

MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

CONCURSO PÚBLICO PARA INGRESSO NO CORPO DE ENGENHEIROS DA
MARINHA (CP-CEM/2015)

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 em 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 noutro lugar que não o determinado para esse fim; e
 - e) cometer ato grave de indisciplina.
- 10- É PERMITIDO O USO DE RÉGUA SIMPLES.

NÃO DESTACAR A PARTE INFERIOR

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

CAMPOS PREENCHIDOS
PELOS CANDIDATOS

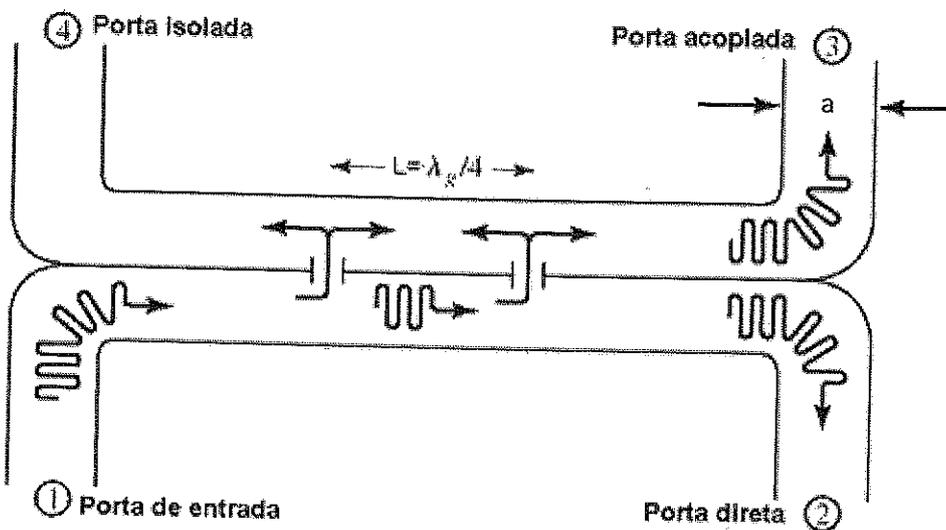
CONCURSO: CP-CEM/2015
NOME DO CANDIDATO:

Nº DA INSCRIÇÃO	DV	ESCALA DE	NOTA			USO DA DE _{EnsM}
			000 A 080			

CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS (VALOR: 80 PONTOS)

1ª QUESTÃO (8 pontos)

Um acoplador direcional é composto por dois trechos de guia de ondas metálicos de secção transversal retangular, preenchidos com ar, montados em paralelo, compartilhando a parede mais larga. O sinal do guia principal é acoplado ao outro guia por meio de dois furos, distanciados entre si por um quarto de comprimento de onda, guiado na frequência central da faixa de operação do guia de ondas. A figura abaixo apresenta a secção transversal desse acoplador.



Dados:

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

$$\lambda_g = \lambda / \sqrt{1 - \left(\frac{f_c}{f}\right)^2} \quad \lambda = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad \lambda_0 = \frac{c}{f} \quad 1,25 \cdot f_c(T E_{10}) < f < 1,9 \cdot f_c(T E_{10}) \text{ para } a/b \approx 2$$

- a) Sabendo que as dimensões da secção transversal do guia são $a=5$ cm e $b=2,5$ cm, calcule a frequência de corte do modo fundamental e dos próximos três modos que se propagam nesse mesmo corte. (2 pontos)

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2015

Continuação da 1ª questão

- b) Qual a faixa de frequência de operação recomendada para esse acoplador? (1 ponto)
- c) O que determina os limites inferior e superior da faixa de frequência recomendada para operação de guias de ondas retangulares? (1 ponto)
- d) Calcule a distância L entre os dois furos de acoplamento na frequência central da faixa de operação recomendada para esse acoplador. (2 pontos)
OBS: Adote como frequência central a média aritmética dos limites superior e inferior da faixa de operação do guia de ondas.
- e) Visando à miniaturização do acoplador, mas mantendo-se a mesma faixa de frequência de operação, os guias de onda foram preenchidos com material dielétrico com perdas desprezíveis e constante dielétrica relativa $\epsilon_r = 4$. Calcule as novas dimensões da seção transversal do guia nessas condições. (2 pontos)

