

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Regulovatelný napájecí zdroj BD85/20S

Regulated power supply BD85/20S

Dušan Benda

Brno 2013

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor 10 – elektrotechnika, elektronika, telekomunikace a
technická informatika

Regulovatelný napájecí zdroj BD85/20S

Regulated power supply BD85/20S

Autor: Dušan Benda

Škola: Střední průmyslová škola elektrotechnická a
informačních technologií Brno, Purkyňova 97, 612 00 Brno

Konzultant: Ing. Jiří Dřínovský, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci vypracoval samostatně, použil jsem pouze podklady (literaturu, SW atd.) citované v práci a uvedené v příloženém seznamu a postup při zpracování práce je v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o autorském právu, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V dne Podpis:

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za finanční podpory projektu „Stejnoseměrný napájecí zdroj“, SX90200005 za finanční podpory Jihomoravského centra pro mezinárodní mobilitu a projektu „Popularizace výsledků VaV VUT v Brně a podpora systematické práce se studenty“, reg. č. CZ.1.07/2.3.00/35.0004.

Anotace

Cílem projektu bylo navrhnout a postavit stejnosměrný regulovatelný napájecí zdroj s rozsahem napětí od 5V do 85V a proudovým rozsahem až 25A. Zdroj je postavený na bázi spínaného v topologii jednočinného propustného zdroje s maximálním ohledem na bezpečnost pro obsluhu přístroje. Pro větší komfort byl přidán na čelní panel analogový voltmetr a ampérmetr ukazující aktuální stav výstupu. Plynulou regulaci výstupního napětí zajišťuje dvojice potenciometrů pro hrubé a jemné nastavení. Zároveň lze regulovat i výstupní proud. Zdroj je řešen modulárně (řízení a silová část včetně dalších periférií má vlastní desku). Jednotlivé moduly jsou umístěny v plechové skříni vyrobené přesně na míru a nastříkané práškovým lakem bílé a šedé barvy.

Annotation

The main aim of this work was to design and produce adjustable DC power supply with voltage range from 5V to 85V and current range up to 25A. Power supply was built as a switching DC-DC supply with topology of a single permeable power supply with maximum emphasis of safe operation of the device. Voltmeter and ammeter showing current output value was added to the front panel for maximum comfort. Pair of potentiometers for rough and fine adjustment ensure step-less regulation. It is also possible to regulate output current. Power supply is modular, which means that control and power including other peripherals are on separated circuit board. Modules are placed in metal casing which has been made on bespoken and has been coloured by white and grey powder coating.

Keywords

Regulated power supply, UC3845, IRG4PC40W, forward, fullbridge

Obsah

Prohlášení	3
Poděkování	4
Anotace.....	5
Annotation.....	5
Keywords	5
Obsah.....	6
Úvod do problematiky.....	7
1 Napájecí zdroj BD85/20S	8
1.1 Úvod.....	8
1.2 Koncepce	9
1.3 Blokové zapojení zdroje BD85/20S.....	10
1.4 Softstart toroidního transformátoru	11
1.5 Pomocný zdroj.....	14
1.5.1 Řízení ventilátoru	17
1.6 Řídící deska zdroje	18
1.7 Výkonová část zdroje	22
1.8 Mechanická část	26
1.9 Měření na zdroji	31
2 Pár slov závěrem	32
Seznam obrázků	33
Použitá literatura	34

Úvod do problematiky

Kvalitní stejnosměrný napájecí zdroj je nedílnou součástí každé, alespoň trochu vybavené elektrotechnické dílny. Na trhu lze najít spoustu kvalitních napájecích zdrojů v různých cenových relacích. V dnešní době si můžeme koupit zdroj například od firem Diametral, Manson, Statron, Agilent Technologies a dalších. Ve většině případů se ale jedná o zdroje lineární. Například zdroje firmy Diametral, se kterými se běžně setkávám ve školní laboratoři při předmětu elektrotechnická měření, jsou řešeny jako dva nezávisle na sobě pracující lineární zdroje s výstupním napětím od 0V do 40V a výstupním proudem až 4A včetně zdroje pro TTL logiku 5V/3A. Naopak americká firma Mean Well se specializuje na výrobu spínaných zdrojů pro použití v běžných aplikacích až po speciální řady určené pro napájení LED diod a pásků. Se spínanými zdroji se setkáváme každý den – jsou součástí nabíječek mobilních telefonů, napájejí počítače... Spínané zdroje se navrhují v několika topologiích. Jako akumulární měniče (v anglické literatuře označené FLYBACK), propustné zapojení (FORWARD), dvojčinné zapojení (PUSH-PULL) nebo jako polomosty popřípadě plné mosty (a to ještě v několika verzích).



Obr. 1 Ukázka průmyslově vyráběných napájecích zdrojů – firem Mean Well, Diametral a Manson

1 Napájecí zdroj BD85/20S

1.1 Úvod

Při vývoji různých aplikací jsem narazil na problém malého výstupního napětí a hlavně malého výstupního proudu mnou doposud postavených i komerčních napájecích zdrojů, a jelikož jsem obdržel finanční grant od JCMM (Jihomoravské centrum pro mezinárodní mobilitu), a proto jsem se rozhodl pro stavbu vlastního napájecího zdroje s parametry, které mi budou dostačovat ve vývoji dalších aplikací (zdrojů, zesilovačů, atd.). Níže popisovaný napájecí zdroj BD50/20S patří do kategorie spínaných zdrojů s výstupním napětím od 5V do 85V a trvalým výstupním proudem 25A.



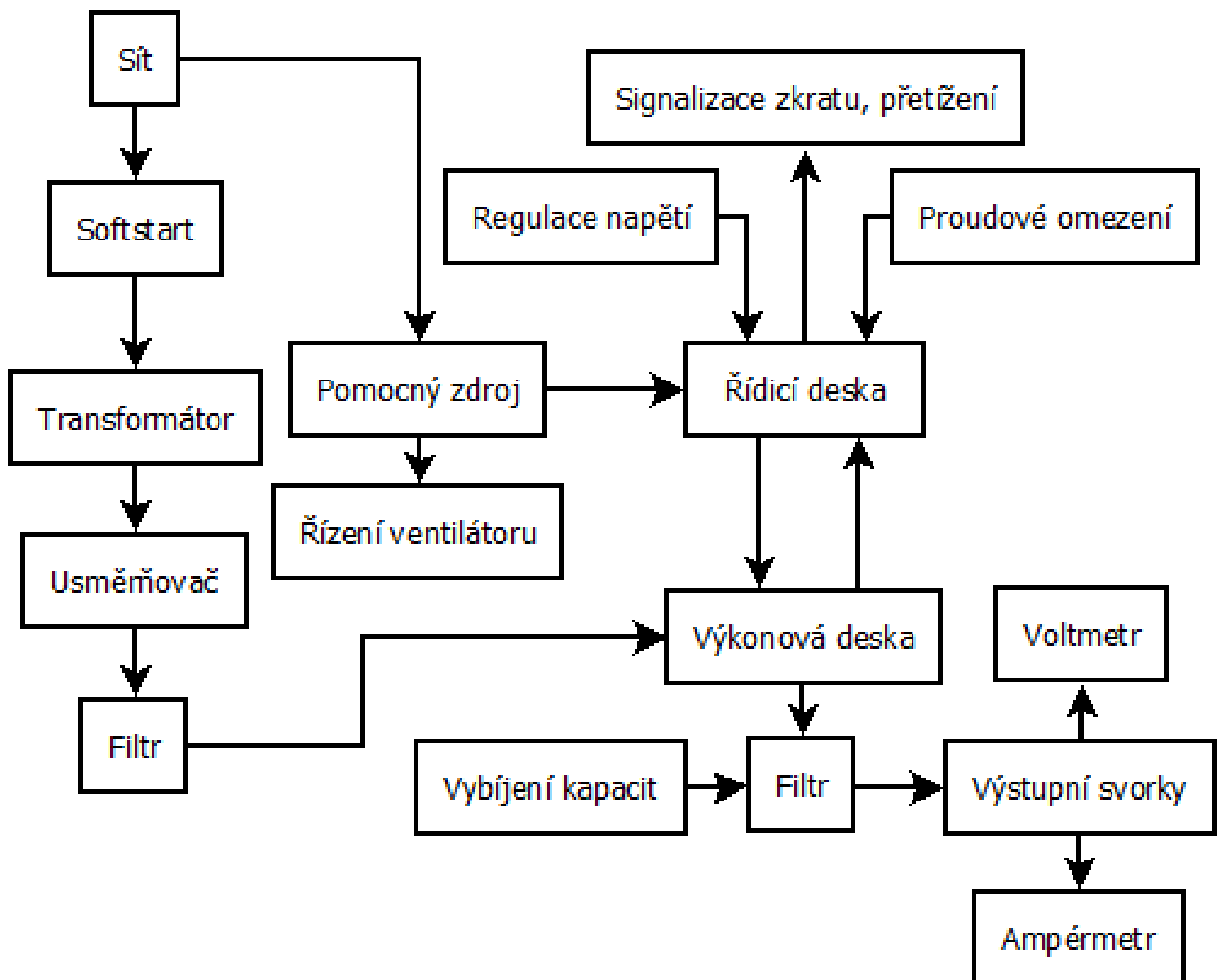
Obr. 2 Čelní pohled na zdroj BD85/20S

1.2 Koncepce

Řízení výkonové části obstarává obvod UC3845, který přes MOS-FET tranzistor a tvarovač signálu spíná výkonové IGBT tranzistory zapojené do snižujícího měniče v silové části zdroje a pomocí zpětné napěťové a proudové zpětné vazby reguluje hodnotu výstupního napětí a proudu. Zdroj však není řešen tradičním způsobem, jak se spínané zdroje obvykle řeší, a to s využitím vysokofrekvenčního transformátoru na výstupu měniče. Koncepce zdroje využívá toroidní transformátor, který transformuje síťové napětí na střídavé napětí 60V, dále je napětí usměrněno usměrňovačem KBPC2506 a vyfiltrováno elektrolytickými kondenzátory 4700 μ F/100V o celkové kapacitě 28200 μ F. Teprve potom je přivedeno na vstup snižujícího měniče. Tím pádem se elektronická i mechanická konstrukce musí přizpůsobit objemnému transformátoru a velké filtrační kapacitě (kapacita by stejně byla potřeba i v čisté koncepci spínaného zdroje). Tuto cestu jsem volil z důvodu vyšší bezpečnosti při navrhování a testování zdroje, z důvodu neznalosti návrhu a konstrukce vysokofrekvenčního transformátoru a v neposlední řadě si vyzkoušet návrh a realizaci konstrukce, která není úplně tradiční.

Kvůli lepší manipulaci při vývoji, testování a umístění ve skříni napájecího zdroje jsem zvolil modulární řešení jednotlivých částí zdroje. Moduly se stávají ze softstartu pro toroidní transformátor, řídicí desky, výkonové části a pomocného zdroje. Jednotlivé moduly budou popsány v dalších podkapitolách. Všechna schémata včetně návrhu desek plošných spojů byla navržena a realizována v programu EAGLE 5.11.0.

