

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

**ENGENHARIA ELETRÔNICA**

**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 E DE RÉGUA SIMPLES.**

**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)**

Dois indutores e um capacitor estão fixos em uma caixa, sendo possível acessar apenas seus terminais. O primeiro indutor vale  $1H$  e possui os terminais A e B, o segundo indutor vale  $4H$  e possui os terminais C e D e o capacitor de  $1 \mu F$  possui os terminais E e F. Entre A e F conectou-se a associação de um gerador senoidal (com amplitude fixa, mas com frequência ajustável) em série com um resistor de valor desconhecido. Em seguida, 2 montagens diferentes foram realizadas:

Montagem 1 - conectaram-se os terminais B com C e D com E, sendo anotada a frequência  $f_1$  que gerou a máxima tensão eficaz no resistor.

Montagem 2 - conectaram-se os terminais B com D e C com E, sendo anotada a frequência  $f_2$  que gerou a máxima tensão eficaz no resistor.

Constatou-se que  $f_1$  resultou o dobro de  $f_2$ . Com base nessas informações, determine:

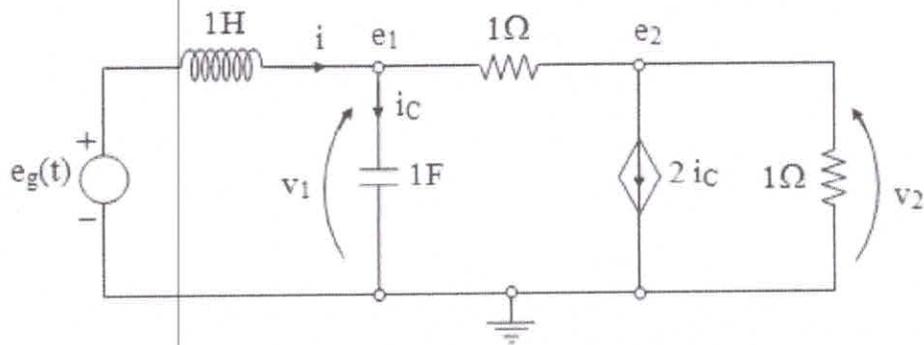
- a) O valor do coeficiente de acoplamento entre as bobinas fixas. (5 pontos)
- b) O valor máximo possível da frequência angular (em rad/s) onde ocorre a máxima tensão eficaz no resistor, caso pudéssemos alterar a posição relativa dos indutores, bem como escolher uma das montagens acima. (3 pontos)

Continuação da 1ª questão

Continuação da 1ª questão

2ª QUESTÃO (8 pontos)

Analise o circuito da figura abaixo.



Sabendo que  $e_g(t) = 2 \sin(t)$  (V, s);  $v_1(0^-) = 2V$ ;  $i(0^-) = 1A$ , faça o que se pede.

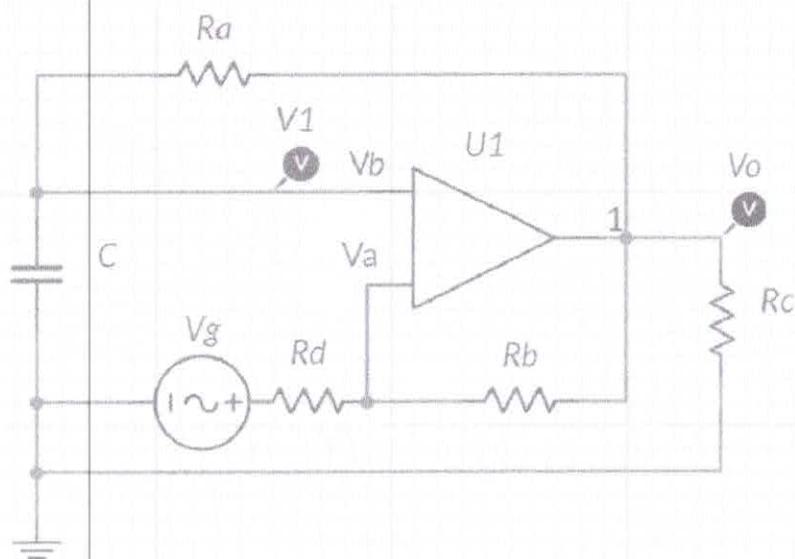
- Escreva a equação matricial de análise nodal no domínio de Laplace. (4 pontos)
- Determine  $V_2(s)$ , indicando as parcelas correspondentes à resposta livre e à resposta forçada do circuito, ambas no domínio de Laplace. (4 pontos)

