

## Spínaný regulovatelný zdroj s obvodem L4970A doplňný o elektronickou proudovou pojistkou

Michal Slánský

---

Jelikož se zajímám o napájecí zdroje a jejich konstrukce, pustil jsem se do návrhu dosti obsahově rozsáhlé konstrukce spínaného regulovatelného zdroje s integrovaným obvodem **L4970A**, navíc doplněného o proudovou pojistku. Tento zdroj se skládá z jednotlivých bloků, které jsou na blokovém schématu **obr. 1** a kterým se budu jednotlivě podrobně dále věnovat. Díky použití spínací technologie obvodu **L4970A** bylo možno dosáhnout parametru ( $0-35V/0-10A$ ), při zachování minimálních rozměrů a nároků na chlazení. Zdroje s lineární technologií těchto parametrů dosahují pouze obtížně při velkých rozměrech, velké obvodové složitosti a hmotnosti, nehledě na to, že musí být navrženo výkonné a pečlivé zpracované chlazení jednotlivých komponent z důvodu vyzařené tepla aktivními prvky.

Zdroj díky kvalitně navržené filtraci a odrušení dosahuje vynikajících hodnot výstupního zvlnění a stabilizace. Zdroj je navíc doplněn o obvod zpožděného připojení a řídicí jednotku ventilátoru, které se starají o dlouhodobou spolehlivou funkci přístroje. Nedílnou součástí každého regulovatelného zdroje jsou měřicí přístroje pro měření napětí a proudu, které jsou v této konstrukci použity se známým obvodem 7107, tato jediná součást je řešena formou hotové stavebnice s označením PVM7157HX firmy EZK Olomouc.

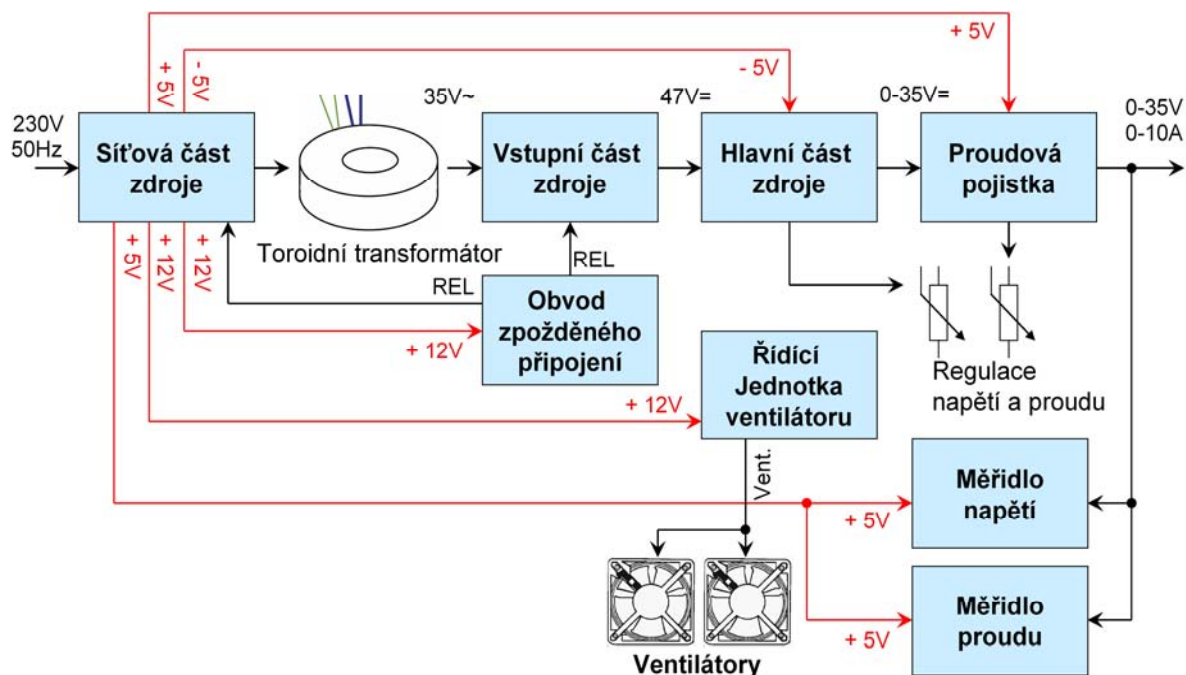
Síťová část zdroje je umístěna na samostatné desce plošných spojů, z důvodu oddělení síťového napětí od ostatních obvodů. Součástí síťové části je také napájecí zdroj pro doplňkové obvody s napětím +5V, -5V, +12V. Ze síťové části je vedeno napětí k výkonnému toroidnímu transformátoru o příkonu 400VA ( $35V/10A$ ), který byl vyroben na zakázku do 30-ti dnů u firmy PS Electronic. Toroidní typ transformátoru má spoustu výhod, mezi které patří hlavně nízké magnetické rušení a trvalá zkratuvzdornost. Transformátor je v provedení s zalitým středem, takže jeho možnost připevnění do skříňky zdroje je zde řešena pomocí jednoho centrálního šroubu.

Za transformátorem následuje druhá deska plošných spojů, na které je umístěna výkonová vstupní část zdroje a třetí deska, na které je umístěna hlavní část zdroje s obvodem L4970A a proudová pojistka. Na deskách se nacházejí chladiče pro aktivní prvky, takže je nutné desku dobře připevnit ke skříňce, aby nedošlo k utržení chladičů a s tím poškození DPS. Chladiče jsou přišroubovány k DPS, navíc doporučuji fixovat silikonovým tavidlem včetně těžkých součástí a konstrukčních prvků. Desky tvoří celistvý blok, připojení jednotlivých vodičů je řešeno pomocí svorkovnic do DPS. Nesmíme opomenout dimenzovat propojovací vodiče z důvodu velkých tekoucích proudů v řádu jednotek ampér.

Zbývající dva bloky, které obsahují řídicí jednotku ventilátoru a obvod zpožděného připojení jsou umístěny na malých DPS, jedná se o doplňkové obvody, které nejsou nutné pro samotnou funkci regulovatelného spínaného zdroje s obvodem **L4970A** a tudíž je můžeme popřípadě vynechat v sestavení konstrukce, především např. regulátor otáček ventilátoru. Je možno připojit ventilátory přímo ke zdroji +12V.

Pro měření proudu a napětí jsou určeny dva bloky 3 ½ místného voltmetru a ampérmetru s obvodem 7107 a LED displejem. Nejjednodušší a nejlevnější řešení je forma stavebnice PVM7157 HX, kterou nabízí firma EZK Olomouc za přijatelnou cenu a dokonce i v sestavené a oživené podobě (*varianta HX*). Navíc lze dokoupit krycí rámeček + plexi zelené barvy (*displej se zeleným LED zobrazovačem*).

**obr. 1** Blokové schéma spínaného zdroje



Samotnou mechanickou konstrukci spínaného regulovatelného zdroje, nechám na každém z Vás, kdo se pustí do stavby tohoto zdroje. V mém případě jsem vsadil celý zdroj do kovové krabičky, která je sice méně vhodná pro úpravu otvorů na čelním panelu, pro odvětrávací otvory na horním díle skříňě a v zadní stěně pro ventilátory, ale zdroj je pak robustní konstrukce, která zamezí případnému poškození a navíc se skříň podílí na chlazení komponent (*toroidní transformátor*). Největší problém je se samotnou mechanickou úpravou, kdy je potřeba dělat otvory do ocelového plechu o tloušťce 1mm povrchově upraveného černým komaxitem. Daleko jednodušší by bylo vsadit celý zdroj do daleko levnější a mechanicky zpracovatelnější plastové krabičky, ovšem celý komplet v plastové krabičce není chráněn mechanicky (*např. při nárazu*) a navíc se samotná krabička nepostará o chlazení komponent.

Na čelní panel umístíme měřidla proudu a napětí v podobě 3 ½ místného LED displeje s plexi rámečkem, regulační prvky (*10-ti otáčkový potenciometr Spectrol 534*) pro nastavení napětí a omezení proudu, vypínač a výstupní svorky (*výstup zdroje 0 – 35V / 0 – 10A*), které musí být dimenzovány na tyto proudy. Na zadním panelu je umístěn EURO konektor pro přívod síťového napětí, hlavní vypínač, ventilátory pro odvětrávání skříňě a chlazení komponent.

Všechny elektronické součástky, konstrukční a mechanické prvky vychází z katalogu firmy EZK Olomouc 2005/2006 ([www.ezk.cz](http://www.ezk.cz)). Desky plošných spojů byly navrženy v programu Proteus AresLite a schémata v programu Proteus IsisLite firmy LabCenter ([www.labcenter.com](http://www.labcenter.com)).

## Sít'ová část spínaného zdroje L4970A

Sít'ové napětí přivádíme na trojitou svorkovnici CONN1, následuje tavná pojistka s indikačním obvodem a dvojicí LED, jedna slouží k indikaci zapnutí přístroje Q1<sub>B</sub> a druhá Q1<sub>A</sub> indikuje přerušení tavné pojistky. LED diody jsou napájeny přes rezistory R0414 a kondenzátory CFAC, zenerovy diody omezují napětí pro LED. R2, D1 a R4, D2 jsou děliče napětí pro LED s funkcí stabilizace a zároveň usměrňovače. Při zapnutí sít'ového napětí jsou obě LED napájeny, rozsvítí se LED Q1<sub>B</sub> a zároveň se otevře tranzistor T1, který „zkratuje“ přemostí LED Q1<sub>A</sub> a zamezí rozsvícení, tato situace nastane pouze za předpokladu, že je tavná pojistka F1 v pořádku. V případě přetavení pojistky přestane téct proud přes R3, R4 a C2, zhasne LED Q1<sub>B</sub> a uzavře se tranzistor T1, díky tomu se může rozsvítit LED Q1<sub>A</sub>, signalizující přerušení pojistky.

Za pojistkou je zařazen výkonový varistor VAR1 (V250LA40), ten slouží k omezení přepětí a ochrání před úderem blesku do vedení. V případě zvýšení napětí nad dovolenou mez varistoru dojde k nedestruktivnímu rychlému zapálení varistoru a během několika  $\mu$ s dojde k pohlcení zkratové proudy a přetavení pojistky F1.

Následuje filtr s kondenzátorem C3 ( $1\mu$ F/CFAC/X2), toroidní feritová kompenzační tlumivka L1, ochranný rezistor R6 (R0414), který v případě vypnutí přístroje okamžitě vybijí kondenzátory C1, C5, C6. Tento filtr je aplikován s účelem co největšího odrušení vstupního sít'ového napětí a zároveň odrušení samotného spínaného zdroje.

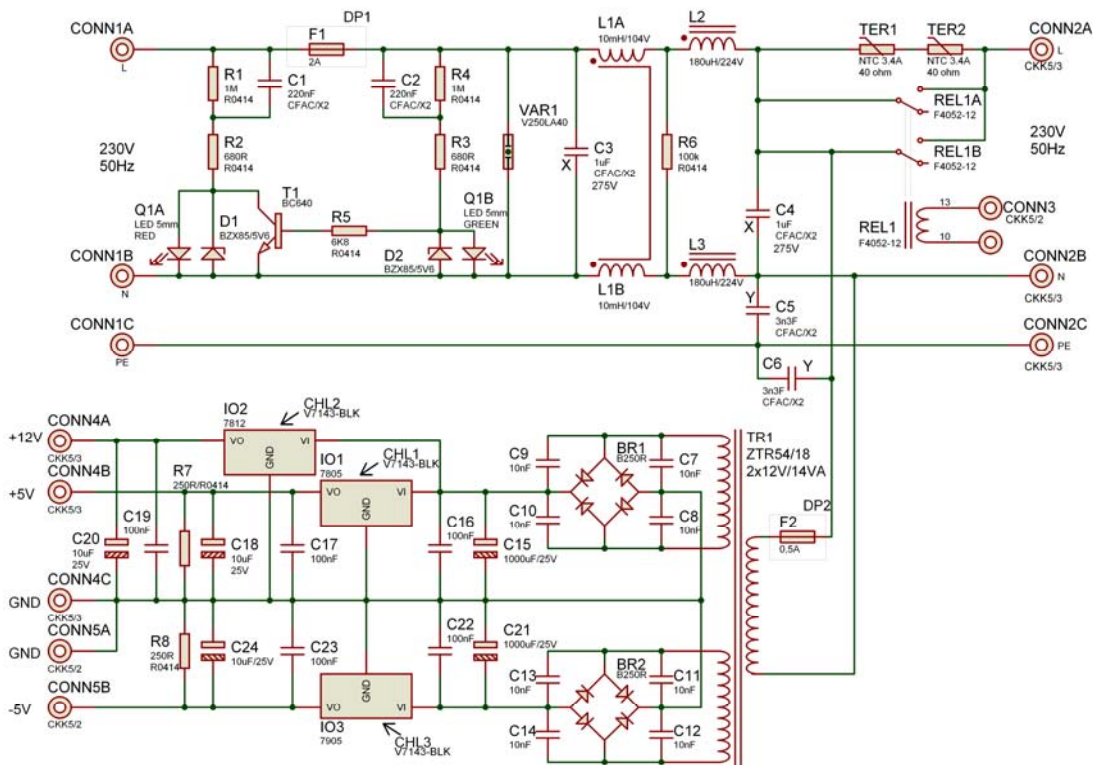
Sít'ový filtr je konstruován jako dolno-frekvenční propust, která způsobuje odraz vysokofrekvenčního rušení zpět ke zdroji. Pro potlačení asymetrického rušení se používají feritové kompenzované tlumivky spolu s Y kondenzátory, pro potlačení symetrického rušení pak X kondenzátory, které se pro zvětšení účinku mohou doplnit jednoduchými železoprachovými tlumivkami.

