

### 3 Casamento de Impedâncias

#### Aula 04 - Capítulo 3: slides 18 a 28

### 3.3 Exercício Resolvido

Projete uma seção de transformação de impedância usando apenas linhas de transmissão microstrip num substrato FR4 com constante dielétrica de 4,5, espessura do dielétrico de 0,8 mm e espessura do cobre de 18  $\mu\text{m}$ , para realizar o casamento de impedâncias de uma antena cuja impedância vale  $Z_A = 10 + j30 \Omega$  com um receptor cuja impedância de entrada vale  $Z_o = 50 \Omega$  em 2,45 GHz. Conectores do tipo SMA devem ser providenciados na borda do substrato (cap2/sld23) para a devida conexão da antena e do receptor. Desenhe o leiaute do circuito em escala 10:1 usando toda a superfície de uma folha tamanho A4 (se desejar, pode haver margem de 5 ou 10 mm).

- Passo 1: Projeto das linhas de transmissão.

Aqui serão usados dois trechos de linha de transmissão com impedância característica fixa  $Z_o = 50 \Omega$  (cap3/sld11/sld12), logo é necessário encontrar a dimensão da largura  $w$  da linha microstrip que resulta numa impedância característica  $Z_o = 50 \Omega$  no substrato especificado no enunciado e sua constante dielétrica efetiva  $\epsilon_{re}$  já que há dois meios (ar com  $\epsilon_r = 1$  e dielétrico com  $\epsilon_r = 4,5$ ).

Para tal, será usada a ferramenta disponível em:

<http://janielelectronics.com/szamitasok/Transmission%20Line/Microstrip%20Line%20Calculator/janilab.php>

**Microstrip Line Calculator**

Diagram showing a microstrip line on a substrate with parameters:  $W$  (width),  $t$  (thickness),  $h$  (height), and  $\epsilon_r$  (dielectric constant).

Parameters input:

- er: 4.5
- h: 0.8 [mm]
- t: 18 [um]
- f: 2450 [MHz]

Buttons: Analyze, Synthesis

Results:

- W: [ ] [mm]
- Zo: 50 [ohm]
- er eff: 3.34972021
- k: 0.54638118
- lambda/4: 16.725954 [mm]

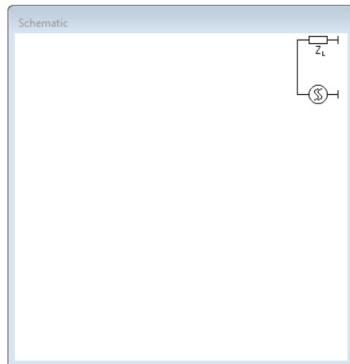
**[ How to use ]**

1. Input the parameter of the circuit board and center frequency.
2.
  - (1) When the characteristic impedance ( $Z_o$ ) of the line width ( $w$ ) is calculated. Input  $w$ , and click on [ Analyze ] button.
  - (2) When the line width ( $w$ ) of the characteristic impedance ( $Z_o$ ) is calculated. Input  $Z_o$ , and click on [ Synthesis ] button.
3. A calculation result is indicated.

Na parte superior da tela, são fornecidos os dados do substrato e a frequência de operação nas unidades indicadas (separação decimal com ponto). Na parte intermediária preenche-se apenas a linha de síntese com  $Z_o = 50 \Omega$ . Ao clicar em 'synthesis' aparecerá o valor da largura  $w = 1,48 \text{ mm}$  e, na parte inferior, a constante dielétrica efetiva no primeiro campo  $\epsilon_{re} = 3,35$ .

- Passo 2: Programa aplicativo Carta de Smith.

O programa encontra-se na pasta compactada smith.zip na página da disciplina e contém um tutorial de como usá-lo na aplicação deste exercício (baixe o arquivo e leia as instruções em readme.png). As únicas diferenças são que no exemplo do tutorial não foi definido o tipo da linha de transmissão, logo foi usado  $\epsilon_{re} = 1$ . Aqui, tem-se a especificação completa da linha que permitiu encontrar o valor da constante dielétrica efetiva  $\epsilon_{re} = 3,35$ , a qual será usada no lugar de  $\epsilon_{re} = 1$ , e a frequência de operação que era 500 MHz no tutorial e passa a ser 2450 MHz nesse exercício.



