



Středoškolská technika 2017

**Setkání a prezentace prací středoškolských studentů
na ČVUT**

SVĚTLO VE TMĚ

Jiří Kubín

**SPŠ a VOŠ Kladno
Jana Palacha 1840, 272 01 Kladno**

Poděkování

Děkuji konzultantovi Bc. Jánů Hýblovy a jeho společnosti Progedior Kybernétés s.r.o. za odbornou pomoc a finanční podporu, při realizaci projektu.

Abstrakt

Cílem práce je navrhnout a vyrobit čelovku s napájecím zdrojem pro použití v náročných podmínkách.

V práci jsou popsány jednotlivé kroky návrhu, které jsou patřičně okomentovány. Samotný vývoj se opírá o zkušenosti získané z výroby předchozích modelů.

Hlavním přínosem této práce je popsání principu funkce, dokumentace výrobku a následné testování v reálných podmínkách. Podmínkou pro zařízení je kvalita a spolehlivost.

Klíčová slova: Akumulátor, nabíjení, měnič napětí, mikrokontrolér, regulace, DPS.

Summary

The goal is to design and produce the lamp with power supply for use in demanding conditions.

The work describes the different steps of design that are appropriately commented. The development is based on the experience gained from the production of previous models. The main benefit of this work is to describe the principle of functionality, documentation of the product and subsequent testing in real-world conditions. Main conditions for the device are quality and reliability.

Keywords: battery, charging, voltage converter, microcontroller, regulation, DPS.

Obsah

1. Úvod.....	6
2. Rešerše trhu.....	7
3. Stanovení cílů.....	8
4. Teoretický rozbor zařízení.....	10
4.1. Akumulátory a nabíjení.....	10
4.2. Měniče napětí (DC/DC).....	12
4.3. Měnič typu boost a jeho návrh.....	13
4.4. měření boost měniče.....	19
5. Diskuse.....	24
6. Závěr.....	27
7. Přílohy.....	28
8. Zdroje.....	29
9. Seznam tabulek.....	30
10. Seznam obrázků.....	30

1. Úvod

Hlavní motivací pro tento projekt se mi stala má velká záliba ve speleologii, ke které nepochybně patří průzkum a mapování jeskyní, jejichž krása je skoro ve všech případech ukryta hluboko pod zemí ve tmě. Ihned při první návštěvě nepřístupné jeskyně jsem si uvědomil, že mé světlo ani zdaleka nestačí pro bezpečný pohyb, natož osvětlení velkých dómů. Což mě, jako studenta elektrotechnického oboru přivedlo před myšlenku, že si světlo vytvořím sám.

V současné době je na trhu k dispozici nepřehledné množství svítidel všech typů a parametrů, které shrnuji v první části práce, za cílem stanovit si konkurenceschopné specifikace pro výsledný produkt. Druhá část popisuje problematiku návrhu a realizace zařízení, z hlediska elektronického a mechanického. Z elektronického hlediska je zmíněn návrh boost a buck měničů, nabíjení Li-ion akumulátorů, programování MCU (Atmega 48) a po té návrh samotného DPS a jeho „oživování“. Mechanická část je věnována vnějšímu zařízení a jeho odolnosti. Především je zde řešen světelný výkon, na který velmi úzce navazuje problematika spojená s chlazením a celkovou účinností. V závěru uvádím data získaná z testování světla a univerzálního zdroje v reálných podmínkách.

Cílem mé dlouhodobé práce je vyrobit a zdokonalovat zařízení, jehož světlo bude uživatele doprovázet hluboko do tmy pod povrch země a následně ho spolehlivě dostane zpět na povrch.

2. Rešerše trhu

Prvním krokem při vývoji mé svítilny byl průzkum trhu. Za účelem srovnání výrobků jsem vytvořil tabulku viz tab. 1 ve které jsem kladl pozornost na: světelný výkon, čas nabíjení, vyzařovací úhel, odolnost, hmotnost, koncepci, IP a další funkce. Nutno zmínit, že vybrané světla patří mezi ta nejlepší na trhu.

Petzl NAO +	Výkon [W] (světelný tok) [lm] cena	Čas nabíjení	vyzařovací úhel	hmotnost	koncepce	IP	další funkce	ZDROJ
	750lm; 4900 Kč	6h (USB)	výrobce neudává	185 g	vše na hlavě	IP X4	Možnost upravit parametry svítidla přes mobilní aplikaci, zpětná vazba na okolní osvětlení	[1]
LED LENSER XEO 19R								
	2000 lm; 7071 Kč	3h	nastavitelný	472g	vše na hlavě, možnost oddělit	IP X6	Zpětná vazba na okolní osvětlení, výstup USB	[2]
ZEBRA LIGHT H600F								
	1038 lm; 1900 Kč	nabíječka není součástí	90°	124 g	vše na hlavě	IP X7		[3]
FENIX HP 30								
	900 lm; 2600 Kč	nabíječka není součástí	výrobce neudává	400 g	Zdroj zvlášť	IP X6	Výstup USB	[4]
LUCIFER M4								
	1600 lm 4000 Kč	7h	13°, 29°	Výrobce neudává	vše na hlavě			[5]
Lupine Piko X7								
	1200 lm; 9450 Kč	4 h	22°	330 g	vše na hlavě			[6]

tab. 1 srovnání nejlepších modelů [1], [2], [3], [4], [5], [6]

Při průzkumu trhu pro mě bylo velkým překvapením, že některé čelovky postrádají nabíječku nebo akumulátor, který si tak uživatel musí dokoupit zvlášť. [3], [4] Velkým

zklamáním pro mě byla nekvalitní technická dokumentace na oficiálních webových stránkách produktu.

Pro uvedení příkladu jsem si vybral čelovku Zebra light H600F. Výrobce uvádí výdrž dvě hodiny při své maximálním výkonu 1037 lm s použitím akumulátoru ZL634 (Li-ion 18650, 3,7V, 3400 mAh). [7] Objem akumulátoru činí 12,6 Wh, což je podstatně méně energie potřebné pro dvě hodiny svícení s použitou diodou Cree XM-L2, která pro udávaný světelný tok potřebuje 10 W viz datasheet. [8]

3. Stanovení cílů

Parametry pro vyráběné zařízení byly stanoveny s ohledem na tab. 1, především však z vlastních zkušeností a požadavků případných uživatelů.

Základní vlastnosti čelovky

- vysoká mechanická odolnost
- vodotěsnost
- světelný tok < 1800 lm
- zpětná vazba na okolní osvětlení (fotorezistor)
- celé spektrum vyzařovacích úhlů ($8^{\circ} - 48^{\circ}$)
- velmi vysoká účinnost [lm/W]
- možnost naklápění (nastavení směru paprsků)
- vhodné ergonomicky volené rozměry
- nízká hmotnost do 200 g
- montáž na helmu, nebo na rozličné dopravní prostředky

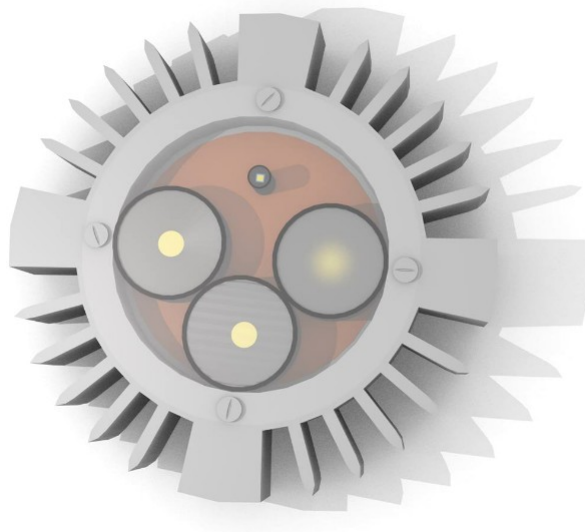
Základní vlastnosti napájecího zdroje

- vysoká mechanická odolnost
- vodotěsnost
- velmi rychlé nabíjení 2,8 A
- lze nabíjet z libovolných vstupních napětí (ac, dc) v intervalu (4,5 – 35) V
- vstup musí být zároveň i výstup (estetické hledisko)
- Možnost použít jako zdroj (5V; 1,2 A), (12V; 0,3 A) nebo jiný v intervalu (0,1-15) V
- Indikace stavu nabití (světelná i zvuková)

- Vysoká kapacita 2x Li-ion 18650 > 20Wh
- integrované světlo > 100 lm
- řízeno pomocí ATmega48 (možnost upravit ovládání dle libosti uživatele)

Z hlediska doby výdrže na akumulátor musí zdroj zvládnout dvou denní akci v jeskyních což je přibližně 10h svícení pro bezpečný pohyb. Poslední zmíněný parametr závisí především na vykonávané aktivitě.

