PTC3314 - Ondas e Linhas

1º Exercício de Simulação Computacional

Guilherme Fortunato Miranda, Nº USP: 13683786

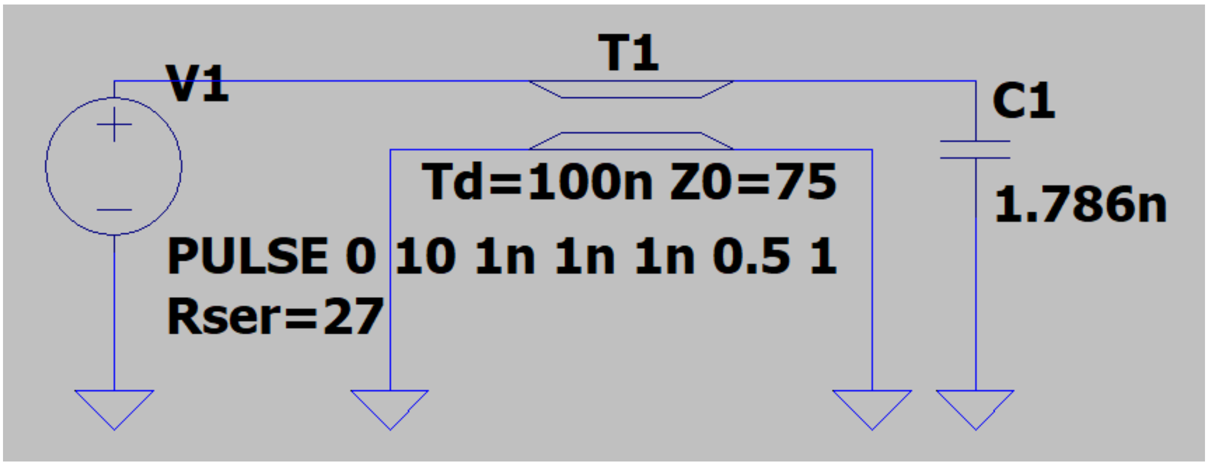
João Pedro Dionizio Calazans, Nº USP: 13673086

Thomas de Castro Hess, Nº USP: 11806090

Turma 02 – Grupo B

08 de Setembro de 2024

1.



Linha simulada através do software LTspice

Parâmetros:
$C_1 = 1,786$ nF
$u = 2,786 \times 10^8$ m/s
$l = 27,86$ m

$$V_2(s) = \frac{2E_g}{s}\frac{Z_0}{R_g + Z_0}e^{-Bls}\frac{\frac{1}{sC_1}}{\frac{1}{sC_1} + Z_0} = 2v^+e^{-Bls}\left[\frac{1}{s} - \frac{1}{s + \frac{1}{Z_0C_1}}\right], v^+ = \frac{E_g \times Z_0}{R_g + Z_0}, B = \frac{1}{u}$$

$$v_2(t) = v^+H(t - Bl)\left[2 - 2e^{-\frac{(t-Bl)}{\tau}}\right], \tau = Z_0C_1$$

