

Spínaný regulovateľný zdroj 80V/10A

[Niki31]

Pretože som potreboval zdroj s vyšším napätím a výkonom než je bežných 30V/3A. Rozhodol som sa že si postavím malý, ale dostatočne výkonný zdroj s ochranami a plynulou reguláciou napätia a prúdu. Zvolil som napätie 80V a prúd 10A. Požadoval som malé rozmery a kompaktnú konštrukciu. Zdroj je primárne určený na napájanie rôznych zariadení, motorov, nabíjanie batérií a pod. kde nevaďí trocha vyššie zvlnenie napätia.



Pozor ! v zdroji sa vyskytuje nebezpečné napätie, takisto napätie na výstupe môže byť nebezpečné, v závislosti od prostredia !!!

Koncepcne sa jedná sa o jednočinný priepustný menič, riadený známym obvodom TL494 v jednočinnom zapojení. Pomocný zdroj je blokujúci menič, riadený obvodom TNY267. Integrovaný obvod TL494 a časť súčiastok, je možné získať rozobratím starého počítačového zdroja. Zdroj má plynulú reguláciu napätia a prúdu. Ďalej ochranu (Cycle by Cycle) proti prúdovému preťaženiu koncových tranzistorov a ochranu proti nadmernému prúdu pri skrate na výstupných svorkách. Postavený je na jednostrannej doske plošných spojov a všetky výkonové súčiastky ktoré potrebujú chladenie, sú umiestnené na okraji dosky aby mohli byť ľahko pripevnené k chladiču. Schéma neobsahuje sieťovú poistku, vypínač ani ochrannú diódu proti prepólovaniu, tie musia byť doplnené pri montáži do krabíčky. Ďalej konštrukcia nerieši ani tepelnú ochranu, pretože chladenie treba vyriešiť až podľa použitej skrinky.

Parametre:

Vstupné napätie: 210V až 265V~

Príkon a odoberaný prúd zo siete: max. 860W / 4,5A

Výstupné napätie: 0.2V – 80V

Zvlnenie: do cca 0.3V

Výstupný prúd: 0 – 10A.

Obmedzenie skratového prúdu: >14A

Rozmery (skrinka) Š x H x V : 230 x 220 x 70mm

Popis zapojenia:

Sieťové napätie prechádza vstupným filtrom tvoreným toroidnou tlmivkou TL1 a kondenzátormi C2,C8. Na mostíkový usmerňovač je napätie privedené cez rezistor R16 ktorý obmedzuje prúdový náraz, spôsobený nabíjaním vyhladzovacích kondenzátorov po zapnutí napájania. Po nábehu pomocného zdroja relé K1 premostí rezistor R16, a vyradí ho z obvodu. Za usmerňovačom je napätie filtrované dvojicou elektrolytických kondenzátorov C10,C11. Týmto napätím je napájaný hlavný aj pomocný zdroj. Rezistor R20 zabezpečuje vybitie kondenzátorov po vypnutí zdroja.

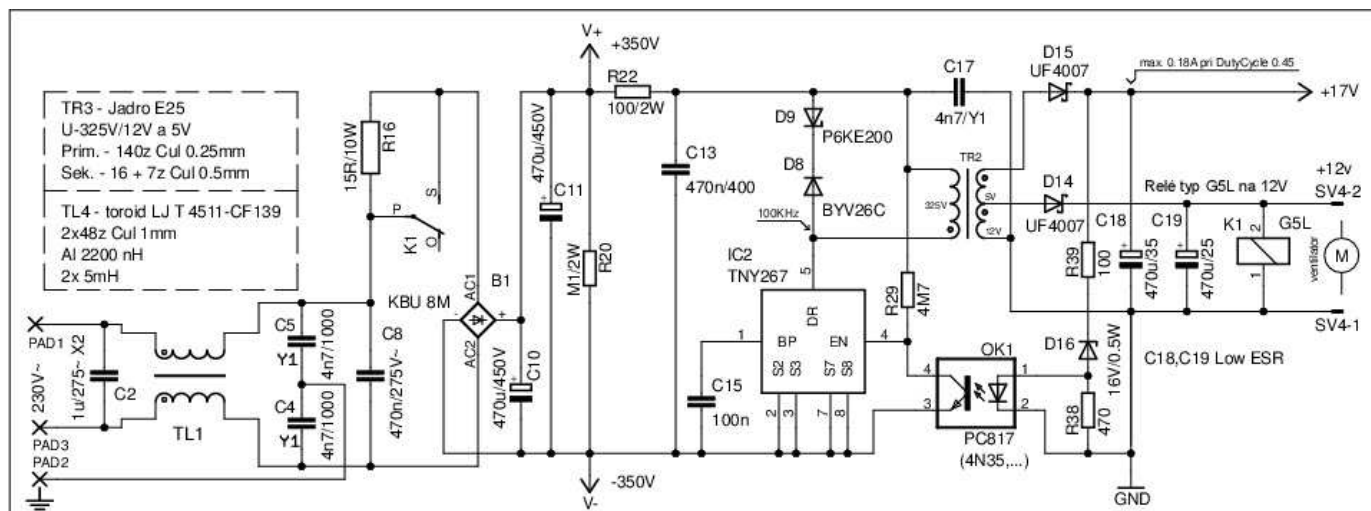


Schéma vstupných obvodov a pomocného zdroja.

Pomocný zdroj:

Pomocný zdroj vytvára napájacie napätie 17V pre riadiaci obvod výkonového zdroja a 12V pre chladiaci ventilátor. Základom pomocného zdroja je osvedčený integrovaný obvod z rodiny **TINY SWITCH-II** v katalógovom zapojení. Jedná sa o blokujúci menič s kmitočtom 132Khz a vyžaduje minimum externých súčiastok. Napájacie napätie je privedené cez rezistor R22 a primárne vinutie transformátora na vývod 5 IC2, čo je „Drain“ spínacieho tranzistora. Napätie je filtrované kondenzátorom C13. Rezistor R29 určuje prah spustenia meniča, hodnota 4.7M Ω určuje že zdroj začne nabiehať keď vstupné napätie dosiahne asi 300V. Diódy D8,D9 chránia spínací tranzistor pred napäťovými špičkami vznikajúcimi pri rozpínaní indukčnej záťaže. Tlmiaci článok pracuje nasledovne. V dobe keď je tranzistor v IC5 otvorený a primárnym vinutím tečie prúd, je D8 polarizovaná v závernom smere a tlmiacim článkom netečie žiaden prúd. Po rozopnutí tranzistora sa na primárnom vinutí naindukujú napätie opačnej polarity, D8 je teraz polarizovaná v priepustnom smere a privádza napätie na katódu transilu D9. Keď stúpajúce napätie dosiahne prah otvorenia transilu (200V), tento sa otvorí a diódami začne pretekať prúd. Napätie na primárnom vinutí už ďalej nenarastá. Tlmiaci článok teda obmedzuje výšku záporných impulzov na 200V. Na pozícii D8 musí byť ultra-rýchla dióda. C15 je filtračný kondenzátor pre vnútorný referenčný zdroj. Sekundárne vinutie transformátora má vyvedenú 12V odbočku pre napájanie relé K1 a pre chladiaci ventilátor. Napätie zo sekundárneho vinutia je usmernené jednocestným usmerňovačom D15 a filtrované kondenzátorom C18 (prípadne D14,C19). Stabilizácia výstupného napätia je realizovaná spätnou väzbou cez optočlen OK1. Stabilizovaná je len 17V vetva zdroja. Dvanásť voltová vetva napája iba ventilátor a relé K1, preto nepotrebuje stabilizáciu, jej napätie je dané prevodom transformátora. Stabilizované napätie +17V je privádzané cez rezistor R39 a diódu D16 na LED diódu optočlenu, ak napätie na výstupe dosiahne napätie 17V, otvorí sa zenerova dióda D16 a začne pretekať prúd LED diódou v OK1. Dióda sa rozsvieti a pootvorí foto tranzistor ktorý stiahne vývod EN riadiaceho obvodu k