Continuação da 1ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2015

Continuação da 1ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2015

2ª QUESTÃO (8 pontos)

A torre de uma Estação Rádio-Base (ERB) de telefonia celular transmite uma potência de 10 W na frequência de 1800 MHz. A antena da ERB está situada 50 m acima do solo e tem ganho de 6 dB. Um usuário está situado no nível do solo, a 100 m da base da Estação Rádio-Base, a antena do telefone celular do usuário tem ganho de 3 dB, e o solo da região entre o usuário e a ERB é plano.

Dados:

$$S_{\text{média}} = \frac{P_t}{4 \cdot \pi \cdot R^2} \quad (W/m^2) \quad P_t - \text{potência transmitida em Watts} \quad e \quad R - \text{distância em metros}$$

$$P_r = \frac{G_t \cdot G_r \cdot \lambda^2}{(4 \cdot \pi \cdot R)^2} \cdot P_t \quad (W); \quad \lambda = \frac{c}{f}; \quad f = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

G_t - ganho da antena de transmissão e G_r - ganho da antena de recepção

$$G_t(\text{dB}) = 10 \cdot \log(G_t); \quad G_r(\text{dB}) = 10 \cdot \log(G_r); \quad P_r(\text{dBm}) = 10 \cdot \log \frac{P_r(\text{mW})}{1 \text{mW}}$$

x	0,1	1	1,1	1,3	1,5	2	4	10	20
log(x)	-10	0	0,041	0,113	0,176	3	6	10	13

- Calcule a densidade média de potência a que fica exposto o usuário do telefone celular devido às ondas eletromagnéticas radiadas pela ERB. (2 pontos)
- Admitindo-se que o nível seguro para exposição contínua a ondas eletromagnéticas com frequência de 1800 MHz seja de 1 mW/cm², a saúde do usuário do telefone celular desta questão será prejudicada pela radiação da ERB? Justifique sua resposta. (1 ponto)
- Calcule a potência recebida pelo telefone celular do usuário, sabendo que ele está ao ar livre. O telefone celular recebe diretamente o sinal emitido pela ERB e despreze efeitos de reflexão no solo, difração, atenuação atmosférica, atenuação por chuva, etc. Forneça os resultados em mW e dBm. (3 pontos)

Continuação da 2ª questão

- d) Considere adicionalmente que o usuário está no interior de um edifício, recebendo o sinal direto emitido pela ERB através de uma parede de concreto que atenua o sinal recebido em 10 dB. Qual a potência recebida pelo usuário, em dBm e em mW? (2 pontos)

Continuação da 2ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2015

Continuação da 2ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2015

3ª QUESTÃO (8 pontos)

Uma tinta com perdas condutivas é utilizada para revestir um equipamento eletrônico, com o objetivo de reduzir a emissão de ondas eletromagnéticas por esse equipamento. As características da tinta são: condutividade $\sigma = 9 \cdot 10^4$ S/m, permissividade relativa $\epsilon_r = 2$ e permeabilidade relativa $\mu_r = 1$.

Dados:

$$E(z,t) = E_0 \cdot e^{-\alpha z} \cdot \cos(\omega t - \beta z) \quad (V/m)$$

$$\alpha = \omega \cdot \sqrt{\frac{\mu \cdot \epsilon}{2} \cdot \left[\sqrt{1 + \left(\frac{\sigma}{\omega \cdot \epsilon} \right)^2} - 1 \right]} \quad pN/m ; \quad \beta = \omega \cdot \sqrt{\frac{\mu \cdot \epsilon}{2} \cdot \left[\sqrt{1 + \left(\frac{\sigma}{\omega \cdot \epsilon} \right)^2} + 1 \right]} \quad (rad/m)$$

$$\omega = 2\pi \cdot f \quad \epsilon = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \quad \mu = \mu_r \cdot \mu_0 \quad \epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ F/m} \quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$$

