

MARINHA DO BRASIL  
SERVIÇO DE SELEÇÃO DO PESSOAL DA MARINHA

CONCURSO PÚBLICO PARA INGRESSO NO CORPO DE ENGENHEIROS DA  
MARINHA (CP-CEM/2021)

**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 E RÉGUA SIMPLES.

**NÃO DESTACAR A PARTE INFERIOR**

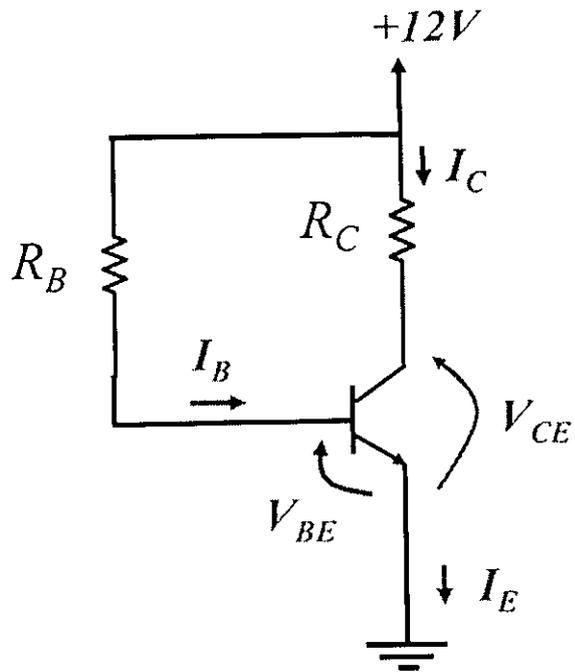
RUBRICA DO PROFESSOR	ESCALA DE	NOTA			USO DO SSPM
	000 A 080				

CAMPOS PREENCHIDOS PELOS CANDIDATOS	CONCURSO: CP-CEM/2021					
	NOME DO CANDIDATO:					
	Nº DA INSCRIÇÃO		DV	ESCALA DE	NOTA	
			000 A 080			

CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS (VALOR: 80 PONTOS)

1ª QUESTÃO (8 pontos)

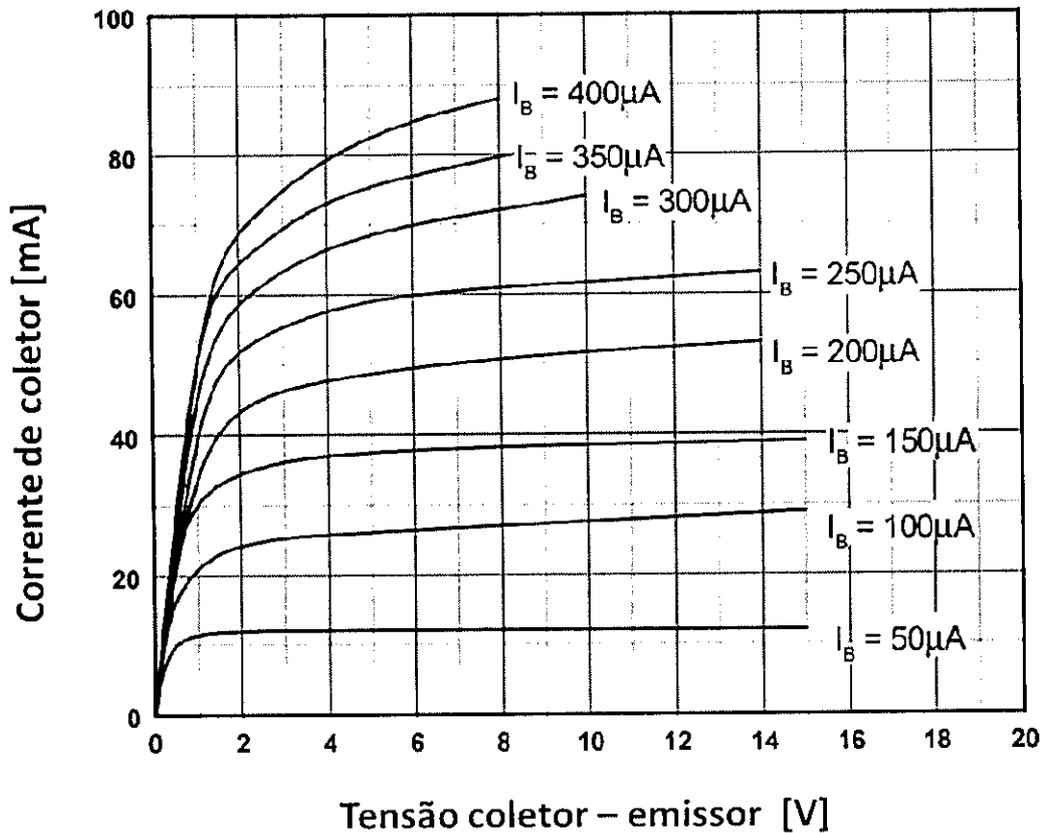
É dado o seguinte circuito eletrônico a transistor.