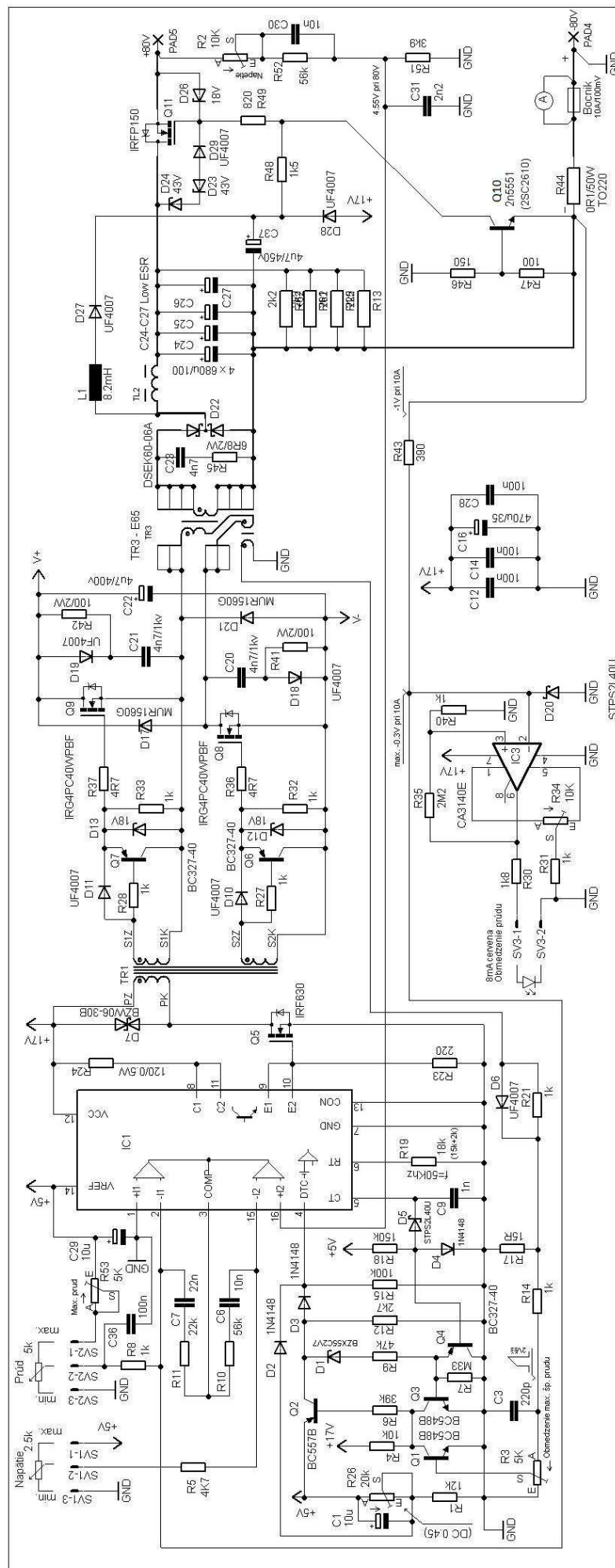


Schéma hlavného zdroja.

zemi a zablokuje impulzy do primárneho vinutia transformátora TR2. V momente keď napätie poklesne impulzy sa obnovia. Hodnota výstupného napätia zdroja 17V, bola zvolená s ohľadom na ovládacie napätie IGBT tranzistorov, pri tomto napätí sú už tranzistory bezpečne otvorené. Kostrička a jadro bolo získané z PC zdroja, kde bolo tiež použité ako transformátor pomocného zdroja. Transformátor je treba rozobrať a previnúť. Navíjací predpis a rozmery uvediem na konci článku.

Hlavný zdroj:

Ako riadiaci obvod hlavného zdroja je použitý integrovaný obvod TL494 v jednočinnom režime. Tento obvod som zvolil preto že má dva samostatné regulačné zosilňovače a napätie na ich vstupoch sa môže pohybovať od -0.4V až po napájacie napätie. Regulovať je teda možné od nuly. Jednočinný / dvočinný mód sa prepína pripojením vývodu 13 IC1 na zem alebo +5V. Pripojením na zem obvod pracuje ako jednočinný zdroj. Frekvenciu generátora pílovitých kmitov určuje kapacita časovacieho kondenzátora C9 a odpor rezistora R19. Frekvencia je nastavená na 50Khz, vypočíta sa podľa vzorca $[f = 1/(R \cdot C)]$. Výstupný tranzistor v IC1 a tranzistor Q5 spolu tvoria budič oddeľovacieho transformátora. Dvojsmerný transil D7 chráni výkonový tranzistor pred napäťovými špičkami, vznikajúcimi pri rozpínaní indukčnej záťaže. Tranzistor Q5 môže byť typu IRF540, IRF630 a pod. Ako budiaci transformátor je použitý previnutý výkonový transformátor z 350W PC zdroja. Navíjací predpis a podrobnosti uvediem na konci článku. Transformátor je vinutý ako priepustný a treba dodržať zmysel vinutí. Keď je tranzistor Q5 otvorený vzniká na sekundárnych vinutiach transformátora kladný impulz, ktorý cez diódu D11 a rezistor R37 nabíja kapacitu hradla IGBT tranzistora Q9. Rezistor R37 obmedzuje max. špičkový prúd pri nabíjaní hradla. R33 tvorí minimálnu záťaž budiaceho transformátora TR1 a napomáha pri vybíjaní hradla výkonového tranzistora Q9. Zenerova dióda D13 chráni hradlo proti prekročeniu maximálneho povoleného napätia, ktoré je obvykle 20V. Tranzistor Q7 je počas kladnej periódy uzavretý, pretože v dôsledku úbytku napätia na dióde D11 (asi 0.7V) je na báze tranzistora kladnejšie napätie ako na emitore. Po skončení budiaceho impulzu sa energia nahromadená v magnetickom poli jadra transformátora snaží udržať smer prúdu a dochádza k otočeniu polaroty napätia na sekundárnych vinutiach. Nastáva záporná perióda signálu. Náboj nahromadený na kapacite hradla výkonového tranzistora Q9 udržiava kladné napätie na emitore tranzistora Q7. Dióda D11 je teraz polarizovaná v závernom smere a je zatvorená. Prúd z budiaceho transformátora teraz preteká rezistorom R28 do bázy Q7 ktorý sa otvorí a lavínovite vybije náboj nahromadený na kapacite hradla tranzistora Q9. Tranzistor Q9 sa uzavrie. Uvedené platí rovnako aj pre budič druhého výkonového tranzistora Q8. Výkonové tranzistory Q8, Q9 a diódy D17, D21 tvoria koncový stupeň pre budenie výkonového transformátora. Tranzistory musia byť rýchle IGBT s prúdom okolo 30A. Topológiu budiča so spínaním oboch koncov vinutia je zvolená z nasledujúcich dôvodov. Výkonový transformátor si vystačí iba s dvoma jednoduchými vinutiami. Výkonové tranzistory nie sú ohrozované vysokým napätím a stačia lacnejšie typy. Funkcia koncového stupňa je nasledujúca. Oba tranzistory Q8, Q9 sú otvárané naraz. Budiaci prúd preteká od kladnej svorky filtračného kondenzátora cez tranzistor Q9, primárnym vinutím výkonového transformátora a tranzistorom Q8 na záporný pól filtračného kondenzátora. Impulzný prúd dosahuje až 37 ampérov. Prechodom prúdu sa časť energie hromadí v magnetickom poli transformátora a časť preteká na sekundárnu stranu. Po skončení budiaceho impulzu sa tranzistory Q8, Q9 zatvoria. Nahromadená energia v jadre sa snaží udržať smer prúdu vo vinutiach, časť energie stále tečie sekundárnym vinutím a časť sa spätne indukuje do primárneho vinutia ale s opačnou polaritou. Keďže je vracané napätie opačnej polaroty, otvoria sa rekuperačné diódy D17, D21 a pripoja vinutie v správnej polarite k filtračnému kondenzátoru. Prechádzajúci prúd spätne nabíja kondenzátory a vracia tak časť energie späť na vstup. Zvyšuje sa tak účinnosť zdroja a účinne sa obmedzí napäťová špička na veľkosť napätia ktoré je na filtračných kondenzátoroch. Prídavné RDC články chránia výkonové tranzistory proti príliš rýchlemu nárastu napätia na „drainoch“ pri vypínaní záťaže (dU/dT). Dióda D18 a D19 musia byť ultrarýchle s prierazným napätím aspoň 800V. RDC články musia byť umiestnené čo najbližšie k vývodom tranzistorov. Kondenzátor C22 vykryva špičky prúdu vznikajúce pri spínaní tranzistora Q8 pretože je umiestnený ďalej od filtračných kondenzátorov. Transformátor TR3 je na prvý pohľad nakreslený zvláštne ale nejedná sa o žiadnu zvláštnu súčiastku. Je to jednoduchý transformátor s dvoma vinutiami, akurát je na koniec vinutia, medzi kostričku a piny kostričky, navlečený toroidný krúžok transformátora prúdu pre meranie špičkového prúdu výkonových tranzistorov. Sekundárne vinutie transformátora prúdu, je pripojené na dva krajné piny kostričky výkonového transformátora. Oba transformátory tvoria z pohľadu plošného spoja jednu súčiastku. Cieľom tohto riešenia bolo znížiť parazitné indukčnosti vývodov transformátora a zjednodušiť plošný spoj. Za výkonovým transformátorom nasleduje jednocestný usmerňovač tvorený