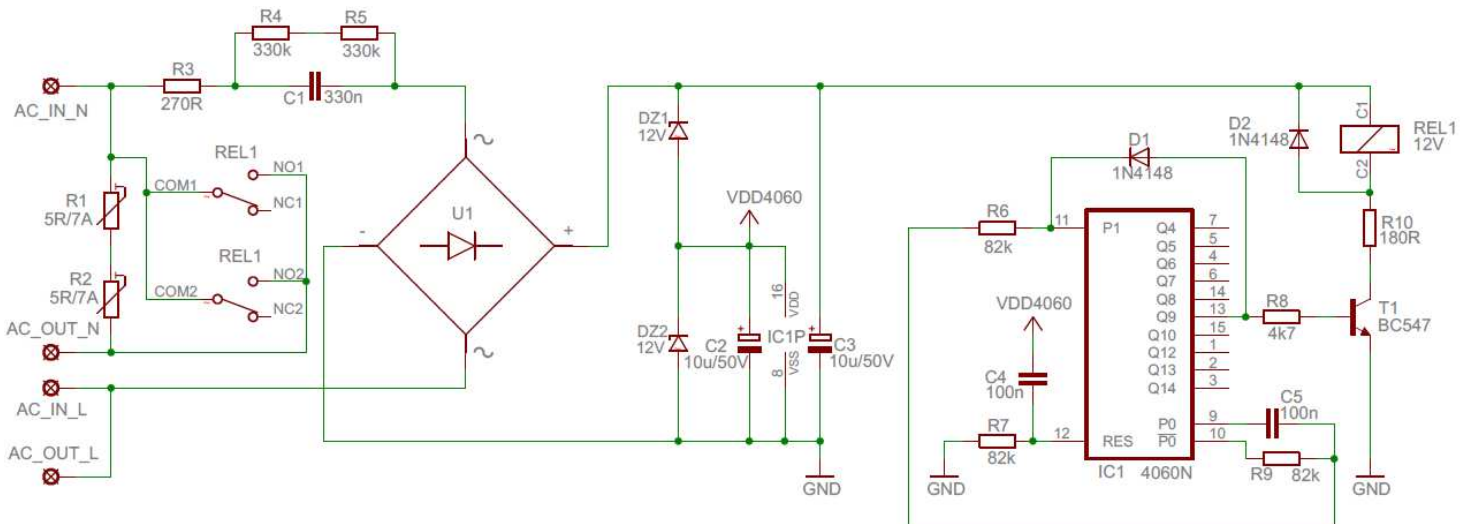
1.3 Blokové zapojení zdroje BD85/20S



Obr. 3 Blokové schéma zdroje BD85/20

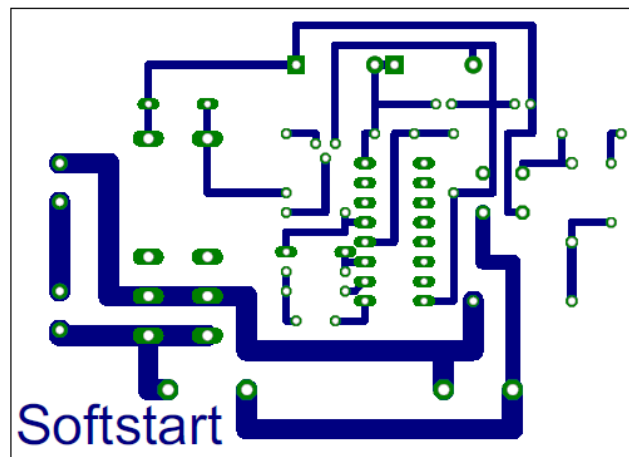
1.4 Softstart toroidního transformátoru

Toroidní transformátory se vyznačují vysokou účinností a v neposlední řadě také malým odporem (řádově jednotky ohmů) primárního a sekundárního vinutí. Z tohoto důvodu dojde při připojení primárního vinutí transformátoru do sítě prakticky ke zkratu, při kterém spolehlivě odepne 16A jistič. Proto je potřeba vložit mezi primární vinutí a síť vhodný rezistor, který do doby, než dojde k nasycení jádra toroidního transformátoru, uměle zvýší odpor primárního vinutí, sníží proudový náraz a tím předejde odpadnutí jističe. Tomuto řešení se říká softstart z anglického jazyka měkký start. Nejčastěji se tento problém řeší termistory NTC (s negativním teplotním koeficientem), které se připojí do série s primárním vinutím transformátoru, v řádu jednotek až desítek ohmů. Po připojení síťového napětí a nasycení jádra toroidu dojde vlivem procházejícího proudu k zahřátí termistorů, a jelikož mají negativní teplotní koeficient, dojde se zvýšenou teplotou ke snížení odporu termistoru. Dokud transformátor neodpojíme od sítě, bude termistory procházet proud a jejich teplota bude větší než teplota okolí. Pokud dojde k rychlému vypnutí a následnému zapnutí transformátoru, budou termistory stále nahřáté, protože se nestihnou za tak krátkou dobu ochladit a jejich odpor bude nízký. Tento fakt bude mít za důsledek odpadnutí jističe, protože sériový odpor termistorů a primárního vinutí transformátoru bude opět nízký. Tuto skutečnost je nutné brát při konstrukci softstartu na vědomí. Daleko lepší je nechat při startu procházet proud termistory a po uplynutí časového intervalu, který bude dostatečně dlouhý pro nasycení jádra, termistory přemostit pomocí relé. Když dojde k rychlému vypnutí a zapnutí transformátoru budou termistory chladné (pokojová teplota) a nedojde k odpadnutí jističů vlivem proudového nárazu. Pokud ale tento cyklus budeme neustále opakovat, dojde k oteplení termistorů, zmenšení sériového odporu a odpadnutí jističe je nevyhnutelné. Za běžného provozu ale k takovýmto situacím nedochází, a proto se tato koncepce zdá jako nejspolehlivější z mnoha testovaných. Na stejném principu funguje i finální provedení softstartu v popisovaném zdroji.

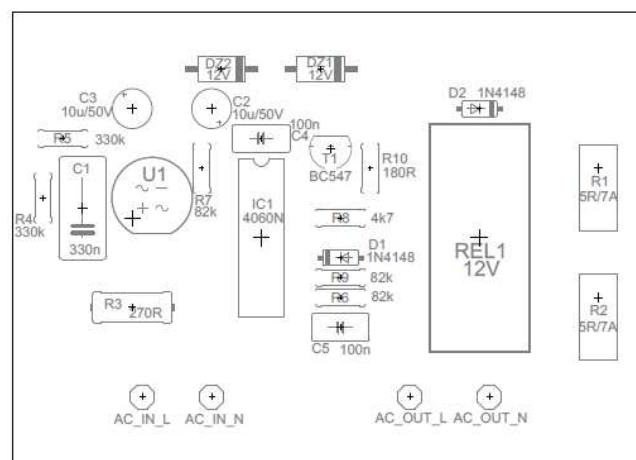


Obr. 4 Schéma zapojení softstartu pro toroidní transformátor

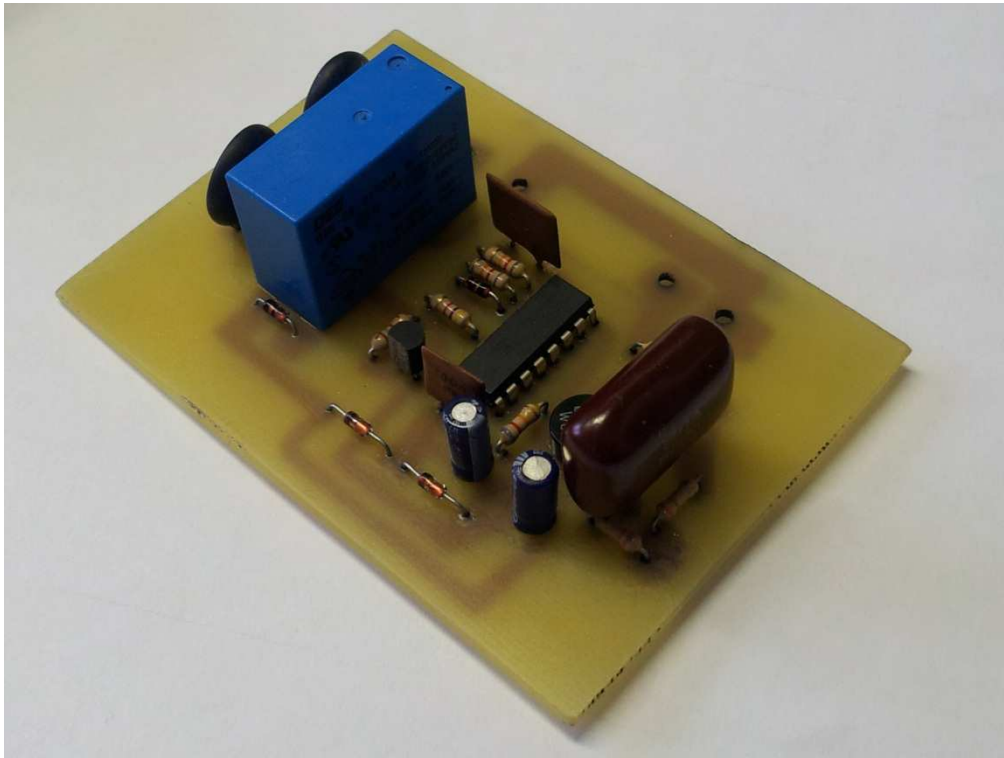
Jak je ze schématu patrné, tak síťové napětí (230V) prochází přes rezistor R3, dále přes kondenzátor C1 sloužící ke snížení výkonové ztráty, který je po odpojení od sítě vybíjen rezistory R4 a R5. Po usměrnění usměrňovačem U1 a stabilizaci na 24V zenerovými diodami DZ1 a DZ2 je napětí 12V použito k napájení stavového binárního čítače IC1, který vytváří časovou prodlevu cca. 5 sekund. Popíšeme si princip: pomocí standartního RC členu tvořeného z rezistoru R7 a kondenzátoru C4 dochází k resetování obvodu. Pokud se na výstupu 9 objeví logická 1, tak se pomocí diody D1zablokuje oscilátor a přes tranzistor T1 se sepne relé REL1, které přemostí termistory R1 a R2. Po vypnutí zdroje od sítě dojde k odpadnutí relé REL1 a po sepnutí se celý popsany cyklus opakuje.



Obr. 5 Výkres desky plošných spojů softstartu s dimenzováním cest silové části (tloušťka 1,93mm) a řídicí části (tloušťka 1,016mm), měřítko 1:1, 81x58mm



Obr. 6 Osazovací plán softstartu



Obr. 7 Osazená deska softstartu – na vrchní straně desky připojení k síti a výstup na toroidní transformátor

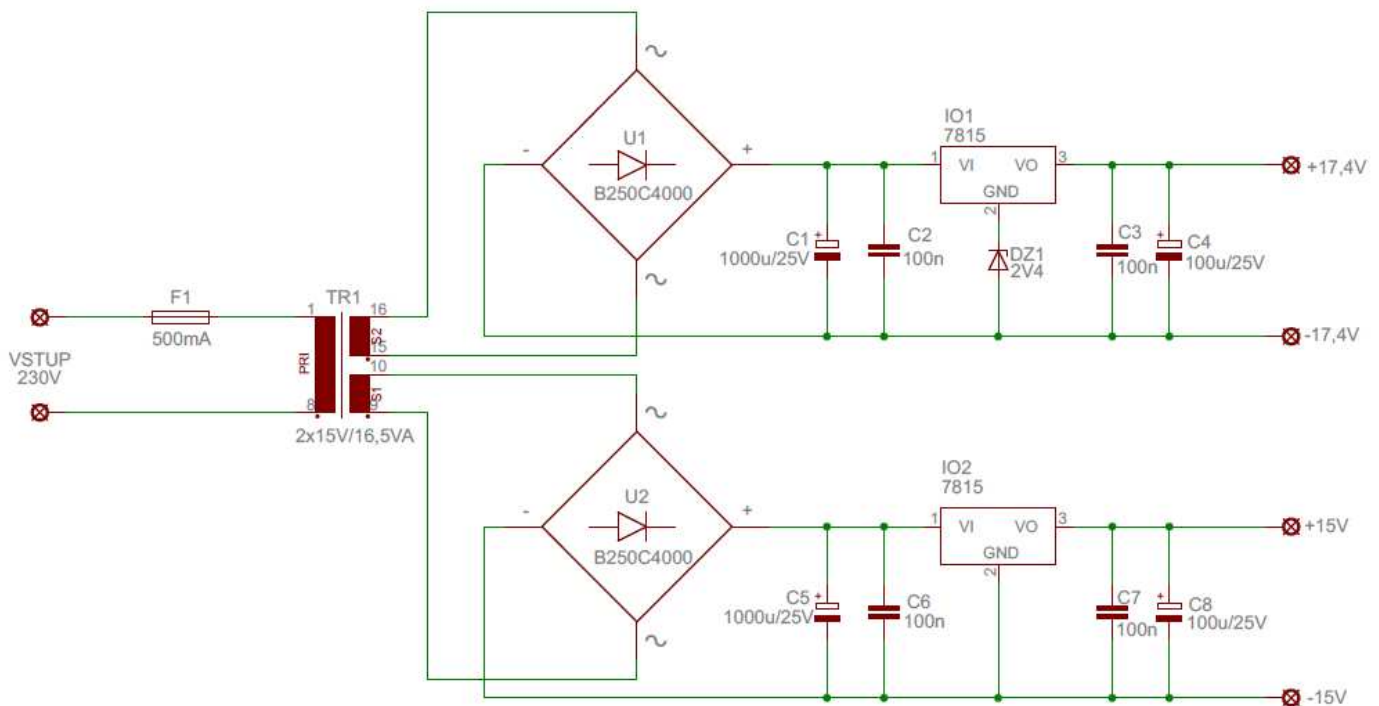
Seznam použitých součástek softstartu:

R1, R2	5R/7A , NTC265V15
R3	270R, 0411/12
R4, R5	330k, 0207/7
R6, R7, R9	82k, 0207/7
R8	4k7, 0207/7
R10	180R, 0207/7
C1	330n, 102-064X133
C2, C3	10u/50V, E2-5
C4, C5	100n, 050-035X075
D1, D2	1N4148, DO35-7
DZ1, DZ2	BZX83V012, DO35-7
U1	B250C1500
T1	BC547, TO92
IC1	4060N, DIL16
REL1	RELEMZPA92, 12V

1.5 Pomocný zdroj

Při návrhu a konstrukci zdrojů je většinou nutné napájet řídicí část, elektronické voltmetry, elektronické ampérmetry, ventilátory a další periférie z galvanicky odděleného zdroje. Za určitých podmínek může být využito napětí, které zároveň slouží jako výstupní. Pokud potřebné napájecí napětí na výstupu zdroje není dostatečně velké (například pro napájení řídicí části zdroje), nezbude nic jiného nežli použít pomocný zdroj. Stejný problém nastává při napájení elektronických voltmetrů (ampérmetrů), které pro svůj správný chod potřebují napájecí napětí galvanicky oddělené od měřeného. Pomocný zdroj v tomto případě nelze vypustit.

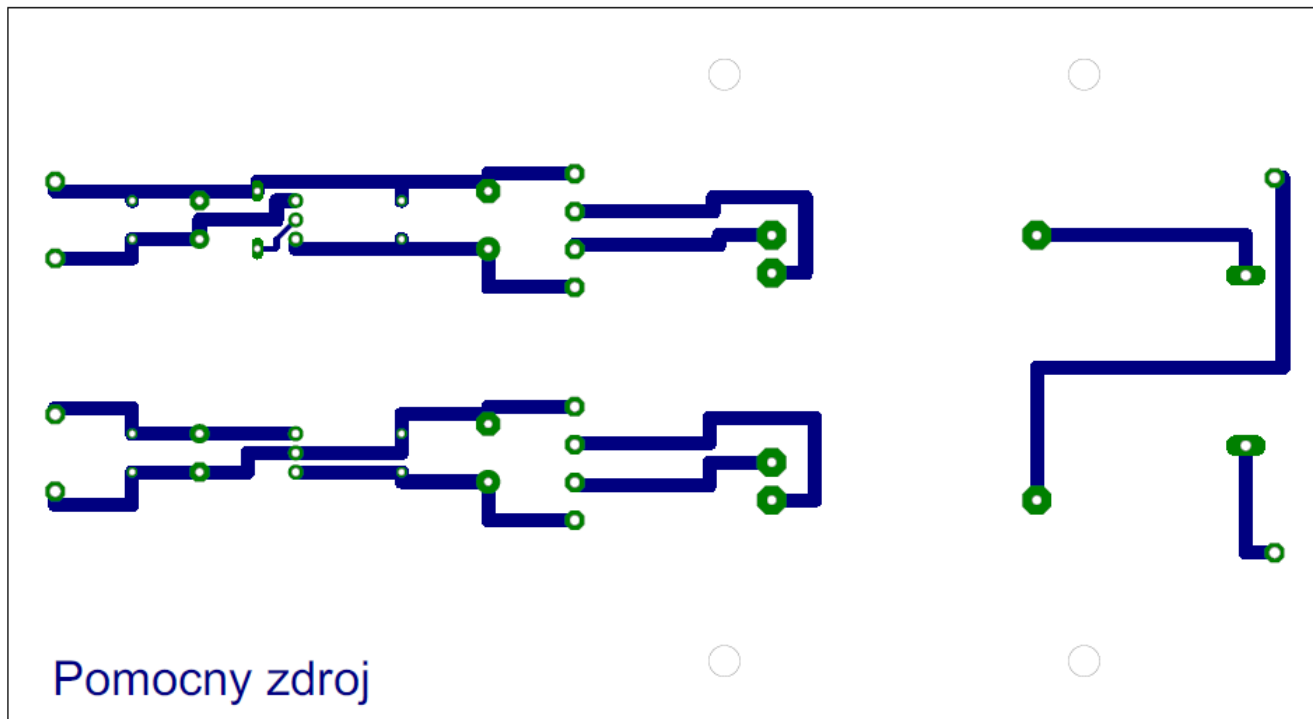
Pomocný zdroj použitý v konstrukci zdroje BD85/20S napájí řídicí část spínaného zdroje a ventilátor zajišťují cirkulaci vzduchu ve skříni zdroje. V pomocném zdroji je použit



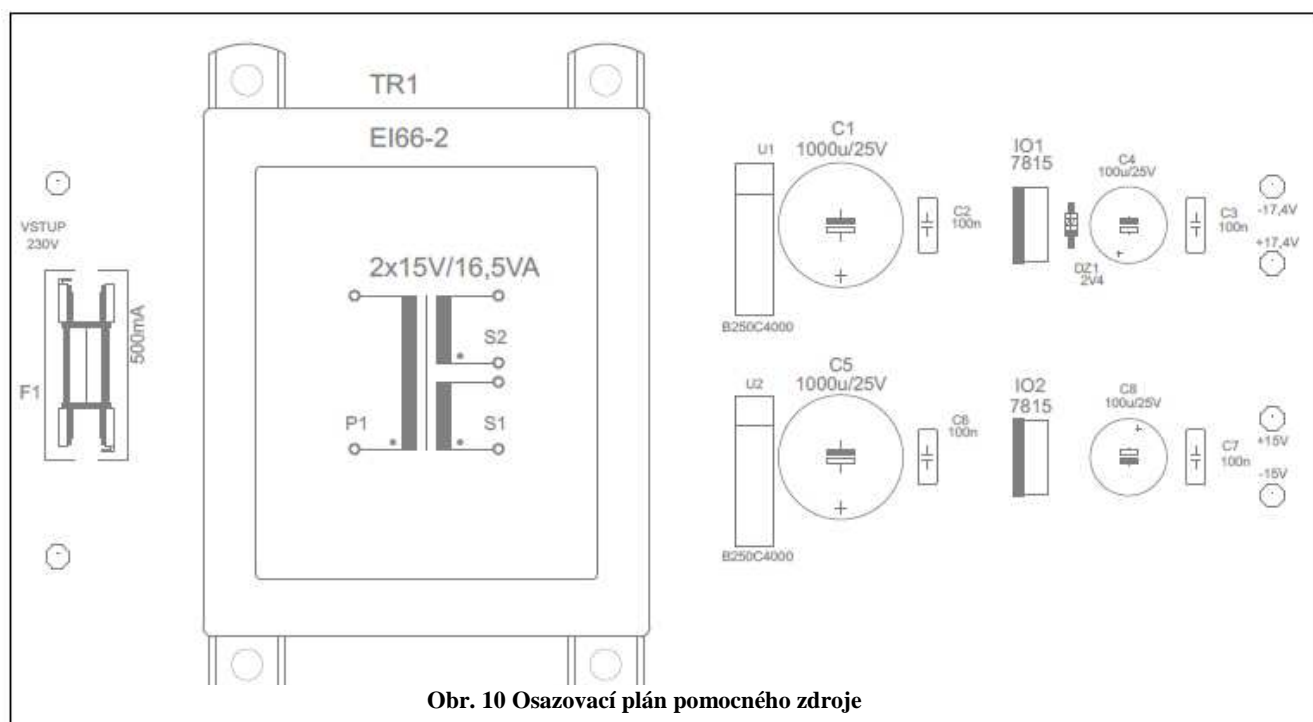
Obr. 8 Schéma zapojení pomocného zdroje

transformátorem TR1 s dvojicí sekundárních vinutí 2x15V/16,5VA (tím pádem jsou k dispozici další dva zdroje). Transformované napětí je usměrněno usměrňovacím diodovým můstkem U1. Kondenzátory C1 1000µF/25V a C4 100 µF/25V slouží k filtraci vstupního a výstupního napětí a kondenzátory C2 a C3 brání rozkmitání stabilizátoru 7815. Mezi kostru (GND) a vstupem stabilizátoru 2. GND je vložena zenerova dioda 2V4 v závěrném směru, která posunuje výstupní napětí z 15V na 17,4V – 15V + 2,4V =17,4V. Na stejném principu funguje i druhý okruh zdroje, akorát není použita zenerova dioda a výstupní napětí je 15V. Výstupní napětí 15V je použito k napájení elektroniky ventilátoru a 17,4V slouží pro napájení

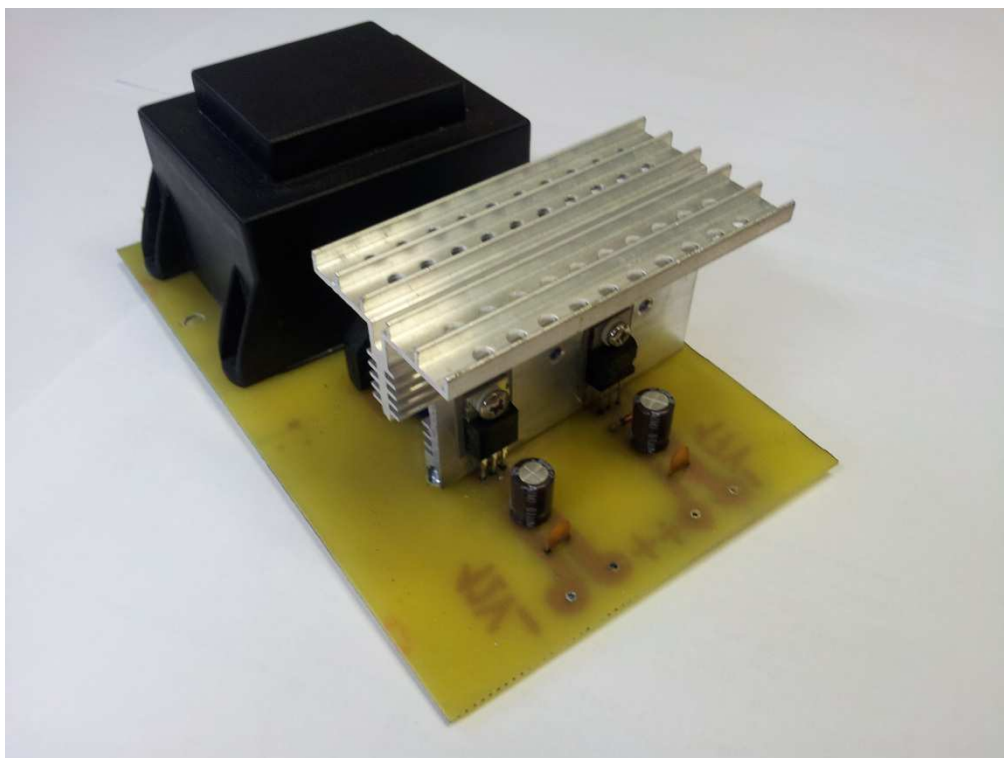
řídící desky zdroje. Výstupní proud pomocného zdroje (1100mA) je dostatečně předimenzovaný pro případné použití dalšího ventilátoru nebo jiných přídatných periférií. Oba stabilizátory jsou umístěny na chladič z důvodu lepšího odvodu tepla.



