

MARINHA DO BRASIL
SERVIÇO DE SELEÇÃO DO PESSOAL DA MARINHA

CONCURSO PÚBLICO PARA INGRESSO NO CORPO DE ENGENHEIROS DA
MARINHA (CP-CEM/2022)

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 000 A 080	NOTA			USO DO SSPM

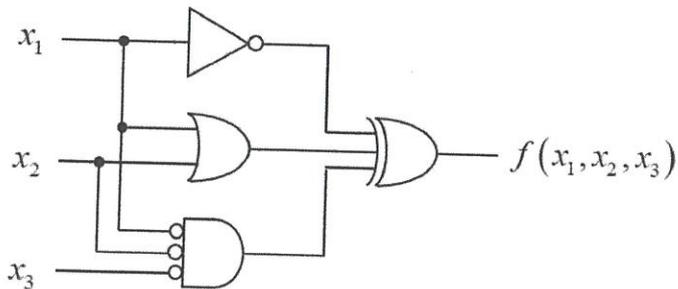
CAMPOS PREENCHIDOS PELOS CANDIDATOS

CONCURSO: CP-CEM/2022						
NOME DO CANDIDATO:						
Nº DA INSCRIÇÃO		DV	ESCALA DE 000 A 080	NOTA		USO DO SSPM

CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS (VALOR: 80 PONTOS)

1ª QUESTÃO (8 pontos)

O circuito combinatório ilustrado no diagrama esquemático da figura abaixo realiza uma função de chaveamento f , que é função de três variáveis (entradas) binárias x_1 , x_2 e x_3 .



Com base nas informações apresentadas, faça o que se pede nos itens a seguir.

- a) Escreva a expressão algébrica (booleana) completa de $f(x_1, x_2, x_3)$ diretamente a partir do circuito, utilizando as operações NÃO ($\bar{\quad}$), OU (+), E (\cdot), e OU EXCLUSIVO (\oplus). (2 pontos)
- b) Preencha a tabela-verdade da função de chaveamento f . (3 pontos)

x_1	x_2	x_3	$f(x_1, x_2, x_3)$
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

- c) Obtenha a expressão algébrica (booleana) de $f(x_1, x_2, x_3)$ como uma soma de produtos. (1,5 pontos)
- d) Escreva a expressão algébrica (booleana) de $f(x_1, x_2, x_3)$ como um produto de somas. (1,5 pontos)

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
 Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2022

Continuação da 1ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2022

2ª QUESTÃO (8 pontos)

Um pulso de tensão, descrito pelas expressões a seguir, é aplicado nos terminais de um capacitor de $0,1 \mu\text{F}$:

$$v(t) = \begin{cases} 0 (V); & \text{para } t \leq 0 \text{ s} \\ 5t (V); & \text{para } 0 \leq t \leq 1 \text{ s} \\ 5e^{-(t-1)}(V); & \text{para } t \geq 1 \text{ s} \end{cases}$$

Com base nessas informações, faça o que se pede nos itens a seguir.

- a) Deduza as expressões para a corrente no capacitor para os três intervalos de tempo. (2 pontos)
- b) Deduza as expressões para a potência no capacitor para os três intervalos de tempo. (2 pontos)
- c) Calcule a energia total armazenada no capacitor. Apresente o desenvolvimento do seu cálculo. (2 pontos)
- d) Indique a energia total fornecida pelo capacitor e justifique a resposta. (2 pontos)

Continuação da 2ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2022

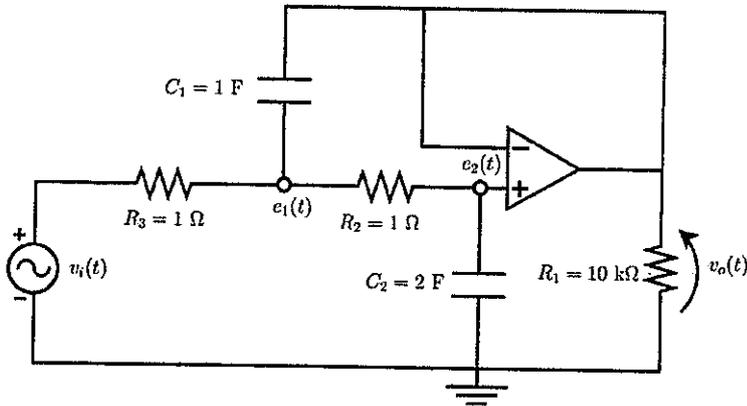
Continuação da 2ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2022

