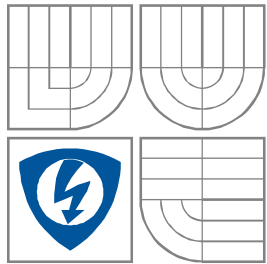


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ**
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

Plně analogové akvárium pro pěstování tropických rostlin FULLY ANALOG AQUARIUM FOR GROWING TROPICAL PLANTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Ondřej Domanský

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc.Ing. Jiří Petržela, Ph.D.



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav radioelektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Elektronika a sdělovací technika

Student: Ondřej Domanský

ID: 145989

Ročník: 3

Akademický rok: 2013/2014

NÁZEV TÉMATU:

Plně analogové akvarium pro pěstování tropických rostlin

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Detailně se seznámte s potřebami rostlin vyskytujících se v tropickém klimatickém pásmu. V rámci první etapy řešení projektu se zamyslete nad pokojovou realizací systému pro pěstování těchto rostlin.

Předpokládejte, že systém bude jistě obsahovat generátor mlhy pro zvýšení RVV, ventilátor, zářivku, vodní trysky a čerpadlo. Systém odsimulujte v obvodovém simulátoru a realizujte.

Vlastní systém prakticky ověřte. 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.

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 Petřela, 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

Cílem bakalářské práce bude objasnit problematiku týkající se pěstování tropických rostlin v akváriích. Hlavním aspektem práce bude rozbor ideálního prostředí pro domácí akvárium a volba specifických komponent pro růst rostlin. V dalších částech bude objasněn také návrh takového systému a jeho realizace v pokojových podmínkách.

Klíčová slova

Akvaristika, tropické rostliny, akvarijní čerpadlo, osvětlení akvária, potřeby tropických rostlin, NE555, PWM, regulace jasu diod, regulace otáček ventilátoru, stejnosměrný stabilizovaný zdroj.

Abstrakt

The aim of the thesis will be to clarify issues relating to the cultivation of tropical plants in aquariums. The main aspect of the work is to analyze the ideal environment for the home aquarium and the choice of specific components for plant growth. In the next sections will illustrate also the proposal of such a system and its implementation in ambient conditions.

Key words

Aquatics, tropical plants, aquarium pump, aquarium lighting, supplies of tropical plants, NE555, PWM, control brightness LEDs, fan speed control, direct current stabilized power supply.

Bibliografická citace práce:

DOMANSKÝ, O. *Plně analogové akvárium pro pěstování tropických rostlin*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2013. 46s. Vedoucí bakalářské práce doc.Ing. Jiří Petržela, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „*Plně analogové akvárium pro pěstování tropických rostlin*“ jsem vypracoval(-a) samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny 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 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.

V Brně dne 14.5.2014

Domanský

(podpis autora)

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc.Ing. Jiřímu Petrželovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

Výzkum popsáný 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.

V Brně dne 14.5.2014

Domanský

(podpis autora)

Obsah

Seznam obrázků	ix
1 Úvod	11
2 Cíl práce	12
3 Seznámení se s rostlinami	13
3.1 Rostliny ze subtropického pásma.....	13
3.2 Rostliny z tropického pásma.....	14
3.3 Teplota.....	15
3.4 Světlo.....	15
3.5 Vzdušná vlhkost.....	16
4 Vybrané periferie	17
5 Síťový stejnosměrný stabilizovaný zdroj	19
5.1 Graetzův můstek	19
5.2 Stabilizátor.....	20
5.3 Zapojení stabilizovaných zdrojů napětí.....	22
6 Obvod NE555	25
6.1 Popis vnitřního zapojení 555	26
6.2 Princip činnosti	27
7 Návrh časovacího obvodu a regulace jasu diod	29
7.1 Časovací obvod.....	29
7.1.1 Zapojení pomocí stabilizátoru s tranzistorem.....	29
7.1.2 Zapojení monostabilního klopného obvodu pomocí tranzistorů	30
7.1.3 Zapojení monostabilního klopného obvodu pomocí NE555	31
7.1.4 Antoniův impedanční konvertor	34
7.1.5 Výstup obvodu NE555 pro časovací obvod	35
7.2 Regulace otáček DC ventilátoru	38
7.3 Regulace jasu diod pomocí fotoprkvu.....	39
7.3.1 Zapojení pomocí tranzistoru na stejnosměrném napájecím napětí .	40

7.3.2 Výstup obvodu NE555 pro regulaci jasu diod	42
8 Realizace	45
8.1 Měření ve volném prostoru.....	45
8.2 Měření v panelové krabičce.....	46
8.3 Ovládací prvky panelu a přívody.....	47
8.4 Naměřené průběhy	49
9 Závěr.....	52
Seznam symbolů a zkratk.....	53
Seznam použité literatury	54
A Použité součástky.....	55
B Motiv DPS	57

Seznam obrázků

Obr. 3.1 Oblast subtropického pásu (převzato z [2]).	14
Obr. 3.2 Oblast tropického pásu.	15
Obr. 3.3 Spektrum světelné barevné teploty (převzato z [2]).	16
Obr. 4.1 Mlžící zařízení.	17
Obr. 4.2 Zavlažovací zařízení TRZ-100 (převzato z [12]).	18
Obr. 4.3 DC ventilátor SUNON (převzato z [6]).	18
Obr. 4.4 LED dioda.	18
Obr. 4.5 Fotorezistor VT43N1 (převzato z [7]).	18
Obr. 5.1 Zapojení Graetzova můstku.	19
Obr. 5.2 Výstupní napětí na sběrném kondenzátoru.	20
Obr. 5.3 Zapojení stabilizátoru s dvoucestným usměrňovačem.	21
Obr. 5.4 Vstupní napětí (červená) a výstupní napětí (modrá) stabilizátoru.	22
Obr. 5.5 Stabilizovaný zdroj 12V a 3A pro čerpadlo.	22
Obr. 5.6 Stabilizovaný zdroj 24V a 1,2A pro mlžící zařízení.	23
Obr. 5.7 Stabilizovaný zdroj 12V a 0,5A pro DC ventilátor a časovací obvod.	24
Obr. 5.8 Stabilizovaný zdroj 12V a 1,5A pro osvětlení LED diodami	24
Obr. 6.1 Schématická značka 555.	26
Obr. 6.2 Vnitřní zapojení 555.	27
Obr. 6.3 Nahrazení výkonového členu tranzistoru.	28
Obr. 7.1 Zapojení časové konstanty pomocí stabilizátoru (převzato z [13]).	30
Obr. 7.2 Monostabilní klopný obvod.	31
Obr. 7.3 Monostabilní klopný pomocí NE555.	32
Obr. 7.4 Antoniuův impedanční konvertor.	34
Obr. 7.5 Výstup časovacího obvodu.	35
Obr. 7.6 Analýza časovače.	37
Obr. 7.7 Regulace otáček ventilátoru.	38
Obr. 7.8 Závislost regulace odporu na napětí ventilátoru.	39
Obr. 7.9 Regulace pomocí děliče a tranzistoru.	40
Obr. 7.10 Regulace jasu diod pomocí NE555.	41
Obr. 7.11 Průběh nabíjení kondenzátoru (modrá), PWM modulace proudu (červená).	43
Obr. 7.12 PWM modulace při minimální hodnotě fotorezistoru.	44
Obr. 8.1 Deska se součástkami.	45

Obr. 8.2 Deska s transformátorem v panelu.	47
Obr. 8.3 Zadní strana panelu.....	48
Obr. 8.4 Přední strana panelu.....	48
Obr. 8.5 LED diodový pásek.	49
Obr. 8.6 PWM při plně zatemněném fotorezistoru.	49
Obr. 8.7 PWM při pokojovém osvětlení.....	50
Obr. 8.8 Napětí na ventilátoru při největším odporu potenciometru.	50
Obr. 8.9 Napětí na ventilátoru při nejmenším odporu potenciometru.....	51
Obr. 8.10 Finální vzhled panelu s periferiemi	51

1 Úvod

V dnešní době, kdy počet koníčků a zálib roste, si stále více lidí začíná pořizovat akvária pro pěstování tropických rostlin. Tyto rostliny jsou však obtížné na pěstování a údržbu, zvláště u nás. Tato práce objasní některé aspekty této problematiky.

V dalších kapitolách budou uvedeny jak nároky pro pěstování z hlediska jejich přirozeného prostředí a podnebí, tak i komponenty k tomu určené. Aby byl tento koníček realizovatelný, je nutné zkombinovat čas nutný pro obsluhu takového zařízení společně s peněžní stránkou celého projektu.

2 Cíl práce

Cílem této práce je návrh komponent pro pěstování tropických a subtropických rostlin v pokojových a venkovních podmínkách. Důraz bude kladen na volbu komponent k tomu určeným, s výrobou zdroje pro napájení generátoru mlhy, pro zvýšení vzdušné vlhkosti, ventilátoru, zářivky a vodní trysky s čerpadlem.

Pokojová realizace takového systému bude připojena na napájení ze sítě a periferie vloženy do akvária, samotný ovládací pult pak bude uživateli lehce dostupný a bude umístěn vedle akvária. Pro obsluhu bude zvolen zdroj se součástkami, s ohledem na jejich životnost. Zdroj bude napájet ovládací pult pro jednotlivé komponenty. Samotný pult by měl být uživatelsky lehký na ovládání a současně bude brán ohled i na možný vnik vody do samotného zařízení při jeho manipulaci.

Jako zadání bylo určeno vytvoření zdroje pro napájení transformátorem se čtyřmi sekundárními vinutími, které budou napájet předem určené součástky.

Mlžící zařízení a DC ventilátor, které spolu mají synchronní dobu sepnutí, realizovanou RC konstantou, s dobou sepnutí v řádech minut. Obě součástky se budou spínat pomocí relé, přičemž ventilátor bude mít zabudované řízení otáček.

Čerpadlo s manuálním řízením při zavlažování společně s vývody trysek připevněných na akváriu.

Osvětlení pomocí LED diod, zauvažovat nad způsobem napájení a typem zapojení. Diody budou regulovány pomocí fotoprkvu, nebo potenciometrem, podle rozhodnutí uživatele.

Všechny zmíněné prvky musí mít optickou signalizaci spuštění.

3 Seznámení se s rostlinami

Rostliny nás obklopují na každém kroku ve školách, v domácnosti i na úřadech. Tyto rostliny většinou pocházejí z pásu tropického nebo subtropického.

Tropické pokojové rostliny, jako různé druhy palem, masožravých rostlin se staly běžným trendem v evropských domácnostech. Jelikož tyto rostliny ale pocházejí z tropických pásů, je nutné pro jejich růst vytvořit jiné klimatické podmínky, než ve kterých se nacházejí.

Zvláštní péči potřebují především v zimních měsících, kdy krátké zimní dny se slabou intenzitou slunečního záření v kombinaci se suchým vzduchem a nepřiměřenou teplotou z místnosti způsobují, že tvary rostlin se nezdravě protáhnou a rostliny jsou vysílené a tudíž i náchylnější k napadení škůdci nebo chorobami. Proto bychom měli rostliny pravidelně postříkovat listy. Tohoto lze lehce dosáhnout pomocí běžných postřikovačů nebo tlakových rosičích zařízení. Tímto způsobem dosáhneme zvýšení vzdušné vlhkosti v místnosti a tím i vhodného klimatu pro růst.

Podle nároků na světlo a teplo si můžeme tyto rostliny rozdělit do dvou skupin.

3.1 Rostliny ze subtropického pásma

Subtropické pásmo jako takové leží mezi tropickým a mírným pásmem a jeho definice je komplikovanější. Přejít mezi tropy se subtropy se projevuje především v poklesu teploty i pod bod mrazu. Klimatický rozdíl hranice se projevuje v trvalé, nebo nestálé sněhové pokrývce, kdy při nejteplejším měsíci dosahuje teplota více než 20°C a nejchladnějším i 0°C. Roční průměrná teplota se zde pohybuje v rozmezí 10-25°C.

Srážky jsou velmi rozdílné, v oblastech suchých subtropů nedosahují ani 50mm ročně (v oblastech Arábie). Oproti tomu v monzunových nebo vlhkých subtropech činí průměr srážek až 2500 mm (oblast Číny). Suchá území subtropů jsou situována blíže k rovníku, mezi 30° až 40° severní i jižní šířky.

V subtropických zeměpisných pásmech přecházejí rostliny, v zimním období, při teplotách blížících se k nule. Čím nižší teplota, tím může být i nižší intenzita osvětlení. Tyto opadavé druhy rostlin jako je, fíkovník se spokojí i s nízkou intenzitou světla při teplotách od 1°C až do 10°C. Kdežto stálezelené rostliny jako jsou citrusy nebo masožravky vyžadují stálý přísun tepla, protože v listech neustále probíhá fotosyntéza. Během vegetace od března do září vyžadují hodně světla a tím i přiměřenou zálivku.



Obr. 3.1 Oblast subtropického pásu [2]

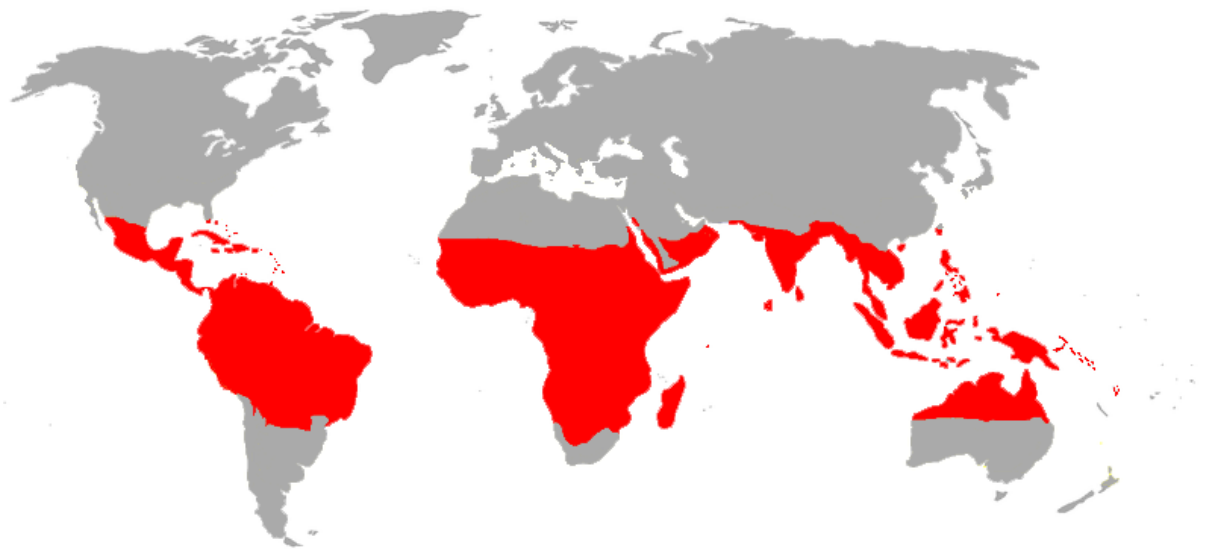
3.2 Rostliny z tropického pásma

Toto pásmo lze nejlépe vymežit pomocí obratníků Raka a Kozoroha, kde slunce kulminuje dvakrát ročně. Průměrné roční teploty zde dosahují 25-28°C u pobřeží. Slunce zde svítí za rok asi 1500-2000 hodin. Na rozdíl od ostatních pásmů je zde průměrná teplota podobná ve všech měsících. Svítání i soumrak jsou velmi rychlé, délka noci a dne je prakticky stejná.

Srážkové úhrny jsou v rovníkovém pásmu značné, mezi 1000-3000 mm ročně, ojediněle však mohou dosáhnout i mnohonásobně více. V rovníkové oblasti, kde je nízký tlak, stoupá vlhký horký vzduch vzhůru, kde se následně ochladí, dochází ke kondenzaci vodní páry a vznik oblačnosti s četnými srážkami. Průměrná roční vlhkost se zde pohybuje mezi 80-90%.

Se vzdáleností od okrajových částí tropů se postupně prodlužuje období sucha. Následkem nestejného oteplování souše a vody vznikají i rozdíly tlakové i větrné. Tyto sezónní větrné proudy se nazývají monzuny a mají význam pro všechny rostliny, jak už užitkové, tak i okrasné.

Podobnou formou proudění vzduchu ve tropech jsou takzvané pasáty proudící ze subtropů, kde je trvale vyšší tlak. Tyto horké suché větry převládají především v obdobích sucha letních měsíců.



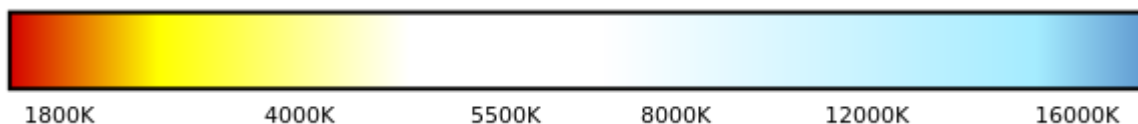
Obr. 3.2 Oblast tropického pásu

3.3 Teplota

Teplota patří k základním podmínkám života rostlin, ovlivňuje jak dobrý růst rostlin, tak jejich vývoj, nebo rozvoj květů. Teplota by měla být vždy přímo úměrná intenzitě světla a míře závlivky. Platí, že čím vyšší teplota tím vyšší intenzita světelné energie a tím vydatnější závlivka. Pro rostliny jsou důležité hlavně dvě období. Období vegetace a období zimování (období klidu), které by měli mít každá své teplotní optima pro daný druh rostlin. Během vegetace jsou optimální průměrné teploty mezi 18-30°C. Více rozsáhlá jsou ovšem období klidu, kdy se rostliny musí správně zazimovat, s ohledem na jejich druh. Pro rostliny pocházející z tropů a deštných pralesů je vhodná teplota obecně mezi 18-23°C, rostliny z teplých subtropů mají rozmezí mezi 10-20°C a naopak subtropické rostliny z vyšších poloh subtropů 5-10°C.

3.4 Světlo

Pro život rostlin je světlo hlavním faktorem přežití, protože světelná energie se pomocí listů dostává do rostliny, kde se vytváří organická hmota. Tento proces je znám jako fotosyntéza. Světlo působí obecně dvěma způsoby, svou intenzitou a složením. Každý typ světla má jinou barvu a tím i jinou teplotu udávanou v kelvinech. Každé světlo má svůj tepelný odstín. Teplý odstín 2800-3300 kelvinů, do kterého patří naoranžovělý, podobný žárovce, působící vjemově příjemně, nebo chladnější bílý 5000-6000 kelvinů, pocitově neutrální, doporučen do místností s nedostatkem světla. Tento světelný jev se nazývá tepelná chromatičnost.



Obr. 3.3 Spektrum světelné barevné teploty [2]

3.5 Vzdušná vlhkost

Některé druhy rostlin vyžadují vyšší vzdušnou vlhkost, než jaká je v jejich přirozeném prostředí. Pro tyto účely jsou vyráběny speciální zavlažovací skříně, skleníky apod. Pokud nejsme schopni takového prostředí obstarat, je nutné nejméně dvakrát denně rosit nejlépe měkkou vodou, která tuto vzdušnou vlhkost alespoň částečně nahradí.

Definice relativní vlhkosti vzduchu udává poměr mezi množstvím par ve vzduchu m , ku množství par, které by měl vzduch obsahovat při stejné teplotě a tlaku M .

$$\phi = \frac{m}{M} \cdot 100 [\%] \quad (1.1)$$

Udává se v %, a protože množství par závisí především na teplotě vzduchu, má velký význam při vzniku oblaků a tvorbě počasí.

