



**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MORELIA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**CONTROL I**

**PRACTICA DE LABORATORIO No.2:  
Polos y Ceros encontrados por Inspección**

**PROFESOR: GERARDO MARX CHÁVEZ CAMPOS**

**JESÚS ANTONIO MAGAÑA SILVA: 14121126**  
**VÍCTOR HUGO GARCÍA VALDIVIA: 14121088**

---

**MORELIA, MICHOACÁN**  
**NOVIEMBRE, 2017**

## 1. Introducción

El objetivo de la práctica es poder apreciar, conocer y manipular los distintos métodos para encontrar o identificar los polos y ceros a través de la función de transferencia o por el método de inspección, se tienen dos circuitos (1) y (2) los cuales serán analizados por estos métodos para encontrar sus polos y ceros.

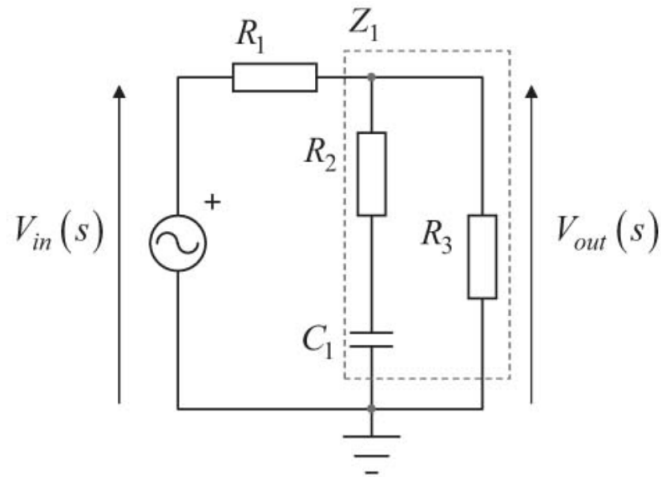


Figura 1: Esquema del circuito RC

Mostrando las diferencias entre las formas de onda entre la respuesta de un circuito respecto al otro.

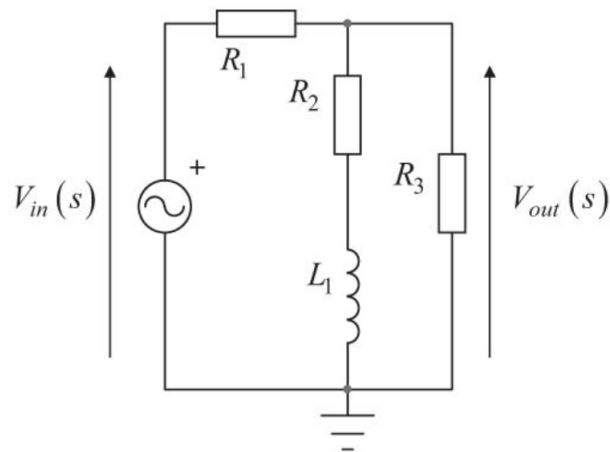


Figura 2: Esquema del circuito RL

## 2. Metodología

Se realizará primero el análisis del circuito RC

### ■ CIRCUITO RC

Observe que una fuente de CA  $V_{in}$  está entregando una señal a través de una resistencia  $R_1$  a una red hecha de una combinación serie-paralelo de dos resistencias y un condensador. Hay un elemento de almacenamiento distinto  $C_1$ ; esta es una red de primer orden. Sin embargo, es difícil saber dónde hay polos o ceros, sin embargo, debe adaptarse al formato dado por:

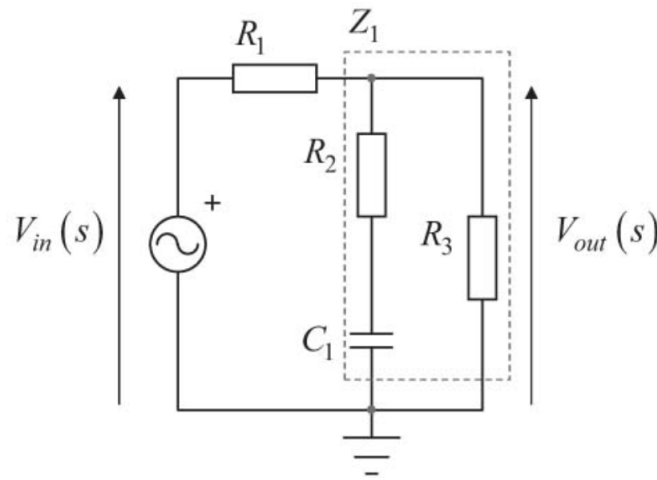


Figura 3: Diagrama del Circuito RC

$$H(s) = \frac{V_{out}}{V_{in}} \rightarrow Go \frac{(1 + \frac{s}{W_{Z1}})}{(1 + \frac{s}{W_{P1}})} \quad (1)$$

### ■ BIAS POINT (DC)

Es posible obtener por "fuerza bruta" la expresión de impedancia  $Z_1$  y aplicando la expresión del divisor de voltaje:

$$V_{out} = V_{in}(s) \frac{R_3}{R_1 + R_3} \rightarrow \frac{V_{out}}{V_{in}} = Go = \frac{R_3}{R_1 + R_3} \quad (2)$$

A continuación se muestra (4) el circuito analizado en CD del circuito RC:

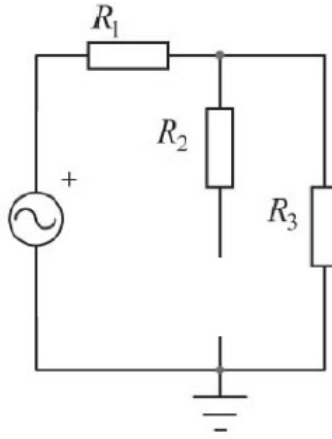


Figura 4: Diagrama del Circuito RC EN CD

## ■ CEROS

Recordando la definición de cero, es un punto de frecuencia en el que la excitación ya no alcanza la salida.

O bien un elemento en serie con la señal ofrece una impedancia infinita a un cierto frecuencia o un elemento que une la ruta de señal al suelo se convierte en un corto circuito, de nuevo en un cierto punto de frecuencia. En nuestro ejemplo, el único elemento que puede detener la señal de llegar a la salida es la combinación en serie de  $R_2$  y  $C_1$ .

Cuando su impedancia resultante es nula (cortocircuito), tenemos un cero en el función de transferencia:

$$R_2 + \frac{1}{sC_1} = 0 \quad (3)$$

$$\frac{R_2C_1 + 1}{sC_1} = 0 \quad (4)$$

$$R_2C_1 + 1 = 0 \quad (5)$$

Teniendo el valor de  $W_{Z1}$ .

$$W_{Z1} = \frac{1}{R_2C_1} \quad (6)$$

Con esto se puede tener la siguiente ecuación:

$$Go = \frac{N(s)}{D(s)} \rightarrow \frac{R_3}{R_1 + R_3} * \frac{(1 + sR_2C_1)}{D(s)} \quad (7)$$

Teniendo el valor de  $W_{P1}$ :

$$W_{P1} = \frac{1}{Tau} = \frac{1}{R_{eq1}C_1} \quad (8)$$

$$W_{P1} = \frac{1}{(R_2 + R_1 // R_3)C_1} \quad (9)$$

Quedando de la siguiente manera

$$Go = \frac{R_3}{R_1 + R_3} * \frac{(1 + sR_2C_1)}{(R_2 + R_1 // R_3)(Cs + 1)} \quad (10)$$

$$G(S) = \frac{W_i(S)}{H(S)} \quad (11)$$

$$G(S) = H(S) \left( \frac{1}{\frac{1}{R} + CS} \right) \quad (12)$$

$$W_i(S) = H(S) \left( \frac{1}{R} + CS \right) \quad (13)$$

$$G(S) = H(S) \left( \frac{1}{C \frac{1}{RC} + CS} \right) = \frac{\frac{1}{C}}{s + \frac{1}{RC}} \quad (14)$$

En la práctica se obtuvo la siguiente curva característica de carga del capacitor, en la cual se observa en la siguiente imagen, resaltando el  $\tau$  que se midió por cursores calculando el 65 por ciento del voltaje máximo de carga y el comienzo de carga.

