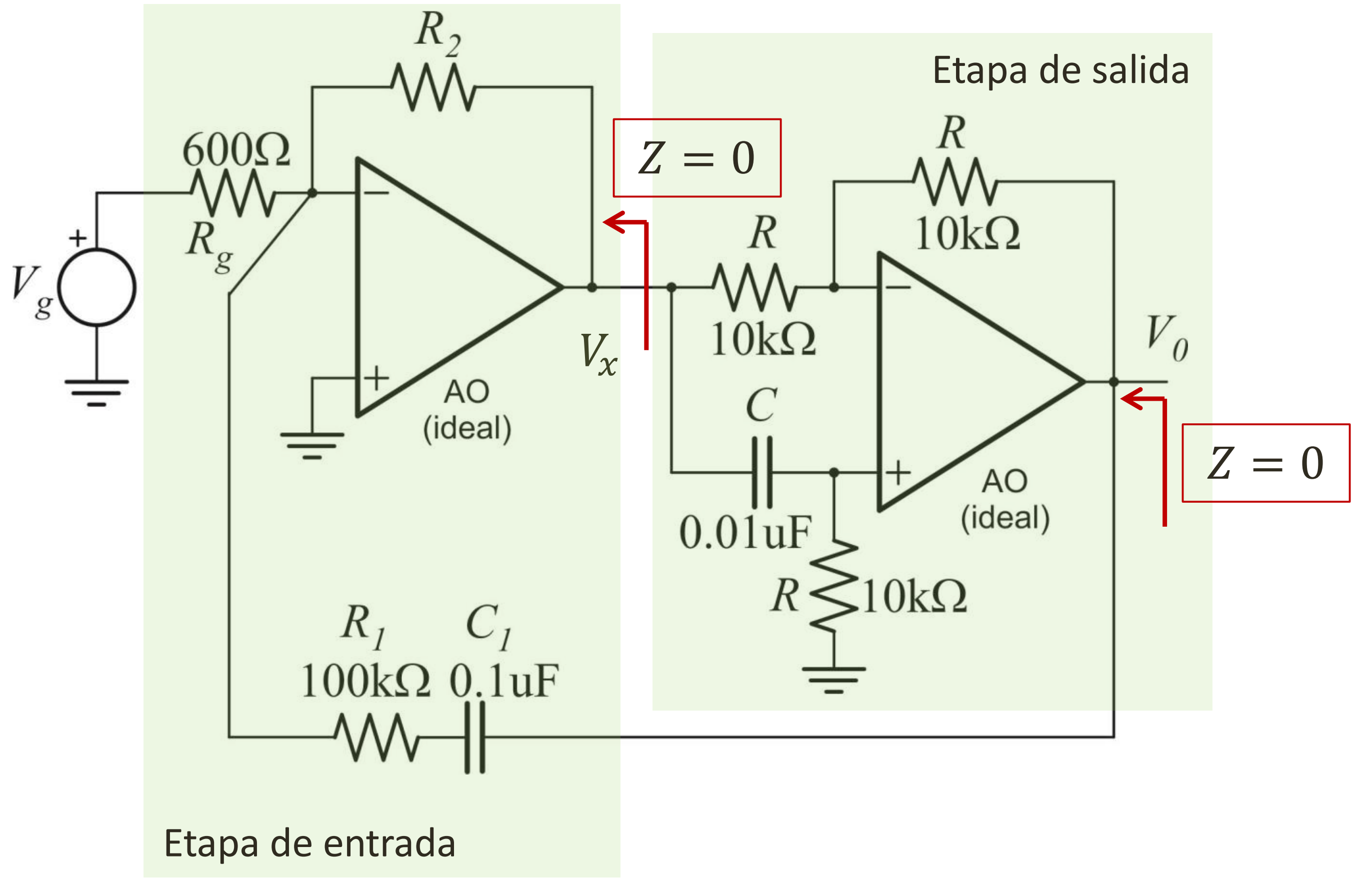
Dado el circuito electrónico de la figura:



1) Dibujar un diagrama de bloques del circuito.
2) Calcular la función transferencia $V_0(s)/V_g(s)$.
3) Analizar mediante diagrama de Bode los valores de R_2 para los cuales la salida es estable.
4) Dibujar en forma cualitativa el diagrama de Nyquist correspondiente y determinar las zonas de estabilidad.