- Calcule a constante de atenuação e o número de onda na frequência 100 kHz. (4 pontos)
- Uma onda eletromagnética propaga-se nessa tinta segundo o eixo +z, sem reflexões. Escreva a equação do campo elétrico dessa onda, sabendo que a amplitude do campo elétrico é 10 V/m e sua frequência é 100 kHz. (1 ponto)
- Calcule a espessura da tinta para que ela atenuo o campo elétrico descrito no item "b" em 100 vezes, reduzindo sua amplitude para 0,1 V/m. (2 pontos)

OBS: Para fins de cálculo, considere $\ln(100) = 4,6$.

- Deseja-se utilizar outra tinta condutiva para revestir a carcaça do equipamento com o objetivo de atenuar a onda incidente em 100 vezes, mas usando-se uma camada mais fina de tinta. O que se deve utilizar: um material com menor condutividade ou um com maior condutividade? Justifique sua resposta. (1 ponto)

Continuação da 3ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2015

Continuação da 3ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2015

4ª QUESTÃO (8 pontos)

A intensidade de radiação emitida por uma antena é dada por

$$U(\theta, \phi) = 100 \cdot \cos^4 \theta \cdot \sin^2 \phi \quad (W / \text{rad}^2) \quad \text{para } 0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2} \text{ e } 0 \leq \phi \leq 2\pi; \text{ e}$$

$$U(\theta, \phi) = 0 \quad \text{para demais valores de } \theta \text{ e } \phi.$$

Dados:

LFPM largura de feixe de meia potência

LFPM no plano de elevação: θ tal que $0,5.U_{MAX} \leq U(\theta, \phi) \leq U_{MAX}$ com ϕ na direção do máximo

LFPM no plano de azimute: ϕ tal que $0,5.U_{MAX} \leq U(\theta, \phi) \leq U_{MAX}$ com θ na direção do máximo

$$P_{rad} = \int_{\phi=0}^{2\pi} \int_{\theta=0}^{\pi} U(\theta, \phi) \cdot \sin \theta \cdot d\theta \cdot d\phi$$

$$D(\theta, \phi) = \frac{4\pi U(\theta, \phi)}{P_{rad}} \quad D_{MAX}(dB) = 10 \log(D_{MAX})$$

$$\int \cos^n(x) \sin(x) dx = -\frac{\cos^{n+1}(x)}{n+1} \quad \int \sin^2(x) dx = \frac{x}{2} - \frac{\sin(2x)}{4}$$

- Qual o valor máximo da intensidade de radiação e em que ângulos de elevação (θ) e de azimute (ϕ) esse máximo ocorre? (1 ponto)
- Calcule a largura de feixe de meia potência (LFMP) da antena no plano de elevação (θ). (2 pontos)
- Calcule a largura de feixe de meia potência (LFMP) da antena no plano de azimute (ϕ). (2 pontos)
- Calcule a potência total radiada pela antena. (2 pontos)
- Qual a equação da diretividade da antena e seu valor máximo em dB? (1 ponto)

Continuação da 4ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2015

Continuação da 4ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2015

5ª QUESTÃO (8 pontos)

Um sinal de áudio tem uma largura de banda de 20 kHz. Esse sinal é amostrado, quantizado e codificado para obter um sinal PCM.

- a) Determine a taxa de amostragem se o sinal é amostrado a uma taxa 40% acima da taxa de Nyquist - R_N . (2 pontos)
- b) Sabendo que as amostras são quantizadas em $L = 1024$ níveis, determine n , isto é, o número de pulsos binários (bits) requeridos para codificar cada amostra. (2 pontos)
- c) Determine a taxa de pulso binário (bits por segundo) do sinal codificado, utilizando a taxa de amostragem calculada no item "a". (2 pontos)
- d) Qual é a mínima largura de banda (B_T) requerida para transmitir esse sinal em banda básica. (2 pontos)

