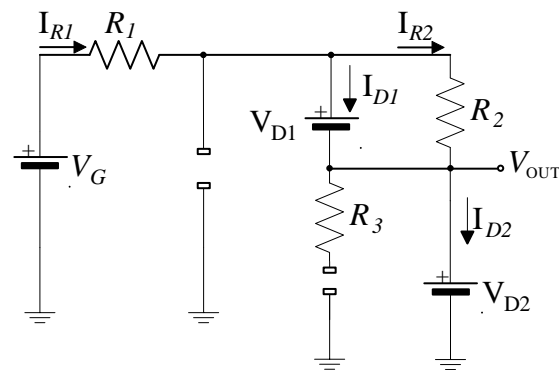


3. Pod pretpostavkom da su amplitude naizmeničnih komponenti napona koje potiču od naizmeničnog strujnog generatora znatno manje od jednosmernih vrednosti napona u kolu, zadatak rešavamo analizirajući ekvivalentne DC i AC šeme koje se dobiju iz početnog kola.

DC Analiza

Napon generatora V_G je veći od minimalnog napona potrebnog da bi provele obe diode ($2V_D$) i na osnovu toga zaključujemo da su diode D_1 i D_2 uključene. Nakon što diode zamenimo odgovarajućim modelom dobijamo ekvivalentnu DC šemu prikazanu na slici 3.3. Na osnovu DC šeme potrebno je izračunati jednosmerne struje koje prolaze kroz obde diode kao i jednosmerni napon V_{OUT} . Dakle, na osnovu šeme sa slike 3.3 važe sledeće jednakosti:



$$(3.1) I_{R1} = I_{D2} = \frac{V_G - 2V_D}{R_3} = 8.6 \text{ mA}$$

$$(3.2) I_{R2} = \frac{V_{D1}}{R_2} = 0.7 \text{ mA}$$

$$(3.3) I_{R1} = I_{R2} + I_{D1} \Rightarrow I_{D1} = 7.9 \text{ mA}$$

$$(3.4) V_{OUT} = V_D = 0.7V$$

Slika 3.1. – Ekvivalentna DC šema

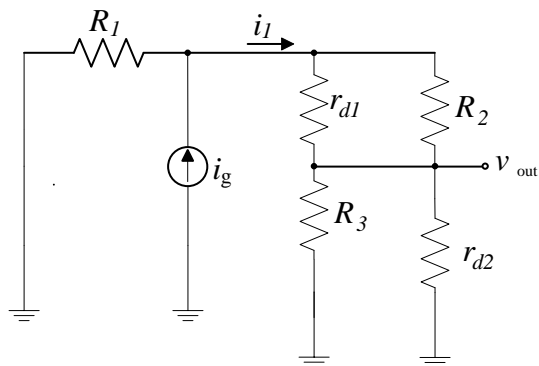
Na osnovu izračunatih jednosmernih vrednosti struja kroz diode moguće je izračunati dinamičke otpornosti dioda:

$$(3.5) r_{D1} = \frac{V_t}{I_{D1}} = 3.16 \Omega$$

$$(3.6) r_{D2} = \frac{V_t}{I_{D2}} = 2.91 \Omega$$

AC Analiza

U okviru AC analize njihovom ekvivalentnim dinamičkim otpornostima izračunatim u prethodnoj tački. Pošto su u ovom primeru obe diode uključene, obe diode zamenjujemo sa odgovarajućim dinamičkim otpornostima. Topologija kola sa slike 3.2. predstavlja strujni razdelnik i na osnovu toga dobijamo jednakost 3.7. Iz ove jednakosti, primenom Omovog zakona, izračunavamo naizmeničnu komponentu signala na izlazu.



$$(3.7) i_1 = i_g \frac{R_3}{R_3 + r_{d1} || R_2 + r_{d2} || R_3}$$

$$(3.8) v_{out} = i_1 r_{d2} || R_3 \Rightarrow v_{out} = 2.89 \Omega i_g$$

$$(3.9) v_{out} = 2.89 \text{ mV} \sin(\omega t)$$

Slika 3.2. – Ekvivalentna AC šema

Na osnovu DC i AC ukupni signal na jednačinom 3.10.

