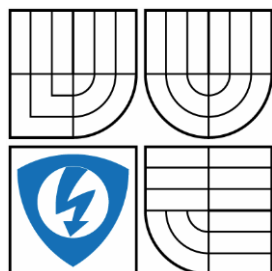


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

# SYSTÉM PODPORY AKVARIJNÍCH ŽIVOTNÍCH PODMÍNEK

AUTOMATED ENVIRONMENTAL SUPPORT SYSTEM FOR AQUARIUM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

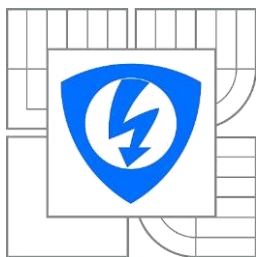
JAN SLAVOTÍNEK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PETR PETIOVSKÝ

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

# Bakalářská práce

bakalářský studijní obor  
Automatizační a měřicí technika

**Student:** Jan Slavotínek

**ID:** 146955

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2013/2014

## NÁZEV TÉMATU:

**System podpory akvarijních životních podmínek**

## POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Cílem práce je navrhnout, realizovat a odzkoušet systém pro automatizovanou podporu akvarijních životních podmínek.

1. Nastudujte problematiku automatizace systému podpory akvarijních životních podmínek, definujte požadavky na řízené a měřené veličiny s ohledem na podmínky slučitelné se životem v akváriu.
2. Analyzujte požadavky na řízené i měřené veličiny a jejich požadované rozsahy. Dle definovaných požadavků navrhnete komponenty celého systému.
3. Stanovte nutné bezpečnostní ochrany v případě selhání systému. Ověřte splnitelnost požadavků na vhodném modelu akvária.
4. Navrhnete obvodové řešení hardwarových komponent (čidla, akční členy, komunikace s uživatelem).
5. Realizujte a odzkoušejte hardwarové komponenty.
6. Navrhnete a implementujete firmware pro podporu životních podmínek.
7. Srovnajte požadavky z bodu 2 s výsledky získanými z reálného provozu.
8. Zhodnotte dosažené výsledky a navrhnete další možná vylepšení.

## DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] HOFMAN, J.; NOVÁK, J. Akvárium sladkovodní a mořské: Praktické návody k založení a ošetřování. Vydání první. Praha: Nakladatelství Brázda s. r. o., 1999. 204 s. ISBN 80-209-0281-3.

**Termín zadání:** 10.2.2014

**Termín odevzdání:** 26.5.2014

**Vedoucí práce:** Ing. Petr Petyovský

**Konzultanti bakalářské práce:**

**doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.**

*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**

Práce se věnuje analýze parametrů a dějů probíhajících v akváriu za účelem následného návrhu systému, pro řízení, regulaci a monitorování těch klíčových z nich. V teoretické části jsou definovány pojmy a základní znalosti nutné pro zdárnou analýzu, přičemž některé jsou okrajově sahající do různých vědních disciplín (biologie, zoologie, inženýrství, aj). V práci je dále část zaměřená zejména na analýzu běžných úkonů, požadavků a náležitostí spojených s úspěšným provozem akvária. Jsou zde stanoveny běžné rozsahy veličin, limity a popř. požadavky na bezpečnost systému. V dalších částech se práce věnuje návrhu konkrétního řešení systému, zajišťujícího řízení, regulaci a monitorování těch veličin a úkonů, které jsou stanoveny jako klíčové. Práce také popisuje hardwarovou a softwarovou implementaci.

## **Klíčová slova**

Akvárium, automatizace, regulace, AVR, kontroléry, C, programování

## **Abstract**

The thesis is devoted to analysis of parameters and processes in aquarium, in order to design system for control, regulation and monitoring the most important of them. In theoretical part of thesis are defined terms and basic knowledge necessary for successful analysis, some of them are marginally reaching into different science discipline (biology, zoology, engineering, etc.). The thesis contains a part focused on analysis of common operation and requirements connected with prospering aquarium. In this part are determined common ranges of values, limitations and requirements on safety operation of system, if necessary. Following chapters of thesis are devoted to design hardware and software solution of particular system, ensuring control, regulation and monitoring of variables and processes determined as critical. The thesis also describes hardware and software implementation.