3ª QUESTÃO (8 pontos)

Deseja-se avaliar o comportamento do circuito com amplificador operacional ideal, mostrado na figura abaixo, em regime permanente senoidal numa ampla faixa de frequências.



São fornecidos os seguintes valores de $\text{atan} 2\left(\frac{y}{x}\right)$:

$$\text{atan} 2\left(\frac{0,4}{0,98}\right) = 22,2^\circ ; \quad \text{atan} 2\left(\frac{4}{-1}\right) = 104,04^\circ ; \quad \text{e} \quad \text{atan} 2\left(\frac{40}{-199}\right) = 168^\circ$$

Com base nos dados expostos, faça o que se pede nos itens a seguir.

- Obtenha a equação matricial da análise nodal que relaciona os fasores das tensões nodais $e_1(t)$ e $e_2(t)$ e o fasor de excitação $v_i(t)$. (3 pontos)
- Determine a expressão da resposta em frequência que relaciona o fasor da tensão de saída $v_o(t)$ pelo fasor da tensão de entrada $v_i(t)$, ou seja: $F(j\omega) = \frac{V_o}{V_i}$. (3 pontos)
- Calcule o módulo e a fase dessa resposta em frequência ($F(j\omega) = \frac{V_o}{V_i}$) para $\omega = 1 \text{ rad/s}$. (1 ponto)
- Calcule o valor da tensão $v_o(t)$, supondo que $v_i(t) = -10 \cos(t + 30^\circ) \text{ V}$. (1 ponto)

Continuação da 3ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2022

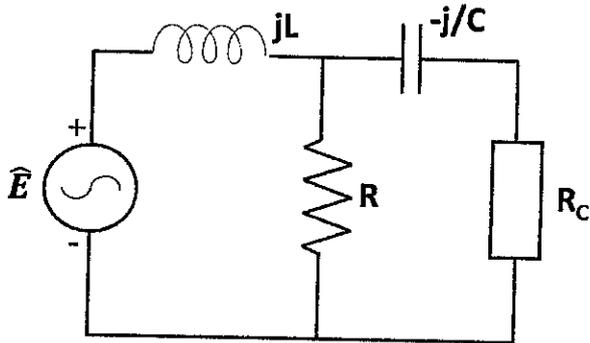
Continuação da 3ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2022

4ª QUESTÃO (8 pontos)

No circuito abaixo, deseja-se obter o circuito equivalente de Thévenin visto pelos terminais de R_c e avaliar qual é a máxima transferência de potência à carga resistiva R_c em Regime Permanente Senoidal.



Considere:

$\hat{E} = 5\angle 30^\circ$ (Vrms); ou seja, o módulo do fasor \hat{E} representa o valor eficaz da tensão.

$$L = 2 \text{ (H)}; C = 1 \text{ (F)}; R = 2 \text{ (\Omega)}$$

A partir dos dados expostos, faça o que se pede nos itens a seguir.

- Deduza qual é a resistência de Thévenin (R_{Th}) vista pelos terminais da carga resistiva R_c . (2 pontos)
- Calcule a tensão de Thévenin do circuito equivalente. (2 pontos)
- Indique qual é o valor da resistência de R_c para promover a máxima transferência de potência e justifique sua resposta. (2 pontos)
- Calcule o valor da potência nessa condição (ou seja, na condição de máxima transferência de potência). (2 pontos)

Continuação da 4ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2022

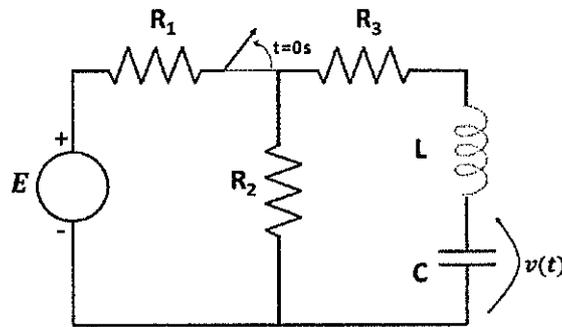
Continuação da 4ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2022

5ª QUESTÃO (8 pontos)

Considere que o circuito abaixo estava operando por muito tempo com a chave fechada, e, em $t = 0$ s, a chave é aberta.



