



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MORELIA



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MORELIA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

MATERIA
CONTROL 1

REPORTE DE LABORATORIO
PRACTICA DE LABORATORIO No.2:
POLOS Y CEROS ENCONTRADOS POR INSPECCIÓN

PROFESOR
PROF.GERARDO MARX CHAVEZ CAMPOS

ALUMNOS
RAUL PEÑA MARTINEZ 14121104
MIGUEL TADEO ZEPEDA ZAMORA 14121109

Fecha de entrega: 24/11/17
MORELIA, MICHOACÁN

Índice

1. INTRODUCCIÓN	1
2. METODOLOGÍA	2
2.1. PARTE 1	2
2.1.1. Análisis por inspección	2
2.1.2. Análisis circuito algebraico	4
2.1.3. Respuesta en código de Scilab	6
2.2. PARTE 2	8
2.2.1. Programación en PSpice/LTspice	8
2.3. PARTE 3	9
2.3.1. Respuesta en tiempo y frecuencia	9
3. RESULTADOS	10
3.1. PARTE 1	10
3.2. PARTE 2	10
3.3. PARTE 3	11
4. CONCLUSIONES	12
4.1. Miguel Tadeo Zepeda Zamora	12
4.2. Raúl Peña Martínez	12

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de las sesiones y de las clases hemos aprendido que a través de una función de transferencia la cual relaciona la entrada del sistema con la salida obtenida podemos obtener los polos y los ceros de la propia función, esto se puede lograr por medio de diversos métodos, su desventaja es la dificultad que puede presentar llegar a obtener una simplificación de esta ecuación y poderla acomodar en formato de polos y ceros, las raíces del denominador son denominadas los polos de la función de transferencia y las raíces del numerador son denominados los ceros de la función de transferencia, así mismo el G_0 nos determina la ganancia en corriente directa, la forma esta determinada por:

$$H(S) = \frac{V_{in}(S)}{V_{out}(S)} = G_0 \frac{1 + \frac{S}{W_{z1}}}{1 + \frac{S}{W_{p1}}}$$

En base a esto, durante el desarrollo de esta practica analizaremos el comportamiento de un filtro pasa altas pasivo el cual se muestra a continuación:

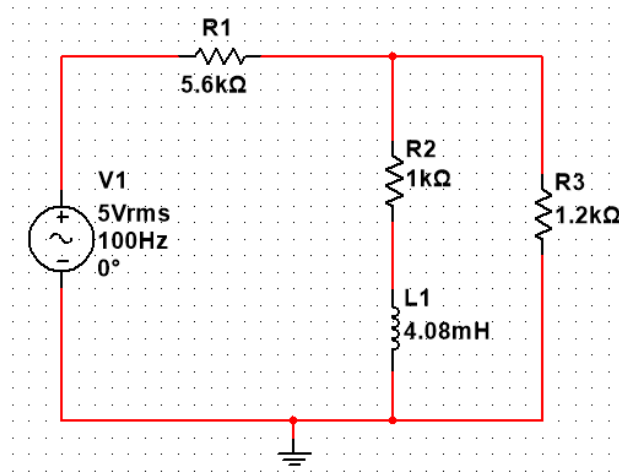


Figura 1: Filtro pasa altas

El primer paso sera obtener su función de transferencia en forma de polos y ceros por medio de la técnica de inspección, posteriormente comprobaremos esta función obtenida, mediante la obtención de la función de transferencia empelando análisis de circuitos convencional, a continuación comprobaremos su respuesta empelando la función previamente desarrollada en s Scilab para ver su comportamiento.

El siguiente paso sera por medio de LTSpice obtener la respuesta en el dominio del tiempo y de la respuesta de este circuito para posteriormente en el paso final comparar el resultado simulado con el resultado practico implementando el circuito físico y realizar un barrido de frecuencia en el cual logremos observar su comportamiento.

Por ultimo compararemos lo obtenido en Scilab, LTSpice y físico.

2. METODOLOGÍA

2.1. PARTE 1

2.1.1. Análisis por inspección

A continuación se muestra como se obtuvo la expresión de la función de transferencia por inspección. Primeramente debemos tener consciencia de la expresión general con la que estaremos trabajando

$$H(s) = \frac{V_{out}}{V_{in}} = G_0 \frac{1 + \frac{s}{w_{z1}}}{1 + \frac{s}{w_{p1}}}$$

Ahora analizando el circuito en CD, se tiene el siguiente diagrama.