$$v_2^-(t) = v^+ H(t - Bl)\left[1 - 2e^{-\frac{(t-Bl)}{\tau}}\right]$$

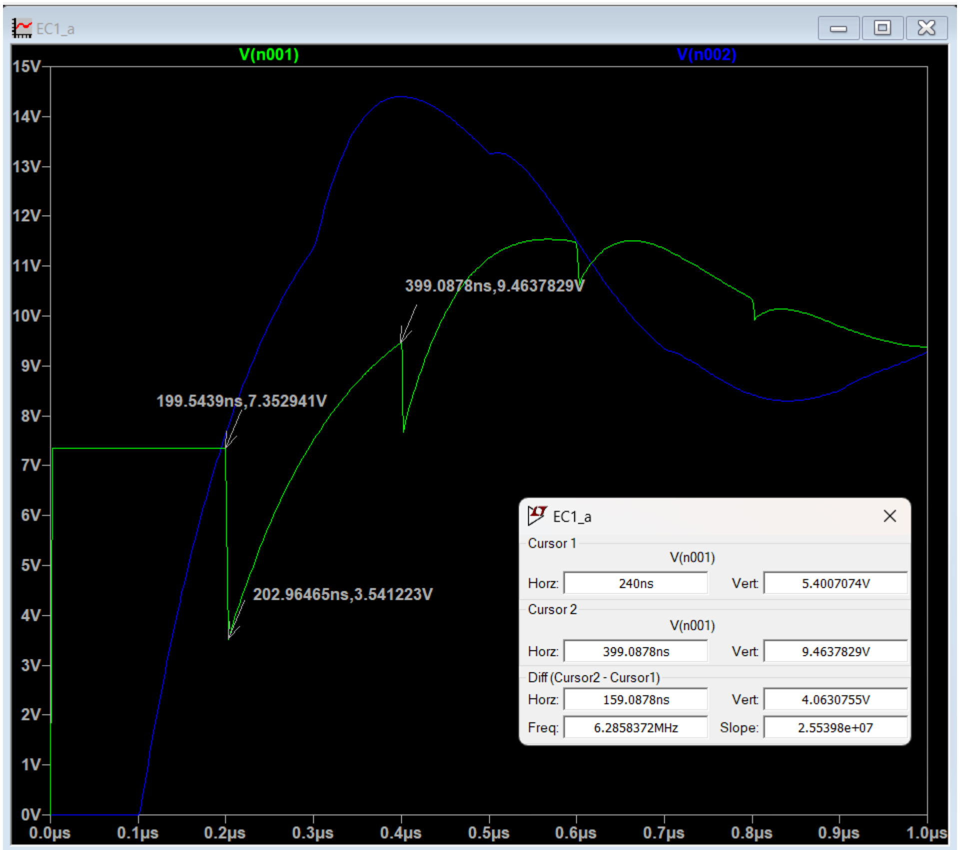
$$v_1(t) = v^+ H(t) + v^+ H(t - 2Bl)\left[1 - 2e^{-\frac{(t-2Bl)}{\tau}}\right](1 + \rho_g), \rho_g = \frac{R_g - Z_0}{R_g + Z_0}$$

$$v_1(t \to \infty) = v_2(t \to \infty) = E_g$$

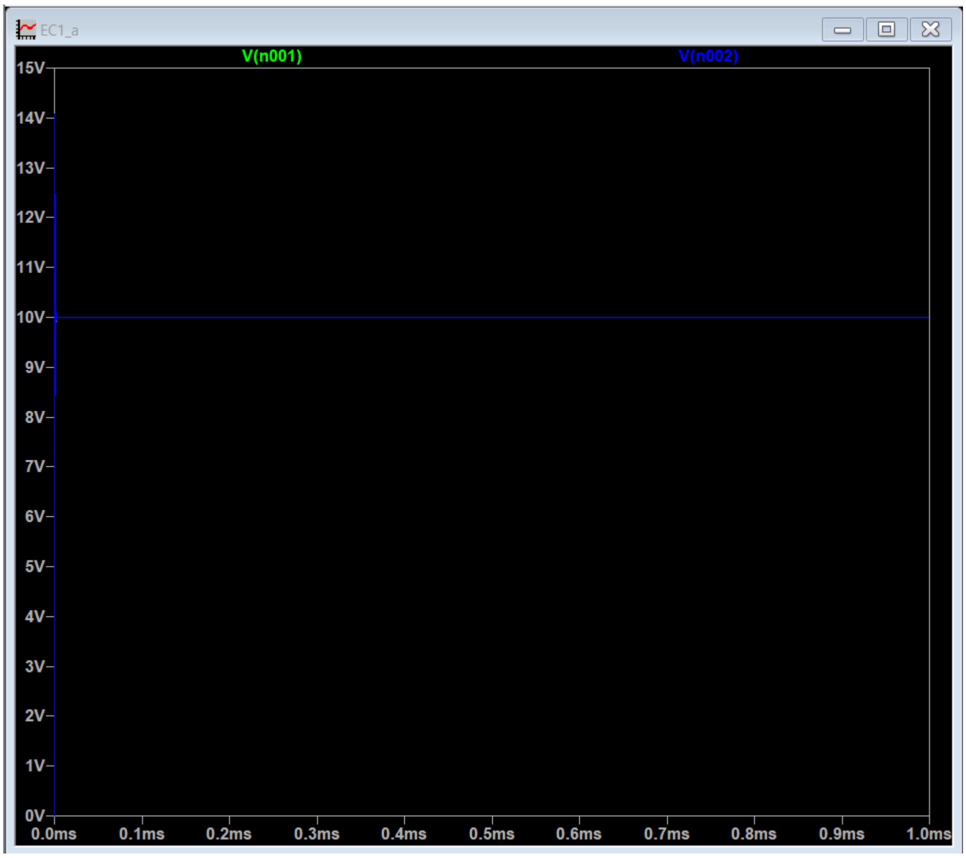
a) $v_1(t = 0, 2^- \mu s) = 7,35294$ V
$v_1(t = 0, 2^+ \mu s) = 3,46021$ V

