

MARINHA DO BRASIL  
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

CONCURSO PÚBLICO PARA INGRESSO NO CORPO DE ENGENHEIROS DA  
MARINHA (CP-CEM/2018)

**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 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 PERMITIDA A UTILIZAÇÃO DE CALCULADORA PADRÃO NÃO CIENTÍFICA E DE RÉGUA SIMPLES.

**NÃO DESTACAR A PARTE INFERIOR**

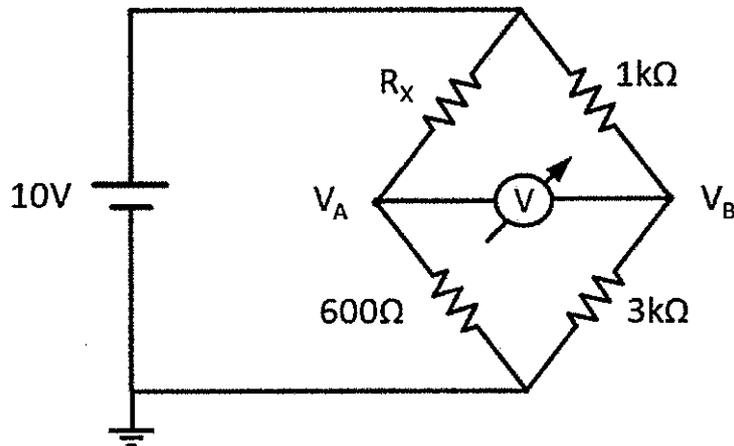
RUBRICA DO PROFESSOR	ESCALA DE	NOTA			USO DA DE <sub>ns</sub> M
	000 A 080				

CAMPOS PREENCHIDOS PELOS CANDIDATOS	CONCURSO: CP-CEM/2018									
	NOME DO CANDIDATO:									
	Nº DA INSCRIÇÃO		DV	ESCALA DE	NOTA			USO DA DE <sub>ns</sub> M		
			000 A 100							

CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS (VALOR: 80 PONTOS)

1ª QUESTÃO (8 pontos)

Analise o circuito mostrado a seguir.



Considere o voltímetro ideal e faça o que se pede.

- Determine o valor de  $R_x$  de tal forma que a tensão medida pelo voltímetro seja nula. (3,0 pontos)
- Supondo que houve uma variação de  $-5\%$  no valor de  $R_x$ , qual será valor de tensão indicado no voltímetro? (2,5 pontos)
- Supondo que a potência máxima do resistor  $R_x$  seja de  $100\text{mW}$ , qual será a máxima tensão da fonte permitida? Considere o valor de  $R_x$  calculado no item a. (2,5 pontos)

Continuação da 1ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2018

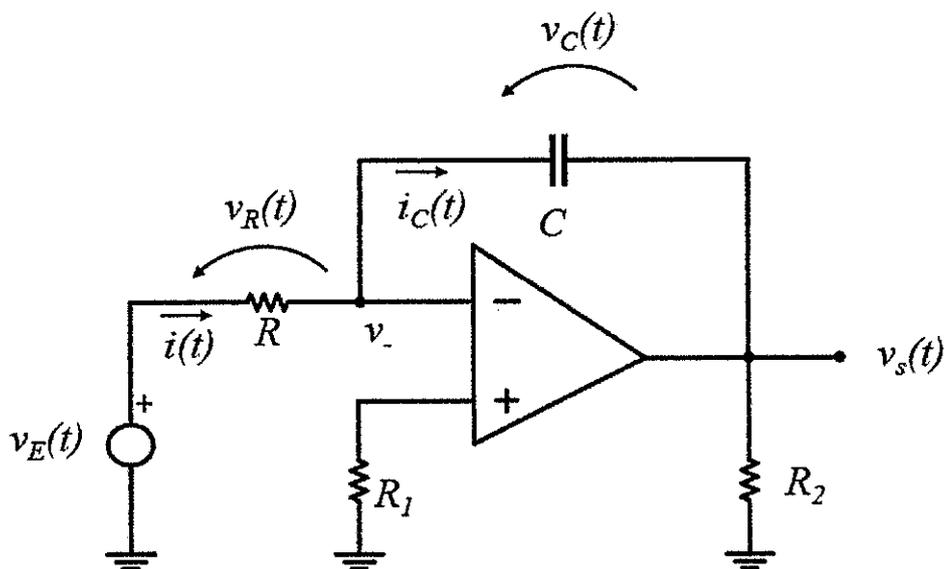
Continuação da 1ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2018

2ª QUESTÃO (8 pontos)

Analise o circuito a seguir.