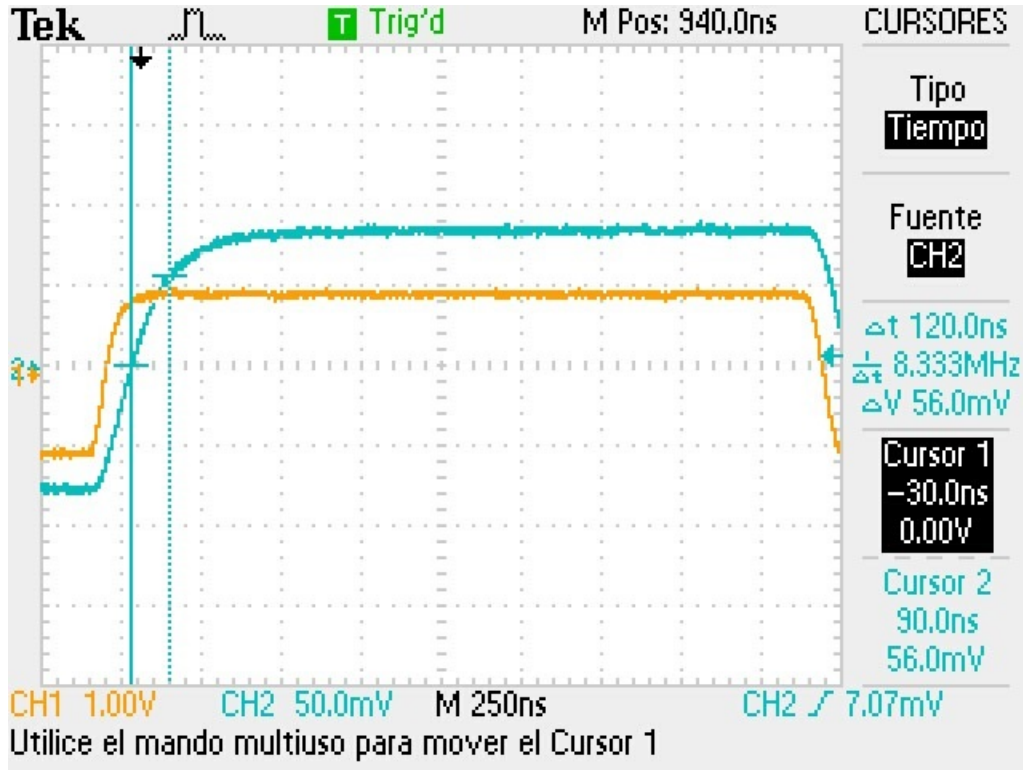


Figura 5: Diagrama de la gráfica obtenida con las mediciones en respuesta del tiempo de carga del capacitor(Circuito RC).

## ■ CIRCUITO RL

En este circuito simplemente cambiamos del circuito anterior el capacitor por un inductor, este inductor lo modificamos por uno de  $6,58mH$ . Para analizarlo primero fué por inspección.

