

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

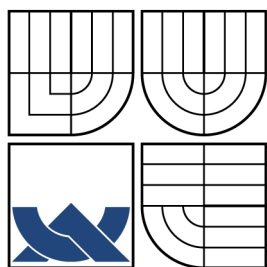
FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

NÁVRH ANALOGOVÉ ŘÍDÍCÍ JEDNOTKY PRO
MINISKLENÍK

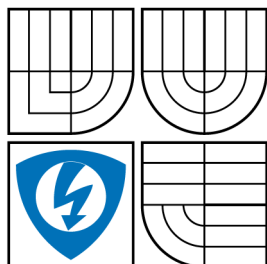
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN ŘEHÁK



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY
A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY



FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND
COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

NÁVRH ANALOGOVÉ ŘÍDÍCÍ JEDNOTKY PRO MINISKLENÍK

DESIGN OF ANALOG CONTROL DEVICE FOR MINI GLASSHOUSE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

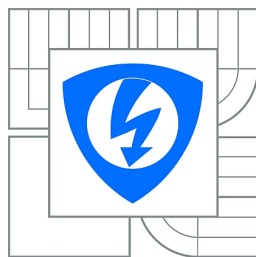
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN ŘEHÁK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. JIŘÍ PETRŽELA, Ph.D.

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav radioelektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Elektronika a sdělovací technika

Student: Martin Řehák

ID: 146944

Ročník: 3

Akademický rok: 2013/2014

NÁZEV TÉMATU:

Návrh analogové řídicí jednotky pro miniskleník

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

V rámci první etapy řešení projektu se zamyslete nad venkovní realizací skleníkového systému pro celoroční pěstování rostlin pocházejících z oblasti deštných pralesů. Předpokládejte, že systém bude jistě obsahovat generátor mlhy pro zvýšení RVV, ventilátor, diodovou řadu, Peltierův článek, vodní trysky a čerpadlo. Dílčí části odsimulujte; zaměřte se zejména na výkonové aspekty zařízení. Zařízení realizujte.

Vlastní systém prakticky ověřte. Objem skleníku uvažujte cca 1 m³. Ovládací elektronika musí být čistě analogová, avšak jednotlivé procesy budou mít jistě extrémně dlouhé časové konstanty. Soustředte se přitom i na vizuální stránku výsledného přípravku a jeho odolnost vůči povětrnostním vlivům.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] PETRZELA, J. Teorie elektronických obvodů. Skriptum. Brno: FEKT VUT v Brně, 2012.

[2] PASEK, K. Masožravé rostliny: podrobný návod na pěstování. Grada Publishing, 2006.

Termín zadání: 10.2.2014

Termín odevzdání: 30.5.2014

Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Petržela, Ph.D.

Konzultanti bakalářské práce:

doc. Ing. Tomáš Kratochvíl, Ph.D.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

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

ABSTRAKT

V dnešní době je několik možností jak pěstovat rostliny, které nepocházejí z našich podnebných pásů, k realizaci slouží skleníky, ve kterých je uměle simulováno prostředí, ve kterých rostliny mohou vegetovat.

Tato práce se věnuje problematice pěstování rostlin v podnebných podmínkách, které nejsou pro dané rostliny z deštných pralesů charakteristické. Bylo nutné vytvořit skleník, ve kterém se zaručí základní podmínky pro jejich růst jako je vlhkost, teplota a osvětlení. Byl brát zřetel i na designovou stránku realizace.

KLÍČOVÁ SLOVA

Rostliny z deštných pralesů, elektronický zdroj, transformátor, usměrňovač, stabilizátor, Peltierův článek, DC/DC měnič, PWM

ABSTRACT

Nowadays there are several options how to grow plants that do not come from our climatic belts are used to implement the greenhouses, where the artificially simulated environments, in which plants can vegetate. This work deals with the issue, plant growing in climates that are not for the plants of the rainforest, characteristic. It was necessary to create a greenhouse in which to guarantee the basic conditions for their growth. Such as humidity, temperature and lighting. He was taken into account at the design and implementation of the website.

KEYWORDS

The plants of the rainforest, electronic supply, transformer, rectifier, stabilizer, Peltier, DC / DC converter, PWM

ŘEHÁK, Martin *NÁVRH ANALOGOVÉ ŘÍDÍCÍ JEDNOTKY PRO MINISKLENÍK*: bakalářská práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav radioelektroniky, 2014. 57 s. Vedoucí práce byl doc. Ing. Jiří Petržela, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „NÁVRH ANALOGOVÉ ŘÍDÍCÍ JEDNOTKY PRO MINISKLENÍK“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Brno

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval panu doc.Ing. Jiřímu Petrželovi, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce.

Výzkum popsany v této bakalářské práci byl realizován v laboratořích podpořených z projektu SIX; registrační číslo CZ.1.05/2.1.00/03.0072, operační program Výzkum a vývoj pro inovace.

Brno

.....

(podpis autora)

OBSAH

1	Úvod	11
2	Teoretické poznatky k rostlinám	12
2.1	Masožravé rostliny	12
2.2	Historie masožravých rostlin	12
2.3	Podmínky pro pěstování masožravých rostlin	13
2.3.1	Osvětlení	13
2.3.2	Teplota	14
2.3.3	Zálivka	14
2.3.4	Vzdušná vlhkost	14
3	Teoretické poznatky k elektrotechnice	16
3.1	Napájecí zdroj	16
3.2	Dělení napájecích zdrojů	16
3.3	Transformátor	17
3.4	DC/DC měnič	20
3.5	Neřízené usměrňovače	21
3.5.1	Jednocestný usměrňovač	21
3.5.2	Dvoucestný usměrňovač	21
3.5.3	Můstkový usměrňovač	22
3.6	Řízené usměrňovače	22
3.7	Stabilizátor	22
3.7.1	Pasivní stabilizátory	22
3.7.2	Lineární spojitý stabilizátor	23
3.8	Astabilní klopný obvod	24
3.8.1	Funkce astabilního klopného obvodu	24
3.8.2	Výpočet astabilního klopného obvodu	24
3.9	Pulsně šířková modulace (PWM)	25
3.9.1	Princip PWM	25
3.10	Peltierův článek	26
3.10.1	Peltierův jev	26
4	Teoretický návrh	27
4.1	Návrh transformátoru	27
4.1.1	Postup při návrhu transformátoru	27
4.2	Návrh měničů	29
4.2.1	Požadavky na měniče	29

4.2.2	Prostředí pro výpočet měničů	30
4.2.3	Návrh měničů v prostředí WEBENCH	31
4.3	Osvětlení	33
4.3.1	Návrh klopného obvodu	34
4.4	Mlžič	37
4.4.1	Ventilátor	38
4.5	Peltier	38
4.5.1	Napájení peltieru	38
4.5.2	Rozšířené napájení peltieru	39
4.5.3	Simulace rozšířeného napájení peltieru	40
5	Realizace	42
5.1	Napájecí deska	42
5.2	Analogové ovládaní prvků	42
5.2.1	Mlžič a ventilátor	42
5.2.2	Diodové pásky	43
5.2.3	Peltier	44
5.2.4	Ovládací panel	45
6	Měření	46
6.1	Naměřené průběhy	46
7	Závěr	48
	Literatura	49
	Seznam symbolů, veličin a zkratek	50
	Seznam příloh	51
A	Příloha A	52
A.1	Motivy DPS	52
B	Příloha B	55
B.1	Použité součástky	55

SEZNAM OBRÁZKŮ

2.1	Sarracenia Minot	12
3.1	Sekundární vinutí naprázdno	17
3.2	Sekundární vinutí se zátěží	18
3.3	Hysterezní smyčky feromagnetického materiálu a) magneticky tvrdý materiál b) magneticky tvrdý materiál[4]	19
3.4	Jednocestný usměrňovač[4]	21
3.5	Dvoucestný usměrňovač[4]	21
3.6	Můstkový usměrňovač[4]	22
3.7	Pasivní stabilizátor se Zenerovou diodou[4]	23
3.8	Spojité zpětnovazební stabilizátor napětí[4]	23
3.9	Astabilní klopný obvod[8]	25
3.10	Průběh pulsně šířkové modulace	25
4.1	Zapojení usměrnění a stabilizaci 24V	30
4.2	Nastavení vstupů a výstupů měniče	31
4.3	Zvolení formy měniče	31
4.4	Vybírání z možných zapojení	32
4.5	Konkrétní zapojení	32
4.6	Simulace napětí na výstupu měniče	33
4.7	Generátor funkcí sinus, obdélík, trojúhelník[9]	33
4.8	Blokové schéma funkčního generátoru[9]	34
4.9	Navrhnutý astabilní klopný obvod	35
4.10	Simulace astabilního klopného obvodu a pilovitého průběhu	35
4.11	Zapojení generátoru pilovitého průběhu[9]	36
4.12	Průběh proudu na D Mos-fetu pro maximální a minimální výchylku potenciometru	36
4.13	Schéma komparátoru s připojenou zátěží	37
4.14	Blokové schéma napájení mlžiče a ventilátoru	37
4.15	Zapojení napájení peltierova článku	38
4.16	Průběh proudu na peltieru, při překročení referenční teploty	39
4.17	Schéma zapojení ovládání peltieru	40
4.18	Průběh na výstupu prvního komparátoru U1	41
4.19	Průběh na výstupu druhého komparátoru U2	41
4.20	Simulace průběhu proudu na peltieru	41
5.1	Kompletní zapojení zařízení	42
5.2	Napájecí deska	43
5.3	Deska s ovládáním mlžiče a diod	43
5.4	Led diodový pásek	44

5.5	Peltier s chladiči a deska ovládání peltieru	44
5.6	Přední ovládací panel	45
5.7	Zadní ovládací panel	45
6.1	Naměřená hodnota astabilního klopného obvodu pro mlžič	46
6.2	Naměřená hodnota periody spuštění mlžiče pro nejkratší čas na vý- stupu RS obvodu	46
6.3	Impuls k spuštění pilovitého průběhu společně s pilovitým průběhem	47
6.4	Minimální a maximální hodnota PWM	47
A.1	Deska pro ovládání mlžiče a diod	52
A.2	Napájecí deska bottom	53
A.3	Napájecí deska top	53
A.4	Ovládání peltieru top	54
A.5	Ovládání peltieru bottom	54

SEZNAM TABULEK

4.1	Tabulka hladin napájení a proudů pro jednotlivé prvky ovládání . . .	27
4.2	Tabulka parametrů jádra	28
4.3	Tabulka hladin napájení	30
B.1	Tabulka součástí	56
B.2	Tabulka součástí	57

1 ÚVOD

Naše podnebné podmínky neodpovídají podmínkám, ve kterých žijí rostliny v subtropickém pásmu. V následujících kapitolách jsou uvedeny požadavky, které by měly být dodrženy, aby dané rostliny mohly v našich podmínkách vegetovat.

V první části práce se můžeme seznámit s charakteristikou pěstování rostlin pocházejících z deštných pralesů, jako je například vlhkost, světlo a teplota, které jsou požadovány pro jejich růst. Dále se můžeme seznámit s teoretickými znalostmi ohledně napájení a ovládání.

Cílem práce je napájet a analogově řídit několik prvků zajišťující předem známé podmínky. K tomuto účelu budou sloužit čerpadlo s tryskami a mlžič zajišťující požadovanou vlhkost, diodová řada mající za úkol osvětlení skleníku a peltier, řešící zahřívání či ochlazování soustavy.

K realizaci osvětlení byla využita PWM modulace, pomocí které je řízen jas diod. Zapojením fotoodporu a potenciometru je možné řídit jas ručně nebo v závislosti na osvětlení okolí, jelikož nebylo potřeba osvětlení při slunných dnech.

Řízení doby spuštění mlžiče, bylo řešeno pomocí čítače a společně s mlžičem byl spuštěn také ventilátor mající za úkol rozptýlení mlhy po celém skleníku.

Tato práce je psaná v systému L^AT_EX.

2 TEORETICKÉ POZNATKY K ROSTLINÁM

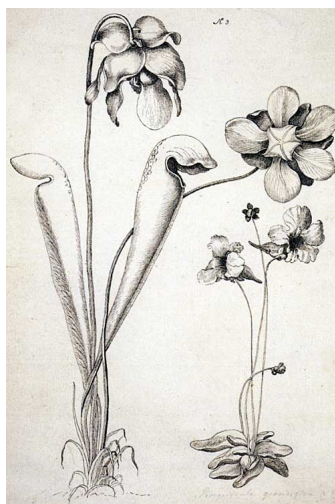
2.1 Masožravé rostliny

Tyto rostliny jsou velice různorodá a mnohotvárná skupina, ve které se nachází mnoho odlišných čeledí a řádů. Můžeme se s nimi setkat v polárních oblastech, tučnice *Pinguicula villosa*. Ale třeba láčkovky, pocházející z oblasti tropických deštých pralesů. Protikladem bublinatky *Utricularia olivacea*, která je jednou z nejmenších kvetoucích rostlin světa, může být bublinatka *U. foliosa* dorůstající délky až několika metrů.

Většina masožravých rostlin je vázána na tvrale mokrá, nebo alespoň vlhká stanoviště, ale naleznou se také rostliny žijící v Austrálii, hlíznaté rosnatky, přežívající dlouhá suchá období. Jejich společnou vlastností je konzumování drobných živočichů, prvoků a nejčastěji hmyzu, který jim dodává živiny, jelikož nejčastěji žijí v půdách chudých na živiny. Mezi masožravé rostliny patří například: láčkovky, rosnatky, mucholapky, tučnice a mnoho dalších.[1][2][3]

2.2 Historie masožravých rostlin

První popis masožravých rostlin v Evropě pochází z 15. století, jednalo se o tučnice. Vzdálenější druhy jsou známy od 16. století. S největší pravděpodobností byla první publikovaná *Sarracenia minot* ze Severní Ameriky. V 18. století se začalo uvažovat o souvislosti hmyzu jako výživou rostliny. Avšak názory anglického botanicky zaměřeného obchodníka Johna Ellise o možné masožravosti rostlin nebyly pochopeny společností.



Obr. 2.1: *Sarracenia Minot*

Masožravost u některých rostlin byla potvrzena roku 1875 Charlesem Robertem Darwinem, který provedl rozsáhlou studii a vydal dílo „Insectivorous Plants“, jenž se stalo první ucelenou monografií o masožravých rostlinách a je považováno za počátek systematického výzkumu.

První živé vzorky masožravých rostlin se začaly do Evropy dostávat v 17. století, ale byly velkou raritou důsledkem vysoké tržní ceny způsobené obtížností dovozu a malými úspěchy s kulturním množením. Trvalo dlouho než se zahradníci naučili o masožravé rostliny starat a úspěšně je množit. Se znalostí požívání hmyzu vzrostl o ně zájem, v důsledku toho se začali pěstovat ve vytápěných sklenících a množení probíhalo ve velkých kvantech. Největší zájem byl o láčkovky, které se dařilo především pěstovat v Královských botanických zahradách v Kew, kam byly dováženy.

