

*Univerza v Ljubljani
Fakulteta za elektrotehniko*

Tomaž Ferbežar, 64990052

DC/DC PRETVORNIK

seminarska naloga
pri predmetu Elektronska vezja

V Novem mestu, 10.7.2004

1. UVOD

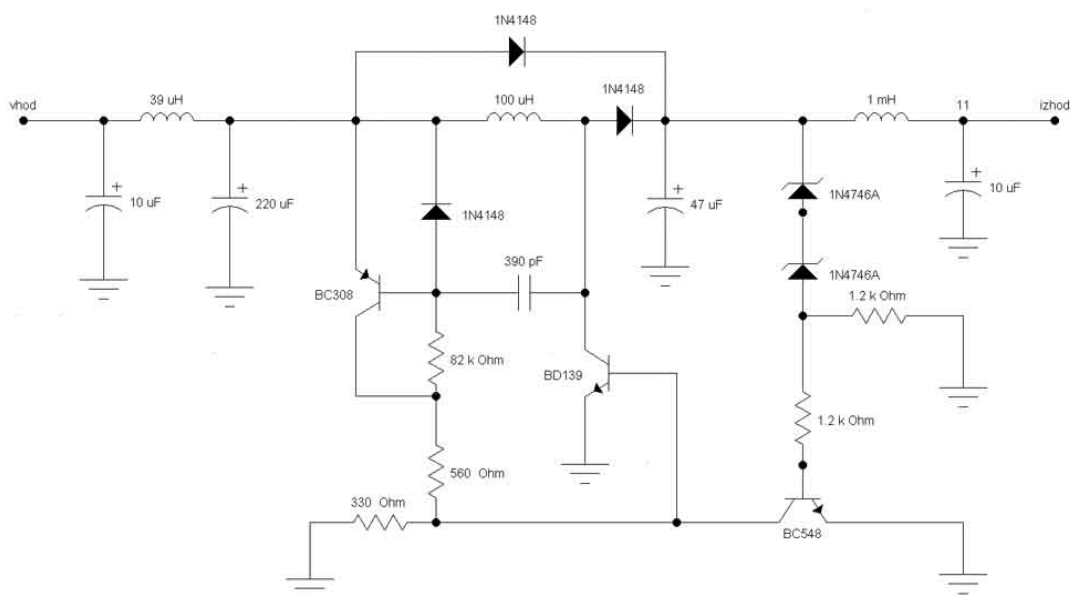
Ker se malo ukvarjam z radioamaterstvom in z njim povezanimi vsebinami, sem se odločil, da naredim in usposobim preklopni napetostni napajalnik. Le ta je potreben za napajanje večine različnih sklopov in podskelopov določenih radioamaterskih postaj, mikroračunalnikov in ostalih vezij (TNC, SA...).

Glavni razlog, da se v omenjenih aplikacijah uporabljajo switching napajalniki in ne linearni je predvsem v tem, ker imajo slednji slab in ne prav velik izkoristek (npr. 7805 okoli 40%) ter proizvajajo dokaj veliko toplote, kar zna v nekem sistemu predstavljati velik problem. Povišana notranja temperatura takega sistema (če je ta zaprt v neki škatli), lahko zelo vpliva na lastnosti in življenjsko dobo sestavnih delov, še posebno v slučaju, ko uporabljamo vezja pri maksimalni taktni frekvenci. Na drugi strani pa imajo preklopni napajalniki dokaj visok izkoristek (okoli 80%) kar ubistvu pomeni, da porabijo pol manj energije oz. se segrevajo pol manj.

Vezje je DC/DC pretvornik navzgor, saj iz 12V enosmerne napajalne napetosti dobimo okoli 36V na izhodu. Vezje bom potreboval pri gradnji spektralnega analizatorja, konstruktorja Matjaža Vidmarja – S53MV.

2. GLAVNI DEL

Preklopni napajalnik je sestavljen iz diskretnih elementov in ne vsebuje integriranih vezij. Prav tako ni potrebno navijati tuljav na jedro, saj so uporabljene standardne tovarniško izdelane dušilke v velikosti 1/2W upora, ki pri vrednosti 100uH prenesejo tok do 250mA. Na sliki je prikazano obravnavano vezje.



vezje

Samo vezje je dokaj preprosto in je sestavljeno nekako iz 4 podsklopov in sicer:

1. standardni del vsakega preklopnega napajalnika navzgor (tranzistor BD139, dušilka 100uH, serijsko vezane dioda ter 47uF elektrolitski kondenzator)
2. oscilator, ki krmili tranzistor DB139 (tranzistor BC308, upor 82kOhm, upora 560Ohm ter 330hm in kondenzator 390pF)
3. povratna vezava oz. krmilni del (dve zaporedno vezani zener diodi 18V in preklopni tranzistor BC548)
4. vhodno in izhodno glajenje (eleketrolita in dušilki na vhodu in izhodu)