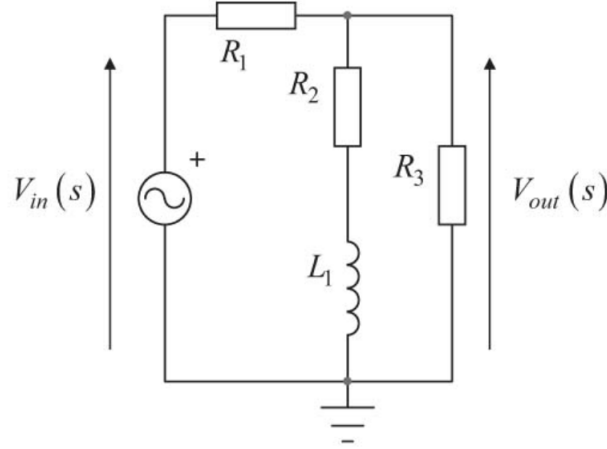


Figura 6: Diagrama del Circuito RL

$$V_{out}(S) = \frac{V_{in}(S)R1||R2}{R1 + R2||R3} \quad (15)$$

$$\frac{V_{out}(S)}{V_{in}(S)} = \frac{R2||R3}{R1 + R2||R3} \quad (16)$$

Para  $W = z1$

$$R2 + SL = 0 \quad (17)$$

$$R2(1 + \frac{SL}{R2}) = 0 \quad (18)$$

$$1 + (\frac{SL}{R2}) = 0 \quad (19)$$

$$Wz1 = \frac{R2}{L} \quad (20)$$

$$Wp1 = \frac{R2 + R1||R3}{L} \quad (21)$$

$$H(S) = \frac{R2||R3}{R1 + R2||R3} \frac{1 + S \frac{L}{R2}}{1 + S \frac{L}{R2 + R1||R3}} \quad (22)$$

Ahora se analizará de manera algebraica y teóricamente se debe llegar a lo mismo que el análisis de inspección llegando a lo mismo que la ecuación 22. Haciendo una resistencia en serie equivalente de R2 con la bobina se tiene que:

---


$$Req1 = R2 + SL \quad (23)$$

$$Rp1 = \frac{R3(R2 + SL)}{R3 + R2 + SL} \quad (24)$$

$$Vout(S) = \frac{Vin(\frac{R3(R2+SL)}{R3+R2+SL})}{R1\frac{R3(R2+SL)}{R3+R2+SL}} \quad (25)$$

$$\frac{Vout}{Vin} = \frac{R3(R2 + SL)}{R1R3 + R1R2 + R1SL + R3R2 + R3SL} \quad (26)$$

$$\frac{Vout}{Vin} = \frac{R3R2(1 + \frac{SL}{R2})}{R1(R3 + R2) + R3R2 + R1SL + R3SL} \quad (27)$$

$$\frac{Vout}{Vin} = \frac{R3R2(1 + \frac{SL}{R2})}{(R1(R3 + R2) + R3R2)(1 + \frac{R1SL+R3SL}{(R1(R3+R2)+R3R2)})} \quad (28)$$

$$\frac{Vout}{Vin} = \frac{R3R2(1 + \frac{SL}{R2})}{(R1(R3 + R2) + R3R2)(1 + \frac{SL(R1+R3)}{(R1R3+R1R2+R3R2)})} \quad (29)$$

$$Wz1 = R2 \quad (30)$$

$$Wp1 = \frac{(R1R3 + R1R2 + R3R2)}{L(R1 + R3)} \quad (31)$$

Con los datos recabados en la práctica y medidos con el osciloscopio se muestran en la siguiente tabla y a continuación la gráfica obtenida y generada del circuito RL.