São fornecidos os seguintes valores para o circuito:

$$E = 10 \text{ V}; R_1 = 10 \Omega; R_2 = 2 \Omega; R_3 = 8 \Omega; L = 1 \text{ H}; C = \frac{1}{9} \text{ F}$$

Com base nas informações expostas, faça o que se pede nos itens a seguir.

- Deduza qual é o valor da corrente no indutor e a tensão no capacitor para $t < 0$ s, ou seja, condição antes da chave ser aberta. (3 pontos)
- Após a chave ser aberta em $t = 0$ s, o circuito se reduzirá a um circuito RLC série livre, ou seja, sem fonte externa. Indique qual será o valor da tensão no capacitor em $t = 0$ s e o valor da tensão no capacitor quando $t \rightarrow \infty$. (1 ponto)
- Nesta nova condição (circuito RLC série livre), calcule o coeficiente de amortecimento (ou frequência de Neper) (α) e a frequência angular de ressonância (ω_0) do circuito. (2 pontos)
- O circuito RLC série em análise (para $t \geq 0$ s) tem um comportamento superamortecido, subamortecido ou amortecimento crítico? Calcule as raízes das frequências complexas próprias (ou raízes da equação característica) neste caso, lembrando que a equação característica para circuitos RLC em série é: (2 pontos)

$$s^2 + \frac{R}{L}s + \frac{1}{LC} = 0$$

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2022

Continuação da 5ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2022

Continuação da 5ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2022

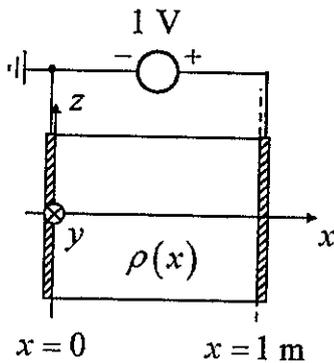
6ª QUESTÃO (8 pontos)

Um capacitor de placas paralelas possui dois eletrodos planos eletricamente condutores e de espessura desprezível. Esses eletrodos têm área muito grande e estão localizados nos planos $x = 0$ e $x = 1$ m de um sistema de coordenadas cartesianas xyz . O espaço entre os eletrodos é totalmente preenchido por um material dielétrico perfeito de constante dielétrica igual a 4, carregado eletricamente com uma densidade volumétrica de carga ρ cujo valor varia linearmente com o eixo x , de acordo com a seguinte expressão:

$$\rho(x) = 4\varepsilon_0 x$$

Nessa expressão, ρ é dado em C/m^3 , x é dado em m, e ε_0 é a permissividade elétrica do vácuo.

O capacitor é conectado a uma fonte de tensão contínua de 1 V, com o polo negativo desta aterrado (com potencial elétrico nulo) e ligado à placa que está em $x = 0$. A configuração descrita é apresentada de forma esquemática na figura a seguir.



Admita, neste problema, que o potencial escalar elétrico varie somente em função da coordenada x .

Dados:

$$\nabla^2 \Phi = -\frac{\rho}{\varepsilon}$$

$$\mathbf{E} = -\nabla \Phi$$

$$\varepsilon = \varepsilon_r \varepsilon_0$$

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

$$\nabla = \frac{\partial}{\partial x} \hat{\mathbf{x}} + \frac{\partial}{\partial y} \hat{\mathbf{y}} + \frac{\partial}{\partial z} \hat{\mathbf{z}}$$

$$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$$

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2022

Continuação da 6ª questão

Baseando-se nos dados expostos, faça o que se pede nos itens a seguir.

