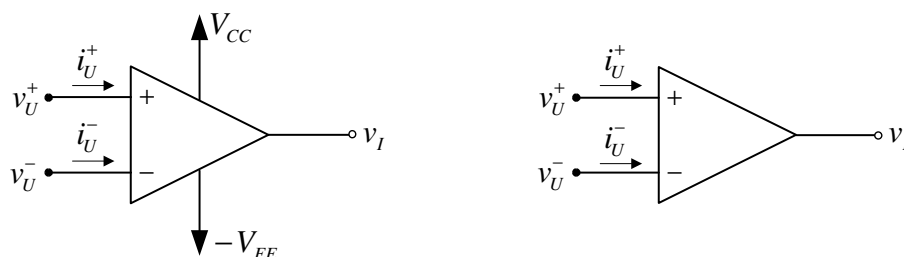


## Idealni operacioni pojačavači

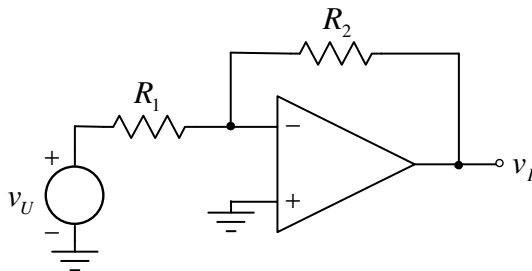


➤ Osobine idealnog operacionog pojačavača (IOP):

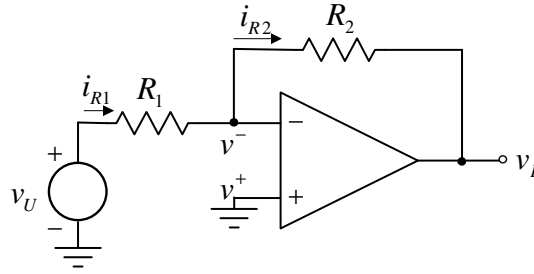
- naponsko pojačanje:  $a = \frac{v_I}{v_U^+ - v_U^-} \rightarrow \infty$ ;
- ulazna otpornost:  $R_{ul} \rightarrow \infty \Rightarrow i_U^+ \rightarrow 0, i_U^- \rightarrow 0$ ;
- izlazna otpornost:  $R_{izl} \rightarrow 0$ ;

➤ Za idealni operacioni pojačavač koji radi u linearnom režimu važi:  $v_U^+ = v_U^-$ ;

**61.** U kolu sa slike (koje predstavlja invertujući pojačavač) operacioni pojačavač je idealan. Smatrajući da su  $R_1$  i  $R_2$  poznate veličine, odrediti  $v_I(v_U)$  za opseg ulaznog napona  $v_U$  za koji je operacioni pojačavač u linearnom režimu.



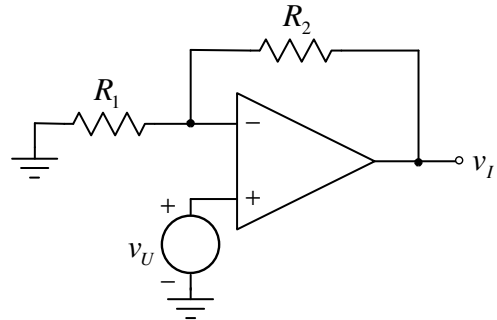
**Rešenje:**



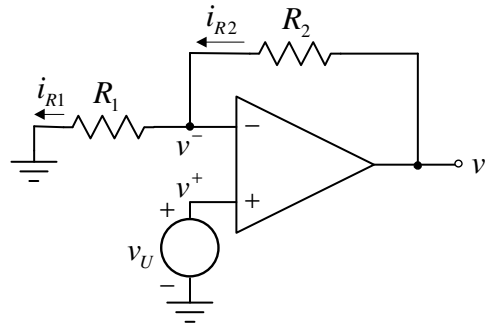
$$v^- = v^+ = 0$$

$$i_{R1} = i_{R2} \Rightarrow \frac{v_U - v^-}{R_1} = \frac{v^- - v_I}{R_2} \Rightarrow \frac{v_U}{R_1} = -\frac{v_I}{R_2} \Rightarrow \boxed{v_I = -\frac{R_2}{R_1} v_U}$$

**62.** U kolu sa slike (koje predstavlja neinvertujući pojačavač) operacioni pojačavač je idealan. Smatrajući da su  $R_1$  i  $R_2$  poznate veličine, odrediti  $v_I(v_U)$  za opseg ulaznog napona  $v_U$  za koji je operacioni pojačavač u linearnom režimu.



