



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MORELIA



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MORELIA

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRONICA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

MATERIA
CONTROL 1

REPORTE DE LABORATORIO
Poles and zeros found by inspection

PROFESOR
GERARDO MARX CHAVEZ CAMPOS

ALUMNOS
JORGE ALBERTO OCHOA LOPEZ
JOSE EDUARDO CONTRERAS SANDOVAL

7º semestre

MORELIA, MICHOACÁN

24/11/17

Índice

1. INTRODUCCION:	1
2. METODOLOGIA:	1
2.1. Parte 1	1
2.2. Parte 2	6
3. Resultados	7
4. Conclusiones	8

1. INTRODUCCION:

El objetivo principal de esta práctica es analizar un circuito sencillo, en el cual debemos de obtener su función de transferencia por el método de inspección y algebraicamente, esto con la finalidad de poder obtener la respuesta del sistema mediante una función realizada en la práctica pasada donde obteníamos una gráfica de la respuesta de un sistema dado. Después simulamos el circuito con valores reales de resistencias y de un inductor para obtener la gráfica de Bode la cual nos da el comportamiento del sistema en el dominio de la frecuencia, finalmente hicimos la implementación física del circuito y medimos los voltajes de salida para obtener nuestra gráfica de Bode real.

Para la primer parte de la práctica nos piden obtener la función de transferencia del circuito dado, con el método de inspección se hace un análisis de corriente directa donde el inductor se comporta como un corto, de esta forma podemos calcular el término G_0 el cual está dado por la siguiente equivalencia:

$$G_0 = \frac{V_{out}(s)}{V_{in}(s)}$$

Después tenemos que buscar la rama del circuito que nos afecte el voltaje de salida al presentarse una variación en la frecuencia para de esta manera poder identificar los polos y los ceros para finalmente obtener la función de transferencia, la cual la sustituiremos por los valores de los componentes utilizados para poder obtener una gráfica de la respuesta del sistema mediante el código previamente realizado.

En la segunda parte basicamente solo simulamos el circuito para de igual forma ver su respuesta. Finalmente hicimos la implementación del circuito para medir con el osciloscopio la respuesta real de nuestro sistema y poder compararlo con lo obtenido teóricamente y en la simulación.

2. METODOLOGIA:

2.1. Parte 1

- Obtener la función de transferencia por inspección del siguiente circuito.
- Obtener la función de transferencia utilizando técnicas comunes de álgebra.
- Usando la función desarrollada en Scilab o Matlab checar la respuesta.

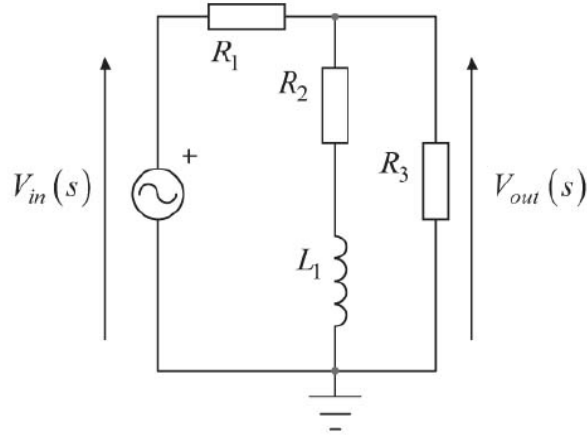


Figura 1: Circuito para la parte 1.

Para el método de inspección lo primero que se tiene que realizar es hacer el análisis de corriente directa para obtener el término G_0 donde el inductor se comporta como un corto circuito por lo que el circuito queda de la siguiente forma:

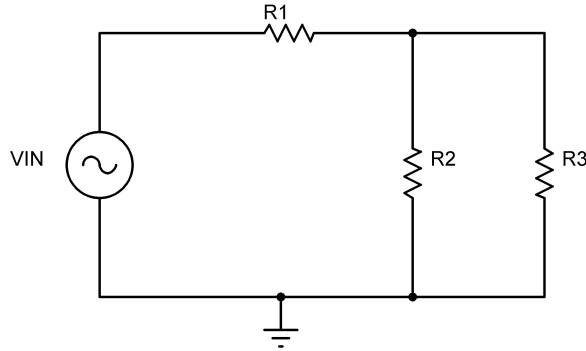


Figura 2: Circuito resultante al hacer el análisis en corriente directa

Lo siguiente que se realiza es hacer un divisor de voltaje para obtener el voltaje de salida del circuito de la figura 2

