

## PTC3314 - Ondas e Linhas

### 2º Exercício de Simulação Computacional - (publicado em 01/10/2024)

**Data para entrega: 27 de outubro de 2024.**

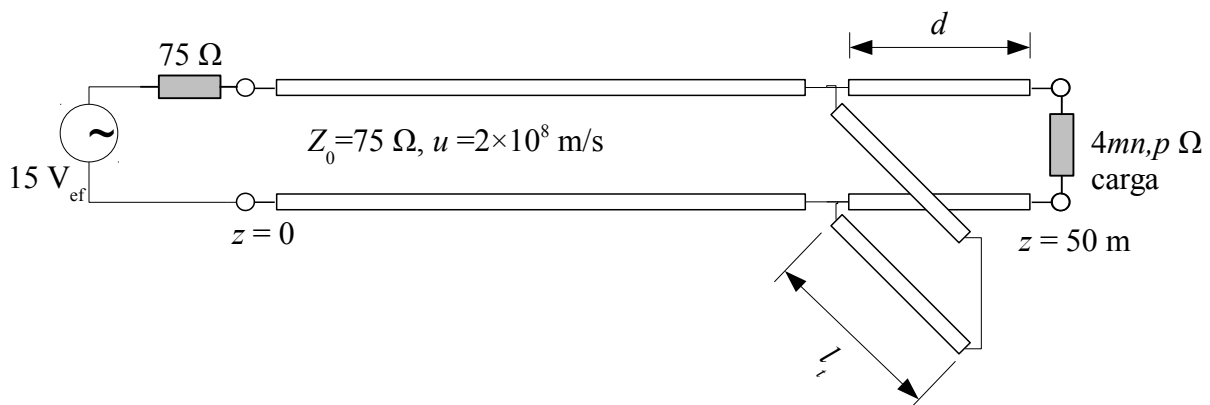
*Este exercício computacional contará como um dos testes da disciplina.*

*A listagem completa e os gráficos solicitados, juntamente com as respostas às questões propostas (preencher a **TABELA DE RESPOSTAS ANEXA**), deverão ser entregues na data acima, impreterivelmente.*

*As simulações solicitadas devem ser feitas utilizando-se o programa Spice (utilizando-se modelos de linha de transmissão ou programas similares). Opcionalmente, a questão número 1 pode ser resolvida utilizando-se o programa Matlab ou similar.*

*Para qualquer informação adicional, contatar o monitor ou os professores.*

1. Considere a linha sem perdas, mostrada na figura abaixo, em que deve ser feito o “casamento” com toco simples (com impedância característica de  $75\ \Omega$  e  $u = 2 \times 10^8\text{ m/s}$ ) para a frequência de 100 MHz. A impedância da carga é  $Z_L = 4mn,p\ \Omega$ , de acordo com os 3 últimos algarismos do seu número USP (exemplo: nusp=2264**123**  $\Rightarrow Z_L = 412,3\ \Omega$ ). Este trabalho poderá ser realizado em grupos de, no máximo, 3 alunos (todos de uma mesma turma de PTC3314) e, neste caso, o número USP do primeiro aluno, em ordem alfabética, deverá ser o utilizado para a escolha dos parâmetros



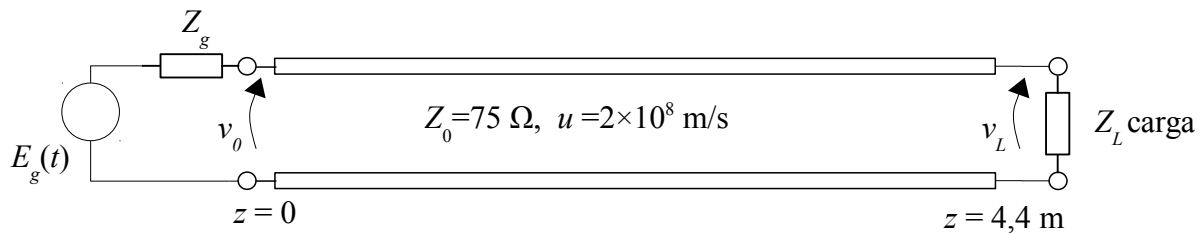
- a) **(0,5)** Calcule a máxima potência disponível do gerador de impedância interna  $75\ \Omega$ .
- b) **(0,5)** Determine a menor distância,  $d = d_{min}$ , para a qual a admitância, normalizada em relação a  $1/Z_0$ , é igual a  $1 + j b$  na frequência de 100 MHz.
- c) **(0,5)** Qual o valor de  $b$ ?
- d) **(0,5)** Qual deve ser o comprimento,  $l_i$ , do toco em curto para que a sua admitância de entrada seja igual a  $-j b$ ?
- e) **(2,5)** Faça gráficos da potência dissipada na carga (em dB relativos à máxima potência disponível no gerador) em função da frequência (para  $80\text{ MHz} \leq f \leq 120\text{ MHz}$ , em passos de 0,1 MHz), e determine o valor máximo dessa potência (em dB relativos à máxima potência disponível no gerador) bem como a largura de banda (BW), em MHz, para a qual a potência está acima de  $-2\text{ dB}$ , para os seguintes casos:
  - i sem o toco;
  - ii com o toco colocado na posição determinada no item (b) ( $d = d_{min}$ ) e com o comprimento determinado no item (c);
  - iii com o toco colocado 3 m mais próximo do gerador ( $d = 3\text{ m} + d_{min}$ ).
- f) **(0,5)** Comparando os gráficos, responda:
  - O que deve ocorrer com a largura de banda se a distância  $d$  for aumentada ainda mais (sempre em múltiplos de meio comprimento de onda)?

