

MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

CONCURSO PÚBLICO PARA INGRESSO NO CORPO DE ENGENHEIROS DA
MARINHA (CP-CEM/2019)

ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

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 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 noutro lugar que não o determinado para esse fim; e
 - e) cometer ato grave de indisciplina.
- 10- É PERMITIDA A UTILIZAÇÃO DE CALCULADORA PADRÃO NÃO CIENTÍFICA.

NÃO DESTACAR A PARTE INFERIOR

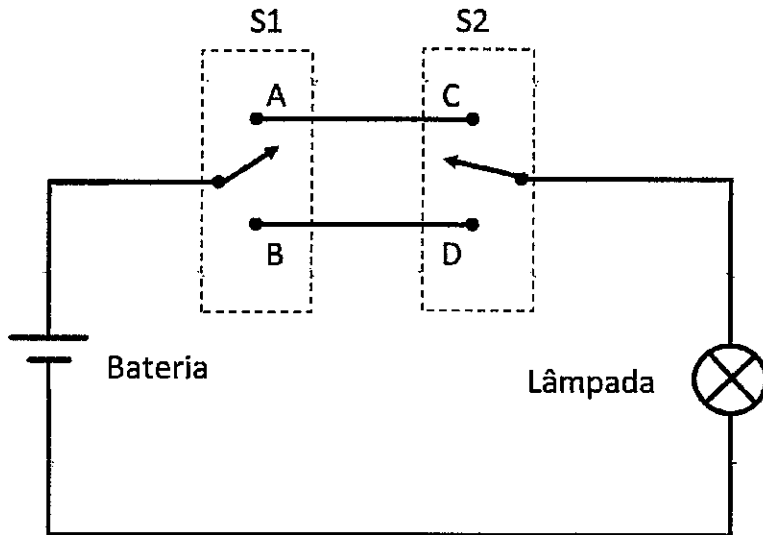
RUBRICA DO PROFESSOR	ESCALA DE	NOTA			USO DA DE _{ns} M
	000 A 080				

CAMPOS PREENCHIDOS PELOS CANDIDATOS	CONCURSO: CP-CEM/2019						
	NOME DO CANDIDATO:						
	Nº DA INSCRIÇÃO		DV	ESCALA DE	NOTA		
			000 A 080				

CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS (VALOR: 80 PONTOS)

1ª QUESTÃO (8 pontos)

Analise o circuito representado na figura a seguir.



A chave S1 estará na posição A ou na posição B. Similarmente, a chave S2 estará na posição C ou na posição D. Utilizando a lógica Booleana considere que:

- Se S1 estiver na posição A, então $A=1$ e $B=0$
- Se S1 estiver na posição B, então $A=0$ e $B=1$
- Se S2 estiver na posição C, então $C=1$ e $D=0$
- Se S2 estiver na posição D, então $C=0$ e $D=1$

Considere também que:

- Se lâmpada acesa, então $L = 1$
- Se lâmpada apagada, então $L = 0$

Com base nessas informações, faça o que se pede.

a) Preencha a tabela verdade a seguir, considerando somente as posições possíveis das chaves S1 e S2. (6 pontos)

Continuação da 1ª questão

Tabela Verdade:

S1		S2		Lâmpada
A	B	C	D	L

b) Dê um exemplo de aplicação para o circuito apresentado. Justifique sua resposta. (2 pontos)

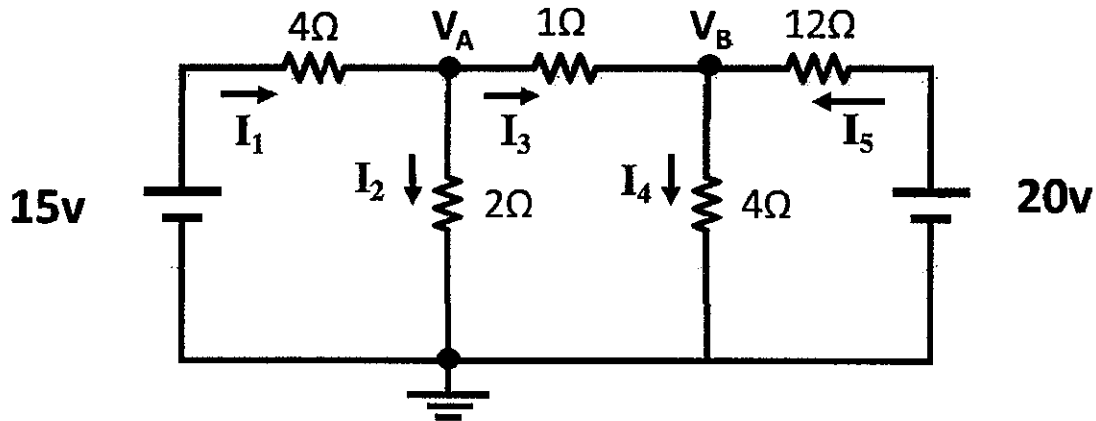
Continuação da 1ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2019