## **Keywords**

Aquarium, automatization, regulation, AVR, Controllers, C, programming

### **Bibliografická citace:**

SLAVOTÍNEK, J. *Systém podpory akvarijních životních podmínek*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2014. 61 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Petyovský.

## **Prohlášení**

„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Systém podpory akvariálních životních podmínek 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 jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne: **27.12.2013**

.....  
podpis autora

## **Poděkování**

Děkuji sému vedoucímu bakalářské práce Ing. Petru Petyovskému za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne: **11.5.2014**

.....  
podpis autora

# Obsah

1	Úvod.....	10
2	Teoretický rozbor .....	11
2.1	Akvárium jako ekosystém.....	11
2.2	Filtrace .....	12
2.3	Teplota v akváriu .....	13
2.4	Voda a její parametry.....	14
2.4.1	Tvrdost .....	14
2.4.2	Hodnota pH.....	15
2.5	Osvit.....	16
2.6	Vzduchování .....	16
2.7	Krmení .....	17
2.8	Péče o rostliny.....	17
2.8.1	Hnojení.....	18
2.8.2	Dávkování CO <sub>2</sub> .....	19
2.9	Údržba.....	20
3	Volba veličin a úkonů k automatizaci .....	21
3.1	Měření a regulace teploty vody.....	21
3.1.1	Rozsah veličiny a požadované vlastnosti .....	21
3.2	Volba vlastností osvitů.....	21
3.3	Požadavky na úkon krmení .....	22
3.4	Volba vlastností vzduchování .....	22
3.5	Volba vlastností dávkování CO <sub>2</sub> .....	22
4	Návrh systému.....	23
4.1	Způsob realizace .....	23
4.2	Blokové schéma zamýšleného systému .....	23
4.3	Regulace teploty vody.....	24
4.3.1	Výběr čidla teploty.....	24
4.3.2	Topné těleso .....	25
4.3.3	Řízení výkonu topného tělesa .....	26
4.3.4	Identifikace nádrže jako tepelného systému .....	28
4.4	Osvit akvária .....	31
4.4.1	Zdroj osvětlení .....	31
4.4.2	Řízení osvitů .....	31

4.5	Krmná jednotka.....	31
4.5.1	Popis jednotky.....	32
4.5.2	Motory jednotky.....	32
4.5.3	Ovládání jednotky.....	32
4.6	Vzduchování.....	33
4.6.1	Vzduchovací kompresor.....	33
4.7	Dávkování CO <sub>2</sub> .....	33
4.7.1	Elektromagnetický ventil.....	33
4.8	Displej a tlačítka.....	34
4.8.1	Displej.....	34
4.8.2	Tlačítka.....	34
4.9	Výběr MCU.....	35
4.10	Napájení.....	36
4.11	Obvod reálného času.....	36
5	Hardware - Realizace a odzkoušení.....	37
5.1	Hlavní řídicí deska.....	37
5.2	Deska silových výstupů.....	38
5.3	Modul detekce průchodu síťového napětí nulou.....	40
5.4	Stabilizátor 5V.....	41
5.5	Modul s displejem a tlačítky.....	42
5.6	Kryt zařízení.....	42
5.7	Čidla teploty DS18B20.....	44
5.8	Osvětlovací kryt.....	45
5.9	CO <sub>2</sub> systém.....	45
5.10	Krmný modul.....	46
6	Firmware systému.....	46
6.1	Iniciace, nekonečná smyčka.....	47
6.2	Podprogramy přerušení.....	48
6.3	Struktura menu.....	49
6.4	Regulační algoritmus.....	50
6.5	Struktury uchování dat.....	51
7	Závěr.....	52

# 1 ÚVOD

Akvaristika je jednou z velmi oblíbených zájmových činností (odhaduje se, že celosvětově má přes 60 miliónů příznivců). První zmínky o snaze napodobit podmínky vodního prostředí a chov vodních živočichů, způsobem připodobitelným k tomu dnešnímu, sahají až do poloviny 19. století.

