

Spínaný napěťový měnič na bázi mikrokontroléru

Microcontroller-Based Switched Mode Voltage Converter

Jiří Hřib

Bakalářská práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Jiří Hřib
Osobní číslo: A12703
Studijní program: B3902 Inženýrská informatika
Studijní obor: Informační a řídicí technologie
Forma studia: kombinovaná

Téma práce: Spínaný napěťový měnič na bázi mikrokontroléru

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte lineární rešerši na dané téma.
 2. Provedte návrh napěťového měniče na bázi mikrokontroléru.
 3. Navrhněte prvky k nastavování výstupního napětí a jeho zobrazení.
 4. Navrhněte obvody nutné pro stabilizaci výstupního napětí v závislosti na odebíraném proudu.
 5. Uvedený návrh hardwarově realizujte.
-

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. HRBÁČEK, Jiří. Moderní učebnice programování PIC 1.díl. Vyd. 1. Praha: BEN, 2004. ISBN 80-730-0136-5.
2. HRBÁČEK, Jiří. Moderní učebnice programování PIC 2.díl. Vyd. 1. Praha: BEN, 2007. ISBN 978-80-7300-137-7.
3. MATOUŠEK, David. C pro mikrokontroléry PIC: Práce s mikrokontroléry PIC18F452 a PIC18F1220 v jazyce C. Vyd. 1. Praha: BEN, 2011, 95 s. ISBN 978-80-7300-413-2.
4. HUMLHANS, Jan. Zajímavá zapojení – inspirace konstruktérům 1. díl: Zdroje a měniče, nabíjení a baterie. 1. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2005, 199 s. Inspirace konstruktérům. ISBN 80-730-0150-0.
5. KREJČÍŘÍK, Alexandr. DC/DC měniče. 1. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2001. ISBN 80-730-0045-8.
6. HUMLHANS, Jan. Nábojové pumpy: funkce, přehled a použití. 1. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2002. ISBN 80-730-0046-6.
7. HUMLHANS, Jan. Zajímavá zapojení – inspirace konstruktérům 2. díl: Generátory, přístrojové zesilovače, testery a měřicí přístroje. 1. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2005, 151 s. Inspirace konstruktérům. ISBN 80-730-0151-9.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Martin Pospíšilík

Ústav počítačových a komunikačních systémů

Datum zadání bakalářské práce:

28. února 2014

Termín odevzdání bakalářské práce:

13. června 2014

Ve Zlíně dne 28. února 2014



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Práce se zabývá problematikou napájecích zdrojů a mikrokontrolérů. Popisuje jejich obecné vlastnosti a pro uvedené typy uvádí jejich popis a charakteristiky. Na základě těchto poznatků je práce dále zaměřena na návrh a realizaci snižujícího stejnosměrného napěťového měniče řízeného mikrokontrolérem, který má dosáhnout požadovaných parametrů. Dopočítány jsou také hodnoty dalších specifických součástí. Celkové schéma měniče je po částech zakomponováno do dokumentu tak, aby zobrazená část tematicky odpovídala dané podkapitole. Podle provedeného návrhu je měnič realizován.

Klíčová slova:

Napájecí zdroj, mikrokontrolér, měnič napětí, lineární zdroj, spínaný zdroj, regulátor napětí, schéma měniče napětí, návrh měniče napětí,

ABSTRACT

The work deals with the power supply in electrical engineering. It describes the general characteristics and for the types of lists their description and characteristics. Based on these findings, further work is focused on the design and implementation of a step down DC voltage convertor controlled by microcontroller, to reach the required parameters. Interpolated values are also other specific components. Overall scheme of the converter is integrated into the parts of the document to fit thematically displayed portion of the section. According to a draft convertor is implemented.

Keywords:

Power supply, microcontroller, voltage convertor, linear power supply, switching power supply, voltage regulator, power converter diagram, power converter circuit design

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu mé práce Ing. Martinu Pospíšilíkovi za jeho vstřícnost a čas, který mi věnoval při konzultacích, za cenné rady a připomínky, díky kterým tato práce mohla vzniknout.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 NAPÁJECÍ ZDROJE	11
1.1 ROZDĚLENÍ NAPÁJECÍCH ZDROJŮ	11
1.2 LINEÁRNÍ NAPÁJECÍ ZDROJE	13
1.2.1 Shrnutí vlastností.....	14
1.3 SPÍNANÉ NAPÁJECÍ ZDROJE.....	15
1.3.1 Shrnutí vlastností.....	17
1.4 POROVNÁNÍ KONCEPCÍ	18
2 OBVYKLÉ TOPOLOGIE SPÍNANÝCH NAPÁJECÍCH ZDROJŮ	20
2.1 BUCK.....	21
2.2 BOOST	22
2.3 BUCK-BOOST	23
2.4 FLYBACK.....	24
2.5 FORWARD.....	26
3 MIKROKONTROLÉR	28
3.1 ARCHITEKTURA MIKROPROCESORU.....	29
3.2 INSTRUKČNÍ SADA	30
3.3 MIKROKONTROLÉRY MICROCHIP	31
3.3.1 Osmibitové mikropočítače PIC	31
II PRAKTICKÁ ČÁST	35
4 NÁVRH MĚNIČE	36
4.1 ZDROJ 5V	36
4.2 ZOBRAZENÍ A NASTAVOVÁNÍ	38
4.3 MĚNIČ A ŘÍZENÍ.....	40
4.3.1 Výběr mikrokontroléru.....	40
4.3.2 Výběr spínacího tranzistoru	41
4.3.3 Volba Tlumivky a vyhlazovacího kondenzátoru	41
4.3.4 Zapojení obvodu.....	42
4.4 VÝROBA DESEK PLOŠNÝCH SPOJŮ	44
4.4.1 Navržené desky plošných spojů	45
4.5 OSAZENÍ, OŽIVOVÁNÍ A MONTÁŽ.....	46
4.6 PROGRAMOVÁNÍ.....	46
4.6.1 Hlavní program	47
4.6.2 Obsluha přerušení.....	48
ZÁVĚR	51
ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ	52
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	53
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	55

SEZNAM OBRÁZKŮ	57
SEZNAM TABULEK.....	58
SEZNAM PŘÍLOH.....	59

ÚVOD

Elektronická zařízení nás v současné době obklopují stále více a více. Všechna tato zařízení mají ve většině případů jednu společnou věc a to, že jsou řízeny či ovládány mikroprocesorem nebo mikropočítačem. Záleží na složitosti konkrétní aplikace, ve které součástku použijeme. Tyto miniaturní elektronické řídicí obvody nejsou výsadou pouze aut, automatických obráběcích strojů, robotů, inteligentních domů, notebooků, praček, televizí či mobilních telefonů, ale naprosto běžně se využívají například i v hračkách a bateriových svítilnách či inteligentních implantátech, což svědčí o několika aspektech. Především jde o pokrok ve vývoji integrovaných obvodů, který po jejich vzniku, tyto součástky rozšířil do všech oblastí života. S tím pak souvisí jejich příznivá cena, která se u méně vybavených obvodů pohybuje i v řádech jednotek korun. Tím jsou dostupné v podstatě komukoliv. Další jejich velkou doménou jsou malé rozměry - díky vysoké integraci a tak je lze využít i v nejmenších aplikacích.

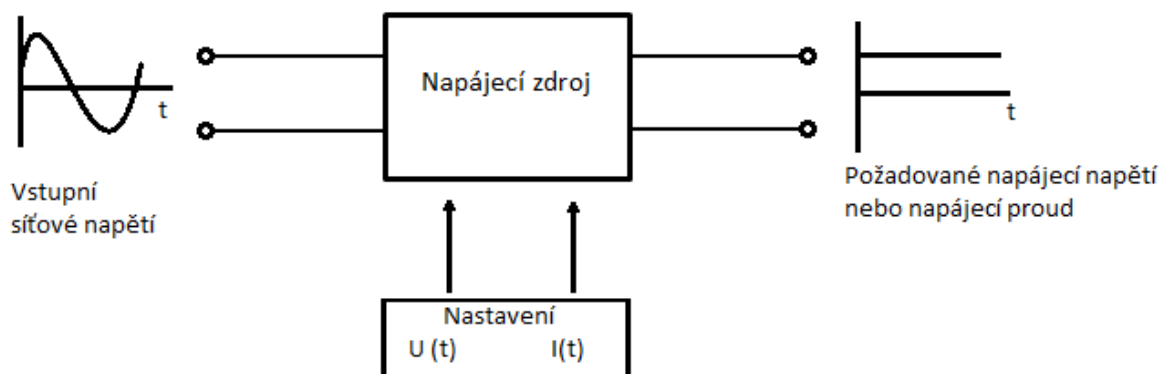
Cílem práce je seznámit se základními pojmy, které budou potřeba k zprovoznění aplikace spínaného měniče, který bude v práci navržen. Teoretická část by měla poskytnout celkový přehled na dané téma a navést nás ke všemu, co budeme potřebovat.

V praktické části bude postupováno krok po kroku a zmíněny budou další důležité pomůcky, jako například potřebný hardware a software pro návrh obvodů a programování. Dále budou popsány základní vlastnosti použitých prvků a principy zapojení.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 NAPÁJECÍ ZDROJE

Většina elektrických a elektronických zařízení potřebuje ke své činnosti elektrickou energii, k tomuto účelu slouží napájecí zdroje. Dodávají energii požadovaného napětí a velikosti elektrického proudu, jaké potřebuje dané zařízení například k nastavení pracovních bodů aktivních prvků. Dodávaná energie musí být v dané toleranci a mít požadovaný průběh. Jako zdroj energie je nejčastěji použito síťové napětí. Na Obr. 1.1 je uvedeno principiální zapojení.



Obr. 1.1 Principiální schéma napájecího zdroje

1.1 Rozdělení napájecích zdrojů

Napájecí zdroje můžeme dělit z více hledisek.

Podle konstrukce

- Lineární
- Spínané

Podle typu dodávaného výkonu

- Zdroje stejnosměrného napětí a proudů
- Zdroje střídavých napětí a proudů

Podle fyzikálního principu činnosti

- Elektrochemické (primární a sekundární suché články)
- Elektromechanické (alternátory, dynama, generátory)

- Zdroje využívající elektrickou rozvodnou síť (elektronické napájecí zdroje)
- Ostatní (solární články apod.)

Podle povahy vnitřních dějů

- Zdroje neregulované (pevně daná výstupní hodnota)
- Zdroje regulované (se spojitou či nespojitou regulací)

Podle použití

- Laboratorní zdroje (přesné, rychlé, dlouhodobě stabilní, izolované)
- Zdroje pro lékařství (izolované, spolehlivé, stabilní)
- Zdroje pro vojenskou techniku (spolehlivé za všech podmínek)
- Zdroje pro elektrotechniku a elektroniku (zdroje malých energií pro napájení elektronických zařízení)

Podle primárního zdroje elektrické energie

- Autonomní napájecí zdroje (elektrochemické zdroje, solární články)
- Zdroje využívající elektrickou energii jiného primárního zdroje

Dále mohou být děleny podle průběhů napětí na vstupu a výstupu dle Tab. 1.1:

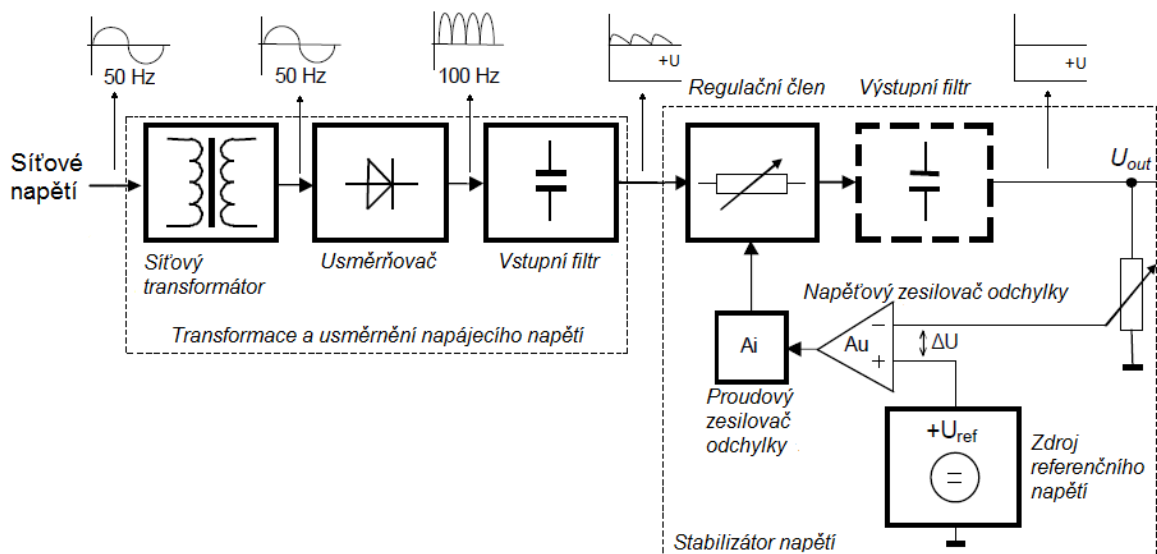
VSTUP	VÝSTUP	POPIS
střídavý	stejnospměrný	usměrňovač, měnič, lineární stabilizátor
stejnospměrný	stejnospměrný	měníč, lineární stabilizátor
střídavý	střídavý	frekvenční měnič, transformátor
stejnospměrný	střídavý	střídač

Tab. 1.1 Dělení zdrojů dle průběhu signálů [1]

1.2 Lineární napájecí zdroje

Lineární síťové zdroje mají dodnes své místo v různých aplikacích elektroniky.

Abychom mohli porovnat výhody a nevýhody lineárních zdrojů, je dobré věnovat se nejprve některým obecným otázkám spojeným s jejich řešením. Principiální blokové schéma běžného zdroje stabilizovaného napětí napájeného ze sítě a omezeným výstupním výkonem je uvedeno na Obr. 1.2.



Obr. 1.2 Blokové schéma lineárního síťového zdroje [4]

Síťový transformátor je dvojbran nebo vícebran, který nám zajišťuje přenos elektrické energie z jednoho obvodu primárního do jednoho nebo více vinutí sekundárních pomocí elektromagnetické indukce.

Zajišťuje nám 2 funkce

- Transformuje síťové napětí na vhodnou úroveň pro dané zařízení
- Galvanicky odděluje vstupní a výstupní obvody

Mezi primárním vinutím a sekundárními vinutími by měla být malá kapacita a dobrá elektromagnetická vazba, abychom docílili co nejmenší ztráty. [3, 4]

Usměrňovač slouží k usměrnění střídavého napětí pomocí vhodného zapojení polovodičových diod. Usměrněním střídavého napětí se rozumí jeho přeměna na napětí stejnosměrné. [2]

Vstupní filtr v usměrňovači je vlastně dolní propustí s kmitočtem zlomu daleko nižším, než je kmitočet sítě. Je obvykle kapacitní. Slouží k vyhlazení pulzujícího napětí z usměrňovače. Výpočet hodnoty kondenzátoru pro Graetzův můstek (dvoucestný usměrňovač) podle [2]:

$$C = \frac{300 \cdot I_{OUT}}{p \cdot U_{OUT}}, \quad (1.1)$$

kde I_{OUT} je požadovaný výstupní proud, p je požadovaná hodnota maximálního výstupního zvlnění a U_{OUT} je výstupní napětí.