As curvas características do transistor (BC549) são apresentadas no gráfico a seguir.

Continuação da 1ª questão

### Característica típica do comportamento do BC549



São dados:

$V_{BE}$	$R_B$	$R_C$
1,0V	110k $\Omega$	150 $\Omega$

Com base nessas informações, faça o que se pede.

- Determine o valor da corrente de base,  $I_B$ . (2 pontos)
- Determine o valor da corrente de coletor,  $I_C$ , e o valor da tensão coletor-emissor,  $V_{CE}$ . (2 pontos)
- Determine a potência total dissipada pelo circuito,  $P_{TOT}$ . (2 pontos)
- Indique qual deve ser o valor de  $R_B$  para que a tensão entre o coletor e emissor,  $V_{CE}$ , seja 10,0V. (2 pontos)

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS Concurso: CP-CEM/2021  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Continuação da 1ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2021

Continuação da 1ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS<sup>9</sup>  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

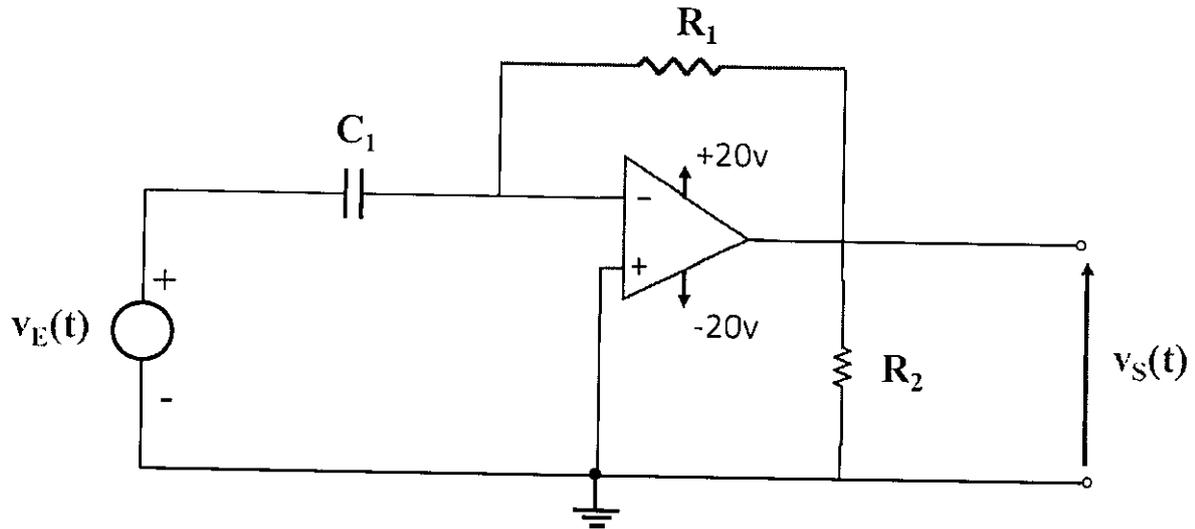
Concurso: CP-CEM/2021

Continuação da 1ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS Concurso: CP-CEM/2021  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

2ª QUESTÃO (8 pontos)

É dado o seguinte circuito com amplificador operacional.



