

PSI3581 – Circuitos de Micro-ondas
Lista de exercícios – preparação para a P1

Questão 1 - A figura 1 apresenta a topologia de um divisor de potência resistivo composto por três resistores com resistência do mesmo valor $R = Z_0/3$

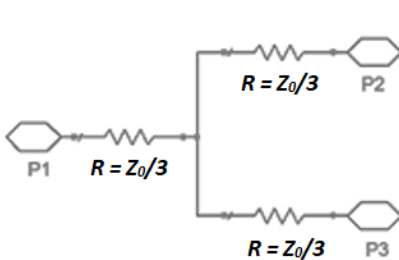


Figura 1

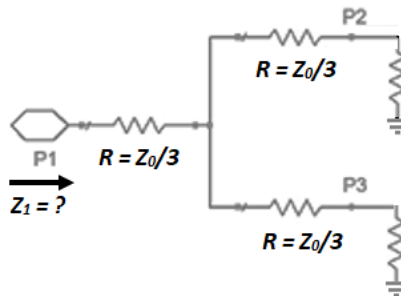


Figura 2

- a) Determine a impedância Z_1 vista pela porta P1, quando as portas P2 e P3 estiverem terminadas por cargas de Z_0 , como mostrado na figura 2,
- b) Calcule a fração da potência de entrada entregue a cada uma das portas de saída quando terminadas por cargas de 50Ω .
- c) Qual a fração da potência de entrada que é dissipada no divisor resistivo?

Questão 2

a) Projete um filtro passa-baixa LC com as seguintes especificações:

- frequência de corte: 2 GHz;
- ordem 5;
- tipo de resposta em frequência: máxima planicidade (Butterworth).

Segue abaixo o circuito esquemático do filtro e a tabela de elementos normalizados de filtros Butterworth.

Element Values for Butterworth Lowpass Prototype Filters
 $(g_0 = 1.0, \Omega_c = 1, L_{Ar} = 3.01 \text{ dB at } \Omega_c)$

n	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7
1	2.0000	1.0					
2	1.4142	1.4142	1.0				
3	1.0000	2.0000	1.0000	1.0			
4	0.7654	1.8478	1.8478	0.7654	1.0		
5	0.6180	1.6180	2.0000	1.6180	0.6180	1.0	
6	0.5176	1.4142	1.9318	1.9318	1.4142	0.5176	1.0

Questão 3

Considere um laminado de frequência com as seguintes características:

Características do substrato dielétrico		Características da metalização do substrato	
Constante dielétrica	6	Condutividade:	5,8E+07 S/m
Tangente de perdas	0.0002	Espessura do metal:	17 microns
Espessura do substrato	0.6 mm		

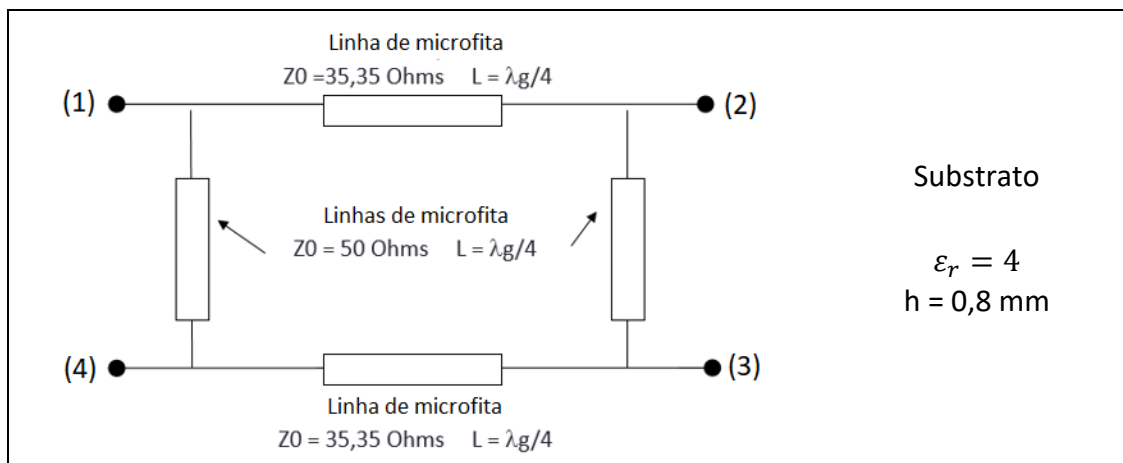
Calcule a impedância característica de linhas de microfita nesse substrato com larguras de 0,3 mm e de 1,2 mm, usando as equações aproximadas apresentadas no formulário do final deste arquivo.

