



Nome: _____

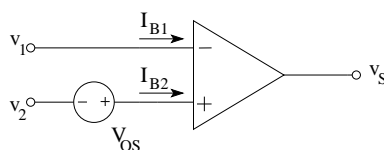
Matrícula: _____

Instruções:

- 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):

$$v_S = A_0 \cdot (v_2 - v_1), \text{ considerando ganho finito de malha aberta, e desprezando } V_{OS}.$$

$$v_S = A_0 \cdot (v_2 - v_1 + V_{OS}), \text{ considerando ganho finito de malha aberta e imperfeição DC } V_{OS}.$$

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

Sobre as imperfeições DC de corrente de entrada:

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

Questões:

1. Na análise de circuitos com amplificador operacional, foi muito reforçado em sala de aula que deve-se fazer projetos com $A_0\beta \gg 1$, com β sendo o ganho de realimentação negativa. Apresente um circuito com amplificador operacional e justifique matematicamente porque essa relação deve ser respeitada (**pontos: 3,0**).
2. A imagem da Figura 1 apresenta parte da tabela de características do amplificador operacional TL081. Diante das informações colocadas nessa figura, responda os itens abaixo, justificando sua resposta:
 - (a) Esse dispositivo tem características Rail-To-Rail para as entradas? (**pontos: 1,0**);

$V_{CC\pm} = \pm 15 \text{ V}$ (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	$T_A^{(1)}$	TL081C, TL082C, TL084C			TL081AC, TL082AC, TL084AC			TL081BC, TL082BC, TL084BC			TL081L, TL082L, TL084L			UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
V_{IO}	Input offset voltage	$V_O = 0$, $R_S = 50 \Omega$	25°C			3			3			3			mV
		Full range	20			7.5			5			9			
α_{VIO}	Temperature coefficient of input offset voltage	$V_O = 0$, $R_S = 50 \Omega$	Full range			18			18			18			$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
I_{IO}	Input offset current ⁽²⁾	$V_O = 0$	25°C			5			5			5			pA
		Full range	2			2			2			10			nA
I_B	Input bias current ⁽²⁾	$V_O = 0$	25°C			30			30			30			pA
		Full range	10			7			7			20			nA
V_{ICR}	Common-mode input voltage range	25°C	± 11			± 11			± 11			± 11			V
V_{OM}	Maximum peak output voltage swing	$R_L = 10 \text{ k}\Omega$	25°C			± 12			± 12			± 12			V
		$R_L \geq 10 \text{ k}\Omega$	Full range			± 12			± 12			± 12			
		$R_L \geq 2 \text{ k}\Omega$	± 10			± 10			± 10			± 10			
A_{VD}	Large-signal differential voltage amplification	25°C	25			50			50			50			V/mV
		Full range	15			15			25			25			
B_1	Unity-gain bandwidth	25°C	3			3			3			3			MHz
r_i	Input resistance	25°C	10^{12}			10^{12}			10^{12}			10^{12}			Ω

Figura 1: Tabela de características do TL081 (fonte: "TL08xx JFET-Input Operational Amplifiers", Texas Instruments, 2015).

- (b) Esse dispositivo tem características Rail-To-Rail para a saída? **(pontos: 1,0);**
- (c) Num circuito com $\beta = 10$, a frequência de corte típica esperada a 25°C é de 30MHz? **(pontos: 1,0).**
3. A Figura 2 foi extraída do amplificador de diferença programável INA145. Pede-se:
- (a) A relação $V_O = (V_{IN}^+ - V_{IN}^-)(1 + R_{G2}/R_{G1})$ corresponde ao circuito apresentado, mesmo com os pinos 1 e 8 deixados em aberto? Justifique sua resposta após analisar o circuito **(pontos: 1,0).**
- (b) Se o pino 1 for ligado a 0V e o pino 8 for deixado em aberto, o amplificador operacional A1 estaria com a corrente de polarização I_B compensada? **(pontos: 1,0).**
- (c) Se o pino 1 for ligado a 0V e o pino 8 for deixado em aberto, o amplificador operacional A2 estaria com a corrente de polarização I_B compensada? Caso não, que restrição se aplicaria a R_{G1} e R_{G2} **(pontos: 2,0).**

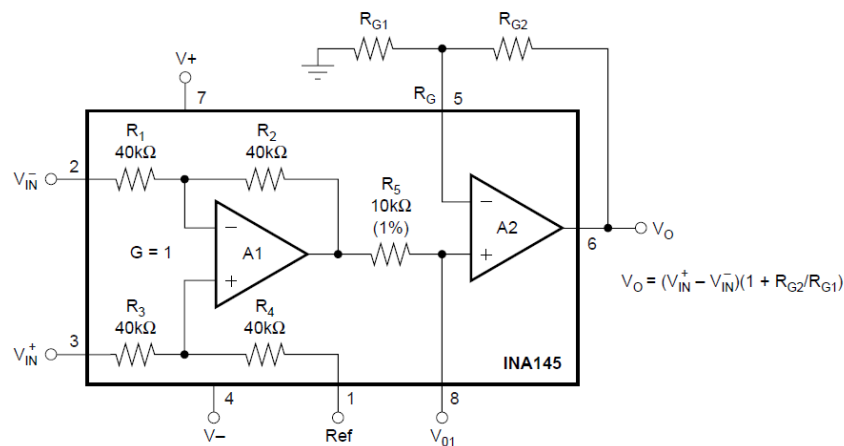


Figura 2: Circuito interno do circuito integrado INA145 (fonte: "INA145 - Programmable Gain DIFFERENCE AMPLIFIER", Burr-Brown, 2000).

BOA PROVA!