

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za elektrotehniko

Marko Krivec

Stabiliziran usmernik 0-40V/4A

Seminarska naloga

pri predmetu
Elektronska vezja

V Ljubljani, september 2004

UVOD

Stabiliziran usmernik je osnovni pripomoček v domači delavnici vsakega elektronika. Omogoča regulacijo napetosti v območju od 0 do 40V in maksimalni tok 4A. Posebno uporabnost pri praktičnem delu mu daje zvezno nastavljiva tokovna zaščita, ki preprečuje marsikatero okvaro.

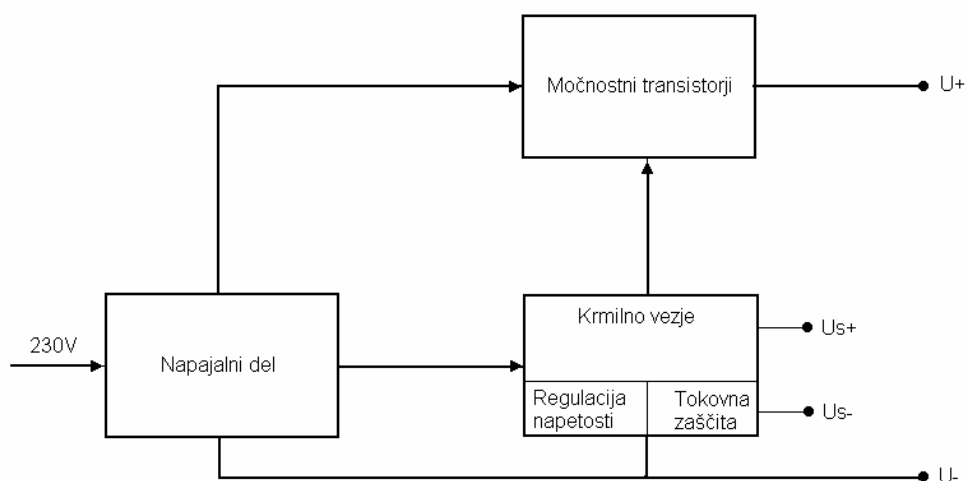
Vezje je sestavljeno iz naslednjih osnovnih delov:

1. Močnostni del:

- Transformator
- Usmernik s gladilnimi kondenzatorji
- Močnostni tranzistorji

2. Krmilni del:

- Regulacija izhodne napetosti
- Stabilizacija napetosti
- Tokovna zaščita



Slika 1: Blokova shema vezja

Napajalni del vsebuje dva transformatorja in dva usmernika. Glavni je za napajanje izhoda, pomožni usmernik pa služi za napajanje krmilnega vezja.

Močnostni tranzistorji so tipa 2N3055 v darlington vezavi. Vezani so kot serijski element pri regulaciji izhodne napetosti.

Krmilno vezje služi za nastavitvev izhodne napetosti, preko močnostnih tranzistorjev in za nastavitvev praga delovanja tokovne zaščite.

DELOVANJE

Vezje je napajano preko transformatorja 230V/33V in 2x12V. Uporabil sem en transformator z dvojnimi, ločenimi sekundarnimi navitjema. Lahko bi uporabil dva ločena transformatorja, vendar v ohišju vzameta več prostora.