Stabilizátor napětí je obvod, který je určen ke stabilizaci napětí pro zátěž, neboli k definici jejich stejnosměrné hodnoty s určitou tolerancí. Stabilizované napětí či proud musí být co nejméně závislé na vnějších veličinách (velikost zátěže a její charakter, velikost vstupního napětí, velikost vstupního proudu, teplota, rušení, stárnutí součástek). Akčním prvkem stabilizátoru je regulační člen. Tuto funkci zpravidla zastává bipolární tranzistor ve vhodném zapojení, pracující jako spojitě proměnný odpor. Zesílené napětí ovládá okamžitý odpor regulačního tranzistoru zápornou zpětnou vazbou tak, aby byl potlačen vliv vnějších podmínek (kolísání sítě, změny zatěžovacího proudu) na stabilitu výstupního napětí. Protože bipolární tranzistor potřebuje na vstupní straně určitý, mnohdy značný budící výkon, je běžnou součástí stabilizátoru proudový zesilovač odchytky. Čím větší je napěťový i proudový zisk zesilovače odchytky, tím menší zásah spojitý stabilizátor aplikuje pro stabilizaci spojitou regulací. [4]

1.2.1 Shrnutí vlastností

Dynamická a kmitočtová stabilita jsou ovlivňovány kmitočtovými vlastnostmi zpětnovazební regulační soustavy. Ke kmitočtové kompenzaci regulační smyčky se kromě kompenzace vlastního zesilovače často používá i výstupní filtr, který potlačuje i šumová napětí na výstupu. Dlouhodobá a teplotní stabilita správně navrženého zpětnovazebního regulátoru je v zásadě určena pouze stabilitou referenčního napětí. Podstatným a charakteristickým rysem klasických zpětnovazebních regulátorů je jejich spojitost. Výstupní napětí je pod neustálou kontrolou zpětnovazební smyčky. Díky tomu mohou být spojitě regulátory hodnoceny jako lineární obvody a vyznačují se zhruba dvěma výraznými přednostmi:

- velmi dobrými výstupními parametry z kvalitativního hlediska, tj. minimálním zvlněním výstupního napětí i při nespojitém, impulsním charakteru zátěže,

- neprodukují při své činnosti parazitní rušivé spektrum kmitočtu. [4]

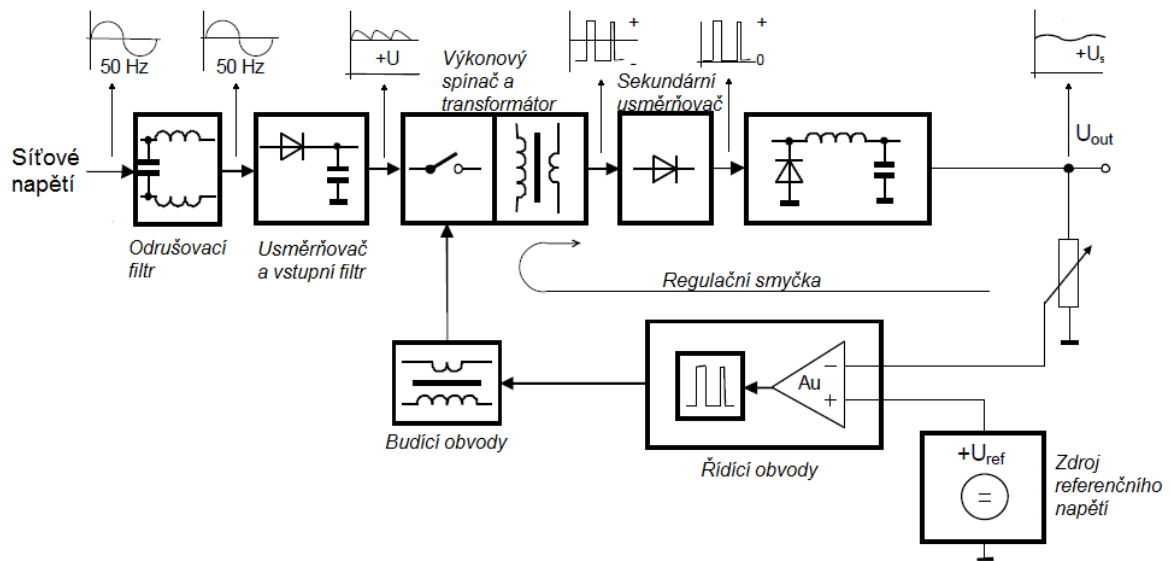
Díky tomu se preferují jako levnější varianta zdroje pro malý výkon (řádově desítky W), dále tam, kde jsou kladeny přísné požadavky na kvalitu výstupního stejnosměrného napětí a je potřebná rychlá odezva spojitého regulátoru. Hlavními nevýhodami jsou zejména hmotnost, objem a cena, která se značně navyšuje s požadovaným výkonem, a jejich malá účinnost, která se pohybuje max. okolo 50%, v praxi je však často jen 30%.

1.3 Spínané napájecí zdroje

Impulsní napájecí zdroje se v dnešní době používají prakticky ve všech odvětvích současné elektroniky i ostatního průmyslu. Jejich princip spočívá v odebrání energie po částech. Spínač, obvykle tranzistor, může pracovat na kmitočtech v rozmezí desítek kHz až jednotek MHz v závislosti na požadavcích. Poměr mezi dobou sepnutí a rozeptnutí určuje výstupní napětí. Na výstupu se vždy nachází dolní propust, kvůli nespojitému průběhu napětí.

Konstrukci těchto zdrojů v posledních letech umožnila hlavně výroba rychlých polovodičových výkonových spínacích součástek, malých vysokokapacitních kondenzátorů a feritových jader indukčností. Velký význam v oblasti napájení dosáhly zejména spínané zdroje řízené pomocí pulzně šířkové modulace. Jsou schopny zajistit stabilní výstupní napětí zdroje nezávislé na zatížení a kolísání síťového napětí, a nízkou hodnotu jeho zvlnění. [4]

Na obr. 1.3 je uvedeno základní schéma stabilizátoru s regulací na primární straně impulsního měniče. V zapojení je odstraněn transformátor klasické formy, pracuje se impulsně s vysokým kmitočtem řádově 10^4 až 10^7 , díky čemu se zmenší rozměry a hmotnost transformátoru. [4]



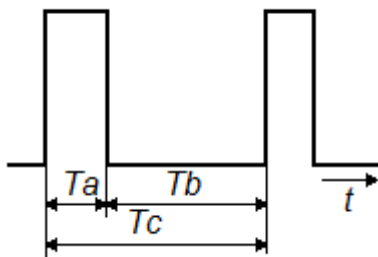
Obr. 1.3 Blokové schéma stabilizátoru s regulací na primární straně impulzního měniče [4]

Síťové napětí je přivedeno na nezbytný širokopásmový odrušovací filtr, který je standardním obvodovým prvkem zdroje. Filtr je potřebný, aby se do rozvodné sítě nedostávalo rušení způsobené výkonovým spínačem a také zvlnění a špičky způsobené nabíjením a vybíjením nelineárních prvků. Síťové napětí se poté usměrní a vyhlazuje se pomocí jednoduchého kondenzátorového filtru. Toto stejnosměrné napětí se přivádí na regulační výkonový spínací tranzistor, jehož zátěž tvoří primární vinutí transformátoru napěťového měniče. Impulsní proud procházející primárním vinutím transformátoru měniče indukuje v jeho sekundárním vinutí napětí, kde je přivedeno na sekundární usměrňovač tvořený rychlými diodami (schottky diody, popř. tranzistory MOSFET pro zvýšení účinnosti). Usměrněné napětí se vyhladí výstupním filtrem, který potlačuje i vyšší harmonické složky vznikající při spínání. Vyhlazené výstupní napětí U_{OUT} se porovnává s referenčním napětím $+U_{REF}$, odchylka vhodným způsobem ovládá šířku impulsu PWM regulátoru. [4]

Perioda PWM signálu je dána poměrem intervalů T_a – doby sepnutí a T_b – doby rozepnutí PWM řízení, jak je vidět na obr. 1.4. Celková doba periody - T_c bývá u jednotlivých obvodů konstantní.

Přibližné rozdělení ztrátového výkonu na jednotlivých součástkách měniče je naznačeno v tab. 1.2 [3].

Součástka	Ztráty (% z výkonu)
Diody	5
Spínače	2
Jádro transformátoru	2
Vinutí transformátoru	1
Vinutí tlumivky	2
Spínání	5
Řízení	1
Vstupní filtr	0,5
Výstupní filtr	0,5
Celkem	19



Obr. 1.4 Doby periody PWM

1.3.1 Shrnutí vlastností

Podstatnou předností této koncepce je, že převod impulsního transformátoru je pro v úvahu přicházející úrovně výstupního napětí sestupný. Proto kolektorový proud spínače může být mnohem menší. Což nám zajistí v praxi možnost extrémně zvětšit dosažitelné výstupní výkony a proudy. Impulsní transformátor měniče pracuje s mnohonásobně vyšším kmitočtem a díky tomu můžeme pro přenos stejné energie použít transformátor s mnohem menšími rozměry. Z technologického hlediska jsou kladeny velké nároky na realizaci impulsního transformátoru (velké průřezy vodičů v sekundárním vinutí, izolační pevnost mezi vinutími). Zdroje mají sice vyšší obvodovou složitost, ale jsou výrobci dodávány v integrované podobě, což podstatně ulehčuje návrh zdroje. Takový integrovaný obvod pak zpravidla stačí doplnit o cívku, kondenzátor či rezistor a impulsní zdroj je hotov. Zdroje

jsou díky tomu menší, mají podstatně lepší a přesnější regulaci výstupního napětí. Na trhu je mnoho obvodů od více výrobců, které se vyrábějí na nejrůznější napětí a velikosti proudů. [4, 7, 8]

Nevýhodou již z principu regulace vyplývá, že zvlnění výstupního napětí má nutně dynamický charakter. Je to především v nespojitosti regulace a setrvačného charakteru výstupního filtru. Kritická je zejména odezva výstupního napětí na velkou skokovou změnu zatěžovacího proudu z minima na maximum a opačně. Vznikající překmitý (podkmitý) jsou důsledkem:

- principu nespojitosti regulace
- nelinearity regulace v mezních oblastech ($0 < T_a/T_b < \infty$)
- časového zpoždění vyplývajícího z akumulárního charakteru filtru.

Princip impulsní regulace je tedy více vhodný pro napájení zařízení s konstantní nebo relativně pomalu se měnící zátěží.

Jedním z podstatných problémů impulsní regulace je parazitní širokopásmové rušení, které je důsledkem pracovního režimu. Značné výkonové impulsy s velkou strmostí hran, související s ekonomickým pracovním kmitočtem regulace, jsou základním důvodem vzniku intenzivního rušícího signálu, který se šíří všemi způsoby. Odrušení zdrojů spočívá většinou ve stínění všech kritických obvodů a celého zdroje jak elektrostaticky tak elektromagneticky.

Výhodami jsou vysoká energetická účinnost u ekonomicky výhodných spínacích regulátorů běžně přes 60 %. Moderní komplexně řešené varianty spínacích zdrojů mají účinnost 80 - 90 %. Moderní spínané zdroje bez větších problémů zvládají výkony stovek W, při výstupních proudech řádů desítek až stovek A. Modifikovatelnost základních variant impulsních měničů i řídicích obvodů umožňuje realizovat i dosti neobvyklé funkce. Příkladem může být zvýšení hladiny nebo inverze polarity výstupního napětí vůči vstupnímu nebo současná stabilizace několika výstupních hladin jedním regulátorem. [4]

1.4 Porovnání koncepcí

Hlavní rozdíl mezi spínaným a lineárním zdrojem je ve způsobu používání výkonového regulačního členu. Ve spínaných zdrojích je výkonový člen zatěžován impulsně, je střídavě sepnut a rozepnut. Kdežto u lineárního zdroje je zatěžován po celou dobu, i když třeba jen částečně. Využívají se výhody impulsního režimu daného prvku. V impulsním režimu

může být odebíraný impulsní výkon podstatně větší, než jaký je možné odebírat v lineárním režimu s použitím stejného výkonového prvku. [4]

Výhody spínaných zdrojů:

- mají vyšší účinnost
- jsou výhodnější tam, kde je velký rozdíl mezi vstupním a výstupním napětím
- menší rozměry
- i přes větší obvodovou složitost jsou ekonomicky výhodnější

Nevýhody spínaných zdrojů:

- pomalejší reakce výstupního napětí na rychlé změny zatěžovacího proudu
- impulsní charakter zátěže má nepříznivý vliv na zvlnění výstupního napětí
- vytváří vysokofrekvenční rušivé signály, které generují spínací prvky [4, 6]

Porovnání základních vlastností lineárních a spínaných stabilizovaných zdrojů je uvedeno v Tab. 1.2.

Parametr	Jednotka	Lineární zdroj	Spínaný zdroj
Účinnost	[%]	30 – 55	70 - 90
Poměr výkon/váha	[W/kg]	20	100
Poměr výkon/objem	[W/cm ³]	0,05	0,2
Rozsah napětí	[V]	10 – 100	1 - 1000
Rozsah proudů	[A]	tisíciny až jednotky	jednotky až tisíce
Zvlnění výstupního napětí	[mV]	500 - 2000	25 - 100
Šumové napětí	[mV]	50	200
Přesnost nastavení napětí	[%]	0,02 - 0,05	0,05 - 0,1
Přesnost regulace výkonů	[%]	0,02 - 0,1	0,1 - 1
Rozsah vstupního napětí	[%]	±10	±30
Kmitočet usměrňovače napětí	[Hz]	50	50 - 10 ⁴ (10 ⁵) při úpravě účinníku
Odezva na skokovou změnu zátěže	[ms]	0,02	1
Doba náběhu	[ms]	2	20
Cena		Prudce stoupá s výkonem	Mírně stoupá s výkonem

Tab. 1.2 Porovnání parametrů lineárních a pulzních zdrojů [2, 3]

2 OBVYKLÉ TOPOLOGIE SPÍNANÝCH NAPÁJECÍCH ZDROJŮ

Celkový přehled a rozdělení spínaných zdrojů do jednotlivých skupin podle principu zapojení a funkce je uveden v příloze 1. Spínané impulsní zdroje lze rozdělit podle topologií například takto:

- Bez galvanického oddělení
 - Snižovač - Buck
 - Zvyšovač - Boost
 - Invertor - Buck-Boost
- S galvanickým oddělením
 - Blokující - Flyback
 - Propustný - Forward

Ne vždy je nutné měnič galvanicky oddělovat od vstupního napětí. Při bateriovém napájení je to dokonce i nevyhovující. Proto jsou i zdroje bez vstupního transformátoru. Topologie se většinou nazývají stejně, ale různí autoři kategorie rozdělují nebo slučují, protože rozdělení není úplně jednoznačné a některé topologie se dost podobají. Výběr topologie zdroje samozřejmě záleží na požadovaných parametrech hotového zdroje. Co se týče parametrů, liší se hlavně ve výkonu a složitosti, v tab. 2.1 jsou porovnány přibližné parametry jednotlivých zapojení. [4]

Zapojení	Výkon [W]	Rozsah vstupního napětí [V]	Oddělení vstup/výstup	Účinnost [%]	Relativní náklady
Buck	0 - 1000	5 - 1000	Ne	75	1
Boost	0 - 150	5 - 600	Ne	78	1
Buck-Boost	0 - 150	5 - 600	Ne	78	1
Flyback	0 - 150	5 - 600	Ano	78	1,2
Half-Forward	0 - 250	5 - 500	Ano	75	1,4
Push-Pull	100 - 1000	50 - 1000	Ano	72	2
Half-Bridge	100 - 500	50 - 1000	Ano	72	2,2
Full-Bridge	400 - 2000+	50 - 1000	Ano	69	2,5

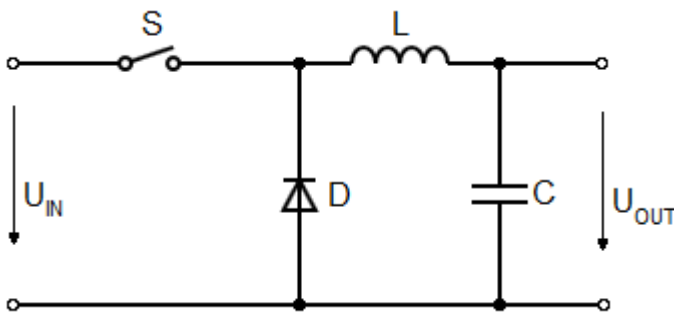
Tab. 2.1 Porovnání vlastností topologií zapojení [4]

2.1 Buck

Step-down nebo snižující měnič. Výstupní napětí je regulováno na nižší napěťovou hladinu než je napětí vstupní. Schéma je na obrázku 2.1. Tranzistor pracuje jako spínač, který je spínán a rozspínán pomocí pulzně šířkové modulace. Při sepnutém tranzistoru je napětí na diodě rovno vstupnímu napětí. Když tranzistor rozepneme, cívka L se dále snaží udržet směr a velikost proudu, mezitím napětí na diodě klesne na nulu. Napětí na diodě zůstává nulové, dokud se tranzistor opět nesezne. Výstupní napětí je průměrná hodnota napětí na diodě. Proto platí:

$$U_{OUT} = (T_a/T) \cdot U_{IN} \quad (2.1)$$

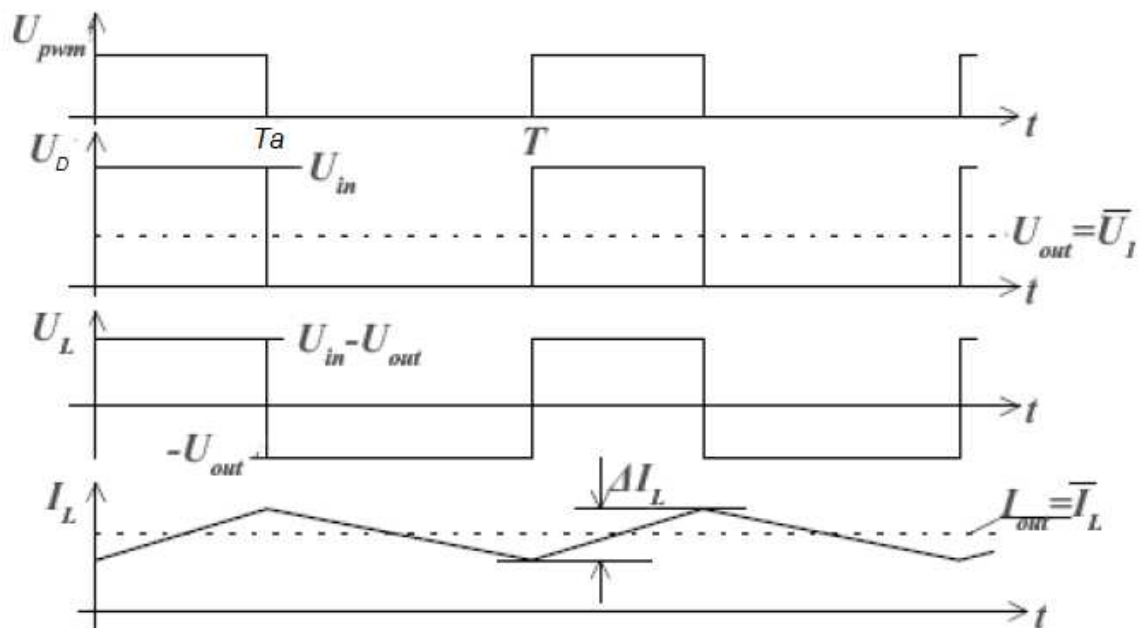
Výstupní napětí není závislé na zátěži ale na vstupním napětí a střídě spínacího signálu. Řízení měniče je ve většině případů provedeno pomocí PWM a dosahuje se velmi vysoké účinnosti. Průběhy napětí a proudů jsou naznačeny na obrázku 2.2. [3, 8]



