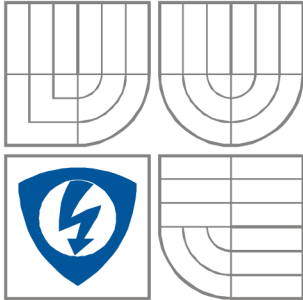


VYSOKÉ UCENÍ TECHNICKÉ
V BRNE
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY
FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

SPÍNANÝ LED BUDIC TYPU SEPIC

SWITCHING LED DRIVER USING SEPIC STRUCTURE

SEMESTRÁLNÍ PRÁCE

SEMESTRAL THESIS

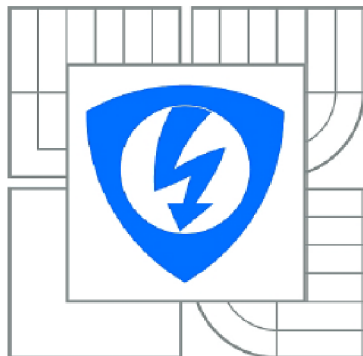
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

DANIEL SERVÍT

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MICHAL KUBÍČEK, Ph.D

BRNO 2013



**VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNE**

**Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií
Ústav radioelektroniky**

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Elektronika a sdělovací technika

Student: Daniel Servít
Ročník: 3

ID: 125304
Akademický rok: 2012/2013

NÁZEV TÉMATU:

Spínaný LED budič typu SEPIC

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se se specifiky řízení vysoce svítivých LED a vlastnostmi těchto diod. Prostudujte a teoreticky popište základní obecná zapojení spínaných budičů LED, zejména topologií SEPIC (Single-Ended Primary-Inductor Converter) a buck-boost. Najděte vhodné integrované obvody pro konstrukci driveru typu SEPIC pro napájení řetězce LED zvoleného typu ze zdroje stejnosměrného napětí se širokým rozsahem. Obecně popište zvolenou alternativu realizace. Navrhněte kompletní schéma obvodu, desku plošného spoje a celý modul realizujte. Ověřte jeho funkčnost a sadou měření otestujte jeho parametry. Ohodnoťte celkové vlastnosti a zvažte případná možná vylepšení.

DOPORUCENÁ LITERATURA:

- [1] KREJCIRÍK, A. Napájecí zdroje 1 až 4. BEN - technická literatura, Praha 1996-1999
- [2] KREJCIRÍK, A. DC/DC měniče. BEN - technická literatura, Praha, 2001
- [3] Melexis Fact Page - Power supply / LED drivers, 2007 [online]. [cit. 2011-05-12].
URL: <<http://www.melexis.com>>

Termín zadání: 11.2.2013

Termín odevzdání: 31.5.2013

Vedoucí práce: Ing. Michal Kubiček, Ph.D.

prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida
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

Bakalářská práce pojednává o spínaném LED budiči pomocí topologie SEPIC. Jsou zde uvedeny i jiné topologie provedení a jejich vlastností. Dále jsou zde uvedeny různé typy integrovaných obvodů pro konstrukci a DC/DC měniče.

Klíčová slova

Spínané budiče LED, vysoce svítivé LED diody, topologie SEPIC a BUCK-BOOST, DC/DC měniče, integrační obvody

Abstract

Bachelor thesis describes switching LED driver. It also deals with topology SEPIC. The following text provides other topologies performances and their features. There are also different types of integration circuit for construction and DC/DC converter presented.

Keywords

Switching drivers LED, highly luminous LED diodes, topology SEPIC and BUCK-BOOST, DC/DC converters, integration circuit.

Bibliografická citace:

SERVÍT, D. Spínáný LED budič typu SEPIC. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2012. 85s. Vedoucí Bakalářské práce byl Ing. Michal Kubíček, Ph.D.

Prohlášení

„Prohlašuji, že svou semestrální práci na téma Spínaný LED budič typu SEPIC jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího semestrální 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 semestrální práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této semestrální 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 části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne: 31.**Května 2012**

.....

(podpis autora)

Poděkování

Děkuji vedoucímu Bakalářské práce Ing. Michalovi Kubíčkoví, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne: 31.**Května 2013**

.....
podpis autora

Obsah

Úvod.....	12
1 Led diody	13
1.1 Vlastnosti LED diod.....	13
1.2 Typy LED diod	14
1.3 Výkonové LED diody	15
2 Spínané budiče led	19
2.1 Výhody a nevýhody Spínaných zdrojů	20
2.2 Konstrukce	20
2.2.1 Bez galvanického oddělení	21
2.2.2 S galvanickým oddělením.....	21
2.3 Topologie SEPIC	21
2.3.1 Kontinuální režim	22
2.3.2 Diskontinuální režim.....	24
2.4 Topologie BUCK-BOOST.....	24
2.4.1 Kontinuální režim	24
2.4.2 Diskontinuální režim.....	26
2.5 Topologie BOOST	27
2.6 Topologie BUCK	28
3 Integrované obvody pro SEPIC	29
3.1 Integrovaný obvod MAX16833/16833B	29
3.2 Integrační obvod LM3478, LM3488.....	30
3.3 Integrační obvod TPS61170.....	30
3.4 Integrační obvod LT3436.....	31
4 Popis IO max 16833/16833b	32
a základní informace.....	32
4.1 Vnitřní zapojení IO MAX 16833/16833B	32
4.2 Popis IO MAX16833/16833B.....	33
5 Realizace projektu.....	34
5.1 Výpočty realizace.....	34
5.2 Měření SEPIC konvertoru.....	37
5.2.1 PWM modulace	37
.....	37
5.2.2 Měření účinnosti	38
5.2.3 Měření s odporovou zátěží.....	40
5.2.4 Tolerance	41
6 Závěr	42
Literatura.....	43
příloha	45
7.1 Schéma zapojení.....	45
7.2 Deska plošného spoje.....	46
7.3 Osazovací plán	47
7.4 Seznam součástek.....	48
7.5 Fotodokumentace	49

Seznam obrázků

Obr. 1 Schematická značka LED diody.....	13
Obr. 2 Různé typy LED diod.....	13
Obr. 3 Různé modely LED.....	14
Obr. 4 Průřez LED diodou.....	15
Obr. 5 Výkonová LED dioda (modul Luxeon).....	16
Obr. 6 Různé druhy SMD LED.....	16
Obr. 7 Výkonová LED dioda Phillips luxeon.....	17
Obr. 8 Průřez výkonovou LED diodou Philips luxeon.....	18
Obr. 9 Osová svítivost Bílé LED.....	18
Obr. 10 Osová svítivost Červené LED.....	19
Obr. 11 inverzní SEPIC konvertor.....	22
Obr. 12 Když S1 uzavřen, proud se zvyšuje přes L1(zelená) a C1 vybije zvyšující proud na L2.....	23
Obr. 13 Když S1 je zapnut, proudu L1 (zelené) a proud L2 (červená) produkují proud zátěže.....	23
Obr. 14 Schéma BUCK-BOOST převodníku.....	24
Obr. 15 Průběhy proudu a napětí při kontinuálním režimu, BUCK-BOOST převodník.....	26
Obr. 16 Průběhů proudu a napětí v BUCK-BOOST převodník pracující v diskontinuálním režimu.....	27
Obr. 17 Schéma zapojení BOOST převodníku.....	28
Obr. 18 Schéma zapojení BUCK převodníku.....	28
Obr. 19 Měnič MAX16833/16833B.....	29
Obr. 20 Měnič LM3478.....	30
Obr. 21 Měnič TPS61170.....	30
Obr. 22 Měnič LT3436.....	31
Obr. 23 Vnitřní zapojení IO MAX 16833B.....	32

Seznam Tabulek

Tab. 1 Barvy LED diod a jejich vlastnosti.....	15
Tab. 2 Bílá LED dioda 3W	18
Tab. 3 Červená LED dioda 1W	19
Tab. 4 Modrá LED dioda 1W	19

Seznam Symbolů a zkratek

Zkratka	Význam
C	Kondenzátor
DC	Stejnosměrný proud
DC/DC	Měnič stejnosměrného napětí
EMI	Elektromagnetické interference
IO	Integrovaný obvod
IR	Infráčervené záření
LED	Light emitting diode
L	Cívka
PWM	Pulse-width modulation (pulzní šířková modulace)
PC	Osobní počítač
R	Rezistor (odpor)
UV	Ultrafialové záření (ultra violet)

ÚVOD

Tato semestrální práce pojednává o spínaných Budičů LED diod pomocí topologie SEPIC. V první části jsou uvedeny informace o LED diodách, především o výkonových diodách a samozřejmě také jejich vlastnosti a využití. Dále jsou popsány základní zapojení spínaných budičů LED pro různé topologie, jako jsou BOOST, BUCK, BUCK-BOOST a SEPIC. Větší pozornost je věnována topologiím BUCK-BOOST a SEPIC. Posléze jsou zde uvedeny integrační obvody vhodné pro konstrukci topologie SEPIC pro napájení LED diod s velkým rozsahem vstupního napětí.

V poslední části bakalářské práce je realizace konvertoru SEPIC pro řízení vysoce svítivých LED diod pomocí integračního obvodu MAX16833/16833B.

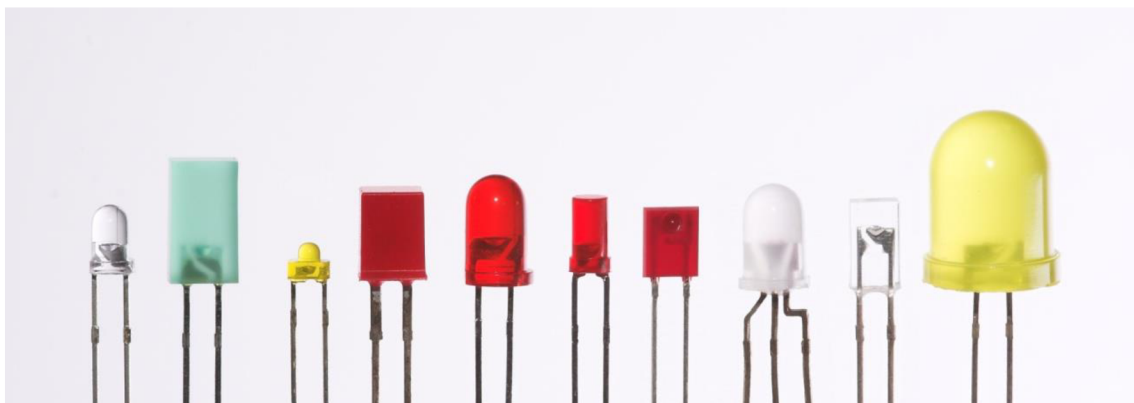
1 LED DIODY

LED (Light-Emitting Diode neboli dioda, která emituje světlo) je polovodičová součástka, která má přechod P-N. LED je elektronický prvek, který vyzařuje nekoherentní světlo při průchodu elektrického proudu polovodičovým přechodem. Naopak v závěrném směru se dioda chová jako normální polovodičová dioda, což znamená, že nic nepropouští. Toto je jiný princip, než který využívají například žárovky či výbojky.



Obr. 1 Schematická značka LED diody

Polovodičový přechod stále vyzařuje velmi malé spektrum a v podstatě je toto záření monochromatické. Dnes se na trhu nachází všechny barvy LED, také ultrafialové a infračervené, které se používají například u dálkových ovládaní, při kontrole bankovek a v řadě dalších případů.

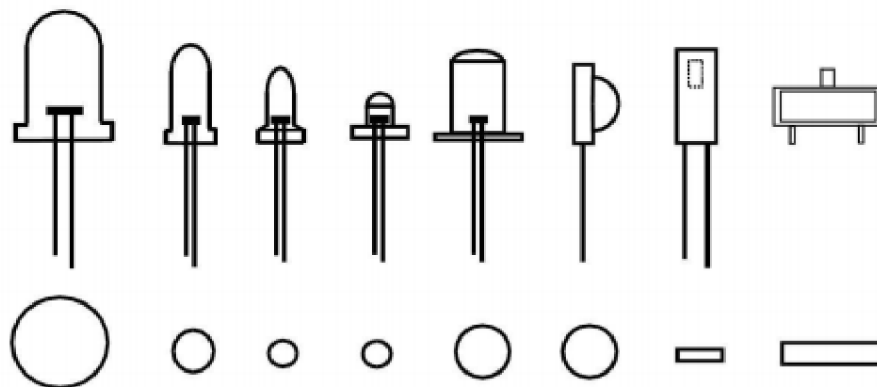


Obr. 2 Různé typy LED diod

1.1 Vlastnosti LED diod

Barevné LED diody vydrží kolem 100 tisíc hodin života, zatímco u bílé LED je to jen 50 tisíc hodin života. V průběhu této doby jejich intenzita světla mírně klesá. Odolnost proti otřesům je velká jako u ostatních elektronických součástek. Samozřejmě záleží na způsobu a kvalitě montáže k určitým aplikacím. Většinou se používá v mobilní a dopravní technice. Provozní teplota je velmi nízká protože LED nevyvíjí takové množství tepla, ale stále u intenzivnějších svíticích LED řeší konstruktéři problém

s chlazením čipu. Teplo, které LED dioda vyzáří je v podstatě nulové. Díky tomu se může používat při osvětlení citlivých předmětů na teplo nebo na rychle degradující předměty (potravin, papír, textil, atd.). UV záření není způsobeno díky použitým principům při vyzářování barevných i bílých diod krom ultrafialových LED, u kterých je to nezbytné. Téměř pokaždé se k napájení používá elektronika, pomocí PWM (pulzní šířkovou modulaci) lze regulovat intenzitu světla, ale k tomu musíme obvod rozšířit o příslušné součástky. Úhlová šířka vyzářeného světla je u běžných LED od 10 do 100 stupňů. Tyto diody se používají více než dvacet let, převážně v elektronice k indikaci poruch, provozu nebo různých provozních stavů. Jako výkonovější zdroje světla se používají již 5 let, ale přesto existují velké rezervy do budoucnosti jak tyto diody vylepšit. Kupříkladu u kompaktních zářivek pro úspory byly vyvinuty celé řady tzv. LED žárovek. Je to více LED diod propojených mezi sebou s patičkou žárovky, které nahradí obyčejnou 60W žárovku.



