

# Informe de Laboratorio

**Tema:** Oscilador con Resistencia Negativa

**Cátedra:** Teoría de Circuitos II

**Año:** 2019

**Docentes:** Ing. Costa, *Nicolás*. Aux. Consiglio, *Dante*

**Alumnos:** Rodriguez, *Ana Victoria*. Ulloa, *Daniel Alejandro*

**Fecha de Entrega:** 11/09/2019

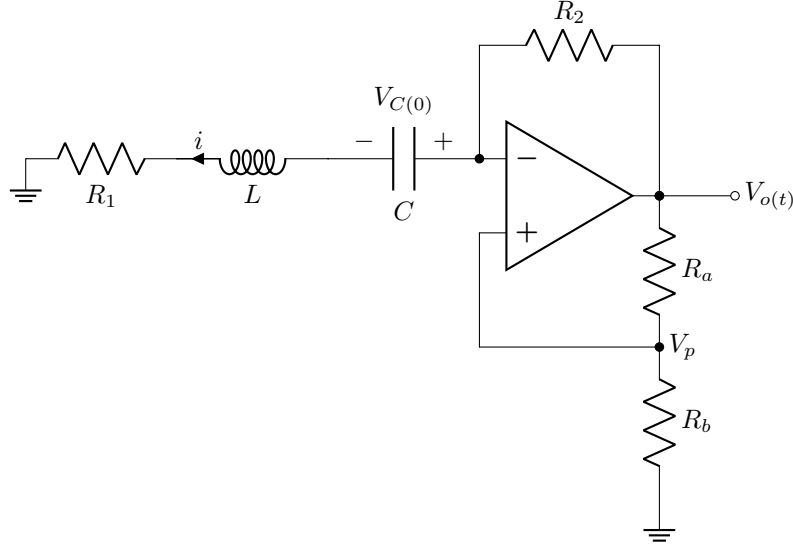


UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PATAGONIA  
SAN JUAN BOSCO

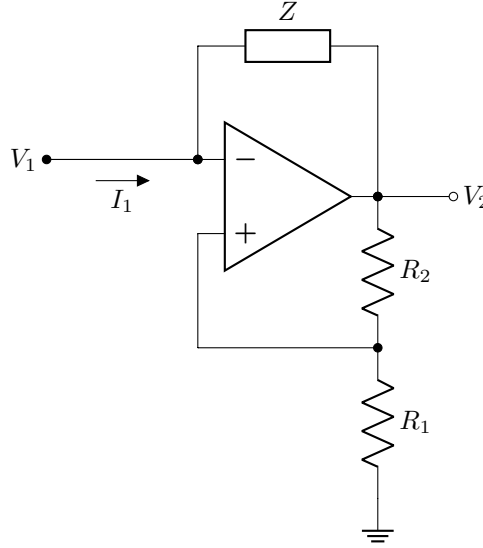
# Índice

1. Introducción	2
2. Objetivos	3
3. Modelado Matemático	3
4. Respuesta Temporal	4
5. Barrido Paramétrico	5
6. Conclusión	5

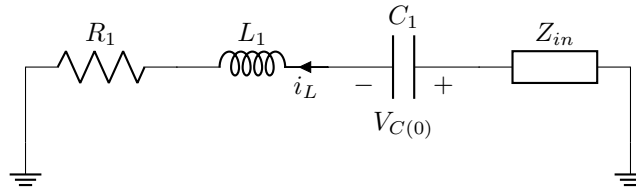
## 1. Introducción



El sistema de la figura lleva el nombre de oscilador con resistencia negativa, por inspección, se puede observar que el circuito es una configuración RLC serie acompañada de un convertor de impedancias negativas:



La impedancia de entrada de este circuito es  $Z_{in} = V_1/I_1$ . Si las resistencias  $R_1$  y  $R_2$  son iguales la impedancia es la negativa del elemento  $Z$ . Entonces se puede representar el circuito de la siguiente manera:



Esta impedancia negativa  $Z_{in}$  compensa las pérdidas de energía en resistencia  $R_1$  y como consecuencia se tiene un oscilador.

El circuito RLC junto al convertor de impedancia negativas conforman un sistema de segundo orden. El modelo teórico de la función de transferencia se muestra a continuación:

$$H(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{K}{s^2\tau^2 + 2\xi\tau s + 1} \quad (1)$$

En los sistemas de segundo orden existen tres parámetros a considerar:

- k: ganancia estática
- $\xi$ : factor de amortiguamiento
- $\tau$

La posición de los polos está determinada por el factor de amortiguamiento,  $\xi$ . Para obtener la característica de un oscilador los polos deben ser imaginarios puros, por lo tanto  $\xi$  debe ser nula.

$$p_1 = \frac{\xi(-\tau) - \sqrt{\xi^2\tau^2 - \tau^2}}{\tau^2}; p_2 = \frac{\sqrt{\xi^2\tau^2 - \tau^2} - \xi\tau}{\tau^2} \quad (2)$$