Obr. 2.1 Schéma zapojení snižujícího měniče

Pro $U_{OUT} = (T_a/T) \cdot U_{IN}$ a spínací frekvenci f tedy platí:

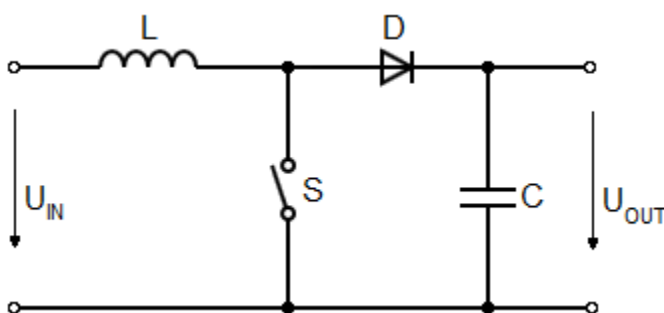
$$\Delta I_L = \frac{1}{L} (U_{IN} - U_{OUT}) \frac{U_{OUT}}{U_{IN}} \frac{1}{f} \quad (2.2)$$



Obr. 2.2 Průběhy napětí a proudů snižujícího měniče [4]

2.2 Boost

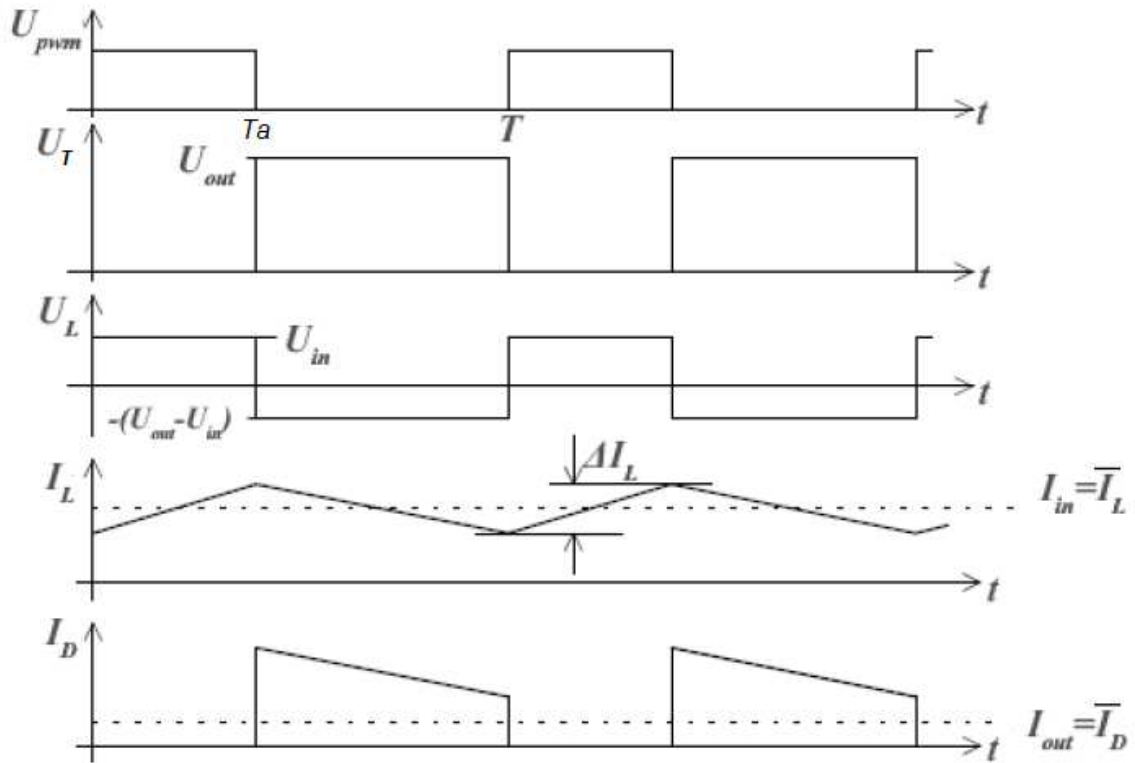
Step-up nebo také vyšující měnič. V tomto případě se jedná o zapojení, kde na výstupním obvodu dostáváme napětí vyšší, než je napájecí napětí měniče. Schéma zapojení je uvedeno na obr. 2.3. V době sepnutí tranzistoru T_a se akumuluje energie v indukčnosti a proud zátěže je hrazen z náboje kondenzátoru ve výstupním filtru. Základní obvod je rozdělen na dva nezávislé dílčí obvody. Dioda odděluje v tomto časovém intervalu obvod vstupu a výstupu, protože je uzavřena. V okamžiku rozeznutí spínače T_b se napětí na indukčnosti otočí, proud má snahu procházet dále v původním směru a dioda se otevře, protože napětí na její anodě bude v podstatě napětí vstupního zdroje zvětšené o napětí na indukčnosti. Zapojení se používají například u bateriově napájených přístrojů. Průběhy napětí a proudů jsou vyobrazeny na obrázku 2.4. [3, 8]



Obr. 2.3 Schéma zapojení zvyšujícího měniče

Pro U_{OUT} platí:

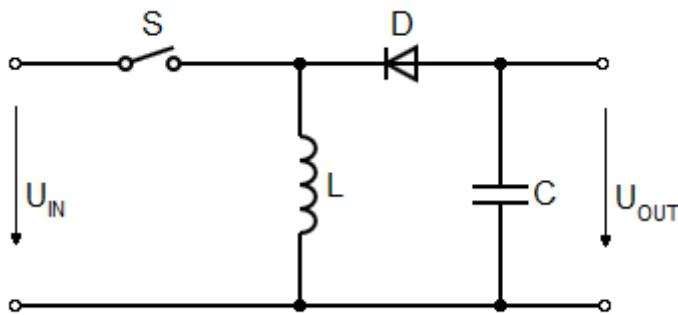
$$U_{OUT} = U_{IN} \frac{T}{T-T_a} \quad (2.3)$$



Obr. 2.4 Průběhy napětí a proudů zvyšujícího měniče [4]

2.3 Buck-Boost

Buck-Boost regulátor případně invertující měnič. Invertující zapojení převádí kladné vstupní napětí na záporné výstupní. Na obrázku 2.5 se je zobrazeno schéma zapojení. Spínač je opět ovládán pulzně šířkovou modulací. Během fáze, kdy je spínač sepnut, proud cívkou roste lineárně. Při rozepnutí spínače má proud cívkou snahu pokračovat ve směru a nabíjí kondenzátor. Průběhy napětí a proudů jsou znázorněny na obrázku 2.6. [3, 8]



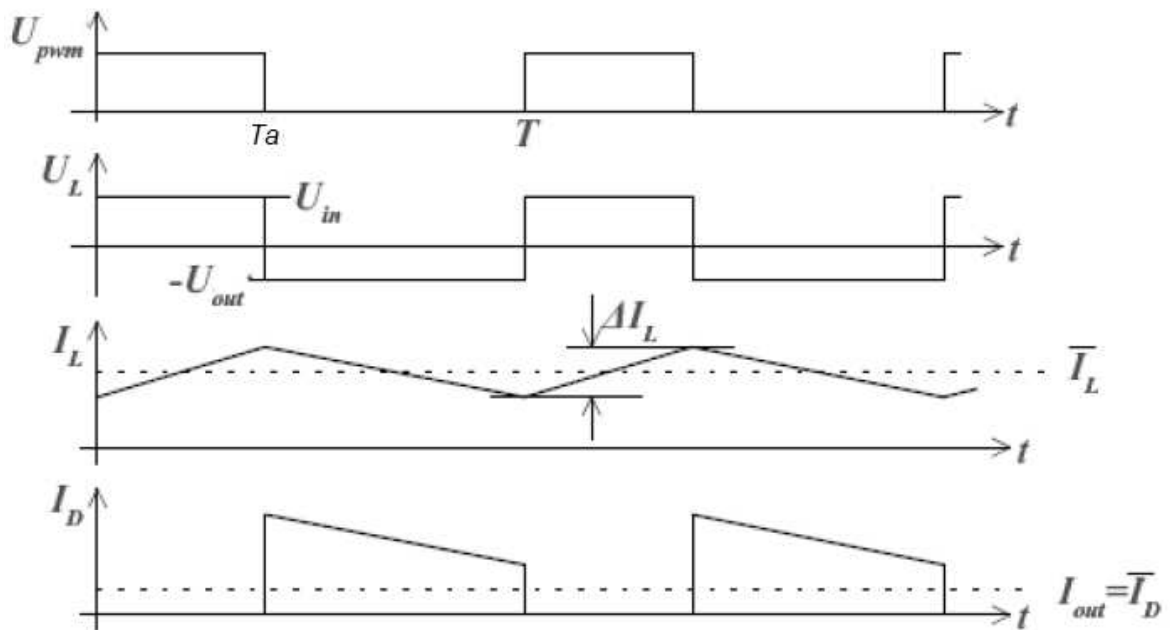
Obr. 2.5 Schéma zapojení invertujícího měniče

Pro ustálený stav výstupního napětí platí:

$$U_{OUT} = U_{IN} \frac{Ta}{T-Ta} \quad (2.4)$$

Pro proud cívkou I_L :

$$I_L = \frac{1}{L} U_{IN} T a = \frac{1}{L} \frac{U_{IN} U_{OUT}}{U_{IN} + U_{OUT}} \frac{1}{f} \quad (2.5)$$



Obr. 2.6 Průběhy napětí a proudů invertujícího měniče [4]

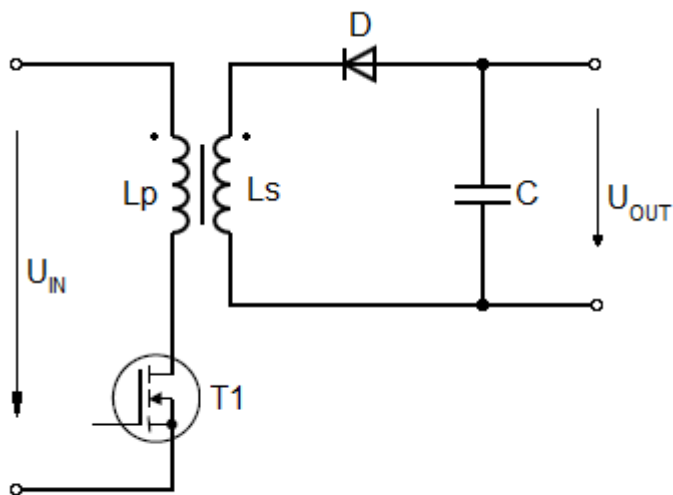
2.4 Flyback

Neboli akumulací měnič. Základní schéma zapojení je uvedeno na obrázku 2.7. Tranzistor je použit jako spínač, který se spíná a rozpíná pomocí PWM. Když je tranzistor sepnut, je napětí na primárním vinutí transformátoru rovno vstupnímu napětí. Proud v primárním vinutí roste lineárně. Během této fáze se ukládá energie v jádře

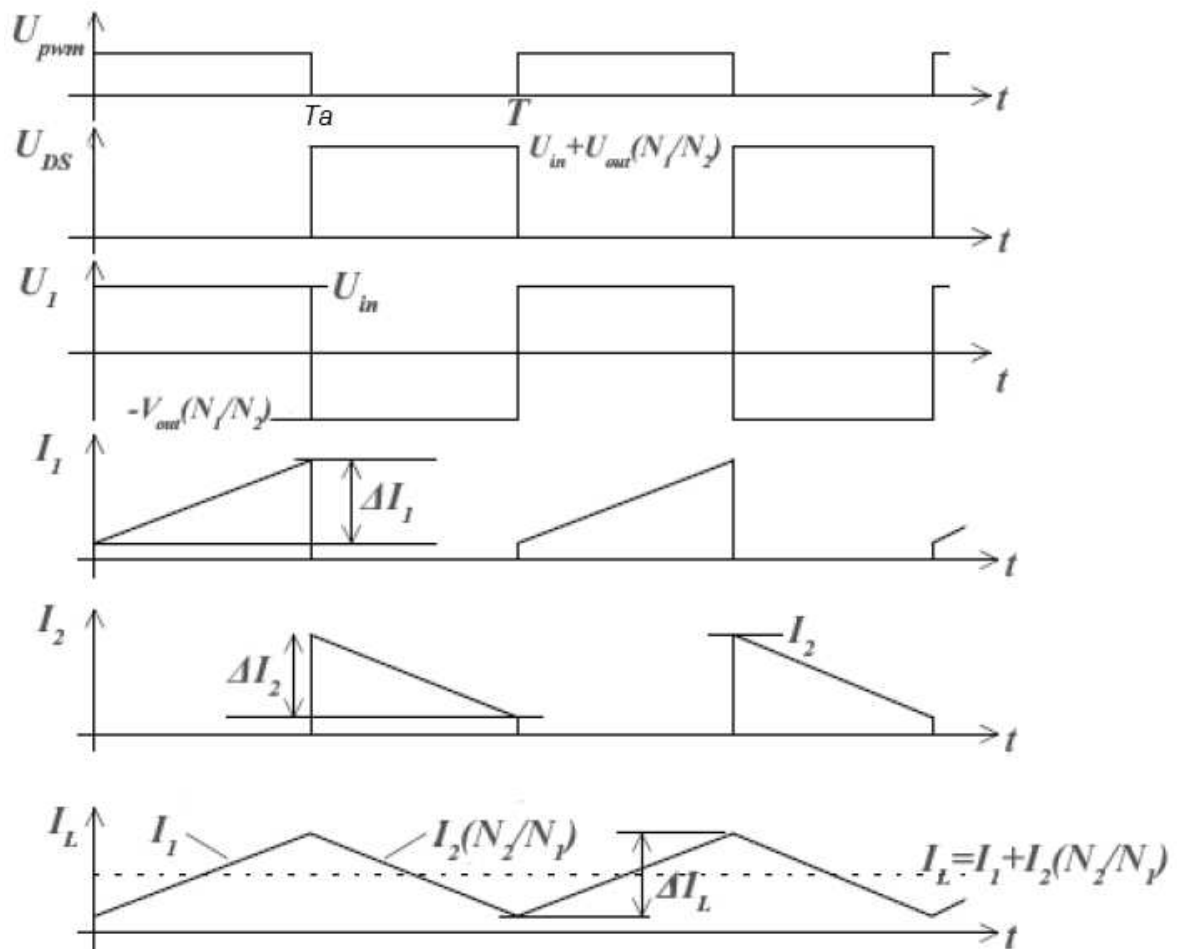
transformátoru. Proud sekundárním vinutím je nulový, protože dioda je v závěrném směru. Pokud je tranzistor rozepnut, je proud primárním vinutím přerušen a napětí se invertuje podle Faradayova zákona ($u = L \frac{di}{dt}$). Dioda je v propustném směru a energie se z jádra transformátoru přesouvá přes diodu na výstupní kondenzátor. Během doby, kdy je spínací tranzistor sepnut, je napětí mezi kolektorem a emitorem rovno nule. Při rozepnutém tranzistoru je výstupní napětí transformováno zpět na primární vinutí a napětí kolektor-emitor se zvyšuje podle vztahu:

$$U_{DS} = U_{in} + U_{out} \cdot (N_1/N_2) \quad (2.6)$$

Průběhy napětí a proudů jsou vidět na obrázku 2.8. [3, 8]