Vlhkost vzduchu lze popsát také pomocí rosného bodu. Je definován jako teplota nutná k izobarickému ochlazení vzduchu, aby se vodní pára obsažená ve vzduchu stala sytou vodní párou, která se při dalším snižování vzduchu stane kapalnou. Podobným procesem se nad povrchem země tvoří pára, mlha a mraky.

4 Vybrané periferie

V této kapitole budou zmíněny pouze některé součástky celého zapojení. Především volba periferií.

Jako první je uvedeno mlžící zařízení, které je napájeno napětím 24V a proudem 1,2A. Tato periferie má sloužit především pro zvýšení vzdušné vlhkosti rostlin, je umístěna přímo v akváriu a její četnost použití by měla být průměrně dvakrát, až třikrát denně.



Obr. 4.1 Mlžící zařízení

Synchronně s mlžícím zařízením bude pracovat ventilátor, směřovaný dovnitř akvária, který má způsobovat dobré rozptýlení mlhy po celém prostoru. Jako nejlepší možnou volbou byl DC ventilátor o relativně malém vstupním napětí, který by byl dobře regulovatelný a neměl příliš velký odběr proudu. Po důkladném průzkumu byl zvolen ventilátor SUNON KD1206PTS1, jehož parametry jsou podle datasheetu napětí 12V, proud 151mA, příkon 1,8W, rychlost otáček 4500RPM, průtok vzduchu $39,93 \text{ m}^3/\text{h}$. Ventilátor má pouze dva vývodní kabely a to napájecí a nulový.

Pro zavlažování květin vodou, bylo po uvážení zvoleno tlakové rosící zařízení TRZ-100. Pracovní tlak tohoto čerpadla se pohybuje okolo 100kPa, speciálně upravenou tryskou je možné měnit intenzitu rozprašované vody, druhý vývod zařízení je ponořen do zdroje vody, jímž může být i například PET láhev. Zařízení samotné pracuje ve dvou režimech nastavitelných pomocí přepínače umístěného na přední straně. První režim se aktivuje přepnutím spínače do polohy I, po stisku tlačítka zařízení rosí nepřetržitě do doby opětovného stisku tlačítka. Druhý režim se aktivuje přepnutím spínače do polohy II, nyní se aktivuje provoz pouze po stisku a držení tlačítka, pokud tlačítko pustíme, zařízení se vypne. Balení obsahuje tlakové rosící zařízení TRZ-100, rozprašovací trysku a dvě metrové hadice. Adaptér

přiložený k balíku bude odstraněn a nahrazen ekvivalentním zdrojem stejnosměrného napětí. Toto zařízení bylo vyrobenou firmou Akteraria.



Obr. 4.3 DC ventilátor SUNON [6]



Obr. 4.2 Zavlažovací zařízení TRZ-100 [12]

Jako poslední periferní prvek má sloužit zapojení dvaceti diod. Tyto diody a jejich možnost zapojení buď v sériovém, nebo v paralelním provedení, budou popsány v dalších kapitolách. Nominální napětí diod je 3.5V a maximální proud 280mA.



Obr. 4.5 LED dioda



Obr. 4.4 Fotorezistor VT43N1 [7]

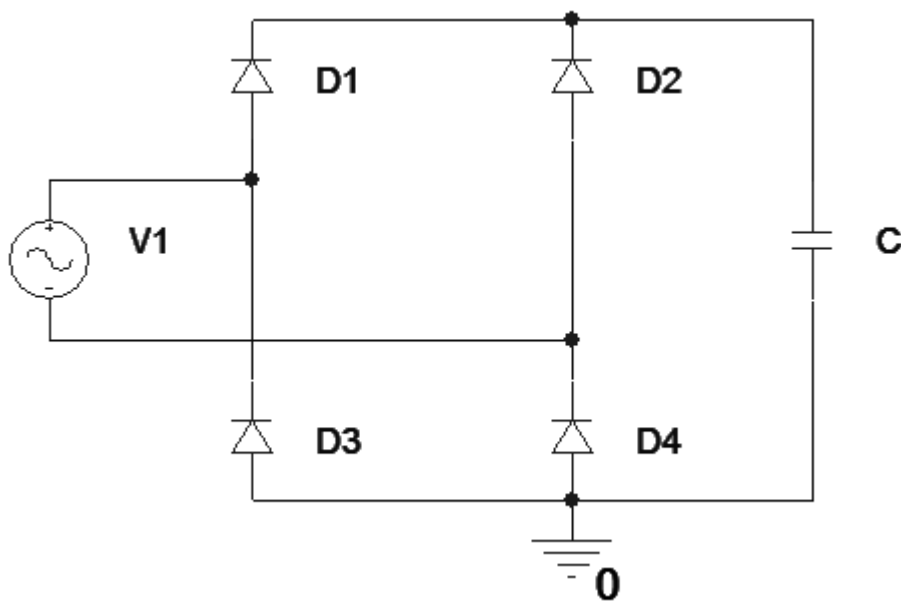
Tyto led diody jsou řízeny fotoprvkem, jako nejvhodnější bylo zvoleno ovládání pomocí fotorezistoru. Zvolen byl typ VT43N1, který má největší odpor při úplné tmě 300k Ω , při osvětlení o intenzitě 10lux se pak odpor pohybuje v rozmezí 4k Ω až 12k Ω . Takto zvolený fotorezistor bude ideálním fotoprvkem do zapojení. Rozměry pro použité akvárium, jsou: délka 100cm, šířka 20cm a výška 20cm, vyrobeno je z tvrzeného skla.

5 Síťový stejnosměrný stabilizovaný zdroj

Pro realizaci způsobu napájení tohoto zapojení, bylo určeno jako nejvhodnější zapojení síťového transformátoru na primárním vinutí napětí 240V a frekvence 50Hz. Tento transformátor bude mít 4 sekundární vinutí určené podle zadaných periférií.

Toto zapojení bylo zvoleno jako soubor několika dílčích komponent. Samotný přívod střídavé složky z transformátoru, Graetzův můstek, čtyři filtrační kondenzátory, stabilizátor, dioda na nulovém pinu stabilizátoru a pro větší proudy nutné v zapojení i bipolární tranzistor NPN.

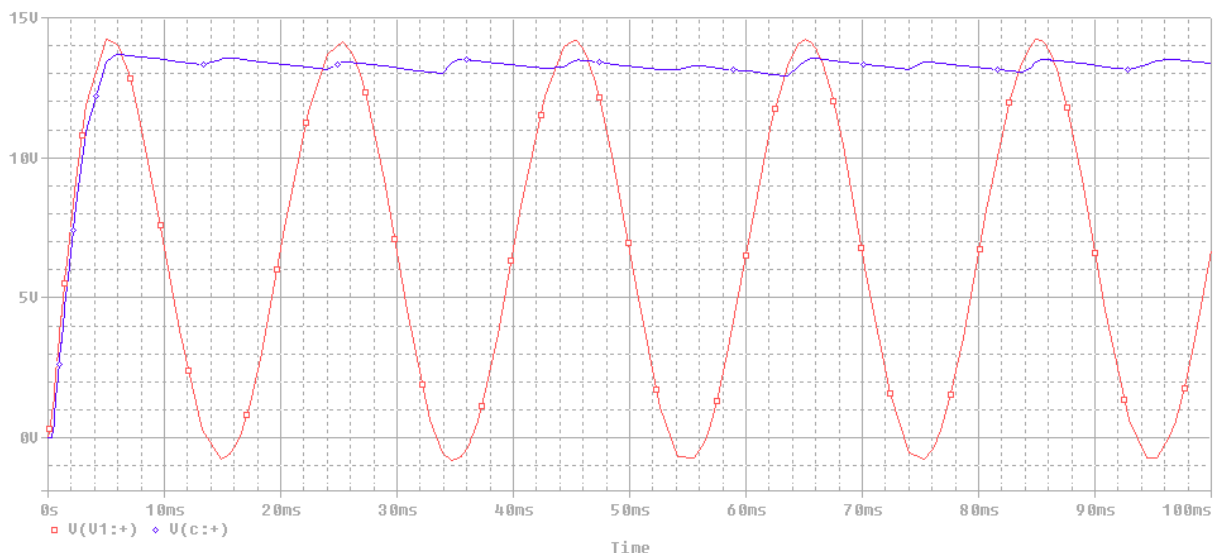
5.1 Graetzův můstek



Obr. 5.1 Zapojení Graetzova můstku

Graetzův můstek je charakteristický svou funkcí, kdy v každé půlčlenně prochází proud jen jednou dvojicí paralelně zapojených diod. Každá z diod je dimenzovaná na polovinu střední hodnoty proudu, který jim protéká. Zároveň by diody měli být dimenzovány i na celou amplitudu napětí, z důvodu závěrného proudu diodami. Teoreticky jsou diody stejné, a proto by měli mít i stejný závěrný proud, v praxi to bohužel takto nefunguje a na diodě s větším závěrným proudem bude v důsledku nižší napětí. Proto tedy není na škodu diody naddimenzovat pro prevenci před tímto jevem.

Pro ukázkou je zde uveden obrázek 4.2, kde červená zobrazuje střídavé napětí z transformátoru o velikosti napětí 14V a modrá je výstupní napětí za dvoucestným usměrňovačem na sběrném kondenzátoru. Z obrázku je jasně patrný účinek napěťového zvlnění, ke kterému dochází při nabíjení a vybíjení kondenzátoru.



Obr. 5.2 Výstupní napětí na sběrném kondenzátoru

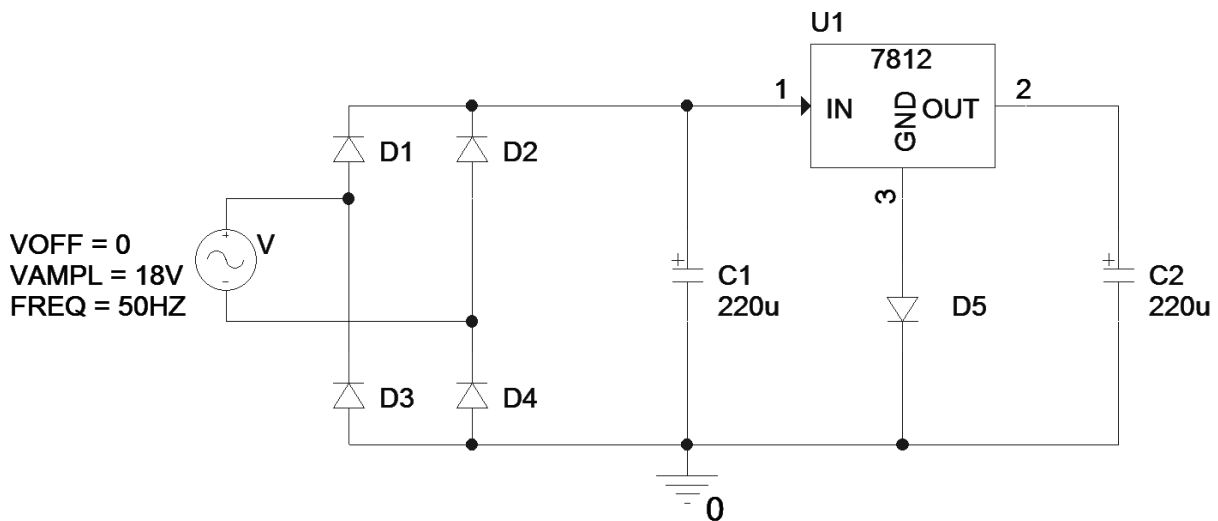
5.2 Stabilizátor

V případě, že obvod bude vyžadovat stále stabilizované napětí o větší hodnotě proudu (například 2A), je vhodné do zapojení místo RC nebo LC filtru připojit integrovaný stabilizátor. Tyto obvody automaticky vyrovnávají změny napětí a proudu na výstupu. Takto do série zapojený stabilizátor je vhodný pro stabilizaci napětí 5V, 12V, 15V, 18V, a 24V. Sériově vyráběné stabilizátory se nejčastěji označují prvním dvoučíslem 78xx a dále podle úrovně napětí, které chceme dosáhnout na výstupu 7805, 7812, 7818 takto stavěné stabilizátory jsou vhodné pro proudy od 0,5A až do 1A. Pokud požadujeme větší výstupní proud, je nutné koupit stabilizátory s označením S pro příklad 78S18, u těchto stabilizátorů však roste cena exponenciálně s výstupním proudem. Tyto stabilizátory jsou uvnitř vybaveny ochranou proti tepelnému přetížení a ochranou proti zkratům. Jejich vývody jsou značeny na obrázku jako 1 „IN“, 2 „OUT“ a 3 „GND“. Přičemž pin číslo 1 je vstupní nestabilizované napětí, které má na sobě ještě nasuperponovanou střídavou složku napětí zvanou též zvlnění. Pokud budeme do stabilizátoru dodávat dostatečně vysoké napětí, budeme mít na výstupu (pin číslo 2) stabilizované napětí požadované úrovně. Pro příklad, pokud budeme chtít mít na výstupu stabilizovaných 12V musíme počítat s úbytky na zapojení, což jsou v tomto případě úbytek na usměrňovači a úbytek na samotném stabilizátoru. Protože by bylo příliš pracné zapojovat čtyři diody jako dvoucestný usměrňovač, byla zvolena jako elegantnější cesta zakoupení integrovaného zapojení jednofázového diodového můstku B250C6000, která bude požadovaným hodnotám plně dostačovat. V datasheetu tohoto integrovaného obvodu bylo zjištěno, že úbytek napětí na výstupu činí $U_u = 1V$. Jako lineární stabilizátor byla zvolena součástka 7812-STM, jejíž úbytek napětí podle datasheetu činí $U_s = 2V$. Výsledné minimální napětí pak bude.

$$U_{celk} = U_{požad} + U_u + U_s + U_{rez} = 12 + 1 + 2 + 2 = 18V \quad (5.1)$$

Pro dostatečné napětí je v rovnici uveden i U_{rez} , což je rezervní hodnota napětí pro případ ztrát na vedení a způsobení ztrát vedlejšími činiteli. Nyní víme, že pokud je

požadováno výstupní napětí ze stabilizátoru 12V, musíme přivést na vstup stabilizátoru při nejmenším 15V, optimálně pak 18V.



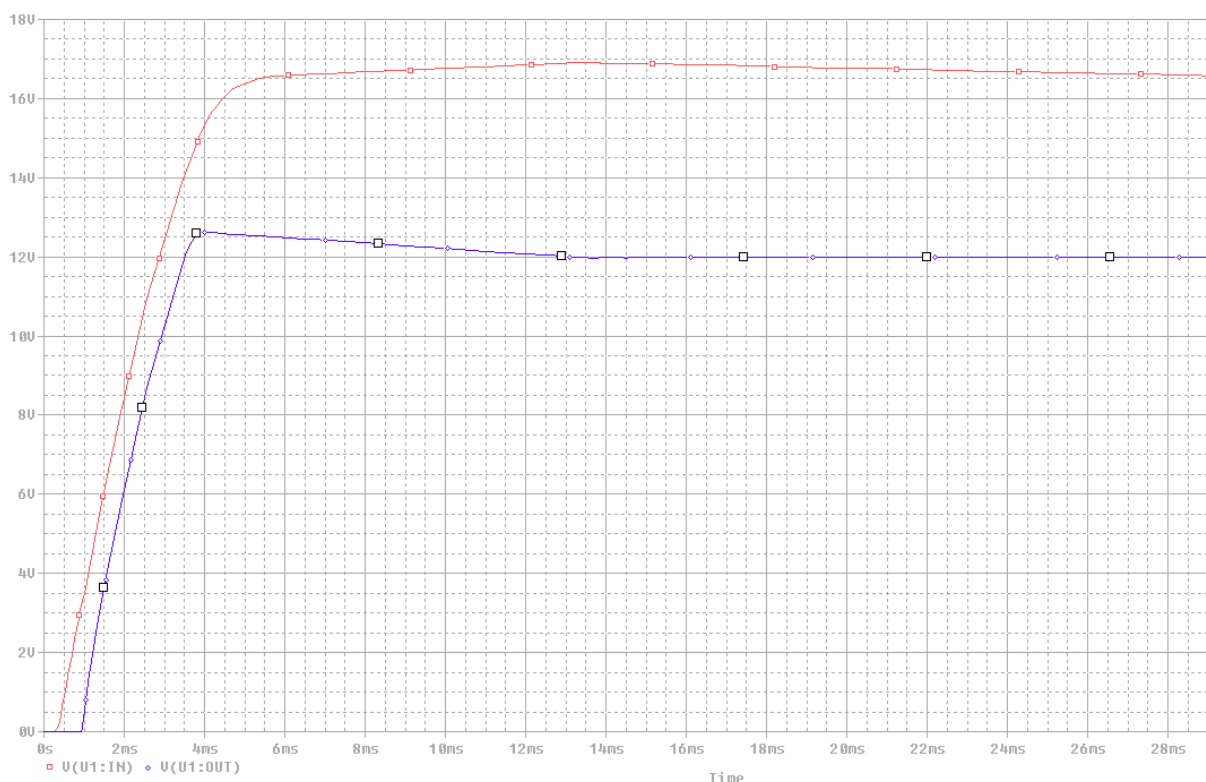
Obr. 5.3 Zapojení stabilizátoru s dvoucestným usměrňovačem

Takto navržené zapojení bylo otestováno v programu OrCAD PSpice a je uvedeno na obrázku 4.4. Hodnoty elektrolytických kondenzátorů byly zvoleny na 220uF, tato hodnota je všeobecně uznávanou hodnotou pro střídavé napětí do 50V, její přesná nejmenší optimální velikost je také možná vypočítat pomocí vzorce:

$$C_{min} = 300 \cdot \frac{I}{\varphi_{zv} \cdot U_o} [\mu F] \quad (5.2)$$

Kde I je hodnota proudu udávaná v mA, φ_{zv} poměr zvlnění a U_o je střední hodnota napětí.

Pro naše účely stačí vědět, že hodnota elektrolytického kondenzátoru 220uF je dostatečná. Paralelně k tomuto kondenzátoru se přidává také křemíkový kondenzátor 100nF, který na obrázku 4.3 není uveden. Dioda D5 slouží pouze jako ochranný prvek na pinu číslo 3, který tvoří uzemnění stabilizátoru, neboli bod nulového potenciálu a na zapojení samotné nemá vliv. Pokud požadujeme, aby stabilizátorem protékal větší proud, je potřeba připevnit stabilizátor ke kovovému chladiči, který bude dobře odvádět teplo a nebude tak docházet k samovolnému vypínání stabilizátoru z důvodu přehřívání. Pro jistotu je nejlepší připevnit chladič k jakémukoliv takto zapojenému stabilizátoru.