Obr. 3 Různé modely LED

1.2 Typy LED diod

Jak už zde bylo uvedeno, při průchodu elektrického proudu v průchodném směru začne vyzářovat LED světlo. Toto světlo se rozděluje na dvě skupiny.

Nepolarizované světlo:

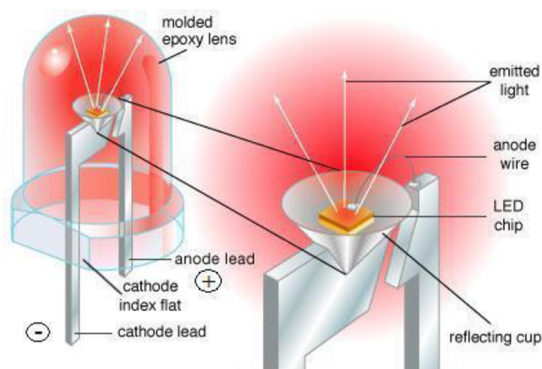
- Ultrafialové (UV- ultra violet): 10-400 nm
- Fialová: 360-430 nm
- Modrá: 430-455 nm
- Azurová: 455-490 nm
- Zelená: 490-550 nm
- Žlutá: 550-590 nm
- Oranžová: 590-650 nm
- Červená: 650-760 nm
- Bílá: směs všech ostatních barev
- Infračervené: (IR – infrared): 720>nm

Polarizované světlo:

- Různé laserové diody všech vlnových délek

Tab. 1 Barvy LED diod a jejich vlastnosti

Barva	Úbytek napětí	Odběr proudu
IR (infračervená)	1,6V	20mA
Červená	1,8-2,1V	10mA
Oranžová	2,2V	10mA
Žlutá	2,4V	10mA
Zelená	2,6V	10mA
Modrá	3,0-3,5V	20mA
Bílá	3,0-3,5V	20mA
UV	2,2-3,5V	20mA
Laser IR	2,15V	Max 200mA
Laser červená	2,5V	Max 200mA



Obr. 4 Průřez LED diodou

1.3 Výkonové LED diody

Výkonové LED diody jsou určeny pro výhradně statické účely, například osvětlení v automobilovém průmyslu. Výkonové diody jsou napájeny ze zdroje proudů (např. 350mA, 500mA, 750mA, 1A atd.). Účinnost těchto diod je mnohem vyšší oproti žárovkám, jsou odolnější a vydrží i hrubé zacházení. Vzhledem k tomu že vysoce svítivé LED diody se snadno přehřívají, musí být namontovány na chladiči pro odvod tepla. Vyrábějí se v různých barvách i odstínech. Problém nastane, když chceme například napájet z 12V akumulátoru, tak vzniká problém se ztrátovým výkonem. Pokud předradíme obyčejný odpor, bude na něm výkonová ztráta přibližně několik jednotek Wattů. Tento problém se dá vyřešit zapojením spínaného zdroje, který má vyšší účinnost a nižší tepelné ztráty.



Obr. 5 Výkonová LED dioda (modul Luxeon)



Obr. 6 Různé druhy SMD LED

Funkce LED

LED diody jsou založené na polovodičové technologii, kde je světlo vyzářeno přímo z podložky při použití stejnosměrného napětí v propustném směru. Barevné provedení závisí na pásmové energii valence a pásma vodivosti. Pro zlatavě žlutou barvu (jantarová) jsou přímo vytvořené LED diody pomocí polovodičového materiálu, jako jsou hliník, Indium, Gallium a fosfid. Bílé světlo LED vzniká kombinací barvy modré a žluté.

Řízení teploty

Rozdíl mezi halogenem nebo xenonovým systémem LED, že vyzařuje takzvané studené světlo což znamená, že LED neprodukuje žádné infračervené záření. Díky vysoké účinnosti je 20% vstupní energie přeměněno na viditelné světlo oproti žárovce, která přeměňuje pouze 5%. Zbytek energie vytváří teplo uvnitř polovodiče. Světelný tok, barva či propustné napětí jsou závislé na teplotě. A jakmile je povolená teplota překročena, životnost LED diod je mnohonásobně zkrácena nebo v nejhrošším případě dokonce zničena.

Využití LED diod

- Světlometry v automobilovém průmyslu
- LED žárovky na kolo
- Semaforey v silničním provozu
- Velké LED panely na reklamy
- Cílové značky kupříkladu v autobusech
- Podsvícení LED displeje v televizorech, počítačů
- LED pouliční osvětlení
- Indikátory
- Nouzové osvětlení
- dekorativní osvětlení nejrůznější architektury
- náhrada halogenových bodovek

Výhody výkonových LED diody:

- Jmenovitý elektrický příkon 3W (pro napájecí napětí cca 3,5V)
- Měrná osová svítivost typicky 10 – 15cd/W

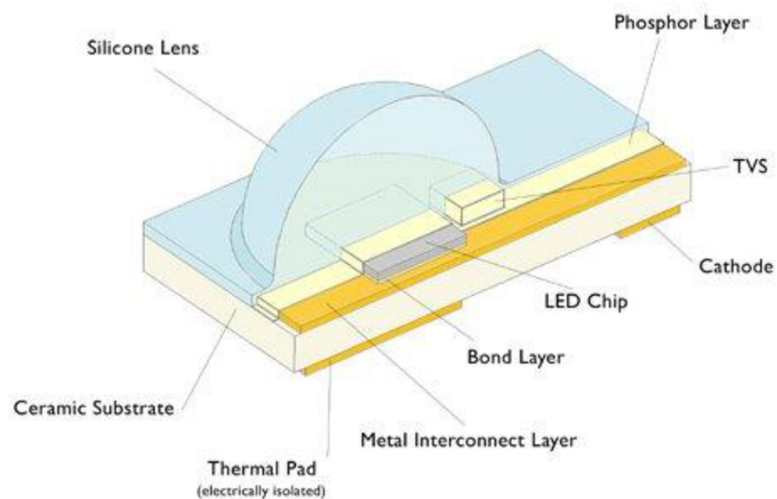
- Normovaná životnost LED diody cca 50 000 – 100 000hod
- Účinnější možnosti využití prostoru ve světlometech
- Extrémně vysoká životnost trvajíc déle než životnost celého vozidla
- Vysoká odolnost proti otřesům
- Teplota LED dioda má téměř stejnou kvalitu jako denní světlo
- Unikátní svoboda a rozmanitost při stylingu pro rozvoj charakteristiky značky v designu světlometů
- LED diody mají malé rozměry (menší než 2 mm), a mohou být osazeny na desku plošného spoje.
- Velice rychle se rozsvítí. Typický červený LED indikátor se rozsvítí v řádu mikrosekund. LED používané v telekomunikačních zařízeních mohou mít tyto doby i mnohonásobně kratší.
- Stmívání LED diod pomocí pulzně šířkové modulace PWM

Nevýhody výkonových LED diod

- Nízká relativní odolnost proti vlivům okolních teplot (nutnost napájet zdrojem konstantního proudu)
- Složitě dohlížení bezpečné nepřímé kontroly rozsvícené LED
- Napájení pouze DC proudem
- Kuželová vyzařovací charakteristika (není na závadu u návěštní optiky bez využití reflektoru)
- Jejich výkonnost hodně závisí na teplotě okolního prostředí. Používání LED na hranici proudových specifikací může vést k přehřátí pouzdra LED diody a k následnému selhání zařízení. V případech vyšších teplot se musí zajistit dostatečné chlazení. To je obzvláště důležité v automobilech a zařízeních pro vojenské nebo lékařské účely, které musí fungovat v širokém rozsahu teplot a jsou u nich kladeny vysoké požadavky na spolehlivost.
- Nemohou být použity v aplikacích, kde potřebujeme ostře směrový paprsek světla. LED nejsou schopny směrovosti pod několik stupňů. Pokud potřebujeme směrovější zařízení, je lepší použít Laser (nebo LED lasery).
- Relativně nízká odolnost proti vlivům EMI (nutnost zabudování přepětových ochran)
- Pořizovací cena



Obr. 7 Výkonová LED dioda Phillips luxeon



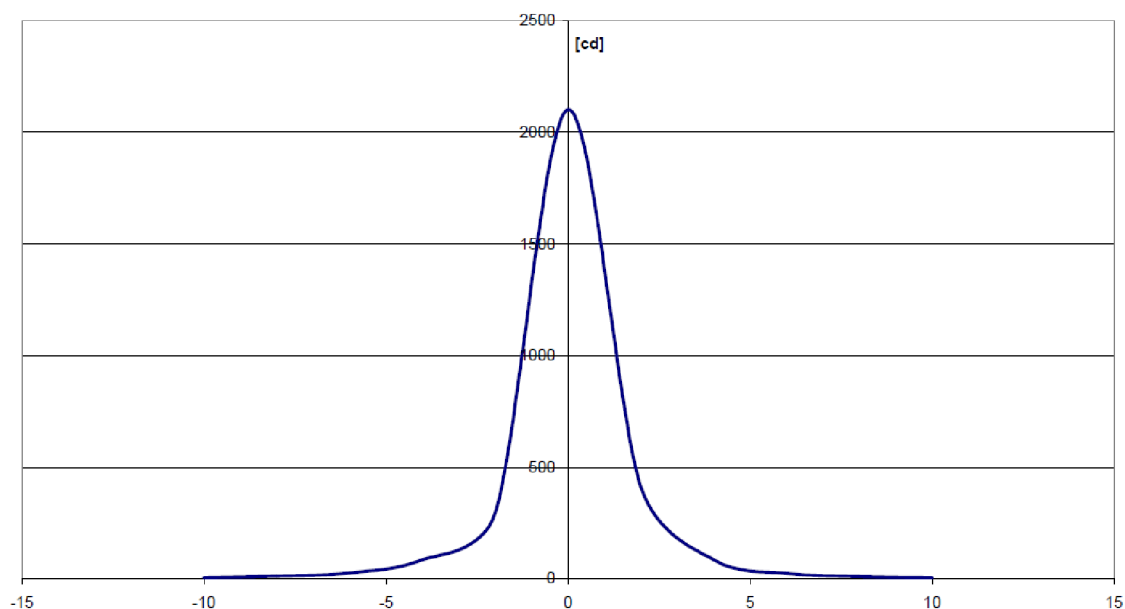
Obr. 8 Průřez výkonovou LED diodou Philips luxeon

Bílá LED dioda 3W

Tab. 2 Bílá LED dioda 3W

Jmenovitý proud	Napětí na LED	Příkon	Měrná svítivost
0.35A	3.2V	1.12W	11.15 cd/W
0.5A	3.3V	1.65W	10 cd/W
0.75A	3.4V	2.5W	7.8 cd/W

Osová svítivost bílé LED $U=3,3V$, $I=0,45A$, $P=1,5W$



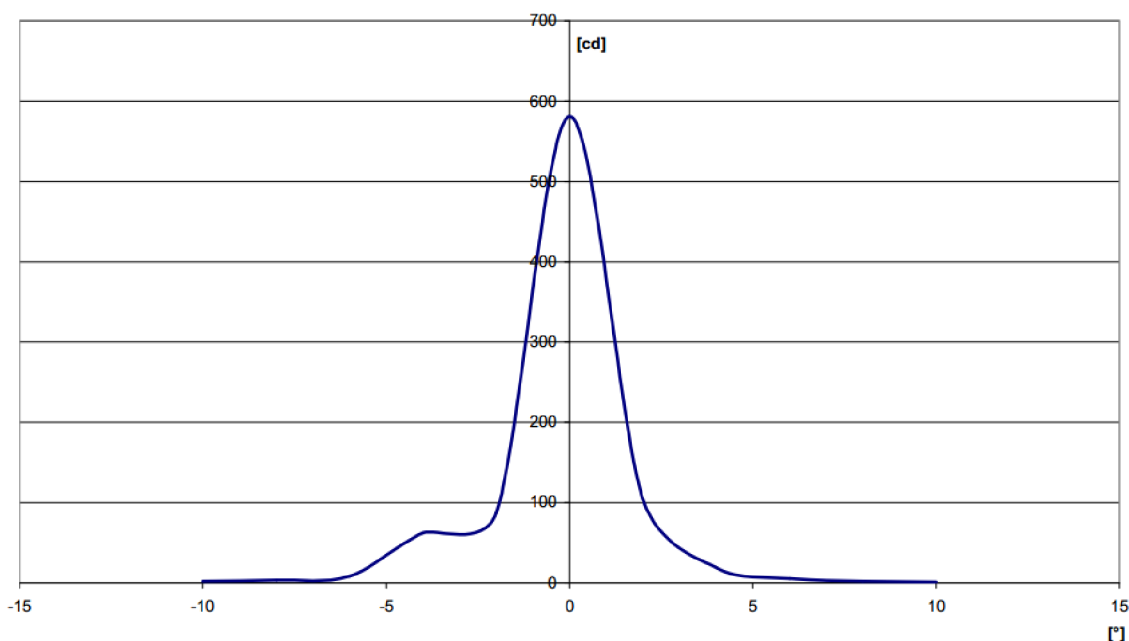
Obr. 9 Osová svítivost Bílé LED

Červená LED dioda 1W

Tab. 3 Červená LED dioda 1W

Jmenovitý proud	Napětí na LED	Příkon	Měrná svítivost
0.22A	2.2V	0.48W	6.25 cd/W
0.34A	2.4V	0.81W	6.17 cd/W
0.4A	2.5V	1W	6 cd/W

