

MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

CONCURSO PÚBLICO PARA INGRESSO NO CORPO DE ENGENHEIROS DA
MARINHA (CP-CEM/2016)

ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

**PROVA ESCRITA DISCURSIVA
INSTRUÇÕES GERAIS**

- 1- A duração da prova será de 05 horas e o tempo não será prorrogado. Ao término da prova, entregue o caderno ao Fiscal sem retirar os grampos de nenhuma folha.
- 2- Responda às questões utilizando caneta esferográfica azul ou preta. Não serão consideradas respostas e desenvolvimento da questão a lápis. Confira o número de páginas de cada parte da prova.
- 3- Só comece a responder à prova ao ser dada a ordem para iniciá-la, interrompendo a sua execução no momento em que for determinado.
- 4- O candidato deverá preencher os campos:
- NOME DO CANDIDATO; NÚMERO DA INSCRIÇÃO e DV.
- 5- Iniciada a prova, não haverá mais esclarecimentos. O candidato somente poderá deixar o seu lugar, devidamente autorizado pelo Supervisor/Fiscal, para se retirar definitivamente do recinto de prova ou, nos casos a seguir especificados, devidamente acompanhado por militar designado para esse fim: atendimento médico por pessoal designado pela Marinha do Brasil; fazer uso de banheiro e casos de força maior, comprovados pela supervisão do certame, sem que aconteça saída da área circunscrita para a realização da prova.
Em nenhum dos casos haverá prorrogação do tempo destinado à realização da prova e, em caso de retirada definitiva do recinto de prova, esta será corrigida até onde foi solucionada.
- 6- A solução deve ser apresentada nas páginas destinadas a cada questão.
- 7- Não é permitida a consulta a livros ou apontamentos.
- 8- A prova não poderá conter qualquer marca identificadora ou assinatura, o que implicará na atribuição de nota zero.
- 9- Será eliminado sumariamente do concurso e as suas provas não serão levadas em consideração, o candidato que:
 - a) der ou receber auxílio para a execução de qualquer prova;
 - b) utilizar-se de qualquer material não autorizado;
 - c) desrespeitar qualquer prescrição relativa à execução das provas;
 - d) escrever o nome ou introduzir marcas identificadoras noutra lugar que não o determinado para esse fim; e
 - e) cometer ato grave de indisciplina.
- 10- É PERMITIDO O USO DE CALCULADORA PADRÃO NÃO CIÊNTÍFICA E RÉGUA SIMPLES.

NÃO DESTACAR A PARTE INFERIOR

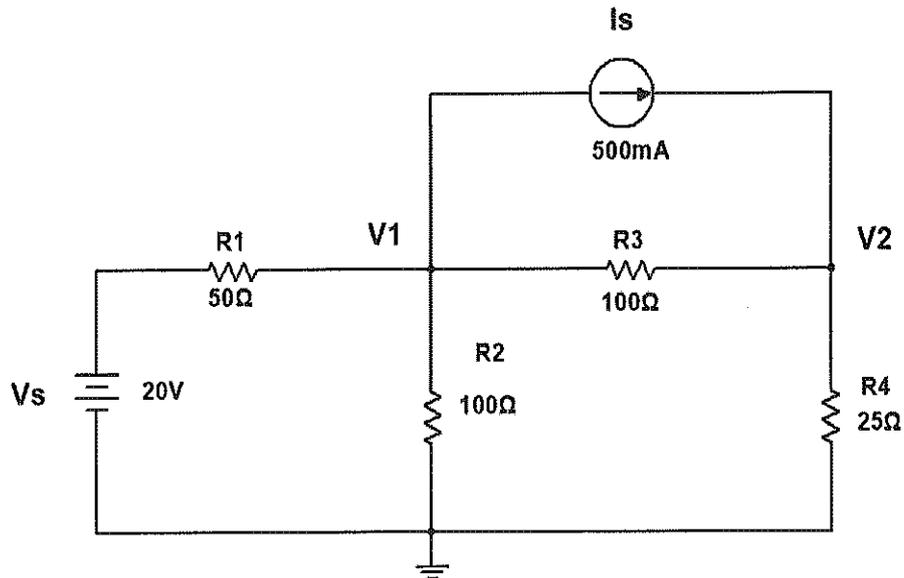
RUBRICA DO PROFESSOR	ESCALA DE	NOTA	USODA DE nsM								
	000A080	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%; height: 20px;"></td> </tr> </table>					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%; height: 20px;"></td> </tr> </table>				

CAMPOS PREENCHIDOS PELOS CANDIDATOS	CONCURSO: CP-CEM/2014																
	NOME DO CANDIDATO:																
	Nº DA INSCRIÇÃO	DV	ESCALA DE	NOTA	USODA DE nsM												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%; height: 20px;"></td> </tr> </table>					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 100%; height: 20px;"></td> </tr> </table>		000 A080	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%; height: 20px;"></td> </tr> </table>					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%; height: 20px;"></td> </tr> </table>				

CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS (VALOR: 80 PONTOS)

1ª QUESTÃO (8 pontos)

Considere o circuito elétrico mostrado a seguir.