Data Points

DP-Nr. 1	(10.000 + j30.000)Ohm	Q :
----------	-----------------------	-----

Toolbox

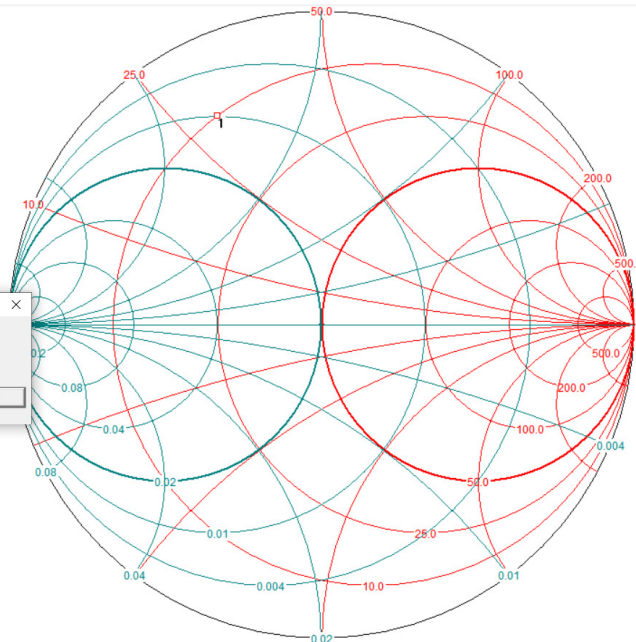
SERIES	SHUNT
C   L   R	C   L   R
LINE	LINE
RLC	RLC
TRANSF	
DATAPOINT	

Line impedance

Ohms: 50.0

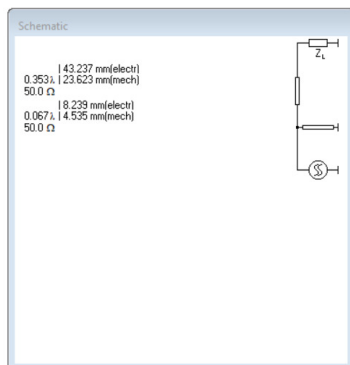
Er: 3.35

OK



Z<sub>0</sub>  
50.0 Ohm

RL	VSWR	Q	r	Y	Z
0.0 dB	358.6 : 1	155.28	0.99 / 60.01°	0.0001 - j0.0115	0.56 + j86.59

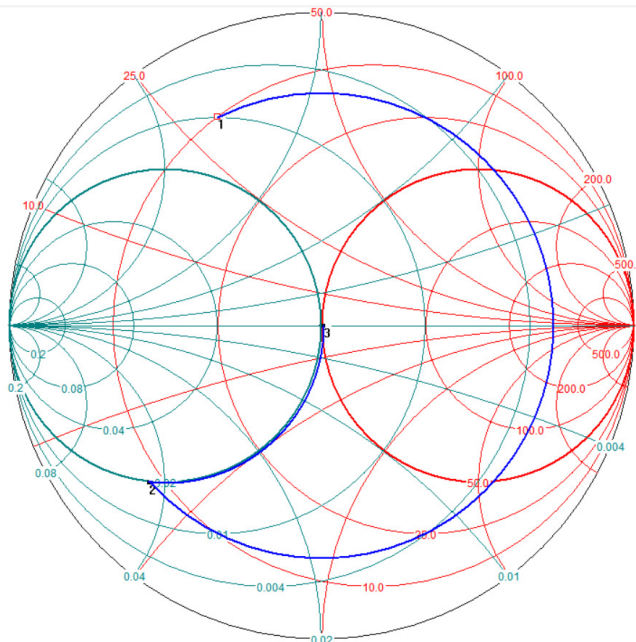


Data Points

DP-Nr. 1	(10.000 + j30.000)Ohm	Q :
DP-Nr. 2	(8.352 - j18.800)Ohm	Q :
DP-Nr. 3	(50.672 - j0.000)Ohm	Q :

