

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING

SPÍNANÝ ZDROJ 12/19V PRO NAPÁJENÍ NOTEBOOKU V AUTOMOBILU

BAKALÁŘSKA PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

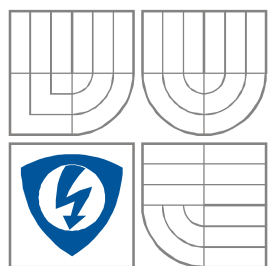
Michal Škunda

BRNO, 2008



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ**

**ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY
A ELEKTRONIKY**

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

SPÍNANÝ ZDROJ 12/19V PRO NAPÁJENÍ NOTEBOOKU V AUTOMOBILU

DC/DC STEP-UP CONVERTER FOR NOTEBOOK

BAKALÁŘSKA PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MICHAL ŠKUNDA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. DALIBOR ČERVINKA, Ph.D.

BRNO, 2008



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Silnoproudá elektrotechnika a výkonová elektronika

Student: Škunda Michal

Ročník: 3

ID: 77905

Akademický rok: 2007/08

NÁZEV TÉMATU:

Spínaný zdroj 12/19V pro napájení notebooku v automobilu

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Optimalizujte spínaný zdroj pro napájení notebooku v automobilu, realizovaný v rámci předchozího semestrálního projektu.
2. Navrhněte pro něj plošný spoj, zařízení sestavte a oživte.
3. Proveďte zatěžovací zkoušky a připravte podklady pro malosériovou výrobu.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Dle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 10.10.2007

Termín odevzdání: 06.06.2008

Vedoucí projektu: Ing. Dalibor Červinka, Ph.D.

doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc.

předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor semestrální práce nesmí při vytváření semestrální 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 § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

LICENČNÁ ZMLUVA POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽIŤ ŠKOLSKÉ DIELO

uzatvorená medzi zmluvnými stranami:

1. Pán/pani

Meno a priezvisko: Michal Škunda
Bytom: Pod Hájom 961, Dubnica nad Váhom
Narodený/á (datum a miesto): 31.1.1986, Ilava

(ďalej len „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačných technológií
so sídlom Údolní 53, Brno, 602 00
ktorého menom jedná na základe písomného poverenia dekanom fakulty:
doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc., predseda odborovej rady Silnoproudá
elektrotechnika a elektroenergetika
(ďalej len „nadobúdateľ“)

Čl. 1

Špecifikácia školského diela

1. Predmetom tejto zmluvy je vysokoškolská kvalifikačná práca (VŠKP):

- disertačná práca
 - diplomová práca
 - bakalárska práca
 - iná práca, ktorej druh je špecifikovaný ako
- (ďalej len VŠKP alebo dielo)

Názov VŠKP:	SPÍNANÝ ZDROJ 12/19V PRO NAPÁJENÍ NOTEBOOKU V AUTOMOBILU
Vedúci/ školiteľ VŠKP:	Ing. Dalibor Červinka, Ph.D.
Ústav:	Ústav výkonovej elektrotechniky a elektroniky
Dátum obhajoby VŠKP:	16.6.2008

VŠKP odovzdal autor nadobúdateľovi v*:

- tlačenej forme – počet exemplárov 1
- elektronickej forme – počet exemplárov 1

* hodiace sa zaškrtnite

2. Autor prehlasuje, že vytvoril samostatnou vlastnou tvorivou činnosťou dielo vyššie popísané a špecifikované. Autor ďalej prehlasuje, že pri spracovávaní diela sa sám nedostal do rozporu so zákonom a predpismi súvisiacimi a že je dielo dielom pôvodným.
3. Dielo je chránené ako dielo podľa autorského zákona v platnom znení.
4. Autor potvrdzuje, že listinná a elektronická verzia diela je identická.

Článok 2

Udelenie licenčného oprávnenia

1. Autor touto zmluvou poskytuje nadobúdateľovi oprávnenie (licenciu) k výkonu práva uvedené dielo nezárobkovo užívať, archivovať a sprístupniť ku študijným, výukovým a výskumným účelom vrátane vytvárania výpisov, opisov a rozmnožení.
2. Licencia je poskytovaná celosvetovo, pre celú dobu trvania autorských a majetkových práv k dielu.
3. Autor súhlasí so zverejnením diela v databázi prístupnej v medzinárodnej sieti
 - ihneď po uzatvorení tejto zmluvy
 - 1 rok po uzatvorení tejto zmluvy
 - 3 roky po uzatvorení tejto zmluvy
 - 5 rokov po uzatvorení tejto zmluvy
 - 10 rokov po uzatvorení tejto zmluvy(z dôvodu utajenia v ňom obsiahnutých informácií)
4. Nezárobkové zverejňovanie diela nadobúdateľom v súlade s ustanovením § 47b zákona č. 111/ 1998 Sb., v platnom znení, nevyžaduje licenciu a nadobúdateľ je k nemu povinný a oprávnený zo zákona.

Článok 3

Záverečné ustanovenia

1. Zmluva je spísaná v troch vyhotoveniach s platnosťou originálu, pričom po jednom vyhotovení obdrží autor a nadobúdateľ, ďalšie vyhotovenie je vložené do VŠKP.
2. Vzťahy medzi zmluvnými stranami vzniknuté a neupravené touto zmluvou sa riadia autorským zákonom, občianskym zákonníkom, vysokoškolským zákonom, zákonom o archívniectve, v platnom znení a popr. ďalšími právnymi predpismi.
3. Licenčná zmluva bola uzatvorená na základe slobodnej a pravej vôle zmluvných strán, s plným porozumením jej textu i dôsledkom, nie v tiesni a za nápadne nevýhodných podmienok.
4. Licenčná zmluva nadobúda platnosť a účinnosť dňom jej podpisu oboma zmluvnými stranami.

V Brne dňa:

.....

Nadobúdateľ

.....

Autor

Abstrakt

Daná bakalárska práca sa zaoberá návrhom a realizáciou zvyšujúceho meniča STEP-UP pre napájanie notebooku v automobile. Úvodná časť prezentuje rozdelenie spínaných zdrojov, ďalej nasleduje samotná voľba a návrh spínaného zdroja. V práci sa nachádza konkrétny návrh tlmivky, návrh elektronického zapojenia a návrh plošného spoja. Pri návrhu plošného spoja je využitý program EAGLE.

V poslednej časti sú vyobrazené jednotlivé priebehy prúdov a napätí charakterizujúce činnosť zdroja. Práca taktiež obsahuje zmeranú zaťažovaciu charakteristiku spínaného zdroja pri zaťažení notebookom.

Notebooky vyžadujú kvalitné napájacie zdroje, preto bola venovaná zvýšená pozornosť na kvalitu zdroja a jeho elektrických parametrov.

Abstract

Given bachelor's thesis devoted to a proposal and implementation of transducer STEP-UP for supplying of notebook in car. Introduction presents dividing of switching power supplies followed by a choice and a proposal of power supply. In this work we can find the specific proposal of inductor, the proposal of electronic connexion and the proposal of PCB layout. There is a software EAGLE used for the design of PCB layout.

In the last part of work there are particular courses of current and voltage that characterize power supply pictured. The work contains measured load characteristic of switching power supply loaded by notebook as well.

Notebooks need to have quality power supplies that is why there was a special attention paid to the quality of supply and its electric parameters.

Kľúčové slová

Zvyšujúci menič; strieda; pulzne šírková modulácia; referenčné napätie; operačný zosilňovač; dióda; tranzistor; rezistor; indukčnosť; tlmivka; pracovná frekvencia; Eagle; magnetická indukcia; oscilátor; kapacita; SMD

Keywords

Step-Up converter, inverter, pulse wide modulation; reference voltage; operate amplifier; diode; transistor; resistance; induction; inductor; reference frequency; Eagle; magnetic induction; oscilator; capacity; SMD

Bibliografická citácia

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.

Prehlásenie

Prehlasujem, že svoju bakalársku prácu na tému *Spínaný zdroj 12/19V pro napájení notebooku v automobilu* som vypracoval samostatne pod vedením vedúceho bakalárskej práce a s použitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú všetky citované v práci a uvedené v zozname literatúry na konci práce.

Ako autor uvedenej bakalárskej práce ďalej prehlasujem, že v súvislosti s vytvorením tejto bakalárskej práce som neporušil autorské práva tretích osôb, obzvlášť som nezasiahol nedovoleným spôsobom do cudzích autorských práv osobnostných a som si plno vedomý následkov porušenia ustanovení § 11 a nasledujúcich autorského zákona č. 121/2000 Sb., vrátane možných trestnoprávných dôsledkov vyplývajúcich z ustanovení § 152 trestného zákona č. 140/1961 Sb.

V Brne dňa

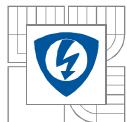
Podpis autora

Pod'akovanie

Ďakujem vedúcemu bakalárskej práce Ing. Daliborovi Červinkovi Ph.D za účinnú meto-
dickú, pedagogickú a odbornú pomoc a ďalšie cenné rady pri spracovávaní mojej bakalárskej
práce.

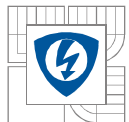
V Brne dňa

Podpis autora



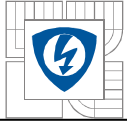
OBSAH

1 ÚVOD	14
1.1 CHARAKTERISTICKÉ VLASTNOSTI MENIČOV	15
1.1.1 ZÁKLADNÁ ČINNOSŤ SPÍNANÝCH ZDROJOV.....	15
1.1.2 PRACOVNÉ KVADRANTY DC/DC MENIČOV.....	16
1.1.3 POŽIADAVKY PRE SPÍNANÉ NAPÁJACIE ZDROJE.....	17
2 ZVYŠUJÚCI STEP-UP MENIČ	18
3 VOĽBA OBVODU PRE SPÍNANÝ ZDROJ	21
3.1 CHARAKTERISTIKA OBVODU	21
3.2 OBVOD UC 3843D	22
3.2.1 VNÚTORNÉ ZAPOJENIE OBVODU.....	23
3.2.2 NAPÁJACIE NAPÄTIE OBVODU.....	25
3.2.3 NASTAVENIE FREKVENCIE OSCILÁTORA.....	25
3.2.4 PRINCÍP ČINNOSTI PWM REGULÁCIE.....	26
3.2.5 NASTAVENIE VÝSTUPNÉHO NAPÄTIA A KOMPENZÁCIA OZI.....	27
3.2.6 NASTAVENIE PRÚDOVEJ ZAŤAŽITEĽNOSTI ZDROJA.....	28
4 SCHÉMA ZAPOJENIA ZVYŠUJÚCEHO MENIČA 12/19V	29
4.1 VYHOTOVENIE A POUŽITÉ SÚČIASTKY	30
4.2 NASTAVENIE POŽADOVANEJ VEĽKOSTI VÝSTUPNÉHO NAPÄTIA 19V	31
5 NÁVRH A VÝPOČET TLMIVKY	33
5.1 VÝPOČET POTREBNEJ HODNOTY INDUKČNOSTI	33
5.2 VOĽBA TYPU JADRA	34
5.3 VÝPOČET PARAMETROV TLMIVKY	35
6 PREVEDENIE PLOŠNÉHO SPOJA	39
7 PRIEBEHY PRÚDOV A NAPÄTÍ	42
8 ZAŤAŽOVACIA CHARAKTERISTIKA	45
9 TECHNICKÉ ŠPECIFIKÁCIE	47
10 ZÁVER	48
11 ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	49
12 PRÍLOHY	50



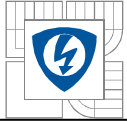
ZOZNAM OBRÁZKOV

<i>Obr. 1.1: Definícia striedy</i>	<i>16</i>
<i>Obr. 1.2: Pracovné kvadranty meničov.....</i>	<i>16</i>
<i>Obr. 2.1: Základný princíp STEP-UP meniča</i>	<i>18</i>
<i>Obr. 2.2: Priebehy na jednotlivých prvkoch meniča.....</i>	<i>19</i>
<i>Obr. 3.1: Prevedenie púzdra a značenie vývodov</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 3.2: Vnútoraná štruktúra obvodu.....</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 3.3: Základné zapojenie obvodu</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 3.4: Hysteréza UVLO obvodu</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 3.5: Určenie kmitočtu oscilátora</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 3.6: Činnosť PWM regulácie</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 3.7: Nastavenie výstupného napätia</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 3.8: Zapojenie nadprúdovej ochrany a vývodu č.3.....</i>	<i>28</i>
<i>Obr. 4.1: Schéma zapojenia meniča.....</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 5.1: Prevedenie jadra a rozmery</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 5.2: B-H charakteristika</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 5.3: Odčítanie ΔB a ΔH</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 6.1: Neosadený plošný spoj.....</i>	<i>39</i>
<i>Obr.7.1: Priebeh prúdu bočným</i>	<i>42</i>
<i>Obr.7.2: Priebeh napätia oscilátora</i>	<i>43</i>
<i>Obr.7.3 Priebeh impulzov pre výkonový tranzistor.....</i>	<i>43</i>
<i>Obr.7.4: Zvlnenie výstupného napätia</i>	<i>44</i>



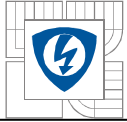
ZOZNAM TABULIEK

<i>Tab. 4.1 Pasívne súčiastky</i>	<i>29</i>
<i>Tab. 4.2 Polovodičové súčiastky</i>	<i>30</i>
<i>Tab. 4.3 Hodnoty rezistorov pre nastavenie výstupnej úrovne napätia:</i>	<i>31</i>
<i>Tab. 5.1 Rozmery jadra</i>	<i>34</i>
<i>Tab. 5.2 Vypočítané hodnoty tlmivky</i>	<i>38</i>
<i>Tab. 8.1 Zaťažovanie meniča</i>	<i>45</i>
<i>Tab. 8.2 Hodnoty prúdu a napätia v závislosti od zaťaženia</i>	<i>46</i>



ZOZNAM SYMBOLOV A SKRATIEK

AC	striedavé napätie
A _U	zosilnenie
DC	usmernené napätie
D2PAK	prevedenie púzdra súčiastky
GND	zem
IN	vstup
ΔI	zvlnenie prúdu
Λ	magnetická vodivosť
Mosfet	tranzistor s vodivým kanálom
NPN	bipolárny tranzistor
OUT	výstup
OZ	operačný zosilňovač
PWM	pulse wide modulation
R _{DS ON}	prechodový odpor drain-source na tranzistore
R _F	spätnovazobný odpor
SMD	značenie púzdra a veľkosti súčiastok
SOP	prevedenie púzdra integrovaného obvodu
s	strieda
S _{CU}	prierez jadra vodiča
S _{FE}	prierez magnetického jadra
UVLO	napäťový obvod integrovaného obvodu
U _{REF}	referenčné napätie IO
U _{CC}	napájacie napätie
U _{OSC}	napätie oscilátora IO



1 ÚVOD

Elektronické zariadenia potrebujú ku svojej činnosti vhodný zdroj elektrickej energie a to najčastejšie vo forme jednosmerného DC výkonu. Do nedávnej doby boli najčastejšie používané tzv. klasické typy napájacích zdrojov. Ich súčasťou bol sieťový transformátor plniaci úlohu transformácie striedavého sieťového napätia na nižšie alebo vyššie striedavé napätie. Ďalej nasledoval usmerňovač pozostávajúci z usmerňovacích diód alebo usmerňovacieho mostíka a ďalej filtračných kondenzátorov.