Sugestão (outras possibilidades existem e podem ser usadas):

Para obter os gráficos da relação em dB entre a potência dissipada na carga e a máxima potência disponível no gerador ( $P_d$ ), acrescente um amplificador ideal, de ganho numericamente igual a  $1/\sqrt{P_d \cdot Z_L}$  ( $P_d$  em W e  $Z_L$  em  $\Omega$ ), ligado à tensão na carga, e plote a tensão na saída desse amplificador (em dB).

Obs.: Utilize as mesmas escalas em todos os gráficos para facilitar as comparações.

2. Considere a linha sem perdas, mostrada na figura abaixo, com impedância característica de  $75 \Omega$  e  $u = 2 \times 10^8$  m/s, e comprimento 4,4 m. A linha é excitada por um gerador senoidal na frequência de 100 MHz, com 15 V de amplitude. Esse gerador é ligado no instante  $t=0$ .



$$E_g(t) = 15 H(t) \cos(2\pi f_0 t) \text{ V} \quad f_0 = 100 \text{ MHz}$$

A impedância do gerador é  $Z_g = 12 \text{ m}\Omega$ , de acordo com os 3 últimos algarismos do seu número USP (exemplo: nusp=2264123  $\Rightarrow Z_g = 121,23 \Omega$ ). A impedância da carga é igual à do gerador:  $Z_L = Z_g$ .

Este trabalho poderá ser realizado em grupos de, no máximo, 3 alunos (todos de uma mesma turma de PTC3314) e, neste caso, o número USP do primeiro aluno, em ordem alfabética, deverá ser o utilizado para a escolha dos parâmetros

Faça a simulação (transiente) do modelo acima para  $0 < t < 0,3 \mu\text{s}$  usando “print step”  $\leq 2$  ps e “step ceiling”  $\leq 2$  ps

- (2,0)** Plote os gráficos das tensões na entrada da linha,  $v_0(t)$ , e na carga,  $v_L(t)$ , para  $0 < t < 0,3 \mu\text{s}$ . Quais os valores de pico observados em regime? Quais os valores esperados?
- (2,0)** Plote os gráficos da tensão e da corrente na entrada da linha (num mesmo eixo) para  $30 \text{ ns} < t < 60 \text{ ns}$ . Multiplique o gráfico da corrente por  $75 \Omega$  para melhor visualização. Verifique a defasagem (em graus) entre corrente e tensão nesse ponto da linha em função do tempo e as suas amplitudes. Quais os valores das impedâncias nesse ponto para  $t < 44 \text{ ns}$  e para  $t > 44 \text{ ns}$ ? Comente.
- (1,0)** Repita o item anterior para  $0,28 \mu\text{s} < t < 0,3 \mu\text{s}$ . Qual a defasagem neste caso? Qual a impedância? Qual o valor esperado para esta impedância?

TABELA DE RESPOSTAS

questão	parâmetro	valor
1-a (0,5)	$P_d =$	W
1-b (0,5)	$d_{min} =$	m
1-c (0,5)	$b =$	(sem unidade)
1-d (0,5)	$l_t =$	m
1-e-i (0,5)	$P_{max}$ (sem toco)	dB
ii (0,5)	$P_{max}$ ( $d = d_{min}$ )	dB
ii (0,5)	BW ( $d = d_{min}$ )	MHz
iii (0,5)	$P_{max}$ ( $d = 3 \text{ m} + d_{min}$ )	dB
iii (0,5)	BW ( $d = 3 \text{ m} + d_{min}$ )	MHz
1-f (0,5)	Como muda BW?	
2-a (0,5)	$V_0$ - esperado	V
(0,5)	$V_0$ - observado	V
(0,5)	$V_L$ - esperado	V
(0,5)	$V_L$ - observado	V
2-b (1,0)	$Z(z=0, t < 44 \text{ ns})$	$+j \quad \Omega$
(1,0)	$Z(z=0, t > 44 \text{ ns})$	$+j \quad \Omega$
2-c (1,0)	$Z(z=0; 0,28 \mu\text{s} < t < 0,3 \mu\text{s})$	$+j \quad \Omega$

Observações:

- A precisão nos cálculos dos comprimentos e distâncias deve ser de, no mínimo, 1 mm.
- A precisão nos cálculos das tensões esperadas deve ser de, no mínimo, mV
- A precisão nos cálculos de impedâncias deve ser de, no mínimo, 0,1  $\Omega$
- A banda BW do item 1e deve ter precisão de 0,1 MHz