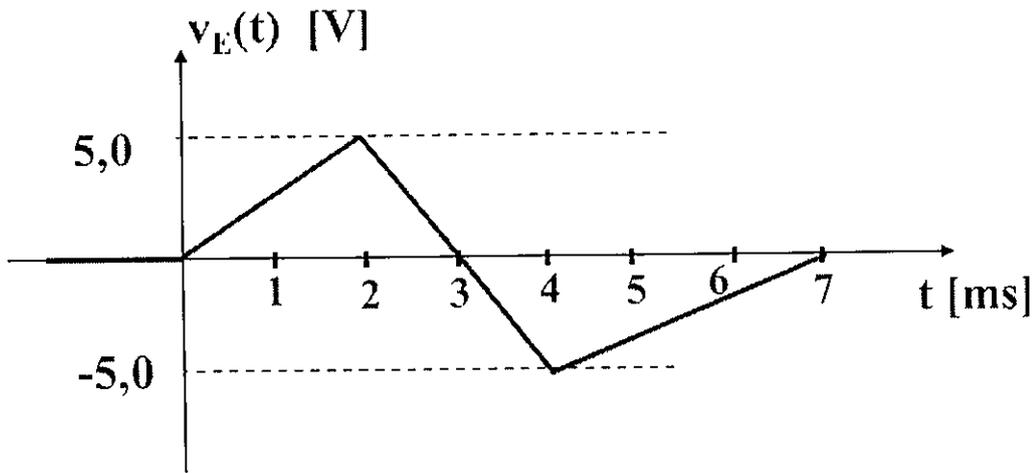
São dados:

$R_1$	$R_2$	$C_1$
4,0 k $\Omega$	10 k $\Omega$	1 $\mu$ F

O capacitor encontra-se descarregado no instante inicial ( $v_c(0^-) = 0$ ).

A forma de onda do sinal de entrada é a seguinte:

Continuação da 2ª questão

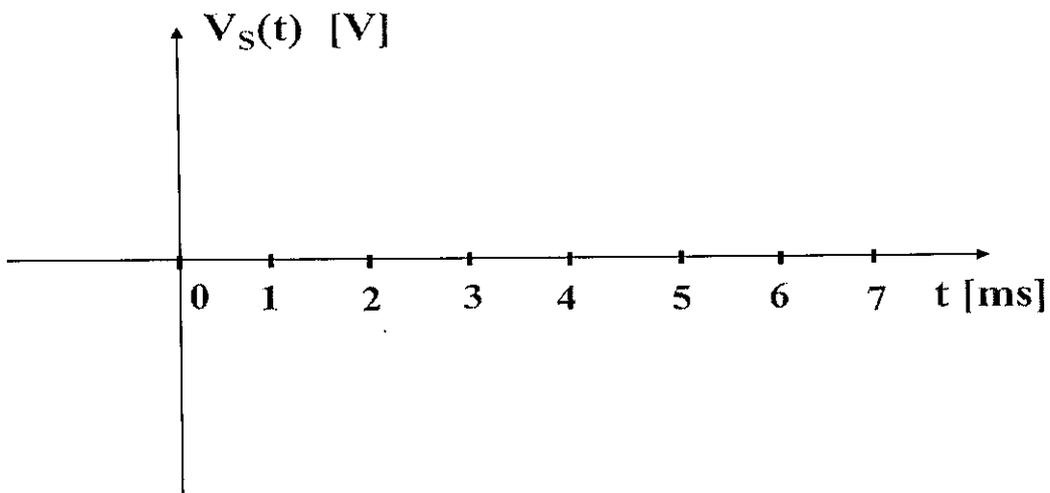


Com base nessas informações, faça o que se pede.

- a) Determine o valor da tensão de saída do circuito,  $v_s(t)$ , para  $t = \{1, 3, 5\}$  [ms], e preencha a tabela a seguir. (6 pontos)

t [ms]	$v_s(t)$
1	
3	
5	

- b) Desenhe o gráfico de tensão de saída do amplificador operacional,  $v_s(t)$ ,  $0 \leq t \leq 7$ s. (2 pontos)



Continuação da 2ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS Concurso: CP-CEM/2021  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Continuação da 2ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES |

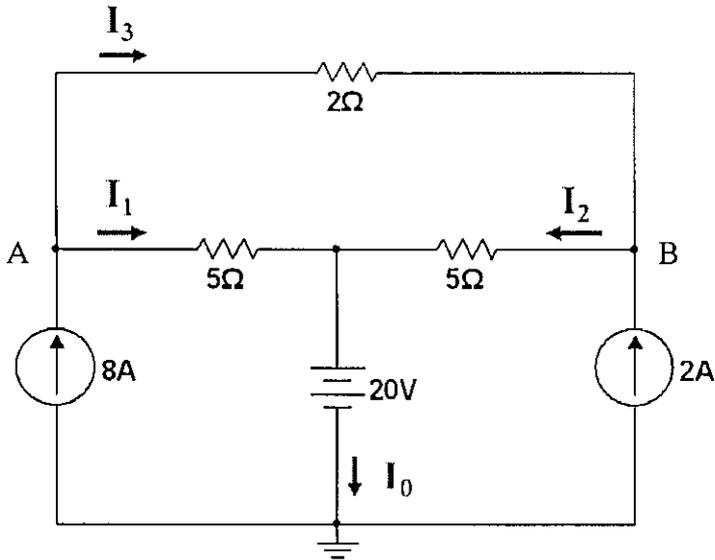
Concurso: CP-CEM/2021

Continuação da 2ª questão

Prova : CONHECIMENTOS--PROFISSIONAIS -- Concurso: CP-CEM/2021  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

3ª QUESTÃO (8 pontos)

É dado o seguinte circuito resistivo.



Com base nesse circuito, calcule:

- a) o valor da corrente  $I_1$ ; (4 pontos)
- b) o valor da corrente  $I_2$ ; e (2 pontos)
- c) o valor da corrente  $I_3$ . (2 pontos)

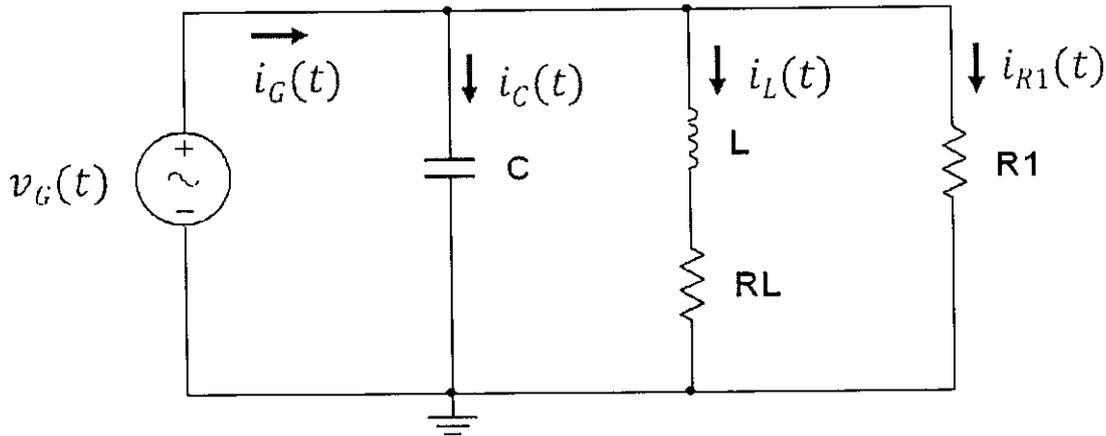
Continuação da 3ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2021

4ª QUESTÃO (8 pontos)

É dado um circuito RLC alimentado por um gerador de tensão conforme mostrado a seguir.



Dados:

$\pi$	$v_G(t)$	$C$	$L$	$R_L$	$R_1$
3,14	$100\cos(200\pi t)$	$80\mu F$	$31,85mH$	$10\Omega$	$50\Omega$

Considere que  $\widehat{V}_G, \widehat{I}_G, \widehat{I}_C, \widehat{I}_L, \widehat{I}_{R1}$  são os fasores de  $v_G(t), i_G(t), i_C(t), i_L(t), i_{R1}(t)$ , respectivamente.

Com base nessas informações, faça o que se pede.