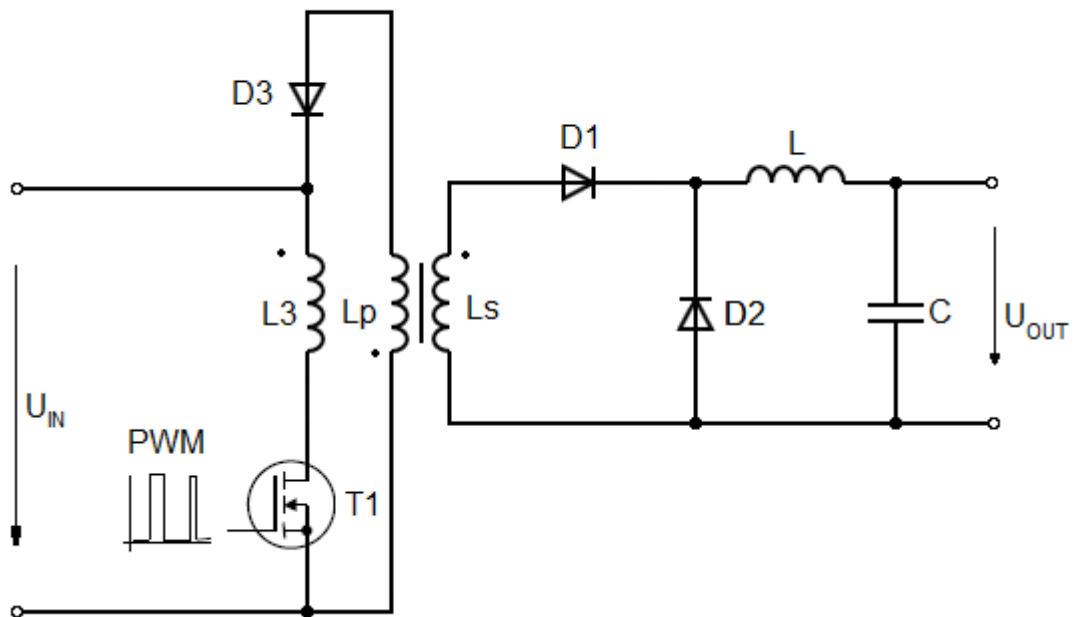
Obr. 2.7 Schéma zapojení akumulárního měniče



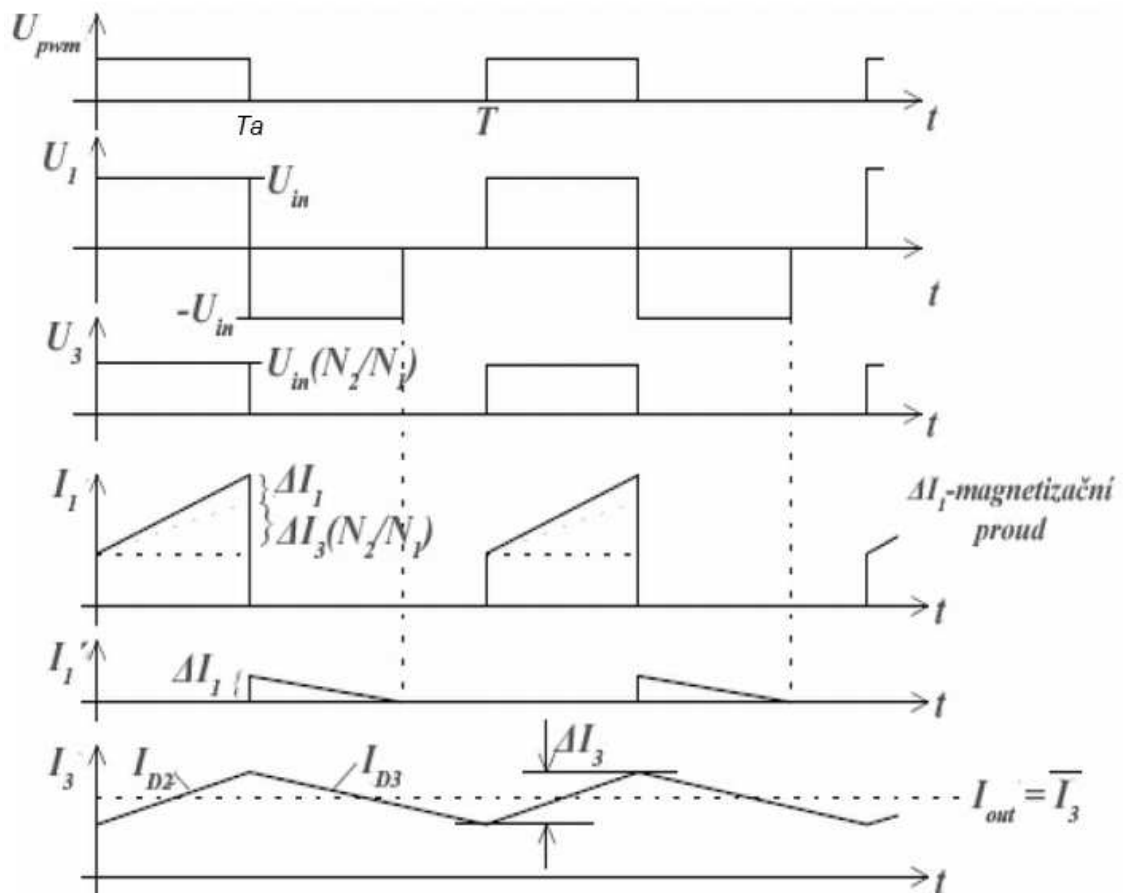
Obr. 2.8 Průběhy napětí a proudů akumulčního měniče [4]

2.5 Forward

Zapojení propustného měniče je uvedeno na obrázku 2.9. Při sepnutém tranzistoru, době T_a , se vstupní výkon transformátoru předává na výstup a současně se energie akumuluje v magnetickém poli tlumivky. Po dobu T_b , tedy rozepnutí tranzistoru, je tlumivka od transformátoru oddělena a na výstup se dodává jen energie nashromážděná v magnetickém poli tlumivky. Výhodou propustného zapojení měniče je jeho vysoká účinnost. Používá se u pulzních zdrojů se středním rozsahem výstupních výkonů max. do 250W a je vhodné pro vyšší výstupní proudy. Průběhy napětí a proudů jsou zobrazeny na obrázku 2.10. [3, 8]



Obr. 2.9 Schéma zapojení Propustného měniče



Obr. 2.10 Průběhy napětí a proudů propustného měniče [4]

3 MIKROKONTROLÉR

Slovy mikrokontrolér (angl. microcontroller, zkráceně μC , uC nebo MCU), mikropočítač nebo jednočipový počítač je programovatelná elektronická součástka, většinou vyvedená v podobě monolitického integrovaného obvodu. Pojem mikrokontrolér nelze zaměňovat s mikroprocesorem.

Mikroprocesor, označován jako CPU (Central Processing Unit) nebo také jádro, je složitý logický obvod, který vykonává sled aritmetických a logických operací na základě instrukcí, které jsou obsaženy v programu. Mikroprocesor se skládá z jednotek:

- aritmeticko-logická jednotka (ALU)
- řadič (Control Unit)
- registry.

Jenže takovýto obvod by nebyl schopen sám pracovat bez dalších důležitých jednotek. Pokroky v technologii integrovaných obvodů (dále IO) nám však umožnily zmenšení rozměrů a zvýšení koncentrace obvodů na jednotku prostoru a tím integrování mnoha funkcí do jednoho IO. Mikrokontrolér je tedy obvod o vysoké integraci, který dokáže, na rozdíl od CPU, samostatně pracovat a obsahuje i množství dalších rozšiřujících obvodů na jednom čipu. Skládá se z jednotek:

- mikroprocesor (CPU)
- paměť dat
- paměť programu
- vstupně výstupní obvody
- obvody čítačů/časovačů
- řadič přerušení
- analogově-digitální nebo digitálně-analogové převodník
- komparátory

Dále může obsahovat například PWM nebo rozhraní pro komunikaci jako USB, LAN apod.

Proto jsou vhodné pro použití v řízeních a jsou navrženy a určeny pro tzv. vestavné (angl. embedded) aplikace, kde je mikrokontrolér buď řídicí jednotkou („mozkem“) nějakého přístroje nebo je součástí nějakého dalšího zařízení, kde plní určitou specifickou funkci (na rozdíl od běžných počítačů, které jsou určeny k univerzálnímu použití). Jsou navrženy jako

samostatné jednotky schopné komunikace a interakce s okolím. Obvykle disponují také různými úspornými režimy, umožňujícími řídit kmitočet oscilátoru nebo vypínat jednotlivé moduly. Některé typy mikrokontrolérů mohou být dále speciálně navrženy, aby splňovaly určité specifické požadavky jako důraz na malou spotřebu u přístrojů napájených z baterií nebo rozsah pracovních teplot (např. -40 až 150°C) u mikrokontrolérů určených k řízení motorů automobilů apod. Mikrokontroléry můžeme najít v přenosných lékařských přístrojích nebo implantátech, dálkových ovládacích, kancelářských přístrojích, měřicích přístrojích, hračkách, mp3 přehrávačích, mobilních telefonech a v celé řadě dalších přístrojů a zařízení. Výhodou použití mikrokontroléru je, že dokáže nahradit velké množství logických obvodů a diskrétních součástek, dříve potřebných pro realizaci zapojení, a díky různým periferiím, které jsou již v mikrokontroléru integrovány, dokáže nahradit i další integrované obvody. Tím je možné snížit náklady na výrobu a zvýšit komfort například implementováním dalších funkcí nebo uživatelsky přívětivější rozhraní jen díky změně programu. [13]

3.1 Architektura mikroprocesoru

Rozeznáváme dvě základní architektury, Von Neumannovu a Harwardskou, které se liší rozdělením paměťového prostoru. To má v určitých aplikacích své výhody i nevýhody.

Von Neumannova koncepce byla navržena ve 40. letech 20. století. Typickým znakem této architektury je společná paměť pro program i data. Podle této koncepce se mikroprocesor skládá z aritmeticko-logické jednotky, řadiče a operační paměti, která slouží jak k uchování zpracovávaného programu, tak ke zpracování dat a výsledků výpočtů. Z toho plyne, že programy resp. data lze libovolně měnit a modifikovat a měnit funkce počítače. Výhoda tohoto uspořádání je v tom, že nepotřebujeme rozlišovat instrukce pro přístup k paměti dat a paměti programu, což vede k zjednodušení čipu. Další výhodou je potřeba pouze jedné datové sběrnice, po které se oba typy dat přenáší. Nevýhodou je, že díky přenosu většího objemu dat, je přenos pomalejší než při použití dvou sběrnic. [9, 10]

Harvardská koncepce se začala objevovat v 60. letech 20. století a je specifická tím, že paměťový prostor dělí zvlášť na paměť dat a paměť programu. Z hlediska rychlosti vykonávané instrukce je to výhodnější, protože lze v jeden okamžik zároveň číst instrukce i potřebná data. Hlavní výhodou je možnost jiné šířky programové a datové sběrnice. Této možnosti se hojně využívá, takže můžeme najít osmibitové mikrokontroléry s

programovou sběrnici širokou 12, 14 i 16 bitů. Hlavní nevýhoda této architektury je ve větší technologické náročnosti dané nutností vytvořit dvě sběrnice. [9, 10]

U moderních architektur se rozdíl často ztrácí, ačkoliv uživatel se jeví navenek adresový prostor jako lineární - Von Neumannovský, zatímco fyzicky jsou paměti k jádru připojeny pomocí několika nezávislých sběrnic - Harvardsky (např. jedna sběrnice pro FLASH/ROM (paměť programu), druhá pro uživatelskou vnitřní RAM a zásobník, třetí pro připojení integrovaných paměťově mapovaných periférií, další pro připojení externí RAM).

3.2 Instrukční sada

Známe tři základní druhy sad instrukčních souborů mikroprocesorů a to CISC (Complex Instruction Set Computer), RISC (Reduced Instruction Set Computer) a DSP (Digital signal processing).

CISC označuje procesor s komplexním instrukčním souborem. Procesor podporuje mnoho formátů a druhů instrukcí. Na jednu stranu to znamená úsporu místa v programové paměti (vyšší hustotu kódu), na druhé straně to však znamená komplikovanější dekodér instrukcí ve vlastním mikrokontroléru a pomalejší zpracování instrukcí. Rozsáhlá sada instrukcí však nebyla příliš používána a díky tomu se již procesory s tímto instrukčním souborem nahrazují RISC procesory. [11, 13]

RISC označuje procesor s redukováním instrukčním souborem. Základní myšlenkou bylo redukce počtu instrukcí, což vede ke zjednodušení instrukčního dekodéru. Hlavní výhodou tohoto přístupu je rychlost a jednoduchost, na stejné ploše čipu může být místo 16bitového procesoru CISC 32bitový procesor RISC. Nevýhodou je, že pro složitější instrukce je potřeba využít posloupnost více instrukcí a to vede ke snížení hustoty zapsaného kódu. [11, 13]

DSP označuje procesory zaměřené na digitální zpracování signálů. Hlavním úkolem je průběžné zpracování signálů procházejících procesorem. K vytvoření DSP vedl hlavně fakt, že klasické analogové obvody pro zpracování signálů bývají náročné z hlediska návrhu, nastavení, provedení a navíc po vyrobení je nelze téměř modifikovat. Instrukce jsou zaměřeny na aritmetické operace. Dělíme je podle počítání v celočíselné aritmetice, v aritmetice s pevnou řádovou čárkou, v aritmetice s plovoucí řádovou čárkou. [12]

3.3 Mikrokontroléry Microchip

Americká společnost Microchip (Microchip Technology), založená v roce 1989, se zabývá výrobou polovodičových součástek a je celosvětově známá zejména díky svým mikrokontrolérům (PIC) a signálovým procesorům (dsPIC). V jejím sortimentu však rovněž nalezneme množství specializovaných analogových integrovaných obvodů, sériové paměti EEPROM, obvody pro radiovou komunikaci nebo šifrovací zařízení KEELOG.

Společnost Microchip nabízí širokou škálu osmibitových, šestnáctibitových a dvaatřicetibitových mikrokontrolérů, které se liší architekturou jádra, instrukční sadou, velikostí programové a datové paměti, velikostí přídatné paměti EEPROM, počtem vývodů a typem pouzdra, maximální taktovací frekvencí, počtem a typem integrovaných periférií (časovače, analogově-digitální převodníky, komunikační rozhraní CAN, Ethernet, PWM moduly, komparátory, operační zesilovače, WDT, USB, řadiče LCD a další), rozsahy napájecích napětí a mimo jiné samozřejmě také cenou. [14]

3.3.1 Osmibitové mikropočítače PIC

Osmibitové mikrokontroléry PIC se nabízí v mnoha variantách lišících se velikostí pamětí, počtem vývodů, typem pouzdra, maximální taktovací frekvencí a integrovanými perifériemi. V nabídce naleznete několik set mikrokontrolérů se 6 až 100 vývody a až 128 KB programové paměti FLASH a nabízí širokou škálu nejrůznějších periférií, takže si můžeme snadno vybrat ten, který se pro konkrétní aplikaci hodí nejlépe. [14]

Hlavní výhody 8bitových mikrokontrolérů PIC:

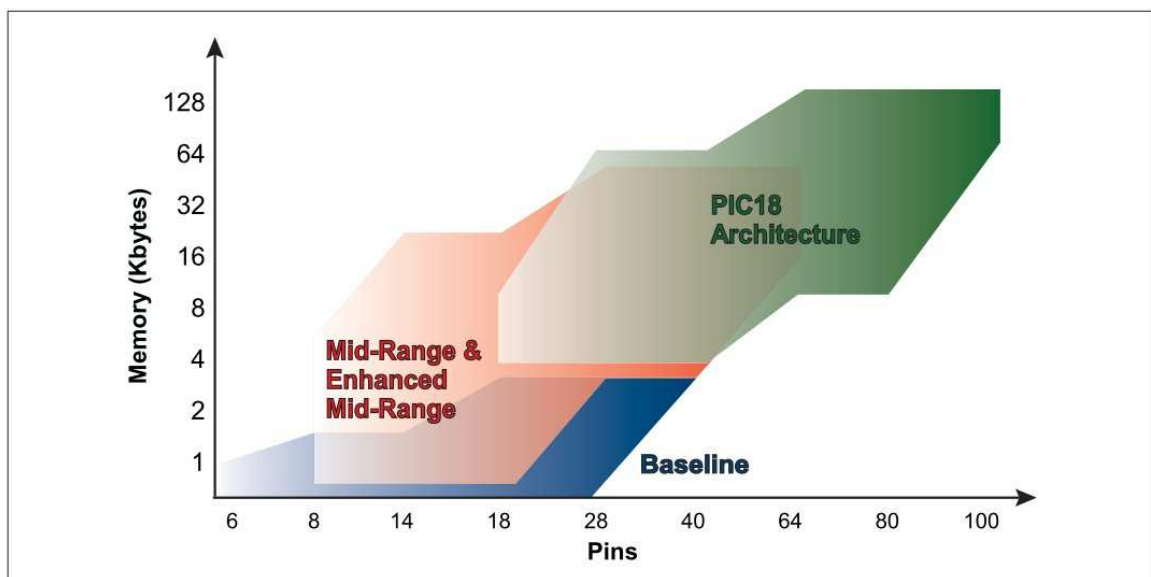
- nízká spotřeba
 - proud v aktivním režimu od 50 $\mu\text{A}/\text{MHz}$
 - proud v režimu spánku od 9 nA
- velká škála integrovaných periférií umožňují snadnou realizaci nejrůznějších zapojení s minimem externích součástek.
- vysoký výkon díky architektuře jádra vycházející z Harvardské architektury a použitím instrukční sady RISC
- cena mikrokontrolérů se pohybuje řádově v desítkách až stovkách korun.
- jednoduchá instrukční sada, společné základní rysy a široká nabídka typů umožňují snadný přechod mezi různými typy