V dnešnej dobe je prevažná časť napájacích zdrojov riešená ako spínané zdroje. Máme sa možnosť s nimi stretnúť od nabíjačiek mobilných telefónov cez napájacie zdroje v počítačoch až po vysoko výkonne meniče v priemysle. Z hľadiska účinnosti spínané zdroje dosahujú omnoho vyššej účinnosti ako zdroje klasické. Ich účinnosť sa pohybuje okolo 95%, nakoľko účinnosť klasických zdrojov je okolo 60%. Napájacie zdroje pre notebooky sú výhradne riešené ako spínané zdroje. Keďže notebook je citlivé zariadenie na prepätia a kolísanie veľkosti napätia od menovitej hodnoty, tak zdroje v sebe zahŕňajú ochrany proti skratu, prepätiu a iné.

V úvode bakalárskej práce je spomenuté rozdelenie a činnosť spínaných meničov. Nasleduje výber a zapojenie použitého obvodu s popisom činnosti. Ďalej nasleduje realizácia plošného spoja a meranie na oživenom meniči.



1.1 Charakteristické vlastnosti meničov

Spínané zdroje sú impulzmi riadené prúdové napájacie zdroje, ktoré prerušovane spínajú vstupné napätie na záťaž a tým menia jeho strednú hodnotu. Pracujú s omnoho vyššou pracovnou frekvenciou, rádovo kHz oproti kmitočtu napájacej siete 50 Hz. Pre činnosť spínaných zdrojov sú používané polovodičové súčiastky v spínacom režime. Následkom spínania o vysokej frekvencii vzniká nepriaznivé rušenie napájacej a napájanej časti obvodu. Výrobcovia preto u sieťových meničoch zaraďujú na vstup rôzne sieťové filtre, na napájacie vodiče sa montujú feritové jadrá tvorené najčastejšie jedným závitom napájacieho vodiča. Týmto rušením sa zaoberá veda nazývaná elektromagnetická kompatibilita.

Hlavnou výhodou týchto zdrojov je ich pomer veľkosti a výkonu. Ich hmotnosť je vzhľadom na ich výkon veľmi malá. Zaslúžilo sa o to hlavne použitie malých transformátorov s feromagnetickým jadrom a vysoká pracovná frekvencia. Transformátory majú vtedy lepšiu účinnosť a menší počet závitov na daný prevod transformátora. Vysoké nároky sú kladené najmä na polovodičové súčiastky napríklad tranzistory, usmerňovacie diódy, integrované obvody a iné prúdovo namáhané súčiastky. Spínané zdroje poskytujú dobre stabilizované výstupné napätie so širokým rozsahom veľkosti vstupného napätia. Všetky spínané zdroje sa zakladajú na pulzne šírkovej modulácii označovanej aj ako PWM (pulse wide modulation).

Je ich možno rozdeliť podľa vzájomného vzťahu medzi vstupným a výstupným napätím na:

1. DC-DC meniče

Vstupné privádzané napätie je jednosmerné a následne sa mení na jednosmerné napätie a to buď na vyššie- tzv. STEP-UP meniče a na napätie nižšie tzv. STEP-DOWN meniče.

2. AC-DC meniče

Vstupné napätie je striedavé, najčastejšie býva sieťové napätie o veľkosti 230V o frekvencii 50Hz. Výstupné napätie je jednosmerné s danou hodnotou napätia a prúdu pre napájacie zariadenie.

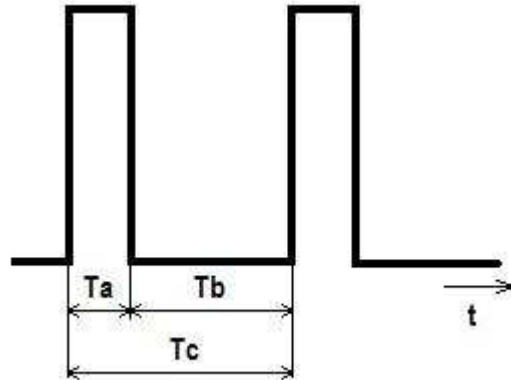
3. DC-AC meniče

U týchto meničoch sa používa aj označenie tzv. striedače. Napájacia časť je napájaná jednosmerným napätím a na výstupe je striedavé napätie jednofázové alebo 3-fázové s premenlivým alebo s konštantným kmitočtom 50 Hz.

1.1.1 Základná činnosť spínaných zdrojov

Spínané zdroje sa zakladajú na neustálom spínaní a odpájaní vstupného napätia na záťaž pripojenú na výstupe. Hlavným spínacím prvkom v obvodoch sú najmä tranzistory a to bipolárne alebo unipolárne. Straty v impulzných meničoch sú spôsobené len ako spínacie straty v polovodičových súčiastkach. Reguláciu výkonu spínaného zdroja dosahujeme zmenou striedy pri konštantnej frekvencii alebo zmenou frekvencie pri konštantnej alebo premenlivej striede.

Strieda je charakterizovaná ako pomer času zopnutia spínacieho prvku ku času periódy. Nasledujúci obrázok podľa [2] zobrazuje jednotlivé časy pri spínaní:

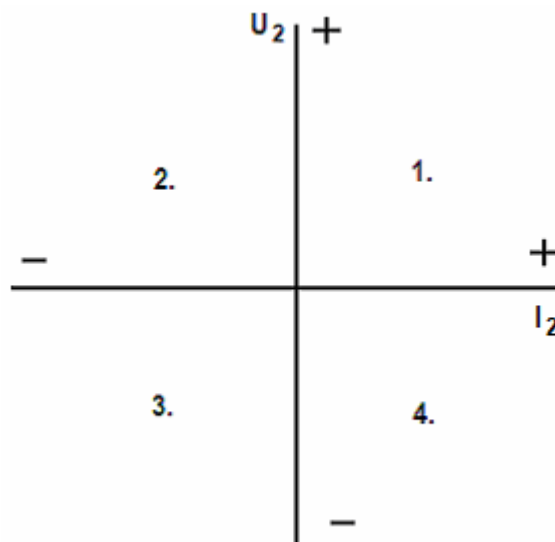


Obr. 1.1: Definícia striedy

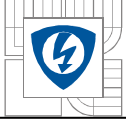
- T_a čas zopnutia spínacieho prvku
- T_b čas, kedy je spínací prvok v blokovačom stave
- T_c perióda

1.1.2 Pracovné kvadranty DC/DC meničov

Hlavnou charakteristikou podľa ktorej sa určuje v akom pracovnom kvadrante menič pracuje je polarita výstupného napätia a výstupného prúdu.



Obr. 1.2: Pracovné kvadranty meničov



V prvom a treťom kvadrante dodáva menič energiu do záťaže. Meniče s pasívnou záťažou pracujú iba v prvom a treťom kvadrante. V ostávajúcich kvadrantoch pracuje menič s aktívnou záťažou a vtedy dodáva táto záťaž energiu späť do meniča.

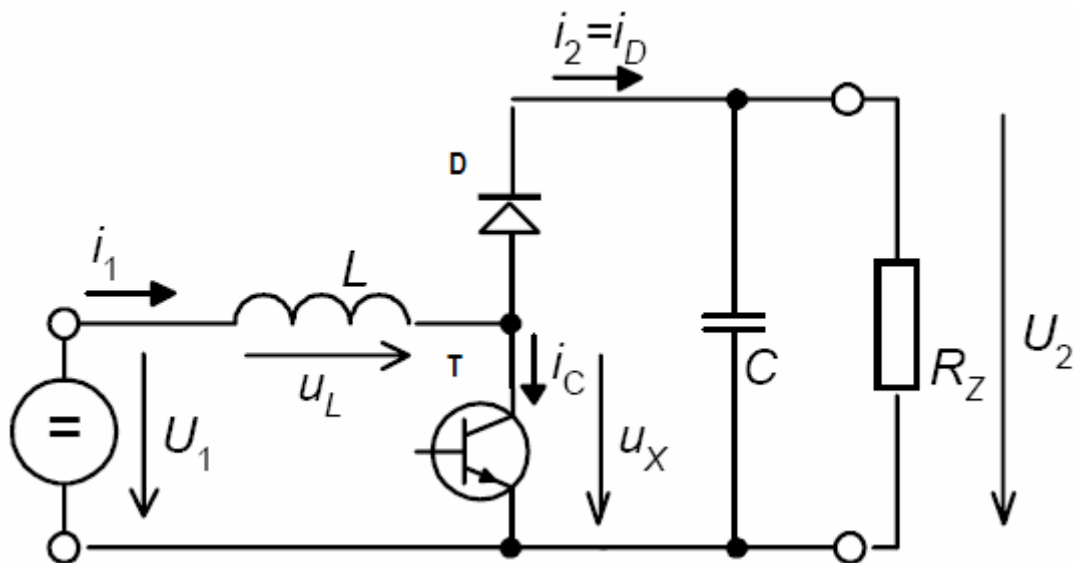
1.1.3 Požiadavky pre spínané napájacie zdroje

- stabilizované výstupné napätie pri širokom rozsahu vstupného napätia
- maximálna prúdová zaťažiteľnosť pri menovitom výstupnom napätí
- minimálne rušenie napájacieho a napájaného obvodu
- minimálne rozmery (ekonomická stránka)
- čo najvyššia účinnosť
- jednoduchosť zapojenia
- ochrana zariadenia proti poruche zdroja (prepätie, skrat)

2 ZVYŠUJÚCI STEP-UP MENIČ

2.1 Princíp činnosti zvyšujúceho meniča

Pre našu aplikáciu sme zvolili klasické zapojenie zvyšujúceho meniča podľa [1] bez transformátoru s dolným spínačom. Tento menič pracuje v prvom pracovnom kvadrante. Napätie aj prúd ma kladnú polaritu. Podľa umiestnenia spínacieho prvku sa jedná o menič s dolným spínačom. Následujúci obrázok prezentuje princíp zvyšujúceho meniča.



Obr. 2.1: Základný princíp STEP-UP meniča

- U_1 vstupné napätie (napájacie)
- U_0 výstupné napätie
- T spínací prvok- tranzistor NPN, FET a iné
- D dióda schopná pracovať na vysokých kmitočtoch, rádovo kHz
- C filtračný kondenzátor na výstupe
- L tlmivka s feritovým jadrom

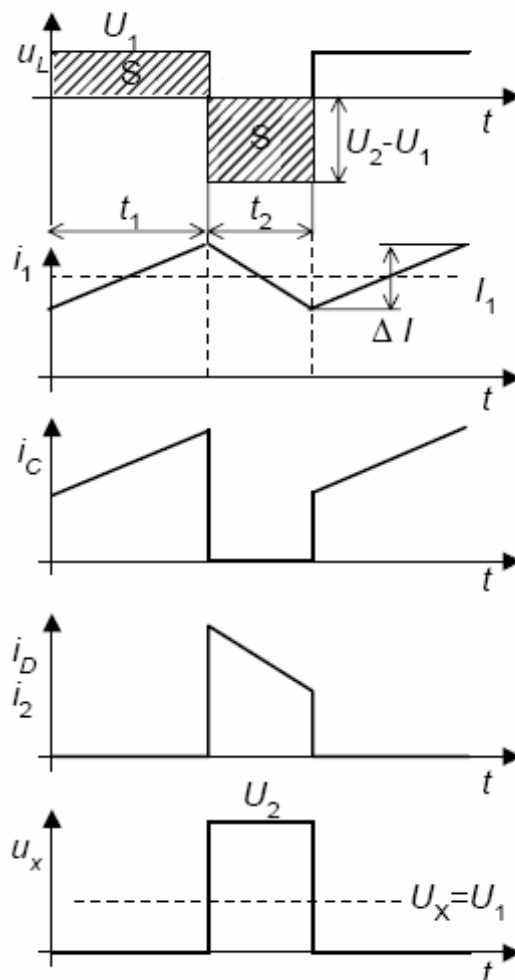
Pre toto zapojenie platí: $U_2 > U_1$

Popis zapojenia:

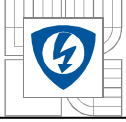
Ako je uvedené v [3] princíp meniča je jednoduchý. Uvažujeme, že tranzistor T je vypnutý. V ustálenom stave po niekoľkých spínacích periódach tečie určitý prúd tlmivkou L z napájacieho napätia U_1 cez tlmivku a diódu D do záťaže. Dióda D je v priepustnom smere a na cievke je napätie: $U_L = U_1 - U_2$. Napätie U_L je záporné, pretože $U_2 > U_1$. Preto prúd tlmivkou lineárne klesá.