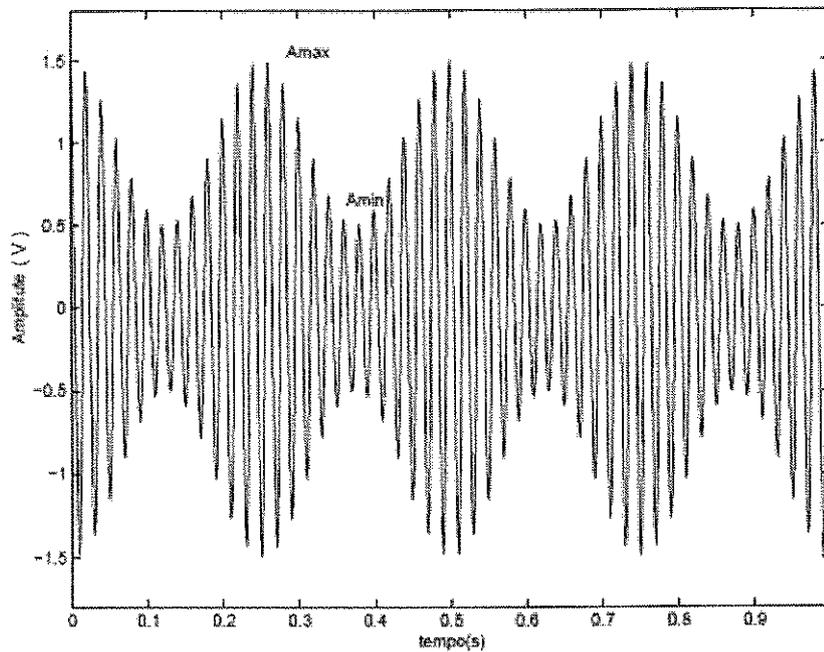
Continuação da 5ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2015

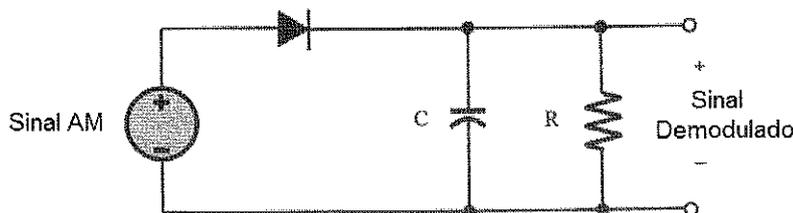
6ª QUESTÃO (8 pontos)

A figura abaixo mostra um gráfico que representa um sinal modulado em AM, $\varphi_{AM}(t)$, no domínio do tempo, sendo $\varphi_{AM}(t) = [A + m(t)]\cos(\omega_c \cdot t)$ (V)



- a) Considerando o gráfico, determine aproximadamente as frequências do sinal de informação e da portadora. (2 pontos)
- b) Considerando o gráfico, determine o índice de modulação μ . (2 pontos)
- c) Desenhe o espectro em frequência do sinal $\varphi_{AM}(t)$, indicando as amplitudes e as frequências da portadora e das raiais de modulação. (2 pontos)

A figura a seguir apresenta um circuito de demodulação utilizado para detectar o sinal modulante $m(t)$.



- d) Explique sucintamente como funciona o circuito de demodulação. (1 ponto)

Continuação da 6ª questão

- e) Quais os critérios para projetar a frequência de corte do filtro passa-baixas do demodulador, constituído pelo circuito R-C da figura? (1 ponto)

Continuação da 6ª questão

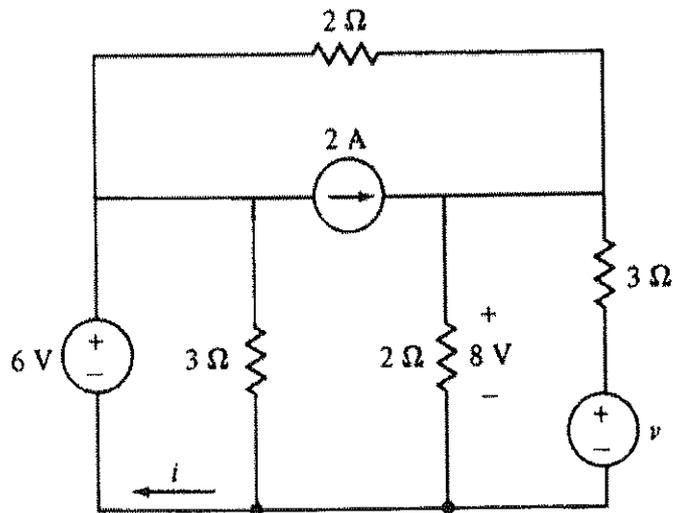
Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2015