Dados:

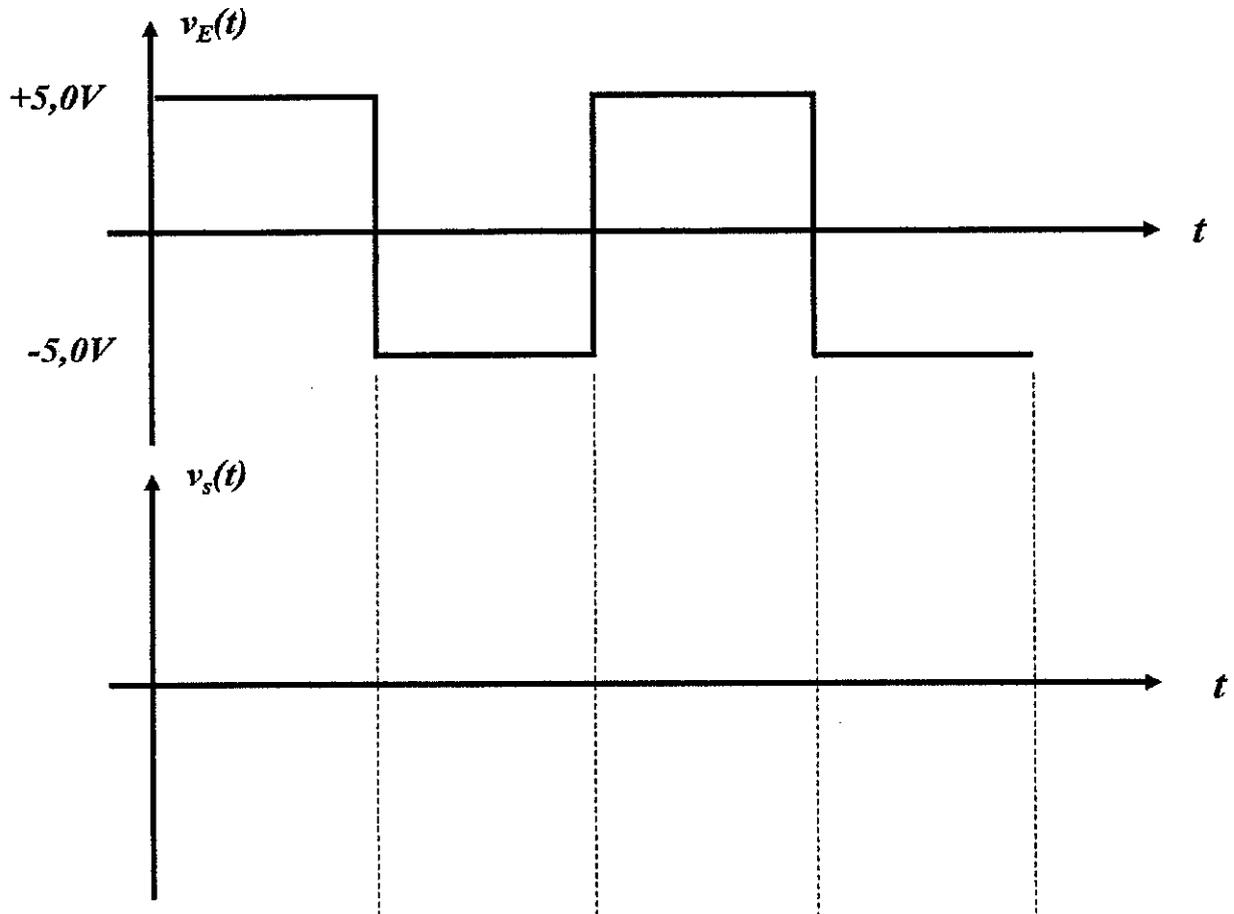
- O amplificador operacional é ideal.
- A tensão de entrada,  $v_E(t)$ , é uma onda quadrada com amplitude de 10V pico a pico, sem offset, frequência de 1kHz, conforme mostrada no gráfico.
- $R = 1\text{k}\Omega$ ;  $R_1=R_2 = 10\text{k}\Omega$ ;  $C=0,5\mu\text{F}$

Faça o que se pede.

- a) Desenhe a forma de onda da tensão de saída,  $v_S(t)$ , utilizando o gráfico fornecido. Indique as escalas (tensão e tempo). Considere que o circuito encontra-se em regime. Apresente os cálculos, justificando a resposta. (4,0 pontos)
- b) Determine os valores de tensão máxima e de tensão mínima de saída do circuito ( $v_{S\_max}$  e  $v_{S\_min}$ ) (4,0 pontos)

Continuação da 2ª questão

Gráfico:



Continuação da 2ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2018

Continuação da 2ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2018

**3ª QUESTÃO (8 pontos)**

Analise o circuito digital mostrado na figura a seguir.