Osová svítivost červené LED U=2,4V, I=0,4A, P=0,96W



Obr. 10 Osová svítivost Červené LED

Modrá LED dioda 1W

Tab. 4 Modrá LED dioda 1W

Jmenovitý proud	Napětí na LED	Příkon	Měrná svítivost
0.1A	3.3V	0.33W	12.12 cd/W
0.25A	3.9V	0.975W	8.7 cd/W

2 SPÍNANÉ BUDIČE LED

Výkonné spínané budiče jsou konstruovány pomocí výkonových spínaných tranzistorů. Nejpoužívanější typ tranzistoru je MOSFET. V dnešní době pro spínané zdroje (budiče) existují IO (integrované obvody), ve kterých jsou veškeré potřebné součástky pro řízení spínaného zdroje. Spínané zdroje mají velkou řadu výhod. Hlavními výhodami jsou rozměry, váha a účinnost. Konkrétně účinnost u spínaných zdrojů je považována za

největší ze všech ostatních, jelikož přesahuje 80% oproti lineárním zdrojům. Pojem DC/DC měnič se taky nazývá stejnosměrný měnič a označuje se jako elektronicky měnič napětí, který mění velikost stejnosměrného napětí či proudu. Úkolem DC/DC měniče je převedení stejnosměrného napětí na napětí jiné hodnoty. Toto výstupní napětí může být nižší či vyšší než vstupní napětí.

Pro spínání využívá diody a tranzistory, jako zásobník energie se využívají kondenzátory a cívky, a pro galvanické oddělení pulzní tranzistory. DC/DC měniče se nacházejí především ve spínaných zdrojích. Jejich využití je obrovské například ve zdrojích v PC, notebookách, nabíječkách na baterie, mobilních telefonech a v mnohých dalších. Výhoda těchto zdrojů je nejenom vysoká účinnost, ale také jejich rozměr či hmotnost. Avšak nejvíce se nacházejí v bateriových zařízeních, kde lineární regulátor nemůžeme použít, protože životnost baterie by byla mnohem kratší a to především proto, že velká část energie by zanikla nechtěnou přeměnou na teplo. Jako aktivní usměrňovače se nyní používají DC/DC měniče v moderních zdrojích, aby odběr sinusového proudu s účínkem byl blízko jedničky.

Rozvoj LED technologie se projevil v oblasti integrovaných budičů nazývaných LED drivers. Nyní existuje mnoho integrovaných obvodů jako například buzení sériových a paralelních kaskád LED diod, step-up či step-down převodníky, nábojové pumpy a mnoho dalších. Avšak při realizaci s těmito obvody můžeme narazit na problém. Většina LED budičů neboli driverů jsou pro určené okruhy v elektronice a mnohdy postrádají vlastnosti, které vyžadujeme. Mezi tyto vlastnosti můžeme zahrnout požadavky na přesné nastavení propustného proudu diodami (forward current) či možnost libovolného počtu připojených LED diod, široký rozsah vstupního napětí a také velká odolnost proti poruše na výstupu (odpojení LED) a zkratu.

2.1 Výhody a nevýhody Spínaných zdrojů

Výhody:

- Velká účinnost přibližně kolem 80%
- Malé rozměry
- Nízké ceny na pořízení zdroje
- Transformátor pracuje na vyšší frekvenci
- I přes větší obvodovou složitost jsou ekonomicky výhodnější
- Využívají se tam, kde je velký rozdíl mezi vstupním a výstupním napětím

Nevýhody:

- Rušení, které vzniká při spínání výkonových tranzistorů

2.2 Konstrukce

Galvanické oddělení v elektrotechnice je způsob, jakým lze oddělit dvě nebo více částí v obvodu, aby nebyly spojeny vodičem, ale především aby docházelo k přenosu elektrické energie či impulzů.

2.2.1 Bez galvanického oddělení

Neoddělující měniče se používá všude, kde není zapotřebí galvanického oddělení vstupního od výstupního napětí.

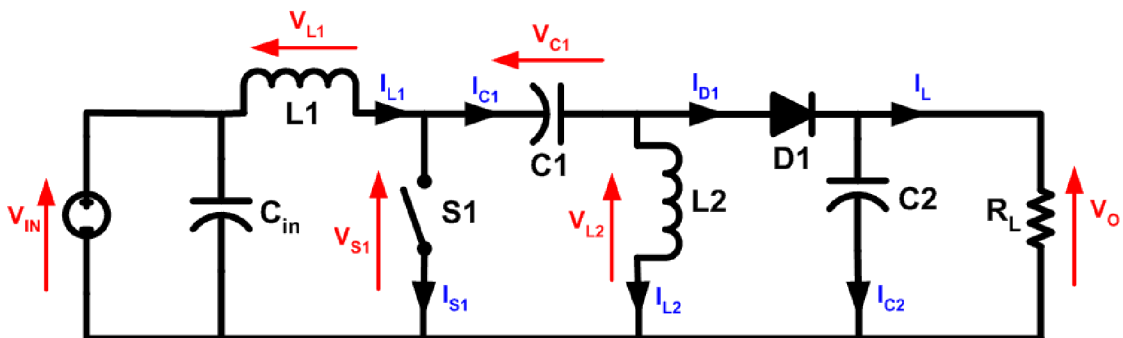
- Nábojová pumpa - Používá se pro velmi malé výkony (nepoužívá cívku, jen kondenzátory)
- Snižovač napětí – označovaný jako step-down nebo jako BUCK převodník
- Zvyšovač napětí – označovaný jako step-up nebo jako BOOST převodník
- BUCK-BOOST – využívá se jak pro zvyšování, tak i pro snižování napětí, obrací polaritu napětí
- SEPIC – Výstupní napětí může být nižší nebo vyšší než jeho vstupní napětí, polarita se nemění

2.2.2 S galvanickým oddělením

- DC/DC měnič flyback – používá se pro nízké výkony přibližně do 250 W, využívá transformátor s vzduchovou mezerou
- DC/DC měnič half-forward – používá vyšší výkon přibližně do 500 W, využívá transformátor bez vzduchové mezery s pomocným vinutím
- DC/DC měnič push-pull – používá se pro výkony okolo 1 KW
- DC/DC měnič half bridge – používá se pro výkony mezi 100 – 500 W
- DC/DC měnič full bridge – používá se pro výkony nad 300 W

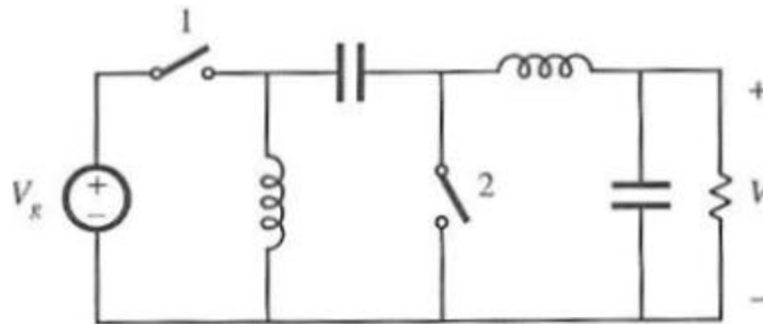
2.3 Topologie SEPIC

Topologie SEPIC (Single-ended primary-inductor converter) jednostranná primární indukční cívka je typ DC/DC měniče, který umožňuje získat na jeho výstupu větší, menší nebo stejné napětí jako na vstupu. Výstup SEPICU je řízen pomocí pracovního cyklu tranzistoru (S1 na obrázku pod textem). SEPIC se podobá topologii BUCK-BOOST převodníku, ale na rozdíl od BUCK-BOOSTU má SEPIC výhody. SEPIC má neinvertující výstup (Výstupní napětí má stejnou polaritu jako vstupní), izolaci mezi vstupem a výstupem (tento proces zajišťuje kondenzátor v sérii) a vypnutý režim. Když je spínač vypnutý, jeho výstupní napětí klesne na 0V. SEPIC se velmi využívá v aplikacích, kde napětí akumulátoru může být větší či menší než určený výstup regulátoru. Například jedna lithium-iontová baterie se vybíjí z 4,2V na 3V kdež to některé komponenty vyžadují napětí 3,3V, v tomto případě využijeme topologii SEPIC.



Stejně jako u jiných spínaných zdrojů (DC/DC měničů) SEPIC vyměňuje energii mezi kapacitou a dvěma induktory pro převod z jednoho stejnosměrného napětí na druhé napětí jiné hodnoty. Množství k výměně energie je řízena pomocí přepínače S1 (obr. 8), což je obvykle tranzistor typu MOSFET. MOSFET nabízí mnohem vyšší vstupní impedanci a nižší napětí, dále nevyžaduje upřednostněné odpory.

Konvertor pod textem ukazuje inverzní SEPIC konvertor. Je to také případ SEPIC konvertoru, tento design také nemá investující výstupní polaritu a také má stejný konverzní poměr (BUCK/BOOST) $M(D) = D/(1-D)$. Když vizuálně otočíme SEPIC konvertor kolem osy Y, můžeme říct, že to vypadá jako inverzní konvertor pod textem (přidání/odčítání vstupní/výstupní kapacity) Tenhle zajímavý poznatek dovoluje napájení v jednom směru jako SEPIC konvertor a také dovoluje napájení proudit v opačném směru jako inverzní SEPIC konvertor



Obr. 11 inverzní SEPIC konvertor

2.3.1 Kontinuální režim

SEPIC v continuous módu (kontinuálním režimu) je v nepřetržitém stavu (kontinuálním režimu), pokud proud přes induktor L1 neklesne k nule. Když je SEPIC v ustáleném stavu, napětí na kondenzátoru C1 (V_{C1}) se rovná vstupnímu napětí (V_{in}), protože kapacita C1 blokuje přímý DC proud. Proud, který přechází přes I_{C1} je nulový, takže cívka L2 je jediným zdrojem zátěže proudu. Proto proud procházející přes induktor L2 (I_{L2}) je stejný jako proud zátěže a tím je nezávislý na vstupním.

Napětí můžeme tedy napsat takto:

$$V_{IN} = V_{L1} + V_{C1} + V_{L2}$$

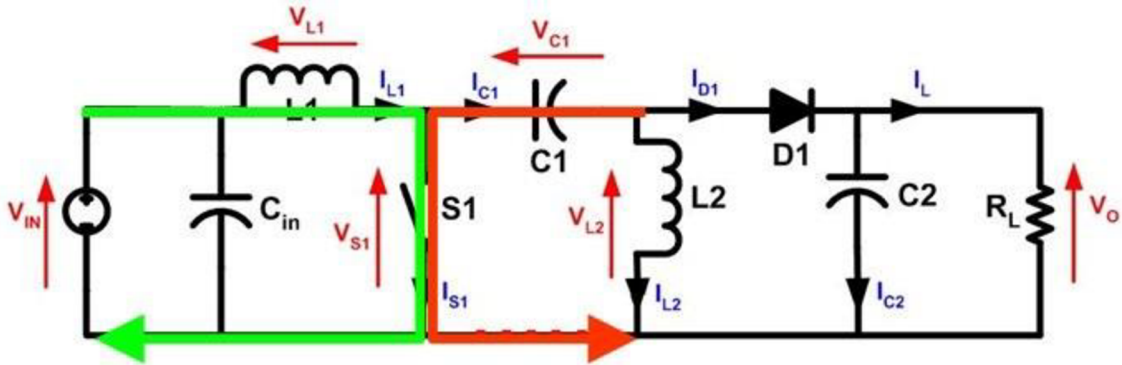
Vzhledem k tomu že napětí V_{C1} je rovno V_{in} , $V_{L1} = -V_{L2}$. Z toho důvodu, obě cívky L1, L2 budou navinuty na jednom jádru. Od té doby co mají napětí stejný rozsah, bude jejich indukčnost nulová za předpokladu, že polarita vynutí, bude napěťové a proudové vlnění z obou indukcí bude stejného rozsahu.