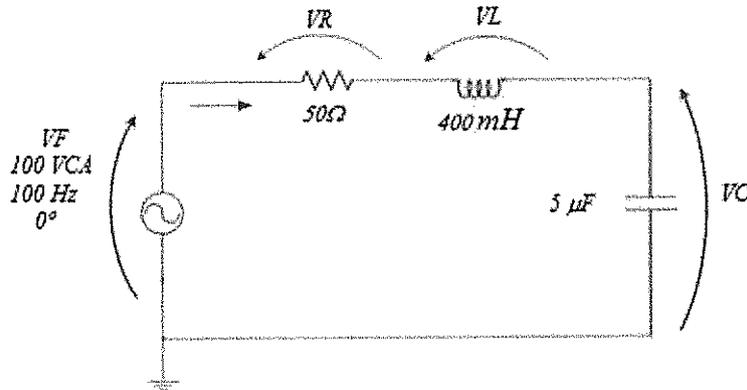
Calcule os seguintes parâmetros:

- a) O valor da tensão V_2 . (6 pontos)
- b) O valor da corrente I_{R1} . (2 pontos)

Continuação da 1ª questão

2ª QUESTÃO (8 pontos)

O circuito RLC mostrado na figura a seguir é alimentado por uma fonte alternada, com tensão, V_F , de 100 VCA (valor eficaz), frequência de 100 Hz, fase 0° . Adotar $\pi = 3,14$.



Nessas condições, calcule:

- Impedância total do circuito, Z_{eq} , vista pela fonte de tensão. (2 pontos)
- Módulo e fase da corrente, I , que circula pelo circuito. (2 pontos)
- Módulo e fase da tensão, V_C , sobre o capacitor. (2 pontos)
- Potência média, P , fornecida pela fonte. (2 pontos)

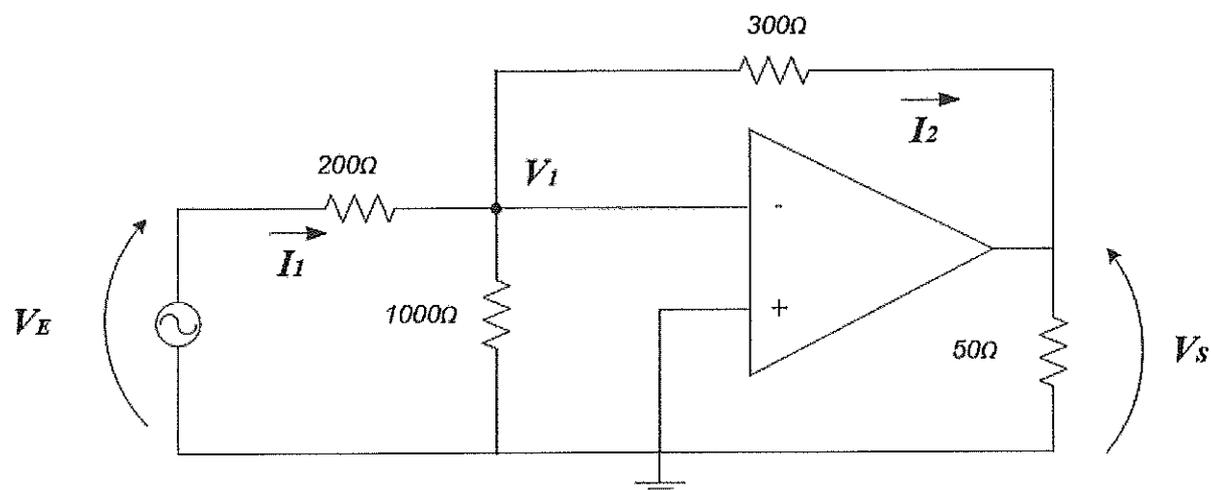
Continuação da 2ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2016

3ª QUESTÃO (8 pontos)