7ª QUESTÃO (8 pontos)

Dado o circuito elétrico da figura abaixo, calcule:

- a) O valor da corrente i . (4 pontos)
- b) O valor da tensão v . (4 pontos)



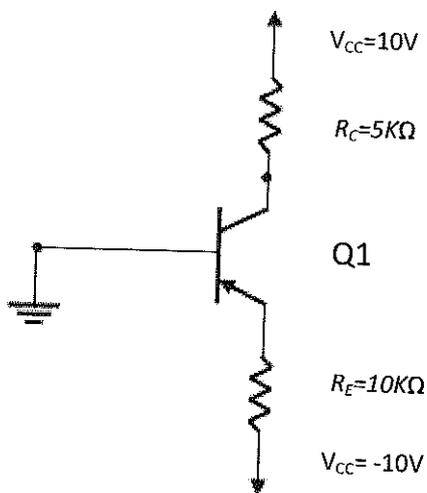
Continuação da 7ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2015

8ª QUESTÃO (8 pontos)

Observe o circuito abaixo.



$V_E =$

$V_C =$

$I_C =$

$I_E =$

$I_B =$

Calcule os valores de corrente e tensões do circuito no ponto de polarização quiescente do Transistor Q1: V_C , V_E , I_C , I_E , I_B .

Dados:

- 1) Para o circuito acima considere os parâmetros $V_{BE} = 0,7V$, $\beta = 50$.
- 2) Os índices C, B e E referem-se, respectivamente, a coletor, base e emissor.

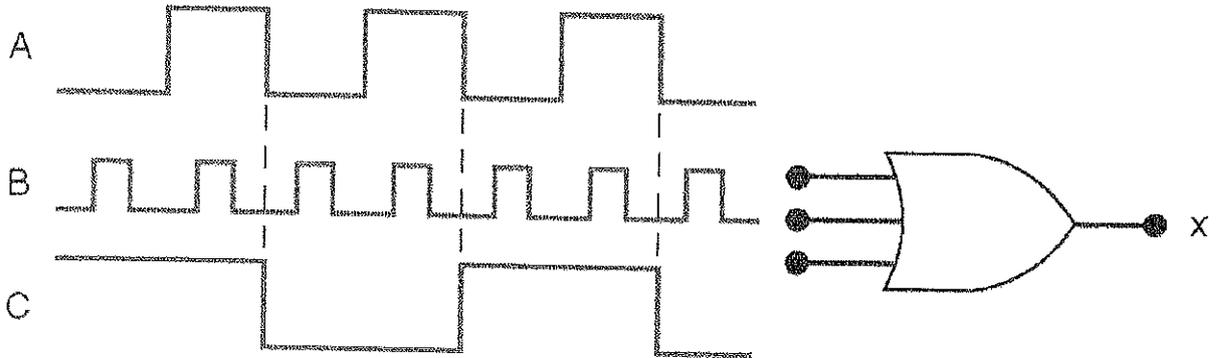
Continuação da 8ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2015