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

Se pasa V_{in} del otro lado para obtener G_0 .

$$G_0 = \frac{V_{out}(s)}{V_{in}(s)} = \frac{R2 || R3}{R1 + (R2 || R3)}$$

Para obtener los ceros se tiene que identificar la rama del circuito que nos afecte el voltaje de salida al variar la frecuencia la cual es la rama donde está el inductor.

$$R2 + j\omega L = 0$$

$$1 + \frac{SL}{R2} = 0$$

$$\frac{1}{\omega_{z1}} = \frac{L}{R2}$$

$$\omega_{z1} = \frac{R2}{L}$$

Para obtener los polos las fuentes de voltaje se ponen en corto circuito por lo que el circuito queda de la siguiente forma:

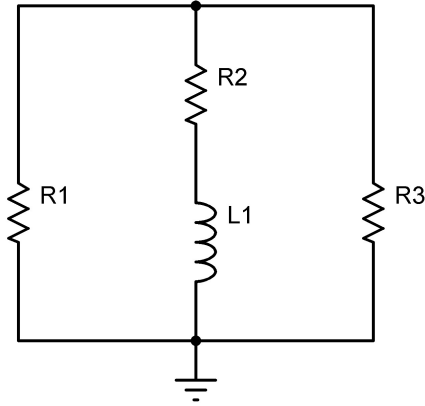


Figura 3: Circuito resultante al poner en corto la fuente de voltaje.

Del circuito anterior se obtienen los polos quedando de la siguiente manera:

$$\omega_{p1} = \frac{(R1||R3) + R2}{L}$$

Finalmente para obtener la función de transferencia $H(S)$ es cuestión de unir todos los términos encontrados por inspección quedando de la siguiente forma:

$$H(s) = \frac{R2||R3}{R1 + (R2||R3)} * \frac{(1 + \frac{SL}{R2})[(R1||R3) + R2]}{L}$$

$$H(s) = \frac{R2||R3}{R1 + (R2||R3)} * \frac{(1 + \frac{SL}{R2})}{1 + \frac{SL}{(R1+R3)+R2}}$$

En esta parte se busca encontrar la misma función de transferencia que se obtuvo mediante el método de inspección pero en este caso de forma algebraica.

$$H(s) = \frac{V_{out}(s)}{V_{in}(s)}$$

primero se busca obtener el valor de la Z1 osea la resistencia equivalente Figura 4.

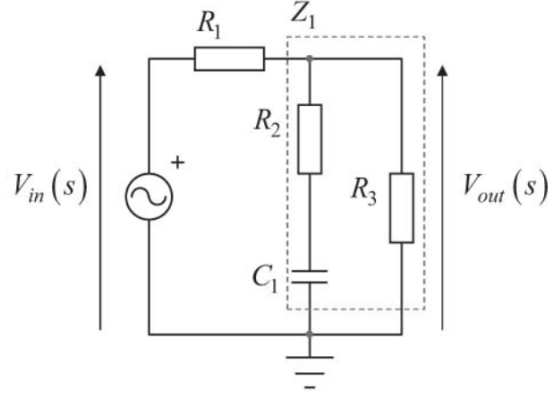


Figura 4: Circuito de donde se obtendrá la Z1

La Z1 será entonces:

$$Z_{equ} = \frac{sLR_3 + R_3R_2}{R_3 + sL + R_2}$$

Teniendo esto se hace un divisor de voltaje para encontrar el voltaje de salida, el cual queda de la forma:

$$V_o = V_{in} \frac{Z_1}{Z_1 + R_1}$$

sustituyendo:

$$V_o = V_{in} \frac{\frac{sLR_3 + R_3R_2}{R_3 + sL + R_2}}{\frac{sLR_3 + R_3R_2}{R_3 + sL + R_2} + R_1}$$

Como lo que se busca es la función de transferencia se deja fuera $\frac{V_o}{V_{in}}$ y la función queda:

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{\frac{sLR_3 + R_3R_2}{R_3 + sL + R_2}}{\frac{sLR_3 + R_3R_2 + R_3R_1 + R_1sL + R_1R_2}{R_3 + sL + R_2}}$$

Por ley de la herradura cancelamos los denominadores para dejarla de la forma:

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{sLR_3 + R_3R_2}{sLR_3 + R_3R_2 + R_3R_1 + R_1sL + R_1R_2}$$

Agrupando en el denominador:

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{sLR_3 + R_3R_2}{R_3R_2 + R_3R_1 + R_1R_2 + sLR_3 + R_1sL}$$