2ª QUESTÃO (8 pontos)

Analise o circuito representado na figura a seguir:



Com base nesse circuito, determine:

- a) as tensões nodais V_A e V_B . (6 pontos)
- b) as correntes I_1 e I_5 . (2 pontos)

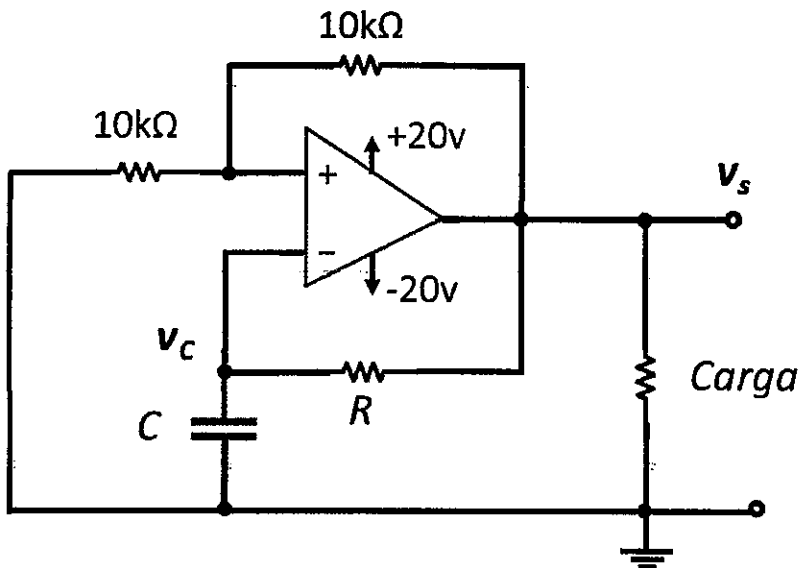
Continuação da 2ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2019

3ª QUESTÃO (8 pontos)

O circuito mostrado a seguir é um oscilador cuja tensão de saída, V_s , é uma onda quadrada com amplitude 40V pico a pico ($\pm 20V$).