Continuação da 2ª questão

Continuação da 2ª questão

### 3ª QUESTÃO (8 pontos)

A figura abaixo mostra um circuito contendo um gerador de funções, um amplificador operacional (ampop tipo 741 com ganho intrínseco  $A_o=10000$ ), resistores ( $R_a$ ,  $R_b$ ,  $R_c$  e  $R_d$ ) e um capacitor  $C$ .  $V_a$  e  $V_b$  são as tensões de entrada no ampop,  $V_g$  é a tensão fornecida pelo gerador de funções e  $V_o$  é a tensão de saída do ampop. O ampop é alimentado por uma fonte simétrica de +12V, 0V(comum) e -12V, estando o comum aterrado. Quando o circuito é energizado (condição inicial para  $t = 0s$ ), a tensão no capacitor é nula ( $V_c = 0V$ ) e a saída  $V_o$  possui uma pequena tensão positiva ( $V_o > 0V$ ).



**Figura A - Circuito com amplificador operacional.**

Com base nas informações acima, faça o que se pede.

- Determine a equação da tensão  $V_a$  em função da tensão de saída  $V_o$  do ampop e da tensão do gerador de funções  $V_g$ . (1 ponto)
- Determine a equação da tensão  $V_b$  em função da tensão de saída  $V_o$  do ampop. (1 ponto)
- Descreva como o circuito funciona se  $V_a$  estiver ligado na entrada não-inversora e  $V_b$  estiver ligada na entrada inversora do ampop. (0,5 ponto)
- em relação ao item "c", quais serão os parâmetros para caracterizar esse circuito? (2 pontos)

**Continuação da 3ª questão**

- d) Descreva como o circuito funciona se  $V_a$  estiver ligado na entrada inversora e  $V_b$  estiver ligada na entrada não-inversora do ampop. (0,5 ponto)
- d1) em relação ao item "d", quais serão os parâmetros para caracterizar esse circuito. (2 pontos)
- e) Explique a função do gerador de funções nas condições do item "c". (0,5 ponto)
- f) Explique a função do gerador de funções nas condições do item "d". (0,5 ponto)

Continuação da 3ª questão

Continuação da 3ª questão

#### 4ª QUESTÃO (8 pontos)

A figura A mostra um circuito que contém resistores R1 a R4, Leds (LED1 a LED4) emitindo as cores vermelho (LED1), verde (LED2), azul (LED3) e branco (LED4), e uma fonte DC programável.

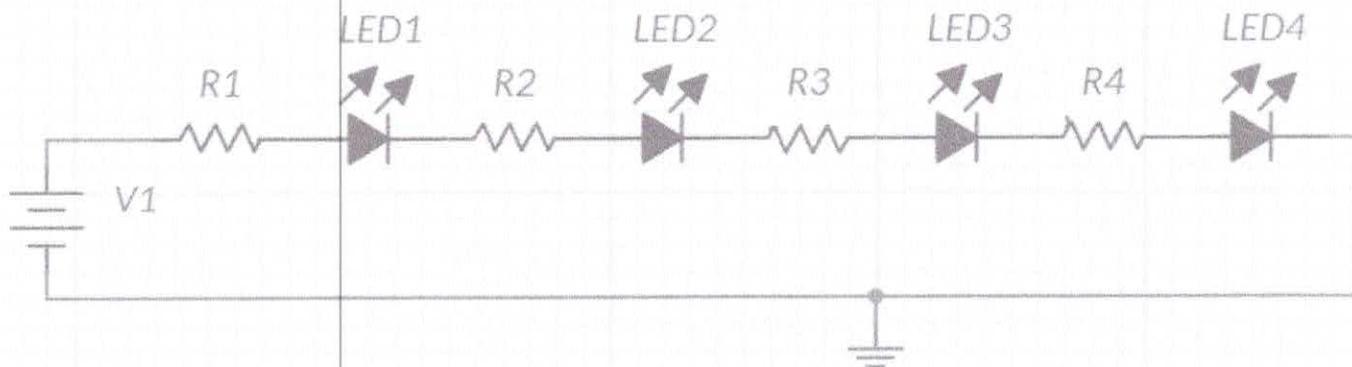


Figura A - Circuito com LEDs.

