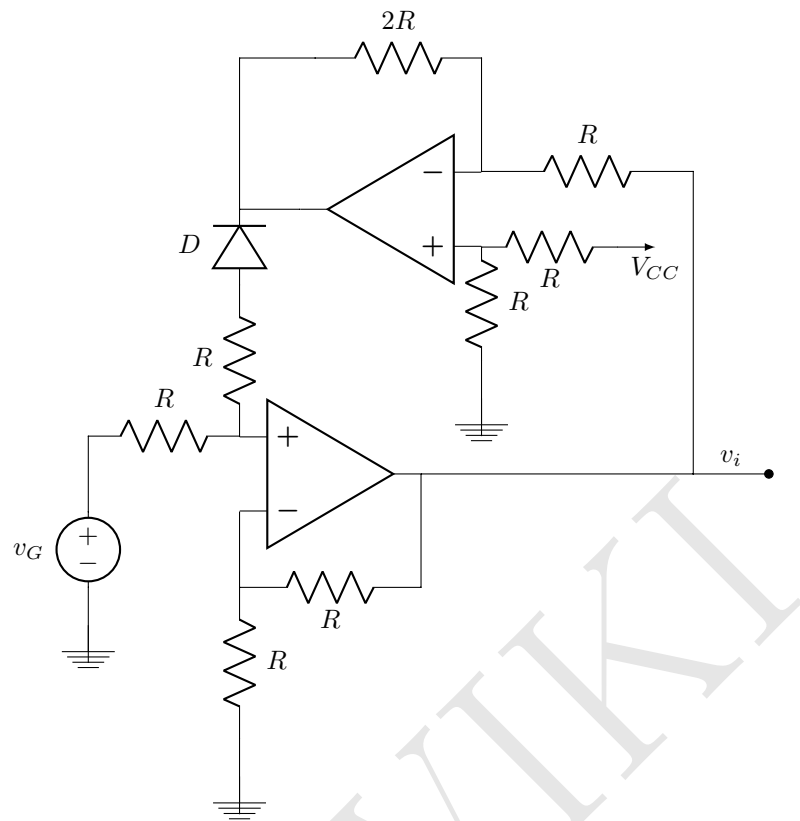


Drugi domaći zadatak iz Osnova elektronike

Luka Simić, 19/0368

(verzija za SI Wiki)

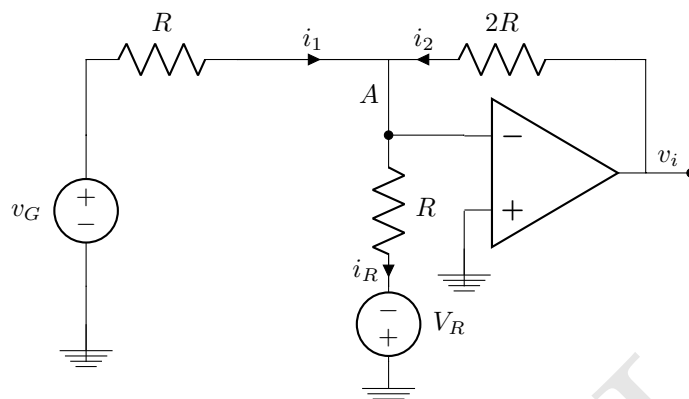
SI WIKI



Slika 2: Kolo u postavci drugog zadatka

2 Rešenje

1. Prvo krećemo od pretpostavke $D_1 - OFF$, $D_2 - OFF$ i dobijamo kolo sa slike 3.



Slika 3: Kolo ekvivalentno kolu sa slike 1 pri pretpostavci $D_1 - OFF$, $D_2 - OFF$

Pošto imamo da je napon na + strani operacionog pojačavača jednak naponu na - strani operacionog pojačavača dobijamo da je napon u čvoru A jednak nuli. Na osnovu toga možemo izračunati i_1 , i_2 i i_R kroz taj čvor.