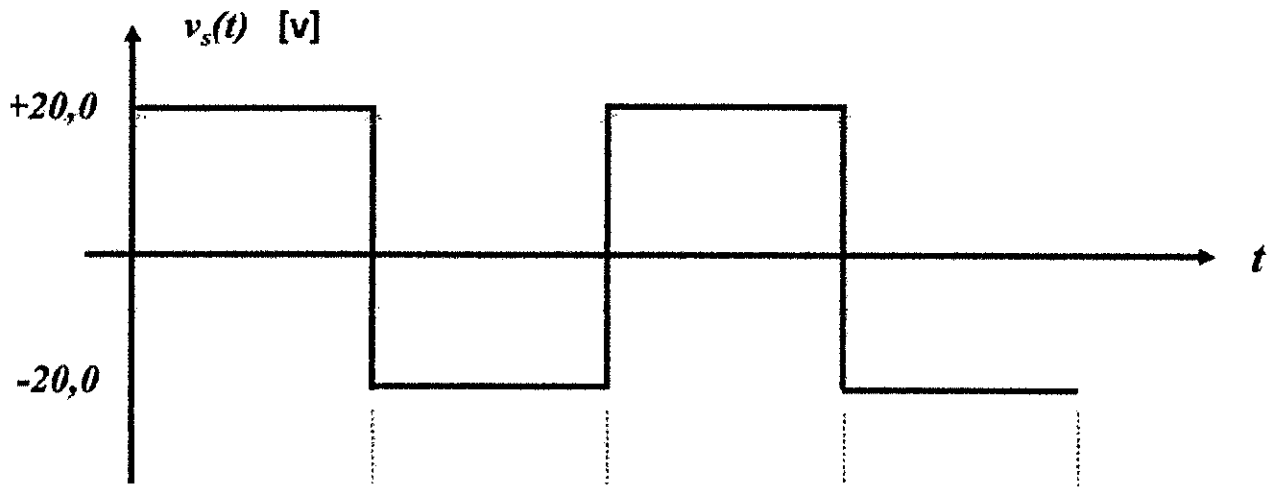


As condições iniciais do circuito são $v_c(0) = -10V$ e $v_s(0) = +20V$; $R = 1k\Omega$; e $C = 10\mu F$. Considere que o amplificador operacional é ideal e que opera no modo de saturação (positiva ou negativa) e que um circuito RC excitado por um degrau unitário tem como resposta uma tensão de carga do capacitor, $v_c(t)$, do tipo $v_c(t) = (1 - e^{-t/\tau}) + v_c(0)$ em que $\tau = RC$ e $v_c(0)$ é a tensão inicial do capacitor. Adotando $\ln 3 = 1,1$, responda aos itens a seguir:

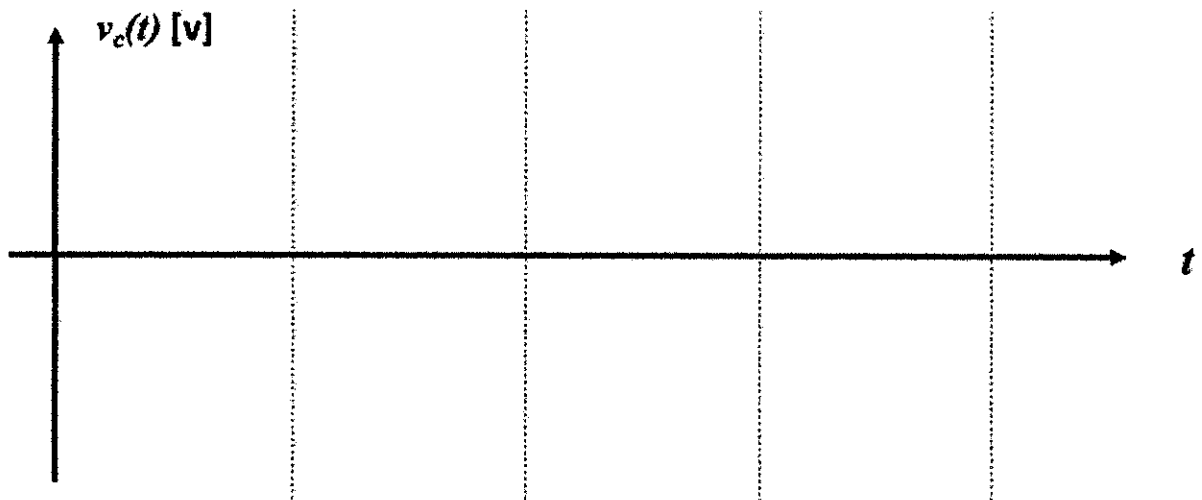
- Esboce a forma de onda da tensão sobre o capacitor. (4 pontos)
- Determine a frequência de oscilação do circuito. (2 pontos)
- Explique o comportamento oscilatório do circuito. (2 pontos)

Continuação da 3ª questão

Dados:



Esboce:



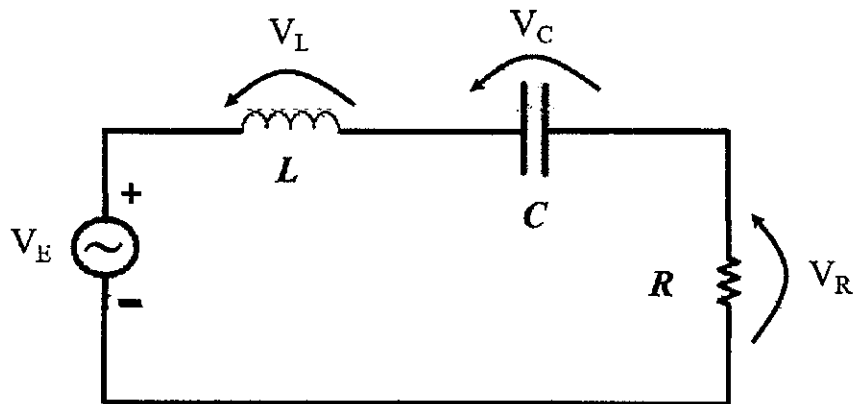
Continuação da 3ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2019

4ª QUESTÃO (8 pontos)

Analise o circuito a seguir:



Sabendo que: $L = 1,0\text{mH}$; $C = 10,\mu\text{F}$; $R = 10\Omega$; e V_E é um sinal senoidal com frequência angular ω responda os itens a seguir.