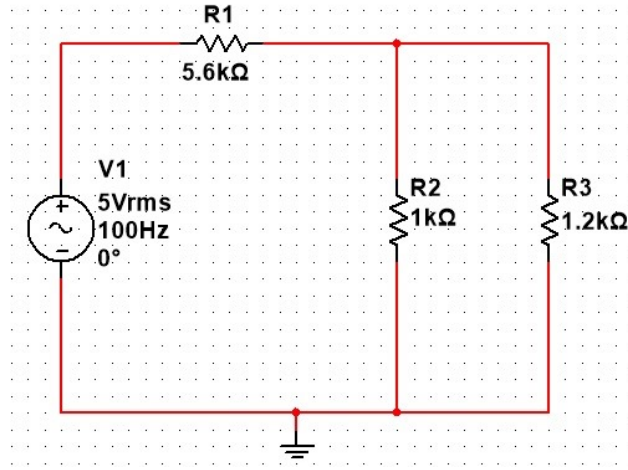


Figura 2: Circuito equivalente en CD

Sabemos que un inductor es un corto o un cable en CD, por lo que G_0 (punto en CD) queda expresado de la siguiente forma al hacer el paralelo de R_2 y R_3 y haciendo el divisor de voltaje y así relacionar la entrada con la salida.

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = G_0 = \frac{R_2 || R_3}{R_1 + (R_2 || R_3)}$$

Habiendo obtenido lo anterior, se analiza la rama en la que se encuentra el inductor y se obtiene su expresión e igualando a cero (para encontrar el cero de nuestra expresión).

$$R_2 + SL = 0$$

Dividiendo todo entre R_2

$$1 + \frac{SL}{R_2} = 0$$

Analizando la expresión general, tenemos que

$$\frac{S}{w_{z1}} = \frac{SL}{R_2}$$

Por lo tanto, w_{z1} es:

$$w_{z1} = \frac{R_2}{L}$$

Ahora bien, para encontrar en polo se representa el circuito para que unicamente dependa de la impedancia y la constante de tiempo de este.

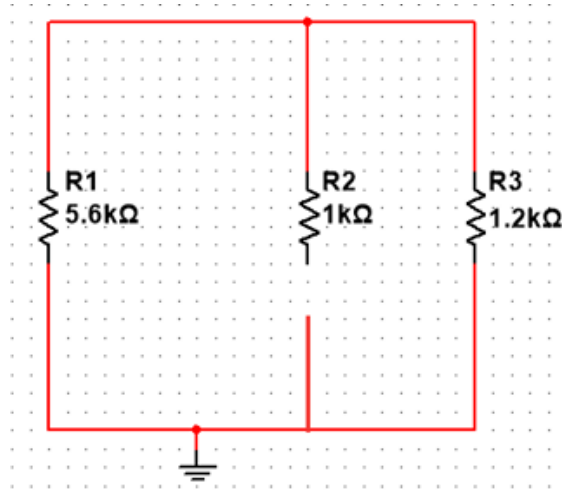


Figura 3: Circuito dependiente de impedancia y τ

$$R = R_2 + (R_1 || R_3)$$

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

Por lo tanto

$$w_{p1} = \frac{1}{\tau} = \frac{R}{L}$$

Reescribiendo, se obtiene

$$w_{p1} = \frac{R_2 + (R_1 || R_3)}{L}$$

Finalmente, la expresión queda como se muestra a continuación:

$$H(s) = \frac{R_2 || R_3}{R_1 + (R_2 || R_3)} \frac{1 + \frac{SL}{R_2}}{1 + \frac{SL}{R_2 + (R_1 || R_3)}}$$

2.1.2. Análisis circuito algebraico

Para el análisis algebraico del circuito, se optó por reducir el circuito:

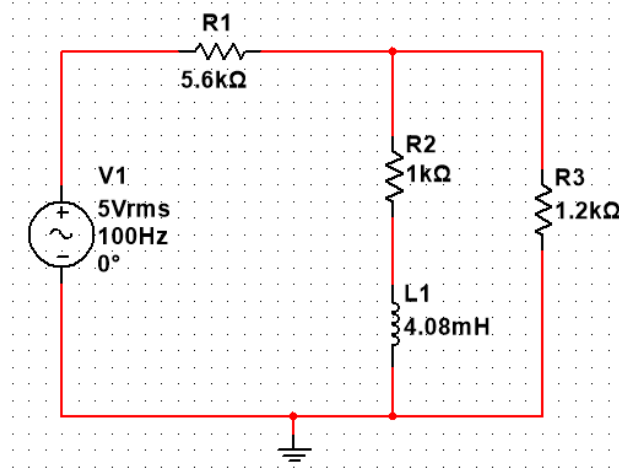


Figura 4: Filtro pasa altas

El primer paso fue hacer la reducción en paralelo para obtener un Z_{eq} .

De lo cual se obtuvo:

$$Z_{eq} = (R_2 + SL) || R_3$$

$$Z_{eq} = \frac{(R_2 + SL)(R_3)}{R_2 + SL + R_3}$$

$$Z_{eq} = \frac{R_2 R_3 + SL R_3}{R_2 + SL + R_3}$$

A partir de esto al estar reducido el circuito procederemos a emplear un divisor de tensión entre R_1 y Z_{eq} para de esta forma poder relacionar el voltaje de entrada con el de salida.

$$V_{out} = V_{in} \frac{\frac{R_2 R_3 + R_3 SL}{R_2 + SL + R_3}}{R_1 + \frac{R_2 R_3 + R_3 SL}{R_2 + SL + R_3}}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{\frac{R_2 R_3 + R_3 SL}{R_2 + SL + R_3}}{\frac{R_1(R_2 + SL + R_3) + R_2 R_3 + R_3 SL}{R_2 + SL + R_3}}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R_2 R_3 + R_3 SL}{R_1(R_2 + SL + R_3) + R_2 R_3 + R_3 SL}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R_2 R_3 + R_3 S L}{(R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3) + R_1 S L + R_3 S L}$$

A partir de esto se desarrollara manipulación algebraica para obtener una ecuación funcional:

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R_2 R_3 (\frac{S L}{R_2} + 1)}{R_1 (R_2 + R_3) + R_2 R_3 (1 + \frac{S L (R_1 + R_3)}{R_1 (R_2 + R_3) + R_2 R_3})}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = (\frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3 (R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3})}) (\frac{\frac{S L}{R_2} + 1}{(1 + \frac{S L (R_1 + R_3)}{R_1 (R_2 + R_3) + R_2 R_3})})$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R_2 || R_3}{(R_1 + R_2 || R_3)} \frac{\frac{S L}{R_2} + 1}{(1 + \frac{S L (R_1 + R_3)}{R_1 (R_2 + R_3) + R_2 R_3})}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R_2 || R_3}{(R_1 + R_2 || R_3)} \frac{\frac{S L}{R_2} + 1}{(1 + \frac{S L (R_1 + R_3)}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3})}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R_2 || R_3}{(R_1 + R_2 || R_3)} \frac{\frac{S L}{R_2} + 1}{(1 + \frac{S L (R_1 + R_3)}{R_1 R_3 + R_2 (R_1 + R_3)})}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R_2 || R_3}{(R_1 + R_2 || R_3)} \frac{\frac{S L}{R_2} + 1}{(1 + \frac{S L (R_1 + R_3)}{R_1 + R_3 (\frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} + R_2)})}$$

Finalmente se obtiene la forma general

$$H(s) = \frac{R_2 || R_3}{(R_1 + R_2 || R_3)} \frac{\frac{S L}{R_2} + 1}{(1 + \frac{S L}{(R_1 || R_3 + R_2)})}$$

2.1.3. Respuesta en código de Scilab

El código que se utilizó es el que se muestra a continuación.