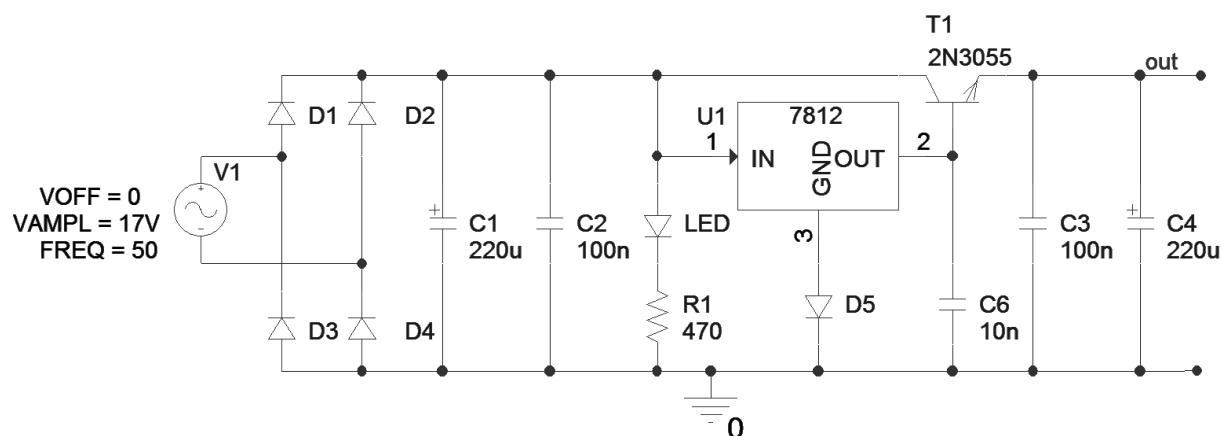


Obr. 5.4 Vstupní napětí (červená) a výstupní napětí (modrá) stabilizátoru

Z obrázku je patrné, že vstupní napětí 18V je redukováno o úbytek napětí na usměrňovači, což je asi 1 až 1,5V. Výstupní napětí (modrá) je stabilizováno na přesně požadovanou hodnotu 12V.

5.3 Zapojení stabilizovaných zdrojů napětí

Nyní budou ukázány všechny čtyři větve zdrojů, které budou napájeny sekundárními vývody z transformátoru. Jako první je zdroj 12V a 3A pro napájení čerpadla s tryskami.



Obr. 5.5 Stabilizovaný zdroj 12V a 3A pro čerpadlo

Pro toto zapojení byla zvolena hodnota 17V pro napájení, což by mělo postačovat. Protože zde potřebujeme relativně vysoký proud až 3A, je nutné přidat výkonový prvek. Za tranzistor T1 byl zvolen typ 2N3055 kvůli vysokému kolektorovému proudu až 15A, díky svému kovovému pouzdru TO3 bude ideální pro odvod tepla, způsobeného průchodem proudu, tranzistorem poteče téměř celý proud 3A. Výstupní napětí tohoto zapojení je výstupní napětí na emitoru tranzistoru T1. Toto napětí je:

$$U_{out} = U_{out2} - U_{BE} \text{ [V]} \quad (5.3)$$

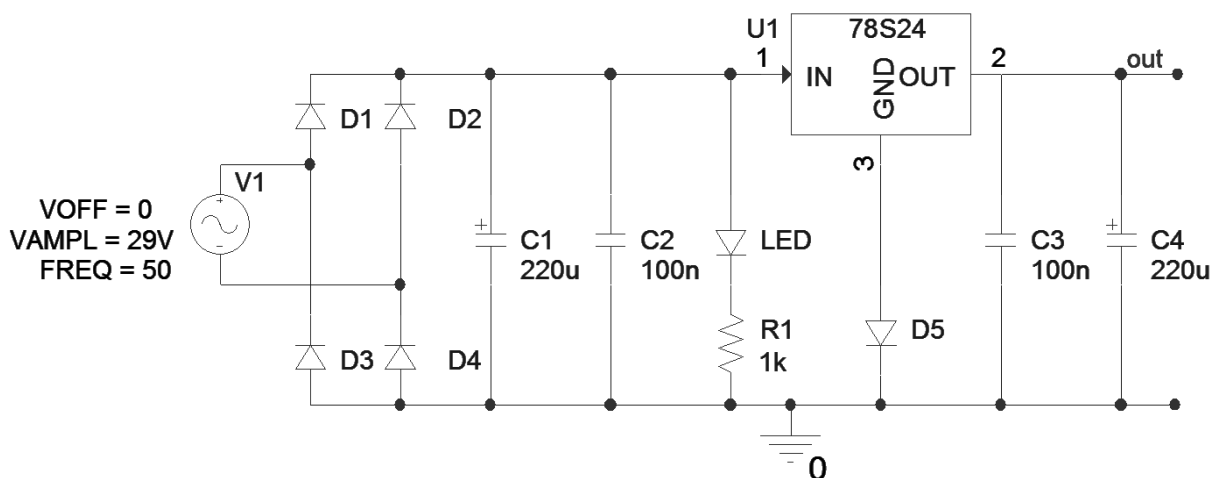
Kde U_{out} je výstupní napětí na emitoru tranzistoru, U_{out2} výstupní napětí na stabilizátoru a U_{BE} úbytek napětí báze-emitor.

Jako filtrační kondenzátory jsou zvoleny elektrolytický C1 a C4 o velikosti 220uF a křemíkové C2 a C3 o velikosti 100nF v pořadí kapacitně větší kondenzátor první, z důvodů délky nabíjení, u vstupu je pak toto pořadí přehozeno. Přidána je i LED dioda před stabilizátor jako součást zadání, spolu s předřadným odporem, který nám zaručí požadovaný proud LED diodou. Jako dioda byla zvolena obyčejná BL-B2134-1, z datasheetu byl určen úbytek napětí na diodě $U_u = 2,2\text{V}$ a proud $I_d = 30\text{mA}$, napětí po úbytku na usměrňovači je $U_d = 15,5\text{V}$. Lehkým výpočtem byl pak určen předřadný odpor.

$$R_1 = \frac{U_d - U_u}{I_d} = \frac{15,5 - 2,2}{30 \cdot 10^{-3}} = 456\Omega \quad (5.4)$$

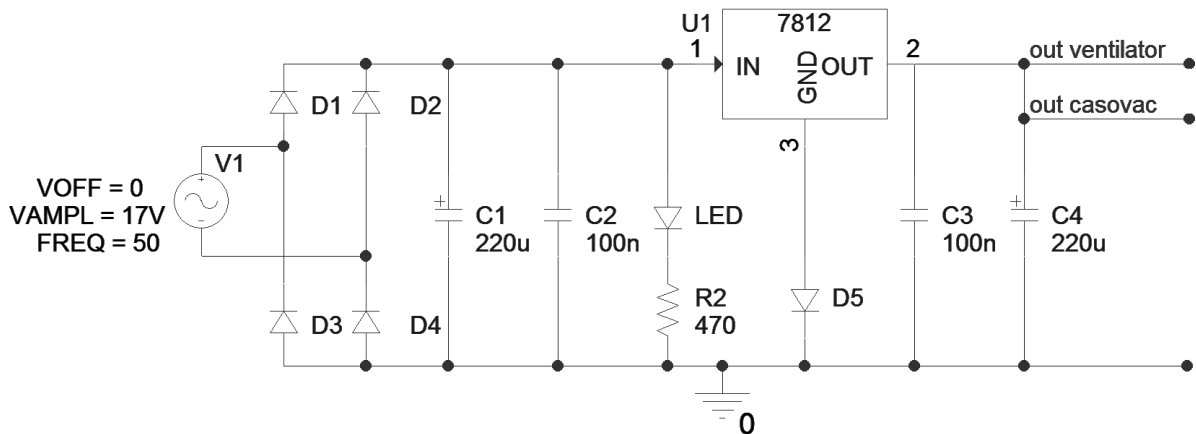
Nejbližší vhodný odpor je 470R, není nutné zde dbát velké přesnosti, protože jde pouze o signalizační diodu, která bude svítit i po průtoku menšího proudu. Stejnou metodou byly zvoleny i všechny ostatní předřadné odpory pro LED diody. Pouze výkonový tranzistor T1 již není zapotřebí, protože proudy jsou relativně malé, okolo 1A.

Zapojení pro mlžící zařízení s parametry 24V a 1,2A. Jako stabilizátor byl zvolen 78S24, který stabilizuje napětí na 24V a dovoluje stabilizaci až 2A na vstupu, tento lineární stabilizátor je cenově levný a tak pro toto zapojení ideální. Pro výpočet LED diody byl použit vzorec 4.4, pouze s pozměněnými hodnotami. Hodnoty kondenzátorů zůstaly stejné.



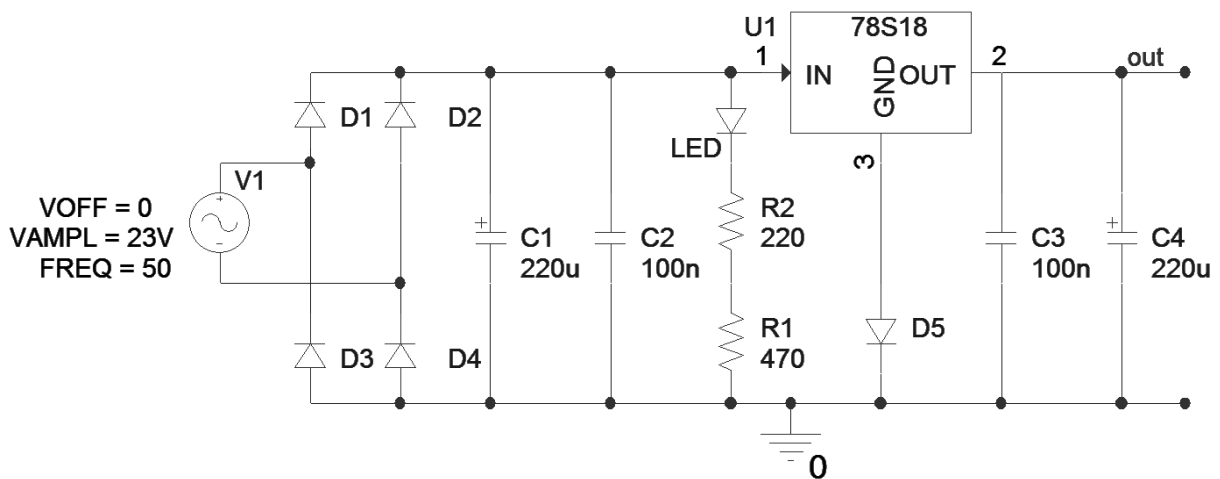
Obr. 5.6 Stabilizovaný zdroj 24V a 1,2A pro mlžící zařízení

Další větev je určena pro DC ventilátor SUNON KD1206PTS1 12V a 151mA, společně s tímto DC ventilátorem bude paralelně zapojená větev pro časovací obvod pomocí NE555 s napájením $U_{cc} = 12V$ na spouštění ventilátoru a mlžícího zařízení. Proto pro tento obvod stačí napětí 12V, proud pro tento zdroj bude proud nutný pro ventilátor, plus proud nutný pro časovač, který je asi 50mA (podle Kirchhoffova zákona). Proud byl stanoven na 0,5A, tato hodnota by měla pro chod zapojení bohatě postačovat. Jako stabilizátor vyhovuje 7812-STM.



Obr. 5.7 Stabilizovaný zdroj 12V a 0,5A pro DC ventilátor a časovací obvod

Poslední a čtvrtá větev pro sekundární vinutí transformátoru je osvětlení akvária, která vyžaduje 18V a 1,5A. Stabilizátor vhodný pro toto zapojení byl určen jako 78S18. Předřadný odpor pro LED diodu byl stanoven na $R_d = 650\Omega$, nejbližší takto stanovená hodnota byla sériovou kombinací odporů 470R a 220R.



Obr. 5.8 Stabilizovaný zdroj 18V a 1,5A pro osvětlení LED diodami

6 Obvod NE555

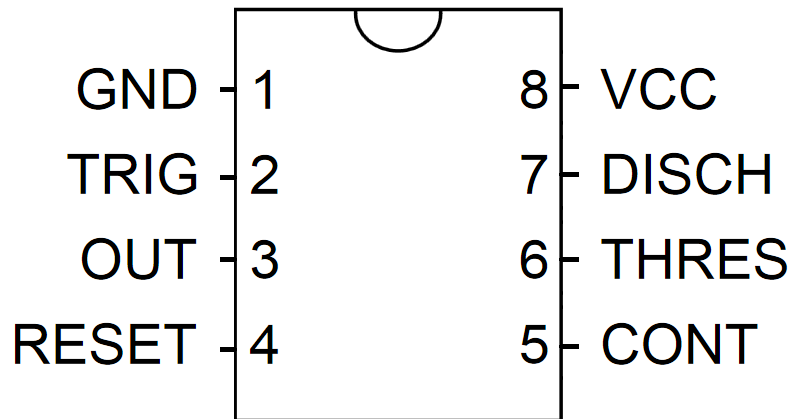
Jako první za zmínku stojí, že obvod 555 je jedním s nejúspěšnějších integrovaných obvodů, který se kdy vyráběl. Pro jeho univerzálnost je používán v rozmanité škále zapojení. Jelikož je tato součástka velice levá na výrobu a poruchovost obvodů 555 je jedna z nejmenších, dal tento obvod důvod k milionové výrobě v mnoha firmách po celém světě. Původní záměr s obvodem byl zkonstruovat levné a hlavně jednoduché zařízení pro porovnávání vstupních napětí a vytvoření tak integrovaného obvodu jako časovače anglicky „timer“.

Jedním z prvních firem, která vydala obvod NE555 na trh byla roku 1972 firma Signetics. Tento první model už přes svoji jednoduchost obsahoval v jednom kusu jak analogovou část, tak i „digitální“ v podobě komparátorů a jejich komparačních úrovní vstupního napětí.

Po více než 40 letech používání v praxi je 555 stále jedním z nejvíce rozmanitých obvodů, co se týče použití. Jako důkaz je požití v časovacích obvodech, jako jsou semaforey, multivibrátory, nebo v audio obvodech jako jsou sirény, či jako spouštěče sond. Jeho časové rozpětí se pohybuje od řádů milisekund až po desítky minut. Časování přitom může být provedeno několika způsoby. Důležitá vlastnost, která se u tohoto integrovaného obvodu vyskytuje, je ta, že výstupní časová konstanta nezávisí na vstupním napětí ve velkém rozsahu od 5V až do 18V, což je v praxi důležité pro některé aplikace a mnohé moderní integrované obvody tuto vlastnost postrádají, využitelnost tohoto obvodu také dokazuje četnost výskytu a návrhů do zapojení, kterých je nepřeborné množství a stále přibývají nové. Mimo jiné také výstupní proud je oproti jiným digitálním IO velký, až 200mA, což postačuje i pro spínání slabšího relé nebo paralelně zapojených diod.

Integrovaný obvod 555 nese před číselným značením různý písemný kód, jako například: NE555, LM555, β E555, SA555N, TLC555IP, ICM7555CS a mnohé další. Téměř ve všech případech jde pouze o značení používané výrobcem a až na pár změn ve výrobě obvodu by funkce jako celek měla být stále stejná a kompatibilní i s verzemi od jiných výrobců. V provedení jaké známe dnes, se běžně tento IO vyrábí v pouzdře DIP8 viz obrázek 4.1, pro SMD verze v pouzdře SO8.

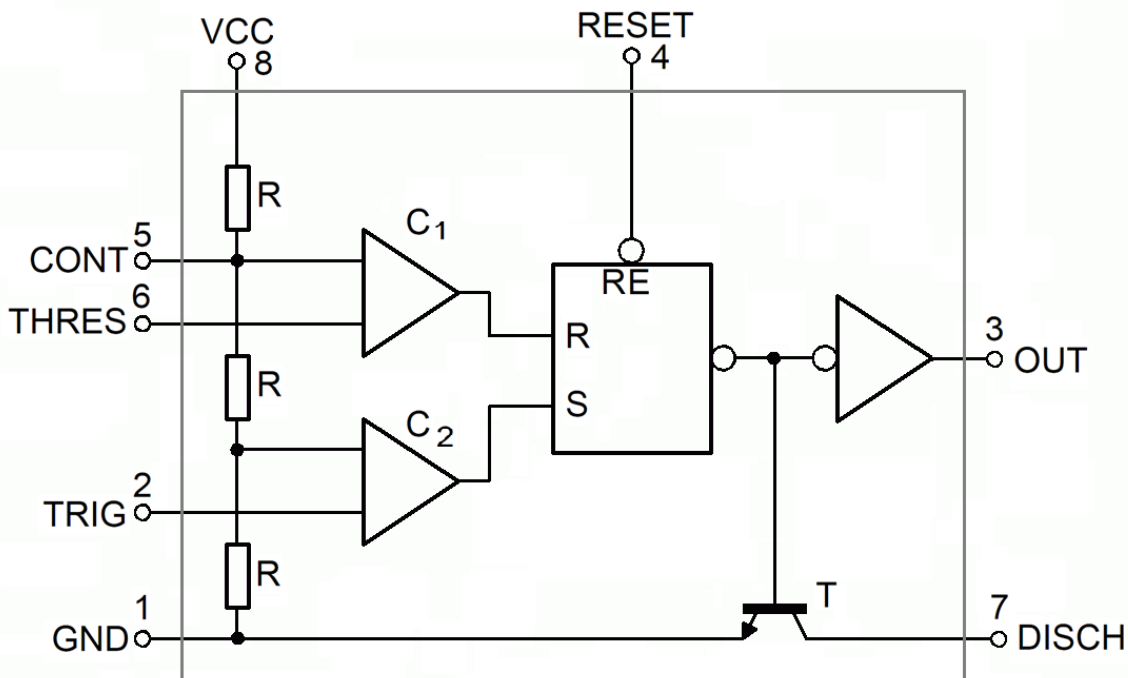
Schématická značka je ve většině literatur zobrazována jako obdélník s vykrojeným půlkruhem na horní straně. Po stranách této značky jsou vývody označeny čísly a anglickými slovy podle principu jejich činnosti v obvodu. Rozmanitost obvodů s sebou však nese také úskalí. Ve schématických zapojeních bývají piny na značce rozmístěny různě, podle toho jak je obvod koncipován vzhledem k ostatním součástkám, proto je důležité sledovat čísla jednotlivých pinů.



Obr. 6.1 Schématická značka 555

6.1 Popis vnitřního zapojení 555

Ze samotného názvu 555 vyplývá, že obvod se skládá z několika částí. Odporového děliče napětí, což jsou 3 odpory, každý s přibližnou nominální hodnotou $5k\Omega$. Výrobce uvádí, že je to pouze náhodně vybraná hodnota pro rozdělení napájecího napětí U_{cc} . Dvou operačních zesilovačů fungujících jako komparátory pro porovnávání vstupního napětí, tato součástka při aktivní změně stavu vstupu, skokově změní výstupní hodnotu. Klopného RS obvodu se jedním resetovacím vstupem, tento obvod může také sloužit jako primitivní paměťový obvod. Spínacího tranzistoru, na jehož bázi se mění pouze úroveň H, nebo úroveň L. A koncového výkonového inverujícího stupně jehož výstupem je hlavní výstup 555.



Obr. 6.2 Vnitřní zapojení 555

Napěťový dělič je tvořen třemi rezistory se shodnými hodnotami odporů, které vytvářejí referenční napětí V_{cc} potřebná pro vstupy operačních zesilovačů (dále jen komparátorů), dělených odpory na V_{cc} , $2/3 V_{cc}$ a $1/3 V_{cc}$. Napájecí napětí je přivedeno na pin číslo 8, za děličem je pin číslo 1 připojen na zem. Pin číslo 5 je připojen na vstup komparátoru C_1 , který se též nazývá vypínací komparátor, jeho princip a důvod názvu bude popsán v dalších kapitolách. Dále dolní komparátor C_2 , jehož vstup je zapojen na rozmezí dvou spodních odporů. Druhé vstupy obou komparátorů, což jsou piny číslo 6 a 2 jsou pomyslnými hlavními vstupy tohoto integrovaného obvodu.

Výstupy komparátorů C_1 a C_2 jsou přivedeny do flip-flop klopného obvodu se vstupy R, S a vstupem RESET který je zároveň pinem 4 celého integrovaného obvodu. Po přivedení nízké úrovně na tento vstup je možné resetovat integrovaný obvod do výchozího stavu nehlédě na přicházející impulzy. Negovaný výstup flip-flop obvodu je přiveden na výkonový člen, který úroveň vstupního signálu invertuje. To znamená, že při úrovni L vstupu bude na výstupu úroveň H, výstup tohoto členu je také hlavním výstupem integrovaného obvodu 555. Tento člen by byl možný nahradit dvěma paralelně zapojenými tranzistory.