Proudy můžeme tedy napsat takto:

$$I_{D1} = I_{L1} - I_{L2}$$

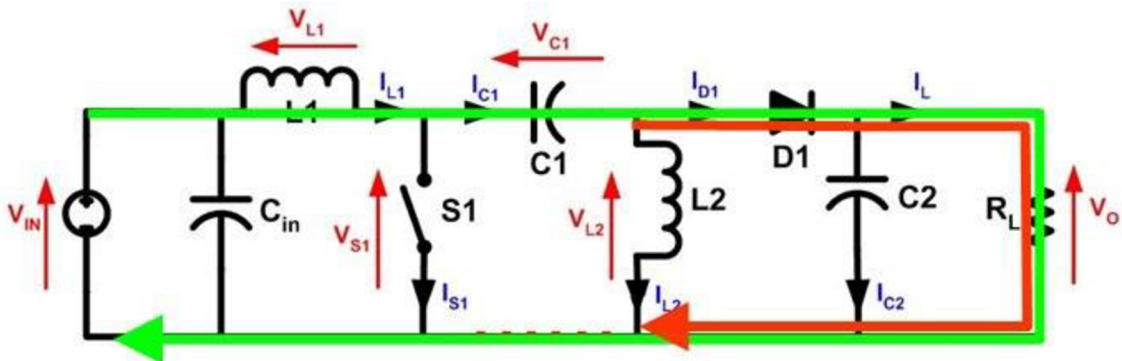
Když přepínač S1 bude zapnut, proud I_{L1} se zvyšuje a proud I_{L2} se zvyšuje v záporném směru. Energie zvýší proud I_{L1} přicházející ze vstupního zdroje. Vzhledem k tomu, že přepínač S1 na krátkou chvíli uzavřen a okamžité napětí V_{C1} je stejné jako V_{in} a napětí

V_{L2} je stejné jako V_{in} . Proto, kapacita $C1$ dodává energii ke zvýšení velikosti proudu na I_{L2} a tím zvýšit energii uloženou na $L2$.



Obr. 12 Když $S1$ uzavřen, proud se zvyšuje přes $L1$ (zelená) a $C1$ vybije zvyšující proud na $L2$

Když přepínač $S2$ bude vypnut, proud $C1$ bude stejný jako proud I_{L1} , od té doby co cívky neumožňují okamžité změny proudu. Proud I_{L2} bude pokračovat v záporném směru, v podstatě nikdy nezmění směr. Použitím kirchhoffových zákonů můžeme dokázat, že $I_{D1} = I_{C1} - I_{L2}$. Dále můžeme dodat, že v případě kdy je přepínač $S1$ vypnut, energie je dodána do zátěže z obou cívek $L1, L2$ a z kondenzátoru $C1$. Nicméně $L1$ se začíná nabíjet během vypnutého stavu a potom se začne nabíjet $L2$ během zapnutého stavu.



Obr. 13 Když $S1$ je zapnut, proudy $L1$ (zelená) a proud $L2$ (červená) produkují proud zátěže

Vzhledem k potenciálu (napětí) přes kondenzátor $C1$ se může obrátit směr každým cyklem, proto bychom měli použít nepolarizovaný kondenzátor. Nicméně, polarizovaný kondenzátor by měl být použit v některých případech, protože potenciál (napětí) přes kondenzátor $C1$ se nemění, pokud je přepínač vypnut na velmi dlouhou dobu na polovinu cyklu rezonance s cívkou $L2$ a mezitím proud cívkou $L1$ by mohl být poměrně velký. Kondenzátor C_{in} musí snížit dopady parazitní indukce a vnitřní odpor zdroje. Funkci SEPIC umožňují kondenzátor $C1$ a cívka $L2$. Cívka $L1$ a přepínač $S1$ tvoří standardní BOOST konvertor, který vytváří napětí V_{S1} a toto napětí je vyšší než vstupní napětí V_{in} , jehož velikost se určuje podle pracovním cyklu přepínače $S1$. Díky tomu, napětí na $C1$ je napětí vstupní V_{in} , výstupní napětí V_{out} je rozdílové napětí mezi $V_{S1} - V_{IN}$. Pokud V_{S1} je menší než dvojnásobek V_{IN} , pak výstupní napětí bude nižší než vstupní napětí. Pokud V_{S1} je větší než dvojnásobek V_{IN} , pak výstupní napětí bude vyšší

než vstupní napětí. Když spojíme dvě indukční cívky v SEPIC převodníku, tak se tato topologie shoduje s FLYBACK převodníkem.

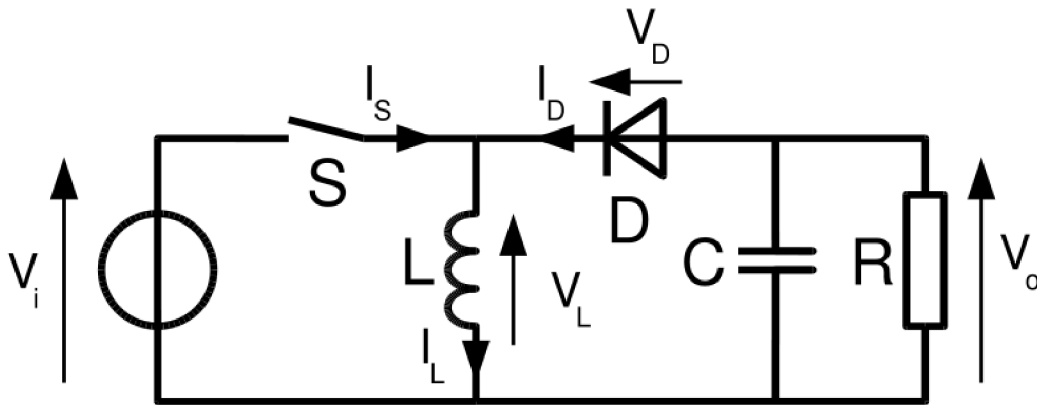
2.3.2 Diskontinuální režim

SEPIC v diskontinuálním módu je v případě, když proud přes cívku L1 může klesnout na nulu.

2.4 Topologie BUCK-BOOST

BUCK-BOOST převodník je typu DC/DC měniče, který má výstupní napětí, buď menší, stejné nebo větší než je velikost vstupního napětí. Dvě různé topologie se nazývají BUCK-BOOST převodník. Obě tyto topologie mohou produkovat rozsah výstupního napětí mnohem větší než je vstupní a to až téměř na nulu. Výstupní napětí je nastavitelné díky pracovnímu cyklu v přepínání tranzistoru. Nevýhodou tohoto převodníku je, že přechod není v zemi, což komplikuje řízení jakýkoliv obvodů. Můžeme však tomu předejít pokud napájení bude izolováno od zatížení obvodu. Výstupní napětí nemá stejnou polaritu jako vstup. Neinvertující BUCK-BOOST může použít jednu cívku, která se využívá jako pro BUCK tak i pro BOOST.

Základním principem BUCK-BOOST převodníku je jednoduchost. Když je převodník v zapnutém stavu, je vstupní napětí zdroje napojeno na cívku L, což má za následek hromadění energie v cívce. V tento moment kondenzátor dodává energii do zátěže. Naopak když je převodník ve vypnutém stavu, je cívka připojena k výstupu zátěže a kondenzátoru, takže se energie přenáší z cívky L do kondenzátoru C a odporu R.



Obr. 14 Schéma BUCK-BOOST převodníku

2.4.1 Kontinuální režim

Pokud proud na cívce L nikdy neklesne na nulu během komutace cyklu, je převodník v nepřetržitém režimu. OD $t=0$ do $t=DT$, je převodník v zapnutém stavu, takže prepínač S je vypnut.

Rychlost změny v indukční proud I_L je dána vztahem:

$$\frac{d I_L}{d t} = \frac{V_i}{L}$$

Na konci zapnutého stavu, zvýšení I_L je tedy:

$$\Delta I_{L_{\text{On}}} = \int_0^{DT} d I_L = \int_0^{DT} \frac{V_i}{L} d t = \frac{V_i D T}{L}$$

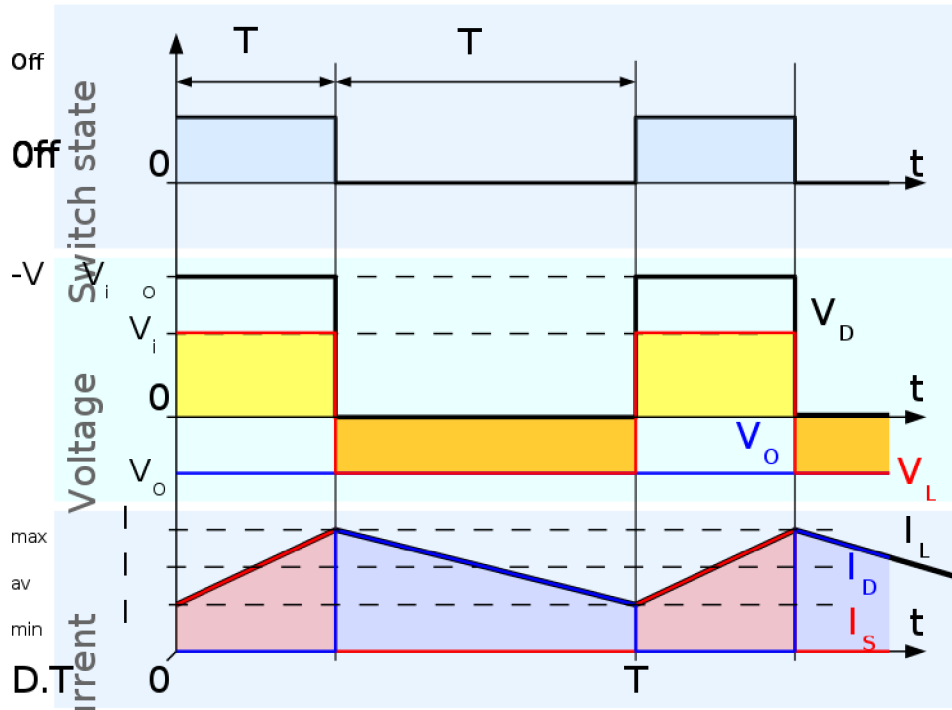
D Na konci zapnutého stavu, zvýšení I_L je tedy: určuje pracovní cyklus. Představuje zlomek doby komutace T během doby, kdy je zapnutá. Proto se D pohybuje v rozmezí 0 (S není nikdy zapnuté) a 1 (S je vždy zapnuté). Při vypnutém stavu je přepínač S otevřený, takže proud teče do zátěže. Bude-li nulový úbytek napětí na diodě a kondenzátoru dostatečně velký, napětí zůstává konstantní, potom tedy:

$$\frac{d I_L}{d t} = \frac{V_o}{L}$$

Proto je změna I_L ve vypnutém stavu:

$$\Delta I_{L_{\text{Off}}} = \int_0^{(1-D)T} d I_L = \int_0^{(1-D)T} \frac{V_o}{L} d t = \frac{V_o (1-D) T}{L}$$

Proud a napětí v ideálním převodníku lze vidět na obrázku pod textem.



Obr. 15 Průběhy proudu a napětí při kontinuálním režimu, BUCK-BOOST převodník

2.4.2 Diskontinuální režim

V některých případech je množství energie potřebné pro zatížení hodně malé na to, aby se mohla přenést v čase menším než je celá komutační doba. V tomto případě proud procházející cívku během části periody klesá k nule. Jediný rozdíl je, že se cívka na konci cyklu zcela vybije. Tento rozdíl má velký vliv na rovnice výstupního napětí. Indukční proud je na začátku nulový, proto:

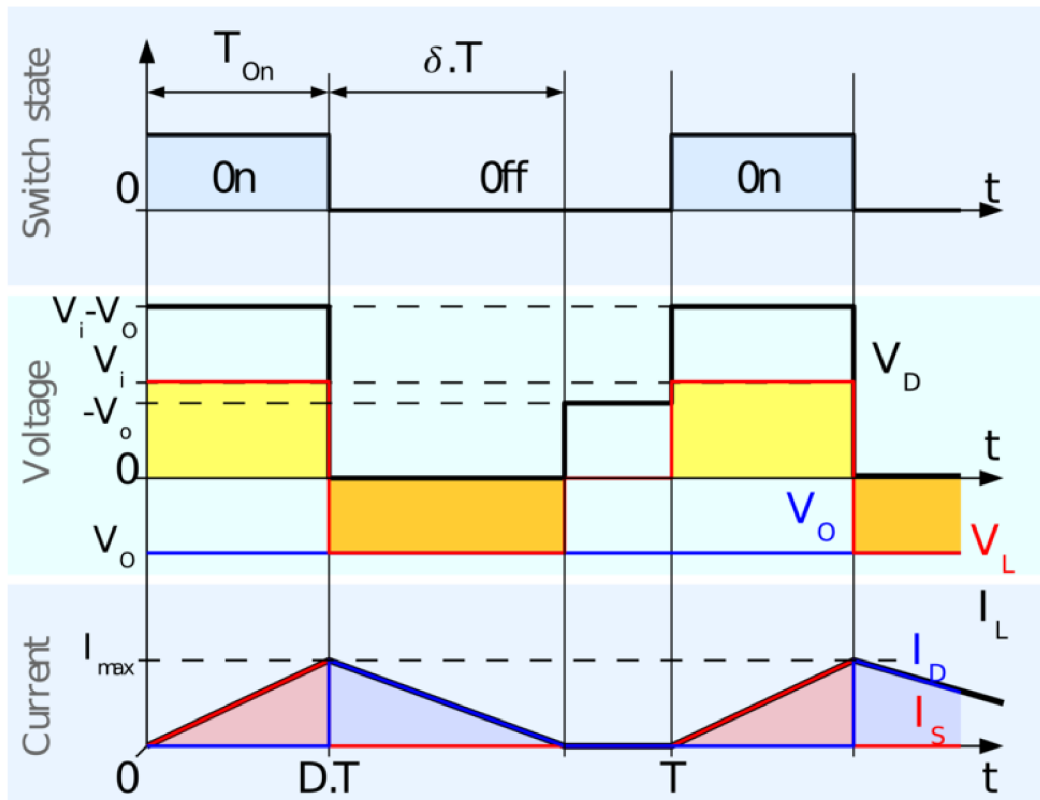
$$I_{L_{\max}} = \frac{V_i DT}{L}$$

Během vypnutého stavu, I_L klesne na nulu po $\delta.T$:

$$I_{L_{\max}} + \frac{V_o \delta T}{L} = 0$$

Pomocí dvou předchozích rovnic δ je:

$$\delta = -\frac{V_i D}{V_o}$$

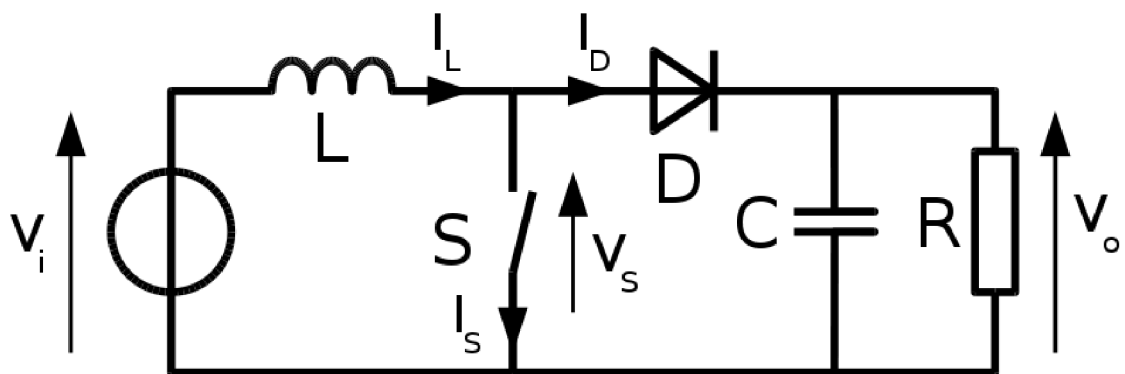


Obr. 16 Průběhů proudu a napětí v BUCK-BOOST převodník pracující v diskontinuálním režimu.

V diskontinuálním provozu, výstupní napětí závisí nejen na pracovním cyklu, ale také na hodnotě cívky, vstupním napětí a výstupním proudem.

2.5 Topologie BOOST

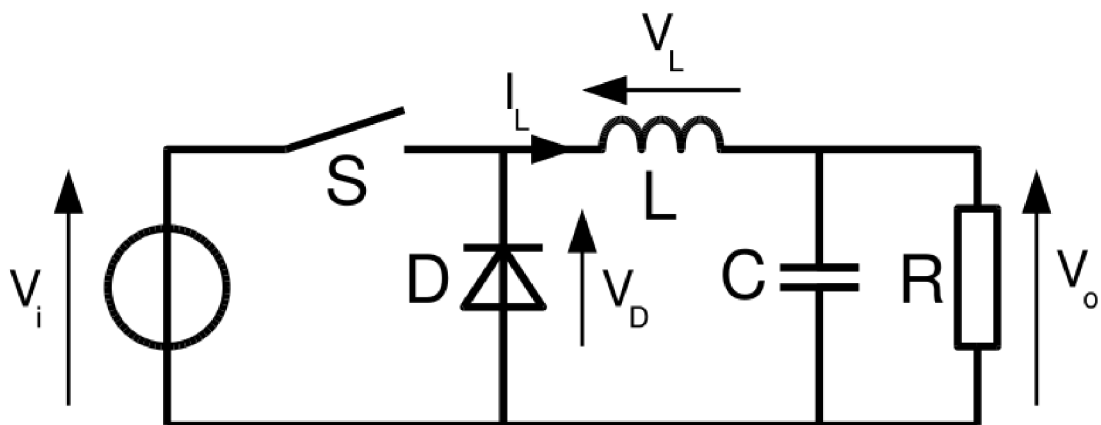
BOOST převodník (step-up konvertor) je výkonový měnič se stejnosměrným výstupním napětím, které je větší než vstupní napětí. Je to třída switch-mode, která obsahuje minimálně dva polovodičové spínače, jako jsou například dioda a tranzistor a alespoň jeden prvek pro ukládání energie. Filtry dělají kondenzátory (někdy také cívky), které jsou obvykle přidány k výstupu z konvertoru pro snížení zvlnění napětí na výstupu. Napájení většinou bývají zdroje DC, jako jsou například baterie, solární panely, usměrňovače a generátory stejnosměrných proudů. Klíčovým principem, který řídí BOOST převodník, je tendence cívky se bránit proti změnám proudu. V zapnutém stavu je přepínač S vypnut, což má za následek zvýšení proudu na cívce. Ve vypnutém stavu je přepínač S zapnut, tak proud teče přes diodu (flyback) D, kondenzátor C a zátěž R, což má za následek přenos energie v zapnutém stavu do kondenzátoru C. Vstupní proud je stejný jako proud cívky.



Obr. 17 Schéma zapojení BOOST převodníku

2.6 Topologie BUCK

Převodník Buck (step-down konvertor). Jeho design je obdobný jako u převodníku BOOST což znamená spínaný zdroj, který využívá dva spínače (tranzistoru a diodu), cívku a kondenzátor. Nejjednodušší způsob, jak snížit napětí je použit lineární regulátor například 7805, ale lineární regulátor odvádí přebytečnou energii ve formě tepla. Na druhou stranu BUCK převodníky, mohou být velmi výkonné až 95% nebo vyšší pro integrované obvody, které jsou užitečné pro převod 12-24 V. Provoz měniče BUCK je celkově jednoduchý, cívka a dva přepínače (obvykle tranzistor a dioda) které řídí cívku. To se střídá mezi připojením cívky ke zdroji, k uložení energie v cívce a vybíjení cívky do zátěže.



Obr. 18 Schéma zapojení BUCK převodníku

3 INTEGROVANÉ OBVODY PRO SEPIC

3.1 Integrovaný obvod MAX16833/16833B

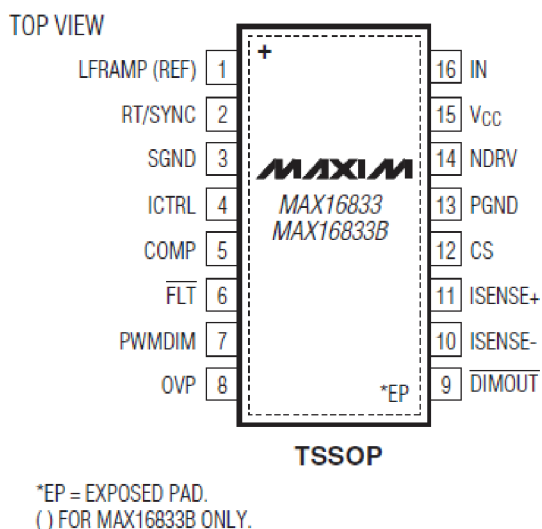
Integrovaný obvod MAX16833/16833B má špičkový proud pro řízení LED drivery BOOST, BUCK-BOOST, SEPIC, flyback a BUCK. Tento integrační obvod má funkci stmívání pro chod externího P-kanálu v sérii LED diod a poskytuje velkou škálu stmívání. Tato funkce poskytuje extrémně rychlé přepínání PWM proudu do LED bez předpětí či podpětí. Kromě PWM stmívání IC poskytuje analogové stmívání také použitím stejnosměrného napětí na vstupu ICTRL. Samostatný rezistor z RT/SYNC na zem nastavuje spínací frekvenci od 100kHz do 1MHz, zatímco externí hodinový signál, kapacitně spojen s RT/SYNC, umožňuje IO synchronizovat s externími hodinami. V integračním obvodu MAX16833/16833B je referenční napětí 1,64V s tolerancí 2%. Obvody pracují v širokém rozsahu od 5V do 65V. Pro řízení vysoce svítících LED diod využívá tranzistory MOSFET. Mezi další funkce patří indikátor poruchy na výstupu (FLT), přepěťová ochrana (OVP) a ochrana proti přepólování bez jakéhokoli poškození. Jedná se o unikátní funkce tohoto integračního obvodu MAX16833/16833B.

Parametry:

Rozsah vstupního napětí +5V až +65V
Rozsah provozních teplot -40°C až +125°C
ICTRL pin pro analogové stmívání
Provozní frekvence 100KHz až 1MHz
Indikátor poruchy na výstupu

Využití:

Venkovní osvětlení
V automobilové technice (světlo do mlhy, adaptivní světlo)
Obchodní, průmyslová a architektonická osvětlení



Obr. 19 Měnič MAX16833/16833B

3.2 Integrovaný obvod LM3478, LM3488

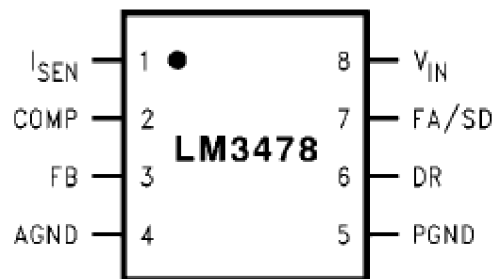
Integrovaný obvod LM3478, LM3488B je univerzální ovladač s N kanálem tranzistoru MOSFET pro přepínání regulátorů. Tento integrovaný obvod je vhodný pro topologie BOOST, flyback, SEPIC a mnoho dalších. LM3478 má velkou spínací frekvenci, která se pohybuje v rozmezí od 100KHz do 1 MHz. Výstupní proud může být nastaven s jedním externím odporem. LM3478 má funkce jako jsou tepelné vypnutí, ochrana proti zkratu, přepětová ochrana, měkký start (soft start), atd. LM3478 má široký rozsah napájecího napětí od 2.97V do 40V.

Parametry:

Vstupní napětí od 3V do 40V
Nastavitelná frekvence 100KHz-1MHz
Vypnutí proudu při 10 μ A (teplo)
Vnitřní měkký start
Aktuální režim provozu

Použití:

Nabíječky
Telekomunikace
Offline zdroje
Automobilový průmysl



Obr. 20 Měnič LM3478

3.3 Integrovaný obvod TPS61170

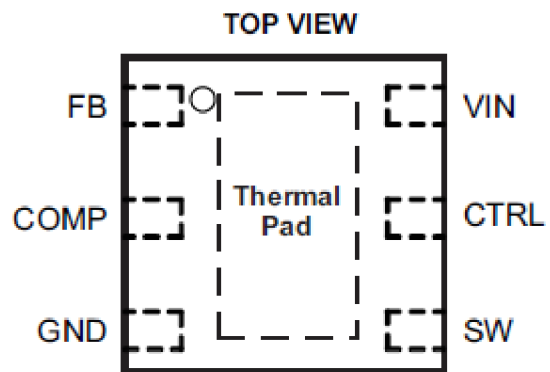
Integrovaný obvod TPS61170 je monolitický, vysoce spínaný regulátor s integrovaným MOSFET tranzistorem s parametry 1,2A a 40V. Toto může být použito ve standardních topologiích, včetně SEPIC a BOOST. Tento IO má široký rozsah vstupního napětí pro různé aplikace, kde jako vstupní napětí je použito několik baterií či regulovatelné 5V, 12V kolejničky. TPS61170 pracuje na frekvenci 1,2Mhz, což umožňuje použití cívky s nízkým profilem a nízkou hodnotu kondenzátorů. Přístroj je vybaven vestavěnou ochranou, funkcemi pulse-by-pulse, měkký start a tepelné vypnutí. Referenční napětí, které reguluje pin FB je 1.229V. PWM signál může být aplikován na pin CTRL. IO TPS61170 obsahuje 6 pinů, rozměry pouzdra QFN jsou 2 x 2 mm, což umožňuje kompaktní napájecí řešení.

Parametry:

Vstupní napětí 3V až 18V
Vysoké výstupní napětí
Spínací frekvence 1.2MHz
Účinnost až 93%
Vestavěný měkký start

Použití:

ADSL modemy
5V, 12V, 24V napětí
BUCK-BOOST regulátor s použitím
SEPIC topologie



6-PIN 2mm x 2mm x 0.8mm QFN

Obr. 21 Měnič TPS61170

3.4 Integrovaný obvod LT3436

Integrovaný obvod LT3436 je 800KHz monolitický BOOST převodník.. Aktuální režim ovládání umožňuje rychlé přechodové odezvy a vynikající stabilitu. Díky novému designu můžeme dosáhnout vysoké účinnosti při vysokých spínacích frekvencích. Provozní napájecí proud 1 mA udržuje vysokou účinnost, zejména při nižších výstupních proudech. Vypnutí snižuje klidový proud na 11 μ A. Maximum spínaného proudu zůstává konstantní po celý pracovní cyklus. Vysoká frekvence provozu umožňuje snížení vstupních a výstupních filtrů a dovoluje použít čip LT3436. LT3436 obsahuje 16 pinové pouzdro.