Má představa o výrobku viz obr. 1 a obr. 2



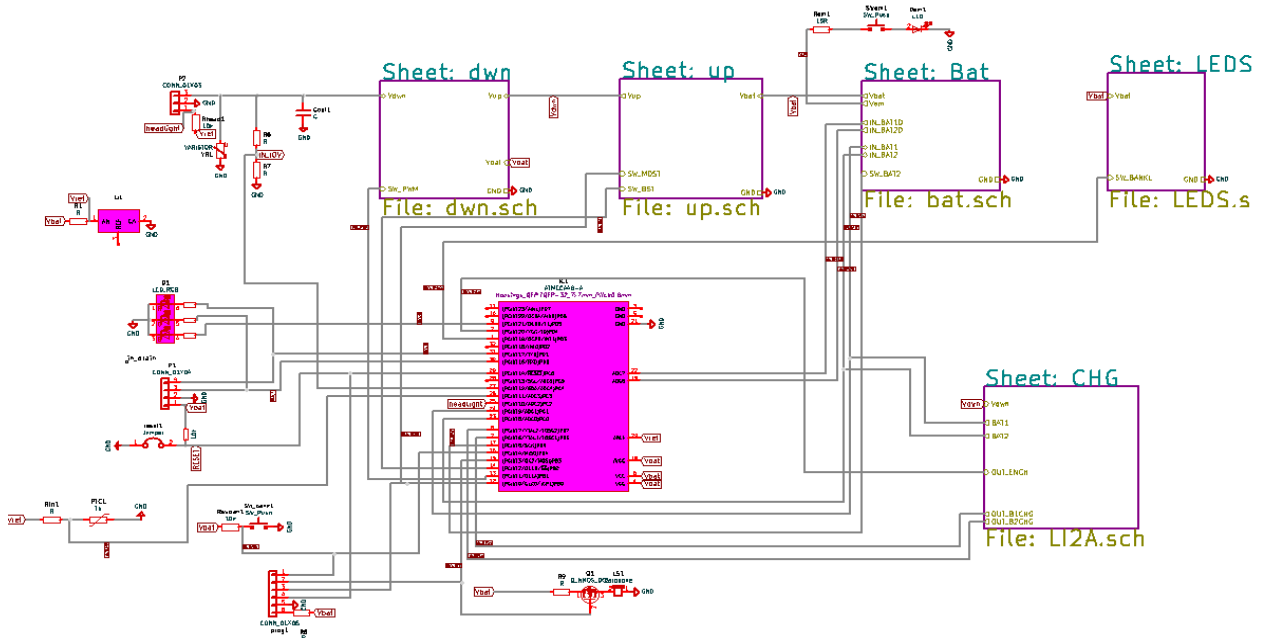
obr. 1 3D Model čelovky (nepřesný)



obr. 2 předchozí verze napájecího zdroje

4. Teoretický rozbor zařízení

Zdroj je sestaven z několika funkčních bloků viz obr. 3, které budou popsány v dílčích kapitolách. Je nutné zmínit, že vstup je zároveň i výstupem.



obr. 3 funkční schéma napájecího zdroje

4.1. Akumulátory a nabíjení

Jako zdroj energie byly vybrány dva Li-ion akumulátory viz tab. 2

		Cell Type NCR18650B	
		Specifications	
Rated Capacity (at 20°C)		Min.3200mAh	
Nominal Capacity (at 25°C)		Min.3250mAh	
		Typ.3350mAh	
Nominal Voltage		3.6V	
Charging Method		Constant Current -Constant Voltage	
Charging Voltage		4.2V	
Charging Current		Std.1625mA	
Charging Time		4.0hrs.	
Ambient Temperature	Charge	+10~+45°C	
	Discharge	-20~+60°C	
	Storage	-20~+50°C	
Weight (Max.)		47.5g	
Dimensions (Typ.) of Bare Cell	H	64.93mm	
	D	18.2mm	
Dimensions (Max.) Maximum size without tube	d	7.9mm	
	(H)	65.10mm	
Volumetric Energy Density		676Wh/l	
Gravimetric Energy Density		243Wh/kg	

tab. 2 specifikace použitých akumulátorů [9]

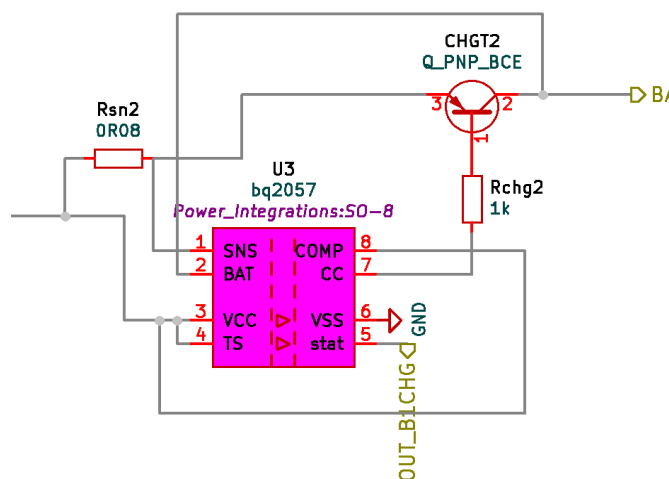
Pro dosažení parametrů, které udává výrobce viz tab2 je potřeba chránit akumulátor proti úplnému vybití, správně ho nabíjet (měřit teplotu) a nepřetěžovat ho.

Měření teploty je obstaráno děličem napětí s PTC termistorem jehož výstup je vyhodnocován v 10bitovém A/D převodníku MCU. Pro tento účel bylo nezbytné pracovat s napěťovou referencí, protože MCU je napájeno přímo z akumulátorů, jejichž proměnné napětí, by způsobilo nepřesnost měření.

Jako 2,5V napěťovou referenci jsem zvolil obvod LM4040D25IDBZTG4 výrobce Texas Instruments v pouzdře SOT-23. Klíčovým faktorem pro tuto volbu byl nízký klidový proud $60 \mu A$, maximální odchylka napětí 0,1 % až do výstupního proudu 15 mA. [11]

Nabíjení je řešeno pomocí integrovaného obvodu TI BQ 2057, který je napájen step-down měničem, což umožňuje nabíjení i z vyšších napětí (4,5 – 40) V.

Lineární nabíjecí obvod BQ 2057, byl zvolen pro jeho potenciálně vysoký nastavitelný nabíjecí proud, který je závislý na ztrátovém výkonu tranzistoru CHGT2. viz Chyba: zdroj odkazu nenalezen Nabíjecí proud lze nastavit rezistorem jehož odpor byl stanoven podle vztahu uvedeného výrobcem $R_{sn2} = V_{sns} / I_{reg.}$ Kde V_{sns} je závislé na zapojení obvodu. V mém případě High-Side Current Sensing. Viz Výrobce pro tento případ udává hodnotu $105 mV$. Viz datový list [10]

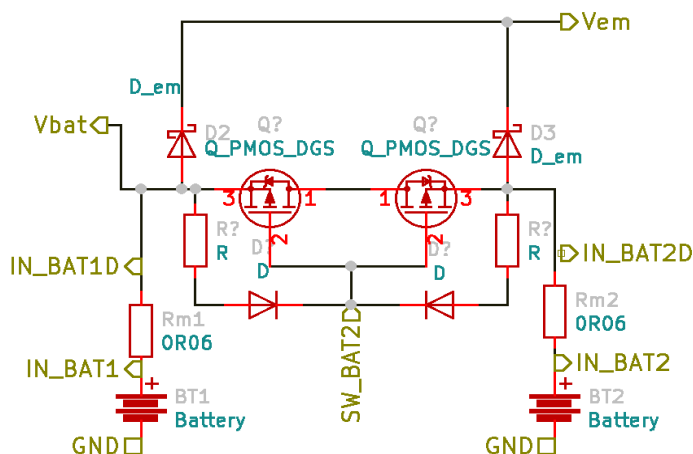


obr. 4 schéma zapojení BQ 2057

Maximální nabíjecí proud u použitých akumulátorů je 1625 mA, proto jsem zvolil „šetrnější“ nabíjecí proud 1,5 A tedy podle vztahu $R_{sns} = 70 m\Omega$. Celkový nabíjecí proud jsou 3 A. Je nutné si uvědomit, že takto vysoký proud bude protékat jen v první fázi nabíjení, což je stav vybitého akumulátoru tedy 3V. To znamená, že tranzistor musí být schopen vyzářit $P_z = (U_{in} - U_{aku}) * I_{nab}$, $P_z = (4,5-3) * 1,5$, $P_z = 2,25 W$.

Zvolen byl PNP tranzistor typu FZT751 v SMD pouzdru SOT 223, které dokáže vyzářit 3W (při určitých návrhových pravidlech), což je pro naši aplikaci naprosto dostačující. [12] Funkci chladiče obstarává hliníková krabička zdroje.