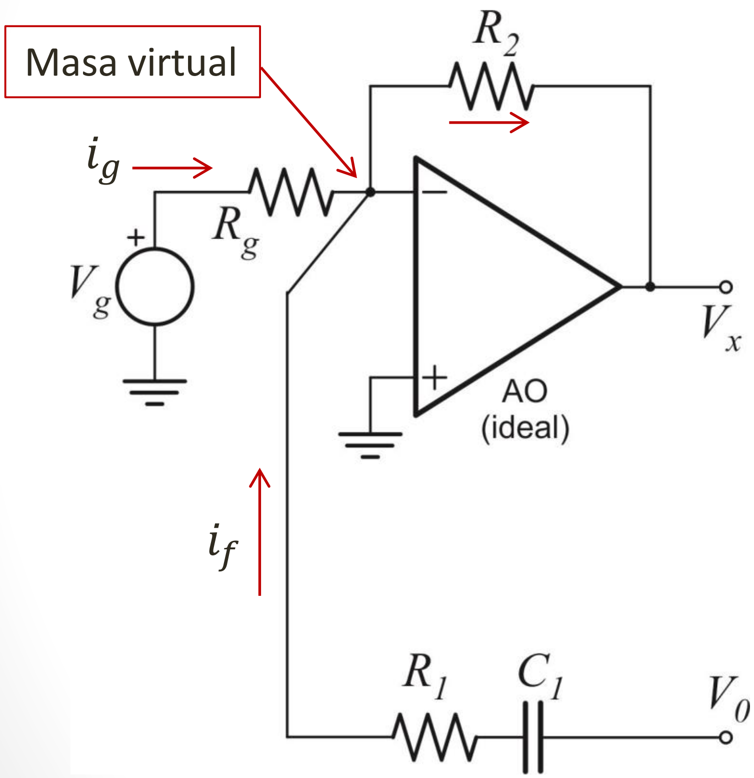
Análisis de Estabilidad

Definir variables y plantear etapas desacopladas.



Análisis de Estabilidad

<u>Etapa de entrada</u>



$\boxed{V_0 = 0 \rightarrow i_f = 0}$ $\quad i_g = V_g/R_g$

$$V_x\Big|_{V_0=0} = -\frac{R_2}{R_g}V_g$$

$\boxed{V_g = 0 \rightarrow i_g = 0}$ $\quad i_f = V_0/Z_1$

$$V_x\Big|_{V_g=0} = -\frac{sC_1R_2}{(1+sC_1R_1)}V_0$$

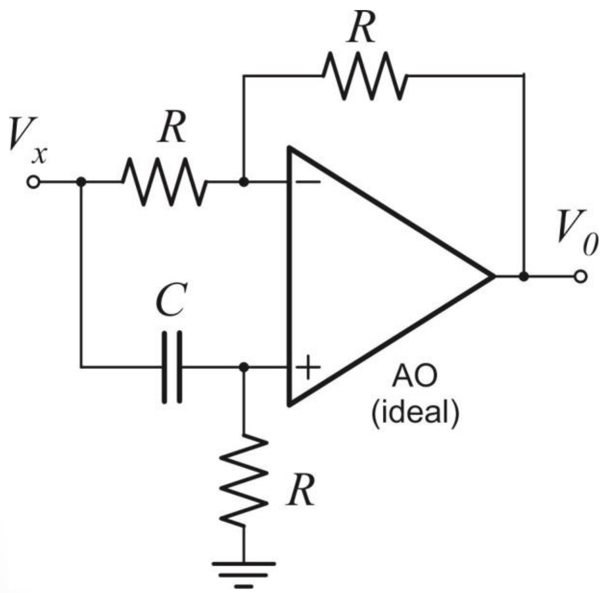
Finalmente:

$$\boxed{V_x = -\frac{R_2}{R_g}V_g - \frac{sC_1R_2}{(1+sC_1R_1)}V_0}$$

Aplico superposición entre las entradas Vg y V0

Análisis de Estabilidad

Etapa de salida



$$\underbrace{V_0 = \frac{R}{R + \frac{1}{sC}}\left[1 + \frac{R}{R}\right] V_x}_{\text{Por entrada no inversora}} \underbrace{- \frac{R}{R} V_x}_{\text{Por entrada inversora}}$$