$$W = 0,3 \text{ mm} \rightarrow Z_0 =$$

$$W = 1,2 \text{ mm} \rightarrow Z_0 =$$

Questão 4

Considere o acoplador híbrido de 90° operando na frequência central de 3 GHz apresentado abaixo, que opera com todas as portas terminadas em 50 Ω (impedâncias do gerador e de cargas).

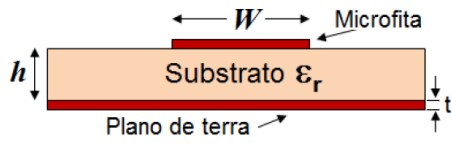


- Um sinal com potência de 100 mW é inserido na porta (1). Idealmente qual a potência que será entregue às cargas conectadas com as portas (2), (3) e (4)?
- Preencha a tabela abaixo, calculando o comprimento dos trechos de linha de microfita que formam o acoplador e a constante dielétrica efetiva dessas linhas de microfita.

	Linhas de microfita de $Z_0 = 35,35 \Omega$	Linhas de microfita de $Z_0 = 50 \Omega$
W (mm)	2,53	1,48
ϵ_{ef}		
L (mm)		

FORMULÁRIO

Linhas de transmissão de microfita

	
$\epsilon_{ef} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2 \cdot \sqrt{1 + 12h/W}}$	$f_{max} = \frac{c}{4h\sqrt{\epsilon_r}}, \quad \text{para } W < 2h$
$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_{ef}}}$	c : velocidade da luz no espaço livre
$\lambda_{ef} = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{ef}}}$	$\lambda_0 = \frac{c}{f}$ comprimento de onda no espaço livre $c = 3 \cdot 10^{11} \text{ mm/s}$
$Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_{ef}}} \cdot \ln\left(\frac{8h}{W} + \frac{W}{4h}\right) (\Omega)$	para $W/h \leq 1$ e $t/W \ll 1$
$Z_0 = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_{ef}}} \cdot \frac{120\pi}{\frac{W}{h} + 1,393 + 0,667 \cdot \ln\left(\frac{W}{h} + 1,444\right)}$	para $W/h > 1$ e $t/W \ll 1$

Linhas de transmissão acopladas

$Z_0 = \sqrt{Z_{0e} \cdot Z_{0o}}$	$C(dB) = 20 \cdot \log \frac{Z_{0e} - Z_{0o}}{Z_{0e} + Z_{0o}}$
------------------------------------	---

Desnormalização do filtro passa-baixa

$L = \left(\frac{\Omega_c}{\omega_c}\right) \gamma_0 g \quad \text{para } g \text{ que representa a indutância}$	$\gamma_0 = Z_0/g_0$
$C = \left(\frac{\Omega_c}{\omega_c}\right) \frac{g}{\gamma_0} \quad \text{para } g \text{ que representa a capacitância}$	

Filtro Step Impedance

$l_L = \frac{\lambda_{gL}}{2\pi} \sin^{-1}\left(\frac{\omega_c L}{Z_{0L}}\right)$	$l_C = \frac{\lambda_{gC}}{2\pi} \sin^{-1}(\omega_c C Z_{0C})$
---	--

Filtro com tocos em circuito aberto

$l_L = \frac{\lambda_{gL}}{2\pi} \sin^{-1}\left(\frac{\omega_c L}{Z_{0L}}\right)$	$l_C = \frac{\lambda_{gC}}{2\pi} \tan^{-1}(\omega_c C Z_{0C})$
---	--