- a) Escreva a equação diferencial de segunda ordem (a partir da equação de Laplace ou da equação de Poisson) que define implicitamente a função potencial escalar elétrico no capacitor, em função de derivadas parciais nas coordenadas x , y e z . Simplifique termos de valor nulo. (2 pontos)
- b) Obtenha a expressão matemática explícita da função potencial escalar elétrico (em V), em função das coordenadas x , y e z . (4 pontos)
- c) Calcule a expressão matemática explícita do vetor campo elétrico (em V/m), em função das coordenadas x , y e z , indicando todos os componentes vetoriais de campo nas direções e sentidos dos vetores unitários \hat{x} , \hat{y} e \hat{z} . (2 pontos)

Continuação da 6ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2022

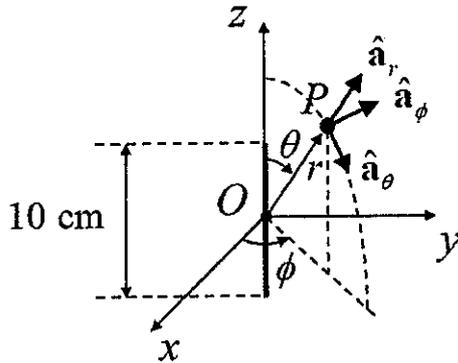
Continuação da 6ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2022

7ª QUESTÃO (8 pontos)

Uma antena dipolo filamental é feita com um fio retilíneo muito fino de condutividade elétrica infinita. Essa antena possui comprimento total de 10 cm e encontra-se imersa no vácuo. O dipolo descrito é disposto com seu centro na origem O de um sistema de coordenadas esféricas $r\theta\phi$, alinhado com a direção $\theta = 0$, como ilustrado esquematicamente na figura abaixo.



Dados:

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

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

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

$$E_\theta \approx j \frac{\eta_0 k_0 I l}{4\pi r} e^{-jk_0 r} \sin \theta$$

$$H_\phi \approx j \frac{k_0 I l}{4\pi r} e^{-jk_0 r} \sin \theta$$

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

$$R_r = \frac{2\pi\eta_0}{3} \left(\frac{l}{\lambda_0} \right)^2$$

$$e_{rad} = e_{cd} = e_c e_d$$

$$\lambda_0 = \frac{c}{f}$$

$$k_0 = \frac{\omega}{c}$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$\eta_0 \approx 120\pi \Omega$$

$$\pi = 3,14$$

Baseando-se nas informações apresentadas, faça o que se pede nos itens a seguir.

a) Calcule a frequência (em MHz) na qual a antena mede meio comprimento de onda. (1 ponto)

b) Supondo que a antena é percorrida por uma corrente senoidal com valor de pico 500 mA e com frequência igual a 10 MHz, calcule o módulo máximo do vetor campo elétrico (em mV/m) à distância de 100 m da antena. (2 pontos)

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2022

Continuação da 7ª questão

- c) Num ponto P cujas coordenadas são $r = 100$ m e $\theta = 30^\circ$, calcule a densidade média de potência radiada (em nW/m^2) na situação em que a antena opera nas mesmas condições do item b. (2 pontos)
- d) Calcule a resistência de radiação da antena (em Ω) para a mesma frequência de operação (10 MHz). (2 pontos)
- e) Indique quanto vale a eficiência de radiação (em escala linear, adimensional) dessa antena. Justifique. (1 ponto)

