



Experimento 4

Laboratório de Circuitos Elétricos

Autoria	Matrícula
Pedro Henrique Dornelas Almeida	18/0108140

Engenharia de Redes de Comunicação
Universidade de Brasília

14 de Março de 2021

1 Plataforma Utilizada

Tina-TI: versão 9.2.30.221 SF-TI

2 Procedimento Experimental

Valores utilizados:

$$R1 = 1200\Omega , R2 = 47\Omega$$

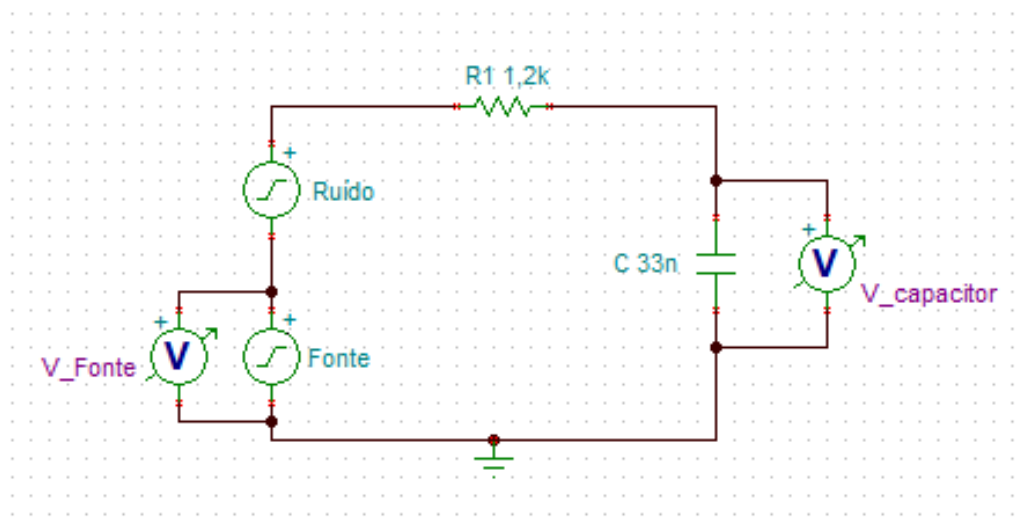
$$C = 33nF , L = 1mH$$

$$V_{pp} = 1V , V_{off} = \frac{V_{pp}}{2}$$

$$f_0 = 1kHz , f_1 = 1,5kHz , f_2 = 5,6kHz$$

Atividade 1

Aqui o objetivo era montar o circuito de acordo com o pedido no roteiro, e ficou da seguinte maneira:



Circuito

Atividade 2

Nesta atividade o objetivo é analisar como as fontes de sinais estão funcionando e entender as funcionalidades de um osciloscópio, o circuito e o

osciloscópio configurados estão como na figura abaixo, bem como os sinais observados no circuito:

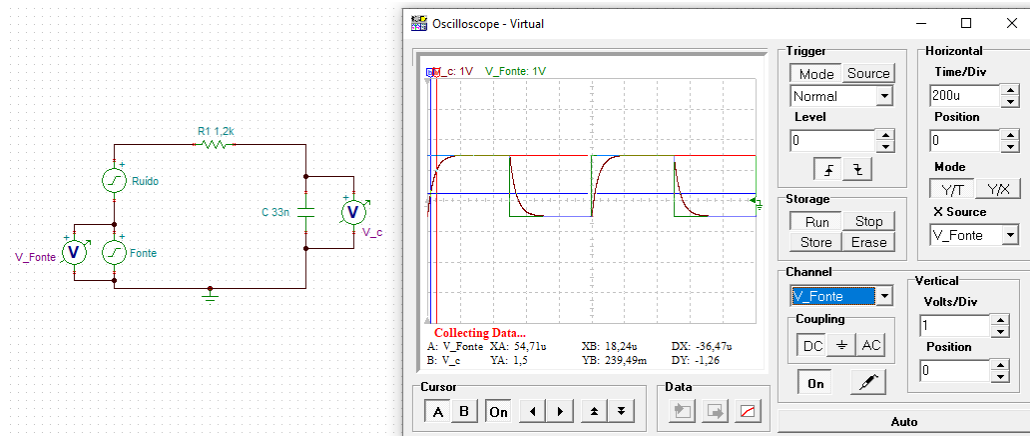


Figura 1: Osciloscópio

Aqui explicaremos melhor as seguintes funções do osciloscópio:

T2a) Trigger

O Trigger é um disparador, gatilho do osciloscópio, ele é responsável por iniciar a varredura do sinal. O disparo automático inicia a varredura se não tem nenhum sinal presente. O disparador normal geralmente é usado para medições e formas de onda mais exatas.

T2b) Mode Y/X e curvas de Lissajous

O modo Y/X permite a visualização de tensão por tensão, o que permite analisar 2 sinais de entrada ao mesmo tempo.

As curvas de Lissajous são usadas para mostrar a fundamentação matemática que é usada para quando os sinais são vistos no modo Y/X.

T2c) Coupling DC ou AC

O modo DC Coupling consegue ver as componentes que dizem respeito a parte contínua do sinal, enquanto modo AC Coupling somente leva em consideração as componentes que dizem respeito as partes alternadas do sinal.

Atividade 3

Aqui usamos o gráfico na figura a seguir para observar os valores de tensão pedidos na tabela P.1. O gráfico será observado nos múltiplos de τ em que:

$$\tau = R_1 C = 1200 \cdot 33 \cdot 10^{-9} = 39,6 \mu s$$

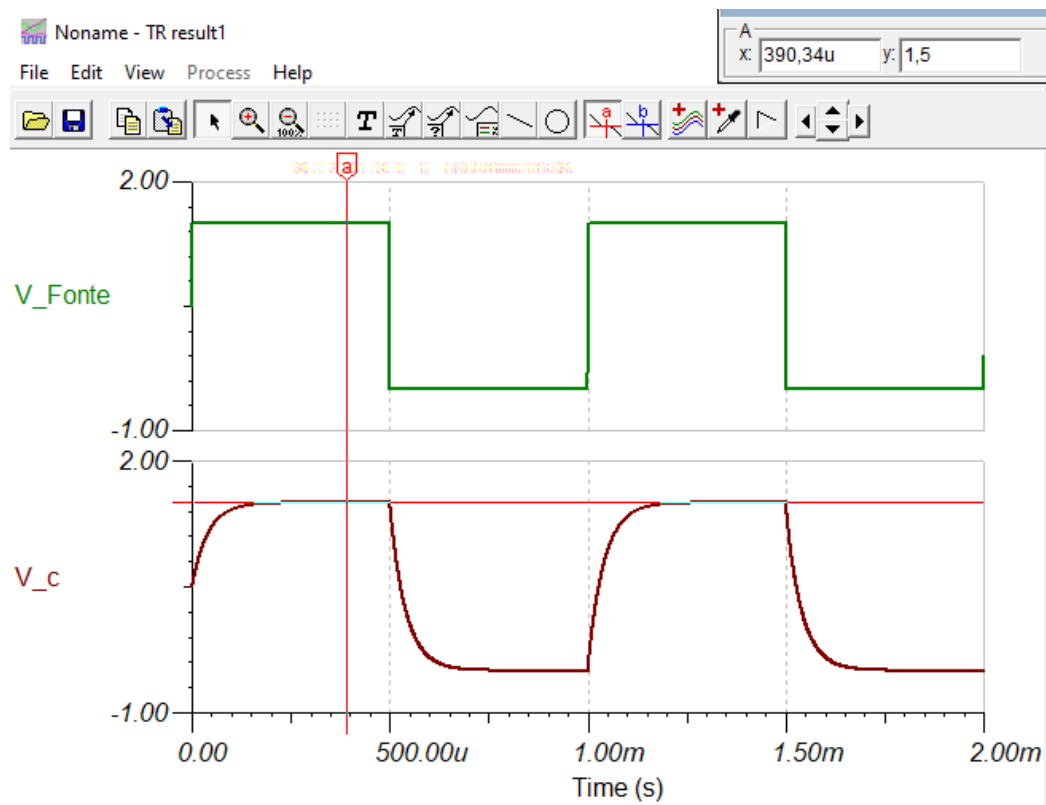
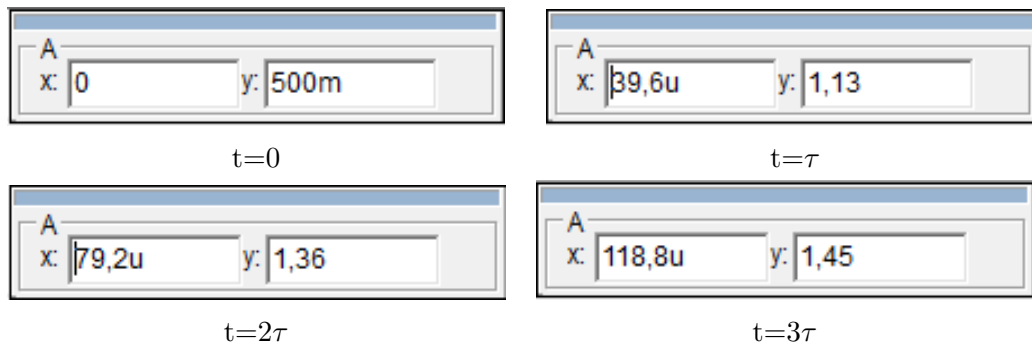