Při nabíjení jsou akumulátory odděleny dvěma unipolárními tranzistory IRF 7842 s nízkým RDS ON v zapojení se spojeným source kanálem, aby nedocházelo k vyrovnávacím proudům při rozdílné kapacitě akumulátorů. [13] Na každém akumulátoru je měřeno napětí a proud, který je vypočítán z rozdílu napětí na rezistorech Rm1 a Rm2 viz obr. 5. Výstupní napětí z diod D_em je použito pro přímé napájení 5mm LED diody, která slouží jako světlo v nouzové situaci. Spínání je řešeno jazýčkovým kontaktem, magnet je umístěn na výstupním konektoru. Lze konstatovat, že při použití nouzového světla se akumulátory za dlouhou dobu mohou úplně vybit což sníží jejich kapacitu, nicméně tato funkce může zachránit lidský život, který je podstatně cennější.



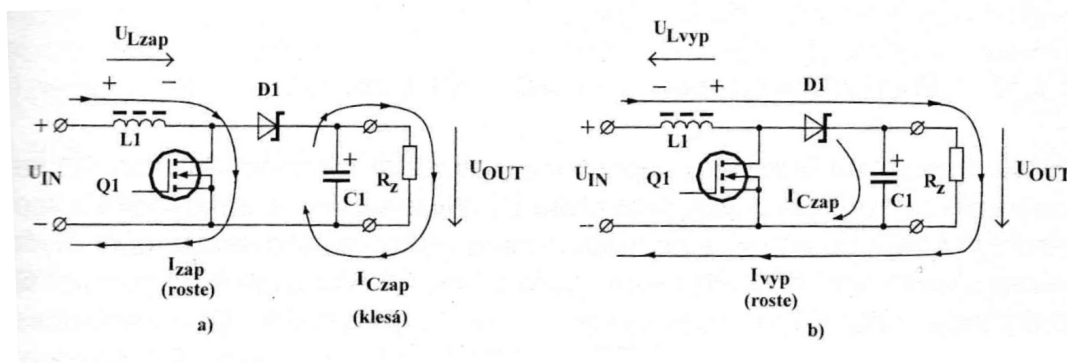
obr. 5 schéma akumulátorového bloku

4.2. Měníče napětí (DC/DC)

Měníče napětí jsou v současné době hojně rozšířeny v celém spektru elektronických aplikací. Používány jsou především pro jejich vysokou účinnost a možnost napětí snižovat i zvyšovat což je u lineárních stabilizátorů nemožné. Z hlediska principu funkce měničů existuje několik možností zapojení. Jednotlivé typy měničů od sebe můžeme rozlišovat podle: poměru U_{out}/U_{in} na zvyšující a snižující, výkonu (mW - kW), velikosti, složitosti zapojení, pracovního kmitočtu, stabilizovatelnosti atd...

4.3. Měníč typu boost a jeho návrh

Základními požadavky zvyšujícího měniče pro účely zdroje na se staly: malé rozměry, vysoká účinnost, výkon $\sim 7W$. Řešením se stal akumulací měnič v zapojení boost (step-up), jehož funkce bude popsána níže. obr. 6

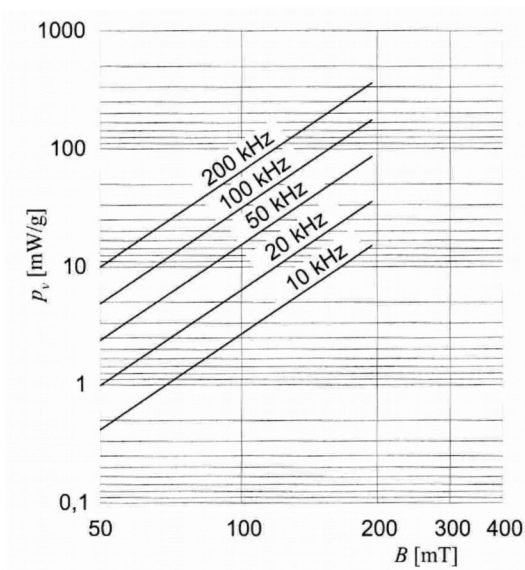


obr. 6 princip funkce DC/DC měniče typu boost [15]

Při sepnutí tranzistoru Q1 začne cívku L1 protékat proud I_{zap} , jež nabíjí cívku, která se chová jako spotřebič. Energie je tak postupně akumulována v magnetickém poli cívky. Proud i napětí mají v této fázi stejný smysl. Během rozeznutí tranzistoru Q1 se cívka L1 chová jako zdroj, který je sériově spojený se zdrojem napájecího napětí U_{in} , C1 je nabíjen přes diodu D1, která zde slouží proti vybíjení C1 pokud je sepnutý tranzistor Q1. V době sepnutého tranzistoru Q1 se C1 chová jako zdroj napětí, jehož zvlnění je závislé na jeho kapacitě. Z teorie cívek platí, že energie akumulovaná v magnetickém poli cívky je dána vztahem.

$$E = \frac{1}{2} L I^2$$

Vysokých výkonů měniče lze dosáhnout použitím velké indukčnosti nebo vysokého kmitočtu. Použití vysokého spínacího kmitočtu je výhodné z hlediska velikosti měniče, nevýhody se pak promítají ve ztrátách na unipolárním tranzistoru, který se při vysokých frekvencích chová v podstatě jako zesilovač. Ztráty na indukčnosti jsou dány poměrným ztrátovým výkonem p_v [mW/g], který se mění v tepelnou energii. Teplota jádra indukčnosti pak úzce souvisí s materiálovými konstantami $\mu_o; \mu_e$ a tím pádem i s magnetickou indukcí $B = \mu_o * \mu_e * H_o$, která se v důsledku ohřívání jádra snižuje a její velikost je tak opět závislá na frekvenci viz obr. 7 a obr. 8.

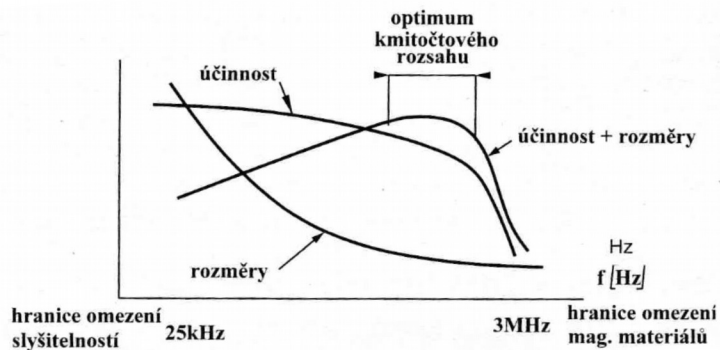


obr. 7 poměrný ztrátový výkon pro ferit H21 v závislosti na mag. indukci a kmitočtu [16]

		Kmitočtový rozsah pro spínané zdroje						Kmitočtový rozsah pro spínané zdroje a rezonanční měniče				
		do 150kHz			do 300kHz			do 1MHz		do 1,5 MHz	do 3 MHz	
označení feritu		H21	N27	3C10	H24	N67	3C85	N49	3F3	N59	3F4	
počáteční permeabilita	25°C	[-]	1900	2000	1800	2100	2300	2000	1400	1800	850	
			± 20 %	± 20 %	± 20 %	± 20 %	± 15 %	± 20 %	± 20 %	± 20 %	± 25 %	
indukce nasycení	25°C	mT	505	510	> 350	505	490	> 400	410	400	450	
	100°C		390	390		390	380		300	330	350	
remanence	25°C	mT	220	220	240	240		150	35	140		
	100°C		150	150	150	150		100	25	80		
koercitivita	25°C	A/m	20	25	15	18	18	15	35	15		
	100°C		18	25	15	12	18	10	25	10		
měrná hmotnost		g/cm ³	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,55	4,75	4,6	
výrobce			Pramet	Siemens	Philips	Pramet	Siemens	Philips	Siemens	Philips	Siemens	Philips

obr. 8 parametry vybraných feritů [16]

Druhý způsob zvýšení výkonu je použití větší indukčnosti, se kterou je spojena i vysoká účinnost, ovšem kmitočty by měl být vyšší než slyšitelné spektrum lidského ucha, zhruba nad 25 kHz. Nevýhodou je větší velikost měniče. Shrnutí parametrů měničů je zobrazeno na obr. 9



obr. 9 závislost parametrů měniče na kmitočtu [15]

požadované vlastnosti DCDC boost měniče

- malé rozměry
- jednoduchost

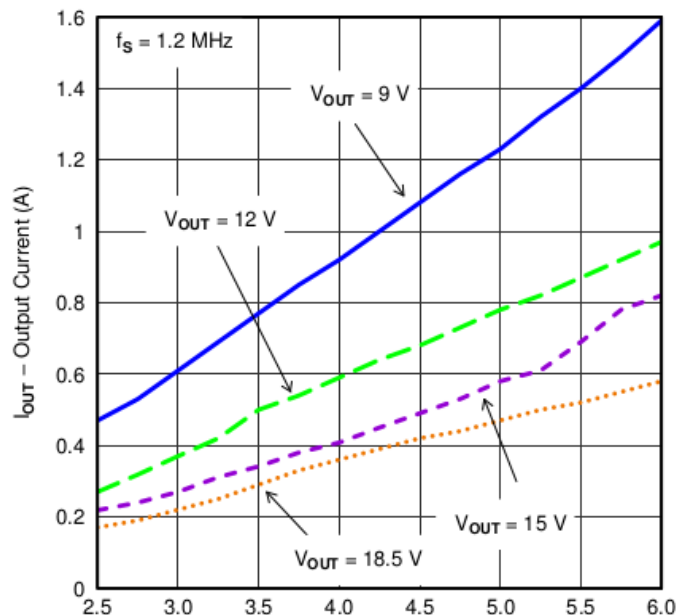
požadované parametry DCDC boost měniče

- vstupní napětí 3 – 4,2V (Li-ion akumulátory)
- výstupní napětí (5 – 15) V
- výstupní výkon ~5 W pro 5V nabíjení telefonů (USB)
- vysoká účinnost < 85%