Opis posameznih podsklopov

STANDARDNI PREKLOPNI DEL:

Sam standardni del je dokaj preprost. Ko je preklopni tranzistor odprt (v nasičenju), se v tuljavi energija akumulira, tok skozi tuljavo linearno narašča -

$$u_L = L \frac{di_L}{dt}, \text{ dioda pa je reverzno polarizirana.}$$

Ko pa se tranzistor zapre, se tok tuljave nadaljuje v isti smeri (nakopičena magnetna energija mora nekako odteči, tok začne upadati). Zato se predznak napetosti na tuljavi obrne in se prišteva k vhodni napetosti. Takrat se dioda odpre in polni kondenzator.

OSCILATOR:

Oscilator je sestavljen iz dveh tranzistorjev tako iz BC308 kot iz BD139 in je preprost astabilni multivibrator (relaksacijski oscilator). Predpostavimo, da je napetost ob času $t=0$ na kondenzatorju 390pF 0V in da sta oba tranzistorja zaprta. Tako se ob priklopu napajalne napetosti kondenzator počasi polni preko upora 82k, 560 ter 330Ohm. Ko doseže napetost na kondenzatorju dovolj visoko vrednost, se PNP tranzistor BC308 odpre, kar pa pomeni, da se potencial kolektorja BC308 dvigne. Dvig potenciala pa povzroči, da se tranzistor BD139 začne odpirati. Ker pa se ta odpre, začne napetost na kondenzatorju upadati, tranzistor BC308 se začne zapirati, kar pa povzroči tudi zapiranje tranzistorja BD139. Tako se cikel nadaljuje zopet in zopet.

Frekvenca oscilatorja je približno določena z enačbo $f = \frac{1}{\ln 2 * RC}$, ki da v tem primeru okoli 44kHz. Seveda pa duty-cycle ni 50%, vendar je nekoliko manjši, saj se kondenzator hitreje izprazni kot pa se napolni na neko vrednost.

POVRATNA VEZAVA:

Za krmiljenje oscilatorja je uporabljena zaporedna vezava dveh zenerjevih diod s prebojno napetostjo 18V, saj želimo imeti na izhodu okoli 36V enosmerne napetosti. Ko dobimo na izhodu dovolj visoko napetost (v tem primeru okoli 36V), zener diodi odpreta tranzistor BC548, ki zaduši delovanje oscilatorja (zapre BD139, saj $U_{\text{Cesat BC548}} = 0.48\text{V}$, kar pa je premalo, da se BD139 odpre, saj je $U_{\text{BE on}} = 1\text{V}$, torej se BD139 zapre, in energija se v tuljavi neha akumulirati). Dodana sta še dva enaka upora, za omejitev vhodnega toka in napetosti v tranzistor BC548 (približno na polovico).

VHODNO IN IZHODNO GLAJENJE:

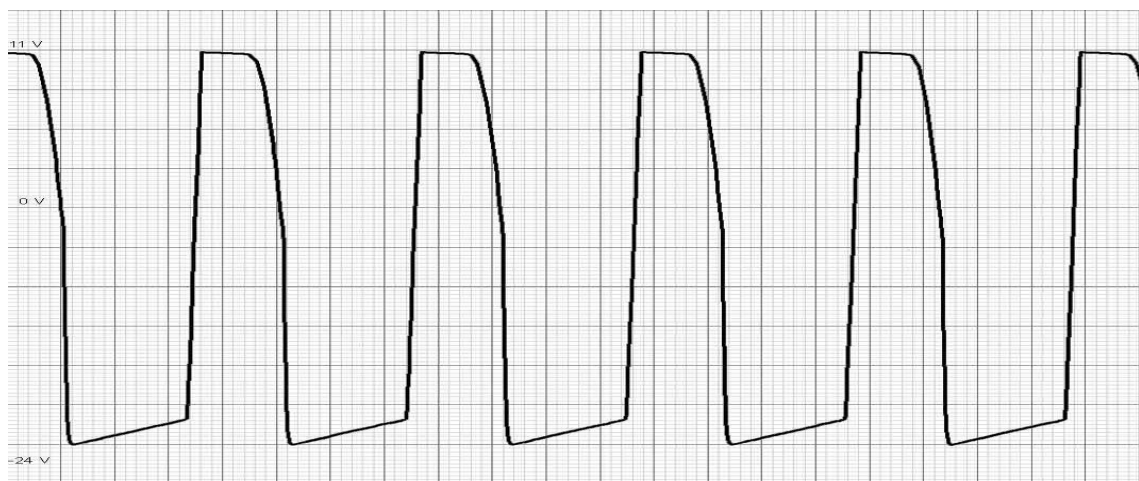
Tako vhod kot izhod sta dodatno filtrirana (na izhodu dobimo nihanja $\pm 0.3\text{V}$), saj bi brez tega napajalnik lahko motil druga vezja. Filtriranje je potrebno tudi zaradi glajenja izhodne napetosti, saj ubistvu napetost ni čisto gladka zaradi prekipov napajalnika.

