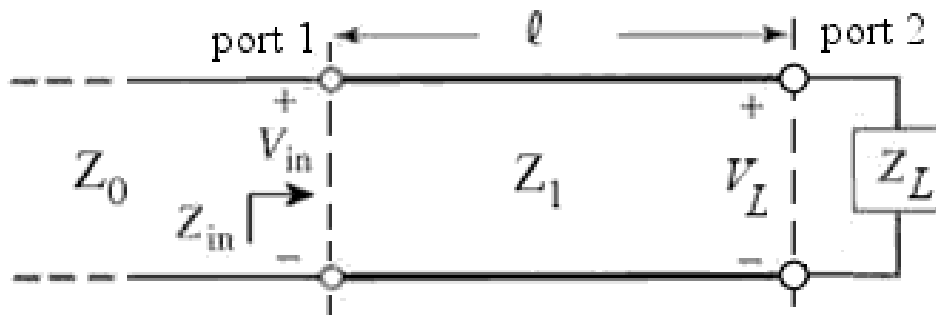
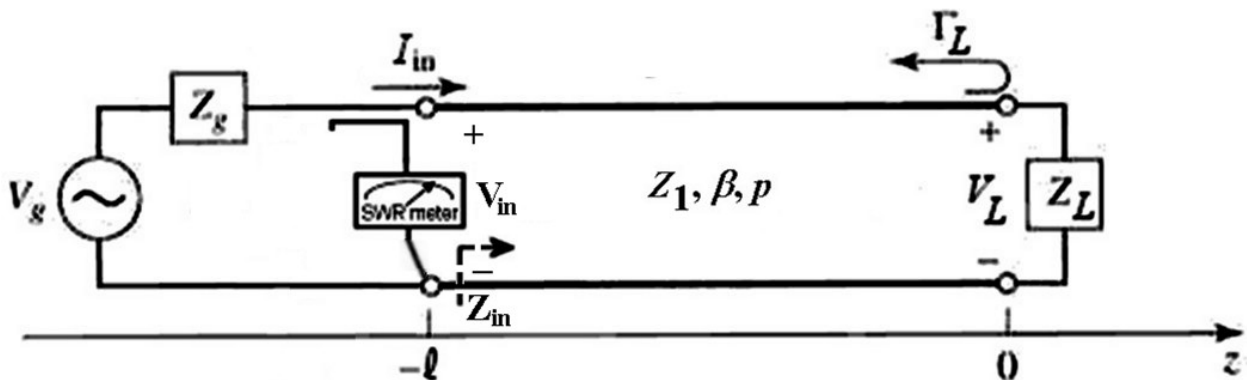


- 1) Na figura abaixo, sabe-se que a linha de transmissão de impedância característica Z_1 é um transformador de $\ell = \lambda_g/4$ na frequência central de operação f_0 . A linha Z_1 apresenta perdas ôhmicas e perdas dielétricas desprezíveis, e tem a função de acoplar a linha de impedância $Z_0 = 50\Omega$ à impedância de carga $Z_L = 15\Omega$, de modo a minimizar o S11 medido em f_0 no *port 1* com um *vector network analyzer* (VNA). Note que o *port 2* não é conectado ao VNA durante a medida, sendo simplesmente terminado na impedância Z_L (Nota: Nesta situação de medida, S11 é o próprio coeficiente de reflexão Γ no *port 1* dado que a medida com o VNA é efetuada em um só *port*, no caso o *port 1*).

Sabendo que na frequência central de operação f_0 obtém-se ROE=1.0 na linha de impedância Z_0 (ou seja, S11= Γ =0 na linha Z_1), determine Z_1 e a banda passante $\Delta f/f_0$ dentro da qual o transformador de $\ell = \lambda_g/4$ apresenta ROE ≤ 1.3 .



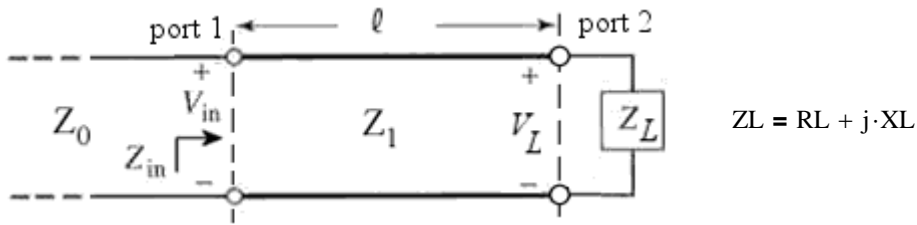
- 2) Na figura abaixo, sabe-se que a linha de transmissão de impedância característica Z_1 é uma *microstrip line* de comprimento ℓ , apresentando perdas ôhmicas e dielétricas desprezíveis e fator de velocidade $p=0.67$. A função da linha de impedância Z_1 é acoplar a impedância do gerador $Z_g = 75\Omega$ à impedância de carga $Z_L = 40-j30\Omega$ na frequência de operação $f = 2.4$ GHz.



- a) Determine ℓ e Z_1 sabendo que o *SWR meter* mede ROE=1.0 na saída do gerador de tensão V_g .
- b) O método de acoplamento do item a) pode ser utilizado para quaisquer valores de Z_g e Z_L ? Em caso negativo, determine a relação entre Z_1 , Z_g e Z_L que viabiliza obter ROE=1.0 na saída do gerador.