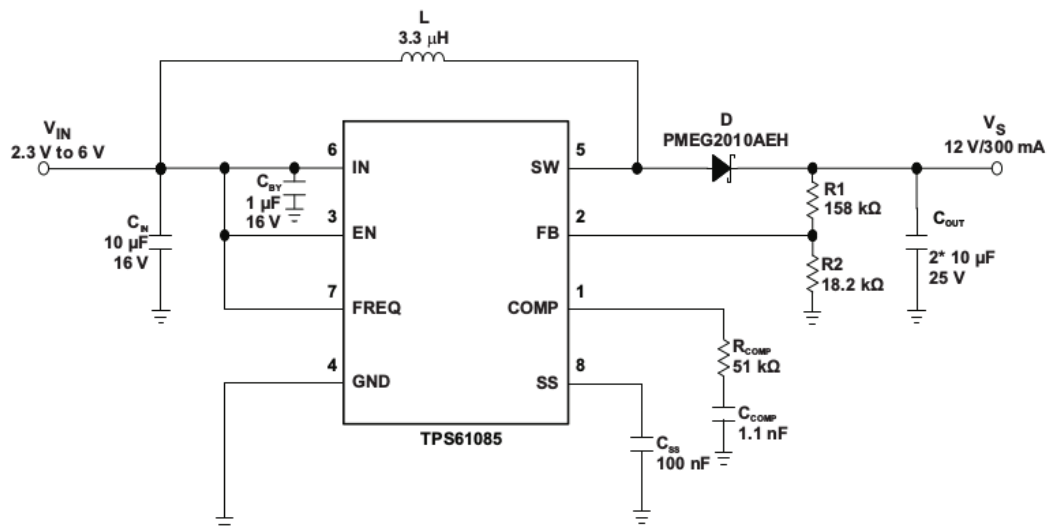
Prvním krokem návrhu DCDC měniče byl výběr vhodného integrovaného obvodu. Byl zvolen integrovaný obvod TI TPS61085 (boost up controler) pro který byla navržena deska plošného spoje a následně byl otestován v základním zapojení dle výrobce viz obr. 11. Chyba: zdroj odkazu nenalezen

Základními parametry kontroléru jsou dle datasheetu

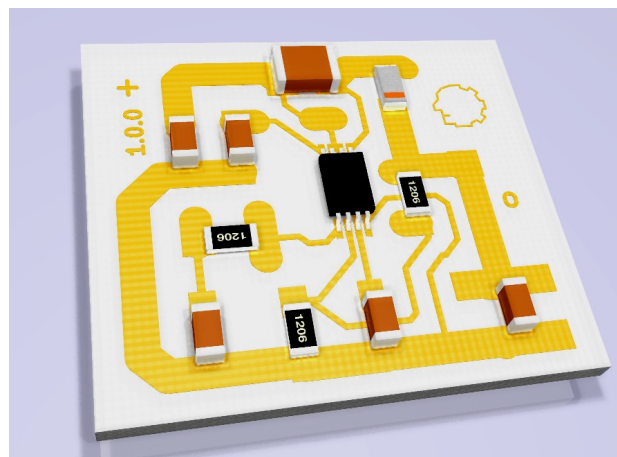
- vstupní napětí (2,3 - 6) V
- výstupní napětí nastavitelné (0,5 - 18,5) V
- nastavitelná frekvence 650 kHz nebo 1,2 Mhz
- ochrana proti přetížení
- výstupní výkonová charakteristika viz obr. 10



obr. 10 výstupní výkonové charakteristiky TPS 61085 pro řídicí frekvenci 1,2 Mhz



obr. 11 základní katalogové zapojení kontroléru TSP61085 [17]



obr. 12 navržené DPS v programu Kicad

Testovaný měnič s kontrolérem TSP61085 fungoval, ale přesto bylo zvoleno jiné řešení zvyšujícího měniče; především pro vysoké náklady za kontrolér TSP61085 a cívku, jelikož jeho funkci může zastoupit použitý mikrokontrolér.

Jednočinný boost up měnič je v podstatě regulovaná soustava, jejíž stabilita je závislá na regulaci střídý obdélkového signálu vstupujícího do spínacího tranzistoru.

Pro střídý platí, že proud cívky, který je vyvolán sepnutím nesmí být vyšší než proud nasycení cívky, jelikož od tohoto bodu klesá magnetická indukce B a zvyšuje se jen magnetická intenzita H , což vede ke snížení účinnosti. Hodnota regulované střídý je závislá na výstupním napětí měniče.

Návrh boost up měniče je založen na informacích z literatury viz [16]. Pro lepší orientaci znovu uvádím požadované vlastnosti.

požadované vlastnosti DCDC boost měniče

- malé rozměry
- jednoduchost

požadované parametry DCDC boost měniče

- vstupní napětí 3 – 4,2V (Li-ion akumulátory)
- výstupní napětí (5 – 15) V
- výstupní výkon ~5 W pro 5V nabíjení telefonů (USB)

vysoká účinnost < 85%

Ideální podmínka převodu napětí je

$$U_{out} = \frac{U_{IN}}{(1-\delta)}$$

Vstupní napětí se bude pohybovat v intervalu (3 - 4,2) V.

$$5 = \frac{3}{(1-\delta_{max})}$$

$$5 = \frac{4,2}{(1-\delta_{min})}$$

Hodnota střídý δ se pohybuje mezi (0,16 – 0,4). Výpočet indukčnosti je uveden vztahy ΔI_L je závislý na vstupním napětí a vychází ze zákona zachování energie. Při výpočtu se bere v potaz vždy horší případ.

$$L_{min} = \frac{U_{inmax} \delta_{min} T}{\Delta I_L}$$

$$L_{min} = \frac{U_{inmin} \delta_{max} T}{\Delta I_L}$$

ΔI_L je závislý na vstupním napětí a vychází ze zákona zachování energie. Při výpočtu se bere v potaz vždy horší případ .

$$I_{max} = P_{out} / U_{INmin}$$

$$I_{min} = P_{out} / U_{INmax}$$

$$I_{max} = 5/3$$

$$I_{max} = 5/4,2$$

Ze předchozího vztahu platí.

$$\Delta I_L = (I_{L \max} - I_{L \min})$$

$$\Delta I_L = (1,66 - 1,2)$$

Po dosažení za ΔI_L platí.

$$L_{\min} = \frac{4,20 * 0,16 * 10^{-5}}{0,46}$$

$$L_{\min} = 14,6 \mu H$$

$$L_{\max} = \frac{3 * 0,4 * 10^{-5}}{0,46}$$

$$L_{\max} = 26 \mu H$$

Byla vybrána vyšší indukčnost pro funkci v celém rozsahu vstupních napětí.

Dále je nutné vypočítat průřez vinutí cívky. Proudová hustota J [A/mm²] by měla být co možná nejnižší pro dosažení vysoké účinnosti. Obvykle se volí 5 [A/mm²].

$$S_L = \frac{I_{\max}}{J}$$

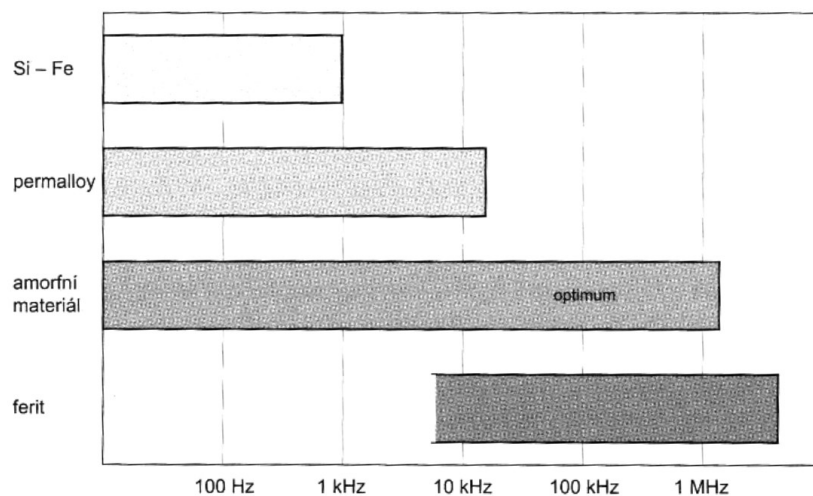
$$S_L = \frac{1,66}{5}$$

$$S_L = 0,32 \text{ mm}^2$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * S}{\pi}}$$

$$d = 0,65 \text{ mm}$$

Pro zvolenou frekvenci 100 kHz byl vybrán feritový materiál viz obr. 13.