- Determine a impedância do circuito vista pelo gerador,  $Z_G = \frac{v_G}{i_G}$ . (3 pontos)
- Determine os fasores  $\widehat{V}_G, \widehat{I}_G, \widehat{I}_C, \widehat{I}_L, \widehat{I}_{R1}$  na forma polar (módulo e fase). (3 pontos)
- Represente os fasores  $\widehat{V}_G, \widehat{I}_G, \widehat{I}_C, \widehat{I}_L, \widehat{I}_{R1}$  graficamente. (2 pontos)

Continuação da 4ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS {Concurso: CP-CEM/2021  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES | }

Continuação da 4ª questão

Prova ~~---CONHECIMENTOS---PROFISSIONAIS~~  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

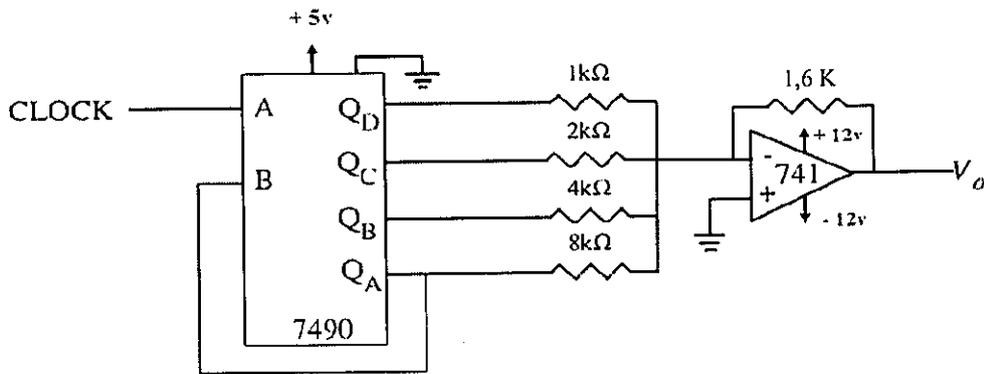
Concurso: CP-CEM/2021

Continuação da 4ª questão

Prova: CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS Concurso: CP-CEM/2021  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

5ª QUESTÃO (8 pontos)

É dado um circuito conforme mostrado na figura a seguir.



O 7490 na configuração mostrada na figura funciona como um contador decimal (0, 1, 2, ..., 10) que realiza a contagem dos pulsos do clock (terminal A). Os terminais QA, QB, QC, QD são as saídas do contador, sendo que QA é o bit menos significativo (LSB) e QD é o bit mais significativo (MSB).

Suponha que os valores iniciais das saídas QA, QB, QC, QD são nulos. Com base nessas informações, faça o que se pede.

a) Calcule a tensão de saída do circuito para 10 pulsos de clock. Preencha a tabela a seguir. (6 pontos)

Clock	Q <sub>D</sub>	Q <sub>C</sub>	Q <sub>B</sub>	Q <sub>A</sub>	V <sub>o</sub> [V]
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

**Continuação da 5ª questão**

b) construa o gráfico da tensão de saída  $V_0(K)$  em função do número de pulsos do clock. (2 pontos)

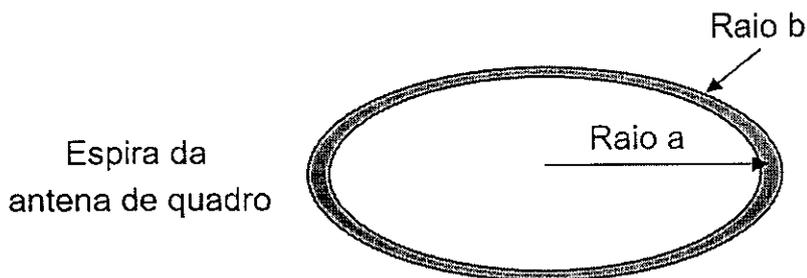
Continuação da 5ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES |

Concurso: CP-CEM/2021

6ª QUESTÃO (8 pontos)

Uma antena de quadro pequeno, operando em 50 MHz no espaço livre, utiliza um quadro circular constituído por uma única espira de raio  $a = \lambda/20$ . A espira é feita com um fio fino de cobre com condutividade  $\sigma = 5,8 \times 10^7$  S/m e raio  $b = \lambda/1.000$ , como apresentado esquematicamente na figura abaixo.



Dados:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$e_{cd} = \frac{R_r}{R_r + R_l}$$

$$R_r \approx 31.171 \cdot \left(\frac{S^2}{\lambda^4}\right), \text{ sendo } S = \pi \cdot a^2$$

$$R_l \approx \frac{a}{b} \sqrt{\frac{\omega \cdot \mu_0}{2\sigma}}$$

$$\omega = 2\pi \cdot f$$

$$1 \text{ MHz} = 10^6 \text{ Hz}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

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

### Continuação da 6ª questão

Com base nessas informações, faça o que se pede.