Jako poslední prvek v zapojení je tranzistor, který má bázi spojenou s negovaným výstupem flip-flop obvodu a pracuje ve dvou režimech, na bázi je úroveň H tranzistor je sepnutý, pokud je na bázi úroveň L tranzistor se rozezne, emitor je vyveden na pin číslo 7 a kolektor spojený se zemí.

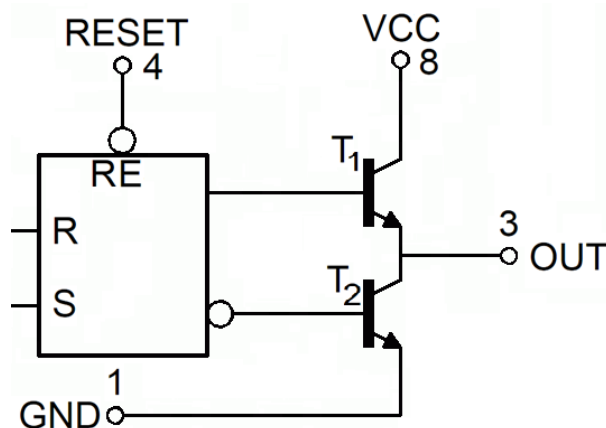
6.2 Princip činnosti

První vstup na pinu 6 „THRES“ je přiveden na komparátor C_1 , tento komparátor se též nazývá vypínací komparátor, protože pokud napětí na tomto vstupu dosáhne prahového napětí, což je $2/3 V_{cc}$, napěťový komparátor sepne a na jeho výstupu se objeví úroveň H, což má za následek překlopení RS obvodu do úrovně H. Podobná situace nastává, pokud uvedeme

pin 2 „TRIG“, vstup komparátoru C2 též nazývaného jako spouštěcí komparátor, na úroveň L, neboli spojíme ho se zemí. Po příchodu tohoto impulsu, se komparátor C2 překlápí a na jeho výstupu se nyní objeví úroveň H, tento výstup je spojen s S vstupem flip-flop RS obvodu což má za následek, že na negovaném výstupu tohoto zapojení bude úroveň L. Takto jednoduše se pomocí odporových děličů a komparátorů přivedených na jejich dělicí napětí vytvoří dvouúrovňová logika.

Negovaný výstup RS obvodu je přiveden na vstup výkonového prvku, který zde slouží jako negace. Tento negátor je možné taky nahradit dvěma paralelně zapojenými NPN tranzistory, tranzistor T₁ jehož báze je spojena s výstupem RS obvodu, kolektor s napájecím napětím V_{cc} a emitor spojen s tranzistorem T₂ jehož báze je spojena s negovaným výstupem RS obvodu a emitor se zemí viz obrázek 4.5. Výstupní pin 3 by byl mezi emitorem tranzistoru T₁ a kolektorem tranzistoru T₂. Tudiž, pokud bude na jeho vstup přivedena úroveň L, bude na výstupním pinu 3 „OUT“ úroveň H, která bude tvořit hlavní výstup celého obvodu a jeho úroveň bude skoro totožná se vstupním napětím V_{cc} pin 8 „VCC“, pouze s malým úbytkem napětí v řádech mV. Společně s poměrně velkým výstupním proudem, až 200mA, je hlavní výhodou obvodu NE555. Vývod flip-flop obvodu je také přiveden na bázi NPN tranzistoru, který v obvodu pracuje na dvou úrovních. Pokud je na bázi přivedena úroveň H tranzistor je sepnutý a pin 7 „DISCH“ je přes tranzistor spojen se zemí, pin 1 „GND“.

Další pin číslo 5 „CONT“ je ve většině zapojení spojen se zemí, pokud není zapotřebí funkce counter, nebo dělení referenčních napětí, přes kondenzátor, který má zamezit negativním vlivům případných napětí na funkci celého obvodu. Obvyčejně se volí všeobecně uznávaná hodnota 10nF až 100nF. V neposlední řadě je ještě nutné vysvětlit funkci pinu 4 „RESET“, který je přiveden na vstup RESET flip-flop obvodu. Standardně je tento pin přiveden na vstupní napětí V_{cc}, což je v obvodu logická úroveň H, pokud je tento pin spojen se zemí, RS obvod se resetuje společně s celým obvodem nehledě na vstupní impulsy.



Obr. 6.3 Nahrazení výkonového členu tranzistory

7 Návrh časovacího obvodu a regulace jasu diod

Tato kapitola je zaměřena na řešení jednotlivých přídatných částí pro přesné splnění zadání. Jmenovitě se jedná o časovací obvod, který bude navržený pomocí časově dlouhé RC konstanty, tento časovač bude synchronně spínat ventilátor a mlžící zařízení. Ventilátor bude řízen napětím a bude mít zabudovanou funkci regulace otáček pomocí potenciometru. Osvětlení bude řešeno regulací pomocí fotoprůvku, konkrétně vybraného fotorezistoru. Zapojení diod by mělo být co nejvhodněji voleno s ohledem na napájení zařízení. Všechny části by měly mít optickou signalizaci stejně jako stabilizované zdroje v kapitole 5. Každá z podkapitol řešení obsahuje několik metod řešení, vždy s částečnými výpočty a volbou nejlepšího možného řešení. Toto řešení bude obsahovat už všechny výpočty a komentář k plnému pochopení dané problematiky, spolu se zvolenými součástkami.

7.1 Časovací obvod

Jako první na řadě je řešení problematiky, kdy mlžící zařízení a ventilátor mají pracovat synchronně pomocí RC konstanty. Takto pevně zvolená konstanta nastavuje časovou periodu. Jelikož se jedná o zavlažování rostlin pomocí mlhy, bude muset být tato nastavená časová konstanta extrémně dlouhá, v řádech několika minut.

7.1.1 Zapojení pomocí stabilizátoru s tranzistorem

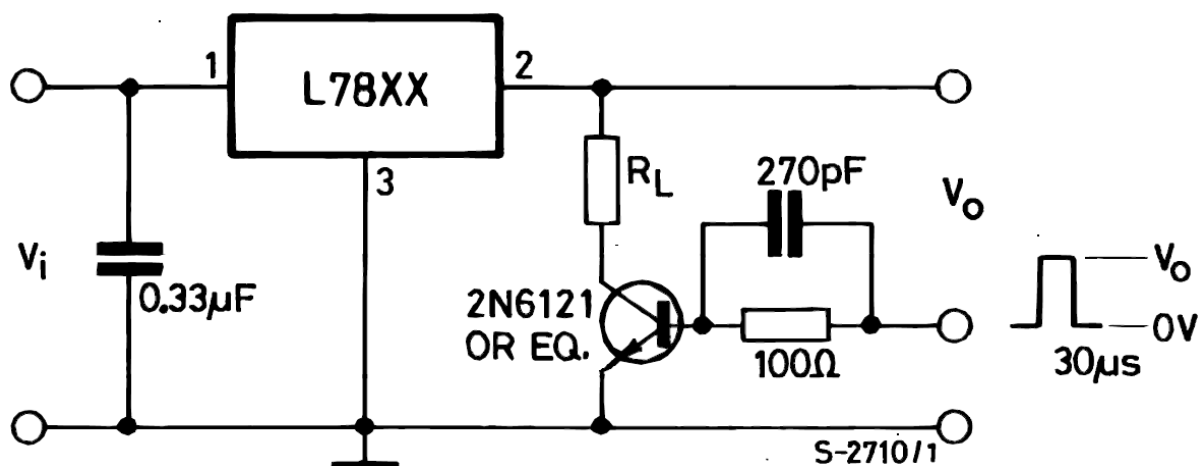
První obvod, který by byl reálně teoreticky proveditelný, je obvod udávaný přímo výrobcem stabilizátoru řady L78xx. V datasheetu tohoto stabilizátoru je uvedeno, že výstupní napětí označené V_o bude tvořit výstupní pravoúhlý signál, toto napětí je mezi výstupem ze stabilizátoru a bází tranzistoru 2N6121, na kterou je přivedeno paralelní zapojení rezistoru a kondenzátoru. Takto zvolená hodnota RC konstanty udává délku sepnutí τ o velikosti napětí V_o . Časová konstanta se následně vypočítá podle vzorce:

$$\tau \cong 1,1 \cdot R \cdot C \text{ [s]} \quad (7.1)$$

V případě udávaném výrobcem je uveden odpor $R = 100\Omega$ a kapacita $C = 270\text{pF}$. Což podle výpočtu pomocí rovnice 7.1 znamená, že takto zadávaná konstanta bude:

$$\tau \cong 1,1 \cdot 100 \cdot 270 \cdot 10^{-12} = 2,97 \cdot 10^{-8} \text{ s} = 29,7\mu\text{s} \quad (7.2)$$

Tato hodnota přibližně odpovídá výrobcem uváděné časové konstantě $30\mu\text{s}$ o velikosti napětí V_o .



Obr. 7.1 Zapojení časové konstanty pomocí stabilizátoru [13]

Na obrázku je ještě uveden odpor R_L , jakožto regulovatelný odpor. Uvedené zapojení je v praxi bohužel téměř nepoužitelné, hned z několika důvodů. Při větších hodnotách odporu a kondenzátoru se časová konstanta výrazně liší od teoretické hodnoty. Zapojení jako takové nemá žádný spouštěcí signál, který by docházel od uživatele, proto by bylo nutné doplnit spínač v kombinaci se zapojením do obvodu. Toto zapojení bylo určeno jako nevhodné a proto nevyhovující.

7.1.2 Zapojení monostabilního klopného obvodu pomocí tranzistorů

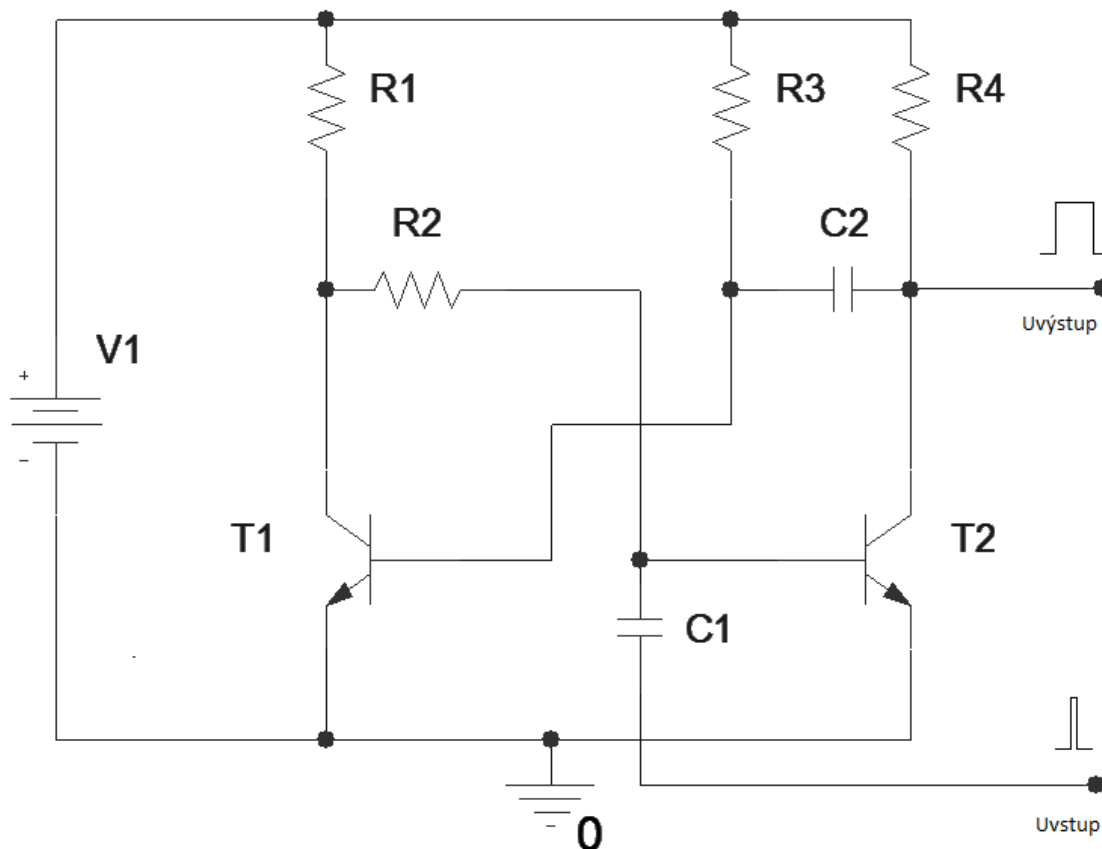
Druhé zapojení, které by bylo vhodné pro realizaci, je některý z multivibrátorů, určený na generování pravoúhlých signálů. Pro danou situaci, kdy je nutné po stisku tlačítka pustit obvod na určitou dobu, je vhodný monostabilní klopný obvod, jakožto druh zapojení multivibrátoru. Monostabilní klopný obvod se vyznačuje jistou vlastností. Obvod je ve stabilním stavu, dokud vnějším činitelem nezasáhneme, poté se obvod překlápí do nestabilního stavu. Tímto stabilním stavem rozumíme stav, ve kterém může klopný obvod setrvat neomezeně dlouhou dobu.

Dnes nejrozšířenějším druhem takového obvodu je monostabilní klopný obvod v zapojení pomocí dvou tranzistorů. Ve stabilním stavu je tranzistor T_2 otevřený kladným přepětím, C_2 je plně nabitý a T_1 zavřený. V čase t_1 , určeném obsluhou obvodu, přivedeme na bázi tranzistoru T_2 přes kondenzátor C_1 kladný impulz. Tento impulz bude mít podobu „pily“, pokud chceme přivádět pravoúhlé signály, je možné nahradit kondenzátor odporem. Tento impulz začne zavírat tranzistor T_2 , kolektorové napětí na tomto tranzistoru začne růst, tím se začne vybíjet kondenzátor C_2 a tranzistor T_1 se začne otevírat. Tento stav se děje tak dlouho dokud není tranzistor T_1 úplně otevřený a napětí se nepřenese přes odpor R_2 a otevřený tranzistor T_1 až na zem. Jakmile kondenzátor dosáhne prahového napětí báze-emitor, začne klesat i kolektorové napětí a obvod se vrací zpět do stabilního stavu.

Časová konstanta vybíjení je určena pomocí odporu R_3 a kondenzátoru C_2 .

$$\tau_1 \approx R_3 \cdot C_2 \text{ [s]} \quad (7.3)$$

Tímto způsobem je zajištěno, že obvod je ve stabilním stavu tak dlouho, dokud nepřijde na vstup signální impulz a drží výstup tak dlouho, dokud se zcela nevybíje kondenzátor a poté znovu čeká ve stabilním stavu na další impulz.



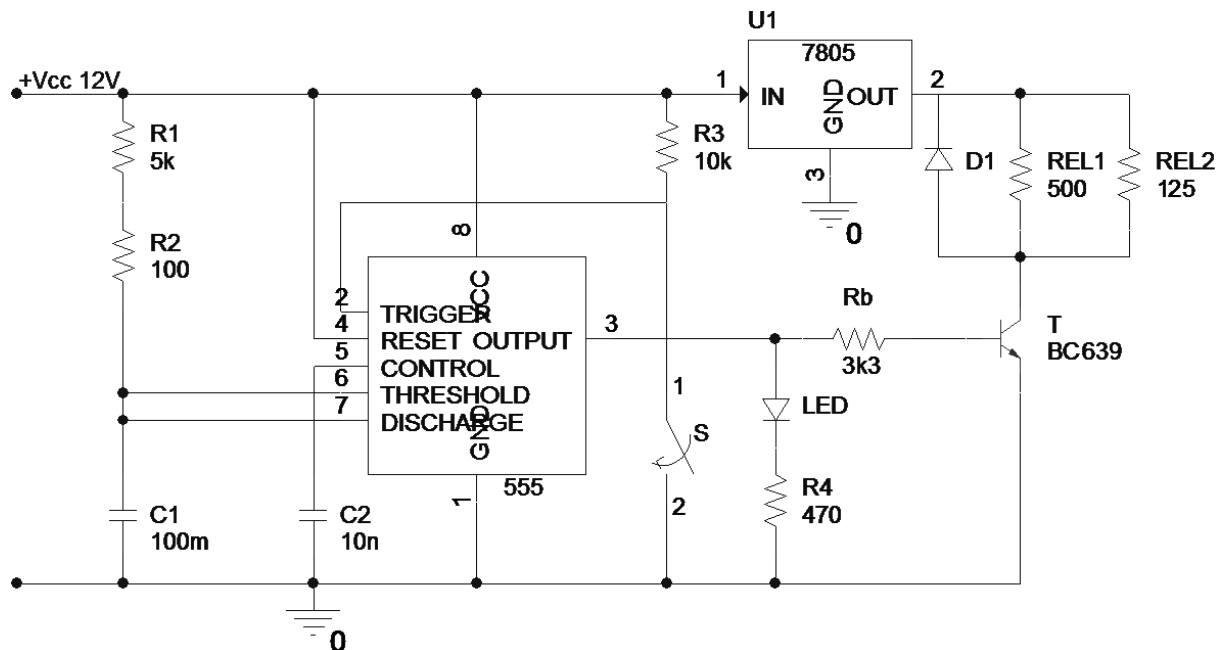
Obr. 7.2 Monostabilní klopný obvod

Toto zapojení je sice koncepčně v pořádku, ale stále jsou zde jisté nedostatky. U monostabilních multivibrátorů musí být doba mezi dalším vstupním impulzem delší, než je doba nastavená RC konstantou, aby bylo možné kondenzátor nabít a celý vybit. Pokud se tato podmínka nedodrží a uživatel stiskne tlačítko při nestabilním časovém úseku, celý obvod se bude snažit znovu překlopit a nastavená doba RC konstantou bude znehodnocena a vytvořena úplně jiná. Jako jedním z dalších faktorů proč toto zapojení není ideálním řešením, je ten, že jak bylo již zmíněno konstanta má být extrémně dlouhá v řádech několika minut. Předešlý nedostatek o stisku tlačítka v čase nestability obvodu by se u takto dlouhé konstanty jenom násobil. Proto tento obvod bude taky vyřazen z možnosti realizace.

7.1.3 Zapojení monostabilního klopného obvodu pomocí NE555

Toto zapojení má mnoho výhod. Jedna z hlavních je nenáročnost a lehká obsluha co se týče součástek. Monostabilní klopný obvod pomocí obvodu 555 je dokonce tak jednoduchá, že v základním provedení mu stačí pouze integrovaný obvod a dvě součástky a to kondenzátor a odpor.

Pro názornost a pochopení zde bude uveden celý časovací obvod včetně součástek na výstupu, které reprezentují samotnou realizaci spuštění.