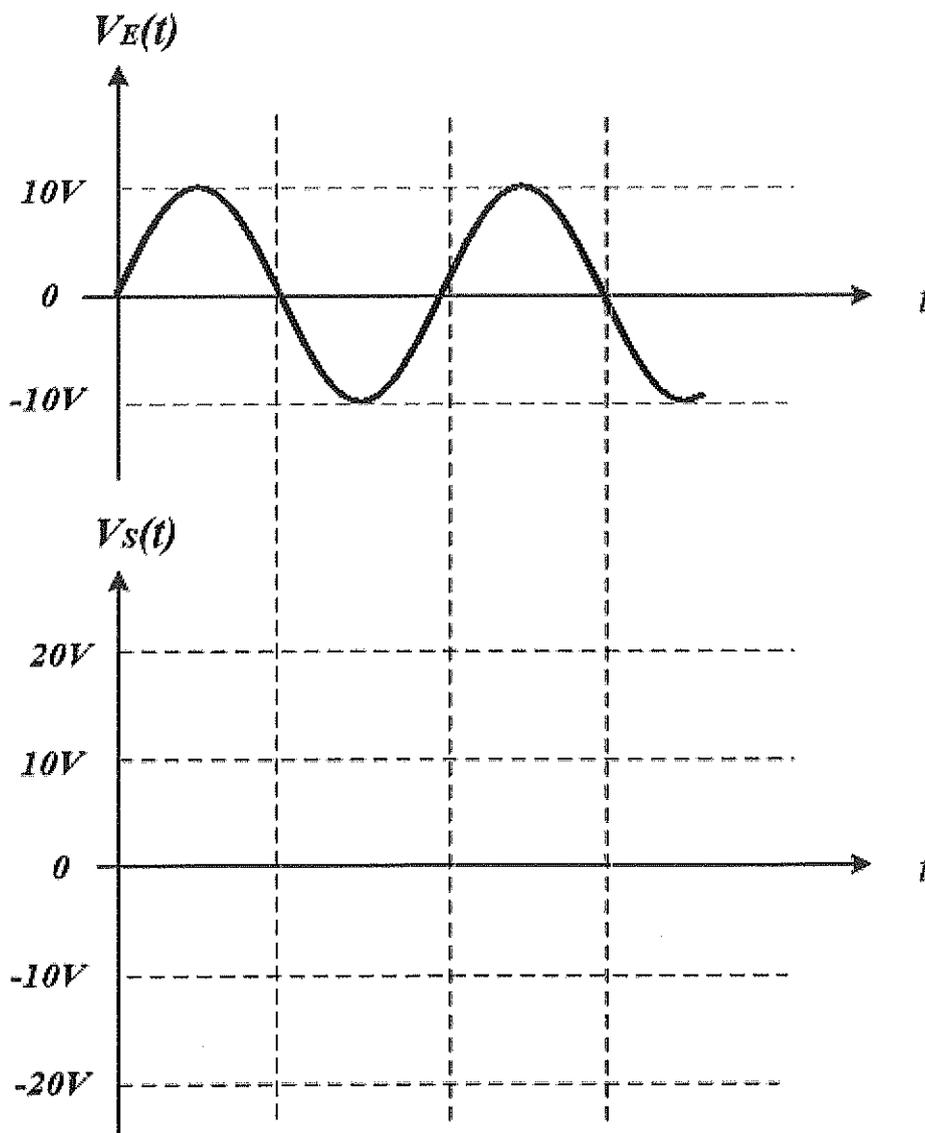
No circuito mostrado na figura a seguir, considere que o amplificador é ideal (o ganho de malha aberta infinito e impedância de entrada infinita). A tensão de entrada é dada por $V_E = 10 \sin(628t)$. Adotar $\pi = 3,14$.



Pede-se:

- Calcular o ganho do circuito $G = V_S/V_E$. (4 pontos)
- Esboçar a forma de onda de saída, $V_S(t)$, utilizando o gráfico fornecido na próxima página. Indicar, no gráfico, as amplitudes e o período de $V_S(t)$. (4 pontos)

Continuação da 3ª questão



Continuação da 3ª questão

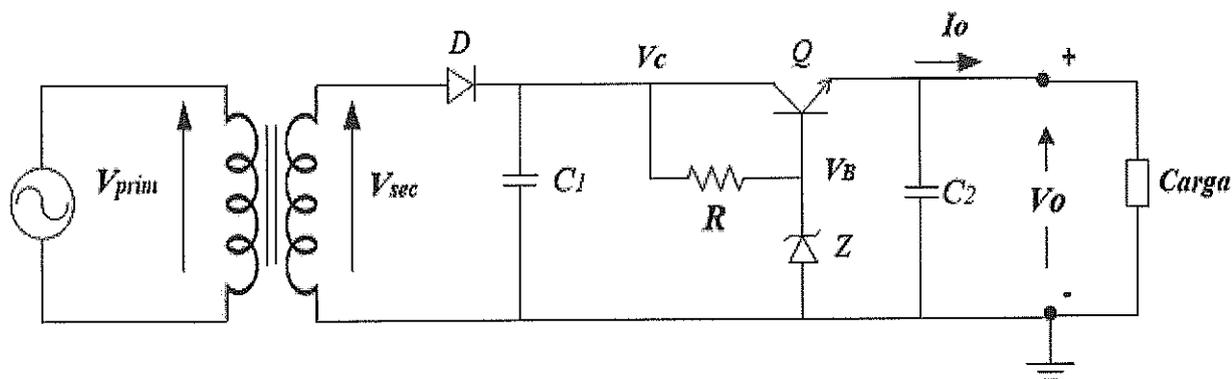
Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2016

Continuação da 3ª questão

4ª QUESTÃO (8 pontos)

Analise a figura a seguir.