Listing 1: Código implementado en Scilab por nosotros

```
function [A,B,t]=fracparr(a,b,c,r)
    h=1 //declaramos la altura, propuesta por nosotros de nuestro tanque inicialmente.
    x1=0 // variables usadas para graficar.
    x2=20 //variables usadas para graficar.
    A=c/a // obtenemos el numerador de la funcion escalon.
    B=b-((r*c)/a) // obtenemos el numerador de la funcion a resolver.
    printf('Result is: \n (%.1f /s)+(%.1f/(%.1f s+%.1f))\n',A,B,r,a)
    printf('Inverse Laplace Transform: \n %.1f +%.1f /%.1f e^(%.1f t)\n',A,B,r,a)
    n = 0:1:10000 // utilizamos n para poder graficar.
    resultado = A + (B/r)*exp((-a/r)*n);
    if r==0 then
        plot([x1,x2],[h,h])
    else
        plot(n,resultado)
    end
endfunction
```

Así mismo se introdujo el siguiente comando apartir del codigo anterior, este se dio al sustituir los valores de nuestros elementos en las formulas obtenidas previamente:

$$\frac{362,1 \times 10^{-9}s + 88,75 \times 10^{-3}}{1 + 2,05 \times 10^{-6}s}$$

```
-i>[A,B,t]=fracparr(1,0.000000362,0.08875,0.00000205)
```

Result is:

(0.1 /s)+(0.0/(0.0 s+1.0))

Inverse Laplace Transform:

0,1 + 0,0/0,0e(1,0t)

t =

0.0000020

B =

0.0000002

A =

0.08875

A partir de lo cual obtuvimos la siguiente respuesta:

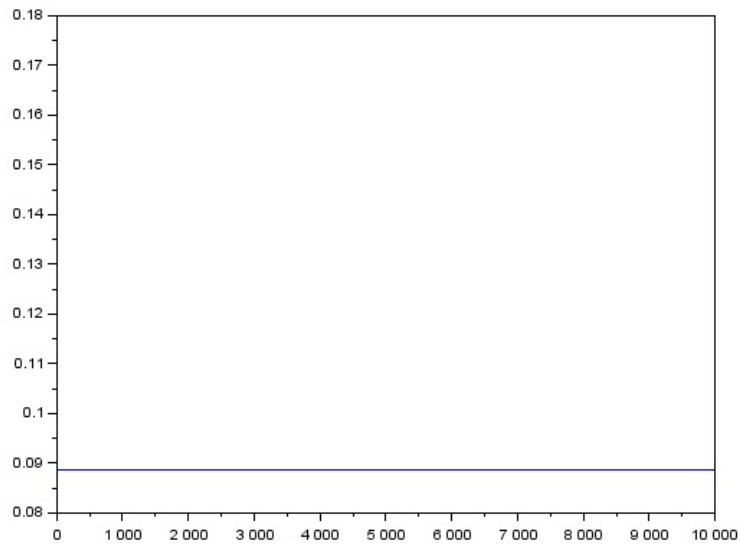


Figura 5: Respuesta en scilab

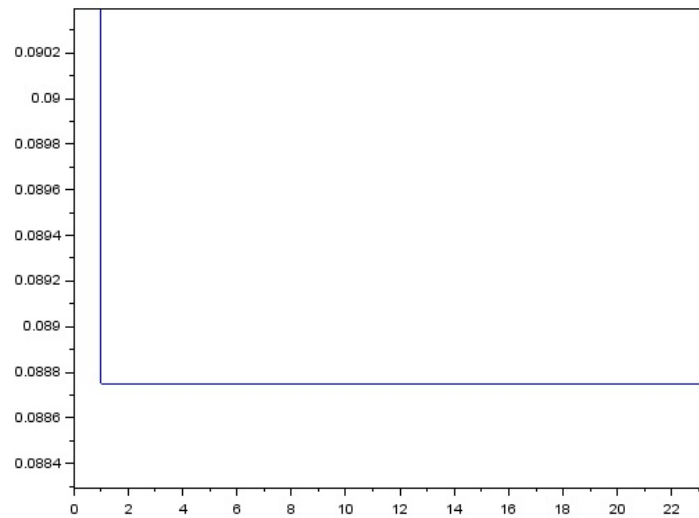


Figura 6: Respuesta en scilab

Posteriormente se corroboró el resultado obtenido en scilab con la simulación por medio de pspice/LTspice y así mismo realizado prácticamente.

Cabe resaltar que se obtuvo esta respuesta ya que el valor de carga es tan rápido que no permite verse un cambio, de esta misma forma se carga tan rápido en cero que tampoco es posible apreciar el cambio y se queda cargado a un valor fijo es por esto que aparece una línea horizontal.

