

CONCURSO PÚBLICO PARA INGRESSO NO CORPO DE ENGENHEIROS DA  
MARINHA (CP-CEM/2023)

**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 considerados o desenvolvimento da questão e as respostas 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**

NOME DO PROFESSOR	RUBRICA

NOTA			USO DO SSPM

ESCALA DE 00,00 a 80,00

CAMPOS PREENCHIDOS PELOS CANDIDATOS	CONCURSO: CP-CEM/2023				
	NOME DO CANDIDATO:				
	Nº DA INSCRIÇÃO		DV		
NOTA			USO DO SSPM		
ESCALA DE 00,00 a 80,00					

CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS (VALOR: 80 PONTOS)

1ª QUESTÃO (8 pontos)

Considere que o circuito indicado na figura 1 está operando em regime permanente senoidal.

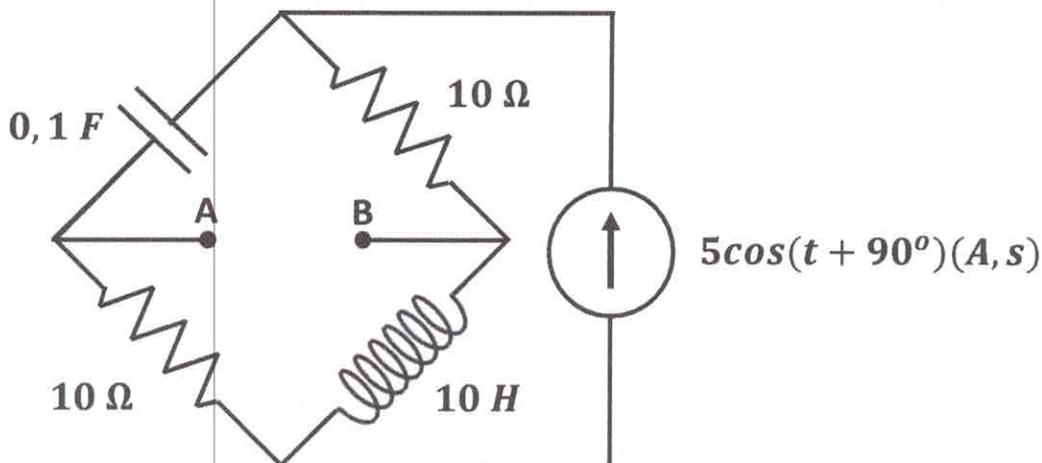


Figura 1

Com base nos dados apresentados na figura 1, faça o que se pede.

- Calcule o fasor da corrente que flui pelo ramo que contém o capacitor, representado em coordenadas polares e com unidade no Sistema Internacional de Unidades (S.I), ou seja, indique o fasor com módulo e fase. (2,5 pontos)
- Calcule o fasor da corrente que flui pelo ramo que contém o indutor, representado em coordenadas polares e com unidade no S.I., ou seja, indique o fasor com módulo e fase. (2,5 pontos)
- Calcule a tensão na saída do circuito no domínio do tempo, entre os terminais A e B e com unidade no S.I. (3 pontos)

Continuação da 1ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/ 2023

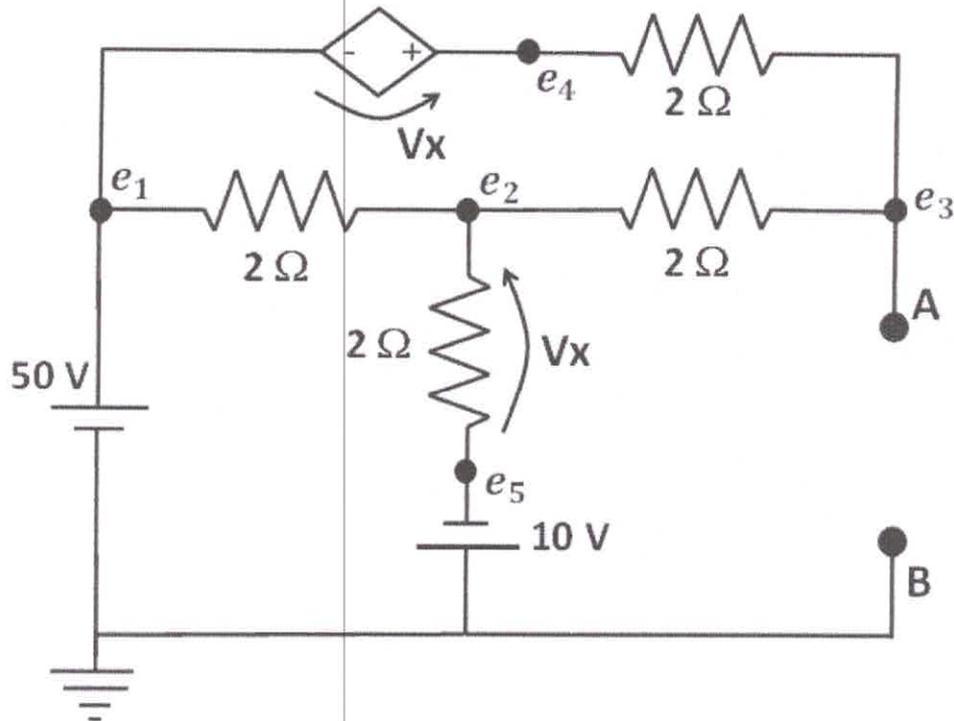
Continuação da 1ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/ 2023