hornou polovicou diódy D22. V aktívnej perióde signálu, keď je kladná polarita napätia na hornom konci sekundárneho vinutia, je horná polovica diódy D22 polarizovaná v priepustnom smere. Dióda je otvorená a tečie ňou prúd ktorý ďalej preteká tlmivkou TL2 a nabíja vyhladzovacie kondenzátory C24,C25,C26,C27. Kondenzátory musia mať s nízky sériový odpor (Low ESR). Energia je zároveň akumulovaná v tlmivke TL2. V neaktívnej perióde je horná polovica D7 uzavretá a energia nakumulovaná v TL2 je dodávaná do záťaže cez spodnú polovicu diódy D22. Z výstupného filtra je už napätie privádzané cez tranzistor Q11 na výstupné svorky zdroja. Regulačné napätie spätnej väzby je odoberané z výstupu zdroja, cez odporový delič R2,R52,R51. Pri výstupnom napätí 80V bude na neinvertujúcom vstupe, vývod 16 IC1 napätie asi 4.75V. Na invertujúci vstup regulačného zosilňovača je privedené napätie z potenciometra pre nastavovanie napätia. Regulačná slučka sa snaží pomocou zmeny šírky impulzu dorovnať výstupne napätie a tým aj napätie na neinvertujúcom vstupe tak, aby bol rozdiel napätí na vstupoch regulačného zosilňovača nulový. Výstupné napätie je merané až na svorkách zdroja aby boli vykompenzované všetky úbytky na napätí ktoré sa v obvode vyskytujú. (úbytok na odpore Q11, odpory vodičov, odpor plošného spoja atď..) Jemnosť regulácie napätia je závislá od kvality potenciometra, preto doporučujem použiť kvalitnejší hermetizovaný, lineárny potenciometer väčšieho priemeru. Najlepšie dvojité 5K Ω a obe sekcie spojiť paralelne. Zosilnenie napäťového zosilňovača odchýlky určuje RC člen C6, R10. Príliš vysoké zosilnenie má za následok rozkmitanie zdroja.

Regulácia prúdu pracuje podobne. Prúd je snímaný na rezistore R44. Prechodom prúdu vzniká na R44 napätie zápornej polarity. Neinvertujúci vstup zosilňovača odchýlky, vývod 1 IC1 je pripojený na kostru. Obmedzovanie prúdu teda nastane keď sa napätie na invertujúcom vstupe, vývod 2 IC1, dostane do záporných hodnôt, typicky -2mV. Odporový delič ktorý je tvorený potenciometrom prúdu, rezistormi R8,R43 a trimrom R53, je spočítaný tak aby pri maximálnom prúde 10A na výstupe zdroja (tj. -1V na hornom konci R30) a plne vytočenom potenciometri na maximum, bolo na invertujúcom vstupe práve 0V. R11 a C7 určujú zosilnenie prúdového zosilňovača odchýlky. Dióda D20 chráni vstupy zosilňovačov pred záporným napätím väčším ako -0.3V ktoré sa môže vyskytnúť pri skrate na výstupe zdroja a musí to byť Schottky dióda s veľmi nízkym úbytkom napätia v priepustnom smere (parameter $U_f < 0.3V$). Nepodarilo sa mi zohnať takéto diódy vo vývodovom prevedení tak som použil diódy STPS2L40U v SMD prevedení. Na diódy treba pripájať vývody a osadiť na dosku ako vývodovú súčiastku. Regulácia prúdu pomocou snímacieho odporu bola zvolená kvôli plynulosti regulácie. Regulovanie prúdu pomocou meracieho transformátora prúdu má skôr skokový charakter pretože pílité napätie na jeho výstupe býva zašumené a rôzne zvlnené. Oproti tomu regulácia pomocou snímacieho rezistora je jemná a presná ale je pomalá. Pri skrate na výstupe nedokáže dostatočne rýchlo zareagovať, preto je v zdroji použitá ešte aj ochrana typu „cycle-by-cycle“, ktorá kontroluje prúd v každom spínacom cykle výkonových tranzistorov.

Operačný zosilňovač IC3 realizuje indikáciu obmedzenia prúdu. Keď napätie na invertujúcom vstupe klesne na asi -2mV, OZ sa preklopí a na výstupe sa objaví kladné napätie asi 16V ktoré rozsvieti LED diódu indikujúcu obmedzenie prúdu. Trimrom R34 sa nastavuje prah rozsvietenia LED. Rezistory R35 a R40 vnášajú do obvodu jemnú hysteréziu aby boli prechody medzi jednotlivými stavmi indikácie ostré.

Mäkký rozbeh zdroja a ochranu výkonových tranzistorov pred prúdovým preťažením realizujú tranzistory Q1 až Q4 a niekoľko súčiastok okolo nich. Principiálny popis od výrobcu je v dokumente „*Designing Switching Voltage Regulators With the TL494*“. Obe funkcie ovplyvňujú šírku budiaceho impulzu, pomocou vstupu DTC vývod 4 IC1. Napätie na tomto vstupe sa môže pohybovať v rozmedzí 0 až 5V, pričom pri asi 3.3V je šírka impulzu 0% a pri 0.1V je 90%. Odporovým deličom R1,R26 sa nastavuje maximálna šírka impulzov, v našom prípade 45%. Súčiastky C1,R26,R1,D2 zabezpečujú mäkký rozbeh zdroja. Po zapnutí napájania je kondenzátor C1 vybitý a na vstup DTC je cez diódu D2 privádzané napätie 5V zo zdroja referenčného napätia. Prechodom prúdu cez rezistor R26 sa kondenzátor C1 začne nabíjať. Napätie na DTC začne klesať, impulzy sa postupne rozširujú až na hodnotu nastavenú deličom R1,R26.

Prúdová ochrana (cycle-by-cycle) pracuje tak, že pri nadmernom prúde predčasne uzavrie výkonové tranzistory a ukončí práve prebiehajúcu periódu signálu. Prúd je snímaný meracím transformátorom prúdu a má pílité priebeh. Zo zvyšujúcim sa prúdom tečúcim primárnym vinutím transformátora sa zvyšuje aj amplitúda pílitého napätia na sekundárnej strane meracieho transformátora prúdu. Toto napätie je privádzané cez D6,R14 a trimmer R3 na bázu tranzistora Q1. Odpor R17 tvorí záťaž meracieho transformátora prúdu, C3 odstraňuje z pílitého impulzu rušivé napäťové špičky. Trimrom R3 sa nastavuje prah pri ktorom dochádza k obmedzovaniu prúdu. Ak napätie na báze tranzistora Q1 dosiahne hranicu otvorenia, tranzistor Q1 sa otvorí a svojím kolektorovým prúdom otvorí tranzistor Q2 ktorý privedie kladné napätie 5V na vývod DTC riadiaceho obvodu IC1. Obvod okamžite zareaguje a ukončí práve prebiehajúci impulz.

