



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY

DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING

ZDROJE MALÉHO VÝKONU

LOW-POWER ELECTRICAL SOURCES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ondřej Kotásek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Petr Procházka, Ph.D.

BRNO 2016

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika**

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

Student: Ondřej Kotásek

ID: 158638

Ročník: 3

Akademický rok: 2015/16

NÁZEV TÉMATU:

Zdroje malého výkonu

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Na základě literární rešerše vyberte vhodnou koncepci pro realizaci zdroje s parametry: $U_{in} = 12 - 24 \text{ V}$, $U_{out} = 5 \text{ V}$ a $I_{out} = 0,5 - 1,5 \text{ A}$.
2. Pro vybranou koncepci navrhnete zapojení konkrétního zdroje.
3. Realizujte navržené obvody

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] Patočka M. Magnetické jevy a obvody ve výkonové elektronice, měřicí technice a silnoproudé elektrotechnice. Brno: VUT IUM, 2011. 564 s. ISBN: 978-80-214-4003-6.

[2] Patočka M., Vybrané stati z výkonové elektroniky, Svazek II., Vydání 3., skriptum FEKT VUT Brno, 2004

Termín zadání: 21.9.2015

Termín odevzdání: 31.5.2016

Vedoucí práce: Ing. Petr Procházka, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce:

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D., předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

V teoretické části jsou popsány různé typy DC/DC měničů, které patří mezi nejznámější. Jsou to měniče s jedním akumulacním prvkem, snižující a zvyšující neinvertující měnič, invertující měnič se společnou tlumivkou a Čukův měnič. Druhá část práce se zabývá samotným návrhem a realizací dvou zadaných zdrojů malého výkonu. Jsou zde popsány dvě hlavní navržené součástky pro každý obvod. Dále se práce věnuje vytvoření schémat a desek plošných spojů v programu Eagle. Závěrem je uveden postup při pájení součástek na vyrobenou desku plošných spojů.

Abstract

In the theoretical section describes the different types of DC / DC converters, which are among the best known. It's a drive with one storage element, decreasing and increasing non-inverting converter, an inverting converter with a common choke and Čuk's changer. The second part deals with the actual design and implementation of the two input sources for low power. Here are described two main components designed for each circuit. Furthermore, the work to create schematics and PCB in Eagle. Finally, learn how to solder components on the PCB made.

Klíčová slova

Spínaný zdroj; DC/DC měnič; měniče bez transformátoru;

Keywords

Switching power supply; DC/DC converter; converters without transformers;

Bibliografická citace

KOTÁSEK, O. *Zdroje malého výkonu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2016. 35 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Procházka, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Zdroje malého výkonu jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne

Podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Petru Procházkovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne

Podpis autora



OBSAH

1 ÚVOD	11
2 DC/DC MĚNIČE BEZ TRANSFORMÁTORU	12
2.1 PRACOVNÍ KVADRANTY MĚNIČŮ	13
2.2 POŽADAVKY NA SPÍNANÉ NAPÁJECÍ ZDROJE	13
2.3 MĚNIČ S JEDNÍM AKUMULAČNÍM PRVKEM	14
2.4 SNIŽUJÍCÍ NEINVERTUJÍCÍ MĚNIČ	14
2.5 ZVYŠUJÍCÍ NEINVERTUJÍCÍ MĚNIČ	14
2.6 INVERTUJÍCÍ MĚNIČ SE SPOLEČNOU TLUMIVKOU	15
2.7 ČUKŮV MĚNIČ	16
2.8 MĚNIČE MŮSTKOVÉ	17
2.8.1 ČTYŘKVADRANTOVÝ MŮSTEK	17
2.8.2 DVOUKVADRANTOVÝ MŮSTEK	18
2.8.3 JEDNOFÁZOVÝ AKTIVNÍ USMĚRŇOVAČ	18
3 NÁVRH ZDROJE MALÉHO VÝKONU	19
3.1 SPÍNANÝ REGULÁTOR LT1074	19
3.1.1 BLOKOVÉ SCHÉMA	20
3.2 OBVOD MC33063AD	21
3.3 KRESLENÍ SCHÉMAT V PROGRAMU EAGLE	22
3.4 TVORBA DPS V PROGRAMU EAGLE	23
3.5 OSAZENÍ DESEK SOUČÁSTKAMI	23
4 ZÁVĚR	24
LITERATURA	25
SEZNAM PŘÍLOH	26
PŘÍLOHY	27



SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Pracovní kvadranty měničů

Obr. 2: Možné zapojení měniče s jedním akumulacním prvkem

Obr. 3: Zapojení zvyšujícího měniče

Obr. 4: Schéma zapojení invertujícího měniče

Obr. 5: Schéma zapojení Čukova měniče

Obr. 6: Čtyřkvadrantový můstek

Obr. 7: Dvoukvadrantový můstek

Obr. 8: Spínaný regulátor LT1074

Obr. 9: Schéma zapojení součástky LT1074

Obr. 10: Blokové schéma LT1074

Obr 11: MC33063AD

Obr. 12: Blokové schéma zapojení MC36063AD



SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Objednané součástky pro DPS



SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

C	kondenzátor
D	dioda
DC/DC	stejnoseměrný (měnič)
DPS	deska plošného spoje
I	proud
IGBT	bipolární tranzistor s izolovaným hradlem
L	cívka (indukčnost)
MOSFET	polem řízený tranzistor
PWM	pulsní šířková modulace
R	rezistor
SMD	součástka pro povrchovou montáž plošných spojů
T	tranzistor
U	napětí



1 ÚVOD

Většina elektronických zařízení pracuje díky stejnosměrnému zdroji elektrické energie. Dříve se ke změně velikosti napětí používaly síťové transformátory, které snižovaly nebo zvyšovaly napětí na potřebnou hodnotu. Střídavé napětí se pak pomocí usměrňovače složeného z diod a filtračních kondenzátorů změnilo na výsledné stejnosměrné napětí.

DC/DC měniče se v dnešní době vyrábějí pro potřeby spínaných zdrojů, které nalezneme nejčastěji v počítačových zdrojích, v noteboocích, v mobilních telefonech a v jejich zdrojích, v nabíječkách baterií a v nejrůznější jiné spotřební elektronice. Jejich použití je výhodné proto, že kromě vysoké účinnosti mají nízkou hmotnost a malé rozměry.

V první části této bakalářské práce je uveden teoretický rozbor několika základních typů DC/DC měničů. Práce pokračuje popisem použitých součástek a na závěr se práce věnuje samotné realizaci dvou vybraných schémat.



2 DC/DC MĚNIČE BEZ TRANSFORMÁTORU

DC/DC měniče slouží k regulaci elektrické energie. Mění vstupní stejnosměrné napětí na jiné výstupní stejnosměrné napětí. Měnič se skládá ze silového obvodu a řídicí elektroniky.

DC/DC měniče dokáží napětí nejenom snižovat, ale i zvyšovat. Měniče se dnes používají v elektronice napájené z baterií, na základových deskách počítačů a v dalších zařízeních.

První zmínky o spínaných DC/DC měničích jsou z 60. let minulého století a s příchodem rychlých polovodičových tranzistorů se rozšířily ještě více. Dnes jsou k nalezení téměř v každé spotřební elektronice.

Spínané měniče pracují na několika různých principech. Mezi nejrozšířenější patří elektromagnetické, které k uchování energie používají nejčastěji cívku. Existuje mnoho různých typů, podle toho jestli se napětí snižuje, zvyšuje, jestli je zapotřebí výstup galvanicky oddělit, jestli je nutné elektrickou energii dodávat oběma směry.

Typy DC/DC měničů

- step-up (boost) měnič pro zvýšení napětí,
- step-down (buck) pro snížení napětí,
- SEPIC měnič (umožňuje napětí snižovat i zvyšovat),
- invertující buck-boost (z kladného napětí vytvoří záporné),
- můstkový měnič pro galvanické oddělení,
- push-pull měnič (také pro galvanické oddělení).

Ve spotřební elektronice, která je napájena z baterie, se nejčastěji používají zvyšující měniče, které mají navíc obvod pro měření výstupního napětí. Naměřené hodnoty pak slouží jako zpětná vazba pro spínací obvod. Tím pádem je zaručena konstantní velikost výstupního napětí i v případě, že se baterie začne vybíjet.

Další kategorií jsou měniče kapacitní, ukládající energii do kondenzátoru. Sem patří nábojové/napěťové pumpy a zdvojovače napětí.

Existují i měniče založené na mechanickém principu. Obsahují motor, který může být stejnosměrný i střídavý a na jeho hřídeli je pak připevněn alternátor (nebo generátor). Vhodnou konstrukcí cívek je pak možné vyrobit měnič na libovolné napětí o velmi vysokém výkonu. Vstupní napětí je navíc galvanicky odděleno od výstupu. Tyto měniče se používaly například v lokomotivách a tramvajích.

DC/DC měniče mohou přenášet energii z principu oběma směry. Mohou tedy čerpat energii ze zdroje a dodávat ji do zátěže nebo také opačně energii čerpat ze zátěže a dodávat ji do zdroje.