Cílem akvaristiky jako takové je napodobit ve své nádrži v co největší možné míře podmínky, ve kterých žijí nejrůznější druhy vodních rostlin a živočichů tak, aby živočichové a rostliny mohly co nejlépe prosperovat. Za úspěch v tomto oboru se považuje úspěšný odchov mláďat, většina druhů akvarijních rybek totiž vyžaduje velmi specifické podmínky a spoustu náročné péče, aby u nich nastala reprodukce. Taktéž se mnoho akvaristů zaměřuje na pěstování vodních rostlin, u kterých někteří usilují o navození různých stavů, které jsou v umělých podmínkách vzácné, např. kvetení. Vodní rostliny bývají často stejně (a někdy i více) náročné jako ryby, zejména co se týče parametrů vody, jako jsou: tvrdost vody, obsah uhličitánů a dusitanů, teplota, proudění vodního sloupce atd.

V této práci jsem si vzal za cíl analyzovat požadavky a parametry důležité pro úspěšné provozování akvária a prosperitu jeho obyvatel (rostlin a živočichů), abych následně mohl navrhnout dle potřeb akvária komplexní systém pro monitorování a řízení životních podmínek. Rozhodl jsem se zaměřit se na ty nejdůležitější parametry, a implementovat jejich řízení (popř. regulaci). Řešení bude implementováno spíše jako prototyp a za účelem získání poznatků a znalostí s konstrukcí tohoto typu, na jejichž základě bude v budoucnu navrženo konečné řešení.

## 2 TEORETICKÝ ROZBOR

Akvaristika se obecně často rozděluje na sladkovodní a mořskou, někdy se nádrže dělí podle objemu v litrech např.: malá (do 25L), střední (do 150L) a velká (do 500L). Dá se často také dělit akvária podle zaměření. Nejčastěji se setkáme s nádržemi společenskými, kde skladba rostlinstva a živočichů není geograficky stejná, ale nacházejí se v ní živočichové a rostliny z různých koutů světa, existují však specializovaná akvária, která se snaží napodobovat jeden biotop, tedy že se snaží v nádrži navodit přesně takové podmínky jako na jednom určitém místě na planetě. Příkladem takového akvária může být nádrž napodobující prostředí jihoamerické řeky, nebo například vody na mělčině v jihovýchodní Asii.