- a) Determine a impedância de entrada do circuito (visto pela fonte), $Z_E(j\omega)$, em regime permanente senoidal para:
- i) $\omega = 10^3$ rad/s; ii) $\omega = 10^4$ rad/s; e iii) $\omega = 10^5$ rad/s. (6 pontos)
- b) Faça um esboço do gráfico do módulo da impedância, $|Z_E(j\omega)|$, em função da frequência angular ω . (2 pontos)

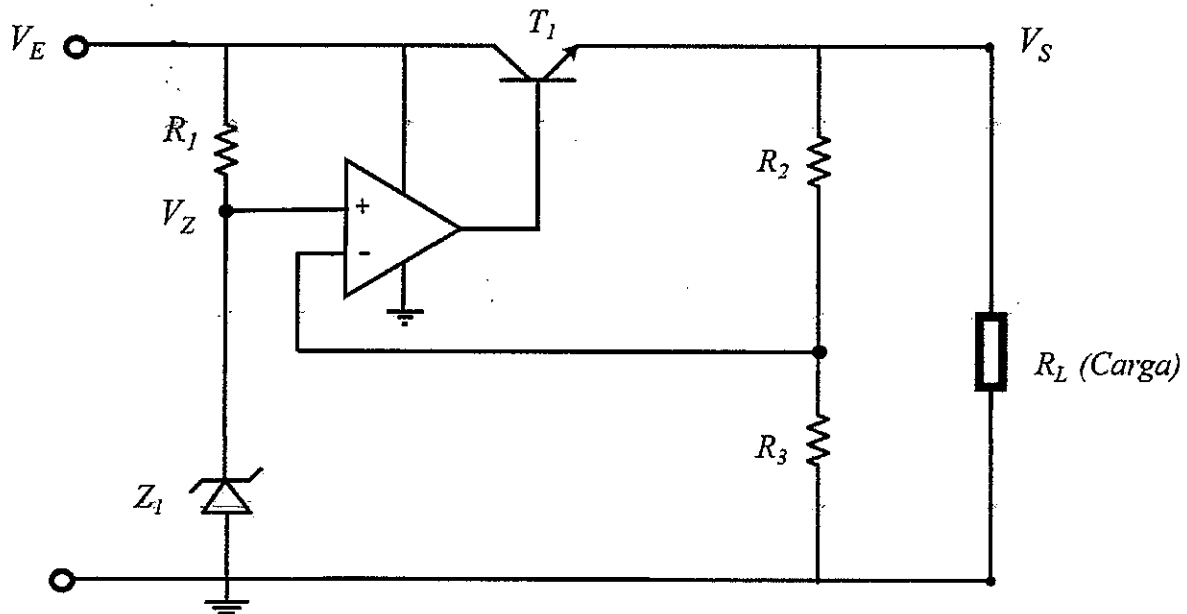
Continuação da 4ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2019

5ª QUESTÃO (8 pontos)

O circuito mostradona figura a seguir é um regulador de tensão.



Sabendo que: $V_E = 12V$; $R_2 = 2k\Omega$; $R_3 = 3k\Omega$; $R_L = 10\Omega$; $V_Z = 3,0V$; Potência máxima do diodo zener = $0,1W$, o amplificador operacional é ideal e encontra-se na região ativa de operação, determine:

- a) a tensão de saída da fonte (V_S). (6 pontos)
- b) a potência dissipada no transistor (P_{T1}). (1 ponto)
- c) o valor do resistor R_1 de forma que a potência dissipada pelo diodo zener seja 30% do valor máximo. (1 ponto)

Continuação da 5ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2019

6ª QUESTÃO (8 pontos)

A intensidade de radiação radiada por uma antena é constante com o ângulo de azimute (ϕ) e depende do ângulo de elevação (θ) como descrito a seguir:

$$U(\theta, \phi) = 10 \text{ (W/rad}^2\text{)} \text{ para } \frac{\pi}{6} \leq \theta \leq \frac{\pi}{3}$$

$$U(\theta, \phi) = 5 \text{ (W/rad}^2\text{)} \text{ para } 0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{6} \text{ e } \frac{\pi}{3} \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$$

$$U(\theta, \phi) = 0 \text{ (W/rad}^2\text{)} \text{ para demais valores de } \theta$$