Zároveň začne tiecť prúd cez D1,R9 do bázy tranzistora Q3, ten sa otvorí a svojím kolektorovým prúdom udržiava otvorený tranzistor Q2 aj po skončení impulzu od meracieho transformátora prúdu. Vytvára tak klopný obvod ktorý podrží blokovanie impulzu až do ukončenia periódy signálu. Tranzistor Q2 zostáva otvorený až do vybitia kondenzátora C9 kedy napätie na vývode CT IC1 klesne až k nule. Prúdom tečúcim cez diódu D5 sa otvorí tranzistor Q4 ktorý stiahne bázu Q3 k zemi a ten sa uzavrie. Obvod je pripravený na ďalšiu periódu. Dióda D1 vnáša do obvodu hysteréziu aby sa obvod spoľahlivo preklápal. Dióda D4 znižuje kladnú zložku napätia na asi 0.3V ktorá sa nakmitáva na dióde D5. Kvôli tejto kladnej zložke je použitý aj tranzistor Q4, bez neho by sa tranzistor Q3 samovoľne otváral. Dióda D2 oddeľuje obvod mäkkého štartu aby nedochádzalo k nabíjaniu kondenzátora C1 a nebola tak ovplyvňovaná strieda signálu pri nasadení prúdovej ochrany. Dióda D3 oddeľuje obvod prúdovej ochrany od vývodu DTC ktorý sa správa ako zdroj napätia 0.1V a ovplyvňoval by funkciu obvodu. Dióda D2 zároveň chráni obvod pred falošným spustením ochrany pri nábehu zdroja. Predčasným uzavretím výkonových tranzistorov sa budiaci impulz do primáru transformátora zúži a tým sa účinne obmedzí prúd primárnym vinutím transformátora. Tato ochrana, pokiaľ je dobre nastavená, ochráni koncové tranzistory od rôznych skratov na výstupe a dokonca aj pri medzizávitovom skrate výkonového transformátora.

Skrat na výstupe u takto výkonných zdrojov je vážna záležitosť, zvlášť pri najvyššom napätí, kedy sú vyhladzovacie kondenzátory plne nabité. Tavia sa pri ňom prírodné káble, ťahá sa oblúk, prská roztavený kov a hrozí zranenie obsluhy ako aj poškodenie zdroja. Preto je výstup zdroja chránený proti nadmernému skratovému prúdu. Táto ochrana zabezpečuje že pri skrate na výstupe nepotečie výstupnými svorkami väčší prúd než 14A. Základ tvorí tranzistor Q11 ktorý je zapojený do série s kladnou vetvou zdroja. Tranzistor je za normálnych prevádzkových podmienok držaný v trvale otvorenom stave, napätím +18V privádzaným rezistormi R48 a R49 na riadiacu elektródu Q11. Pretože jeho odpor v zopnutom stave je iba $8m\Omega$ je úbytok na napätí zanedbateľný. Tranzistorom môže tiecť prevádzkový prúd bez toho aby bol obmedzovaný a tranzistor sa ani nezahrieva. Pri skrate výstupných svoriek začne rezistorom R44 pretekať prúd a začne vznikať úbytok na napätí. Tranzistor Q10 je polarizovaný voči rezistoru R44 tak, že R44 sa chová ako zdroj kladného napätia pre bázu tranzistora Q10. Báza je pripojená cez delič 1:2.5 tvorený rezistormi R46 a R47. Keď napätie na rezistore R44 dosiahne asi 1.4V (pri prúde 14A), otvorí sa tranzistor Q10 a cez R49 vybije hradlo tranzistora Q11, ten sa privrie a pretekajúci prúd sa zníži. Pokiaľ skratový prúd pretrváva, tranzistor Q11 udržiava pretekajúci prúd na hodnote 14A. Pretože je rezistor R44 spoločný pre skratovú ochranu aj pre prúdové obmedzenie, budú počas trvania skratového prúdu zablokované budiace impulzy do koncových tranzistorov a zdroj bude odstavený. Tlmivka L1 a dióda D7 tvoria zdroj napätia pre „plávajúci“ tranzistor Q11. Napätie na hradle Q11 musí byť vždy o +18V vyššie než je výstupné napätie zdroja. Pokiaľ sa výstupné napätie pohybuje pod 17V je napätie na kondenzátore C37 príliš nízke a hradlo Q11 je napájané cez diódu D28 z pomocného zdroja. Pri výstupnom napätí zdroja nad 17V sa zvýši napätie aj na C37 natoľko, že sa dióda D28 uzavrie a hradlo je napájané cez L1 a D27. Napätie na C37 môže pri plnom výkone zdroja dosahovať až 150V, na toto napätie musí byť dimenzovaný aj tranzistor Q10. Dióda D26 chráni hradlo Q11 pred prekročením povoleného napätia. Diódy D23, D24, D29 chránia tranzistor Q11 proti prekročeniu maximálneho napätia na kolektore.

Ďalšou a poslednou súčasťou zdroja je odporová záťaž. Tá je potrebná hlavne pre zrýchlenie reakcie zdroja na zmeny ovládania. Bez záťaže by pri rýchlom otočení potenciometra napätia z maxima do minima, napätie klesalo len veľmi pomaly. So záťažou reaguje zdroj na zmeny ovládacích prvkov rýchlejšie. Ďalej realizuje aj minimálnu záťaž zdroja. Ten pri nízkom odbere aj tak prechádza do prerušovaného režimu, čo sa prejavuje slabým šumením vychádzajúcim z transformátora. Zdroj nesmie písať, ak píska je niečo zle.

Konštrukcia a oživenie :

Pôvodne som navrhol zapojenie bez trimrov len s použitím pevných rezistorov. Zostavovanie požadovanej hodnoty odporu sa ukázalo ako veľmi zložité, zdĺhavé a nepresné. Preto som nakoniec použil presné, viacotáčkové trimre. Doporučujem ich použiť aj keď sú o niečo drahšie. Potenciometer napätia je dvojité lineárny 2x5k, sekcie spojené paralelne. Snímací rezistor prúdu R44 musí byť v kvalitnom prevedení, najlepšie v puzdre TO220. Obyčajný drôtový rezistor nieje možné použiť, pretože keramika v ktorej je zaliaty nieje schopná odvádzať vzniknuté teplo. Stabilita prúdového obmedzenia je priamo závislá od stability odporu pri meniacej sa teplote. Keď som použil obyčajný keramický rezistor a nastavil prúdové obmedzenie na 10A, po pár minútach ako teplota rezistora stúpala začal prúd klesať. Po desiatich minútach už zdroj dodával iba 6A.

Alternatívou by bolo vyrobiť vlastný rezistor z odporového drôtu, napr. z konštantanu ale to som neskúšal. Ďalší problém je kmitanie prúdovej slučky pri použití drôtového rezistora. Čo spôsobuje rozkmitanie som už ďalej neskúmal nakoľko použitím rezistora v puzdre TO220 všetky problémy zmizli. Stabilita s týmto rezistorom je výborná, po hodinovej prevádzke sa výstupný prúd zmenil iba o 8mA. Zdroj som vstaval do hliníkovej skrine typ WK12703 od bývalého výrobcu Tesla. V pravom dolnom rohu plošného spoja, sú osadené iba nízke súčiastky a je tak vynechané miesto pre umiestnenie ventilátora 80x80mm. Chladič tvorí ohrádka z duralu hrubého 3mm. V rohoch je pripevnená k plošnému spoju pomocou rohových stĺpikov. Medzi spodnou hranou ohrádky a plošákom je medzera 5mm, pre nasávanie vzduchu. V zadnej časti je pripevnený k ohrádke ešte rebrovaný chladič, pochádzajúci



Pohľad do zdroja zhora.

z procesora PII. Vzduch je nasávaný vzadu cez chladič, prúdi medzerou medzi chladičom a doskou.

Ďalej prúdi pomedzi súčiastky smerom k ventilátoru. Chladienia sa zúčastňuje aj samotná hliníková skrinka. Najsilnejšie chladienie potrebuje usmerňovací mostík B1, D22 a R44, zatiaľ čo výkonové tranzistory sa zahrievajú len slabo. Pre zobrazovanie napätia a prúdu som použil modul TK1382. Ukázalo sa, že modul dostojí menu „Čínsky šmejd“, zobrazovaná hodnota prúdu pláva pri meniacej sa teplote bočníka, takisto prechodový odpor prúdovej slučky je enormný (tenké vodiče, prechodový odpor konektora, atd...). Pri prúde 10A pre ktorý je modul primárne určený, sa bočník zahrieva tak silno, že behom chvíle sa rozpustí cín a bočník môže aj vypadnúť. Meranie prúdu okolo 10A je možné len krátko, za pár sekúnd vplyvom ohrevu bočníka začne nameraná hodnota odchádzať. Po chvíli už ampérmeter ukazuje bludy. Preto som musel modul upraviť. Bočník som vyhodil a modul som pripojil cez externý, kvalitný bočník. Tým sa odstránili prechodové odpory modulu a ampérmeter prestal reagovať na zmeny teploty. Bočník treba vyrobiť zvlášť pre každý kus modulu, pretože v každom kuse je originálny bočník s inou hodnotou odporu. V niektorých je 10mV na 1A, v iných zas 7mV na 1A. Ďalší problém je že modul nejde zacvaknúť do diery, pretože pružné packy sa vo vnútri opierajú do displeja. Modul som musel rozobrať a upravovať, inak sa nedá namontovať. Ďalej zo štyroch objednaných kusov boli dva vadné. Jeden mal prasknutý displej a druhý po zahriatí zhasne. Pretože som mal už vyrobené štítky rozhodol som sa dokúpiť ďalšie tri displeje. V tejto novej „várke“ bol zas jeden kus vadný, zo 79.9V neprechádza na 80V ale na 100V. Vzhľadom k uvedeným problémom doporučujem použiť nejaké iné moduly a týmto sa radšej vyhnúť. Ak použijeme iné moduly a pre napájanie bude treba asi použiť DC/DC menič, schéma pripojenia modulu naznačená na výkrese plošného spoja.


