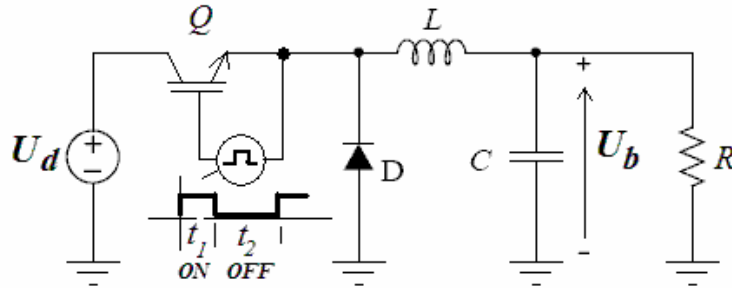


ZADATAK

Čopersko kolo na slici radi sa konstantnom učestanošću $f = 10\text{kHz}$. Vrednost ulaznog napona je $U_d = 200\text{V}$. Vremenski interval u toku koga je uključen tranzistor Q je jednak $t_1 = 50\mu\text{s}$. LC filter u sklopu čopera se može smatrati idealnim $\omega \cdot L \gg R$ i $\omega \cdot C \cdot R \gg 1$. Vrednost otpornosti opterećenja na izlazu čopera je $R = 5\Omega$.



Smatrati da su poluprovodnički elementi Q i D takođe idealni. U zadatku je potrebno izračunati:

- Srednju vrednost izlaznog napona
- Srednje vrednosti struje kroz induktivnost L i kondenzator C
- Srednje vrednosti struja tranzistora Q i diode D
- Snagu koju čoper uzima iz izvora U_d
- Snagu koju čoper predaje otpornom opterećenju

REŠENJE:

a) Čopersko kolo radi kao spuštač napona kod koga je ulazni napon $U_d = 200\text{V}$. Za dati čoper odnos srednje vrednosti izlaznog i ulaznog napona D je dat kao kao:

$$D = \frac{U_b}{U_d} = \frac{\text{vreme_uklj_tranzistora_Q}}{\text{perioda_chopovanja}} = \frac{t_1}{T}.$$