3. IZMERJENE - SIMULIRANE KARAKTERISTIKE

Sam preklopni napajalnik ne potrebuje nobenega uglaševanja, saj deluje že ob prvem priklopu. Tako tudi je. Z digitalnim multimetrom je ob vhodni napetosti 12V na izhodu bila napetost približno 35.5V, torej switcher deluje.

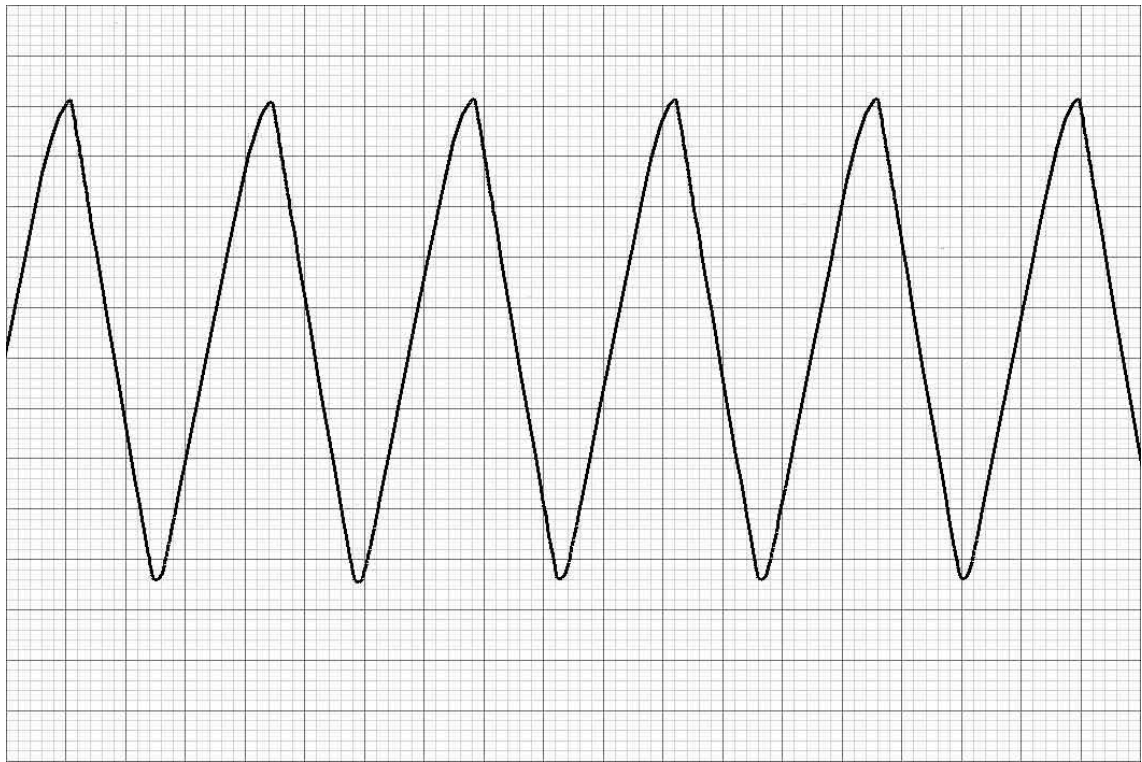
Z osciloskopom sem nato preveril še notranje delovanje vezja in posameznih podsklopov, ter tako potrdil zgoraj omenjeno teorijo. Ker nisem imel možnosti, da bi direktno izvozil slike z osciloskopa, sem se odločil, da naredim še simulacijo vezja v SPICE-u. Modele tranzistorjev sem nekako dobil na internetu, prav tako tudi zener diod. Rezultat je prikazan na naslednjih slikah.

Napetost na tuljavi 100uH, ki se spreminja med $U_1 - U_{\text{Cesat}}$ (okoli 11V) in $U_1 - U_d - U_2$ (okoli -24V) seveda ob časovnih prekipih, je prikazana na spodnji sliki.