Koncem 19. století bylo běžné, že zahradnické firmy nabízely i několik desítek druhů masožravých rostlin. Staly se cenově dostupnější. Rostliny se rozšířily mimo zahradnictví a botanické zahrady ke sběratelům botanických kuriozit a běžných domácností. Dnes je o masožravé rostliny stále větší zájem. V ČR je odhadováno přibližně 100 rozsáhlých sbírek, jednou z největších je v Botanické zahradě v Liberci.[1][2][3]

2.3 Podmínky pro pěstování masožravých rostlin

Podmínky se dají rozdělit na šest základních faktorů: světlo, teplota, zálivka, vzdušná vlhkost, substrát a stanoviště, které by měly být rostlinám odpovídajícím způsobem zajištěny.[1]

2.3.1 Osvětlení

Většina masožravých rostlin se vyskytuje v oblastech s velkým množstvím přirozeného světla, důležité pro fotosyntézu a tvorbu květů stejně jako nezbytné pro růstová a klidová období.

Podmínky pro rostliny žijící v přírodně stinných stanovištích se nedají srovnat s podmínkami, které nabízí pěstování rostlin na okenních římsách i paratech, jelikož skleněné tabule nepropouští určité části světelného spektra. Možné pěstování se tak nabízí přímo venku nebo ve skleníku. Je však nutné brát zřetel na větrání, aby nedocházelo k přehřátí rostlin. Vhodné je i umělé dosvícování v zimním období.

Při pěstování pod umělým světlem je nutné mít na zřeteli také to, že některé rostliny požadují různé délky dne v letních a zimních měsících podle zeměpisné šířky. To je velmi důležité pro fáze růstu, klidu a kvetení rostlin. Zvláště důležitý je

pak výběr vhodného typu umělého osvětlení. Vhodná je například kombinace barev osvětlení: denní bílá a neutrální bílá. [1]

2.3.2 Teplota

Teplotní požadavky se různí podle přírodních stanovišť, které mohou být velmi různorodé na základě širokého výskytu v rozdílných klimatických oblastech. Některé rostliny jsou tolerantní, avšak zapotřebí je co nejvíce dodržet jejich přirozené nároky. Teplotní oblasti se dají rozdělit do třech hlavních skupin:

oblast mírného pásma - vyznačují se mírným létem s rozdíly mezi denními a nočními teplotami, studenou zimou s lehkými mrazy. Spadají sem zimě odolné masožravé rostliny. Letní teploty se pohybují v rozmezí 15-30 °C a zimní v rozmezí 0 až 7 °C.

oblast subtropů - rostliny z tohoto pásu požadují teplé léto s lehkými poklesy a studené zimy bez mrazů, důležitá je také délka dnů. Letní teploty se pohybují mezi 20-35 °C v zimě asi 8-15 °C.

oblast tropů - rostliny vyžadují vyrovnané vysoké teploty během celého roku, 20-35 °C V zásadě je zapotřebí dávat pozor především v létě, aby teploty nestoupaly příliš vysoko. [1]

2.3.3 Zálivka

V přirozeném prostředí se masožravé rostliny vyskytují převážně v oblastech, kde je trvalé či sezónně velmi vlhko. Protože kladou vysoké nároky na kvalitu vody a potřebují ji ve velkém množství, jedná se o velice důležitý faktor.

Pro zálivku je nejvhodnější voda zbavená minerálů, proto se nejčastěji používá dešťová voda, která je považována za první volbu kvůli přírodnímu původu. Dále pak destilovaná nebo demineralizovaná voda. V letním období se většina rostlin může zalévat podmokem (stání v podmiskách či nádržích s vodou).

Během zimních měsíců by měly být především temperátní a zimě odolné rostliny o něco méně zalévány. Přitom je záhodno zavlažovat pouze shora tak, aby půda zůstala pouze lehce vlhká. Některé druhy se ve své domovině potýkají se suchou periodou. [1]

2.3.4 Vzdušná vlhkost

Pro většinu masožravých rostlin je zvýšená vzdušná vlhkost rozhodujícím faktorem při pěstování v kultuře. Velká řada druhů toleruje v určité míře výkyvy od jejich optimální vlhkosti, neboť těmto odchylkám mohou být vystaveny i v místě jejich

přirozeného výskytu. Nejedná se pouze o tropické oblasti, ale spíše v mnohých případech o místa jako například traviny, rašeliniště a močály obstarávající zvýšenou vzdušnou vlhkost.

Vzdušnou vlhkost dělíme do třech skupin: normální (40-50 %), zvýšená (50-70 %) a vysoká (nad 70 %) vzdušná vlhkost. U všech druhů masožravých rostlin bychom se měli vyvarovat vzdušné vlhkosti pod 40 %. Naopak příliš vlhký vzduch vede k zchoulostivění kultury a díky tomu dochází k větší náchylnosti vůči chorobám a škůdcům, zároveň také hrozí větší nebezpečí plísni.

Vzdušná vlhkost hraje roli především ve chvíli, kdy se rostliny pěstují v uzavřených prostorech. V obytných místnostech činí hodnota vlhkosti obvykle méně než 40 % a v zimním období ještě méně. Proto je vhodné v takovém prostředí pěstovat rostliny v nádobách či sklenících.

Zvláště důležitá ve spojitosti s vlhkostí je i kontrola teploty. Tyto dvě hodnoty by se měly kontrolovat v pravidelných intervalech. [1]

3 TEORETICKÉ POZNATKY K ELEKTROTECHNICE

3.1 Napájecí zdroj

Pojmem napájecí zdroj rozumíme zařízení, které je schopné dodat elektronickému systému napětí a proud potřebný k jeho činnosti v dané toleranci a daného průběhu.

Každý elektronický zdroj lze dle Theveninovy věty nahradit sériovým spojením ideálního zdroje napětí a vnitřního odporu. Zátěž lze nahradit lineárním rezistorem. Skutečnost je taková, že se setkáváme se složitějšími zdroji se setrvačným charakterem, nelinearitou apod. Definiční vztahy pro vnitřní a zatěžovací odpor napájecího zdroje zní [11]

$$R_i = \frac{-dU_2}{dI_2} \quad (3.1)$$

zatěžovací odpor [3.2].

$$R_L = \frac{U_2}{I_2} \quad (3.2)$$

Kde R_L je zatěžovací odpor, U_2 výstupní napětí a I_2 výstupní proud

Přičemž záporné znaménko u rovnice 1 udává skutečnost, že zvýšení výstupního proudu I_2 vyvolá snížení výstupního napětí U_2 . Tyto vztahy nám mohou také pomoci při rozlišení, zda se jedná o zdroj napětí - $R_i \ll R_L$ či proudu $R_i \gg R_L$. U elektronických zdrojů je běžné, že do často nastavitelného zatěžovacího proudu se obvod chová jako zdroj napětí a při jeho překročení jako zdroj proudu. Tomuto opatření se říká nadproudová ochrana omezení proudu. [11][4]

3.2 Dělení napájecích zdrojů

Dle primárního zdroje elektrické energie

Autonomní napájecí zdroje (elektrochemické zdroje, solární články)

Využívající elektrické energie jiného primárního zdroje

Dle typu dodávaného výkonu

Zdroje stejnosměrných napětí a proudů

Zdroje střídavých napětí a proudů

Dle základního fyzikálního principu činnosti

Elektrochemické (primární a sekundární suché články)

Elektromechanické (generátory, agregáty, dynama, alternátory)

Zdroje, využívající elektrickou rozvodnou síť (elektronické napájecí zdroje)

Dle povahy vnitřních dějů

Zdroje regulovatelné

Zdroje neregulovatelné (se spojitou či nespojitou regulací)

3.3 Transformátor

Je netočivý elektrický stroj sloužící k přenosu energie z jednoho obvodu do obvodu druhého za pomoci elektromagnetické indukce. Ve většině případů se používá pro přeměnu střídavého napětí nebo pro galvanické oddělení.

- **Dělení transformátorů**

Dle aplikace: síťové, impulzní, sdělovací

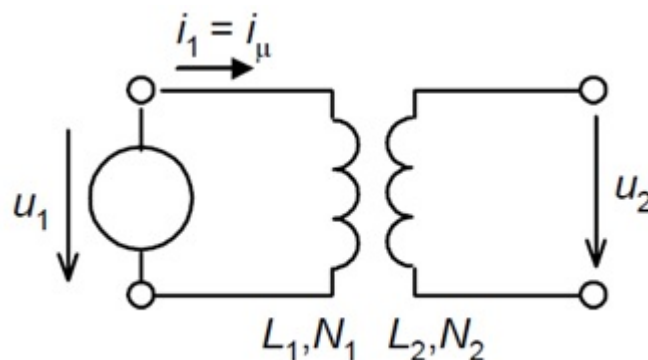
Dle počtu fází: jednofázové, třífázové, vícefázové

Dle dodávaného výkonu: malé (do cca 5kVA), výkonové (nad 5kVA)

Dle druhu chlazení: vzduchové, olejové

- **Princip činnosti** Skládá se ze tří základních částí: vinutí, magnetický obvod, izolační systém.

Primární vinutí má za úkol převést elektrickou energii na magnetickou, procházejícím proudem se vytváří magnetický tok, který je veden magnetickým obvodem k sekundárnímu vinutí, kde je přeměněn zpět na elektrickou energii. Při sekundárním vinutí naprázdno musí být nulová střední hodnota primárního napětí, tj. nesmí mít stejnosměrnou složku, jinak by tok rostl nade všechny meze (v praxi přesycení).



Obr. 3.1: Sekundární vinutí naprázdno

Platí vztahy pro primární $u_1(t)$ 3.3 a sekundární $u_2(t)$ 3.4 napětí.

$$u_1(t) = N_1 \frac{d\Phi(t)}{dt} \quad (3.3)$$

$$u_2(t) = N_2 \frac{d\Phi(t)}{dt} \quad (3.4)$$

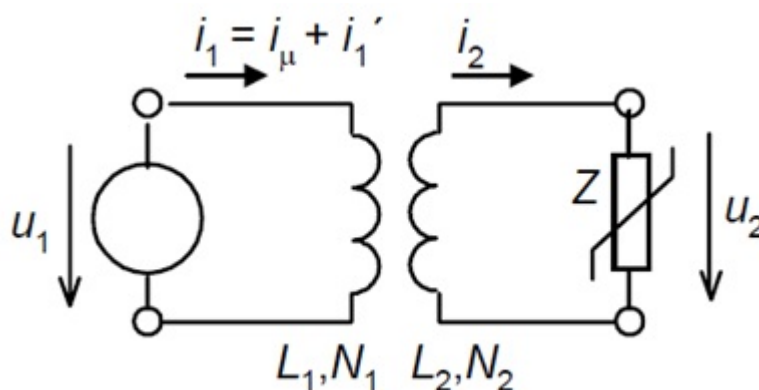
Kde N_1 je počet závitů primární cívky, N_2 počet závitů sekundární cívky a $\Phi(t)$ je magnetický tok v jádře. Jak je vidět, $u_1(t)$ a $u_2(t)$ mohou mít různou velikost, ale mají naprosto stejný časový průběh. Ze vztahu 3.3 plyne, že magnetický indukční tok Φ je jednoznačně určen časovým integrálem z přiloženého primárního napětí 3.5

$$\Phi(t) = \frac{\int(u_1(t)dt)}{dt} + \Phi_{poč} \quad (3.5)$$

V čitateli se nachází integrál vstupního napětí podle času, $\Phi_{poč}$ je počáteční magnetický indukční tok. Sekundární vinutí se zátěží zůstávají v platnosti rovnice 3.3 a 3.4 a začne sekundárním vinutím téci proud 3.6:

$$i_2(t) = \frac{u_2(t)}{R} \quad (3.6)$$

$u_2(t)$ napětí na sekundárním vinutí, R odpor zátěže.



Obr. 3.2: Sekundární vinutí se zátěží

Celkový primární proud $i_1(t)$ 3.7 je sestaven ze dvou plně na sobě nezávislých složek. Jedná se o magnetizační proud $i_\mu(t)$ tekoucí již ve stavu naprázdno a druhou složkou je přetransformovaný proud $i'(t)$

$$i_1(t) = i_\mu(t) + i'(t) \quad (3.7)$$

Z toho poté plyne, že tok v jádře zůstává nezměněn i při zátěži. Syčení jádra není závislé na velikosti zatěžovacího proudu.

- **Ztráty v transformátoru**

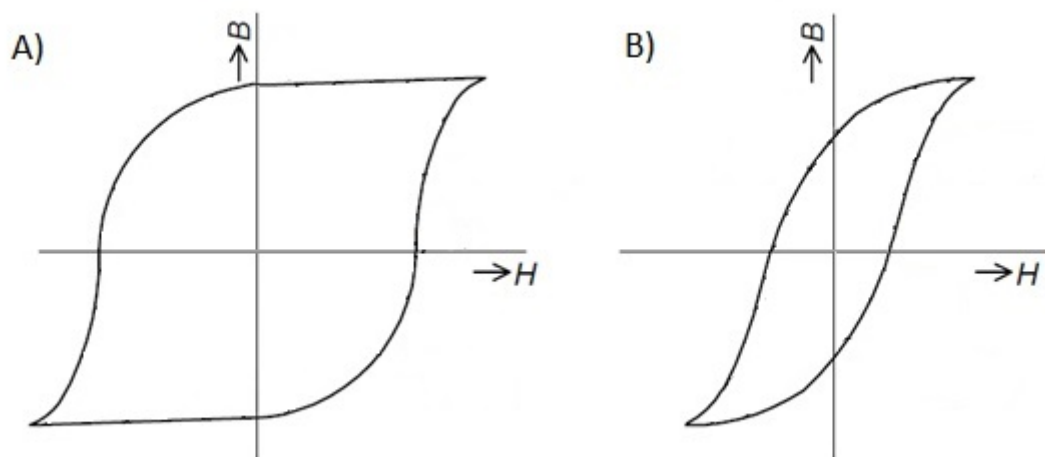
Jouleovy ztráty: Vznikají na odporu vinutí průchodem proudu. Nutí nás snižovat odpor vinutí zvětšováním průřezu vodičů a způsobují tak zvětšování

transformátoru. Z hlediska těchto ztrát se primární a sekundární vinutí chovají jako lineární odpory R_1 a R_2 . Jouleovy ztráty jsou dány vztahem 3.8:

$$P_R = R_1 * I_1 e f^2 + R_2 * I_2 e f^2 \quad (3.8)$$

Kde R_1 je odpor primárního vinutí, $I_1 e f$ je efektivní proud primárního vinutí a R_2 a $I_2 e f$ je odpor a efektivní proud sekundárního vinutí.

Hysterezní ztráty v jádře: Souvisejí s energií W potřebnou na přemagnetování jádra. Energie W je úměrná ploše hysterezní smyčky (viz obr.3.7). Plocha hysterezní smyčky je udávána v J/m³, jde tedy o objemovou hustotu ztrátové energie. Ta je velká pro magneticky tvrdé materiály se širokou hysterezní smyčkou. Takové materiály jsou nevhodné pro jádra transformátorů. Požadujeme materiály s úzkou hysterezní smyčkou.



Obr. 3.3: Hysterezní smyčky feromagnetického materiálu a) magneticky tvrdý materiál b) magneticky měkký materiál[4]

Ztráty vířivými proudy v jádře: Ztráty vířivými proudy v jádře jsou způsobeny indukováním napětí v jádře transformátoru. Je-li jádro elektricky vodivé, lze si ho představit jako soustavu nekonečně mnoha soustředěných tenkých diferenciálních smyček (jeden závit) vykazujících diferenciální elektrické odpory a protékaných příslušným příspěvkem magnetického toku v jádře transformátoru. Aby byly co nejmenší, musí být co největší měrný odpor materiálu jádra.

