



# **Experimento 5**

## Laboratório de Circuitos Elétricos

<b>Autoria</b>	<b>Matrícula</b>
Pedro Henrique Dornelas Almeida	18/0108140

Engenharia de Redes de Comunicação  
Universidade de Brasília

27 de março de 2021

# 1 Plataforma Utilizada

Tina-TI: versão 9.2.30.221 SF-TI

# 2 Procedimento Experimental

Valores utilizados:

$$R1 = 560\Omega , C = 250nF$$

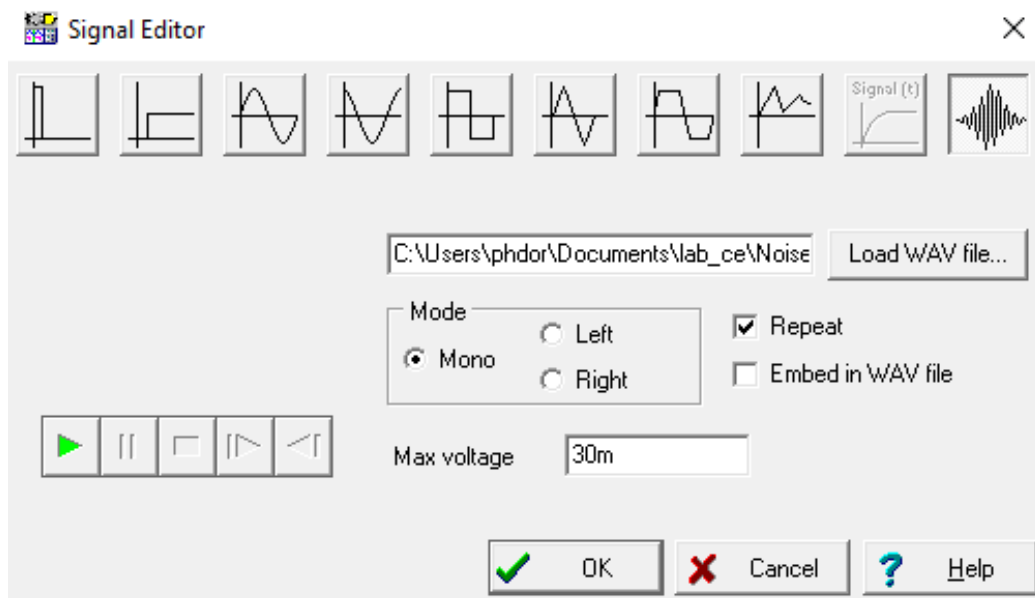
$$L = 1mH , V_{pp} = 1V$$

$$V_{off} = 0V , f_0 = 4kHz$$

$$f_1 = 8kHz , f_2 = 12kHz$$

## Atividade 0

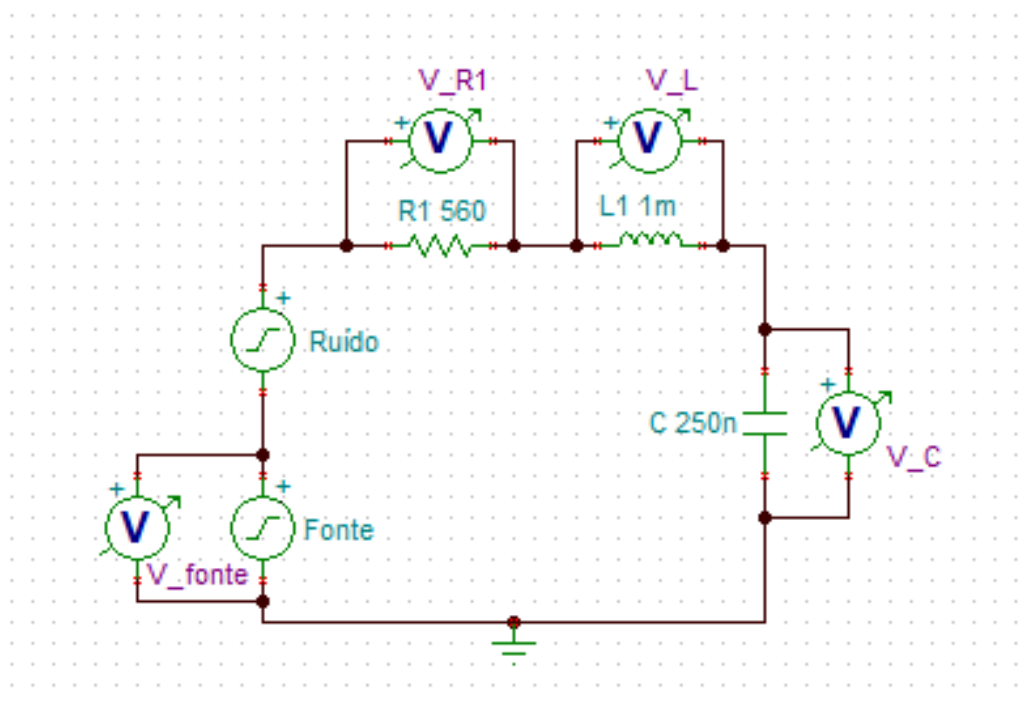
O primeiro passo é somente configurar a fonte de ruído assim como no experimento passado, ela foi configurada da seguinte maneira:



Fonte de Ruído

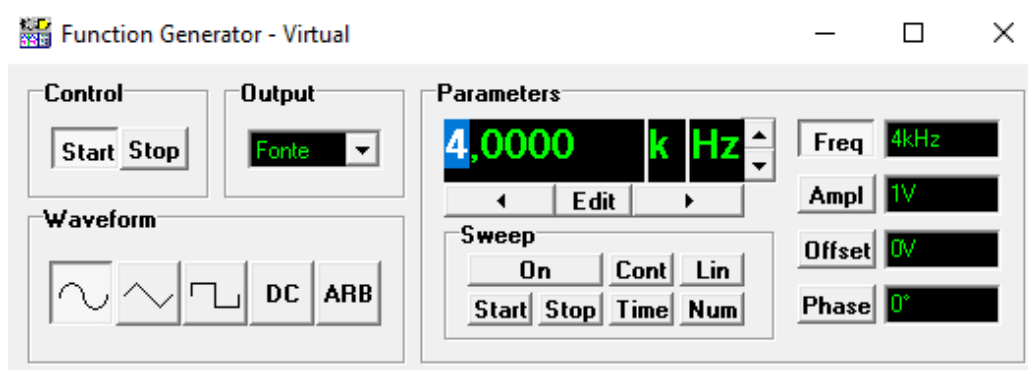
## Atividade 1

Agora, devemos configurar o circuito para conseguirmos realizar o experimento, e o circuito ficou da seguinte maneira:



Circuito

Também foi necessário configurar a fonte de tensão da maneira pedida, uma onda senoidal com amplitude de  $V_{pp}$  e  $V_{off}$ , e esta ficou:



Fonte de Tensão

Com o ambiente configurado, podemos passar a próxima atividade.

**T1a)**

$$V_R = \frac{R}{R + j2\pi fL - \frac{j}{2\pi fC}} \cdot \frac{V_{pp}}{2}$$

$$V_R = \frac{\frac{RV_{pp}}{2}}{R + j\left(\frac{4\pi^2 f^2 LC - 1}{2\pi fC}\right)}$$

$$V_R = \frac{RV_{pp}}{2\sqrt{R^2 + \left(\frac{4\pi^2 f^2 LC - 1}{2\pi fC}\right)^2}} \angle -\tan^{-1}\left(\frac{4\pi^2 f^2 LC - 1}{2\pi fCR}\right)$$

**T1b)**

$$V_L = \frac{j2\pi fL}{R + j2\pi fL - \frac{j}{2\pi fC}} \cdot \frac{V_{pp}}{2}$$

$$V_L = \frac{\pi fLV_{pp}}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{4\pi^2 f^2 LC - 1}{2\pi fC}\right)^2}} \angle \frac{\pi}{2} - \tan^{-1}\left(\frac{4\pi^2 f^2 LC - 1}{2\pi fCR}\right)$$

