

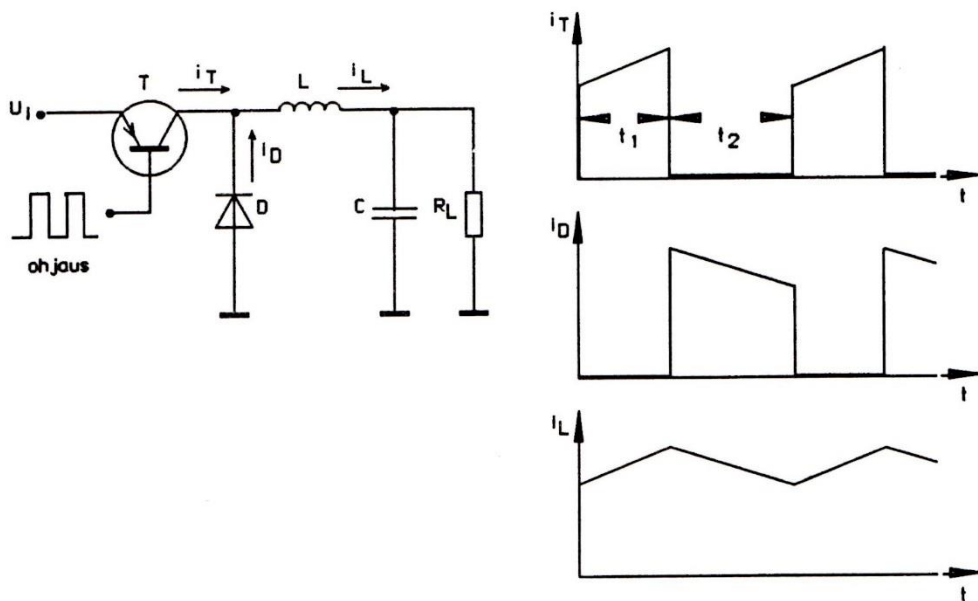
emitteristä. Lähtöjännite voi vaihdella kuten edellisessäkin kytkennässä 7 V ... 37 V välillä. Virranrajoitus toimii samalla tavoin kuin edellä. Jos jännitehäviö vastuksessa R_{SC} ylittää 0,7 V, piiri sulkee transistorin T ja lähtöjännite alkaa laskea.

Hakkuriregulaattorit

Hakkuriteholähteiden hyötysuhde on normaalien sarjatyypisten regulaattorien hyötysuhdetta korkeampi. Lämpöä kehittyy vähemmän ja laite mahtuu pienempään tilaan. Sopivalla suunnittelulla on mahdollista päästä jopa 80 ... 90 % hyötysuhteeseen. Hakkurilaitteiden säätötarkkuus on huonompi kuin tavallisissa sarjatyypisissä regulaattoripiireissä, ripple-jännite on suurempi ja lisäksi hakkureissa syntyy suurtaajuisia häiriöitä.

Buck-regulaattori

Buck-regulaattorissa (step-down-regulaattorissa) lähtevä jännite on tulevaa jännitettä alempi. Kytkimenä toimiva transistori T on vuorotellen kyllästys- ja estotilassa (kuva 12). Transistori johtaa ajan t_1 , jolloin virta kulkee kelan L kautta kondensaattoriin C ja kuormitusvastukseen R_L . Diodi D (Free-Wheeling-Diode) on tässä vaiheessa estotilassa. Kelaan



Kuva 12

varautuu energiaa. Kun transistori siirtyy estotilaan ajaksi t_2 , kelaan varastoitunut energia vapautuu ja kela syöttää kondensaattoriin ja kuormitukseen virtaa. Tässä vaiheessa diodi D avautuu ja päästää virran purkautumaan kelasta eteenpäin. Kuormitusvastuksen saama virta on transistorin virran i_T ja diodin virran i_D summa.

$$i_L = i_T + i_D$$

Buck-regulaattorin hyötysuhde tavallisen sarjaregulaattorin hyötysuhdetta parempi, sillä energia varastoituu siinä välillä kelaan mutta sarjaregulaattorissa ylimääräinen energia muuttuu lämmöksi.

Buck-regulaattorin lähtöjännite on tulojännitettä alempi, ja sen arvo

riippuu regulaattorin pulssisuhteesta:

$$U_L = \frac{t_1}{t_1 + t_2} U_i$$

Jännitteen säätö on helppo toteuttaa pulssin leveyttä muuttamalla.