- **Volba materiálu jádra**

Pro síťové transformátory pracující s kmitočtem 50 nebo 60 Hz se jako nejprůmyslovější materiály jeví materiály z magneticky měkké oceli. Mají velké dovolené sycení

1 až 1,6T. Jádru je složeno z jednotlivých, vzájemně elektricky izolovaných tenkých plechů orientovaných ve směru magnetického toku. Tyto materiály se vyrábí nejčastěji válcováním za studena. Mají orientovanou krystalickou mřížku a nejlepší magnetické vlastnosti, tj. úzkou hysterezní smyčku, velkou magnetickou vodivost ve směru válcování. [11],[4]

3.4 DC/DC měnič

V současné době se DC/DC měniče vyčlenily jako samostatná skupina zdrojů a na trhu se objevila celá řada výrobců, kteří tyto zdroje nabízejí právě pod tímto názvem. Dnes je oblast jak konstrukce, tak použití DC/DC měničů velmi široká a lze ji dělit podle několika hledisek. Největším je dnes dělení dle výstupního výkonu:

Výstupní výkon do 10W - určeny na montáž na plošné spoje v pouzdrech

Výstupní výkon do 300W - jako osazené desky součástkami s chladiči nebo samostatné přístroje ve skříňce

Výstupní výkon stovky W až jednotky kW – samostatné skříňové jednotky, využití jako napájecí jednotky stejnosměrných motorů

Omezením na první skupinu, tedy měniče, které je možno z hlediska jejich provedení považovat za součástky, pak je můžeme dále dělit podle kritéria principu činnosti:

- Měniče s lineárními obvody, tzn. měniče obsahují lineární stabilizátory, a to jak parametrické, tak zpětnovazební monolitické. Základní vlastností je možnost pouze snižovat vstupní napětí na nižší hodnotu napětí výstupního. Malá účinnost, galvanicky oddělen vstup a výstup.

- Měniče bez indukčnosti, tzn. měniče se spínanými kondenzátory, určené pro odběr malých proudů. Obvykle obsahují monolitické integrované obvody v kombinaci s dalšími pasivními součástkami. Galvanicky spojen vstup s výstupem. Obvykle použity pro dvojnásobení a inverzi vstupního napětí.

- Měniče s cívkami vycházející z klasických zapojení spínaných zdrojů. Dovolují konstruovat měniče s vysokou účinností při možnosti snižovat, zvyšovat či invertovat vstupní napětí. Výstup vždy galvanicky spojen s vstupem.

Lineární a spínané měniče Existují dvě základní metody konverze napětí. Lineární regulace, regulační charakteristika je dosažena s jedním nebo i více polovodičovými prvky, které jsou provozovány v jejich lineární části VA charakteristiky. Druhá metoda, spínané měniče. V tomto případě je napěťové konverze dosaženo

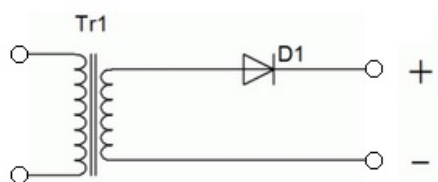
přepínáním jedné nebo více polovodičových součástek co nejrychleji mezi jejich sepnutým a rozepnutým stavem.[11][5]

3.5 Neřízené usměrňovače

Usměrňovač je elektrické zařízení, které slouží k přeměně střídavého elektrického proudu na stejnosměrný proud.

3.5.1 Jednocestný usměrňovač

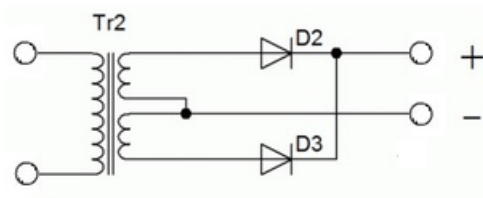
Usměrňovací dioda D je polarizována v přímém směru a prochází jí proud i_F do zátěže R_Z jen tehdy, je-li na její anodě větší napětí než na katodě. Dochází k usměrnění pouze jedné půlperiody vstupního střídavého napětí.



Obr. 3.4: Jednocestný usměrňovač[4]

3.5.2 Dvoucestný usměrňovač

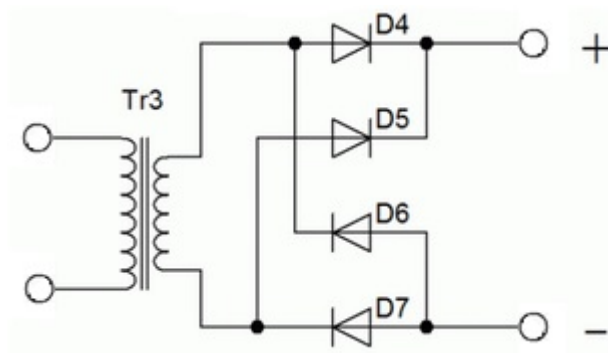
U tohoto typu usměrňovače je nutný síťový transformátor s vyvedeným středem sekundárního vinutí. Tento vyvedený střed rozděluje sekundární vinutí na dvě poloviny, takže vznikají dvě stejně velké výstupní napětí vzájemně posunutá o 180° vzhledem ke středu. Dochází k usměrnění obou půlperiod vstupního střídavého napětí.



Obr. 3.5: Dvoucestný usměrňovač[4]

3.5.3 Můstkový usměrňovač

Jedná se o dvojcestný usměrňovač u něhož je oproti předešlému typu výhodou jednodušší síťový transformátor. Jsou zde však nutné čtyři usměrňovací diody. Dochází k usměrnění obou půlperiod vstupního střídavého napětí.



Obr. 3.6: Můstkový usměrňovač[4]

3.6 Řízené usměrňovače

Obvody podobné neřízeným usměrňovačům s rozdílem, že některé nebo všechny diody jsou nahrazeny řízenými prvky- nejčastěji tyristory. Tak lze čistě elektronicky s velkou účinností řídit stejnosměrnou složku výkonu na zátěži. Díky střídavému AC napájení je zajištěno vypínání tyristorů po každé kladné půlvlně napájení.[4][11]

3.7 Stabilizátor

Jejich úkolem je udržovat stálé napětí na zátěži, buď při kolísajícím napětí zdroje, nebo při změnách zatěžovacího proudu. Zapojují se mezi napájecí zdroj a zátěž. Obecně se používají tři způsoby stabilizace stejnosměrného výstupního napětí. Ty se liší vlastnostmi a především účinností:

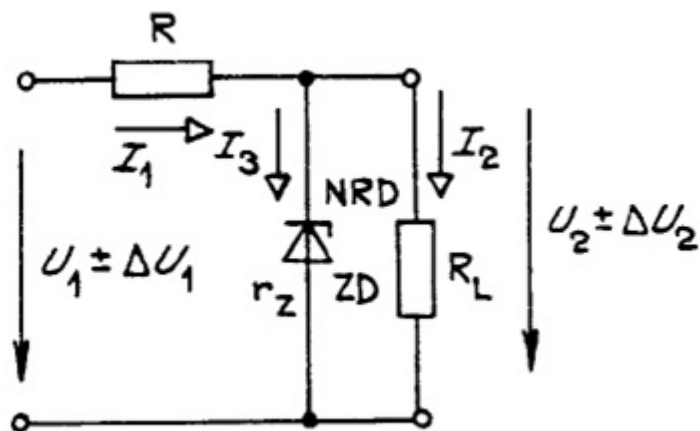
Pasivní- ke stabilizaci využívá nelineární prvek dosahují malé účinnosti.

Aktivní- využití zpětnovazebního obvodu ke stabilizaci, spojitá regulace- střední účinnost, použití pro přístroje s malým nebo středním odběrem. Nespojité regulace- účinnost 65 %-80 %, pro digitální obvody[4]

3.7.1 Pasivní stabilizátory

U pasivních stabilizátorů se využívá nelineární V-A charakteristiky nelineárních prvků, především Zenerovy diody. Tyto stabilizátory se Zenerovou diodou se po-

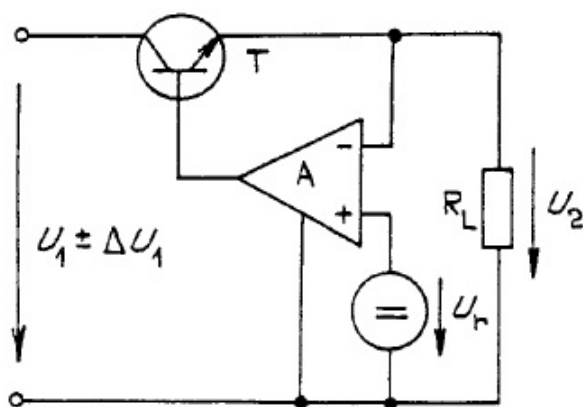
užívají tam, kde není velký odběr proudu a kde nejsou na stabilizátory kladeny přísné požadavky. [4]



Obr. 3.7: Pasivní stabilizátor se Zenerovou diodou[4]

3.7.2 Lineární spojitý stabilizátor

Obvykle využívá princip neinvertujícího zesilovače s velice malým přenosem- použití silné záporné zpětné vazby a požadovaný nepatrný výstupní odpor obvodu zase zaručuje vazba paralelně k výstupu tedy napěťová. Vlastní aktivní regulační prvek může být buď v sérii s výstupem, nebo paralelně k výstupu.



Obr. 3.8: Spojitý zpětnovazební stabilizátor napětí[4]

Sériový zpětnovazební stabilizátor má proti paralelnímu obvykle příznivější činitel B tedy účinnost. Vlastní akční člen může být tvořen i více tranzistory v Darlingtonově zapojení (větší proudové zesílení prvku, ale horší teplotní drift).[4][11]

3.8 Astabilní klopný obvod

Klopné obvody jsou takové obvody, které se mohou nacházet ve dvou stabilních rovnovážných stavech, v nichž se obvodové celičiny (napětí a proud) v obvodu nemění. Tyto stavy mohou být stabilní trvale nebo dočasně, kdy obvod po uplynutí určité doby dané jeho konstrukcí přejde do druhého stavu samovolně. Astabilní klopný obvod nemá žádný stabilní stav, což má za následek jejich neustálou oscilaci mezi jedním a druhým stavem dle časové konstanty, jenž je nastavitelná pomocí volby součástek.

3.8.1 Funkce astabilního klopného obvodu

Po zapojení obvodu se začnou oba kondenzátory C1 a C2 nabíjet a tranzistory Q1 a Q2 se začnou otevírat. Jelikož jsou použity reálné tranzistory, které mají (vlivem nedokonalé výroby) mírně odlišné parametry, jeden z tranzistorů se otevře dříve. Za předpokladu, že se dříve otevře tranzistor Q1, kondenzátor C1 se začne vybíjet, čímž uzavře tranzistor Q2. Kondenzátor C2 se nabíjí a ještě více otevírá Q1 (kladná zpětná vazba). V okamžiku, kdy se C1 přebije na opačnou polaritu, vzroste na bázi Q2 napětí a ten se začne otevírat. Toto způsobí nabíjení kondenzátoru C1 a vybíjení C2. V tomto okamžiku se obvod skokově překlápí a na výstupu (kolektor jednoho z tranzistorů) se objeví opačná úroveň napětí.[8]

3.8.2 Výpočet astabilního klopného obvodu

Doba po kterou obvod setrvává v jednom či druhém stavu je dána vztahem 3.9:

$$t_{ij} = R_{ij} * C_j * \ln(2) \quad (3.9)$$

Kde $i,j=1,2$, R_{ij} je hodnota odporů a C_j hodnota kondenzátoru.

Vztah pro výpočet frekvence za podmínky $R_b = R_{b1} = R_{b2}$ je 3.10:

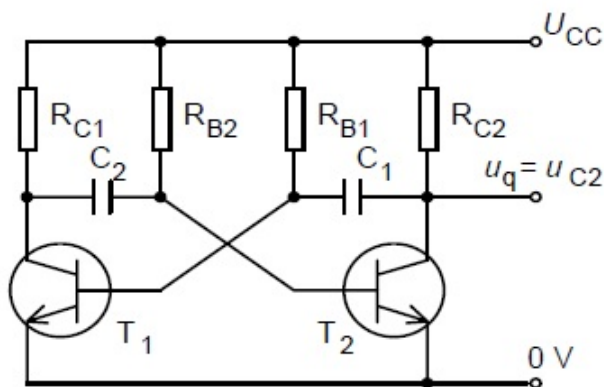
$$f = \frac{1}{2 * C * R_b * \ln(2)} \quad (3.10)$$

Kde C je hodnota obou kondenzátorů a R_b hodnota odporu.

Výpočet hodnoty odporu pro R_{c1} a R_{c2} je v závislosti na volbě tranzistoru a jeho hodnot napětí na přechodu B-E a proudem I_c , poté se vypočte jako 4.18:

$$f = \frac{U_{cc} - U_{be}}{I_c} \quad (3.11)$$

U_{CC} napájecí napětí, U_{BE} napětí mezi bází a emitorem tranzistoru.



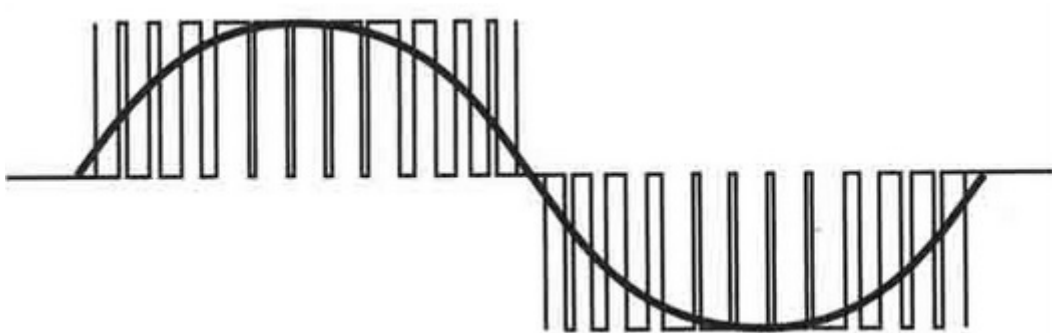
Obr. 3.9: Astabilní klopný obvod[8]

3.9 Pulsně šířková modulace (PWM)

Jedná se o diskrétní modulaci přenosu analogového signálu pomocí dvouhodnotového signálu. Signál je přenášen pomocí střídavy. Pro demodulaci postačí dolnofrekvenční propust.[4]

3.9.1 Princip PWM

Nositelem informace je šířka impulsu. Tedy rozdíl mezi nástupnou a sestupnou hranou. Čím je vzorek větší, tím je větší i šířka impulsu. Středy impulsů jsou od sebe vzdáleny rovnoměrně, náběžná a sestupná hrana je vzhledem ke středu impulsů rovnoměrná. Amplituda všech impulsů je stejně vysoká.[4]



Obr. 3.10: Průběh pulsně šířkové modulace

3.10 Peltierův článek

Funguje na základě Peltierova jevu, objevený Jeanem C. Peltierem v roce 1834. Prochází-li obvodem proud s dvěma rozdílnými vodiči v sériovém zapojení (bismut a tellur nejčastěji), jedna s jejich styčných ploch se ochlazuje a druhá zahřívá. Jejich nedostatkem je velká spotřeba a samy vyzařují veliké množství tepla, tudíž je nutné je více chladit než kolik by vyžadovalo samotné zařízení k chlazení. Článek lze využít i k vytvoření elektrické energie, při zahřívání a chlazení rozdílných stran produkuje teročlánek elektrický proud.