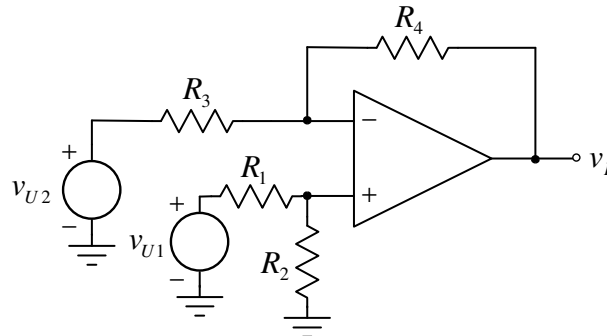
**Rešenje:**



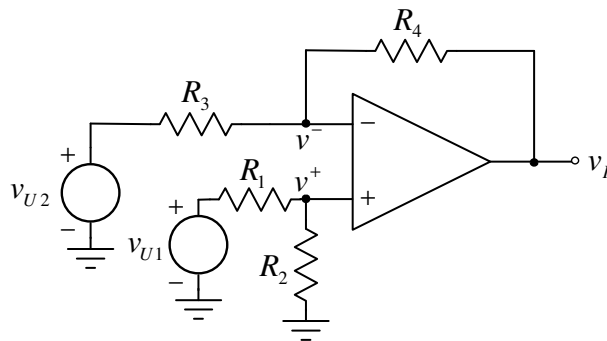
$$v^- = v^+ = v_U$$

$$i_{R1} = i_{R2} \Rightarrow \frac{v^- - 0}{R_1} = \frac{v_I - v^-}{R_2} \Rightarrow \frac{v_U}{R_1} = \frac{v_I - v_U}{R_2} \Rightarrow \boxed{v_I = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) v_U}$$

63. U kolu sa slike operacioni pojačavač je idealan. Smatrajući da su  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  i  $R_4$  poznate veličine, odrediti  $v_I(v_{U1}, v_{U2})$  za opseg ulaznih napona  $v_{U1}$  i  $v_{U2}$  za koji je operacioni pojačavač u linearnom režimu.