O esquema elétrico mostrado na figura acima é de um circuito regulador de tensão.

A tensão de saída, V_0 , é de 5,0V e a corrente máxima (I_{0max}) é de 1,0A. O primário do transformador está conectado à rede elétrica cuja tensão é de 110V_{CA} (valor eficaz).

Considere que:

- a relação de espiras do transformador, o diodo D e o capacitor C1 são tais que a tensão no coletor do transistor (V_c) é praticamente constante em 13,6V.
- nas condições de operação do circuito, o diodo zener (Z) mantém a tensão de base do transistor (V_B) em 5,6V.
- o ganho de corrente do transistor ($\beta = I_c/I_B$) é 100.

Nessas condições, calcule:

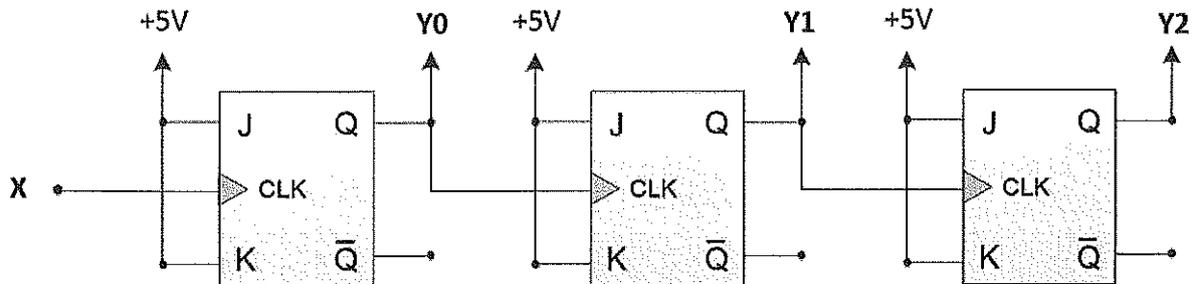
- a) A faixa de valor que o resistor R pode assumir (valor mínimo e valor máximo), de modo que a corrente no diodo zener seja maior que 70mA, mas que não ultrapasse 200mA. (6 pontos)
- b) A potência máxima que será dissipada no transistor. (2 pontos)

Continuação da 4ª questão

Continuação da 4ª questão

5ª QUESTÃO (8 pontos)

O esquema elétrico mostrado na figura a seguir refere-se a um circuito sequencial constituído por flip-flop do tipo JK cujo comportamento é descrito na Tabela 1.



J	K	CLK	Q
0	0	↑	Q_0 (não muda)
1	0	↑	1
0	1	↑	0
1	1	↑	$\overline{Q_0}$ (comuta)

Tabela 1 - Comportamento do flip-flop JK

A entrada do circuito é o sinal X, a amplitude é de 5V e a frequência é de 800 Hz, conforme mostrado no Gráfico 1.

Considere que a condição inicial é $Y_0 = Y_1 = Y_2 = 5V$.

Nessas condições pede-se:

- Desenhe as formas de onda das saídas Y_0 , Y_1 e Y_2 . (6 pontos)
- Qual a frequência dos sinais Y_0 , Y_1 e Y_2 ? (1,5 ponto)
- Qual a função desse circuito? (0,5 ponto)

