INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Ceará

Matheus Holanda Matos

Paulo Henrique Araujo Nobre

**SISTEMAS LINEARES**

**TRABALHO DE SIMULAÇÃO**

Fortaleza

2020

MATHEUS HOLANDA MATOS

PAULO HENRIQUE ARAUJO NOBRE

**SISTEMAS LINEARES**

**TRABALHO DE SIMULAÇÃO**

Trabalho apresentado à disciplina de Sistemas Lineares do curso de Engenharia de Computação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, como requisito parcial para aprovação.

Orientador: Prof. Francisco José Alves de Aquino

Fortaleza

2020

Sumário

1. **INTRODUÇÃO**

Neste trabalho, vamos simular transitórios e a resposta em frequência de circuitos elétricos. Foram elaborados alguns circuitos que devemos observar a tensão de saída de um componente com degrau ou impulso como tensão de entrada. Também devemos encontrar valores para resistores e capacitores que respeitem uma resposta em frequência de um determinado gabarito.

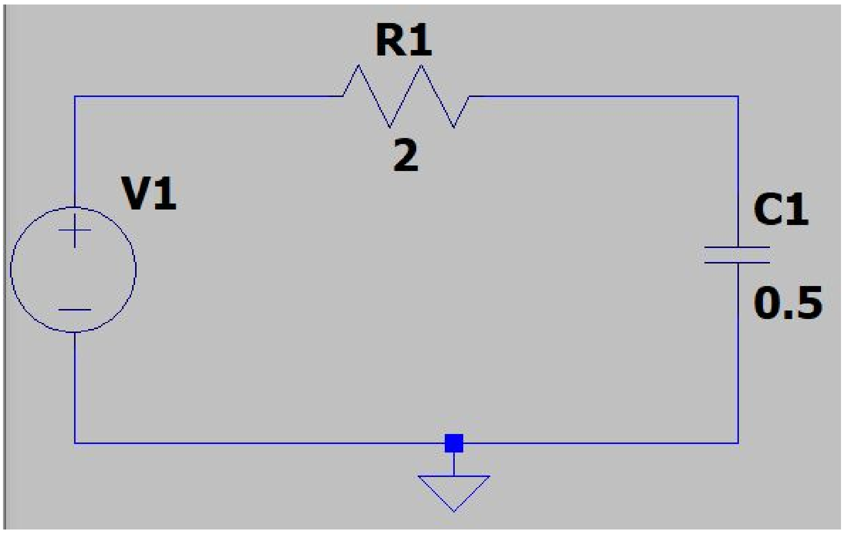
Serão apresentados cálculos da tensão de saída para fazermos uma comparação com o simulado pelo software *LTspice* e tirar as devidas conclusões.

2. **Parte I**

Iremos fazer algumas simulações e comparar os valores teóricos calculados e os valores simulados. Nesta primeira parte, fixamos os valores dos resistores em 2Ω, dos capacitores em 0.5F e dos indutores em 1H.

Na resposta ao degrau unitário, utilizamos uma fonte de tensão contínua com amplitude de 10V. Na resposta ao impulso, utilizamos uma fonte de pulso com amplitude de 10kV, tempo ligado de 0.1ms e tempo de atraso de 0.1s.

2.1 **A)**




- Resposta ao degrau

$$2y(t) + \frac{1}{0.5}\int y(t) = 10u(t)$$

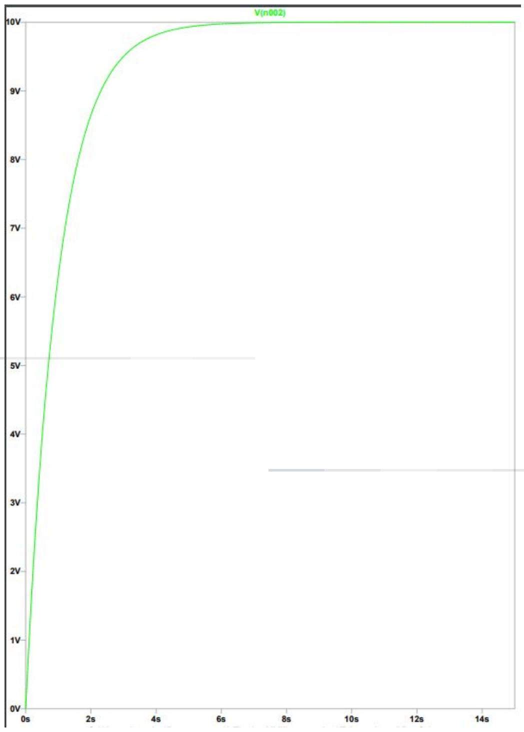
$$Y(s) = \frac{10}{2(s+1)} \rightarrow y(t) = 5e^{-t}u(t)$$

$$v_C(t) = x(t) - v_R(t)$$

$$v_C(t) = 10u(t) - 2 * 5e^{-t}u(t)$$

$$v_C(t) = 10(1 - e^{-t})u(t)$$

O gráfico a seguir representa a tensão $v_C(t)$ simulada:



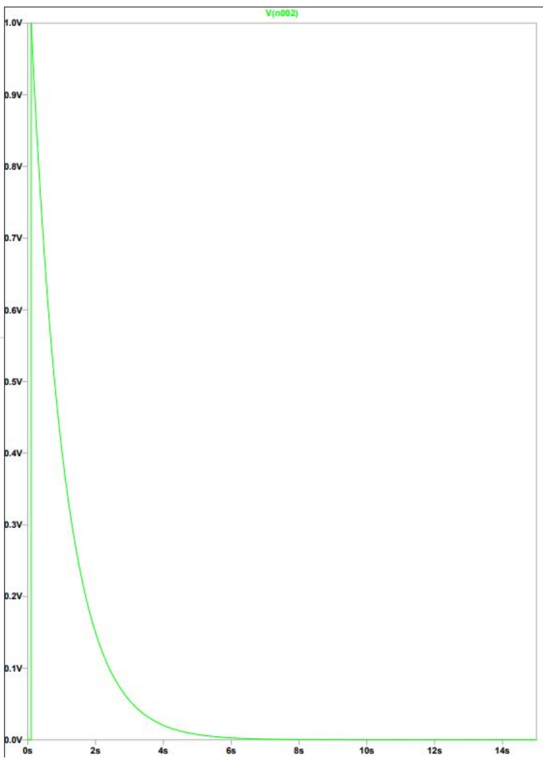

<u>- Resposta ao impulso</u>

$$2y(t) + \frac{1}{0.5}\int y(t) = \delta(t)$$

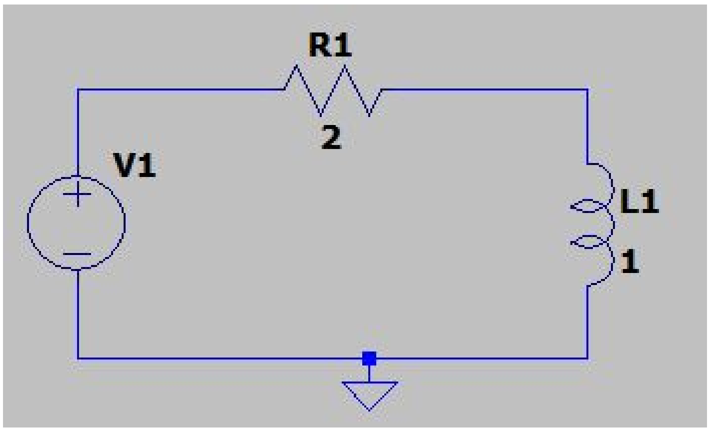
$$Y(s) = \frac{s}{2s+2} \rightarrow y(t) = \frac{1}{2}\delta(t) - \frac{1}{2}e^{-t}u(t)$$

$$v_c(t) = \frac{1}{2}\delta(t) - \frac{1}{2}e^{-t}u(t)$$

O gráfico a seguir representa a tensão $v_C(t)$ simulada:



2.2 **B)**



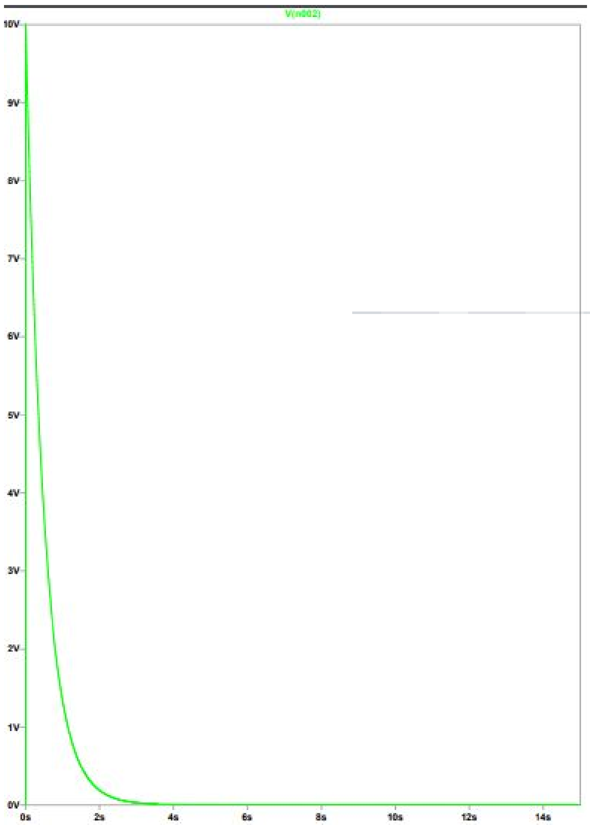

<u>- Resposta ao degrau</u>

$$2y(t) + 1 * \frac{dy(t)}{dt} = 10u(t)$$

$$Y(s) = \frac{10}{s^2+2s} \rightarrow y(t) = (5 - 5e^{-2t})\,u(t)$$

$$v_L(t) = x(t) - v_R(t) = 10u(t) - 5u(t) + 5e^{-2t}u(t) = (5 + 5e^{-2t})\,u(t)$$

O gráfico a seguir representa a tensão $v_L(t)$ simulada:



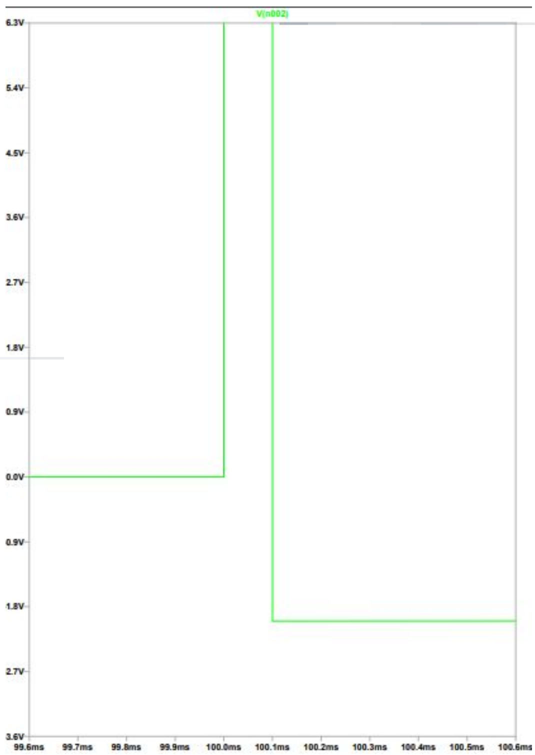
<u>- Resposta ao impulso</u>

$$2y(t) + 1 * \frac{dy}{dt} = \delta(t)$$

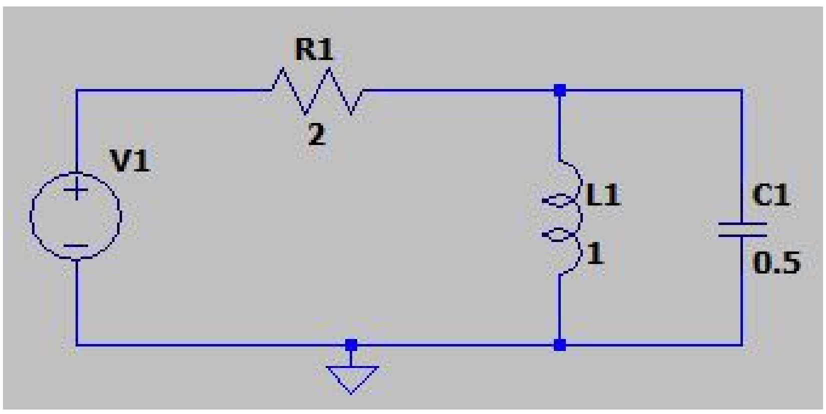
$$Y(s) = \frac{1}{s+2} \rightarrow y(t) = e^{-2t}u(t)$$

$$v_L(t) = x(t) - v_R(t) = \delta(t) - e^{-2t}u(t)$$

O gráfico a seguir representa a tensão $v_L(t)$ simulada:




2.3 **C)**



A função de saída no tempo pode ser determinada através da expressão:

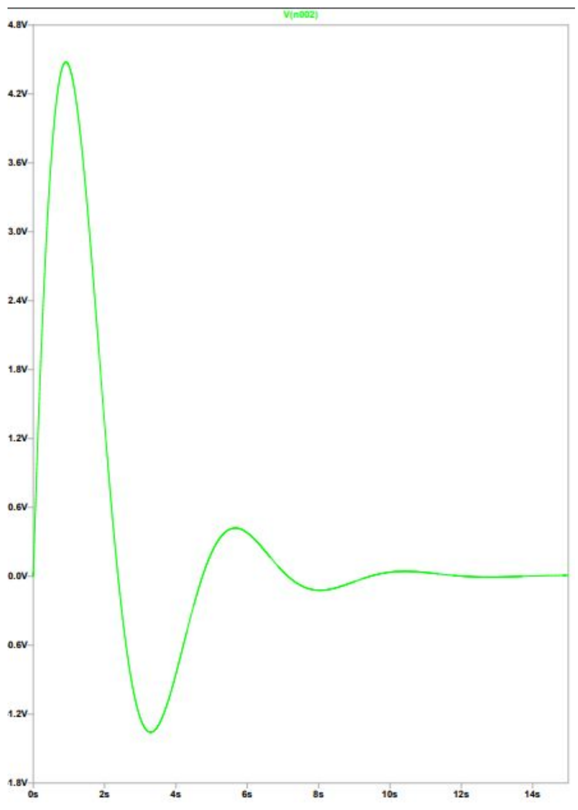
$$v_{LC}(t) = \mathcal{L}\left[\frac{\frac{1}{RC}s}{s^2 + \frac{1}{RC}s + \frac{1}{LC}} V(s)\right]$$

Onde V(s) é a transformada de Laplace da tensão de entrada.

<u>- Resposta ao degrau</u>

$$V_L(s) = \frac{10}{s^2+s+2} \rightarrow v_L(t) = \frac{20}{\sqrt{7}} e^{-\frac{t}{2}} sen(\frac{\sqrt{7}}{2}t)u(t)$$

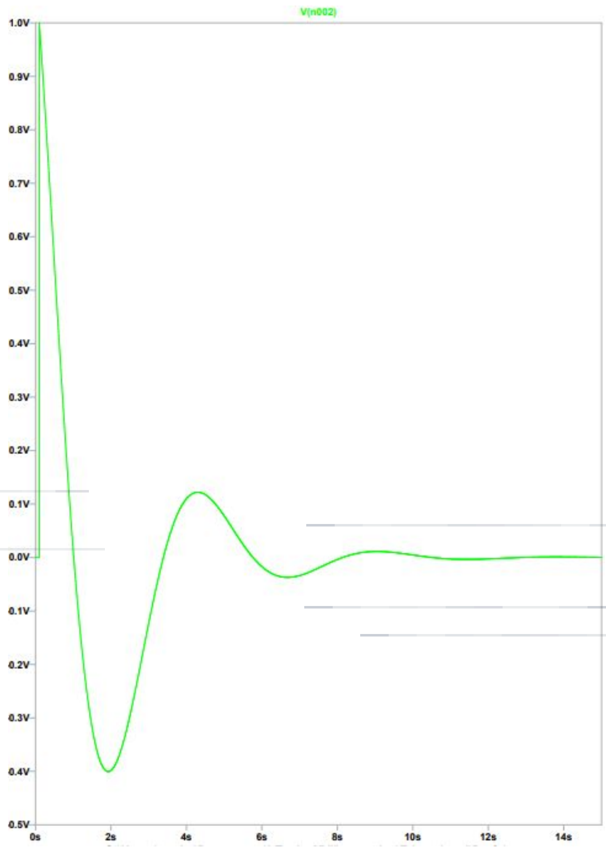
O gráfico a seguir representa a tensão $v_L(t)$ simulada:



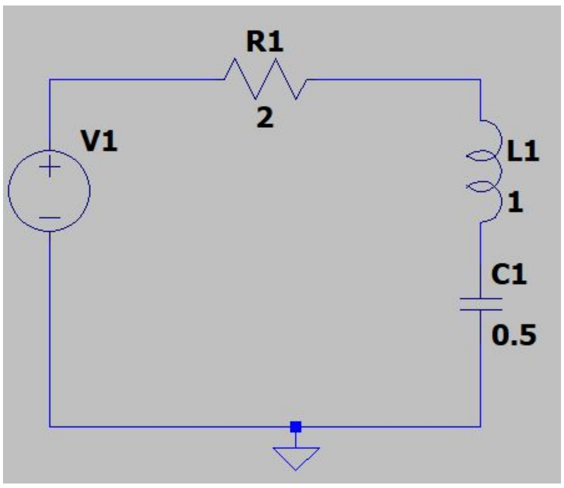

<u>- Resposta ao impulso</u>

$$V_L(s) = \frac{s}{s^2+s+2} \rightarrow v_L(t) = \left(e^{\frac{-t}{2}} \cos cos \left(\frac{\sqrt{7}}{2}t\right) - \frac{1}{\sqrt{7}} e^{-\frac{t}{2}} sen\left(\frac{\sqrt{7}}{2}t\right)\right) u(t)$$