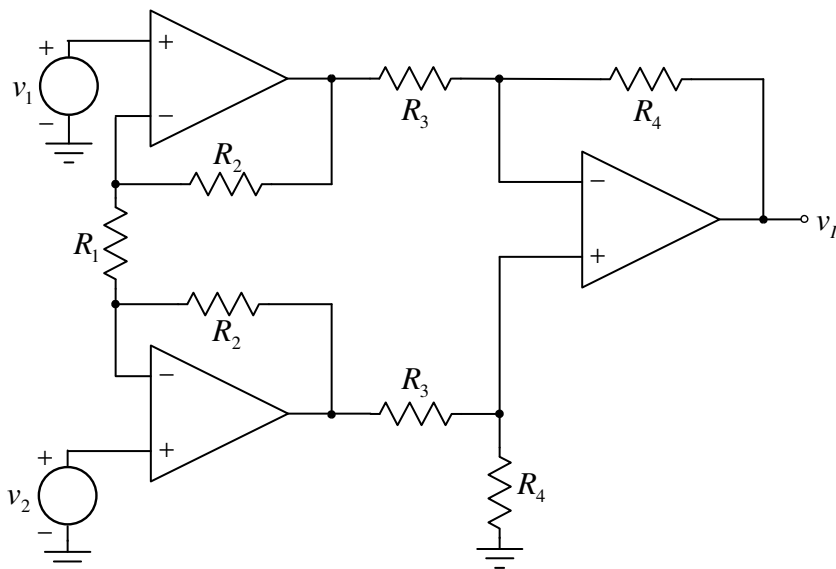
**Rešenje:**



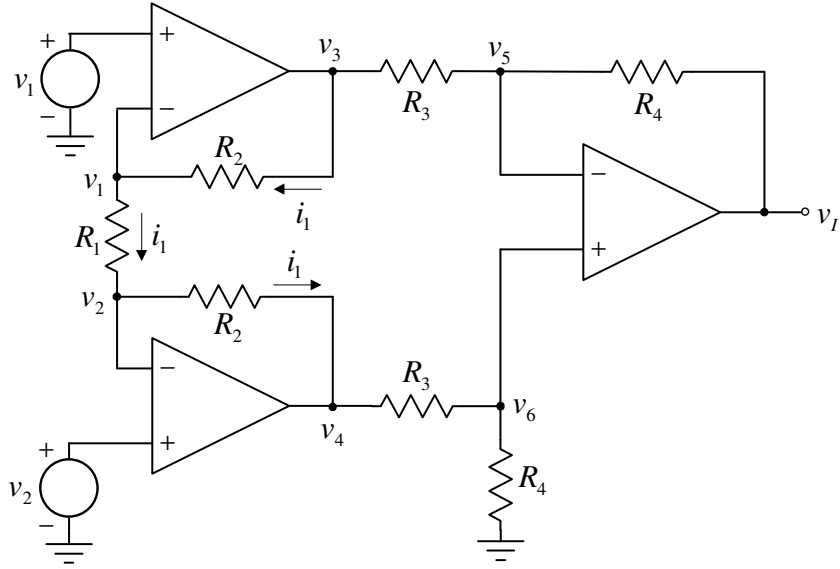
$$\left. \begin{aligned} v^- &= v^+ \\ v^+ &= \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_{U1} \\ \frac{v_{U2} - v^-}{R_3} &= \frac{v^- - v_I}{R_4} \Rightarrow v_I = -\frac{R_4}{R_3} v_{U2} + \left( \frac{R_3}{R_4} + 1 \right) v^- \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\boxed{v_I = -\frac{R_4}{R_3} v_{U2} + \left( \frac{R_4}{R_3} + 1 \right) \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) v_{U1}}$$

64. U kolu sa slike operacioni pojačavači su idealani. Smatrajući da su sve otpornosti poznate veličine, odrediti  $v_I(v_1, v_2)$  za opseg ulaznih napona  $v_1$  i  $v_2$  za koji su operacioni pojačavači u linearnom režimu.



**Rešenje:**



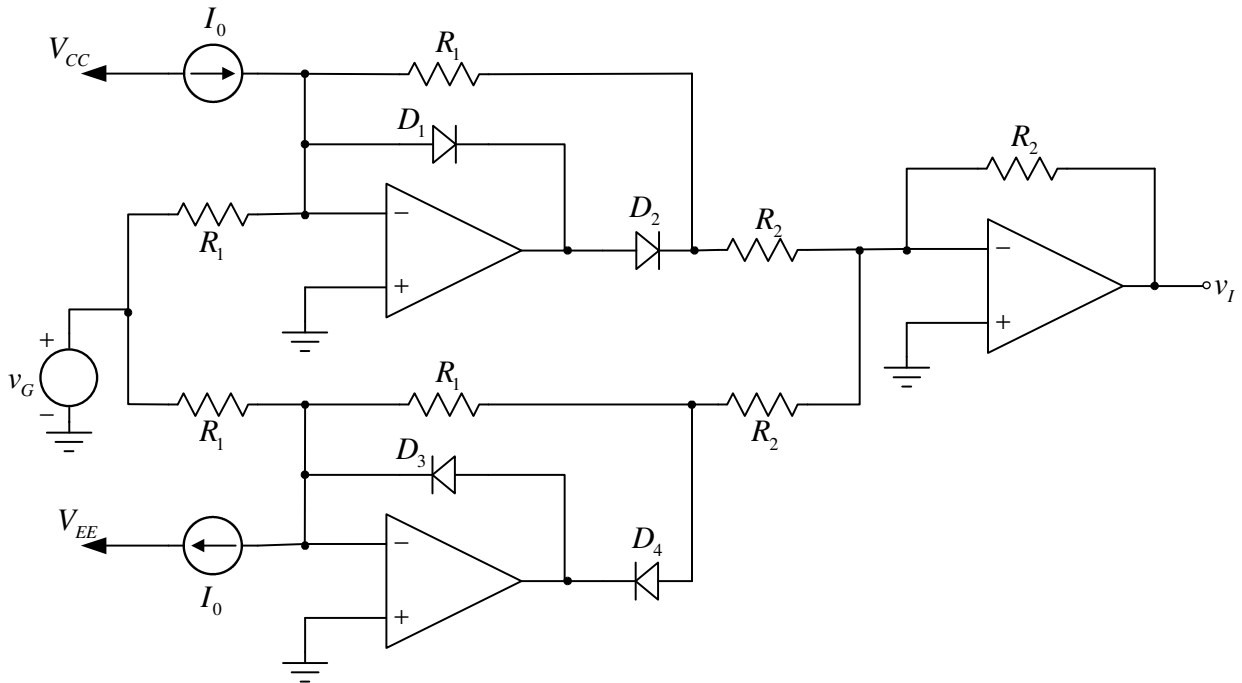
$$\left. \begin{aligned} \frac{v_3 - v_5}{R_3} = \frac{v_5 - v_I}{R_4} &\Rightarrow v_5 = \frac{R_4}{R_3 + R_4} v_3 + \frac{R_3}{R_3 + R_4} v_I \\ v_6 = \frac{R_4}{R_3 + R_4} v_4 \\ v_5 = v_6 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{R_4}{R_3 + R_4} v_3 + \frac{R_3}{R_3 + R_4} v_I = \frac{R_4}{R_3 + R_4} v_4 \Rightarrow$$