2.2. PARTE 2

2.2.1. Programación en PSpice/LTspice

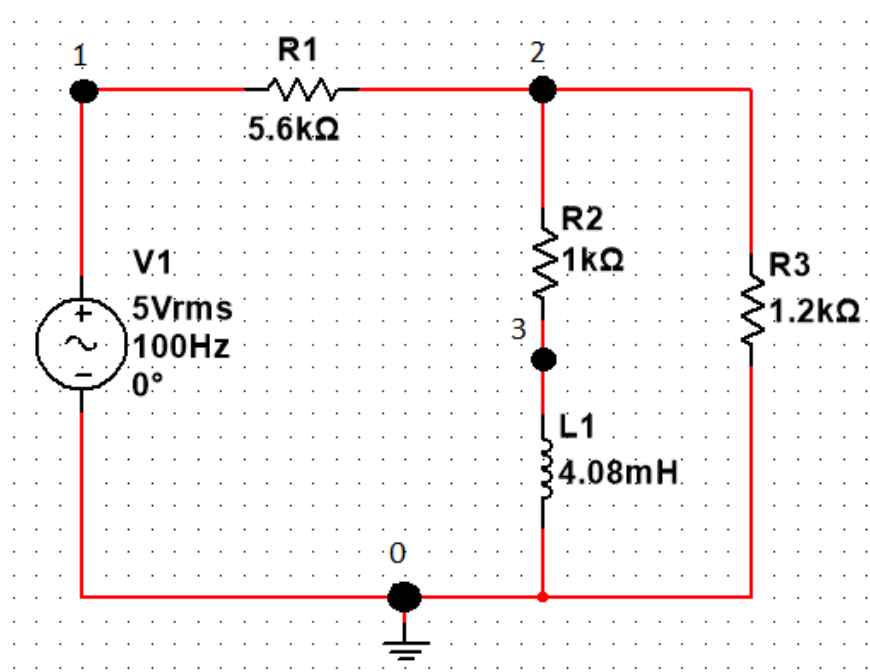


Figura 7:

```
;Codigo Practica #2
V1 1 0 ac 5
R1 1 2 5.6K
R2 2 3 1K
L1 3 0 4.08mH
R3 2 0 1.2K
```

```
.ac DEC 15 10 1M ;No poner f=0 porque provoca error
.probe
.end
```

El lenguaje de programación de PSpice se basa en definir los nodos entre los que se encuentra cada elemento y su valor.

De igual forma se debe especificar las características del barrido en frecuencia (puntos por década, $f_{inicial}$ y f_{final}).

Para hacer el análisis en tiempo se modifican las línea de V1 y el barrido por las siguientes líneas:

```
V1 1 0 pulse(0V,5V,0s,1ns,1ns,1ms,2ms)
.tran 100us 3ms
```

2.3. PARTE 3

2.3.1. Respuesta en tiempo y frecuencia

-La respuesta en tiempo se opto por obtenerla de modo analítico. Teniendo como expresión, lo siguiente:

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

Donde:

L es el valor del inductor (4.08 mH)

R es la impedancia equivalente.

$$R = R_2 + (R_1 || R_3)$$

$$R = 1K + (5,6K || 1,2K)$$

$$R = 1,97K$$

Por lo tanto:

$$\tau = \frac{4,08mH}{1,97K} = 2,07\mu s$$

-La respuesta en el tiempo del circuito con el capacitor esta dada por:

$$\tau = RC$$

Donde:

C es el valor del capacitor (1 μF).

R es la impedancia equivalente (1.97 K).

Por lo tanto:

$$\tau = (1,97K)(1\mu F) = 1,97\mu s$$

En el análisis de la respuesta en frecuencia, se armó el circuito y se realizo un barrido en 4 décadas para tomar los puntos necesarios y graficar dicha respuesta.

3. RESULTADOS

3.1. PARTE 1

En esta sección el único resultado mostrado es la respuesta del circuito utilizando la función implementada en Scilab.

3.2. PARTE 2

A continuación se muestran las simulaciones obtenidas con la programación en PSpice.