O gráfico da figura B apresenta as curvas características de corrente e de tensão de cada Led do circuito da figura A e sua respectiva cor, denominadas por R-Red para vermelho, G-green para verde, B-blue para azul e W-White para branco. Sabe-se que o dispositivo LED começa a emitir luz a partir de 5,0mA.

Continuação da 4ª questão

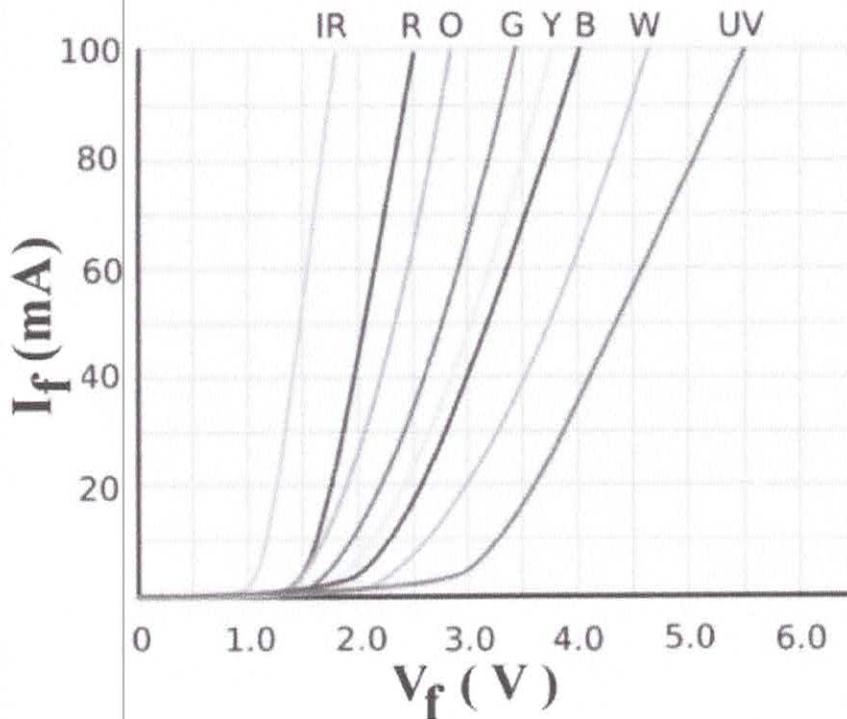


Figura B - Curva característica  $I \times V$  dos LEDs e suas respectivas cores.

Com base nas informações acima, faça o que se pede.

- Supondo a tensão de alimentação  $V_1$  positiva de 12V DC, determine a resistência ôhmica total de modo a obter 20 mA no circuito todo. (0,5 ponto)
- Os valores dos resistores  $R_1$  a  $R_4$  para a corrente de 20mA calculada no item "a" e a tensão  $V_1$  de 12V podem ser iguais ou proporcionais à tensão de condução de cada Led? Justifique sua resposta. (1,5 ponto)
- Supondo que a fonte de tensão foi programada para  $V_1 = 2,0V$  positivo e resistência total igual à calculada no item a, explique o comportamento de cada LED nessa tensão, justificando sua resposta em função da corrente e da tensão em cada componente. (3 pontos)

**Continuação da 4ª questão**

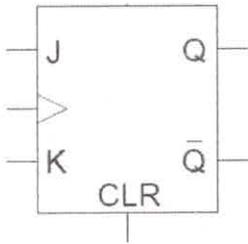
d) Supondo que a fonte de tensão foi programada para  $V_1 = 6,0V$  positivo e resistência total igual à calculada no item "a", explique o comportamento de cada LED nessa tensão, justificando sua resposta em função da corrente e da tensão em cada componente. (3 pontos)

Continuação da 4ª questão

Continuação da 4ª questão

**5ª QUESTÃO (8 pontos)**

Para construir um relógio digital a partir da tensão senoidal da rede com frequência de 60Hz, é necessário projetar divisores de frequência por 2, 3 e 5. Para essa finalidade, serão usados um flip-flop tipo JK e um contador de década 7490 descritos, respectivamente, nas figuras A e B com as suas tabelas verdade.