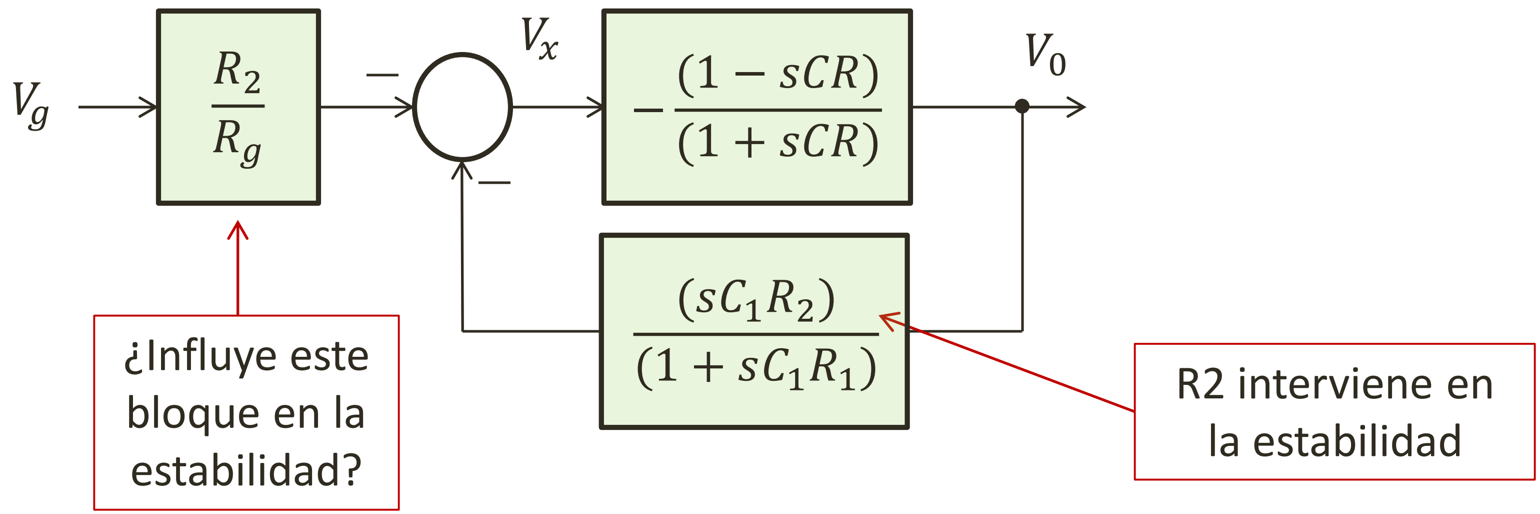
$$\boxed{V_0 = -\left[\frac{1 - sCR}{1 + sCR}\right] V_x}$$

¿Como resulta el módulo de esta función transferencia?

¿Cómo es el aporte de fase de ambas singularidades?

Análisis de Estabilidad

Diagrama de bloques



Función transferencia

$$\frac{V_0(s)}{V_g(s)} = \frac{R_2}{R_g}\left[\frac{(1-sCR)(1+sC_1R_1)}{(1+sCR)(1+sC_1R_1)-(1-sCR)sC_1R_2}\right]$$