$$R_4 v_3 + R_3 v_I = R_4 v_4 \Rightarrow v_I = \frac{R_4}{R_3} (v_4 - v_3)$$

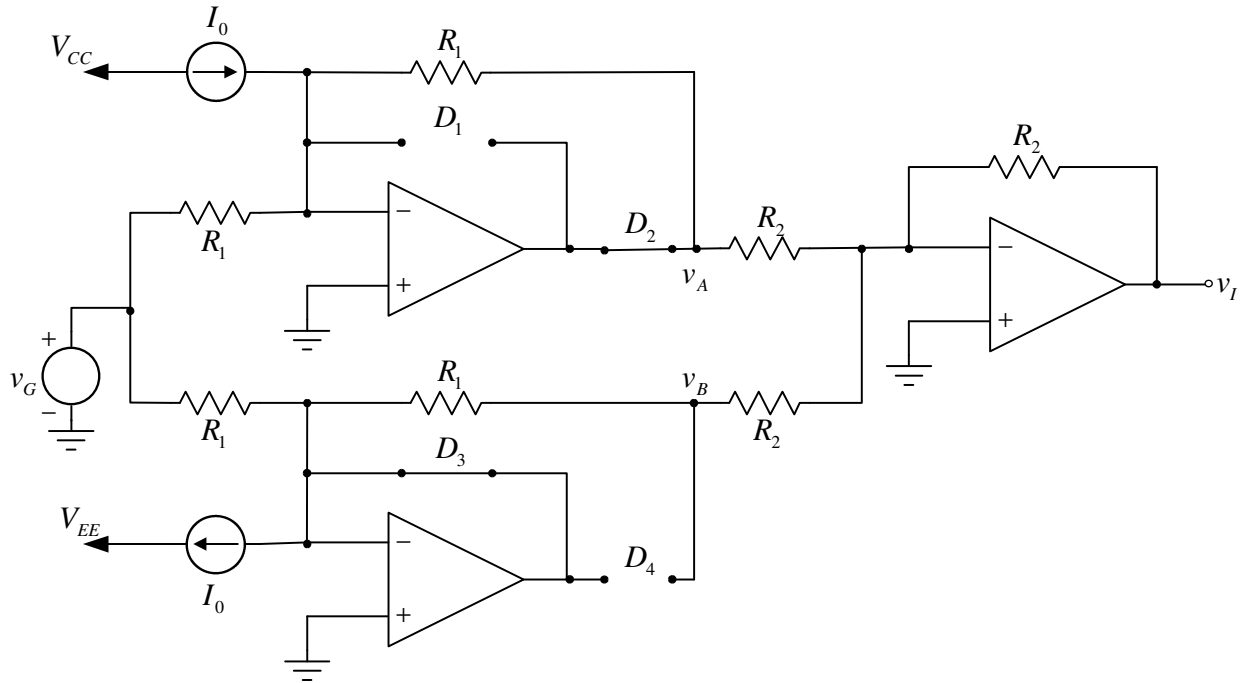
$$\left. \begin{aligned} v_I &= \frac{R_4}{R_3} (v_4 - v_3) \\ i_1 = \frac{v_3 - v_1}{R_2} &\Rightarrow v_3 = v_1 + i_1 R_2 \\ i_1 = \frac{v_2 - v_4}{R_2} &\Rightarrow v_4 = v_2 - i_1 R_2 \\ i_1 &= \frac{v_1 - v_2}{R_1} \end{aligned} \right\} \Rightarrow v_I = \frac{R_4}{R_3} (v_2 - i_1 R_2 - (v_1 + i_1 R_2)) = \frac{R_4}{R_3} (v_2 - v_1 - 2i_1 R_2)$$

$$v_I = \frac{R_4}{R_3} \left( v_2 - v_1 - 2R_2 \frac{v_1 - v_2}{R_1} \right) \Rightarrow \boxed{v_I = \frac{R_4}{R_3} \left( 1 + \frac{2R_2}{R_1} \right) (v_2 - v_1)}$$