Zdrojem s konstantním napětím, schopným dodávat i akumulovat energii, je akumulátor. Použijeme-li jako zdroj např. usměrňovač se sběrným kondenzátorem, pak není schopen dlouhodobě jímat energii z měniče, tj. dlouhodobě nesmí ve střední hodnotě převládat směr proudu do kladné svorky zdroje (krátkodobě, v okamžité hodnotě, je takový směr možný). Nabíjením



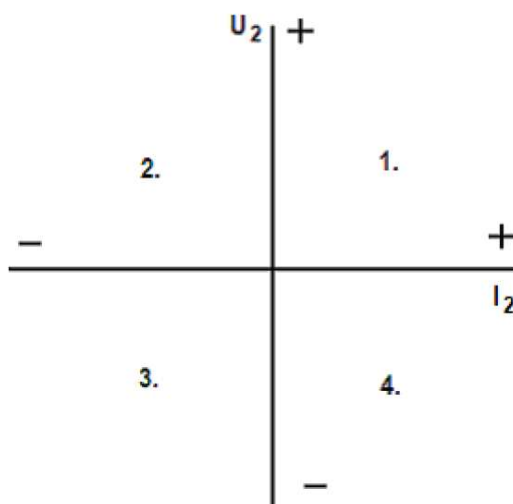
sběrného kondenzátoru by totiž rostlo napětí. Tomu lze zabránit přeměnou dodávané energie na teplo ve vybíjecím rezistoru či na Zenerově diodě, zapojené paralelně ke sběrnému kondenzátoru.

Z hlediska schopnosti spotřeby či dodávky energie lze rozlišovat zátěž aktivní a pasivní. Aktivní zátěží je opět např. akumulátor, ale třeba i stejnosměrný motor. Vnitřní rotační (pohybové) indukované napětí je úměrné otáčkám, proud pak momentu na hřídeli a to včetně znamének.

Teče-li proud ve střední hodnotě do zátěže, pak motor pohání, tj. mění elektrickou energii na mechanickou. Teče-li ze zátěže, pak motor brzdí, tj. mění z vnějšku dodávanou mechanickou energii na energii elektrickou. [1]

2.1 Pracovní kvadranty měničů

Hlavní charakteristikou, podle které se určuje, v jakém pracovním kvadrantu (viz obr. 1) měnič pracuje, je polarita výstupního napětí a výstupního proudu.



Obr. 1: Pracovní kvadranty měničů

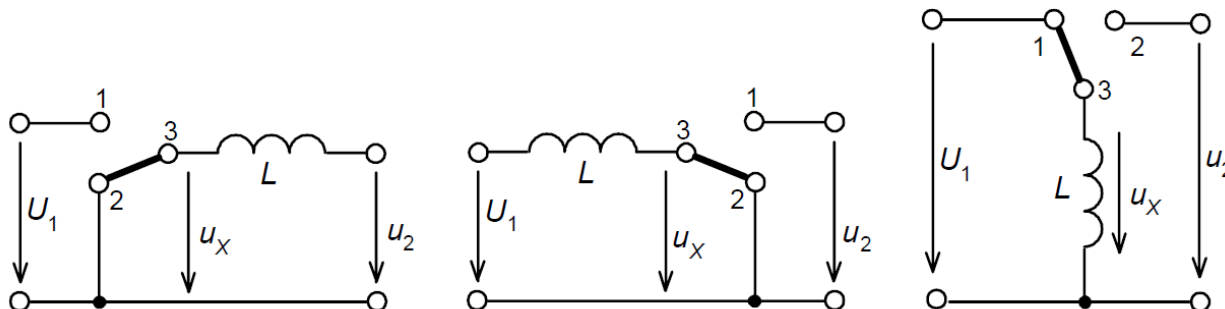
V prvním a třetím kvadrantu dodává měnič energii do zátěže. Měniče s pasivní zátěží pracují jen v prvním a třetím kvadrantu. Ve zbylých kvadrantech pracuje měnič s aktivní zátěží a tato zátěž dodává energii zpět do měniče. [2]

2.2 Požadavky na spínané napájecí zdroje

- stabilizované výstupní napětí,
- maximální proudová zatížitelnost při jmenovitém výstupním napětí,
- minimální rušení napájecího a napájeného obvodu,
- minimální rozměry (ekonomická stránka),
- co nejvyšší účinnost,
- jednoduchost zapojení,
- ochrana zařízení před poruchou zdroje (přepětí, zkrat) [2].

2.3 Měnič s jedním akumulacním prvkem

Pro takový měnič je zapotřebí silový obvod měniče složený ze dvou prvků. Bude složen z indukčnosti a ideálního přepínače. Měnič s jedním akumulacním prvkem je možné zapojit třemi způsoby podle obr. 2.



Obr. 2: Možné zapojení měniče s jedním akumulacním prvkem

Pro první variantu platí, že výstupní napětí je vždy menší než vstupní a má stejnou polaritu. Jde tedy o měnič snižující a neinvertující. Pracuje v 1. a 2. kvadrantu. To znamená, že měnič je schopen dávat napětí jediné polarity, ale proud může téci oběma směry.

V druhém případě je střední hodnota výstupního napětí vyšší než vstupní napětí a má stejnou polaritu. Jedná se tedy o zvyšující a neinvertující měnič. Pracuje opět v 1. a 2. kvadrantu.

Pro poslední variantu platí, že výstupní napětí má opačnou polaritu než vstupní, jde tedy o měnič invertující. Měnič pracuje ve 3. a 4. kvadrantu. Velikost výstupního napětí může být větší i menší než vstupní. [3]

2.4 Snižující neinvertující měnič

Jedná se o měnič, který pracuje v 1. kvadrantu. Je to měnič s horním spínačem.

Snižující měnič (snižovač) slouží ke snižování napětí s nízkými ztrátami. Měnič je efektivnější než spojitý stabilizátor, který celý rozdíl přeměňuje na teplo. Po sepnutí tranzistoru se na cívce objeví rozdíl. Proud cívky lineárně roste, dioda je zavřená. Rozdílová energie se shromažďuje v cívce. Po rozepnutí tranzistoru se polarita napětí na cívce obrátí, otevře se dioda, proud teče z cívky přes diodu do kondenzátoru, proud lineárně klesá. Energie nashromážděná v cívce se tedy přenáší do kondenzátoru a na výstup.

Nevýhodou snižovače oproti zvyšovači je nutnost použít plovoucí buzení. To lze nahradit použitím tranzistoru typu P, ale je to možné jen u obvodů s malým vstupním napětím. Pro větší napětí nebo větší výkony se používají výhradně tranzistory typu N a specializované budící obvody umožňující plovoucí buzení či budící transformátor. [3, 4, 6]

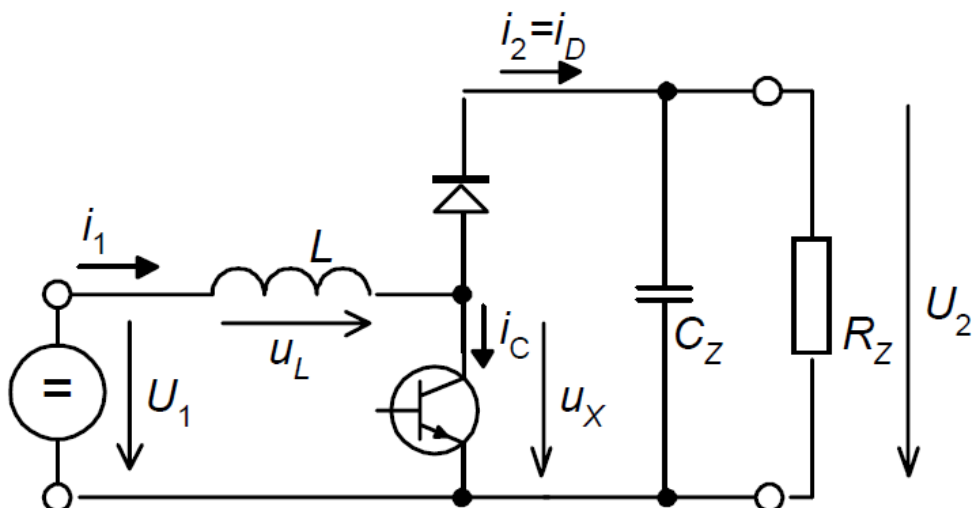
2.5 Zvyšující neinvertující měnič

Jedná se o měnič s dolním spínačem, který pracuje v 1. kvadrantu.

Zvyšující měnič na obr. 3 zvyšuje vstupní napětí. Po sepnutí tranzistoru se připojí napětí na cívku, působením napětí roste lineárně proud až do okamžiku rozpojení tranzistoru. Poté se polarita napětí na cívce obrátí, napětí cívky se přičítá ke vstupnímu napětí, proud teče z cívky přes diodu

do kondenzátoru. Energie z cívky se přenáší do kondenzátoru, tím proud postupně klesá až do chvíle, kdy se tranzistor opět sepne.