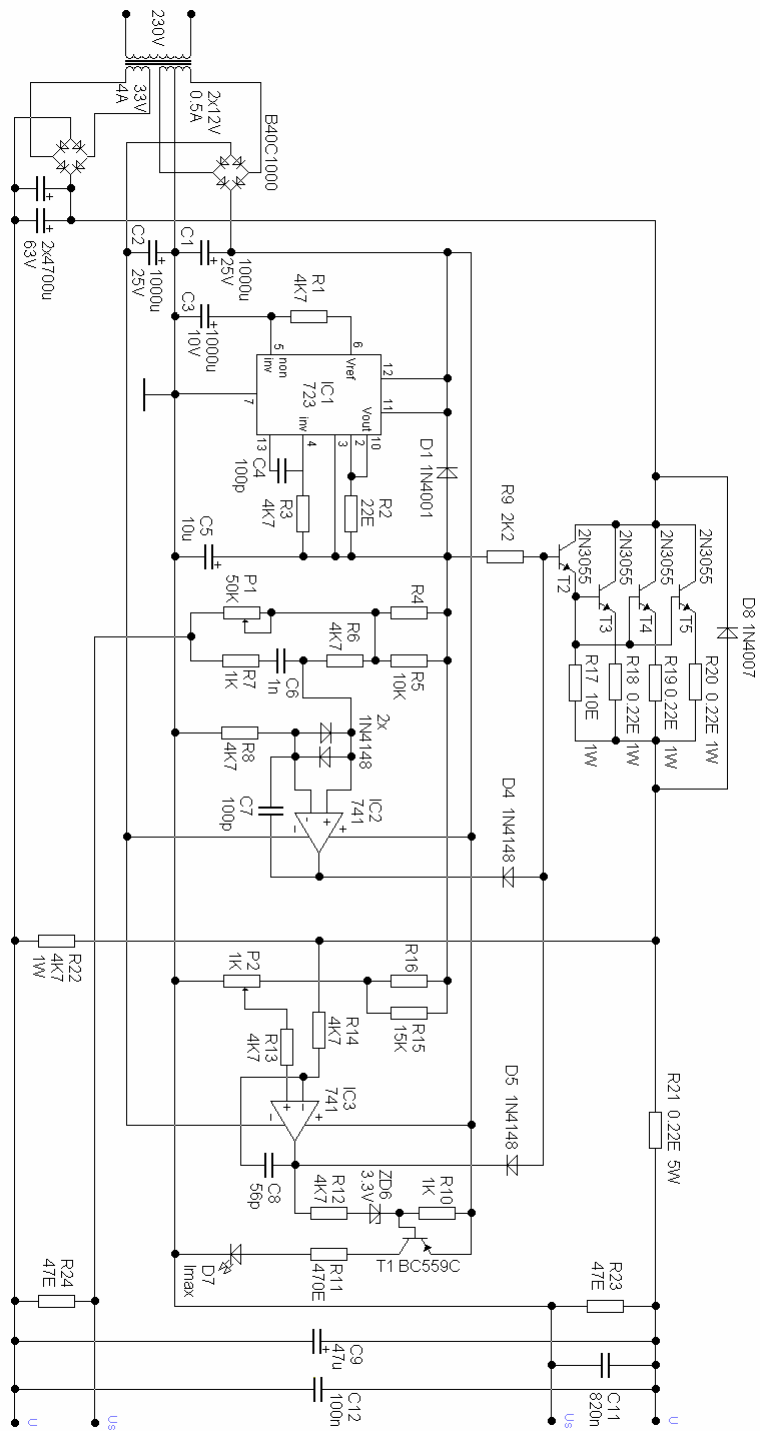
Pri obeh usmernikih sta uporabljena gretzova mostiča in gladilni kondenzatorji. Zaradi visoke napetosti na kondenzatorjih močnostnega dela sta uporabljena dva 63V 4700 μ F kondenzatorja, ki sta največja elementa na ploščici. Srednji odcep na pomožnem transformatorju, ki je uporabljen kot masa krmilnega vezja, je preko upora vezan na izhodno sponko. To je zaradi tega, da dobi krmilno vezje višjo napetost od izhoda usmernika, saj krmili NPN tranzistorje.

V krmilnem vezju je integrirano vezje IC1 LM 723 uporabljeno le kot referenca napetosti, ki znaša 7.15V, regulacija izhodne napetosti je izvedena z potenciometrom P1, preko operacijskega ojačevalnika IC2 LM741. Ker deluje IC2 v linearnem območju, je napetost med invertirajočim in neinvertirajočim vhodom enaka 0V. Zaradi tega tudi na uporih R6, R7 in R8 ni napetosti. Virtualna masa je torej priklopljena na vzporedno vezavo uporov R4 in R10, na katerih je napetost V_{ref} , ki jo daje IC3. Izhodno napetost računamo po naslednji enačbi:

$$U_{izh} = \frac{V_{ref}}{R4 \parallel R3} \cdot P1 = \frac{7.23V}{10K\Omega \parallel 82K\Omega} \cdot 50K\Omega = 40.5V$$

Povratno vezavo, preko katere operacijski ojačevalnik IC2 tipa izhodno napetost tvorijo upori R23 in R24. Vidimo lahko, da sta na povratno vezavo vezani zunanji sponki U_s , ki sta dostopni uporabniku. Če ju priključimo na breme, se padec napetosti na priključnih žicah skompenzira, saj vezje tipa dejansko napetost na bremenu.