65. U kolu sa slike operacioni pojačavači i diode su idealni. Smatrajući da su  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $V_{CC}$ ,  $V_{EE}$  i  $I_0$  poznate veličine, odrediti zavisnost  $v_I(v_G)$  za opseg ulaznog napona  $v_G$  za koji su svi operacioni pojačavači u linearnom režimu, diode  $D_1$  i  $D_4$  isključene, a diode  $D_2$  i  $D_3$  uključene.

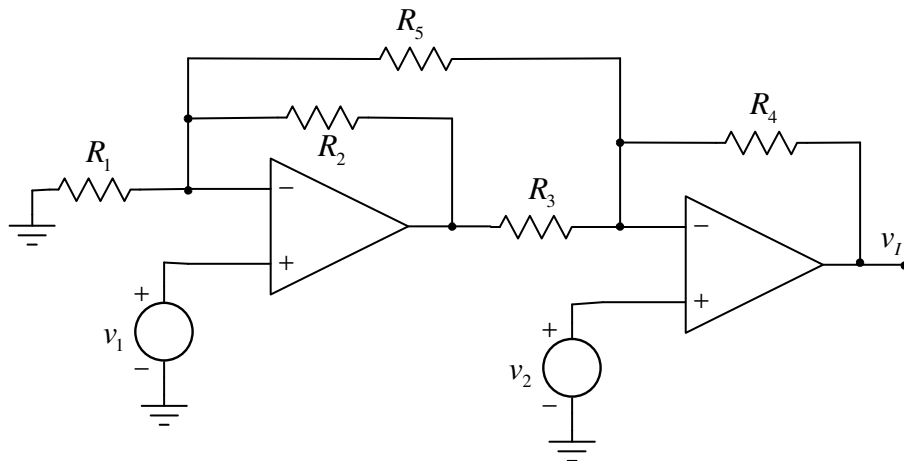


**Rešenje:**



$$\left. \begin{aligned}
 \frac{v_G}{R_1} + I_0 + \frac{v_A}{R_1} &= 0 \Rightarrow v_A = -v_G - R_1 I_0 \\
 v_B &= 0 \\
 \frac{v_A}{R_2} + \frac{v_B}{R_2} + \frac{v_I}{R_2} &= 0 \Rightarrow v_I = -v_A - v_B
 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \boxed{v_I = v_G + R_1 I_0}$$

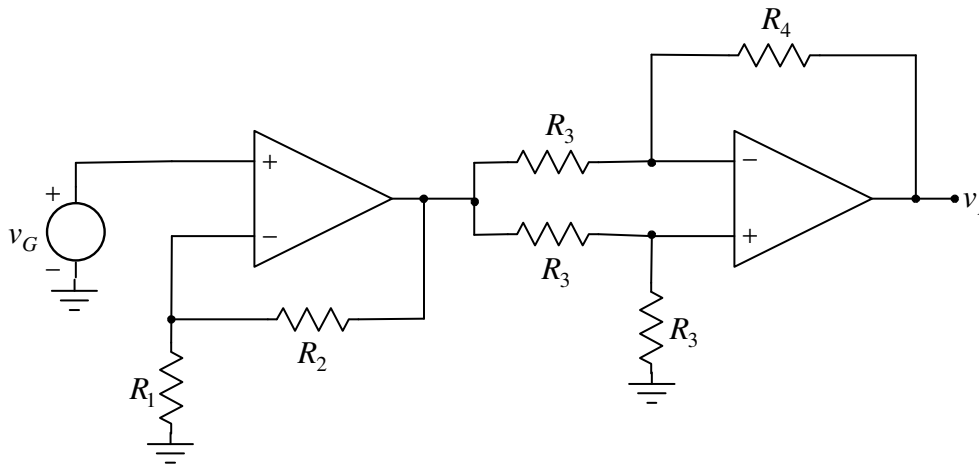
**66.** (Zadatak za vežbu) U kolu sa slike operacioni pojačavači su idealani. Smatrajući da su sve otpornosti poznate veličine, odrediti  $v_I(v_1, v_2)$  za opseg ulaznih napona  $v_1$  i  $v_2$  za koji su operacioni pojačavači u linearnom režimu.