$\overline{\text{CLR}}$	CLK	J	K	$Q_{n+1}$	$Q_{n+1}$
0	x	x	x	0	1
1		0	0	$Q_n$	$\overline{Q_n}$
1		0	1	0	1
1		1	0	1	0
1		1	1	$\overline{Q_n}$	$Q_n$

Figura A - Flip-flop tipo JK

Continuação da 5ª questão

Pinagem do 7490

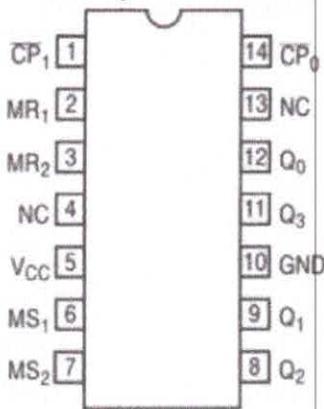
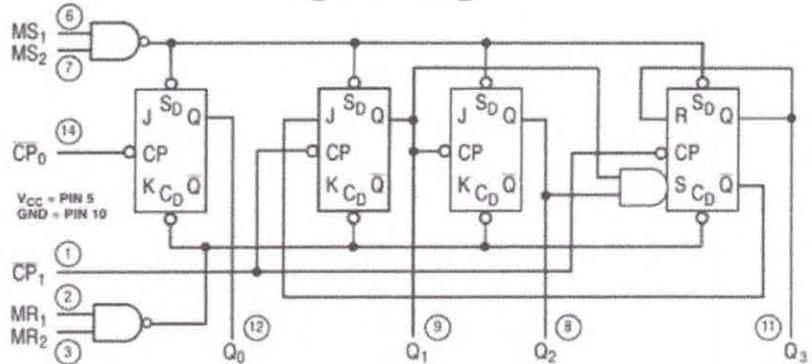


Diagrama Lógico



Pinagem 7490

Pino no	Função
1	Clock CP1
2	Reset 1 (MS1)
3	Reset 2 (MS2)
4	NC sem conexão
5	Vcc = 5,0V
6	Reset 3 (MR1)
7	conexão (MR2)
8	saída Q2
9	saída Q1
10	terra (0V)
11	saída Q3
12	saída Q0
13	NC sem conexão
14	Clock CP0

Tabela Verdade 7490

INPUT				OUTPUT			
MR1	MR2	MS1	MS2	Q3	Q2	Q1	Q0
H	H	L	X	L	L	L	L
H	H	X	L	L	L	L	L
X	X	H	H	H	L	L	H
X	L	X	L	COUNT			
L	X	L	X	COUNT			
L	X	X	L	COUNT			
X	L	L	X	COUNT			

Figura B - Circuito Integrado 7490.

Com base nessas informações, faça o que se pede.

- a) Considerando o relógio de 24 horas, descreva a sequência dos divisores de frequência a partir da rede elétrica para obter os minutos, as dezenas de minutos, as horas e as dezenas de horas para o projeto do relógio digital. (0,5 ponto)

**Continuação da 5ª questão**

b) Com base na figura C, apresentada abaixo, desenhe a forma de onda na saída Q da função do flip-flop JK. (1 ponto)