Ganancia de lazo

$$GH(s) = -\frac{sC_1R_2}{(1+sC_1R_1)}\left[\frac{(1-sCR)}{(1+sCR)}\right]$$

Análisis de Estabilidad

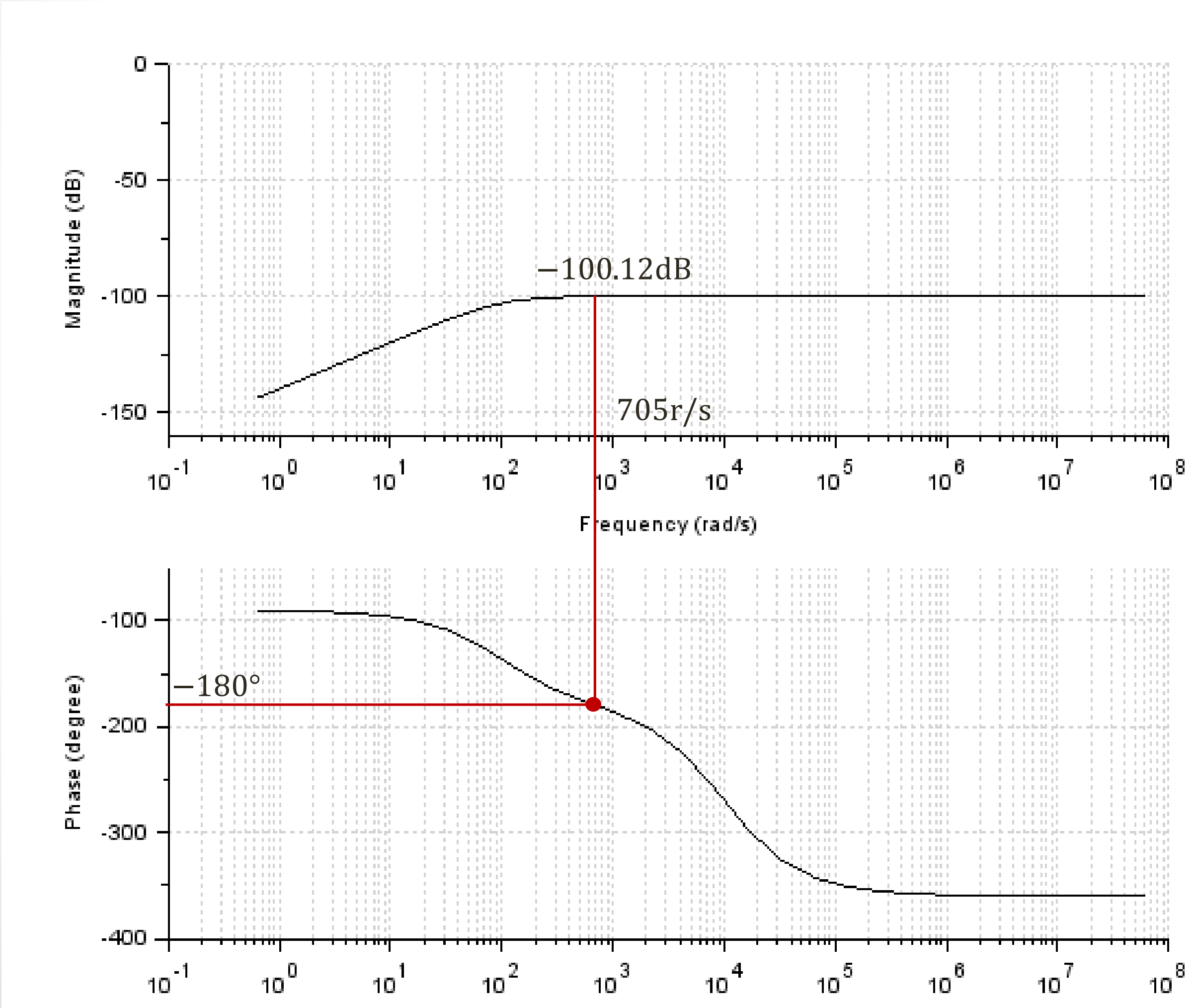
Diagrama de Bode

Se analiza el diagrama de Bode de la función GH(s). Para realizar dicho diagrama se asume un valor de $R_2 = 1\Omega$. Dado que R_2 modifica la ganancia de GH, variaciones de R_2 corresponden a curvas de GH con distinto módulo. Luego, GH(s) resulta:

$$\boxed{GH(s) = -\frac{s10^{-7}R_2\left(1-\frac{s}{10k}\right)}{\left(1+\frac{s}{100}\right)\left(1+\frac{s}{10k}\right)}}$$

Análisis de Estabilidad

Diagrama de Bode con $R_2 = 1\Omega$



¿Cuánto es el margen de ganancia?