Parametry:

Konstantní frekvence 800KHz

Vstupní napětí od 3V do 25V

Vysoká účinnost

Nízký proud při vypnutém stavu 11 μ A

Tolerance napětí $\pm 2\%$

Aplikace:

DSL modemy

Přenosné počítače

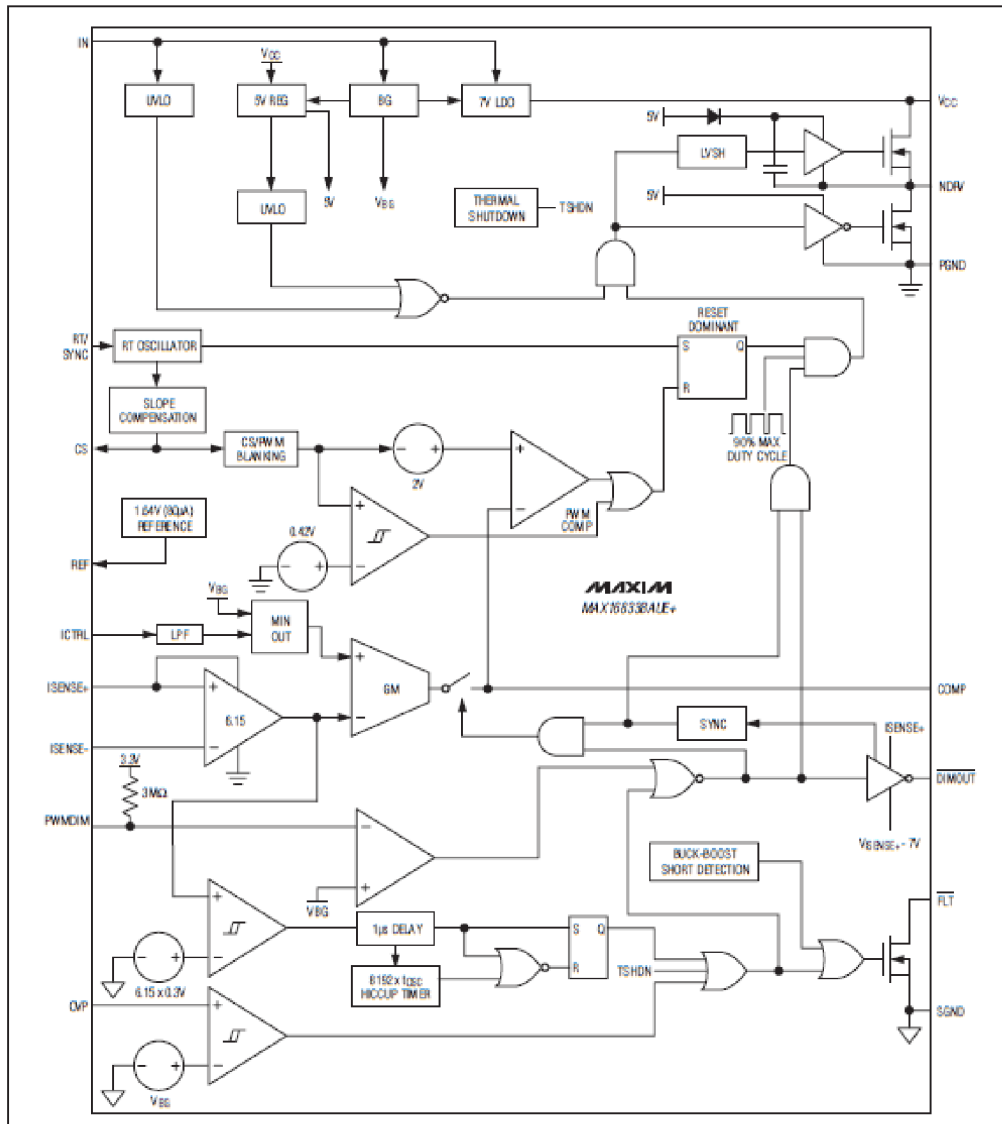
Bateriové systémy



Obr. 22 Měnič LT3436

4 POPIS IO MAX 16833/16833B A ZAKLADNÍ INFORMACE

4.1 Vnitřní zapojení IO MAX 16833/16833B



Obr. 23 Vnitřní zapojení IO MAX 16833B

4.2 Popis IO MAX16833/16833B

LFRAMP – nízkofrekvenční výstup RAMP. Připojíme-li kondenzátor z LFRAMP na zem můžeme tento RAMP naprogramovat nebo při připojení SGND pokud není zapojen.

REF - referenční výstup 1,64V. Když připojíme keramický kondenzátor 1uF na svorku SGND dostaneme stabilní referenční napětí. Pro analogové stmívání propojíme odporový dělič Z REF na ICTRL

RT/SYNC - Přepínáním PWM frekvence programujeme vstup. Připojením odporu z RT na SGND nastavíme vnitřní taktovací frekvenci $F=(7,350 * 109) / RRT$.

SGND – Uzemnění

ICTRL – Analogové stmívání ovinuje vstup. Napětí na ICTRL nastaví současnou úroveň LED diody pokud $ICTRL < 1,2$.

COMP - Náhradní připojení. Pro správnou kompenzaci, připojíme vhodný RC článek od svorky COMP na zem.

FLT - Indikátor poruchy na výstupu

PWMDIM - vstup PWM stmívání. Pokud je PWM na nule, DIMOUT má plnou hodnotu a PWM spínání je vypnuto. PWM má interní pullup rezistor nastaven na vysokou hodnotu když svorka nepřipojena.

OVP - LED overvoltage protection, je to ochrana přepětí na vstupu. Pokud napětí překročí hodnotu 1,23V rychle působící komparátor ihned zastaví PWM modulaci. Tento komparátor má hysterezní napětí 70mV.

DIMOUT – externí stmívání, p- kanál tranzistoru MOSFET GATE Driver

-ISENSE – Negativní proudový vstup LED diod. Rezistor s hodnotou 100 Ω se doporučuje připojit mezi svorkou ISENSE a zápornou svorku LED proudového odporu.

+ISENSE – Pozitivní proudový vstup LED diod. Napětí mezi ISENSE + a ISENSE – je uměrně regulován k menšímu VICTRL nebo hodnotě 1,23V.

CS – Spínací regulátor vstupního proudu

PGND – uzemnění

NDRV – externí n-kanál tranzistoru MOSFET Gate Driver výstup

Vcc – regulátor výstupu při 7V. Mezi svorkami PGND a Vcc je osazen 1 uF (min) keramický kondenzátor. (C2)

IN – Napájecí vstup. Mezi svorkami IN a PGND je osazen 1 uF (min) keramický kondenzátor (Cin).

5 REALIZACE PROJEKTU

5.1 Výpočty realizace

Interní Oscilátor RT/SYNC:

Interní oscilátor pracuje na frekvenci od 100 kHz až do jednoho 1 MHz. Tato frekvence se nastavuje pomocí R_{RT} rezistoru zapojeném mezi svorkami SGND a RT/SYNC.

$$f_{\text{OSC}}(\text{kHz}) = \frac{7350(\text{k}\Omega)}{R_{\text{RT}}(\text{k}\Omega)}$$

$$R_{\text{RT}}(R8) = 22 \text{ k}\Omega$$

Nastavení přepětového prahu:

Předpětový práh je nastaven odpory R4 a R3. Pokud na svorkách objeví hodnota větší než 1,23V, OVP je aktivován. Odpory R4 a R3 jsou zapojeny jako dělič.

$$V_{\text{OP}} = \frac{1,23 * (R4 + R3)}{R3} = 3.9V$$

$$R4 = 500\Omega$$

$$R3 = 220\Omega$$

Proud na LED diodách:

Proud LED diodou je nastaven odporem R5. Když V_{ictrl} je menší než hodnota 1,23V, interní regulace nastavuje na odporu R5 200mV.

$$I_{\text{LED}} = \frac{200\text{mV}}{R5} \Rightarrow R5 = \frac{200\text{mV}}{300\text{mA}} = 0.66\Omega$$

$$I_{\text{LED}} = \frac{V_{\text{ictrl}}}{R5 * 6,15} \Rightarrow V_{\text{ictrl}} = \frac{1}{I_{\text{LED}} * R5 * 6,15} = 0,821V$$

$$V_{\text{ictrl}} = \frac{V_{\text{ref}} * R9}{R9 + R10}$$

$$R9 = 10\text{k}\Omega$$

$$R10 = 15\text{k}\Omega$$

Hodnota Cívky:

Proud cívky je roven vstupnímu proudu a proudu LED diod.

Výpočet maximálního pracovního cyklu podle následující rovnice:

$$D_{MAX} = \frac{V_{LED} + V_D}{V_{LED} + V_D + V_{INMIN} - V_{FET}} = 0,2735$$

Použitím níže uvedené rovnice vypočteme maximální proud cívky I_{LAVG} a pomocí indukčního proudu zvlnění ΔI_L vypočteme špičkový proud I_{LP} .

$$\Delta I_L = I_{OUT} * \frac{V_{OUT}}{U_{INMIN}} * 40\% = 0.0396 A$$

$$I_{LAVG} = \frac{I_{LED}}{1 - D_{MAX}} = 0,413A \quad I_{LP} = I_{LAVG} + \frac{\Delta I_L}{2} = 0,432A$$

Dále hodnotu cívek L1 a L2 vypočítáme podle následující vzorce:

$$L = \frac{(V_{INMIN} - V_{FET}) * D_{MAX}}{F_{SW} * \Delta I_L} = 18\mu H$$

Hodnota spínacího proudu rezistor R2 se vypočte následujícím způsobem:

$$V_{SC} = 0,2V$$

$$R2 = \frac{0.418V - V_{SC}}{I_{Lp}} = 0,22\Omega$$

Minimální hodnota sklonu kompenzace odporu (R1), který má být použit pro zajištění stabilního provozu při minimálním vstupním napětí lze vypočítat takto:

$$R_1 = \frac{(V_{LED} - V_{INMIN}) * R2 * 1.5}{2 * L_{MIN} * f_{SW} * 50\mu A} = 11.349 k\Omega$$

Výstupní Kapacita C_{OUT}:

$$C_{OUT} \geq \frac{I_{LED} * 2 * D_{MAX}}{V_{OUTRIPPLE} * f_{SW}} = 9,67 \mu F$$

Vstupní kapacita C_{IN}:

$$C_{IN} \geq \frac{\Delta I_L}{4 * \Delta V_{IN} * f_{SW}} = 33.3 nF$$

Zpětná vazba kompenzace:

Tato vazba se provádí připojením odporu R7 a kondenzátoru C3 mezi svorky COMP a GND. Odpor R7 nastavuje vysokofrekvenční zisk generátoru a kondenzátor C4 je pro nastavení nulové frekvence pro udržení stability.

$$R7 = \frac{2 * f_{ZRHP} * R2}{F_C * (1 - D_{MAX}) * R5 * 6.15 * GM_{COMP}} = 4,97 k\Omega$$

$$C3 = \frac{25}{\pi * R7 * f_{ZRHP}} = 100 nF$$

OVP:

Overvoltage protection chrání proti zvýšení proudu na výstupu. Jakmile naskočí hodnota na OVP U=1,23 V sepne výstupní proud na minimum

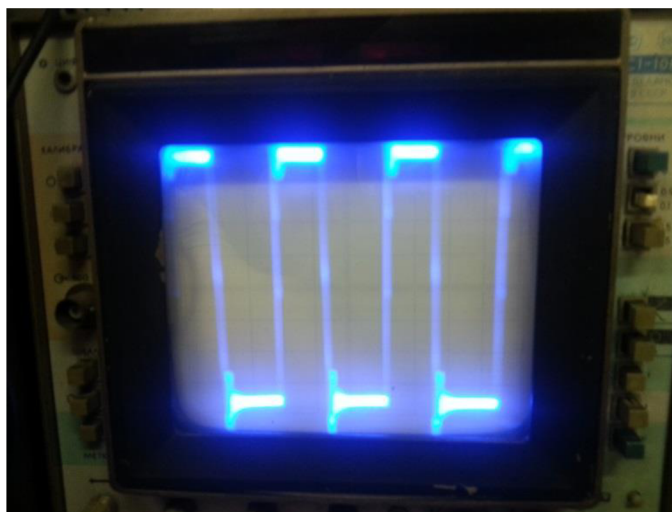
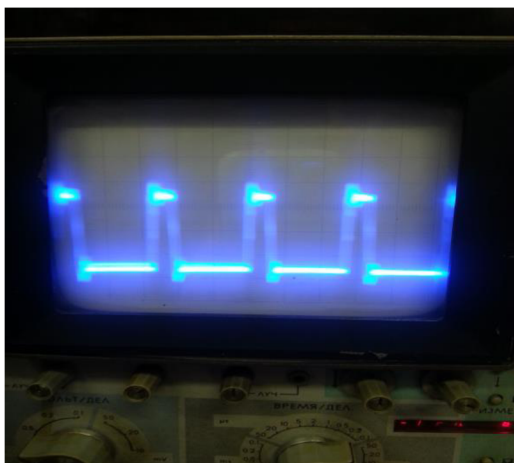
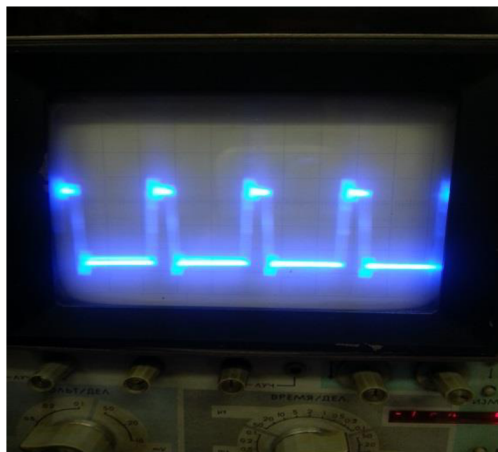
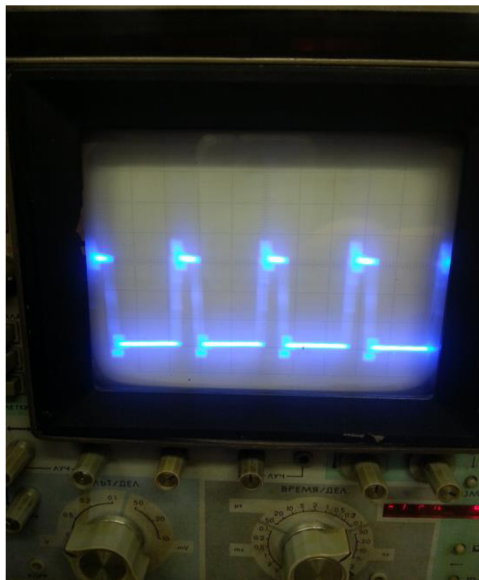
Dělič R4 a R3