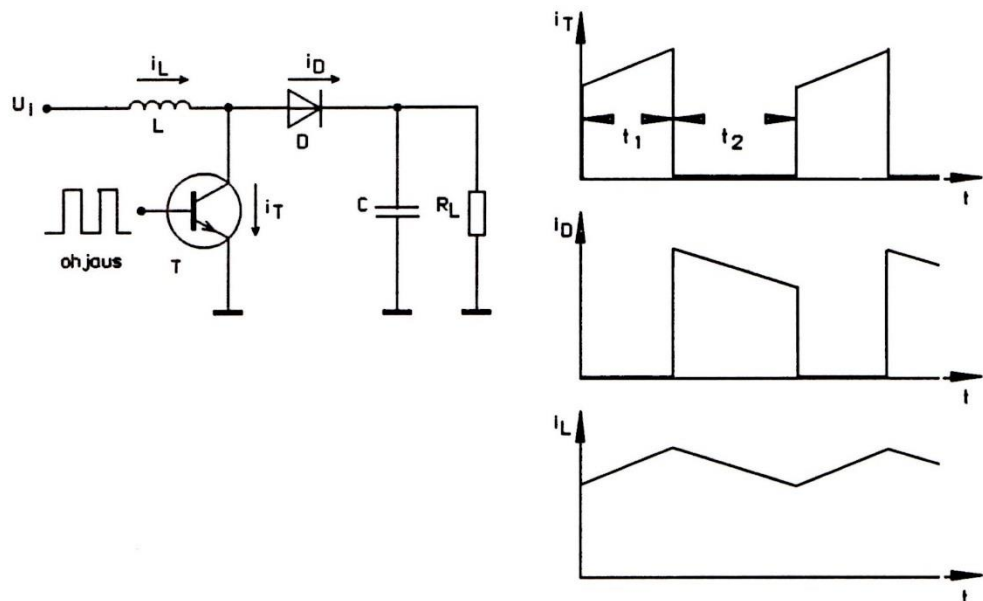
Boost-regulaattori

Boost-regulaattori (step-up-regulaattori) antaa tulojännitettä suuremman lähtöjännitteen. Transistori T siirtyy tässäkin vuorotellen kyllästystilaan ja estotilaan (kuva 13). Transistori johtaa ajan t_1 , jonka kuluessa virta i_T kulkee kelan L ja transistorin kautta maahan. Energia varautuu tänä aikana kelaan. Transistori siirtyy sitten ajaksi t_2 estotilaan, kelan energia purkautuu diodin D kautta kondensaattoriin C ja kuormitusvastukseen R_L . Jakson t_1 aikana kuormitusvastus saa virtaa kondensaattorin varauksesta, jolloin kondensaattorin jännite alenee jonkin verran.

Boost-regulaattorin lähtöjännite on tulojännitettä korkeampi:

$$U_L = \frac{t_1 + t_2}{t_2} U_i$$

Jännitteensäätö on tässäkin mahdollista toteuttaa muuttamalla pulssin leveyttä.



Kuva 13

Hakkuripiiri 3524

Hakkuripiiri 3524 riittää pienitehoisen regulaattorin toteuttamiseen sellaisenaan, ja suuritehoisia laitteita sillä voi toteuttaa tehotransistoreita käyttäen. Piiri soveltuu sekä buck- että boost-tyyppisten hakkureiden ohjaimeksi. Piirin toimintataajuuden määräävät ulkoiset komponentit, ja se voi vaihdella 120 Hz ... 300 kHz välillä. Piirillä on useita valmistajia.

usein yli 20 kHz, jolloin hakkuri ei anna häiritsevää ääntä. Diodin elpymisajan t_{rr} tulisi olla mahdollisimman lyhyt, mielellään alle 100 ns. Kelan induktanssin tulee varsinkin boost-regulaattorissa olla riittävä, jotta sen virta ei ennäytä rynnätä liian suureksi aikana t_{ON} , jolloin transistori johtaa.

Induktanssin voi laskea lausekkeesta

$$L \geq \frac{U_i t_{ON}}{\Delta I_L}$$

missä ΔI_L on kelan virran vaihteluvarvo ja t_{ON} aika, jonka transistori on johtavana. Kelan sydämeiksi sopii pot-core-tyyppinen ferriittisydän, jossa on ilmarako. Ilmarako estää sydämen kyllästymisen.

Suodatuskondensaattorin tulee olla riittävän nopea toimiakseen kytkentätaajuudella. Sopivia ovat tantaalielkot.

Vakavointipiirien ominaisuuksia

Regulaattoripiirin on pidettävä lähtöjännite samansuuruisena olosuhteiden vaihteluista riippumatta. Piirien tehokkuutta kuvaavat ns. vakavointikerroimet:

Tulovakavointikerroin S_U ilmoittaa, miten hyvin regulaattori vakavoi tulojännitteessä esiintyvät vaihtelut

$$S_U = \frac{\Delta U_O}{\Delta U_i}$$

Sisäinen resistanssi R_O kertoo, miten kuormitusvirran vaihtelu muuttaa lähtöjännitettä:

$$R_O = \frac{\Delta U_O}{\Delta I_L}$$

Lämpötilakerroin S_T kertoo, miten ympäristön lämpötilan vaihtelut vaikuttavat lähtöjännitteeseen:

$$S_T = \frac{\Delta U_O}{\Delta T}$$

Lähtöjännitteen kokonaismuutos on eri tekijöistä aiheutuvien muutosten summa. Lähtöjännitteen lopullinen muutos on siten:

$$U = S_U \Delta U_i + R_O \Delta I_L + S_T \Delta T$$

Esimerkki: Regulaattoripiiri 723 toimii kytkennässä, jossa lähtöjännite $U_O = 5V$ ja tuleva jännite U_i muuttuu 12 voltista 15 volttiin. Lähtöjännitteessä näkyy valmistajan mukaan (ks. datalehti) korkeintaan muutos, joka on 0,1% tulevan jännitteen muutoksesta. Kun tulevan jännitteen muutos on 3 V, lähtevän jännitteen muutokseksi tulee

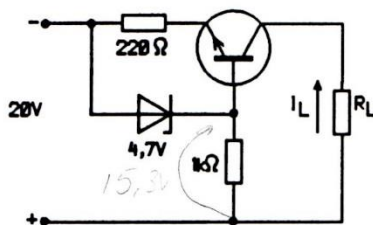
$$U_O = \frac{0,1}{100} \cdot 5V = 5mV$$

Tulovakavointikerroin on siten

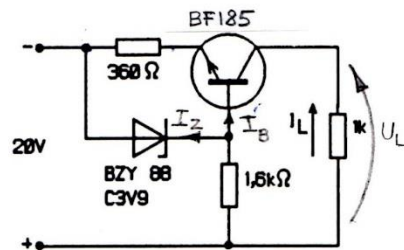
$$s_U = \frac{U_o}{U_i} = \frac{5 \text{ mV}}{3 \text{ V}} = 0.0017$$

Harjoitustehtäviä

- A. 4 - 1. Määrmä oheisen kytkennän virta I_L , kun a) $R_L = 270 \Omega$ ja b) $R_L = 1 \text{ k}\Omega$. Transistorin $U_{BE} = 0.8 \text{ V}$. (a. 17.7 mA ja b. 16 mA)
- C. 4 - 2. Määrmä oheisessa kytkennässä virrat I_Z , I_B ja I_L . ($I_Z = 10 \text{ mA}$, $I_B = 24 \mu\text{A}$ ja $I_L = 9.5 \text{ mA}$)

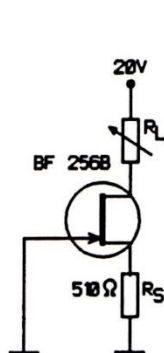


teht. 4 - 1

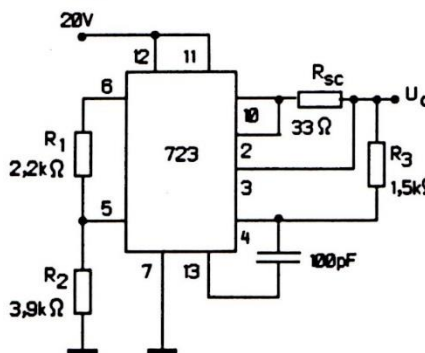


teht. 4 - 2

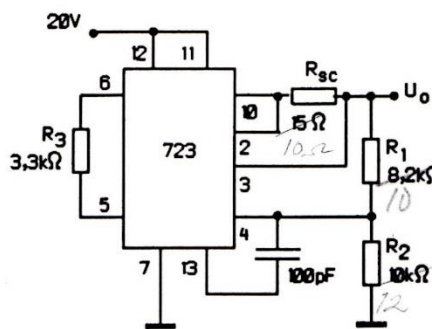
- * B. 4 - 3. Määrmä oheisen kytkennän virta I_L , kun R_L on a) 1 kΩ, b) 2.2 kΩ ja c) 10 kΩ. (a. 3.4 mA, b. 3.4 mA ja c. < 3.4 mA)
- * A. 4 - 4. Määrmä oheisen vakavointikytkennän antama jännite U_L ja maksimilähtövirta I_{Lmax} . ($U_L = 4.6 \text{ V}$ ja $I_{Lmax} = 21 \text{ mA}$)
- * B. 4 - 5. Määrmä oheisen vakavointikytkennän antama jännite U_L ja maksimilähtövirta I_{Lmax} . Kestäväkö regulaattori tässä kytkennässä, jos sen suurin sallittu tehohäviö on 1000 mW? ($U_L = 13.0 \text{ V}$ ja $I_{Lmax} = 47 \text{ mA}$)



teht. 4 - 3



teht. 4 - 4



teht. 4 - 5

- D. 4 - 6. Käytettävissä on tasajännitelähde, joka antaa 22 V jännitteen. Suunnittele regulaattoripiiriä 723 käyttäen säädettävä jännitelähde, jonka lähtöjännitteen säätöalue on 9V ... 15 V ja maksimilähtövirran säätöalue 5 mA ... 50 mA välillä. Piirrä kytkentä.