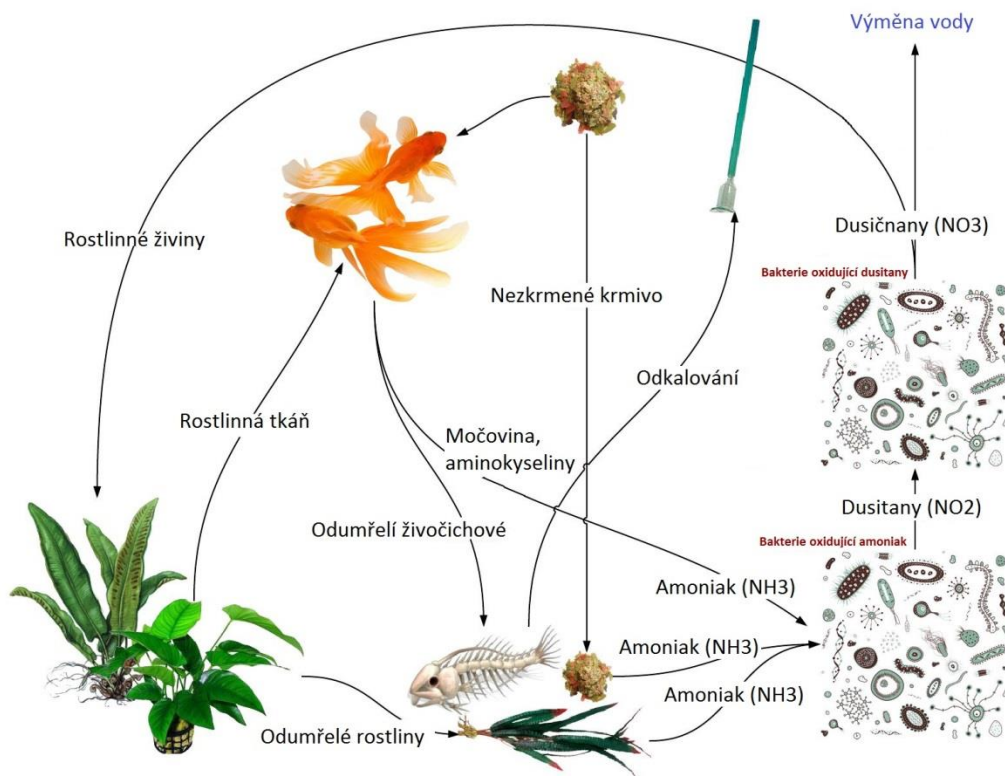
Pomineme-li zaměření akvária, vždy je snahou (nebo by alespoň mělo být) každého akvaristy koncipovat společenství živočichů a rostlin tak, aby si vzájemně vyhovovaly, co se týče požadovaných parametrů (teplota, tvrdost vody, pH, vzájemná snášenlivost, náročnost na intenzitu osvětlení, nároky na substrát dna a popř. jiná specifika)

Je jasné, že k založení a provozu akvariijní nádrže je zapotřebí mnoho úsilí, a pokud chceme dosáhnout dobrých výsledků, neobejdeme se bez sofistikovaných prostředků. V neposlední řadě, se akvarista musí vzdělávat a to v poměrně širokém spektru vědecko-technických disciplín (biologie, mikrobiologie, zoologie, inženýrství, ...). Akvariijní nádrž jako taková, je po založení pouhou nádobou s vodou, bez nastolené biologické rovnováhy a bez neustálého vnějšího zásahu by se změnila v hnilou bažinu. Jmenovitě se v akváriích můžeme zajímat o tyto parametry (některé považujeme za zásadní, jiné méně): teplota vody, tvrdost vody, s tím související obsah ve vodě rozpuštěných látek (dusitanů, dusičnanů, železa, oxidu uhličitého, obsah volně rozpuštěného kyslíku) a pH. Dále je důležité starat se o dávkování krmiva, pravidelné spínání osvitů, občasné odkalení přebytečných odpadních látek na dně akvária, doplňování a výměnu vody, případné dávkování látek důležitých pro prosperitu rostlin ( $\text{CO}_2$ , hnojiva), pravidelně vizuálně kontrolovat stav živočichů atp.

### 2.1 Akvárium jako ekosystém

Ať už máme akvárium jakéhokoli typu (vyjma speciálních případů jako jsou akvária holandského typu – tedy čistě rostlinná viz. str. 57, akvária bez výsadby rostlinstva, atp.), obecně se snažíme v každém akváriu nastolit tzv. „biologickou rovnováhu“. Biologická rovnováha je stav, kdy všechny složky nutné k transformaci (koloběhu) organických a anorganických látek tvořených konzumenty (živočichy) jsou přítomné a fungují a vzájemně se doplňují. Jedná se o proces kde: živočichové spotřebovávají kyslík + organické látky a vylučují oxid uhličitý + odpadní látky, které se společně s odumřelými zbytky rostlin a živočichů mění na dusíkaté sloučeniny, které jsou při vyšších množstvích pro většinu živočichů toxické. Tyto látky jsou dále přeměňovány nitrifikačními bakteriemi na méně nebezpečné látky. Část (v ideálním případě většina) těchto dusíkatých látek je společně s dodávaným světlem a oxidem

uhlíčitým spotřebováno rostlinami, které vytvářejí jak kyslík, tak organické látky, které dále mohou konzumovat živočichové v akváriu. Tím se koloběh uzavírá. [3]