Dados:

$P_{rad} = \int_{\phi=0}^{2\pi} \int_{\theta=0}^{\pi} U(\theta, \phi) \text{sen}\theta \, d\theta \, d\phi$		$D = \frac{4\pi U_{MAX}}{P_{rad}}$	$G = \eta_{rad} \cdot D$
$\eta_{rad} = \frac{R_{rad}}{R_{rad} + R_{loss}}$	$A_e = \frac{\lambda^2}{4\pi D} ; \lambda = \frac{c}{f}; e \ c = 3 \cdot 10^{10} \text{ cm/s}$		$\int \text{sen}(u) \, du = -\text{cos}(u) + k$

x (rad)	0	$\pi/10$	$\pi/6$	$\pi/5$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/2$
cos(x)	1	0,951	0,866	0,809	0,707	0,500	0
sen(x)	0	0,309	0,500	0,588	0,707	0,866	1

Com base nessas informações:

- calcule a potência total radiada pela antena (3 pontos)
- qual é a diretividade da antena? (1 ponto)
- qual é a área efetiva da antena supondo que a mesma opera em 3 GHz? (2 pontos)
- calcule a eficiência de radiação e o ganho da antena, sabendo que a resistência de perdas da antena é 5 Ohms e que a resistência de radiação da antena é 75 Ohms. (2 pontos)

Continuação da 6ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2019

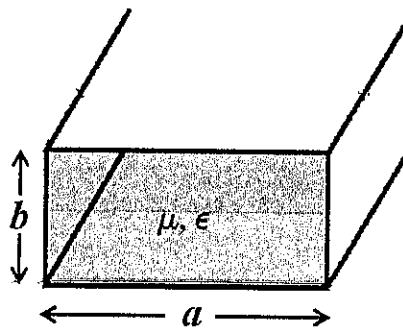
7ª QUESTÃO (8 pontos)

Deseja-se transmitir um sinal de micro-ondas de 13 GHz, empregando-se guia de ondas retangular, com a menor atenuação possível. Os seguintes modelos de guias de ondas estão disponíveis:

Modelo A - Guia de ondas retangular preenchido com ar seco ($\mu_r = 1$ e $\epsilon_r = 1$), com dimensões $a=2$ cm e $b=1$ cm, confeccionado em cobre, com condutividade $\sigma = 5,8 \cdot 10^7$ S/m.

Modelo B - Guia de ondas retangular preenchido com ar seco ($\mu_r = 1$ e $\epsilon_r = 1$), com dimensões $a=1,6$ cm e $b=0,8$ cm, feito em alumínio, com condutividade $\sigma = 3,8 \cdot 10^7$ S/m.

Dados:



Geometria do guia de ondas retangular

$$\text{Modos } TE_{mn}: f_c = \frac{v}{2} \sqrt{\left(\frac{m}{a}\right)^2 + \left(\frac{n}{b}\right)^2} \text{ sendo } m = 0, 1, 2, 3, \dots, n = 0, 1, 2, 3, \dots (m+n) \neq 0$$

$$\text{Modos } TM_{mn}: f_c = \frac{v}{2} \sqrt{\left(\frac{m}{a}\right)^2 + \left(\frac{n}{b}\right)^2} \text{ sendo } m = 1, 2, 3, \dots, n = 1, 2, 3, \dots$$

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

$$c = 3 \cdot 10^{10} \text{ cm/s}$$

$$\alpha_c = \frac{R_s [1 + (2b/a) \cdot (f_{c10}/f)^2]}{\eta \cdot b \cdot \sqrt{1 - (f_{c10}/f)^2}} \quad (Np/m) \quad R_s = \sqrt{\frac{\omega \mu}{2\sigma}} \quad (\text{Ohms/m})$$

Continuação da 7ª questão

Com base nessas informações, faça o que se pede.