Continuação da 7ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2022

Continuação da 7ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

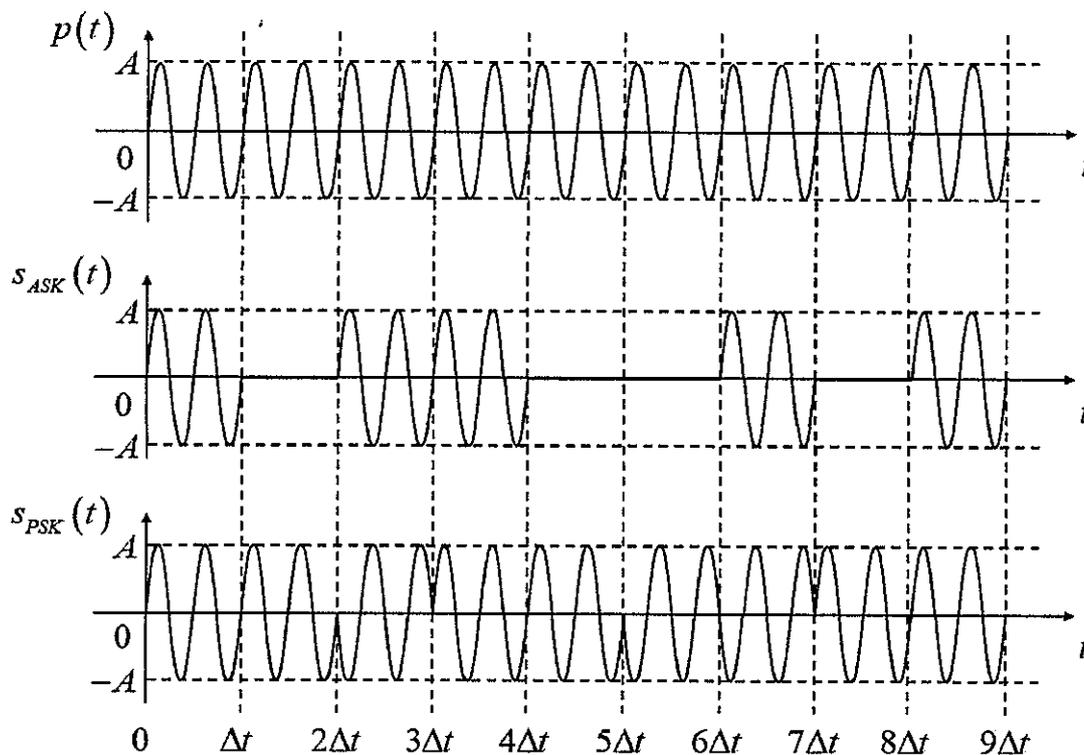
Concurso: CP-CEM/2022

8ª QUESTÃO (8 pontos)

Considere dois sinais digitais modulados $s_{ASK}(t)$ e $s_{PSK}(t)$, obtidos por meio da modulação de uma portadora $p(t)$ cuja amplitude vale A . O sinal $s_{ASK}(t)$ é obtido modulando-se $p(t)$ com o sinal modulante digital (binário) $m_{ASK}(t)$, mediante um esquema de modulação binária por chaveamento de amplitude (ASK – *amplitude shift keying*). Nesse esquema, o bit 0 é representado pela amplitude nula, e o bit 1 pela amplitude A .

O sinal $s_{PSK}(t)$ resulta da modulação de $p(t)$ pelo sinal modulante digital (binário) $m_{PSK}(t)$, com o uso de um esquema de modulação binária por deslocamento de fase (PSK – *phase shift keying*). Nesse esquema, o bit 1 corresponde à fase nula, e o bit 0 à fase 180° .

A figura abaixo apresenta graficamente os sinais $p(t)$, $s_{ASK}(t)$ e $s_{PSK}(t)$ em função do tempo (t).