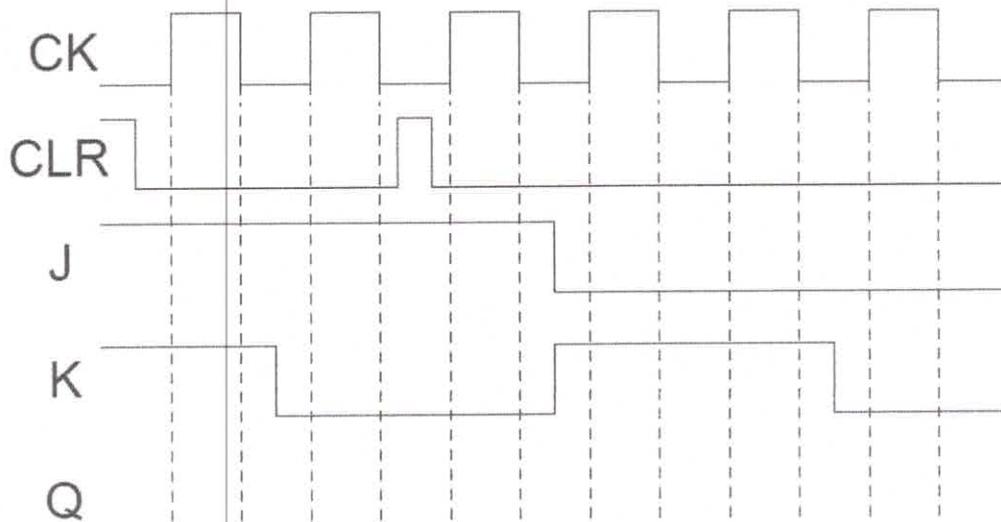


Figura C - Forma de onda na saída Q do flip-flop JK

- c) Usando o flip-flop tipo JK, monte um divisor de frequência por 2. (1,5 ponto)
- d) Usando no máximo dois flip-flop tipo JK, monte um divisor de frequência por 3. (2 pontos)
- e) Usando o CI 7490, monte um divisor de frequência por 5 ou 10. (3 pontos)

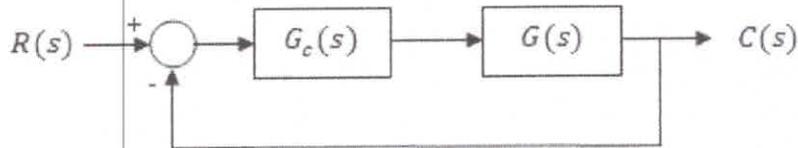
Continuação da 5ª questão

Continuação da 5ª questão

Continuação da 5ª questão

**6ª QUESTÃO (8 pontos)**

Examine o sistema de controle apresentado abaixo e faça o que se pede.



onde

$$G(s) = \frac{1}{(s-3)(s+2)}$$

Para resolver os itens "a" e "b", considere que:

$$G_c(s) = 1$$

- a) O sistema em malha aberta é estável? Justifique sua resposta. (0,5 ponto)
- b) O sistema em malha fechada é estável? Justifique sua resposta. (0,5 ponto)

Para resolver os itens "c" e "d" abaixo, considere que:

$$G_c(s) = K(s+3)$$

- c) Determine para quais valores de  $K$  o sistema é estável, utilizando o critério de Routh. (1 ponto)
- d) Esboce o Lugar Geométrico das Raízes (LGR) do sistema, indicando os pontos de partida e de chegada sobre o eixo real, e o LGR sobre o eixo real e os pontos de cruzamento com o eixo imaginário. (4 pontos)

**Continuação da 6ª questão**

e) A implementação real do controlador proposto nos itens "c" e "d" exige, entretanto, a colocação de um polo adicional no compensador. Considere, então, que  $G_c(s) = K \frac{(s+3)}{(s+15)}$  e esboce o novo LGR, indicando o LGR no eixo real, os ângulos das assíntotas e o ponto de cruzamento das assíntotas no eixo real. (2 pontos)

Continuação da 6ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA ELETRÔNICA

Concurso: CP-CEM/2023

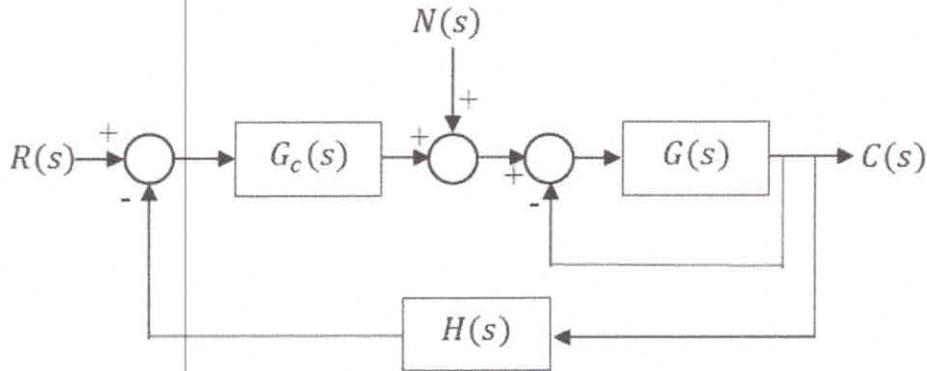
Continuação da 6ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA ELETRÔNICA

Concurso: CP-CEM/2023

**7ª QUESTÃO (8 pontos)**

Examine o sistema de controle apresentado abaixo e faça o que se pede.