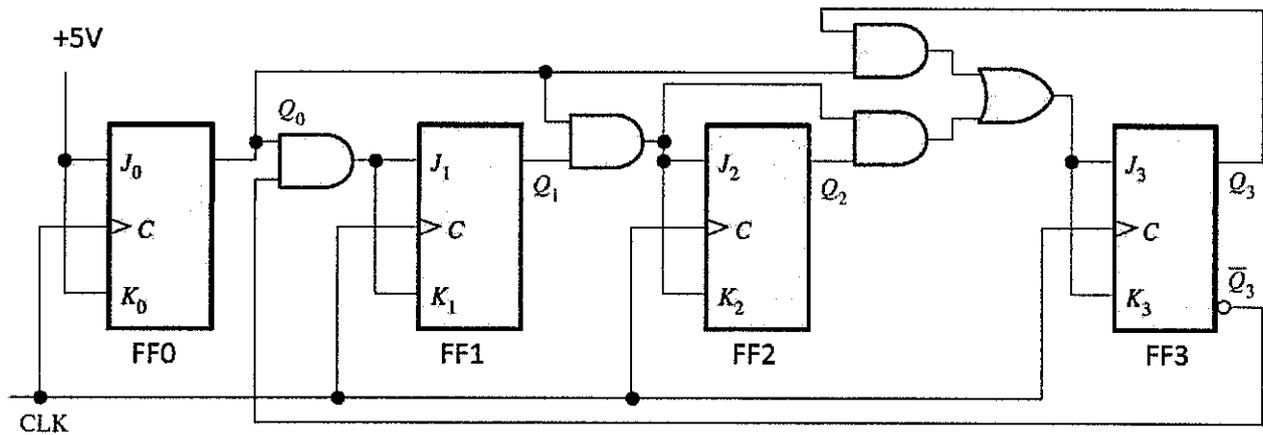


Figura - Circuito Digital

O comportamento do Flip-Flop tipo J-K é o seguinte:

ENTRADAS			SAÍDAS		COMENTARIOS
J	K	CLK	Q	$\bar{Q}$	
0	0	↑	$Q_0$	$\bar{Q}_0$	Repouso
0	1	↑	0	1	RESET
1	0	↑	1	0	SET
1	1	↑	$\bar{Q}_0$	$Q_0$	Toggle

↑ = Transição do clock do nível BAIXO para o ALTO.  
 $Q_0$  = Nível da saída antes da transição do clock.

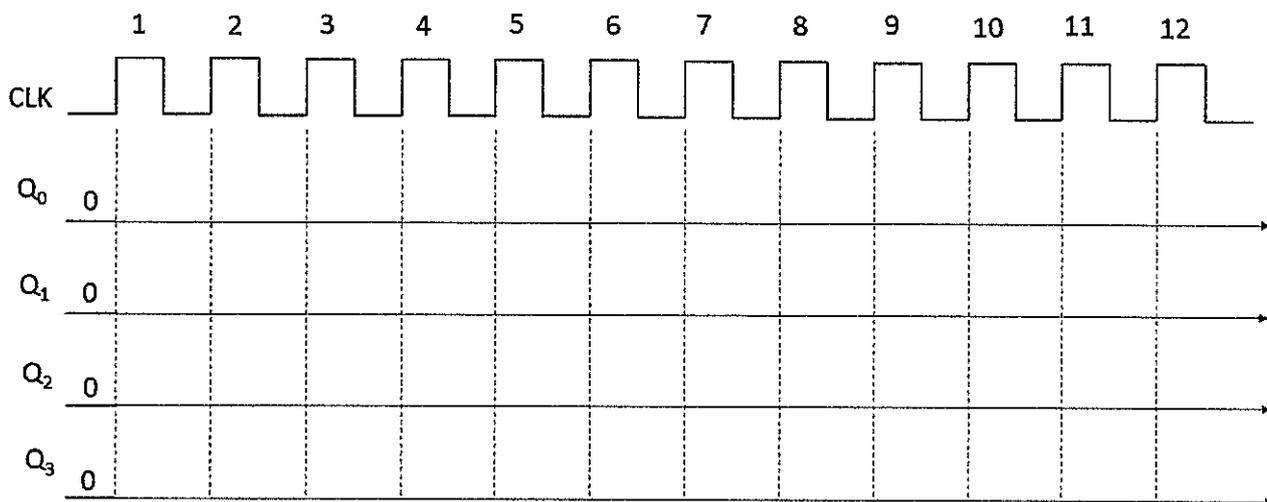
Considere que o estado inicial dos flip-flop (FF0 ~ FF3) é o seguinte:  $Q_0 = Q_1 = Q_2 = Q_3 = 0V$ .

Faça o que se pede.

- Desenhe as formas das saídas do circuito digital, utilizando o gráfico fornecido (6 pontos)
- Qual a função desse circuito digital? (2 pontos)

Continuação da 3ª questão

Gráfico - Saídas do circuito digital



Continuação da 3ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2018

4ª QUESTÃO (8 pontos)

Analise o circuito RLC mostrado na figura a seguir.