b) $v_1(t = \infty) = 10$ V
$v_2(t = \infty) = 10$ V

c) Com os valores para os itens a) e d) apresentados no primeiro gráfico e uma aproximação (1ms>>100ns) de b) (t→ ∞) no segundo gráfico.



Transiente em $0 \leq t \leq 1\mu s$



Transiente em $0 \leq t \leq 1ms$

d) $\tau = 133,95$ ns

$v_1(t = 0,39999\mu s) = 9,49633$ V

e) Para o caso com perdas mas sem distorção: $A = 7,786$ mNp/m

$$L = \frac{Z_0}{u}, C = \frac{1}{Z_0 u}$$

$$R = A \times Z_0, G = \frac{A}{Z_0}$$

$L = 269,20316$ nH/m

$C = 47,85834$ pF/m

$R = 0,58395\ \Omega$/m

$G = 0,10381$ mS/m

$$v_2(t) = v^+ e^{-Al} H(t - Bl) \left[2 - 2e^{-\frac{(t-Bl)}{\tau}}\right]$$

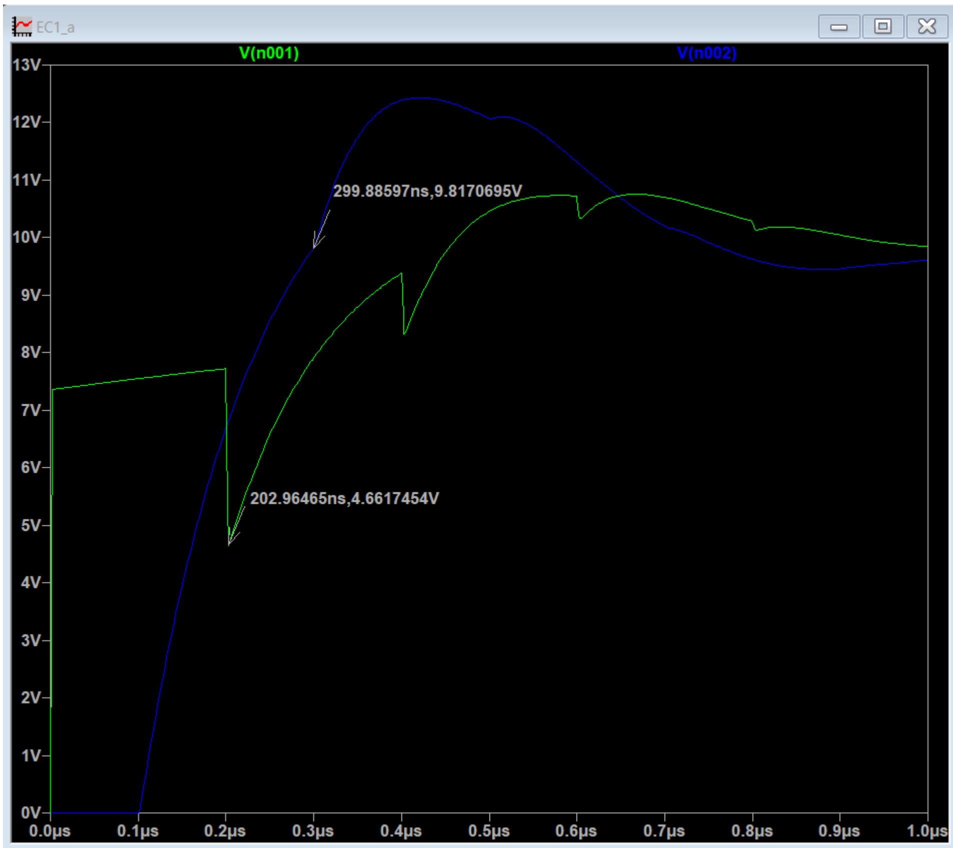
$$v_2^-(t) = v^+ e^{-Al} H(t - Bl) \left[1 - 2e^{-\frac{(t-Bl)}{\tau}}\right]$$

$$v_1^-(t) = v^+ e^{-2Al} H(t - 2Bl) \left[1 - 2e^{-\frac{(t-2Bl)}{\tau}}\right]$$

$$v_1(t) = v^+H(t) + v^+e^{-2Al}H(t-2Bl)\left[1 - 2e^{-\frac{(t-2Bl)}{\tau}}\right](1+\rho_g)$$