Za nastavljivo tokovno zaščito skrbi operacijski ojačevalnik IC3 LM741, ki meri padec napetosti na uporu R21. V primeru prevelikega izhodnega toka, preko tranzistorja T1 vklopi led diodo. Ko je tokovna zaščita aktivna, je dioda D5 prevodno polarizirana in bazni tok tranzistorja T2 odteka preko D5. Izhodni tok je v primeru maksimalno odprtega potenciometra P2 nastavljen na približno 4A. Vezje prenese brez posledic tudi kratek stik.



Slika2: Shema celotnega usmernika

IZMERJENE KARAKTERISTIKE:

Meril sem izhodno napetost U_{izh} in valovitost V_{pp} pri različnih bremenskih tokovih. Sponke U_s niso priključene na breme.

Izh	100mA		250mA		0.5A		0.75A		1A	
		V_{pp} (mV)		V_{pp} (mV)		V_{pp} (mV)		V_{pp} (mV)		V_{pp} (mV)
U_{izh}										
0	0	125	0	125	0	125	0	125	0	125
5,04	5,13	12	5,12	11	5,11	14	5,10	12	5,09	12
10,02	10,09	10	10,09	14	10,08	13	10,07	13	10,06	14
15,03	15,07	12	15,07	12	15,11	10	15,09	11	15,07	14
20,0	20,1	14	20,1	11	20,0	13	20,1	14	20,1	16
25,0	25,1	16	25,1	15	15,1	17	25,1	17	25,0	12
30,0	30,1	18	30,1	14	30,0	17	30,0	15	30,0	15
35,0	35,0	16	35,0	16	35,0	15	35,0	12	35,1	17
40,0	40,1	16	40,0	13	40,0	16	40,0	15	40,0	0,9V
U_c	47,0		46,2		44,9		43,9		43,1	

Izh	1,5A		2A		2.5A		3A		4A	
		V_{pp} (mV)		V_{pp} (mV)		V_{pp} (mV)		V_{pp} (mV)		V_{pp} (mV)
U_{izh}										
0	0	125	0	125	0	125	0	125	0	125
5,13	5,10	12	5,06	10	5,03	13	5,00	15	4,93	12
10,03	10,03	10	9,99	11	9,98	14	9,95	12	9,88	12
15,10	15,0	15	15,07	15	15,03	13	15,00	15	15,94	10
20,01	20,03	12	19,99	13	19,97	14	19,94	15	19,88	13
25,05	25,04	15	25,00	12	24,97	10	24,94	14	24,87	14
30,0	29,99	12	29,95	11	29,92	14	29,88	12	29,82	15
35,09	35,07	13	35,02	13	34,99	15	34,95	760	33,70	2,23V
40,06	39,16	1,1V	37,93	1,3V	36,80	1,64V	35,8	1,8V	33,6	2,34V
U_c	40,5		39,5		38,6		37,7		35,9	

Senčeni del tabele predstavlja aktivno tokovno zaščito, U_c je napetost na usmerniku.