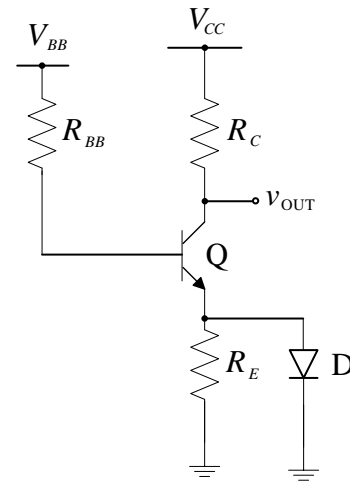
$$(3.10) v_{OUT} = 0.7V + 28.9 \text{ mV} \sin(\omega t)$$

analize dobijamo da je izlazu definisan

4. Potrebno je izvršiti analizu kola sa bipolarnim tranzistorom i diodom kada se napon napajanja V_{CC} kreće u opsegu od 0 do 10V. Međutim, pre nego krenemo u analizu kola, potrebno je deo kola levo od baze tranzistora Q zameniti ekvivalentnim Tevenenovim generatorom. Parametri tog generatora su

$$(4.1) V_{BB} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{CC} = \frac{1}{2} V_{CC}$$

$$(4.2) R_{BB} = R_1 || R_2 = 50k\Omega.$$



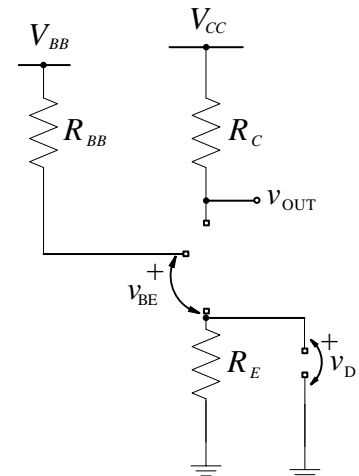
Slika 4.1. – Topologija kola nakon zamene dela kola ekvivalentnim Tevenenim generatorom

Polazna tačka ove analize podrazumeva napon napajanja jednak 0V. U toj tački su i dioda i tranzistor isključeni jer napon napajanja još nije dovoljno veliki da provede ni dioda a ni tranzistor. Dakle, u ovoj tački $V_{CC}^{(1)}$, ekvivalentno kolo izgleda kao na slici 4.2. Na osnovu kola sa slike 4.2 važe jednakosti

$$(4.3) v_{BE} = V_{BB} = \frac{1}{2} V_{CC}$$

$$(4.4) v_D = 0V$$

$$(4.5) v_{OUT} = V_{CC}$$

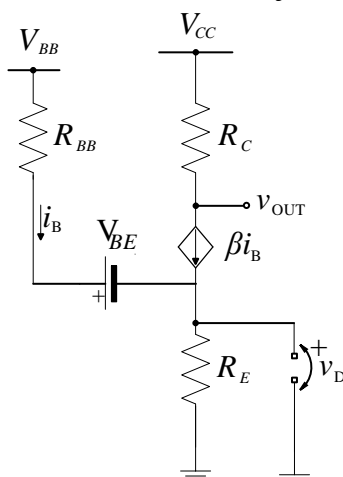


Slika 4.2. – Topologija kola pre uključjenja tranzistora

Iz formule 4.4. možemo zaključiti da povećanje napona napajanja ne utiče na povećanje napona na diodi D već u ovoj topologiji kola povećanje napona napajanja utiče isključivo na povećanje napona v_{BE} . To znači da može doći do uključjenja tranzistora Q usled neke vrednosti napona napajanja V_{CC} . Tranzistor se uključuje kada napon v_{BE} postane jednak naponu V_{BE} a to se dešava pri vrednosti napona napajanja $V_{CC}^{(2)}$.

$$(4.6) v_{BE} = V_{BE} = \frac{1}{2} V_{CC}^{(2)} \Rightarrow V_{CC}^{(2)} = 2V_{BE} = 1.4V$$

Kada se tranzistor uključi on vodi u DAR i topologija kola izgleda kao na slici 4.3



$$(4.7) i_B = \frac{\frac{1}{2} V_{CC} - V_{BE}}{(1 + \beta) R_E + R_{BB}} = 3.29\mu S \cdot V_{CC} - 4.61\mu A$$

$$(4.8) i_C = \beta \cdot i_B = 160\mu S \cdot V_{CC} - 230\mu A$$

$$(4.9) i_E = (1 + \beta) \cdot i_B = 163\mu S \cdot V_{CC} - 234\mu A$$

$$(4.10) v_{OUT} = V_{CC} - i_C R_C = 0.52 \cdot V_{CC} + 0.69V$$

$$(4.11) v_D = i_E \cdot R_E = 0.34 \cdot V_{CC} - 0.48V$$

$$(4.12) v_{CE} = v_C - v_E = 0.18 \cdot V_{CC} + 1.17V$$

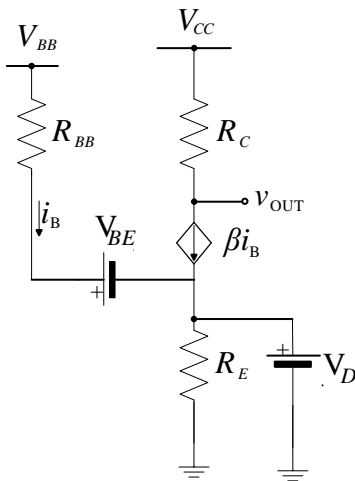
Slika 4.3. – Topologija kola nakon uključjenja tranzistora