$$i_1 = \frac{v_G - V_A}{R} = \frac{v_G}{R} \quad (1)$$

$$i_2 = \frac{v_i - V_A}{2R} = \frac{v_i}{2R} \quad (2)$$

$$i_R = \frac{V_A - (-V_R)}{R} = \frac{V_R}{R} \quad (3)$$

Iz Kirhofovog zakona za struje u tom čvoru takođe dobijamo:

$$i_1 + i_2 = i_R \quad (4)$$

Kombinacijom (1), (2), (3) i (4) dobijamo:

$$\frac{v_G}{R} + \frac{v_i}{2R} = \frac{V_R}{R}$$

$$v_G + \frac{v_i}{2} = V_R$$

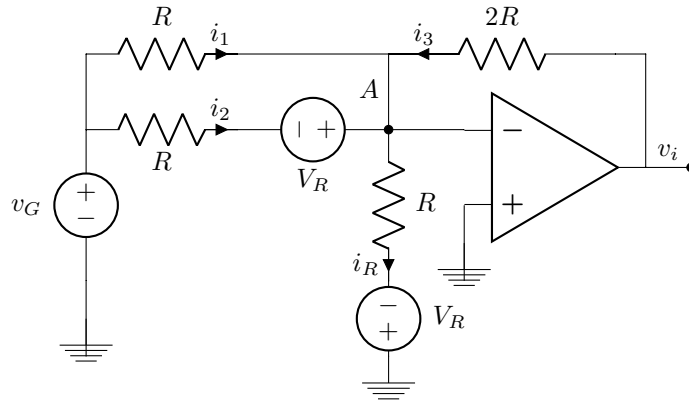
$$\boxed{v_i = 2(V_R - v_G)} \quad (5)$$

Nakon izračunatog v_i proveravamo uslove za našu pretpostavku.

- $v_{D_1} < 0 \implies v_G + V_R - V_A < 0 \implies v_G < -V_R \implies v_G < -2.5V$
- $v_{D_2} < 0 \implies V_A - 2V_R - v_i < 0 \implies 2V_R + 2v_G + 2V_R > 0 \implies v_G > -2V_R \implies v_G > -5V$

Iz provere uslova zaključujemo da je opseg v_G za ovu pretpostavku jednak $[-3.5V, -2.5V]$.

Pošto je pri povećavanju napona prvi uslov koji neće biti ispunjen uslov za $D_1 - OFF$, sledeća pretpostavka nam je $D_1 - ON$, $D_2 - OFF$ za $v_G > -2.5V$, i za nju se dobija kolo sa slike 4.



Slika 4: Kolo ekvivalentno kolu sa slike 1 pri pretpostavci $D_1 - ON, D_2 - OFF$

Slično kao i prilikom prethodne pretpostavke, dobijamo sledeće jednačine:

$$i_1 = \frac{v_G}{R} \quad (6)$$

$$i_2 = \frac{v_G - (V_A - V_R)}{R} = \frac{v_G + V_R}{R} \quad (7)$$

$$i_3 = \frac{v_i}{2R} \quad (8)$$

$$i_R = \frac{V_R}{R} \quad (9)$$

$$i_1 + i_2 + i_3 = i_R \quad (10)$$

Pa tako kombinacijom (6), (7), (8), (9) i (10) dobijamo:

$$\frac{v_G}{R} + \frac{v_G + V_R}{R} + \frac{v_i}{2R} = \frac{V_R}{R}$$

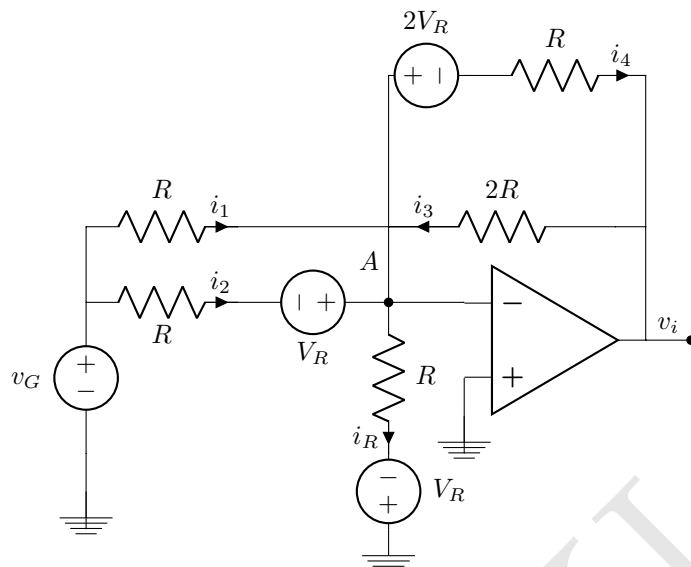
$$v_G + v_G + V_R + \frac{v_i}{2} = V_R$$

$$\boxed{v_i = -4v_G} \quad (11)$$

Uslovi za našu pretpostavku jesu:

- $i_{D_1} > 0 \implies i_2 > 0 \implies v_G + V_R > 0 \implies v_G > -V_R \implies v_G > -2.5V$
- $v_{D_2} < 0 \implies V_A - 2V_R - v_i < 0 \implies -2V_R - 4v_G < 0 \implies v_G < \frac{V_R}{2} \implies v_G < 1.25V$

Pošto će uslov za $D_1 - ON$ ostati ispunjen, vidimo da je za ovu pretpostavku $v_G \in (-2.5V, 1.25V]$ i da će se u narednom intervalu D_2 uključiti. Za pretpostavku $D_1 - ON, D_2 - ON$, kolo izgleda kao na slici 5.



Slika 5: Kolo ekvivalentno kolu sa slike 1 pri pretpostavci $D_1 - ON, D_2 - ON$

Jednačine (6), (7), (8) i (9) ispadaju isto kao i u prethodnoj pretpostavci, a vrednost i_4 i Kirhofov zakon u čvoru A su:

$$i_4 = \frac{V_A - 2V_R - v_i}{R} = -\frac{2V_R + v_i}{R} \quad (12)$$

$$i_1 + i_2 + i_3 = i_R + i_4 \quad (13)$$

Iz (6), (7), (8), (9), (12) i (13) dobijamo:

$$\frac{v_G}{R} + \frac{v_G + V_R}{R} + \frac{v_i}{2R} = \frac{V_R}{R} - \frac{2V_R + v_i}{R}$$

$$v_G + v_G + V_R + \frac{v_i}{2} = V_R - 2V_R - v_i$$

$$\frac{3v_i}{2} = -2V_R - 2v_G$$

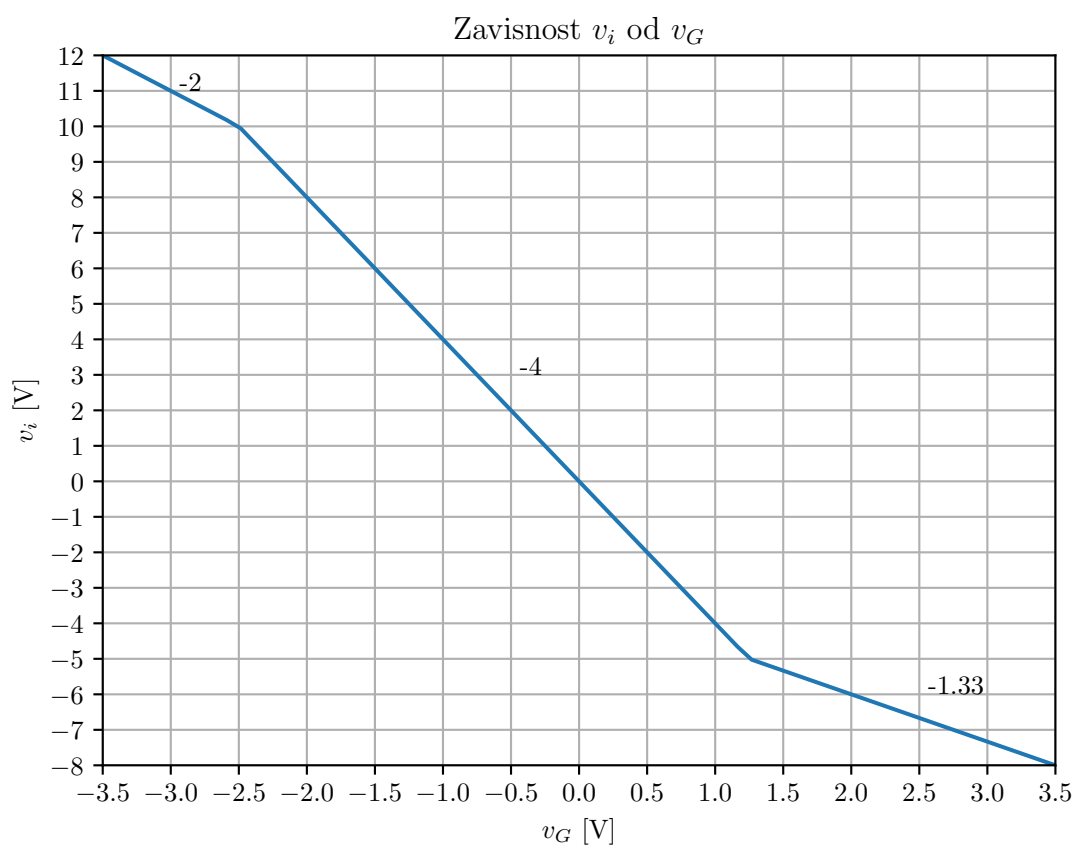
$$\boxed{v_i = -\frac{4}{3}(v_G + V_R)} \quad (14)$$