Vodiče k svorkám a potenciometrom treba použiť čo najkratšie. Prierez vodičov k výstupným svorkám treba zvoliť aspoň 4mm², aby bol úbytok na napätí čo najnižší. Toto je potrebné splniť hlavne ak chceme aby zdroj dodával do záťaže prúd 10A už od 1V na výstupe. Potenciometre treba použiť najlepšie hermetizované alebo aspoň nejako chránené proti prachu. Sieťovú poistku okolo 6 až 8A. Štítky vyrábam tak, že predlohu vytlačím laserovou tlačiarňou zrkadlovo na priehľadnú fóliu a podlepím samolepiacou tapetou požadovanej farby. Na predný panel štítok prilepím tenkou obojstrannou lepiacou páskou. Prípadné úpravy a vylepšenia už nechám na úvahe čitateľa.

Predpokladom pre stavbu sú aspoň základné znalosti z konštrukcie zdrojov a základné dielenské vybavenie. Na oživenie bude treba dvojkanálový osciloskop, laboratórny zdroj, multimeter, oddelovací transformátor z 230V na 230V / 500W (alebo aspoň pre oddelenie napájania osciloskopu), ako záťaž nejaké autožiarovky a pod.. Ešte pred výrobou plošného spoja je najlepšie zhromaždiť všetky súčiastky a v prípade potreby upraviť plošný spoj podľa puzdier súčiastok. Schéma a plošák sú kreslené v návrhovom systéme EAGLE 7.2.0., pre vykreslenie polygónov treba stlačiť tlačidlo „Ratsnest“.


Najprv si nachystáme vinuté diely:

Aby sme sa nezamotali do smerov vinutí, platí stále stará dobrá poučka : „ dvakrát zmena nieje zmena“. To znamená že pokiaľ prehodíme konce vinutí, musíme vinúť všetky vinutia rovnakým smerom. A naopak pokiaľ vinieme jednotlivé vinutia protismerne, potom už nesmieme prehadzovať konce. Bodky pri koncoch vinutí v schéme zapojenia označujú zmysel vinutí, zatiaľ čo na doske plošného spoja označujú skutočné začiatky vinutí. Všetky vinutia transformátorov teda Tr1,Tr2,Tr3 vinieme rovnakým smerom a bodka nám určuje kde pripojíme začiatok vodiča.


Tabuľka 1. Konštrukcia meracieho transformátora prúdu.

	<p>Jadro je toroidný feritový krúžok typ T09/5/3.2 tmavo zelenej farby, $A_l = 2500$. Získaný z rozobratého starého PC zdroja.</p> <p>Cievka má 50 závitov lakovaným drôtom o priemere 0,25mm.</p> <p>Indukčnosť cievky je cca. 6.5mH. Dĺžka vodiča cca 80cm aj s rezervou.</p> <p>Podobné jadra: Lj T 0903C – CF190 & CF materiál CF190-T35 a rozmery 9.53/4.75/3.2 tmavo zelený, alebo TC 9.5/4.75/3.3 a pod. Predáva firma Semic trade. www.semic.cz</p>
--	--

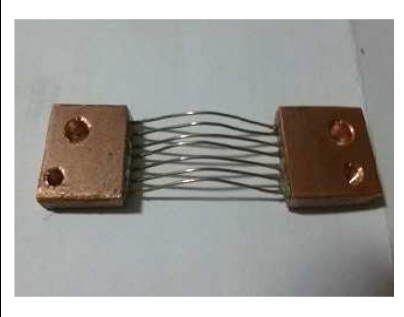
Tabuľka 2. Konštrukcia odrušovacej tlmivky 2x5mH, vstupného sieťového filtra.

	<p>Jadro tlmivky je toroid typ T45 – 45/28/11 Lj T 4511 – CF139 Cosmo ferrites. $A_l = 2200nH$, indukčnosť je 2x5mH.</p> <p>Na toroide sú navinuté dve vinutia, 2 x 48 závitov lakovaným drôtom o priemere 1mm, rovnakým smerom, pozri obrázok. Indukčnosť každého vinutia je 5mH. Vinúť treba tak aby boli všetky konce na jednej strane. Medzi vinutiami je treba nechať izolačnú medzeru aby nemohlo dôjsť ku skratu.</p> <p>Jadra boli zakúpené u Semic trade.</p>
---	---

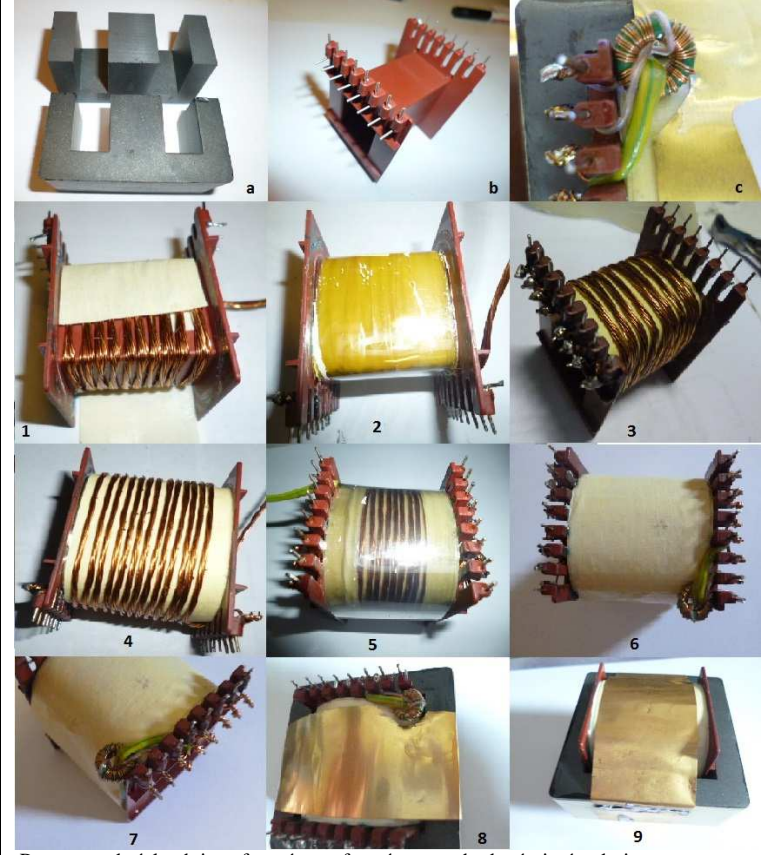
Tabuľka 3. Tlmivka L1 pre napájanie ochrany proti nadmernému skratovému prúdu.

	<p>Tlmivka Typ 203420 indukčnosť 8.2mH.</p> <p>Raster 5/10 , Jadro priemer 10mm, výška 15mm, priemer drôtu 0.15mm.</p> <p>Tlmivka pochádza zo starého monitora ale je možné ju bez problému kúpiť alebo si ju navinúť.</p>
--	--


Tabuľka 4. Bočník ampérmetra

	<p>Bočník pre ampérmetr som vyrobil z dvoch medených obdĺžnikov 15 x 15 x 5mm. Drôt je konštantán priemer 0.56mm s odporom 1.761Ω na 1 meter dĺžky.</p> <p>Pre odpor 70mΩ je dĺžka bočníka (od vnútornej hrany po vnútornú hranu) 28mm 100mΩ je dĺžka bočníka 40mm</p> <p>Podľa vzorca: $l_b [mm] = ((R_b/R_d) * 100) * n$</p> <p>Kde: l_b - dĺžka bočníka, R_b - odpor bočníka, R_d - odpor drôtu, n - počet drôtov paralelne</p> <p>Do spodnej hrany medených obdĺžnikov som spravil pílkou 7 zárezov, do ktorých som pripájkoval jednotlivé drôty. Nakoniec bočník prehol kvôli dilatácii. Presné nastavenie nebolo treba robiť pretože merací modul má trimer pre jemné doladenie meraného prúdu. Počet drôtov je zvolený tak aby bolo oteplenie čo najmenšie. Povolená hodnota prúdu pre daný priemer drôtu je 2.2A, ja som zvolil prúd necelých 1.5A na drôt.</p>
--	--

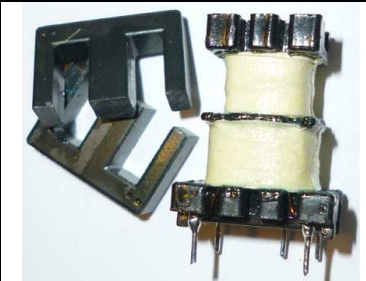
Tabuľka 5. Konštrukcia výkonového transformátora.