Jelikož je ve zdroji použit toroidní transformátor velkého výkonu a za transformátorem je zařazena velká filtrační kapacita tvořená elektrolytickými kondenzátory, je potřeba zamezit obrovským zapínacím proudům, které zcela bez problémů vypnou domovní jističe 10A. Tento problém lze jednoduše vyřešit postupným spouštěním za pomoci dvojitého termistoru a zpoždovacího obvodu s relé REL1. Tento obvod zajistí při zapnutí, připojení transformátoru přes dvojici termistorů, které mají odpor řádově desítky ohmů (cca.  $2 \times 40\Omega$ ). Během pár sekund se termistory zahřejí protékajícím proudem a sníží svůj odpor na minimum, tím je zajištěn pomalý náběh transformátoru. Po 4 – 5 sekundách přemostí termistory kontakty relé REL1, aby nedocházelo ke zbytečnému tepelnému namáhání výkonových termistorů. Dále je pak vyvedeno sít'ové napětí na svorkovnici CONN2.

Za filtrem je také zapojen malý transformátor TR1 do DPS (ZTR54/18), který má za úkol zásobovat řídicí a doplňkové obvody. Transformátor má dvě sekundární vinutí ( $2 \times 12V$ ) a je schopen dodat proud až 0,6A do každého vinutí. V každé větvi je umístěn usměrňovací můstek typu B250R doplněný o odrušovací kondenzátory, následuje elektrolytický kondenzátor  $1000\mu$ F, který filtruje procházející napětí. Sekundární vinutí L1 je určeno pro kladná napětí +12V (obvod řízení ventilátoru, obvod zpožděného připojení) a +5V pro měřidla napětí a proudu (PMV7157HX) a proudovou pojistku.

Tyto napětí jsou získána pomocí stabilizátoru řady 78xx v klasickém doporučeném zapojení. Navíc je každý výstup doplněn o rezistor s hodnotou 250Ω, který zajistí minimální odběr 20mA z obvodu pro správnou funkci stabilizace. Sekundární vinutí L2 je určeno k napájení obvodu s požadavkem na záporné napětí. Jedná se opět o klasické doporučené zapojení obvodu řady 79xx. Výstupní napětí -5V je určeno k napájení reference hlavního obvodu L4970A. Odběr z této větve je v řádu jednotek miliampér a proto je potřeba zatížit dostatečně tuto větev přidavným rezistorem pro spolehlivou funkci stabilizace obvodu 7905.

**Obr. 2** Schéma síťové části spínaného zdroje L4970A



### Seznam součástek

R1, R4	1MΩ / R0414	BR1, BR2	B250R
R2, R3	680Ω / R0414	IO1	7805
R5	6k8Ω / R0414	IO2	7812
R6	100kΩ / R0414	IO3	7905
R7, R8	250Ω / R0414	VAR1	V250LA40
C1, C2	220nF / CFAC	TER1, TER2	NTC 3.4A
C3, C4	1µF / CFAC	REL1	F4052-12
C5, C6	3,3nF / CFAC	CONN1, 2, 4	CKK5/3
C7-C14	10nF / ker. / 50V	CONN3, CONN5	CKK5/2
C15, C21	1000µF / 25V	CHL1 – CHL3	V7143-BLK
C16, C17, C19, C22, C23	100nF / ker. / 50V	TR1	ZTR54/18
C18, C20, C24	10µF / 25V	F1	PP6 F2A
D1, D2	BZX85/5V6	F2	PP6 F0,5A
T1	BC640	DP1, DP2	DP10
Q1A, Q1B	LED 5mm R/G	L1A, L1B	10mH/104V
		L2, L3	180µH / 224V

## Vstupní napájecí část spínaného zdroje L4970A

Na svorkovnici CONN1 přivádíme střídavé napětí ze sekundárního vinutí výkonového toroidního transformátoru, toto napětí má hodnotu 35V~. Transformátor je schopen dodat proud do zátěže až 15A (*trvalý proud  $I=10A$* ), proto musí být všechny součástky na tyto proudy dimenzovány. Hlavně musíme věnovat pozornost desce plošných spojů, kde všechny cesty, kterými prochází tyto velké proudy, musí být zesíleny (*nejlépe pokoveny vrstvou HAL, nebo pocínovány*). Také se osvědčilo k silně namáhaným spojům připájet měděný vodič, který přenese většinu proudového zatížení.

Od svorkovnice CONN1 je vedeno střídavé napětí přes odrušovací keramický kondenzátor C1 k diodovému usměrňovacímu můstku BR1, který má ke každé diodě přiřazený keramický kondenzátor C2 – C5. Tyto kondenzátory zamezují pronikání vysokofrekvenčního rušení dále do obvodu. Za usměrňovačem je zařazena výkonová toroidní feritová tlumivka L1 ( *$80\mu H/V32A10$* ), doplněná o anti-paralelně zapojenou ochranou diodu D1 (*P600K*). Tato cívka spolu s velkou filtrační kapacitou tvoří LC filtr. Do cesty je také zapojena dvojice paralelně řazených výkonových rezistorů R1a a R1b (*RR5W 2x 470 $\Omega$* ), které jsou po 4 – 5 sekundách přemostěny kontakty relé REL1 – Finder F4052-12 (obvod zpožděného připojení). Tyto rezistory se postarají o pozvolné nabití čtyř velkých elektrolytických kondenzátorů (*zajištěna vyšší životnost samotných elektrolytů*). Následuje velká filtrační kapacita tvořená čtyřmi elektrolytickými kondenzátory C6 – C9, každý o hodnotě 10 000 $\mu F$ . U takto velké kapacity je potřeba zajistit po vypnutí zdroje rychlé vybití těchto kondenzátorů, proto je dále zařazena dvojice výkonových rezistorů R2a, R2b 220 $\Omega$ , která spolehlivě tyto kondenzátory vybije. Tyto rezistory jsou výkonové, neustále protékající proud 0,11A, způsobí výkonovou ztrátu 5,6W při napětí 47V, proto se rezistory dosti zahřívají. Odpory jsou v kombinaci dvou rezistorů řazených sériově z důvodu rozložení tepelného ztrátového výkonu.

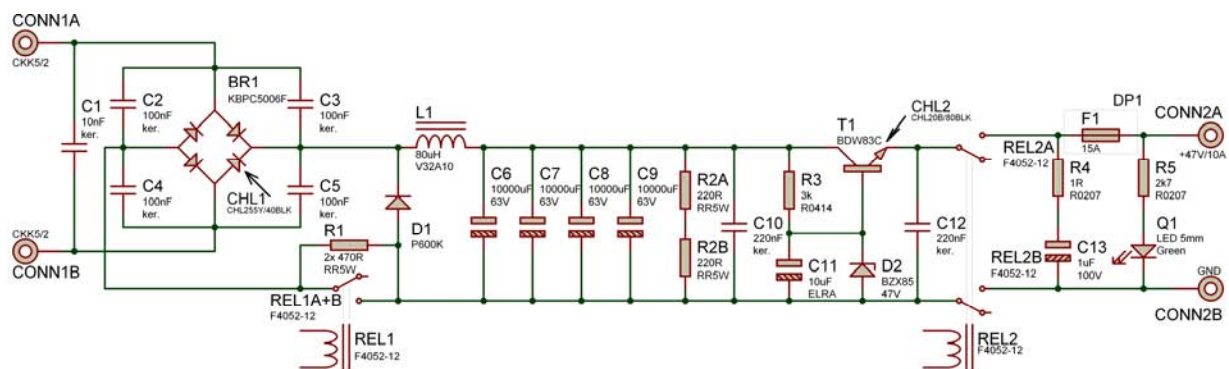
Velice důležitou částí je před-stabilizátor tvořený výkonovým tranzistorem T1 (*BDW83C*) a zenerovou diodou D2 (*BZX85/47V*). Tato část je nutná z důvodu velkého napětí za usměrňovačem (*49 – 53V ss.*), toto napětí je nepřijatelné pro hlavní integrovaný obvod L4970A. Zenerova dioda D2 o hodnotě 47V a výkonový tranzistor T1 přizpůsobí toto napětí na dovolenou mez (*cca. 45 – 47V ss. – určeno přesností zenerovy diody*). I přesto, že tento před-stabilizátor snižuje napětí o 2 – 3V, vzniká na tranzistoru T1 ztráta 20 – 30W, díky velkým tekoucím proudům v řádu jednotek ampér, maximálně 10A. Proto je tranzistor T1 umístěn na chladiči s teplotním odporem 4,5K/W (*CHL255Y/40BLK*), takže teplota vzroste maximálně na 45°C, při maximálním výkonu zdroje (*odběry proudu  $I=10A$* ).

Co se týká chladičů, je nutné umístit i usměrňovací můstek (*blok „kostka“ – KBPC5006F*) také na chladič, přece jenom se můstek při tak velkých proudech trochu zahřívá, jako vhodný typ je chladič s teplotním odporem 4,5K/W (*CHL255Y/40BLK*). Následuje v obvodu zařazené relé REL2, které sepne své kontakty až po určité době od zapnutí zdroje, relé je řízeno externím obvodem (*obvod zpožděného připojení*), které popíši dále.

Toto zpoždění je důležité pro formátování velké filtrační kapacity ( $40\ 000\mu F$ ) a ustálení napětí na filtru, tím je zamezeno pronikání napěťových špiček ihned po zapnutí do obvodu **L4970A**. Následuje tavná pojistka F1 o hodnotě 15A a LED dioda, která signalizuje zapnutí zdroje a indikaci stavu pojistky. Za kontakty relé REL2 je zařazen RC obvod, který blokuje výstup zdroje v okamžiku sepnutí relé. Kontakty relé musí být dostatečně dimenzovány na tekoucí proudy při sepnutí (*relé Finder F4052-12*). Na svorkovnici CONN2 obdržíme stejnosměrné filtrované napětí o hodnotě 47V/10A.

Co se týká samotného osazení tohoto bloku zdroje, neměli bychom se setkat s problémy, osazujeme velké a těžké součástky, takže doporučují součástky fixovat silikonovým tavidlem. Po osazení je nutné zkontrolovat pájená místa. Při vzniku „studených“ spojů by se při průtoku velkých proudů deska plošných spojů dosti zahřívala a hrozil by požár. Na tomto bloku se nemusí nic nastavovat, pracuje ihned po zapojení, jen je nutné zkontrolovat výstupní napětí multimetrem, pro kontrolu funkce před-stabilizátoru. Po kompletní montáži a testech celého zdroje zkontrolujeme teplotu chladičů při plném zatížení. Pokud udržíme ruku na chladičích, není nutné doplňovat chladiče o přídavné ventilátory.

**obr. 3** Schéma vstupní napájecí části zdroje



### Seznam součástek

R1a, R1b	470Ω / RR5W	D1	P600K
R2a, R2b	220Ω / RR5W	D2	BZX85/47V
R3	3kΩ / R0414	T1	BDW83C
R4	1Ω / R0207	Q1	LED 5mm Green
R5	2k7Ω / R0207	REL1	F4052-12
C1	10nF / ker.	REL2	F4052-12
C2, C3, C4, C5	100nF / ker.	L1	80μH/V32A10
C6, C7, C8, C9	10 000μF / 63V	F1	PP6 F15A
C10, C12	220nF / ker.	CONN1a,b	CKK5/2
C11	10μF / 63V	CONN2a,b	CKK5/2
C13	1μF / 63V	CHL1, CHL2	CHL255Y/40BLK
BR1	KBPC5006F	DP1	DP10P

## Spínaný zdroj s obvodem řady L497x – Teorie a popis

Spínané monolitické výkonové regulátory řady **L497x** jsou použitelné v zapojení zdrojů se snižujícím napětím (*stepdown*), což znamená, že vstupní napětí musí být vyšší než výstupní. Zdroje, osazené těmito obvody, se vyznačují vysokou účinností a možností měnit výstupní napětí jednoduše v rozsahu 5,1 až 40 V. Regulátor je realizován smíšenou BCD technologií a obsahuje výstupní DMOS tranzistor. Tím je dosaženo vysoké účinnosti a velmi rychlého mezního kmitočtu – pohybuje se od 200 až do 500 kHz.

Na **obr. 4** je rozložení vývodů a jejich funkce u pouzdra MULTIWATT 15. Na **obr. 5** je blokové schéma obvodů **L497x**, v **tab. 1** jsou mezní parametry a **tab. 2** popisuje funkci jednotlivých vývodů.

Všechny obvody řady **L497x** obsahují výstupy pro reset a hlídání poklesu vstupního napětí. Tyto výstupy jsou využitelné pro spolupráci s mikroprocesory. Dále obsahují oscilátor základního kmitočtu, obvody „měkkého startu“ (*Soft-Start*), zesilovač a komparátor, zdroj referenčního napětí 5,1 V a 12 V, nadproudovou ochranu, teplotní ochranu a výstupní DMOS výkonový tranzistor. Obvod zapne okolo 12 V s hysterezí 1 V. Externí kondenzátor  $C_{boot}$  je nabíjen z interní 12V reference a připravuje správné buzení pro gate výstupního DMOS tranzistoru. Budící obvod je schopen vybudit výstupní tranzistor a dodávat mu pulzní proud. Maximální frekvence pulzního proudu je 500 kHz u obvodů **L4970**. PWM regulační smyčka zahrnuje oscilátor, chybový zesilovač, komparátor a koncový stupeň. Chybový signál je vytvářen porovnáním výstupního napětí s referenčním napětím 5,1 V. Tento signál se dále porovnává s interním oscilátorem hodinového kmitočtu a pomocí PWM řídí šířku pulzu pro budící stupeň výstupního tranzistoru. Znamená to, že kmitočet budícího signálu zůstává stejný a dochází pouze ke změně střídy. Zisk a stabilita smyčky je nastavena externím RC článkem zapojeným na výstup chybového zesilovače. Při správné funkci regulační smyčky je na pinu Fi (*zpětná vazba*) přítomno napětí 5,1 V. Počáteční chod obvodu při přivedení napájecího napětí zajišťuje obvod SoftStart s kondenzátorem  $C_{ss}$ . Kmitočet interního oscilátoru je dán přibližným vztahem  $f_{osc} = 9 / (R_{osc} \times C_{osc})$ . Proudové přetížení výstupu je chráněno omezovačem proudu (*Current Limiter*). Proudové čidlo tvoří interní odpor s kovovou vrstvou, který je připojen na vstup komparátoru. Teplotní pojistka je nastavena okolo 150 °C.