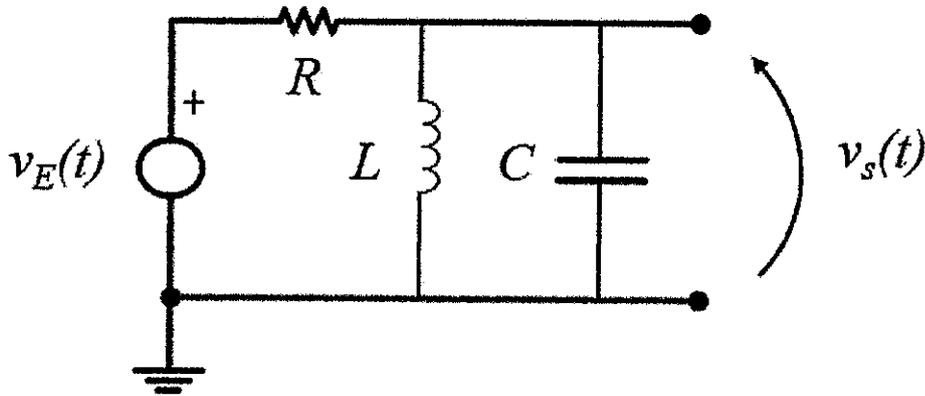
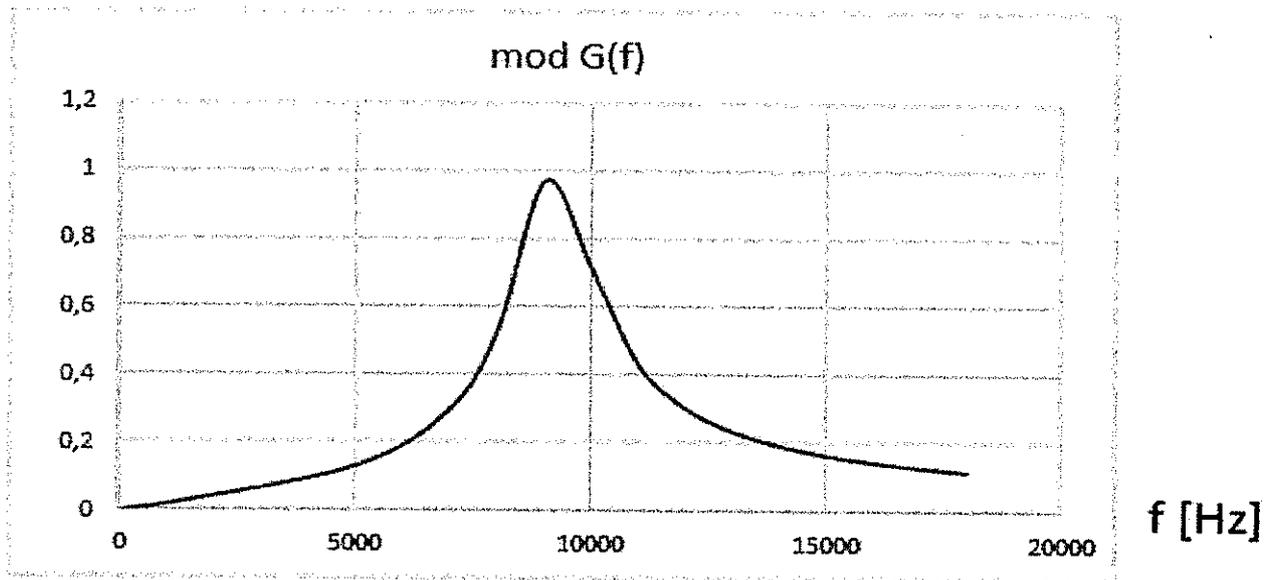