- většina mikrokontrolérů je nabízena ve verzi s pamětí FLASH (označováno písmenem F, např. PIC18Fxxx), to umožňuje snadné přeprogramování se statisíci programovacích cyklů a díky rozhraní ICSP (In-Circuit Serial Programming) je možné programovat bez nutnosti jeho vyjmutí z desky plošných spojů
- společnost Microchip nabízí zdarma ke stažení vývojové prostředí MPLAB i zapojení programátoru/debuggeru PICKIT2, na trhu je dostatečné množství cenově dostupných programátorů i vývojových desek

Osmibitové mikrokontroléry PIC se nabízí ve čtyřech verzích architektury jádra:

- Baseline
- Mid-Range
- Enhanced Mid-Range
- PIC18 (dříve také nazývaná high-end)

Rozdělení je vidět na obrázku 3.1. Dále rozdělujeme mikrokontroléry ještě na čtyři řady PIC10, PIC12, PIC16 a PIC18 a to podle použité architektury a dalších parametrů, celkové porovnání vlastností najdeme i v tabulce 3.1. [12]



Obr. 3.1 Porovnání architektur osmibitových mikrokontrolérů PIC [12]

	Baseline Architecture	Mid-Range Architecture	Enhanced Mid-Range Architecture	PIC18 Architecture
Pin Count	6-40	8-64	8-64	18-100
Interrupts	No	Single interrupt capability	Single interrupt capability with hardware context save	Multiple interrupt capability with hardware context save
Performance	5 MIPS	5 MIPS	8 MIPS	Up to 16 MIPS
Instructions	33, 12-bit	35, 14-bit	49, 14-bit	83, 16-bit
Program Memory	Up to 3 KB	Up to 14 KB	Up to 28 KB	Up to 128 KB
Data Memory	Up to 134B	Up to 368B	Up to 1.5 KB	Up to 4 KB
Hardware Stack	2 level	8 level	16 level	32 level
Features	<ul style="list-style-type: none"> • Comparator • 8-bit ADC • Data Memory • Internal Oscillator 	In addition to Baseline: <ul style="list-style-type: none"> • SPI/I²C™ • UART • PWMs • LCD • 10-bit ADC • Op Amp 	In addition to Mid-Range: <ul style="list-style-type: none"> • Multiple Communication Peripherals • Linear Programming Space • PWMs with Independent Time Base 	In addition to Enhanced Mid-Range: <ul style="list-style-type: none"> • 8x8 Hardware Multiplier • CAN • CTMU • USB • Ethernet • 12-bit ADC
Highlights	Lowest cost in the smallest form factor	Optimal cost to performance ratio	Cost effective with more performance and memory	High performance, optimized for C programming, advanced peripherals
Total Number of Devices	16	58	29	193
Families	PIC10, PIC12, PIC16	PIC12, PIC16	PIC12F1XXX, PIC16F1XXX	PIC18

Tab. 3.1 Porovnání vlastností architektur mikrokontrolérů Microchip [12]

Baseline je základní architektura osmibitových mikročítačů PIC s dvanáctibitovou délkou instrukčního slova. Z této architektury vychází řady PIC10 a některé PIC12 a PIC16. Mikrokontroléry PIC řady baseline disponují 33 instrukcemi, mají pouze dvouúrovňový hardwarový zásobník, nejsou vybaveny přerušením a jsou k dispozici v pouzdrech se šesti až čtyřiceti vývody. Maximální rychlost je 5 MIPS. [12, 20]

Mid-Range je architekturou s čtrnáctibitovou délkou instrukčního slova disponují 35 instrukcemi a jsou vybaveny osmiúrovňovým hardwarovým zásobníkem. Tato architektura zahrnuje většinu mikrokontrolérů PIC12 a PIC16. Nabízí v pouzdrech s 8 až 64 vývody, jsou vybaveny přerušením, maximální rychlost je 5 MIPS. [12, 20]

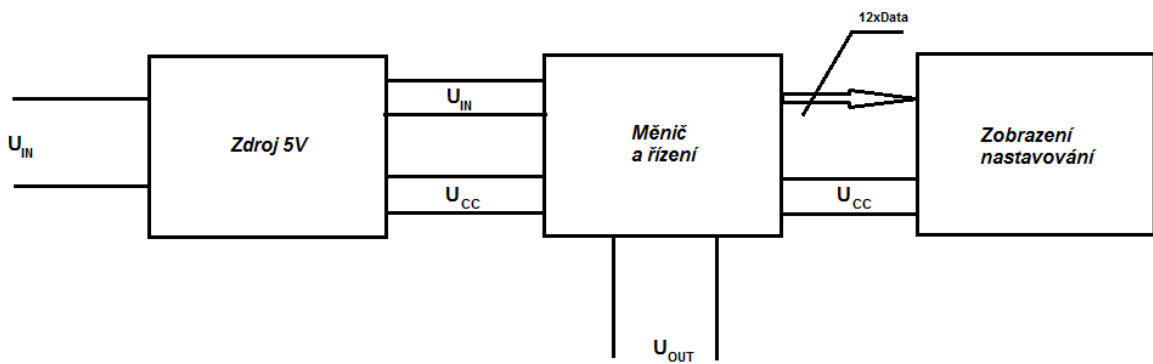
Enhanced Mid-Range je architektura osmibitových mikrokontrolérů vycházející z řady mid-range a nabízí vyšší výkon a lepší optimalizaci pro programování s využitím překladače jazyka C. Jedná se o mikrokontroléry řad PIC12F1xxx a PIC16F1xxx, nabízí se v pouzdrech s 8 až 64 vývody, jejich maximální rychlost je 8 MIPS a v nabídce nalezneme mikrokontroléry s programovou pamětí o velikosti až 28 KB a datovou pamětí RAM o velikosti až 1,5 KB. Všechny mikrokontroléry jsou vybaveny interním oscilátorem a většina mikrokontrolérů disponuje technologií nanoWatt XLP. [12, 20]

Mikrokontroléry s architekturou PIC18 se šestnáctibitovou délkou instrukčního slova disponují více než 80 instrukcemi a jsou vybaveny 32úrovňovým zásobníkem. Tuto nejvýkonnější architekturu zastupuje pouze řada mikrokontrolérů PIC18. Disponují mnoha pokročilejšími funkcemi, např. osmibitovou hardwarovou násobičkou, velkým množstvím vnitřních i vnějších zdrojů přerušení s nastavením priority apod. Mikrokontroléry PIC této řady se nabízí v pouzdrech s 18 až 100 vývody, jejich maximální rychlost je 16 MIPS, programová paměť o velikosti až 128 KB a datová paměť RAM o velikosti až 4 KB. [12, 20]

I. PRAKTICKÁ ČÁST

4 NÁVRH MĚNIČE

Měnič se skládá ze tří částí. Zdroje napájecí napětí 5V pro logické obvody, obvodem pro zobrazení a nastavení aktuální hodnoty výstupního napětí a řídicím obvodem, součástí kterého bude i samotný snižující měnič a mikrokontrolér PIC. Schéma vzájemného propojení bloků je vidět na obrázku 4.1. Vstupní napětí 24V je přivedeno na zdroj 5V, obě tato napětí jsou pak přivedena na blok měniče a řízení, kde je i výsledné výstupní napětí. Na blok zobrazení a nastavování je pak přivedeno napájecí napětí U_{CC} , dále pak 8 vodičů pro každý segment 7segmentového displeje, 2 vodiče pro buzení jednotlivých digitů displeje a 2 vodiče signalizující stisk tlačítek.



Obr. 4.1 Blokové schéma navrženého měniče

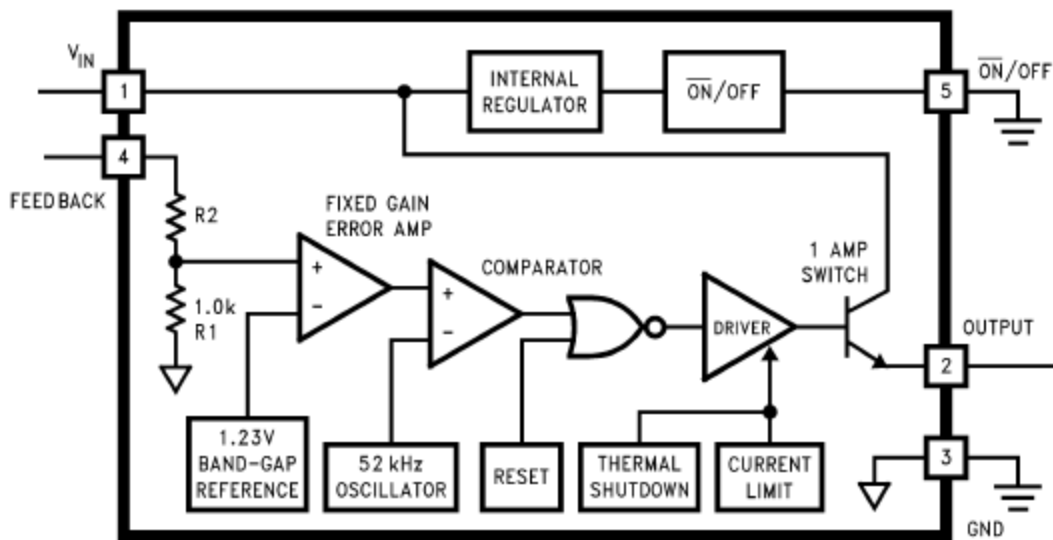
K vytváření schémat zapojení a následné rozvržení součástek a návrhy desek plošných spojů je použit program EALGE od společnosti CadSoft. EAGLE Lite je freeware edice pro nevýdělečnou činnost, která je proti zpoplatněné verzi omezená jen ve velikosti desky plošného spoje 100mm x 80mm a také v omezení použití jen 2 signálových cest. Takže absolutně postačuje našim nárokům na tvorbu požadovaných zdrojů. [14]

Při rozmísťování součástek na DPS a při jejich propojování se držíme určitých pravidel. Snažíme se nevytvářet zemní smyčky, dbáme na tloušťku čar podle zatížení proudem a snažíme se součástky zemnit v jednom bodě.

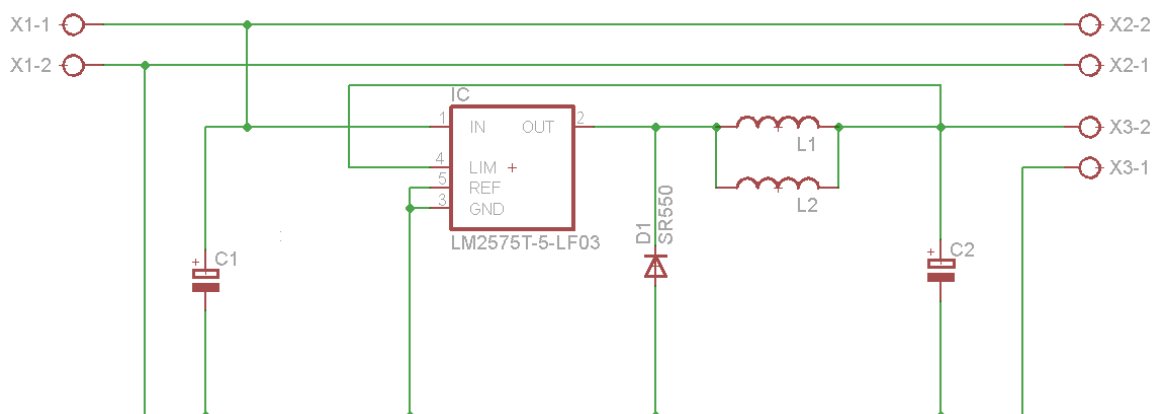
4.1 Zdroj 5V

Mikrokontrolér a periferie jako displej potřebují pro svou funkčnost stabilizované napájecí napětí 5V. První jsem chtěl použít lineární stabilizaci pomocí zenerovy diody a tranzistoru, ale kvůli rozdílným teplotním závislostem na odebíraném proudu a tudíž ne příliš velké stabilitě napětí, jsem jako zdroj tohoto napětí zvolil integrovaný stabilizační obvod LM2575T-5-LF03 v pouzdru TO220-5 od společnosti Texas Instruments. Blokový

diagram vnitřního zapojení obvodu je vidět na obrázku 4.2. Výrobce u svého zapojení garantuje stabilní výstupní napětí 5V při vstupním stejnosměrném napětí 7 až 40V a maximálním výstupním proudovém odběru 1A [15]. Při návrhu zapojení jsem postupoval podle zapojení doporučeného výrobcem v datasheetu obvodu, jen s tou změnou, že místo tlumivky 330uH jsem použil 2 tlumivky o indukčnosti každé z nich 1mH. Tyto tlumivky jsem spojil paralelně, takže výsledná indukčnost je 500uH, zapojení je níže na obrázku 4.3. K tomu jsem přistoupil kvůli dostupnosti tlumivek a jejich ceny. Vstupní napětí je přivedeno na svorky X1 a pro jeho další použití je vyvedeno také na svorky X2. Na svorkách X3 je vyvedeno výstupní napětí 5V.



Obr. 4.2 Vnitřní zapojení obvodu LM2575T-5-LF03 [15]



Obr. 4.3 Navržené schéma zapojení zdroje 5V

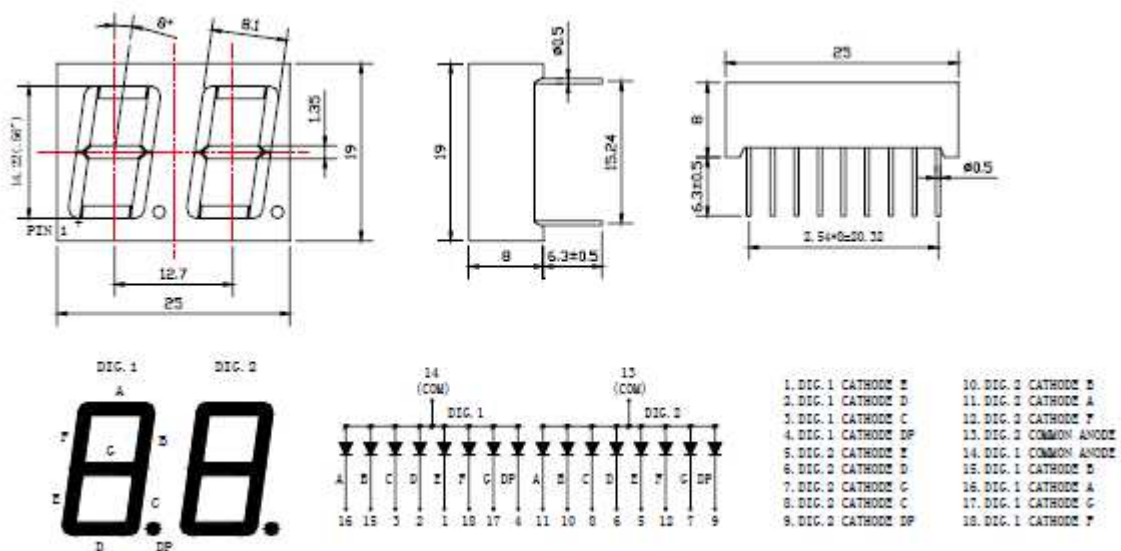
Použité součástky, jejich označení, popis a jejich počet jsou zapsány v tabulce 4.1.