Na **obr. 6** vidíme základní zapojení obvodů řady **L497x**. Zpětnovazební smyčka feedback (Fi) je spojena přímo s výstupem, což zaručuje regulaci na referenční napětí 5,1 V, které je tedy přítomno i na výstupu zdroje. Odporový dělič, složený z R1 a R2 nastavuje úroveň, při které se překlápí výstup RST (*signál RESET pro mikroprocesory*). Kondenzátor C1 filtruje napájecí napětí, kondenzátory C2 a C3 filtrují výstupy napěťových referencí 5,1 a 12 V. Sérioparalelní zapojení kondenzátorů C6, C7 a rezistoru R3 tvoří obvod pro frekvenční kompenzaci, rezistorem R4 a kapacitou C8 nastavujeme operační kmitočet interního oscilátoru. Na výstupu 20 (out) je za provozu přítomno pulzní výstupní napětí, kterým je napájen vysokofrekvenční filtr, složený z indukčnosti L1 a kondenzátorů C12 až C14.

Energie, dodávaná výstupním tranzistorem je v tomto filtru akumulována a předávána výstupu. Pulzní regulace umožňuje výrazně snížit výkonovou ztrátu na výstupním tranzistoru, takže dochází ke znatelně menšímu ohřevu přechodu než u lineární stabilizace.

Princip pulzní regulace spočívá v akumulování energie do filtru, která však musí být z filtru odčerpávána minimálně nejmenším zatěžovacím odporem na výstupu zdroje. U těchto obvodů je minimální výstupní proud přibližně 200 mA. Jelikož maximální operační vstupní napětí pro obvody **L497x** je 50 V, mohou nastat případy, kdy musíme zpracovat vstupní napětí vyšší. Na **obr. 7** je ukázáno, jak lze toto napětí zvýšit. Tranzistor TP se souvisejícími součástkami tvoří nezbytný předregulátor, který snižuje napětí na potřebnou úroveň. Jak vidíme ze základního zapojení, použití těchto obvodů je jednoduché, a proto vhodné jak pro profesionální, tak i amatérské použití.

Plošný spoj je vhodné navrhovat jako oboustranný se spoji na straně A a stíněním na straně B. Zem je rozdělena na dvě části – pracovní a výkonovou. K pracovní zemi jsou vztaženy veškeré součástky okolo IO kromě součástek výstupního filtru. Výkonovou zemí teče proud ze vstupu na výstup. Oba zemní spoje jsou potom spojeny na výstupu zdroje (**obr. 6 a 7**). Spoj zpětné vazby (Fi) je nutno zavést až k výstupu, protože toto napětí zdroj reguluje a jakýkoli úbytek na výkonové cestě způsobí nestabilitu výstupního napětí. Jako materiál se doporučuje samozhášivý FR4 s tloušťkou mědi 70  $\mu\text{m}$ . Veškeré spoje musí být navrženy co nejkratší. Proudové spoje navrhujeme s ohledem na oteplení vlivem úbytku napětí na spojích.

Minimální výstupní proud odebíraný ze zdroje je 200 mA. Při odběru menšího proudu není energie odebírána z výstupního filtru a zdroj nedává patřičné napětí na výstupu. Toto je však vlastnost všech spínaných zdrojů. Je-li nutno na přechodnou dobu při trvalém chodu zdroje odebírat nižší proud než zmíněných 200 mA, je nutno zatížit výstup trvale patřičným odporem.

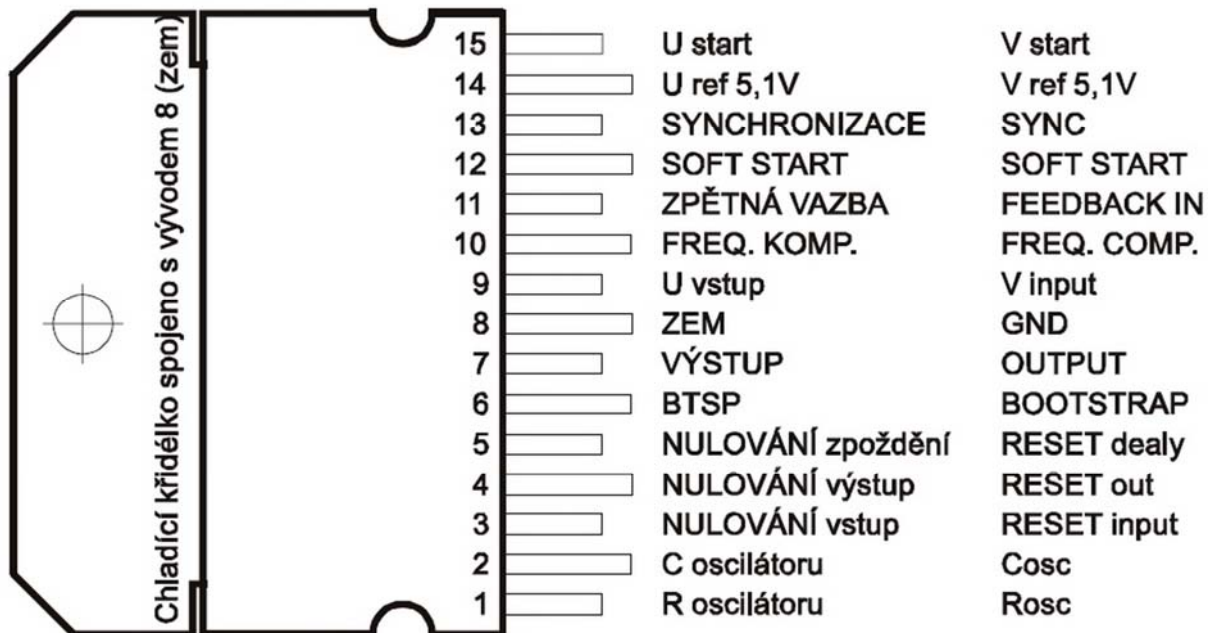
Kmitočet oscilátoru závisí na toleranci použitých součástek v obvodu oscilátoru, kde je nutno použít stabilní součástky s minimální závislostí na teplotě. Totéž se týká součástek v obvodu frekvenční kompenzace. Výstupní pulzní energie z IO1 je zpracována filtrem, složeným z L1 a C12 až C15. Paralelní spojení kondenzátorů C13, 14 a 15 redukuje výslednou indukčnost. Zvláštní pozornost zasluhuje cívka vinutá na kvalitním jádru, odpovídajícím svými vlastnostmi kmitočtu a výkonu. Lze použít jádro MAGNETICS 58310, na které navineme izolovaný drát o průřezu, který musí být dimenzován na procházející proud 10A. Všechny použité rezistory jsou s kovovou vrstvou, kondenzátory pokud možno fóliové. Elektrolytické kondenzátory jsou standardní, radiální, pro minimální napětí 35 V.

V případě požadavku na regulaci napětí od 0V, je nutné snížit úroveň vnitřní reference z 5,1V na 0V, toho lze dosáhnout zavedením záporného referenčního napětí -5V na vstup (pin 3, 8). Vše je zobrazeno na obrázku **obr. 8**.

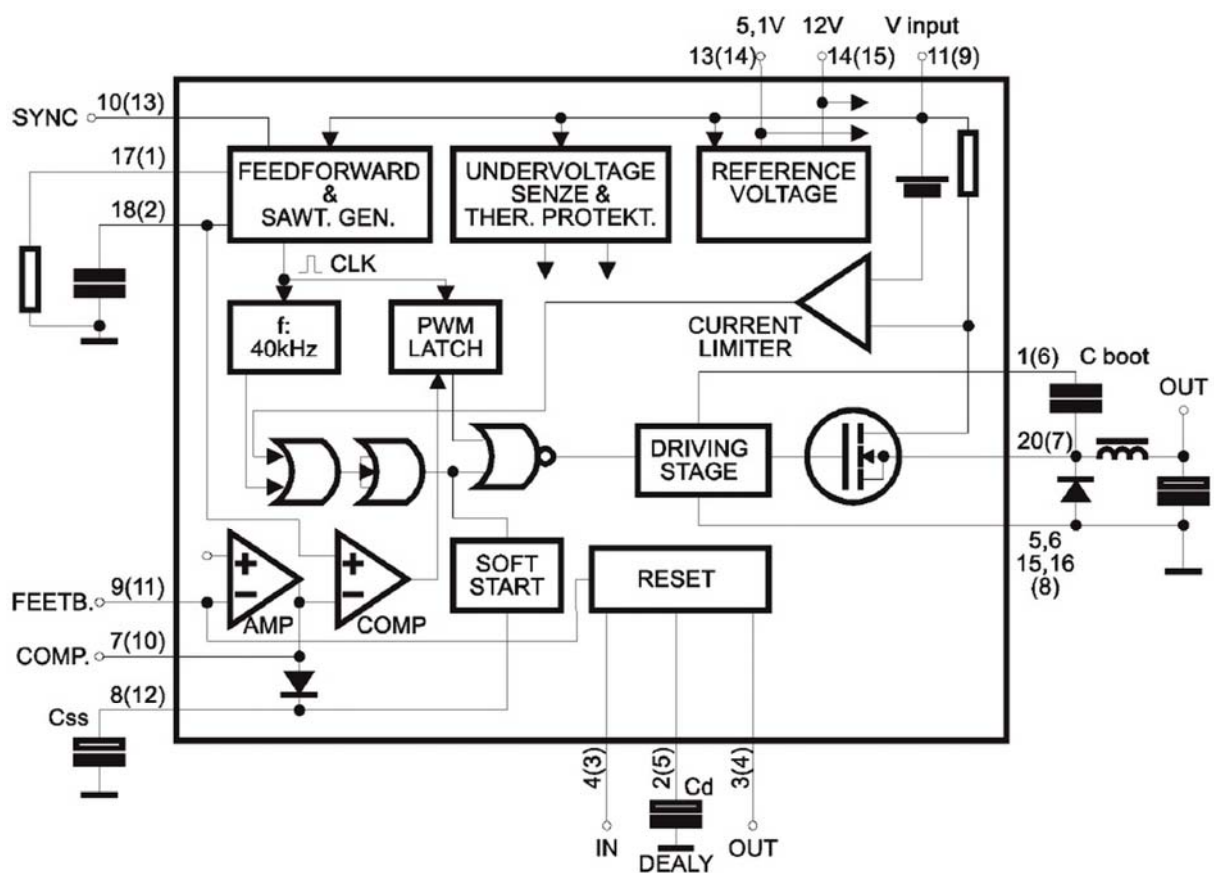


**obr. 4** Rozložení vývodů a jejich funkce

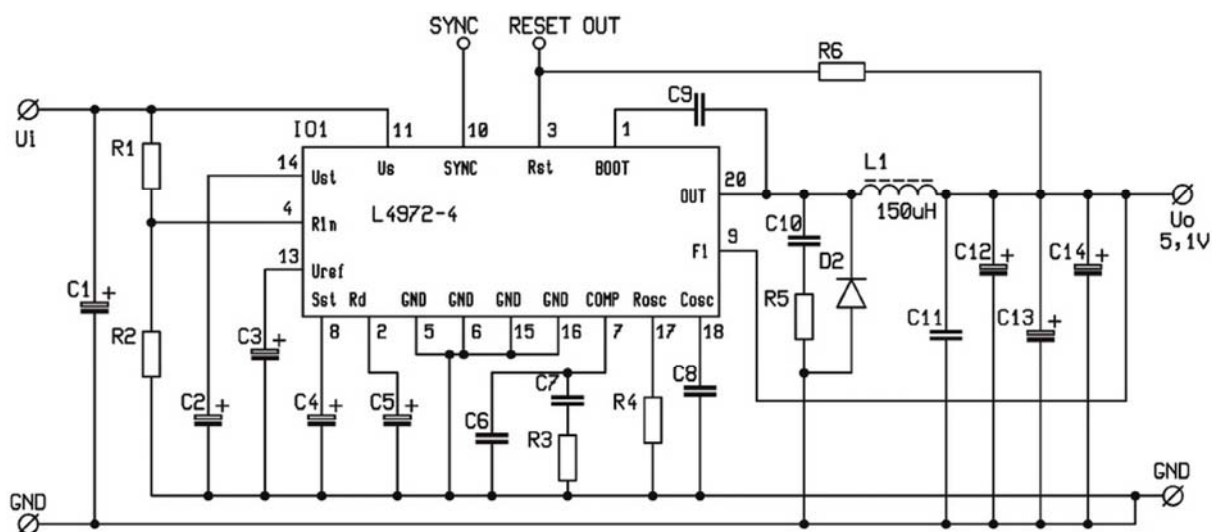
Uspořádání vývodů (pohled shora)