Factorizamos la R_3 y la R_2 del numerador para dejarlo de la forma que se espera obtener

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{R_3R_2(\frac{sL}{R_2} + 1)}{R_3R_2 + R_3R_1 + R_1R_2 + sLR_3 + R_1sL}$$

-una vez hecho esto factorizamos el denominador separando la parte que contiene sL del resto del denominador:

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{R_3R_2(\frac{sL}{R_2} + 1)}{R_3R_2 + R_3R_1 + R_1R_2(\frac{sL(R_3 + R_1)}{R_3R_2 + R_3R_1 + R_1R_2} + 1)}$$

Como lo que se busca es obtener una expresión con resistencias en paralelo, esperamos obtener fracciones como la mostrada en la Ecuación 1

$$\frac{R_x R_y}{R_x + R_y} \quad (1)$$

por lo que hacemos las factorizaciones necesarias para lograrlo.

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{R_3 R_2 (\frac{sL}{R_2} + 1)}{R_3 + R_2 (R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}) (\frac{sL(R_3 + R_1)}{R_3 R_2 + R_3 R_1 + R_1 R_2} + 1)}$$

lo mismo se hace con la otra parte del denominador para dejarlo como:

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{R_3 R_2 (\frac{sL}{R_2} + 1)}{R_3 + R_2 (R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}) (\frac{sL}{R_2 + \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3}} + 1)}$$

Finalmente donde se encuentran las fracciones parecidas a la mostrada en la Ecuación 1

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{R_3 // R_2 (\frac{sL}{R_2} + 1)}{(R_1 + R_2 // R_3) (\frac{sL}{R_2 + R_1 // R_3} + 1)}$$

La cual ya es nuestra función de transferencia idéntica a la obtenida por el metodo de inspección y que posteriormente se introducirá al software **scilab** para obtener la gráfica de la respuesta en modo estable del inductor usado en la práctica.

Lo primero que tenemos que hacer para introducir nuestra función de transferencia a nuestro programa desarrollado en Scilab es sustituir todos los valores de las resistencias y del inductor, lo cual nos queda de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} R1 &= 10k \\ R2 &= 3,3k \\ R3 &= 10k \end{aligned}$$

$$H(s) = \frac{3,3k || 10k}{10k + (3,3k || 10k)} * \frac{(1 + \frac{S(6,77mH)}{3,3K})}{1 + \frac{S(6,77mH)}{(10k || 3,3k) + 3,3k}}$$

Simplificando la ecuación nos queda así:

$$H(s) = \frac{0,1987 + S(407,63e - 9)}{1 + S(1,171e - 6)}$$

La forma de la función de transferencia para la cual habíamos realizado el código en Scilab era de la siguiente forma:

$$Y(s) = \frac{1}{S} (\frac{bs + c}{a + sd})$$

Como se puede apreciar la función de transferencia que obtuvimos en este circuito tiene la misma forma que la del programa de Scilab, por lo que los valores de a, b, c y d se encuentran de forma directa.

```

1 function [y]=mfc( a, b, c, d)
2     t= 0:0.01:15;
3     y=(c/a)+((b/d)-(c/a))*(exp(-(a/d)*t))
4     plot (t,y)
5 endfunction
6 //      a b c
7 [y]=mfc(1,0.00000040763,0.1987,0.000001171)

```

Listado 1: Código para generar la gráfica de la respuesta del circuito.

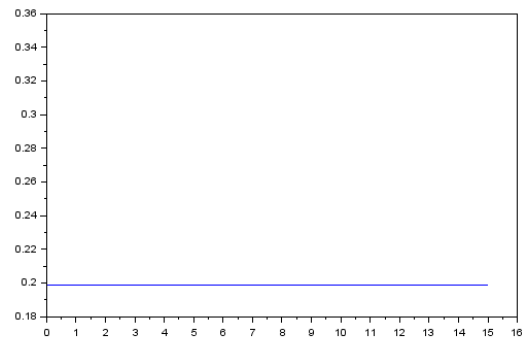


Figura 5: Gráfica de la respuesta estable del sistema obtenido de la función de transferencia del circuito

2.2. Parte 2

- Observar la respuesta en el tiempo del circuito en el simulador LTI Spice.