Obr. 7.3 Monostabilní klopný pomocí NE555

Toto zapojení je kompletní část celého časovače. Jak je ze schématu hned jasné, napájecí napětí se přivádí k pinu 8 a zem k pinu 1, takto zapojené piny se objevují i ve všech dalších zapojeních. Zvolená hodnota napájecího napětí je $V_{cc} = 12V$, tato hodnota byla zvolena z několika důvodů. Jako první je nutná hladina napájecího napětí pro samotný obvod NE555, která jak udává výrobce, se pohybuje v rozmezí 4,5V až 18V. Jelikož se toto rozpětí hodnot do obvodu hodí, byl zvolen tento obvod společně s hodnotou 12V a přívod V_{cc} může být paralelně připojen na vývod ve schématu, viz obrázek 4.7 vývod „out casovac“. Každá větev zdroje bude mít svůj odběr proudu. Ventilátor podle datasheetu 151mA a tento obvod celkově asi 50mA. Stabilizovaný zdroj má proud o hodnotě 0,5A, aby byla pokryta i případná rezerva. Jako další je možné vidět odpory R_1 a R_2 společně s kondenzátorem tvoří hlavní část pro nastavení časové konstanty. Mezi odporovou část a kondenzátor jsou připojeny piny 6, což je pin prvního vypínacího komparátoru a pin 7 reprezentující kolektor tranzistoru. Dále pin 5 jakožto invertující vstup vypínacího komparátoru, na tento vstup je zvolen kondenzátor C_2 pro ošetření možných negativních vlivů z obvodu. Po případném průniku menšího impulsu by tato chyba ovlivnila celý obvod společně s dobou vypnutí. Hodnota tohoto kondenzátoru se obvykle volí 10nF až 100nF. Pin číslo 4 je resetující a při přivedení úrovně L neboli 0 má za následek navrácení celého obvodu do počátečního stavu, proto je přiveden na napájecí napětí. Pokud by bylo v zapojení vyžadováno, je možné připojení pinu 4 na přívodní napětí V_{cc} přes odporovou zátěž, tlačítko na zem a získat tak možnou reset funkci obvodu. Jako spuštění celého obvodu poslouží pin číslo 2, který je připojen přes odporovou zátěž $R_3 = 10k\Omega$ na napájecí napětí a dále pak přes tlačítko S na zem. Při absenci odporu R_3 by po stisku tlačítka byl vyzkratován celý obvod, funkce výstupu obvodu bude vysvětlena až v dalších odstavcích.

V klidovém stavu je kondenzátor C_1 vybit. Výstup RS obvodu je v úrovni H, která je na bázi tranzistoru. Tento tranzistor je sepnutý a kondenzátor C_1 je přes pin 7 spojen se zemí.

Stiskem tlačítka S bude přiveden na vstup nulový impulz, tento impulz překlopí druhý komparátor, zvaný zapínací komparátor, na výstupu RS obvodu se objeví úroveň L, která je přivedená na bázi tranzistoru, ten se přivedeným impulzem rozpojí. Teď už nic nebrání, aby se kondenzátor začal nabíjet, přes odpory R_1 a R_2 . Na výstupu IO, který je přes invertor připojený k výstupu RS obvodu, je úroveň H, která představuje téměř napájecí napětí V_{cc} . Kondenzátor se nabíjí až do úrovně $2/3$ napájecího napětí, tato hodnota je dána napěťovým děličem na vstupu. Jakmile dosáhne kondenzátor toto napětí, pin číslo 6, který je připojen na vstup vypínacího komparátoru překlopí tento komparátor, na výstupu RS obvodu se objeví úroveň H, tranzistor se znovu sepne a kondenzátor se přes něj na zem ihned vybije. Výstup IO 555 bude opět na nulové úrovni.

RC časová konstanta takto zvoleného obvodu se vypočítá pomocí jednoduchého vzorce:

$$\tau \approx 1,1 \cdot (R_1 + R_2) \cdot C_1 \text{ [s]} \quad (7.4)$$

Rezistor R_1 je sériově spojen s odporem R_2 a určují dobu, za kterou se kondenzátor nabije na požadovanou úroveň. Ze zadání je ovšem nutné tuto RC časovou konstantu regulovat, proto je za odpor R_1 zvolen potenciometr s výrobním označením PC1221NK001 jehož odpor je od 1Ω až od $5k\Omega$. Do série s tímto odporem není nutné dávat odpor R_2 , ale je to vhodné. Takto zařazený pevný odpor nám poskytne minimální čas pro časovou konstantu τ pokud se odpor potenciometru blíží 0. Takovéto ošetření nám zajistí, že po natočení potenciometru do 0 a stiskem tlačítka se obvod ihned nevypne, ale poběží minimální stanovenou periodu.

Nastává zde ale problém, který je skrytý v hodnotách součástí. Protože je zadáno, že obvod má být sepnutý v řádech minut, budeme muset volit co největší možnou kapacitu s ohledem na cenu. Elektrolytické kondenzátory v běžných cenách dosahují kapacity zhruba $2200\mu\text{F}$. Společně s odporem $100k\Omega$ by byla časová konstanta rovna:

$$\tau = 1,1 \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 2200 \cdot 10^{-6} = 242\text{s} \quad (7.5)$$

Určená časová konstanta není zrovna špatná, ale při větších hodnotách kapacit a odporů by vznikla příliš velká chyba v době nabíjení kondenzátorů. U příliš velkých odporů, při napětí 12V, by vznikl problém v samotném nabíjení kondenzátoru. Proto je vhodné volit menší odpory v řádech desítek, maximálně stovek $k\Omega$. U elektrolytických kondenzátorů vyšších kapacit je běžná vysoká tolerance zhruba 20%, také je možno setkat se samovybíjením, které značně prodlužuje dobu sepnutí. Jak ale vyřešit velikost kapacity? Nabízí se prosté řešení a to vytvoření si syntetické kapacity, která může dosahovat i několik faradů. Takto zvolená syntetická kapacita bude vytvořena pomocí Antoniova impedančního konvertoru. Zapojení samotné a návrh syntetické kapacity bude vysvětlen v následující podkapitole 7.1.4. Pro další návrh bude ustanoveno, že kapacita byla pomocí Antoniova impedančního konvertoru nastavena na 100mF .

Čas minimální periody je poté určen téměř pouze odporem R2 a syntetickou kapacitou C1:

$$\tau = 1,1 \cdot (1 + 100) \cdot 0,1 = 11,11s \quad (7.6)$$

Tudíž minimální perioda pro téměř nulový odpor R1 je $\tau = 11,11s$. Po natočení potenciometru do maximální možné hodnoty odporu, která je u modelu PC1221NK001 $R_{\max} = 5k\Omega$ bude časová konstanta τ :

$$\tau = 1,1 \cdot (5000 + 100) \cdot 0,1 = 561s \quad (7.7)$$

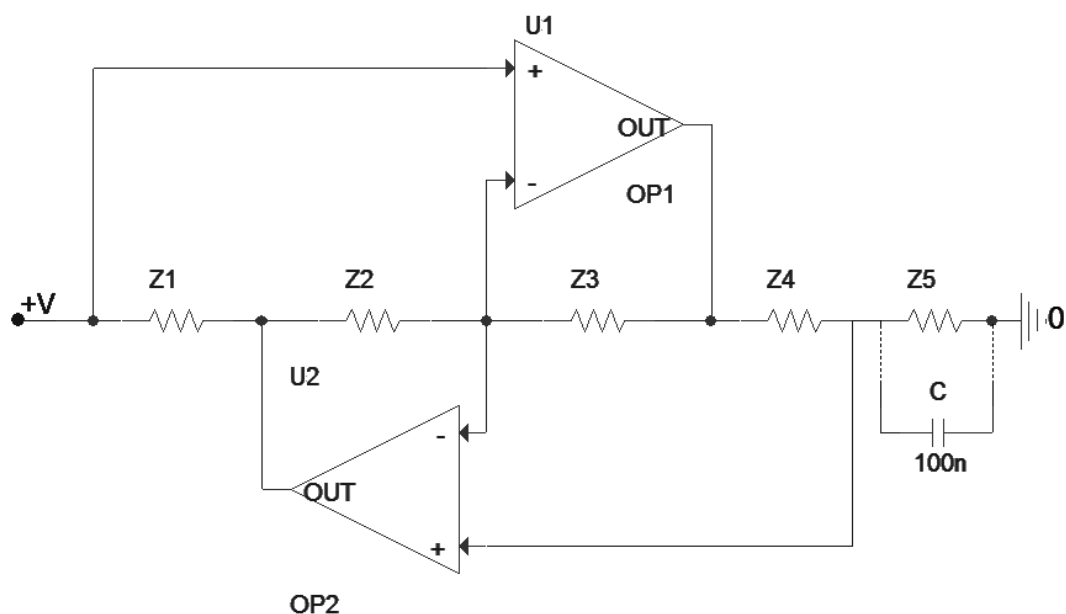
Takto vypočítaná hodnota časové periody splňuje zadané podmínky, že obvod má být aktivní po dobu několika minut, v tomto případě bude aktivní necelých deset minut. Rozpětí doby sepnutí obvodu je tedy od 11 sekund, až do 10 minut, v závislosti na natočení potenciometru.

Obvod popsany v této kapitole zcela vyhovuje podmínkám zadání a je nejen spolehlivý, ale navíc i časově přesný do řádů desítek milisekund. Obvod je bohužel nevhodný pro časové konstanty větší než deset minut. U takto dlouhé doby sepnutí nastává chyba až 5% a dalším stupňováním periody chyba exponenciálně narůstá. Tento jev je však možné přehlédnout z důvodů, že doba sepnutí nepřesahuje zmíněných deset minut.

Zapojení monostabilního klopného obvodu bylo ustanoveno jako nejvhodnější a bude použito pro časovací obvod. V dalších podkapitolách, jmenovitě 7.1.4 a 7.1.5 budou vysvětleny periferie připojené do tohoto obvodu.

7.1.4 Antoniův impedanční konvertor

Obecné zapojení tohoto konvertoru je prosté. Jedná se o řadu pěti impedancí zapojených v sérii, na tuto řadu impedancí jsou zapojeny dva operační zesilovače.



Obr. 7.4 Antoniův impedanční konvertor

Za operační zesilovače OP1 a OP2 byl zvolen typ TL082, který obsahuje dvakrát JFET. Takto zapojený konvertor má pak celkovou impedanci určenou vztahem:

$$Z_{in}(s) = \frac{Z_1(s) \cdot Z_3(s) \cdot Z_5(s)}{Z_2(s) \cdot Z_4(s)} [-] \quad (7.8)$$

Pokud do takto vzniklého zapojení budou vloženy za impedance Z_1 , Z_2 , Z_3 a Z_4 rezistory a impedance Z_5 bude nahrazena obyčejným křemíkovým kondenzátorem, obvod se bude chovat jako by na vstupu celého zapojení byla kapacita. Proč byl kondenzátor vložen místo impedance Z_5 ? Protože impedance kapacity je její obrácená hodnota. Vzorec takto navržených odporů s kondenzátorem pak bude.

$$Z_{in}(s) = \frac{Z_1(s) \cdot Z_3(s) \cdot Z_5(s)}{Z_2(s) \cdot Z_4(s)} = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_2 \cdot R_4} \cdot \frac{1}{sC} [F] \quad (7.9)$$

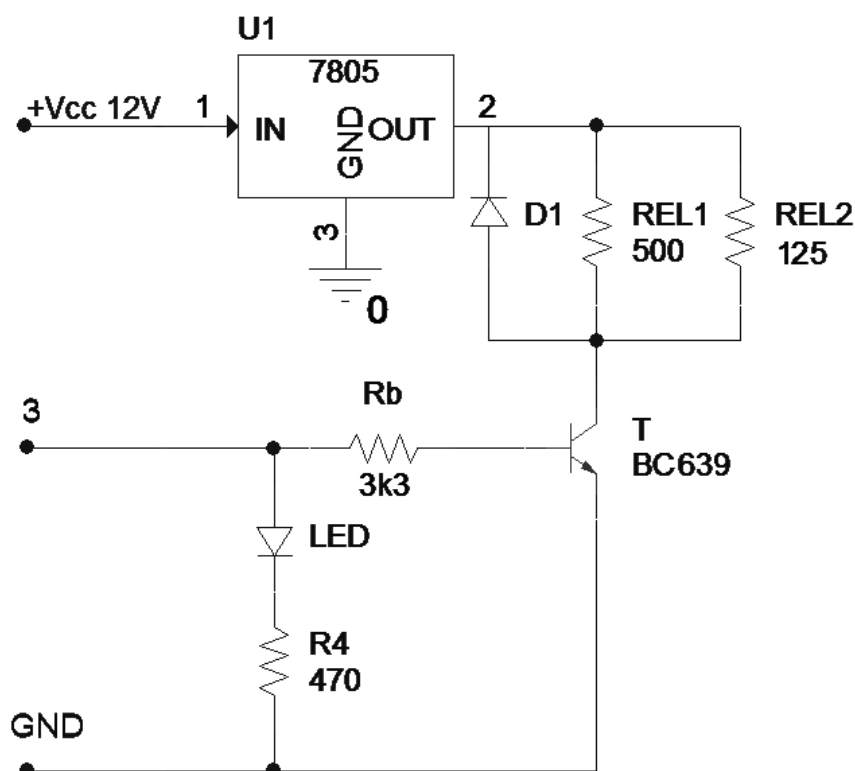
Do zapojení je potřebná kapacita 0,1F. Jako první je dobré volit velikost kondenzátoru a pak dopočítat potřebné rezistory. Kapacita kondenzátoru byla zvolena 100nF, pak odpory budou pro $R_1 = R_3 = 100\Omega$ a $R_2 = R_4 = 1M\Omega$.

$$Z_{in}(s) = \frac{100 \cdot 100}{1 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 10^6} \cdot \frac{1}{100 \cdot 10^{-9}} = 0.1F$$

Na vstupu Antoniova impedančního konvertoru je nyní syntetická kapacita o velikosti 0,1F, která je potřeba do zapojení časovacího obvodu viz obrázek 7.3.

7.1.5 Výstup obvodu NE555 pro časovací obvod

Pro názornost je uvedena část obvodu z obrázku 7.3, která následuje za výstupem z NE555 (pin 3).



Obr. 7.5 Výstup časovacího obvodu

Z počátku byl stanoven problém týkající se spouštění celého obvodu po příchodu impulzu z NE555. Jako výchozí řešení byla zvolena elektromagnetická relé, která po příchodu proudu, sepnou pomocí cívky kotvičku a přivedou tak napájecí napětí na požadovaný výstup. Relé jsou spojeny k napájecímu napětí V_{cc} a druhým vstupem na výstupní pin 3 přes bipolární NPN tranzistor. Pro splnění světelné signalizace je ve schématu i LED dioda s předřadným odporem, který se vypočítá pomocí vzorce 4.4.

Tyto relé však vykazují menší nedostatek. Pokud bude zvoleno elektromagnetické relé o napájecím napětí 12V, na obvodu s napájecím napětím $V_{cc} = 12V$, je možné, že při zakolísání této hodnoty se relé nemusí vůbec aktivovat. Z tohoto důvodu byly zvoleny relé o napětí 5V. Toto napětí bude získáno pomocí sériově zapojeného stabilizátoru typu 7805. Nyní pokud hodnota V_{cc} poklesne, na relé bude stále napětí 5V. Dioda D_1 , která je paralelně s oběma relé, má pouze ochranný charakter. Každá cívka relé má kromě odporu také svoji indukčnost. Tato indukčnost se projeví při rozepnutí obvodu, tranzistor se uzavře a na relé vznikne velká napěťová špička, tato špička by mohla prorazit a zničit tranzistor. Proto pokud relé nemá ve svém vnitřním zapojení zabudovanou diodu je nutné toto relé přemostit například obyčejnou usměrňovací diodou například 1N4007.

Zmíněný tranzistor je v tomto zapojení určený jako spínač signálů s obvodu NE555. Není zde nutné pořizovat výkonový tranzistor, proto postačí obyčejný NPN bipolární tranzistor BC639. Báze tranzistoru je spojena přes odpor R_b na výstupní pin číslo 3. Kolektor je spojen na paralelní kombinaci relé REL1 a REL2 s ochrannou diodou D_1 . Emitor je přiveden na zem.

V tomto případě je jeden vstup relé spojen s napájecím napětím $V_{cc} = 5V$ a druhý spojen s kolektorem tranzistoru na nulovém potenciálu. Jako vhodné relé byly zvoleny dva typy. Jazyčkové relé COSMO RELED1A 051 000, které reprezentuje REL1 ve schématu, jehož vnitřní odpor vinutí je $R_{REL1} = 500\Omega$ a napětí $U = 5V$. Z těchto hodnot lze pak pomocí Ohmova zákona vypočítat proud nutný pro sepnutí kotvičky, který je roven $I_{REL1} = 10mA$. Toto relé bylo zvoleno pro spínání ventilátoru. Spínací piny tohoto relé budou umístěny bezprostředně za výstup stejnosměrného stabilizovaného zdroje, viz obrázek 5.7 větev „out ventilator“. Za druhé relé, v obrázku reprezentující REL2, bylo zvoleno RELEFR-F3AA005E a jeho spínací piny budou umístěny bezprostředně za výstup stejnosměrného stabilizovaného zdroje pro napájení mlžícího zařízení, viz obrázek 5.6. Nemohla být zvolena stejná součástka jako v předchozím případě, protože proud spínací větví tohoto relé bude 1,2A a to předchozí součástka podle datasheetu nedovoluje. Toto relé má podle údajů odpor vinutí $R_{REL2} = 125\Omega$ $U = 5V$. Dopotčítáním Ohmova zákona byla stanovena hodnota proudu $I_{REL2} = 40mA$.

Ve schématu už stačí pouze dopočítat odpor na bázi tranzistoru. Známa hodnota v tomto zapojení je celkový proud I_c , který se vypočítá sečtením proudů I_{REL1} a I_{REL2} .

$$I_c = I_{REL1} + I_{REL2} = 10 \cdot 10^{-3} + 40 \cdot 10^{-3} = 50mA \quad (7.10)$$

To znamená, že tento proud může být pouze h_{21E} krát větší než proud bázi I_b . Tento proud bázi musí být několikrát větší, než jaký je nutný pro sepnutí tranzistoru. Obvyklá hodnota se volí mezi třemi až pěti. Podle výrobce tranzistoru BC639 je hodnota $h_{21E} = 45$.