Obr. 9 Výkres desky plošných spojů pomocného zdroje, měřítko 1:1, 173x95mm



Obr. 10 Osazovací plán pomocného zdroje



Obr. 11 Osazená deska pomocného zdroje

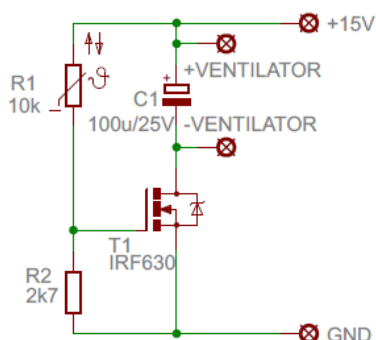
Seznam použitých součástek pomocného zdroje:

C1, C5	1000u/25V, E7,5-16
C2, C3, C6, C7	100n, 050-025X075
C4, C8	100u/25V, E5-16
DZ1	BZX83V002.4, 0,5W
IO1, IO2	7815, TO-220S
U1, U2	B250C4000
TR1	HAHN BV EI 662 1095, 2x15V/16,5VA
F1	tavná pojistka 500mA v pouzdře

1.5.1 Řízení ventilátoru

V zařízeních v nichž dochází k průtoku proudů, dochází i k výkonové ztrátě, která se přemění na teplo. Tento nárůst teploty je nutné redukovat správným systémem ventilace, aby nedocházelo k akumulování uvnitř skříně zdroje tepla a zničení výkonových prvků zdroje.

V popisovaném zdroji je použit jeden ventilátor KP1209PTBX-6A o rozměru 92x92x25mm, na napětí 12V, s odběrem 409mA a průtokem 95,14m³/hodinu, který bez problému zchladí všechny chladiče v popisovaném zdroji a tím předejde zničení výkonových prvků. Není však nutné, aby byl ventilátor připojen stále na 12V a otáčel se na plný výkon, proto je ve zdroji použit jednoduchý regulátor složený z N-E-MOS tranzistoru, NTC termistoru, rezistoru a kondenzátoru viz schéma níže.



Obr. 12 Schéma zapojení regulátoru otáček ventilátoru

Popíšeme si princip regulátoru otáček: pokud dojde ke zvýšení teploty vlivem zahřátí chladiče výkonovými prvky, sníží se odpor termistoru NTC R1 10k, zvýší se napětí mezi gatem a sourcem tranzistoru T1 a tranzistor se začne otevírat. Prahovou hodnotu nebo spíše citlivost sepnutí určuje rezistor R2 2k7. Kondenzátor C1 slouží k plynulému nárůstu a poklesu otáček ventilátoru. Jak je ze schématu patrné, tak se jedná o jednoduché zařízení a proto není umístěné na desce plošného spoje. Regulátor se napájí 15V z pomocného zdroje popsaného výše.

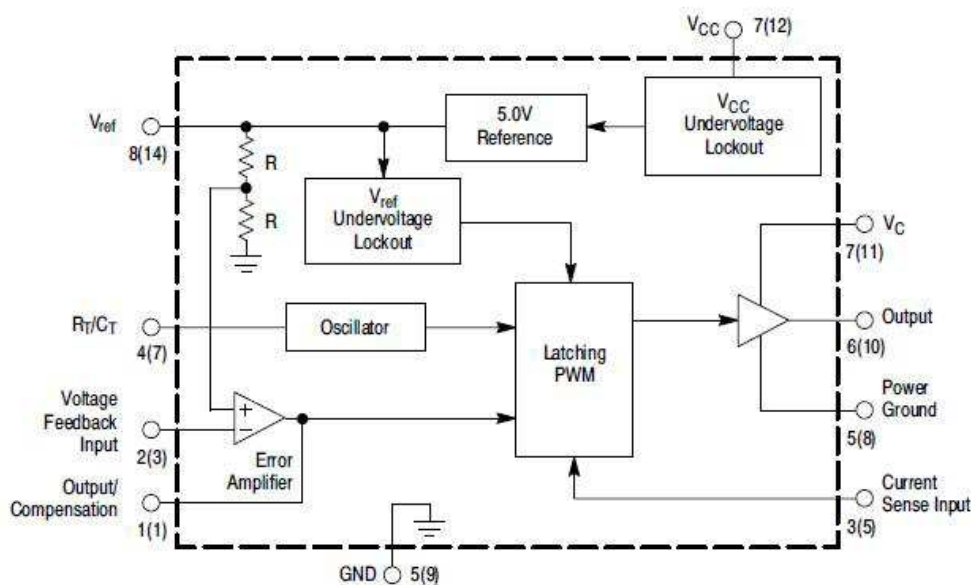
Seznam použitých součástek regulátoru otáček ventilátoru

R2	2k7, 0207/7
R1	10k, NTC
C1	100u/25V, E5-8.5
T1	IRF630, TO 220

1.6 Řídící deska zdroje

Řídící deska je nejdůležitější částí zdroje. Díky její funkci dochází ke spínání IGBT tranzistorů na výkonové desce. Pomocí napěťové a proudové zpětné vazby je možné tyto výstupní hodnoty regulovat. Samotné řízení vyplývá z topologie spínaných zdrojů, konkrétně je pro spínání užito integrovaného obvodu UC3845. Tento obvod v pouzdře DIL8 s maximálním spínacím kmitočtem 500kHz a omezením maximální délky propustného pulzu v rozmezí 50 – 70 % je často používanou součástí v podobných zapojeních.

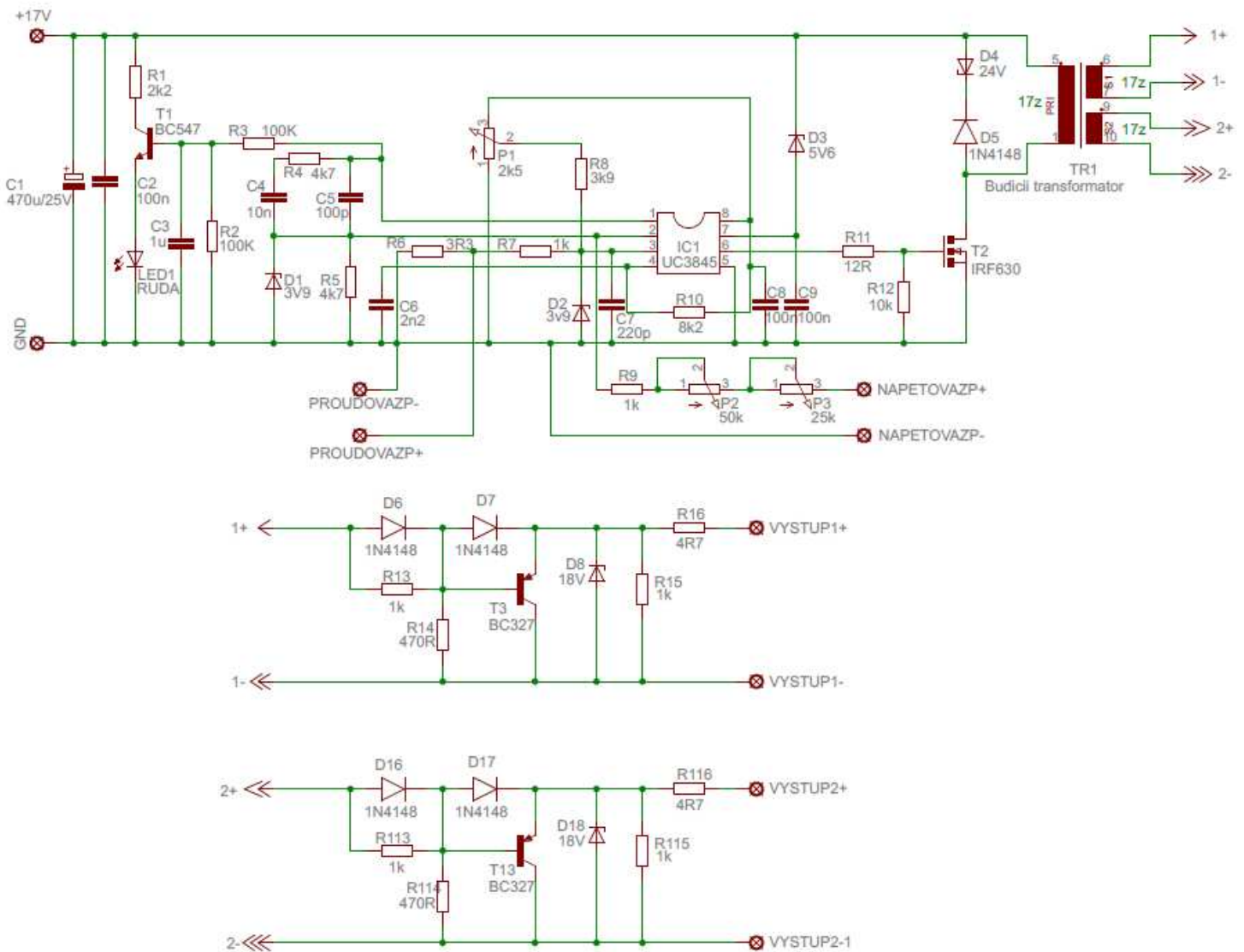
Obvod je napájen z pomocného zdroje, tedy 17V, které je ještě omezeno zenerovou diodou D3 5V6 na hodnotu 11,4V. Pracovní frekvence obvodu UC3845 je nastavena pomocí rezistoru R10 o odporu 8k2 a kondenzátorem C6 o kapacitě 2n2 viz schéma níže na frekvenci 50kHz. Výstup je určen pro spínání MOS-FET tranzistoru ve schématu označen jako T2 (bipolární tranzistory mohou být též buzeny). Tranzistor T2 je tedy spínán UC3845 a přes propustný budicí transformátor zajišťující galvanické oddělení spíná Gate vstupy IGBT tranzistorů.