**Rešenje:**

$$v_I = v_2 \cdot \left( \frac{R_4}{R_3} + \frac{R_2 R_4}{R_3 R_5} + \frac{R_4}{R_5} + 1 \right) - v_1 \cdot \left( \frac{R_4}{R_3} + \frac{R_2 R_4}{R_3 R_5} + \frac{R_4}{R_5} + \frac{R_2 R_4}{R_1 R_3} \right)$$

67. (Zadatak za vežbu) U kolu sa slike operacioni pojačavači su idealani. Smatrajući da su sve otpornosti poznate veličine, odrediti  $v_I(v_G)$  za opseg ulaznog napona  $v_G$  za koji su operacioni pojačavači u linearnom režimu.

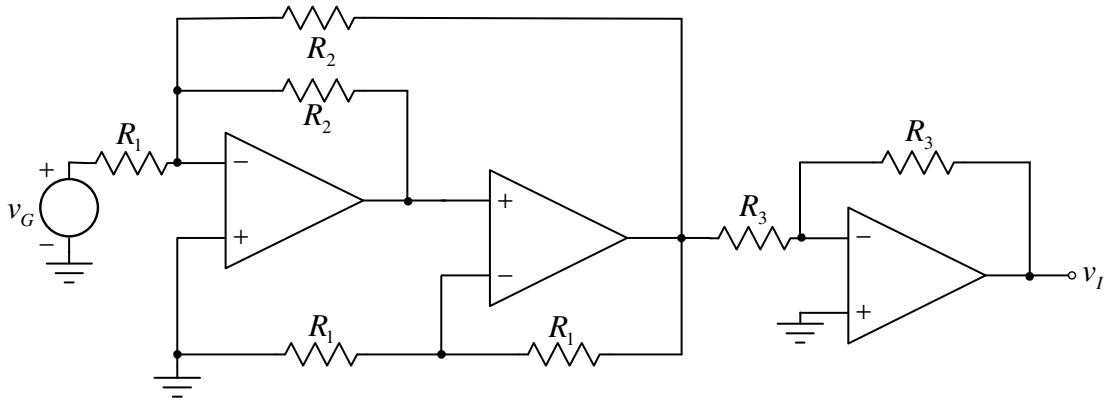


**Rešenje:**

$$v_I = \frac{1}{2} \cdot \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \cdot \left( 1 - \frac{R_4}{R_3} \right) \cdot v_G$$



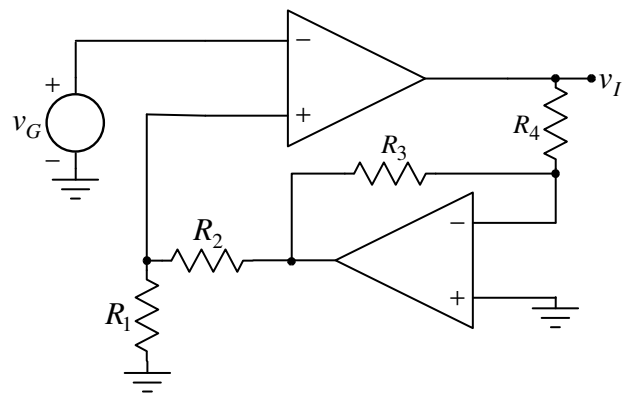
68. (Zadatak za vežbu) U kolu sa slike operacioni pojačavači su idealani. Smatrajući da su sve otpornosti poznate veličine, odrediti  $v_I(v_G)$  za opseg ulaznog napona  $v_G$  za koji su operacioni pojačavači u linearnom režimu.