Continuação da 5ª questão

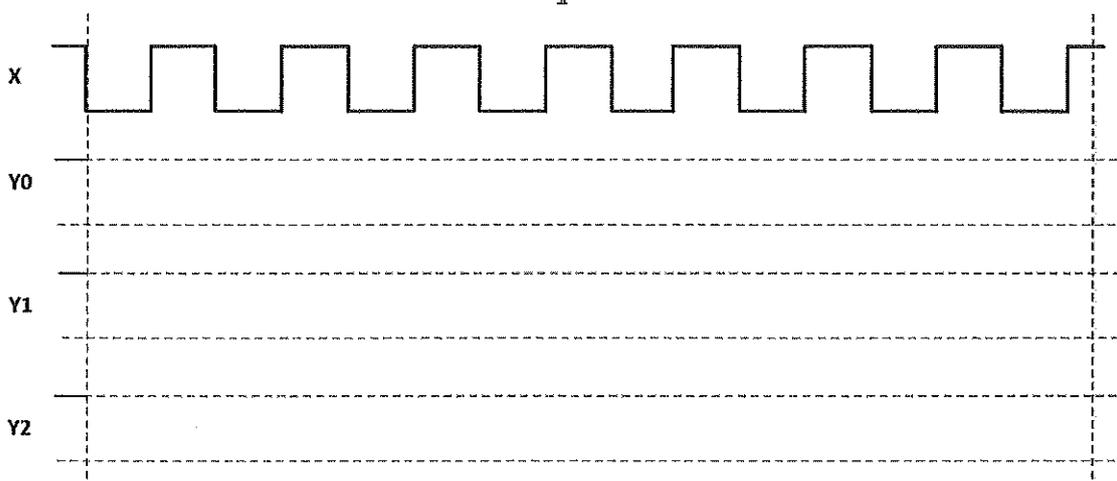


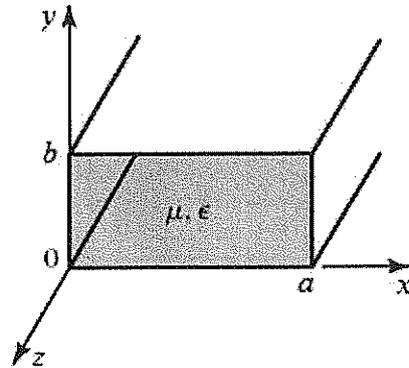
Gráfico 1

Continuação da 5ª questão

Continuação da 5ª questão

6ª QUESTÃO (8 pontos)

Considere o guia de ondas retangular apresentado na figura a seguir, onde "a" é a maior dimensão da secção transversal e "b", a menor dimensão da secção transversal. Considere que o guia é preenchido por ar e que as paredes que o constituem são condutores perfeitos.



Dados:

$$f_c = \frac{v}{2} \sqrt{\left(\frac{m}{a}\right)^2 + \left(\frac{n}{b}\right)^2} \quad v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad c = 3 \times 10^{11} \text{ mm/s}$$

$$\lambda_g = \lambda / \sqrt{1 - \left(\frac{f_c}{f}\right)^2} \quad \lambda = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad \lambda_0 = \frac{c}{f}$$

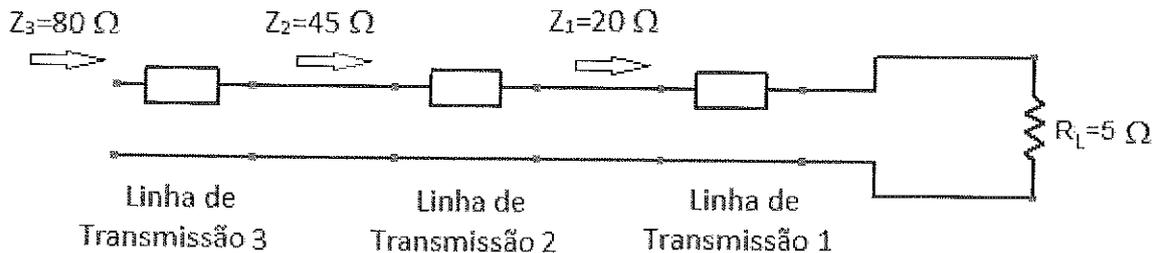
- Calcule as dimensões "a" e "b" da secção transversal do guia de ondas sabendo que a frequência de corte do modo TE₃₀ é 22,5GHz e que a frequência de corte do modo TE₃₂ é 37,5GHz. (3 pontos)
- Calcule a frequência de corte dos modos TE₁₀, TE₀₁, TE₁₁, TE₁₂ e TE₂₁, utilizando as dimensões "a" e "b" calculadas no item anterior. (2 pontos)
- Em que faixa de frequências este guia de ondas opera em um único modo de propagação? (1 ponto)
- Qual o comprimento de onda de um sinal de 10GHz que se propaga no guia de ondas no modo TE₁₀? (1 ponto)
- Em que modos TE_{mn} um sinal de 10GHz pode se propagar no interior do guia de ondas desta questão, se o mesmo for preenchido com um dielétrico com constante dielétrica $\epsilon_r=4$? (1 ponto)

Continuação da 6ª questão

Continuação da 6ª questão

7ª QUESTÃO (8 pontos)

Um transformador de impedância de banda larga foi projetado para casar uma carga resistiva de 5Ω com um gerador com resistência interna de 80Ω . Como mostrado na figura abaixo, o circuito de casamento de impedância é composto por três trechos de linha de transmissão, sendo cada uma delas um transformador de um quarto de comprimento de onda ($\lambda/4$). A linha de transmissão 1 da figura abaixo transforma a resistência de carga $Z_L = 5\Omega$ em $Z_1 = 20\Omega$; a linha de transmissão 2 transforma $Z_1 = 20\Omega$ em $Z_2 = 45\Omega$ e a linha de transmissão 3 transforma $Z_2 = 45\Omega$ na impedância do gerador, $Z_G = Z_3 = 80\Omega$.