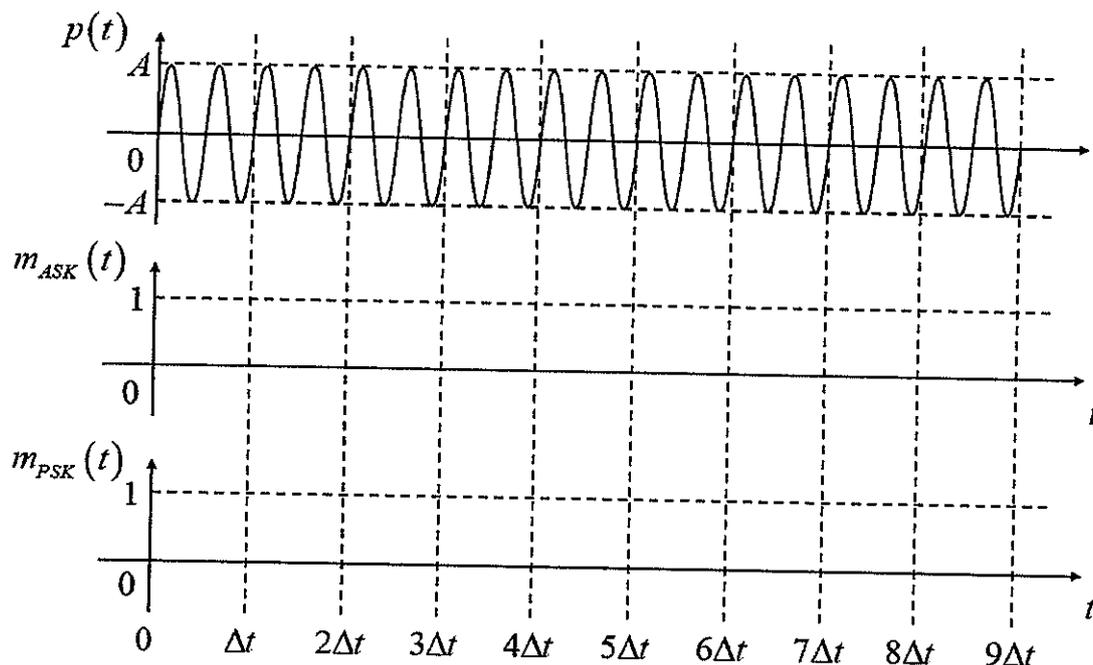


Com base nesses dados, faça o que se pede nos itens a seguir.

Continuação da 8ª questão

- a) Desenhe, sobre a figura abaixo, os gráficos dos sinais digitais $m_{ASK}(t)$ e $m_{PSK}(t)$, em função do tempo, de $t = 0$ até $t = 9\Delta t$, admitindo que cada um deles tem apenas dois níveis: 0 (bit 0) e 1 (bit 1). (5 pontos)

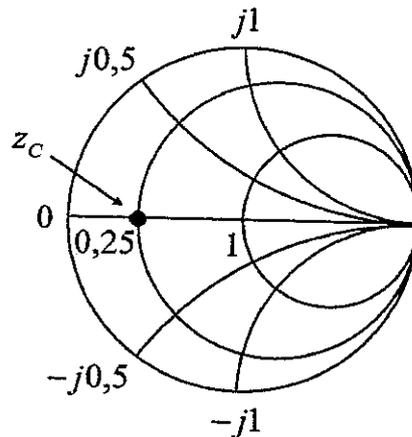
Continuação da 8ª questão



- b) Apresente quais são as mensagens binárias transmitidas pelos sinais $m_{ASK}(t)$ e $m_{PSK}(t)$ entre $t = 0$ e $t = 9\Delta t$. (3 pontos)

9ª QUESTÃO (8 pontos)

Deseja-se conectar uma carga, cuja impedância vale Z_c , a uma linha de transmissão ideal de impedância característica igual a 300Ω . A figura abaixo apresenta a impedância normalizada z_c da referida carga sobre uma carta de Smith de impedâncias normalizada em 300Ω .



Dados:

$$z_n = \frac{Z}{Z_0}$$

$$\Gamma_{vc} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

$$Z_{qo} = \sqrt{Z_L \cdot Z_0}$$

$$\beta = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$\beta = \frac{\omega}{v_p}$$

$$\omega = 2\pi f$$

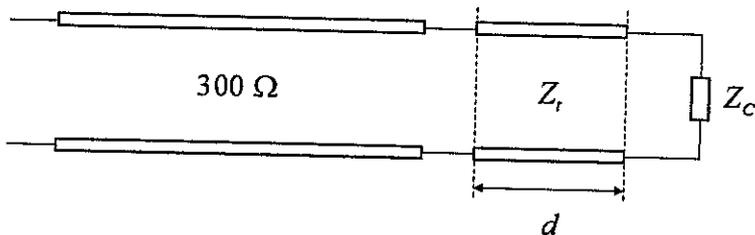
$$\pi = 3,14$$

Com base nos dados expostos, faça o que se pede nos itens a seguir.