IC	LM2575T-5-LF03 – Snižující měnič, stabilizátor napětí	1 ks
C1	100uF/50V	1 ks
C2	330uF/50V	1 ks
D1	SR550 - Usměrňovací Schottkyho dioda; 50V; 5A; DO27	1 ks
L1,L2	COIL0810-1 - 1mH; 500mA; 1,81Ω	2 ks

Tab. 4.1 Soupiska součástek pro zdroj 5V

4.2 Zobrazení a nastavování

Pro zobrazení aktuálně nastavené velikosti výstupního napětí slouží dvoumístný LED 7segmentový displej KW2-561ASA a k nastavení výstupního napětí slouží 2 tlačítka. Obvod má 18 vývodů a jejich zapojení je patrné z obrázku 4.4



Obr. 4.4 Zapojení displeje KW2-561ASA [16]

Tento displej je v provedení se společnými anodami. Napětí na diodách v propustném směru je přibližně 1,85V při proudu diodami 20mA. Při 8 diodových segmentech bude tedy proud procházející společnou anodou až 160mA. [16]

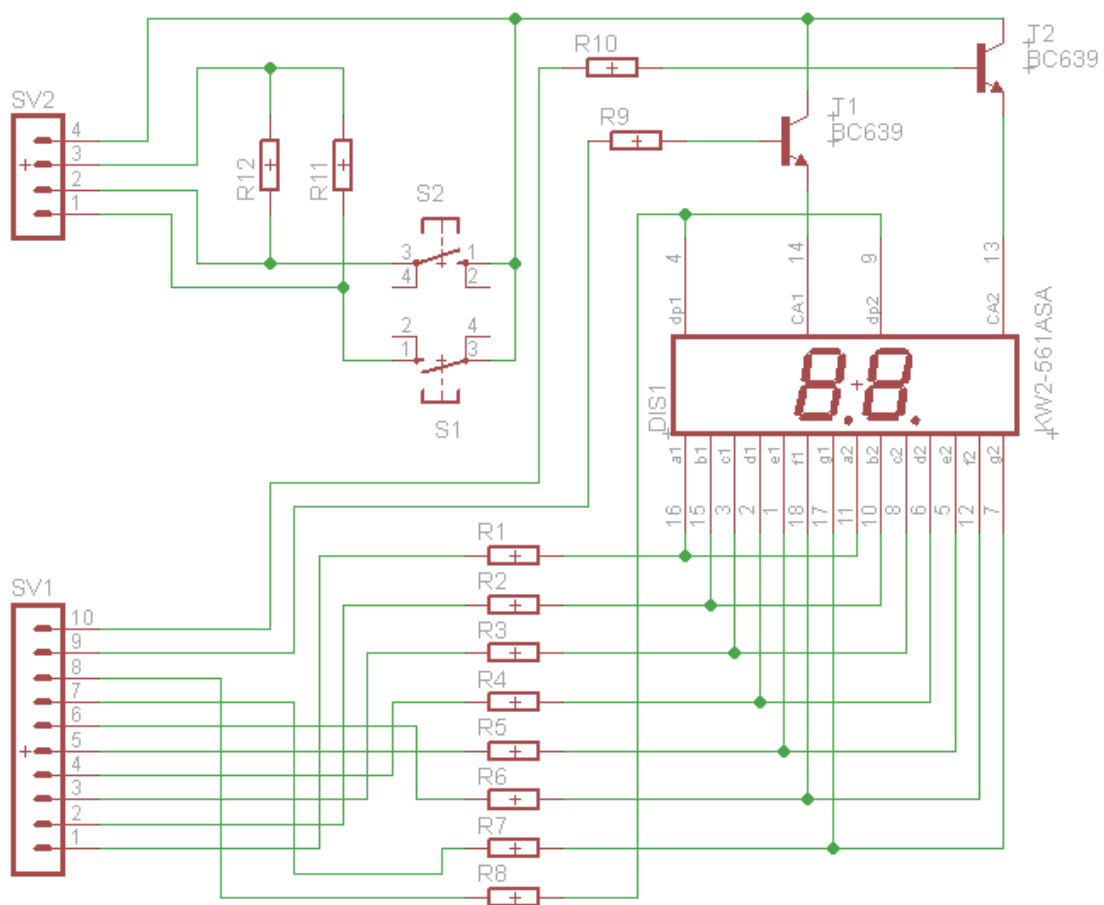
Pro spínání jsem zvolil tranzistory BC639, jejich základní parametry jsou v tabulce 4.1. Aby do báze tranzistorů netekly velké proudy, jsou omezeny rezistory 1500Ω. Rezistory jsou zapojeny také do série s diodami, kvůli úbytku přebytečného napětí, jejich velikost je podle vzorce 4.2 132,5Ω, proto byla zvolena nejbližší vyšší hodnota tedy 150Ω.

$$R = \frac{U_{CC} - U_T - U_D}{I_D} = \frac{5 - 0,5 - 1,85}{0,02} = 132,5\Omega \quad (4.2)$$

I_C	1A
I_B	100mA
$U_{CE(SAT)}$	0,5V
f_T	100MHz

Tab. 4.2 Základní parametry BC639 [17]

Tlačítka přivedou při stisknutí na vstupní port mikrokontroléru logickou 1. Aby i zde netekly zbytečně vysoké proudy, jsou tlačítka k napájecímu napětí připojena přes rezistory 10kΩ. Výsledné schéma navrženého obvodu je na obrázku 4.5. Rozpis použitých součástek je v tabulce 4.3.



Obr. 4.5 Schéma zapojení modulu zobrazení a nastavování

R1 až R8	150Ω	8 ks
R9, R10	1,5kΩ	2 ks
R11, R12	10kΩ	2 ks
S1, S2	1301.9303 - Mikrospínač	2 ks
T1, T2	BC639 - NPN tranzistor	2 ks
DIS1	KW2-561ASA – Dvoustupňový 7segmentový displej	1 ks

Tab. 4.3 Soupiska součástek modulu zobrazení a nastavování

4.3 Měnič a řízení

Požadované parametry měniče jsou:

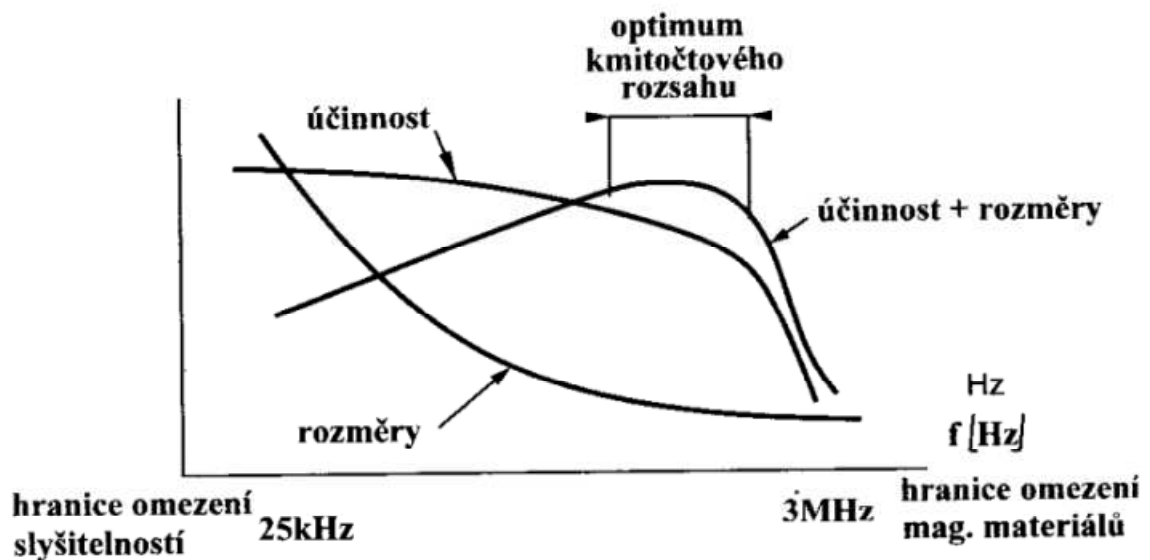
Vstupní napětí $U_{IN}=24V$

Výstupní napětí $U_{OUT}=20V$

Výstupní proud $I_{OUT}=3A$

Výstupní zvlnění $\Delta U_{OUT}=50mV$

Spínací frekvence $f=125kHz$ byla zvolena podle závislosti parametrů na frekvenci měniče zobrazeného na obrázku 4.6 a dále také podle možností vybraného mikrokontroléru.



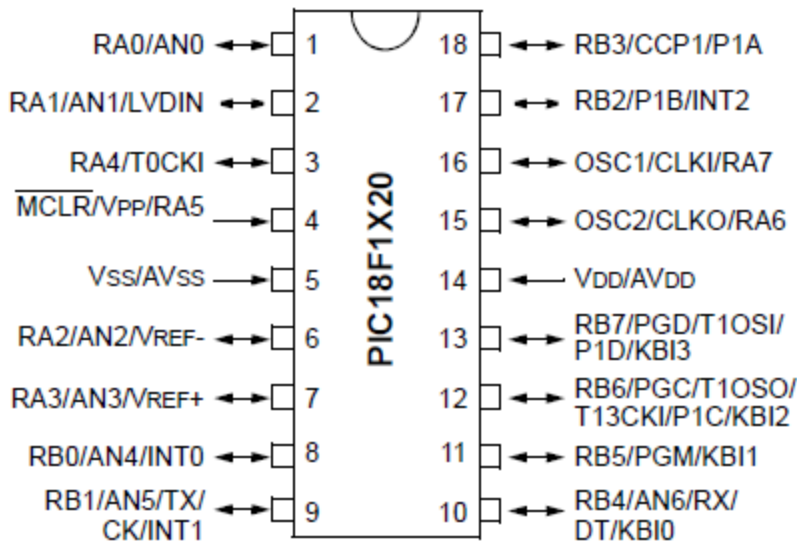
Obr. 4.6 Závislost parametrů měniče na frekvenci [8]

4.3.1 Výběr mikrokontroléru

Řídící jednotkou pro nastavování, zobrazení, stabilizaci výstupního napětí a generaci pulzně šířkově modulovaného signálu byl nakonec zvolen mikrokontrolér PIC18F1220. Základní specifikace tohoto MCU je uvedena v tabulce 4.4, obvod má integrovaný oscilátor s maximální frekvencí 8MHz a výstup pro generování PWM signálu, 16 vstupů/výstupů, 7 kanálů pro analogově digitální převod atd. Integrovaný obvod je proveden v pouzdře DIL s 18 vývody [18]. Zapojení jednotlivých vývodů je zobrazeno na obrázku 4.7.

Device	Program Memory		Data Memory		I/O	10-bit A/D (ch)	ECCP (PWM)	EUSART	Timers 8/16-bit
	Flash (bytes)	# Single-Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)					
PIC18F1220	4K	2048	256	256	16	7	1	Y	1/3

Tab. 4.4 Základní specifikace PIC18F1220 [18]



Obr. 4.7 Zapojení obvodu PIC18F1220 [18]

4.3.2 Výběr spínacího tranzistoru

Požadavky na tranzistorový spínač jsou vysoká rychlost spínání, co nejmenší odpor v sepnutém stavu a nízké ztráty. Jako spínací tranzistor byl zvolen SPP18P06P firmy Infineon technologies. Jedná se o MOSFET tranzistor s indukovaným P kanálem, který je ovládán napětím mezi Gate a Source. Parametry tranzistoru jsou v tabulce 4.5.

U_{DS}	-60V
$R_{DS(on)}$	0,13 Ω
I_D	-18,60A

Tab. 4.5 Základní parametry tranzistoru SPP18P06P [19]

4.3.3 Volba tlumivky a vyhlazovacího kondenzátoru

Indukčnost tlumivky volíme podle vzorce:

$$L = \frac{U_{OUT} \cdot S \cdot T}{I_{OUT}} = \frac{U_{OUT} \cdot S}{I_{OUT} \cdot f} \quad (4.3)$$

kde f je frekvence spínání měniče a S je střída PWM signálu. Pro dané parametry zdroje a střidu spínání 99% PWM sepnuto vychází indukčnost podle vzorce 4.3 $52,8\mu\text{H}$. Po prostudování nabízených tlumivek, zhodnocení parametrů a protřídění podle výkonových požadavků jsem zvolil toroidní cívku DPU068A10. Její indukčnost je $68\mu\text{H}$, proudová zatížitelnost 10A a její odpor $42\text{m}\Omega$.

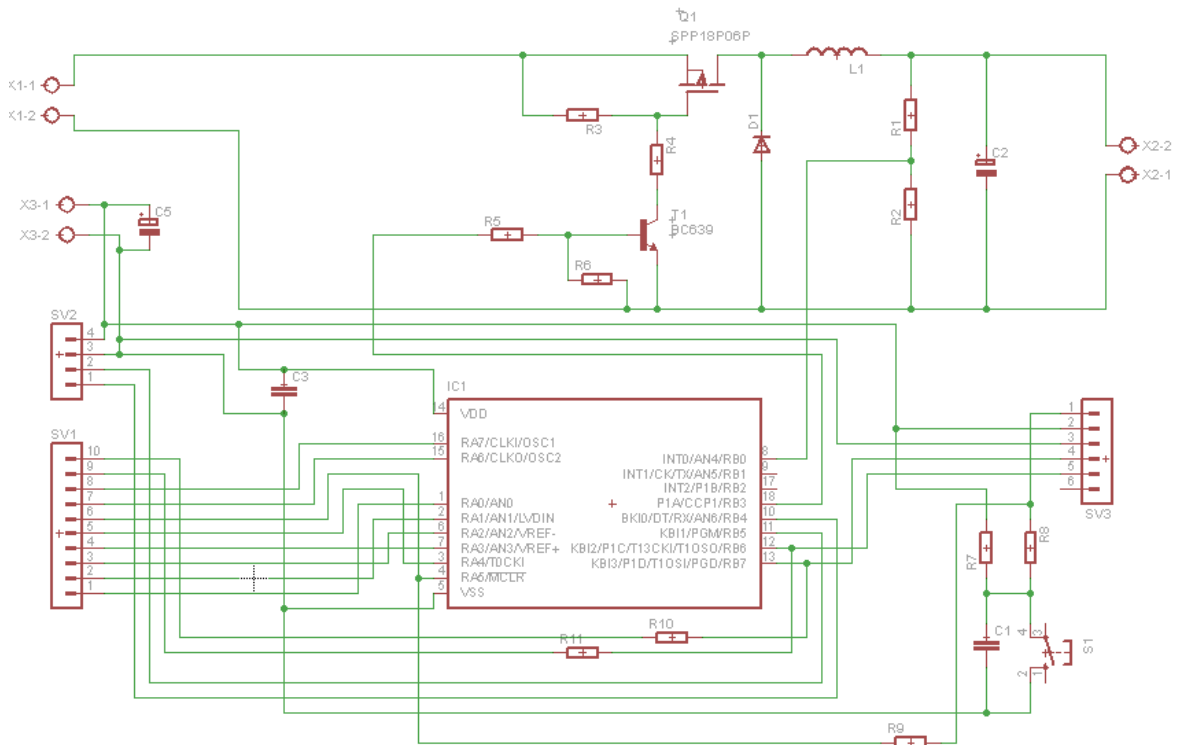
Vyhlazovací kondenzátor jsem volil dle vzorce:

$$C = \frac{I_{OUT}}{\Delta U_{OUT}} \cdot \frac{T}{8} = \frac{I_{OUT}}{U_{OUT} \cdot 8 \cdot f} \quad (4.4)$$

Pro náš případ vyšlo $60\mu\text{F}$. Zvolen byl elektrolytický kondenzátor o kapacitě $100\mu\text{F}$.

4.3.4 Zapojení obvodu

Schéma zapojení je na obrázku 4.8. Vstupy X1 slouží pro přivedení napětí 24V, X2 je výstupní nastavitelné napětí a X3 je vstup napájecího napětí 5V. Vývody SV1 a SV2 slouží pro připojení modulu zobrazení a nastavování. Výstup SV3 je vyveden pro připojení programátoru PICkit. Odporů R1 a R2 tvoří odporový dělič, napětí z tohoto děliče jde na vstup A/D převodníku mikrokontroléru, kde je porovnáváno s požadovanou hodnotou a slouží jako zpětná vazba. Výstupní pin mikrokontroléru číslo 18 je nastaven na generaci PWM signálu, je přiveden přes odpor R5, který slouží pro snížení odebíraného proudu na T1, který slouží pro vybuzení Q1. Odporový dělič R3 a R4 nastavuje napětí U_{GS} MOSFET tranzistoru, minimální napětí pro plné otevření tranzistoru je 10V a maximální 20V [19]. Kapacity C3 a C4 jsou dodány kvůli doporučenému zapojení a posílení zdroje. Kondenzátor C1 slouží pro odrušení možných zákmitů od tlačítka. Kondenzátor C2 slouží pro vyhlazení výstupního napětí. Rezistory R10 a R11 slouží pro oddělení obvodu od programovací linky. Kompletní soupis použitých součástek je uveden v tabulce 4.6.



