



Nome: _____

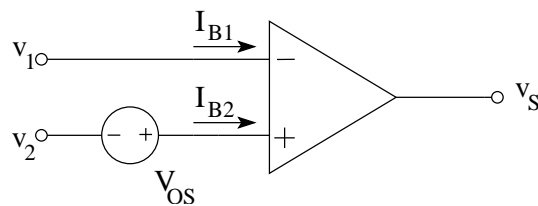
Matrícula: _____

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;
- Não 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:

- Amplificador operacional:



Modelo de primeira ordem (domínio s):

$$V_S(s) = \frac{A_0}{1 + \frac{s}{\omega_b}} \cdot (V_2(s) - V_1(s)),$$

no qual ω_b é a frequência de corte de malha aberta e $\omega_t = \omega_b \cdot A_0$ é a frequência de transição. As imperfeições DC são desprezadas.

Modelos de ordem zero (domínio de tempo):

$$v_S = A \cdot (v_2 - v_1), \text{ considerando ganho finito de malha aberta, e desconsiderando } V_{OS}.$$

$$v_S = A \cdot (v_2 - v_1 + V_{OS}), \text{ considerando ganho finito de malha aberta e imperfeição DC } V_{OS}.$$

Sobre as imperfeições DC de corrente de entrada:

$$I_B = \frac{I_{B1} + I_{B2}}{2}. \quad I_{OS} = |I_{B1} - I_{B2}|.$$

Amplificador operacional ideal: modelo de ordem zero com ganho A infinito, sem imperfeições DC e sem *slew-rate*.

Questões:

1. Considerando o circuito da Figura 1, responda:

- (a) Supondo que o amplificador operacional seja ideal, encontre a relação entre a tensão de saída v_s e as tensões v_1 e v_2 (**pontos: 1,0**);

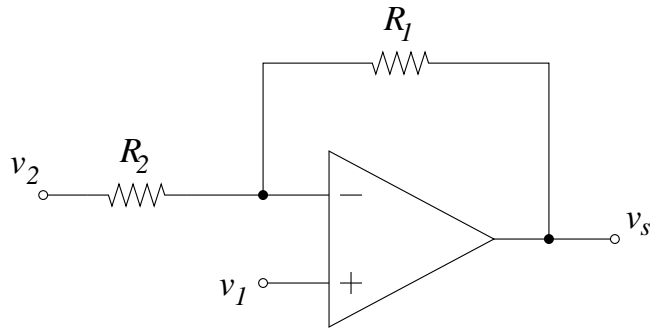


Figura 1: Circuito da questão 1.

- (b) Considerando amplificador operacional real, cite um fenômeno que afeta o funcionamento do circuito da Figura 1 e mostre matematicamente o efeito deste fenômeno **(pontos: 1,0)**.
2. Considerando o circuito da Figura 2, responda:
- (a) Supondo um amplificador operacional com modelo de ordem zero com ganho finito, determine a relação entre a tensão de saída v_s e a tensão de entrada v_e **(pontos: 1,0)**.
- (b) Para analisar a influência da tensão de deslocamento V_{OS} sobre v_s , considera-se um AMPOP com ganho A infinito. Assim, determine a relação entre V_{OS} e v_s **(pontos: 1,0)**.
- (c) Uma forma de minimizar a influência V_{OS} para este circuito seria transformá-lo em um amplificador AC para v_e . Proponha tal amplificador e determine a influência de V_{OS} sobre v_s considerando um AMPOP com ganho A infinito **(pontos: 1,0)**.

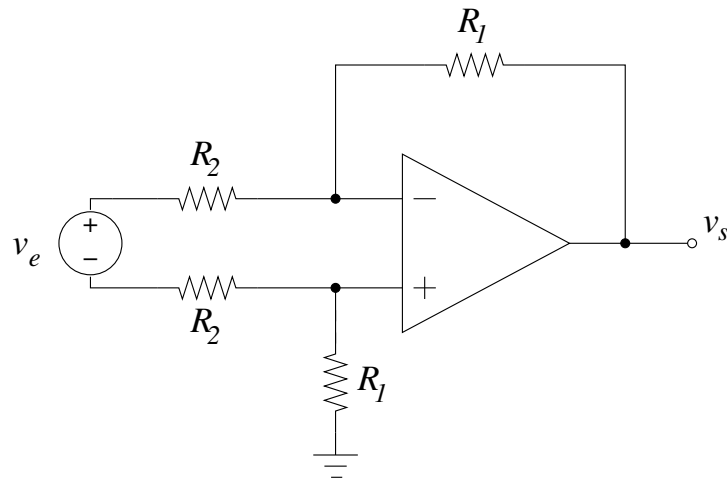


Figura 2: Circuito da questão 2.