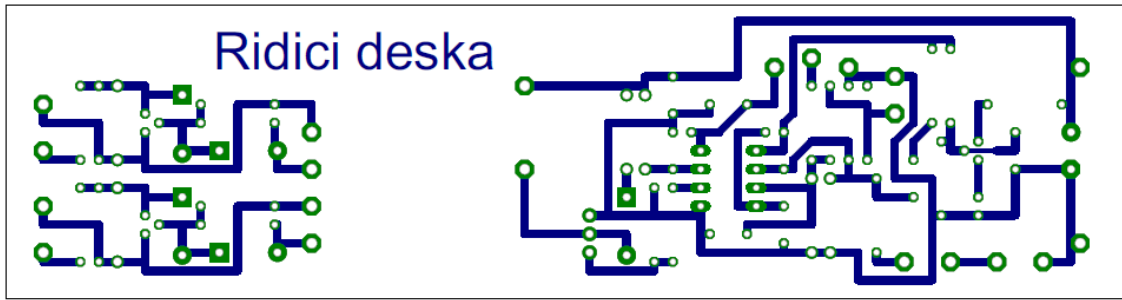
Obr. 13 Vnitřní blokové zapojení obvodu UC3845

Jak je z vnitřního schématu patrné, tak signál napěťové zpětné vazby vstupuje do vstupu 2 – voltage feedback input do operačního zesilovače a na tuto odchylku reaguje blok Latching PWM, změny se projeví na výstupu 6 pouzdra obvodu. Napětí se reguluje potenciometry P2 – 50k hrubě a P3 – 25k jemně. Proud se omezuje potenciometrem P1 – 2,5k. Potenciometry v provedení TP280 od firmy Tesla však nejsou připájeny přímo na řídicí desce, protože by nebylo možné přesně hřídele potenciometrů zasadit do předního panelu (podrobně popsáno

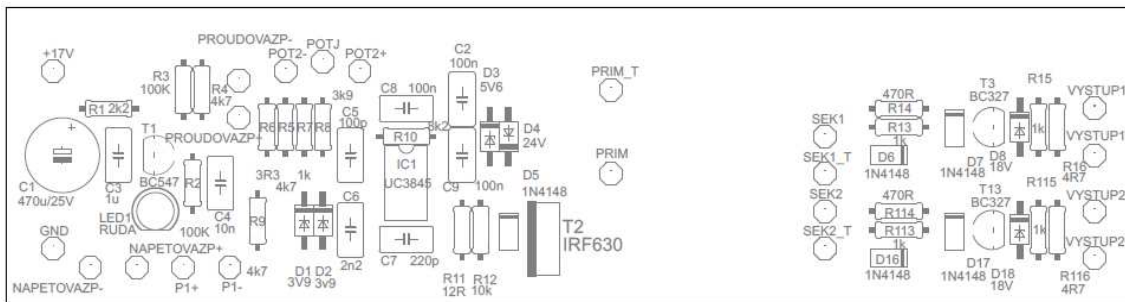
v mechanické konstrukci zdroje). Ke zjištění proudového režimu, popřípadě zkratu slouží LED dioda LED1, která se rozsvítí pouze tehdy, bude-li na výstupu 1 obvodu UC3845 napětí 6V proti kostře GND. Poslední částí, která stojí za zmínku je budící transformátor TR1 a tvarovače signálu na výstupu budícího transformátoru. Budící transformátor je navinut na železoprachovém jádře E1 z počítačového ATX zdroje. Vinutí jsou dohromady tři, navinuty po 17 závitů viz obrázek níže. Tvarovače signálu tvarují signál na obdélník (výstup z budícího transformátoru se obdélníku dosti blíží) jejich výstup se připojuje přímo na výkonovou část zdroje na tranzistory IGBT.



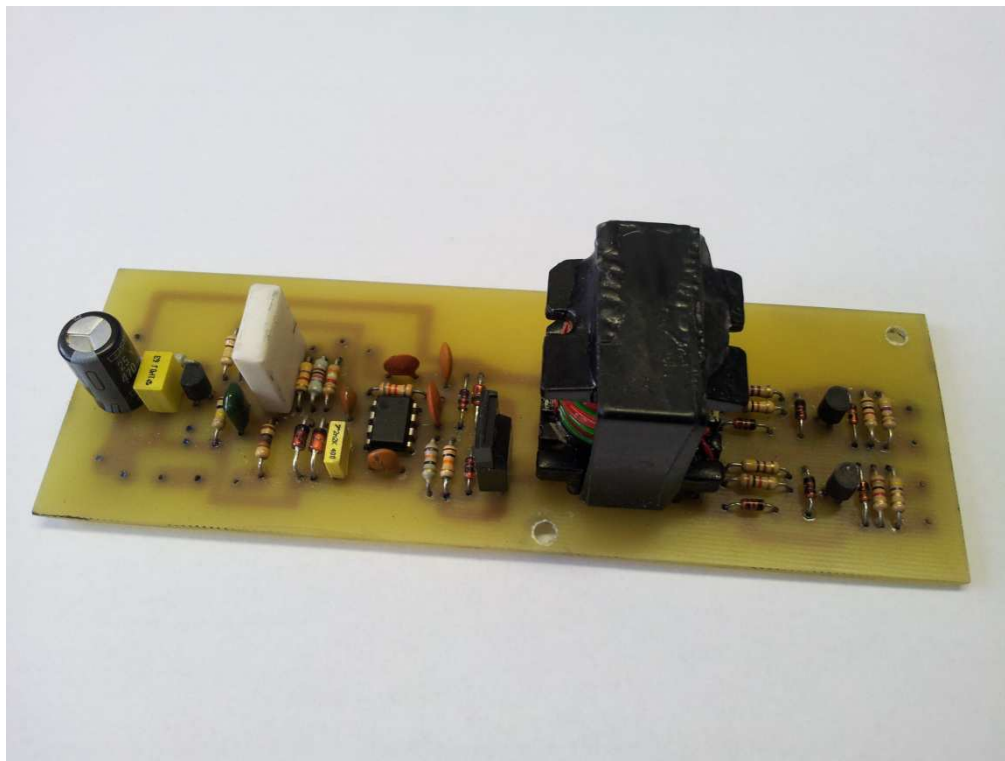
Obr. 14 Schéma zapojení řídicí části s obvodem UC3845 (ve spodní části dvojice tvarovačů signálu)



Obr. 15 Výkres desky plošných spojů řídicí desky zdroje, měřítko 1:1, 153,5x40,5mm



Obr. 16 Osazovací plán desky plošných spojů řídicí desky zdroje



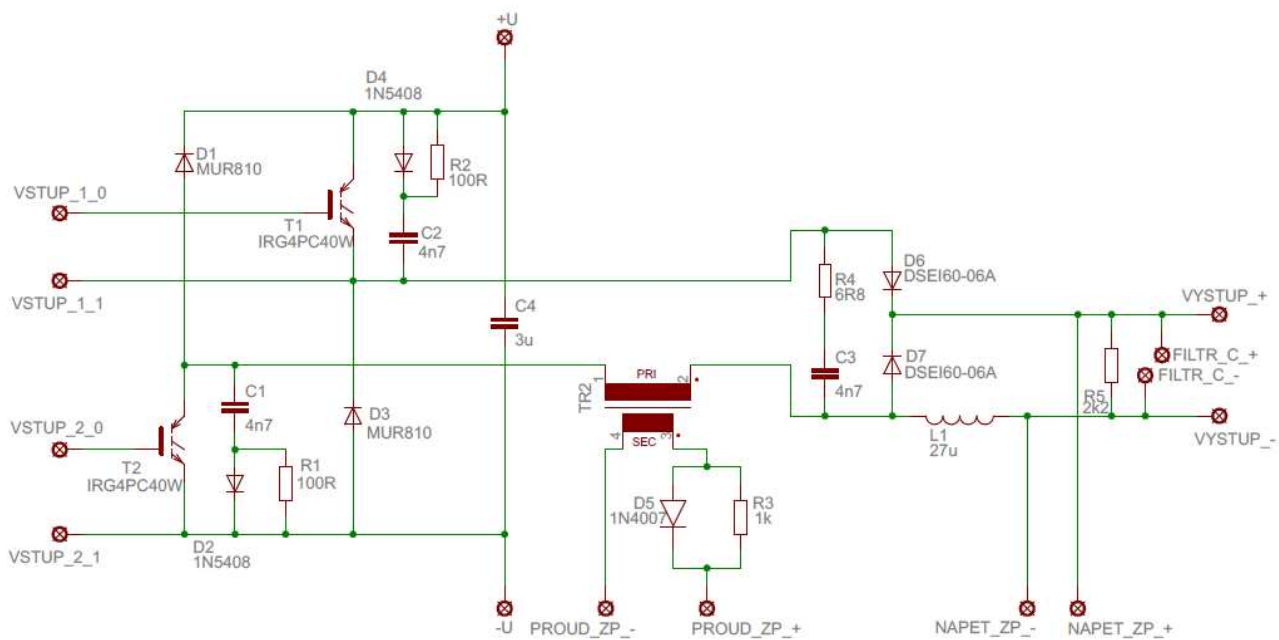
Obr. 17 Osazená řídicí deska zdroje bez připojené kabeláže

Seznam použitých součástek řídicí desky:

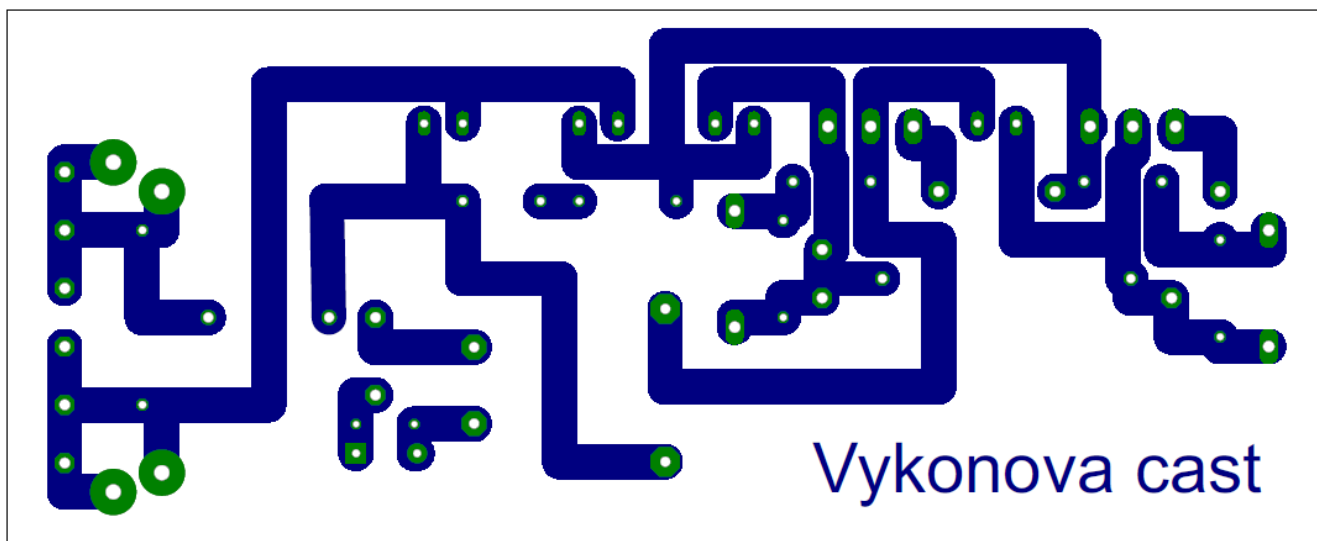
R1	2k2, 0207/7
R10	8k2, 0207/7
R11	12R, 0207/7
R12	10k, 0207/7
R14, R114	470R, 0207/7
R16, R116	4R7, 0207/7
R2, R3	100K, 0207/7
R4, R5, R9	4k7, 0207/7
R6	3R3, 0207/7
R7, R13, R15, R113, R115	1k, 0207/7
R8	3k9, 0207/7
C1	470u/25V, E5-10.5
C2, C8, C9	100n, 050-035X075
C3	1u, 050-035X075
C4	10n, 050-035X075
C5	100p, 050-035X075
C6	2n2, 050-035X075
C7	220p, 050-035X075
D1	BZX83V003.9, 0,5W
D2	BZX83V003.9, 0,5W
D3	BZX83V005.6, 0,5W
D4	BZX83V0024, 0,5W
D5, D6, D7, D16, D17	1N4148, DO35-7
D8, D18	BZX83V0018, 0,5W
LED1	kulatá 5mm, rudá
T1	BC547, TO-92
T2	IRF630, TO-220
T3, T13	BC327, TO-92
IC1	UC3845, DIL8