**Rešenje:**

$$v_I = \frac{2R_2}{3R_1} v_G$$

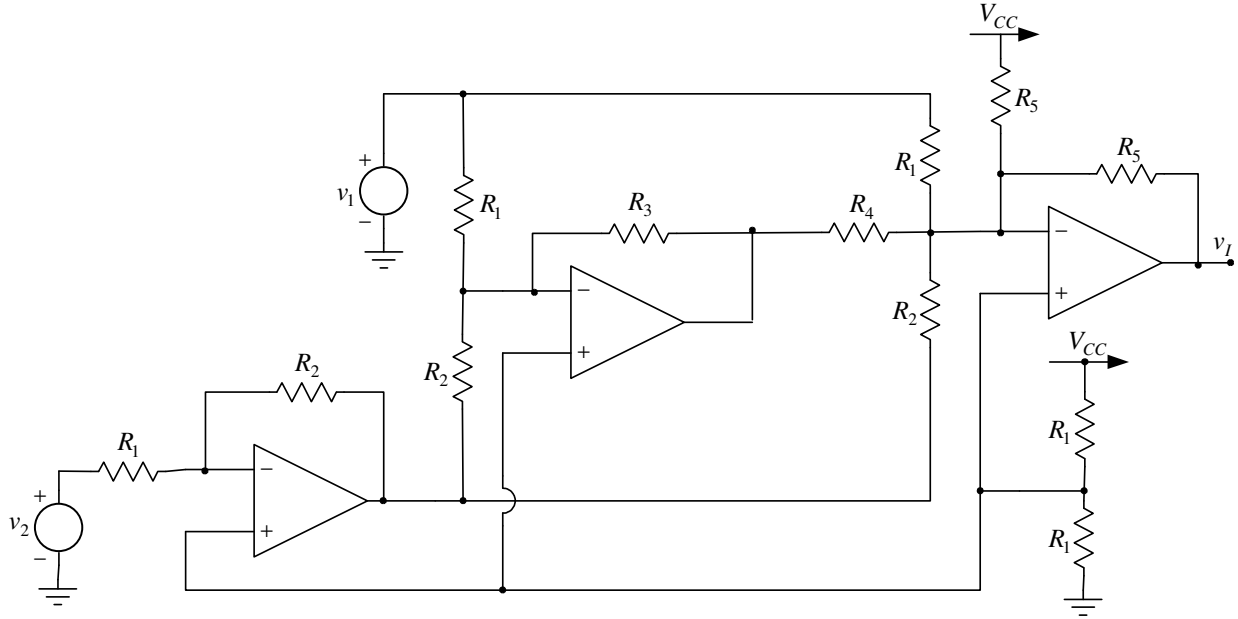
69. (Zadatak za vežbu) U kolu sa slike operacioni pojačavači su idealani. Poznato je da je  $R_1 = R_2 = R_3 = 10\text{k}\Omega$ . Smatrajući da oba operaciona pojačavača rade u linearnom režimu, odrediti  $R_4$  tako da pojačanje bude  $a = \frac{v_I}{v_G} = -2$ .



**Rešenje:**

$$a = \frac{v_I}{v_G} = -\frac{R_4}{R_3} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) = -2 \Rightarrow \boxed{R_4 = 10\text{k}\Omega}$$

70. (Zadatak za vežbu) U kolu sa slike operacioni pojačavači su idealani. Smatrajući da su sve otpornosti poznate veličine i da je napon  $V_{CC}$  poznata veličina, odrediti  $v_I(v_1, v_2)$  za opseg ulaznih napona  $v_1$  i  $v_2$  za koji su svi operacioni pojačavači u linearnom režimu.

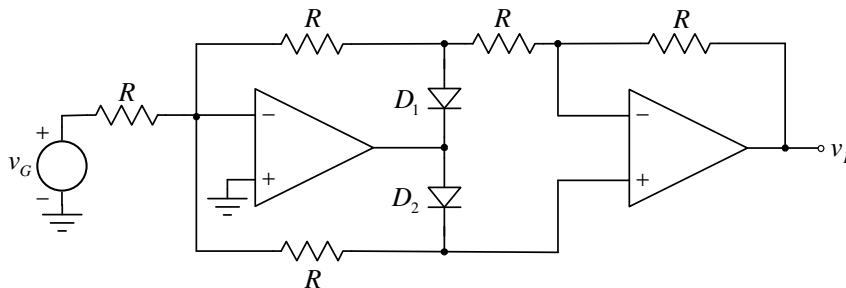


**Rešenje:**

$$v_I = R_5 \cdot \left( \frac{R_3}{R_1 R_4} - \frac{1}{R_1} \right) \cdot (v_1 - v_2)$$

71. (Zadatak za vežbu) U kolu sa slike operacioni pojačavači su idealni. Dioda su idealne sa  $V_D = 0,6V$ , a poznato je i  $R = 1k\Omega$ . Odrediti  $v_I(v_G)$  ako su:

- $D_1$  -OFF,  $D_2$  -ON, operacioni pojačavači u linearnom režimu;
- $D_1$  -ON,  $D_2$  -OFF, operacioni pojačavači u linearnom režimu.