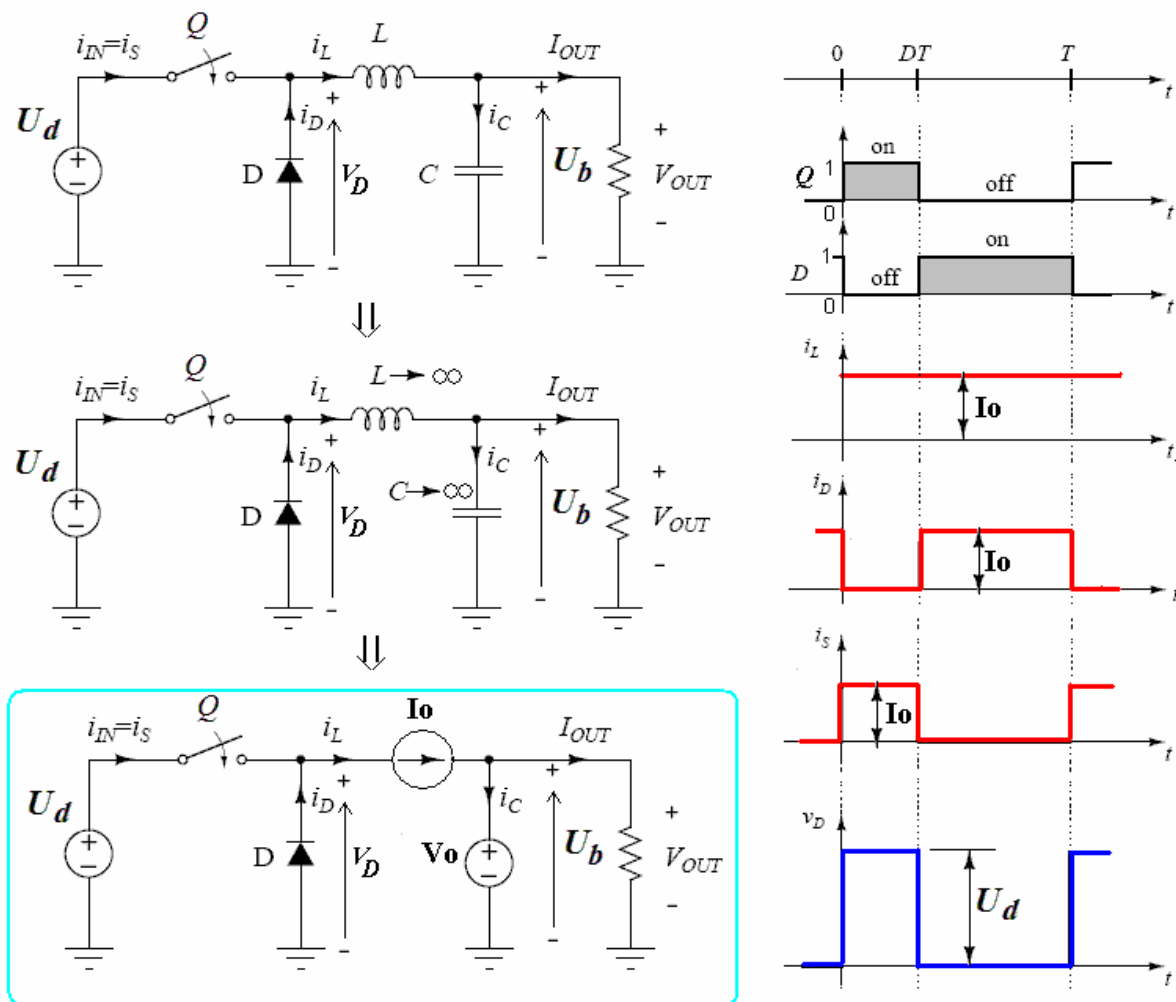
Perioda čopovanja je jednaka recipročnoj vrednosti učestanosti čopovanja:

$$T = \frac{1}{f_s} = \frac{1}{10 \cdot 10^3 \text{ Hz}} = 100\mu\text{s}$$

Srednja vrednost izlaznog napona je:

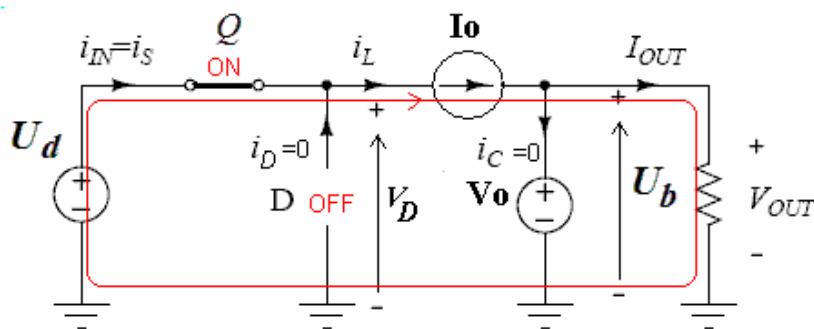
$$U_b = \frac{t_1}{T} \cdot U_d = \frac{50\mu\text{s}}{100\mu\text{s}} \cdot 200\text{V} = 100\text{V}$$

b) Obzirom da je LC filter idealan i da važe relacije: $\omega \cdot L \gg R$ i $\omega \cdot C \cdot R \gg 1$, možemo ove uslove izraziti i kao $L \rightarrow \infty$ i $C \rightarrow \infty$. Shodno tome grana sa induktivnošću se može predstaviti kao strujni generator pri čemu je $i_L = I_0 = \text{const}$. Slično se grana sa kondenzatorom C može predstaviti kao naponski generator konstantnog napona $u_C = U_b = V = \text{const} = 100\text{V}$. Ekvivalentno kolo za analizu i karakteristični talasni oblici su dati na Sl. 1:



Sl.1. Ekvivalentno kolo i talasni oblici za pretvarač

Kad je prekidač Q uključen (interval $0 \leq t \leq D \cdot T$), dioda D se inverzno polarise, te stoga predstavlja otvorenu vezu, a struja I_0 napaja paralelnu vezu kondenzatora C i otpornosti R . Ekvivalentno kolo za ovaj vremenski interval je prikazano na Sl.2.