2ª QUESTÃO (8 pontos)

Examine a figura abaixo.



Com base na figura apresentada acima, faça o que se pede.

- a) As tensões nos nós  $e_2$  e  $e_3$  são incógnitas da análise nodal. Encontre os valores dos coeficientes  $a_{ij}$  da matriz de condutâncias nodais e o valor da corrente  $X$  (em ampères) presentes na equação matricial da análise nodal do circuito, apresentada abaixo. (3 pontos)

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} e_2 \\ e_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X \\ 30 \end{pmatrix}$$

- b) Calcule a tensão de Thévenin vista pelos terminais A e B do circuito. (1 ponto)
- c) Calcule a resistência equivalente do circuito vista pelos terminais A e B. (2 pontos)

**Continuação da 2ª questão**

d) Em que condição haverá a máxima transferência de potência, caso uma carga resistiva seja fixada entre os terminais A e B do circuito? Indique qual deve ser o valor da resistência e calcule a potência entregue à carga nessa condição. Sugere-se que seja utilizado o circuito equivalente de Thévenin. (2 pontos)

Continuação da 2ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/ 2023

Continuação da 2ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/ 2023

Continuação da 2ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/ 2023

Continuação da 2ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/ 2023

### 3ª QUESTÃO (8 pontos)

Analise as figuras abaixo.

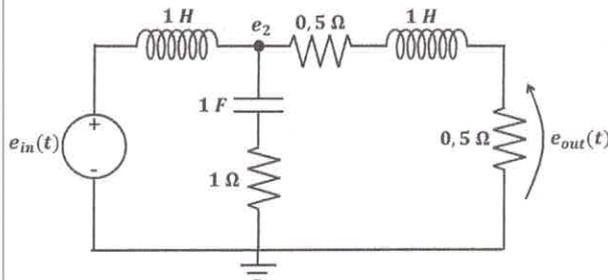


Figura A - Circuito elétrico a ser analisado.

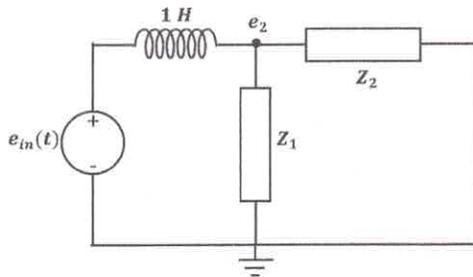


Figura B - Circuito equivalente.

No esquema elétrico da figura A, considere que o capacitor e os indutores estão inicialmente descarregados e faça o que se pede.

a) Descreva as impedâncias equivalentes  $Z_1(s)$  e  $Z_2(s)$  indicadas na Figura B. (2 pontos)

b) Obtenha a expressão  $E_2(s)$  em função de  $E_{in}(s)$ , descrevendo o raciocínio utilizado para calcular. (3 pontos)

c) Obtenha a função de rede  $G(s)$  (ou função de transferência), descrevendo o raciocínio utilizado para calcular. (3 pontos)

Dado:

$$G(s) = \left. \frac{E_{out}(s)}{E_{in}(s)} \right|_{c.i.n}$$

Continuação da 3ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/ 2023

Continuação da 3ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/ 2023

Continuação da 3ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/ 2023

#### 4ª QUESTÃO (8 pontos)

Analise as figuras a seguir.