Gráfico da Resposta em Frequência - Módulo do ganho x frequência

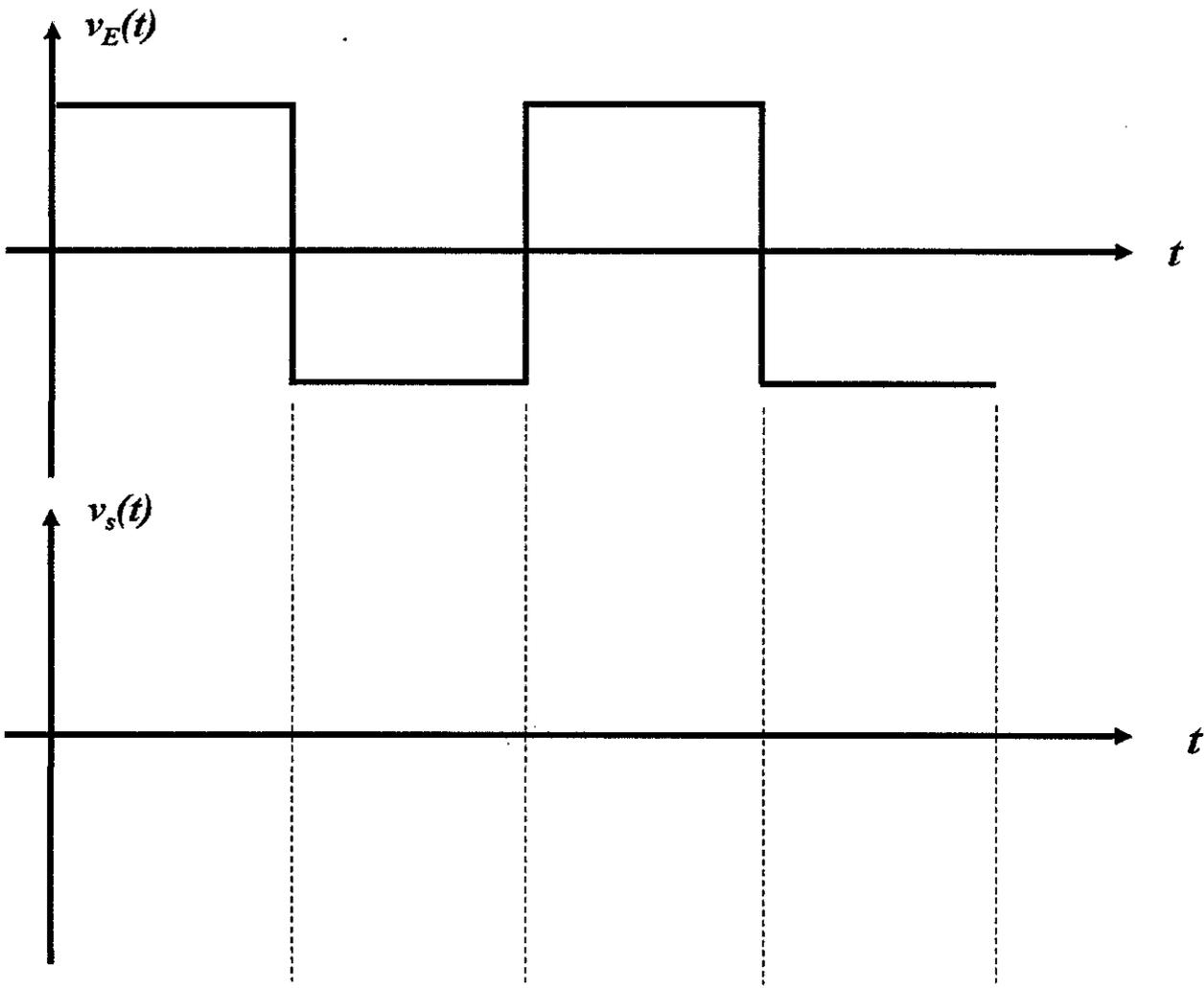


Faça o que se pede.

- Determine a impedância equivalente desse circuito, no domínio de Laplace, visto pelo gerador. (2 pontos)
- Determine, do gráfico de resposta em frequência, a frequência de ressonância e a banda de passagem do circuito. (3 pontos)

**Continuação da 4ª questão**

c) Esboce a forma de onda de saída desse circuito,  $v_s(t)$ , em regime, considerando que o sinal do gerador,  $v_E(t)$ , é uma onda quadrada simétrica, com frequência próximo à frequência de ressonância e justifique a resposta. Utilize o gráfico fornecido. (3 pontos)



Continuação da 4ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2018

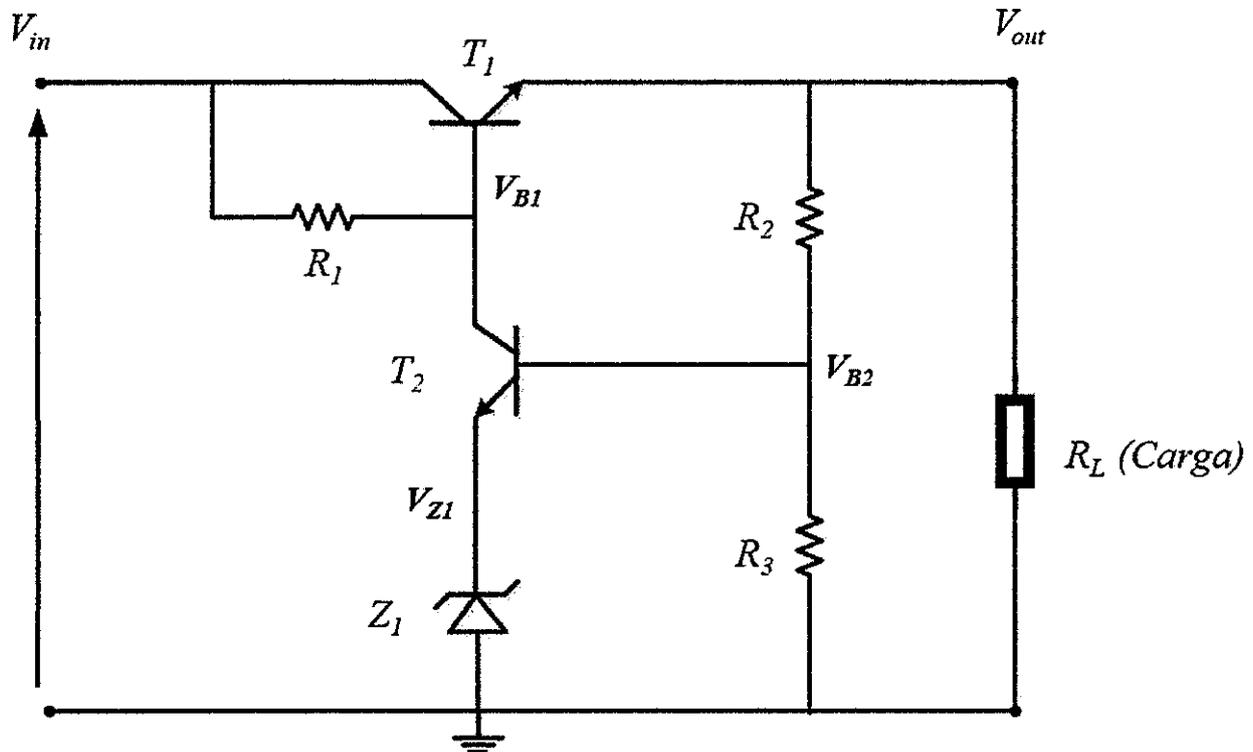
Continuação da 4ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2018

5ª QUESTÃO (8 pontos)

Analise o circuito a seguir.