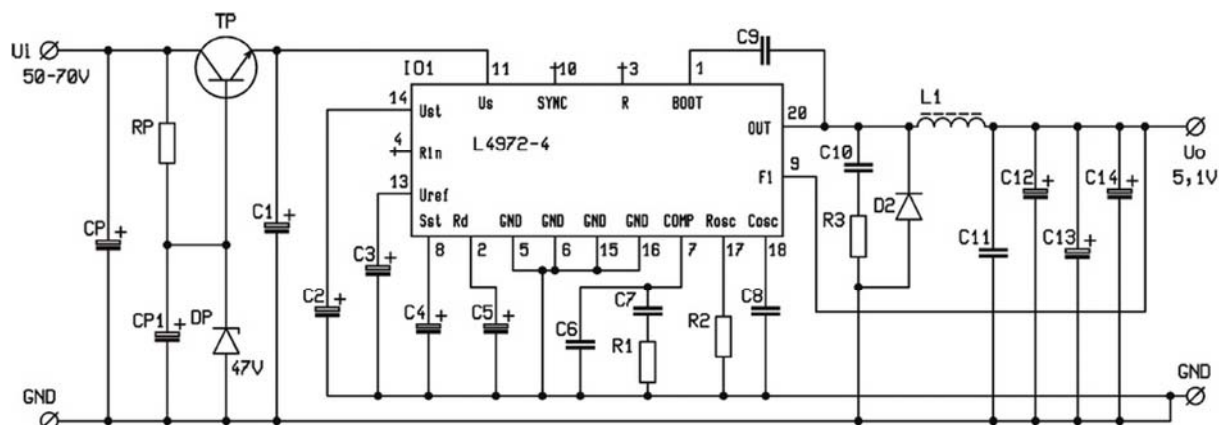
**obr. 5** Blokové schéma obvodů L497x



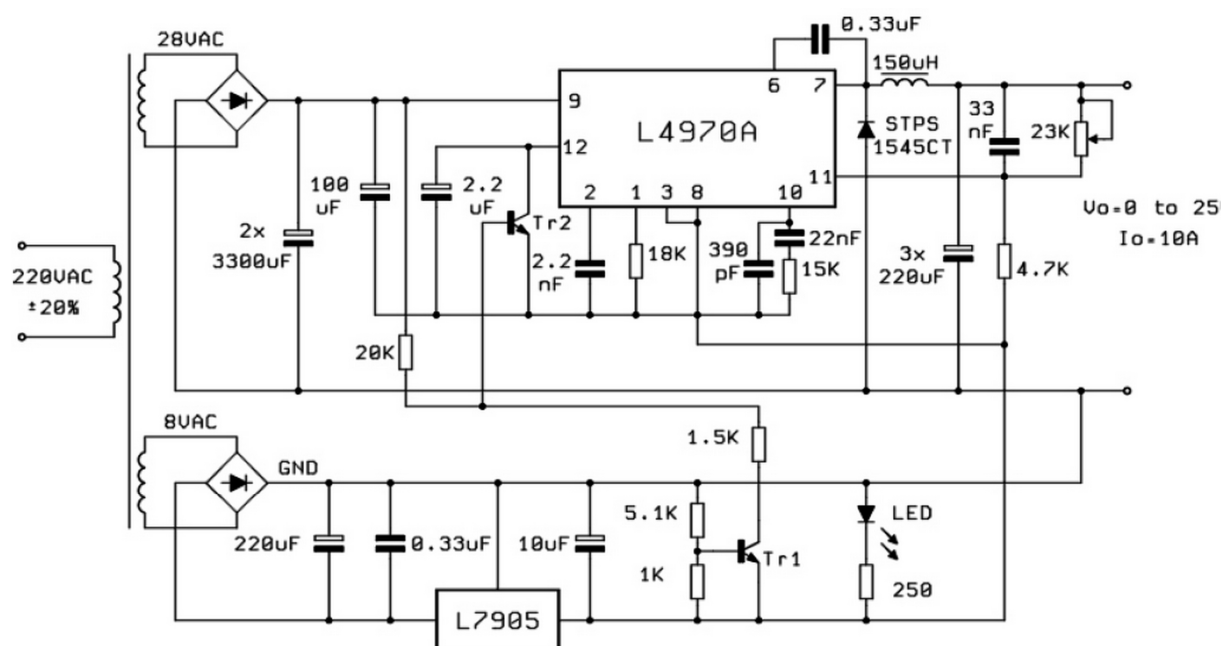
**obr. 6** Základní zapojení obvodů řady L497x



**obr. 7** Zvýšení vstupního napětí obvodu řady L497x



**obr. 8** Regulace napětí od 0V zavedením záporné reference -5V



**tab. 1** Mezní parametry obvodu **L4970**

<b>U<sub>9</sub></b>	Vstupní napětí	55V	<b>U<sub>num</sub></b>	Napětí na 5,10,11,13	7V
<b>U<sub>9</sub></b>	Vstupní oper. napětí	50V	<b>I<sub>5</sub></b>	I nul. zpoždění	30mA
<b>U<sub>7</sub></b>	Výstupní napětí	-1V Uvst.	<b>I<sub>10</sub></b>	I freq. kompenzace	1A
<b>I<sub>7</sub></b>	Max. výstupní proud	10A	<b>I<sub>12</sub></b>	I SoftStart	30mA
<b>U<sub>6</sub></b>	Napětí bootstrap	65V	<b>P<sub>tot</sub></b>	Rozptylový výkon	30W
<b>U<sub>4</sub></b>	Vstup napětí nulování	12V	<b>T<sub>j</sub></b>	Teplota přechodu	až 150°C
<b>I<sub>4</sub></b>	Proud nulování	50mA	<b>I<sub>5</sub></b>	I nul. zpoždění	30mA

**tab. 2** Popis funkce jednotlivých vývodů obvodu **L4970** (pouzdro Multiwatt15)

<b>PIN</b>	<b>Název</b>	<b>Funkce</b>
1	R oscilátoru	Externí rezistor, zapojený na zem, určuje kmitočet oscilátoru.
2	C oscilátoru	Externí kondenzátor, zapojený na zem, určuje kmitočet oscilátoru.
3	nulování - vstup	Vstup nulovacího signálu. Jeho překlápěcí úroveň je 5,1V.
4	nulování - výstup	Otevřený kolektor tranzistoru. Výstup nulovacího signálu.
5	nulování - prodleva	C <sub>d</sub> kondenzátor je zapojen mezi tento pin a zem. Určuje dobu resetovacího signálu.
6	btsp	C <sub>boot</sub> kondenzátor je zapojen mezi tento pin a výstup 20.
7	výstup	Regulovaný výstup
8	zem	Zem (GND)
9	U vstup	Vstupní stejnosměrné napětí do zdroje
10	frekvenční kompenzace	Sérioparalelní kombinace RC se zapojuje mezi tento pin a zem. Určuje charakteristiku zisku.
11	zpětná vazba	Zpětnovazební regulační. Je spojena přes odpor k výstupu. Výstupní napětí reguluje tak, že na tomto pinu udržuje napětí 5,1V.
12	soft-start	Časová konstanta soft-startu. Zapojuje se příslušnou kapacitu na zem.
13	synchronizační vstup	Více zdrojů, osazených obvodem L4970x spojením těchto pinů se uvedou na stejný pracovní kmitočet.
14	U ref	Výstup referenčního napětí 5,1V
15	U start	Interní startovací obvod. Zde se připojuje externí kapacita.

## Spínaný zdroj s obvodem řady L4970A – Konstrukce

Zdroj využívá moderní integrovaný spínací regulátor **L4970A** firmy SGS Thomson. Je určený pro zdroje od 5,1V do 40V. Maximální výstupní proud je 10A. Vstupní napětí je v rozsahu od 15V do 50V.

Obvod **L4970A** využívá zpětnovazební způsob regulace při konstantní frekvenci se šířkovou modulací (*PMW*). Obvod **L4970A** má vestavěnou tepelnou a proudovou ochranu. Spínací tranzistor uvnitř integrovaného obvodu je unipolární. O těchto regulátorech se píše, že jsou vyrobeny Smart-power technologií, jedná se smíšenou technologii BCD a DMOS (*výkonový tranzistor*). Využívá se vysoká spínací frekvence (*až 500kHz*), tím se dá dosáhnout vysoká účinnost (*až 91%*). Spínací frekvenci řídíme RC členem, který je připojený k vývodům 1 a 2 IO. Velikou výhodou využití vysoké spínací frekvence je zmenšení rozměrů kondenzátorů a cívky ve výstupním filtru. Použití cívky se nejvíce jeví jako velká nevýhoda, hlavně když cívka nevychází rozměrově velká. Výstupní napětí má menší zvlnění v porovnání se spínacími regulátory, které využívají jako spínací prvek bipolární tranzistor a nižší spínací frekvenci. Omezení výstupního proudu obvodu **L4970A** je vnitřně nastavené na 10A.

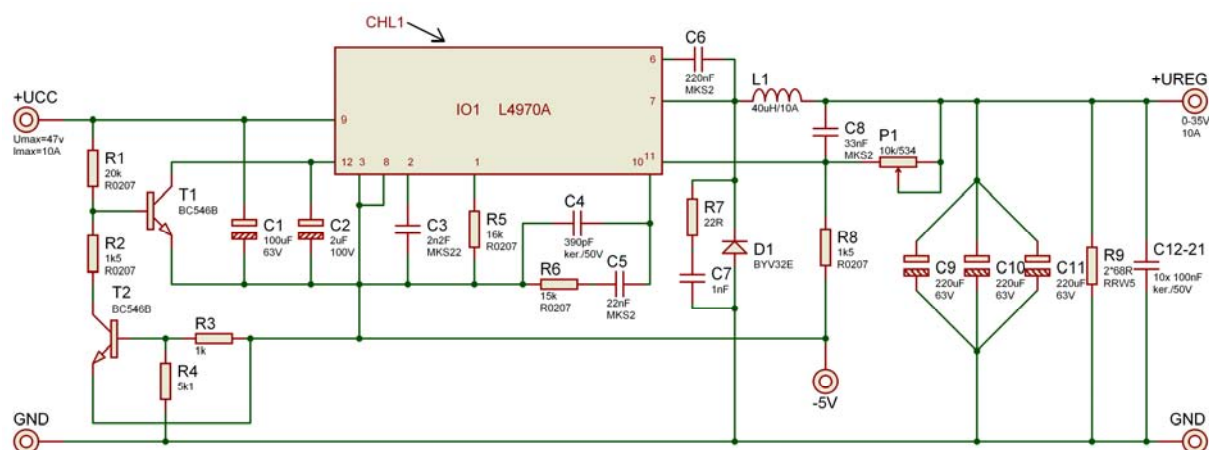
Napětí přivádíme na vstup integrovaného spínacího regulátoru **L4970A** (*pin9*). Jeho spínací frekvenci určuje RC člen C3 a R5. Kondenzátory C4, C5 a rezistor R6 tvoří kmitočtovou kompenzaci zesilovače odchyly. Kondenzátor C6 podporuje spínání tranzistoru DMOS. Jeho kapacita je 220nF. Při rychlých změnách proudu v cívkách L1 se v ní indukuje napětí, které by mohlo poškodit tranzistor uvnitř IO1. Tomu zabráňuje dioda D1, která uzavírá tok proudu při zavřeném tranzistoru. Tato dioda musí být bezpodmínečně velmi rychlá. Vyhlazení výstupního napětí zajišťuje cívka L1 a filtrační kondenzátory C9 až C11. Kondenzátory C12 a C21 s malou kapacitou a také s menší impedancí pro střídavý proud vysoké frekvence výrazně zmenšuje zvlnění výstupního napětí.

Proud do zátěže přichází v době, kdy je otevřený koncový tranzistor v IO1 z vstupních vyhlazovacích kondenzátorů přes IO1 a filtr LC. Jakmile se uzavře tranzistor uvnitř IO1, tak začne téct proud cívkou L1 a diodou D1, který vzniká z energie akumulované v L1. Rezistor R9 trvale zatěžuje výstup regulátoru a tím zajišťuje jeho správnou činnost i při malých výstupních proudech. Indukčnost cívky L1 je 40 $\mu$ H (*max. 150 $\mu$ H*). Je navinuta na toroidním jádře. Zavity rovnoměrně rozložíme po obvodu toroidu. Výstupní napětí regulujeme potenciometrem P1. Použil jsem 10-ti otáčkový typ Spectrol. Můžeme použít i kombinaci dvou potenciometrů, první s větším a druhý s menším odporem. Tím dosáhneme jemnou regulaci. Integrovaný obvod **L4970A** umožňuje regulovat napětí od velikosti referenčního napětí, tj. 5,1V směrem nahoru. Abychom mohli regulovat výstupní napětí od 0V, musíme k obvodu připojit pomocný zdroj referen. napětí, který dává na výstupu -5V.

Samotný zdroj je postaven na oboustranné desce plošných spojů s rozměry 156x57mm. Deska je pokovená pro proudové posílení spojů. Spoje kudy protékají velké proudy, jsou zdvojeny oboustrannými cestami na DPS. Použité součástky by měly být kvalitní z důvodu frekvenční a tepelné stability. Především kondenzátory, které jsou ve foliovém provedení řady TC351.