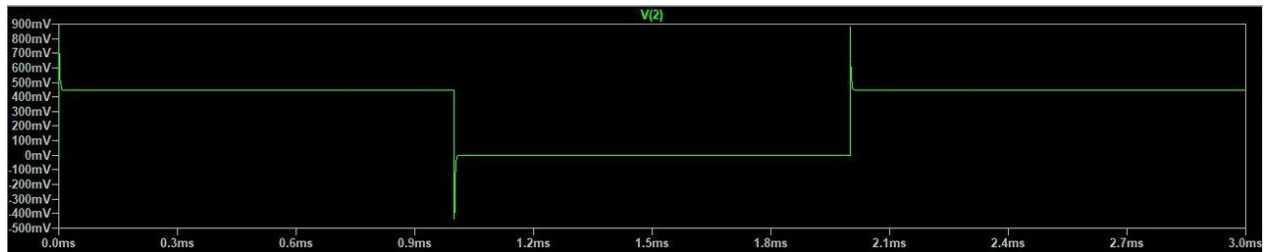


Figura 8: Respuesta en el tiempo del inductor

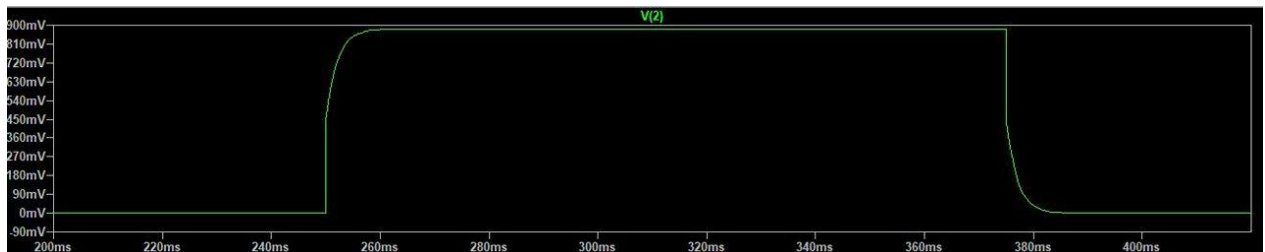


Figura 9: Respuesta en el tiempo del capacitor

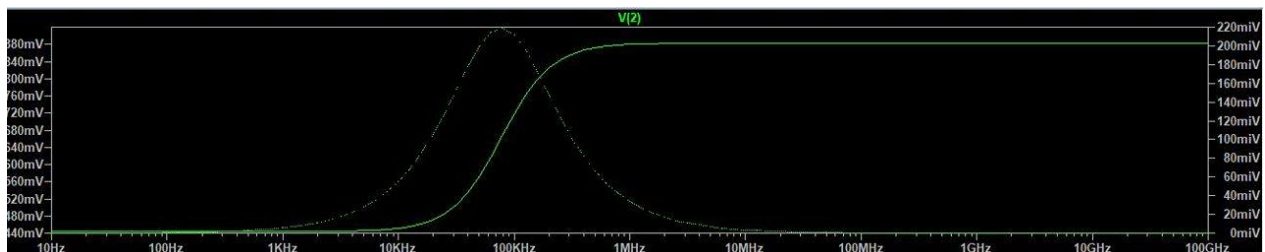


Figura 10: Respuesta en frecuencia del circuito (RL)

3.3. PARTE 3

Primeramente se midió la respuesta en el tiempo del circuito (utilizando una señal cuadrada) con el inductor y posteriormente con el capacitor. Se usaron cursores, el primero puesto en el inicio y el segundo al 63% del valor estable (en ambos circuitos).