---

Frecuencia	$V_{in}$	$V_{out}$
1Hz	0.464	0.391
2Hz	0.464	0.391
3Hz	0.464	0.391
4Hz	0.464	0.391
5Hz	0.464	0.391
6Hz	0.464	0.391
7Hz	0.464	0.391
8Hz	0.464	0.391
9Hz	0.464	0.391
10Hz	0.464	0.391
20Hz	0.464	0.391
30Hz	0.464	0.392
40Hz	0.464	0.392
50Hz	0.464	0.392
60Hz	0.464	0.392
70Hz	0.464	0.392
80Hz	0.464	0.392
90Hz	0.464	0.392
100Hz	0.464	0.392
200Hz	0.464	0.393
300Hz	0.464	0.393
400Hz	0.464	0.393
500Hz	0.464	0.393
600Hz	0.464	0.393
700Hz	0.464	0.393
800Hz	0.464	0.3935
900Hz	0.464	0.3935
1kHz	0.464	0.3935
2kHz	0.464	0.395
3kHz	0.464	0.396
4kHz	0.464	0.397
5kHz	0.464	0.397
6kHz	0.464	0.398
7kHz	0.464	0.398
8kHz	0.464	0.4
9kHz	0.464	0.403
10kHz	0.464	0.405
20kHz	0.464	0.416
30kHz	0.464	0.424
40kHz	0.464	0.428
50kHz	0.464	0.43
60kHz	0.464	0.431
70kHz	0.464	0.4314
80kHz	0.464	0.432
90kHz	0.464	0.4325
100kHz	0.464	0.4325
200kHz	0.464	0.4325
300kHz	0.464	0.4325
400kHz	0.464	0.432
500kHz	0.464	0.428
600kHz	0.464	0.425
700kHz	0.464	0.420
800kHz	0.464	0.415
900kHz	0.464	0.410
1MHz	0.464	0.408



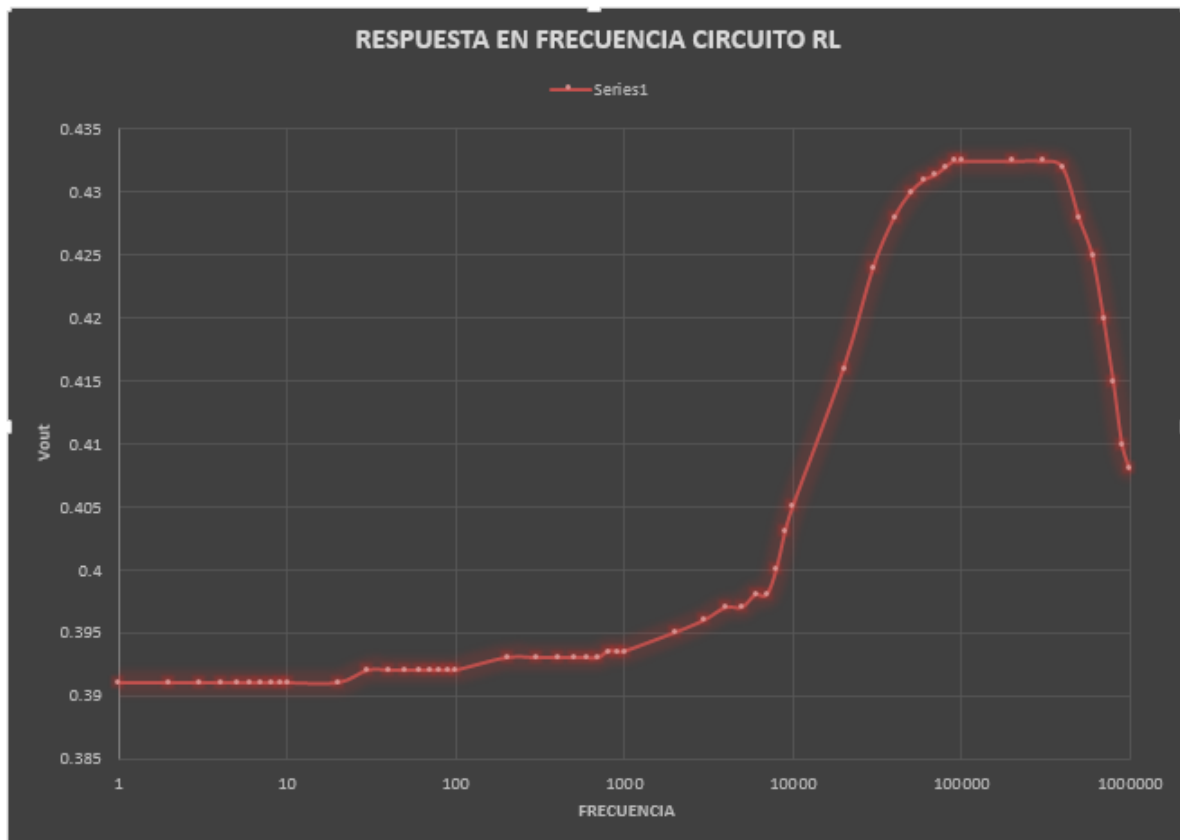


Figura 7: Diagrama de la gráfica obtenida con las mediciones en respuesta de la frecuencia(Circuito RL).