Ak zopneme tranzistor T na cievke sa objaví napätie U_1 a prúd cievkou začne lineárne narastať. Prúd sa pritom uzatvára cez tlmivku L, tranzistor T a zdroj U_1 . Dióda je polarizovaná v závernom smere. Ďalšia perióda nastáva pri rozopnutí tranzistoru T. Jedná sa o akumuláčny menič so vzostupným napätím (boost) so spoločnou diódou. Takéto zapojenie je vhodné pre vysoké kmitočty, rádovo desiatky kHz. Na cievku sa privádza neprerušovaný vstupný prúd. Tento obvod sa vyznačuje malým rušením. Vstup nie je od výstupu galvanicky oddelený.

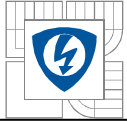
Tranzistor pracuje v tomto zapojení iba ako spínač. Je zrejmé, že pri tomto zapojení musí byť použitá dostatočne rýchla usmerňovacia dióda, tzv. shottkyho dióda určená pre vysoké frekvencie rádovo desiatkach kHz. Taktiež rýchlosť spínania tranzistora sa pohybuje rádovo v desiatkach kHz.



Obr. 2.2: Priebehy na jednotlivých prvkoch meniča



- U_L napätie na tlmivke
- I_1 napájací prúd
- I_c prúd kondenzátorom
- $I_D = I_2$ výstupný prúd
- U_x napätie na tranzistore - C-E prechod
- ΔI zvlenie prúdu na tlmivke



3 VOĽBA OBVODU PRE SPÍNANÝ ZDROJ

Každý spínaný napájací zdroj je zložený z riadiacich obvodov, spínacích prvkov, tlmiviek, ochrán a podobne. Riadiace obvody majú za úlohu generovať impulzy s potrebnou frekvenciou a striedou pre spínacie prvky. Sú zhotovené prevažne v podobe integrovaných obvodov. Tieto obvody sú vyrábané ako jednoúčelové. Pri výbere obvodu pre náš spínaný zdroj sme brali do úvahy nasledujúce kritéria:

- jednoduchosť zapojenia
- minimum externých súčiastok
- kvalita požadovaných výstupných elektrických veličín
- dostupnosť jednotlivých elektronických súčiastok
- ekonomické náklady na stavbu zariadenia
- stabilizované výstupné napätie 19V
- čo najširšie rozmedzie vstupného napätia
(sieť v automobile kolíše zhruba od 10 do 15V)

Z daných požiadavkov sme vybrali obvod z rady UC XXXX pomocou technického katalógu [5] obvodu. Jedná sa o univerzálne obvody pre spínané zdroje, ktoré sú určené pre riadenie jednočinných DC/DC meničov. Patria do skupiny obvodov s veľmi zložitou vnútornou štruktúrou, ale s malým počtom vývodov, a teda aj s malým počtom potrebných externých súčiastok. Sú to obvody pracujúce na základe pulznej šírkovej modulácie označovanej tiež ako PWM. Ich prevedenie je realizované v puzdrách DIP8 DIP14 a aj ako SMD prevedenie SOP8 a SOP14.

3.1 Charakteristika obvodu

Tento obvod sa vyrába v rôznych prevedeniach líšiacich sa svojimi charakteristikami, ako je veľkosť minimálneho a maximálneho napájacieho napätia, počtom vývodov a počtom pulzov. Do skupiny obvodov s označením UC patria tieto obvody:

- UC 3842N
- UC 2842N
- UC 3843N
- UC 3844
- UC 3845
- UC 2844
- UC 1843, 1844

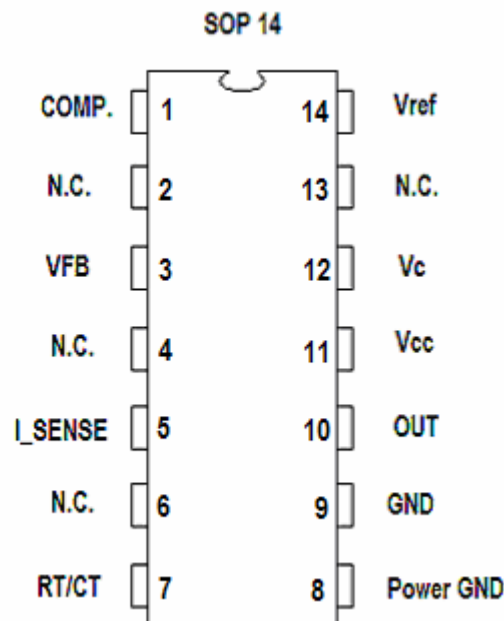
Všetky tieto obvody majú zhodné vnútorné zapojenie. Charakteristické črty týchto obvodov sú:

- optimalizované pre DC/DC meniče
- nízky odber prúdu
- možnosť pracovať až do frekvencie 500 kHz
- ochrana obvodu proti prepätiu a podpätiu
- obvod UVLO s hysterezou (zapínacia a vypínacia charakteristika obvodu)
- minimum externých súčiastok
- maximálne pracovné napätie 36V

Pre našu aplikáciu bol zvolený integrovaný obvod v SMD prevedení s označením UC 3843D.

3.2 Obvod UC 3843D

Tento typ obvodu pracuje už od napájacieho napätia 8,4V. Preto vyhovel pre použitie v napájacej sieti automobilu. Nasledujúci obrázok znázorňuje prevedenie a značenie vývodov z púzdra obvodu [5].



Obr. 3.1: Prevedenie púzdra a značenie vývodov

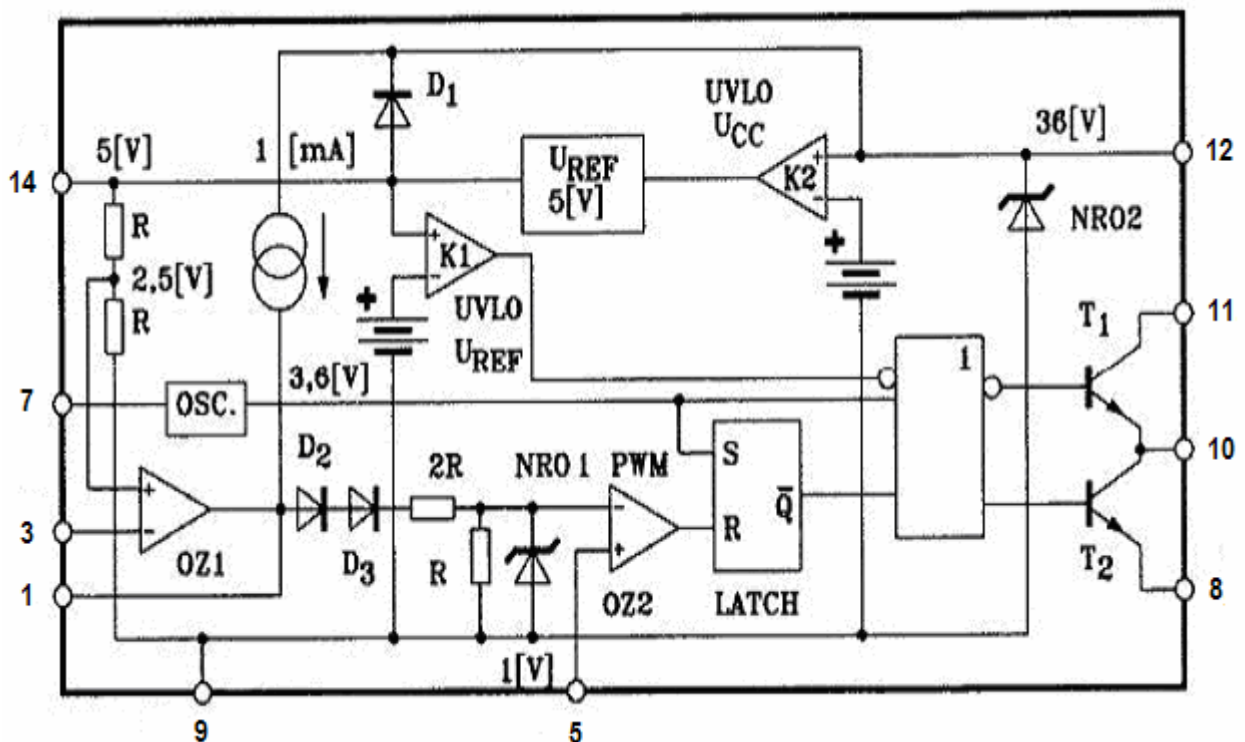
Púzdro je prevedené so 14 pinmi. Piny označené ako N.C. sú nezapojené. Obvod je ďalej vyrábaný aj ako 8 pinový ale len pre vyššie napájacie napätie (UC 3842). U 8 pinového prevedenia ostávajú všetky piny rovnako označené s absenciou N.C. pinov a piny s označením Vc, Vcc sú spojené a taktiež aj piny GND a Power GND.

Značení pinov:

- 1-COMP** Výstup kompenzácií
- 3-VFB** Vstup spätnoväzbového napätia
- 5-I_SENSE** Vstup pre nadprúdovú ochranu
- 7-R_T,C_T** Pripojenie R a C člena potrebného pre nastavenie kmitočtu oscilátora
- 8,9-GND** Zem
- 10-OUT** Výstup budiacich impulzov pre koncový tranzistor
- 11,12-V_C, V_{CC}** Napájacie napätie
- 14-U_{REF}** Výstup referenčného napätia 5V

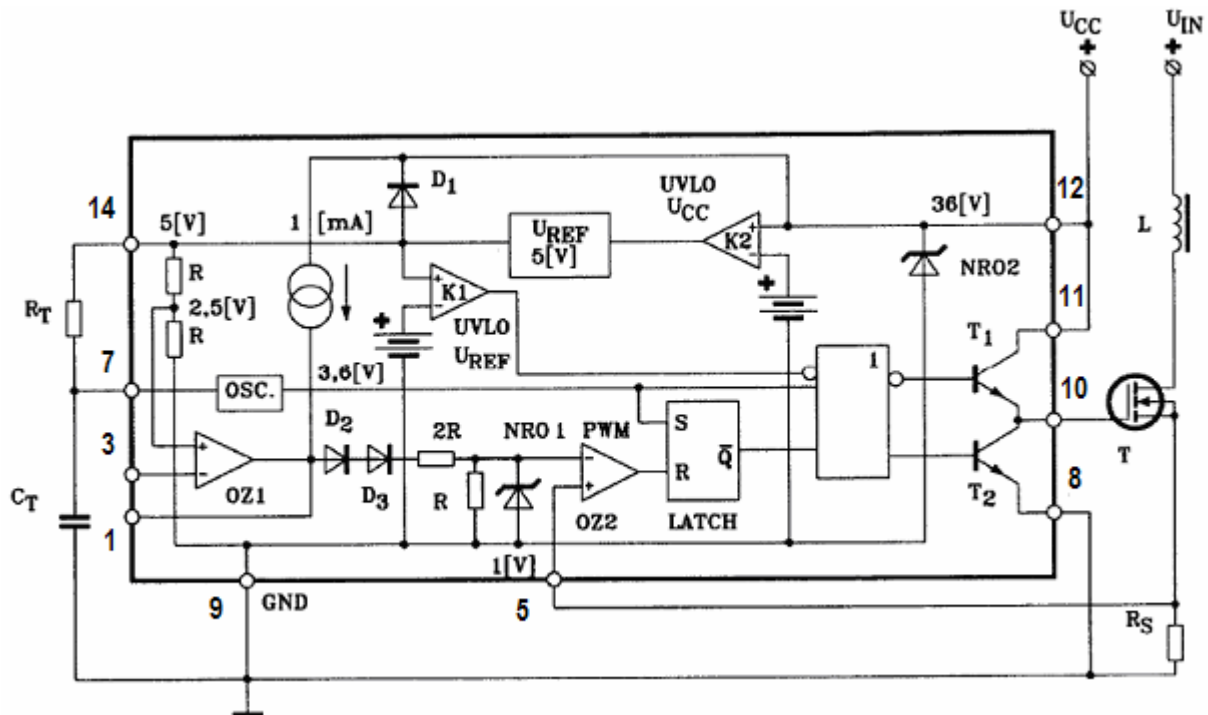
3.2.1 Vnútorne zapojenie obvodu

Obvod patrí do skupiny obvodov so zložitou vnútornou štruktúrou. Je navrhnutý s minimálnym počtom vývodov potrebných pre jeho činnosť. Medzi hlavné časti v obvode patrí zdroj referenčného napätia 5V, vnútorný oscilátor, napájací obvod UVLO, porovnávacie obvody a budiace tranzistory na výstupe obvodu. Nasledujúci obrázok znázorňuje vnútornú štruktúru obvodu [5], [2]:



Obr. 3.2: Vnútorne zapojenie obvodu

Základné zapojenie obvodu UC3843D:

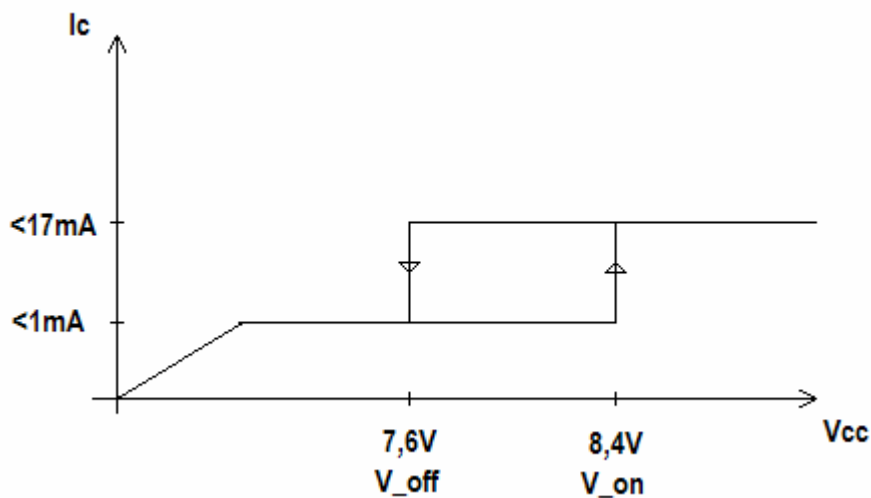


Obr. 3.3: Základné zapojenie obvodu

Obvod je určený pre spínané zdroje s pevnou pracovnou frekvenciou oscilátora, nastaviteľnou vonkajšími prvkami R_T a C_T . Jeho referenčné napätie 5V (vývod číslo 14) je teplotne kompenzované. Pomocný operačný zosilňovač (OZ1) má vysoké zosilnenie a potrebuje vonkajšiu kompenzáciu. Na kompenzovanie tohto zosilňovača sa používajú vývody 1 a 3. Na vývod č.3 sa pripája odporový delič pre nastavenie hodnoty výstupného napätia. Obvod obsahuje tiež ochrany pozostávajúce z blokovania pri poklese napájacieho a referenčného (U_{REF}) napätia s príslušnou hysterézou. Referenčné napätie U_{REF} sa pohybuje s presnosťou 1% ,t.j. v rozsahu od 4,95V do 5,05V. Zdroj U_{REF} má zabudovanú ochranu proti skratu, a preto nie je možné ho náhodným skratom zničiť. Ďalej obvod má obmedzovač prúdu (vývod č.5) pri každom cykle a možnosť nastavenia hranice striedy. Ako je vidieť z vnútornej štruktúry obvodu, tak obvod má koncový stupeň pre budenie externých tranzistorov tvorený dvoma bipolárnymi NPN tranzistormi. Pracujú vo funkcii zdroja napätia. Výstup je vhodný pre budenie MOSFET tranzistorov. Budič je schopný dodať výstupný prúd až 1A pri dobe nábehu impulzov kratších než 50ns, ak je vstupná kapacita tranzistora na prechode G-S C_{GS} menšia ako 1nF. Vývod č.9 a 8 je pripojený na napájaciu zem. Vývod č.10 je pripojený na hradlo budiaceho tranzistora. Kladný pól napájacieho napätia je privedený na vývody č. 11 a 12.

3.2.2 Napájacie napätie obvodu

Napájacie napätie obvodu je kontrolované vnútorným obvodom UVLO. Kontroluje, či napájacie napätie leží v pracovnom rozsahu od 8,4V až 36V. Obvod má zavedenú hysterezu, pričom obvod začne pracovať pri privedení napätia hodnoty 8,4V a vypína sa pri poklese napätia pod hodnotu 7,6V. Proti prepätiu alebo napätiam vyšším ako 36V je obvod chránený prepäťovým obvodom NR02. Ako je z vnútorného zapojenia obvodu vidieť, tak sa jedná o transil s menovitou hodnotou 36V.

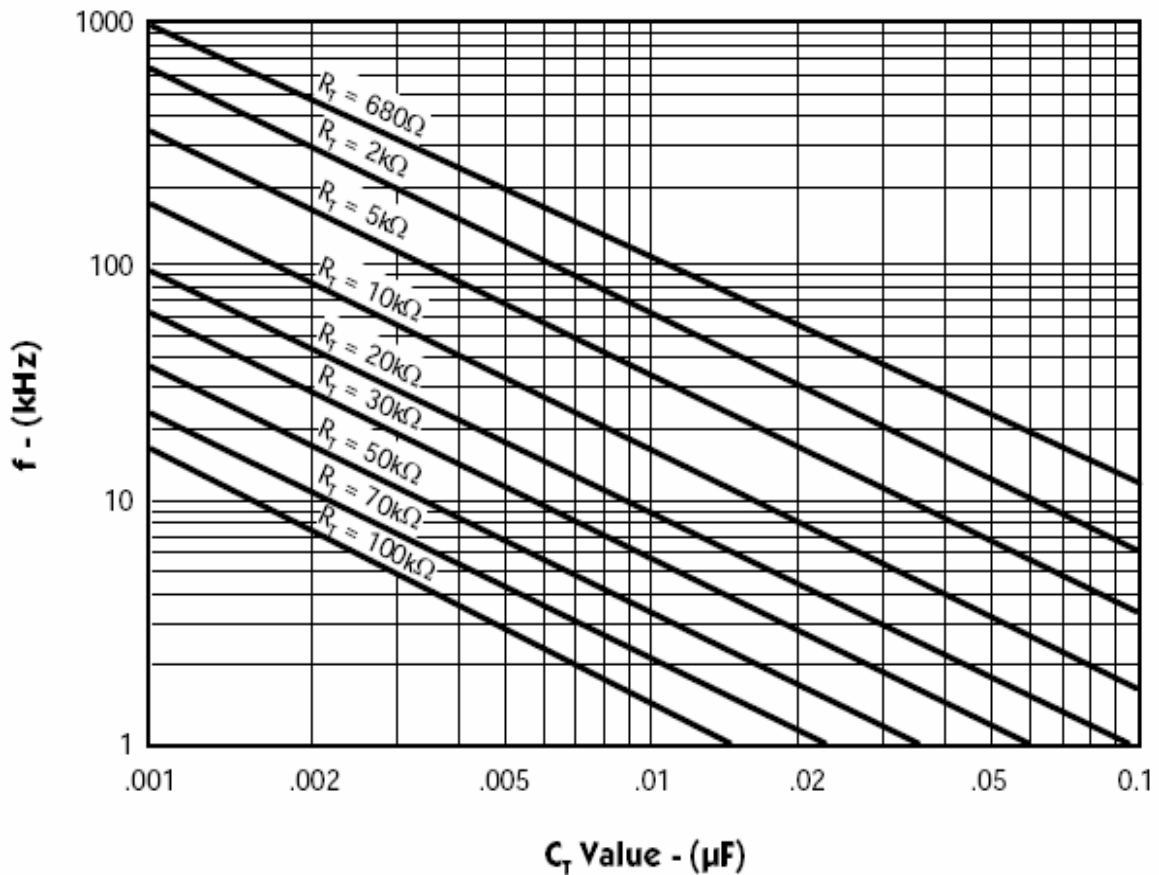


Obr. 3.4: Hysteréza UVLO obvodu

Kľudový odber prúdu obvodu sa pohybuje v rozmedzí 13 – 17 mA.

3.2.3 Nastavenie frekvencie oscilátora

Oscilátor vnútri obvodu je nastaviteľný externými súčiastkami R_T a C_T . Maximálna hodnota frekvencie s ktorou môže pracovať je až 500 kHz. Jeho hlavnou funkciou je generovať pílovitý signál, ktorý sa ďalej využíva pri PWM regulácii. Nastavená hodnota frekvencie je veľmi stabilná. Ako udáva Datasheet [5], tak frekvencia sa pri zmene napájacieho napätia U_{CC} od 12V do 25V zmení iba o 0,2%. V katalógu je vyobrazená nasledujúca charakteristika, podľa ktorej sa dá rýchlo a jednoducho určiť hodnota frekvencie oscilátora podľa hodnôt R_T a C_T .



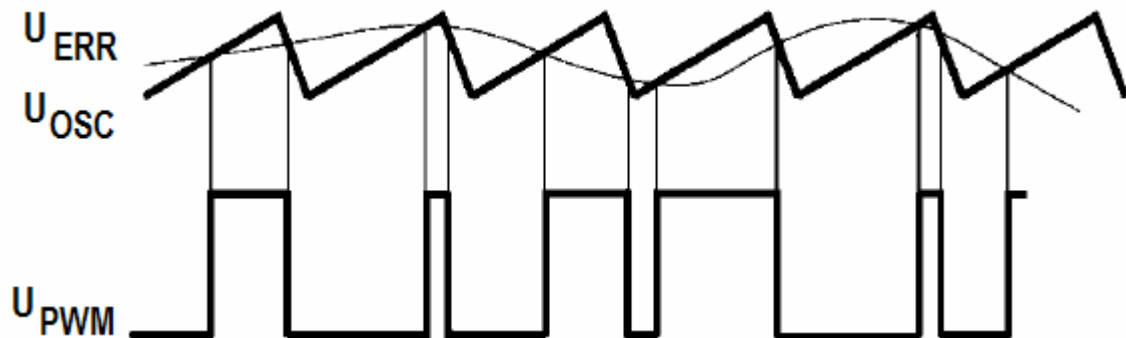
Obr. 3.5: Určenie kmitočtu oscilátora

Pri určovaní frekvencie sme vyšli z nasledovného diagramu a potrebné hodnoty súčiastok sme odčítali.

3.2.4 Princíp činnosti PWM regulácie

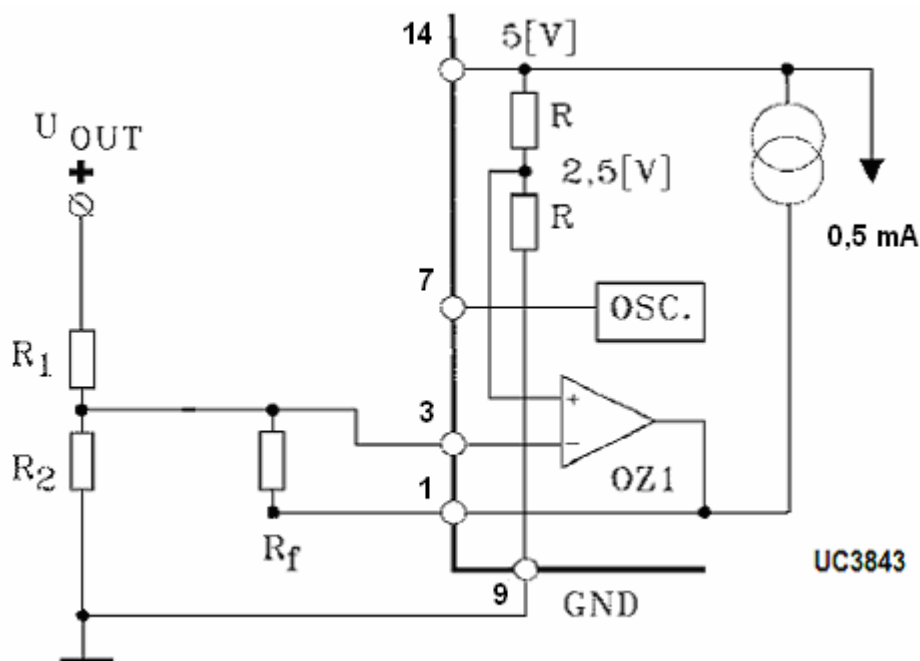
Pulzne šírková modulácia (Pulse wide modulation) [2] je obvykle najčastejšie používaným spôsobom regulácie spínaných zdrojov. Základ činnosti tohoto riadenia spočíva z porovnania chybového napätia odvodeného z napájacieho napätia zdroja v našom prípade 5V s napätím vnútorným, čiže s pílovitým napätím oscilátora.

V obvodoch spínaných meničoch je vyhodnocované chybové napätie U_{ERR} , ktoré vzniká porovnávaním na komparátore integrovaného obvodu referenčného (v našom prípade 5V) a výstupného napätia (U_{OSC}). Priebeh chybového napätia teda závisí na veľkosti sledovaného výstupného napätia. Výsledkom tejto komparácie je signál U_{PWM} , ktorým je ovládaný externý spínač teda tranzistor. Výstup preklápa tak, že v prípade ak je pílovité napätie vyššie ako je napätie chybové U_{ERR} , potom príde povel ku zopnutiu spínača. Na tejto komparácii je založená výkonová regulácia zdroja.