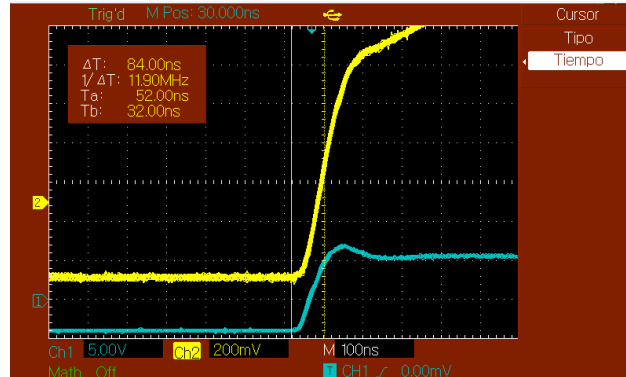


Figura 11: Medición de τ en el circuito RL

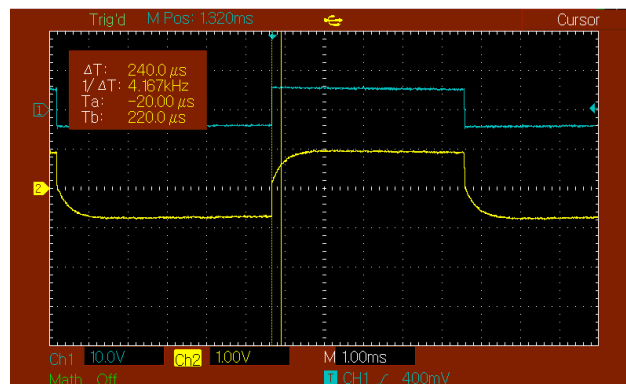


Figura 12: Medición de τ en el circuito RC

Finalmente se realizo un barrido de frecuencia para observar el comportamiento.



Figura 13: Respuesta en el dominio de la frecuencia en circuito RL

4. CONCLUSIONES

4.1. Miguel Tadeo Zepeda Zamora

Durante esta practica se abordaron diversos temas y métodos de análisis para comprender el comportamiento de un sistema.

Primeramente, analizar por inspección y método algebraico nos proporciona una expresión funcional que podemos utilizar para darnos una idea de lo que se espera y el tiempo de respuesta de dicho sistema. Se obtienen el valor de los ceros y polos en base a los valores de resistores e inductor y, según el valor, varia su respuesta (variación de τ).

Pasando a la programación, es una forma fácil y rápida para obtener el análisis de un sistema ya que podemos observar su comportamiento en diferentes condiciones y realizar barridos completos para tener una mejor idea de lo esperado. De igual forma se pueden obtener trazos y valores de lo que se desee en cada caso o aplicación. Finalmente, como se puede observar, se presentaron diferencias entre lo esperado y lo realmente obtenido en la sección de laboratorio.

Las discrepancias que se muestran comparando con los cálculos se debe a la variación del valor del inductor y capacitor según la frecuencia de trabajo.

Aunado a esto, existe una resistencia en serie asociada a dichos componentes que nos afecta en los resultados esperados, tanto en el factor τ como en la respuesta en frecuencia del sistema.

En general esta practica fue de suma importancia para comprender la teoría y entender como afectan los diferentes factores implicados en un sistema. Así como apreciar que existen variables que teóricamente no se consideran pero en la practica existen y modifican lo esperado.

4.2. Raúl Peña Martínez

EL objetivo de desarrollar esta practica fue poder comprender la importancia de la obtención de los polos y ceros de una función de transferencia, la cual es de vital importancia en el control de un sistema y lo cual considero que logramos comparar de forma eficiente la parte teórica la cual es un poco mas complicado de entender si importancia al solo verlo teórico contra la parte practica.

Esta practica se dividió en varias secciones la primera fue obtener por medio de un análisis de inspección y un análisis algebraico una función de transferencia a partir de la cual lográbamos observar los polos y ceros de la función, los cuales nos delimitarían y nos brindarían información importante sobre nuestro sistema, y los cuales principalmente no tuvimos complicaciones, la parte mas complicada fue la manipulación algebraica para poder obtener la representación de la función de transferencia en los términos deseados.

Posteriormente corroboramos las suposiciones realizadas y obtenidas en la parte teórica empelando software el cual brinda un panorama mucho mas amplio de la forma en que se comporta el sistema, y el cual nos permite apreciar de una forma gráfica su comportamiento tanto en el tiempo como en la frecuencia, aunado a esto nos permitió desarrollar nuevas competencias las cuales nos servirán posteriormente en futuros proyectos y que se verán reflejadas en futuros trabajos en los cuales necesitemos simular un circuito.

Y por ultimo realizamos una parte vital de este trabajo, la cual fue implementar el circuito físicamente y observar su comportamiento, como era de esperarse las respuestas obtenidas fueron diferentes a lo que esperábamos pero esto se da por todos los factores que interfieren en los dispositivos físicos, los cuales se ven afectados tanto por frecuencias de operación, limitaciones físicas y mas elementos de interferencia que merman su desempeño, estas discrepancias se aprecian en la sección de laboratorio.

Considero que esta practica fue muy provechosa y que nos permitió asentar todo el conocimiento teórico y poderlo aplicar de forma practica con lo cual consolidamos los conocimientos adquiridos en el aula, así mismo observamos la teoría contra la realidad en cuestión a las variaciones en mediciones y respuestas de los elementos físicos.