Cívka je navinuta na toroidním feritovém jádře, které musí být stavěno na vysoké pracovní frekvence v řádu 200 – 500 kHz, nesmíme opomenout samotný průřez vodiče na cívce L1, který by měl být dimenzován na protékající proudy 10A. Samotný integrovaný obvod IO1 (L4970A) a dioda D1 (BYV32E-200) jsou umístěny na chladiči s teplotním odporem 1,5K/W (CHL20D-BLK). Oba prvky, musí být odděleny od chladiče slídovou, nebo silikonovou podložkou. Polovodiče mají propojenou chladičskou plošku s pracovními napětími (IO1 – zem GND; D1 – výst. napětí), bez podložky by došlo přes chladič ke zkratu celého zdroje.

obr. 9 Schéma spínaného zdroje s obvodem L4970A



### Seznam součástek

R1	20k $\Omega$ / R0207	C3	2n2F / MKS22
R2	1k5 $\Omega$ / R0207	C4	390pF / ker.
R3	1k $\Omega$ / R0207	C5	22nF / MKS2
R4	5k1 $\Omega$ / R0207	C6	220nF / MKS2
R5	16k $\Omega$ / R0207	C7	1nF / CF2
R6	15k $\Omega$ / R0207	C8	33nF / MKS2
R7	22 $\Omega$ / R0207	C9-C11	220 $\mu$ F / 63V
R8	1k5 $\Omega$ / R0207	C12-C21	100nF / ker.
R9	2x 68 $\Omega$ / RRW5	L1	40 – 150 $\mu$ H / 10A
P1	10k $\Omega$ / Spectrol 534	D1	BYV32E-200
C1	100 $\mu$ F / 63V	T1, T2	BC546B
C2	2 $\mu$ 2F / 100V	IO1	L4970A

## Proudová elektronická pojistka pro spínaný zdroj

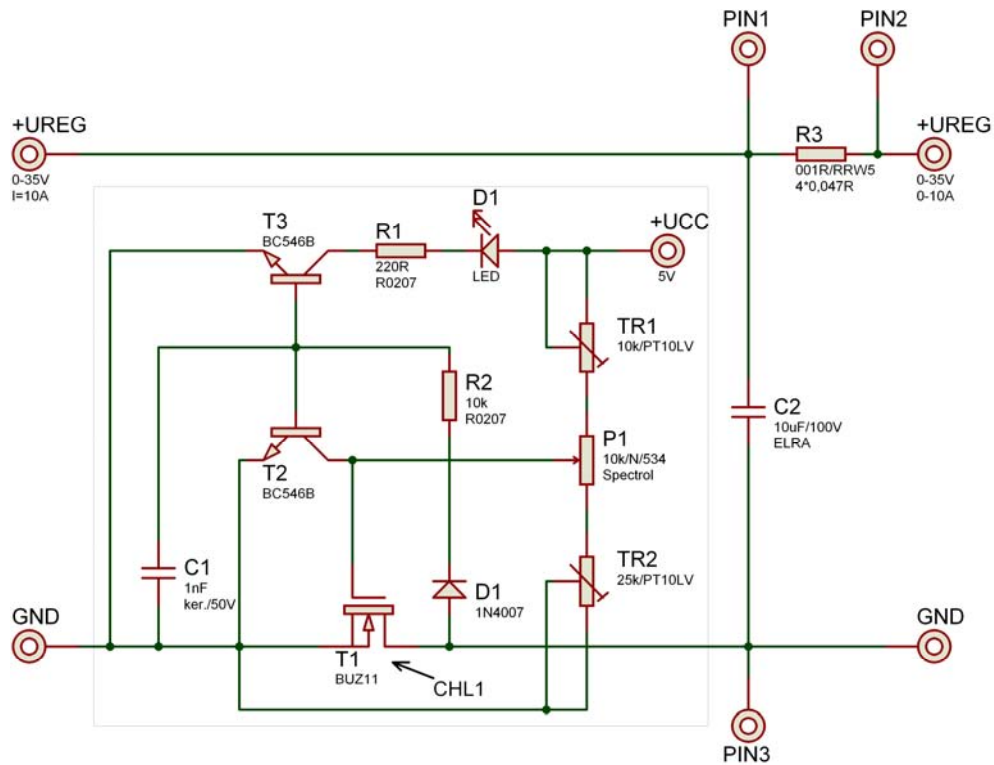
Tento obvod je velice důležitý, při tak velkých výstupních proudech, jaké dokáže dodat integrovaný obvod **L4970A** (10A). Nebezpečí nehrozí pro samotný IO1 **L4970A**, ten je svými vnitřními obvody chráněn na případný zkrat či proudové přetížení, ale pro připojené zařízení na výstupu zdroje. Zkratový proud (10A) už dokáže spolehlivě odpařit cestičky na DPS připojeného zařízení a zničit spoustu součástek. Proudovou pojistku je možné nastavit od minimálního výstupního proudu (cca. 10mA) až do maximální povolené proudové hodnoty **L4970A** (10A). Pojistka je napájena napětím +5V, regulaci provádíme 10-ti otáčkovým precizním potenciometrem 534 firmy Spectrol. Potenciometr má na každém výstupu zařazen odporový trimr, kterým donastavíme minimální a maximální omezení proudu. Proudová pojistka je doplněna o LED diodu Q1, který signalizuje nastupující omezení proudové pojistky, je možno doplnit tuto LED Q1 paralelně připojeným samovybudícím piezoelementem a tím upozornit i zvukově na nasazení proudového omezení.

Hlavní součástí pojistky je výkonový MOSFET tranzistor BUZ11, tento tranzistor má v sepnutém stavu zanedbatelný odpor (v řádu miliohmů – 0,04Ω), takže na něm nevznikají žádné tepelné ztráty. Situace se změní v případě aktivace proudové pojistky, pak se musí vyzářit tranzistorem T1 vyzářit velké tepelné ztráty, proto musíme umístit tento tranzistor na dostatečně dimenzovaný chladič. Dále doporučuji neprodulžovat zbytečně dobu, po které je aktivní proudová pojistka, zbytečně bychom zatěžovali tepelně tranzistor T1 (BUZ11).

Napájecí napětí 5V napájí dělič tvořený dvěma trimry a 10-ti otáčkovým potenciometrem, ze kterého se odebírá napětí  $U_G$  pro výkonový MOSFET tranzistor. V případě zkratu, nebo většího proudu procházejícího výstupními svorkami, než je nastavený potenciometrem, začne téct diodou D1 a rezistorem R2 proud do báze T2, ten se otvírá a tranzistor T1 se přivírá, tím se sníží proud tekoucí do zátěže. Tranzistor T3 spíná červenou LED diodu Q1 při aktivaci proudové pojistky. Proudová pojistka je velice rychlá a proto spolehlivá, reaguje v řádu  $\mu s$  až ms.

Za proudovou pojistkou je paralelně k výstupu zařazen elektrolytický kondenzátor C2 s kapacitou 100 $\mu F$ , který se postará o konečné do-filtrování výstupního napětí. Aby bylo možno měřit výstupní napětí a proud, tak je do cesty zařazen výkonový rezistor R3 s hodnotou 0,01Ω, tento odpor je složen ze čtyř paralelně řazených rezistorů s hodnotou 0,047Ω (RR5W).

Pro měření výstupního napětí je nutné připojit měřidlo k pinům 1 a 3, pro měření proudu připojíme měřidlo k pinům 1 a 2 (snímá se úbytek na rezistoru R3 – 100mV/10A).

**Obr. 10** Schéma zapojení elektronické proudové pojistky**Seznam součástek**

R1	220Ω / R0207
R2	10kΩ / R0207
R3	0,01Ω (4x 0,047Ω/RR5W)
TR1	10kΩ / PT10LV
TR2	25kΩ / PT10LV
P1	10kΩ / 534 Spectrol
C1	1nF / ker. 50V
C2	100µF / 100V / ELRA
D1	LED 5mm Red
D2	1N4007
T1	BUZ11
T2, T3	BC546B

## Obvod zpožděného připojení pro spínaný zdroj

Každý, kdo někdy stavěl výkonový zdroj, nebo zesilovač se setkal při jeho zapnutí, že se někdy „vyhodí“ jistič. Je to proto, že při zapnutí je vnitřní odpor transformátoru řady jednotek ohmů. Navíc k tomu musíme připočítat velké elektrolytické kondenzátory za transformátorem, tyto kondenzátory představují při spuštění zkrat pro transformátor. Proto jsem navrhl tento obvod, který zamezí těmto situacím postupným spuštěním zdroje.

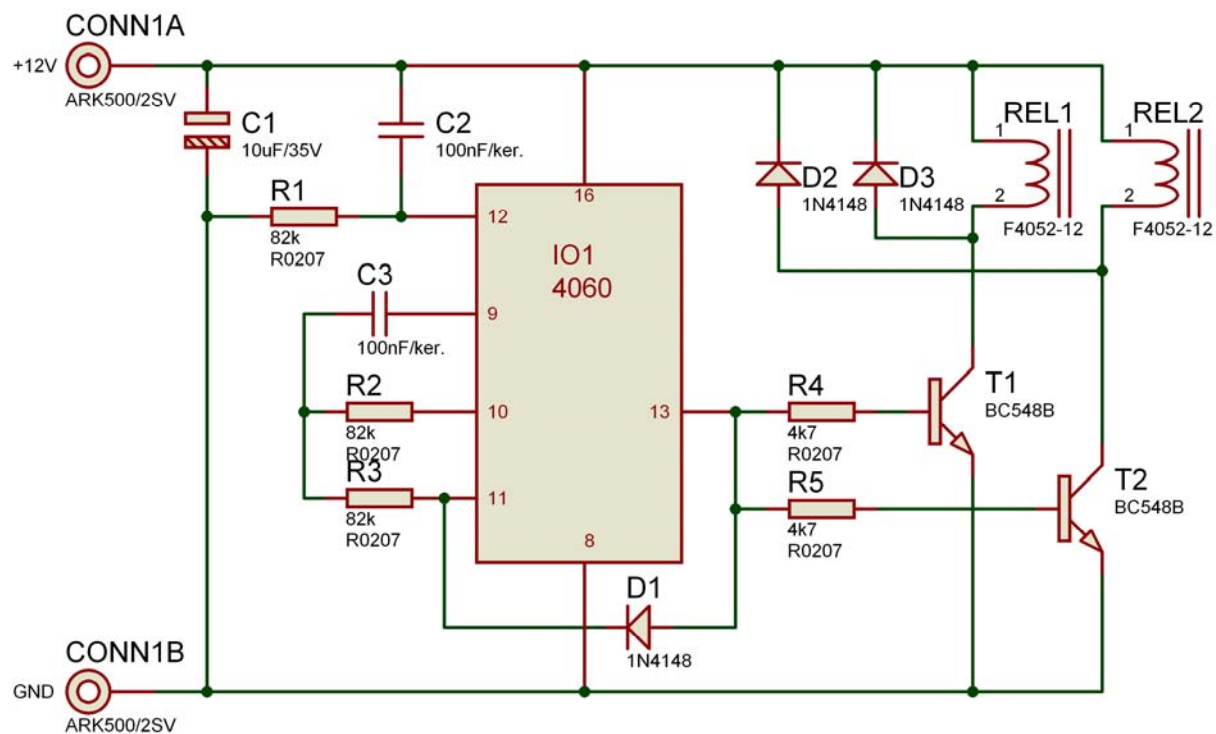
Největší problém je ve velkém proudovém nárazu do usměrňovacího můstku zdroje a hlavně jde o obrovský proud do vybitých elektrolytických kondenzátorů. Do vybitého kondenzátoru teče při zapnutí mžikový proud v řádu desítek ampér. Pokud chceme proud při zapnutí omezit, musíme použít přídavný obvod. V principu je použit sériový odpor zařazený do primární části transformátoru. Běžná zapojení používají výkonový odpor s výkonovou ztrátou 10 – 40W, tyto odpory musí být velkých rozměrů, schopnosti vydržet velký krátkodobý ztrátový výkon a velký nárazový proud. Odpor bývá asi za 2 sekundy přemostěn kontaktem relé. V tomto zapojení je nahrazen výkonový odpor výkonovým termistorem NTC 3.4A (40Ω). Výhoda použití termistorů proti klasickým rezistorům je velmi výrazná. Termistor snese větší nárazový proud, v případě selhání relé se termistor nepřepálí a nemůže způsobit žádné škody, termistor je menší než výkonový odpor, může být nastaven delší čas pro pomalé nabití kondenzátorů.

Co se týká případného selhání relé a neseptnutí kontaktů relé, situace je komplikovanější pro rezistor, který není schopen snést obrovské výkonové ztráty. Při proudu 2A a odporu 10Ω, bude ztráta na tomto rezistoru kolem 100W, které není schopen dlouhodobě vydržet a dojde k jeho přepálení. Naopak termistor se pouze zahřeje a přípustnou teplotu, při které se sníží jeho odpor pod hodnotu 1Ω, obvykle u výkonových termistoru pod 0,4Ω. To znamená, že jeho výkonová ztráta bude jen kolem 1,5 až 2W. Výkonové termistory jsou ovšem na tyto ztráty bezporuchově stavěny.

Jistě si teď kladete otázku proč je v obvodu použito ještě relé, je to z důvodu aby nebyl termistor dlouhodobě tepelně namáhán a odměnil se dlouhou životností. A navíc termistor po přemostění kontaktem relé rychle vychladne a i při krátkém výpadku síťového napětí, bude náběh zdroje a funkce obvodu vždy stejně dlouhá.

Pro zpožděné sepnutí relé je použit integrovaný obvod 4060, jedná se o oscilátor a binární dělič. Je zapojen standardně. RC člen R2 a C3 zajistí RESET obvodu. Pokud se objeví na výstupu (*pin9 – IO1*) log. 1, pak se pomocí D1 zablokuje oscilátor a sepne relé. Zpoždění je s uvedenými součástkami asi 4 až 5 sekund. Delší zpoždění je lepší, než běžně používané 2 sekundy. Velké elektrolytické kondenzátory se za to osvědčí dlouhou dobou spolehlivého provozu. Toto zapojení je sice složitější, ale používání jednoduchých zapojení pouze z kondenzátory a rezistory je nedostatečné. Při krátkodobém vypnutí je navíc opětovné zapnutí s jednoduchým zapojením téměř okamžité. Obvod 4060 zajistí, že čas pro sepnutí bude vždy stejný.