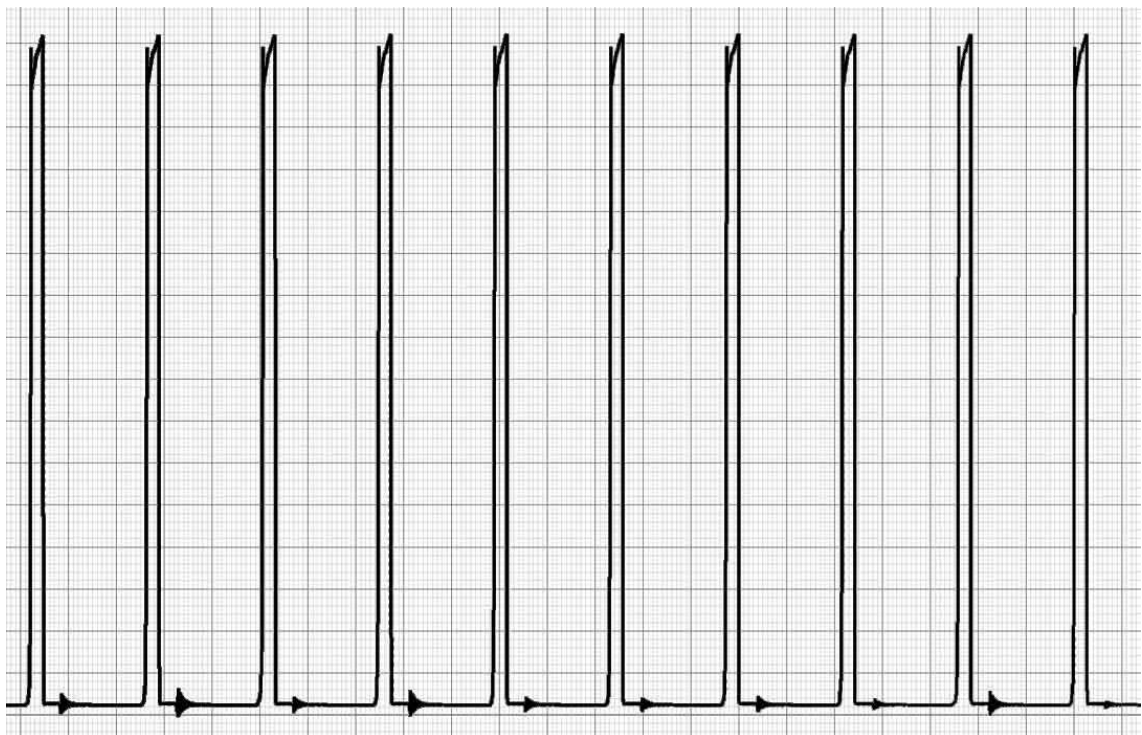
napetost na tuljavi

Podobno se spreminja tok skozi tuljavo – linearno naraščanje in upadanje.



tok skozi tuljavo

Pri simulaciji oscilatorja sem imel kar nekaj težav, saj je bilo potrebno določiti nekaj dodatnih parametrov SPICE-u, da je začel pravilno računati. Spodnja slika predstavlja napetost na bazi tranzistorja BD139.



krmilni impulzi za preklopni tranzistor – oscilator

Iz simuliranih rezultatov pri oscilatorju, sem dobil nihajni čas $2.32 \cdot 10^{-5} \text{s}$, kar da frekvenco okoli 43kHz, kar se kar dobro ujema z izračunanim rezultatom 44kHz. Duty-cycle oz. razmerje $t_{\text{on}}/t_{\text{off}}$ pa je okoli 1/5, kar je 20%.

4. ZAKLJUČEK

Na težave sem naletel predvsem na koncu pri simulacijah, samo vezje ni predstavljalo velikih težav. Problem je bil v modelih simuliranja, saj so bili približni, potrebno je bilo ponastavljati parametre ter tako dobiti nekako prave oz. podobne rezultate kot poprej na osciloskopu.

Opisani preklopni regulator tako zmore pri 36V okoli 210mA izhodnega toka, potem se začne dušilka 100uH malo segrevati. Da bi povečal izhodni tok, bi lahko npr. tej dušilki vzporedno dodal še eno enako, ter tako tok povečal dvakrat.

Pretvornik je zgrajen na enostranski tiskanini, vsi elementi so prispajkani z zgornje strani. Na strani je konektor, na katerem so razporejeni priključki za vhodne in izhodne sponke.

Seveda je dobro vgraditi napajalnik v primerno ohišje oz. poskrbeti za primerno ozemljitev tako ploščice kot ohišja, da sam napajalnik ne moti delovanja drugih vezij.

5. PRILOGE

- SPICE simulacijska datoteka
- P-CAD in EAGLE datoteki
- tiskanina in razporeditev elementov
- slika končnega izdelka