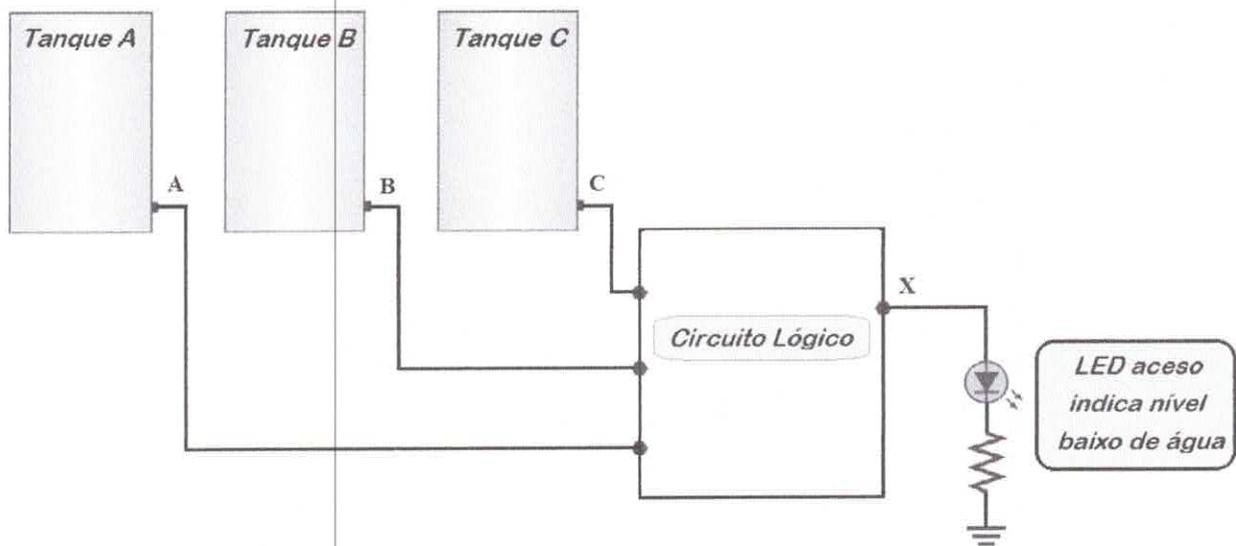


Figura I

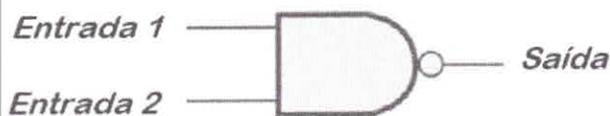


Figura II

A figura I mostra três tanques com água que serão utilizados num sistema de irrigação. Os sensores A, B e C fornecem um sinal baixo (nível lógico "0") quando seu respectivo tanque estiver com o nível baixo de água. Um LED ficará aceso quando a saída X do circuito lógico fornecer um sinal alto (nível lógico "1"), indicando baixo nível de água nos tanques. Com base nessas informações, faça o que se pede.

- Supondo que o LED deve indicar que ao menos dois tanques estejam com nível baixo de água, apresente a tabela verdade do circuito lógico que represente essa condição. (1,5 pontos)
- Utilizando portas lógicas básicas, implemente um circuito lógico capaz de reproduzir a condição indicada no item "a". (2,5 pontos)

**Continuação da 4ª questão**

- c) Supondo que haja somente disponibilidade de circuitos integrados com um único tipo de porta lógica, reformule o circuito lógico proposto no item "b" utilizando apenas portas NAND com duas entradas, como apresentado na figura II. (3 pontos)
- d) Qual seria o novo circuito lógico indicado para acender o LED quando ao menos um tanque estivesse com nível baixo de água? (1 ponto)

Continuação da 4ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/ 2023

Continuação da 4ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/ 2023

Continuação da 4ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/ 2023

Continuação da 4ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/ 2023

5ª QUESTÃO (8 pontos)

Analise a figura abaixo.