Výhodou zvyšujícího měniče je, že tranzistor pracuje s uzemněným emitorem a díky tomu není potřeba plovoucí buzení ani proudový transformátor. Nevýhodou je, že ho nelze nijak vypnout a nemůže být odolný proti zkratu a přetížení. I když se tranzistor zavře, vstupní napětí stále prochází přes cívku a diodu na výstup. [3, 4, 6]

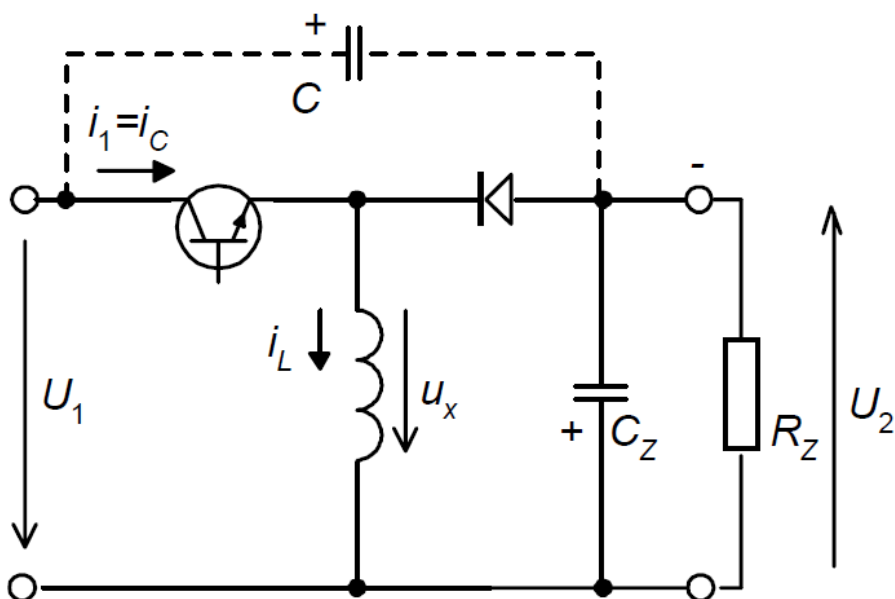


Obr. 3: Zapojení zvyšujícího měniče

2.6 Invertující měnič se společnou tlumivkou

Tento měnič na obr. 4 pracuje ve 3. kvadrantu. Jedná se o měnič s horním spínačem. Je znám také jako blokující měnič.

Zmíněný měnič slouží k invertování vstupního napětí. Velikost výstupního napětí může být větší i menší než velikost vstupního napětí. Kladný pól výstupu je spojen se záporným pólem



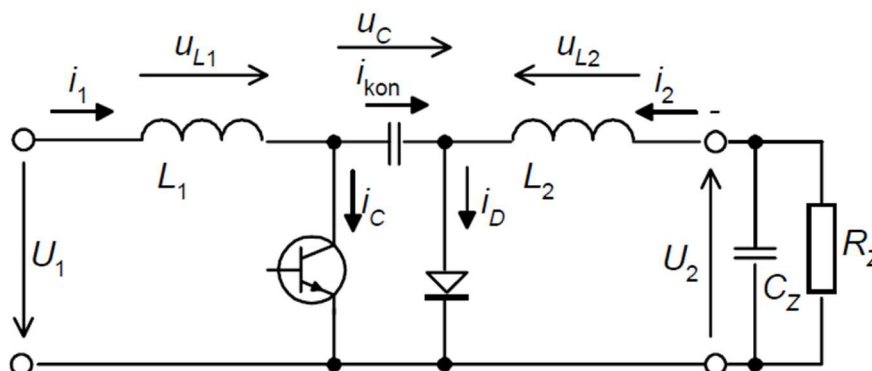
Obr. 4: Schéma zapojení invertujícího měniče

vstupu. Vzniká tedy záporné napětí vůči zemi. Invertor se nejčastěji používá k vytvoření symetrického napětí z nesymetrického nebo k získání záporného napětí tam, kde jeho zdroj chybí. Po sepnutí tranzistoru se připojí kladné napětí k cívce, proud cívkou lineárně roste, v cívce se shromažďuje energie. Po uzavření tranzistoru se napětí na cívce obrátí, otevře se dioda, proud teče diodou z kondenzátoru do cívky. Energie z cívky se přenáší do kondenzátoru, vzniká záporné napětí, proud cívkou lineárně klesá až do chvíle opětovného otevření tranzistoru. Nevýhoda invertoru je stejná jako u snižovacího měniče, tedy nutnost plovoucího buzení. [3, 6]

2.7 Čukův měnič

Tento měnič na obr. 5, nazývaný také Čuk, podle svého autora Slobodana Čuka pracuje ve 3. kvadrantu. Používá ke své činnosti vedle dvou akumulacních tlumivek ještě další akumulací prvek – kondenzátor. Nepatří tedy už do skupiny nejjednodušších měničů. Čukův měnič pracující ve 3. kvadrantu pak obsahuje horní spínač.

Čukův měnič se používá v případě, že je potřeba vytvořit záporné napětí a chceme se vyhnout plovoucímu buzení, které se používá v běžném měniči. Záporné napětí může být vyšší i nižší, než vstupní kladné napětí. Obvod se chová podobně jako blokující měnič, kde záporný pól vstupu je spojen s kladným pólem výstupu a živé konce transformátoru jsou propojeny kondenzátorem pro snížení rozptylu a lepší rozdělení proudu mezi vinutími. Poměr vinutí musí být vždy 1:1. Kondenzátor musí být dimenzován na součet absolutních hodnot vstupního a výstupního napětí. [3, 4, 6]

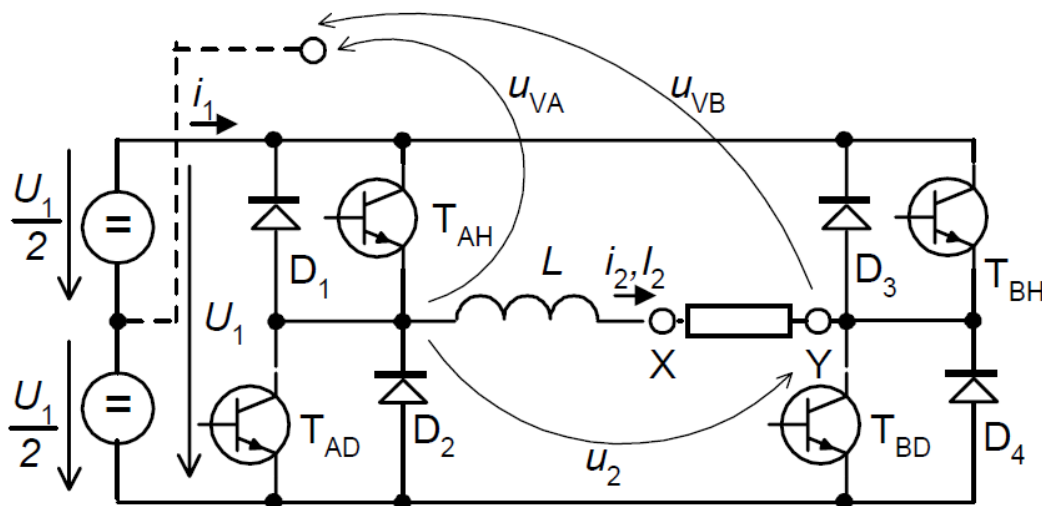


Obr. 5: Schéma zapojení Čukova měniče

2.8 Měníče můstkové

2.8.1 Čtyřkvadrantový můstek

Tento můstkový měnič na obr. 6 se skládá ze dvou větví. Měníč je schopen vést proud zátěže oběma směry. Napětí může být obojí polarity. Měníč pracuje ve všech 4 kvadrantech.



Obr. 6: Čtyřkvadrantový můstek

Měníč je řízen bipolárně nebo unipolárně. Oba způsoby lze dále dělit na systém se spínáním obou tranzistorů ve větvi nebo se spínáním jednoho tranzistoru ve větvi. Celkem tedy jsou čtyři možnosti. [3]

2.8.1.1 Bipolární řízení

Při spínání obou tranzistorů ve větvi spínáme střídavě oba tranzistory v každé z větví, a to nezávisle na směru proudu. Buď jsou sepnuty tranzistory tvořící jednu, nebo druhou úhlopříčku. V obou větvích tedy platí, že je stále jeden z tranzistorů sepnut.

Při systému spínání pouze aktuálního tranzistoru ve větvi je třeba mít přesnou informaci o polaritě proudu, aby bylo možno rozhodnout, který z tranzistorů je právě aktuální. Při spínání obou tranzistorů ve větvi to samozřejmě potřeba není, vždy střídavě jeden tranzistor povede a druhý bude spínat zbytečně. Zdálo by se proto, že výhodnější je jednodušší systém spínání obou tranzistorů ve větvi. Ale ve skutečnosti záleží ještě na typu použitých tranzistorů. Po vypnutí aktuálního tranzistoru převezme proud jeho protilehlá dioda. Na ní tím vzniká úbytek napětí. Spínáme-li pak i neaktuální tranzistor ve větvi ležící antiparalelně k této diodě, provozujeme jej vlastně v inverzním režimu, který může být nebezpečný u bipolárních tranzistorů nebo naopak výhodný u některých MOSFET tranzistorů anebo nemá žádný účinek u IGBT.