Článek má dvě stany, jedna chladicí, druhá topicí. Má také relativně nízkou účinnosti, v poměru (topicí/chladicí výkon) 1.5 až 2.5 při nulovém rozdílu teplot. Čím větší je rozdíl teplot, tím se snižuje účinnost.

Články mají různé rozměry a chladicí parametry. Můžeme najít články o rozměrech 10x10 až 60x60 mm a tloušťkou mezi 3 až 6 mm. Maximální chladicí výkon se pohybuje v řádech desetin a stovek wattů. Rozdíl mezi teplotami je nanejvýše 60 až 75 °C.[6]

3.10.1 Peltierův jev

Jedná se o jev opačný k Seebeckovu jevu. Elektrony přecházejí z materiálu s větší výstupní prací do materiálu s menší výstupní prací a v místě styku je jejich pohyb kladen menší odpor. Elektrony zde mají přebytek kinetické energie, který uvolňují v podobě tepla.[6]

4 TEORETICKÝ NÁVRH

4.1 Návrh transformátoru

K realizaci této práce bylo zapotřebí obsluhovat a napájet několik prvků, které se budou starat o požadované vlastnosti miniskleníku pro pěstování masožravých rostlin. Jednotlivé řídicí prvky mají odlišné hladiny napájení od 17 do 24 V a proudy od mA po jednotky A. K realizaci napájení bude zapotřebí jedno přetransformované napětí pomocí DC/DC měničů transformovat na jiné. V této části se seznámíme s návrhem transformátoru. Byl tedy navrhnut jednoduchý transformátor, který transformuje vstupní síťové napětí na jedno výstupní napětí, a to 24 V a 9 A. Pomocí navržených měničů pak bude napětí a proud dále přetransformován dle našich požadavků. Postup při jeho navrhování je uveden níže.

4.1.1 Postup při návrhu transformátoru

Pro samotný návrh je zapotřebí znát nejvyšší hladinu napětí a součet všech proudů tab.B.2.

Prvek	Napětí [V]	Proud [A]
Mlžič	24	1,2
Peltier	16	5,3
Osvětlení	16	2
Ventilátor	24	0,25
Motorek k ovládání dvěří	24	0,25
Celkový proud		9

Tab. 4.1: Tabulka hladin napájení a proudů pro jednotlivé prvky ovládání

Celkový proud byl pro výpočty zaokrouhlen na 9A. Výpočet zdánlivého výkonu (výkon na sekundární straně)4.1:

$$P_z = U_{21ef} * I_{21ef} = 24 * 9 * 1,3 = 280VA \quad (4.1)$$

1,3> rezerva kvůli ztrátám.

Transformátor bude pracovat v okolí okolo 25 °C = ϑ_s , $\vartheta_{max}=105$ °C

$\Delta\vartheta= \vartheta_{max} - \vartheta_s=105-25= 80^\circ\text{C}$

U_{21ef} a I_{21ef} , efektivní hodnoty proudu pro sekundární vinutí. ϑ_s teplota okolí ve kterém pracuje transformátor, ϑ_{max} maximální provozní teplota, $\Delta\vartheta$ rozdíl maximální a provozní teploty.

Vybráno jádro Q8.3

Parametr	Hodnota
Účinnost	91 %
Proudová hustota	3,3 A/mm ²
Počet závitů na 1 V	3
Plocha okénka pro vinutí	11,4

Tab. 4.2: Tabulka parametrů jádra

Výpočet příkonu P14.2:

$$P_1 = \frac{Pz}{\eta} = \frac{280}{0.91} = 308VA \quad (4.2)$$

Ztrátový výkon Pztr4.3:

$$Pztr = P_1 - Pz = 308 - 280 = 28VA \quad (4.3)$$

Výpočet primárního proudu4.4:

$$I = \frac{P_1}{U_{1ef}} = \frac{308}{230} = 1.34A \quad (4.4)$$

Kde Pz je zdánlivý výkon a U1ef je efektivní hodnota napětí na primární straně.

Výpočty proudových hustot na primární 4.5 a sekundární 4.6 straně:

$$J_1 = J * 0,85 = 2,805 \quad (4.5)$$

Zmenšení proudové hustoty, kvůli chlazení

$$J_2 = J * 1,1 = 3,63 \quad (4.6)$$

Výpočet průřezu vodičů primárního 4.7 i sekundárního 4.8 vinutí:

$$Sc_1 = \frac{I_1}{J_1} = \frac{1,34}{2,805} = 0,4777 \quad (4.7)$$

vybrán vodič průřezu 0,8 mm

$$Sc_2 = \frac{I_2}{J_2} = \frac{9}{3,63} = 2,4793 \quad (4.8)$$

vybrán vodič průřezu 1,8 mm

J proudová hustota daného typu jádra, J_1 , J_2 proudová hustota primárního a sekundárního vinutí a Sc_1 , Sc_2 průřez vodiče pro primární a sekundární vinutí.

Určení počtu závitů primárního 4.9 a sekundárního 4.11 vinutí

$$N_1 = U_1 * N_1 v = 230 * 3 = 690 \text{ závitů} \quad (4.9)$$

Kompenzace vlivu oteplení transformátoru 4.10

$$U'_2 = U_2 * \frac{100 - \Delta U}{100} = 26.28 \quad (4.10)$$

$$N_2 = U'_2 * N_1 v = 79 \text{ závitů} \quad (4.11)$$

N_1, N_2 počet závitů primárního a sekundárního vinutí, $N_1 V$ je počet závitů na 1 V.

Plocha zabraná jednotlivými vinutími Sp_1 4.12 a Sp_2 4.13 a celková plocha zabraná vinutími Sp 4.14

$$Sp_1 = \frac{N_1}{N_{1,1V}} = 5,75 \quad (4.12)$$

$$Sp_2 = \frac{N_2}{N_{2,1V}} = 2,73 \quad (4.13)$$

$$Sp = Sp_1 + Sp_2 = 5,75 + 2,73 = 8,48 \quad (4.14)$$

Činitel plnění okna 4.15 by měl odpovídat rozsahu 50 % až 80 %

$$K_{pl} = \frac{Sp}{Sw} = \frac{8,48}{11,4} = 74 \% \quad (4.15)$$

Parametry transformátoru:

Jádro Q8.3

Primární vinutí: 690 závitů, průřez vodiče: 0,75mm

Sekundární vinutí: 79 závitů, průřez vodiče: 1,6mm

4.2 Návrh měničů

Při návrh měničů pro transformování bylo použito uživatelsky volně přístupné prostředí firmy Texas Instrument, kde jsem dle požadavků vypočítal potřebný měnič, který bude v další části práce sestaven.

4.2.1 Požadavky na měniče

Bylo zapotřebí navrhout celkově 3 hladiny napájení viz. 4.3

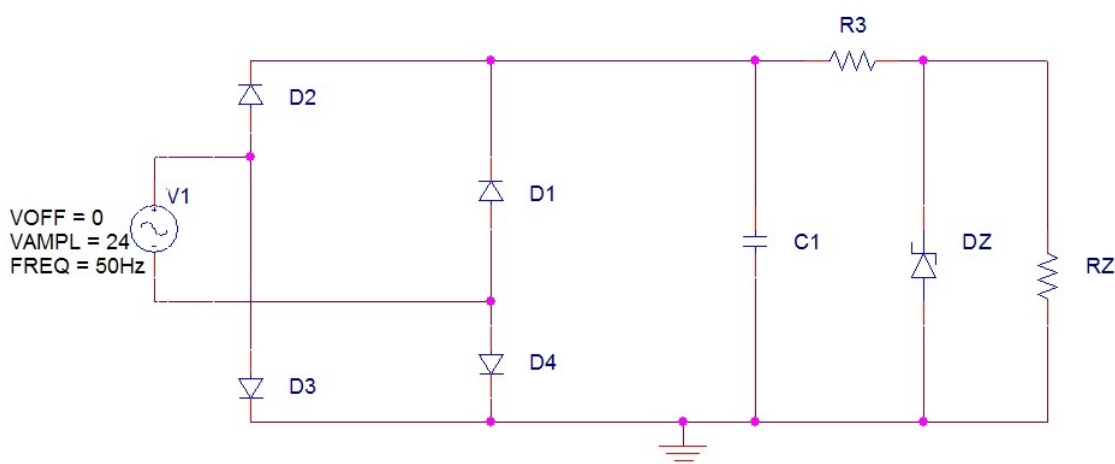
1. Hladina byla usměrněna a stabilizována přímo z vývodu transformátoru, schéma tohoto zapojení je vidět na obr 4.1. Avšak toto zapojení bylo konzultováno a předpokládá se jeho nahrazení za integrované části.

Hladiny napájení:	Napětí [V]	Proud [A]	Prvky
1.Hladina	24	2	mlžič, ventilátor, otevírání dveří
2.Hladina	16	7	Osvětlení, Peltierův článek
3.Hladina	-15	0.25	Napájení pomocných obvodů

Tab. 4.3: Tabulka hladin napájení

Hladina pro osvětlení a peltierův článek byla navržena v prostředí od firmy Texas Instrument. Více v kapitole o jeho návrhu viz 4.2.2.

Poslední hladina je vytvořena ze sekundárního vinutí pomocí integrovaného obvodu LM7915 pro transformaci na -15, kde byl malý proudový odběr (v řádech stovek mA).



Obr. 4.1: Zapojení usměrnění a stabilizaci 24V

4.2.2 Prostředí pro výpočet měničů

Přímo na úvodní stránce firmy Texas Instrument je ve spodní pravé části aplikace, do které se zadají požadované parametry a stiskem tlačítka Start design nám v novém okně naskočí nabídka s volbou formátu našeho měniče. Když bude formou kontroléru, bude celý obvod zapouzdřen a dodán jako jedna součástka. Takové obvody jsou považovány za nejpřesnější. K formě integrované bude zapotřebí dokoupit několik součástek a vytvořit desku s osazením, zde je nejlepší poměr cena/kvalita. Posledním je Modulová forma, která se dodává jako součástka a výsledné zapojení se musí doplnit dalšími součástkami, tato metoda nejjednodušší na provedení. Nebo můžeme zvolit metodu, kde se nám ukáží všechny metody a my si vybereme podle požadavků na efektivitu, počtu součástek a další.

Po výběru metody si vybereme konkrétní zapojení, jak již bylo zmíněno, volíme dle efektivity, ceny a dalších. Při realizaci této bakalářské práce bylo zvoleno konkrétní zapojení stiskem tlačítka open design, k tomuto úkonu je nutno být zaregistrován. Po otevření designu se nám zobrazila nabídka, ve které je možno listovat mezi grafy, teplotními závislostmi, schématem, seznamem součástek a mnoho dalších.[7]

4.2.3 Návrh měničů v prostředí WEBENCH

Jako první byly zadány vstupní a výstupní hodnoty, na které bude potřeba měnič navrhnut.

WEBENCH[®] Designer *My Designs*

Clocks	Filters	Sensors
Power	FPGA/μP	LED

Enter your power supply requirements:

☒ DC ☐ AC

Vin Min V Max V

Vout V Iout A

Output V

Ambient Temp °C

☐ Multiple Loads ☐ Single Output

Power Architect **Start Design**

Obr. 4.2: Nastavení vstupů a výstupů měniče

Poté si zvolíme formu, kterou požadujeme, aby byl měnič nasimulován 4.3.

Select your power supply solution

Module

Easiest to use

Low EMI

Choose Part

Integrated

Easy to use

Cost effective

Choose Part

Controller

Maximum flexibility

High performance

Choose Part

Or

Compare All Part Types

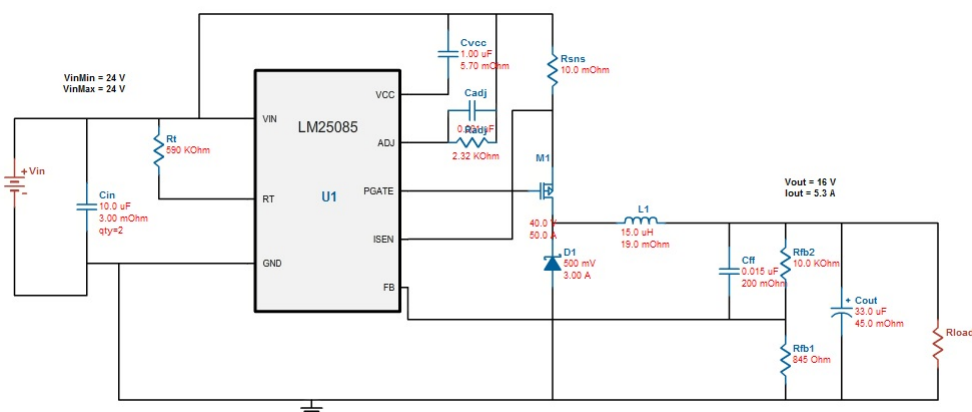
Do not show this again ☐

Obr. 4.3: Zvolení formy měniče

V nabídce se nám zobrazilo několik možných zapojení 4.4. V další části pak došlo ke zvolení konkrétnímu zapojení 4.5. Konkrétní zapojení bylo vybráno tak, aby bylo rovnoměrně rozložené ve všech aspektech jako je cena, efektivita a další.

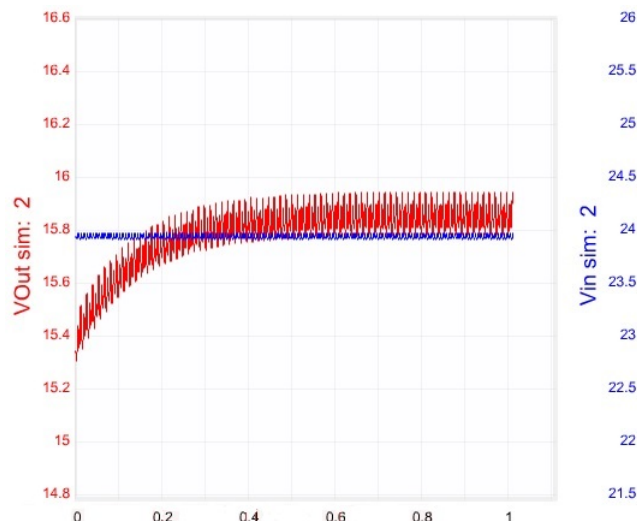
Solutions													
Part	Create	WEBENCH® Tools	Schematic	BOM Images	Design Considerations	BOM Footprint (mm ²)	BOM Cost	Eff (%)	BOM Count	Freq (kHz)	Vout p-p (mV)	Xover Freq (kHz)	
LM25088	Open Design				42V BUCK CONTROLLER	493	\$3.39	98%	23	442	10.19	NA	
LM5088	Open Design				75V Buck Controller	493	\$3.61	98%	23	442	10.19	NA	
TPS40170	Open Design				4.5V to 60V Wide Input Synchronous PWM Buck	399	\$3.84	98%	30	348	39.88	40	
LM3150	Open Design				SIMPLE SWITCHER(r) Controller	586	\$3.87	98%	27	434	9.75	NA	

Obr. 4.4: Vybírání z možných zapojení



Obr. 4.5: Konkrétní zapojení

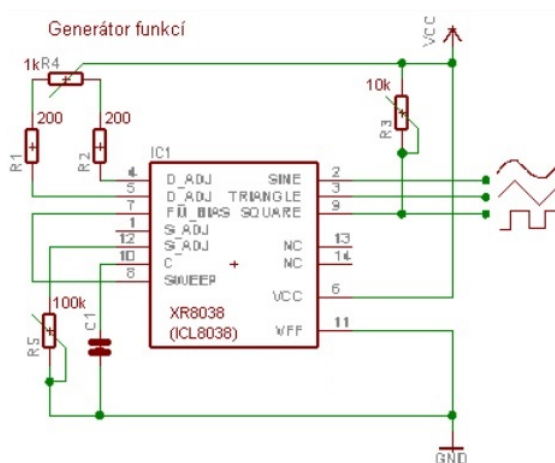
Webench nabízí mnoho doplňkových aplikací jako je například teplotní simulace desky, simulace obvodu, seznam součástek a výběr jejich alternativ. Při řešení jsem použil pouze simulaci, z důsledků prokázání, aby bylo dosaženo požadované napětí 4.6.