$$MG = 100.12\text{dB}$$

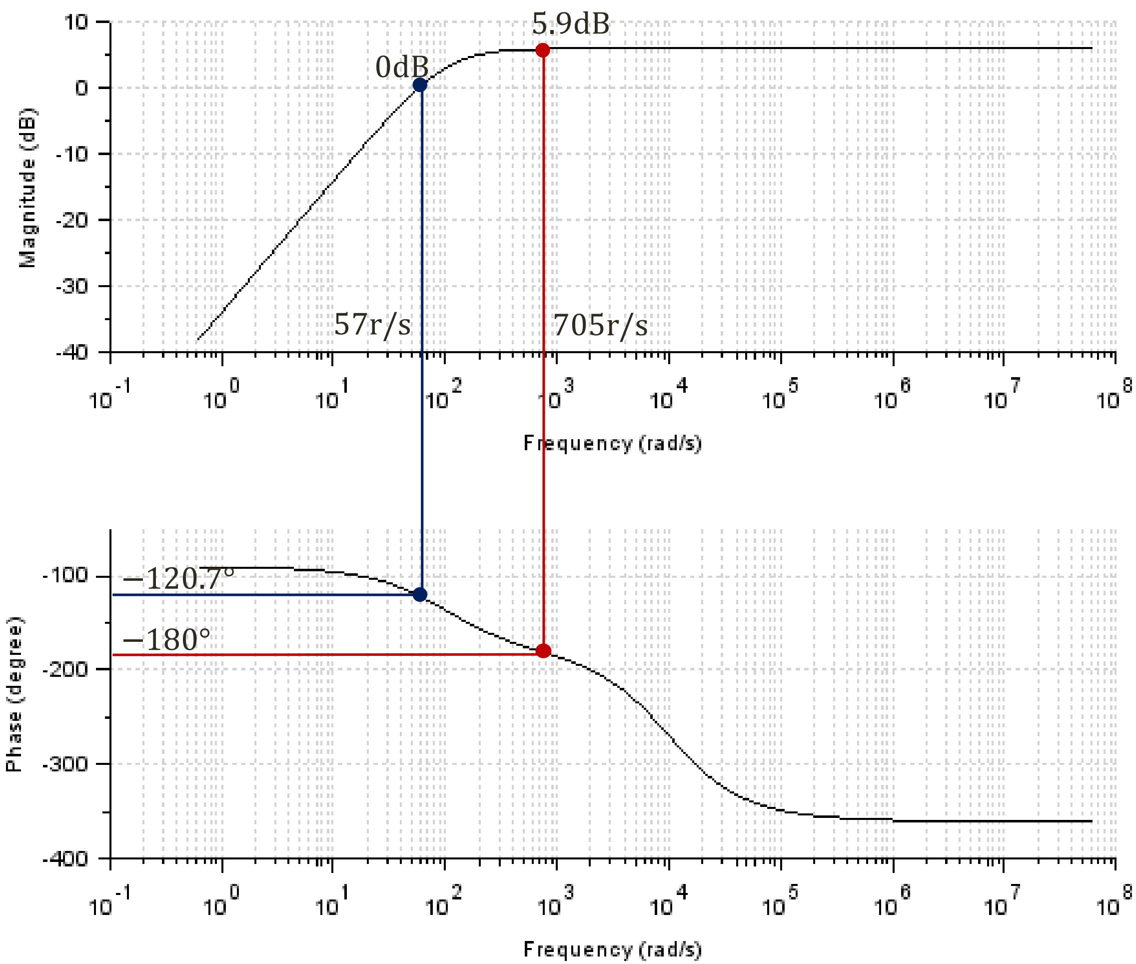
¿Cuánto es el margen de fase?

¿Se puede definir para este caso?

¿Qué puedo decir de la estabilidad?

Análisis de Estabilidad

<u>Diagrama de Bode con $R_2 = 200k\Omega$</u>



¿Cuánto es el margen de ganancia?

$$MG = -5.9\text{dB}$$

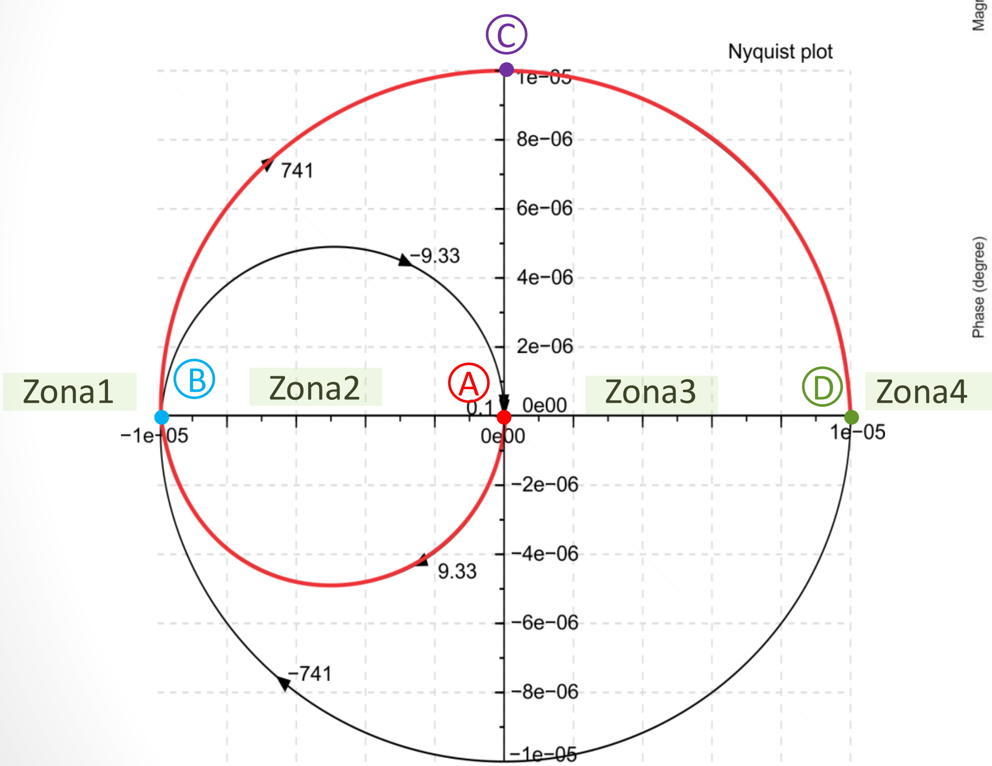
¿Cuánto es el margen de fase?