Proud bázi tranzistoru tedy bude:

$$I_b = 3 \cdot \left(\frac{I_C}{h_{21E}} \right) = 3 \cdot \left(\frac{50 \cdot 10^{-3}}{45} \right) \cong 3,33 \text{mA} \quad (7.11)$$

V předchozích kapitolách je uvedeno, že výstupní NE555 je téměř shodné s napájecím napětím $V_{CC} = 12\text{V}$. Nyní bude vypočten úbytek napětí na rezistoru R_b , pokud je známo, že úbytek napětí na tranzistoru $V_{BE} = 1\text{V}$.

$$U_{RB} = V_{CC} - V_{BE} = 12 - 1 = 11\text{V} \quad (7.12)$$

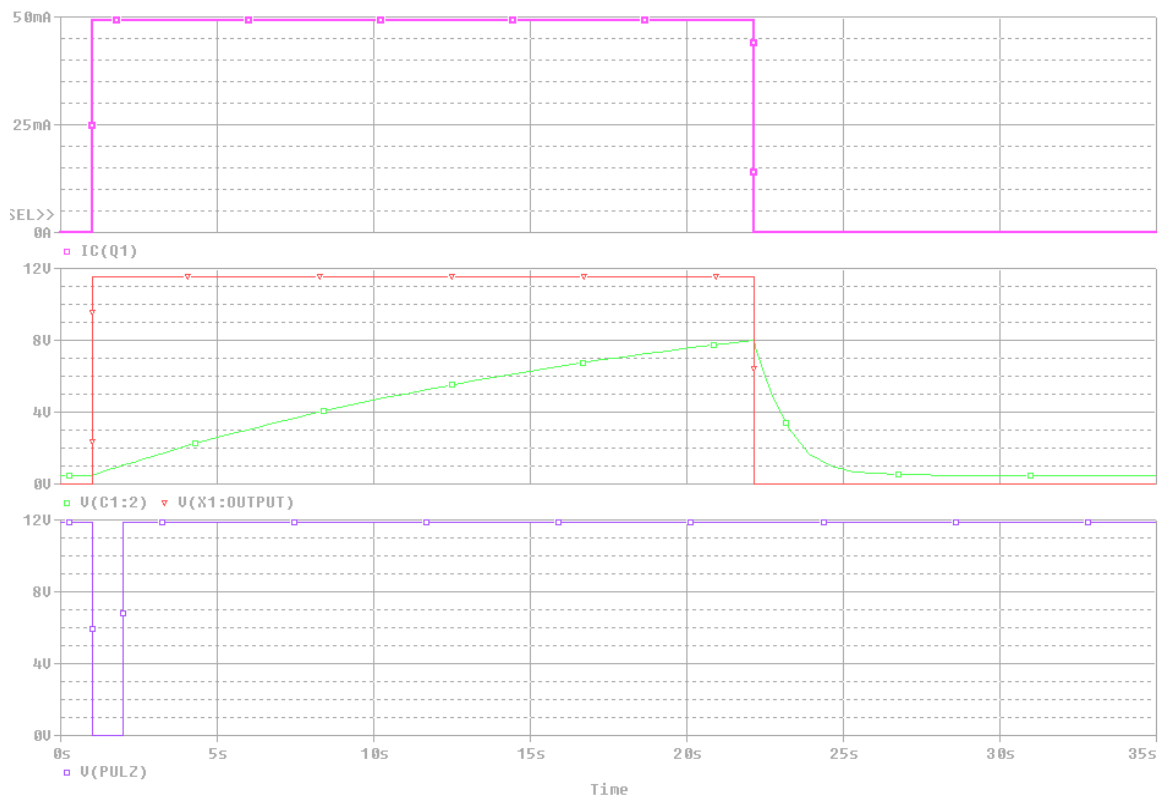
Nyní je možné dopočítat podle Ohmova zákona požadovaný odpor R_b .

$$R_B = \frac{U_{RB}}{I_b} = \frac{11}{3,33 \cdot 10^{-3}} \approx 3333 \Omega \quad (7.13)$$

Není nutné zde dbát na přesnost, protože malé změny odporu zapojení téměř vůbec neovlivní. Proto byl stanoven nejbližší vyráběný odpor 3300Ω , některé relé mohou odebírat nepatrně více proudu a tak by se nemuseli při přesné hodnotě 50mA sepnout, je možné tedy zapojit i odpor o hodnotě $1\text{k}\Omega$ nebo $2\text{k}\Omega$. Jako poslední je nutné dopočítat celkovou výkonovou ztrátu na tranzistoru, pokud víme, že podle výrobce je hodnota tranzistoru $V_{CE} = 0,5\text{V}$.

$$P_C = V_{BE} \cdot I_b + V_{CE} \cdot I_C = 1 \cdot 3,33 \cdot 10^{-3} + 0,5 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 0,02833\text{W} \quad (7.14)$$

Takto vypočítaná celková výkonová ztráta je hluboko pod výrobcem maximální udávanou hodnotou $P_{Cmax} = 0,625\text{W}$. Celkový časovací obvod je tedy vytvořen pomocí schémata na obrázku 7.3, s nahrazením kondenzátoru C_1 Antoniovým impedančním konvertorem, zvolenou hodnotou RC konstanty a spínáním pomocí tranzistoru s relé.



Obr. 7.6 Analýza časovače

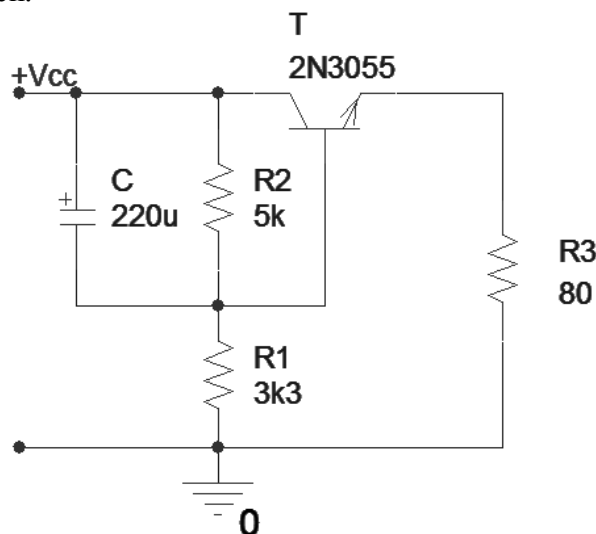
Na obrázku 7.6 je uvedena časová analýza takto zapojeného obvodu s hodnotami rezistoru $R_1 = R_2 = 100\Omega$ a $C_1 = 100\text{mF}$. Modrá představuje záporný impulz po stlačení spouštěcího tlačítka. Zelená představuje velikost napětí při nabíjení kondenzátoru od 0 do $2/3 V_{cc}$. Červená je výstupní napětí, které dosahuje téměř V_{cc} . Růžová je výstupní proud na kolektoru tranzistoru, který spíná elektromagnetické relé. Hodnoty uvedené v analýze odpovídají hodnotám, které byly teoreticky vypočteny a navrženy.

7.2 Regulace otáček DC ventilátoru

Tato kapitola bude odlišná o předchozí v tom, že zde nebudou probírány žádné další možnosti zapojení. Prvním obvodem, který byl vybrán, je regulace otáček ventilátoru pomocí napětí v zapojení tranzistoru se společným kolektorem. Celé zapojení je koncepčně velice jednoduché. Vstupní napětí je připojeno na výstup stabilizovaného zdroje V_{cc} 12V uvedeného na obrázku 5.7 větve s názvem „out ventilator“. Toto napětí je přivedeno na odporový dělič. Rezistor R_1 má pevně danou hodnotu odporu, tato hodnota může být jakákoliv. Pro toto zapojení byla hodnota rezistoru určena na $R_1 = 3300\Omega$. Rezistor R_2 je v zapojení pro regulaci napětí, tento rezistor bude zaměněn za potenciometr o maximálním odporu $R_2 = 5000\Omega$. Napětí na výstupu odporového děliče je přivedeno na bázi tranzistoru, který je v zapojení se společným kolektorem. Na emitor tranzistoru je připojen ventilátor. Napětí na emitoru tranzistoru pro regulaci ventilátoru tedy bude výstupní napětí odporového děliče, minus úbytek napětí na tranzistoru báze-emitor.

$$U_E = \left(V_{cc} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) - V_{BE} [\text{V}] \quad (7.15)$$

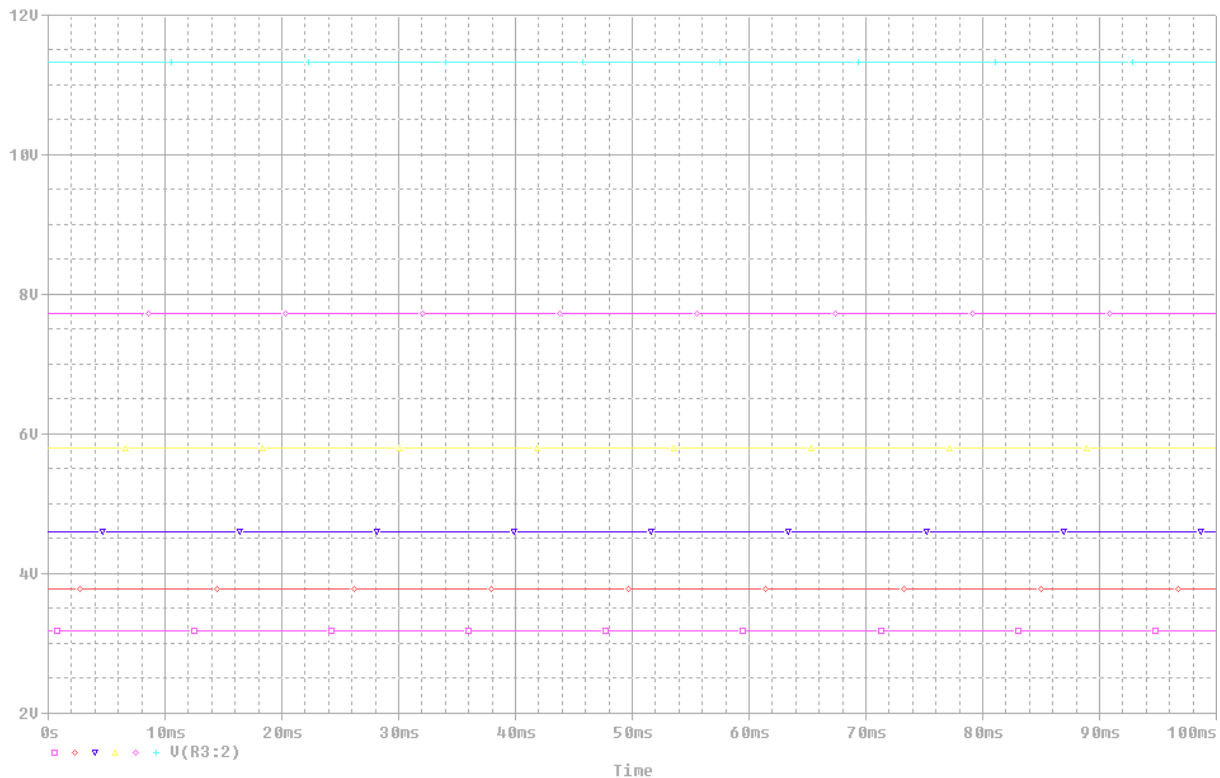
Ventilátor samotný nejde bohužel regulovat, dokud na vstupu ventilátoru nebude plné napětí 12V, tento problém se dá velice lehce vyřešit zapojením běžného elektrolytického kondenzátoru o velikosti $220\mu\text{F}$ paralelně k potenciometru. Tato hodnota je pouze běžně uznávaná a lze zvolit i jakoukoli jinou. Nevýhodou tohoto obvodu je především fakt, že tranzistor je v zapojení se společným kolektorem a zátěží připojenou na emitor. Takto zapojené tranzistory se velice rychle zahřívají, a proto je nutné použít bytelnější tranzistor s dobrým odvodem tepla, K tomuto účelu byl vybrán tranzistor 2N3055, který byl použit i v předchozích kapitolách.



Obr. 7.7 Regulace otáček ventilátoru

Odpor R_3 v zapojení nám představuje ekvivalentní zátěž samotného ventilátoru. Na použitý tranzistor je jako pojistka nejlepší připevnit ještě chladič, aby se vzniklé teplo efektivně odvádělo a nedocházelo k samovolnému vypínání. Tento obvod byl schválen hned napoprvé, z důvodů lehké obsluhy a počtu součástek a bude sloužit jako napěťová regulace otáček ventilátoru.

Analýza v programu OrCAD PSpice při regulaci potenciometru od 5000Ω sestupně do 1Ω . Přičemž ventilátor přestává pracovat už od 5V a méně.



Obr. 7.8 Závislost regulace odporu na napětí ventilátoru

7.3 Regulace jasu diod pomocí fotopravku

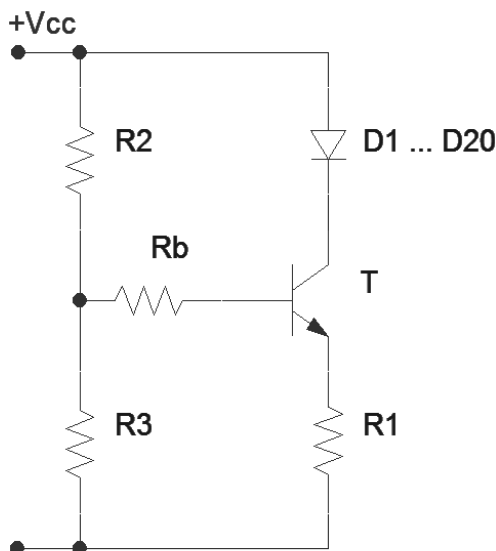
Další obvod v pořadí je řízení a regulace jasu diod pomocí fotopravku. Jak již bylo zmíněno v kapitole 4, pro regulaci diod byl vybrán fotorezistor. Této součástce se stoupající světelnou intenzitou klesá odpor. Zvolen byl fotorezistor typu VT43N1 jehož maximální odpor při úplné tmě dosahuje $300k\Omega$. Fotoprvek bude připevněn na vnější stranu ovládacího pultu, na který bude dopadat okolní světlo.

Každá z diod má úbytek napětí 3,5V a pro maximální osvětlení je nutno dodat proud o velikosti 250mA. Protože bude napájeno dvacet diod, musí být vymyšleno nejlepší zapojení. V ideálních podmínkách by bylo nejlepší mít všechny diody v sérii, v dané větvi by pak byl potřeba pouze proud 250mA. Takto zapojené diody by však potřebovali obrovské napětí, které by se rovnalo součtu úbytků všech diod zapojených v sérii. Stejný problém by nastal u proudu při zapojení všech diod paralelně. Proto je nutné zvolit sérioparalelní kombinaci, která bude kompromisem jak pro napětí, tak i pro proud.

Ustanoveno bylo zapojení po pěti diodách v sérii, se čtyřmi paralelními větvemi. Nyní bude potřeba 17,5V a 1A.

7.3.1 Zapojení pomocí tranzistoru na stejnosměrném napájecím napětí

Jako první je samotné zapojení pomocí bipolárního tranzistoru NPN.

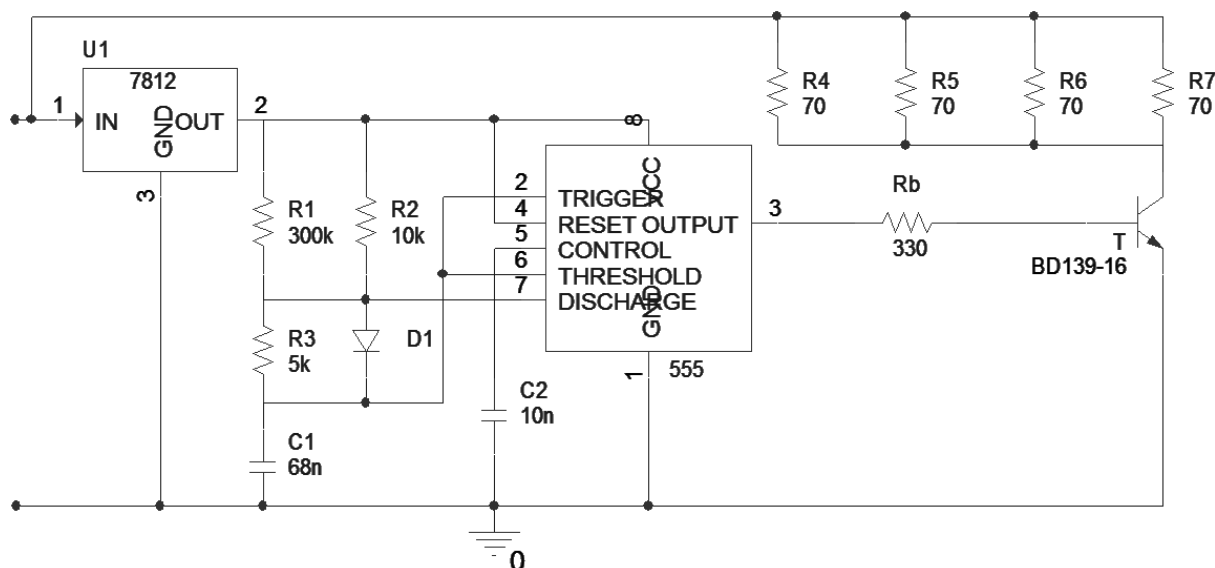


Obr. 7.9 Regulace pomocí děliče a tranzistoru

Podobné schéma bylo využito pro regulaci otáček ventilátoru. I zde je odporový dělič R2 a R3, kterým přivádíme napětí na rezistor Rb a bázi tranzistoru. Pomocí rezistoru R1 je možná regulace proudu diodami. Pokud by byl požadován fotoprvek, byl by rezistor R3 nahrazen zvoleným fotorezistorem. V takto navrženém děliči by zvýšení odporu na fotorezistoru mělo za následek zvýšení proudu protékajícím diodami na kolektoru tranzistoru. Dioda D1 ... D20 reprezentuje sérioparalelní zapojení, které bylo ustanoveno v kapitole 7.3.

Takovéto zapojení je konstrukčně v pořádku. Bohužel zde nastává stejný problém jako u regulace otáček ventilátoru. Tranzistor na takto vytvořeném obvodu se zátěží na emitoru bude mít dost velké teplotní zatížení. Stejně jako diody, na které je přivedeno stejnosměrné napětí. Toto napětí je sníženo o úbytek na diodě, dále na předřadném odporu až na tranzistor. Diody se po dlouhou časovou periodu nebudou vůbec vypínat a tak bude docházet k jejich, zahřívání. Jako jeden z hlavních činitelů výdrže LED diody je teplota, čím více je dioda vystavena vyšším teplotám, tím se snižuje doba její životnosti. Stejně tomu je i u tranzistoru v tomto obvodu. Co se životnosti týče, bude tedy lepší zkonstruovat PWM modulaci. Proto zapojení na obrázku 7.9 z možností realizace vypustíme. Zapojení PWM modulace pomocí NE555

Postup dalšího kroku by mohl být návrh pomocí astabilního klopného obvodu na generování PWM pulzů, byly by ale zjištěny podobné závěry jako v kapitole 7.1.2. Proto tento návrh bude vynechán a generování PWM impulzů bude provedeno pomocí integrovaného obvodu NE555.