Obr. 2.1: Koloběh látek v akváriu. [5]

## 2.2 Filtrace

Samozřejmostí je však to, že tento přirozený koloběh (obzvláště při větším počtu ryb) není sám schopen z dlouhodobého hlediska udržovat hodnoty škodlivin v bezpečných úrovních. I u dobře zavedeného akvária, dochází alespoň v menší míře k hromadění nežádoucích odpadních látek. Z tohoto důvodu je ve většině případů nutné nasadit také filtraci a v určitých pravidelných intervalech provádět částečnou výměnu vody.

Filtr plní hned několik funkcí. Zajišťuje základní cirkulaci vody v akváriu, takže dochází k výměně látek a také tepla v celém objemu akvária. Dále obvykle obsahuje blok polyuretanové pěny, která jednak slouží k mechanické filtraci, ale především rozšiřuje prostor (stejně jako substrát na dně akvária) pro usazení výše zmíněných nitrifikačních bakterií, čímž dochází k biologické filtraci odpadních látek ve vodě (jejich přeměna na méně nebezpečné sloučeniny).

Existuje mnoho různých typů akvariijních filtrů, nejpoužívanějšími jsou vnitřní filtry. Jedná se vlastně o čerpací hlavu, ke které je v místě nasávání vody připevněna filtrační hmota, takže čerpadlo žene vodu skrz filtrační hmotu. Sofistikovanějším, avšak dražším řešením, je vnější filtr. V tomto případě je celá technika umístěna mimo akvárium, pouze nasává a vypouští vodu hadicemi. Tento systém umožňuje použití velkého objemu filtrační hmoty, mnohdy rozdělené na více komor, pro naplnění různými filtračními materiály (pěna, rašelina, aktivní uhlí, ...). [7]

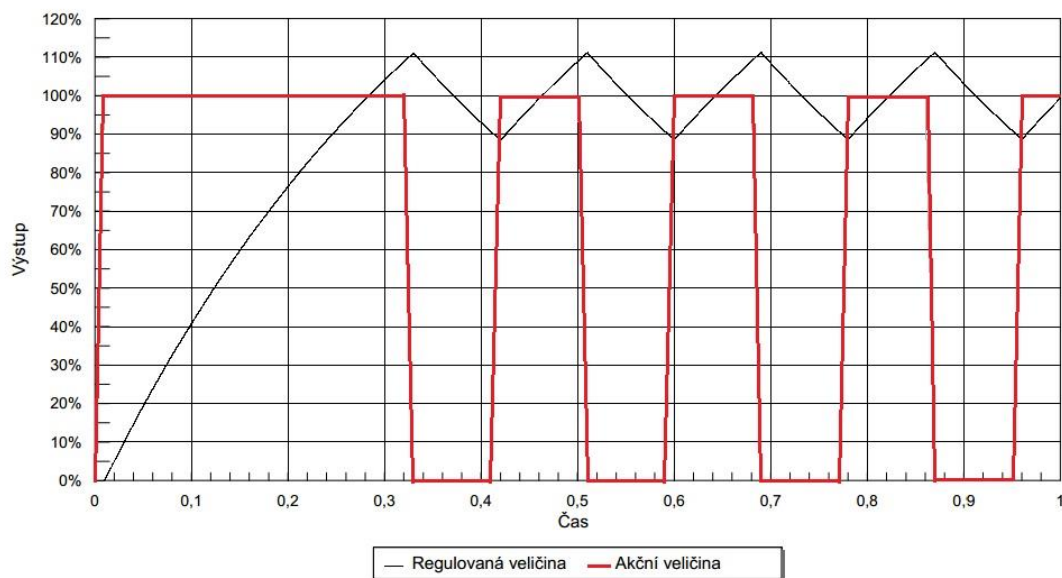


Obr. 2.2: Příklad vnitřního filtračního čerpadla.