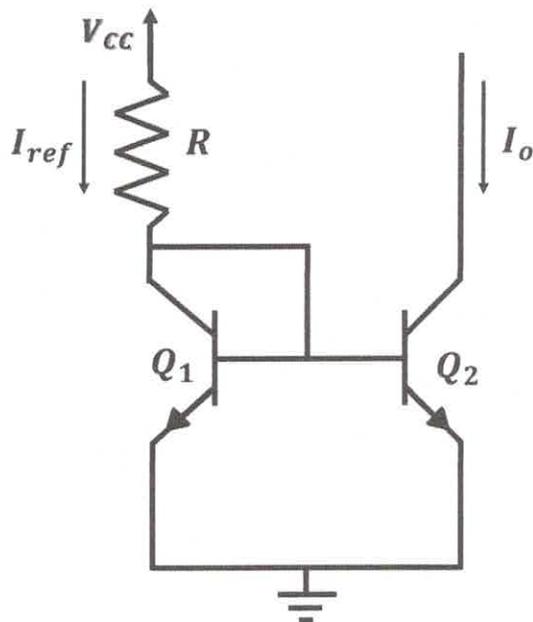


Figura A

A configuração espelho de corrente é comumente utilizada para gerar corrente de polarização constante para estágios de amplificadores diferenciais. Assim, faça o que se pede.

a) Na configuração do circuito eletrônico da figura A, determine a razão  $\frac{I_o}{I_{ref}}$  em função do ganho  $\beta$ . Considere que  $Q_1 = Q_2$ . (4 pontos)

b) Para o circuito eletrônico da figura A, calcule qual deverá ser o valor de R para obter a corrente  $I_o = 2 \text{ mA}$ . (3 pontos)

Assuma que:  $V_{CC} = 5 \text{ V}$ ;  $V_{BE} = 0,6 \text{ V}$ ;  $\beta = 200$

c) Caso os transistores Q1 e Q2 apresentem o valor de  $\beta = 20$ , o valor de R calculado no item "b" deverá ser reajustado? Justifique. (1 ponto)

Continuação da 5ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/ 2023

Continuação da 5ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/ 2023

Continuação da 5ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/ 2023

6ª QUESTÃO (8 pontos)

Analise a figura a seguir.

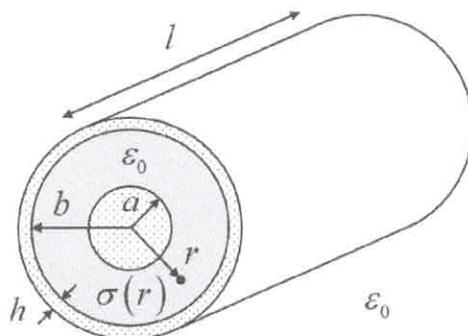


Figura A

Um resistor coaxial possui dois eletrodos feitos com material de condutividade elétrica infinita. O eletrodo interno consiste em um cilindro sólido de raio  $a = 4 \text{ mm}$ , e o eletrodo externo é um cilindro oco cujo raio interno é  $b = 5 \text{ mm}$  com espessura  $h$  desprezível. O espaço entre os eletrodos é totalmente preenchido por um material de condutividade elétrica  $\sigma$ , a qual é função apenas da distância radial  $r$  em relação ao eixo central do resistor, de acordo com a seguinte expressão:  $\sigma(r) = \frac{1}{2 \cdot 10^5 \pi r^2}$

Nessa equação,  $\sigma$  é dado em S/m, e  $r$  é dado em m. A permissividade elétrica do material de condutividade  $\sigma$  é igual a  $\epsilon_0$ .

A figura A ilustra a estrutura descrita, que possui comprimento  $l = 50 \text{ mm}$  e está imersa no vácuo, cuja permissividade elétrica vale  $\epsilon_0$ .

No tratamento desse problema, desconsidere o espreadamento de campo elétrico (efeitos de borda) e faça o que se pede.