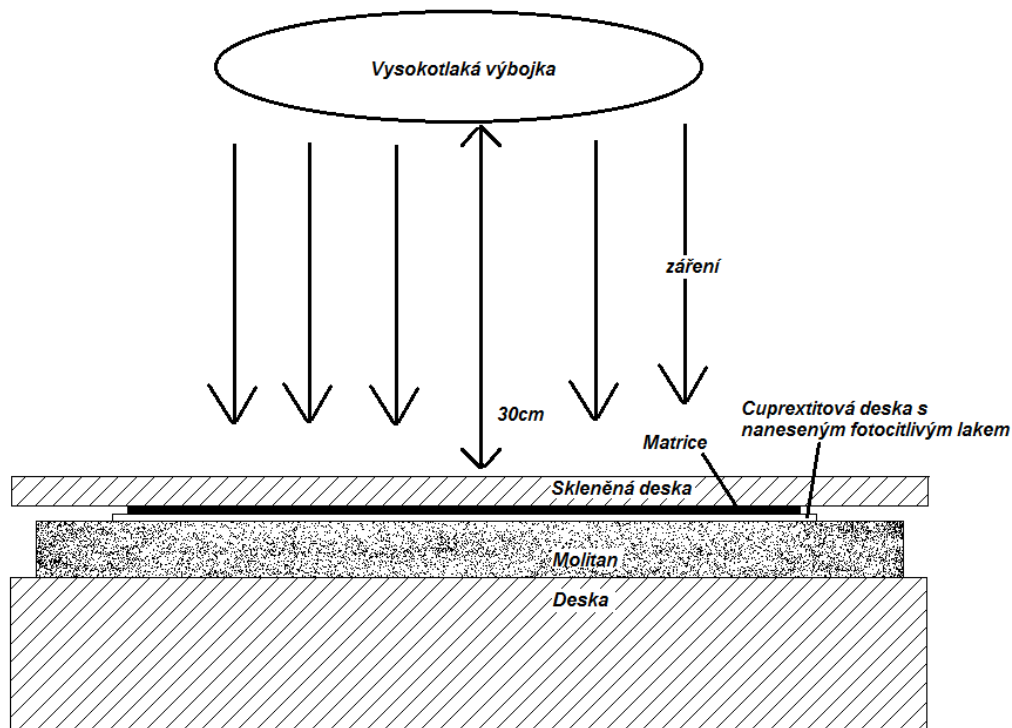
Obr. 4.8 Schéma zapojení modulu měniče a řízení

R1	3,9kΩ	1 ks
R2	1kΩ	1 ks
R3, R4, R6	4,7kΩ	3 ks
R5	1,5kΩ	1 ks
R7	10kΩ	1 ks
R8, R10, R11	470Ω	3 ks
R9	100Ω	1 ks
C1, C3	100nF	2 ks
C2	100μF	1 ks
C4	100μF	1 ks
S1	1301.9303 - Mikrospínač	1 ks
IC1	PIC18F1220 - Mikrokontrolér	1 ks
T1	BC639 - NPN tranzistor	1 ks
Q1	SPP18P08P - P MOSFET	1 ks
L1	DPU068A10 - 68μH; 10A; 42mΩ	1 ks
D1	SR550 - Usměrňovací dioda Schottky; 50V; 5A; DO27	1 ks

Tab. 4.6 Soupiska součástek modulu měniče a řízení

4.4 Výroba desek plošných spojů

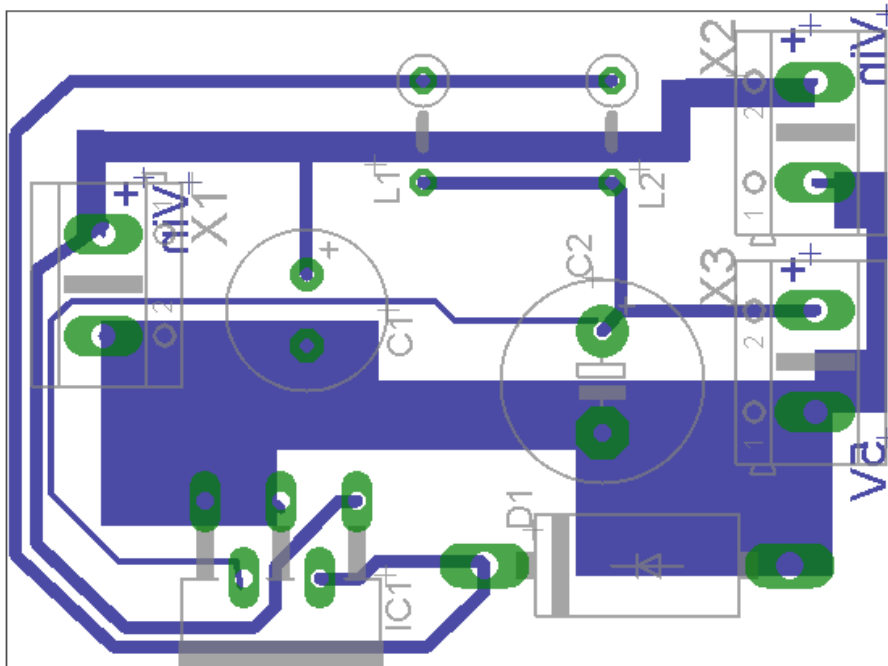
Plošné spoje jsou vyrobeny fotocestou. Nejdříve jsem si nachystal cuprexit, zmenšil jsem ho na velikost zhruba o 1cm na šířku i výšku větší než má být výsledný spoj. Měděnou vrstvu jsem poté vyleštil jemným pískem na nádobí a nanесl na něj fotocitlivý lak Positiv 20. Lak zasychá po hodině od nástřiku a vytvrzuje se buďto 24hodin při teplotě 20°C nebo 15 minut při teplotě 70°C, tím je lak připravený na osvětlení. Spoj navržený v programu EAGLE jsem vyexportoval do PDF souboru a poté zrcadlově vytiskl na kancelářský papír. Na papír jsem nanесl těsně před osvětlením sprej Transparent 21, který papír zprůhlední a zprůchodní ho pro UV záření. Stranou, na které byl na papíru nanесen inkoust, jsem ho přiložil na předpřipravený cuprexit, který byl položený na molitanu, umístěném na tvrdém podkladu. Přes tyto všechny vrstvy jsem ještě položil skleněnou tabuli, která pomáhá přitlačení předlohy na cuprexit a lepšímu osvětlení. Takto připravený spoj osvětil na 5 minut vysokotlakou výbojkou. Tento postup je zobrazen na obrázku 4.9. Lak jsem poté vyvolal v roztoku hydroxidu sodného (NaOH) v koncentraci 10g/l. Cuprexit jsem dále dal vyleptat v chloridu železitém. Spoje jsem pak upravil na přesné rozměry a pocínoval je kvůli lepší vodivosti i ochraně proti oxidaci mědi a opravám nedokonalých částí. Nakonec jsem vyvrtal všechny potřebné otvory.



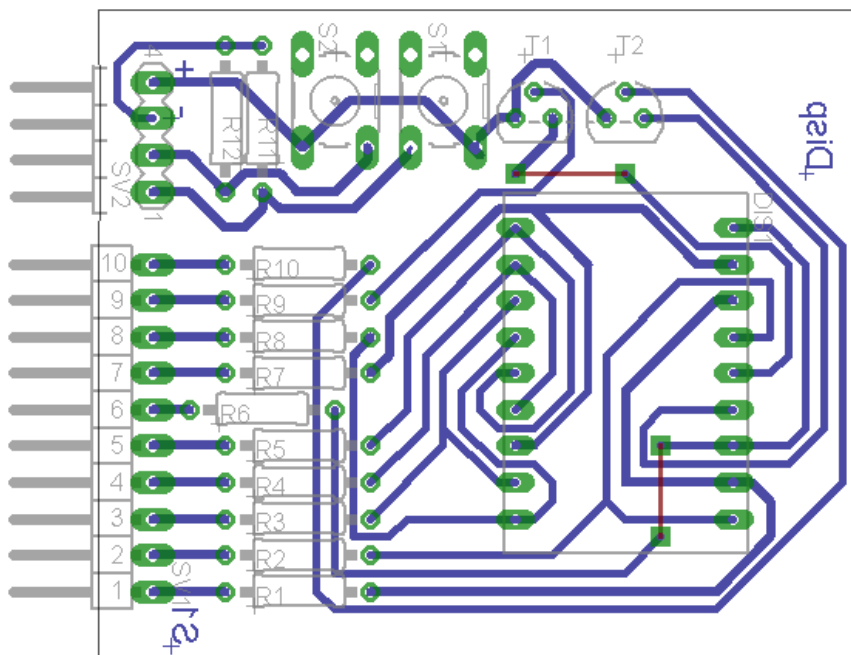
Obr. 4.9 Složení vrstev při osvětlování

4.4.1 Navržené desky plošných spojů

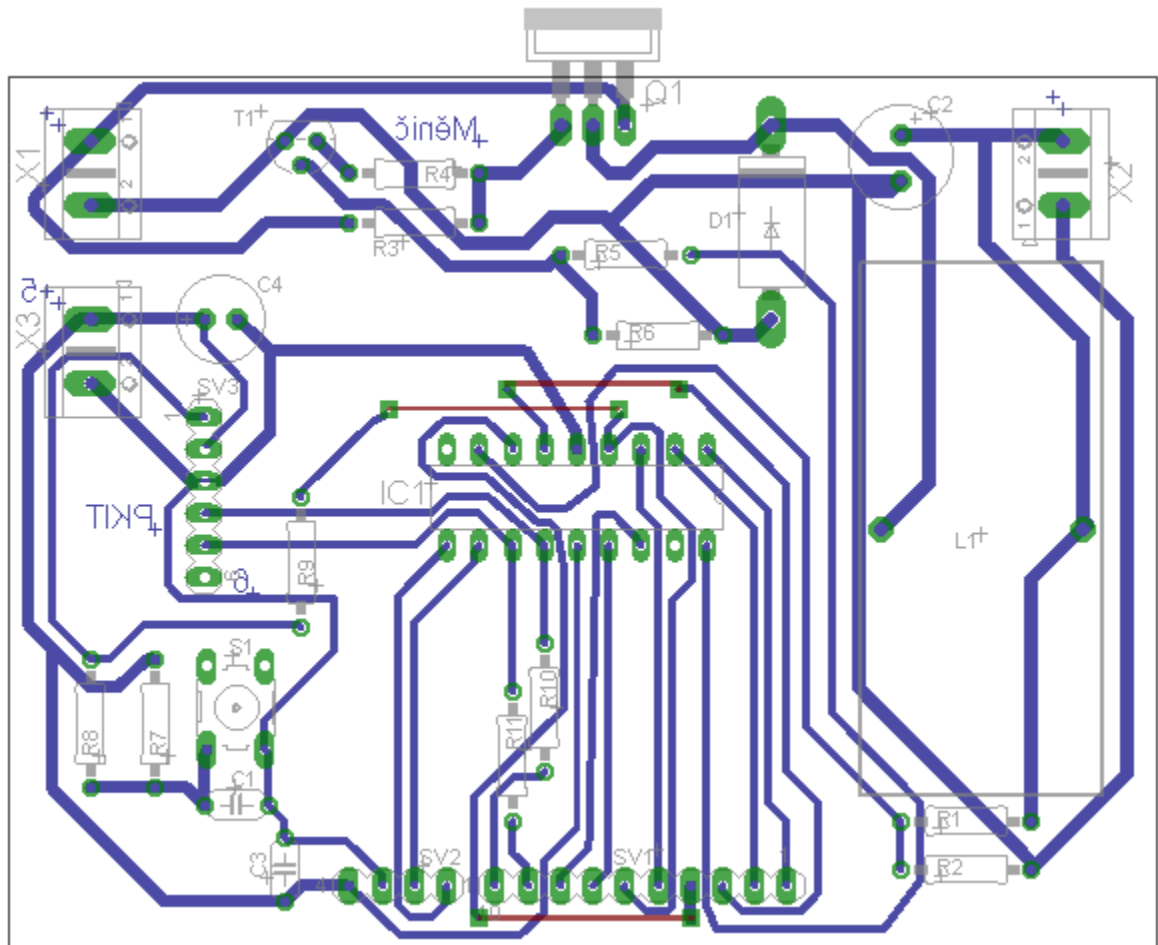
Výsledné DPS s umístěním součástek pro jednotlivé moduly jsou vidět na obrázcích 4.10 – DPS modulu zdroje 5V, 4.11 – DPS modulu zobrazení a nastavování a 4.12 – DPS modulu měniče a řízení. Modrá a zelená barva značí měděné spoje, červená barva značí propojky plošného spoje ze strany součástek. Šedě jsou vyznačeny součástky a jejich názvy.



Obr. 4.10 Výsledný plošný spoj modulu zdroje 5V



Obr. 4.11 Výsledný plošný spoj modulu zobrazení a nastavování



Obr. 4.12 Výsledný plošný spoj modulu měniče a řízení

4.5 Osazení, oživování a montáž

Postupně osadíme a zapájíme všechny rezistory, diody, kondenzátory a tlačítka. Potom tranzistory, stabilizátor a displej, u těchto součástek si musíme dát pozor na správnou polohu vývodů. Nakonec osadíme patičku mikrokontroléru, konektory a cívky. U tranzistoru MOSFET a stabilizátoru LM2575T-5-LF03 si musíme dát pozor, abychom vývody nechali dostatečně dlouhé pro připevnění k chladičům. Před připevněním chladičů nejprve důkladně zkontrolujeme pájení a následně i funkční zkoušku při malém zatížení, aby nedošlo k poškození stabilizátoru vlivem přehřátí. Pokud je vše v pořádku, připevníme chladiče přes silikonové podložky kvůli dobrému odizolování a dobrému přenosu tepla.

4.6 Programování

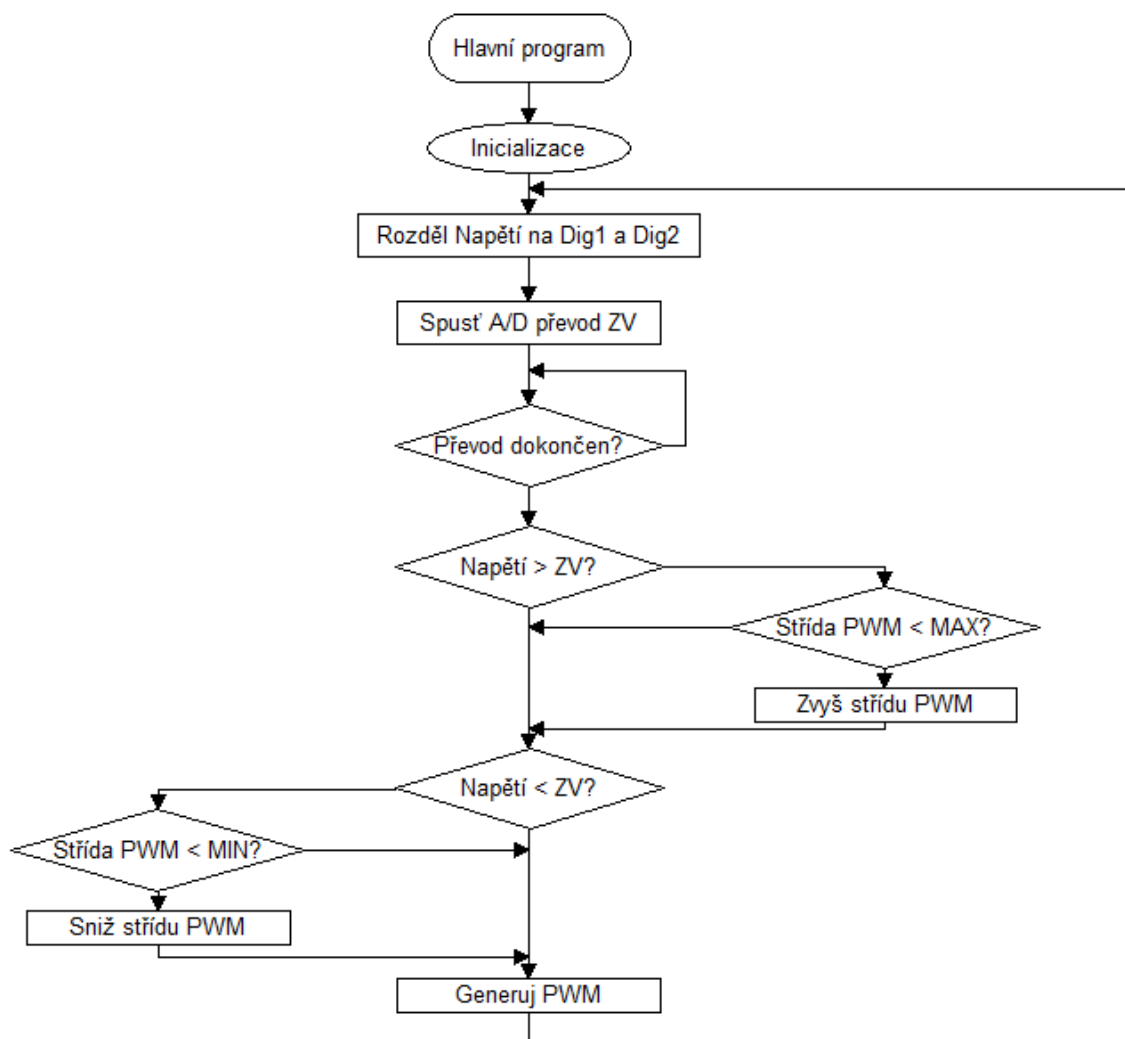
Programování probíhalo ve vývojovém prostředí MPLAB IDE v8.70. Výsledný program v C jazyce byl překládán pomocí doinstalovaného překladače MCC18. Do mikrokontroléru

byl nahráván pomocí vývojového kitu PICkit3 a doinstalovaného ovladače zařízení. Všechn potřebný software je ke stažení na webových stránkách společnosti Microchip. [20]

Celý program je rozdělen na dvě části: obsluhu přerušení a hlavní program. Obsluha přerušení se stará výhradně o zobrazování na displeji a vstupní tlačítka, hlavní program pak řeší inicializaci a celý zbytek řízení. Program je psán v jazyce C.

4.6.1 Hlavní program

Hlavní program na začátku provede inicializaci, ve které jsou nastaveny vstupní, výstupní porty, analogový vstup, přednastavení proměnných, PWM a nastavení přerušení od časovače každých 400 μ s. Hodnota „Napětí“ určuje velikost výstupního napětí, tato hodnota je rozdělena na řády desítek a jednotek, kterým odpovídají proměnné Dig1 a Dig2. Poté je spuštěn převod analogové proměnné ZV (zpětná vazba). Po dokončení převodu je ZV porovnána s požadovaným napětím. Pokud je na výstupu nižší napětí než požadované a střída PWM signálu ještě není na maximu, je střída zvýšena. Pokud je na výstupu vyšší napětí než požadované a střída generovaného signálu ještě není minimální, je snížena. Vývojový diagram hlavního programu je na obrázku 4.13.