## 2.3 Teplota v akváriu

Teplota je jedním z důležitých sledovaných a regulovaných parametrů. Je na něj třeba brát ohled při skladbě rostlin a zejména živočichů, aby snášeli podobný rozsah teplot. Velká většina tropických sladkovodních ryb vyžaduje teplotu v rozmezí 22 – 26 °C. Zajištění této podmínky se většinou řeší použitím ponorného topného tělesa s termostatovou regulací. Je to levné řešení, které zajišťuje základní stabilizaci teploty, avšak toto řešení z principu funkce způsobuje rozkmit teploty odpovídající hysterezi termostatu viz. Obr. 2.3. Toto ve většině případů, kdy se v nádrži nevyskytují náročné druhy ryb, není až tak závažný problém.

Existují však případy, kdy toto řešení není dostačující. Například chov některých druhů ryb náchylnějších na stálost teploty, nebo snaha o vyvolání reprodukčního cyklu některých ryb podmíněných nárůstem teploty na určitou hodnotu a jejím udržením. Navíc v případě sofistikovanějšího řešení (např. mikroprocesorem řízený regulační algoritmus) získá akvarista jisté pokročilé možnosti jako je možnost tvorby teplotního profilu dne, roku a to bez nežádoucího cyklování, které se vyskytuje u dvoustavové regulace (viz. obrázek). Tím se opět akvárium přibližuje přírodě, kde běžně teplota vody roste a klesá v závislosti na denní době a také na změně ročních období.



Obr. 2.3: Příklad časového průběhu dvoustavové regulace. [8]

## 2.4 Voda a její parametry

Voda je alfa a omega akvaristiky, její parametry jsou rozhodujícím faktorem, který je rozhodující pro zdárný chov ryb. Je tedy důležité, aby chovatel sladil nároky na parametry vody jak pro rostliny, tak pro živočichy, které v nádrži plánuje pěstovat a chovat a zejména musí mít k dispozici odpovídající vodní zdroj. Většina akvaristů, majících společenskou nádrž s běžnými druhy rostlin a ryb si vystačí s běžnou vodou z městského vodovodu.

### 2.4.1 Tvrdost

Tento parametr je jeden z těch zásadních. Každý akvarista by měl tento parametr mít v povědomí a uvědomovat si alespoň základní důsledky přemíry, nebo nedostatku minerálních látek podílejících se na tvrdosti vody. Tvrdost vody je parametr, který udává obsah volně rozpuštěných minerálních látek ve vodě, zejména: solí kovů, alkalických zemin a především vápníku a hořčíku.

Celková tvrdost vody se udává ve stupních tvrdosti: °dH. Jeden stupeň odpovídá 10mg/l oxidu vápenatého, nebo oxidu hořečnatého. Poslední dobou se také tvrdost udává (zejména odborné laboratoře zabývající se analýzou vody) pomocí koncentrace vápenatých a hořečnatých kationtů v mmol/l (1 mmol/l = 5,6 °dH). Tvrdost vody se často rozděluje podle následujících stupňů:

**Tab. 2.1: Příklad rozdělení vody podle tvrdosti v mmol/l a °dH**

Tvrdost	mmol/l	°dH
Velmi měkká	<0,5	<2,8
Měkká	0,7 – 1,25	3,9 – 7
Středně tvrdá	1,26 – 2,5	7,01 – 14
Tvrdá	2,51 – 3,75	14,01 – 21
Velmi tvrdá	>3,76	>21,01

Většinu běžných ryb se daří při celkové tvrdosti vody od 8 °dH do 19 °dH, těchto parametrů však často běžná voda z vodovodu nedosahuje a tak se musí voda změkčovat. Jednou z možností je například ředěním tvrdé vody vodou demineralizovanou (třeba destilovanou), tím se sníží celková tvrdost podle poměru ředění, toto je však poměrně nákladné řešení. Nejlepší je mít dostupný zdroj vody (např. ověřená studna) a tuto vodu dále bez pracného upravování používat.