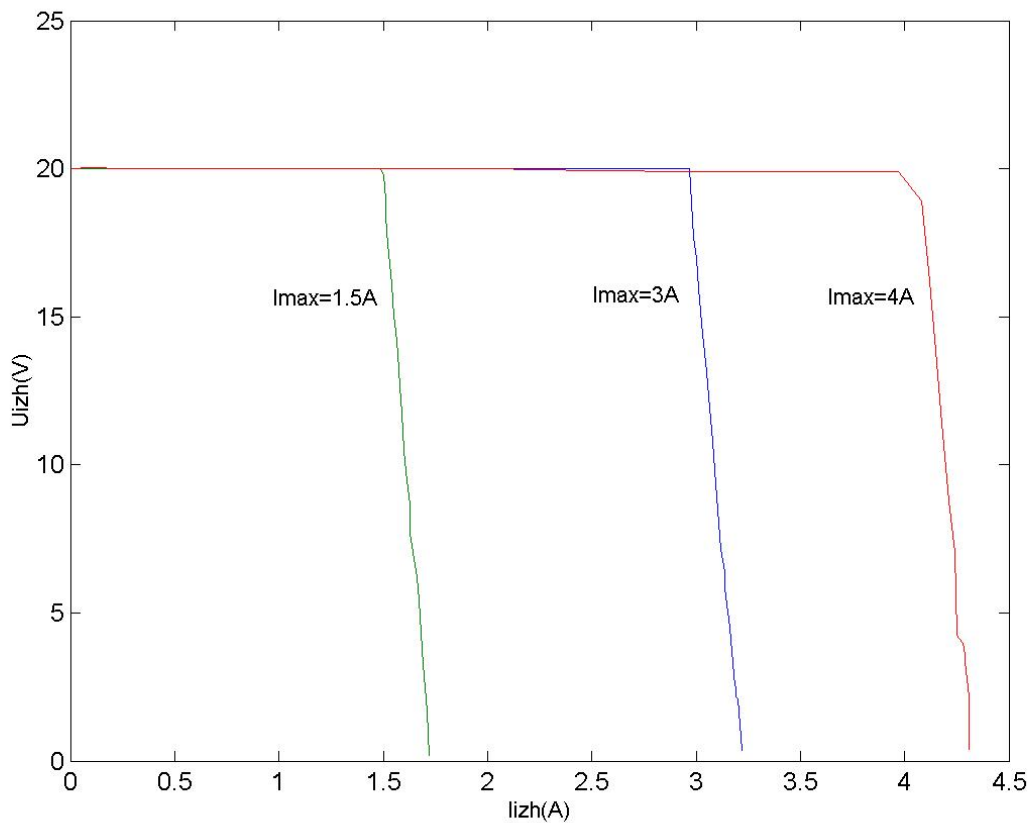
$U_{izh}(V)$ odprte sponke	Vklop tokovne zaščite		Tok kratkega stika (A)
	Izh(A)	$U_{izh}(V)$	
10,01	4,01	9,98	4,29
20,0	4,12	19,96	4,31
40,0	1,65	39,93	4,34

V zgornji tabeli je prikazano delovanje tokovne zaščite pri maksimalnem toku.

Iz zgornjih tabel je razvidno, da se napetost odprtih sponk in napetost pri polni obremenitvi malenkost razlikujeta. Vzrok temu so padci napetosti na priključnih žicah. Pri merjenju je pomembno da merimo napetost na bremenu in padec napetosti na amper metru, sicer so razlike večje. Če priključimo na breme še sponki U_s , se napetost odprtih sponk in napetost pri polni obremenitvi skoraj ne razlikujeta, voltmeter ki meri na dve decimalki natančno ni kazal razlike.

Meril sem tudi valovitost na izhodu v odvisnosti od obremenitve. Pri nizkih tokovih je bil prisoten le šum, ki se je stalno spreminjal od 10mV do 18mV, zato ga je bilo težko meriti. Pri tokovih nad 3A in napetostih nad 35V pa se pojavi valovitost. Izhodni tranzistorji nimajo več dovolj velike napetosti med C in E, zaradi prenizke napetosti na usmerniku, ki s obremenitvijo pada.

Grafični prikaz $U_{izh}(I_{izh})$ od odprtih sponk, do kratkega stika:



Slika 3: Tokovna zaščita je nastavljena na 1.5A, 3A in 4A. Aktivira se v kolenu karakteristike, takrat se prižge led dioda D7.

ZAKLJUČEK

Slabost opisanega usmernika je precejšnje segrevanje močnostnih tranzistorjev pri nizkih izhodnih napetostih in velikih tokovih, uporaba hladilnega telesa je zato nujna. Pri velikih tokovih se segrevata tudi greatzov mostič in upor R21 preko katerega teče izhodni tok, seveda neodvisno od izhodne napetosti.

Ker se izhodno napetost nastavlja s enim potenciometrom od 0 do 40V, je težko nastaviti na neko točno vrednost. Problem bi lahko rešili z zaporedno vezavo še enega, manjšega potenciometra, za bolj natančno nastavljanje napetosti.

Pri delu nisem imel težav. Transformator ki sem ga nabavil ima približno 1,5 V previsoko sekundarno napetost, ker se pri naročanju nisem spomnil, da je ta napetost mišljena pri polni obremenitvi.

Možnost nadgradnje usmernika vidim predvsem v zmanjšanju izgubne moči na izhodnih tranzistorjih. To bi lahko dosegli z uporabo transformatorja z več odcepi, npr. 10V, 20V, 33V, kjer bi za neko izhodno napetost izbrali prvi višji odcep. Seveda bi se morali preklopi izvajati avtomatsko.

Priloge:

- Napetostni regulator LM723
- Tranzistor 2N3055