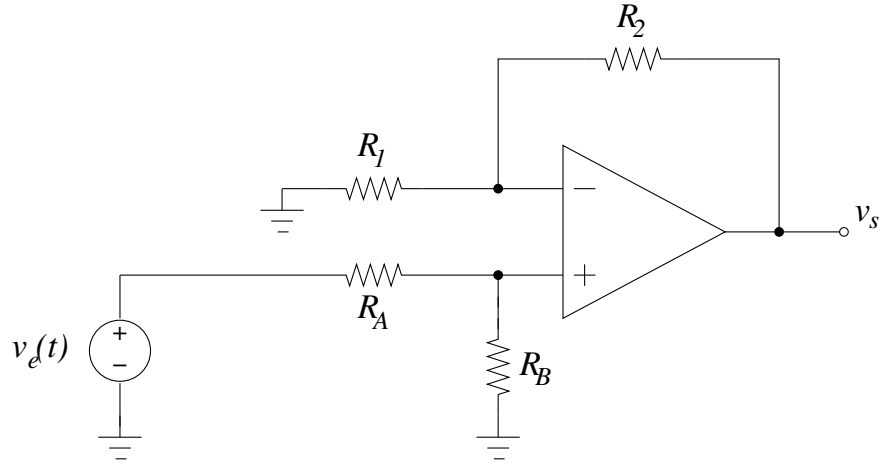


Figura 3: Circuito das questões 3 e 4.

3. O circuito da Figura 3 pode ser usado para medir tensões AC elevadas, do tipo $v_e(t) = V_E \sin(\omega_E t)$. No entanto, alguns cuidados devem ser tomados no seu projeto, de modo que as condições abaixo sejam satisfeitas:

- Condição 1: Intervalo aceitável da tensões na entrada não-inversora: $v_L^- < v_2(t) < v_L^+$;
- Condição 2: Intervalo aceitável da tensões na saída, de forma que esta não sature: $v_L^- < v_s(t) < v_L^+$;
- Condição 3: Limitação devido ao *slew-rate*: $dv_s/dt < SR$;
- Condição 4: $v_e(t)$ deve ter uma frequência ω_E dentro da banda passante do amplificador AC (considerando modelo de primeira ordem para o AMPOP).

Diante do exposto acima, um engenheiro deve determinar relações entre os diferentes parâmetros de modo a projetar o amplificador AC para $v_e(t) = V_E \sin(\omega_E t)$. Responda:

- Determine a restrição que se aplica entre R_A e R_B de modo que seja satisfeita Condição 1 (**pontos: 0,5**). Desconsidere o efeito de imperfeições *DC* e suponha um AMPOP com ganho infinito.
 - Determine a restrição que se aplica a R_2/R_1 de modo que seja satisfeita Condição 2 (**pontos: 1,0**). Desconsidere o efeito de imperfeições *DC* e suponha um AMPOP com ganho infinito.
 - Que relação garante que não haja deformação em v_s devido ao *slew-rate* (**pontos: 1,0**).
 - Considerando um OPAMP com modelo de primeira ordem, determine a função de transferência $V_s(s)/V_e(s)$ (**pontos: 1,0**) e indique claramente o ganho DC (**pontos: 0,5**) e a frequência de corte (**pontos: 0,5**). Se usar aproximações, indique qual.
4. No circuito da Figura 3, determine que relação deve existir entre as resistências de modo a minimizar a influência da corrente de polarização (**pontos: 0,5**). Supor $I_{B1} = I_{B2} = I_B$ e AMPOP com ganho infinito.

BOA PROVA!