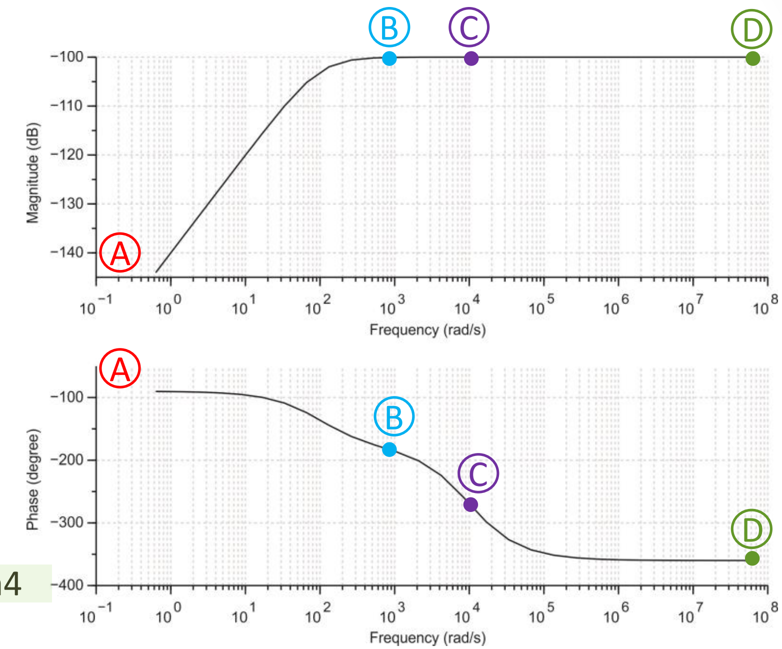
$$MP = 59.3°$$

¿Qué puedo decir de la estabilidad?

Análisis de Estabilidad

Diagrama de Nyquist con $R_2 = 1\Omega$





Zona1 (Ganancia positiva y bajas)

N=0, P=0 ➡ Z=0 **Estable**

Zona2 (Ganancia positiva y altas)