Figura 2: Curvas

Os valores para a tabela foram tirados do gráfico mexendo no cursor no eixo x(tempo) e o valor correspondente no eixo y é dado em Volts, assim, foram os valores anotados na tabela;



T3a) Encontre a equação diferencial de primeira ordem referente ao circuito.

Para isso, é necessário observar que existem 2 correntes no circuito, uma proveniente da fonte de tensão, outra proveniente do capacitor, tendo assim:

$$\begin{aligned}
 i_1 + i_2 &= 0 \\
 \frac{V_c - V_s}{R_1} + C \frac{dV_c}{dt} &= 0 \\
 \frac{dV_c}{dt} + \frac{V_c}{R_1 \cdot C} &= \frac{V_s}{R_1 \cdot C}
 \end{aligned}$$

T3b) Resolva a equação e encontre a tensão no capacitor em função do tempo t, de τ , e das tensões máximas e mínimas do sinal da fonte.

Utilizando fator integrante, é possível encontrar a tensão no capacitor em função do tempo por:

$$v(t) = A + Be^{-t/\tau}$$

Para $t=0$, $v(t=0)=0,5V$:

$$0,5 = A + Be^{-0/\tau}$$

$$A + B = 0,5$$

Também, pode-se ver que a tensão do capacitor quando $t \rightarrow \infty$ é igual a da fonte, portanto, como a exponencial tende para infinito, porém, com o sinal negativo, o termo em B vai pra 0:

$$v(t) = 1,5V$$

$$A = 1,5V$$

Então pode-se descobrir B:

$$B = -1V$$

Voltando para $v(t)$:

$$v(t) = 1,5 - e^{-t/\tau}$$

Podemos então calcular os valores para a tabela P.1 em que:

$$v(0) = 1,5V$$

$$v(\tau) = 1,5 - e^{-1} = 1,321V$$

$$v(2\tau) = 1,5 - e^{-2} = 1,3646V$$

$$v(3\tau) = 1,5 - e^{-3} = 1,4502V$$

A3a) Explique o que está acontecendo neste circuito.

Bom, o que acontece é que a tensão da fonte gera uma tensão que é usada pelo capacitor para se carregar, de maneira exponencial, até chegar na mesma tensão da fonte. Então, quando a fonte é desligada, o capacitor libera a carga armazenada, também de forma exponencial, gerando uma corrente no circuito.