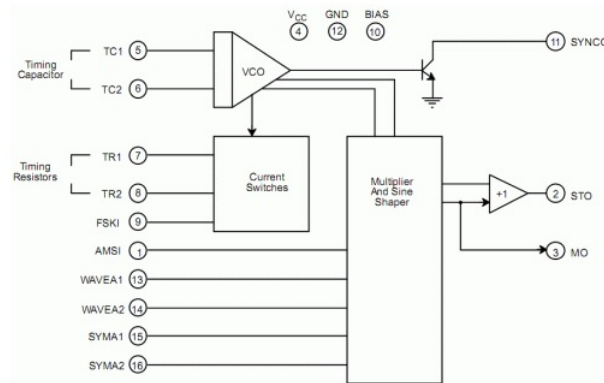
Obr. 4.6: Simulace napětí na výstupu měniče

4.3 Osvětlení

K realizaci osvětlení skleníku bylo použito sério-paralelní zapojení diod. K jejich řízení jasu, kterým diody osvětlují skleník, byla použita pulsně šířková modulace. Konečné zapojení pro PWM modulaci bylo vybráno z několika původních návrhů. Jako první bylo uvažováno zapojení 4.7, které však bylo zbytečně složité pro moji konkrétní realizaci taktéž zapojení 4.8, jenž by představovalo doslova kanón pro moji aplikaci. Ve výsledku bylo navrženo odlišné zapojení s astabilním klopným obvodem 4.3.1 a tvarovačem.



Obr. 4.7: Generátor funkcí sinus, obdélník, trojúhelník[9]



Obr. 4.8: Blokové schéma funkčního generátoru[9]

Obvod byl navrhnout a odsimulován v programu OrCad capture. Výsledky pak byly konzultovány a v další části práce bude na základě výsledku vytvořeno zapojení. Pro PWM bylo nutné vytvořit pilovitý průběh, který byl komparován s hodnotou napětí, která se pohybuje, a je tak možné nastavit střídu. PWM je možné nastavit potenciometrem nebo fotoodporem.

Aby bylo možné realizovat pilovitý průběh napětí, bylo zapotřebí nejprve vytvořit obdélníkový průběh. K tomuto účelu byl zvolen astabilní klopný obvod 4.9 se střídou 1:9, jeho průběh můžeme vidět na obr. 4.10

4.3.1 Návrh klopného obvodu

Postupem uvedeným v kap. 3.8. jsem navrhnul astabilní klopný obvod. Za použití vzorce 4.18, byly vypočteny hodnoty odporů R_{c1} a R_{c2} . Ube byla odečtena 6V pro tranzistor BC547B.

$$R_c = \frac{U_{cc} - U_{be}}{I_c} = \frac{17 - 6}{0.1} = 110\Omega \quad (4.16)$$

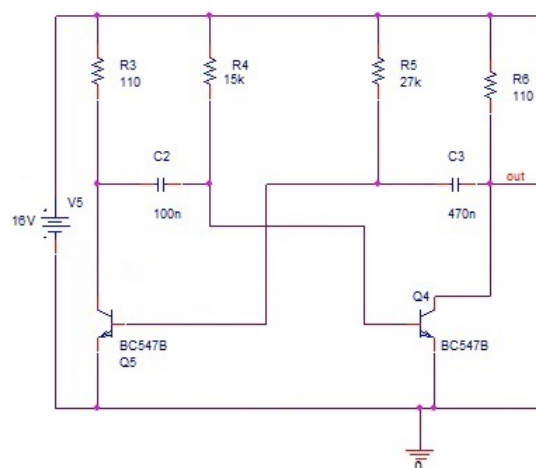
Byl zvolen odpor 100Ω z řady. Perioda byla zvolena 10 ms v poměru 1:9. Výpočet pro hodnoty odporu a kondenzátoru dle vztahu 3.9.

$$t_1 = \ln(2) * R_4 * C_2; \quad (4.17)$$

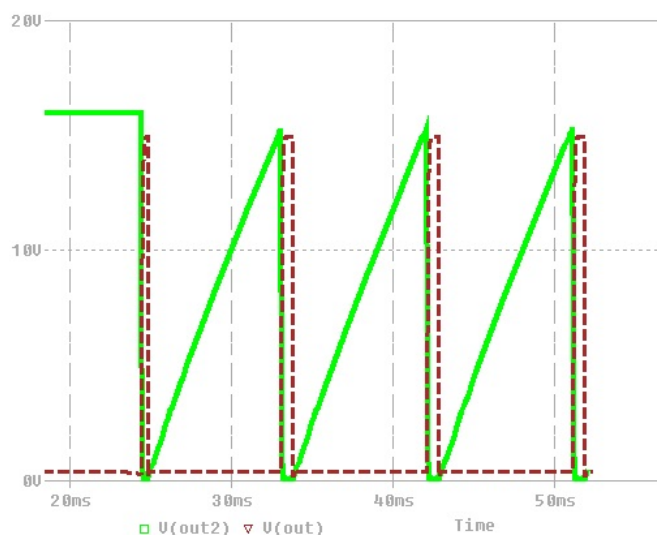
C_2 zvolen 100nF a C_3 470nF dle nich byly poté dopočítány odpory.

$$R_4 = \frac{0.001}{100 * 10^{-9} * \ln(2)} = 14426\Omega; R_5 = \frac{0.009}{470 * 10^{-9} * \ln(2)} = 27626\Omega; \quad (4.18)$$

Byly zvoleny odpory z řady $R_4 = 15k\Omega$ a $R_5 = 27k\Omega$.

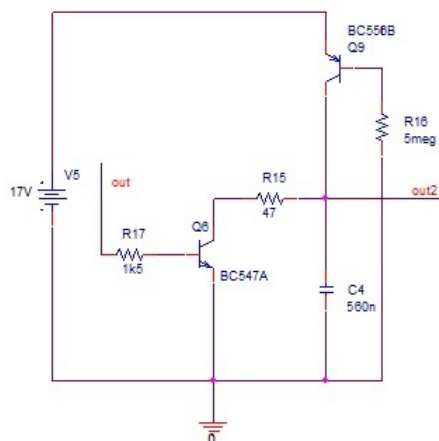


Obr. 4.9: Navrhnutý astabilní klopný obvod

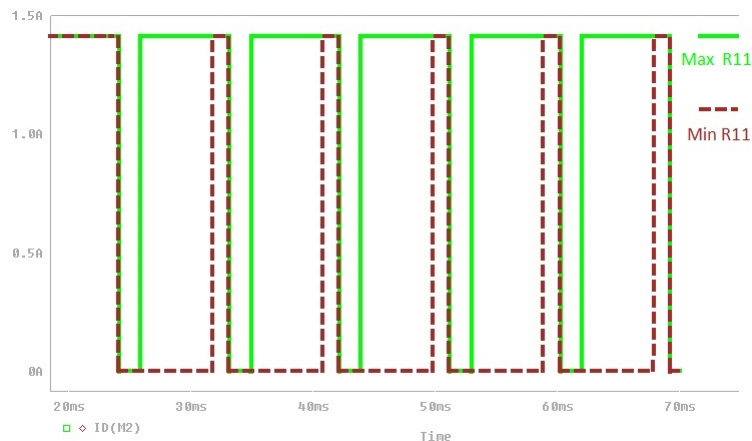


Obr. 4.10: Simulace astabilního klopného obvodu a pilovitého průběhu

Výstup astabilního klopného obvodu 4.9 byl připojen ke generátoru pilovitého průběhu obr. 4.11, který byl převzat z [10] a v programu Orcad upraven na potřebné hodnoty. Výslednou simulaci z výstupu můžeme vidět na obr. 4.12. Odpor R17 slouží k omezení napětí vstupujícího do báze tranzistoru. Přes odpor R15 dochází k vybíjení kondenzátoru. Tranzistor Q9 je mírně otevřen pomocí odporu R16. Pro řešení v praxi bude použit trimr na přesnější nastavení pilovitého průběhu.

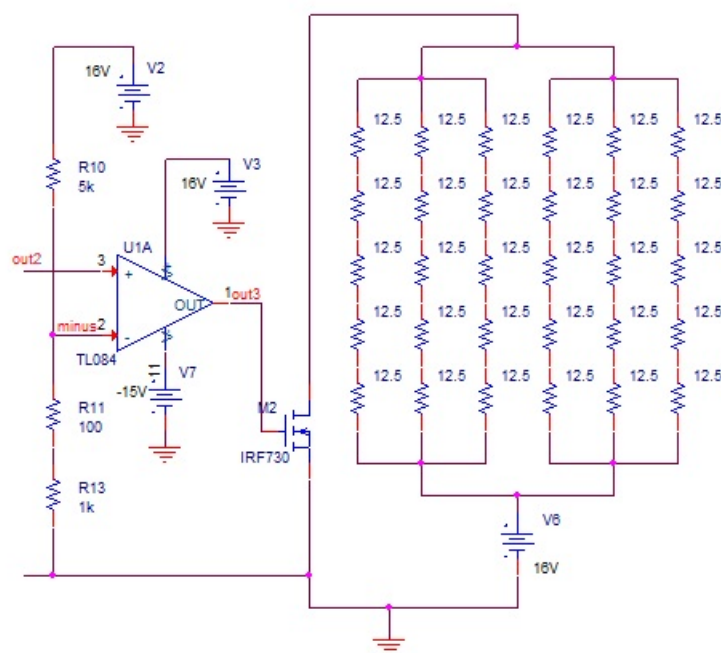


Obr. 4.11: Zapojení generátoru pilovitého průběhu[9]



Obr. 4.12: Průběh proudu na D Mos-fetu pro maximální a minimální výchylku potenciometru

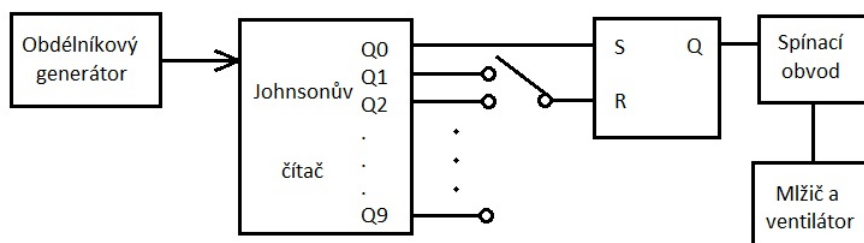
Následně je pomocí obvodu s komparátorem obr4.13 porovnáváno napětí a vytvořena tak pulsně šířková modulace. Pulsně šířková modulace je přivedena na FET tranzistor obr4.13, který pak následně reguluje proud procházející sérioparalelním zapojením diod obr4.13. V simulaci nahrazeny rezistory, jelikož v tomto případě jsou hodnoty součástek korespondentní. Velikost proudu, který vstupuje do FET tranzistoru, bylo možné za pomoci parametrické simulace odporu R11 měnit v rozsahu 0.1Ω (považováno za 0, jelikož přímo s 0 hodnotou odporu orcad neumí pracovat) až $5K \Omega$.



Obr. 4.13: Schéma komparátoru s připojenou zátěží

4.4 Mlžič

Mlžič bude obstarávat úlohu vzdušné vlhkosti RVV. Je realizován jako Jonsonův čítač. Výstup generátoru obdélníkového signálu je přiveden na hodinový signál Johnsonova čítače a první výstup je veden přes logický obvod SR, který má po sepnutí na výstupu log. 1 na relé zapínající nám mlžič společně s ventilátorem. Díky otočnému přepínači je možné volit výstup Johnsonova čítače, a tím čas po který je přivedeno napájení k obvodu v rozmezí 30 s až 4,5 minut. Rozepnutí opět obstarává obvod SR, jenž je vypnut příchozím signálem z námi zvoleného výstupu Johnsonova čítače. Viz blokové zapojení na obr 4.14.



Obr. 4.14: Blokové schéma napájení mlžiče a ventilátoru

Toto zapojení bylo překresleno v prostředí Orcad capture, kde se však nepoda-

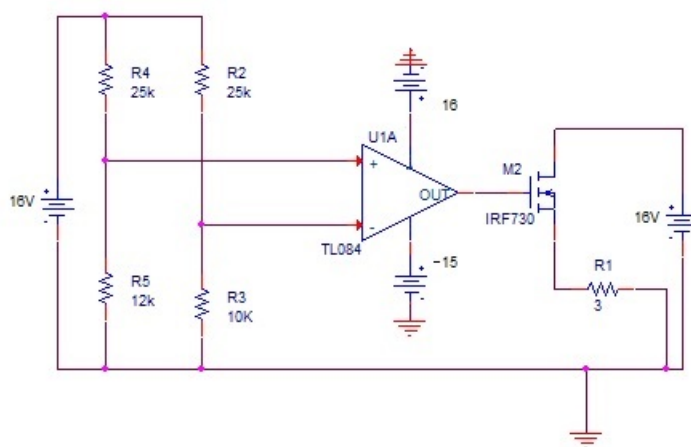
řilo přivést simulaci k požadovaným výsledkům. Po tomto nezdaru jsem zapojení sestavil na nepájivém poli a pokusil se o zobrazení výsledku na osciloskopu kde jsem jako zdroj signálu použil funkční generátor s obdélníkovým průběhem. Po těchto nezdarech byla realizace čítání doby implusů pro nastavení doby spuštění mlžiče a ventilátoru ponechána na navazující práci tohoto projektu. Jelikož bude nejspíše zapotřebí odlišné zapojení a není zcela jisté jak dlouhé časové úseky budou zapotřebí.

4.4.1 Ventilátor

Součástí mlžiče je také ventilátor mající za úkol rozvíření mlhy po celém skleníku. Pro řízení jeho otáček jsem zvolil opět pulsně šířkovou modulaci viz kap. 3.9.

4.5 Peltier

Při realizaci napájení peltieru bylo zapotřebí, aby byl obvod sepnut při poklesu teploty pod stanovenou hodnotu. K tomuto účelu byl použit operační zesilovač v zapojení jako komparátor. Výstup komparátoru je přiveden na FET tranzistor a ten dle hodnoty sepne či rozezne napájení peltieru.