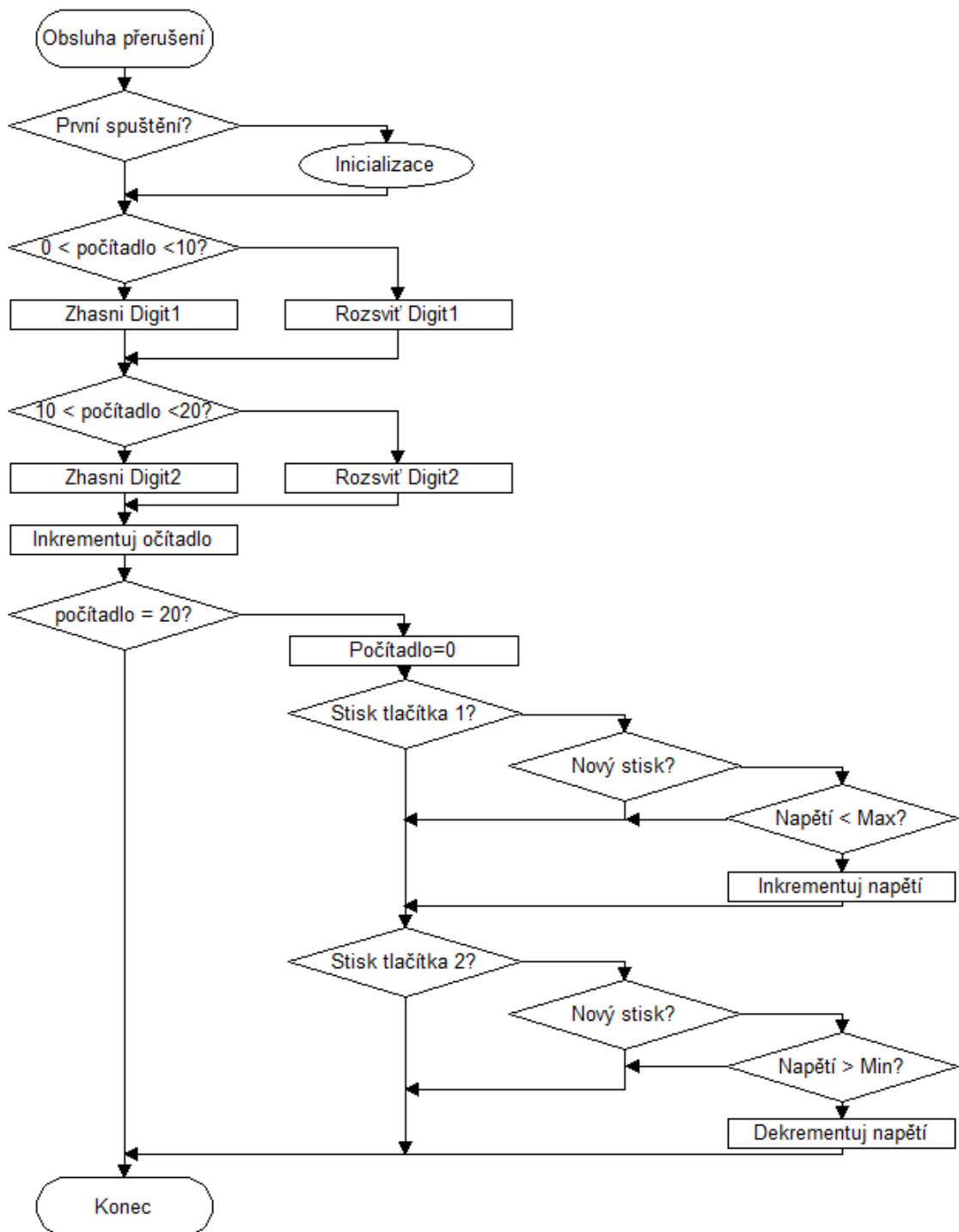


Obr. 4.13 Vývojový diagram hlavního programu

4.6.2 Obsluha přerušení

Obsluha přerušení zajišťuje zobrazování nastavené hodnoty napětí na displeji a snímání tlačítek pro nastavení výstupu. Při první inicializaci je nastaveno počítadlo na 0. Katody stejných segmentů jsou u displejů spojeny, takže číslo poslané na port je zobrazeno na displeji, který má v tu chvíli vybuzenou společnou anodu. Mezi zobrazení jednotlivých míst displeje je vřazeno krátké zhasnutí obou displejů, aby nedocházelo k prosvěcování jiných segmentů než právě zobrazených, to představuje interval počítadlo=0 a počítadlo=10. V intervalu 1-9 zobrazujeme první místo displeje, v intervalu 11-19 zobrazujeme druhé místo displeje. Pokud je počítadlo rovno 20, vynulujeme ho a zjistíme stav tlačítek. Pokud je zmáčknuto tlačítko 1 a napětí na výstupu ještě není nastaveno na maximum, je hodnota zvýšena o 1. Hodnota je inkrementována maximálně jednou a znovu požadavek není proveden, dokud tlačítko nebude puštěno a znovu zmáčknuto. Tlačítko 2

funguje na stejném principu jen se hodnota výstupu snižuje o 1 a kontroluje se, zda již není na výstupu minimum. Vývojový diagram obsluhy přerušení je uveden na obrázku 4.14



Obr. 4.14 Vývojový diagram obsluhy přerušení

Ukázka kódu z obsluhy přerušení je na obrázku 4.15.

```
#pragma code vektor_preruseni=0x08
void preruseni()
{
    __asm GOTO preruseniTimer0 __endasm
}
#pragma code
#pragma interrupt preruseniTimer0
void preruseniTimer0()
{
    static unsigned char pocitadlo=0, zaptl1=0, zaptl2=0;
    TMR0L=206;
    if(pocitadlo>0 && pocitadlo<10)
    {
        PORTA=dekoder[dig1];
        PORTBbits.RB6=1;
    }
    else PORTBbits.RB6=0;
    if(pocitadlo>10 && pocitadlo<20)
    {
        PORTA=dekoder[dig2];
        PORTBbits.RB7=1;
    }
    else PORTBbits.RB7=0;
    pocitadlo++;
    if(pocitadlo==20)
    {
        pocitadlo=0;
        if(PORTBbits.RB4==1 && zaptl1==0) //obsluha Tlačítka1 - zvyš napětí
        { //tlačítko je zmáčknuto
            cislo=(cislo+1);
            zaptl1=1;
        }
        if(PORTBbits.RB4==0 && zaptl1==1) //tlačítko bylo puštěno
        {
            zaptl1=0;
        }
    }
}
```

Obr. 4.15 Ukázka kódu z podprogramu přerušeni

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo vypracovat lineární rešerši a na základě získaných poznatků navrhnout spínaný napěťový měnič na bázi mikrokontroléru. Na trhu je bezpočet různých druhů mikrokontrolérů s nejrůznějšími parametry. Jako začátečník jsem volil mikrokontroléry PIC. Myslím, že to byla správná volba. Cena je totiž příznivá a můžeme si vybrat ze široké škály nabízených typů. Programovat můžeme ve více jazycích, tedy tomu, který nám více vyhovuje.

Problémy však nastaly, když se z neznámých důvodů nepodařilo vybraný typ Mikrokontroléru PIC18F452 zprovoznit. Bylo potřeba již zhotovené zapojení celé přepracovat na jiný typ PIC18F1220. Další komplikace způsobilo i opomenutí důležitých prvků a tím nové objednávky a dodávání dílů.

Došlo k časové ztrátě, díky které se mi nepodařilo pro tento okamžik měnič úplně zprovoznit. Ale chybí už spíše jen mírné doprogramování a odladění kódu.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The aim of this work was to develop a linear search based on the findings design a Microcontroller-Based switched mode voltage converter. On the market there are countless different types of microcontrollers with different parameters. As a beginner, I chose PIC microcontrollers. I think it was the right choice. The price is favorable, you can choose from the wide range of types. It can be programmed in multiple languages, we can choose that we prefer.

However, problems arose when, for unknown reasons, selected type microcontroller PIC18F452 failed work. It was necessary to have rework connections to another type PIC18F1220. Other complications caused omission of important elements and the new orders and delivering parts.

There was a time loss, which it prevent putting into fully operational the converter for this moment. But missing rather modest additional programming and debugging code.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] VYSOKÝ, Ondřej. *Elektronické systémy II*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003, 198 s. ISBN 80-010-2658-2.
- [2] KREJČÍŘÍK, Alexandr. *Napájecí zdroje I: Základní zapojení analogových a spínaných napájecích zdrojů*. 2. vyd. Praha: BEN, 1997, 341 s. ISBN 80-860-5602-3.
- [3] FAKTOR, Zdeněk. *Transformátory a tlumivky pro spínané napájecí zdroje*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2002, 243 s. ISBN 80-860-5691-0.
- [4] HAMMERBAUER, J.: *Elektronické napájecí zdroje a akumulátory*, ZČU v Plzni, Plzeň 1998
- [5] KOHLER, Tomáš: *Impulsní napájecí zdroj 100W*. Plzeň, 2013. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta elektrotechnická. Katedra elektroenergetiky a kologie.
- [6] BABČANÍK, Jan. Spínané zdroje. [online]. 2007 [cit. 2014-05-15]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/spinane-zdroje.html>
- [7] HUMLHANS, Jan. Nábojové pumpy: funkce, přehled a použití. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2002, 191 s. ISBN 80-730-0046-6.
- [8] KREJČÍŘÍK, Alexandr. *DC/DC měniče: funkce, přehled a použití*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2001, 111 s. ISBN 80-730-0045-8.
- [9] Architektura počítačů. BUREŠ, Stanislav. Střední školy EDUCHEM, a. s. [online]. 2005 [cit. 2014-06-06]. Dostupné z: <http://kurzik.wz.cz/arch.htm>
- [10] TIŠNOVSKÝ, Pavel. Pohled do nitra mikroprocesoru. Root.cz [online]. 20. 3. 2008 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/pohled-do-nitra-mikroprocesoru/>
- [11] TIŠNOVSKÝ, Pavel. Architektura VLIW aneb pokus o překonání problémů architektur CISC a RISC. Root.cz [online]. 16.8.2011 [cit. 2012-04-06]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/architektura-vliw-aneb-pokus-o-prekonani-problemu-architektur-cisc-a-risc/>
- [12] *Mikrokontroléry PIC: Web o číslicové technice a mikrokontrolérech PIC* [online]. 2012 [cit. 2014-06-06]. Dostupné z: <http://mikrokontrolery-pic.cz/>
- [13] PINKER, Jiří. *Mikroprocesory a mikropočítače*. 1. vyd., 1. dot. Praha: BEN - technická literatura, 2008, 159 s. ISBN 978-80-7300-110-0.

- [14] CadSoft. *CadSoft EAGLE PCB Design Software - EAGLE Shop, Support, Tutorials* [online]. ©2011 [cit. 2014-06-06]. Dostupné z: <http://www.cadsoft.de/>
- [15] TEXAS INSTRUMENTS. *LM1575/LM2575/LM2575HV SIMPLE SWITCHER® 1A Step-Down Voltage Regulator* [online]. © 1999–2013 [cit. 2014-06-12]. Dostupné z: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/520616/TI1/LM2575T-5.0/LF03.html>
- [16] LUCKY LIGHT. *KW2-561ASA* [online]. [cit. 2014-06-12]. Dostupné z: <http://www.panda-bg.com/datasheet/1569-092304-Double-LED-Digit-Display-KW2-561ASA-RED.pdf>
- [17] FAIRCHILD SEMICONDUCTOR. *BC639* [online]. ©2002 [cit. 2014-06-12]. Dostupné z: <http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/fairchild/BC639.pdf>
- [18] MICROCHIP TECHNOLOGY INC. *PIC18F1220/1320* [online]. ©2007 [cit. 2014-06-12]. Dostupné z: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39605F.pdf>
- [19] INFINEON TECHNOLOGIES. *SPP18P06P* [online]. 22.11.1999 [cit. 2014-06-12]. Dostupné z: <http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/infineon/1-SPP18P06P.pdf>
- [20] MICROCHIP TECHNOLOGY INC. *Microchip Technology Inc: Microchip provides Microcontroller and Analog Semiconductors, with low-risk product development, lower total system cost and faster time to market* [online]. ©Copyright 1998-2014 [cit. 2014-06-12]. Dostupné z: <http://www.microchip.com/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ΔU_{OUT}	Zvlnění výstupního napětí
CAN	Controller Area Network
CISC	Complex Instruction Set Computer
DPS	Deska plošných spojů
DSP	Digital signal processor
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read Only Memory
f	Frekvence
I_{D}	Elektrický proud drainem v propustném směru
I_{OUT}	Výstupní proud
LCD	Liquid Crystal Display
MCU	Mikrokontroler
MIPS	Million Instruction Per Second
MOSFET	Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor
PWM	Pulse Width Modulation
RAM	Random Access Memory
$R_{\text{DS(on)}}$	Odpor přechodu Drain-Source při plném sepnutí tranzistoru
RISC	Reduced Instruction Set Computer
ROM	Read Only Memory
S	Střída PWM signálu
T	Perioda
T_{a}	Doba logické 1 PWM signálu
T_{b}	Doba logické 0 PWM signálu
T_{c}	Celková doba 1 periody PWM signálu
U_{CC}	Napájecí napětí

U_{IN}	Vstupní napětí
U_{OUT}	Výstupní napětí
USB	Universal Serial Bus
WDT	Watchdog Timer

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1 Principiální schéma napájecího zdroje	11
Obr. 1.2 Blokové schéma lineárního síťového zdroje [4].....	13
Obr. 1.3 Blokové schéma stabilizátoru s regulací na primární straně impulzního měniče [4].....	16
Obr. 1.4 Doby periody PWM.....	17
Obr. 2.1 Schéma zapojení snižujícího měniče	21
Obr. 2.2 Průběhy napětí a proudů snižujícího měniče [4]	22
Obr. 2.3 Schéma zapojení zvyšujícího měniče	22
Obr. 2.4 Průběhy napětí a proudů zvyšujícího měniče [4]	23
Obr. 2.5 Schéma zapojení invertujícího měniče	24
Obr. 2.6 Průběhy napětí a proudů invertujícího měniče [4]	24
Obr. 2.7 Schéma zapojení akumulárního měniče.....	25
Obr. 2.8 Průběhy napětí a proudů akumulárního měniče [4]	26
Obr. 2.9 Schéma zapojení Propustného měniče	27
Obr. 2.10 Průběhy napětí a proudů propustného měniče [4]	27
Obr. 3.1 Porovnání architektur osmibitových mikrokontrolérů PIC [12].....	32
Obr. 4.1 Blokové schéma navrženého měniče.....	36
Obr. 4.2 Vnitřní zapojení obvodu LM2575T-5-LF03 [15].....	37
Obr. 4.3 Navržené schéma zapojení zdroje 5V	37
Obr. 4.4 Zapojení displeje KW2-561ASA [16].....	38
Obr. 4.5 Schéma zapojení modulu zobrazení a nastavování	39
Obr. 4.6 Závislost parametrů měniče na frekvenci [8]	40
Obr. 4.7 Zapojení obvodu PIC18F1220 [18].....	41
Obr. 4.8 Schéma zapojení modulu měniče a řízení	43
Obr. 4.9 Složení vrstev při osvětlování	44
Obr. 4.10 Výsledný plošný spoj modulu zdroje 5V	45
Obr. 4.11 Výsledný plošný spoj modulu zobrazení a nastavování.....	45
Obr. 4.12 Výsledný plošný spoj modulu měniče a řízení.....	46
Obr. 4.13 Vývojový diagram hlavního programu.....	48
Obr. 4.14 Vývojový diagram obsluhy přerušení.....	49
Obr. 4.15 Ukázka kódu z podprogramu přerušení.....	50

SEZNAM TABULEK

Tab. 1.1 Dělení zdrojů dle průběhu signálů [1]	12
Tab. 1.2 Porovnání parametrů lineárních a pulzních zdrojů [2, 3]	19
Tab. 2.1 Porovnání vlastností topologií zapojení [4]	20
Tab. 3.1 Porovnání vlastností architektur mikrokontrolérů Microchip [12].....	33
Tab. 4.1 Soupiska součástek pro zdroj 5V	38
Tab. 4.2 Základní parametry BC639 [17].....	39
Tab. 4.3 Soupiska součástek modulu zobrazení a nastavování	39
Tab. 4.4 Základní specifikace PIC18F1220 [18].....	41
Tab. 4.5 Základní parametry tranzistoru SPP18P06P [19].....	41
Tab. 4.6 Soupiska součástek modulu měniče a řízení	43

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Skupinové rozdělení spínaných zdrojů [5].....	60
---------------------------------------------------------	----

PŘÍLOHA 1: SKUPINOVÉ ROZDĚLENÍ SPÍNANÝCH ZDROJŮ