**Obr. 11** Schéma zapojení obvodu zpožděného připojení**Seznam součástek**

R1	82kΩ / R0207
R2, R3	82kΩ / R0207
R4, R5	4,7kΩ / R0207
C1	10µF / 35V / ELRA
C2, C3	100nF / ker. 50V
D1, D2, D3	1N4148
T1, T2	BC548B
IO1	4060
CONN1a,b	ARK500/2SV
REL1, REL2	F4052-12

## Řídící jednotka otáček ventilátoru

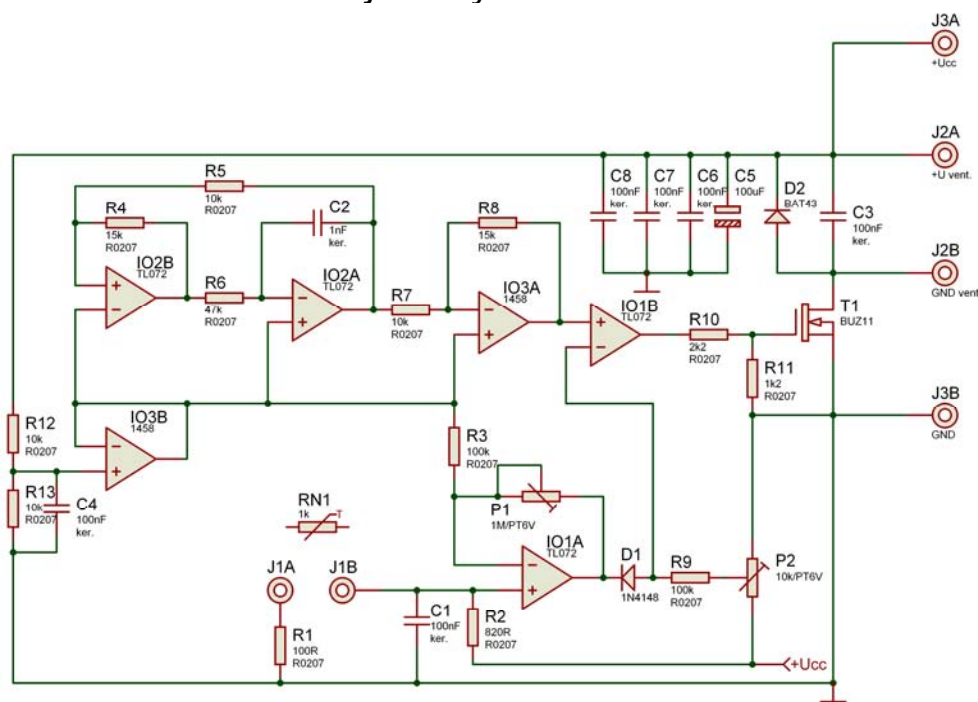
Je to vlastně jednoduchý teploměr s výstupem pulzně šířkové modulace, který zvyšuje rychlost otáčení v závislosti na teplotě. Přitom je možné odporovým trimrem nastavit minimální otáčky ventilátoru tak, aby byl zachován alespoň minimální pohyb vzduchu mezi žebry chladičů a ve skříni, což usnadní odvod tepla při náhlém zatížení zdroje, než zareaguje teplotní regulace otáček. Předkládaný regulátor pracuje na principu pulzně šířkové modulace napájecího proudu ventilátoru. To tedy znamená, že motorek ventilátoru je přerušovaně připojován k napájecímu zdroji na dobu závislou na požadovaných obrátkách, tedy na požadovaném chladícím výkonu.

Jako teplotní čidlo je použit termistor, teplotně závislý prvek, jehož odpor při stoupající teplotě klesá. Pro další zpracování se používá změna napětí na tomto odporu vznikající průtokem malého proudu. Požadavky na velikost tohoto proudu jsou protichůdné, na jedné straně potřebujeme dostatečné napětí (*tedy proud*), a na druhé nesmíme velkým proudem termistor ohřívat. Tedy kompromis, v našem případě cca 1 mA, určený hodnotami R1 a R2. Takto získané napětí je přiváděno na vstup operačního zesilovače IO1A, jehož zisk je dán poměrem odporů P1 a R3, a je tedy nastavitelný. Protože jde o neinvertující zapojení, při snižujícím se vstupním napětím klesá i napětí výstupní. To se pak přivádí na komparátor IO1B. Kmitočet spínání je odvozen z generátoru trojúhelníkového napětí IO2A a IO2B. Určujícími prvky jsou časy nabíjení a vybíjení kapacity C2 přes odpor R6 v obvodu integrátoru IO2A. Druhá polovina OZ pak slouží jako zdroj kladného nebo záporného napětí pro integrátor a je řízena z jeho výstupu vazebním rezistorem R5. S hodnotami součástek dle schématu je kmitočet generátoru cca 77 Hz. Napětí z generátoru je po zesílení IO3A přivedeno na neinvertující vstup komparátoru IO1B. Pokud je napětí ze vstupního zesilovače vyšší než napětí trojúhelníku z IO3A, je výstup komparátoru záporný, tranzistor T1 je zavřen, motorek neběží. To odpovídá stavu nízké teploty. Při stoupající teplotě se napětí IO1A snižuje a při poklesu pod úroveň napětí trojúhelníku z IO3A komparátor překlápí, a to na dobu tak dlouhou, pokud tento stav trvá. Je tedy zřejmé, že čím nižší odpor termistoru, tím nižší napětí IO1A, tím delší čas otvírání tranzistoru T1 a tím vyšší obrátky motorku ventilátoru. Mezi výstup vstupního zesilovače a komparátor je po oddělení diodou D1 zařazen ještě obvod P2 a R9 umožňující nastavit určité minimální otáčky ventilátoru bez ohledu na teplotu. Rezistor R10 chrání operační zesilovač před nadměrnými proudy vznikajícími při otvírání tranzistoru nabíjením jeho vstupní kapacity. Tento rezistor nesmí však být příliš velký, protože by prodlužoval dobu otvírání. Takže opět kompromis. Rezistor R11 zajišťuje bezpečné uzavření tranzistoru. Součástí obvodu tranzistoru je ještě ochranná dioda D2 a kondenzátor C3. Oba tyto prvky mají za úkol potlačovat rušivé špičky napětí vznikající při běhu kolektorového motorku.

Tranzistor má podle katalogu v sepnutém stavu při proudu 15 A odpor 40 ohm – tedy tepelnou ztrátu 0,6 W. Skutečnost bude poněkud méně příznivá, protože tranzistor během otvírání a zavírání pracuje v lineárním režimu, kdy je ztráta výrazně větší, ale přesto by teplo nemělo být problémem. Navíc, kdo bude potřebovat 15 A pro ventilátor?

Pokud se v textu hovoří o kladném nebo záporném napětí, rozumí se tím vždy proti středu napětí napájecího. Tento střed – virtuální zem – se získává z druhé poloviny dvojitého operačního zesilovače IO3, na jehož neinvertující vstup je připojeno napětí z děliče R12/R13. Celý obvod je umístěn na malé jednostranné destičce plošných spojů. Po vizuální kontrole a sestavení na DPS můžeme přistoupit k oživení. Po připojení napájení by měla být na vývodu 7 IO3 právě polovina napájecího napětí. Nyní připojíme na vstup J1 proměnný rezistor přibližně stejné velikosti, jako je základní hodnota termistoru, tedy cca 1000 ohm, a na výstup J2 ventilátor. Při této základní hodnotě by neměl ventilátor pracovat. Budeme-li nyní velikost rezistoru postupně zmenšovat, měl by se v určitý okamžik motorek rozbíhat. Se zmenšováním velikosti rezistoru by měly obrátky stoupat. Je-li tomu tak, je zřejmé, že je vše v pořádku. Nyní můžeme připojit termistor a vše přezkoušet v reálných podmínkách. Při tom nastavíme zesílení tak, aby ventilátor dosáhl plných otáček při požadované teplotě. Nakonec zapájíme rezistor R9 a trimrem P2 nastavíme minimální trvalé obrátky ventilátoru. Tím je oživení skončeno.

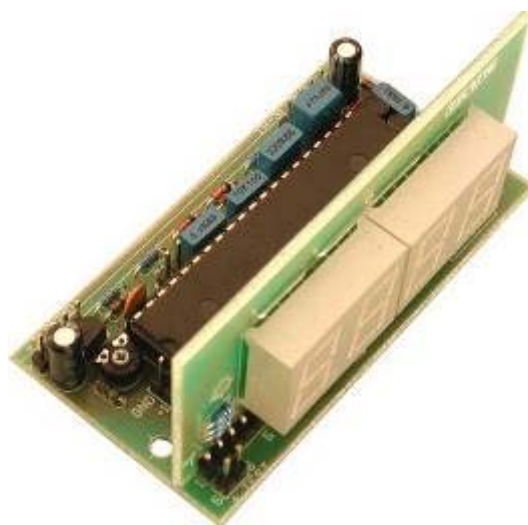
**Obr. 12** Schéma řídicí jednotky ventilátoru



### Seznam součástek

R1, R2, R3, R5, R7, R12, R13	10k / R0207	C1, C2, C3, C4, C6, C7, C8	100n / ker.
R4, R8	15k / R0207	C5	100μF / 25 V
R6	47k / R0207	D1	1N4148
R9	100k/R0207	D2	BAT43
R10	2k2 / R0207	T1	BUZ11
R11	1k2 / R0207	IO1, IO2	TL 072
P1	100k / PT6V	IO3	1458
P2	10k / PT6V		

## Panelový digitální voltmetr s LED displejem PMV7157



Modul umožňuje snadnou konstrukci digitálních voltmetrů nebo ampérmetrů (pro zdroje apod.). Panel může být opatřen krycím rámečkem RD3.5 s příslušným plexisklem. Uchytení k panelu je možné dvěma distančními sloupky, případně může modul být uchycen i ke dnu krabičky. Modul **PMV7157** vyžaduje stejnosměrné stabilizované napájecí napětí 5V.

	<b>PMV7157</b>
Rozsah napájecího napětí $U_z$ :	4.75 až 5.25V (ss)
Napájecí proud $I_z$ :	140 mA (max.)
Rozsah:	$\pm 199.9$ mV
Rozlišení:	0.1 mV
Max. vstupní napětí:	$\pm 100$ V
Indikace polarity:	automatická
Displej:	3.5 místa
Barva segmentů displeje:	zelená
Výška číslic:	14.2 mm
Přesnost:	1% $\pm 1$ digit
Výška modulu:	cca 40 mm
Rozteč otvorů pro uchycení v panelu:	58 mm

typ	popis	MC	30ks
		s DPD	bez DPH
<b>PMV7157 SX</b>	stavebnice č. 857	<b>289.00</b>	174.86
<b>PMV7157 HX</b>	hotový modul č. 859	<b>379.00</b>	229.31

### Doporučené doplňky voltmetru:

Rámeček: RD3.5

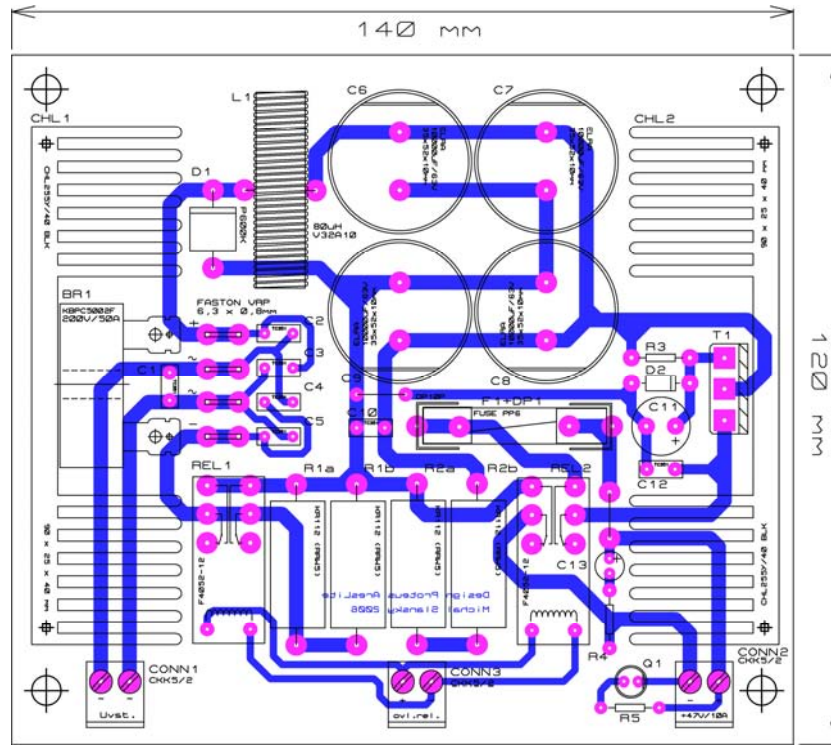
Plexi k rámečku: RD3.5PL

Distanční sloupky: 2 x DA5M3 (DI5M3, KDR, KDI6M3) délky 8 (10) mm.

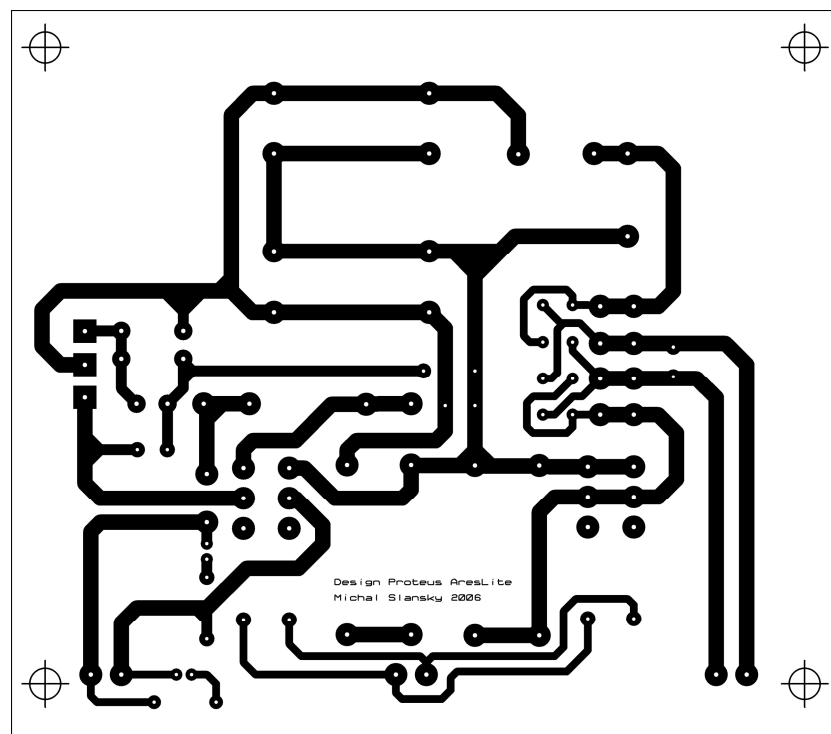
Tento list vychází z internetového katalogu firmy EZK 2005/2006 ([www.ezk.cz](http://www.ezk.cz)).