Obr. 7.10 Regulace jasu diod pomocí NE555

Stabilní klopný obvod se vyznačuje jednou důležitou vlastností, po přivedení napájecího napětí V_{cc} na vstup začne perioda. Kondenzátor se nabíjí, vybíjí a poté, protože mu žádný jiný faktor nezabraňuje, se celý proces znovu opakuje. Tohoto jevu bude využito pro vytvoření PWM modulace. Toto zapojení se od monostabilního v několika ohledech liší. Ovšem piny číslo 1 a 8 zůstávají stále přivedeny na zemi a na V_{cc} . Protože zde není potřeba reset funkce, je pin číslo 4 přiveden také na napájecí napětí. Funkce pinu 5 zůstává také stejná, v této aplikaci není zájem o nastavování referenčních napětí, proto je tento vývod přes kondenzátor C_2 uzemněn. Rezistor R_1 reprezentuje zadaný fotorezistor VT43N1, který má při plné tmě odpor $300\text{k}\Omega$ a se stoupající světelnou intenzitou jeho odpor klesá, až na $4\text{k}\Omega$ při intenzitě osvětlení 10lux . Na tento rezistor R_1 je paralelně připojený R_2 , který zajišťuje správnou regulaci. Při úplné tmě takto seřazené rezistory mají odpor $R_{1,2} = 9677\Omega$. Přes rezistor $R_{1,2}$ je připojena v propustném směru dioda D_1 , za diodu je možné dosadit jakýkoliv typ. Tento soubor součástí zajišťuje nabíjení kondenzátoru C_1 a jeho doba nabíjení je určena vzorcem:

$$\tau_n = \ln(2) \cdot \left(\frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \right) \cdot C_1 [\text{s}] \quad (7.16)$$

Pro zvolené součástky $R_1 = 300\text{k}\Omega$, $R_2 = 10\text{k}\Omega$ a kondenzátor o kapacitě $C_1 = 68\text{nF}$ bude časová konstanta τ rovna:

$$\tau_n = \ln(2) \cdot \left(\frac{300 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^3}{300 \cdot 10^3 + 10 \cdot 10^3} \right) \cdot 68 \cdot 10^{-9} \approx 4,56 \cdot 10^{-4} \text{s} \quad (7.17)$$

V takto dané časové konstantě se ale vyskytne chyba v podobě malého odporu diody D_1 , který se k paralelní kombinaci přičítá. Tato chyba se pohybuje v rozmezí asi 3%, což ve výsledném zapojení nemá vliv a nevádí. Jakmile se kondenzátor nabije na referenční napětí $2/3 V_{cc}$, pin číslo 6 překlopí vypínací komparátor, což má za následek sepnutí tranzistoru na pinu 7 a protože dioda je ke kondenzátoru závěrným směrem vybíjení se děje přes odpor R_3 a pin 7. Pro takto zvolenou hodnotu odporu R_3 je časová konstanta rovna:

$$\tau_v = \ln(2) \cdot R_3 \cdot C_1 [\text{s}] \quad (7.18)$$

$$\tau_v = \ln(2) \cdot 5 \cdot 10^3 \cdot 68 \cdot 10^{-9} \approx 2,36 \cdot 10^{-4} s \quad (7.19)$$

Tento kondenzátor se vybíjí až do referenčního napětí $1/3 V_{cc}$. Protože jsou piny 6 a 2 spolu připojené, pin 2 na této úrovni referenčního napětí zajistí, že druhý komparátor zvaný zapínací se překloupí, což má za následek, že tranzistor se uzavře a protože žádný jiný faktor nebrání znovu kondenzátoru se nabíjet, celý proces se opakuje. Celková perioda doby nabíjení a vybíjení je pak rovna:

$$T = \tau_n + \tau_v = 4,56 \cdot 10^{-4} + 2,36 \cdot 10^{-4} = 6,92 \cdot 10^{-4} s \quad (7.20)$$

Pokud již známe periodu je možno dopočítat frekvenci.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{6,92 \cdot 10^{-4}} \approx 1445 Hz \quad (7.21)$$

Nyní bude na výstupu téměř napájecí napětí, které bude mít obdélníkový charakter PWM pulzů o frekvenci 1445Hz, což bohatě postačuje, protože lidské oko je schopno vnímat do frekvence 50Hz až 100Hz a proto se bude zdát, že diody svítí.

Jelikož napětí při nabíjení kondenzátoru osciluje mezi $2/3 V_{cc}$ a $1/3 V_{cc}$, je patrné, že první nabíjení kondenzátoru bude delší než všechny ostatní, protože se nabíjí z nulového napětí. U takto veliké frekvence přes 1kHz však toto první nabíjení může být zcela zanedbáno.

7.3.2 Výstup obvodu NE555 pro regulaci jasu diod

Na výstupní pin číslo 3 je připojena báze NPN tranzistoru, který je v zapojení se společným kolektorem jako spínač. Na kolektor tranzistoru je přiveden soubor zapojení LED diod, vždy pět v sérii a čtyři větve paralelně. Na obrázku 7.10 jsou tyto diody nahrazeny ekvivalentními odpory. Protože je známo, že tyto diody mají úbytek napětí 3,5V a potřebný proud pro zvýšení jasu na maximum 250mA, jde podle Ohmova zákona dopočítat, že vnitřní odpor těchto diod je 14Ω . V zapojení je vždy 5 diod, proto jsou na obrázku uvedeny 70Ω rezistory.

Jako poslední je nutno vysvětlit funkci stabilizátoru. Na diody bude potřeba nejméně 18V napájecího napětí, tato hodnota je ovšem maximální povolenou hodnotou napětí pro obvod NE555. Pokud by přišla neočekávaná napěťová špička, mohlo by to mít za následek zničení obvodu. Proto je před celý integrovaný obvod přiveden stabilizátor, který stabilizuje napětí na přijatelnou úroveň $V_{cc} = 12V$. Paralelně před stabilizátor je zařazena větev pro přivedení požadovaného napájecího napětí $V_{cc} = 18V$.

Nyní, se podobným postupem jako v kapitole 7.1.5 bude potřeba dostat k návrhu tranzistoru. Zapojeny jsou čtyři paralelní větve, každá po 250mA, proto celkový proud na kolektoru tranzistoru bude roven $I_c = 1A$. Víme, že je zapojeno pět diod v sérii každá po 3,5V. Na takto zvolené hodnoty byl stanoven tranzistor BD139-16, který by měl vyhovovat těmto parametrům.

Jako první je nutno vypočítat předřadný odpor R_{LED} , který omezí protékající proud na zvolenou hodnotu.

$$U_{RLED} = V_{CC} - (5 \cdot V_D) - V_{CE} [V] \quad (7.22)$$

Kde U_{RLED} je napětí na předřadném odporu, V_{CC} napájecí napětí, V_D je úbytek napětí na jedné diodě a V_{CE} je saturační napětí kolektor-emitor na tranzistoru zjištěný z datasheetu součástky. Napětí na předřadném odporu tedy bude:

$$U_{RLED} = 18 - (5 \cdot 3,5) - 0,4 = 0,1V \quad (7.23)$$

Protože vypočítané zbytkové napětí je takto malé, při podělení tohoto napětí požadovaným proudem, by vyšel malý odpor, proto můžeme tento předřadný odpor vynechat s vědomím, že proud je stanoven velikostí úbytku na zbylých součástkách. Je předpokládáno, že proud I_b může být pouze h_{21E} krát menší než proud I_c . Bylo zjištěno, že podle datasheetu je hodnota tranzistoru $h_{21E} = 100$. Proud bázi tedy bude:

$$I_b = 3 \cdot \left(\frac{I_c}{h_{21E}} \right) = 3 \cdot \left(\frac{1}{100} \right) = 0,03A \quad (7.24)$$

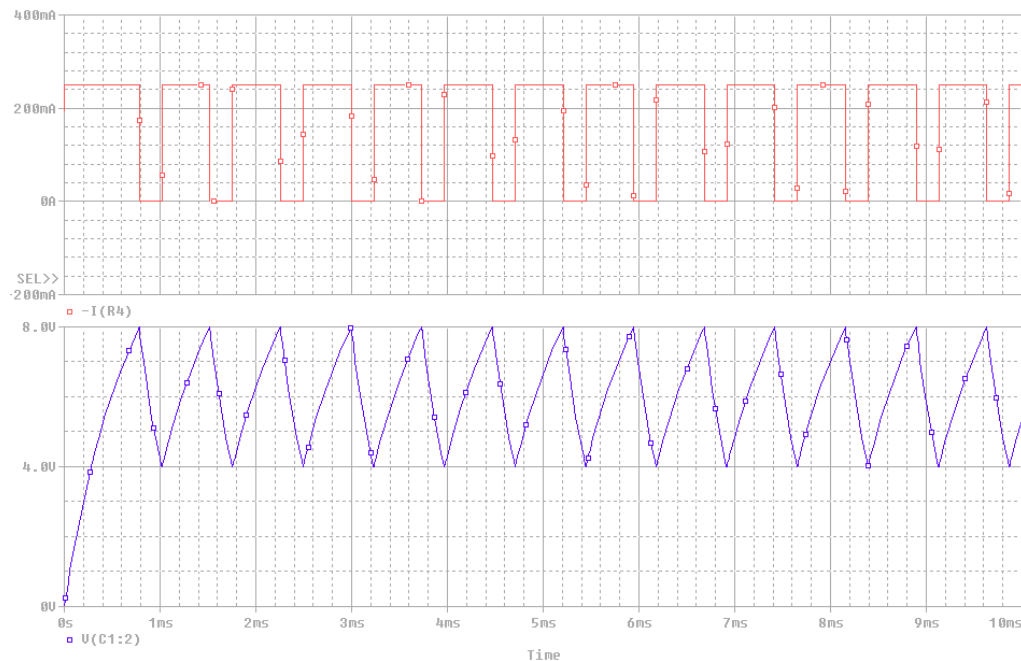
Z předchozích kapitol je zřejmé, že na výstupu obvodu NE555 je téměř napájecí napětí a z datasheetu bylo zjištěno, že úbytek báze-emitor $V_{BE} = 1V$. Napětí na odporu báze tedy bude:

$$U_{RB} = V_{CC} - V_{BE} = 12 - 1 = 11V \quad (7.25)$$

Bázový odpor pak dopočítáme z Ohmova zákona jako:

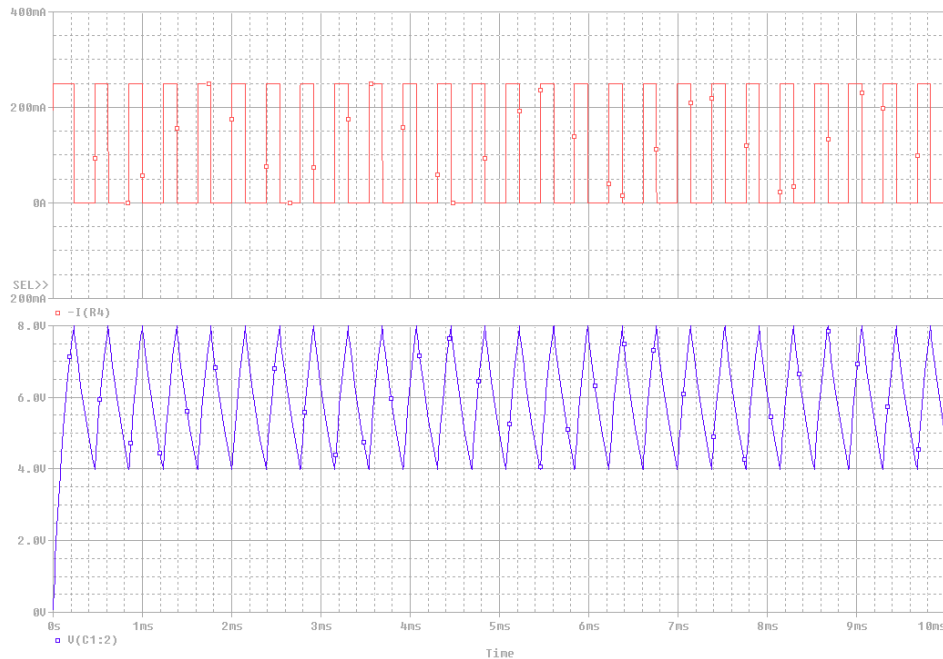
$$R_B = \frac{U_{RB}}{I_B} = \frac{11}{0,03} = 366\Omega \quad (7.26)$$

Protože, zde není nutná přesnost, zvolíme si nejbližší, i když menší, odpor podle odporové řady $R_b = 330\Omega$.



Obr. 7.11 Průběh nabíjení kondenzátoru (modrá), PWM modulace proudu (červená)

Jak je z modrého průběhu patrné, první doba nabíjení kondenzátoru je delší než ostatní, toto napětí pravidelně osciluje mezi hodnotami referenčních napětí, a sice od 4V až do 8V při stanovené době periody. Červený průběh je proud na LED diodách v jedné větvi. Je patrné, že proud dosahuje úrovně, která byla teoreticky vypočítána a odpovídá periodě na kondenzátoru. Celkový proud je pak určen střední hodnotou proudu celého průběhu. Měníme-li dobu periody nabíjení kondenzátoru, mění se i střední hodnota proudu PWM modulovaného signálu.



Obr. 7.12 PWM modulace při minimální hodnotě fotorezistoru

Průběh na obrázku 7.12 je výstupní PWM modulace proudu na diodách při minimální hodnotě odporu fotorezistoru. Doba sepnutí se zkracuje a tím se mění průměrná hodnota proudu, která dosahuje 100mA, při odporu fotorezistoru 4000Ω.

Takto navržené zapojení je už připravené k sestrojení a otestování. Všechny hodnoty součástek a jsou uvedeny na obrázku 7.10.

8 Realizace

Tato kapitola bude zaměřena na samotnou realizaci zařízení. Podle zadání bylo určeno, že hotový výrobek bude obsahovat ovládání pro regulaci jasu diod fotorezistorem, nastavitelnou dobu sepnutí ventilátoru a mlžícího zařízení potenciometrem, stejně jako regulaci otáček ventilátoru pro rovnoměrné rozprostření mlhy. Každá z větví bude obsahovat vypínač, všechny tyto vypínače budou podléhat jednomu hlavnímu.

8.1 Měření ve volném prostoru

Pro tyto účely byla navržena deska, která obsahuje čtyři stabilizované zdroje stejnosměrného napětí. První větev byla vyvedena přímo na čerpadlo. Druhá větev byla určena pro mlžící zařízení a její napájení podléhá sepnutí prvního DC relé. Třetí větev byla určena pro napájení jak ventilátoru, který podléhá sepnutí druhého DC relé, tak i časovacího obvodu, který spíná obě relé. Čtvrtá a poslední větev byla určena pro napájení LED diodového pásku. Pro názornost je přiložena fotka desky, která je osazena komponenty bez dodatečných kabelů.



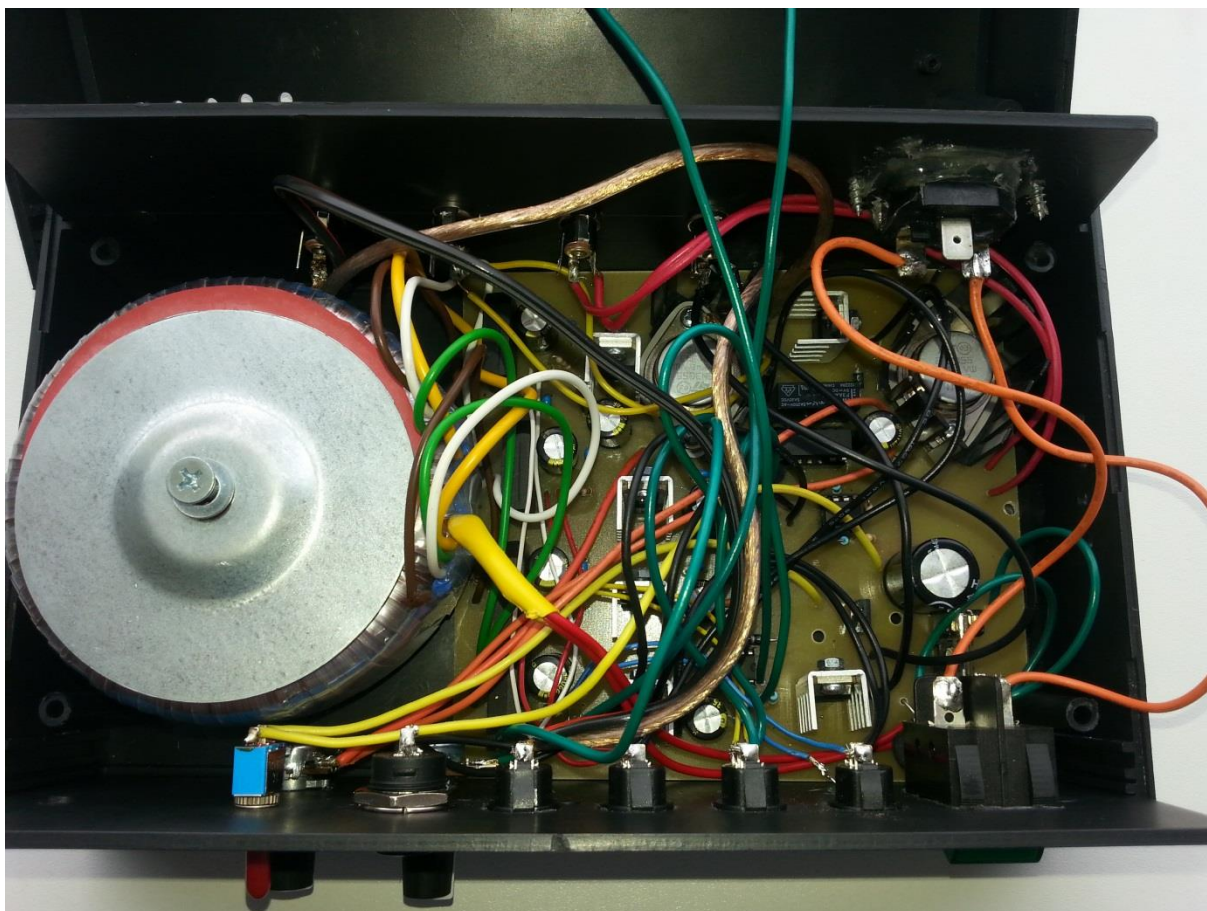
Obr. 8.1 Deska se součástkami

Takto zapojená deska, byla vystavena sérii zátěžových testů při plném provozu. Jako první byla testována ve volném prostoru bez plastové krabičky. Napájení bylo provedeno pomocí laboratorního zdroje. Při tomto měření byl hlavní úkol zjistit, zda deska dodává požadované hodnoty napětí a jaká je teplota při provozu. Bez zatížení desky byly všechny hodnoty na požadované úrovni, a proto bylo možné desku zatížit. Při plném provozu byly učeny jako nejproblematictější části stabilizátory napětí. Ze všech součástí byly zahřáty na největší teplotu asi 50°C až 60°C. Ostatní části jako Graetzovi můstky a výkonové tranzistory, jsou dobře konstruovány s bytelnými pouzdry, které dobře odvádí teplo. I přes tuto skutečnost byly na výkonové tranzistory 2N3055 nainstalovány chladiče společně s teplo vodivými silikonovými podložkami. Při následném měření bylo zjištěno, že chladiče byly předimenzovány a ani za plného chodu teplota nepřekročila 25°C. Poslední problematickou částí by se mohli jevit tranzistory BD-139 a BC-639, protože však byly dobře napočítány a jejich ztrátový výkon je zanedbatelný ani zde teplota nepřekročila teplotu pokojovou.

8.2 Měření v panelové krabičce

Pro další postup bylo zvoleno vložení desky společně s transformátorem do plastové krabičky s výrobním označením KP13, do krabičky byly navrtány otvory ne větší než s průměrem 4mm aby vyhovovali normám, stejně tak byly umístěny na okraje, aby nedošlo při vniku cizího tělesa k přímému dotyku živých částí. Transformátor byl dodán firmou JK-ELTRA společně s nainstalovaným NTC termistorem a pomalou proudovou pojistkou 600mA. Primární vedení je určeno pro síťové napětí 230V a jeho sekundární vinutí byly stanoveny na 16V a 3A, 28V a 1,5A, 16V a 0,5A, 22V a 1,5A při zátěži. Takto spojená a sestavená deska byla vystavena sérii zátěžových testů. Tyto testy dopadly na výbornou a díky dobrému odvětrávání pomocí otvorů se celková teplota, oproti testům ve volném prostoru, nezvedla o více než 8°C. Samotný transformátor se ani při plném vytížení nezahříval a tak i přes to, že byl dodán s většími rozměry, než je uvedeno v datasheetu, dopadl na výbornou.

Po dobrých testech teploty byly všechny součásti zajištěny pomocí šroubů a upevněny tak, aby nedošlo k jejich volnému pohybu při manipulaci s panelem.



Obr. 8.2 Deska s transformátorem v panelu

Na první pohled se může zdát, že v panelu bylo použito nepřiměřené množství kabeláže. Nicméně na ovládání panelu je použito pět spínačů, tlačítko, přepínač, čtyři LED diody, fotorezistor a dva potenciometry, to vše bylo vyvedeno na přední stranu panelu a proto je použití kabeláže nezbytné.