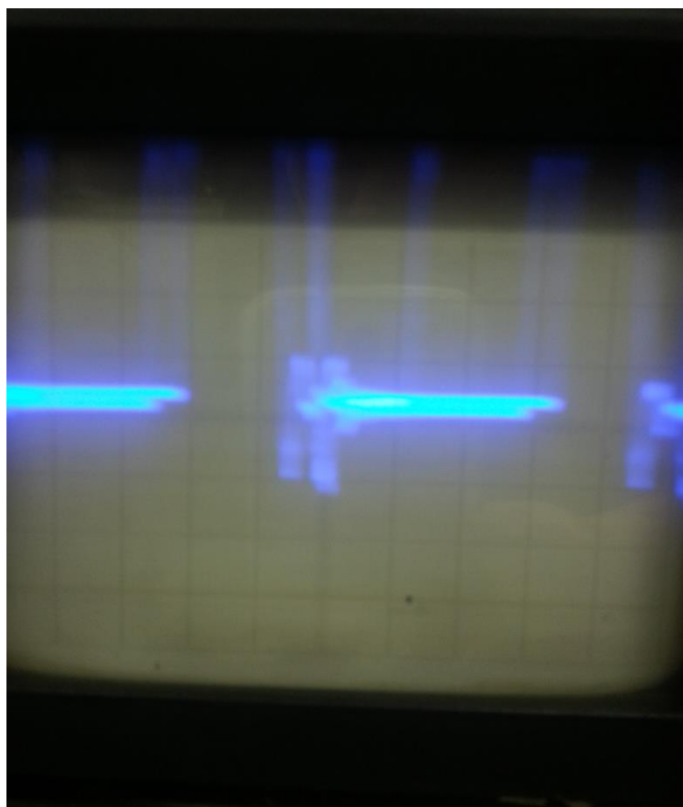
$$R3 = 220 \Omega$$

$$R4 = 500 \Omega$$

5.2 Měření SEPIC konvertoru

5.2.1 PWM modulace



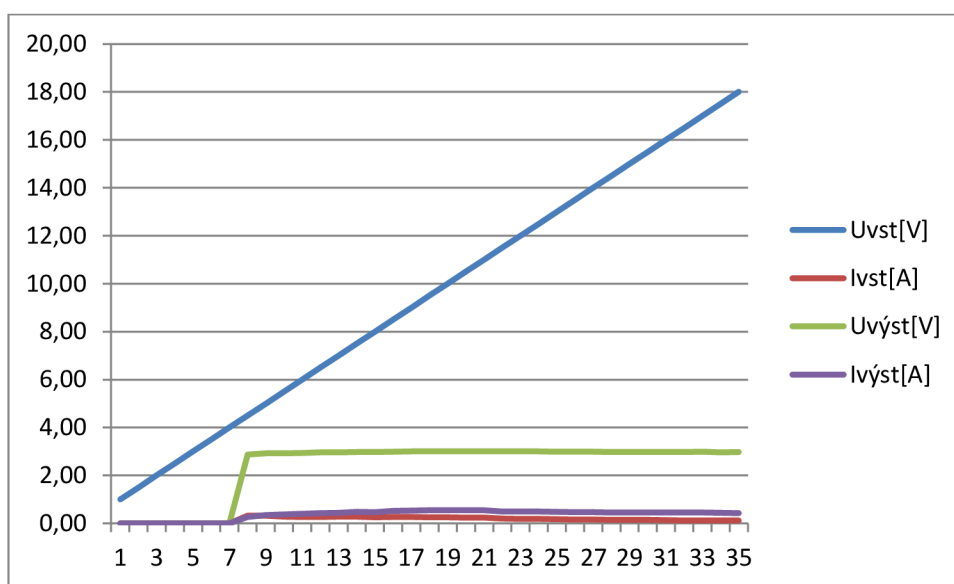


Přechodový jev tranzistoru

5.2.2 Měření účinnosti

U _{vst} [V]	I _{vst} [A]	U _{výst} [V]	I _{výst} [A]	P _{vst} [W]	P _{výst} [W]	účinnost[%]
1,00	0	0	0	0	0	0,00%
1,50	0	0	0	0	0	0,00%
2,00	0	0	0	0	0	0,00%
2,50	0	0	0	0	0	0,00%
3,00	0	0	0	0	0	0,00%
3,50	0	0	0	0	0	0,00%
4,00	0	0	0	0	0	0,00%
4,50	0,32	2,87	0,27	1,44	0,7749	53,81%
5,00	0,32	2,93	0,35	1,6	1,0255	64,09%
5,50	0,28	2,93	0,38	1,54	1,1134	72,30%
6,00	0,272	2,94	0,4	1,632	1,176	72,06%
6,50	0,272	2,96	0,43	1,768	1,2728	71,99%
7,00	0,28	2,97	0,45	1,96	1,3365	68,19%
7,50	0,28	2,98	0,49	2,1	1,4602	69,53%
8,00	0,256	2,98	0,47	2,048	1,4006	68,39%
8,50	0,264	2,99	0,52	2,244	1,5548	69,29%

9,00	0,264	3	0,54	2,376	1,62	68,18%
9,50	0,256	3,01	0,55	2,432	1,6555	68,07%
10,00	0,256	3,01	0,55	2,56	1,6555	64,67%
10,50	0,248	3,01	0,55	2,604	1,6555	63,58%
11,00	0,24	3,01	0,55	2,64	1,6555	62,71%
11,50	0,208	3,01	0,5	2,392	1,505	62,92%
12,00	0,192	3,01	0,495	2,304	1,48995	64,67%
12,50	0,184	3	0,495	2,3	1,485	64,57%
13,00	0,176	2,99	0,48	2,288	1,4352	62,73%
13,50	0,168	2,99	0,471	2,268	1,40829	62,09%
14,00	0,16	2,99	0,47	2,24	1,4053	62,74%
14,50	0,152	2,98	0,46	2,204	1,3708	62,20%
15,00	0,144	2,98	0,46	2,16	1,3708	63,46%
15,50	0,144	2,98	0,46	2,232	1,3708	61,42%
16,00	0,136	2,98	0,455	2,176	1,3559	62,31%
16,50	0,128	2,98	0,453	2,112	1,34994	63,92%
17,00	0,128	2,99	0,451	2,176	1,34849	61,97%
17,50	0,128	2,97	0,445	2,24	1,32165	59,00%
18,00	0,12	2,98	0,435	2,16	1,2963	60,01%



Vstupní a výstupní hodnoty konvertoru SEPIC při různém napájení.

Účinnost nebyla vysoká v důsledku napěťových ztrát na odporu R5, tranzistoru a schottkyho diodě.

Výpočet pro účinnost:

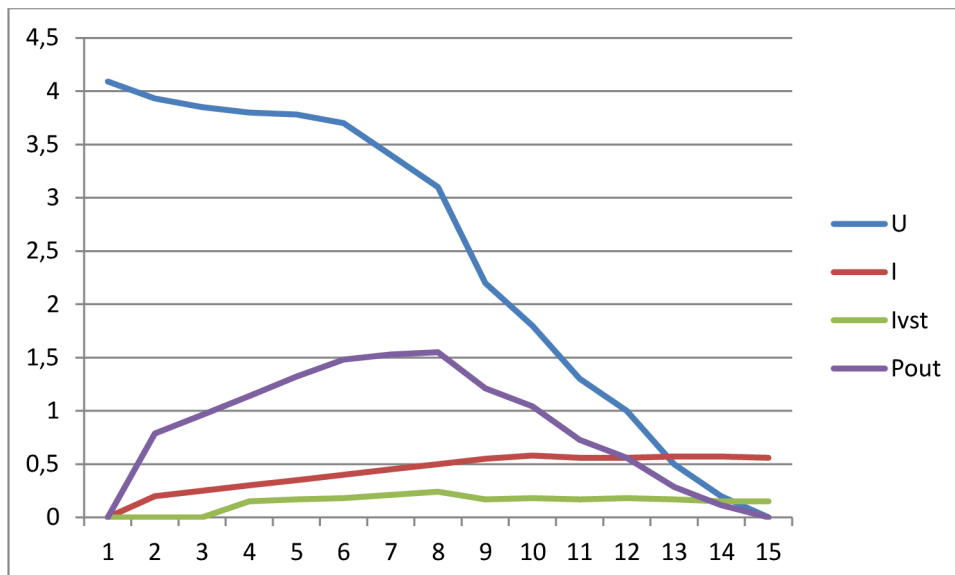
$$\eta = \frac{U_{vyst} * I_{vyst}}{U_{vst} * I_{vst}} = \frac{P'}{P}$$

5.2.3 Měření s odporovou zátěží

$$U_{vst} = 14V$$

Odporová zátěž = 20Ω

U _{vyst} [V]	I _{vyst} [A]	I _{vst} [A]	P _{out} [W]
4,09	0	0	0
3,93	0,2		0,786
3,85	0,25		0,9625
3,8	0,3	0,15	1,14
3,78	0,35	0,17	1,323
3,7	0,4	0,18	1,48
3,4	0,45	0,21	1,62
2,9	0,5	0,24	1,8
1,9	0,55	0,17	1,045
1,798	0,58	0,18	1,04284
1,3	0,56	0,17	0,728
1	0,56	0,18	0,56
0,5	0,57	0,17	0,285
0,2	0,57	0,15	0,114
0	0,56	0,15	0



Charakteristika při 14V, odporová zátěž 20Ω.

5.2.4 Tolerance

Z předchozího měření můžeme určit maximální a minimální hodnotu provozního napětí. Maximální provozní napětí je $U_{pmax}=4,09V$ a minimální $U_{pmin}=2,9V$.

6 ZÁVĚR

V této Bakalářské práci jsem popsal vysoce svítivé LED diody a jejich vlastnosti. Dále jsem prostudoval různá zapojení spínaných budičů LED a popsal jejich vlastnosti a využití. Zejména jsem se věnoval topologiím SEPIC a BUCK-BOOST a prozkoumal, jak fungují a jaké mají vlastnosti. Posléze jsem hledal vhodné integrované obvody pro konstrukci driveru typu SEPIC. Vybral jsem čtyři integrované obvody, u kterých jsem popsal jejich funkce, vlastnosti a využití. Samozřejmě existuje spousta dalších integrovaných obvodů pro konstrukci driveru typu SEPIC. Z těchto čtyř integrovaných obvodů jsem si vybral obvod MAX16833/16833B, který má více funkcí než zbylé vybrané, kupříkladu předpětovou ochranu (OVP), PWM, velký rozsah vstupního napětí +5 až +65V. Dále jsem navrhnul schéma pro řízení vysoce svítivých LED diod pomocí driveru SEPIC s IO MAX16833B. Po oživení tohoto konvertoru jsem provedl měření účinnosti, kde bylo dosaženo pouhých 69% ale především v důsledku napěťových ztrát u diody, výstupního odporu a menšímu úbytku na tranzistoru. Poté místo diody zapojena odporová zátěž a provedeno totéž měření z kterého jsem určil výstupní provozní napětí. Tento konvertor má největší využití a účinnost při zapojení více jak 4 diod do serie s vyšším napětím kupříkladu při Výstupním napětí 14V a výstupním proudu 3A se účinnost zvedla až na 92%.