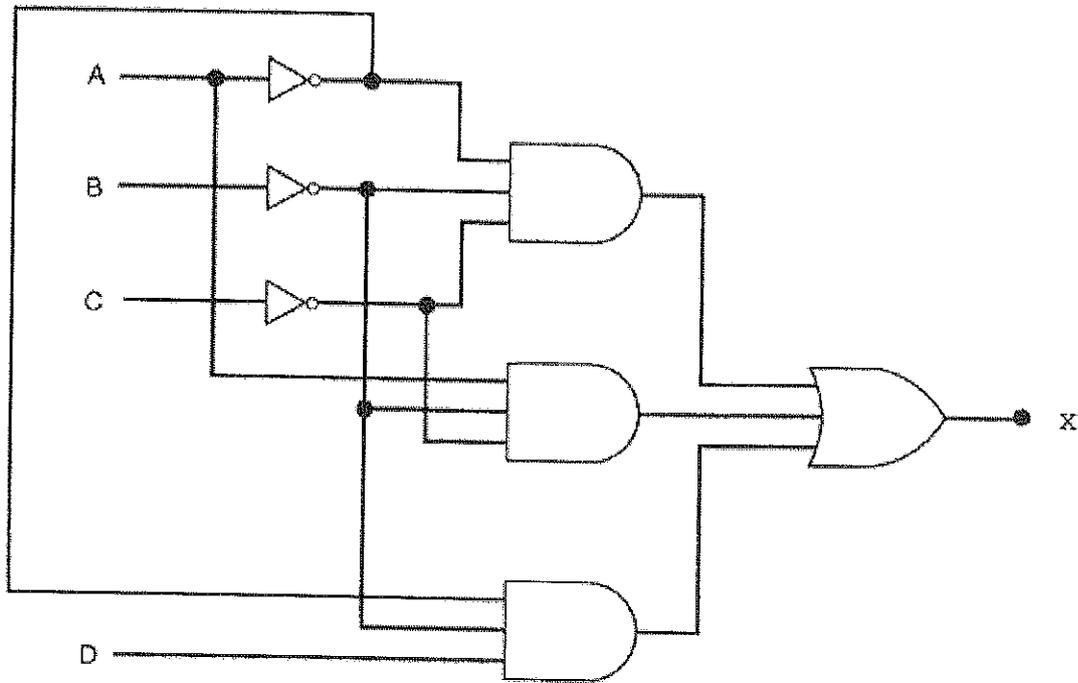
9ª QUESTÃO (8 pontos)

- a) Dado o circuito combinatório da figura abaixo, desenhe a forma de onda no ponto X: (4 pontos)



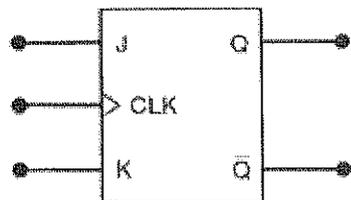
Continuação da 9ª questão

- b) Dado o circuito combinatório da figura abaixo, escreva a função booleana para a saída X. (4 pontos)

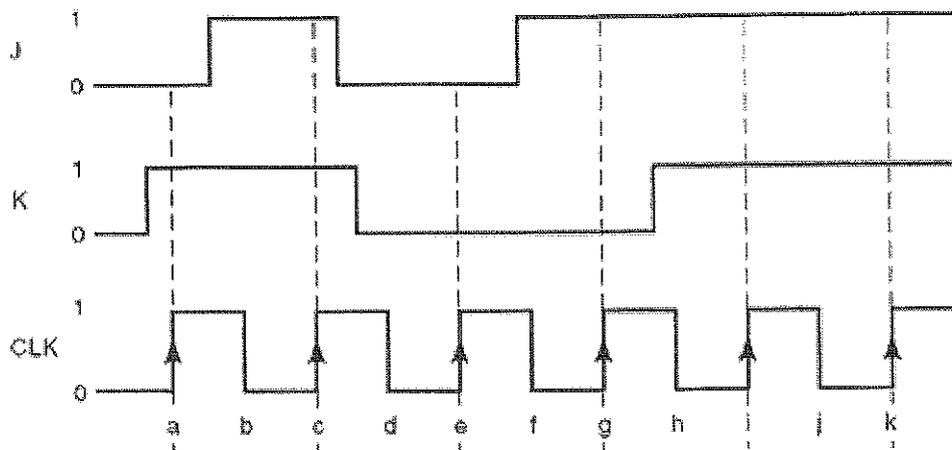


10ª QUESTÃO (8 pontos)

a) Dado o circuito da figura abaixo, desenhe a forma de onda para o sinal de saída Q. (8 pontos)



(a)



Continuação da 10ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2015