Obr. 3.6: Činnosť PWM regulácie

3.2.5 Nastavenie výstupného napätia a kompenzácia OZ1



Obr. 3.7: Nastavenie výstupného napätia

Spätnoväzobná slučka pre nastavenie výstupného napätia sa uzatvára cez invertujúci vstup OZ1- vstup č.3- VFB a porovnáva sa s polovicou referenčného napätia teda 2,5V. Výstupné napätie meniča je nastaviteľné zmenou hodnôt rezistorov R_2 a R_1 . Rezistory R_1 a R_2 tvoria napäťový delič pomocou ktorého je možné určiť hodnotu výstupného napätia podľa nasledujúceho vzťahu:

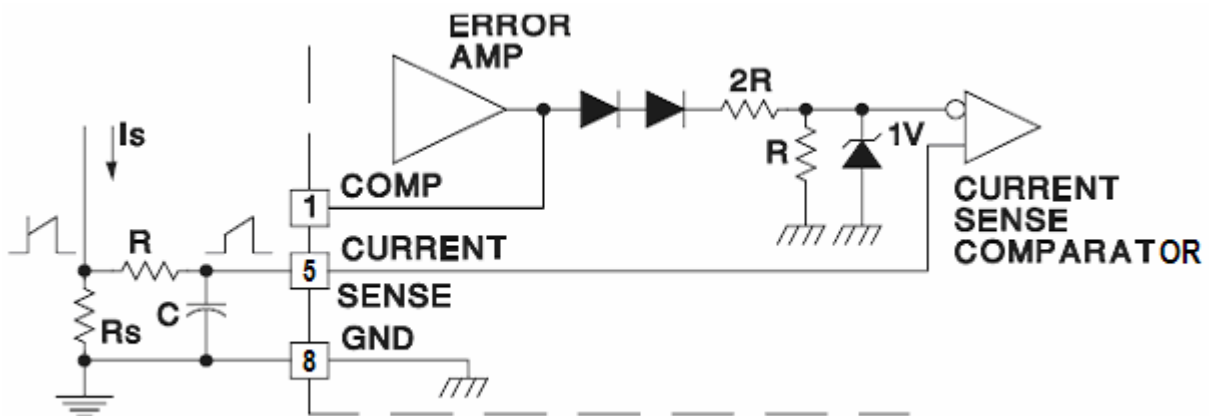
$$U_{OUT} = U_{ref} \cdot (R_1 + R_2) / (2 \cdot R_2) \text{ [V]} \quad (1)$$

U_{ref} predstavuje referenčné napätie 5V a R_1 , R_2 hodnoty rezistorov v Ω . Vývod č.1 je možné použiť pre zavedenie kmitočtovej kompenzácie rezistorom R_F , ale aj ako pre ovládanie vstupu PWM komparátora. Hodnota spätnoväzobného rezistora R_F ako udáva katalóg obvodu vždy vyššia ako 8,8 k Ω a zosilnenie OZ1 sa nastavuje obvykle na hodnotu $A_U=30$. Podľa požadovanej hodnoty zosilnenia a rezistorov R_1 a R_2 je možné určiť hodnotu spätnoväzobného rezistora použitím nasledujúceho vzťahu:

$$A_U = \frac{R_F}{(R_1 // R_2) + 1} \quad (2)$$

3.2.6 Nastavenie prúdovej zaťažiteľnosti zdroja

Vývod č.5 (Current sense input) slúži na nastavenie prúdovej zaťažiteľnosti zdroja. Výstupné napätie regulačnej odchyľky OZ1 (error amp) je posunuté o úbytok na diódach D1 a D2 o cca. 1,4 V a potom vydelené deličom $2R - R$ na jednu tretinu. Takto upravené výstupné napätie je privedené na invertujúci vstup PWM komparátora (OZ2) a porovnáva ho s úbytkom napätia, ktoré vznikne na externom rezistore R_s prechodom spínaného prúdu na vývode č.5. Toto napätie môže byť max. 1V ako vyplýva z vnútorného zapojenia obvodu. Pri prekročení tohto napätia vplyvom zvýšenia úbytku napätia na rezistore R_s sa preruší impulzy na vývode do výkonového tranzistoru, a tým sa preruší aj napájanie záťaže. Takýmto spôsobom prebieha prúdové obmedzenie pri preťažení zdroja.



Obr. 3.8: Zapojenie nadprúdovej ochrany a vývodu č.3

Pretože napätie na invertujúcom vstupe komparátora (OZ2) môže byť vyššie ako 1V, je možné určiť maximálny prúd I_S prechádzajúci tzv. bočníkom odporu R_s vzťahom:

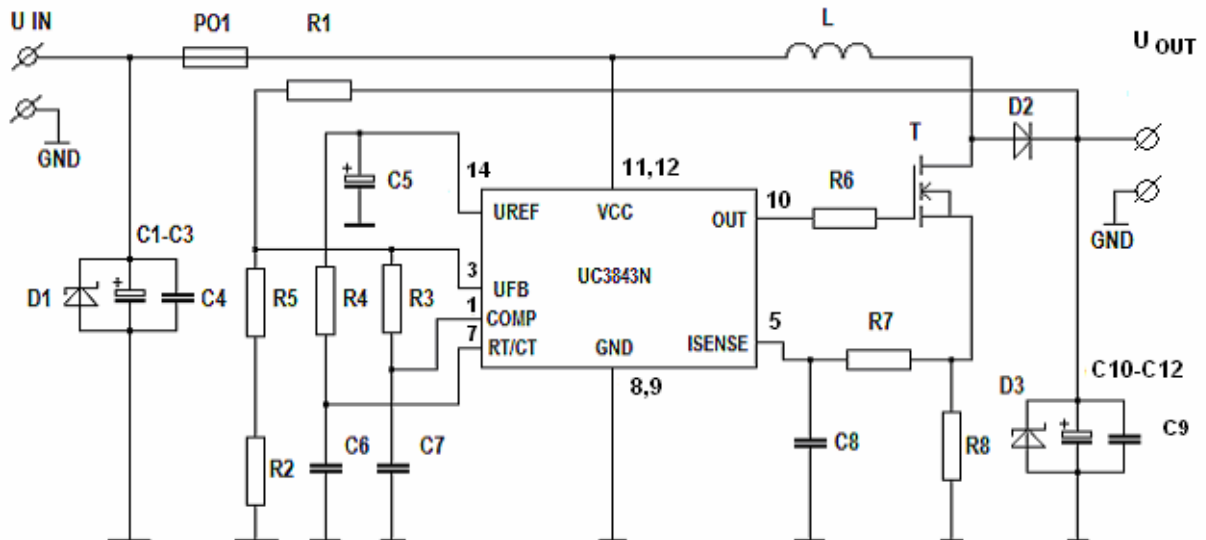
$$I_S = \frac{1V}{R_s} \text{ [A]} \quad (3)$$

Súčiastky R a C odstraňujú prekmit, ktorý vznikne v dôsledku spínania tranzistora a tlmivky.

Je zrejmé, že rezistorom bude pri zaťažení obvodu tiecť značný prúd, a práve preto musí byť vo výkonovom prevedení.

4 SCHÉMA ZAPOJENIA ZVYŠUJÚCEHO MENIČA 12/19V

Pri navrhovaní zapojenia obvodu sme vychádzali z katalógového zapojenia [4],[5] obvodov rady UC3843. Schéma obvodu je doplnená o filtračné kondenzátory na vstupe a na výstupe. Ochrany proti prepätiu sú realizované pomocou transilov.



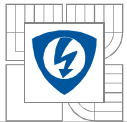
Obr. 4.1: Schéma zapojenia meniča

Zoznam súčiastok:

Tab. 4.1 Pasívne súčiastky

Značenie	Hodnota
R1	27K
R2	750R
R3	100K
R4	820R
R5	3K3
R6	22R
R7	1K
R8	12x 1R
C1-C3	100u/ 16V
C4, C9	100 nF

Značenie	Hodnota
C10-C12	220u/35V
C5	47u/ 16V
C8	1 nF
C7	100 nF
C6	27nF



Tab. 4.2 Polovodičové súčiastky

Značenie	Hodnota
IO	UC 3843D
D1	Transil 15V
D2	MBR 2545CT
D3	Transil 22V
T	3N0607 Mosfet

4.1 Vyhotovenie a použité súčiastky

Plošný spoj a schéma boli vytvorené v programe EAGLE. Celú schému sme realizovali v prevedení SMD o zhodnej veľkosti súčiastok 1206. Tlmivka a všetky súčiastky sú osadené na jednom plošnom spoji a tvoria teda jeden funkčný celok. Plošný spoj je realizovaný ako jednostranný. Chladienie výkonových prvkov T a D2 je realizované pomocou plôšiek vyleptaných na plošnom spoji a pomocou prispájkovaných chladičov. Signalizácia zapnutého stavu je realizovaná pomocou luminiscenčnej diódy červenej farby zapojenej na výstupe meniča.

Nadprúdovú ochranu sme realizovali pomocou tavnej poistky na vstupe o hodnote 6,3A. Poistka sa nachádza v poistkovom púzdre pre rýchlejšiu výmenu pri poruche zariadenia. Ako ochranu proti prepätiu sme zvolili na vstupe a aj na výstupe transily. Na vstupe sme použili transil o hodnote 15V a na výstupe transil o hodnote 22V. Transily sú v prevedení púzdra SMB. Prívody napájacieho a výstupného napätia sú realizované plochami pre pájenie prípojných vodičov.

Výkonový tranzistor

Pre potreby meniča sme zvolili výkonový tranzistor MOSFET s vodivým N kanálom s označením 3N0607. Medzi jeho technické parametre patri:

- maximálna dovolená teplota až 260°C
- pracovná teplota od -55°C do +175°C
- nízka hodnota odporu $R_{ds(on)}$
- prevedenie púzdra D2PAK
- maximálne napätie medzi drain a source vývodom $U_{DS} = 55V$
- $R_{DS(ON)max} = 6,5m\Omega$
- Maximálny prúd drain vývodom $I_D = 80A$



Výkonová dióda

Výkonovú diódu sme realizovali typom MBR 2545CT. Jedná sa o rýchlu dvojité šottky diódu určenú pre napájacie zdroje. Jej púzdro je zhodné s prevedením púzdra výkonového tranzistoru, teda D2PAK.

Charakteristika diódy:

$$I_D = 25A$$

$$U_D = 45V$$

Emitterový rezistor (R9)

Keďže týmto rezistorom tečie značný prúd, jeho voľba pozostáva z 12 kusov SMD rezistorov zapojených paralelne. Hodnota odporu jedného rezistora je 1Ω . Celková hodnota emitterového rezistora je $0,1\Omega$.

Hodnota spätnoväzobného rezistora R_F – v obvode označený R_3

Ku výpočtu hodnoty rezistora je použitý vzťah (2), pričom hodnota zosilnenia $OZ1$ je nastavená na $A_U = 30$.

$$A_U = \frac{R_F}{(R_1 // R_2) + 1}$$

$$R_F = A_U * [(R_1 // R_2) + 1]$$

$$R_F = 30 * \left[\frac{27000 * (3300 + 750)}{27000 + 3300 + 750} + 1 \right]$$

$$R_F = 106k\Omega \rightarrow 100k\Omega$$

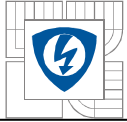
Kondenzátor C_7 slúži ku plynulému nábehu zdroja po zapnutí.

4.2 Nastavenie požadovanej veľkosti výstupného napätia 19V

Vhodnou voľbou veľkosti rezistorov R_1, R_2 a R_5 sme nastavili požadovanú hodnotu výstupného napätia. Namiesto rezistoru R_2 je možné použiť odporový trimer a pomocou neho nastaviť požadované napätie.

Tab. 4.3 Hodnoty rezistorov pre nastavenie výstupnej úrovne napätia:

R1	27K
R2	750R
R5	3K3

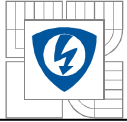


Pre výpočet napätia U_2 je použitý vzorec (1):

$$U_{OUT} = U_{ref} * (R_1 + R_2 + R_5) / (2 * (R_2 + R_5)) \text{ [V]}$$

$$U_{OUT} = 5V * (27000 + 750 + 3300) / (2 * (750 + 3300))$$

$$\underline{U_{OUT} = 19,16V}$$



5 NÁVRH A VÝPOČET TLMIVKY

5.1 Výpočet potřebnej hodnoty indukčnosti

Pre určenie hodnoty indukčnosti je potrebné poznať hodnotu striedy. Strieda je pomerom času zapnutia tranzistora ku perióde. Strieda je taktiež závislá od veľkosti vstupného a výstupného napätia zvyšujúceho meniča. Jej veľkosť je možné určiť nasledujúcim vzťahom:

$$U_2 = U_1 * \frac{1}{1-s} \quad (4)$$

U_2 - výstupné napätie

U_1 - vstupné napätie

$$s = \frac{U_2 - U_1}{U_2}$$

Nasleduje výpočet hodnoty striedy pre rôzne napätia napájacej siete automobilu:

$$U_1=10V$$

$$U_2=19V$$

$$s = \frac{U_2 - U_1}{U_2} = \frac{19-10}{19} = 0,473$$

$$U_1=12V$$

$$U_2=19V$$

$$s = \frac{U_2 - U_1}{U_2} = \frac{19-12}{19} = 0,368$$

$$U_1=14,4V$$

$$U_2=19V$$

$$s = \frac{U_2 - U_1}{U_2} = \frac{19-14,4}{19} = 0,242$$

Pre ďalší výpočet volíme striedu $s=0,3$

Pre výpočet potrebnej hodnoty indukčnosti platí nasledujúci vzťah:

$$L = \frac{U_1 * s}{f * \Delta I} [H] \quad (5)$$

U_1 – vstupné napätie

s - strieda

f – frekvencia spínania

ΔI - zvlnenie prúdu na tlmivke

Hodnotu zvlnenia prúdu sme zvolili $\Delta I=1,5A$. Hodnota frekvencie oscilátora bola určená na 50kHz, následkom čoho sme zvolili vhodné hodnoty časovacích prvkov R_4 a C_6 .

$$L = \frac{U_1 * s}{f * \Delta I} = \frac{12 * 0,3}{50000 * 1,5} = 48 \mu H$$

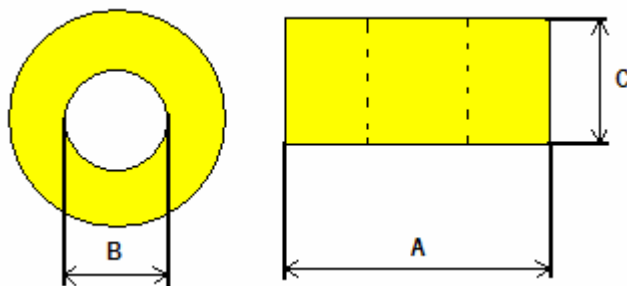
Na vypočítanú hodnotu indukčnosti sme ďalej volili typ jadra, potrebný počet závitov a prierez drôtu tlmivky.