LITERATURA

- [1] *2009 Argentine School of Micro-Nanoelectronics, Technology and Applications: (EAMTA 2009) ; Bariloche, Argentina, 01 - 02 October 2009.* Piscataway, NJ: IEEE, 2009. ISBN ISBN 978-1-4244-4835-7. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Buck_converter
- [2] KREJČIŘÍK, Alexandr. *DC/DC měniče.* 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2001, 111 s. ISBN ISBN 80-7300-045-8. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/DC/DC_měnič
- [3] BASSO, Christophe P. *Switch-mode power supplies: SPICE simulations and practical design.* New York: McGraw-Hill, 2008, 889 s. McGraw-Hill professional engineering. ISBN ISBN 0071508589. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Boost_converter
- [4] MANIKTALA, Sanjaya. *Switching Power Supply Design .* New York, 2005. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/SEPIC>
- [5] *MAX16833, MAX16833B, MAX16833C, MAX16833D, MAX16833E.* CA, 2010-07-14. Dostupné z: <http://www.maxim-ic.com/datasheet/index.mvp/id/6605>
- [6] HART, Daniel W. *Introduction to power electronics.* Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, c1997, 418 s. ISBN ISBN 0-02-351182-6. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Buck-boost_converter
- [7] DOLEČEK, Jaroslav. *Moderní učebnice elektroniky.* Praha: BEN - technická literatura, 2005, 154 s. ISBN ISBN 80-7300-184-5. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/LED>
- [8] Maxim Integrated Products. *High-Voltage HB LED Drivers with Integrated High-Side Current Sense.* 2010. Dostupné z: catalog.gaw.ru/project/download.php?id=37452
- [9] National Semiconductor. *Designing A SEPIC Converter.* National Semiconductor, April 30, 2008. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/an/snva168d/snva168d.pdf>
- [10] *LM3478/LM3478Q High Efficiency Low-Side N-Channel Controller for Switching Regulator.* October 17, 2011. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm3478.pdf>

- [11] *TPS61170*. APRIL 2011. Dallas, 2011. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps61170.pdf>
- [12] *LT3436*. CA, 2003. Dostupné z: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/261711/LINER/LT3436.html>

PŘÍLOHA

7.1 Schéma zapojení

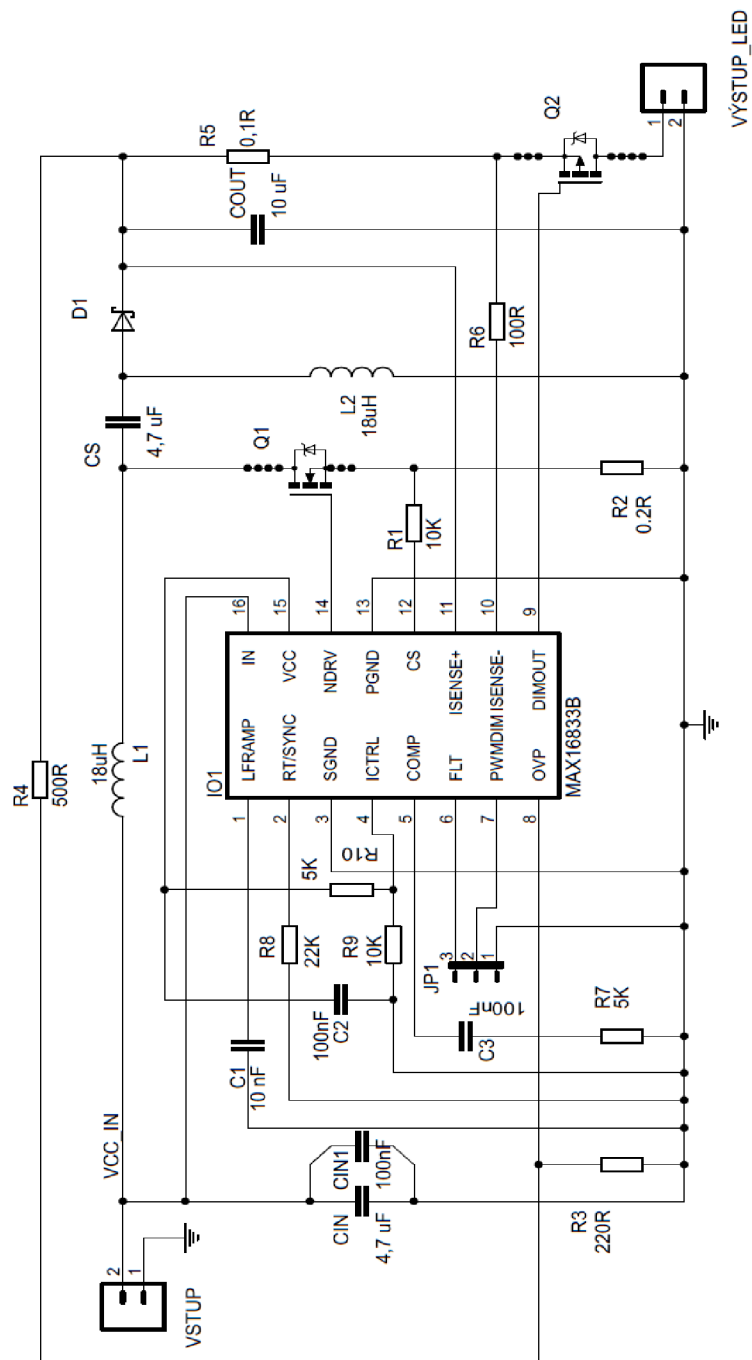
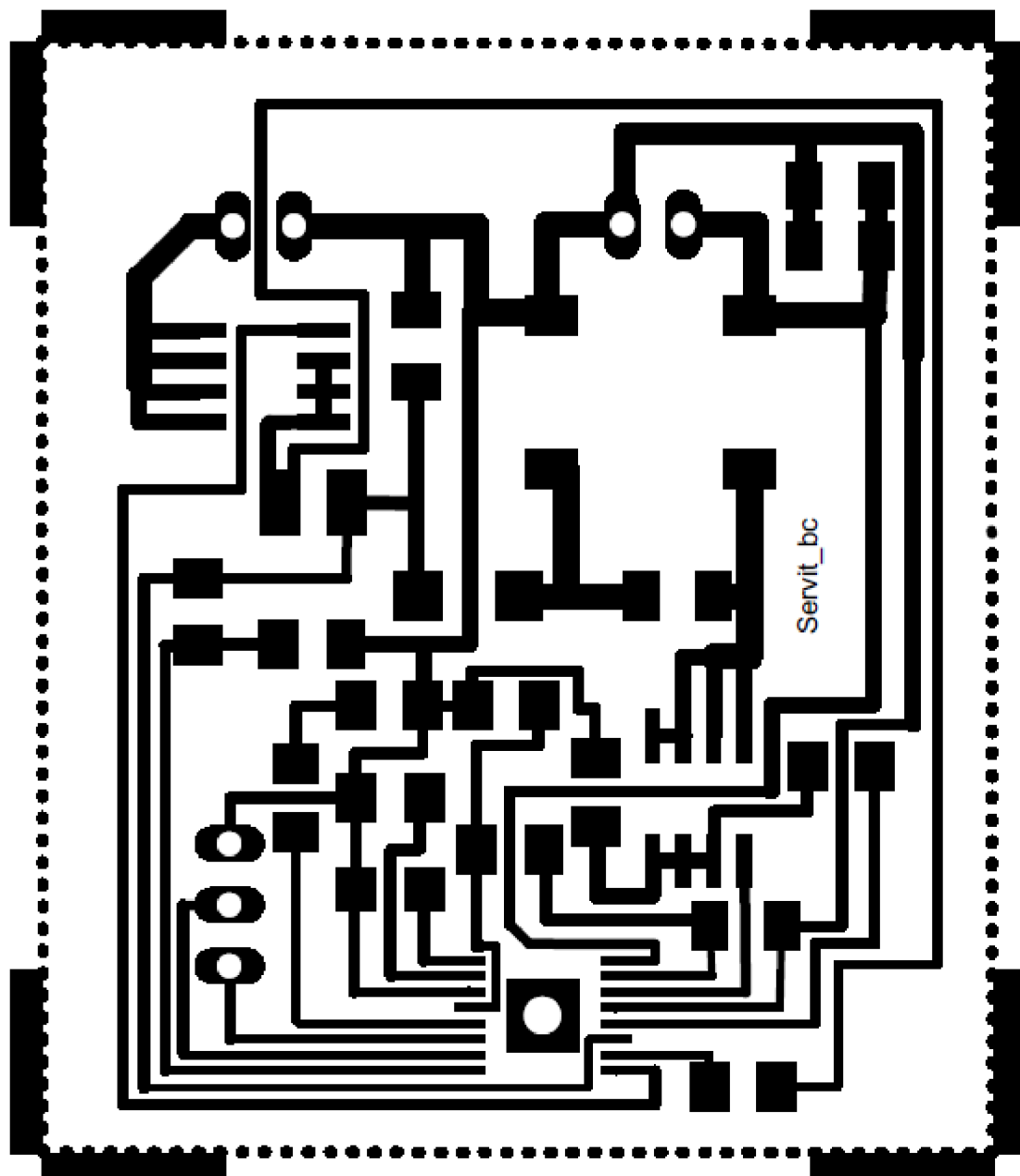


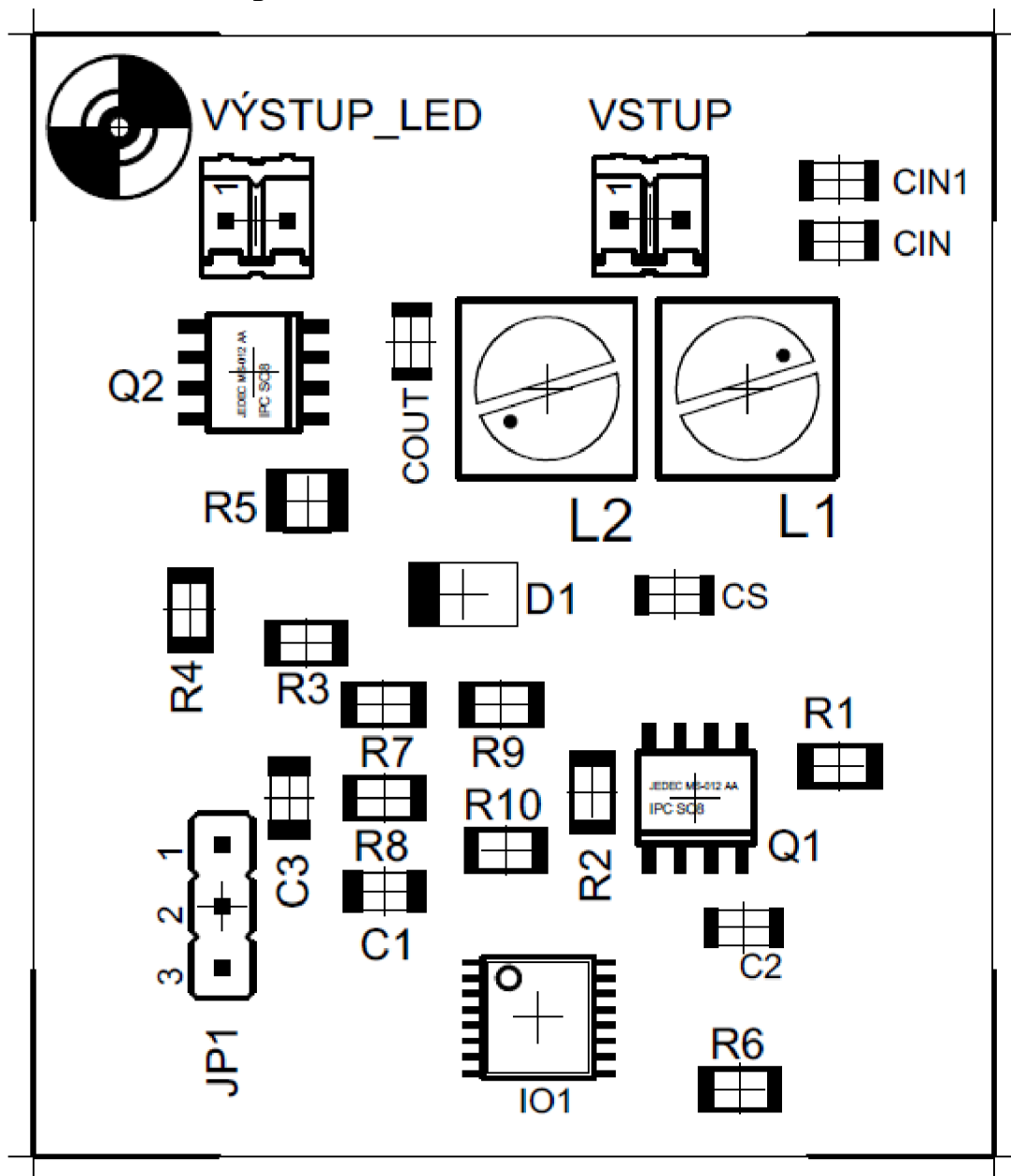
Schéma zapojení SEPIC konvertoru

7.2 Deska plošného spoje



Deska plošného spoje LED pomocí SEPIC - strana TOP, zvětšené 300%

7.3 Osazovací plán



Osazovací plán SEPIC konvertoru – strana TOP, zvětšené 300%

7.4 Seznam součástek

Součástka	Hodnota	Popis
C1	10 nF	C1206K
C2	10uF	C1206K
C3	100nF	C1206K
CIN	4,7 uF	C1206K
CIN1	100nF	C1206K
COUT	10 uF	C1206K
CS	4,7 uF	C1206K
D1	SX501L-20TE25	SCHOTTKY
IO1	MAX16833	TSSOP16_L
JP1	JP2E	JP2
L1	18uH	PIS2816
L2	18uH	PIS2816
Q1	N-MOSFET-SO8S	SO-08
Q2	P-MOSFET-SO8	SO-08
R1	10k	M1206
R2	0,2R	R1206
R3	220R	M1206
R4	500R	M1206
R5	0,1R	R1210
R6	100R	M1206
R7	5k	M1206
R8	22K	M1206
R9	10k	M1206
R10	15k	M1206
VÝSTUP_LED		M02
VSTUP		M02

7.5 Fotodokumentace