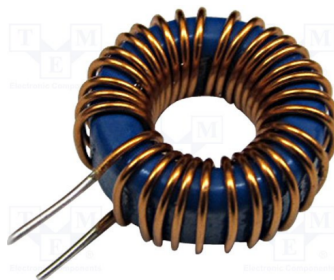


obr. 13 výběr jádra cívky v závislosti na kmitočtu [16]

Pro vypočítané hodnoty byla zvolena cívka výrobce Feryster typ DTMSS-12.5/0.033V, jejíž parametry jsou uvedeny v tab. 3, obr. 14.

indukčnost	$L=33\mu H$
maximální proud vinutí	1,9 A
vnitřní odpor	0,052 Ω
rozměry	d=15 mm X 5,5mm

tab. 3 parametry zvolené indukčnosti



obr. 14 zvolená prstencová cívka DTMSS-12.5/0.033V

4.4. měření boost měniče

Použitá cívka může pracovat v poměrně širokém kmitočtovém pásmu, což úzce souvisí s nežádoucím poměrným ztrátovým výkonem na indukčnosti. S ohledem na tuto skutečnost byl MCU Atmega 48 naprogramován tak, aby bylo možné nastavit požadovanou frekvenci a střídu pro dosažení co možná nejvyšší účinnosti. Komunikaci s PC obstarává USART.

```

33 .. while(1){
34 ..     delay_ms(100);
35 ..     uart_recieve(); //prijmuti dat//
36 ..     delay_ms(100);
37 ..     uart_transmit(); //odeslani zpet pro kontrolu prenosu//
38 ..     if(uart_buf[1] == 1){ //provest?//
39 ..         switch(uart_buf[2]){
40 ..             case 0 : //kanal//
41 ..                 pwm0_init(uart_buf[3],uart_buf[4]);
42 ..                 pwm0_set(8,uart_buf[6]); //frekvence je 3921Hz duty ve formatu 0xFF//
43 ..                 OUT RON;
44 ..                 break;
45 ..             case 2 :
46 ..                 pwm2_init(uart_buf[3],uart_buf[4]);
47 ..                 pwm2_set(8,uart_buf[6]); //frekvence je 3921Hz duty ve formatu 0xFF//
48 ..                 break;
49 ..             case 1 :
50 ..                 pwm1_init(uart_buf[3],uart_buf[4]);
51 ..                 pwm1_set(uart_buf[5],uart_buf[6]); //f vetsi 40000 kHz a duty v procentech//
52 ..                 break;
53 ..             default : init_pulse(3); break;

```

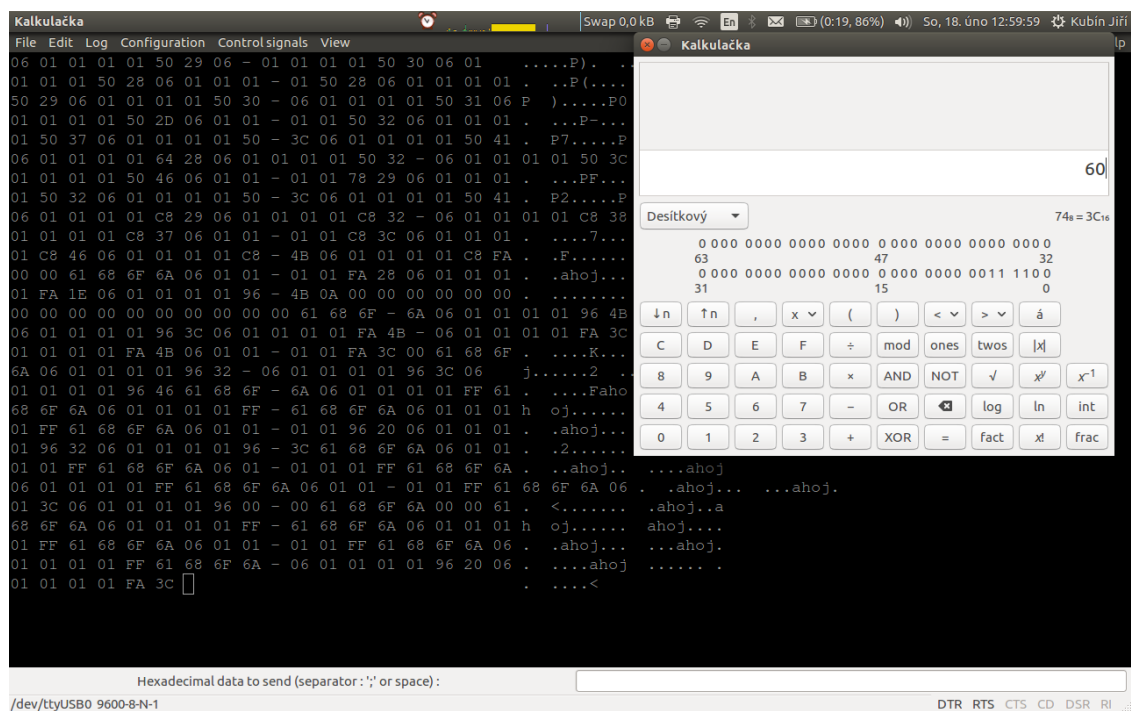
obr. 15 ukázka komunikačního protokolu

Na obr. 15 je fragment kódu, který zpracovává data odeslaná z PC. Pro komunikaci je nastavena rychlost 9600 bit/s (9600 baudů) a jeden stop bit. V tab. 4 je uvedena komunikační posloupnost.

ČÍSLO BAJTU	FUNKCE
1	Počet bitů, které je třeba odeslat (MCU si na ně vyhradí místo)
2	Potvrzení komunikace log. (0,1)
3	Jaký kanál PWM (TC) se bude používat (0,1,2)
4	Jaká výstupní nožička MCU se použije (0,1)
5	Zapnutí oscilátoru a děličky signálu (prescaler) (0,1)
6	Požadovaná frekvence ve tvaru 0xFF
7	Požadovaná frekvence ve tvaru 0XFF (64 je maximum)

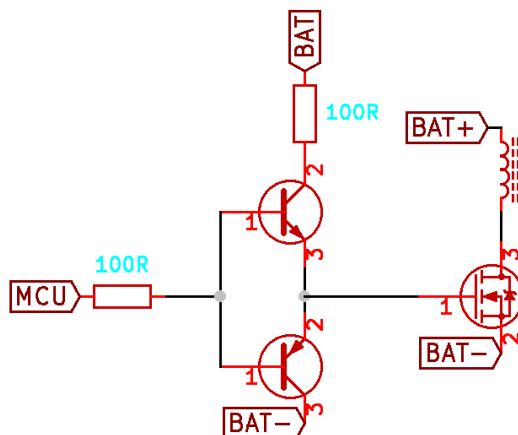
tab. 4 funkce jednotlivých bajtů pro komunikaci

Pro odesílání a následné přijímání příkazů jsem použil aplikaci Serial Port Terminal viz obr. 16



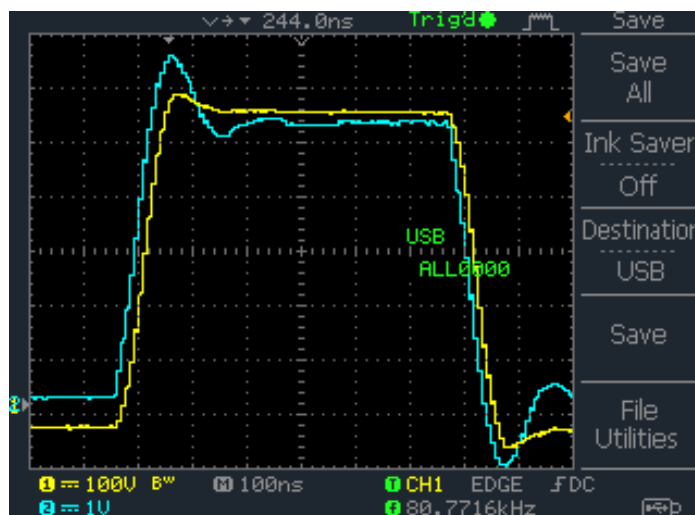
obr. 16 komunikace s MCU přes USART

Na buzení Nmosfetu jsou použity komplementární tranzistory PNP a NPN v pouzdře SOT-23-6. Schéma zapojení viz obr. 17.