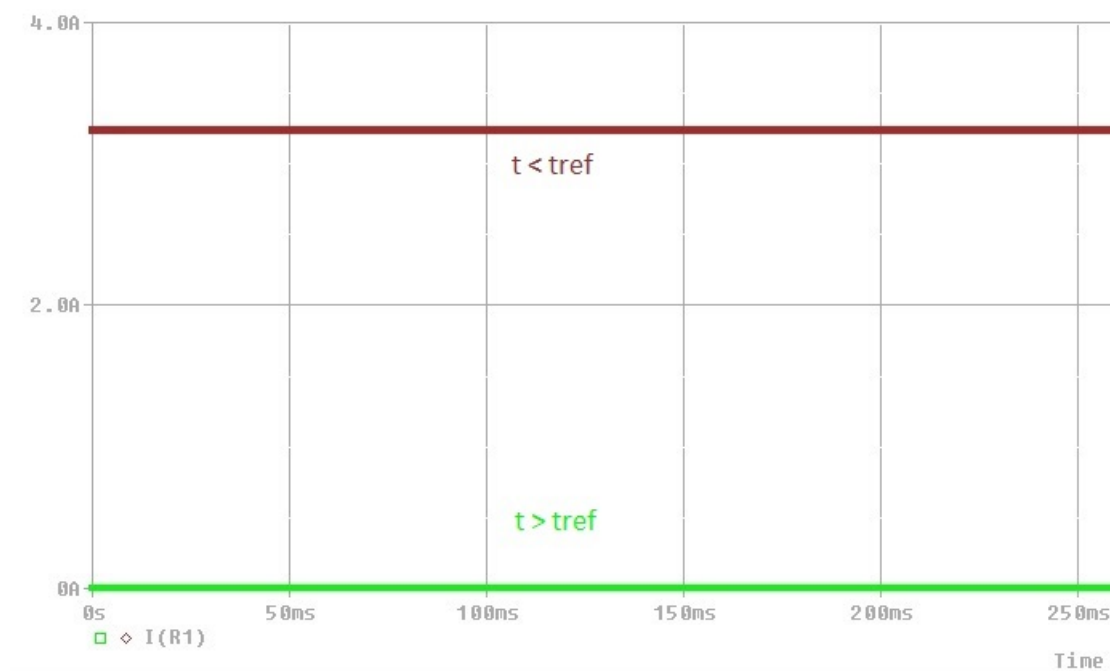


Obr. 4.15: Zapojení napájení peltierova článku

4.5.1 Napájení peltieru

K napájení Peltierova článku bylo zapotřebí sepnutí či vypnutí peltieru v závislosti na teplotě. O měření teploty se v zapojení stará termistor R5, který snižuje svůj odpor s rostoucí teplotou. Při nárůstu teploty dojde ke snížení odporu až pod komparační úroveň, zajištěnou děličem R2, R3. Pokud je komparační úroveň menší

než referenční (porovnávané) napětí, operační zesilovač má na výstupu minimální napětí a tudíž FET tranzistor je rozepnul. Naopak pokud přesáhne referenční napětí komparační úroveň operační zesilovač má na výstupu maximální napětí a dojde k sepnutí tranzistoru M2 a peltier začne topit. Potenciometrem R3 je možné měnit komparační úroveň, viz obr4.15.



Obr. 4.16: Průběh proudu na peltieru, při překročení referenční teploty

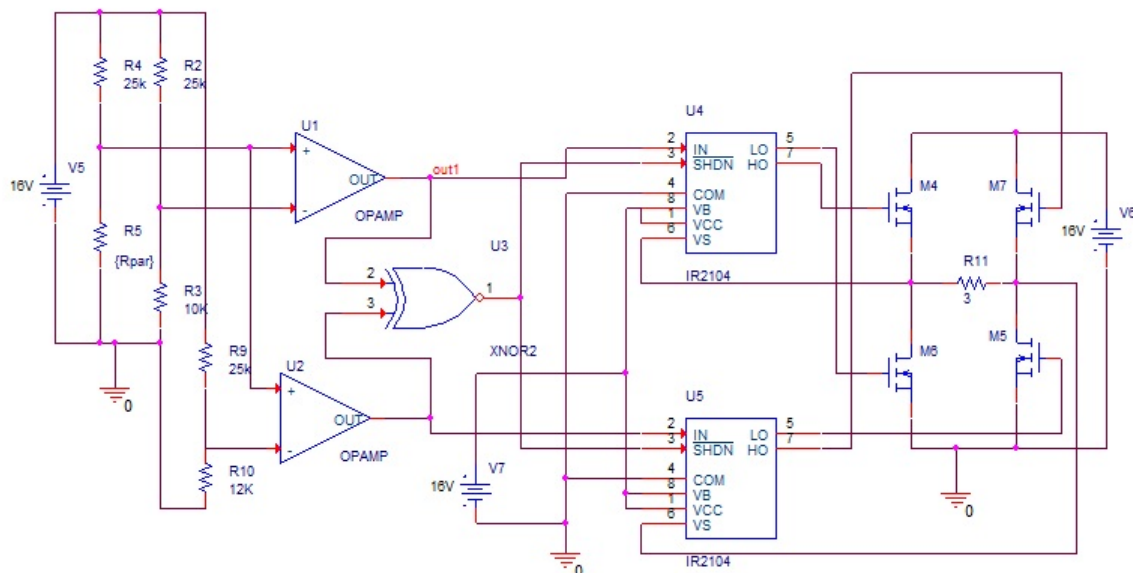
4.5.2 Rozšířené napájení peltieru

Při hlubším zkoumání peltierova článku jsem došel k výsledku, že pouhým přepólováním napájení dojde ke vzájemnému prohození chladicí a hřejivé plochy peltieru. Tuto možnost by bylo možné řešit pomocí zapojení 4 výkonových tranzistorů zapojených do můstku.

Bylo rozhodnuto tuto možnost alespoň teoreticky zpracovat. V zapojení jsou dva operační zesilovače ve funkci komparátorů, jeden z nich hlídá horní mezní teplotu, od které je zapotřebí chladit skleník. Druhá dolní mezní teplota má za úkol topit, dokud nebude teplota vyšší než požadovaná. Hodnoty rezistorů R3 a R10 udávají pásmo necitlivosti, kdy nedochází ani k topení, ani k chlazení. O pásmo necitlivosti se stará logický obvod XNOR, který je přiveden na negovaný vstup SD blokace driverů. Drivery postupně sepnou pár výkonových tranzistorů a dojde tedy k přepólování peltieru viz obr4.17.

4.5.3 Simulace rozšířeného napájení peltieru

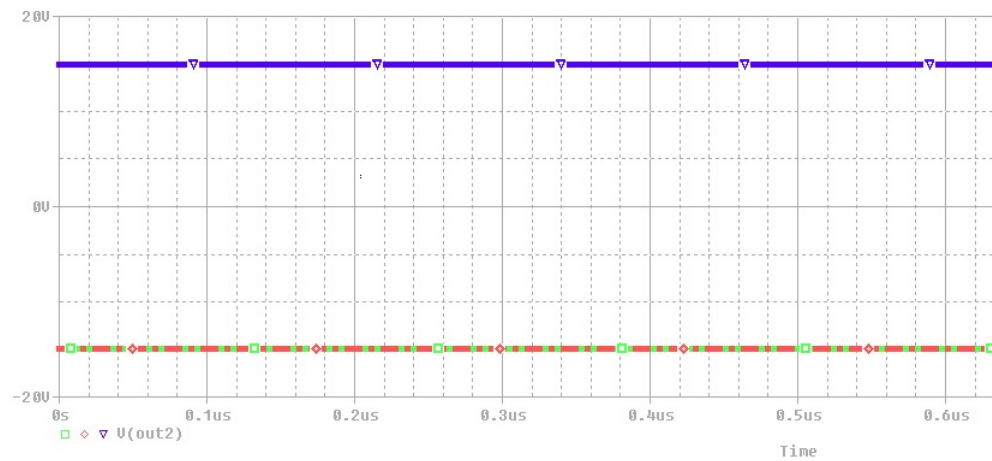
V programu Orcad byl navrženo a odzkoušeno zapojení dle obr4.17.



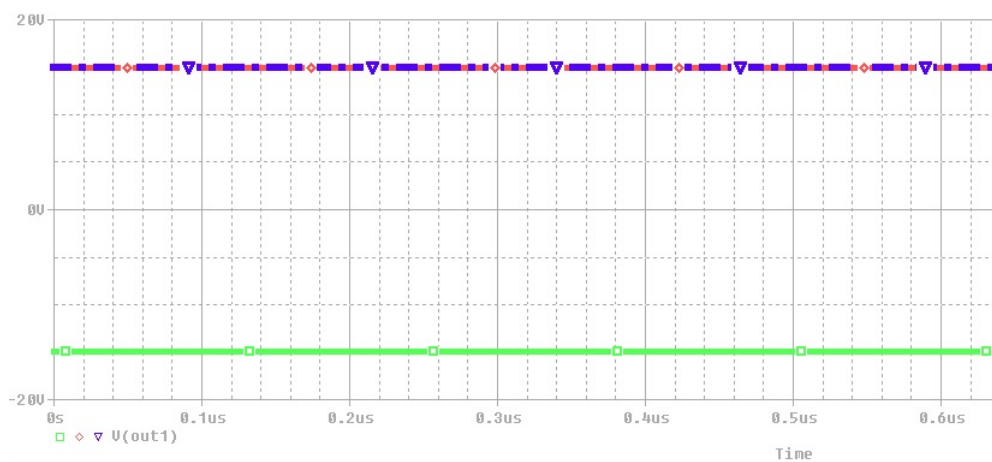
Obr. 4.17: Schéma zapojení ovládání peltieru

Na obrázcích 4.18 a 4.19 můžeme vidět výstupy jednotlivých komparátorů obr4.18 pro hlídání vysoké teploty skleníku a obr4.19 pro hlídání nízké teploty skleníku. Hodnoty odporu byly zvoleny tak, aby byly schopné nahrazovat termistor. Jednotlivé barvy odpovídají hodnotám: zelená $8k\Omega$, červená $11k\Omega$ a modrá $13k\Omega$. Z průběhů je vidět, že se mění prostřední hodnota, tedy pásmo, ve kterém nemá být nic spuštěno, od toho slouží v zapojení logický obvod XNOR, který při této situaci zablokuje vstup SD.

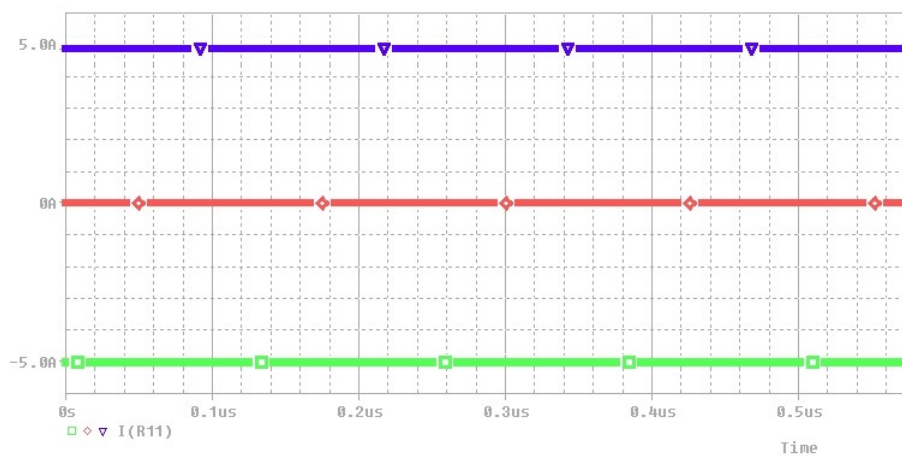
Průběh proudu zaznamenaný na samotném peltieru, který je v zapojení nahrazen odporem R11, je vidět na obr4.20. Průběhy odpovídají teoretickým předpokladům. Pokud je teplota malá, je odpor velký a peltierem prochází kladný proud. Naopak pokud je teplota vysoká, odpor klesá a dojde ke změně polarizace peltieru.



Obr. 4.18: Průběh na výstupu prvního komparátoru U1



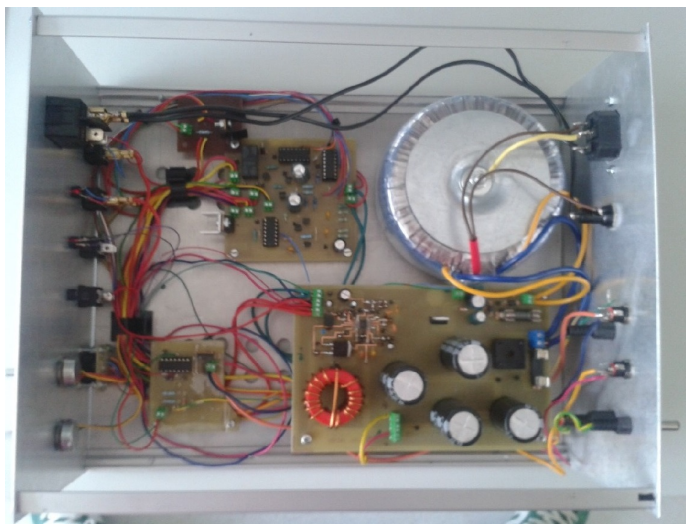
Obr. 4.19: Průběh na výstupu druhého komparátoru U2



Obr. 4.20: Simulace průběhu proudu na peltieru

5 REALIZACE

Tato kapitola pojednává o samotné praktické realizaci mnou navržených ovládacích prvků. Jeden hlavní síťový vypínač sloužící k sepnutí kompletního zařízení. Hlavní síťový vypínač přechází v další vypínače, které mají za úkol sepnout jednotlivé ovládací prvky analogového akvária. Není zde opomenuta ani jedna z hlavních funkcí, těmi jsou ovládání jasu diod, nastavitelná doba spuštění mlžiče společně s ventilátorem a také ovládání topení pomocí peltierova článku.



Obr. 5.1: Kompletní zapojení zařízení

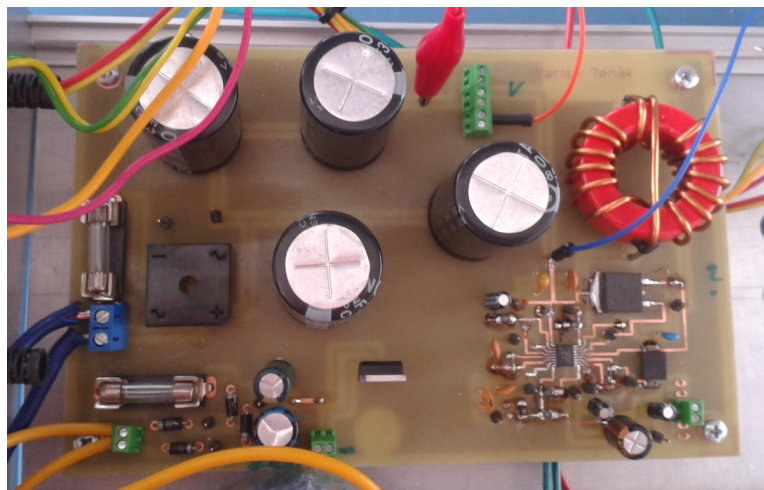
5.1 Napájecí deska

Přímo ze sítě je pomocí transformátoru sníženo napětí a přivedeno na napájecí desku. Při realizaci této desky bylo zapotřebí brát v úvahu počet hladin, které byly zapotřebí k realizaci práce. Byly tedy navrženy tři hladiny napájení 24V sloužící pro napájení mlžiče společně s ventilátorem. 16V pro ostatní prvky, napájení peltieru a osvětlení diod. Hladina -15V pak slouží pouze k napájení obvodu TL084.