	<p>Jadro transformátora je typu E 65/27/20 materiál N27 Pramet Al = 7200 alebo N87 (3F3) Al= 7900 Kostička pre jadro E65 horizontálna montáž, 2 x 8 vývodov, zakúpená na www.Ferity.cz Primárne vinutie má 26 závitov lankom zloženým z 5 lakovaných drôtov o priemere 0,5mm, l = 3.7m. Sekundárne vinutie má 20 závitov lankom zloženým z 10 lakovaných drôtov o priemere 0,5mm, l = 2.6m. Začiatky a konce vinutí je treba pripojiť podľa značenia na plošnom spoji. Obe vinutia treba vinúť rovnakým smerom. Ako prvý je vinutý sekundár, v dvoch vrstvách po 10 závitov. Ako druhý je vinutý primár, takisto v dvoch vrstvách po 13 a 13 závitov. Jednotlivé vrstvy sú prekladané izolačnou fóliou. V prípade núdze je možné použiť aj maliarsku papierovú pásku. Každý závit pásky prelakujeme lakom. Medzi primárom a sekundárom treba dať aspoň 8 vrstiev, prípadne vložiť jeden závit izolačnej fólie. Na koniec primárneho vinutia navlečieme kúsok zmršťovacej bužírky, na ktorú navlečieme merací transformátor prúdu. Sekundárne vinutie transf. prúdu pripojíme na dva krajné vývody na kostičke. Treba dať pozor na zmysel vinutí. Pri skladaní jadra treba vytvoriť vzduchovú medzeru, celkovo 0,2mm. Napr. z fólie do kopírky ktorá má hrúbku 0,1mm. Jadro môžeme zlepiť kvapkou laku na plošné spoje. Nakoniec ovinúť celý transformátor Cu fóliou a pripojiť na GND, na sekundárnej strane.</p>
<p>Pozor, na obrázkoch je nafotený transformátor s prehodenými vývodmi</p>	


Tabuľka 6. Konštrukcia vyhladzovacej tlmivky TL2

	<p>Tlmivka sa skladá z dvoch paralelne zložených toroidných železo-prachových jadier, typu T157 40/24/14,5 žltá – biela farba materiál 26. Vinutie má 69 závitov, dvoma paralelne zloženými lakovanými drôtmi o priemere 1mm. (alebo 4x0.85mm, alebo 7x0,6mm ...) Dĺžka vodiča je cca 7m. Indukčnosť je 940uH bez prúdu a 310uH pri prúde 10A. Závitky treba dobre utiahnuť a klast' pekne jeden vedľa druhého, inak vinutie do jadier nevlezie. Jadrá boli zakúpené na www.Ferity.cz</p>
--	---

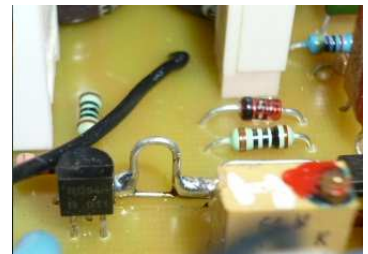
Tabuľka 7. Konštrukcia transformátora TR2.

	<p>Transformátor pochádza z 350W PC zdroja, rozobrať ho môžeme tak, že ho povaríme vo vode a ešte za tepla rozoberieme. Jadro je typu EE 22x30x6, rozmer stredného stĺpika je 6x6 mm. Primár má 140 závitov lakovaným drôtom priemer 0,25mm. Sekundár má 16+7 závitov lakovaného drôtu priemer 0.35mm. Ak pripojíme začiatky vinutí podľa značiek na spoji, treba vinúť všetky vinutia rovnakým smerom. Jadro zlepiť kvapkou laku na plošné spoje, bez vzduchovej medzery. Kostička má dve sekcie, každé vinutie má svoju. Sekundár navinieme bližšie k vývodu. Jednotlivé vrstvy primárneho vinutia treba prekladať páskou.</p>
--	---

Tabuľka 8. Konštrukcia budiaceho transformátora TR1.

	<p>Jadro je typu EI 33x29x13mm. Rozmer stredného stĺpika je 13x9.5 mm. Transformátor je priepustný, všetky vinutia sú vinuté súhlasne. Ako prvý vinieme primár 30 závitov drôtom 0,35mm. Nasleduje 1 závit medenej fólie, pripojíme ju k vývodu V-. Nakoniec navinieme prvý a druhý sekundár 30 + 30 závitov drôtom 0,35mm. Každé vinutie je samostatná vrstva. Jednotlivé vrstvy treba od seba dobre odizolovať, na kostičke je dosť miesta, preto môže byť izolácia hrubšia. Jadro zlepiť bez medzery. Dĺžka drôtu je asi 3x2m. Pre jadro ETD sekundár 25+25 závitov.</p>
--	--

Teraz keď máme hotové všetky vinuté diely, treba zhromaždiť ostatné súčiastky a skontrolovať puzdra, prípadne upraviť návrh plošného spoja a plošný spoj vyrobiť. Ako prvé osadíme malé súčiastky, potom veľké a na koniec transformátory. Transformátor TR3 zatiaľ neosadzujeme. Na vyznačené prepajky prispájame očká z drôtu. Vytvoríme meracie body ako na obrázku v pravo. Pripojíme potenciometre, LED indikácie prúdu, prípadne prístrojové meradlo napätia a prúdu. Napäťový potenciometer vytočíme doľava na minimum a prúdový na asi 10%. Na tranzistory dáme nejaké chladiče, stačí malé, tranzistory sa nijak zvlášť nezahrievajú. Zeleno vyšrafované plochy, vrstva „hacesoft“, treba hrubo pocínovať.



Merací bod.



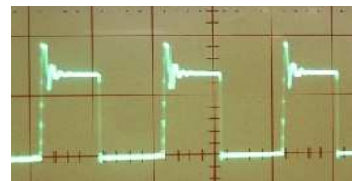
Prípravené na oživenie.

Oživenie:

Pozor! V žiadnom prípade nepripojujte zdroj do siete bez prejdienia oživovacieho postupu!

„Bez osadeného TR3“

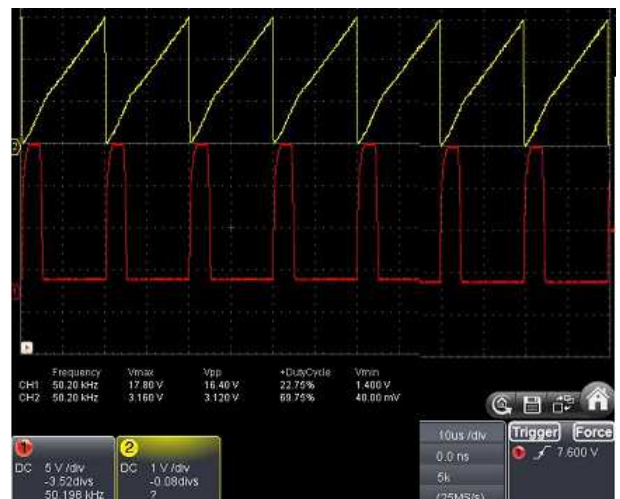
1. Všetky trimre vytočíme doľava na minimum.
2. Kontrola skratov. Laboratórny zdroj pripojíme na výstupné svorky spínaného zdroja a pomaly zdvíhame napätie na asi 12V, odber nesmie prekročiť 30mA.
3. Lab. zdroj teraz pripojíme na merací bod GND a kladný pól pripojíme na katódu D14. Ozve sa cvaknutie relé K1 a odber by mal byť okolo 30mA. (bez pripojeného ventilátora) Lab. zdroj prehodíme na vstup 220V, odber bude max. niekoľko mA, skontrolujeme obe polarity. Ak je odber väčší asi 100mA a hreje R22 je pravdepodobne poškodený IC2 alebo D8, D9.
4. Potenciometer prúdu nastavíme na 30%. Lab. zdroj nastaviť na 0V a pripojiť na meracie body Gnd a +17V. Pomaly dvíhame napätie až na 17V, odber nesmie prekročiť 150mA. Osciloskop (najlepšie digitálny) pripojíme na G a S tranzistora Q8, musí sa zobrazit' pravouhlý signál s amplitúdou okolo 15V. Ak je signál skreslený treba hľadať chybu v obvodoch budiča. Zaoblené hrany spôsobuje vadný tranzistor Q6, Q7. Zvlnenie na vrchu nábežnej hrany je normálne. Ak impulzy chýbajú úplne, treba skúsiť otočiť trimrom R26.