obr. 17 Buzení N mosfetu

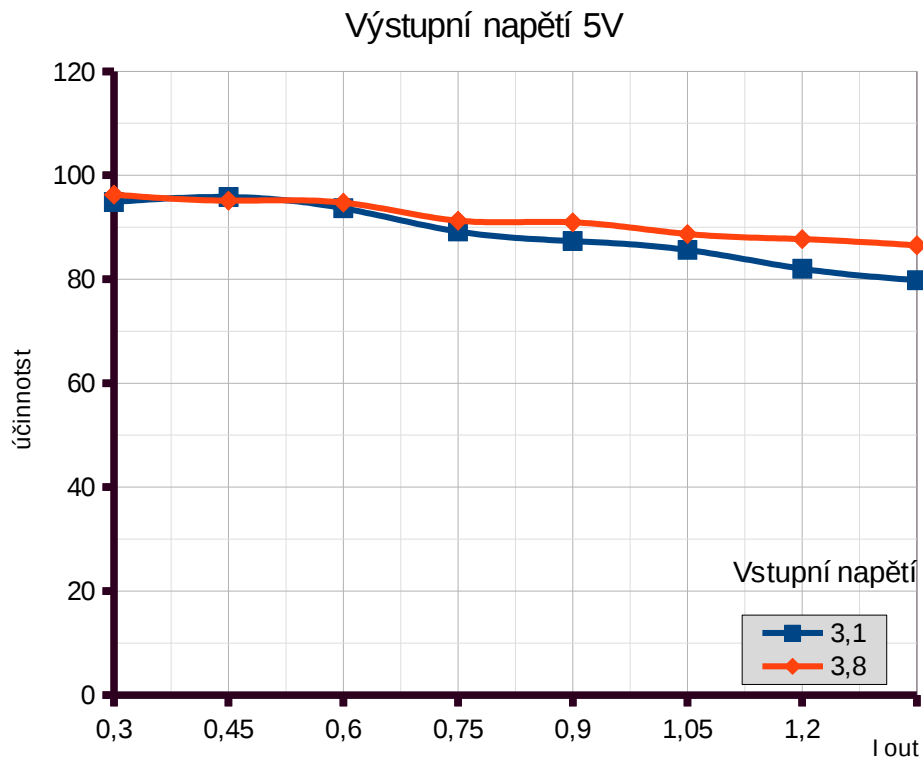
Použití tohoto zapojení opodstatňuje měření viz obr. 18.



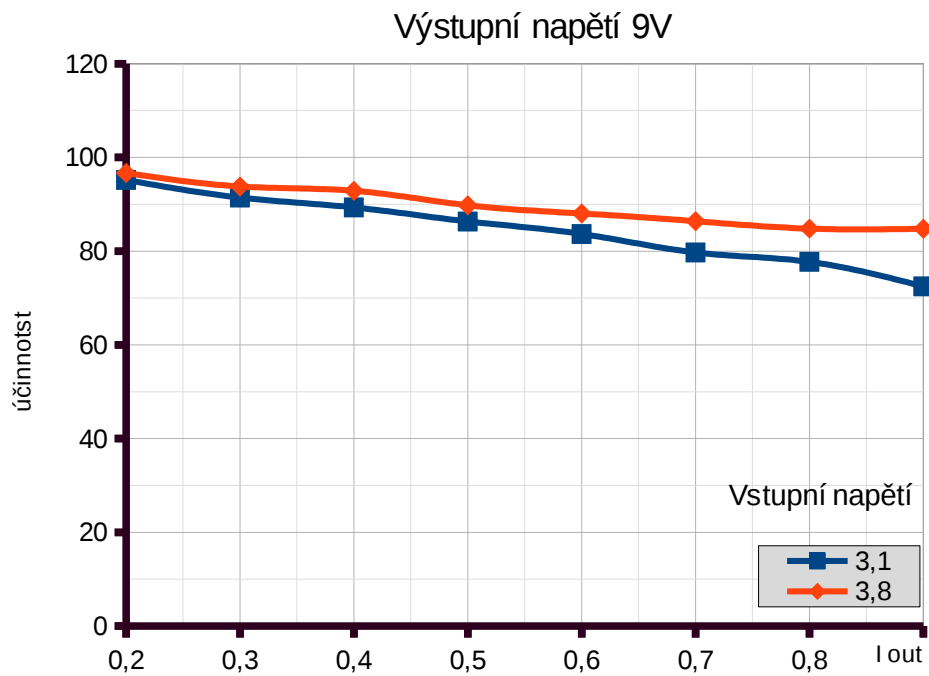
obr. 18 náběžná hrana pro buzení výkonového tranzistoru (žlutě)

Pracovní frekvence byla nalezena tak, že se na výstup připojila konstantní zátěž a postupně se zvyšoval kmitočet. Pro zvolenou frekvenci 80 kHz bylo výstupní napětí nejvyšší.

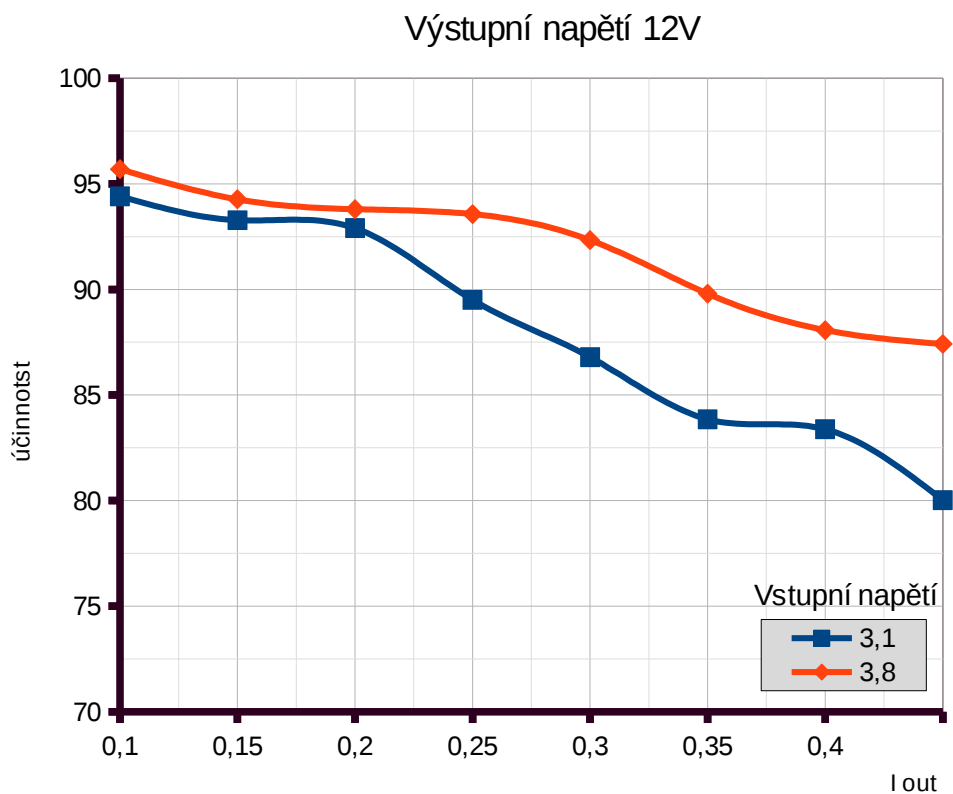
Výsledná účinnost je měřena pro výstupní napětí 5, 9 a 12 V. Viz graf 1, graf 2 a graf 3.



graf 1 účinnost boost měniče při výstupním napětí 5V

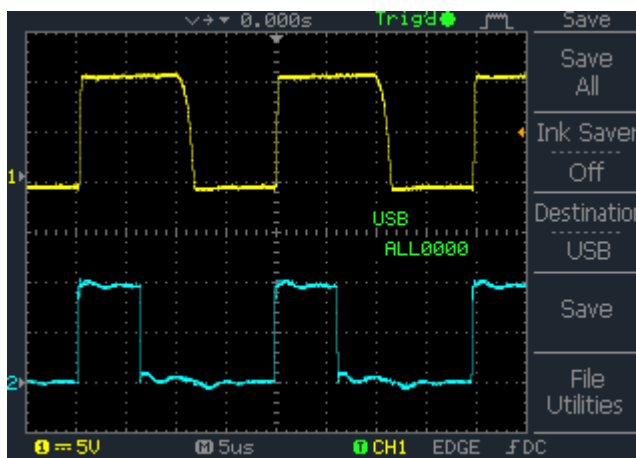


graf 2 účinnost boost měniče při výstupním napětí 9V

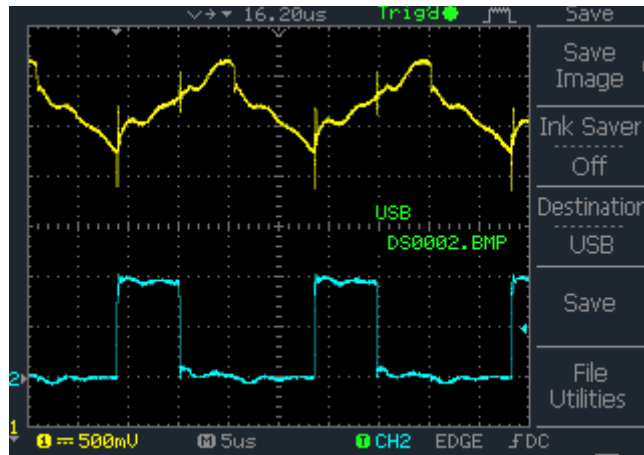


graf 3 účinnost boost měniče při výstupním napětí 12V

Na obr. 19 a obr. 20 jsou znázorněny průběhy na cívce.