Continuação da 6ª questão

Dados:

$$q = \oiint_S \mathbf{D} \cdot d\mathbf{S}$$

$$I = \iint_S \mathbf{J} \cdot d\mathbf{S}$$

$$\Delta\Phi = \Phi_{P_2} - \Phi_{P_1} = -\int_{P_1}^{P_2} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$$

$$\mathbf{D} = \epsilon\mathbf{E}$$

$$\mathbf{J} = \sigma\mathbf{E}$$

$$D_{n1} - D_{n2} = \rho_s$$

$$R = G^{-1} = \frac{\Delta\Phi}{I}$$

$$\epsilon_0 \approx 9 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$$

$$\pi \approx 3$$

- a) Calcule a resistência do dispositivo (em  $\Omega$ ). (2 pontos)
- b) Admitindo uma tensão constante de 9 V aplicada entre os eletrodos da estrutura, com o potencial elétrico do eletrodo externo maior que o do eletrodo interno, escreva a expressão matemática explícita do vetor campo elétrico (em V/m) em função das coordenadas cilíndricas  $r$ ,  $\phi$  e  $z$ , apresentando módulo, direção e sentido vetoriais, em função dos versores coordenados  $\hat{\mathbf{r}}$ ,  $\hat{\boldsymbol{\phi}}$  e  $\hat{\mathbf{z}}$ . (2 pontos)
- c) Nas mesmas condições de operação do item "b", qual é o valor da densidade de carga elétrica superficial (em nC/m<sup>2</sup>) distribuída sobre a superfície do eletrodo interno? Indique o sinal da referida carga. (2 pontos)
- d) Ainda sob as mesmas considerações do item "b", obtenha a carga elétrica total (em pC) que se encontra distribuída dentro do volume do material de condutividade  $\sigma$ . Explícite o sinal dessa carga. (2 pontos)

Continuação da 6ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/ 2023

Continuação da 6ª questão

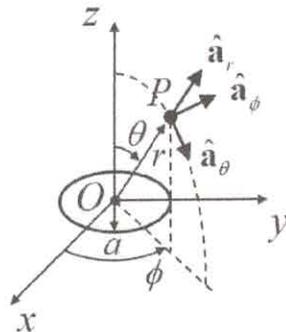
Continuação da 6ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/ 2023

7ª QUESTÃO (8 pontos)

Examine a figura abaixo.



Uma antena de quadro circular é construída com um fio muito fino de condutividade elétrica infinita. O raio  $a$  do quadro é muito pequeno em comparação com o comprimento de onda de 10 m na frequência de operação da antena. A antena encontra-se imersa no vácuo e é excitada por uma corrente elétrica de variação senoidal no tempo com valor de pico igual a 1 A e com fase nula. O quadro é centralizado na origem  $O$  de um sistema de coordenadas esféricas  $r\theta\phi$  e permanece sobre o plano  $\theta = 90^\circ$ , como representado pela figura acima.

Com base nessas informações, faça o que se pede.

Dados:

$$\mathbf{E} = E_r \hat{\mathbf{a}}_r + E_\theta \hat{\mathbf{a}}_\theta + E_\phi \hat{\mathbf{a}}_\phi$$

$$\mathbf{H} = H_r \hat{\mathbf{a}}_r + H_\theta \hat{\mathbf{a}}_\theta + H_\phi \hat{\mathbf{a}}_\phi$$

$$H_r \approx H_\phi = E_r = E_\theta = 0$$

$$H_\theta \approx -\frac{k^2 a^2 I_0}{4r} e^{-jkr} \sin \theta$$

$$E_\phi \approx \eta \frac{k^2 a^2 I_0}{4r} e^{-jkr} \sin \theta$$

$$\mathbf{W}_{\text{méd}} = \frac{1}{2} \text{Re}(\mathbf{E} \times \mathbf{H}^*)$$

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

$$k = \frac{\omega}{c}$$

$$\omega = 2\pi f$$

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

$$\eta \approx 360 \Omega$$

$$\pi \approx 3$$

- a) Qual é a frequência de operação da antena (em MHz)? (1 ponto)
- b) Calcule a fase (em radianos) do vetor campo elétrico irradiado pela antena no ponto que possui as coordenadas  $r = 1 \text{ km}$ ,  $\theta = 30^\circ$  e  $\phi = 0$ . (1 ponto)

**Continuação da 7ª questão**

- c) Sabendo que a antena irradia uma densidade média de potência igual a  $45 \text{ pW/m}^2$  no ponto cujas coordenadas são  $r = 100 \text{ m}$ ,  $\theta = 150^\circ$  e  $\phi = 0$ , qual é o valor de  $a$  (em cm)? (4 pontos)
- d) Supondo que uma antena receptora dipolo infinitesimal ideal é colocada no ponto que tem coordenadas  $r = 10 \text{ km}$ ,  $\theta = 90^\circ$  e  $\phi = 0$ , explicita qual deve ser sua orientação espacial para a máxima recepção de potência. Escreva essa orientação em função dos versores coordenados  $\hat{\mathbf{a}}_r$ ,  $\hat{\mathbf{a}}_\theta$  e  $\hat{\mathbf{a}}_\phi$ . Justifique. (2 pontos)