Atividade 4

Aqui foram calculados os valores utilizando as fórmulas para preencher a tabela P.2. Também, os circuitos abaixo foram montados:

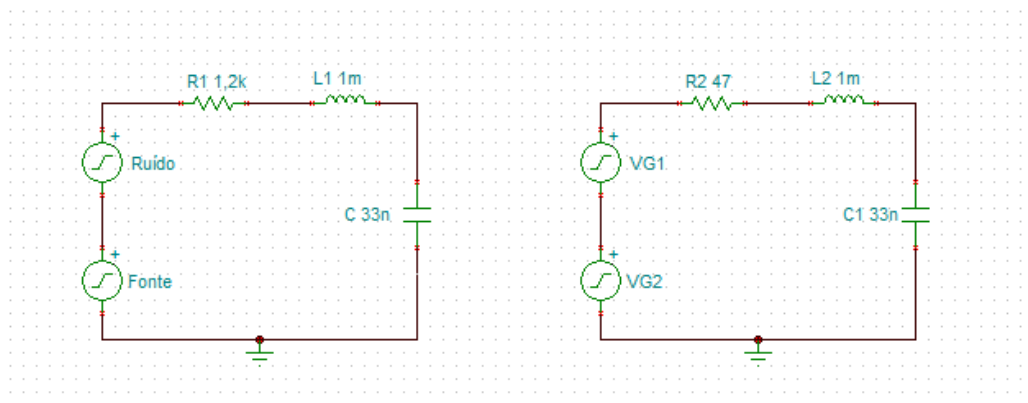


Figura 3: Circuitos

T4a) Encontre a expressão da corrente no circuito em função de ω_0 para $\zeta = 1$.

Podemos encontrar por meio da fórmula disponibilizada no roteiro, em que:

$$v(t) = 1,5 - (1,5 - 0,5)[1 - \omega_0 t]e^{-\omega_0 t}$$

$$v(t) = 1,5 - [1 - \omega_0 t]e^{-\omega_0 t}$$

Atividade 5

Aqui foram calculados os valores par de tensão para o circuito sobre-amortecido, utilizando os valores preenchidos na tabela P.2 para ζ, ω_0 e para τ_2 .

Considerando $R1=1200\Omega$, $f_1 = 1500Hz$ e utilizando da fórmula abaixo para a tensão:

- $\zeta > 1$:

$$V_c(t) = V_b - \frac{V_b - V_a}{2\sqrt{\zeta^2 - 1}} \left[-\left[\zeta - \sqrt{\zeta^2 - 1}\right]e^{\left(-\omega_0\left[\zeta + \sqrt{\zeta^2 - 1}\right]\right)t} + \left[\zeta + \sqrt{\zeta^2 - 1}\right]e^{\left(-\omega_0\left[\zeta - \sqrt{\zeta^2 - 1}\right]\right)t} \right]$$

Esta fórmula foi usada pois como $\zeta > 1$ o circuito é considerado como um circuito sobre-amortecido, e então, a relação é como a indicada.

Para medir os valores, foi utilizado o circuito abaixo:

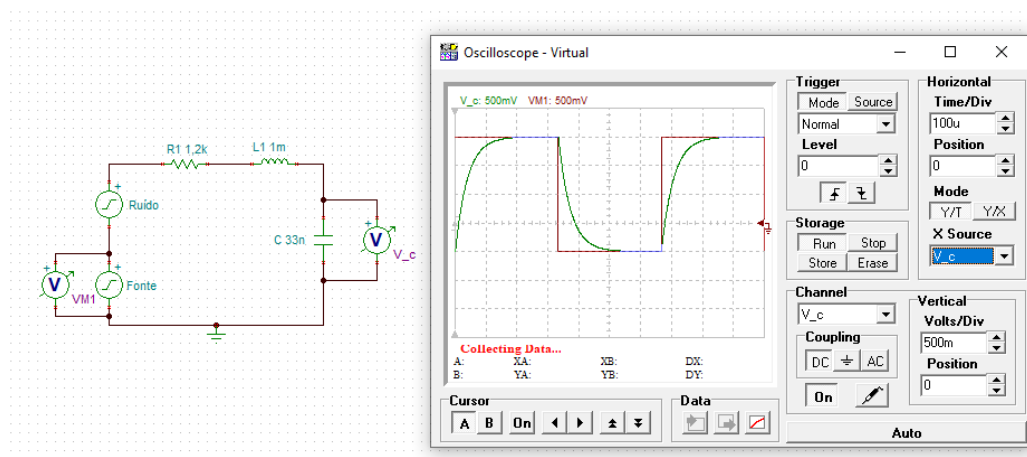


Figura 4: Circuito

Em que posicionamos o cursos nos tempos pedidos na tabela, em que foram observados os valores, com o valor y sendo a tensão em Volts:

<div> <div>A</div> <div>x: 0 y: 500m</div> </div> <p>t=0</p>	<div> <div>A</div> <div>x: 78,74u y: 1,37</div> </div> <p>t=τ₂</p>
<div> <div>A</div> <div>x: 157,48u y: 1,48</div> </div> <p>t=2τ₂</p>	<div> <div>A</div> <div>x: 236,22u y: 1,5</div> </div> <p>t=3τ₂</p>

Atividade 6

Aqui foram utilizados os valores para resistência $R_2 = 47\Omega$, $f_2 = 5600Hz$. Também foram calculados os valores para a tabela P.4, utilizando das fórmulas:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\zeta = R\sqrt{\frac{C}{L}}$$

Em seguida, aplicando estes valores para calcular os instantes τ e ω_R .

Para os valores calculados na tabela P.5, como $\zeta < 1$, foi utilizada a seguinte relação para a tensão no capacitor:

- $\zeta < 1$:

$$V_C(t) = V_b - \frac{V_b - V_a}{\sqrt{1 - \zeta^2}} e^{-\omega_0 \zeta t} \cos\left(\left[\omega_0 \sqrt{1 - \zeta^2}\right]t - \arctan\left[\frac{\zeta}{\sqrt{1 - \zeta^2}}\right]\right)$$

O circuito montado está na figura abaixo:

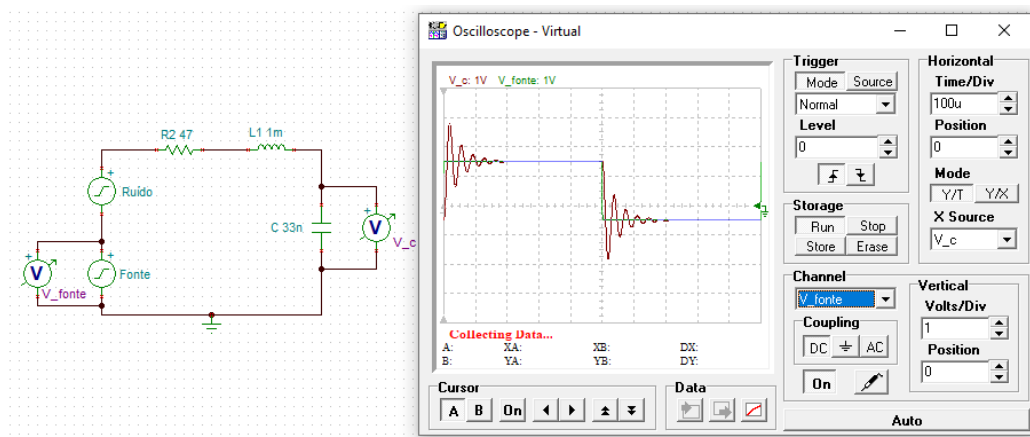
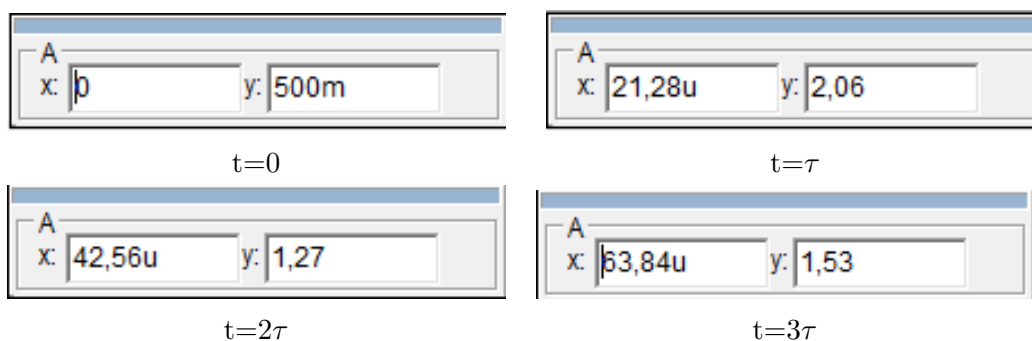