Nakon uključenja transistor vodi u DAR i tada počinje da teče struja kroz transistor. Usled daljeg povećanja napona napajanja raste i struja emitera tranzistora Q što za posledicu ima povećanje napona diode v_D . To znači da će se za neku vrednost napona napajanja uključiti dioda. Dioda se uključuje kada napon na diodi v_D postane jednak naponu V_D a to se dešava pri naponu napajanja $V_{CC}^{(3)}$ koji je jednak:

$$(4.13) \quad v_D = V_D = 0.34 \cdot V_{CC}^{(3)} - 0.48V \Rightarrow V_{CC}^{(3)} = 3.48V$$

Nakon topologija kola izgleda kao na slici 4.4.

uključenja diode,



$$(4.14) \quad i_B = \frac{1}{2} \frac{V_{CC} - (V_{BE} + V_D)}{R_{BB}} = 10\mu S \cdot V_{CC} - 28\mu A$$

$$(4.15) \quad i_C = \beta \cdot i_B = 0.5mS \cdot V_{CC} - 1.4mA$$

$$(4.16) \quad i_E = (1 + \beta) \cdot i_B = 0.51mS \cdot V_{CC} - 1.42mA$$

$$(4.17) \quad v_{OUT} = V_{CC} - i_C R_C = -0.5 \cdot V_{CC} + 4.2V$$

$$(4.18) \quad v_D = 0.7V$$

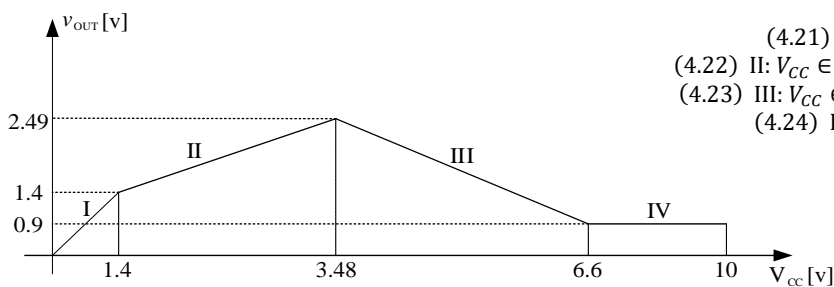
$$(4.19) \quad v_{CE} = v_C - v_E = -0.5 \cdot V_{CC} + 3.5V$$

Slika 4.4. – Topologija kola nakon uključenja diode

Nakon uključenja diode, iz jednačine 4.19, možemo zaključiti da usled daljeg povećavanja napona napajanja dolazi do smanjenja napona v_{CE} što znači da će za neku vrednost napona napajanja tranzistor ući u zasićenje. To se dešava za onu vrednost napona napajanja $V_{CC}^{(4)}$ za koju je napon v_{CE} jednak naponu V_{CES} , a to je:

$$(4.20) \quad v_{CE} = V_{CES} = -0.5 \cdot V_{CC}^{(4)} + 3.5V \Rightarrow V_{CC}^{(4)} = 6.6V$$

Nakon ulaska tranzistora u zasićenje završava s eproces analize kola jer u preostalom opsegu ulaznog napona ne postoje promene u topologiji kola. Na osnovu urađene analize potrebno je nacrtati grafik koji ilustruje zavisnost izlaznog napona v_{OUT} od napona napajanja V_{CC} .



$$(4.21) \quad I: V_{CC} \in [0V, 1.4V] \Rightarrow D_{OFF}, Q_{OFF}, v_{OUT} = V_{CC}$$

$$(4.22) \quad II: V_{CC} \in [1.4V, 3.48V] \Rightarrow D_{OFF}, Q_{DAR}, v_{OUT} = 0.52 \cdot V_{CC} + 0.69V$$

$$(4.23) \quad III: V_{CC} \in [3.48V, 6.6V] \Rightarrow D_{ON}, Q_{DAR}, v_{OUT} = -0.5 \cdot V_{CC} + 4.2V$$

$$(4.24) \quad IV: V_{CC} \in [6.6V, 10V] \Rightarrow D_{ON}, Q_{ZAS}, v_{OUT} = 0.9V$$

Slika 4.5. – Zavisnost izlaznog napona od napona napajanja

5. Pogledati zadatak 3.22 u zbirci zadataka iz Elementa elektronike