- Qual o valor (desnormalizado) da impedância Z_c (em Ω)? (1 ponto)
- Calcule o coeficiente de reflexão de tensão (em escala linear, adimensional) da impedância Z_c em relação à impedância característica de 300Ω . (1 ponto)

Continuação da 9ª questão

É possível realizar o casamento de impedância entre a carga Z_c e a linha de 300Ω inserindo-se, entre a carga e a linha, uma outra linha de transmissão ideal com comprimento d e com impedância característica Z_t , de modo a realizar um transformador de quarto de onda. Essa situação é ilustrada esquematicamente na figura a seguir.



- c) Calcule o valor de Z_t (em Ω). (2 pontos)
- d) Supondo que a linha de impedância característica Z_t possui fator de fase (constante de fase) igual a 2π rad/m, obtenha d (em m). (2 pontos)
- e) Calcule a frequência de operação do circuito (em MHz), levando-se em conta que a linha de impedância característica Z_t possui fator de fase 2π rad/m e velocidade de fase de $3 \cdot 10^8$ m/s. (2 pontos)

Continuação da 9ª questão

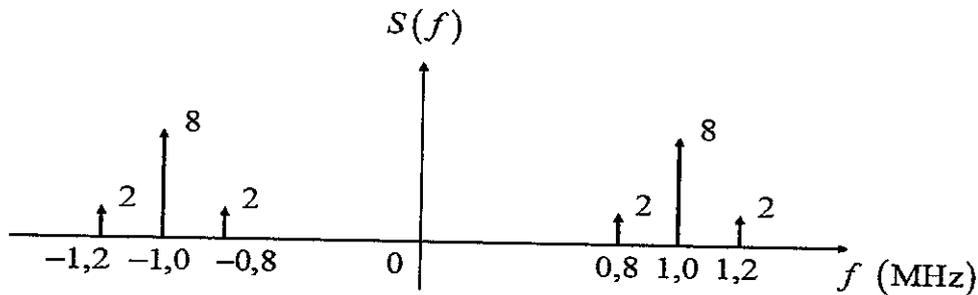
Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2022

10/11

10ª QUESTÃO (8 pontos)

A figura a seguir mostra o espectro $S(f)$, em função da frequência, de um sinal $s(t)$, em função do tempo, modulado em amplitude em banda lateral dupla.



Na figura, cada seta que aponta para cima com um número ao lado representa um impulso de Dirac (δ), e esse número corresponde à amplitude do impulso. Sabe-se que o espectro $S(f)$ é puramente real.

Dados:

$$\cos(2\pi f_0 t) \Leftrightarrow \frac{\delta(f+f_0) + \delta(f-f_0)}{2}$$

$$g_1(t) + g_2(t) \Leftrightarrow G_1(f) + G_2(f) \qquad kg(t) \Leftrightarrow kG(f)$$

$$g(t)e^{j2\pi f_0 t} \Leftrightarrow G(f-f_0) \qquad \cos(2\pi f_0 t) = \frac{e^{j2\pi f_0 t} + e^{-j2\pi f_0 t}}{2}$$

$$\cos(\theta_1) + \cos(\theta_2) = 2 \cos\left(\frac{\theta_1 + \theta_2}{2}\right) \cos\left(\frac{\theta_1 - \theta_2}{2}\right)$$

Sendo assim, de acordo com os dados apresentados, responda os itens abaixo.

- a) O sinal $s(t)$ contém a portadora ou ela está suprimida? (1 ponto)
- b) Qual a frequência (em MHz) e a amplitude da portadora (em escala linear, adimensional)? (2 pontos)
- c) O sinal modulante descreve qual função matemática em função do tempo? (1 ponto)
- d) Qual a expressão matemática completa do sinal $s(t)$ (em escala linear, adimensional) no domínio do tempo (tempo dado em s)? (4 pontos)

Continuação da 10ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2022

Continuação da 10ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2022