## Návrhy desek plošných spojů

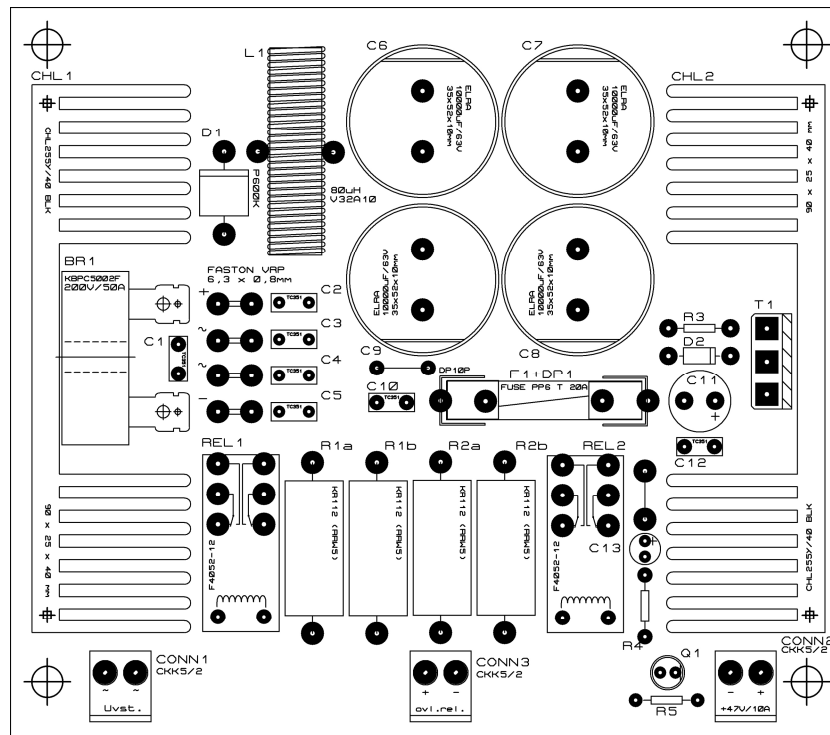
**Obr. 13** Vstupní část spínaného zdroje DPS (**TOP + BOTTOM**)



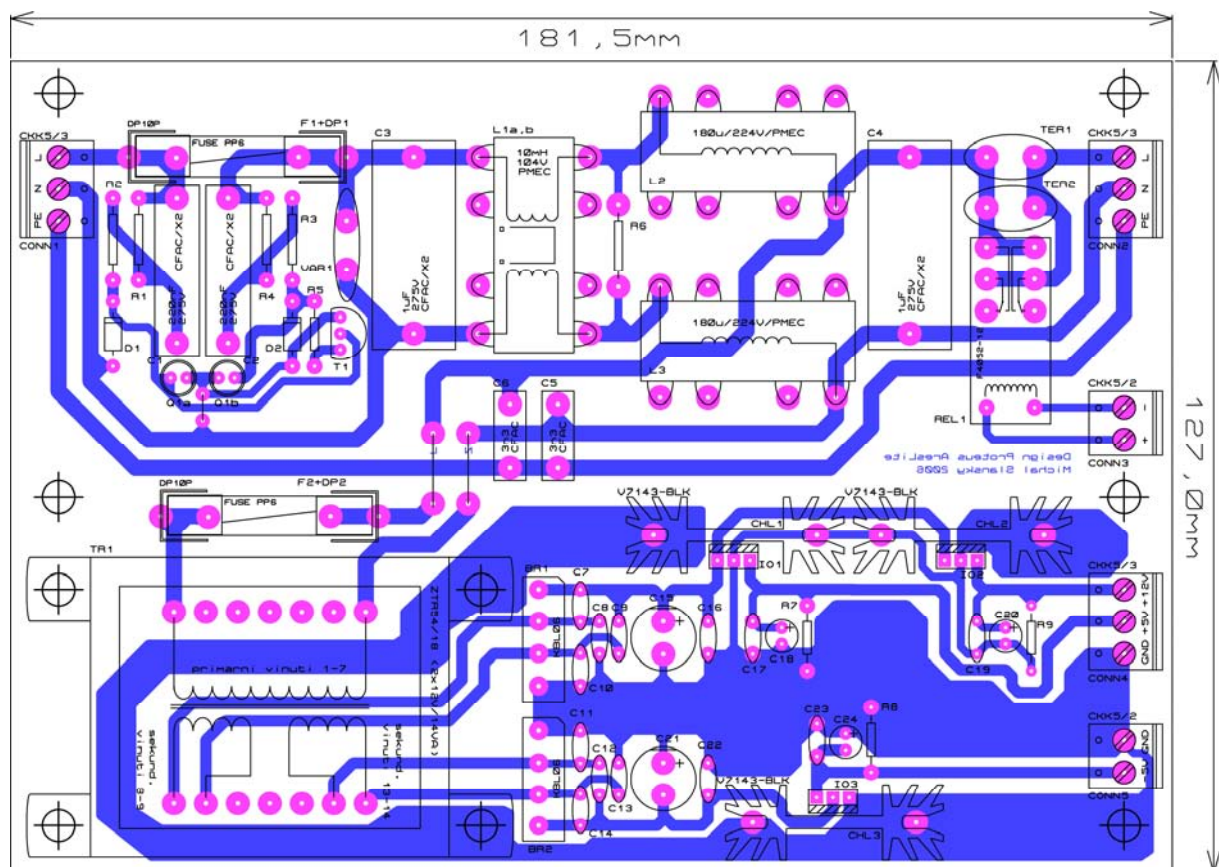
**Obr. 14** Vstupní část spínaného zdroje DPS (**BOTTOM**)



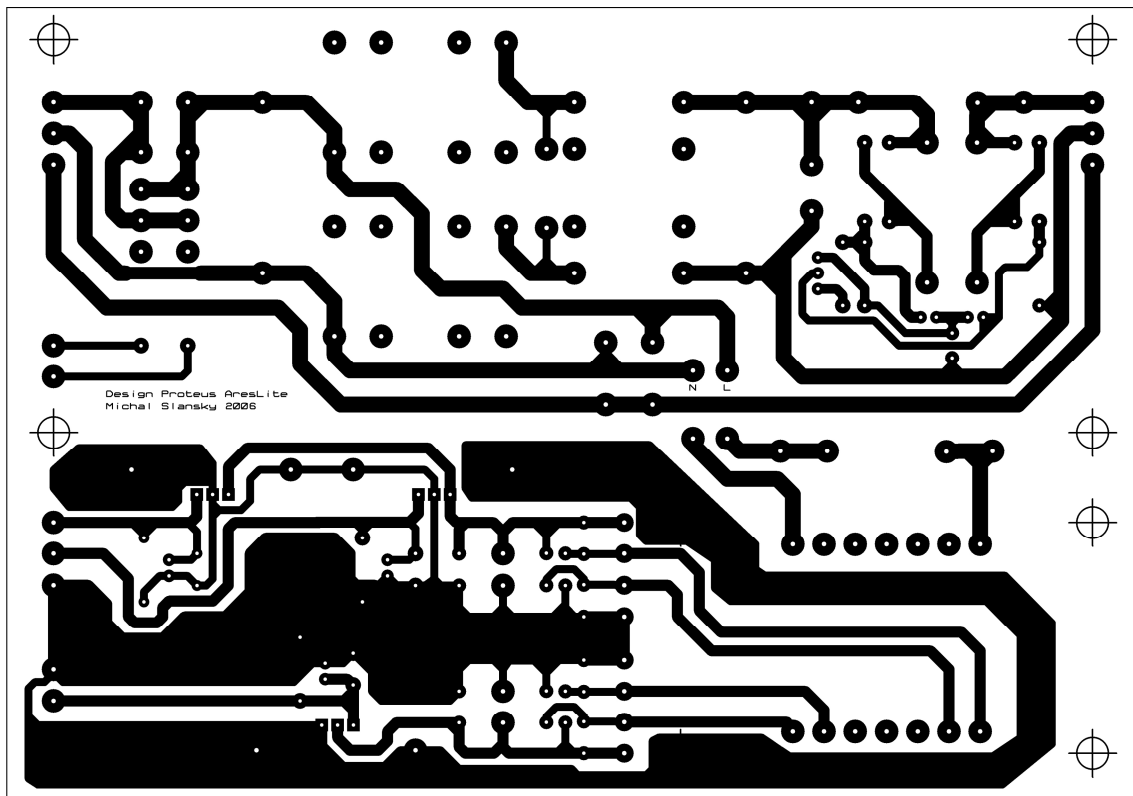
**Obr. 15** Vstupní část spínaného zdroje DPS (TOP)



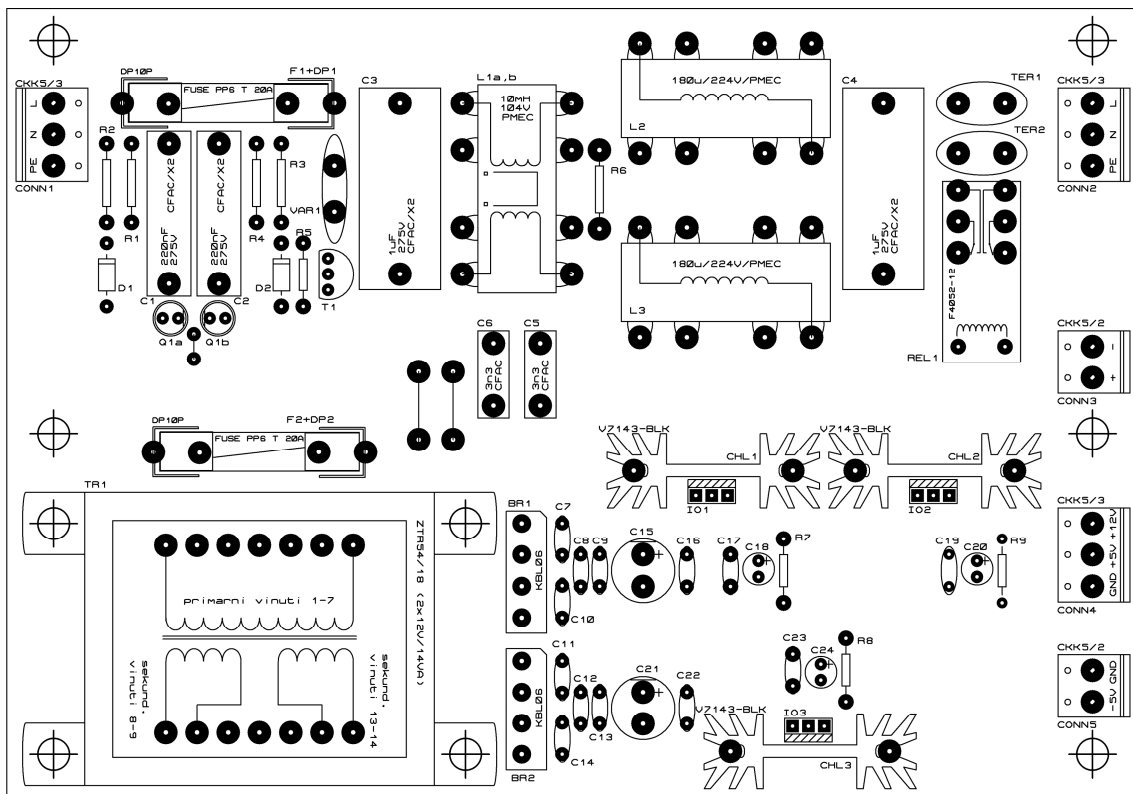
**Obr. 16** Síťová část spínaného zdroje DPS (TOP + BOTTOM)



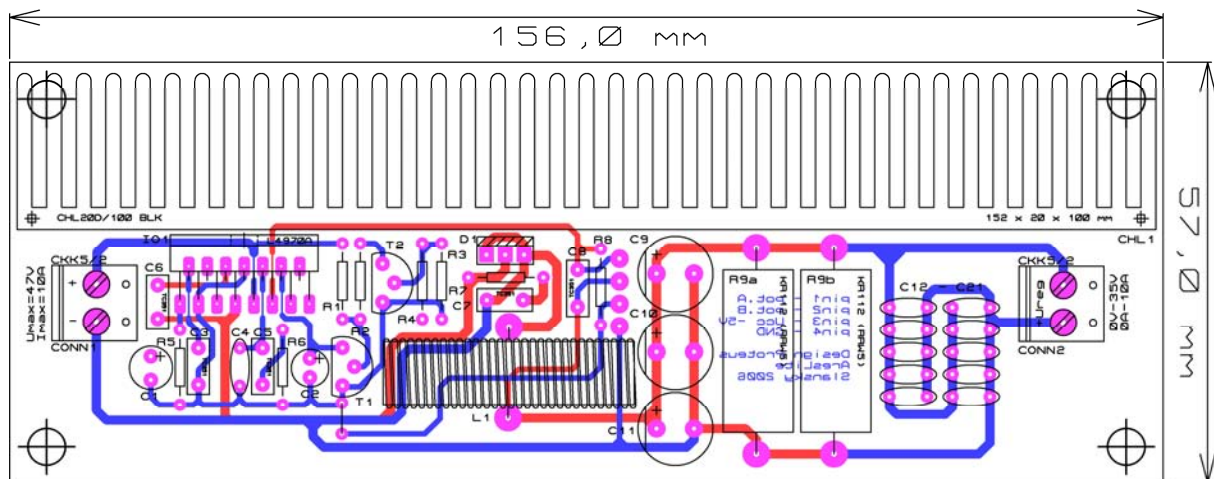
**Obr. 17** Síťová část spínaného zdroje DPS (BOTTOM)