5.2 Voľba typu jadra

Potrebný typ samonosného jadra sme vybrali z firmy Mikrometals s označením 26. Jedná sa o železoprachové jadro so žltým povrchom. Jeho rozmery sú:

Tab. 5.1 Rozmery jadra

A	22,1 mm
B	13,7 mm
C	8 mm
S_{FE}	$34,8mm^2$
l_E	54,2 mm

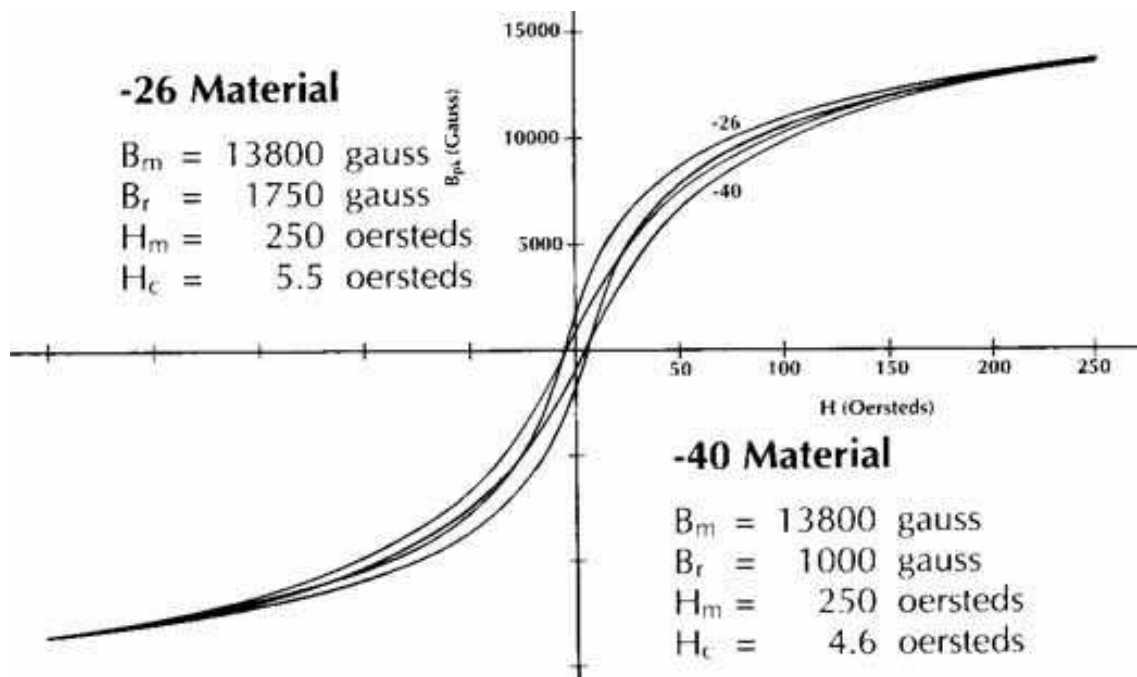


Obr. 5.1: Prevedenie jadra a rozmery

kde: S_{FE} je prierez jadra

l_E je stredná dĺžka siločiar

Jadro od firmy Mikrometals má priloženú magnetizačnú charakteristiku, z ktorej je možné určiť hodnotu sýtenia jadra a ďalej magnetickú vodivosť Λ .



Obr. 5.2: B-H charakteristika

Charakteristika je určené pre dva typy jadier, z ktorých je pre našu aplikáciu potrebná krivka pre materiál 26. Magnetizačná charakteristika je vyjadrená v hodnotách OERSTED a GAUSS. Preto bolo potrebné previesť tieto hodnoty na klasické jednotky použiteľné vo vzťahoch na $A \cdot m^{-1}$ a T (Tesla).

Prevodné vzťahy

$$1 \text{ oe} = 79,577 \text{ A} \cdot \text{m}^{-1} \quad \text{magnetická intenzita H}$$

$$10^4 \text{ Gauss} = 1 \text{ T (tesla)} \quad \text{magnetická indukcia B}$$

Pre použitie magnetizačnej charakteristiky je potreba poznať potrebnú hodnotu sýtenia jadra. Ďalej po zistení tejto hodnoty sme vytýčili v magnetizačnej charakteristike kolmicu a v príslušnom bode pretnutia charakteristiky zostrojili dotyčnicu, ktorá nám určí ΔB a ΔH .

5.3 Výpočet parametrov tlmivky

Pre určenie magnetickej intenzity platí nasledujúci vzťah:

$$H = \frac{N \cdot I_{\max}}{l_E} \quad (6)$$

$$H = \frac{32 \cdot 4,5}{0,0542} = 2656,83 \text{ A} \cdot \text{m}^{-1}$$

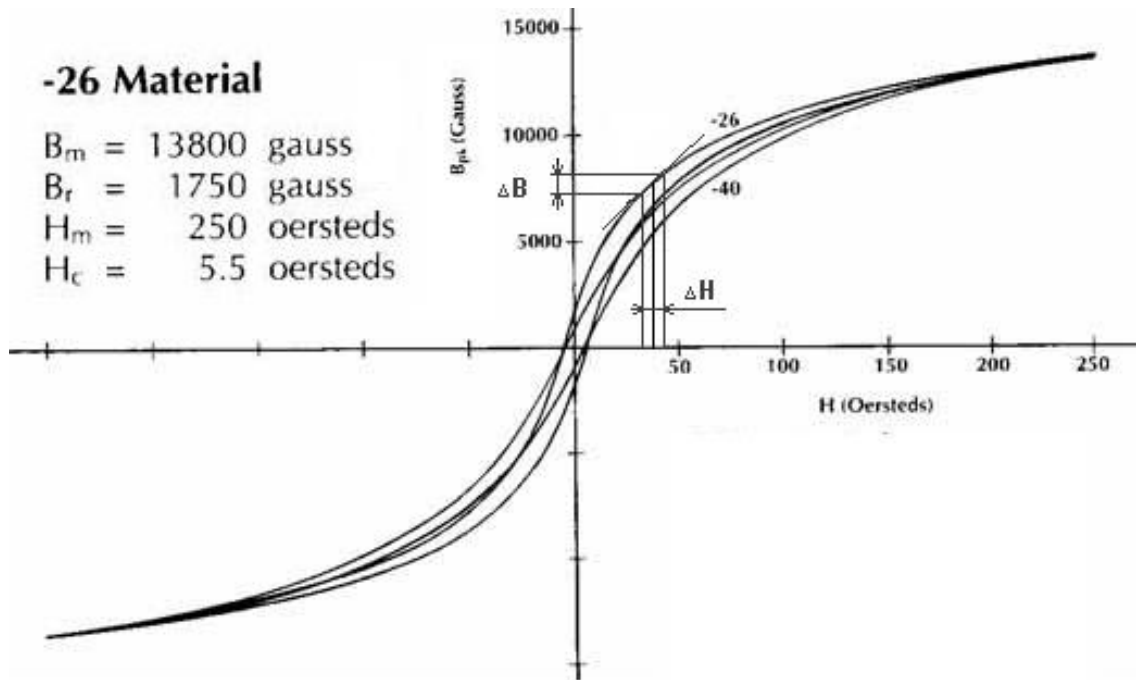
$$\underline{H = 2656,83 \text{ A} \cdot \text{m}^{-1} = 33,4 \text{ oe}}$$

Pre potrebnú hodnotu magnetickej intenzity jadra bolo potrebné zvoliť počet závitov pre tlmivku.

$$N=32$$

I_{\max} maximálny prúd tečúci tlmivkou

l_E stredná dĺžka siločiar



Obr. 5.3: Odčítanie ΔB a ΔH

Hodnoty ΔB a ΔH odčítané z grafu:

$$\Delta H = 16,3 \text{ oe} = 1300 \text{ A} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$\Delta B = 1000 \text{ Gauss} = 0,1\text{T}$$

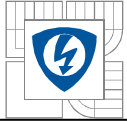
Pre určenie magnetickej vodivosti platí vzťah:

$$\Lambda = \mu_0 * \mu_R * \frac{S_{FE}}{l_E} \quad (7)$$

z toho $\mu_0 * \mu_R = \frac{\Delta B}{\Delta H}$

$$\mu_0 * \mu_R = \frac{0,1}{1300} = 7,7 * 10^{-5}$$

$$\Lambda = \mu_0 * \mu_R * \frac{S_{FE}}{l_E}$$



$$\Lambda = 7,7 * 10^{-5} * \frac{34,8 * 10^{-6}}{0,0542}$$

$$\Lambda = 49nH / z^2$$

Magnetická vodivosť materiálu je definovaná podielom indukčnosti k počtu závitov N^2 :

$$\Lambda = \frac{L}{N^2} \quad (8)$$

z tohto vzťahu je možné určiť potrebný počet závitov na vypočítanú indukčnosť:

$$N = \sqrt{\frac{L}{\Lambda}} = \sqrt{\frac{48 * 10^{-6}}{49 * 10^{-9}}} = 31,3z \text{ pre } L = 48\mu H$$

Navinutím 31,3z na dané jadro získame presnú hodnotu indukčnosti podľa vzťahu:

$$L = \mu_0 * \mu_R * \frac{S_{FE} * N^2}{l_E} \quad (9)$$

$$L = 7,7 * 10^{-5} * \frac{34,8 * 10^{-6} * 31,3^2}{0,0542}$$

$$\underline{L = 48,43\mu H}$$

Po vypočítaní potrebnej indukčnosti sme ďalej zistili potrebný prierez jadra vodiča tlmivky.

Pre potrebný prierez jadra vodiča platí:

$$S_{CU} = \frac{I_{ef}}{J} \quad (10)$$

kde: I_{ef} je efektívny prúd prechádzajúci vodičom tlmivky

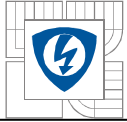
J dovolená prúdová hustota vo vodiči

Výpočet efektívnej hodnoty prúdu:

$$I_{ef} = I_{výst} * \sqrt{s} \quad (11)$$

$$I_{ef} = 4,5 * \sqrt{0,3}$$

$$\underline{I_{ef} = 2,46A}$$



Po vypočítaní I_{ef} sme ďalej určili prúdovú hustotu vo vodiči, ktorá má vzhľadom na chladenie a usporiadanie navinutých závitov hodnotu $J = 3A/mm^2$. Z prúdovej hustoty a efektívnej hodnoty prúdu je možné určiť prierez vodiča:

$$S_{CU} = \frac{I_{ef}}{J} = \frac{2,46}{3} = 0,82mm^2$$

z toho prierez vodiča:

$$d = \sqrt{\frac{4 * S_{CU}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 0,82}{\pi}} = 1,02mm$$

Vinutie je realizované medeným a lakovaným vodičom.

Tab. 5.2 Vypočítané hodnoty tlmivky:

Prúd tlmivky I	4,5A
Indukčnosť L	48 μ H
Prierez vodiča	1,02mm

Z vypočítaných hodnôt sme vybrali tlmivku so železoprachovým jadrom z katalógu GME.

Jej technické parametre sú nasledujúce:

$$I=5A$$

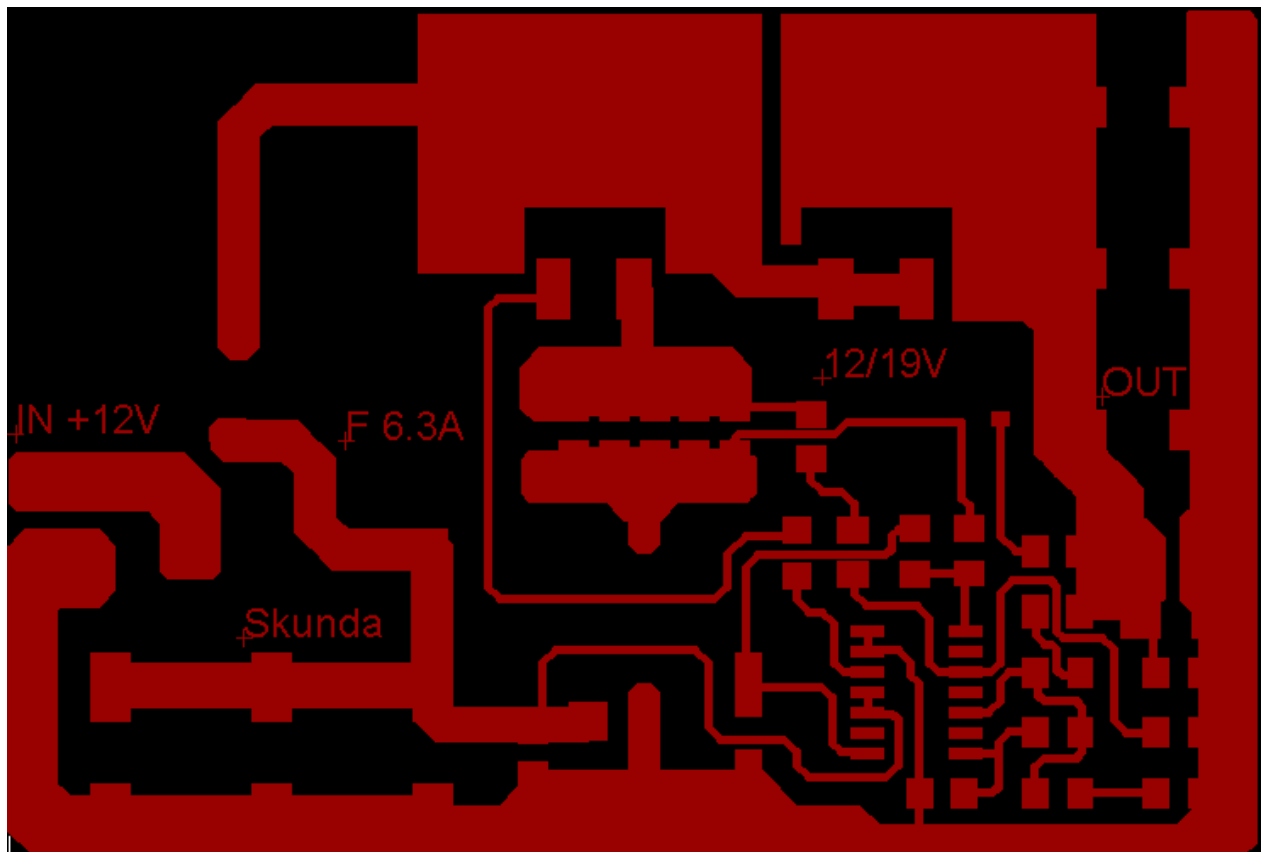
$$L=45 \mu H$$

$$d=1mm$$

6 PREVEDENIE PLOŠNÉHO SPOJA

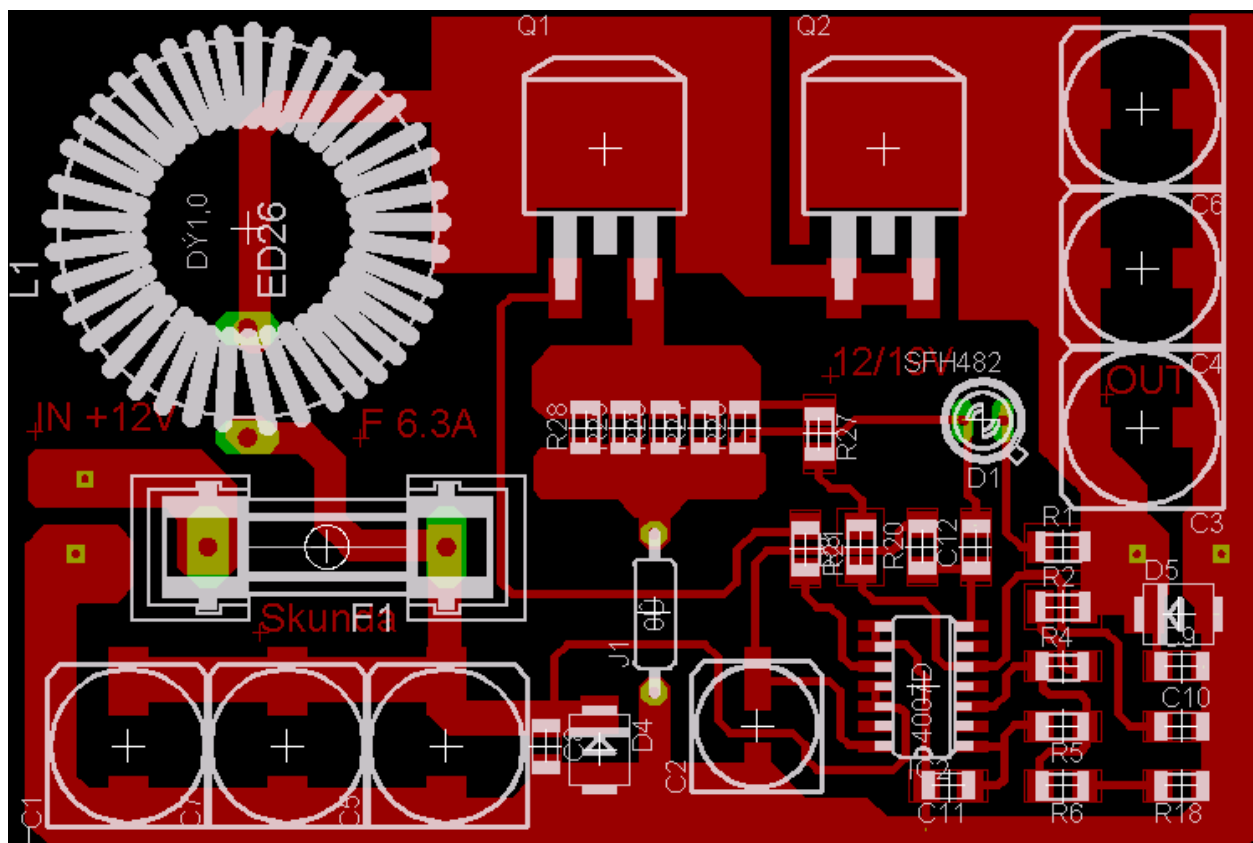
Plošný spoj bol navrhnutý v programe EAGLE. Osadením SMD súčiastkami bola jeho celková veľkosť čo v najväčšej miere minimalizovaná. Chladenie bočníka a výkonových prvkov je realizované pomocou vyleptaných medených plôch. Na plošnom spoji sa nachádza ďalej jedna prepojka označená J.

Rozmery plošného spoja: 79x54mm



Obr. 6.1: Neosadený plošný spoj

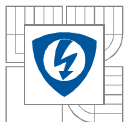
Výroba plošného spoja bola realizovaná najskôr prostredníctvom fotocesty a ďalej následným leptaním v roztoku na plošné spoje.



Obr. 6.2: Osadený plošný spoj



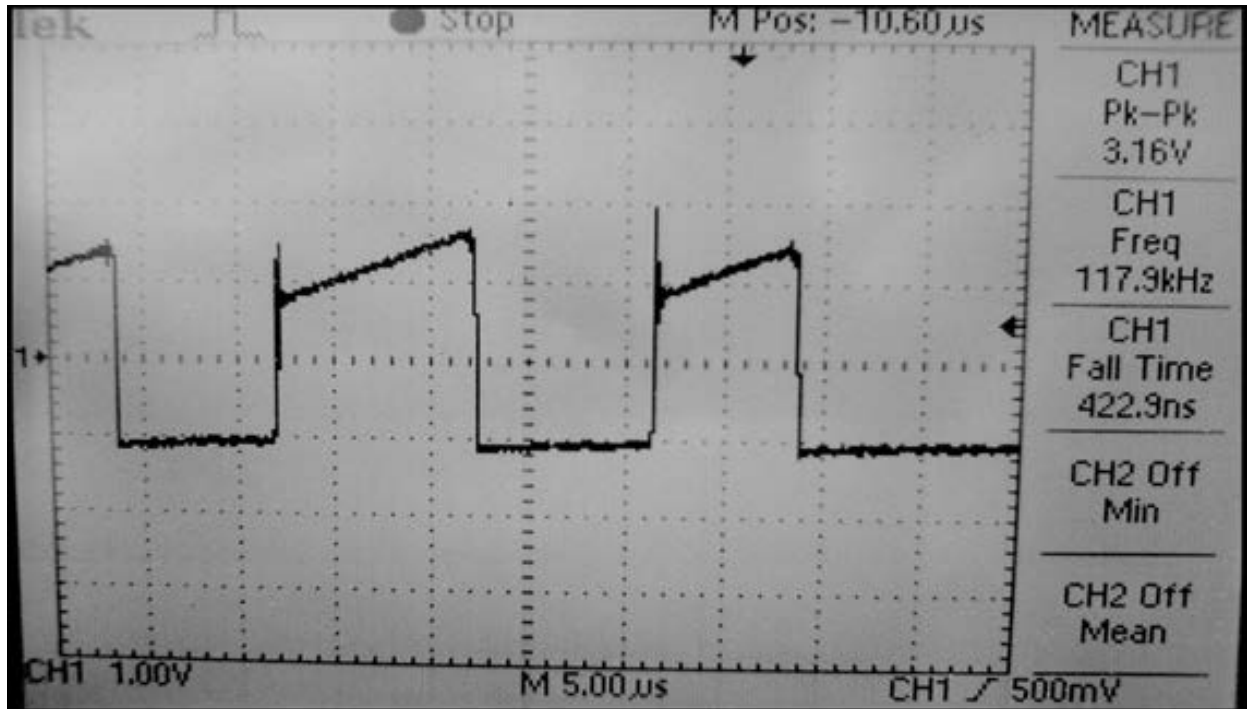
Obr. 6.3: Osadený a oživený menič



Obr. 6.4: Menič osadený v plastovej krabici s prívodnými vodičmi

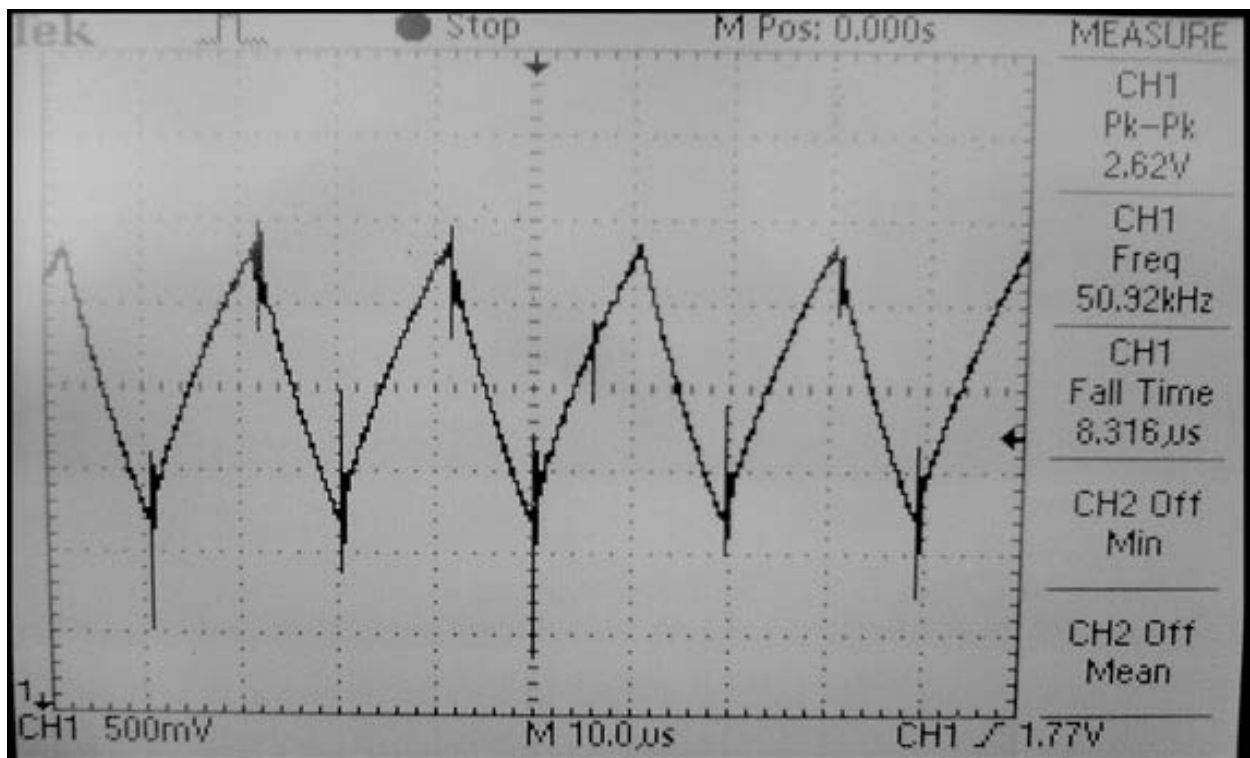
7 PRIEBEHY PRÚDOV A NAPĚTÍ

Pre zistenie správnej činnosti meniča bolo potrebné zobrazit' priebeh jednotlivých prúdov a napätí pomocou osciloskopu. Ako prvý priebeh sme zmerali priebeh prúdu, ktorý tečie výkonovým bočníkom a charakterizuje sýtenie jadra tlmivky. Ako je z priebehu vidiet', nedochádza ku presýteniu jadra.