- a) Calcule as seguintes dimensões físicas da antena: raio do quadro circular (a) e espessura do fio (b), ambos em metros. (2 pontos)
- b) Determine a resistência de radiação do quadro da antena. (2 pontos)
- c) Calcule a resistência de perdas do quadro. (2 pontos)
- d) Indique qual a eficiência de radiação da antena projetada. (2 pontos)

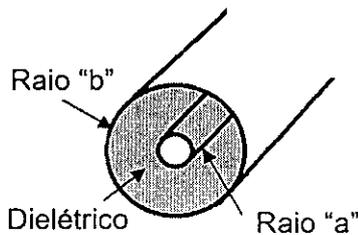
Continuação da 6ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS ..... Concurso: CP-CEM/2021  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

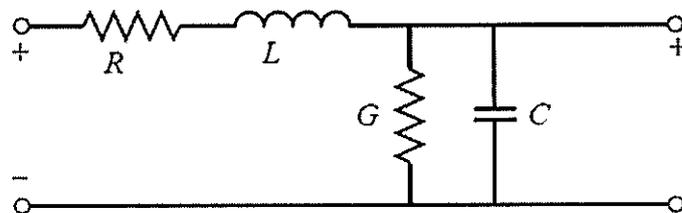
7ª QUESTÃO (8 pontos)

Um filtro rejeita faixa emprega cabos coaxiais com as seguintes características: raio do condutor interno: 2 mm; raio do condutor externo: 10 mm; condutividade dos condutores:  $4 \times 10^{-7}$  S/m; dielétrico do interior do cabo coaxial com constante dielétrica relativa igual a 4; tangente de perda igual a 0,001; e permeabilidade magnética igual a 1.

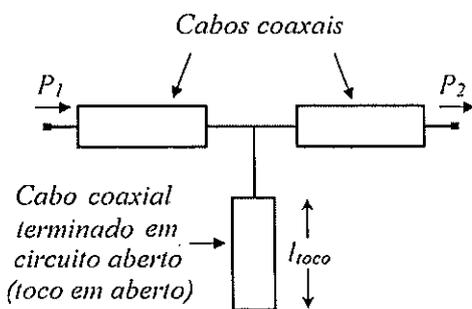
As figuras a seguir apresentam uma ilustração do cabo coaxial, o modelo de circuito elétrico equivalente de cabos coaxiais, a topologia do filtro e a resposta em frequência do filtro.



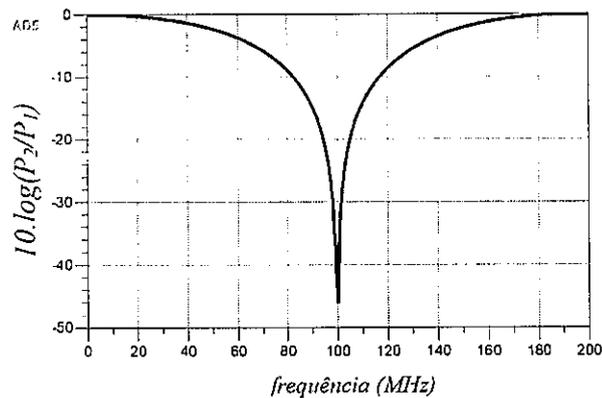
Cabo coaxial



Célula unitária do modelo de circuito elétrico equivalente do cabo coaxial.



Circuito esquemático do filtro.



Resposta em frequência do filtro.

Continuação da 7ª questão

Dados:

$$C = \frac{2\pi \cdot \epsilon_r \cdot \epsilon_0}{\ln(b/a)}$$

$$L = \frac{\mu}{2\pi} \ln \frac{b}{a}$$

$$R = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{f \cdot \mu}{\pi \cdot \sigma}} \left( \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right)$$

$$G = 2\pi \cdot f \cdot \text{tg} \delta \cdot C$$

$$\lambda = \frac{c}{f \sqrt{\epsilon_r}} \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}$$

$$\epsilon = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \quad \epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$$

$$\mu = \mu_r \cdot \mu_0 \quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$$

x	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
ln(x)	0	0,693	1,098	1,264	1,609	1,791

Com base nessas informações, faça o que se pede.