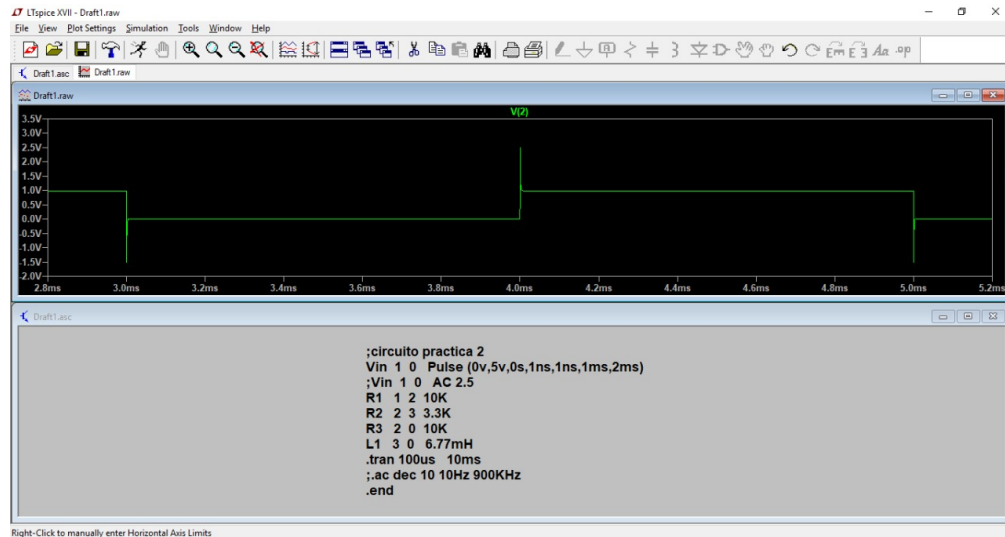


Figura 6: Captura de la respuesta en el tiempo del circuito

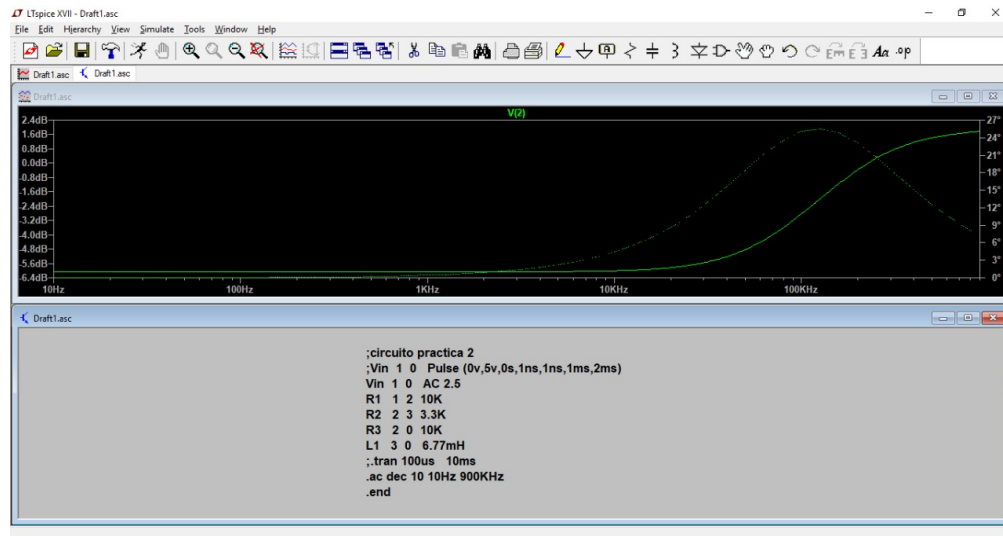


Figura 7: Captura de la respuesta en la frecuencia del circuito

3. Resultados

Para la implementación del circuito utilizamos los valores de resistencias y del inductor utilizados en la simulación en Spice, con el generador de señales alimentamos a la entrada con $5V_{pp}$ a $1kHz$ de frecuencia desde donde comenzamos a hacer el barrido de frecuencias para observar su respuesta al variar la frecuencia.

Frecuencia (Hz)	V_{pp} (V)
1000	1.2
10000	1.8
20000	1.10
30000	1.14
40000	1.20
50000	1.26
60000	1.34
70000	1.42
80000	1.52
90000	1.64
100000	1.72
200000	1.94
300000	1.32
400000	1.02
500000	860e-3
600000	760e-3
700000	680e-3
800000	640e-3
900000	600e-3

La tabla anterior son los resultados que obtuvimos al hacer el barrido en frecuencia y medir el voltaje de salida.