$v_1(t = 0,2001\mu s) = 4.83414$ V

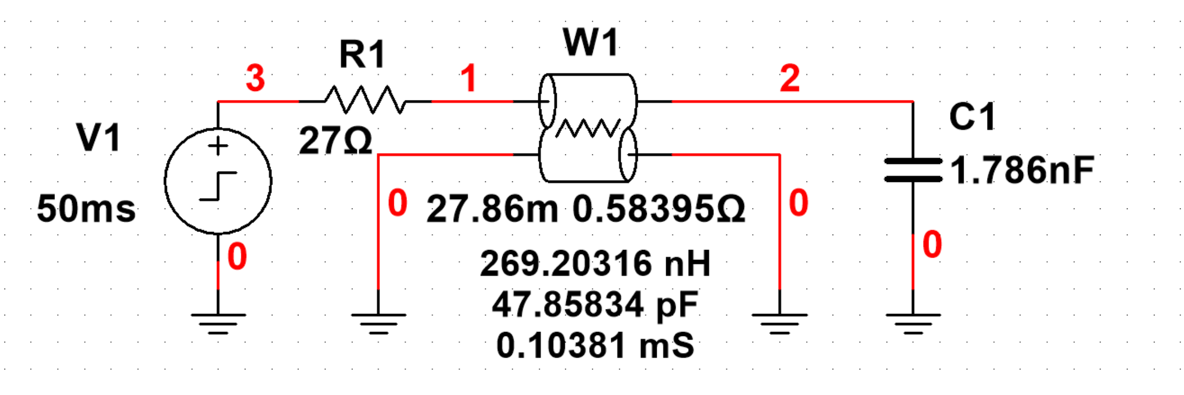
$v_2(t = 0,29999\mu s) = 9.17822$ V

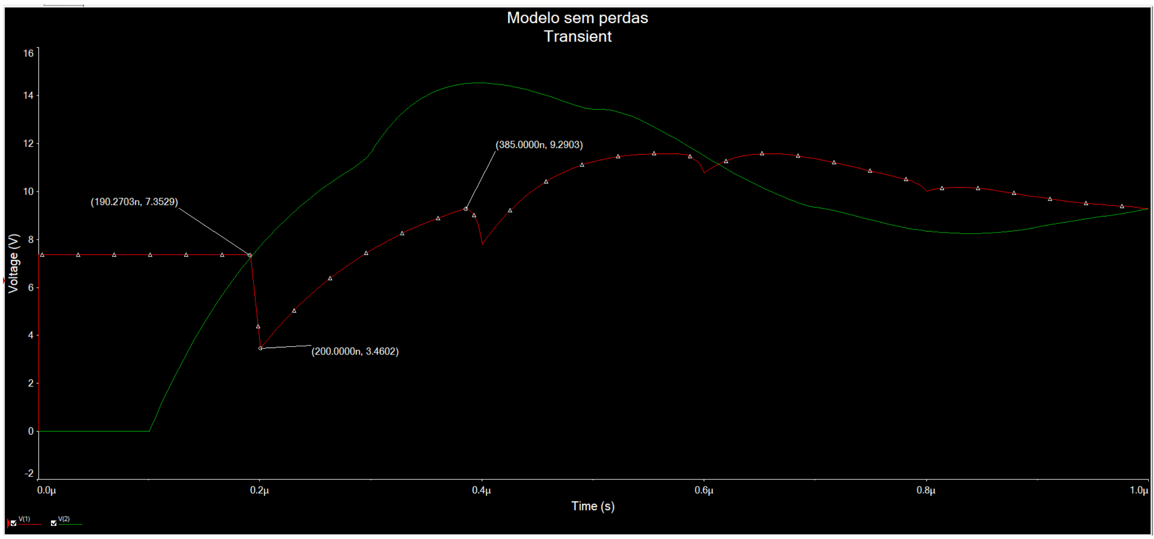


Modelo com perdas, $0 \leq t \leq 1\mu s$

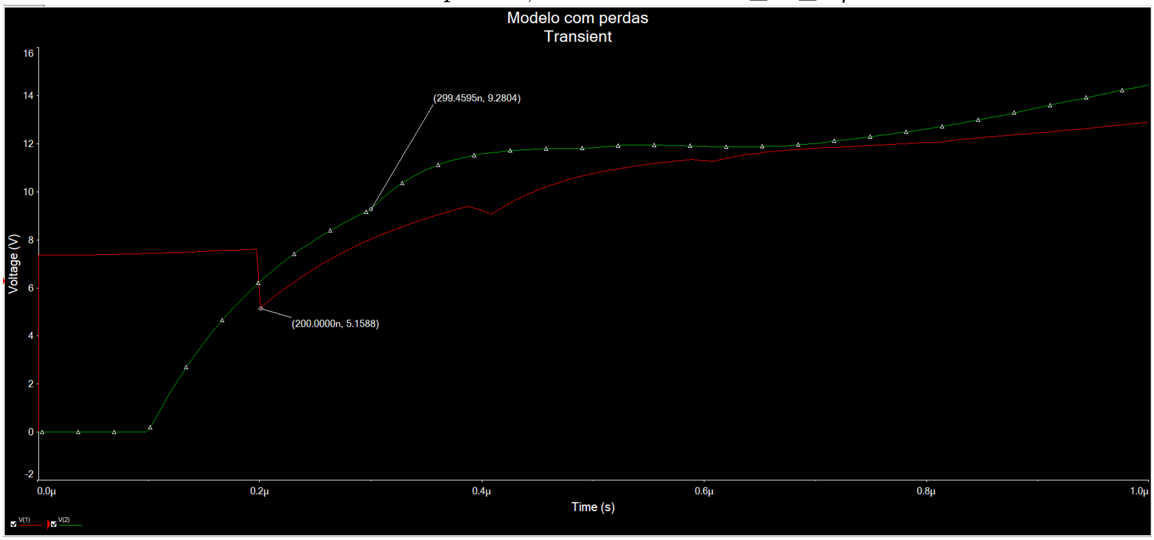
A fins de comparação (e pelo fato do LTspice não considerar as perdas no dielétrico), as mesmas simulações foram feitas com os softwares Multisim e ADS (Advanced Design System), e seus resultados são apresentados a seguir:

Modelo no Multisim



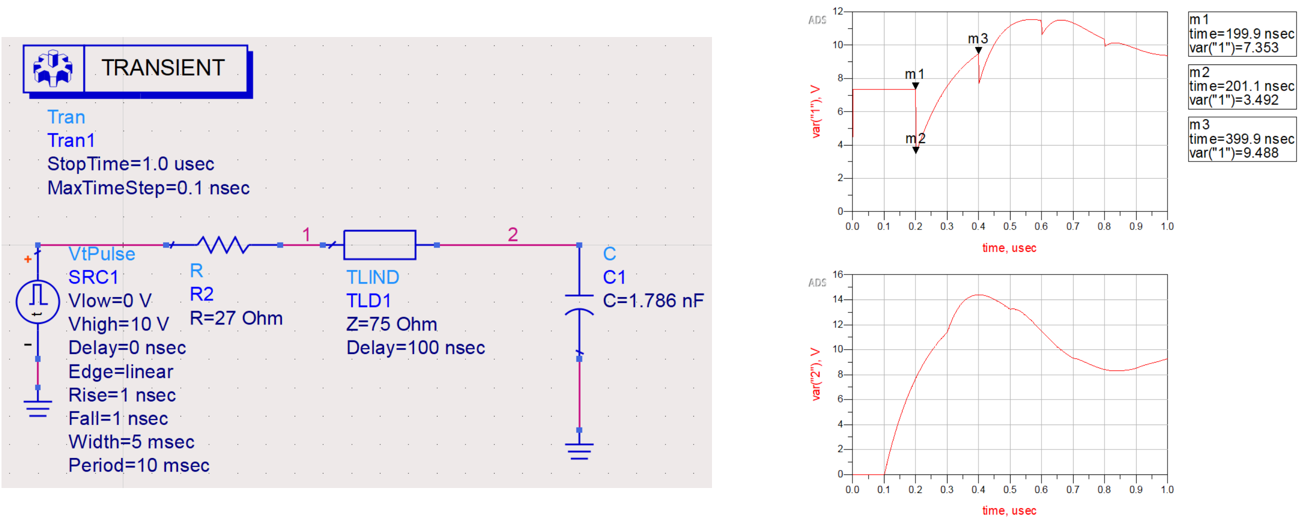


Modelo sem perdas, transiente em $0 \leq t \leq 1\mu s$

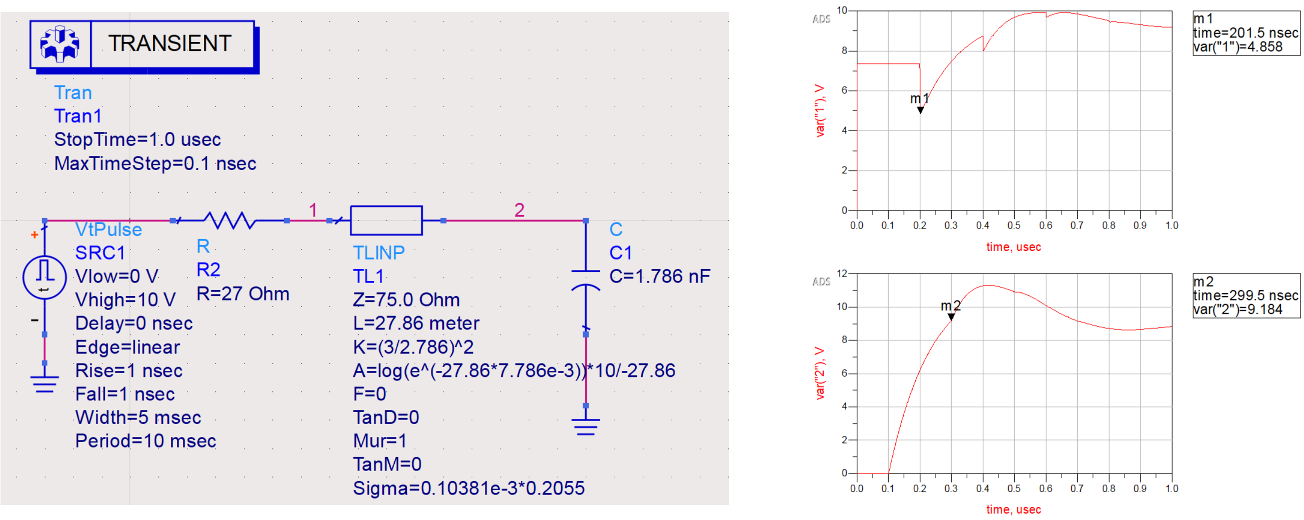


Modelo com perdas, transiente em $0 \leq t \leq 1ms$

Modelo no ADS



Modelo sem perdas, transiente em $0 \leq t \leq 1\mu s$



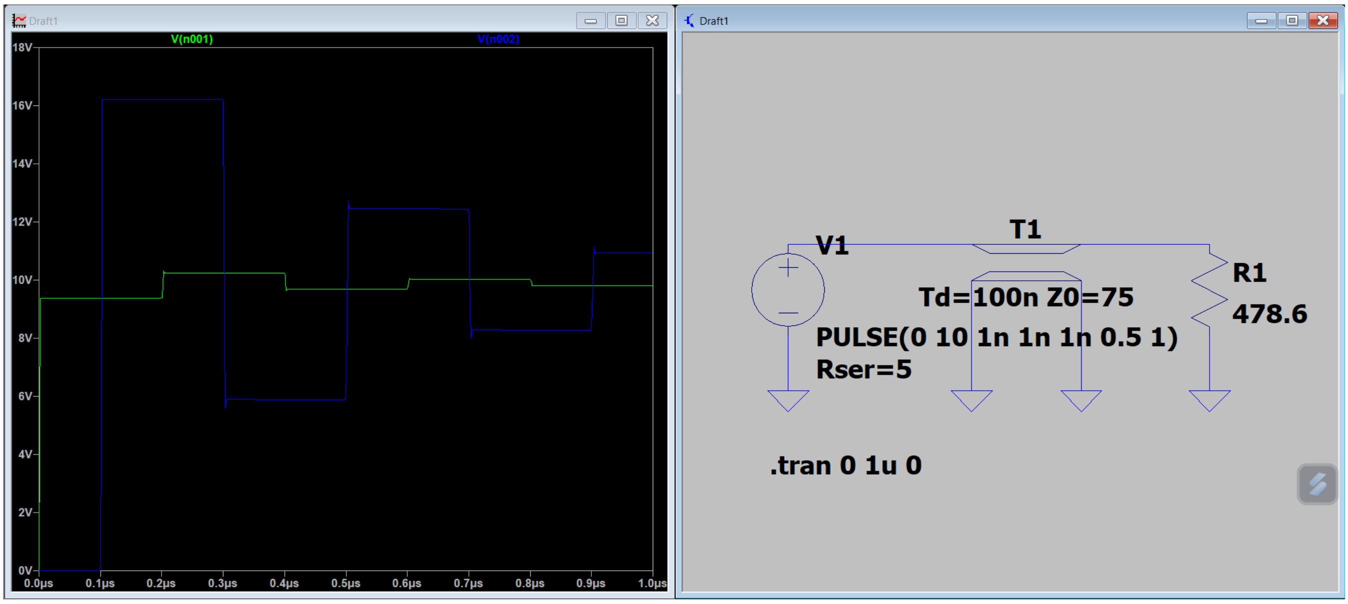
Modelo com perdas, transiente em $0 \leq t \leq 1\mu s$

SOFTWARE	$v_1(t = 0,2001\mu s)$	Erro relativo (%)	$v_2(t = 0,29999\mu s)$	Erro relativo (%)
LTspice	4,6617454 V	3,5661896	9,8170695 V	6,9604945
Multisim	5,1588 V	6,7159826	9,2804 V	1,1132878
ADS	4,858 V	0,4935728	9,184 V	0,0629752

Tabela comparativa entre simuladores para o problema com perdas

2.