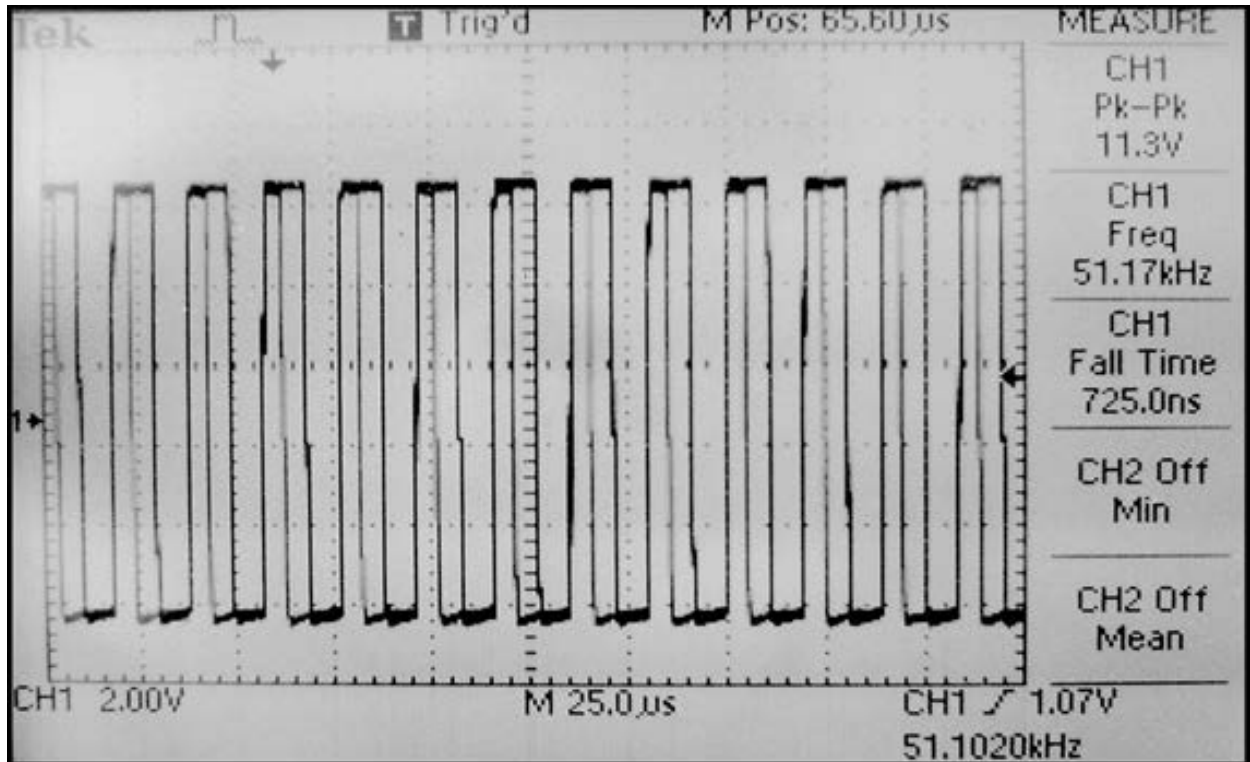
Obr.7.1: Priebeh prúdu bočníkom

Ako ďalší priebeh sme zobrazili pílovitý priebeh oscilátora a jeho pracovnú frekvenciu. Pílovitý signál sa v schéme nachádza na vývode č.4 označený R_T/C_T . Z obrázku je vidiet', že frekvencia oscilátora je zhruba 50 kHz.



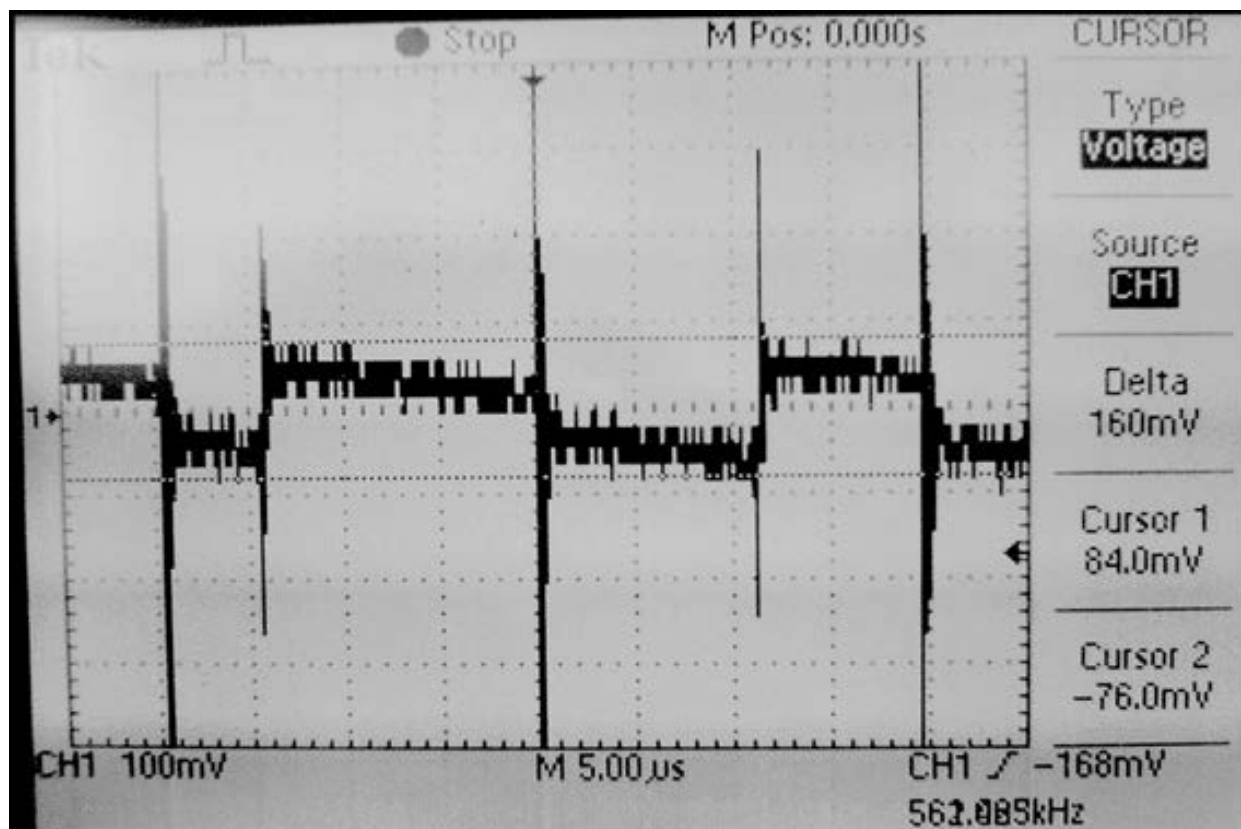
Obr.7.2: Priebeh napätia oscilátora

Ďalší priebeh zobrazuje impulzy vystupujúce z vývodu č.6 na hradlo tranzistora.

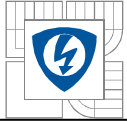


Obr.7.3 Priebeh impulzov pre výkonový tranzistor

Ďalším meraním sme zistili hodnotu zvlnenia napätia na výstupe meniča. Nameraná hodnota bola $U_{zvl}=160\text{mV}$.



Obr.7.4: Zvlnenie výstupného napätia



8 ZAŤAŽOVACIA CHARAKTERISTIKA

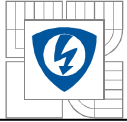
Notebook predstavuje premenlivú záťaž pre menič. Veľkosť prúdu závisí od zaťaženia notebookového procesora, činnosti optickej mechaniky, pevného disku, ale aj nabíjania akumulátora. Menič bol odskúšaný pri napájaní notebooku značky ACER Travelmate 2313 s procesorom 1,5Ghz a pri rôznych zaťaženiach. Nasledujúca tabuľka zobrazuje veľkosť odoberaného prúdu v závislosti od zaťaženia:

Tab. 8.1 Zaťažovanie meniča

Typ zaťaženia	Odoberaný prúd
Notebook bez činnosti, zapnutý operačný systém (batéria nabitá)	$I=1,05A$
Notebook bez činnosti, zapnutý operačný systém (batéria sa nabíja)	$I=1,9A$
Spustený film (nabíjanie batérie)	$I=2,2A$
Spustená hra + film (batéria nabitá)	$I=1,8A$

Ako je z nameraných hodnôt prúdov vidieť, tak celkový odoberaný prúd závisí hlavne od zaťaženia procesora a od nabíjania batérie. Odbery prúdu môžu byť pri iných typov notebookov iné a to v závislosti od výkonu použitého procesora a kapacity batérie. Platí, že čím vyššia kapacita batérie, tým je vyšší nabíjací prúd. Na meranom notebooku bola použitá batéria s kapacitou 2000 mAh.

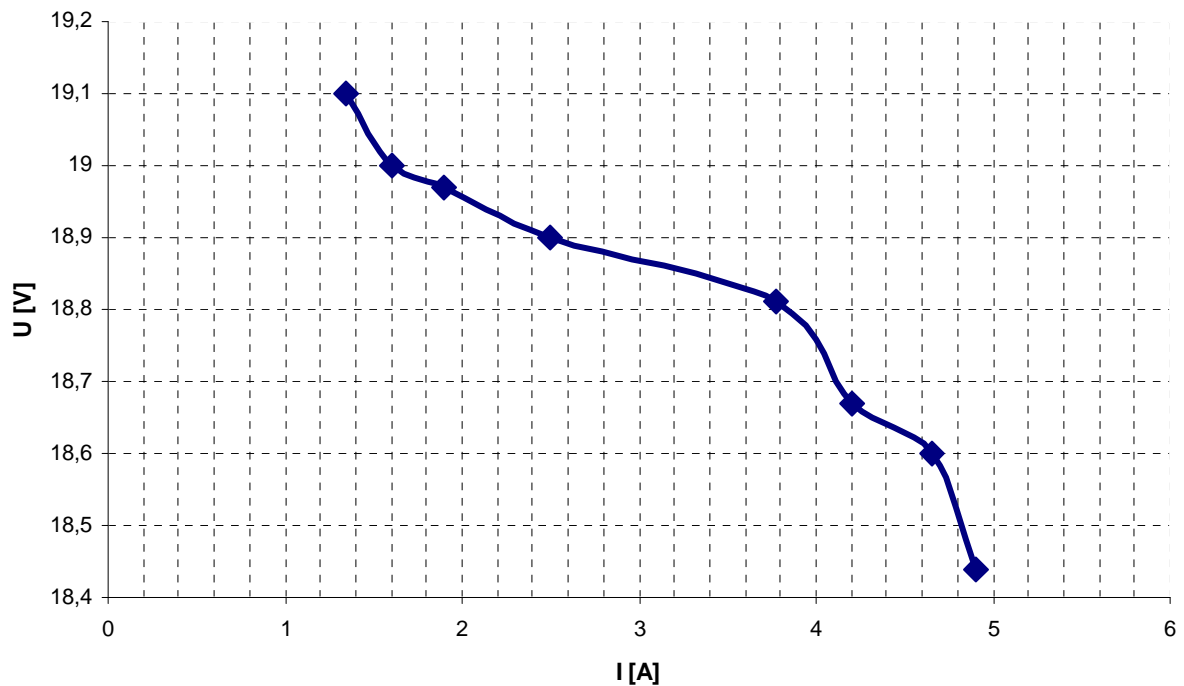
Pri plnom rozsahu meniča sme pri meraní zaťažovacej charakteristiky použili odporovú záťaž pozostávajúcu z výkonového odporového trimra $12\Omega/10A$. Postupným zaťažovaním sme odčítavali hodnotu prúdu a napätia na výstupe v závislosti od zaťaženia:

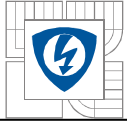


Tab. 8.2 Hodnoty prúdu a napätia v závislosti od zaťaženia

Výstupné napätie	Výstupný prúd
19,1V	1,35A
19V	1,6A
18,97V	1,9A
18,90V	2,5A
18,81V	3,77A
18,67V	4,2A
18,50V	4,65A
18,44V	4,9A

Zaťažovacia charakteristika





9 TECHNICKÉ ŠPECIFIKÁCIE

Rozmery V x Š x D: 30x60x83mm

Napájacie napätie: 9-15V

Výstupné napätie: 19V

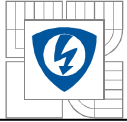
Max. výstupný prúd: 4,5A



10 ZÁVER

Daný bakalársky projekt bol veľmi zaujímavý z praktického aj teoretického hľadiska. Rozšíril som si vedomosti o spínaných meničoch, o ich rozdelení, pracovnom princípe a ich konštrukcii. Taktiež som si rozšíril rozhľad v tvorbe plošných spojov pomocou fotocesty. Táto metóda je presná a ako som sa presvedčil, je možné vytvárať rôzne zložité obrazce. V súčasnej dobe sú spínané meniče používané vo väčšine elektronických systémoch. Pracujú na rovnakom princípe spínania záťaže. Zmena je v použitých typoch integrovaných obvodoch a použití transformátorov a tlmiviek. Tento menič bol úspešne odskúšaný na notebooku ACER TravelMate 2313. Celý menič je zostavený v plastovej krabicike spolu s prírodnými káblami a konektormi.

Pri oživení nastali problémy s prúdovými slučkami, kde sa vyskytli úbytky napätia a zariadenie nepracovalo v potrebnom prúdovom rozsahu. Ako je vidieť z nameraných hodnôt prúdov pri zapojenom notebooku, tak hodnota odoberaného prúdu závisela na rôznom pracovnom režime. Prekvapením bolo, že už pri nezaťaženom notebooku napájací prúd neklesol pod 1A. Zaujímavé je taktiež to, že pri maximálnom zaťažení prúd nestúpil nad 2,2A. Dimenzovanie meniča na prúd 4,5A bolo potrebné na jeho využitie pre rôzne typy notebookov. Odber počítača závisí na veľkosti použitého monitoru, pevného disku a iných hardvérových súčastí. Napríklad staršie notebooky firmy ACER mali napájací zdroj dimenzovaný až na 4,3A. Väčšina dnes predávaných notebookov má zdroje dimenzované na prúd okolo 3,4A.



11 ZOZNAM POUŽITÉJ LITERATURY

- [1] Patočka, *Vybrané statě z výkonové elektroniky, Svazek 2 , Pulsní měniče bez transformátoru.* VUT Brno, 2006
- [2] P. Pišai., *Digitálna televízia časť 1, Spínané napájacie zdroje, Prednášky*
Slovenská technická univerzita v Bratislave, Bratislava, 2006
- [3] Novotný, Patočka, Vorel, *Napájení elektronických zařízení, Přednášky.*
VUT Brno, 2006
- [4] <http://www.belza.cz/swmodeps/compow1.htm>
<http://www.belza.cz/swmodeps/compow2.htm>
- [5] http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/U/C/3/8/UC3843.shtml