**T1c)**

$$V_C = \frac{-\frac{j}{2\pi fC}}{R + j2\pi fL - \frac{j}{2\pi fC}} \cdot \frac{V_{pp}}{2}$$

$$V_C = \frac{V_{pp}}{4\pi fC\sqrt{R^2 + \left(\frac{4\pi^2 f^2 LC - 1}{2\pi fC}\right)^2}} \angle -\frac{\pi}{2} - \tan^{-1}\left(\frac{4\pi^2 f^2 LC - 1}{2\pi fCR}\right)$$

**T1d)**

$$I_s = \frac{V_R}{R} = \frac{V_L}{-\frac{j}{2\pi fC}} = \frac{V_{pp}}{1\sqrt{R^2 + \left(\frac{4\pi^2 f^2 LC - 1}{2\pi fC}\right)^2}} \angle -\tan^{-1}\left(\frac{4\pi^2 f^2 LC - 1}{2\pi fCR}\right)$$

**T1e)**

$$v_R(t) = \frac{RV_{pp}}{2\sqrt{R^2 + \left(\frac{4\pi^2 f^2 LC - 1}{2\pi fC}\right)^2}} \cos\left(2\pi ft - \tan^{-1}\left(\frac{4\pi^2 f^2 LC - 1}{2\pi fC}\right)\right)$$

$$v_L(t) = \frac{\pi f L V_{pp}}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{4\pi^2 f^2 LC - 1}{2\pi fC}\right)^2}} \cos\left(2\pi ft + \frac{\pi}{2} - \tan^{-1}\left(\frac{4\pi^2 f^2 LC - 1}{2\pi fC}\right)\right)$$

$$v_C(t) = \frac{V_{pp}}{4\pi fC \sqrt{R^2 + \left(\frac{4\pi^2 f^2 LC - 1}{2\pi fC}\right)^2}} \cos\left(2\pi ft - \frac{\pi}{2} - \tan^{-1}\left(\frac{4\pi^2 f^2 LC - 1}{2\pi fC}\right)\right)$$

$$i_S(t) = \frac{V_{pp}}{2\sqrt{R^2 + \left(\frac{4\pi^2 f^2 LC - 1}{2\pi fC}\right)^2}} \cos\left(2\pi ft - \tan^{-1}\left(\frac{4\pi^2 f^2 LC - 1}{2\pi fC}\right)\right)$$

## Atividade 2

Aqui devemos configurar um Osciloscópio para a visualização das curvas de tensão para os elementos presentes no circuito. Para observar e conseguir fazer as alterações na frequência e observar os efeitos, configuramos o seguinte ambiente:

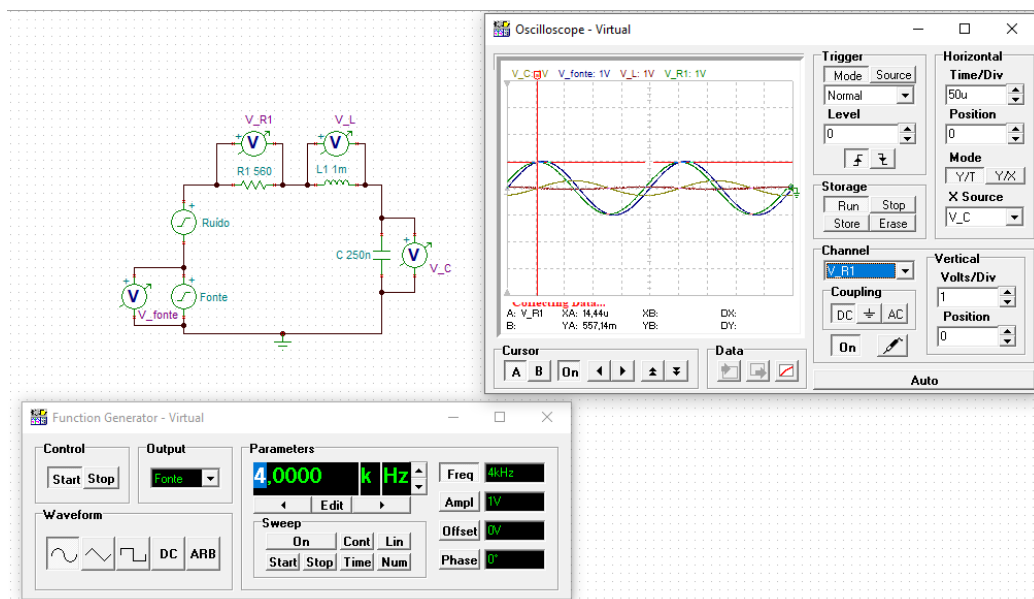


Figura 1

Após configurar, o próximo passo é observar as curvas no osciloscópio:

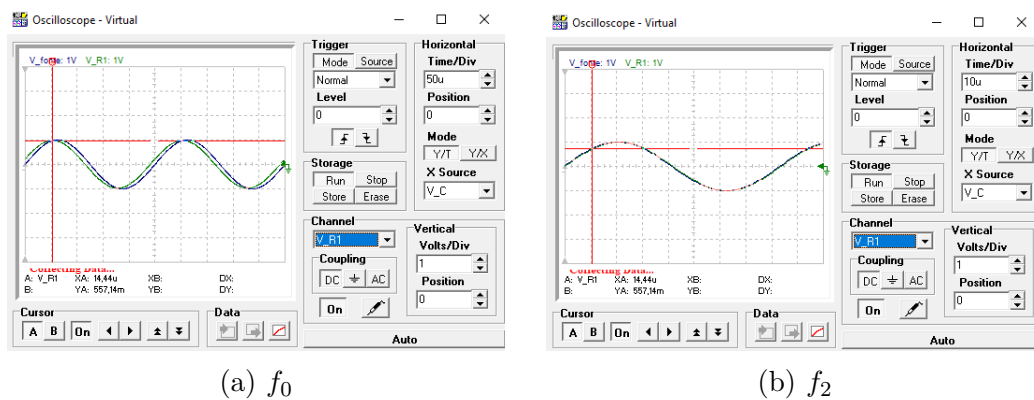


Figura 2: Tensão no Resistor

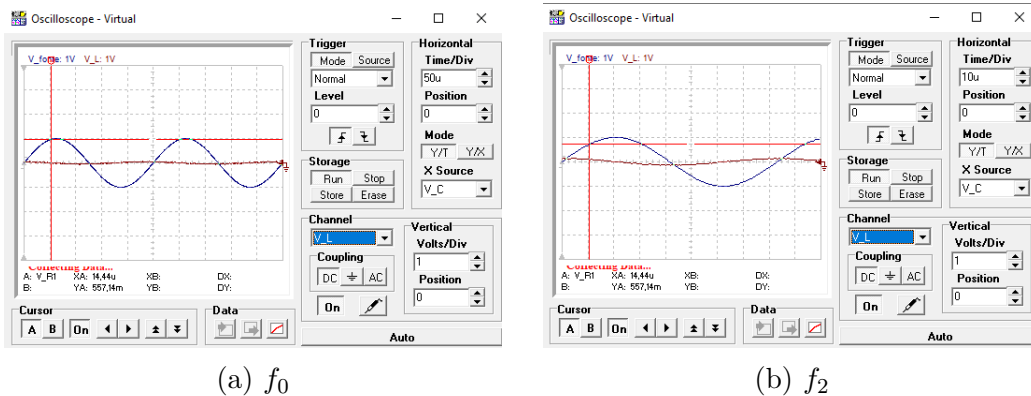


Figura 3: Tensão no Indutor

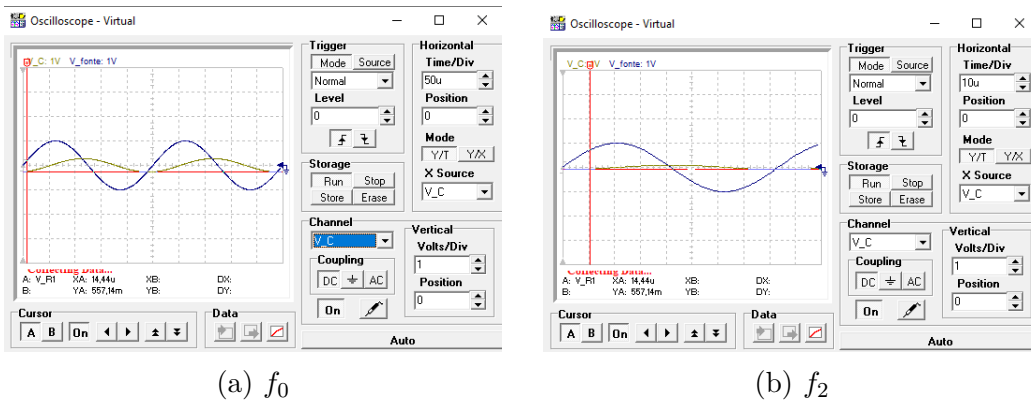


Figura 4: Tensão no Capacitor

## A2a)

Pode se observar que a atenuação de alguns sinais foi maior com o aumento da frequência, como a tensão no capacitor, e em outras ficou um pouco constante, como foi o caso do indutor e do resistor. Também foi possível notar que quando maior a frequência menor era a defasagem dos elementos, a diferença de fase entre eles.

## Atividade 3

Neste momento iremos preencher as tabelas P.1, P.2 e P.3 com os valores medidos. Anotando o valor de pico para cada um dos sinais como sendo a amplitude. Já para calcular a fase é necessário medir o atraso em segundos

e depois converter em graus usando o período:

$$T = \frac{1}{f}$$

E por meio da regra de

$$\begin{aligned} & 360^\circ - T \\ & fase^\circ - \Delta t \\ fase &= \frac{360 \cdot \Delta t}{T} = 360 \cdot \Delta t \cdot f \end{aligned}$$

E assim foi possível obter a fase das ondas.

### A3a)

A principal causa de erros nos valores foi por conta do ruído implementado, simulando o efeito ocorrente de um circuito real. Porém, também há alguns fatores de arredondamento que podem incidir em erros nestes valores medidos.

## Atividade 4

Aqui o objetivo é observar que tipo de resposta em frequência cada um dos elementos apresenta. Para isso retiramos a fonte de tensão e deixamos apenas o ruído branco pois este tem a maioria das componentes de frequência, e assim é possível observar a resposta em frequência de cada um dos elementos a diferentes componentes de frequência.

Para a análise as seguintes figuras foram obtidas:



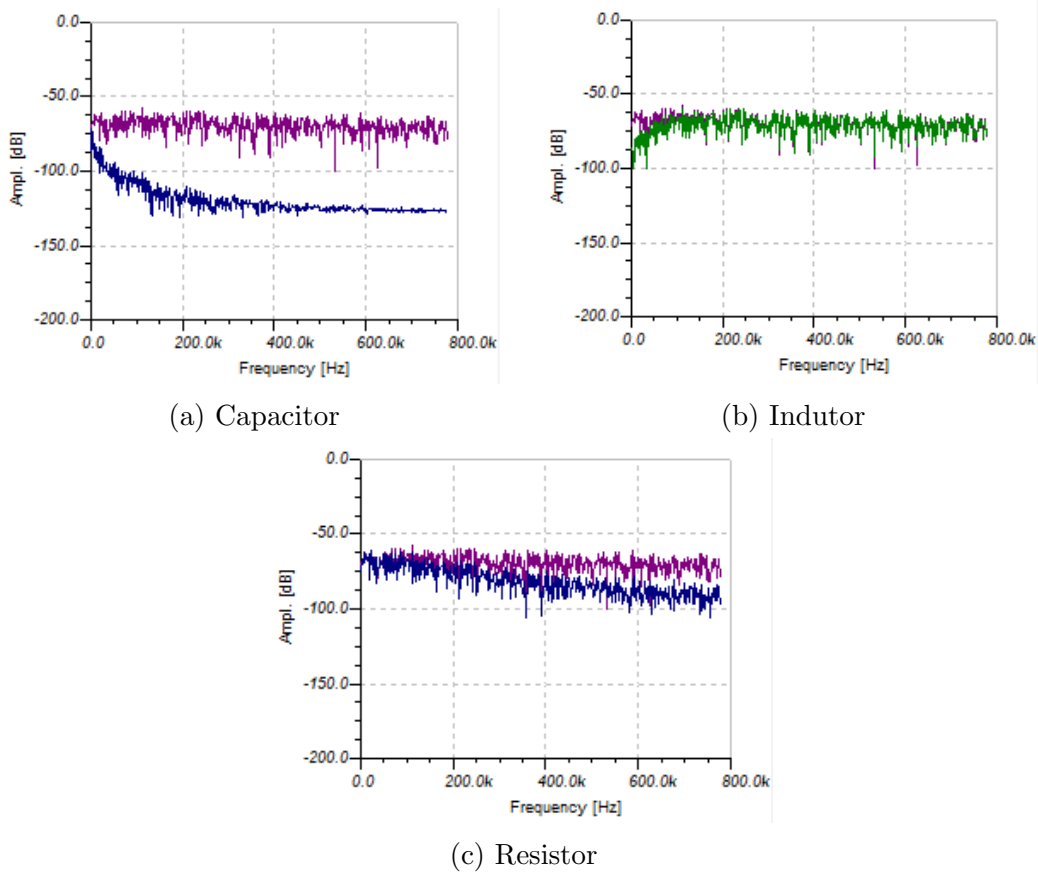


Figura 5: Espectros de frequência

#### A4a)

O ruído gaussiano branco como já comentamos, contém em seu espectro todas as frequências, com uma densidade espectral de potência bem constante para todas quase todas as frequências.

#### A4b)

É possível ver que no capacitor as componentes de frequências baixas passam com mais facilidade, fazendo com que este tenha um comportamento mais parecido com um filtro passa-baixas. Já no indutor é possível ver que este tem uma resposta mais forte as componentes de frequência maiores, ou seja, tem um comportamento semelhante a um filtro passa-altas. Já o resistor aparenta ser um filtro passa-baixas ou talvez passa-faixas, não foi possível tirar uma conclusão muito certa pelo gráfico.

## Atividade 5

### 3 Conclusão

### 4 Tabelas

#### Identificação

Turma	Bancada	Matrícula	Nome
6A	2	18/0108140	Pedro Henrique Dornelas Almeida

#### Tabelas do Procedimento Experimental

Tabela P.1 - Valores Calculados e Medidos da Tensão no Capacitor.

Tensão no Capacitor	Valor Calculado		Valor Medido		Erro(%)	
Frequência	Amplitude(mV)	Fase(°)	Amplitude(mV)	Fase(°)	Amplitude	Fase
$f_0$	396,54	-90	394,83	-90,97	0,43	1,06
$f_1$	234,34	-115	233,55	-115,54	0,33	0,47
$f_2$	166,63	-130	165,49	-129,25	0,69	0,58

Tabela P.2 - Valores Calculados e Medidos da Tensão no Indutor.

Tensão no Indutor	Valor Calculado		Valor Medido		Erro(%)	
Frequência	Amplitude(mV)	Fase(°)	Amplitude(mV)	Fase(°)	Amplitude	Fase
$f_0$	55,50	110,51	55,24	110,85	0,47	0,31
$f_1$	94,79	96,97	94,43	97,54	0,38	0,59
$f_2$	138,35	86,25	138,29	86,18	0,043	0,081

Tabela P.3 - Valores Calculados e Medidos da Tensão no Resistor.

Tensão no Resistor	Valor Calculado		Valor Medido		Erro(%)	
Frequência	Amplitude(mV)	Fase(°)	Amplitude(mV)	Fase(°)	Amplitude	Fase
$f_0$	790	20,80	788,63	20,85	0,17	0,23
$f_1$	886	8,30	885,39	8,29	0,06	0,12
$f_2$	909	1,75	909,51	1,72	0,05	1,74