Sl.2. Ekvivalentno kolo za interval: $0 \leq t \leq D \cdot T$

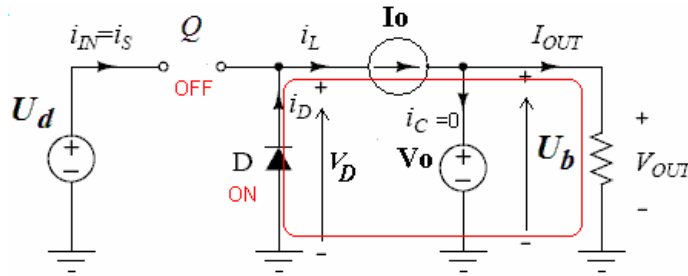
Za jednosmernu struju kalema I_0 kondenzator predstavlja beskonačnu impedansu, tako da se ova struja zatvara kroz opterećenje, odnosno $i_C = 0$, dok je $i_{OUT} = I_0$. Struju I_0 određujemo iz relacije:

$$I_0 = \frac{V_0}{R} = \frac{100V}{5\Omega} = 20A$$

Stoga je srednja vrednost struje kalema L: $I_{L(AVG)} = I_0 = 20A$

Srednja vrednost struje kondenzatora je jednaka nuli tj. $I_{C(AVG)} = I_0 = 0A$.

Kada je prekidač otvoren (vremenski interval $DT \leq t \leq T$) tada struju I_0 preuzima dioda D koja u ovom vremenskom intervalu provodna. Ekvivalentno kolo za ovaj vremenski interval je prikazano na Sl.3.



Sl.3. Ekvivalentno kolo za interval: $D \cdot T \leq t \leq T$

I u ovom režimu važi :

$$I_{C(AVG)} = 0A$$

$$I_{L(AVG)} = I_0$$

c) Na osnovu talasnih oblika sa Sl.1 dobija se srednja vrednost struje tranzistora kao:

$$I_{S(AVG)} = \frac{1}{T} \int_0^T i_S \cdot dt = \frac{1}{T} \int_0^{DT} I_0 \cdot dt + \frac{1}{T} \int_{DT}^T 0 \cdot dt = \frac{1}{T} \int_0^{DT} I_0 \cdot dt + \frac{1}{T} \int_{DT}^T 0 \cdot dt = I_0 \cdot D$$

$$I_{S(AVG)} = I_0 \cdot D = 20 \cdot 0.5 = 20 \cdot 0.5 = 10A$$

Dok je srednja vrednost struje diode kao:

$$I_{D(AVG)} = \frac{1}{T} \int_0^T i_D \cdot dt = \frac{1}{T} \int_0^{DT} 0 \cdot dt + \frac{1}{T} \int_{DT}^T I_0 \cdot dt = 0 + \frac{1}{T} \int_{DT}^T I_0 \cdot dt = I_0 \cdot (1 - D)$$

$$I_{D(AVG)} = I_0 \cdot (1 - D) = 20(1 - 0.5) = 20 \cdot 0.5 = 10A$$

d) Snagu koju čoper uzima iz izvora

$$P_{IN} = U_d \cdot I_{S(AVG)} = 200V \cdot 10A = 2kW,$$

e) Srednja snaga koju čoper predaje opterećenju je:

$$P_{OUT} = V_0 \cdot I_{L(AVG)} = V_0 \cdot I_0 = 100V \cdot 20A = 2kW$$

ZAKLJUČAK:

Sledi da je $P_{IN} = P_{OUT} = 2kW$, što znači da se celokupna energija koju čoper uzima iz izvora u potpunosti predaje opterećenju (ovo je očekivano pošto su po uslovima zadatka svi poluprovodnički elementi, kao i sam LC filter idealni, tj. bez gubitaka snage).