Signál Q8, Q9 Vertikál 10V Div.

Toto platí aj pre druhý tranzistor Q9. Meriame na G a S tranzistora Q9, ak je všetko v poriadku, pripojíme osciloskop späť na Q8.

5. Skontrolujeme frekvenciu impulzov musí byť okolo 50KHz \pm asi 2KHz, prípadne upravíme hodnotu R19 alebo C9. Zmenšením odporu sa frekvencia zvýši, zväčšením kapacity sa frekvencia zníži.
6. Trimrom R26 nastavíme striedu signálu na 45%. (DC = 0.45)
7. Kontrola nulovacieho impulzu prúdovej ochrany.



Signál pily na C9 a nulovací signál na kolektore Q3.

- Spojíme vývody E a C tranzistora Q2. Osciloskop pripojiť na GND a Kolektor Q1. Impulzy musia byť ako na obrázku, amplitúda cca. 15V a šírka impulzu musí byť menšia ako polovica šírky pílovitého impulzu na vývode 5 IC1, ideálne jedna tretina. Toto musí byť splnené zvlášť v prípade že sa na mieste D4, D5 použije iný typ diód. Inak ochrana nebude pracovať správne. Došlo by k prekryvaniu nulovacieho impulzu a budiaceho impulzu. Ochrana by falošne obmedzovala budiace impulzy a zdroj by nedodával plný výkon. Čím vyššie otváracie napätie diód, tým širší bude nulovací impulz. Preto Uf diód D4 a D5 musí byť menšie ako 0.3V. Odpojíme prepajku z Q2.
8. Kontrola nulovania klopného obvodu. Osciloskop alebo voltmeter pripojíme medzi kostru a vývod DTC vývod 4 IC1. Skratovaním vývodov E a C tranzistora Q2 nahodíme na DTC 5V. Zdroj vysadí budiace impulzy a odber prúdu z lab. zdroja klesne skoro k nule. Po odstránení skratu sa musí budenie okamžite obnoviť. Vývody treba viackrát rýchlo skratovať, napr. pinzetou a klopný obvod musí byť vždy po odstránení skratu, spoľahlivo vrátený nulovacím impulzom, späť do pôvodného

stavu. Ak by ostával visieť museli by sa upraviť pracovné body tranzistorov Q1,Q2,Q3, preto treba dodržať presne typ tranzistorov. Nulovacie impulzy sú neustále generované na konci píllovitého signálu, pri prechode píly pod asi 0.3V.

Ďalší postup predpokladá použitie regulovateľného zdroja do 350V a oddel'ovacieho transformátora pre napájanie oživovaného zdroja, aspoň 500W. Prípadne autotransformátor a pod., skrátka treba galvanicky oddeliť osciloskop a meraný zdroj. Môj laboratórny zdroj je schopný dodať len 0.5A pri 350V preto pre nastavenie používam aj 500W oddel'ovací transformátor.

9. Oživenie pomocného zdroja. Na napájací vstup zdroja pripojíme regulovateľný zdroj do 350V a na body GND a +17V voltmeter. Pomaly dvíhame napájacie napätie, pri asi 290V by mal pomocný zdroj nabehnúť, za hlasitého cvaknutia relé K1. Voltmeter musí ukazovať cca. 17V. Na konektore SV4 musí byť napätie 12V. Ak je všetko v poriadku je pomocný zdroj úspešne oživený. Zdroj napájania môžeme odpojiť.
10. Osadíme transformátor TR3. Potenciometre napätia a prúdu vytočiť doľava na minimum.
11. Nastavenie maximálneho napätia. Na vstup zdroja opäť pripojíme regulovateľný zdroj 350V. Na výstup spínaného zdroja pripojíme voltmeter. Pomaly dvíhame napájacie napätie až kým sa spustí pomocný zdroj. Potenciometer prúdu vytočíme na asi 30%. Na výstupe zdroja musí byť napätie menšie ako 0.2V. Potenciometer napätia vytočíme doprava naplno a trimrom R2 nastavíme na výstupe 80.5V. Potenciometer napätia vrátime na minimum, ak sa pri otáčaní potenciometra napätia ozýva z výkonového transformátora chrčanie, treba potenciometer vymeniť.
12. Nastavenie prúdu. Na výstup zdroja pripojíme nejakú záťaž, napr. dve autožiarovky H4, všetky vlákna paralelne a Ampérmeter. Potenciometer prúdu vytočíme na maximum. Nastavíme napájacie napätie na 350V. Potenciometrom napätia pomaly zdvíhame napätie na výstupe až kým zdroj neprejde do režimu prúdového obmedzenia. Pozor prah indikácie prúdu ešte nieje nastavený, takže LEDku treba ignorovať. Trimrom R53 nastavíme na výstupe prúd 10.5A, ak nejde nastaviť, pootočíme aj trimrom R3. Kombináciou treba dosiahnuť aby šlo trimrom R53 nastaviť prúd, až na asi 10.5A a potom ho trimrom R53 vrátiť naspäť na 10.1A. Len tak budeme mať istotu že je prúd obmedzovaný regulačným zosilňovačom prúdu a nie ochranou špičkového prúdu. Hodnota 10.1A sa nastavuje preto aby sa zamedzilo preblikávaniu meradla prúdu pri max. prúde. Osciloskop máme stále pripojený na G a S Q8, druhý kanál na vývod CT IC1 a zobrazuje pílu oscilátora. Otáčaním trimra R3 sa musí pohybovať pravá hrana budiaceho impulzu, viz. obrázok, impulz je ukončovaný predčasne. Na konci periódy nesmie dochádzať k obnoveniu impulzu.
13. Nastavenie indikácie prúdu. Na výstup pripojiť slabšiu záťaž napr. jedno vlákno žiarovky H4. Napätie na výstupe nastaviť napr. na 5V, potenciometer prúdu naplno. Potenciometer prúdu otáčame smerom dolu, pokiaľ nezačne byť obmedzovaný prúd. Sledujeme pokles prúdu na meradle o asi 5 až 10mA. V tomto momente otáčame trimrom R34 dolu a potom hore tak, aby sa práve rozsvietila LEDka indikácie prúdu. Otočením potenciometra prúdu hore a dolu overíme či je prechod do prúdového režimu ostrý, prípadne doladíme opäť trimrom. Treba sa snažiť nastaviť prechod čo najpresnejšie.
14. Nastavenie plného výkonu. Zdroj pripojíme do siete cez oddel'ovací transformátor 500W. Zdroj má síce príkon 850W ale transformátor to v pohode na tu chvíľu ustojí. Zároveň nám nasimuluje pokles sieťového napätia na asi 210V. Na výstup pripojíme poriadnu záťaž, ja som použil 6Kw špirálu do bojlera, plus nejaké rezistory. (2 x 180Ω/10W) Napätie aj prúd vytočíme naplno, zdroj musí dodávať do záťaže pri 80V, prúd 10A, ak požadovaný prúd nedosiahne, zdvihneme prúd trimrom R3. Pozor na teplotu polovodičov a záťaž, záťaž je po chvíľke pekne rozžeravená.



Plná šírka impulzu bez obmedzenia



Impulz obmedzovaný prúdovou ochr.



K chybnému obnoveniu impulzu na konci periódy signálu nesmie dôjsť.

Hotovo! Teraz už zdroj môžeme pripojiť do siete. Ostáva už len kvapkou farby zafixovať trimre.

Červenou farbou sú v zozname vyznačené tie súčiastky, pri ktorých doporučujem dodržať typ.