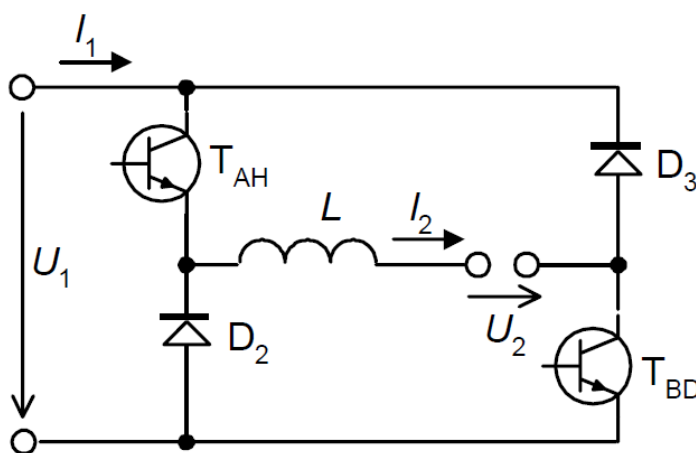
2.8.1.2 Unipolární řízení

Systém spínání tranzistorů je odlišný. Kromě stavu sepnutí některé úhlopříčky se vyskytují i stavy současného sepnutí obou horních tranzistorů či obou dolních tranzistorů.

Základní vlastností takto vytvořeného unipolárního řízení je pak to, že impulsy napětí mají jen jednu polaritu. Nutnou a postačující podmínkou pro unipolaritu výstupního napětí je oddělené vytváření dvou signálů pro dvě větve komparací dvou různých spojitých řídicích nízkofrekvenčních napětí s jediným společným vysokofrekvenčním rovnoramenným trojúhelníkem.

2.8.2 Dvoukvadrantový můstek

Proud může téci jen jedním směrem a napětí může mít opět obě polarity. Měnič může pracovat v 1. a 4. kvadrantu.



Obr. 7: Dvoukvadrantový můstek

Dvoukvadrantový měnič na obr. 7 se skládá z jednoho horního a jednoho dolního spínače. Oba tyto spínače obsahují jediný – vždy aktuální tranzistor. Možnost použít řízení bipolární či unipolární ovšem zůstává stejně tak, jako tomu bylo u měniče čtyřkvadrantového. Jedná se o stejné průběhy jako při bipolárním či unipolárním řízení měniče čtyřkvadrantového se spínáním pouze aktuálního tranzistoru ve větvi. [3, 5]

2.8.3 Jednofázový aktivní usměrňovač

Jednofázový aktivní usměrňovač vznikne tak, že čtyřkvadrantový můstek napájíme síťovým střídavým napětím na svorkách. Stejnosměrné napětí je pak výstupním napětím. Jde vlastně díky záměně vstupu za výstup o můstkový měnič zvyšující.

Vzhledem ke dvojí polaritě vstupního napětí a dvojí polaritě vstupního proudu je jasné, že můstek musí být čtyřkvadrantový. Dále je zřejmé, že tento aktivní usměrňovač umí rekuperovat, tj. dodávat energii z výstupu do střídavé sítě. V této situaci se stává měničem snižujícím, s napájecím zdrojem a zátěží tvořenou zdrojem. [3, 6]

3 NÁVRH ZDROJE MALÉHO VÝKONU

Návrh dvou zdrojů malého výkonu vychází ze zadaného schématu v příloze 5 a 6. První schéma (příloha 5) obsahuje spínaný regulátor LT1074. V druhém schématu je použita součástka MC36063AD, což je obvod pro DC/DC měniče.

3.1 Spínaný regulátor LT1074

LT1074 na obr. 8 je spínaný regulátor určený pro spínané zdroje a je vyvinut s ohledem na co nejjednodušší implementaci. Je to krabička se třemi vývody, která potřebuje jen vstupní napětí, zem a poskytuje výstupní napětí na svém výstupu.

LT1074 je monolitický bipolární spínací regulátor, který vyžaduje jen několik vnějších dílů pro normální provoz. Vypínač, všechny oscilátory, řídicí obvody a všechny komponenty jsou na čipu.

Zařízení je schopno reagovat téměř okamžitě na kolísání vstupního napětí. Dynamické chování regulátoru je podstatně lepší, než předchází provedení.

LT1074 je k dispozici v nízkých nákladech s frekvencí předem nastavenou na 100 kHz a s proudovým omezením na 6,5 A. [7]

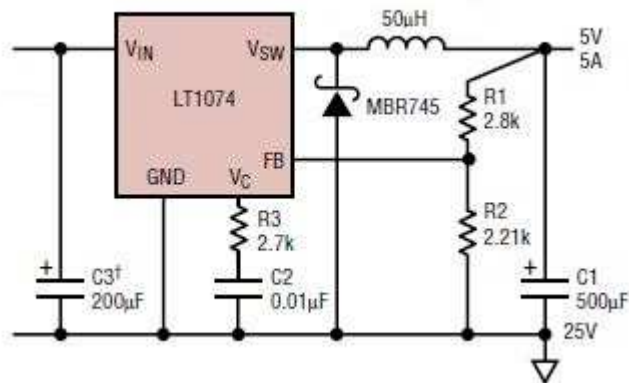


Obr. 8: Spínaný regulátor LT1074

Vlastnosti obvodu LT1074:

- výstupní proud: 5 A,
- vstupní napětí: až 60 V,
- pracovní frekvence: 100 kHz,
- vylepšené dynamické charakteristiky,
- dostupnost v pěti a sedmi vývodovém pouzdře TO220,
- programovatelné proudové omezení,
- minimální odběr ve stand-by režimu.

Typické aplikace: DC/DC měnič s výstupním napětím 2,5 – 50 V



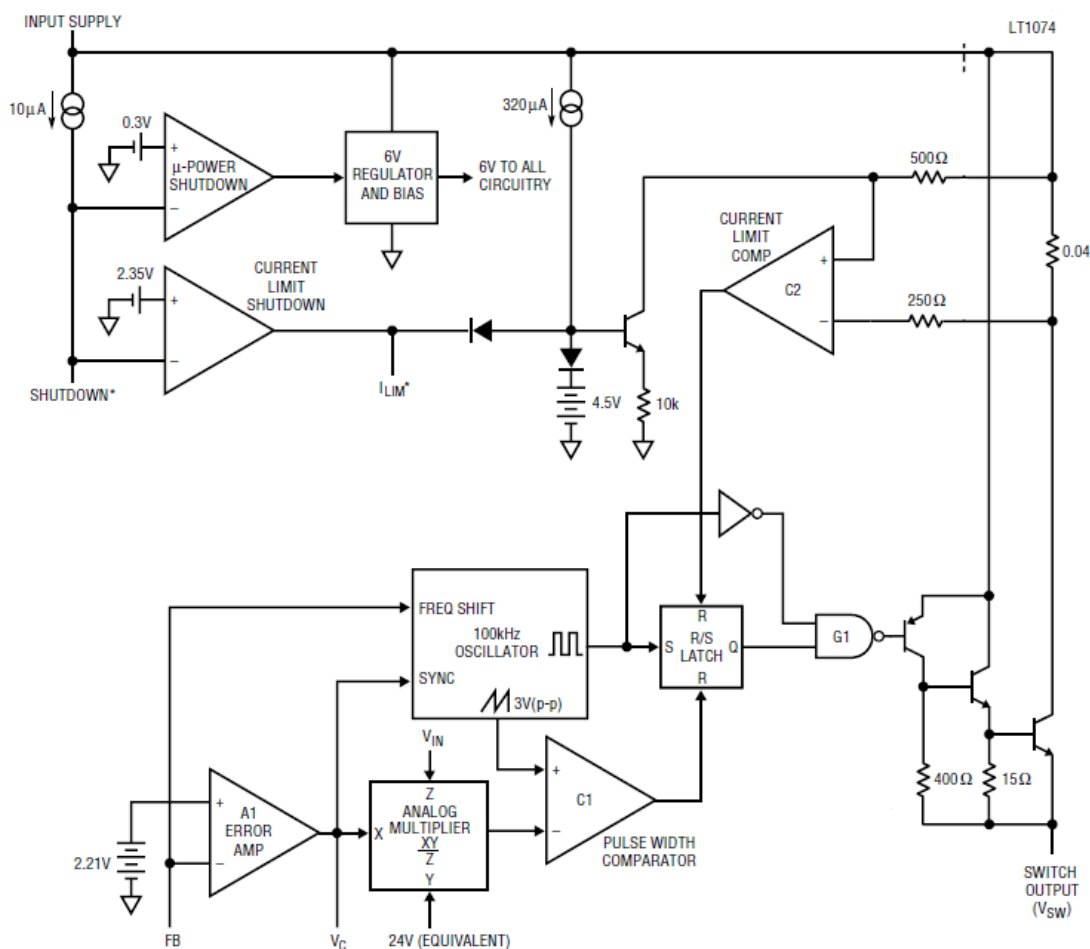
Obr. 9: Schéma zapojení součástky LT1074

3.1.1 Blokové schéma

Spínací cyklus v LT1074 je iniciován nastavením oscilátoru. Impulz, který nastaví R/S závoru, také uzamkne přepínač přes bránu G1. Účinná šířka tohoto pulsu je asi 700 ns, která stanoví maximální přepínací pracovní cyklus na přibližně 93%, při spínací frekvenci 100 kHz. Spínač vypíná komparátor C1, který obnoví západku. C1 má pilovitý průběh jako jeden vstup. Výstup analogového multiplikátoru má průběh jako ostatní vstupy. Výstup je výsledkem vnitřního referenčního napětí a výstupu ze zesilovače A1, poděleno vstupním regulátorem napětí. Ve standardním regulátoru je výstupní napětí A1 povinno udržovat konstantní regulovaný výstup a je nezávislé na regulátoru vstupního napětí. Tím se výrazně zlepšuje přechodová odezva a vytváří zisk ze smyčky nezávislého vstupního napětí.