8.3 Ovládací prvky panelu a přívody

Všechny výše zmíněné prvky jsou přímo ovladatelné obsluhou zařízení na přední straně panelu. Otvory a všechny přívody do krabičky byly vyřešeny pomocí sousého napájecího konektoru K3716B a jeho protikusů. Pro popis se na desce vyskytuje, popsáno z levé strany do pravé, zástrčka na síťové napětí ~230V, jako další následuje napájení 18V a 1,5A pro LED diodový pásek, napájení pro ventilátor 12V a 500mA, napájení pro mlžící zařízení 24V a 1,2A a jako poslední napájení pro čerpadlo 12V a 3A viz obr. 8.3. Chybějící popis na panelu bude doplněn při odevzdání.



Obr. 8.3 Zadní strana panelu

Pro přední stranu panelu, popsáno z levé strany do pravé, byl zvolen červený přepínač, ve spodní poloze nastavení pro pevný elektrolytický kondenzátor 4700 μF , tím pak můžeme společně s potenciometrem dosáhnout časové konstanty až 6 minut a ve vrchní poloze pro Antoniův impedanční konvertor. Tento konvertor však nebyl zapojen, protože součástka TL082 vyžaduje napájení $\pm 12\text{V}$, pro tyto úrovně by však musela být zkonstruována další větev, proto byl na desce obvod zapojen, ale pouze jako možná inovace panelu. Jako další následuje černé tlačítko, které je určeno pro spuštění mlžícího zařízení a ventilátoru pomocí časové konstanty, dále jsou to čtyři vypínače, zleva vypínač pro čerpadlo, vypínač pro mlžící zařízení, vypínač pro časovací obvod a ventilátor a jako poslední vypínač pro LED diody. Ve spodní řadě pak následuje knoflík pro regulaci otáček ventilátoru, knoflík pro nastavení časové konstanty až 6 minut a série LED diod pro signalizaci chodu daných větví a na závěr hlavní zelený síťový vypínač. Chybějící popis na panelu bude doplněn při odevzdání.



Obr. 8.4 Přední strana panelu

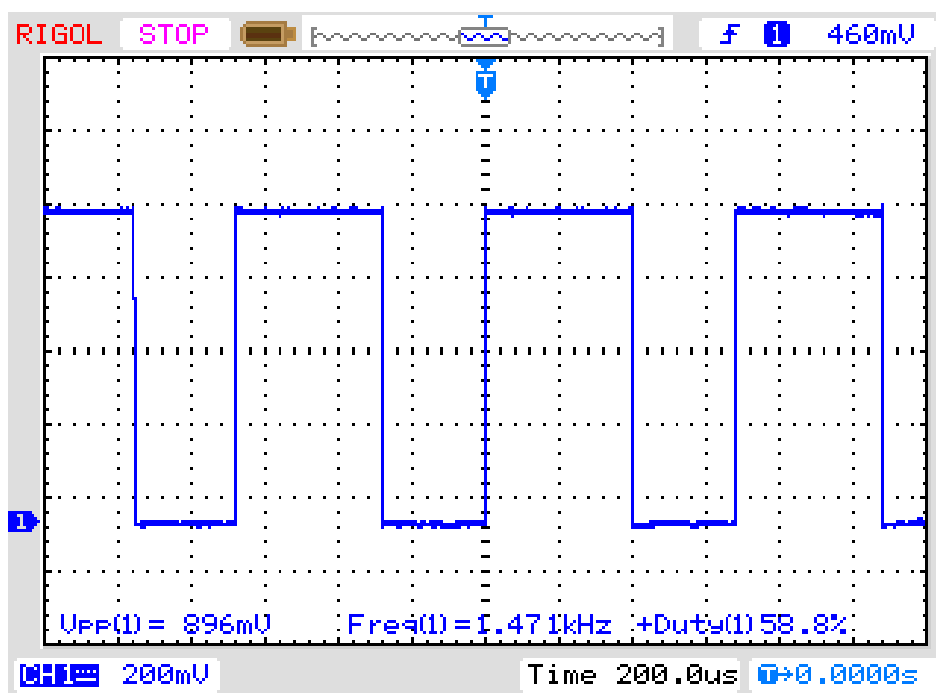
Pro LED diodové osvětlení byl zvolen cuprexitit o délce 64cm a šířce 15cm. Do této desky byly vyřezány rýhy, na každý přechod mezi vzniklými obdélníky byla nainstalována jedna dioda, vždy střídavě studená bílá a teplá bílá, pro tepelnou chromatičnost světla.



Obr. 8.5 LED diodový pásek

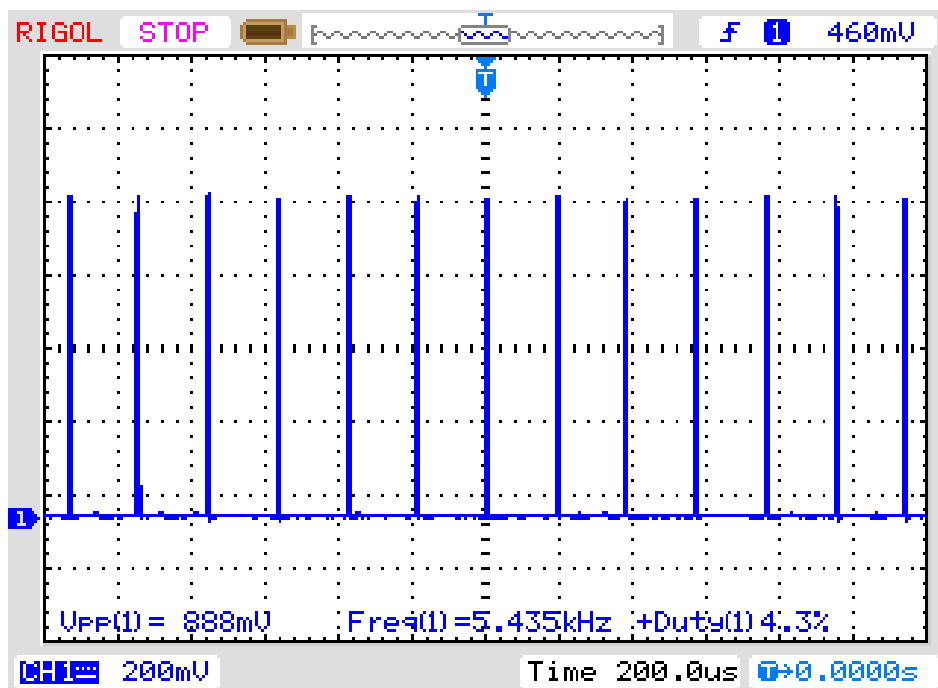
8.4 Naměřené průběhy

Jako první byl naměřený LED diodový pásek na laboratorním osciloskopu. Při plně zatemněném fotorezistoru byla naměřena střída PWM 58,8% a frekvence 1,47kHz. Více střída už nastavit nešla, protože samotný fotorezistor má své hranice a dovolenou chybu asi 20%. Jako výhodu lze říci, že nezatěžujeme plně diody a tak prodlužujeme jejich životnost.



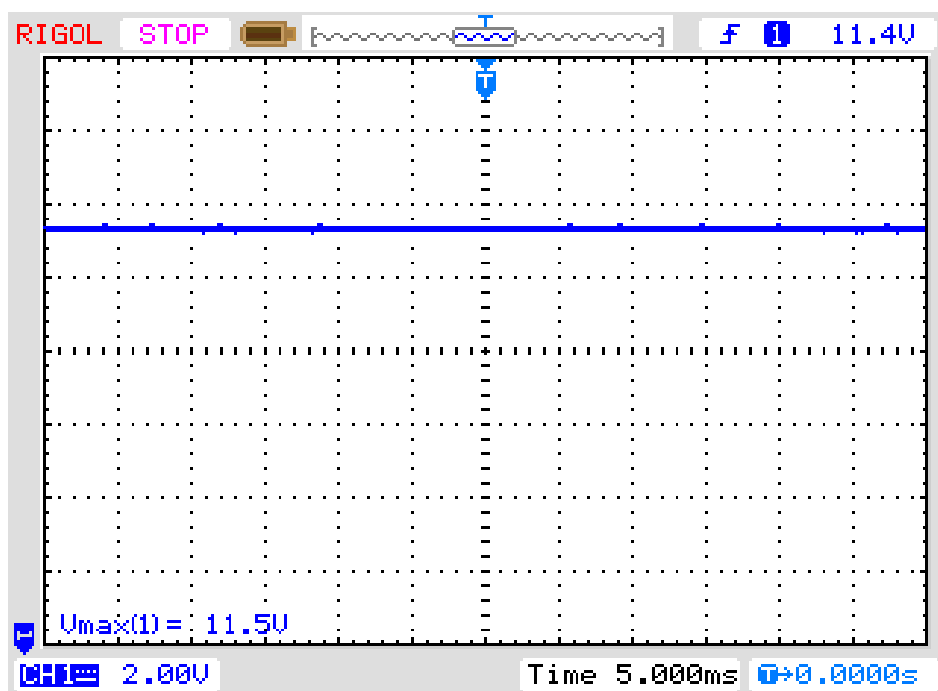
Obr. 8.6 PWM při plně zatemněném fotorezistoru

Při pokojovém osvětlení byl pak naměřený průběh o střídě 4,3% a frekvenci 5,47kHz viz obr. 8.7. Oba dva průběhy byly naměřeny na rozhraní báze-emitor tranzistoru.



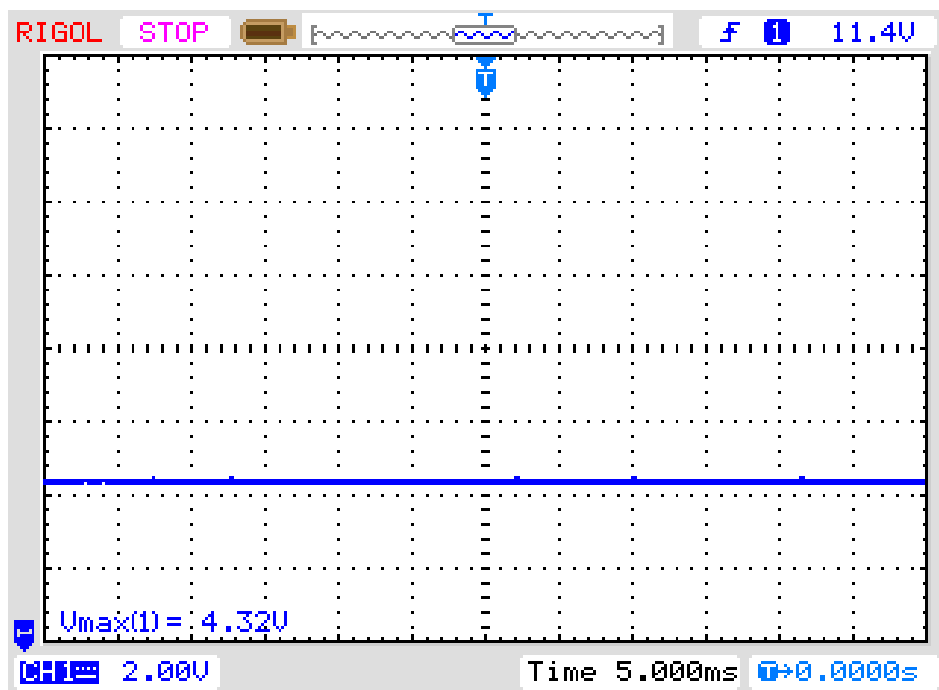
Obr. 8.7 PWM při pokojovém osvětlení

Jako druhá sada měření byla určena velikost napětí na ventilátoru při regulaci otáček. První naměřený průběh byl naměřen při plně vytočeném potenciometru a potvrzuje teoretické poznatky.



Obr. 8.8 Napětí na ventilátoru při největším odporu potenciometru

Při nejméně vytočeném potenciometru dosahovalo napětí hodnot kolem 4V. Zajímavostí je, že v datasheetu ventilátoru je uvedené nejmenší přípustné napětí pro chod 6V, při testech se však ventilátor točil i při hodnotě napětí 4V.



Obr. 8.9 Napětí na ventilátoru při nejmenším odporu potenciometru

Celkový vzhled i se všemi periferiemi ve finálním provedení vypadá následovně.



Obr. 8.10 Finální vzhled panelu s periferiemi

9 Závěr

Jako první byl čtenář okrajově seznámen s potřebami rostlin, jejich pěstováním a možnostmi pro dobrý růst. Pro tyto rostliny byly zvoleny cenově nejlepší možné periferie. Takto zvolené zařízení splňuje zvýšení vzdušné vlhkosti, pro kterou bylo zvoleno mlžící zařízení. Synchronně s mlžícím zařízením bude spuštěn ventilátor SUNON KD1206PTS1, který zajistí rovnoměrné rozložení mlhy po celém akváriu. Oba přístroje pracují na nastavitelnou dobu sepnutí. Pro zavlažování vodními kapkami bylo zvoleno rosící zařízení TRZ-100. Osvětlení celého akvária je zajištěno sérioparalelním zapojením LED diod s regulací jasu pomocí fotorezistoru VT43N1, celkově je na pásu 20 LED diod.

Všechny tyto přístroje jsou napájeny ze stejnosměrných stabilizovaných zdrojů s příslušnými hodnotami napětí a proudu. Tyto zdroje jsou navrženy pro střídavé napětí přivedené ze sekundárních větví síťového transformátoru.

Samotná regulace jasu diod pomocí PWM modulace a časovací obvod pro spuštění ventilátoru a mlžícího zařízení byli navrženy pomocí obvodu NE555, jako monostabilní klopný obvod. Návrh tohoto systému je detailně popsán v kapitole 7 společně s volbou všech součástek a jejich analýzy.

V poslední kapitole 8 je popsán postup realizace společně s příloženými fotografiemi všech periférií a samotného panelu. Takto sestavený panel byl podroben sérii zátěžových testů, které prokázali funkčnost a použitelnost celého zařízení. Pro názornost byly přiloženy i průběhy naměřené PWM modulace a velikost napětí na ventilátoru při maximální a minimální hodnotě.

Seznam symbolů a zkratk

<i>LED</i>	Light Emitting Diode	Dioda emitující světlo
<i>DC</i>	Direct current	Stejnoseměrný proud
<i>Datasheet</i>	Katalogové listy výrobce	
<i>PET</i>	Polyethylentereftalát	
<i>IO</i>	Integrovaný obvod	
<i>H</i>	Vysoká úroveň	
<i>L</i>	Nízká úroveň	
<i>PWM</i>	Pulse Width Modulation	Pulsně šířková modulace
<i>RPM</i>	Revolutions Per Minute	Otáček za minutu

Seznam použité literatury

- [1] KUNTE, Libor a Václav ZELENÝ. *Okrasné rostliny tropů a subtropů*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009, 224 s. ISBN 978-802-4715-483.
- [2] WIKIPEDIA. *Wikipedia: Tropické pásmo* [online]. 2013-10-10 [cit. 2013-12-05]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Subtropical.png>
- [3] Wwww.ua.all.biz. Elektrotechnické součástky: mikroshemy [online]. Киев, Украина: КИЕВ, 2010-01-01, [cit. 2013-12-05]. Dostupné z: <http://www.ua.all.biz/img/ua/catalog/2752919.jpeg?rrr=1>
- [4] Distribuce elektronických součástek. © SOS electronic s.r.o. [online]. 2012-12-05 [cit. 2013-12-05]. Dostupné z: <http://www.soselectronic.cz/?str=371&artnum=45466&name=atmel-t2117-tasy#tabs-1>
- [5] KLABAL, Jan. *Stavíme jednoduché přijmače VKV*. 1. vyd. Praha: Naše vojsko, 1988, 314s.
- [6] Distribuce elektronických součástek. © SOS electronic s.r.o. [online]. 2012-12-05 [cit. 2013-12-05]. Dostupné z: <http://www.soselectronic.cz/?str=371&artnum=32990&name=sunon-kd1206pts1>
- [7] Distribuce elektronických součástek. © SOS electronic s.r.o. [online]. 2012-12-05 [cit. 2013-12-05]. Dostupné z: <http://www.soselectronic.cz/?str=371&artnum=50972&name=perkin-elmer-vt43n1>
- [8] PATOČKA, Miroslav. *Magnetické jevy a obvody ve výkonové elektronice, měřicí technice a silnoproudé elektrotechnice*. 1. vyd. V Brně: VUTIUM, 2011, 564 s. ISBN 9788021440036.
- [9] NOVOTNÝ, Vlastislav, Pavel VOREL a Miroslav PATOČKA. *Napájení elektronických zařízení: přednášky*. Vyd. 1. Brno: Vysoké učení technické, 2002, 140 s. ISBN 8021423005.
- [10] PAVELKA, Jiří, Zdeněk ČEŘOVSKÝ a Jiří LETTL. *Výkonová elektronika*. Vyd. 3., přeprac. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007, 227 s. ISBN 9788001036266.
- [11] *Křemíkové výkonové tranzistory: tranzistory pro nízkofrekvenční a lineární obvody, spínací účely, rychle spínací obvody*. Rožnov pod Radhoštěm: Tesla, 1986, 160 s.
- [12] Akterária. *Akterária* [online]. 2010-10-12 [cit. 2013-12-19]. Dostupné z: <http://www.akteraria.cz/produkt/tlakove-rosici-zarizeni/>.
- [13] GM electronic. *Electronic shop* [online]. 2004-11-09 [cit. 2013-12-19]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/7812-stm-p330-005>

A Použité součástky

Název součástky	Kód v prodejně GME	Počet kusů
MRR 3K3	119-089	1 ks
TL082IN	311-027	1 ks
Ventilátor SUNON KD1206PTS3	625-012	1 ks
PC1221NK005	113-126	1 ks
PC1221NK050	113-128	1 ks
RRU 330R	119-029	1 ks
RRU 10K	119-041	2 ks
RRU 1K	119-043	1 ks
RRU 1M	119-048	2 ks
RRU 3K3	119-063	2 ks
RRU 470R	119-097	5 ks
RRU 100R	119-154	3 ks
MRR 5K1	119-217	1 ks
RR 220R 0204 0,4W 1% 50ppm MEF HITANO	119-401	1 ks
CK 68n/63V Z5U HIT RM5,08 20%	120-059	1 ks
CK 100n/50V X7R HIT RM5,08 10% AMMO	120-094	9 ks
CK 1n/50V Y5P GYM RM5,08 10%	120-116	1 ks
CK 10n/100V Z5V HIT RM5,08 20%	120-251	3 ks
CE 4700u/16V HIT-ECR 16x26 RM7,5 BULK	123-391	1 ks
CE 220u/35VIT HIT-EXR 10x16 RM5 BULK	123-404	3 ks
BC639	210-051	1 ks
BC639-TA CDIL	210-108	1 ks
BD139-16	211-010	1 ks
1N4007	220-002	3 ks
KBU8G	227-076	4 ks
NE555	312-003	2 ks
ST MICROELECTRONICS/THOMSON 7812-STM	330-005	3 ks
ST MICROELECTRONICS/THOMSON 78S24	330-021	1 ks
ST MICROELECTRONICS/THOMSON 78S18	330-050	1 ks
ST MICROELECTRONICS/THOMSON 7805-STM	330-149	1 ks
L-5MM 2MA/G	511-203	6 ks
VT43N1	520-062	1 ks
DO1	620-001	6 ks
V7111	620-024	2 ks
P-KNX1	631-003	1 ks
Pojistka trubičková T 630mA 5x20	633-152	3 ks
Jazyčková relé COSMO RELED1A 051 000	634-012	1 ks

Název	Kód v prodejně GME	Počet kusů
RELEFTR-F3AA005E	634-638	1 ks
Pojistkové pouzdro do DPS SCHURTER 0031.8201	829-032	1 ks
Krytka pro pojistkové pouzdro SCHURTER 0853.0551	829-033	1 ks
2N3055	215-062	2 ks

B Motiv DPS

