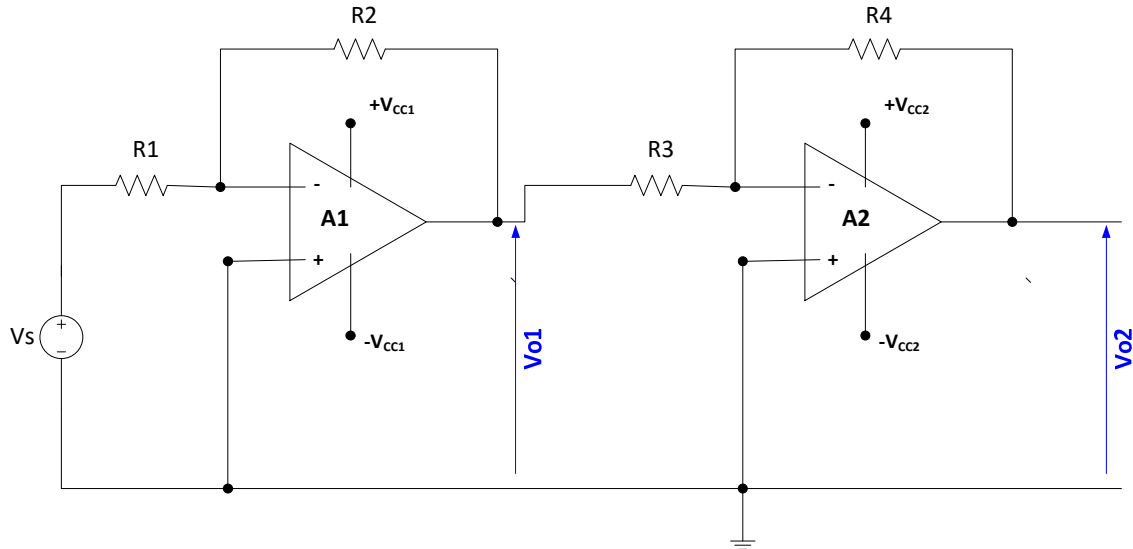


O circuito abaixo corresponde a dois amplificadores inversores (A1 e A2) ligados em cascata. Sabe-se que, na região linear de operação dos amplificadores, o amplificador A1 possui um ganho $K_1 = V_{o1}/V_s$ quando estiver isolado do circuito e o amplificador A2 possui um ganho $K_2 = V_{o2}/V_{o1}$ quando também estiver isolado do circuito. Baseado nestas informações, responda as questões abaixo:



QUESTÃO 1:

- a) (1,0) Quais são os ganhos K_1 e K_2 em função das resistências do circuito?

Os dois amplificadores correspondem à topologia de Amplificador Inversor. Logo, os ganhos são dados por:

$$\text{Amplificador A1: } K_1 = \frac{V_{o1}}{V_s} = -\frac{R_2}{R_1}$$

$$\text{Amplificador A2: } K_2 = \frac{V_{o2}}{V_{o1}} = -\frac{R_4}{R_3}$$

- b) (2,0) Mostre que, para a configuração em cascata do circuito acima, o ganho total do circuito ($K_T = V_{o2}/V_s$) é dado pelo produto de K_1 e K_2

Como A1 e A2 são ideais, podemos inserir pelo circuito que as tensões das entradas negativas dos dois operacionais são iguais às suas respectivas tensões dos terminais positivos e portanto, são nulas. Logo, aplicando a LKC nos nós das duas entradas negativas dos operacionais tem-se que:

$$\left. \begin{aligned} \frac{-V_s}{R_1} + \frac{-V_{o1}}{R_2} &= 0 \\ \frac{-V_{o1}}{R_3} + \frac{-V_{o2}}{R_4} &= 0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{\left(\frac{R_2}{R_1}\right)V_s}{R_3} = \frac{V_{o2}}{R_4} \Rightarrow K_T = \frac{V_{o2}}{V_s} = \left(\frac{-R_2}{R_1}\right)\left(\frac{-R_4}{R_3}\right) = K_1 \cdot K_2$$

QUESTÃO 2: Considere que o amplificador A1 será alimentado com as tensões de suas fontes nos valores ± 5 V e o amplificador A2 será alimentado com as tensões de suas fontes nos valores ± 15 V. Considere que você precise projetar o circuito em cascata de tal forma que o ganho total do circuito seja de 40, e você tenha disponíveis para isto, resistores nos valores de $1\text{k}\Omega$, $10\text{k}\Omega$ e $20\text{k}\Omega$.

- a) **(1,0)** Qual os valores dos resistores R1 a R4 você utilizaria para fazer este projeto?

Com os resistores disponíveis, para se ter um ganho total de 40, pode-se escolher que o ganho de A1 seja -2 e o de A2 seja -20. Sendo assim, a escolha pode ser feita fazendo-se $R1 = 10\text{k}\Omega$, $R2 = 20\text{k}\Omega$, $R3 = 1\text{k}\Omega$ e $R4 = 20\text{k}\Omega$

Pelas respostas dadas na questão 1a) temos $K1 = -2$ e $K2 = -20$

Pela resposta dada na questão 1b) temos $K_T = K1.K2=40$

- b) **(2,0)** Se V_s for igual a 300 mV, qual é o valor da tensão de saída V_{o2} tendo em vista os valores que você escolheu no item a?

Usando as equações da questão 1a) e os ganhos dados na questão 2a) temos:

$V_{o1} = -600\text{mV}$, pois $-V_{cc1}=-5\text{V}<V_{o1}<+V_{cc1}=+5\text{V}$ e portanto A1 não satura

$V_{o2} = 12\text{V}$, pois $-V_{cc2}=-15\text{V}<V_{o2}<+V_{cc2}=+15\text{V}$ e portanto A2 não satura

- c) **(2,0)** Se você trocar R1 com R3 e R2 com R4, para V_s sendo os mesmos 300 mV do item b, o valor da tensão de saída V_{o2} será a mesma obtida no item b? Se não, qual é o novo valor de V_{o2} ?

A troca indicada fará com que $K1 = -20$ e $K2=-2$. Sendo assim

Se A1 se mantivesse na região linear, $V_{o1} = -6\text{V}$, que é menor do que $-V_{cc1}=-5$ V. Portanto, a saída do amplificador operacional saturará e $V_{o1} = -5$ V.

Portanto: $V_{o2} = 10$ V, pois $-V_{cc2}=-15\text{V}<V_{o2}<+V_{cc2}=+15\text{V}$ e portanto A2 não satura

- d) **(2,0)** Considere de novo os mesmos valores que você escolheu para os resistores no item a para projetar A1 e A2. Se você trocar de posição os amplificadores A1 e A2 (colocar A1 no lugar de A2 e vice-versa), o valor da tensão de saída V_{o2} será a mesma obtida no item b? Se não, qual é o novo valor de V_{o2} ?

Fazendo a troca de A1 com A2 (em relação à questão 2a) ter-se-á também $K1 = -20$ e $K2=-2$. Sendo assim:

$V_{o1} = -6\text{V}$, pois $-V_{cc2}=-15\text{V}<V_{o1}<+V_{cc2}=+15\text{V}$ e portanto A2 não satura

Se A1 se mantivesse na região linear, $V_{o2} = 12\text{V}$, que é maior do que $+V_{cc1}=5$ V. Portanto, a saída do amplificador operacional saturará e $V_{o2} = 5$ V.