onde

$$G(s) = \frac{1}{s^2 + 5s + 5} ; G_c(s) = K > 0 \text{ e } H(s) = (s + 1)$$

- Calcule a função de transferência  $\frac{C(s)}{R(s)}$ , supondo que  $N(s) = 0$ . (1 ponto)
- Calcule a função de transferência  $\frac{C(s)}{N(s)}$ , supondo que  $R(s) = 0$ . (1 ponto)
- Calcule o erro estacionário do sistema para uma entrada tipo degrau unitário em  $R(s)$ , com  $K = 2$  e  $N(s) = 0$ . (2 pontos)
- Para  $N(s) = 0$ , esboce o LGR, indicando, se existirem, os pontos de partida e chegada sobre o eixo real, o LGR sobre o eixo real e os pontos de cruzamento com o eixo imaginário. (4 pontos)

Continuação da 7ª questão

Continuação da 7ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA ELETRÔNICA

Concurso: CP-CEM/2023

### 8ª QUESTÃO (8 pontos)

Um determinado sistema de controle possui a seguinte função de transferência:

$$G(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{1}{as^2 + bs + d}$$

Quando uma entrada  $r(t)$  do tipo degrau com amplitude igual a 3 é aplicada ao sistema no instante  $t_0 = 0$ , a resposta  $c(t)$  oscila, atingindo seu valor máximo  $c_{max} = 0,428$  em 2s. Sabendo que o valor de regime estacionário atingido pela saída  $c(t)$  é  $c_{\infty} = 0,35$ , faça o que se pede.

a) Determine o sobressinal do sistema. (2 pontos)

b) Determine os parâmetros  $a$ ,  $b$  e  $d$ . (6 pontos)

Dados:

Para um sistema com função de transferência  $H(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2}$  tem-se que:

Sobressinal máximo:  $M_p = e^{-\left\{\frac{\pi\xi}{\sqrt{1-\xi^2}}\right\}}$  (veja o gráfico A)