1.7 Výkonová část zdroje

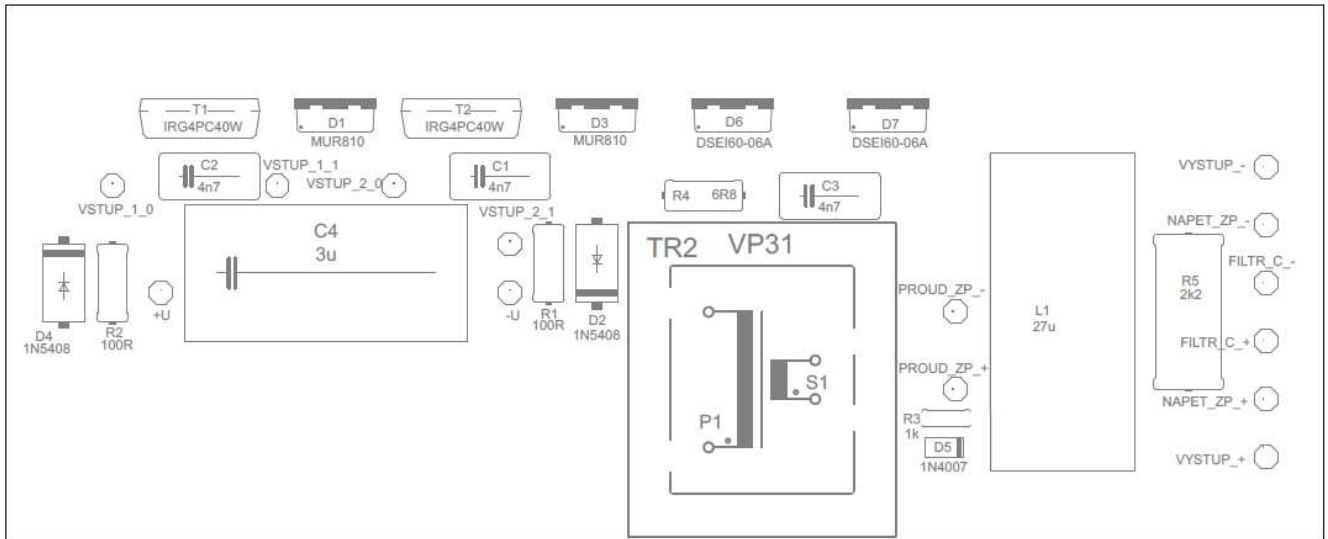
Jak již bylo napsáno v úvodu této práce, tak zdroj není postaven čistě podle topologie spínaných zdrojů. Největší změny se dotkly právě popisované výkonové části. Napětí připojení na přívodní svorky +U a -U není usměrněné síťové napětí (tedy 325V), ale usměrněné a vyfiltrované napětí z toroidního transformátoru (800VA, 60V, 13,3333A od firmy Talema). Velikost napětí mezi svorkami +U a -U je tedy $60 \cdot \sqrt{2} = 84,85\text{V}$. Toto napětí je přivedeno na snižující měnič připomínající propustný měnič (v anglické literatuře označován jako forward) složený z IGBT tranzistorů T1 a T2 (IRG4PC40W). V zapojení jsou použity dva tranzistory a dvě rekuperační diody D1 a D3. Napětí (Vstup_1_0, Vstup_1_1 a Vstup_2_0, Vstup_2_1), kterým jsou otvírány IGBT tranzistory je bráno z řídicí desky. Při sepnutí tranzistorů prochází proud právě přes tyto tranzistory a při rozepnutí (takzvaném deadtimu) prochází přes rekuperační diody D1 a D3. Součástky D2, C1 a R1 (D4, C2 a R2) slouží k ochraně IGBT tranzistorů. Spínané napětí je usměrněno propustným usměrňovačem složeným z diod D6 a D7. Dále je napětí vyfiltrováno LC filtrem. Filtrační kapacita je složena z šestice kondenzátorů 4700 μF /100V, kvůli svým rozměrům by se tudíž nevešla na výkonovou desku a proto je umístěna externě, propojena pomocí (popsáno v kapitole mechanická konstrukce). Indukčnost L1 je navinuta na toroidním jádře a její indukčnost je 27 μH . Po navinutí byla zalita do epoxidu. Rezistor R5 2k2 slouží k vybíjení kapacit, protože jeho odpor není dost nízký (čím menší hodnota jeho odporu bude, tak jím bude protékat čím dál větší proud a výstupní kapacity se budou rychleji vybíjet) muselo se proto na přední panel přidat tlačítko „Vybíjení kapacit“, které po stisku připojí paralelně k rezistoru R5 další rezistor s odporem 56 Ω a tím sníží celkový odpor. Odpor je nutné snížit z jednoho prostého důvodu – kapacita je příliš velká a proto by se změna výstupního napětí vlivem otáčení potenciometrů pro regulaci napětí neprojevila ihned (projevila by se setrvačností). Při změně výstupního napětí je nutné držet tlačítko „Vybíjení kapacit“ aby byla změna na analogových panelových měřičích ihned viditelná. Napěťová zpětná vazba je propojena s řídicí deskou. Proudová zpětná vazba je zavedena přes transformátor Tr2 (navinutý na toroidním jádře 1z/70z) do řídicí části rovněž. Při navrhování desky pro výkonovou část bylo nutné správně dimenzovat šířku spoje. V místech, kde tečou největší proudy, došlo preventivně k naletování drátu průřezu 4mm², aby nedošlo k přehřívání, popřípadě odpaření plošného spoje.



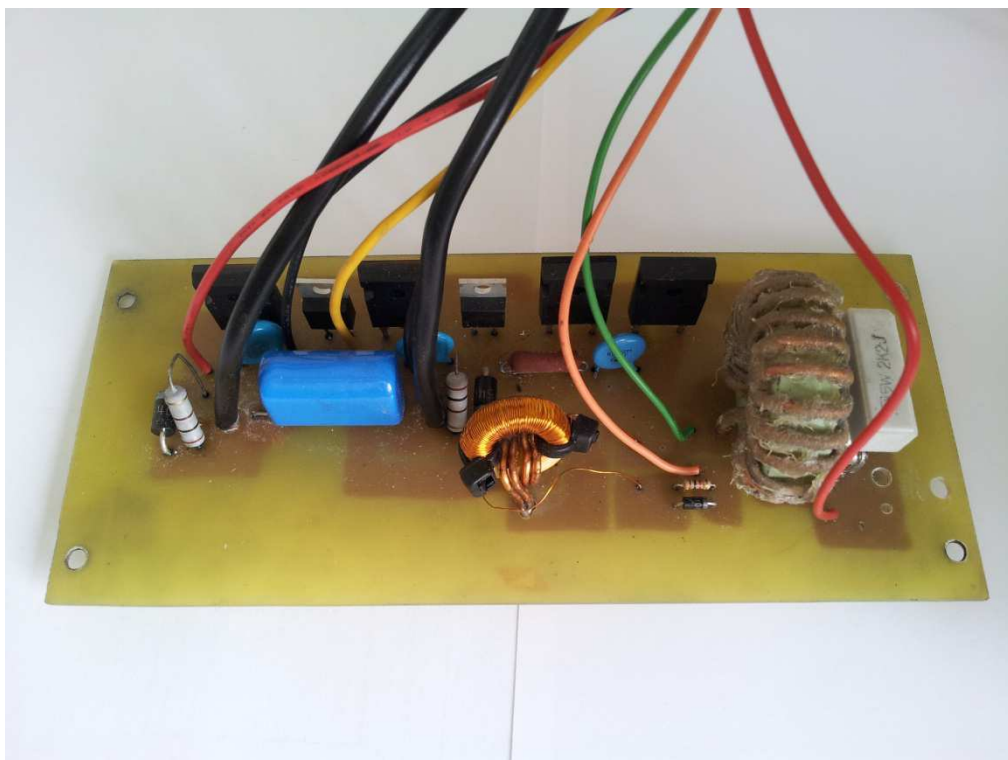
Obr. 18 Schéma zapojení výkonové části



Obr. 19 Výkres desky plošných spojů výkonové desky zdroje, měřítko 1:1, 173x70mm



Obr. 20 Osazovací plán desky plošných spojů výkonové desky zdroje



Obr. 21 Osazená výkonová deska zdroje s připojenými kabely

Seznam použitých součástek výkonové desky:

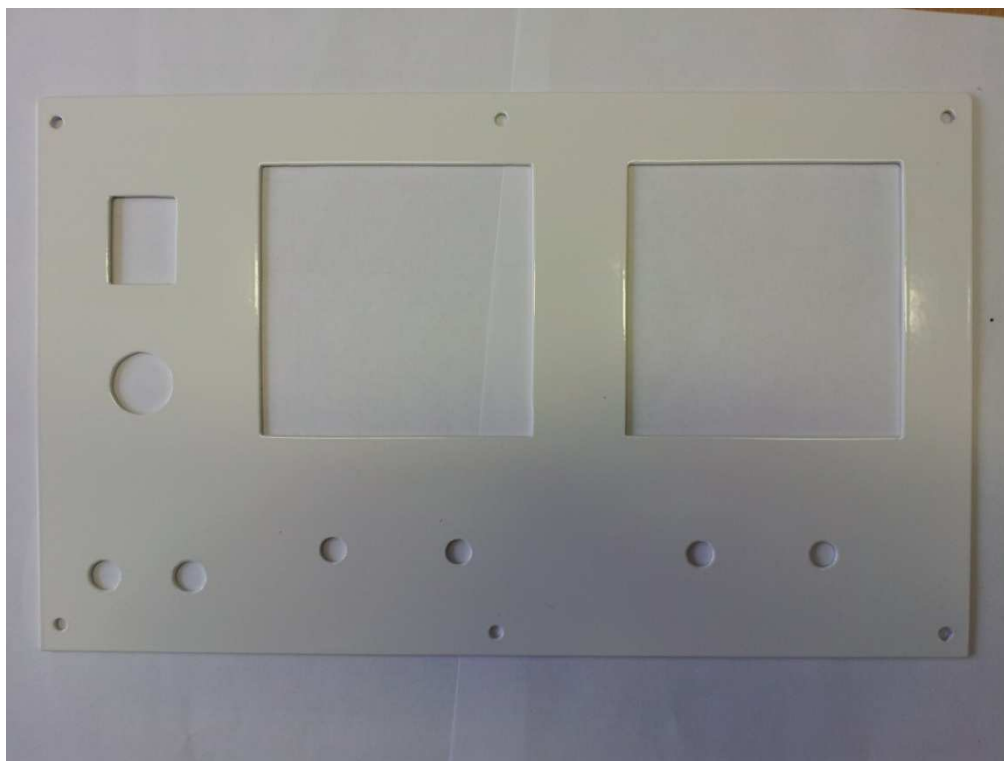
R1, R2	100R, 0411/12
R3	1k, 0207/7
R4	6R8, 0411/12
R5	2k2, 0922/22
C1, C2, C3	4n7, 102-064X133
C4	3u, 325-182X374
D1, D3	MUR810, TO-220
D2, D4	1N5408, DO201AD
D5	1N4007, DO41
D6, D7	DSEI60-06A, TO-247AD
L1	27uH
T1, T2	IRG4PC40W, TO- 247AD
TR2	1z/70z

1.8 Mechanická část

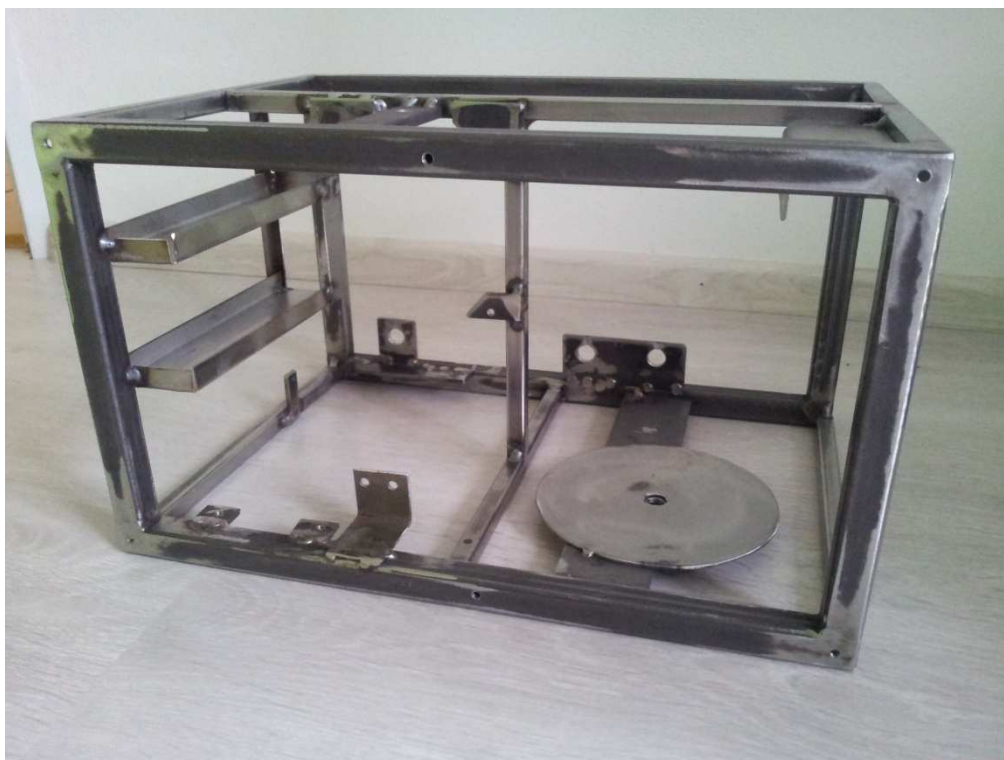
Nejdůležitější při stavbě jakéhokoliv zařízení je potřeba vyřešit uložení všech komponent (v případě popisovaného zdroje modulů, v podobě například řídicí desky, desky pomocného zdroje...). Na trhu je možné zakoupit prefabrikované polotovary plastových i kovových přístrojových skříní. Finální provedení skříně pro každé zařízení ovlivňuje i celkovou vizuální stránku. Při návrhu skříně je nutné správné rozmístění každé komponenty kvůli lepší úspoře místa a přístupu pro servisní úpravy.