Dados:

- Ganho de corrente dos transistores  $T_1$  e  $T_2$ :  $\beta = 100$
- Tensão base-emissor dos transistores  $T_1$  e  $T_2$ :  $V_{BE} = 0,6V$ .
- Tensão do diodo zener:  $V_{Z1} = 2,4V$  ( $10 \text{ mA} \leq I_{Z1} \leq 100 \text{ mA}$ )
- Tensão de entrada:  $V_{in} = 15V$
- Tensão de saída:  $V_{out} = 10V$
- Resistências:  $R_1 = 100 \Omega$  e  $R_3 = 3k \Omega$
- Carga:  $R_L = 8\Omega$

Faça o que se pede.

- Determine o valor da resistência  $R_2$ . (2,0 pontos)
- Determine a potência dissipada pelo diodo Zener. (2,0 pontos)
- Determine a potência dissipada pelos transistores  $T_1$  e  $T_2$ . (2,0 pontos)
- Qual a tensão mínima de entrada,  $V_{in}$ , de modo que a tensão de saída  $V_{out}$  permaneça em 10V? (2,0 pontos)

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2018

Continuação da 5ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2018

Continuação da 5ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2018

**6ª QUESTÃO (8 pontos)**

Um túnel longo utilizado para tráfego de veículos automotores tem secção transversal retangular de 12 m x 6 m. A fim de estudar a propagação de sinais eletromagnéticos, este túnel foi modelado de forma simplificada como um guia de ondas retangular com paredes condutivas perfeitas e preenchido por ar ( $\epsilon_r = 1$ ).

Dados:

Modos $TE_{mn}$ : $f_c = \frac{v}{2} \sqrt{\left(\frac{m}{a}\right)^2 + \left(\frac{n}{b}\right)^2}$ sendo $m = 0,1,2,3, \dots$ , $n = 0,1,2,3, \dots$ ( $m+n \neq 0$ )
Modos $TM_{mn}$ : $f_c = \frac{v}{2} \sqrt{\left(\frac{m}{a}\right)^2 + \left(\frac{n}{b}\right)^2}$ sendo $m = 1,2,3, \dots$ , $n = 1,2,3, \dots$
$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}}$ <span style="margin-left: 150px;"><math>c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}</math></span>

Faça o que se pede.

- Calcule as frequências de corte dos quatro primeiros modos que se propagam nesse guia de ondas e indique todos os respectivos modos de propagação (TE e/ou TM) de cada uma dessas frequências de corte. (4 pontos)
- Sinais de rádio AM, com frequências na faixa 535 KHz a 1.700 KHz, propagam-se nesse túnel? Justifique sua resposta. (1 ponto)
- Sinais de rádio FM, com frequências entre 88 MHz e 108 MHz, propagam-se nesse túnel? Justifique sua resposta. (1 ponto)
- Admita que um sinal de 26 MHz propague-se nesse túnel. Quais os modos de propagação desse sinal? (1 ponto)
- O que ocorre com esse sinal à medida que percorre o túnel, sabendo-se que este é longo e que suas paredes têm perdas condutivas elevadas? Justifique sua resposta. (1 ponto)

Continuação da 6ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2018

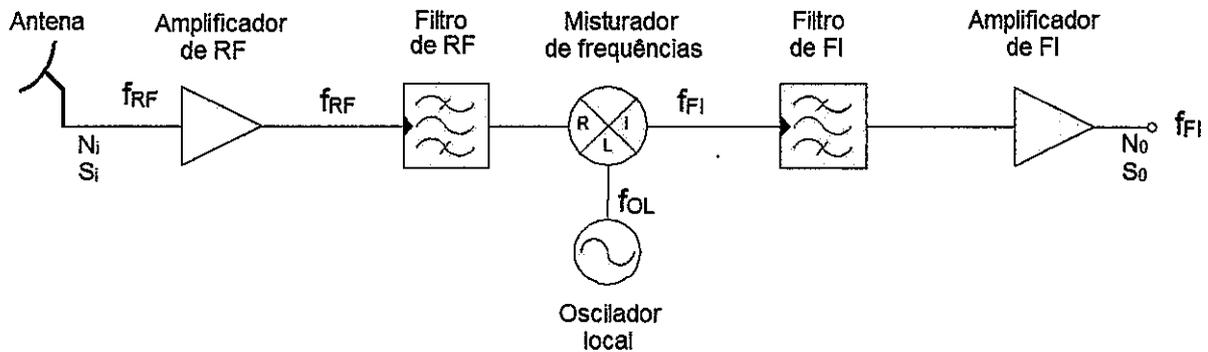
Continuação da 6ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2018

**7ª QUESTÃO (8 pontos)**

A figura a seguir apresenta o diagrama de blocos de um receptor.



As tabelas abaixo apresentam as características dos componentes do receptor e as especificações do sistema.