Vypínač proudu je nepřetržitě monitorován pomocí C2, který obnoví R/S závoru. Čas potřebný pro detekci vypnutí je asi 600 ns.

Vypínací pin slouží jednak k vynucení spínání pracovního cyklu do nuly tahem za kolík, nebo zcela vypne regulátor. Práh pro první možnost je přibližně 2,35V, a pro úplné vypnutí přibližně 0,3V. Celkové dodávky proudu do vypnutí jsou asi 150mA. Kondenzátor může být použit pro opětovné uvedení do provozu. [7]



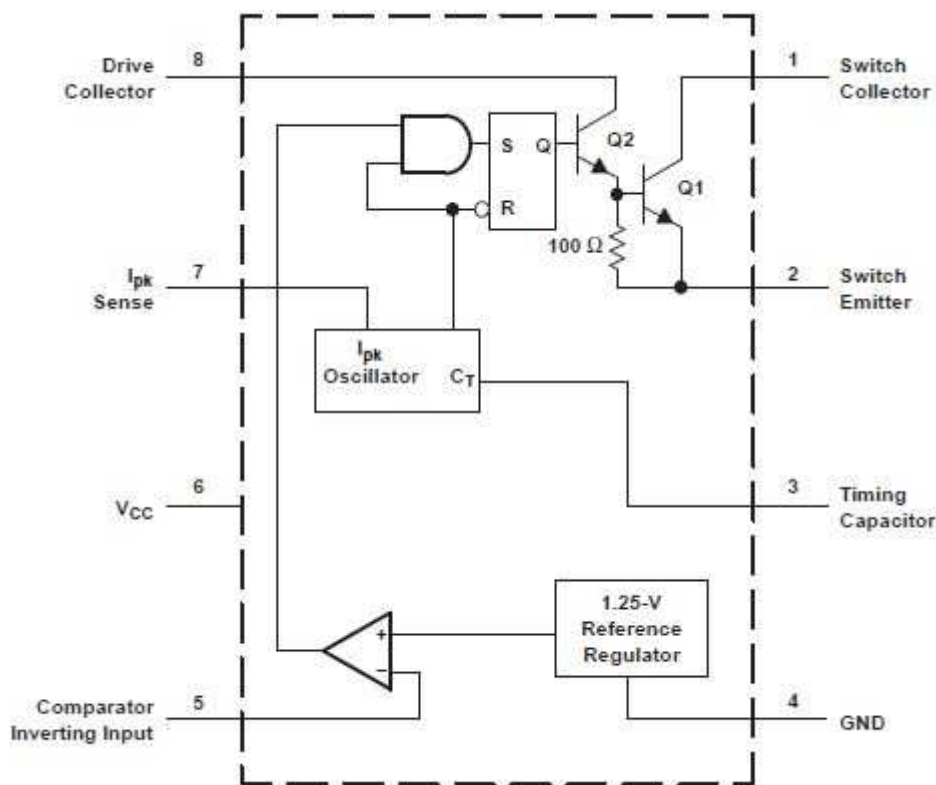
Obr. 10: Blokové schéma LT1074

3.2 Obvod MC33063AD

MC33063AD na obr. 11 je snadno použitelný obvod obsahující všechny primární obvody potřebné pro vytváření jednoduchých DC/DC měničů. Toto zařízení se skládá především z komparátoru, oscilátoru, PWM regulátoru s aktivním proudovým omezením a z výstupního spínače. To znamená, že zařízení vyžadují minimální komponenty pro různé topologie. [8]



Obr 11: MC33063AD



Obr. 12: Blokové schéma zapojení MC36063AD

Parametry obvodu:

- výstupní napětí: 1,25 – 40 V,
- výstupní proud: 1,5 A,
- frekvence oscilátoru: 24 – 42 kHz,
- max. vstupní napětí: 40 V,
- provozní teplota: -40 – 85 °C,
- pouzdro: SO8.

3.3 Kreslení schémat v programu Eagle

Jelikož spínaný regulátor LT1074 není v databázi součástek v programu Eagle, je nahrazen jiným typem o stejné velikosti pouzdra. Obvod MC33063AD je pro potřeby návrhu v programu Eagle k dispozici na stránkách distributora elektronických součástek Farnell. Většina použitých rezistorů a kondenzátorů je SMD s velikostí pouzdra typu 1206. Další součástky jako diody a cívky jsou běžné velikosti. Obě schémata jsou v příloze 1 a 3.



3.4 Tvorba DPS v programu Eagle

Schéma vytvořené v programu Eagle se jednoduše pomocí nástroje „Generate board“ převede do tvorby DPS. Jednotlivé součástky je nejprve potřeba umístit na samotnou desku tak, aby se vodivá spojení nekřížila. Také vzdálenosti mezi součástkami by měly být co nejmenší.

V dalším kroku se kreslí všechny vodivé cesty příkazem „Route“. Lze přitom pro některé cesty využít prostor pod součástkami. Všechny vstupy a výstupy na desce jsou vytvořeny jako jednotlivé body a jsou vyvedené vždy na kraj dané desky. Nakreslené desky jsou v příloze 2 a 4.

3.5 Osazení desek součástkami

Samotné desky (příloha 7) byly vyrobeny v prostorách laboratoří fakulty. Jednotlivé součástky (viz tab. 1) byly objednány v brněnské pobočce GM electronic. Po očištění desek následovalo samotné pájení součástek na desku. Použita byla mikropájska o výkonu 40 W a cín o průměru 1 mm.

Tab. 1: Objednané součástky pro DPS

Název	Kód	Objednáno
Tlumivka axiální TL 220uH EC24	611-099	1 ks
CE 100u/50V JAM-SK 8x11 RM3,5 BULK	123-122	2 ks
CE 1000u/35V JAM-SK 13x21 RM5 BULK	123-178	1 ks
CE 470u/16VIT HIT-EXR 10x12,5 RM5 BULK	123-406	1 ks
Dioda MBR760	223-048	2 ks
Tlumivka axiální TL 100uH EC24	611-095	2 ks
Pojistkový držák KS-SH166	829-023	1 ks
R1206 0R0 YAGEO	900-001	4 ks
R1206 10k 1% YAGEO	900-179	4 ks
R1206 3k6 1% YAGEO	900-265	1 ks
R1206 1k2 1% YAGEO	900-274	1 ks
CKS1206 100n/50V X7R 10% YAGEO	905-081	6 ks
CKS1206 10u/10V X5R 10% YAGEO	905-147	3 ks
Dioda 1N5819 MELF	920-121	1 ks
MC33063AD SO8 TEXAS INSTRUMENTS	974-008	1 ks
LT1074CT TO220-5 LINEAR TECHNOLOGY	332-040	1ks

Nejprve byly připájeny SMD součástky ze strany, kde jsou vodivé cesty. Pro ostatní součástky byly vrtákem o průměru 0,8 mm připraveny otvory. Tyto součástky, jako diody, cívky a větší kondenzátory, jsou umístěny z opačné strany než SMD součástky. Připájeny jsou samozřejmě ze strany vodivých cest. Fotografie osazené desky jsou v příloze 8.



4 ZÁVĚR

Pro zadané výstupní parametry zdrojů malého výkonu byly navrženy dva rozdílné obvody. V programu Eagle byla vytvořena schémata, ze kterých byl nakreslen návrh DPS. Důraz byl kladen na co nejmenší rozměry a co nejkratší vodivé cesty. Po výrobě samotných desek a jejich osazení, lze jednotlivé desky porovnat nejen vizuálně, ale i z hlediska ceny použitých součástek. První obvod se spínaným regulátorem je nejen rozměrově větší, ale i samotná součástka LT1074 je přibližně desetkrát dražší než součástka MC33063AD v druhém obvodu. V této fázi lze tedy konstatovat, že výhodnější je druhá DPS. Nicméně vstupy na deskách zatím nebyly zapojeny ke zdroji napájení a tudíž nebyly měřeny výstupní parametry, které by mohly určit, která DPS je vhodnější pro obecné použití.