Continuação da 7ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/ 2023

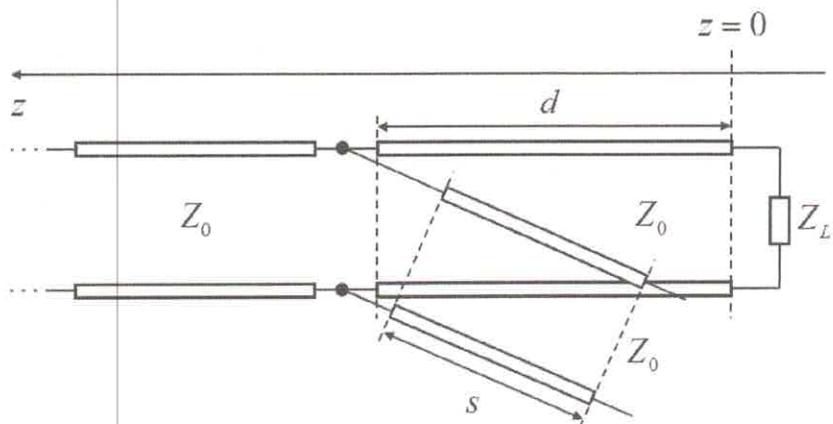
Continuação da 7ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/ 2023

**8ª QUESTÃO (8 pontos)**

Examine a figura abaixo.



Deseja-se conectar uma carga de impedância  $Z_L$  a uma linha de transmissão de impedância característica  $Z_0 = 50 \Omega$  sem que haja reflexão de sinais. Para tanto, um circuito transformador de impedância é realizado com um trecho de linha de transmissão terminado em circuito aberto (toco em aberto), disposto a uma distância  $d$  da carga, em paralelo à linha. O toco possui comprimento  $s$  e mesma impedância característica  $Z_0$ . A linha de transmissão está alinhada com o eixo  $z$  de um sistema de coordenadas cartesianas  $xyz$ , com a carga em  $z = 0$ , de modo a se ter a configuração de circuito ilustrada na figura apresentada acima.

Assuma que todas as linhas de transmissão são ideais (não dispersivas e sem perdas) e operam em uma frequência tal que o comprimento de onda vale 20 cm e faça o que se pede.

Dados:

$$Z(z) = Z_0 \frac{Z_L + iZ_0 \operatorname{tg}(\beta z)}{Z_0 + iZ_L \operatorname{tg}(\beta z)}; \quad Z(z) = -iZ_0 \operatorname{cotg}(\beta z); \quad \Gamma_v(z) = \Gamma_{vc} e^{-2\gamma z};$$

$$\Gamma_{vc} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}; \quad \lambda = \frac{2\pi}{\beta}; \quad \gamma = \alpha + i\beta; \quad e$$

$$i = \sqrt{-1}$$

**Continuação da 8ª questão**

- a) No caso em que  $Z_L = (50 - i50) \Omega$ ;  $d = 2,5$  cm e  $s = 10$  cm, qual é a impedância (em  $\Omega$ ) vista em  $z = d$  em direção à carga? (4 pontos)
- b) Nas mesmas condições do item "a", calcule o coeficiente de reflexão de tensão (em escala linear, adimensional) visto em  $z = d$  em direção à carga. (1 ponto)
- c) Se a carga for puramente resistiva e  $d = 5$  cm, quais valores de  $s$  (em cm) e de  $Z_L$  (em  $\Omega$ ) possibilitam casamento de impedância perfeito entre a carga e a linha de transmissão? (3 pontos)

Continuação da 8ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/ 2023

Continuação da 8ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/ 2023

**9ª QUESTÃO (8 pontos)**

Um sistema linear invariante no tempo de tempo discreto possui a resposta  $h[n]$  ao impulso unitário dada por  $h[n] = \delta[n] + 2\delta[n-1] + 2\delta[n-2]$ , onde  $\delta[n]$  é a função amostra unitária (impulso unitário de tempo discreto). Com base nessas informações, faça o que se pede.