Componente	Ganho	Figura de Ruído
Amplificador de RF	20 (13 dB)	1,258 (1 dB)
Filtro de RF	0,891 (-0,5 dB)	1,122 (0,5 dB)
Misturador de frequências	0,316 (-5 dB)	3,98 (6 dB)
Filtro de FI	0,794 (-1 dB)	1,256 (1 dB)
Amplificador de FI	50 (17 dB)	1,778 (2,5 dB)

Frequência de RF	23 GHz
Frequência de FI	200 MHz
Banda do sistema	300 MHz
Potência de entrada	$10^{-4}$ mW (-40 dBm)

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
 Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2018

**Continuação da 7ª questão**

Dados:

$F = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 G_2} + \dots + \frac{F_n - 1}{G_1 G_2 \dots G_{n-1}}$ <p><math>F_i</math> e <math>G_i</math>: valores numéricos (e não em dB)</p>	$F = 1 + T_e/T_0, \text{ sendo } T_0 = 290 \text{ K}$
$T_e = T_{e1} + \frac{T_{e2}}{G_1} + \frac{T_{e3}}{G_1 G_2} + \dots + \frac{T_{en}}{G_1 G_2 \dots G_{n-1}}$	$N_i = k \cdot B \cdot T_A$ $N_0 = k \cdot B \cdot (T_A + T_{REC}) \cdot G_{REC}$ <p>(Em W usando o Sistema Internacional de unidades)</p>
$1 \text{ KHz} = 10^3 \text{ Hz} \quad 1 \text{ MHz} = 10^6 \text{ Hz} \quad 1 \text{ GHz} = 10^9 \text{ Hz}$	
$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$	

Faça o que se pede.

- Qual deve ser a frequência do oscilador local do receptor, sabendo-se que esta é menor que a frequência de RF? (1 ponto)
- Calcule o ganho total ( $G_{REC}$ ) e a potência sinal de saída ( $S_0$  em mW) do receptor. (1 ponto)
- Calcule a figura de ruído ( $F_{REC}$ ) do receptor. (2 pontos)
- Que componente do diagrama de blocos do receptor tem maior impacto na figura de ruído desse receptor e por quê? (1 ponto)
- Qual é a temperatura de ruído do receptor ( $T_{REC}$ )? (1 ponto)
- Sabendo-se que a temperatura de ruído da antena é 200 K, qual a potência de ruído ( $N_i$ ) que a antena entrega ao receptor? (1 ponto)
- Qual é a relação sinal-ruído ( $S_0/N_0$ ) na saída do receptor? (1 ponto)

Continuação da 7ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2018

Continuação da 7ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2018

### 8ª QUESTÃO (8 pontos)

Um satélite de órbita média transmite um sinal de 7,5 GHz e de 40 W, por meio de uma antena com ganho de 2.000 (ou 33 dB). Uma estação terrestre encontra-se a uma distância de  $(10.000/\pi)$  km desse satélite, e recebe o sinal do satélite por meio de uma antena com polarização casada com a antena do satélite. Para recepção adequada do sinal transmitido pelo satélite, o receptor da estação terrestre deve receber no mínimo  $10^{-12}$  W.

Dados:

Ganho de potência em dB:

$$G(\text{dB}) = 10\log(G)$$

Potência em dBW:

$$P(\text{dBW}) = 10\log [P(\text{W})/1 \text{ W}]$$

$$P_r = P_t G_t G_r \lambda^2 / (4\pi R)^2$$

Equação de  
transmissão de  
Friis

$$P_r(\text{dBm}) = G_t(\text{dB}) + G_r(\text{dB}) + P_t(\text{dBm}) - 10\log\left(\frac{4\pi R}{\lambda}\right)^2$$

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

Ganho da antena

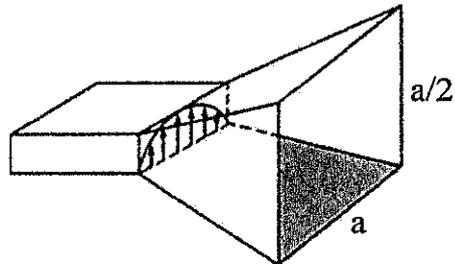
$$G \approx \frac{4\pi}{\lambda^2} \cdot A_{ef}$$

Faça o que se pede.

- Uma antena com ganho de 100 (ou 20 dB) foi instalada na estação terrestre para receber o sinal do satélite. Verifique se a potência recebida atende aos requisitos do receptor. (3 pontos)
- Calcule a potência entregue ao receptor da estação terrestre na condição de chuva com índice pluviométrico que provoca atenuação de 2,5 dB/km do sinal do satélite. Assuma que o sinal do satélite percorre um trecho da atmosfera de 4 km com chuva. (2 pontos)

**Continuação da 8ª questão**

- c) A estação terrestre utiliza uma antena em guia de ondas tipo corneta com abertura retangular, sendo a maior dimensão "a" e a menor dimensão "a/2", como mostrado na figura a seguir. Calcule qual deve ser o valor de "a" de modo que essa antena tenha ganho 100 (ou 20 dB) na frequência de operação do sistema. (3 pontos)