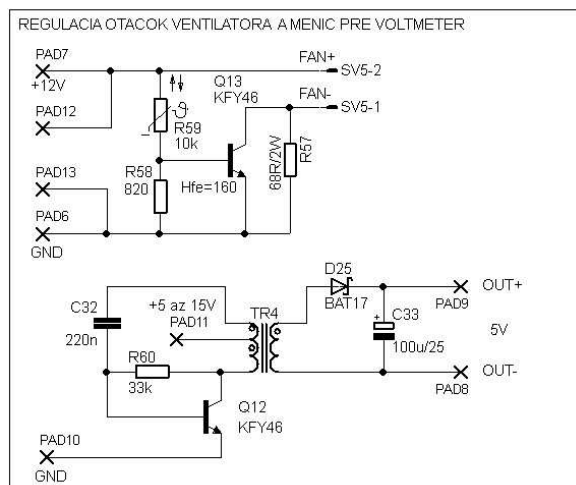
Tabuľka 9. Zoznam súčiastok, neobsahuje cievky.

B1	GBU806 8A/600V (KBU 8M)	D1	BZX55C2V7 0.5W
C1,C29	10u/16V	D2,D3,D4	1N4148
C2	1u/275V~ fóliový X2	D5,D20	STPS2L40U schottky Uf < 0.3V
C3	220p	D6,D10,D11,D14,D15, D18,D19,D24,D27,D28, D29	UF4007,FR102... (trr < 150nS) Pozor! nie 1N4007.
C4,C5,C17	4n7/400V Y1	D7	BZW06-30B transil obojsmerný
C6,C30	10n	D8	BYV26C
C7	22n	D9	P6KE200
C8	470n/275V~ fóliový X2	D12,D13,D26	BZX85C18 1.3W
C9	1n	D16	BZX55C16 0.5W
C10,C11	470u/450V	D17,D21	MUR860G (MUR1560G)
C12,C14,C15,C28,C34,C36	100n	D22	DSEK60-06A
C13	470n/400V-	D23,D24	BZX85C43 1.3W
C16,C18,C19	470u/35V Low ESR	D25	BAT17
C22,C37	4u7/450V		
C20,C21,C23	4n7/1000V	R1	12K
C24,C25,C26,C27	680u/100V Low ESR	R4	10K
C31	2n2	R5	4K7
C32	220n	R6	39K
C33	100u/25V	R7	330K
C35	3n3	R8,R14,R21,R27,R28, R31,R32,R33,R40	1K
		R9	47K
IC1	TL494,KA7500...	R10, R52	56K
IC2	TNY267	R11	22K
IC3	CA3140E (záporné U na vstupoch)	R12	2K7
K1	Relé G5L 230V/8A cieka12V	R13,R25,R61,R62	2K2 /5W
OK1	PC817,4N35...	R15	100K
Q1,Q3	BC548B	R16	15R/10W (AX10WV-15R) radiálny
Q2	BC557B	R17	15Ω
Q4,Q6,Q7	BC327-40	R18	150K
Q5	IRF630	R19	18k
Q8,Q9	IRG4PC40WPBF	R20	100K/2W
Q11	IRFP150	R22,R41,R42	100Ω /2W
Q12, Q13	KFY46	R23	220Ω
Q10	2n5551	R24	120Ω /0,5W
		R29	4,7MΩ/2W
		R30	1K8
Potenciometer napätia	2k5 (dvojité 2x5k paralelne)	R35	2,2MΩ
Potenciometer prúdu	1k	R36,R37	4,7Ω
		R38	470Ω
SV1,SV2	MX-6410-03AG	R39,R47	100Ω
SV3,SV4	MX-6410-02AG (tme.cz)	R43	390Ω
		R44	0,1Ω/50W v TO220 (Gme.cz)
		R45	6R8/2W
R26*	Trimer 64Y 20K (64X20K)	R46	150Ω
R2,R34*	Trimer 64Y 10K	R48	1K5
R3,R53*	Trimer 64Y 5K	R49,R58	820Ω
		R51	3k9
LED Červená Ø5mm	8mA	R57	68Ω/2W
		R59	NTC termistor 10K/500mW
		R60	33K

* Je možné použiť trimer typu 64Y aj 64W plošný spoj je pripravený pre oba typy.

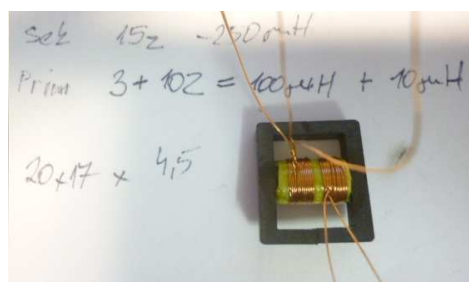
Dodatočne som doplnil reguláciu otáčok ventilátora a oddel'ovací menič pre displeje. Nakoľko sa zdroj pri nízkych výkonoch nezahrieva, hluk ventilátora zbytočne obťažuje. Menič potrebujú niektoré moduly voltmetra pre elektrické oddelenie obvodu, kde meracia zem nesúhlasí s napájacou.

Regulátor otáčok ventilátora a menič napätia pre displej:



Obvody sú navrhnuté na dvoch malých doštičkách, aby bolo možné použiť každý samostatne podľa potreby. Zapojenie je tak triviálne že ho nemá cenu ani popisovať. Tranzistor Q13 by mal mať hfe okolo 160, inak bude treba upraviť hodnotu rezistora R58 a treba naň dať chladič. Rezistor R57 určuje voľnobežné otáčky ventilátora odpor 68Ω je vhodný pre ventilátor s odberom 140mA. Dôležité je aby sa po zapnutí ventilátor rozbehol. Termistor je NTC 10KΩ / 500mW. Pre transformátor TR4 je treba použiť maličké jadro na rozmeroch a tvare až tak nezáleží, hlavne treba dodržať indukčnosť primáru pre 12V je to okolo 100uH. Odber meniča je okolo 25mA a na výstupe poskytuje prúd 15mA a napätie okolo 5V- 7V. Pracovný kmitočet sa pohybuje okolo 3Khz. Zmenou odporu R60 je možné nastaviť šírku budiacich impulzov a tým aj výstupné napätie, v dosť širokom rozsahu. Kondenzátor C32 určuje kmitočet zdroja. Ak požadujeme vyšší výstupný výkon než 200mW treba dať na tranzistor chladič. Moduly TK1382 majú rozsah napájania 4.5V až 30V preto menič nepotrebuje stabilizáciu napätia. Pre iné moduly ju bude treba asi doplniť.

Konštrukcia transformátora TR4.



Moje jadro je typu EE 20x17x4.5mm, rozmer stredného stĺpika je 4.5x4.5 mm. Al = 1000 merané bez medzery, materiál bude pravdepodobne H22. Transformátor je vinutý ako priepustný. Ako kostrička posluži papierový valček priemer 6,5mm, dĺžka 11mm. Primár má 10 + 3 závitov drôtom o priemere 0,25mm.(100 + 10uH) Sekundár má 10 závitov drôtom 0,25mm pre výstupné napätie 5V. Vinutia sa vojdú do jednej vrstvy. Jednotlivé vinutia treba od seba odizolovať medzerou a dobre prelakovať. Jadro zlepíme bez medzery.

Konštrukcia nemá žiadne záludnosti, postavil som si štyri kusy tohto zdroja a všetky pracovali na prvé zapojenie a nastavenie prebehlo bez problému. Všetky úpravy ktoré som urobil v prvom vzorku sú už urobené aj v tomto návode a premietli sa do posledných troch kusov zdroja. Myslím si že zdroj sa celkom vydaril a bola by škoda sa oň nepodeliť, zvlášť preto že na internete nieje žiadna konštrukcia dotiahnutá do konca. Cena je silno závislá od toho aké má kto doma súčiastky. Vzhľadom k cene „profi“ zdrojov tejto kategórie ktorá sa pohybuje okolo 400€ alebo 10000kč, sa stavba oplatí.

Pre prípadných záujemcov o stavbu, zverejním na serveri Uložto.cz väčší balíček projektu. Balíček bude obsahovať viac fotiek, katalógové listy, a pod. Ďalej program pre výpočet transformátora a tlmivky v slovenčine, ak by chcel niekto zmeniť výstupné napätie alebo prúd zdroja.

Kompletný balíček projektu k stiahnutiu: <http://uloz.to/xgXQrxra/projekt-zdroj-80v-rar>