LITERATURA

- [1] DC/DC měniče [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://uart.cz/952/dc-dc-menice/>
- [2] ŠKUNDA, M. *Spínaný zdroj 12/19V pro napájení notebooku v automobilu*, Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 50 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Dalibor Červinka, Ph.D.
- [3] NOVOTNÝ, Vlastislav, Pavel VOREL a Miroslav PATOČKA. *Napájení elektronických zařízení: Přednášky*.
- [4] Impulzní zdroje a měniče [online]. [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://danyk.cz/menice.html>
- [5] Patočka M. Magnetické jevy a obvody ve výkonové elektronice, měřicí technice a silnoprůdé elektrotechnice. Brno: VUTIUM, 2011. 564 s. ISBN: 978-80-214-4003-6.
- [6] Patočka M., Vybrané stati z výkonové elektroniky, Svazek II., Vydání 3., skriptum FEKT VUT Brno, 2004
- [7] Datasheet LT1074 [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: www.linear.com/docs/2659
- [8] Datasheet MC33063AD [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://www.farnell.com/datasheets/1974516.pdf>
- [9] DC/DC měniče s MC34063 [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.amarokcz.wz.cz/MC34063.htm>



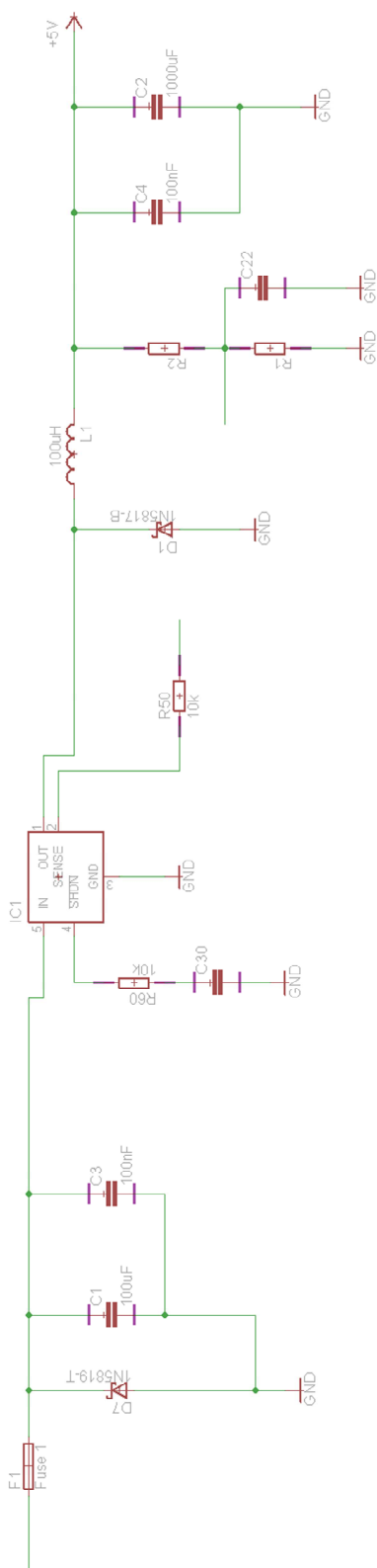
SEZNAM PŘÍLOH

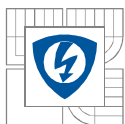
- Příloha 1: Schéma zdroje se součástkou LT1074 v programu Eagle*
- Příloha 2: DPS zdroje se součástkou LT1074 v programu Eagle*
- Příloha 3: Schéma zdroje se součástkou MCM33063AD v programu Eagle*
- Příloha 4: DPS zdroje se součástkou MCM33063AD v programu Eagle*
- Příloha 5: Zadané schéma zdroje se součástkou LT1074*
- Příloha 6: Zadané schéma zdroje se součástkou MCM33063AD*
- Příloha 7: DPS před osazením součástkami*
- Příloha 8: Osazené desky součástkami – pohled shora*
- Příloha 9: Osazené desky součástkami – pohled zespodu*



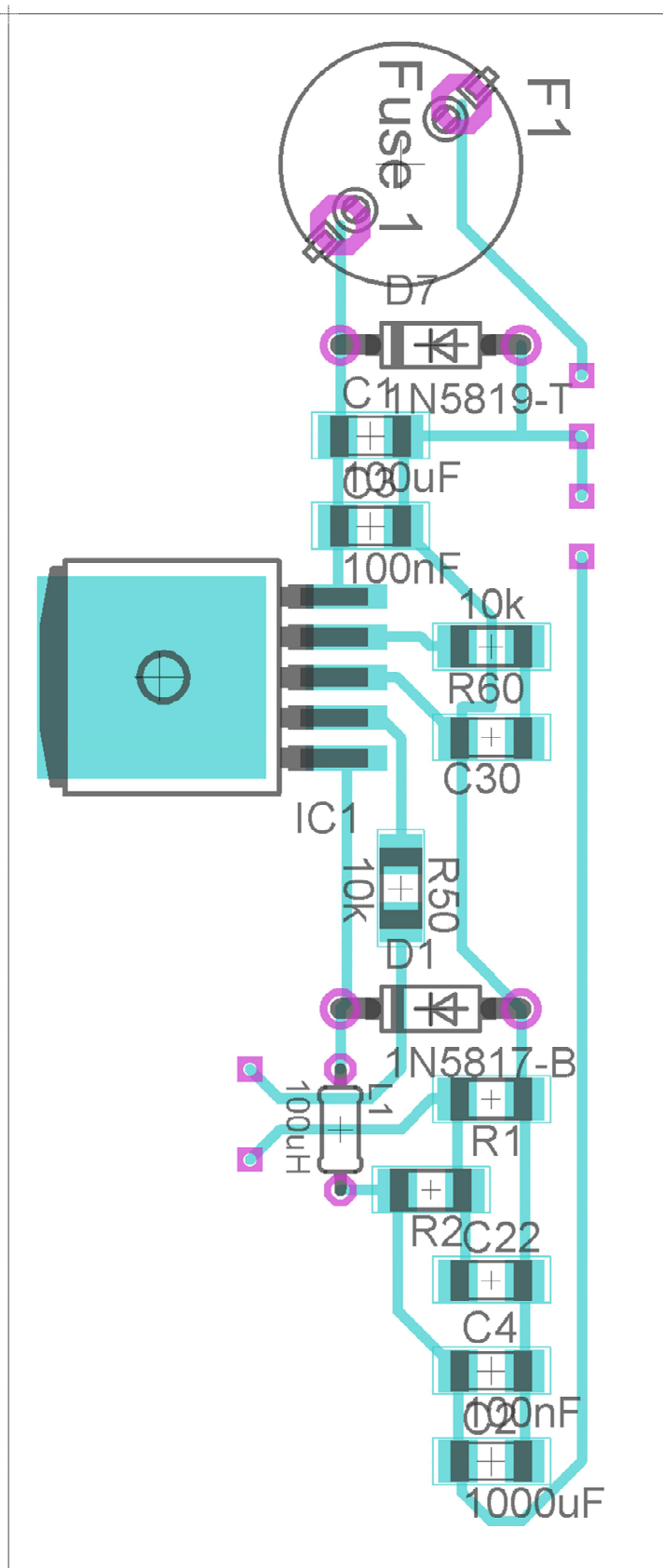
PŘÍLOHY

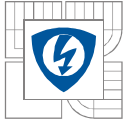
Příloha 1: Schéma zdroje se součástkou LT1074 v programu Eagle



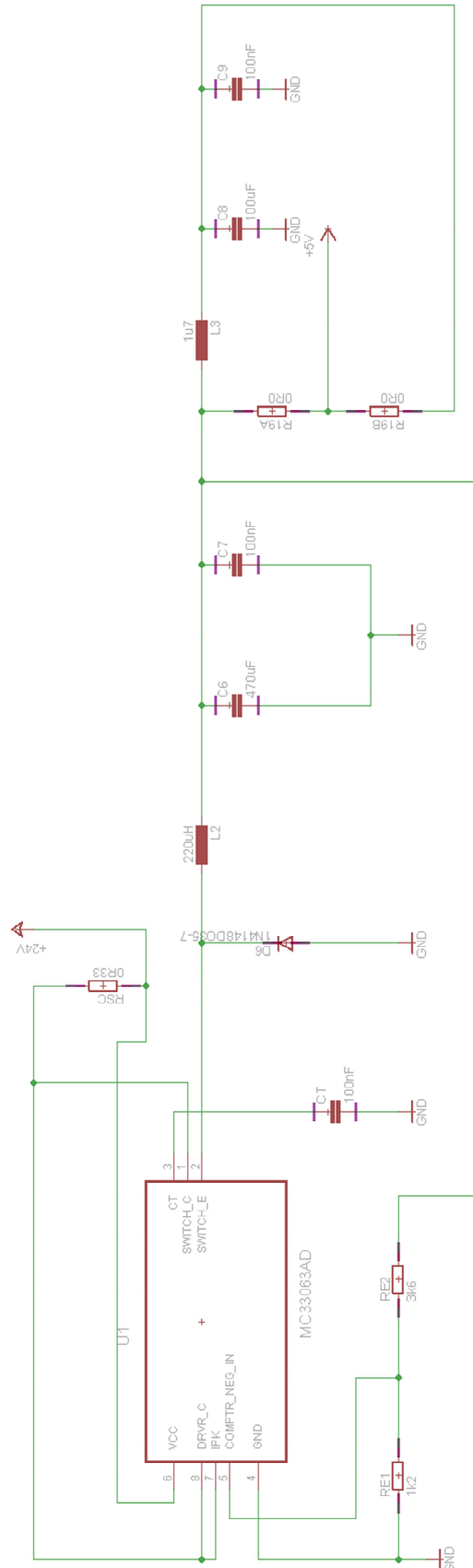


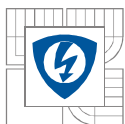
Příloha 2: DPS zdroje se součástkou LT1074 v programu Eagle