Figura 5: Circuito

Neste circuito puderam ser observados os valores para preenchimento da tabela P.5, bastava alterar o cursor para o instante e anotar o valor visto em y, pois este valor já é dado em Volts. Os valores observados foram:



A6a)

No sistema 5 foi possível observar com uma resistência relativamente grande como o circuito foi perdendo sua energia mais lentamente do que a fonte, enquanto a fonte estava desligada o circuito ainda estava sendo amortecido pela queda de tensão no resistor, assim, a curva observada decai exponencialmente também.

No sistema 6 foi possível observar com uma resistência muito inferior quando comparada ao circuito da atividade 5. Também é possível ver que seu comportamento é bem diferente, isto porque é um sistema sob-amortecido, o que resulta em uma oscilação nos pontos de decaimento, em que com uma resistência baixa, a energia é trocada basicamente entre o indutor e o capacitor, quase sem queda de tensão provocada pela resistência, dessa maneira

foi possível observar pelo gráfico.

3 Conclusão

Foi possível concluir com o experimento que pudemos lidar e observar sinais que contém armazenadores de energia, podendo também entender via métodos matemáticos as leis que regem os sistemas. Esta é uma parte muito importante e que contém uma variedade grande de circuitos utilizados no dia-a-dia. Por isso, foi importante analisar o comportamento de circuitos sub-amortecido e sobre-amortecido e entender quais as suas diferenças.

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 Circuito de Primeira Ordem

Instante	Valor Calculado(V)	Valor Medido(V)	Erro(%)
$t = 0$	0,5	0,5	0
$t = \tau$	1,1321	1,13	0,18
$t = 2\tau$	1,3646	1,37	0,39
$t = 3\tau$	1,4502V	1,45	0,01

Tabela P.2 - Grandezas auxiliares para o circuito sobre-amortecido

Grandeza	Valor Calculado
ζ	6,89
ω_0	174077,65Hz
$\tau_1 = \frac{1}{\omega_0}[\zeta - \sqrt{\zeta^2 - 1}]$	0,419 μ s
$\tau_2 = \frac{1}{\omega_0}[\zeta + \sqrt{\zeta^2 - 1}]$	78,74 μ s

Tabela P.3 - Valores Calculados e Medidos da Tensão no Circuito Sobre-amortecido

Instante	Valor Calculado(V)	Valor Medido(V)	Erro(%)
$t = 0$	0,5	0,5	0
$t = \tau_2$	1,36	1,37	0,73
$t = 2\tau_2$	1,47	1,48	0,68
$t = 3\tau_2$	1,5	1,5	0

Tabela P.4 - Grandezas auxiliares para o circuito sub-amortecido

Grandeza	Valor Calculado
ζ	0,2699
ω_0	174077,65Hz
$\tau = \frac{1}{\omega_0 \zeta}$	21,28 μ s
$\omega_R = \omega_0 \sqrt{1 - \zeta^2}$	167617,34Hz

Tabela P.5 – Valores Calculados e Medidos da Tensão no Circuito Sub-amortecido

Instante	Valor Calculado(V)	Valor Medido(V)	Erro(%)
$t = 0$	0,5	0,5	0
$t = \tau$	2,05	2,06	0,48
$t = 2\tau$	1,279	1,27	0,70
$t = 3\tau$	1,52	1,53	0,65