- a) Calcule as frequências de corte do modo fundamental e do segundo modo que se propagam no guia Modelo A. (2 pontos)
- b) Calcule as frequências de corte do modo fundamental e do segundo modo que se propagam no guia Modelo B. (2 pontos)
- c) Esses dois modelos de guia de ondas são adequados para operar em 13 GHz, propagando somente o modo fundamental? Justifique sua resposta. (2 pontos)
- d) Analisando a equação de perdas condutivas do modo fundamental do guia de ondas retangular (α_c), qual dos modelos de guia retangular disponíveis (A ou B) tem menor perda no modo fundamental, considerando apenas o material que o compõe? Justifique sua resposta. (2 pontos)

Continuação da 7ª questão

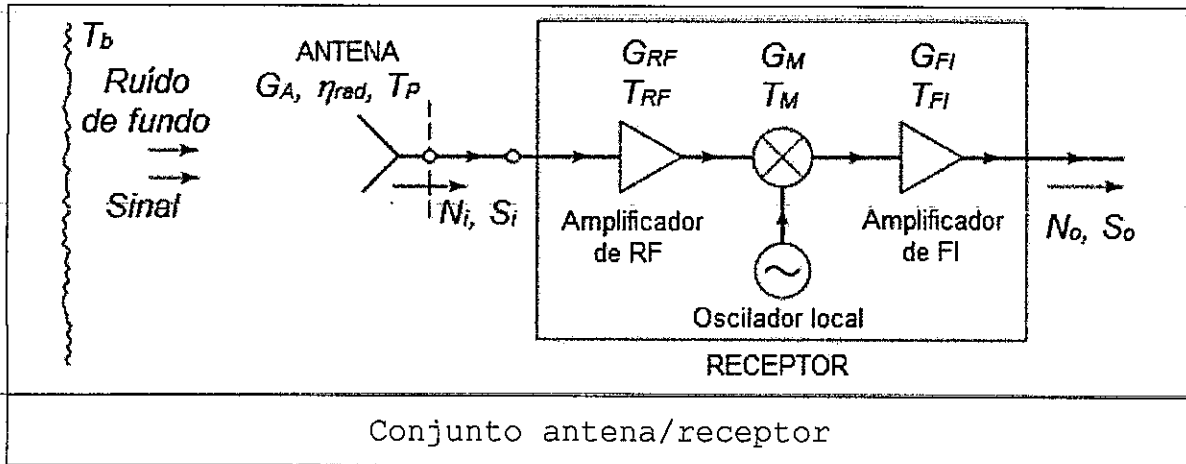
Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2019

8ª QUESTÃO (8 pontos)

A figura abaixo apresenta o receptor de um sistema de comunicação sem fio, conectado à antena de recepção.

Dados:



Os parâmetros da antena e dos componentes do receptor são apresentados nas tabelas a seguir.

Componentes do receptor	Ganho	Temperatura equivalente de ruído
Amplificador de RF	20	75 K
Conversor de frequências	0,5	400 K
Amplificador de FI	30	170 K

Antena	Ganho	Eficiência de radiação	Temperatura física
	10	0,9	300 K

$T_A = \eta_{rad} \cdot T_b + (1 - \eta_{rad}) \cdot T_p$	$N_i = k \cdot B \cdot T_A$	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
$T_e = T_{e1} + \frac{T_{e2}}{G_1} + \frac{T_{e3}}{G_1 \cdot G_2} + \dots + \frac{T_{en}}{G_1 \cdot G_2 \dots G_{n-1}}$		
$G_{REC} = G_1 \cdot G_2 \cdot G_3 \dots G_n$	$S_o = G_{REC} \cdot S_i$	$N_o = (N_i + k \cdot B \cdot T_{REC}) \cdot G_{REC}$

Continuação da 8ª questão

Com base nessas informações, faça o que se pede.

- a) Sabendo que a antena está direcionada para uma região do espaço com ruído de fundo $T_p = 100$ K, calcule a temperatura de ruído da antena e a potência de ruído que essa antena entrega ao receptor em uma banda de 10^6 Hz (2 pontos).
- b) Calcule a temperatura de ruído e o ganho total do receptor. (3 pontos)
- c) Qual é a potência de ruído na saída do receptor? (2 pontos)
- d) Calcule a relação sinal-ruído sabendo que a potência de sinal entregue pela antena na entrada do receptor é de 10^{-6} W. (1 ponto)