obr. 19 přechodová a vybíjecí charakteristika indukčnosti (žlutá)

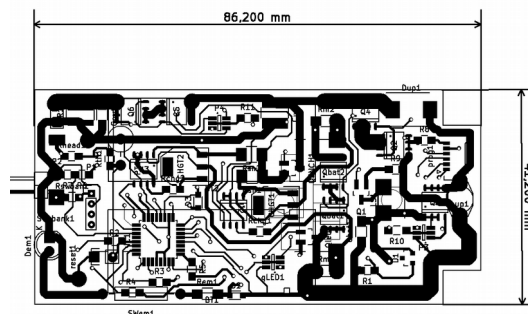


obr. 20 proud na indukčnosti (žlutá)

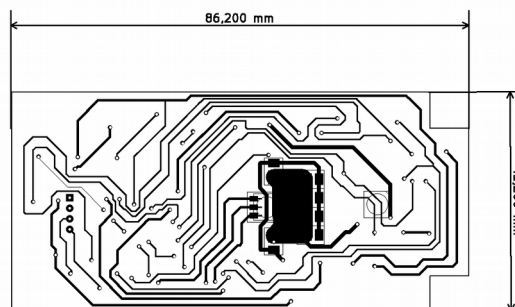
5. Diskuse

V kapitole 3 byly stanoveny cíle, kterých jsem chtěl dosáhnout do termínu odevzdání práce. Tento vysoký cíl se mi bohužel nepodařilo splnit, kvůli chybám, při návrhu DPS na obr. 21 a obr. 22. Jaho hlavní nedostatky lze obecně zmínit (špatně přiřazená pouzdra, nedostatečně dimenzované chlazení, špatně zvolené tranzistory P mosfet atd...).

Časovou náročnost mé práce jsem si dříve moc nedokázal představit, nyní si uvědomuji, že vývoj powerbanky zmíněných parametrů je během na dlouhou trať.

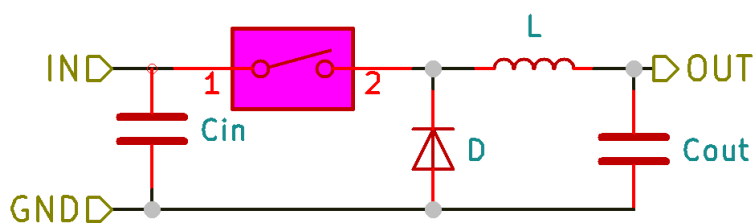


obr. 21 přední strana navrhovaného DPS



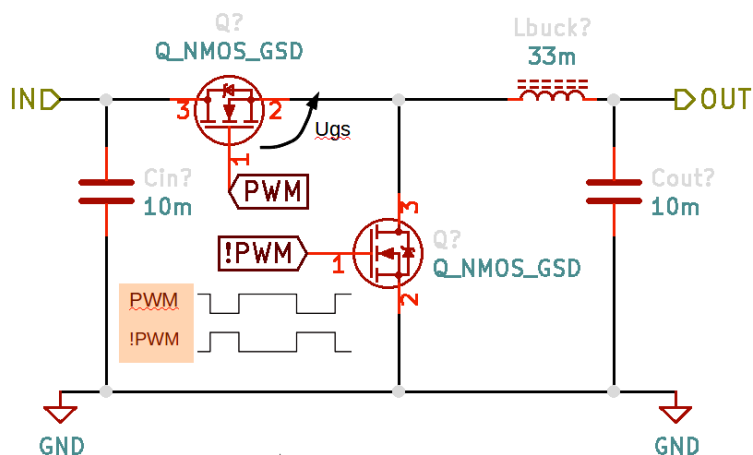
obr. 22 zadní strana navrhovaného DPS

V současné době provádím měření na DC-DC měniči typu buck, které budou v kapesním zdroji dva. První bude sloužit pro snížení vstupního napětí pro nabíjení Li-ion akumulátorů. Druhý je pro napájení výkonových Led diod (čelovky). Použití jednoho měniče je vyloučeno, kvůli naprosto odlišným požadavkům na funkci. Snižující měnič pro napájení Led diod bude měnit napětí akumulátoru (3,1 – 4,2)V na napětí ~2,9V. S ohledem na požadované parametry je klasické zapojení buck měniče viz obr. 23 nepoužitelné. Při výstupním napětí 2,9 V se na diodě vyzáří jako teplo zhruba 20% celkového přenášeného výkonu. Při uvážení ztrát na budícím tranzistoru by byla celková účinnost nanejvíše 75 %.



obr. 23 zjednodušené schéma zapojení buck měniče

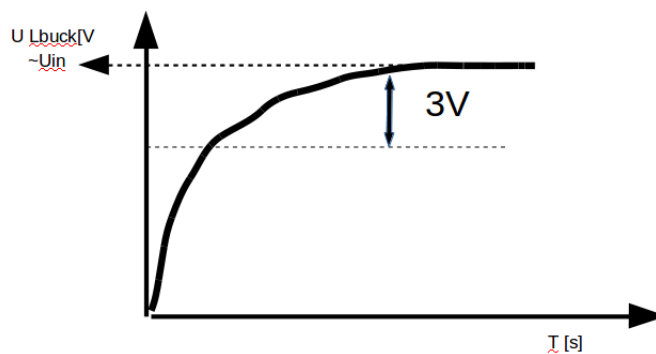
Pro dosažení vysoké účinnosti bylo zapotřebí nahradit diodu unipolárním tranzistorem pracujícím s opačnou fází oproti hlavnímu tranzistoru, který nabíjí cívku. Tranzistory typu P mosfet nelze použít, protože obecně nejsou stavěny na vyšší kmitočty. Jedinou možností je použít N mosfet, který bez větších problémů zvládne i sto kHz.



obr. 24 buck měnič bez diody s N mosfetem

Na obr. 24 je zapojení, které řeší problém se ztrátami na diodě. Nevýhodou tohoto zapojení je nutnost použít vyšší napětí na buzení mosfetu než je napětí vstupní, protože v poslední fázi nabíjení cívky se napětí na ní bude blížit vstupnímu a pokud by byl tranzistor

buzen přímo ze vstupního napětí, hodnota U_{gs} by postupně klesala a tranzistor by se nechtěně uzavíral a vznikaly by na něm značné ztráty. viz obr. 25.



obr. 25 přechodová charakteristika cívky

Na obrázcích obr. 26 a obr. 27 v příloze je uvedena fotodokumentace z měření.

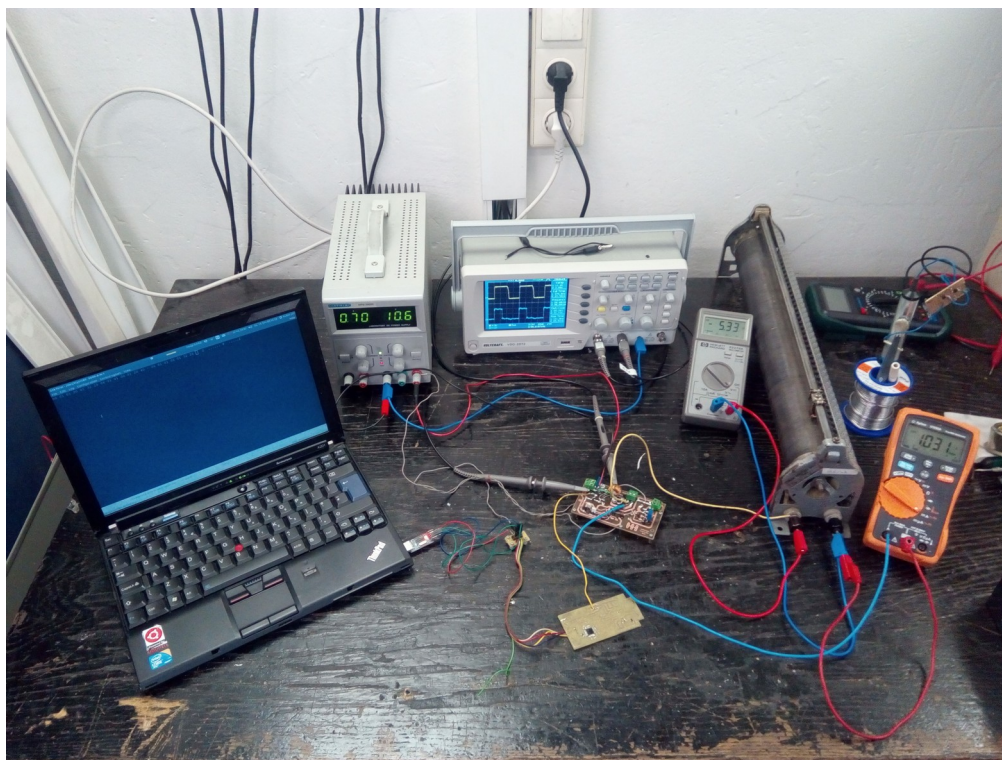
6. Závěr

Na základě literatury byl vytvořen boost up měnič. Pracovní kmitočet indukčnosti byl nalezen pomocí MCU, který byl naprogramován jako nastavitelný generátor PWM signálu. Vyrobený měnič je specifický z hlediska regulace, protože ho netvoří klasický integrovaný obvod (DCDC kontrolér). Celou funkci zpětnovazební regulace zastupuje MCU.