Dados:

$$Z_{in} = \frac{Z_0^2}{Z_{out}}$$

Z_{out} : impedância de terminação do transformador de $\lambda/4$

Z_0 : impedância característica do transformador de $\lambda/4$

Z_{in} : impedância na entrada do transformador de $\lambda/4$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r} f}$$

$c = 3 \times 10^{11}$ mm/s, velocidade da luz no vácuo

$$Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_r}} \ln\left(\frac{b}{a}\right) \text{ (}\Omega\text{)}$$

$$\mu = \mu_r \mu_0 \text{ (H/m)}$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ (H/m)}$$

$$\alpha = \frac{1}{2} \left[\frac{R_s}{\ln(b/a)} \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right) \right]$$

(Np/unidade de comprimento)

$$R_s = \sqrt{\frac{\pi \cdot f \cdot \mu}{\sigma}}$$

(Ω /unidade de comprimento)

a: diâmetro do condutor interno

b: diâmetro do condutor externo

x	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
e^x	1,11	1,22	1,35	1,65	2,72	4,48	7,39	20,09	54,60

a) Calcule as impedâncias características Z_{01} , Z_{02} e Z_{03} dos três transformadores de impedância. (1,5 ponto)

Continuação da 7ª questão

- b) Os três transformadores de $\lambda/4$ serão construídos usando trechos de linha coaxial, com condutor interno $a_1=a_2=a_3=2\text{mm}$ de diâmetro, preenchido por material dielétrico com constante dielétrica $\epsilon_r=9$ e $\mu_r=1$. Calcule os diâmetros externos b_1 , b_2 e b_3 dos cabos coaxiais a serem utilizados. (3 pontos)
- c) Calcule o comprimento das linhas coaxiais, l_1 , l_2 e l_3 , que formam cada transformador de $\lambda/4$, dado que a frequência de operação é 200MHz. (1,5 ponto)
- d) Considerando que o material utilizado para os condutores dos cabos coaxiais tem condutividade 10^6S/m , calcule as perdas condutivas de cada transformador de $\lambda/4$ na frequência de 200MHz, α_1 , α_2 e α_3 , em Np/m. Use a_1 , a_2 , a_3 , b_1 , b_2 e b_3 em metros. (2 pontos)

Continuação da 7ª questão

Continuação da 7ª questão

Continuação da 7ª questão

8ª QUESTÃO (8 pontos)

Um rádio enlace de micro-ondas opera em 3GHz e utiliza uma antena de recepção com ganho de 15dB e uma antena de transmissão com ganho de 25dB. Sabe-se que a distância entre o receptor e o transmissor é de 20km.

Dados:

$P_r(dBm) = G_t(dB) + G_r(dB) + P_t(dBm) - 10 \cdot \log\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot R}{\lambda}\right)^2$		R: distância entre antenas de recepção e de transmissão
$\lambda = \frac{v}{f}$	$v = c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ na atmosfera	
$e_{imp} = (1 - \Gamma_t ^2) \cdot (1 - \Gamma_r ^2)$		
$\Gamma_t = \frac{Z_{AT} - Z_G}{Z_{AT} + Z_G}$	Z_{AT} : impedância da antena de transmissão Z_G : impedância do transmissor	
$\Gamma_r = \frac{Z_{AR} - Z_L}{Z_{AR} + Z_L}$	Z_{AR} : impedância da antena de recepção Z_L : impedância do receptor	