Continuação da 8ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2018

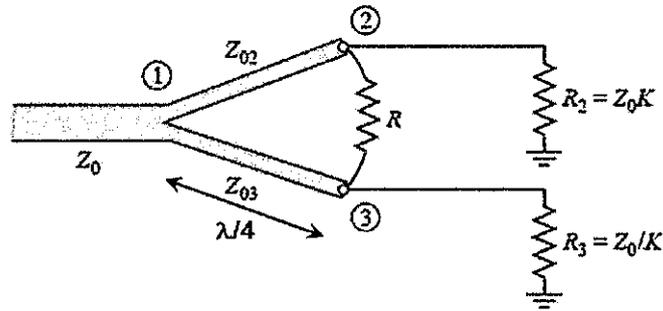
Continuação da 8ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2018

**9ª QUESTÃO (8 pontos)**

Um divisor de potência de Wilkinson assimétrico divide a potência de entrada  $P_1$  desigualmente entre duas saídas, entregando a essas saídas as potências  $P_2$  e  $P_3$  de modo que a relação entre elas é  $P_3/P_2 = K^2 = 4$ . O divisor opera em sistemas com  $Z_0 = 50 \Omega$ , e será fabricado usando cabos coaxiais. A seguir são fornecidos o circuito esquemático desse divisor de potência e as equações de projeto desse circuito, de cabos coaxiais.



Divisor de Wilkinson	$K^2 = \frac{P_3}{P_2}$	$R = Z_0 \left( K + \frac{1}{K} \right)$
	$R_2 = Z_0 \cdot K$	$R_3 = Z_0 / K$
	$Z_{03} = Z_0 \sqrt{\frac{1 + K^2}{K^3}}$	$Z_{02} = K^2 \cdot Z_{03}$
Cabos coaxiais	$Z_{0coaxial} = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_r}} \cdot \ln \left( \frac{b}{a} \right) (\Omega)$	$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r} \cdot f} \quad c = 3 \cdot 10^{11} \text{ mm/s}$

Continuação da 9ª questão

x	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
e <sup>x</sup>	1,65	2,72	4,48	7,39	12,18	20,08	33,11	54,60	90,01	148,41

Faça o que se pede.

- a) Calcule os valores das impedâncias características dos braços do divisor de potência,  $Z_{02}$  e  $Z_{03}$ , e da resistência  $R$  conectada entre esses braços. (3 pontos)
- b) Determine as resistências  $R_2$  e  $R_3$  das saídas desse divisor de Wilkinson assimétrico. (1 ponto)
- c) Considere que o divisor de potência será fabricado usando-se cabos coaxiais com condutor central de diâmetro  $a = 4$  mm, preenchido com dielétrico de constante dielétrica  $\epsilon_r = 2,25$ . Calcule o diâmetro dos condutores externos de modo a se obter as impedâncias características  $Z_{02}$  e  $Z_{03}$  dos braços do divisor de potência. Aproxime seus cálculos usando o valor mais conveniente da tabela de exponenciais fornecida no enunciado da questão. (3 pontos)
- d) Calcule o comprimento dos braços do divisor de potência. (1 ponto)

Continuação da 9ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

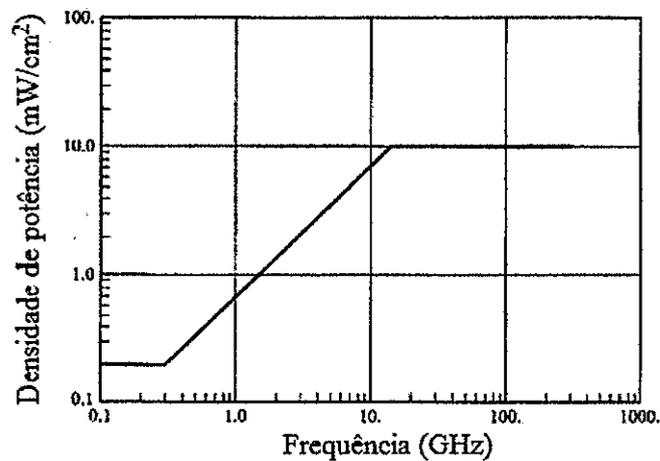
Concurso: CP-CEM/2018

10ª QUESTÃO (8 pontos)

Um forno de micro-ondas defeituoso tem um vazamento de potência de 2.000 mW, irradiando igualmente em todas as direções um sinal de 2,45 GHz.

Dados:

$$S_{AVG} = \frac{P_t G_t}{4\pi R^2}$$



Limites seguros para exposição contínua à radiação eletromagnética de acordo com as normas norte-americanas

### Continuação da 10ª questão

Faça o que se pede.

- a) Para estudar a radiação do forno em seus arredores, esse forno foi modelado como transmissor que irradia 2.000 mW através de uma antena. Que valor deve ser atribuído ao ganho da antena desse modelo? (2 pontos)
- b) Calcule a densidade média de potência em mW/cm<sup>2</sup> a que ficam expostas pessoas localizadas ao redor desse forno, a distâncias de 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40cm e 50 cm. (4 pontos)
- c) Usando o gráfico fornecido de limite seguro para exposição contínua à radiação eletromagnética, verifique qual o limite de densidade de potência para exposição segura em 2,45 GHz e estime qual é a mínima distância segura que as pessoas devem manter em relação ao forno. (2 pontos)

Continuação da 10ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Concurso: CP-CEM/2018