Pro finální provedení přístrojové skříně popisovaného zdroje byla zvolena kovová konstrukce vyrobená svépomocí. Přední rám zdroje je svařen z jāklového profilu 15x15mm do obdélníku o rozměrech 320x190mm. Stejným způsobem je svařen i zadní rám. Svařením předního i zadního rámu čtveřicí jāklových profilů 10x10mm délky 200mm dostáváme kvádr o rozměrech 320x190x230mm, který tvoří prostor pro umístění všech komponent. Na dno skříně byla navařena 4mm pásovina 200x40mm pro umístění toroidního transformátoru. Do pásu je vyvrtán otvor 6mm pro šroub M6 na uchycení toroidu. Dále byl na dno navařen jāklový profil 10x10mm délky 200mm sloužící jako nosník pro navaření dalšího jāklového profilu 10x10mm, na kterém jsou navařeny tři železné čtverce ze 2mm pásovin 30x30mm s vyvrtanými 4mm otvory a vyříznutými závity M4 pro uchycení ventilátoru 92x92mm. Na vrchol tohoto profilu je navařen mezi boky skříně jāklový profil 10x10mm o délce 300mm, na který je navařen 4mm pásovina 70x30mm se dvěma zahlubnými otvory s vyříznutými závity M4 pro uchycení chladiče usměrňovače. Celé toto propojení jāklových profilů má za následek lepší zpevnění celé konstrukce. Toto propojení bylo využito i při připojování filtračních kondenzátorů. K jāklovým profilům byly navařeny tři misky z 1mm ohnutého plechu (viz foto). Pro uchycení pomocného zdroje byl ke kostře skříně navařen 1mm plech o rozměrech 70x70mm ohnutý do pravého úhlu, do kterého byly vyvrtány tři otvory xxx a vyřezány závity pro šroub M4. K uchycení řídicí desky byly k pravému boku z vnitřku skříně přivařeny dva držáky ze 2mm pásovin 20x20mm s vyvrtanými otvory 2,4mm a vyřezanými závity M3. Výkonová deska je přišroubována do dvou 2mm pásovin o rozměrech 70x20mm, které jsou přivařeny zevnitř ke spodní straně skříně, se čtyřmi vyvrtanými otvory 3,2mm s vyříznutými závity M4. Pro držení chladiče prvků výkonové části je navařen zezadu kostry 1mm plech 50x30mm ohnutý do pravého úhlu se dvěma vyvrtanými otvory 4mm. Z přední strany zevnitř jāklového profilu bylo nutné navařit dva pásy s vyvrtanými otvory 10mm pro uchycení tří potenciometrů v provedení TP280. Samotný přední panel je vyroben z 1mm duralového plechu o rozměrech 318x192mm. Do panelu bylo nutné vyříznout čtvercové otvory 92x92mm pro ampérmetr a voltmetr, čtveřici 6mm otvorů pro hřídele potenciometrů a

signalizační LED diodu, dvojici kruhových otvorů 10mm pro výstupní zdířky, kruhový 18mm otvor pro tlačítko a obdélníkový otvor 28x22mm pro síťový vypínač. Popisky pro jednotlivé komponenty, které jsou na předním panelu umístěny, byly vytvořeny pomocí potisků Propisot a přestříkány třemi vrstvami bezbarvého laku. Přední kryt je ke kostře přišroubován pomocí šesti šroubů M4. Do zadního panelu vyrobeného z 1mm plechu byl vyříznut kruhový otvor o průměru 17mm, ve kterém je umístěna pomocí čtveřice trhacích nýtů 3x10mm ventilační mřížka, dále obdélníkový otvor 27x17mm pro konektor síťového přívodu. Zadní kryt je ke kostře přišroubován pomocí šesti šroubů M4. Spodní kryt byl vyrobený z plechového rámu o rozměru 315x230mm, do kterého byl navařen tahokov 275x185mm pro lepší odvod tepla ze skříně zdroje. Do spodního krytu jsou vyvrtány čtyři 4mm otvory pro uchycení pryžovým nožiček. Spodní kryt je přišroubován ke kostře pomocí šesti šroubů M4. Kryt vrchní strany a boků byl vyroben z plechu o roztáhnuté délce 715x242 ohnutého do tvaru U s úkosem na přední straně. Vrchní kryt je přišroubován ke kostře pomocí osmi šroubů M4. Celá skříň, vyjma vrchního krytu, je nastříkána bílou práškovou barvou odstínu RAL3000. Vrchní kryt je nastříkán šedou práškovou barvou RAL7331.



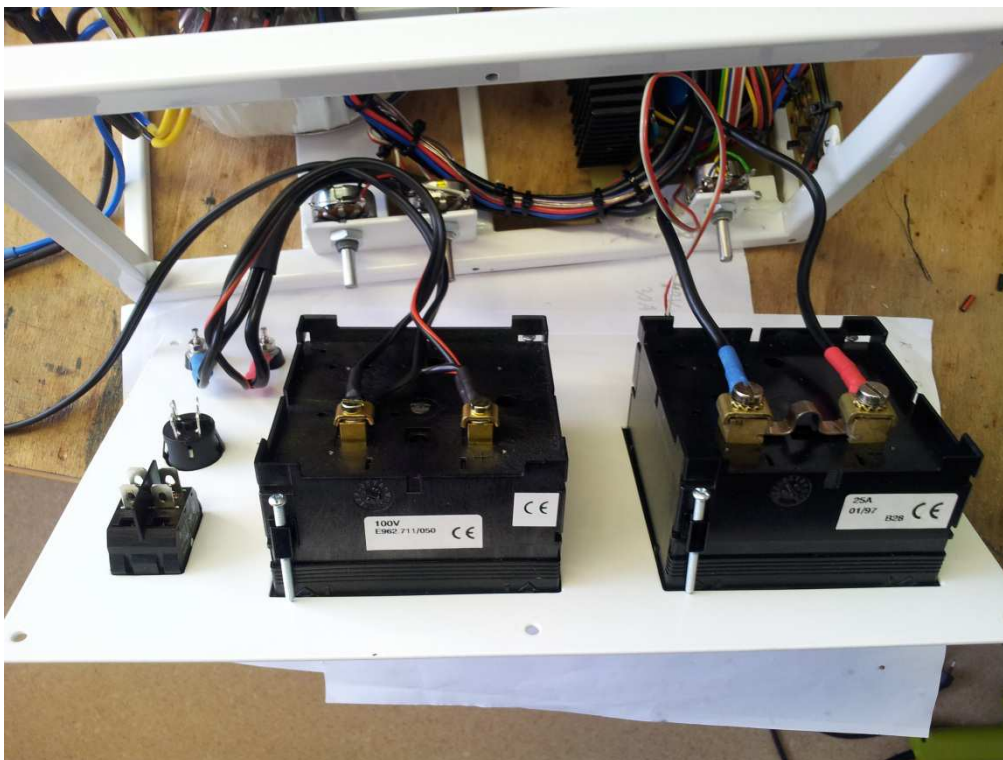
Obr. 22 Přední panel po nastříkání práškovou barvou RAL3000 bez potisků



Obr. 23 Mechanická konstrukce před dokončením



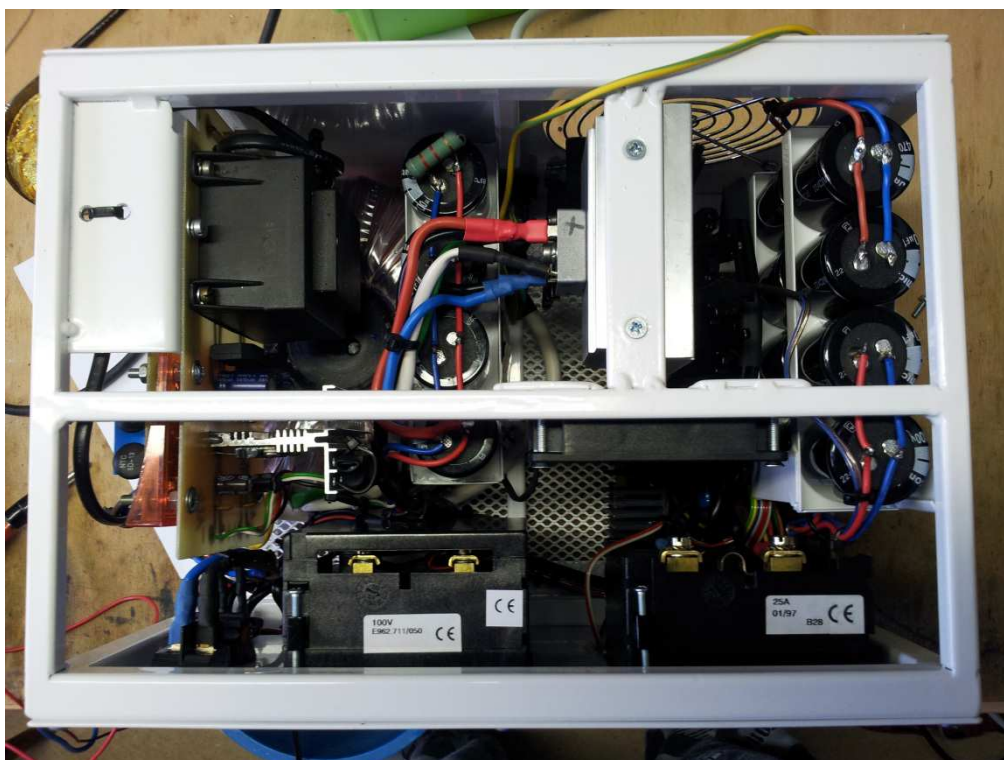
Obr. 24 Skříň zdroje po nastříkání práškovým lakem bílé barvy (otvory s vyříznutými závity byly v průběhu práškování kryté šrouby)