- Determine a frequência central da banda de rejeição do filtro, considerando a resposta em frequência do filtro rejeita faixa fornecida. (1 ponto)
- Calcule o comprimento  $l_{toco}$  do toco em aberto usado no filtro coaxial, sabendo que este é um quarto de comprimento de onda na frequência central da banda de rejeição. (1 ponto)
- Calcule o valor dos elementos da célula unitária do modelo de circuito equivalente desse cabo coaxial e forneça as respostas numéricas, considerando as unidades a seguir: C (F/m), L (H/m), R ( $\Omega$ /m) e G (S/m). (4 pontos)
- Calcule o valor da impedância característica do cabo coaxial  $Z_0$ , usando a fórmula fornecida e desprezando as perdas do condutor e do dielétrico. (2 pontos)

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
 Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2021

Continuação da 7ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS Concurso: CP-CEM/2021  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

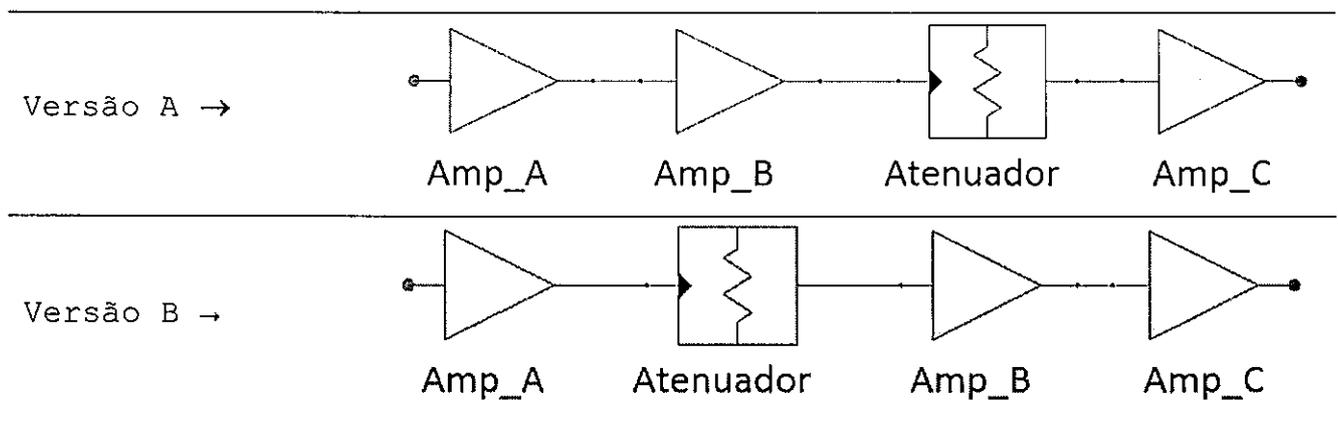
Continuação da 7ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS Concurso: CP-CEM/2021  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

**8ª QUESTÃO (8 pontos)**

Um amplificador multiestágio será utilizado para amplificar o sinal recebido em um sistema, sendo sua entrada conectada diretamente à antena de recepção. Esse amplificador é constituído por três amplificadores e um atenuador em cascata, podendo ser configurado em duas versões que diferem pela posição do atenuador, como mostrado na figura abaixo. Os componentes do amplificador multiestágio operam em região linear nas duas versões de alinhamento consideradas. O amplificador multiestágio opera em temperatura ambiente  $T_0 = 290$  k.

Os ganhos e figuras de ruído dos componentes do subsistema são fornecidos na tabela a seguir.



Componente	Ganho	Figura de Ruído
1. Amp_A	10	1,5
2. Amp_B	40	3
3. Atenuador	0,25	4
4. Amp_C	100	5

Continuação da 8ª questão

Dados:

$$F = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 \cdot G_2} + \dots + \frac{F_n - 1}{G_1 \cdot G_2 \cdots G_{n-1}}$$

$$T_e = T_{e1} + \frac{T_{e2}}{G_1} + \frac{T_{e3}}{G_1 \cdot G_2} + \dots + \frac{T_{en}}{G_1 \cdot G_2 \cdots G_{n-1}}$$

$$F = 1 + \frac{T_e}{T_0} \quad \text{sendo } T_0 = 290 \text{ K}$$

$$G = G_1 \cdot G_2 \cdot G_3 \cdots G_n$$

Com base nessas informações, faça o que se pede.

a) Calcule os seguintes parâmetros da versão A do subsistema:

(3 pontos)

$G_A$  - Ganho do subsistema A

$F_A$  - Figura de ruído do subsistema A

$T_A$  - Temperatura de ruído do subsistema A.

b) Calcule os seguintes parâmetros da versão B do subsistema:

(3 pontos)

$G_B$  - Ganho do subsistema B

$F_B$  - Figura de ruído do subsistema B

$T_{\text{amp}_B}$  - Temperatura de ruído do subsistema B.

c) Considerando o desempenho quanto a ganho e ruído, indique qual das versões do subsistema (versão A ou versão B) deve ser utilizada. Justifique sua resposta - essa justificativa é obrigatória. (2 pontos)

Continuação da 8ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES |

Concurso: CP-CEM/2021

Continuação da 8ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS | Concurso: CP-CEM/2021  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES |

9ª QUESTÃO (8 pontos)

Um sistema transmite um sinal de 600 MHz, com 5 W de potência, através de uma antena com ganho 3. Todos os usuários desse sistema utilizam o mesmo modelo de receptor que tem impedância de entrada de  $Z_L=50\Omega$  e precisa receber pelo menos  $10^{-9}$  W para recuperar a informação recebida. O casamento de impedância entre transmissor de impedância  $Z_G=50\Omega$  e a antena de transmissão é ideal. No entanto, os usuários usam diferentes tipos de antenas para a recepção do sinal.

Dados:

$$P_R = \frac{G_R \cdot G_T \cdot \lambda_0^2}{(4\pi \cdot R)^2} \cdot P_T \cdot e_{imp} \quad \lambda_0 = \frac{c}{f} \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \quad 1 \text{ MHz} = 10^6 \text{ Hz}$$

$$e_{imp} = (1 - |\Gamma_i|^2) \cdot (1 - |\Gamma_r|^2) \quad \Gamma_r = \frac{Z_A - Z_L}{Z_A + Z_L} \quad \Gamma_i = \frac{Z_A - Z_G}{Z_A + Z_G}$$

Com base nessas informações, faça o que se pede.

- a) O primeiro usuário emprega uma antena de recepção com ganho 7, perfeitamente casada em impedância com o receptor. Sendo assim, indique a máxima distância entre o usuário e o transmissor para que esse usuário receba o sinal adequadamente. Considere condições ideais de propagação. (4 pontos)
- b) O segundo usuário emprega uma antena de recepção de baixo custo, também com ganho 7, mas com impedância de entrada de  $300\Omega$ , que apresenta descasamento de impedância com o receptor. Sendo assim, indique a máxima distância entre o usuário e o transmissor para que esse usuário receba o sinal adequadamente. Considere condições ideais de propagação. (4 pontos)

Continuação da 9ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS Concurso: CP-CEM/2021  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES |

Continuação da 9ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES |

Concurso: CP-CEM/2021

10ª QUESTÃO (8 pontos)

Um guia de ondas retangular tem secção transversal de  $a = 8$  cm por  $b = 3$  cm. O material que preenche o interior do guia de ondas tem constante dielétrica relativa igual a 4.

Dados:

Modos  $TE_{mn}$

$$fc = \frac{c}{2\sqrt{\epsilon_r}} \cdot \sqrt{\left(\frac{m}{a}\right)^2 + \left(\frac{n}{b}\right)^2} \quad m=0,1,2,\dots, n=0,1,2,\dots, m+n \neq 0 \quad c=3 \cdot 10^{10} \text{ cm/s}$$

$$Z_{TE} = \frac{\eta}{\sqrt{1 - \left(\frac{f_c}{f}\right)^2}} \quad \text{sendo } \eta = \frac{\eta_0}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{377}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (\Omega)$$

Com base nessas informações, faça o que se pede.

- a) Indique quais são os 4 primeiros modos transversais elétricos ( $TE_{mn}$ ) de propagação e suas respectivas frequências de corte. (4 pontos)
- b) Calcule a impedância de onda desse guia para um sinal de 1,5 GHz propagando-se no modo  $TE_{10}$ . (2 pontos)
- c) Responda às questões que seguem. (2 pontos)
- Qual é o modo fundamental de propagação desse guia de ondas?
  - O que ocorre com sinais com frequências abaixo do corte do modo fundamental injetados no guia de ondas?

Continuação da 10ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2021

Continuação da 10ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2021