Solução:

1)



São dados $Z_0 := 50 \cdot \Omega$ $Z_L := 15 \cdot \Omega$ $ROE := 1.3$

Neste caso, minimizar o S11 medido no *port 1* significa minimizar o coeficiente de reflexão Γ no *port 1* porque o S11 é o próprio Γ no *port 1* quando a medida com o VNA é efetuada em um só *port* (no caso, o *port 1*). Nota: Se ligássemos ambos *port 1* e *port 2* ao VNA, este forçaria o casamento de impedância no *port 2* para efeito de medir o S11 (definição de S11), que resultaria diferente do Γ medido no *port 1* com o *port 2* terminado em Z_L . O menor valor de $\Gamma_m = |\Gamma|$ no *port 1* ocorre quando $Z_{in} = Z_0$ na figura acima, situação que resulta em $|\Gamma| = 0$ (i.e., toda potência da linha Z_0 é transferida p/ a linha Z_1).

Da Eq.2.72 do Cap III das notas de aula. para um transformador de $\lambda g/4$ temos:

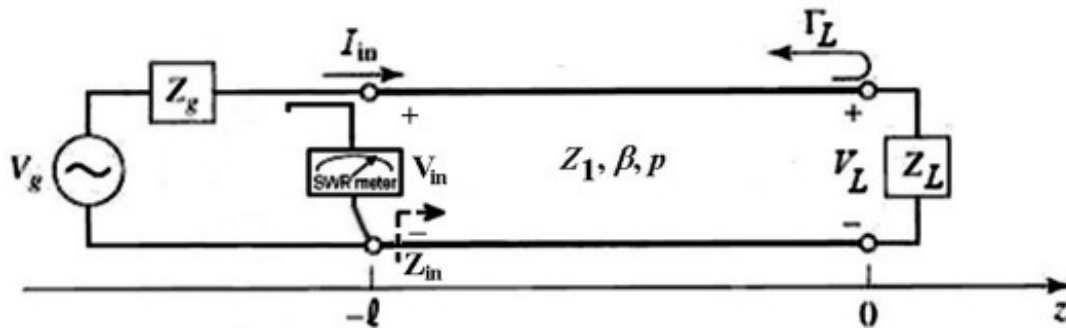
$$Z_1 := \sqrt{Z_0 \cdot Z_L} \rightarrow Z_1 = 27.386 \Omega$$

$$\Gamma_m := \frac{ROE - 1}{ROE + 1} \rightarrow \Gamma_m = 0.13$$

Da Eq.2.80 do Cap III das notas de aula:

$$BW = \frac{\Delta f}{f_0} = 2 - \frac{4}{\pi} \cdot \arccos \left(\frac{\Gamma_m}{\sqrt{1 - \Gamma_m^2}} \cdot \frac{2Z_1}{|Z_L - Z_0|} \right) \rightarrow BW = 0.264$$

2)



São dados $Z_g := 75 \cdot \Omega$ $R_L := 40 \cdot \Omega$ $X_L := -30 \cdot \Omega$ $f := 2.4 \text{GHz}$ $p := 0.67$

O comprimento de onda da onda guiada na linha Z_1 é: $\lambda := \frac{c}{f}$ $\lambda = 0.125 \text{ m}$ \rightarrow $\lambda_g := p \cdot \lambda$ $\lambda_g = 0.084 \text{ m}$

a) Se a $ROE = \frac{1 + |\Gamma_g|}{1 - |\Gamma_g|}$ é unitária na saída do gerador então o coeficiente de reflexão $\Gamma_g = \frac{Z_g - Z_{in}}{Z_g + Z_{in}}$ na saída do gerador é zero, significando que $Z_g = Z_{in}$, onde Z_{in} é a impedância de entrada da linha de impedância característica Z_1 .

No exercício da aula anterior foram deduzidas expressões para a impedância característica Z_1 e para o comprimento l da linha de forma a que se obtenha $Z_{in} = Z_g$. Estas expressões deduzidas p/ Z_1 e l são reproduzidas abaixo adaptadas ao contexto da presente questão. Note abaixo que o sinal s deve ser escolhido entre os valores $s = \{-1, +1\}$ de modo que Z_1 resulte não negativo. Neste contexto s é escolhido como $s := -1$.

$$Z_1 := \frac{s}{(-Z_g) + R_L} \cdot \sqrt{[(-Z_g) + R_L] \cdot Z_g \cdot [(-Z_g) \cdot R_L + R_L^2 + X_L^2]} \rightarrow Z_1 = 32.733 \Omega$$

$$t := Z_1 \cdot \frac{X_L}{Z_g \cdot R_L - Z_1^2} \rightarrow t = -0.509$$

mas $t = \tan(\beta \cdot l) = \tan\left(\frac{2\pi}{\lambda_g} \cdot l\right)$ daí temos:

$$l := \frac{1}{2} \cdot \frac{\text{atan}(t)}{\pi} \cdot \lambda_g \quad l = -6.273 \times 10^{-3} \text{ m} \rightarrow l := \text{if}\left(1 < 0, 1 + \frac{\lambda_g}{2}, 1\right) \quad l = 0.036 \text{ m}$$

b) Este método de acoplamento pode ser utilizado para qualquer RL, XL e Zg desde que Z1 resulte real na equação acima, isto é, desde que o argumento da função sqrt(x) seja positivo:

$$[(-Z_g) + RL] \cdot Z_g \cdot [(-Z_g) \cdot RL + RL^2 + XL^2] > 0$$

ou

$$[(-Z_g) \cdot RL + RL^2 + XL^2] > 0$$