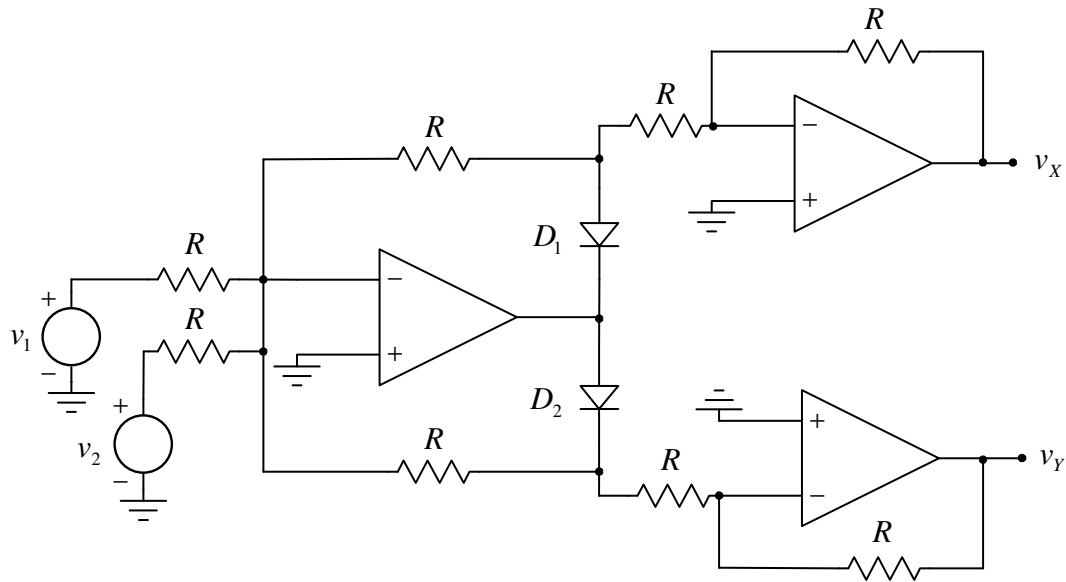


**Rešenje:**

a)  $v_I = -v_G$

b)  $v_I = v_G$

72. (Zadatak za vežbu) U kolu sa slike, operacioni pojačavači i diode su idealni. Smatrajući  $R$  poznatom veličinom, odrediti zavisnosti  $v_X(v_1, v_2)$  i  $v_Y(v_1, v_2)$  za opseg ulaznih napona  $v_1$  i  $v_2$  za koji su operacioni pojačavači u linearnom režimu, dioda  $D_1$  isključena, a dioda  $D_2$  uključena.



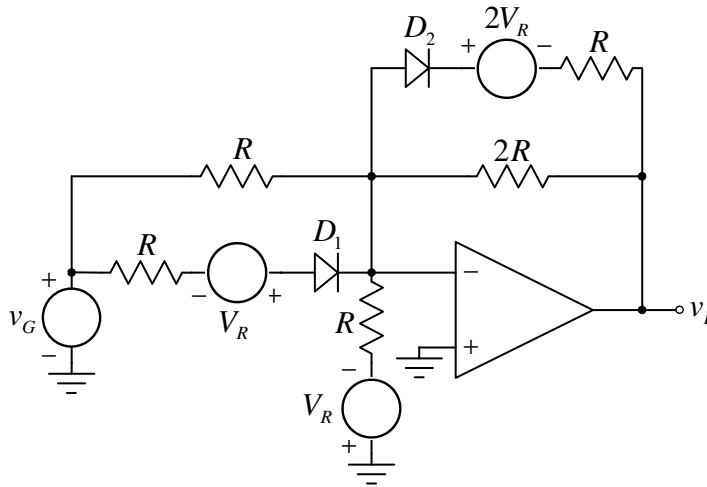
**Rešenje:**

$v_X = 0$

$v_Y = v_1 + v_2$

73. (Zadatak za vežbu) U kolu sa slike operacioni pojačavač je idealan i radi u linearnom režimu. Diode su idealne. Smatrajući da su  $V_R$  i  $R$  poznate veličine, odrediti zavisnost  $v_I(v_G)$  ako su:

- a) dioda  $D_1$  uključena, a dioda  $D_2$  isključena;
- b) obe diode uključene.



**Rešenje:**

a)  $v_I = -4v_G$

b)  $v_I = -\frac{4}{3}(v_G + V_R)$