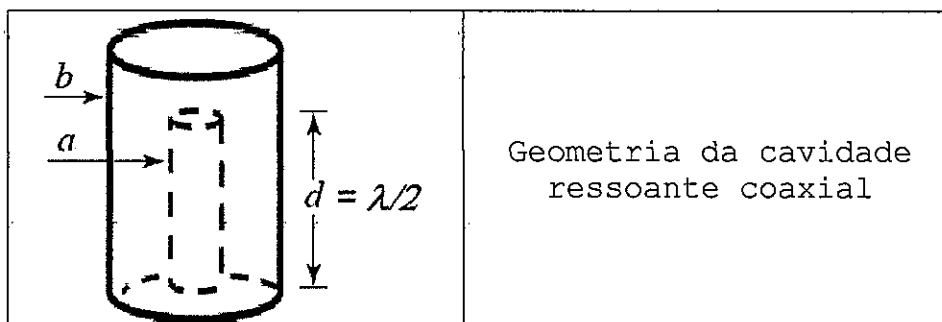
Continuação da 8ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2019

9ª QUESTÃO (8 pontos)

Deseja-se projetar um ressonador eletromagnético com frequência de ressonância de 2 GHz. Para essa finalidade será usada uma cavidade ressonante coaxial com a geometria apresentada na figura abaixo, com uma das extremidades do condutor central terminada em curto-circuito, e a outra em circuito aberto. O comprimento do condutor central é de meio comprimento de onda na frequência de ressonância, sendo a e b os diâmetros dos condutores interno e externo, respectivamente. Considere que a cavidade é preenchida por ar seco ($\mu_r = 1$ e $\epsilon_r = 1$).



Dados:

$Z_c = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_r}} \ln\left(\frac{b}{a}\right)$	$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{c}{f \cdot \sqrt{\epsilon_r}} = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}}$	$c = 3,10^{11} \text{ mm/s}$
--	---	------------------------------

x	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0
e^x	2,71	3,00	3,32	3,67	4,05	4,95	6,05	7,39

Com base nessas informações:

- qual deve ser o diâmetro do condutor externo da cavidade coaxial, de modo que o trecho em linha coaxial tenha impedância característica de 72 Ohms, dado que o diâmetro de seu condutor interno é 2 mm? (3 pontos)
- calcule o comprimento do condutor central da cavidade coaxial. (3 pontos)
- qual será a impedância característica do trecho de linha de transmissão usado na cavidade projetada caso essa cavidade seja preenchida por um dielétrico com constante dielétrica relativa genérica $\epsilon_r = N$? (1 ponto)
- O que ocorre com a frequência de ressonância da cavidade caso essa cavidade seja preenchida por um dielétrico com constante dielétrica relativa genérica $\epsilon_r = N$? (1 ponto)