5.2 Analogové ovládaní prvků

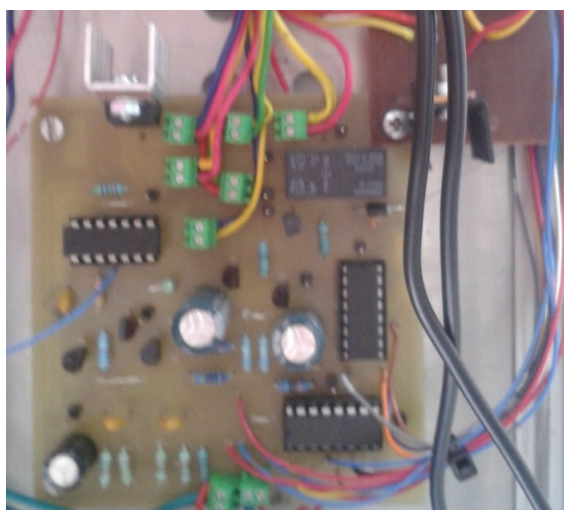
5.2.1 Mlžič a ventilátor

Pro tuto činnost bylo využito obvodu s Johnsonovým čítačem, který má na svých výstupech postupně za sebou změny při každém hodinovém signálu. O hodinový signál se stará klasický astabilní klopný obvod. První výstup Johnsonova čítače je



Obr. 5.2: Napájecí deska

přiveden na set RS klopného obvodu, ten nastaví výstup na logickou 1 a dojde k sepnutí relé. Otočným posuvným přepínačem se zvolí doba sepnutí mlžiče podle toho, na který výstup je reset RS klopného obvodu přiveden. Bylo navrženo jednoduché ztrátové ovládání otáček ventilátoru pomocí potenciometru a tranzistoru.



Obr. 5.3: Deska s ovládáním mlžiče a diod

5.2.2 Diodové pásy

Diodové pásy byly navrženy tak, aby bylo možné je jednoduše mezi sebou propojit v libovolném pořadí a libovolném počtu za sebou. K ovládání jasu diody bylo opět využito astabilního klopného obvodu, který pomocí impulsu spustí nabíjení kondenzátoru a vytvoří tak pilovitý průběh, který je následně komparován na operačním

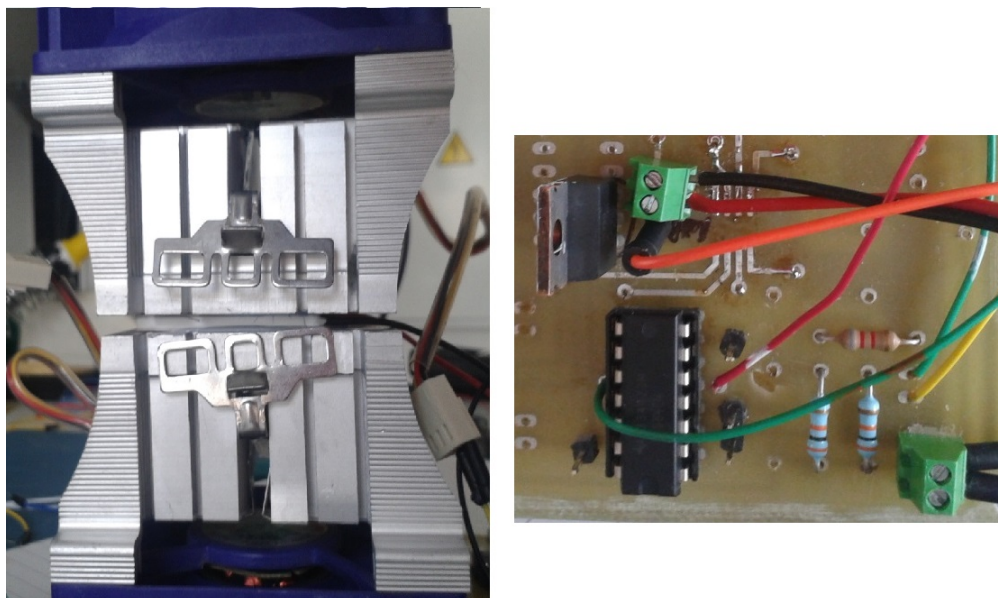
zesilovači TL084, s hladinou s fotorezistorem. Výstup operačního zesilovače je poté přiveden na mos-fet tranzistor a dojde k sepnutí obvodu s diodami.



Obr. 5.4: Led diodový pásek

5.2.3 Peltier

Při realizaci bylo využito opět operačního zesilovače TL084 ve funkci jednoduchého komparátoru, kde je jedna hladina pevně nastavena a druhá je proměnná pomocí termistoru. Výstup z operačního zesilovače je přiveden na mos-fet tranzistor a peltier je spuštěn.



Obr. 5.5: Peltier s chladiči a deska ovládání peltieru

5.2.4 Ovládací panel

Zadní ovládací panel obsahuje konektory pro připojení jednotlivých periférií a síťový přívod. V panelu je také pojistkové pouzdro pro jištění celého zařízení. Na předním panelu jsou diody signalizující zapnutí konkrétního obvodu společně s tlačítky, hlavním síťovým tlačítkem, otočným posuvným přepínačem a potenciometry k nastavení rychlosti otáček ventilátoru a manuálního nastavení jasu diod.



Obr. 5.6: Přední ovládací panel



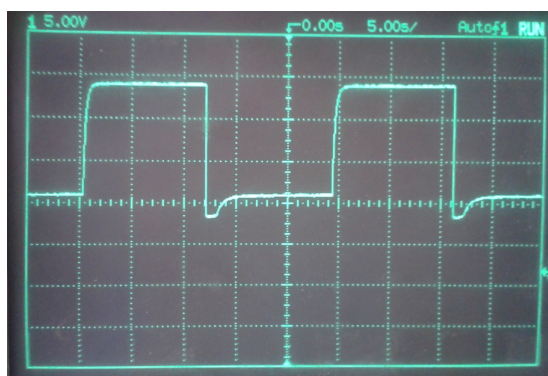
Obr. 5.7: Zadní ovládací panel

6 MĚŘENÍ

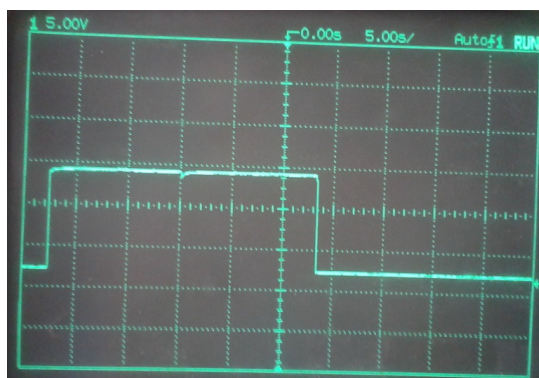
V nadcházející části je možné vidět prakticky naměřené hodnoty jednotlivých ovládacích prvků.

6.1 Naměřené průběhy

Na obr6.1 můžeme vidět periodu astabilního klopného obvodu, jehož střída je 1:1, s periodou 24,15 s. Tato hodnota je také doba, po kterou je spuštěn mlžič společně s ventilátorem. Na osciloskopu bylo možné zaznamenat pouze nejkratší dobu spuštění obr6.2, jelikož pro ostatní doby sepnutí je časová konstanta extrémně dlouhá v porovnání s časovou hodnotou osciloskopu.

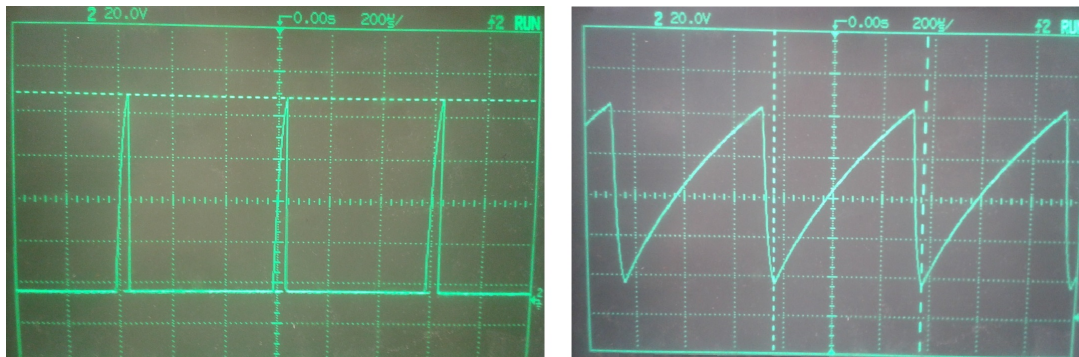


Obr. 6.1: Naměřená hodnota astabilního klopného obvodu pro mlžič



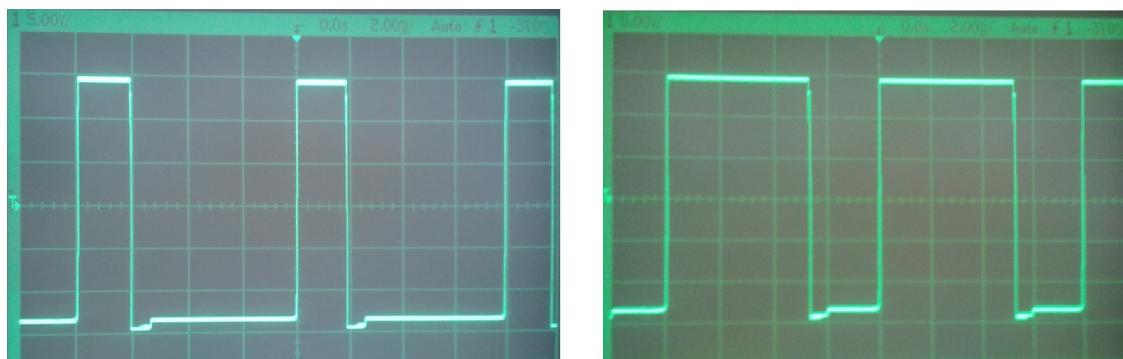
Obr. 6.2: Naměřená hodnota periody spuštění mlžiče pro nejkratší čas na výstupu RS obvodu

Dále pak na obr 6.3 je zaznamenán průběh na výstupu klopného obvodu společně s pilovitým průběhem. Průběh není zcela lineární, avšak pro toto konkrétní použití můžeme nelinearitu zanedbat.



Obr. 6.3: Impuls k spuštění pilovitého průběhu společně s pilovitým průběhem

Délka periody PWM modulovaného signálu je $620 \mu\text{s}$ odpovídají frekvenci $1,61\text{kHz}$, přičemž je možné regulovat střidu od $14,8\%$ do $83,2\%$, což odpovídá době $92 \mu\text{s}$ a $516 \mu\text{s}$.



Obr. 6.4: Minimální a maximální hodnota PWM

Zákmity které jsou vidět na obr6.1 a obr6.4 jsou pravděpodobně způsobeny dobou regenerace nosičů v tranzistorech. Tyto zákmity neovlivní funkci astabilního klopného obvodu.

7 ZÁVĚR

První kapitoly bakalářské práce jsou věnovány požadavkům a podmínkám pro růst masožravých rostlin. Dále pak jsou uvedeny teoretické návrhy obvodů, které byly využity pro realizaci miniskleníku.

Při samotné realizaci jsem došel k několika nedostatkům, některé z nich se však nepovedlo odstranit.

Nejprve bylo odstoupeno od realizace transformátoru, po seznámení s praktickým návrhem a po radách zkušených praktiků jsem dospěl ke koupi již hotového transformátoru přímo na mé požadavky, a to 24 V pro 10 A a -24V pro 1 A. Napětí -24V bylo úspěšně pomocí diod usměrněno a stabilizováno obvodem LM7915 na -15V, které slouží k napájení operačních zesilovačů. Napájecí hladina 24V byla taktéž úspěšně usměrněna a stabilizována, tentokrát Greatzovým můstkem a 4 kondenzátory o velikosti 10mF.

Problém nastal při realizaci měniče z 24V na 16V. O tu by se měl starat navržený měnič s obvodem LM5088 od firmy Texas Instrument, ale při měření nebylo možno této hodnoty dosáhnout. Osobně se domnívám, že tato chyba je způsobena nepřesnými součástkami, které musely být od originálního návrhu lehce pozměněny a ne vždy se plně shodují s parametry součástek použitých v návrhu.

Dalším krokem bylo postupné oživení desky sloužící k ovládání mlžiče, společně na této desce byl navržen obvod sloužící k ovládání jasu diod. U realizaci mlžiče došlo zpočátku ke špatnému propojení při návrhu desky v programu Eagle, tento nedostatek se dala však snadno odstranit. Aby docházelo k restartu obvodu 4017, bylo nutné přidat sériové zapojení kondenzátoru a odporu, mezi které pak byl přiveden reset obvodu 4017. Realizace PWM pro ovládání diod byla odzkoušena pomocí potenciometru a její zapojení bylo zjednodušeno. Jelikož při realizaci bylo možno dosáhnout pilovitého průběhu lineárním nabíjením kondenzátoru, bylo tedy využito lineárnější části nabíjení kondenzátoru.

Při konstrukci ovládání peltierova článku byla realizována část, kdy peltier je schopen pouze topit, popřípadně při obrácení jeho polarity chladit. Bylo zde použito jednoduché zapojení operačního zesilovače jako komparátoru s výstupem přivedeným na výkonový tranzistor. Zapojení, které obsahuje i chlazení, bylo doplněno v teoretickém seznámení.

LITERATURA

- [1] Český web o masožravých rostlinách *Masozravky.org* [online]. [cit. 2013-12-10]. Dostupné z: <<http://masozravky.org/>>
- [2] Masožravé rostliny, wikipedie. *wikipedie.org* [online]. [cit. 2013-12-10]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Masozrave_rostliny>
- [3] Masožravé rostliny Jakub Štěpán *http://mrjs.iplace.cz* [online]. [cit. 2013-12-10]. Dostupné z: <<http://mrjs.iplace.cz/>>
- [4] BEZDĚK, Miloslav. *Elektronika I*. České Budějovice: Nakladatelství KOPP, 2006. ISBN 80-7232-171-4.
- [5] KREJČÍŘÍK, Alexandr *DC/DC měniče* 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2001, 111 s. ISBN 80-7300-045-8.
- [6] Peltierův článek, wikipedie. *wikipedie.org* [online]. [cit. 2013-12-10]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Peltieruv_clanek>
- [7] WEBENCH, Texas Instrument *http://www.ti.com/* [online]. [cit. 2013-12-10]. Dostupné z: <<http://www.ti.com/>>.
- [8] Impulzová a číslicová technika. *Impulzová a číslicová technika: Přednášky*. 3. vyd. Brno: Vysoké učení technické, 2008. ISBN 978-80-214-3789-0.
- [9] *www.elweb.cz* *Generátor funkcí sinus, trojúhelník a obdélník*. In: *Www.elweb.cz* [online]. 2002 [cit. 2013-12-17]. Dostupné z: <<http://www.elweb.cz>>
- [10] *www.spsemoh.cz*, aplikace *Simulace obvodů* Spsemoh: Simulace [online]. 2000 [cit. 2013-12-17]. Dostupné z: <<http://www.spsemoh.cz/vyuka/zel/>>
- [11] Napájecí zdroje I.-III. *Napájecí zdroje I.-III.díl: Krejčířík,A* 1. vyd. Praha: praha, 1997. ISBN 80-86056-02-3.

SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

PWM Pulsně šířková modulace

DC Stejnosměrný zdroj

RVV Relativní vzdušná vlhkost

AC Střídavý zdroj

V-A Volt-Ampérova charakteristika

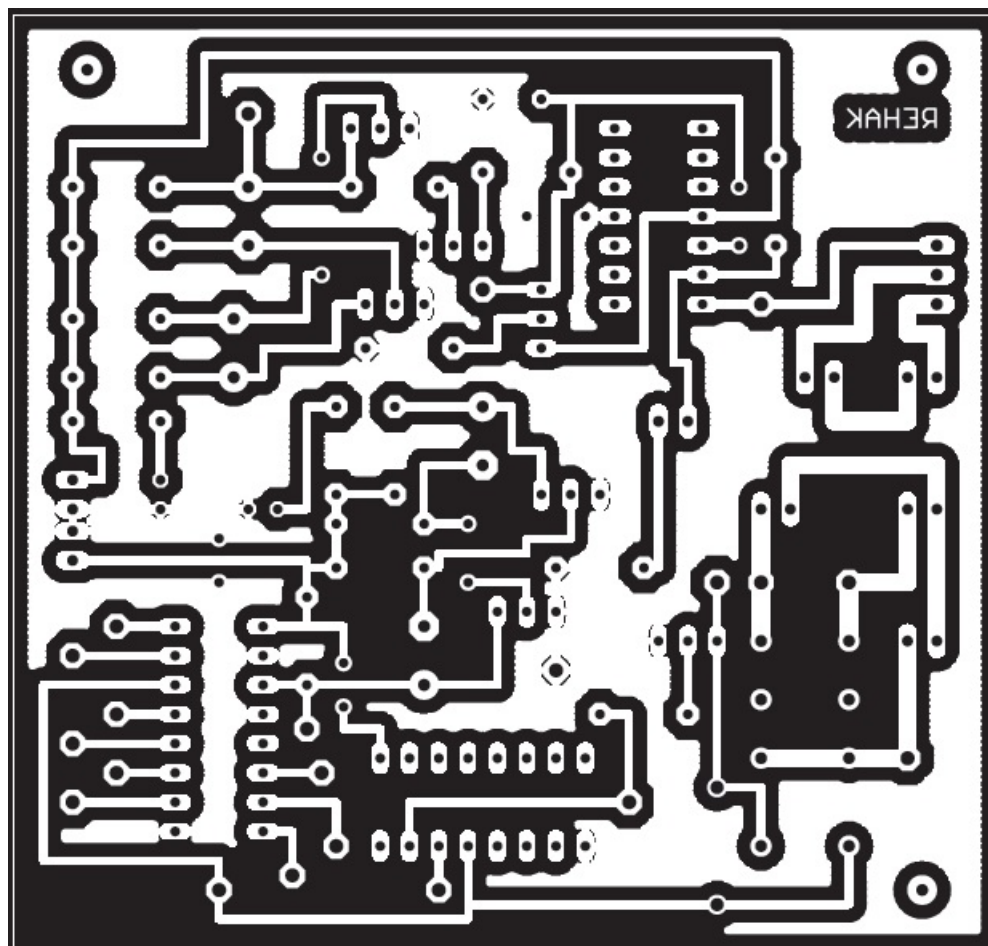
SR Logický obvod set-reset s přednostím nastavením

SEZNAM PŘÍLOH

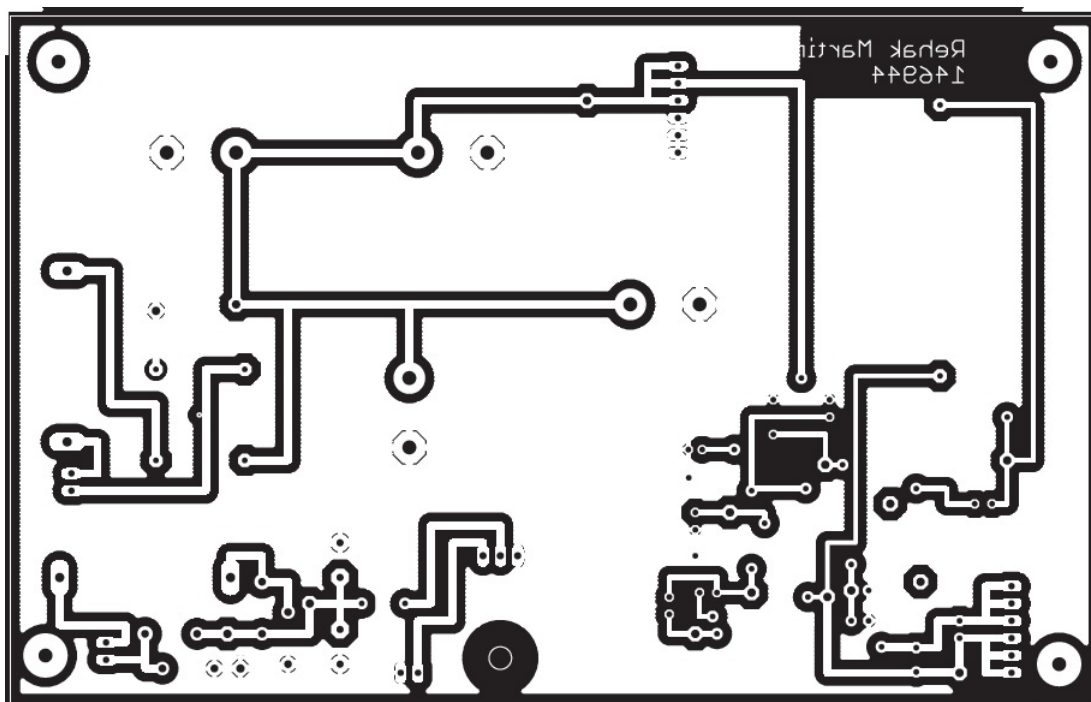
A Příloha A	52
A.1 Motivy DPS	52
B Příloha B	55
B.1 Použité součástky	55

A PŘÍLOHA A

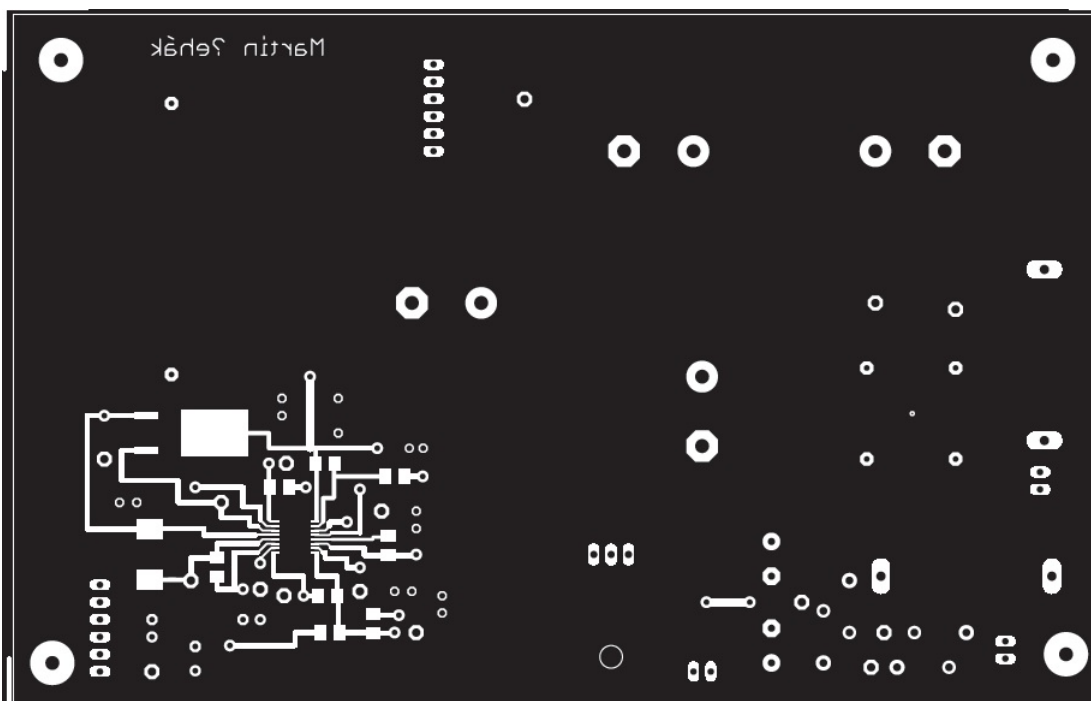
A.1 Motivy DPS



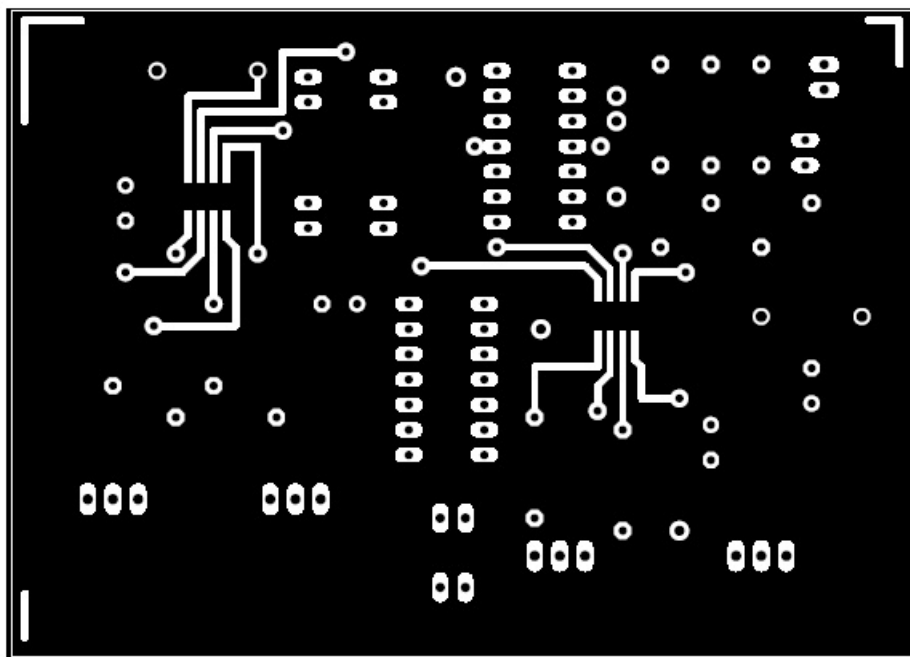
Obr. A.1: Deska pro ovládání mlžiče a diod



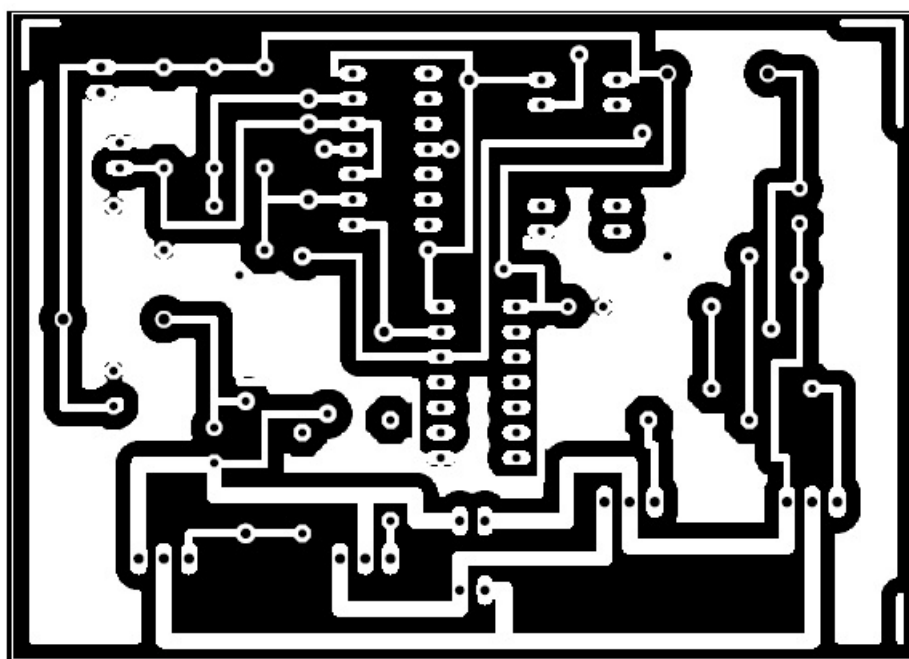
Obr. A.2: Napájecí deska bottom



Obr. A.3: Napájecí deska top



Obr. A.4: Ovládání peltieru top



Obr. A.5: Ovládání peltieru bottom

B PŘÍLOHA B

B.1 Použité součástky

Součástka	Kod prodejny GME	Kusů
Pojistkové pouzdro KS20SW-C	829-035	2
Usměrňovací můstek KBPC1006W,	227-051	1
UF4007	220-022	4
CE 10000u/35VT	123-670	4
IRF730	213-036	3
TL084	311-017	2
svorkovnice PTR AKZ692	821-357	20
ST microelectronics/Thomson 7915	320-027	1
R1206 6M8	900-150	1
R1206 22k6	900-302	1
R1206 2k0	900-215	1
R1206 15k	900-258	1
R1206 3k6	900-265	1
R1206 120k	900-272	1
R1206 130k	900-289	1
R1206 51k	900-326	1
RRU 47R	119-027	1
RRU 1k	119-043	3
RRU 4M7	119-188	1
RRU 5M6	119-191	1
RRU 27k	119-043	1
RRU 120R	119-170	4
RRU 12k	119-031	5
RRU 27k	119-067	2
RRU 68k	119-141	2
CK 33n/50V	120-077	1

Tab. B.1: Tabulka součástek

Součástka	Kod prodejny GME	Kusů
CK 100n/50V	120-094	1
CK 1n/50V	120-116	1
CK 680p/50V	120-147	1
CK 68n/50V	120-148	1
CK 10n/100V	120-251	1
CT 680n/35V	122-007	1
CE 4u7/50V	123-041	1
CE 2u2/50V	123-338	1
CE 220u/25V	122-659	2
CE 470u/25V	120-786	1
CE 150u/50V	120-861	1
CMOS 4043	427-052	1
CMOS 4017	427-023	1
RELEG5V2-24	634-054	1
BC547A	210-025	2
BC556A	210-035	2
BC547B	210-026	4
	Dále pak objednávací číslo farnel	
TI LM25088MH-1/NOPB	2382924	1
NXP PSMN6R5-80BS	2112543	1
MCAP113014014k-150MU	1864220	1
SS51	1861427	1

Tab. B.2: Tabulka součástek