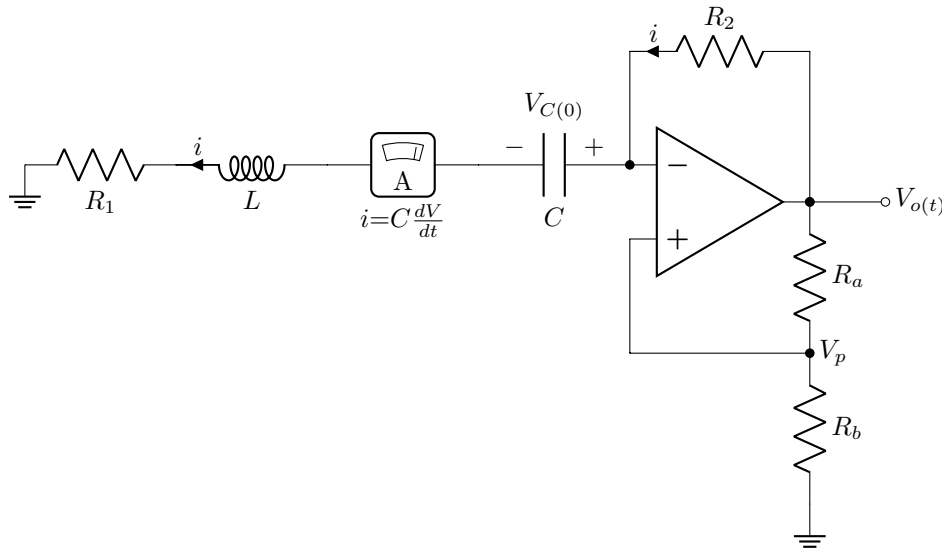
## 2. Objetivos

- Modelar e interpretar el Circuito
- Obtener la respuesta temporal de la tensión de salida y graficarla en Mathematica
- Realizar un barrido paramétrico sobre la resistencia  $R_B$  y observar las diferentes respuestas.

## 3. Modelado Matemático

Para modelar el circuito se tuvieron en cuenta algunas consideraciones

- El amplificador operacional es ideal
- La tensión inicial en el capacitor es  $V_{C(0)}$
- La corriente del capacitor se expresará de forma diferencial
- La entrada del sistema es la tensión inicial del capacitor
- La salida del sistema es la tensión a la salida del Amplificador Operacional



Para la primera ecuación se analizó el nodo  $V_n$ , en donde se tiene que:

$$i(t) = i_{R2}(t) \quad (3)$$

Expresando las corrientes en términos .....

$$i(t) = C * V'_c(t) \quad (4)$$

$$i_{R2}(t) = \frac{V_o(t) - V_n(t)}{R_2} \quad (5)$$

$$V_p(t) = \frac{R_b * V_o(t)}{R_a + R_b} \quad (6)$$

Donde las tensiones  $V_n(t)$  y  $V_p(t)$  son iguales al considerar que el amplificador operacional es ideal.

De esta manera se obtiene la primera ecuación de nuestro sistema, a la cual se le aplicó la transformada de Laplace.

$$eq1 = C * (sV_c(s) - V_c(t)) - \frac{R_a * V_o(s)}{R_2 R_a + R_2 R_b} \quad (7)$$

Para la segunda ecuación se analizó la malla que contiene a los componentes  $R_1, R_2, C, L$  y  $V_o(s)$

$$V_o(t) = V_c(t) + V_i(t) + V_r(t) \quad (8)$$

$$V_o(t) = C * L * V_c''(t) + C * (R_1 + R_2) * V_c'(t) + V_c(t) \quad (9)$$

Nuevamente se aplicó la transformada de Laplace, obteniendo la segunda ecuación

$$eq2 = V_c(s) - V_o(s) + C(R_1 + R_2)(s * V_c(t) - v_0(t)) + LC(s^2 * V_c(t) - s * v_0(t)) \quad (10)$$

Con estas dos ecuaciones es posible obtener las tensiones de salida y entrada del sistema y su función de transferencia

$$H(s) = \frac{CR_2(R_a + R_b)}{s * R_a C(s * L + R_1 + 2R_2) - s * CR_2 R_b - R_a} \quad (11)$$

Reordenando la función de transferencia

$$H(s) = \frac{\frac{CR_2 * (R_a + R_b)}{R_a}}{-1 + (-CR_1 + \frac{CR_2 R_b}{R_a})s - (LC)s^2} \quad (12)$$

Comparando la función de transferencia obtenida con la función del modelo teórico se determinaron los parámetros  $\xi, \tau$  y  $k$

$$K = \frac{CR_2 * (R_a + R_b)}{R_a} \quad (13)$$

$$\tau = \sqrt{LC} \quad (14)$$

$$\xi = \frac{-CR_1 + \frac{CR_2 R_b}{R_a}}{2\sqrt{LC}} \quad (15)$$

Un coeficiente de amortiguamiento nulo implica que las resistencias  $R_1, R_2, R_a$  y  $R_b$  deben ser iguales.