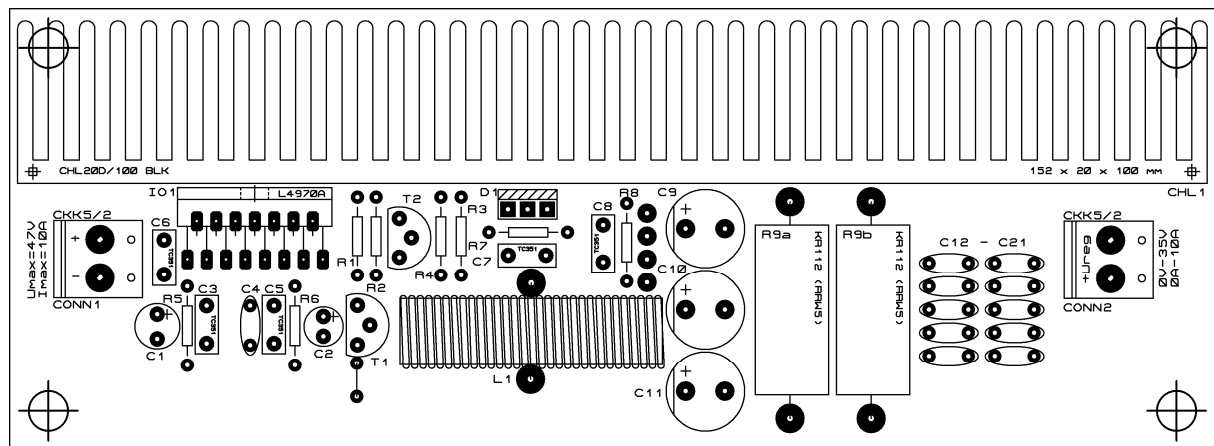
**Obr. 18** Síťová část spínaného zdroje DPS (TOP)



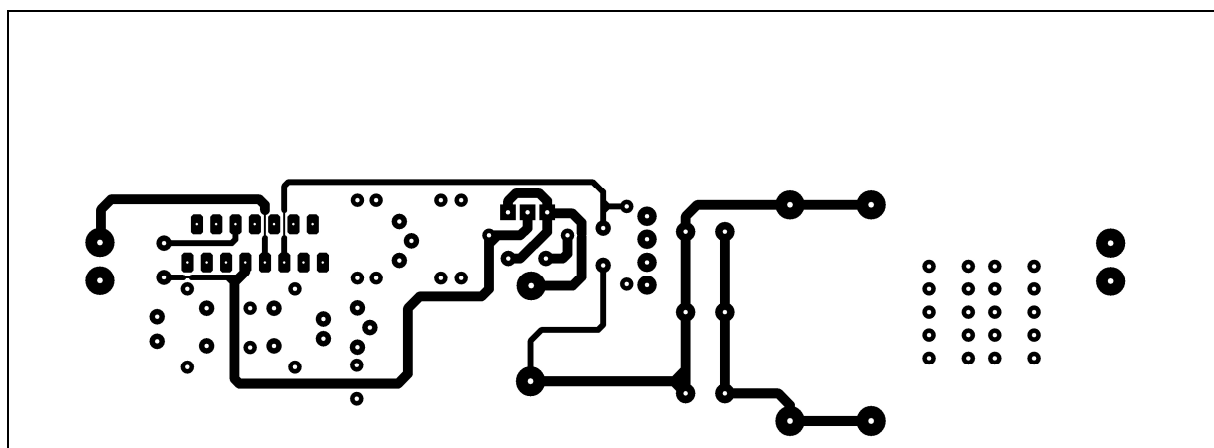
**Obr. 19** Spínaný zdroj s obvodem řady L4970 DPS (TOP + BOTTOM)



**Obr. 20** Spínaný zdroj s obvodem řady L4970 DPS (TOP SILK)

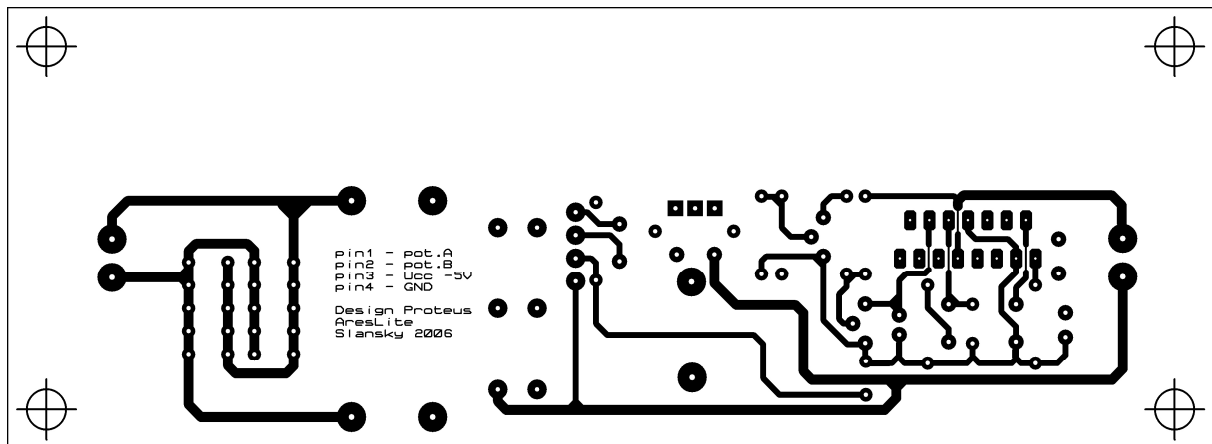


**Obr. 21** Spínaný zdroj s obvodem řady L4970 DPS (TOP COPPER)

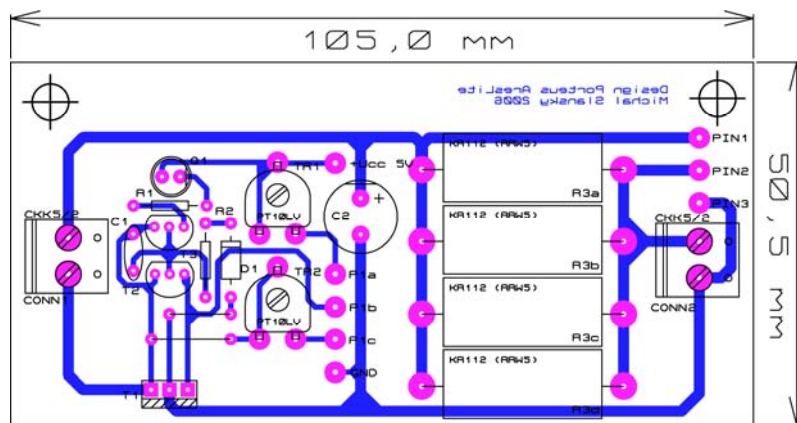




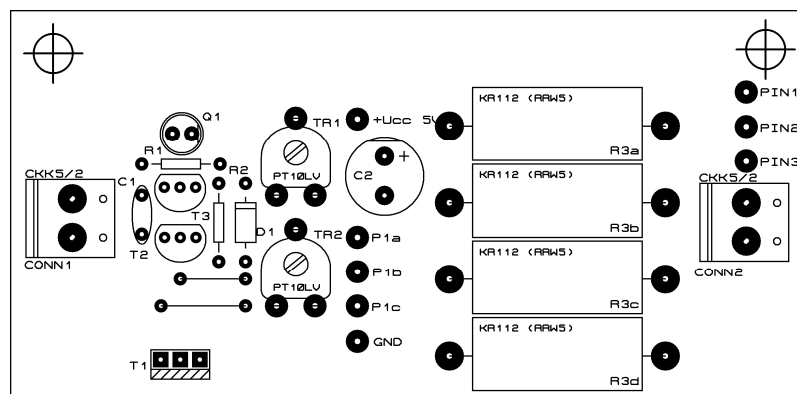
**Obr. 22** Spínaný zdroj s obvodem řady L4970 DPS (**BOTTOM COPPER**)



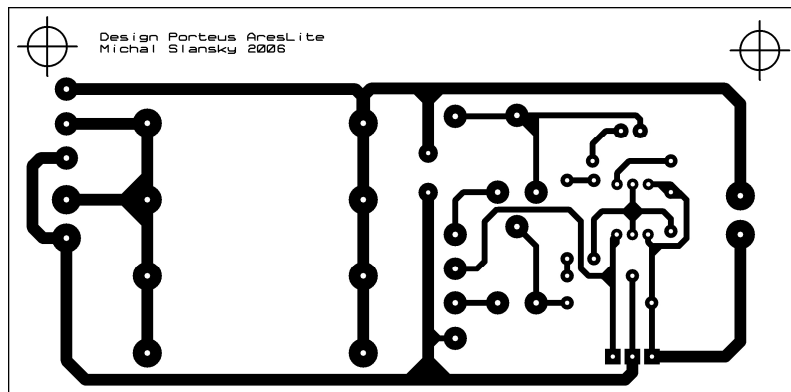
**Obr. 23** Proudová pojistka pro spínaný zdroj DPS (**TOP+BOTTOM**)



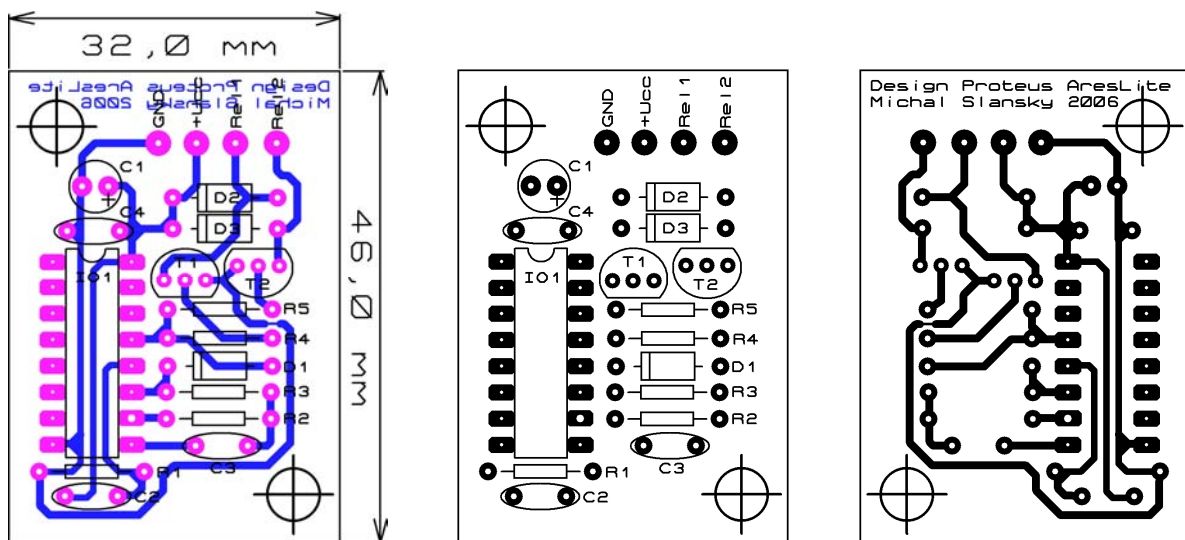
**Obr. 24** Proudová pojistka pro spínaný zdroj DPS (**TOP**)



**Obr. 25** Proudová pojistka pro spínaný zdroj DPS (**BOTTOM**)



**Obr. 26, 27, 28** Obvod zpožděného připojení DPS (**TOP+BOTTOM; TOP**)



## Obsah

1. Úvod, základní popis
2. Blokové schéma, popis doplňků
3. Síťová část spínaného zdroje L4970A, popis
4. Schéma síťové části, seznam součástek
5. Vstupní část spínaného zdroje L4970A, popis
6. Schéma vstupní části, seznam součástek
7. Spínaný zdroj s obvodem řady L497x – Teorie a popis
8. Spínaný zdroj s obvodem řady L497x – Teorie a popis
9. Náčrt rozložení vývodů, blokové schéma obvodu L497x
10. Základní zapojení obvodu, zvýšení vstupního napětí
11. Spínaný zdroj s obvodem řady L497x – Konstrukce, popis
12. Tabulka mezních parametrů, funkce jednotlivých vývodů L4970A
13. Popis, schéma spínaného zdroje s obvodem L4970A, seznam součástek
14. Proudová elektronická pojistka pro spínaný zdroj, popis
15. Schéma zapojení elektronické proudové pojistky, seznam součástek
16. Obvod zpožděného připojení pro spínaný zdroj, popis
17. Schéma zapojení obvodu zpožděného připojení, seznam součástek
18. Řídící jednotka otáček ventilátoru, popis
19. Schéma řídicí jednotky ventilátoru, seznam součástek, popis
20. Panelový digitální voltmetr s LED displejem PMV7157, popis
21. Návrhy DPS – Vstupní část zdroje, TOP+BOTTOM, BOTTOM
22. Návrhy DPS – Vstupní část zdroje TOP, Síťová část zdroje TOP+BOTTOM
23. Návrhy DPS – Síťová část zdroje BOTTOM, TOP
24. Návrhy DPS – Hlavní část zdroje TOP+BOTTOM, TOP SILK, TOP COPPER
25. Návrhy DPS – Hlavní část zdroje BOTTOM, Proudová pojistka TOP+BOTTOM
26. Návrhy DPS – Proudová pojistka BOTTOM, Zpožděného připojení DPS
27. Obsah