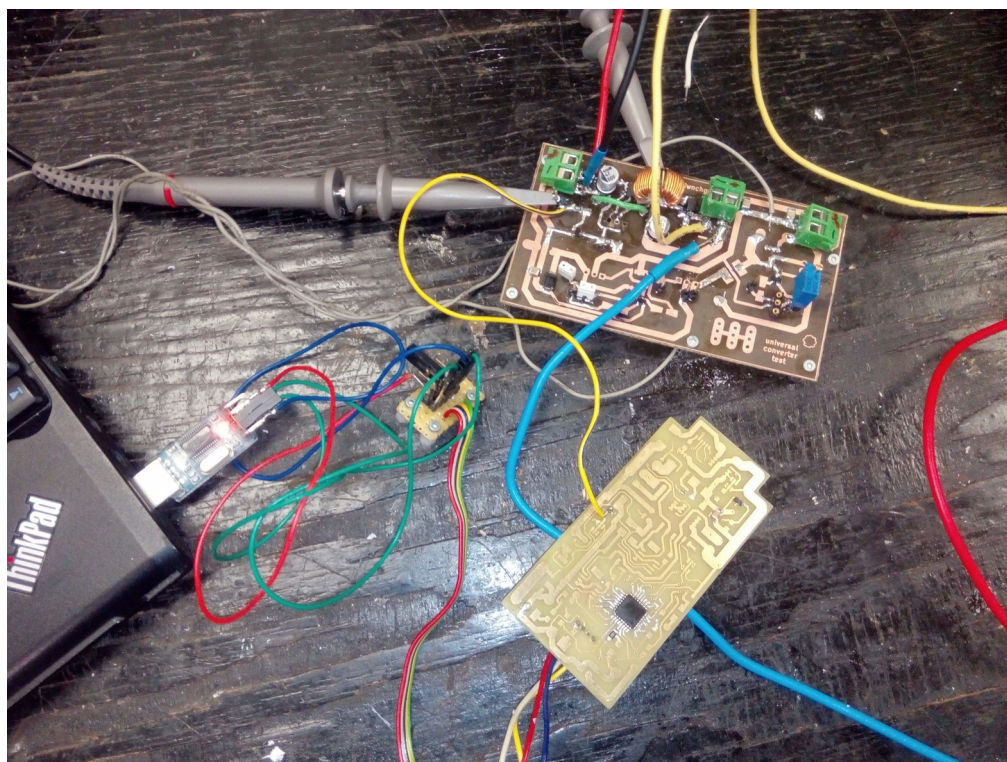
Zhotovený měnič byl odměřen pro tři výstupní napětí. Díky správnému pracovnímu kmitočtu bylo dosaženo velmi vysokých účinností.

Navržený boost up měnič splnil požadované vlastnosti. Další část práce bude věnována měniči typu buck a programování MCU.

7. Přílohy



obr. 26 pracoviště pro měření



obr. 27 DPS pro měření měniče

8. Zdroje

- [1] Petzl [online]. [cit. 2016-12-29]. Dostupné z: <https://www.petzl.com/CA/en/Sport/PERFORMANCE-headlamps/NAO-PLUS#.WGT6Wewldpg>
- [2] Ledlenser [online]. [cit. 2016-12-29]. Dostupné z: <http://www.ledlenser.cz/produkty/celove-svitilny/ledlenser-xeo-19r-bila/>
- [3] Zebralight [online]. [cit. 2016-12-29]. Dostupné z: http://www.zebralight.com/H600F-Mk-II-Floody-18650-XM-L2-Headlamp-Cool-White_p_129.htm
- [4] *Svitilny-fenix* [online]. [cit. 2016-12-29]. Dostupné z: <http://www.svitilny-fenix.cz/produkt/celovka-fenix-hp30/>
- [5] *Luciferlights* [online]. [cit. 2016-12-29]. Dostupné z: <http://luciferlights.net/vykonne-celovky/celovka-lucifer-M>
- [6] Lupine [online]. [cit. 2016-12-29]. Dostupné z: <http://lupine.cz/shop/Celovky/Celovka-Piko-X-Duo.html>
- [7] Zebralight [online]. [cit. 2016-12-29]. Dostupné z: http://www.zebralight.com/ZL634-3400mAh-18650-Protected-Li-ion-Battery-ship-to-US-customers-only_p_125.html
- [8] Cree [online]. [cit. 2016-12-29]. Dostupné z: <http://www.cree.com/~media/files/cree/led-components-and-modules/xlamp/data-and-binning/xlampxml2.pdf>
- [9] PANASONIC NCR18650B [online]. [cit. 2017-01-04]. Dostupné z: <http://www.tme.eu/cz/Document/3e0170a1e089819f286f7066e69035b4/NCR18650B.pdf>
- [10] Advanced linear charger. Ti [online]. [cit. 2017-01-04]. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/bq2057w.pdf>
- [11] Precision micropower shunt voltage reference . Ti [online]. [cit. 2017-01-04]. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm4040-n.pdf>
<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm4040-n.pdf>
- [12] Diodes. Diodes incorporated [online]. [cit. 2017-01-05]. Dostupné z: <http://www.tme.eu/cz/Document/cb5281ad9f21c0b2ecc5e4f37e9e5110/FZT751TA-dte.pdf>
- [13] Infineon [online]. [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://www.infineon.com/dgdl/irf7842pbf.pdf?fileId=5546d462533600a40153560c44c41d25>
- [14] OPTOSUPPLY [online]. [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://www.tme.eu/cz/Document/9543af9f5c58c9a93b65b2b1ab7714de/OS4WFL5A31A-DTE.pdf>
- [15] KREJČIŘÍK, Alexandr. DC/DC měniče. Praha: BEN, 2001, 111 s. ISBN 80-730-0045-8.
- [16] FAKTOR, Zdeněk. Transformátory a tlumivky pro spínané napájecí zdroje. Praha: BEN - technická literatura, 2002. ISBN 80-860-5691-0.

[17]TI [online]. [cit. 2017-01-19].
<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps61085.pdf>

Dostupné z:

9. Seznam tabulek

- tab. 1 Srovnání nejlepších modelů
- tab. 2 specifikace použitých akumulátorů
- tab. 3 parametry zvolené indukčnosti
- tab. 4 funkce jednotlivých bajtů pro komunikaci

10. Seznam obrázků

- obr. 1 3D Model čelovky (nepřesný)
- obr. 2 předchozí verze napájecího zdroje
- obr. 3 funkční schéma napájecího zdroje
- obr. 4 schéma zapojení BQ 2057
- obr. 5 schéma akumulátorového bloku
- obr. 6 princip funkce DC/DC měniče typu boost [15]
- obr. 7 poměrný ztrátový výkon pro ferit H21 v závislosti na mag. indukci a kmitočtu [16]
- obr. 8 parametry vybraných feritů [16]
- obr. 9 závislost parametrů měniče na kmitočtu [15]
- obr. 10 výstupní výkonové charakteristiky TPS 61085 pro řídicí frekvenci 1,2 Mhz
- obr. 11 základní katalogové zapojení kontroléru TSP61085 [17]
- obr. 12 navržené DPS v programu Kicad
- obr. 13 výběr jádra cívky v závislosti na kmitočtu [16]
- obr. 15 ukázka komunikačního protokolu
- obr. 16 komunikace s MCU přes USART
- obr. 17 Buzení N mosfetu
- obr. 18 náběžná hrana pro buzení výkonového tranzistoru (žlutě)
- obr. 19 přechodová a vybíjecí charakteristika indukčnosti (žlutá)
- obr. 20 proud na indukčnosti (žlutá)
- obr. 21 přední strana navrhovaného DPS
- obr. 22 zadní strana navrhovaného DPS
- obr. 23 zjednodušené schéma zapojení buck měniče

obr. 24 buck měnič bez diody s N mosfetem

obr. 25 přechodová charakteristika cívky

obr. 26 pracoviště pro měření

obr. 27 DPS pro měření měniče

11. Seznam grafů

graf 1 účinnost boost měniče při výstupním napětí 5V

graf 2 účinnost boost měniče při výstupním napětí 9V

graf 3 účinnost boost měniče při výstupním napětí 12V