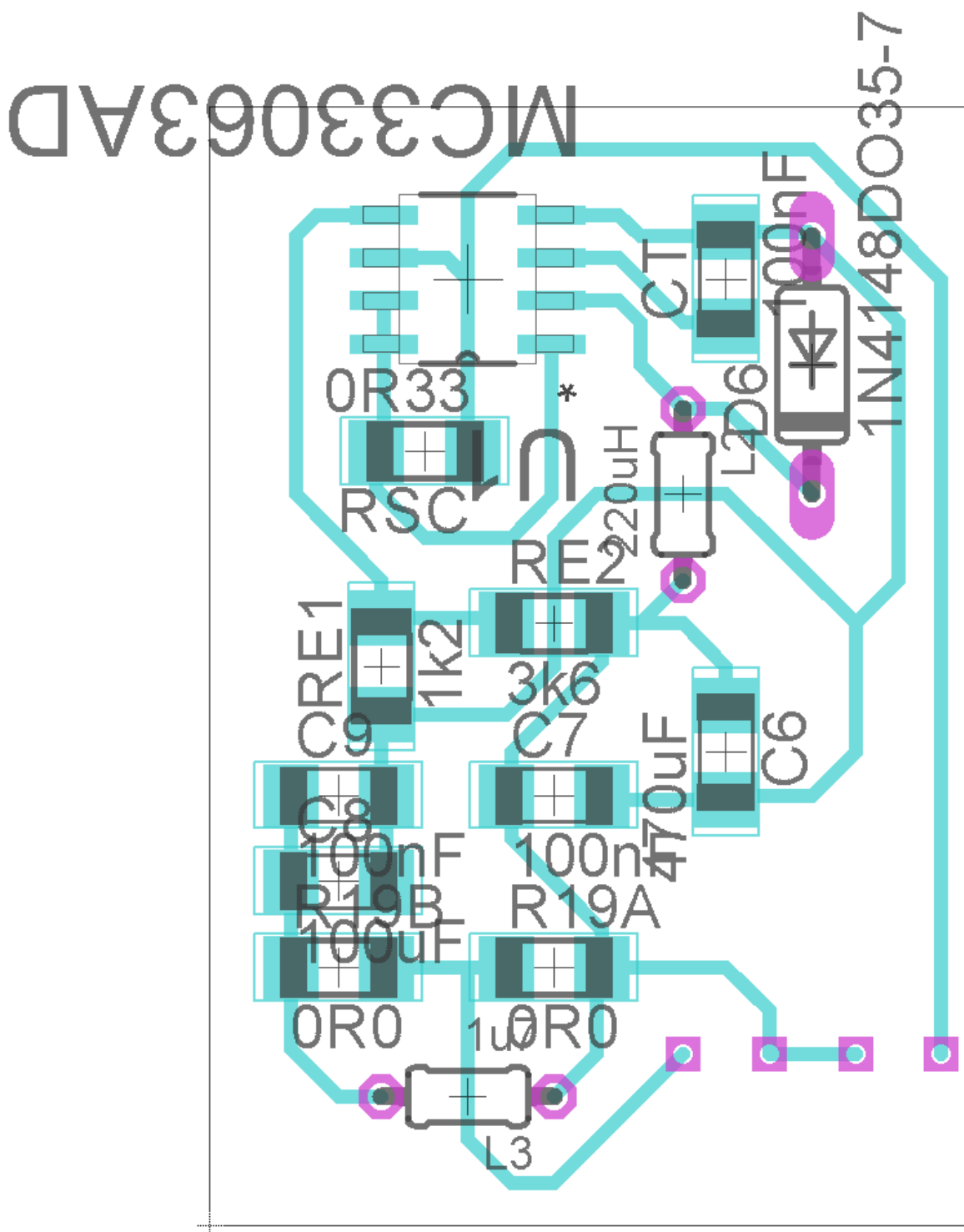


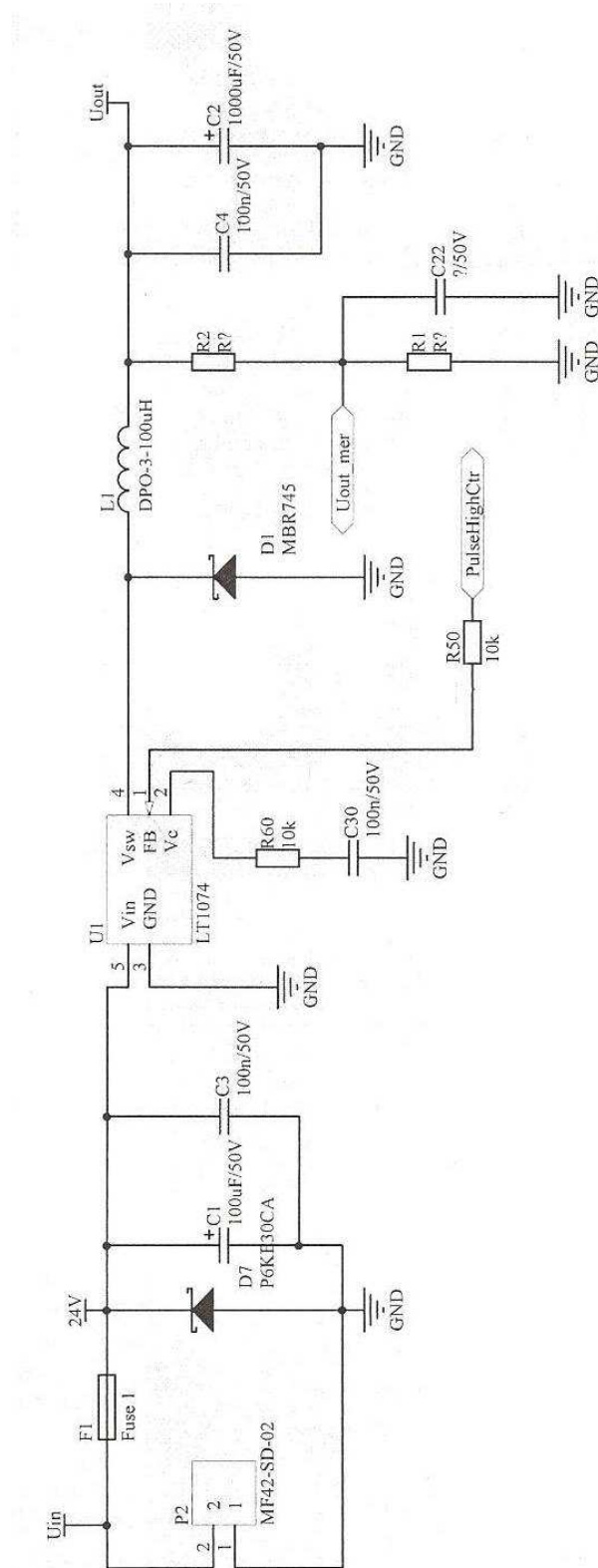
Příloha 3: Schéma zdroje se součástkou MCM33063AD v programu Eagle