Proverom uslova dobijamo:

- $i_{D_1} > 0 \implies i_2 > 0 \implies v_G + V_R > 0 \implies v_G > -V_R \implies v_G > -2.5V$
- $i_{D_2} > 0 \implies i_4 > 0 \implies -2V_R - v_i > 0 \implies -2V_R + \frac{4}{3}v_G + \frac{4}{3}V_R > 0 \implies v_G > \frac{V_R}{2} \implies v_G > 1.25V$

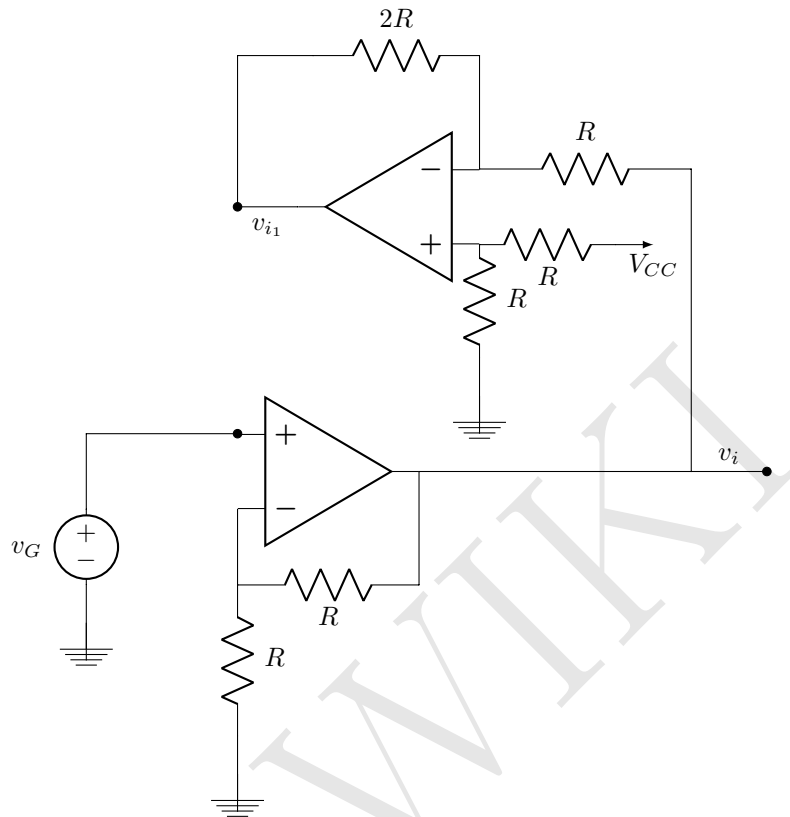
Što znači da će uslovi biti ispunjeni za interval $v_G \in (1.25, 3.5V]$.

Sa jednačinama iz (5) (za $v_G \in [-3.5V, -2.5V]$), (11) (za $v_G \in (-2.5V, 1.25V]$) i (14) (za $v_G \in (1.25V, 3.5V]$) sada možemo nacrtati grafik zavisnosti v_i od v_G kao što je prikazan na slici 6.



Slika 6: Grafik zavisnosti v_i od v_G .

2. Pošto imamo diodu D u kolu, a napon v_G nam počinje od $0V$, prva pretpostavka nam je $D - OFF$ i za nju ekvivalentno kolo izgleda kao na slici 7. Otpornici povezani s generatorom v_G se eliminišu iz razloga što tuda ne protiče struja (dioda je isključena a u operacioni pojačavač ne ulazi struja).