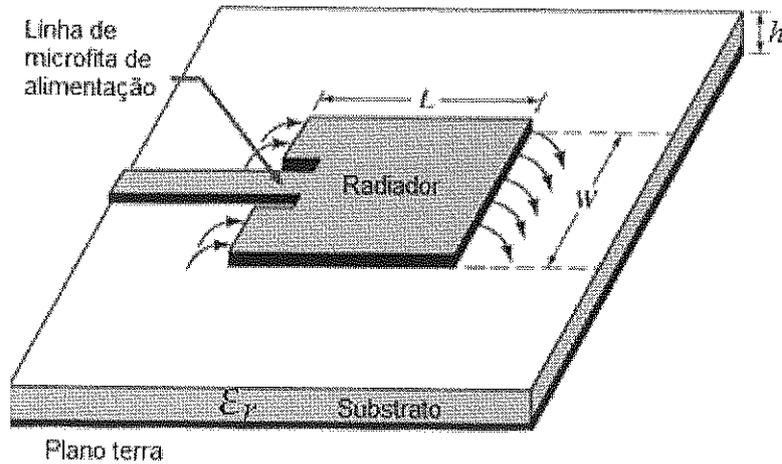
- Considere que o radioenlace opere em condições ideais de propagação, que as antenas de recepção e transmissão estejam perfeitamente alinhadas e que haja casamento de impedância conjugado entre a antena de transmissão e o transmissor, e entre a antena de recepção e o receptor. Qual a potência que deve ser transmitida (P_t) de modo que a potência recebida (P_r) seja -60 dBm? (3 pontos)
- A região do enlace do sistema descrito no item "a" é sujeita a chuvas com índice de precipitação de 25mm/h, que ocasionam atenuação do sinal de 0,5dB/km. Supondo que essa chuva ocorra ao longo de toda a região do enlace, qual a atenuação do sinal transmitido devido à chuva? (1 ponto)
- Qual deve ser a potência transmitida para que o enlace opere de modo que a potência recebida seja -60dBm na presença da chuva descrita no item "b"? (1 ponto)
- Sabendo que as impedâncias do transmissor e do receptor são de 50Ω, e as antenas de transmissão e de recepção têm impedâncias de 30Ω e de 250Ω, respectivamente, calcule o fator de perda total por descasamento de impedância do sistema. (3 pontos)

Continuação da 8ª questão

Continuação da 8ª questão

9ª QUESTÃO (8 pontos)

A figura abaixo apresenta uma antena de microfita, cujo radiador é uma lâmina metálica retangular posicionada sobre a face superior de um substrato dielétrico, cuja face inferior é revestida por uma camada metálica que forma o plano terra. O sinal de entrada é alimentado à antena via uma linha de microfita.



Dados:

$$W = \frac{c}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}}$$

$$c = 3 \times 10^{11} \text{ mm/s}$$

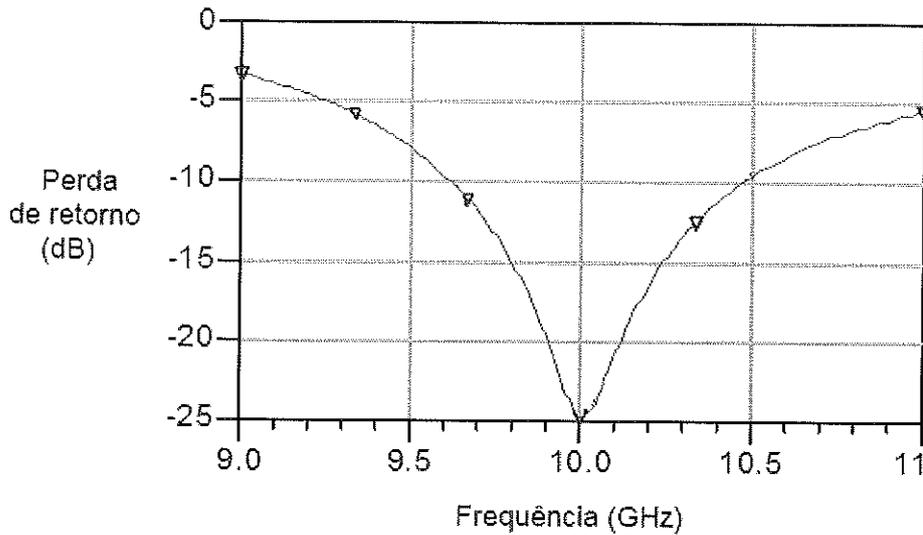
$$\epsilon_{ef} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{W} \right]^{-1/2}$$

$$\Delta L = 0,412 \cdot h \cdot \frac{(\epsilon_{ef} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon_{ef} - 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,8 \right)}$$