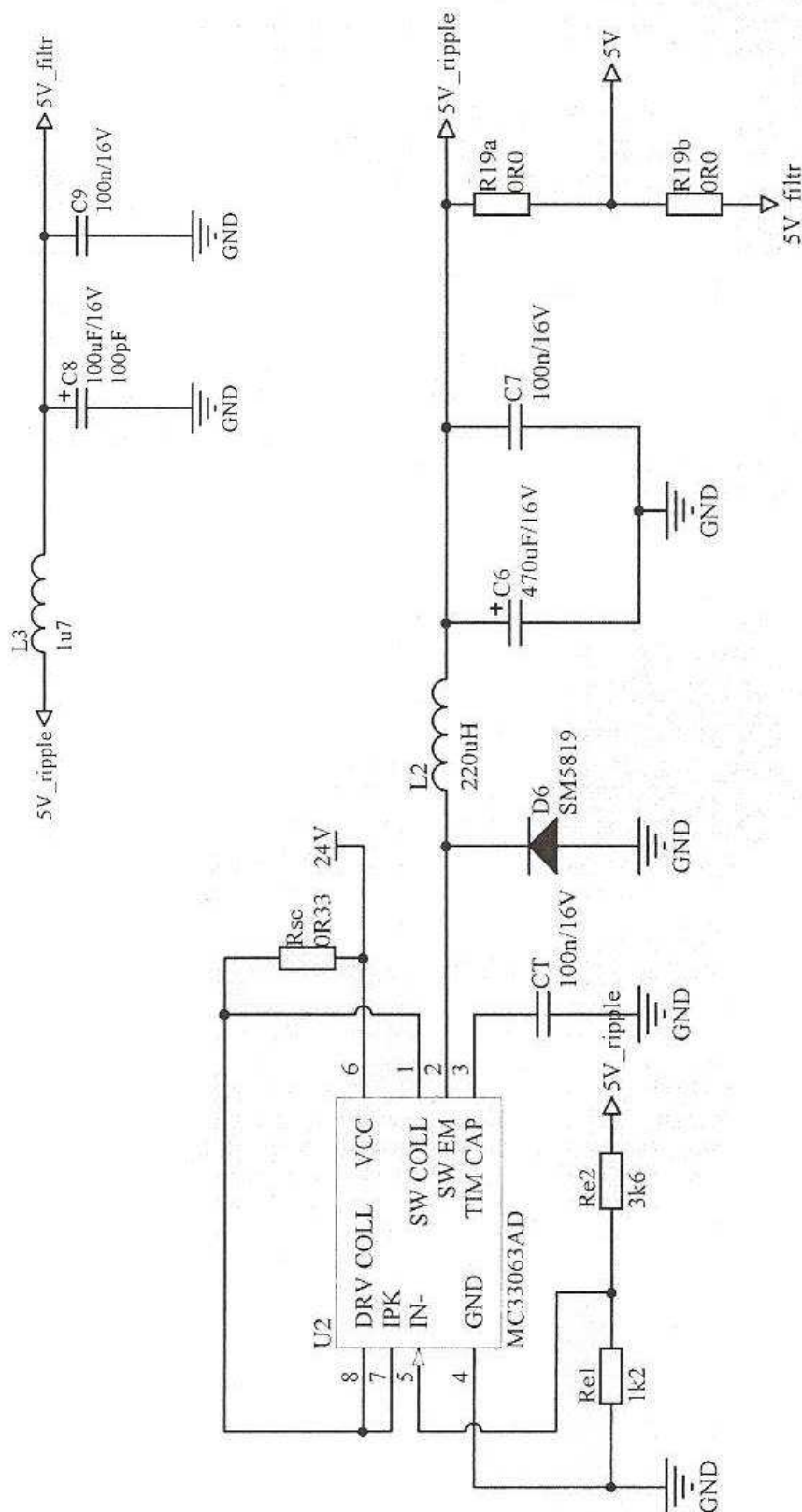




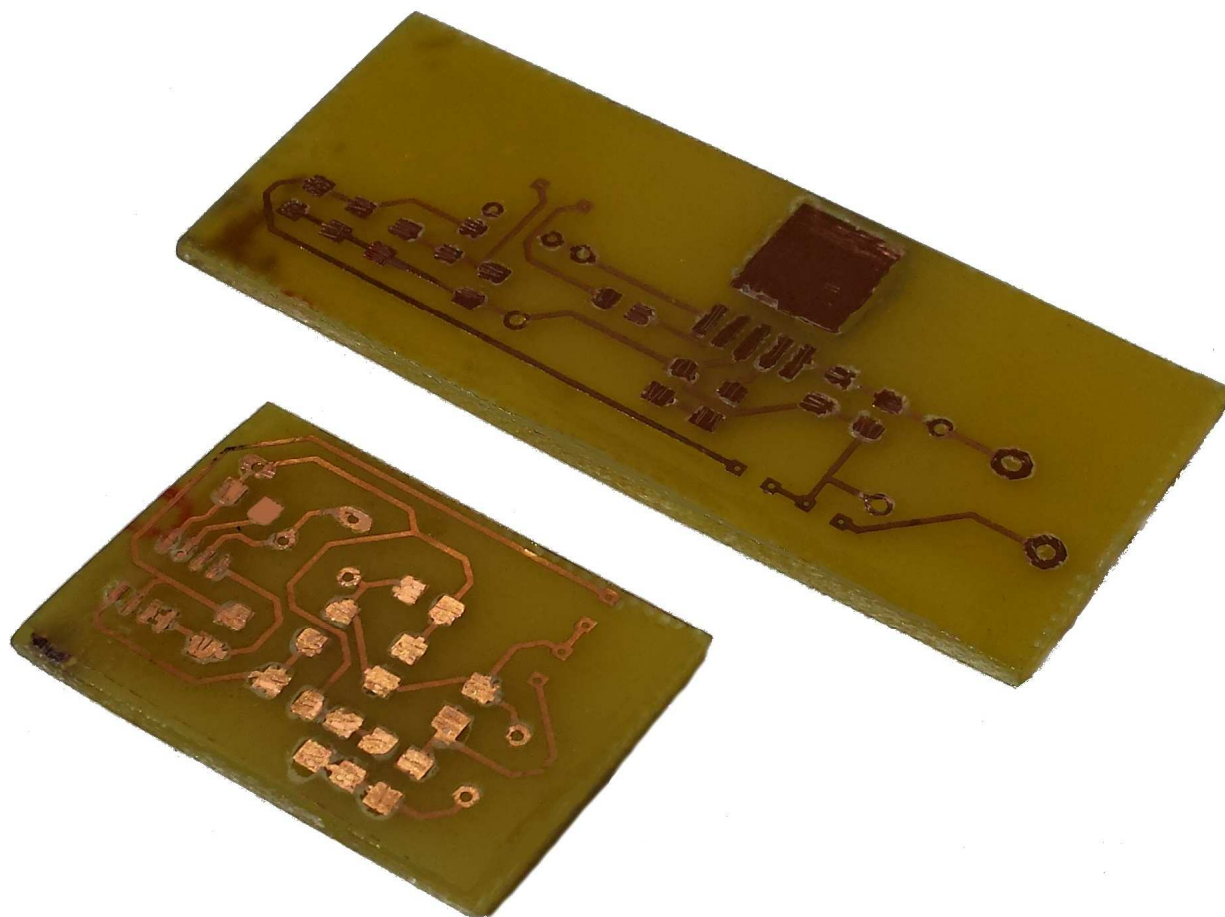
Příloha 4: DPS zdroje se součástkou MCM33063AD v programu Eagle

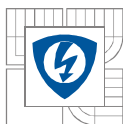




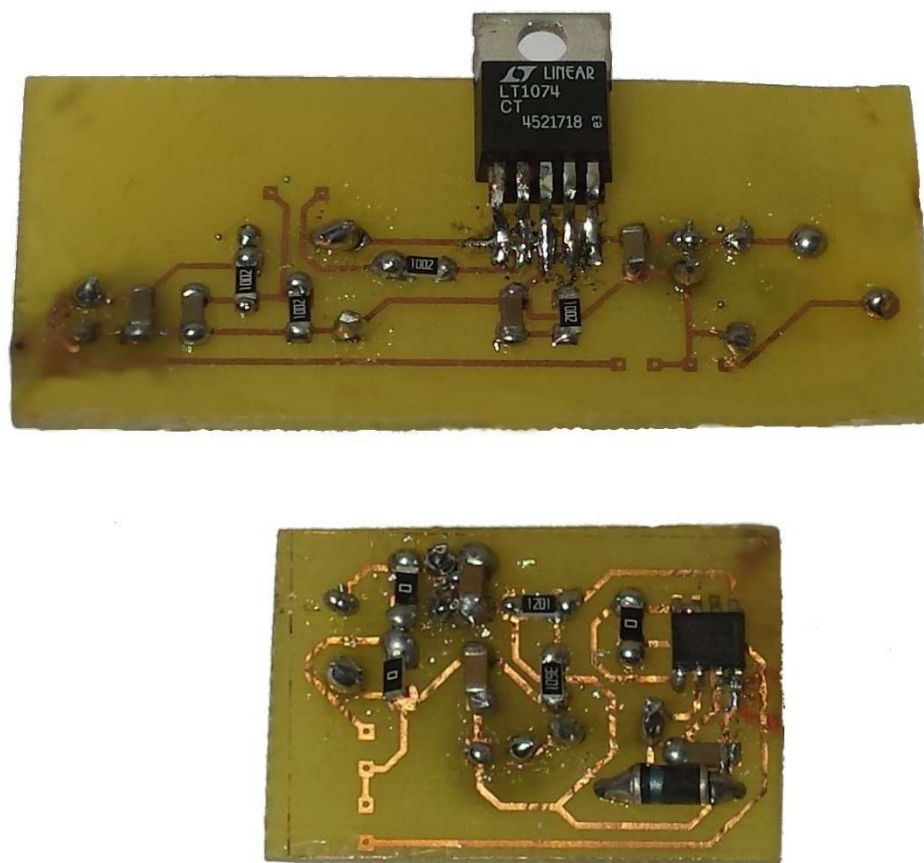


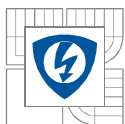
Příloha 7: DPS před osazením součástkami





Příloha 8: Osazené desky součástkami – pohled shora





Příloha 8: Osazené desky součástkami – pohled zespodu