## 4. Respuesta Temporal

Para la respuesta temporal del oscilador aplicamos la antitransformada o inversa de Laplace obteniendo la respuesta al escalón

$$V_o(t) = \frac{d}{\sqrt{b}} \left[ e^{\left(-a - \frac{\sqrt{b}}{c}\right)t} - e^{\left(-a + \frac{\sqrt{b}}{c}\right)t} \right] \quad (16)$$

En donde:

$$a = \frac{R_1}{2L} + \frac{R_2 R_b}{2LR_a} + \frac{R_2}{L} \quad (17)$$

$$b = (CR_1 R_a + 2CR_2 R_a + CR_2 R_b)^2 - 4CLR_a^2 \quad (18)$$

$$c = 2LCR_a \quad (19)$$

$$d = (R_a + R_b)R_2 C \quad (20)$$

Se propuso valores para los elementos del sistema y se gráfico la respuesta temporal, obteniendo el siguiente gráfico

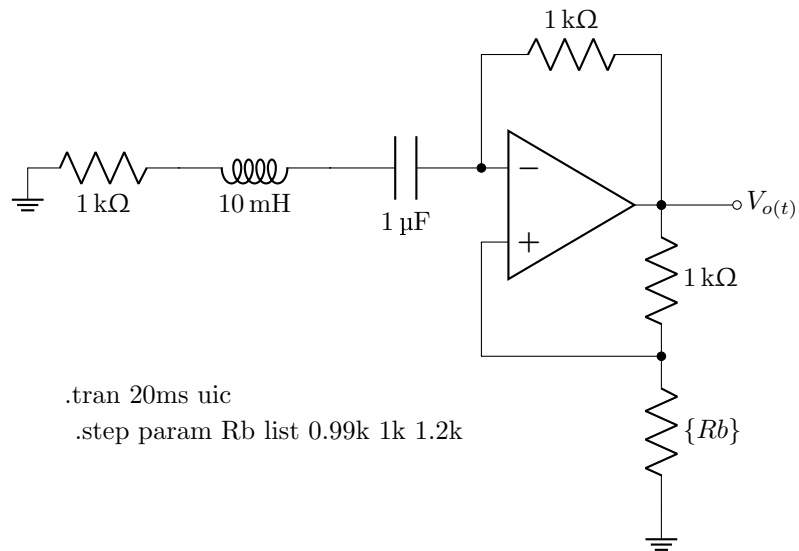
$$R = 1000 \quad (21)$$

$$L = 10mH \quad (22)$$

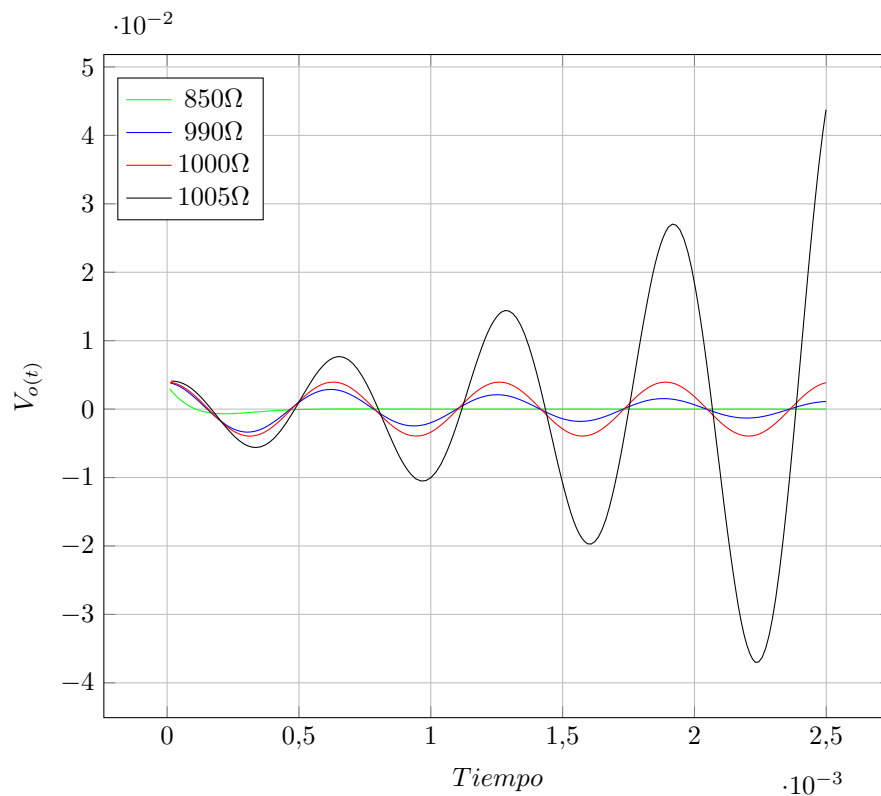
$$C = 1\mu F \quad (23)$$

## 5. Barrido Paramétrico

Para observar el comportamiento del circuito ante cambios en el valor de la resistencia equivalente se realiza un barrido paramétrico en LTSpice:



Se obtuvieron las siguientes respuestas



## 6. Conclusión