### 3. Código

En este apartado se usó PSpice A/D Metiendo los valores correspondientes entre cada nodo

```
;First Circuit LC:
V1 1 0 ac 1
R1 1 2 1000
R2 2 3 1000
L1 3 0 6.58mH
R3 2 0 1000
.ac DEC 100 100 1000K
.probe
.end
```

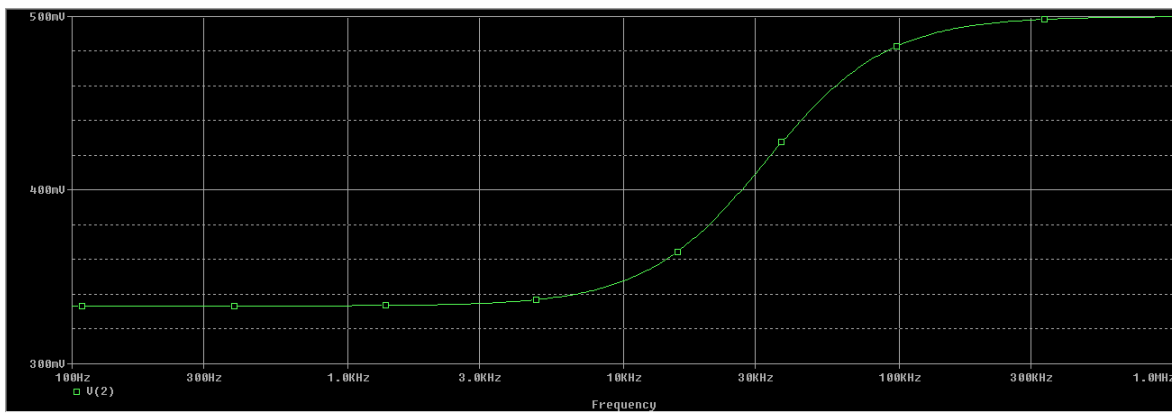


Figura 8: Gráfica generada por OrCAD Spice

Gracias al código anterior se pueden mostrar las gráficas siguientes donde se muestra la curva en dB en el circuito RL

---

## 4. Conclusiones

### **Victor Hugo Garcia valdivia**

En esta práctica se puede concluir que un circuito de segundo orden se puede resolver con un análisis de inspección o por análisis algebraico. Y efectivamente da lo mismo, sólo en la práctica (implementado el circuito) no es tan precisa la gráfica que deberíamos de haber obtenido pero sí algo parecido, esto debido a que los valores del inductor, el mismo generador, el ruido, etc. Nos generan discrepancia entre lo calculado-simulado con lo real.

### **Jesús Antonio Magaña Silva**

Durante la realización de esta práctica fue posible detectar tanto por el método de inspección así como el método algebraico los polos y ceros nuestro sistema que en este caso fueron unos circuitos RL y RC viendo las diferencias entre uno y otro. Coincidiendo la simulación con lo práctico formando una gráfica con los diversos valores de frecuencias y voltajes de salida nos pudimos dar cuenta que al final queda de la misma manera quedando más definida la gráfica en la simulación, además como lo pudimos ver en clase el método algebraico fue más difícil que por el método de inspección. Otro aspecto que se notó que a grandes frecuencias en el rango de los Megahertz la respuesta del inductor es cuando se tiene la decaída después de tener el valor máximo constante mostrando una gráfica en forma muy parecida a una campana.