O gráfico a seguir representa a tensão $v_L(t)$ simulada:


V(n002)
1.0V
0.9V
0.8V
0.7V
0.6V
0.5V
0.4V
0.3V
0.2V
0.1V
0.0V
0.1V
0.2V
0.3V
0.4V
0.5V
0s
2s
4s
6s
8s
10s
12s
14s

2.4 **D)**


R1
2
V1
L1
1
C1
0.5

-Resposta ao degrau

$$\frac{1}{C}\int y(t)\,dt + 1 * \frac{dy}{dt} + 2 * y(t) = 10u(t)$$

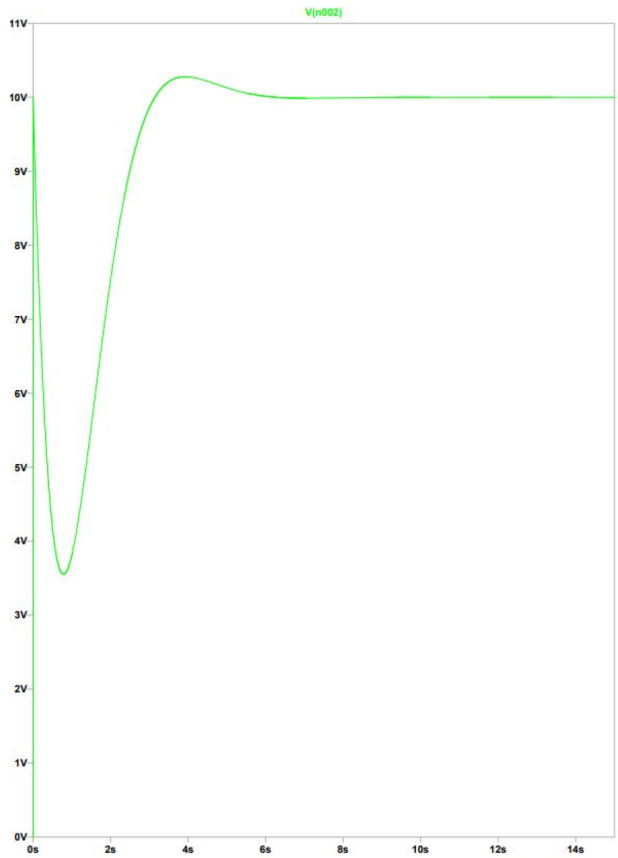
$$\frac{2}{s}Y(s) + sY(s) + 2Y(s) = \frac{10}{s}$$

$$2Y(s) + s^2Y(s) + 2sY(s) = 10$$

$$Y(s) = \frac{10}{s^2+2s+2} \rightarrow y(t) = 10e^{-t}sen(t)\,u(t)$$

$$v_L(t) = x(t) - v_C(t) - v_R(t) = \left[10e^{-t}cos(t) - 10e^{-t}sen(t)\right]u(t)$$

O gráfico a seguir representa a tensão $v_L(t)$ simulada:



<u>- Resposta ao impulso</u>

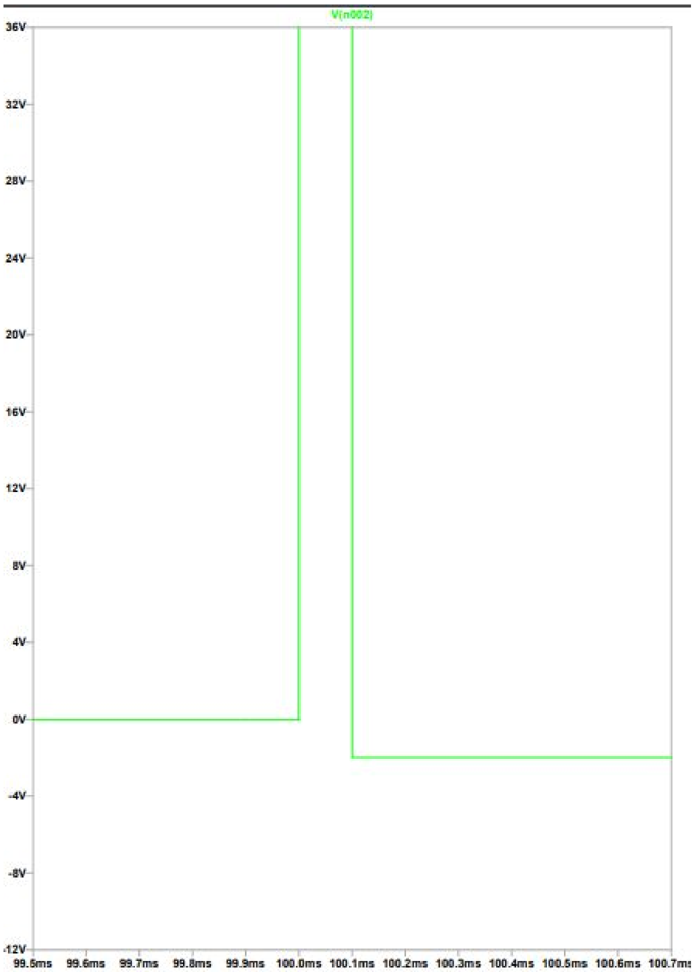
$$\frac{2}{s}Y\ (s) + sY\ (s) + 2Y\ (s) = 1$$

$$2Y\ (s) + s^2Y\ (s) + 2sY\ (s) = s$$

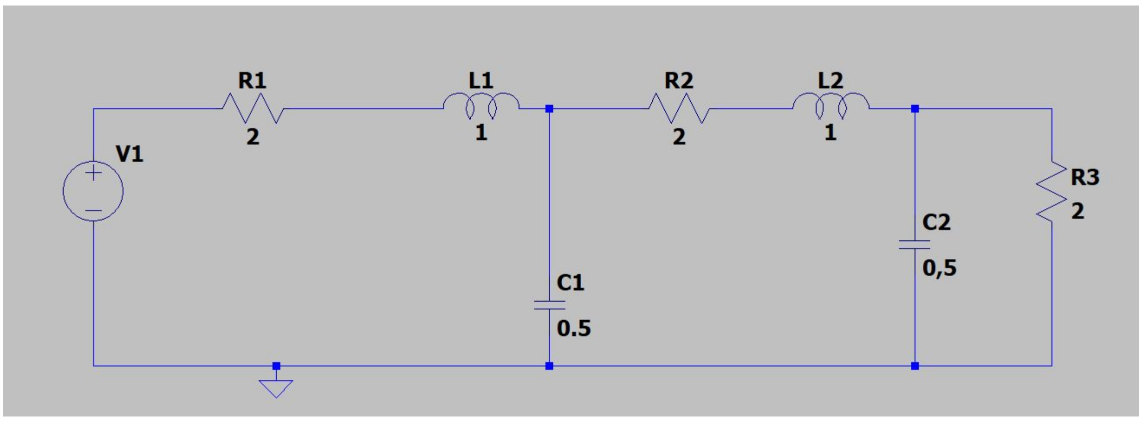
$$Y\ (s) = \frac{s}{s^2+2s+2} \rightarrow y\ (t) = [e^{-t}cos\ (t) - e^{-t}sen\ (t)]u\ (t)$$

$$v_L\ (t) = x\ (t) - v_C\ (t) - v_R\ (t) = \left[-\ 2e^{-t}sen(t)\right]u(t)$$

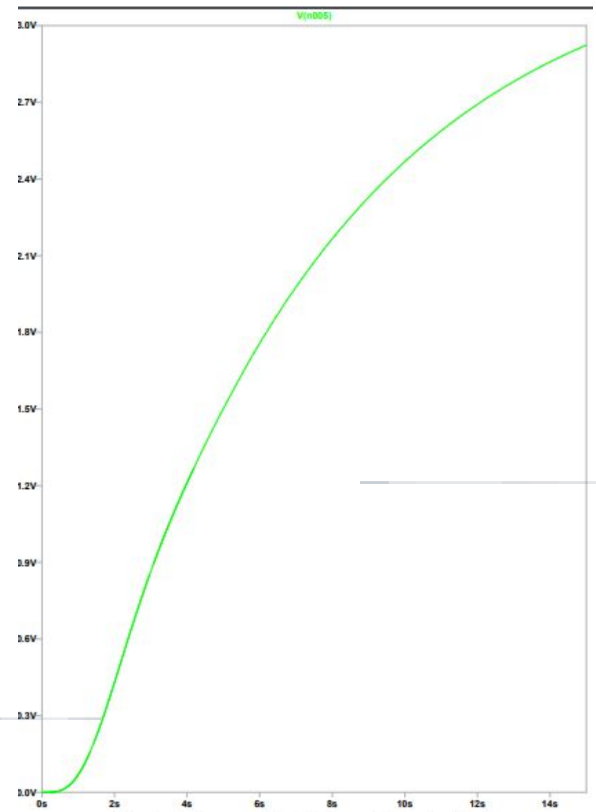
O gráfico a seguir representa a tensão $v_L(t)$ simulada:



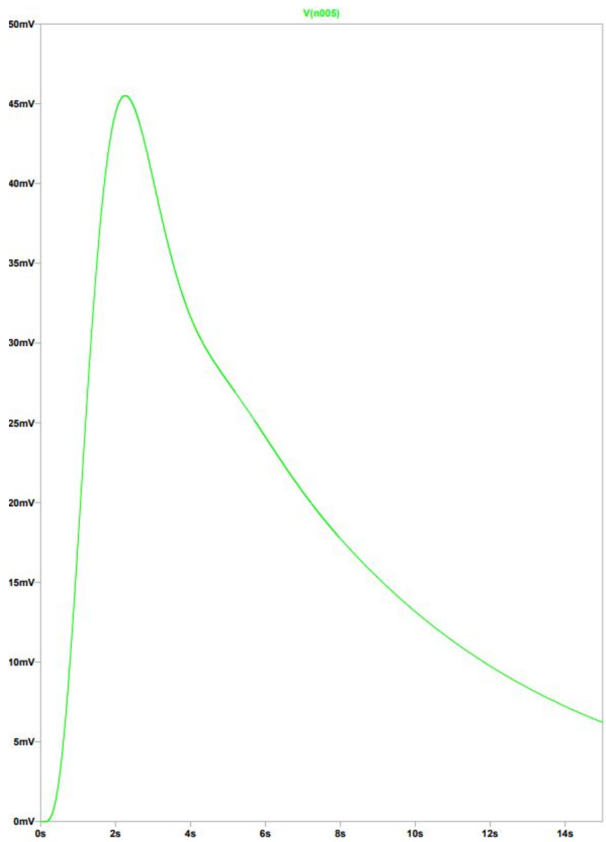

2.5 **E)**



-Resposta ao degrau




-Resposta ao impulso



# 3. **Parte II**

(2) Dados: $f = 6,8\,KHz$

$A = 1,1\,dB$

• Atribui $R = 1K$

• $R = R_1 = R_2 = R_3 = R_4$

(I) $A = 1 + \frac{R_F}{R}$

$1,1 = 1 + \frac{R_F}{1K}$

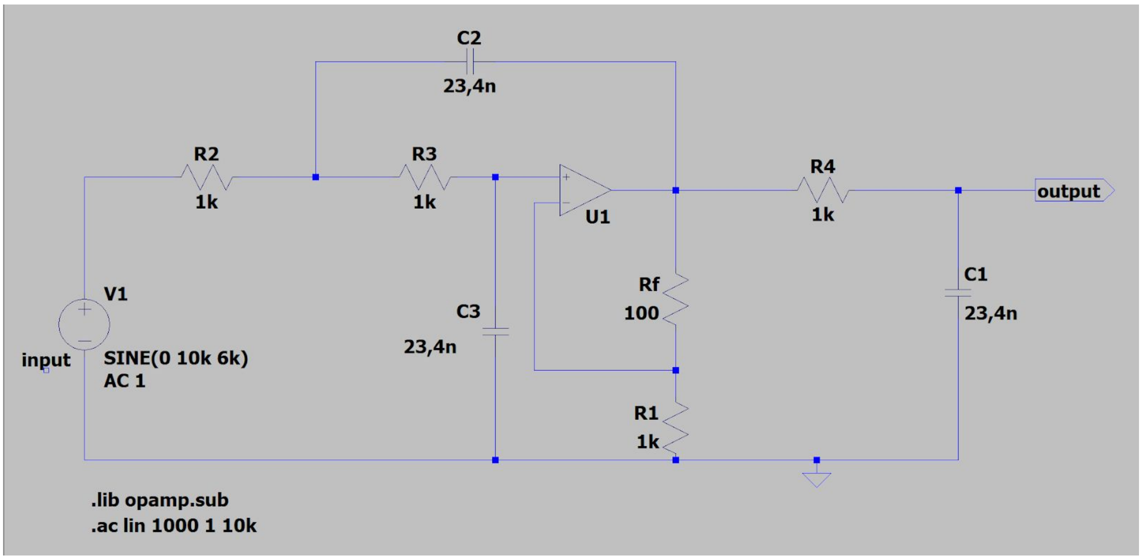
$R_F = 100\,\Omega$

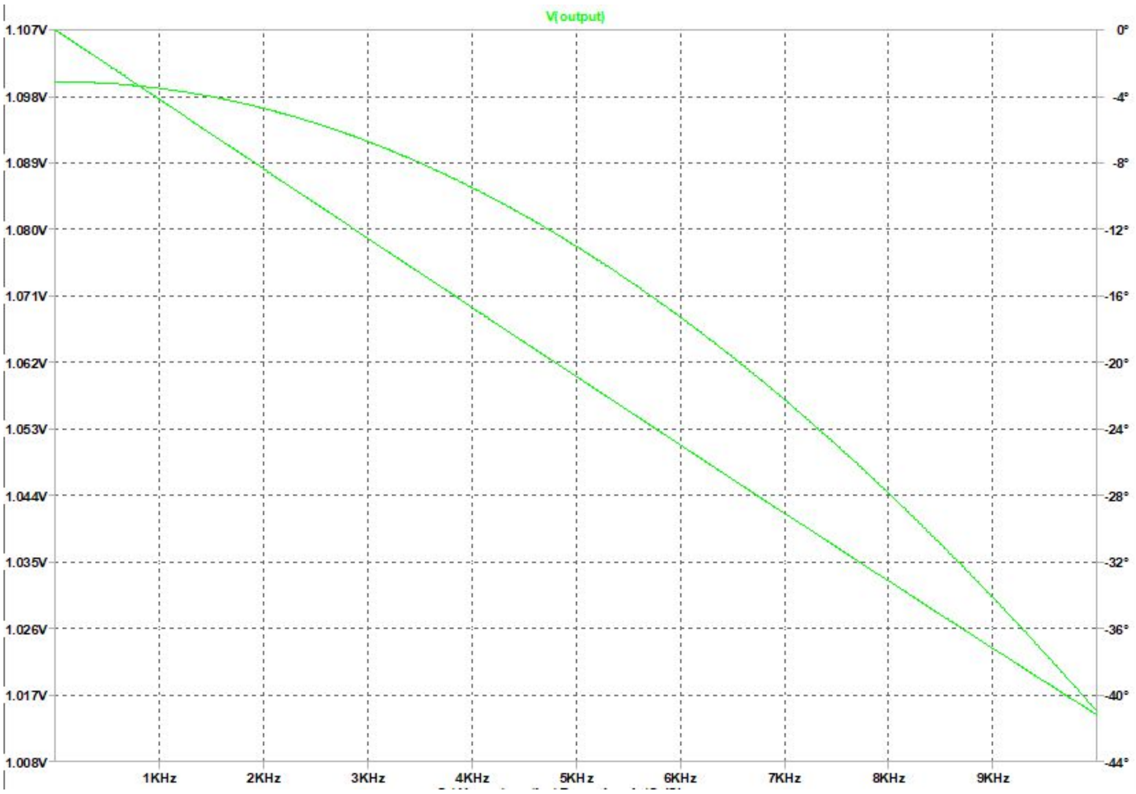
(II) $C = \frac{1}{2\pi f \cdot R}$

$C = \frac{1}{2\pi \cdot 6,8K \cdot 1K}$

$C \approx 23,4\,nF$

• $C = C_1 = C_2 = C_3$



# 4. **REFERÊNCIAS**


*Aquino, F. J. (12 de maio de 2017). Resposta ao impulso: simulação usando LTspice IV. Acesso em 11 de setembro de 2020, disponível em Alfanumericus: https://alfanumericus.blogspot.com/2017/05/resposta-ao-impulso-simulacao-usando.html*

***PROJETO** de filtros ativos: Passa baixo de terceira ordem. Acesso em 11 de setembro de 2020, disponível em Caderno Laboratório: https://cadernodelaboratorio.com.br/projeto-de-filtros-ativos-passa-baixo-de-terceira-ordem/*

***BUTTERWORTH** Filter Design. Acesso em 11 de setembro de 2020, disponível em Electronics Tutorials: https://www.electronics-tutorials.ws/filter/filter_8.html*