Dados:

$$y[n] = x[n] * h[n] = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} x[k]h[n-k]; \quad H(z) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} h[k]z^{-k}; \text{ e}$$
$$z^n \rightarrow H(z)z^n$$

- a) Classifique o sistema quanto à sua causalidade e à sua estabilidade e indique se ele possui ou não memória. Justifique. (2 pontos)
- b) Para esse sistema, calcule o sinal de saída correspondente ao sinal de entrada  $x_1[n]$  dado por  $x_1[n] = \delta[n-1] - 4\delta[n-2] + 3\delta[n-4]$ . (3 pontos)
- c) Qual é a função de transferência (função de sistema) do sistema? (1 ponto)
- d) Obtenha o sinal de saída gerado por esse sistema quando o sinal  $x_2[n] = 3 \cdot 2^{-n+2}$  é aplicado à entrada do sistema. (2 pontos)

Continuação da 9ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/ 2023

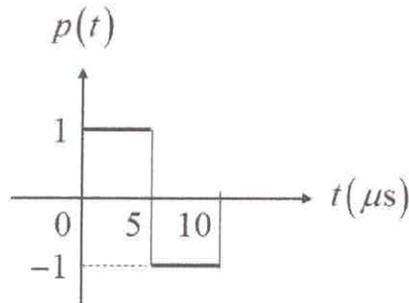
Continuação da 9ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/ 2023

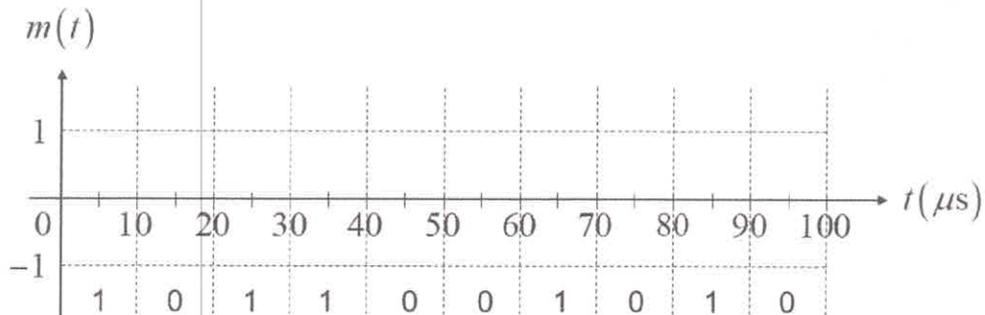
10ª QUESTÃO (8 pontos)

Considere um pulso  $p(t)$  com duração de  $10 \mu\text{s}$ , conforme apresenta a figura abaixo.



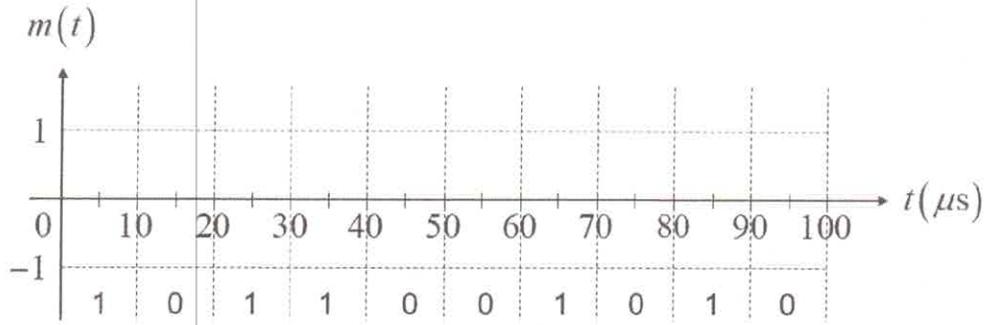
Em um determinado sistema de comunicação digital, pulsos desse tipo são utilizados como referência para transmitir dados a uma taxa de  $100 \text{ kbit/s}$ . Cada pulso transmitido corresponde, portanto, a um bit enviado. Considerando o pulso descrito, esboce sobre as figuras abaixo o sinal  $m(t)$  em função do tempo correspondente à mensagem digital binária  $1011001010$ , para as respectivas codificações de linha.

a) Sinalização polar. (3 pontos)



Continuação da 10ª questão

b) Sinalização on-off. (2 pontos)



c) Sinalização bipolar. (3 pontos)