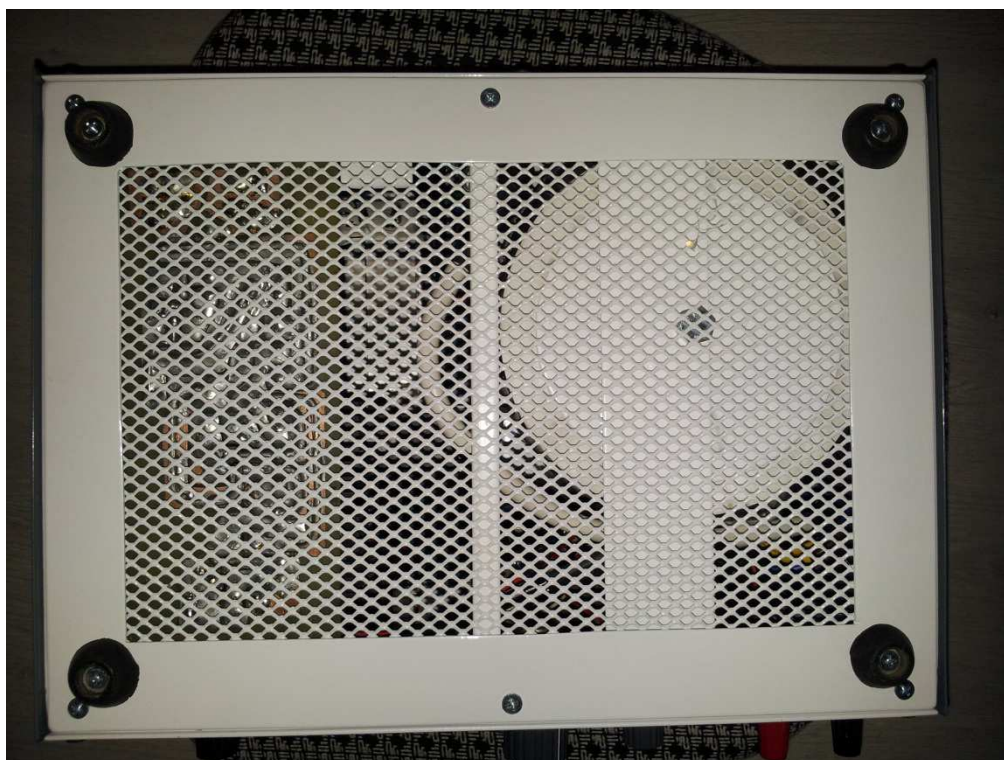
Obr. 25 Pohled na čelní panel z vnitřní strany (připojený voltmetr a ampérmetr)



Obr. 26 Pohled ze zadní strany do útroby zdroje



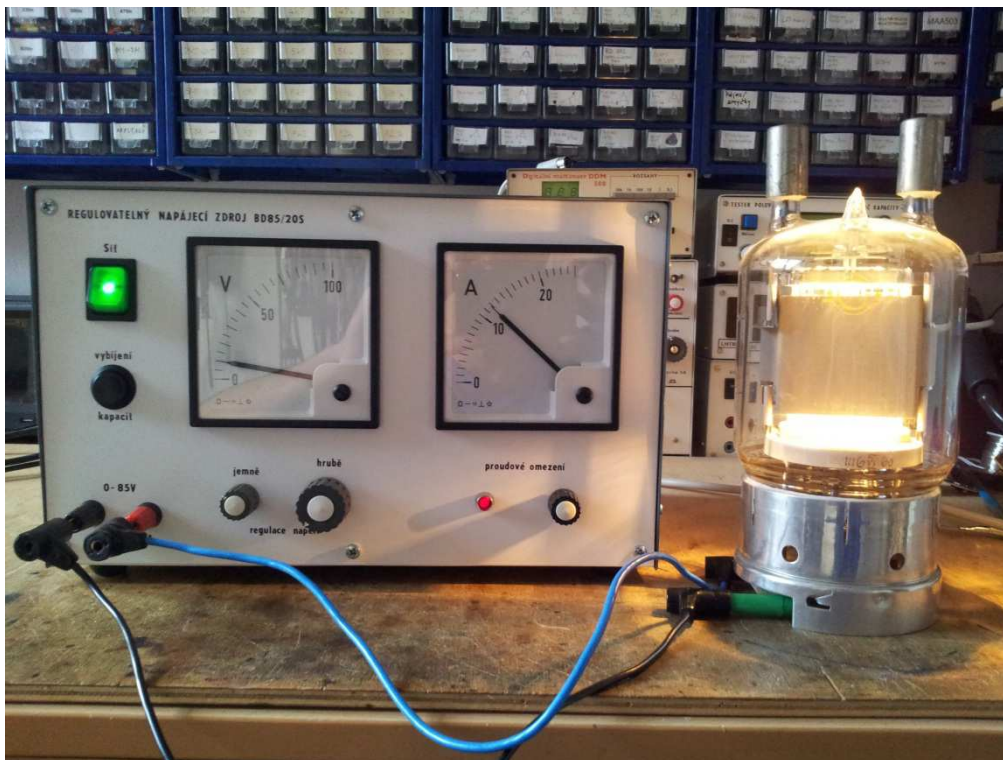
Obr. 27 Pohled z vrchní strany do zdroje – na pravé straně filtrační kondenzátory, na levé straně pomocný zdroj



Obr. 28 Pohled na spodní kryt

1.9 Měření na zdroji

Při měření na zdroji jsem zatěžoval výstup odporovými dráty různých průřezů, pomocí reostatů a v neposlední řadě také běžnými spotřebiči. Ze zdroje je při normálním provozu možné získat až 25A při výstupním napětí 32V. Proud na primáru toroidu nepřekročil při těchto výstupních hodnotách proudu a napětí hodnotu 4A. Tento výkon lze ze zdroje odebírat trvale (testováno nepřetržitě 2 hodiny). Pokud by se ze zdroje odebíral trvale větší výkon, došlo by díky protékajícímu proudu k oteplení kabelů uvnitř zdroje a mohl by dojít k jejich proražení a vzniku požáru, a to i když jsou mezi výstupními svorkami zdroje a výkonovou deskou vedeny silové kabely průřezu 6mm². Zbylé kabely, kde potenciálně tečou větší proudy, jsou tvořeny z licny průřezu 2,5mm². Proto byl takto zvolen i ampérmetr, který má rozsah 25A. Maximální napětí je 85V, při kterém je možné odebírat proud maximálně 1A, protože se v oblasti od 45 do 85 chová jako měkký zdroj napětí. Při napětí 25V může zdroj špičkově dodat až 55A, což je výkon 1375W, ale transformátor je konstruován na 800W (při trvalém zatížení by hrozilo poškození zdroje). Při napětí 2,5V zdroj dodává maximálně 96A (tento proud se může brát jako zkratový, protože spínané zdroje mají vždy nějaké výstupní napětí a navíc by se zkratový proud měřil dost těžší). Pro ukázkou je na obrázku pod textem vyfocen zdroj se sovětskou elektronkou GU-81M (pentodou), která má katalogové napětí pro žhavení 12,6V a proudový odběr 10A. V mém případě jsem nechtěl napájet žhavení elektronky přímo 12,6V (pouze 10V) a proto proud vzrostl na hodnotu 11,8A.



Obr. 29 Zdroj BD85/20S žhavící elektronku GU-81M

2 Pár slov závěrem

Celá konstrukce zdroje, ať elektronická, tak mechanická byla jednoznačným přínosem. Všechny předem zadané cíle byly splněny a zařízení jako celek funguje bez problému. Velice se osvědčila metoda navrhování a konstruování jednotlivých částí jako modulů, které jsou mezi sebou pospojovány. Díky tomuto systému se může při opravě přistupovat vždy pouze k potřebné desce a není potřeba rozdělovat celý zdroj. Po povolení osmi šroubů M4 navíc získáme přístup z vrchní strany a obou bočních stran. Zdroj bude používán při návrhu dalších elektronických zařízení, a to hlavně pro napájení DC-DC měničů. Celková cena zdroje se vyšplhala na 10000Kč. Celková hmotnost zdroje je 16,5kg. Na závěr bych chtěl poděkovat mé rodině, která mě psychicky i hmotně při stavbě pomohla.



Obr. 30 Pohled na zadní stranu zdroje

Seznam obrázků

Obr. 1 Ukázka průmyslově vyráběných napájecích zdrojů – firem Mean Well, Diametral a Manson ...	7
Obr. 2 Čelní pohled na zdroj BD85/20S	8
Obr. 3 Blokové schéma zdroje BD85/20.....	10
Obr. 4 Schéma zapojení softstartu pro toroidní transformátor	11
Obr. 5 Výkres desky plošných spojů softstartu s dimenzováním cest silové části (tloušťka 1,93mm) a řídicí části (tloušťka 1,016mm), měřítko 1:1, 81x58mm	12
Obr. 6 Osazovací plán softstartu	12
Obr. 7 Osazená deska softstartu – na vrchní straně desky připojení k síti a výstup na toroidní transformátor	13
Obr. 8 Schéma zapojení pomocného zdroje	14
Obr. 9 Výkres desky plošných spojů pomocného zdroje, měřítko 1:1, 173x95mm.....	15
Obr. 10 Osazovací plán pomocného zdroje.....	15
Obr. 11 Osazená deska pomocného zdroje.....	16
Obr. 12 Schéma zapojení regulátoru otáček ventilátoru.....	17
Obr. 13 Vnitřní blokové zapojení obvodu UC3845	18
Obr. 14 Schéma zapojení řídicí části s obvodem UC3845 (ve spodní části dvojce tvarovačů signálu)	19
Obr. 15 Výkres desky plošných spojů řídicí desky zdroje, měřítko 1:1, 153,5x40,5mm.....	20
Obr. 16 Osazovací plán desky plošných spojů řídicí desky zdroje	20
Obr. 17 Osazená řídicí deska zdroje bez připojené kabeláže	20
Obr. 18 Schéma zapojení výkonové části.....	23
Obr. 19 Výkres desky plošných spojů výkonové desky zdroje, měřítko 1:1, 173x70mm	23
Obr. 20 Osazovací plán desky plošných spojů výkonové desky zdroje	24
Obr. 21 Osazená výkonová deska zdroje s připojenými kabely.....	24
Obr. 22 Přední panel po nastříkání práškovou barvou RAL3000 bez potisků	27
Obr. 23 Mechanická konstrukce před dokončením	28
Obr. 24 Skříň zdroje po nastříkání práškovým lakem bílé barvy (otvory s vyříznutými závity byly v průběhu práškování kryté šrouby)	28
Obr. 25 Pohled na čelní panel z vnitřní strany (připojený voltmetr a ampérmetr).....	29
Obr. 26 Pohled ze zadní strany do útrob zdroje	29
Obr. 27 Pohled z vrchní strany do zdroje – na pravé straně filtrační kondenzátory, na levé straně pomocný zdroj	30
Obr. 28 Pohled na spodní kryt.....	30
Obr. 29 Zdroj BD85/20S žhavicí elektronku GU-81M.....	31
Obr. 30 Pohled na zadní stranu zdroje.....	32

Použitá literatura

Napájecí zdroje I., [cit. 13. 12. 2012], Alexandr Krejčířík, nakladatelství BEN

Napájecí zdroje II., [cit. 13. 12. 2012], Alexandr Krejčířík, nakladatelství BEN

Napájecí zdroje III., [cit. 13. 12. 2012], Alexandr Krejčířík, nakladatelství BEN

Jak pracují DC-DC měniče, [cit. 13. 12. 2012], Alexandr Krejčířík, nakladatelství BEN

Elektronika obvody, součástky, děje, [cit. 13. 12. 2012], Robert Láníček, nakladatelství BEN

Regulovatelný napájecí zdroj 3-60V/40A, [cit. 13. 12. 2012], <http://danyk.wz.cz/reg60v.html>

Datasheety:

ON SEMICONDUCTOR, UC3845, [cit. 13. 12. 2012].

http://www.onsemi.com/pub_link/Collateral/UC3844-D.PDF

IRF, IRG4PC40W, [cit. 13. 12. 2012].

<http://www.irf.com/product-info/datasheets/data/irg4pc40w.pdf>

TEXAS INSTRUMENT, CD4060B, [cit. 13. 12. 2012].

<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/cd4060b.pdf>