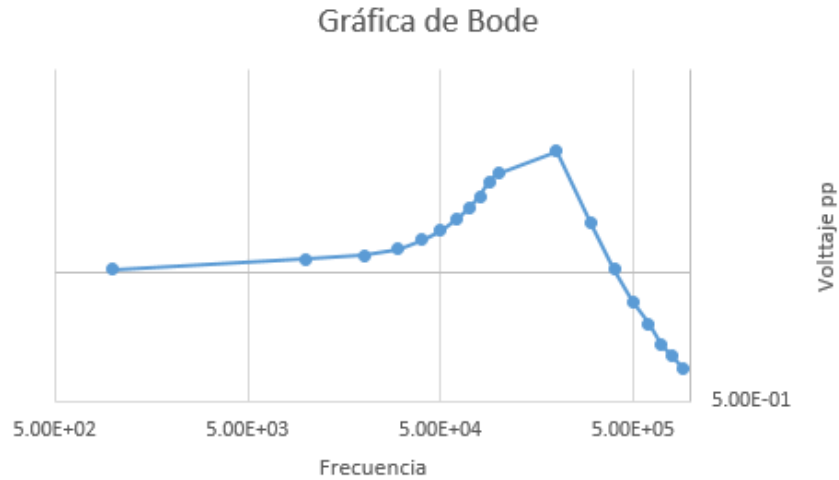


Figura 8: Gráfica de Bode obtenida con los puntos del barrido de frecuencias

Otro parámetro importante para calcular es el τ el cual para el inductor está dado de la siguiente forma:

$$\tau = \frac{L}{R}$$

$$\tau = \frac{6,77mH}{8,3k}$$

$$\tau = 815,66ns$$

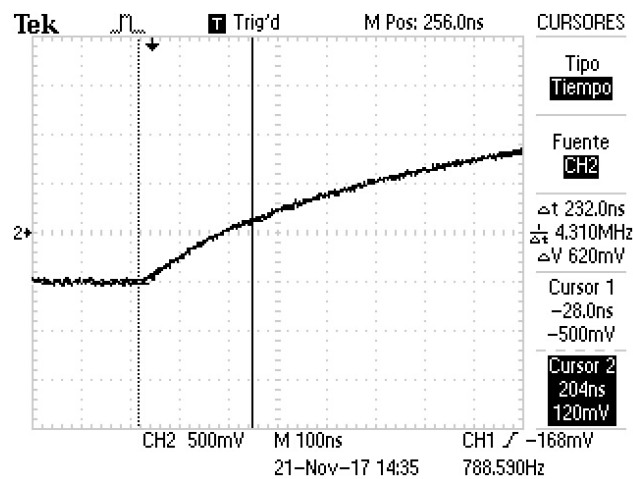


Figura 9: Medición de τ en el inductor donde $\tau = 232ns$

4. Conclusiones

José Eduardo Contreras Sandoval

Para poder obtener la respuesta de un sistema o que en este caso fue de un circuito es muy importante poder

identificar los ceros y los polos ya que facilitan mucho el trabajo analítico al realizarlo por el método de inspección, el simulador de Spice nos sirvió mucho para que al momento de realizar la implementación física del circuito tuvieramos una idea de que era lo que debíamos esperar en la respuesta de nuestro circuito.

A diferencia de la simulación, nuestro circuito a frecuencias superiores a $200kHz$ no se mantenía estable como si lo hacía en la simulación, esto debido a que el inductor utilizado era de núcleo de aire, lo cual para este tipo de inductores sabemos que su frecuencia de trabajo no es muy alta provocando esos comportamientos inesperados en la gráfica de Bode.

Jorge Alberto Ochoa López

Como conclusión de esta practica puedo decir que al inicio no era algo muy claro de hacer pues no se veía muy simple pero paso a paso las cosas se fueron aclarando, después de utilizar el inductor y el capacitor de forma practica en el laboratorio, todo en cuanto a la practica se simplifico un poco pues ya se podía observar físicamente el comportamiento que se buscaba mediante las ecuaciones planteadas.

fue un poco complicado llegar a la misma función de transferencia por ambos métodos pues para saber a que función debía llegarse se debía tener ya uno de los métodos resueltos, lo que costó un poco de tiempo, finalmente cuando ya se tuvieron los resultados de la función de transferencia por ambos métodos y que se introdujo en el software **scilab** con los valores de resistencia e inductancia calculados prácticamente, fue aun mas claro lo que se buscaba pues la respuesta gráfica que nos entrego este software así como la gráfica que mostró el simulador LTSPICE fue la misma y pudimos corroborar que las ecuaciones son las correctas.