



Nome: _____

Matrícula: _____

Instruções:

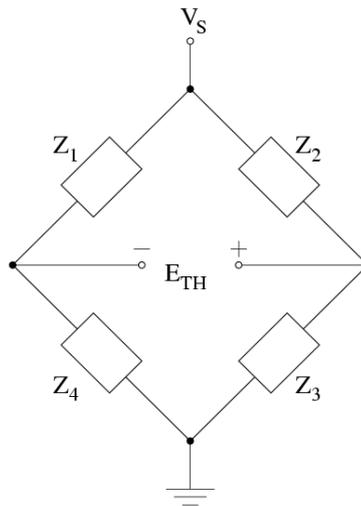
- Tempo máximo de duração: 2 horas.
- Explique o desenvolvimento das questões. Resultados sem explicações e sem desenvolvimentos não serão aceitos;
- Não use aproximações, exceto quando explicitamente indicado;
- É permitido o uso de máquina calculadora;
- Quando forem solicitados resultados analíticos (*i.e.*, fórmulas literais), estes devem ser desenvolvidos envolvendo as variáveis de interesse e os parâmetros do modelo. Outras variáveis dependentes não devem estar presentes nas fórmulas.

Principais fórmulas:

- Característica estática de um elemento de sistema de medição:

$$O(I) = KI + a + K_M I_M I + K_I I_I + N(I),$$

- Ponte de deflexão:



Relação entre as tensões: $E_{TH} = V_S \left(\frac{1}{1+Z_4/Z_1} - \frac{1}{1+Z_3/Z_2} \right)$

Questões:

1. Considere um resistor dependente de temperatura (RDT), cuja resistência $R(T)$ varia com a temperatura conforme a relação aproximada

$$R(T) = R_0(1 + \alpha T)$$

com T sendo a temperatura em graus centígrados. Através de um experimento padrão de caracterização do sensor, obteve-se $R(25^\circ C) = 115\Omega$ e $R(100^\circ C) = 160\Omega$. Responda:

- (a) Com uma fonte de tensão V_S de 10V C.C. e três resistências, projete uma ponte resistiva com $Z_1 = R(T)$, $Z_2 = R_2$, $Z_3 = R_3$ e $Z_4 = R_4$ de forma que a tensão de saída varie de $-100mV$ a $+100mV$ para uma faixa de entrada entre $-100^\circ C$ e $+100^\circ C$. Escolha apropriadamente valores para R_2 e R_3 , de forma que a dissipação de potência nestas resistências seja menor ou igual a $0,05W$ (**pontos: 1,5**).
- (b) Considerando a faixa de operação de saída, determine a não-linearidade percentual do sistema projetado no item anterior para a temperatura de $0^\circ C$ (**pontos: 1,0**).
- (c) Para reduzir a não-linearidade deste projeto, dever-se aumentar ou diminuir a razão R_3/R_2 ? Qual o efeito disto na faixa de saída do circuito? (**pontos: 1,0**).

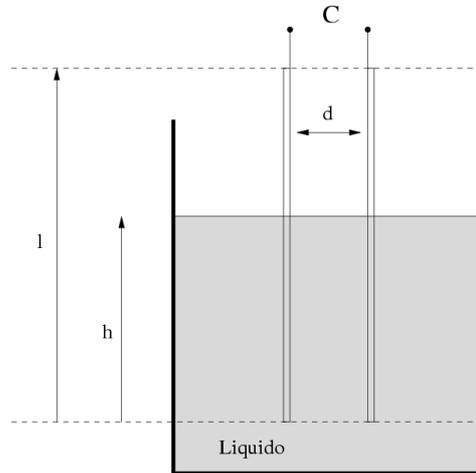


Figura 1: Sensor de nível usando a capacitância C obtida com duas placas paralelas.

2. Uma forma de medir nível de líquidos não-resistivos é através do uso de um sensor de placas paralelas, mostrado na Figura 1. A capacitância do sensor relaciona-se com o nível do líquido h por

$$C = \frac{\epsilon_0 w}{d} (l + (\epsilon - 1)h)$$

com $l > h$ sendo o comprimento total das placas do sensor, w é a largura das placas, d é a distância que as separa, ϵ é permissividade relativa do líquido e ϵ_0 é a permissividade do ar. São dados $\epsilon_0 = 8,85 \text{ pF}\cdot\text{m}^{-1}$, $\epsilon = 35,0$, $l = 45\text{cm}$, $w = 3\text{cm}$ e $d = 1\text{cm}$. Usando uma ponte reativa com $Z_2 = R_2$ e $Z_3 = R_3$ sendo resistências, $Z_1 = C_0$ sendo um capacitor, $Z_4 = C$ o sensor, e $V_S = 10 \sin(\omega t)$ Volts, responda:

- (a) Sendo $R_3/R_2 \gg 1$, determine C_0 de modo a ter $E_{TH}(t) = 0$ para $h = 0\text{cm}$ (**pontos: 1,0**)
- (b) Partindo do resultado do item anterior, para h de 0 a 35cm , qual a faixa de amplitudes da tensão de saída E_{TH} ? (**pontos: 1,0**).
- (c) Para extrair de E_{TH} o nível do líquido, seria necessário usar um demodulador sensível a fase? Por quê? (**pontos: 1,0**).
3. O circuito da Figura 2 é um sistema de transmissão por laço de corrente 4-20mA. O amplificador operacional converte a faixa de entrada da tensão v_e em uma faixa de corrente de laço i_l . A corrente i_l faz um percurso de ida e volta por meio de um par trançado com resistências R_p de ida e R_p de volta. Na recepção, uma resistência R é usada para se obter a tensão de saída v_s . V_{ref} é uma tensão de referência contínua, e D_1 garante o sentido de i_l conforme mostrado na figura. O diodo D_1 , quando em condução direta, apresenta uma queda de potencial $V_{D0} > 0$ entre o anodo e o catodo. O amplificador operacional é capaz de produzir tensões de saída entre $V_L^- < 0$ e $V_L^+ > 0$. Tem-se também que $V_L^+ > V_{D0}$. Diante do exposto, responda:
- (a) Determine a fórmulas analíticas para V_{ref} e R de forma a ter $i_l = 4\text{mA}$ quando $v_e = 0\text{V}$, e $i_l = 20\text{mA}$ quando $v_e = 5\text{V}$. (**pontos: 1,0**)

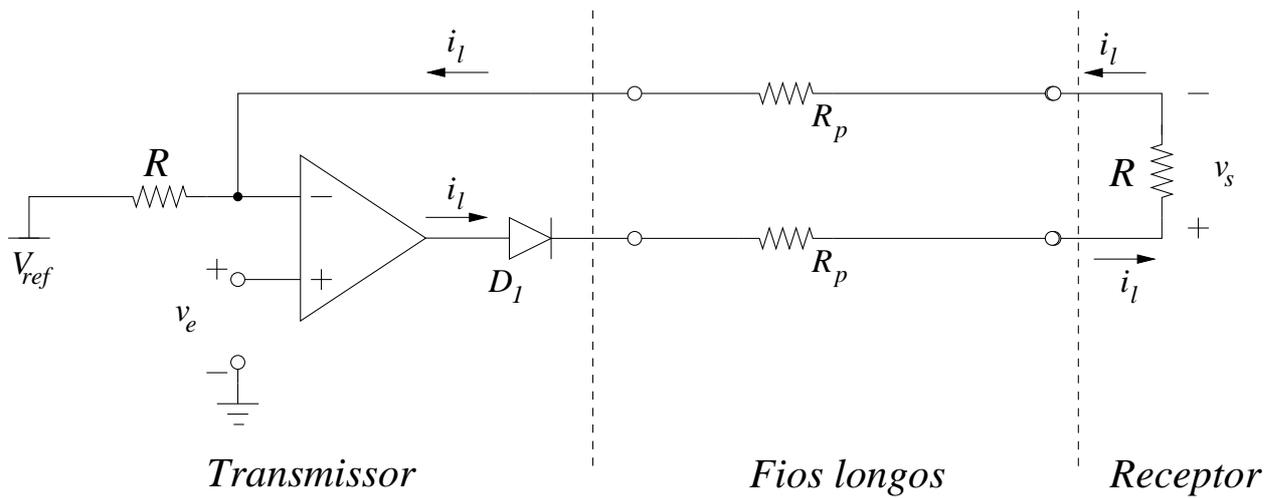


Figura 2: Circuito transmissor 4-20mA.

- (b) Determine a fórmula analítica da máxima resistência R_p admitida por este circuito de forma que a saída do amplificador operacional não sature quando $4mA \leq i_l \leq 20mA$. **(pontos: 0,5)**
4. Determine a fórmula da frequência de oscilação do multivibrador astável da Figura 3(a). A curva de histerese do inversor lógico é mostrada na Figura 3(b), com $v_{TL} = \frac{1}{3}v_{DD}$ e $v_{TH} = \frac{2}{3}v_{DD}$. **(pontos: 2,0)**

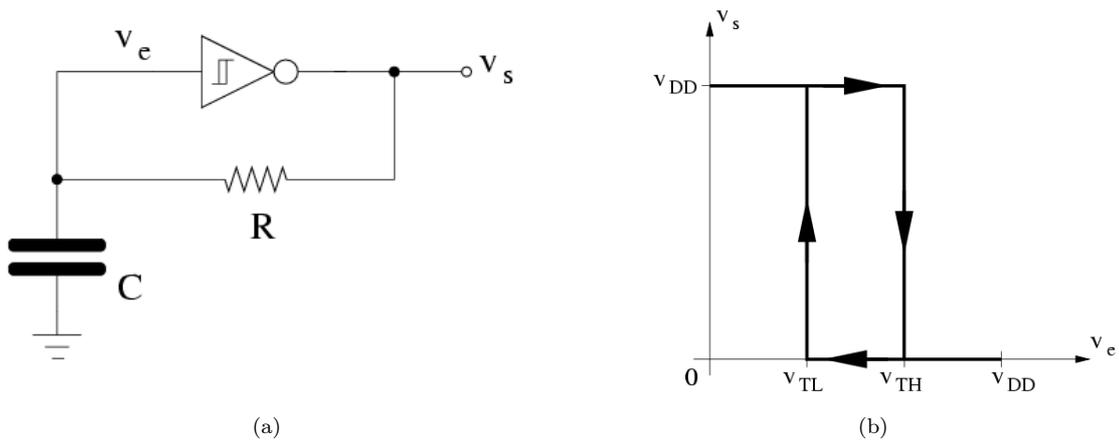


Figura 3: (a) Multivibrador astável. (b) Curva característica da porta lógica inversora com histerese.

BOA PROVA!