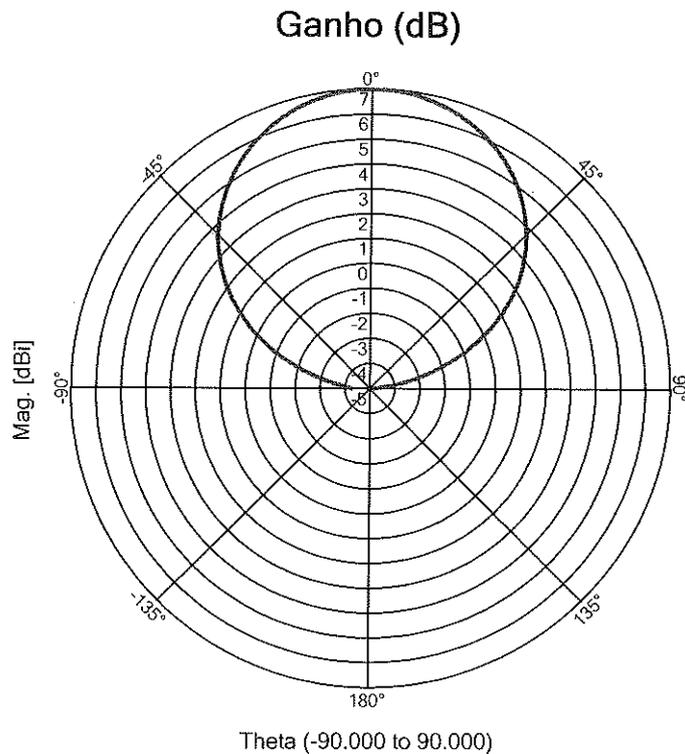
$$L = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{ef}}} - 2 \cdot \Delta L$$

- a) Calcule a largura W e o comprimento L do radiador de uma antena usando substrato com constante dielétrica $\epsilon_r = 9$ e espessura $h = 1\text{mm}$, operando na frequência de ressonância $f_r = 1\text{GHz}$. (4 pontos)
- b) A figura a seguir apresenta a perda de retorno de uma antena. Qual a frequência de ressonância f_r e a banda de impedância de 10dB fracionária percentual $BW\%$ da antena? (2 pontos)

Continuação da 8ª questão



- c) A figura a seguir apresenta o diagrama de radiação do ganho de uma dada antena em dB, no plano de elevação (em função de θ). Por meio da figura, estime o ganho máximo, o ângulo θ em que ocorre o ganho máximo, e a largura de feixe de meia potência (ou de 3dB) da antena nesse plano. (2 pontos)

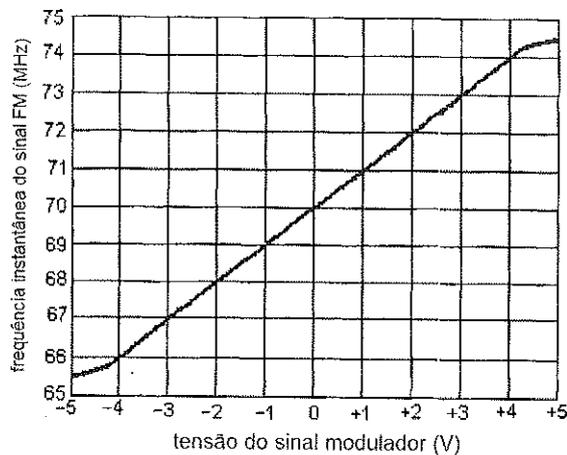


Continuação da 9ª questão

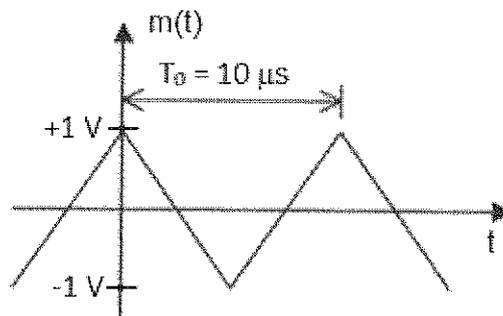
Continuação da 9ª questão

10ª QUESTÃO (8 pontos)

Um modulador FM com portadora de 70MHz tem a característica de frequência instantânea versus tensão de modulação apresentada na figura abaixo.



O sinal de informação utilizado para modular a portadora em FM é a onda triangular apresentada na figura a seguir, cuja amplitude varia de -1V a +1V.



Dados

$$B = n \cdot f_0$$

$$B_{FM} = 2 \cdot (\Delta f + B)$$

$$\beta = \Delta f / B$$

f_0 : frequência fundamental do sinal modulador

n : número de harmônicas do sinal modulador consideradas

B : banda de informação

Δf : desvio de frequência

B_{FM} : largura de banda do sinal modulado em frequência

Continuação da 10ª questão

- a) Determine a sensibilidade da frequência com o sinal de modulação (K_f), em MHz/V, para tensões de modulação entre -4V e +4V. (2 pontos)
- b) Considerando que a portadora é modulada em frequência pela onda triangular apresentada anteriormente, quais são os valores mínimo e máximo da frequência instantânea do sinal modulado, e qual o desvio máximo de frequência (Δf) do sinal modulado em relação à portadora? (2 pontos)
- c) Estime a largura de banda ocupada pelo sinal modulado em frequência do item "b", considerando que o sinal modulante está limitado a sua 5ª harmônica. (2 pontos)
- d) Calcule o índice de modulação β do sinal modulado, como descrito nos itens "b" e "c". (2 pontos)

Continuação da 10ª questão