Slika 7: Kolo ekvivalentno kolu sa slike 2 pri pretpostavci $D - OFF$

Na osnovu donjeg operacionog pojačavača možemo zaključiti da su naponi na njegovim $+$ i $-$ granama jednaki v_G , pa iz naponskog razdelnika ispod njega zaključujemo da je:

$$v_G = \frac{v_i}{2}$$

$$\boxed{v_i = 2v_G} \quad (15)$$

Sa druge strane, izlazni napon gornjeg operacionog pojačavača se može izračunati na osnovu duže formule za diferencijalni pojačavač, koja glasi:

$$v_i = \frac{R_4}{R_3 + R_4} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) v_{u1} - \frac{R_2}{R_1} v_{u2} \quad (16)$$

Kada u (16) ubacimo vrednosti iz našeg konkretnog kola, dobijemo:

$$v_{i1} = \frac{R}{R + R} \left(1 + \frac{2R}{R}\right) V_{CC} - \frac{2R}{R} v_i$$

$$v_{i1} = \frac{3}{2} V_{CC} - 2v_i \quad (17)$$

Na osnovu (15) i (17) dobijamo da je napon na isključenoj diodi D jednak:

$$v_D = v_G - v_{i1} = v_G - \frac{3}{2} V_{CC} + 2v_i$$

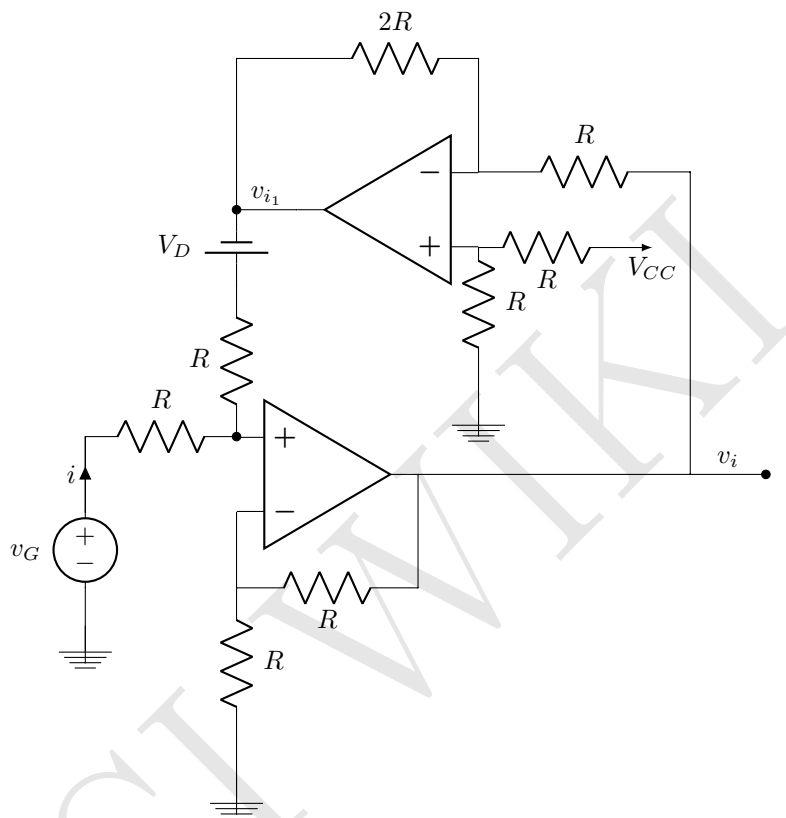
$$v_D = 5v_G - \frac{3}{2} V_{CC}$$

$$v_D = 5v_G - 7.5V \quad (18)$$

Kako bi uslov naše pretpostavke bio ispunjen, mora da važi $v_D < V_D$, pa iz (18) dobijamo:

$$\begin{aligned} 5v_G &< 7.5V + 0.7V \\ v_G &< 1.64V \end{aligned} \quad (19)$$

Za našu sledeću pretpostavku uzimamo da je $D - ON$, pa ekvivalentno kolo izgleda kao na slici 8.



Slika 8: Kolo ekvivalentno kolu sa slike 2 pri pretpostavci $D - ON$

Slično kao pri prošloj pretpostavci, naponi na oba kraja donjeg operacionog pojačavača su $\frac{v_i}{2}$ i jednačina (17) važi. Iz pada napona na otpornicima R u grani sa v_G možemo dobiti dve jednačine:

$$i = \frac{v_G - \frac{v_i}{2}}{R} \quad (20)$$

$$i = \frac{\frac{v_i}{2} - v_{i1} - V_D}{R} \quad (21)$$

Izjednačavanjem (20) i (21) i zatim ubacivanjem (17) dobijamo:

$$\frac{v_G - \frac{v_i}{2}}{R} = \frac{\frac{v_i}{2} - v_{i1} - V_D}{R}$$

$$v_G - \frac{v_i}{2} = \frac{v_i}{2} - v_{i1} - V_D$$

$$v_G + V_D + \frac{3}{2}V_{CC} - 2v_i = v_i$$

$$3v_i = v_G + V_D + \frac{3}{2}V_{CC}$$

$$\boxed{v_i = \frac{v_G}{3} + \frac{V_D}{3} + \frac{V_{CC}}{2}} \quad (22)$$

Kada (22) ubacimo u (20) dobijamo:

$$i = \frac{v_G - \frac{v_G + V_D + V_{CC}}{2}}{R}$$

$$i = \frac{\frac{5}{6}v_G - \frac{V_D}{6} - \frac{V_{CC}}{4}}{R} \quad (23)$$

Pošto je struja kroz D ista struja kao kroz generator v_G iz (23) dobijamo uslov naše pretpostavke:

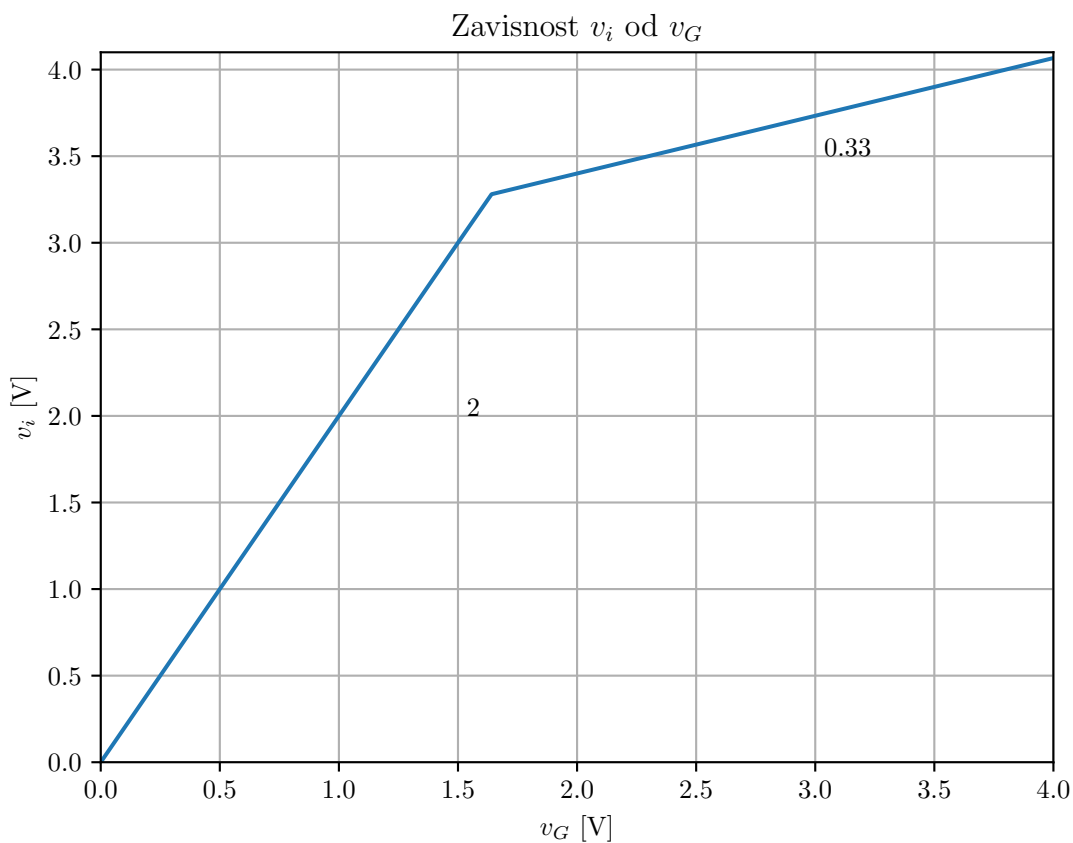
$$\frac{5}{6}v_G - \frac{V_D}{6} - \frac{V_{CC}}{4} > 0$$

$$\frac{5}{6}v_G > \frac{V_D}{6} + \frac{V_{CC}}{4}$$

$$v_G > \frac{V_D}{5} + \frac{3}{10}V_{CC}$$

$$v_G > 1.64V \quad (24)$$

Na osnovu uslova (19) i (24), kao i jednačina zavisnosti v_i od v_G (15) i (22), dobijamo grafik zavisnosti kao na slici 9.



Slika 9: Grafik zavisnosti v_i od v_G .