Toolbox

SERIES	SHUNT
C   L   R	C   L   R
LINE	LINE
RLC	RLC
TRANSF	
DATAPOINT	



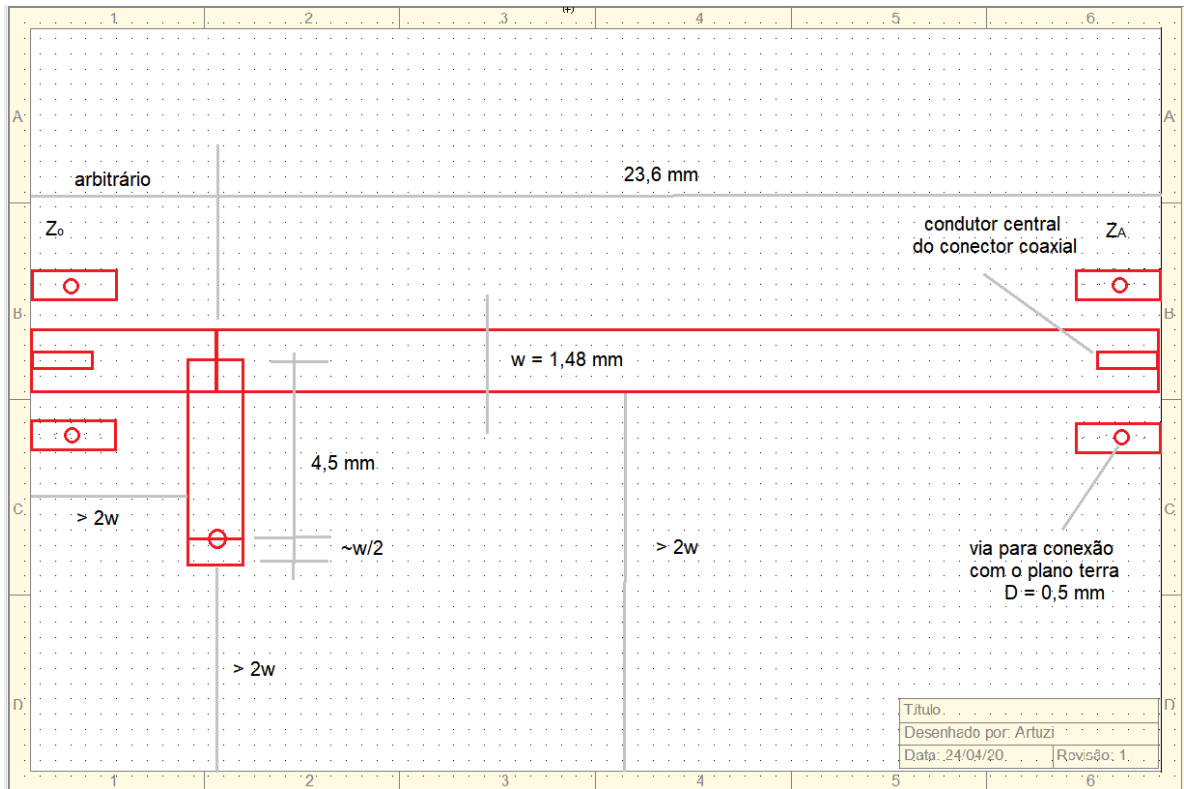
Z<sub>0</sub>  
50.0 Ohm

RL	VSWR	Q	r	Y	Z
0.3 dB	56.4 : 1	15.87	0.97 / 34.26°	0.0004 - j0.0062	10.18 + j161.63

Note, na janela 'schematic', que há dois valores para os comprimentos de cada linha de transmissão: elétrico e mecânico. O comprimento elétrico refere-se ao uso de  $\epsilon_{re} = 1$ , que não tem utilidade nesse exercício. O comprimento mecânico refere-se ao uso de  $\epsilon_{re} = 3,35$  e é o comprimento a ser usado no leiaute.

- Passo 3: Desenho do leiaute.

Nessa etapa da disciplina, o desenho do leiaute pode ser feito em papel, ou utilizando qualquer software gráfico. O importante é que o desenho seja feito em escala 10:1 em referência a uma folha tamanho A4 padrão.



### 3.4 Exercício Proposto

Resolva o mesmo exercício acima considerando que a impedância da antena vale

$$Z_A = RR + jXX \cdot (-1)^{AA}$$

usando o seu registro de matrícula

$$GRR20AARRXX$$

e use  $RR = 10$  se  $RR < 10$ .