N=2, P=0 ➡ Z=2 **Inestable**

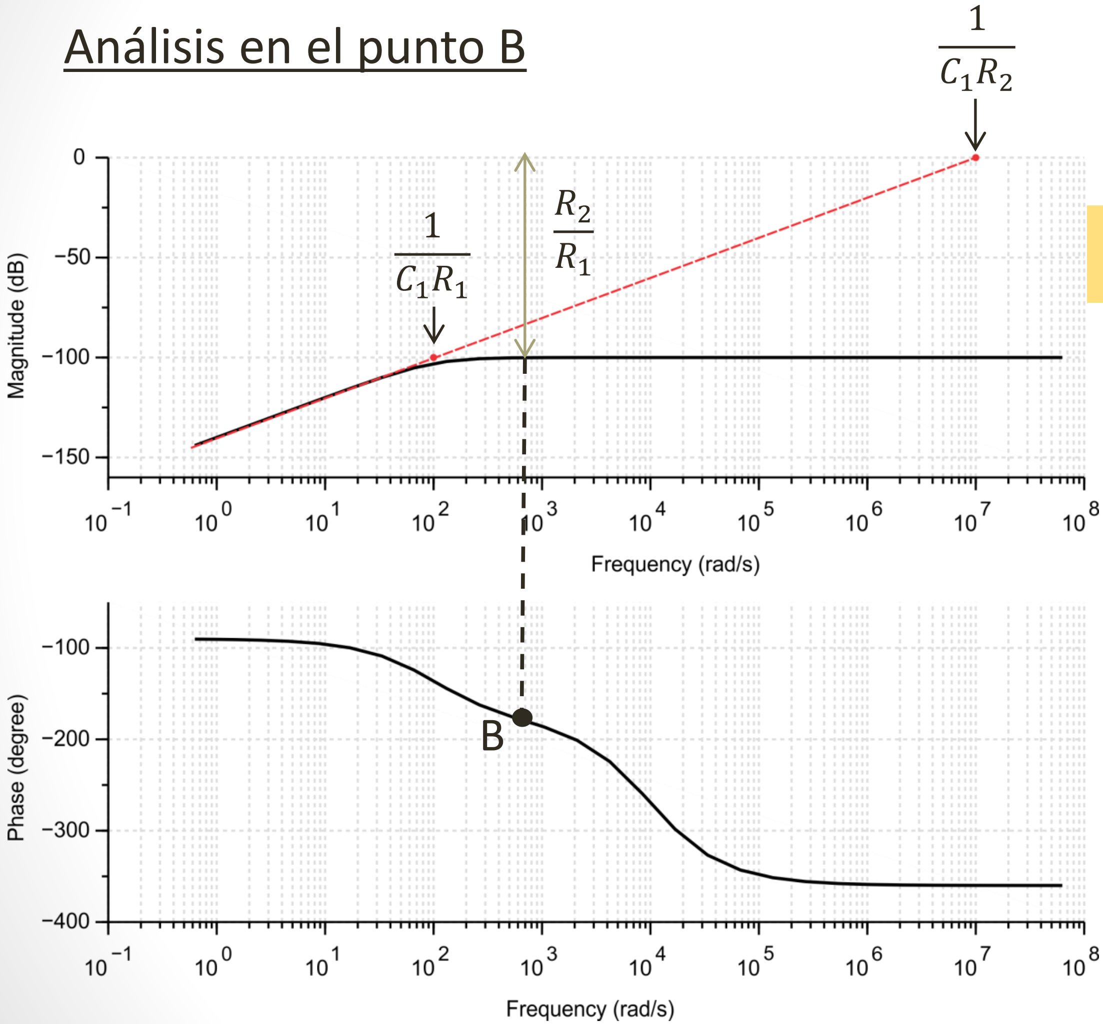
Las zonas 3 y 4 corresponden a ganancias negativas, que en este caso no tienen sentido ya que la ganancia es definida por R2.

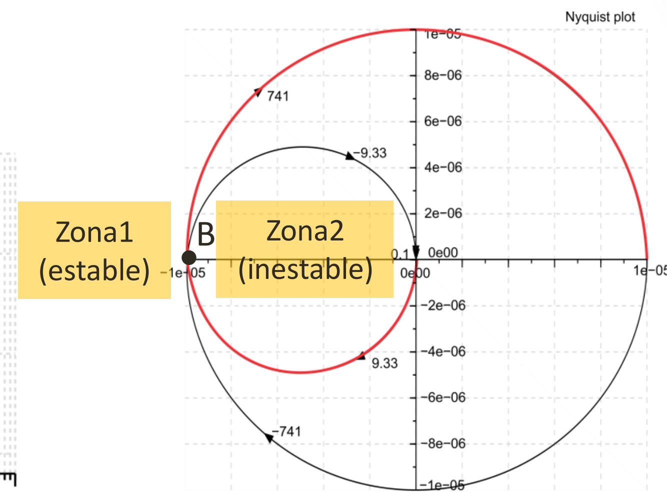
$$N = z - P$$

El punto B es el que define el límite de estabilidad

Análisis de Estabilidad

Análisis en el punto B





$$GH(s) = -\frac{sC_1R_2}{(1+sC_1R_1)}\left[\frac{(1-sCR)}{(1+sCR)}\right]$$

La condición de estabilidad es que la ganancia en el punto B sea menor que la unidad. Luego:

$$\frac{R_2}{R_1} < 1$$

$$\boxed{R_2 < 100k\Omega}$$