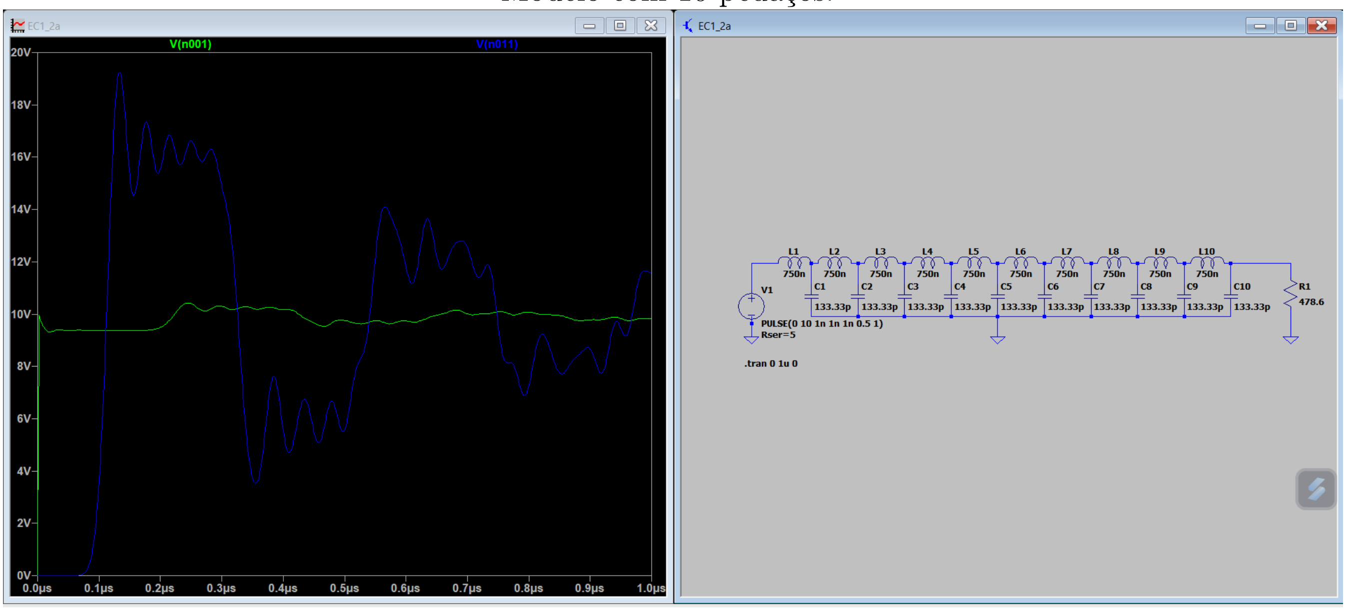
a) Modelo de linha ideal



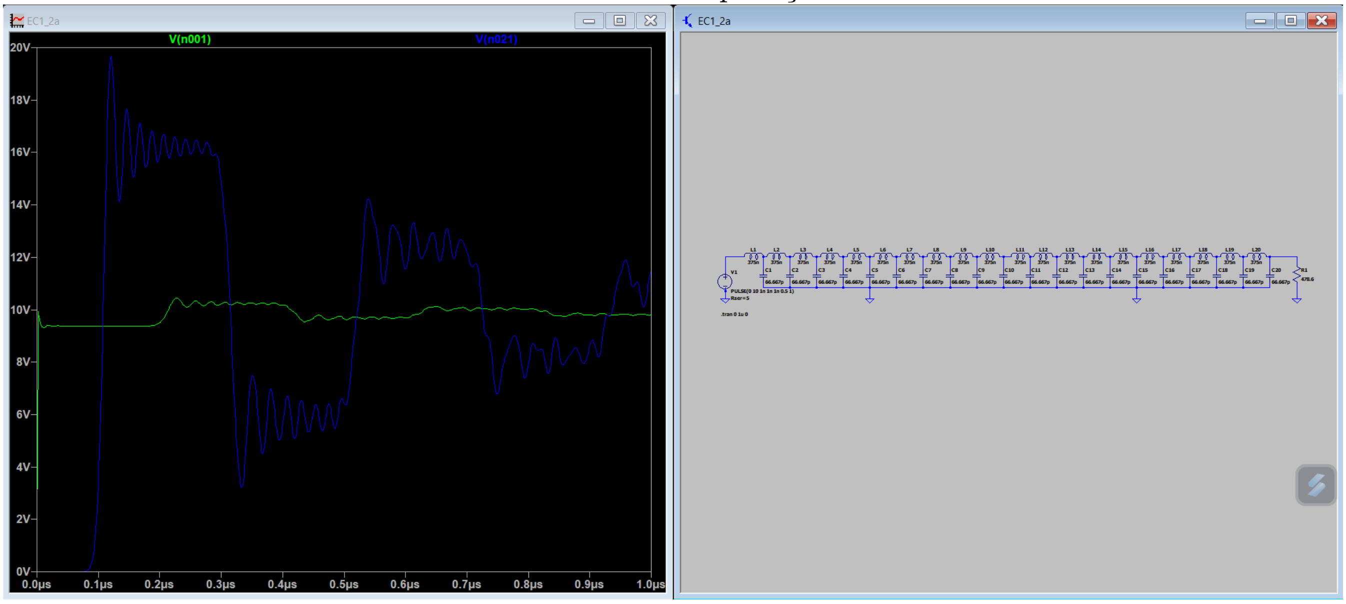
Linha simulada através do software LTspice

b) $C_{10} = 133,33333$ pF, $L_{10} = 750,0$ nH
$C_{20} = 66,66667$ pF, $L_{20} = 375,0$ nH

Modelo com 10 pedaços:



Modelo com 20 pedaços:



Quanto aos valores obtidos, foram calculados com base nas características da linha (indutância e capacitância por metro) e multiplicadas pela parcela da linha para cada caso (para uma linha com l metros e n pedaços, foi feito o produto com o fator $\Delta z = l/n$).

Os valores das duas simulações parecem tender as amplitudes percebidas no item a), levando em conta a tendência dos respectivos amortecimentos.

Entre os dois modelos, o segundo apresenta uma resposta melhor e mais rápida nos pontos em que ocorre a reflexão (e os valores sofrem trocas abruptas), justamente devido ao fato de sua frequência amortecida ser maior, como esperado do aumento do número de pedaços.

Para valores cada vez maiores espera-se que a resposta se torne mais semelhante a simulação do primeiro item.