Instante de pico:  $t_p = \frac{\pi}{\omega_n\sqrt{1-\xi^2}}$

Tempo de acomodação a 2%:  $t_s = \frac{4}{\xi\omega_n}$

Continuação da 8ª questão

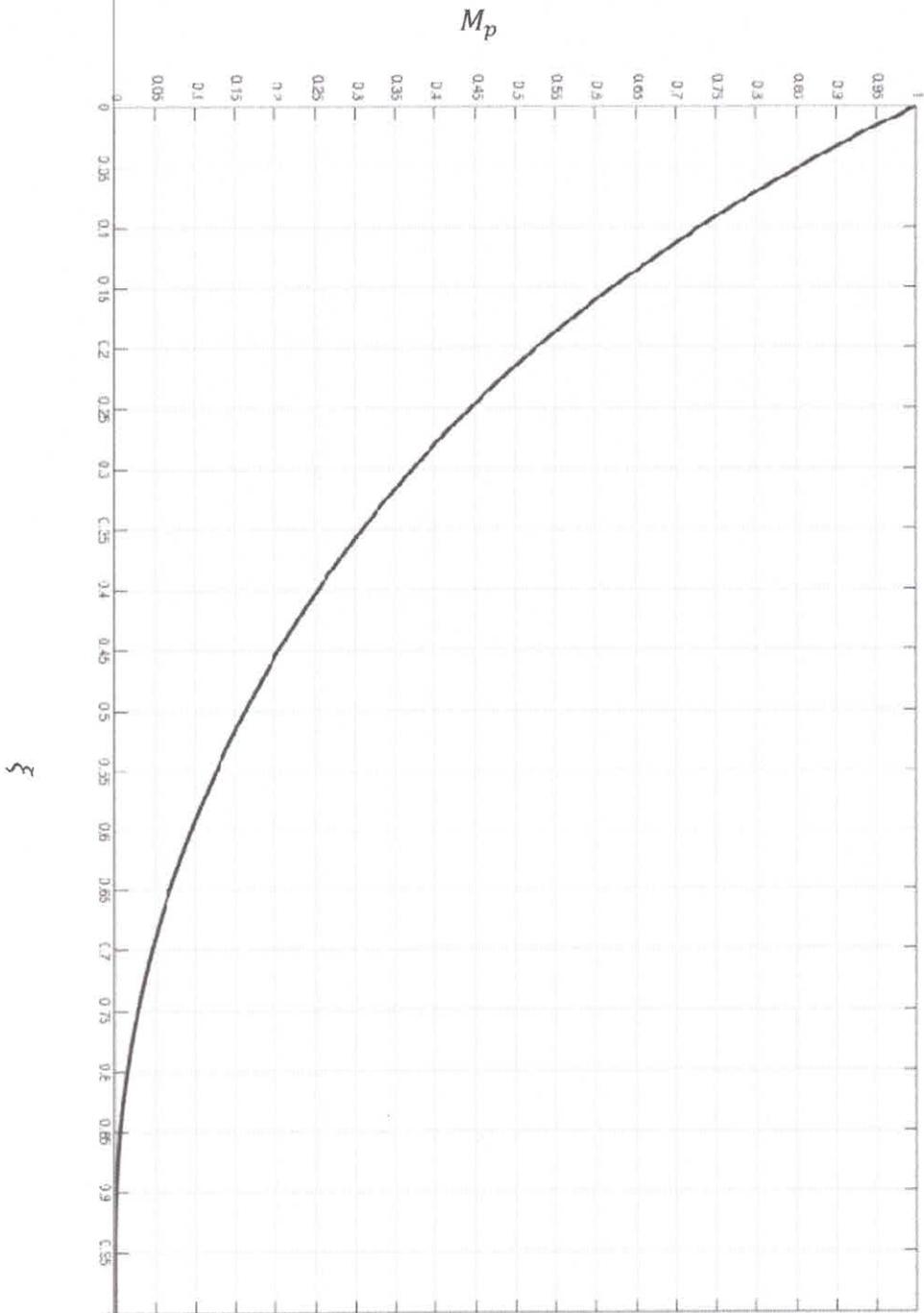


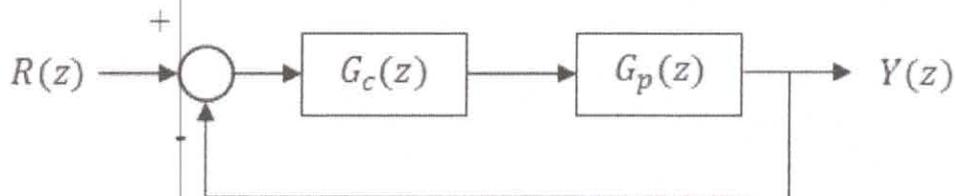
Gráfico A - Sobressinal Máximo em função de  $\xi$ .

Continuação da 8ª questão

Continuação da 8ª questão

9ª QUESTÃO (8 pontos)

Considere o sistema de controle discreto apresentado abaixo e faça o que se pede.



onde

$$G_p(z) = \frac{(z - 0,7)}{(z - \alpha)}$$

com  $\alpha \in \mathbb{R}^+$  e

$$G_c(z) = K$$

com  $K \in \mathbb{R}^{+*}$ .

- Para quais valores de  $\alpha$ , a planta  $G_p(z)$  é estável? Justifique sua resposta. (2 pontos)
- Obtenha uma fórmula que relacione  $K$  e  $\alpha$  para que o sistema em malha fechada seja estável. (6 pontos)

Continuação da 9ª questão

Continuação da 9ª questão

**10ª QUESTÃO (8 pontos)**

A profundidade pelicular  $\delta$  (ou profundidade de penetração) pode ser calculada por:

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\mu\omega\sigma}}$$

onde

$\mu$  é a permeabilidade magnética do meio;

$\sigma$  é a condutividade do meio; e

$\omega$  é a frequência da onda.

Com base nessas informações, faça o que se pede.

- a) Qual o significado físico da profundidade pelicular? (2 pontos)
- b) No mar, podemos considerar  $\mu = \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$  H/m,  $\sigma = 5.0$  S/m e a permissibilidade relativa  $\epsilon_R = 80$  com  $\epsilon_0 = 7,083 \times 10^{-10}$  F/m. Sendo assim, a água do mar pode ser considerada um bom condutor? Justifique. (4 pontos)
- c) Para que haja comunicação, a partir da superfície, com um submarino que esteja a 100 m de profundidade, qual deve ser a máxima frequência utilizada para que a atenuação não seja maior do que aquela encontrada na profundidade pelicular do mar? Justifique sua resposta. (2 pontos)

Continuação da 10<sup>a</sup> questão

Continuação da 10ª questão