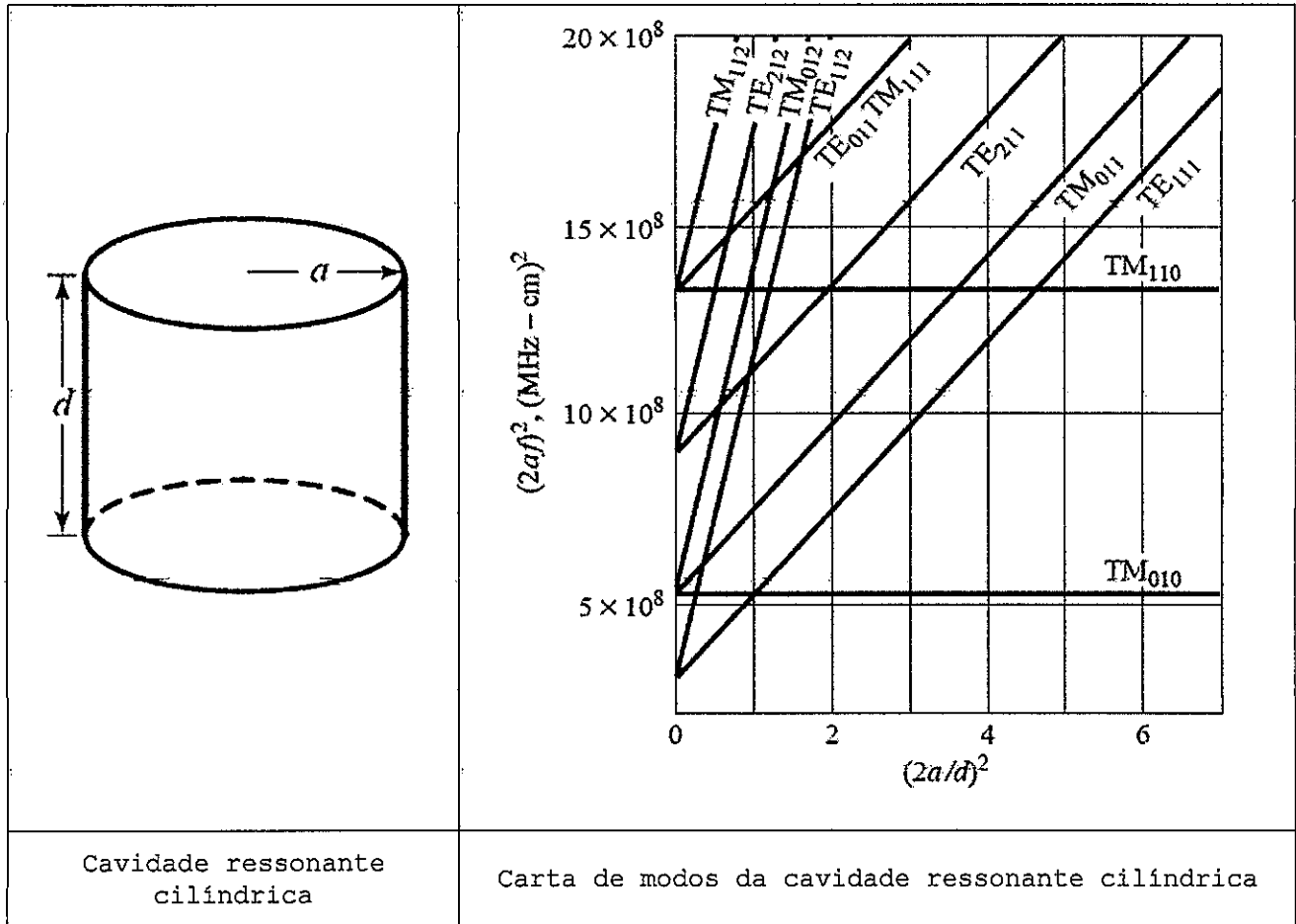
Continuação da 9ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2019

10ª QUESTÃO (8 pontos)

Considere a cavidade ressonante cilíndrica com altura d e raio a , cuja geometria é apresentada na figura a seguir, juntamente com sua respectiva carta de modos. Considere que a cavidade é preenchida por ar seco ($\epsilon_r = 1$ e $\mu_r = 1$).



Continuação da 10ª questão

Dados:

Modos TE_{mn1}	$f_{nm1} = \frac{c}{2\pi\sqrt{\mu_r \cdot \epsilon_r}} \sqrt{\left(\frac{p'_{mn}}{a}\right)^2 + \left(\frac{l\pi}{d}\right)^2}$			
	n	p'_{n1}	p'_{n2}	p'_{n3}
	0	3.832	7.016	10.174
	1	1.841	5.331	8.536
	2	3.054	6.706	9.970
Zeros da primeira derivada funções de Bessel de primeira espécie				
Modos TM_{mn1}	$f_{nm1} = \frac{c}{2\pi\sqrt{\mu_r \cdot \epsilon_r}} \sqrt{\left(\frac{p_{mn}}{a}\right)^2 + \left(\frac{l\pi}{d}\right)^2}$			
	n	p_{n1}	p_{n2}	p_{n3}
	0	2.405	5.520	8.654
	1	3.832	7.016	10.174
	2	5.135	8.417	11.620
Zeros das funções de Bessel de primeira espécie				
$c = 3 \cdot 10^{10} \text{ cm/s}$				

Com base nessas informações, faça o que se pede.

- Projete a altura d e o raio a da cavidade de modo que essa cavidade ressoe no modo TE_{111} , com frequência de ressonância de 2,45 GHz. No projeto, deseja-se que a relação entre o raio da cavidade e sua altura seja $a/d=1$. (4 pontos)
- Usando a carta de modos da cavidade ressonante cilíndrica fornecida, indique quais são os quatro primeiros modos ressonantes da cavidade, em ordem crescente de frequência de ressonância, suportados pela cavidade projetada. (2 ponto)
- Calcule as frequências de ressonância do primeiro e do terceiro modos ressoantes obtidos no item anterior. (2 pontos)

Continuação da 10ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2019