Hodnotu celkové tvrdosti vody je možné přibližně změřit pomocí běžně prodávaných testů, jedná se o kapaliny, které se podle návodu smíchají se vzorkem vody, a podle následného zabarvení se srovnává se vzorníkem a dle odstínu z tabulky se odečte hodnota tvrdosti.

## 2.4.2 Hodnota pH

Kyselost nebo zásaditost vody je určena parametrem obecně zvaným pH. Tato hodnota je dána rozpuštěnými kyselé, nebo alkalicky působícími látkami. Udává se hodnotou pH na stupnici pro zředěné roztoky 0-14, v případě velmi koncentrovaných kyselin existují roztoky, mající i záporné číslo pH. Jsou-li tyto látky v rovnováze, pH je neutrální, pH = 7. Převažují-li kyselé látky, pH < 7 a pokud převažují zásady, pH > 7.

Opět u tohoto parametru se dá říct, že většinu běžných druhů ryb vyhovuje voda s pH pohybujícím se v intervalu 6 až 8. Avšak v určitých specifických případech je užitečné mít možnost sledovat, popř. upravovat hodnotu pH. Např. vyvolání tření, nebo odchov plůdku pro některé druhy ryb vyžaduje specifické hodnoty pH.

Během dne pH v akváriu běžně kolísá a to i v přírodě, v závislosti na asimilační činnosti rostlin. To souvisí zejména se spotřebou CO<sub>2</sub> a výdejem kyslíku během dne, tím narůstá hodnota pH. V noci je situace přesně opačná. V hustě zarostlých nádržích může tento rozkmit dosahovat až jednoho stupně. Tento děj se dá do jisté míry kontrolovat právě pomocí sycení vody CO<sub>2</sub>, což má obvykle také příznivý vliv na růst rostlin.

Hodnotu pH je možno měřit pomocí chemických testů vody, běžně dostupných v obchodech s chovatelskými potřebami. Zajímavější metodou je však pH sonda. Jedná se o elektrody ponořené do zkoumané kapaliny. Na výstupu sondy měříme napětí, avšak tento úkon není zdaleka jednoduchý, sonda má výstupní odpor pohybující se v řádech GΩ a měřený signál je v řádech desítek mV. Proto je výstupní signál obvykle veden koaxiálním kabelem s BNC konektory. Tato metoda klade vysoké nároky zejména na obvody zpracovávající signál. Úspěšné zvládnutí této metody však otevírá mnohé možnosti chovateli. Zejména snadné a opakovatelné měření a monitorování pH v akváriu, popř. možnost na základě měření pH řídit syčení akvária CO<sub>2</sub>. [7]

## 2.5 Osvit

Osvětlení akvária je nutnost a to z mnoha důvodů. Jednak chceme-li pěstovat v akváriu rostliny, tak se nemůžeme zdaleka spoléhat na přirozené světlo, musíme zajistit dostatečnou světelnou dotaci, jinak rostliny nebudou prosperovat. V případě že se v akváriu nevyskytuje rostlinstvo, není nutné akvárium osadit takovým světelným výkonem, přesto však je vhodné jej osvětlit, zejména nějakým teplejším odstínem světla, z důvodů estetických. Bez osvětlení by totiž nevynikly zejména barevné rybky, například neonky, jejichž povrch reflektuje záření a vyvolávají tak třpytivý efekt.

Pro osvětlení akvária se v současné době nejvíce používají zářivky, vyznačují se totiž oproti jiným zdrojům světla těmito vlastnostmi: dobrá účinnost, neprodukuje tolik tepla, mají velkou životnost, vzhledem k obvyklým rozměrům nádrží (obdélníkový půdorys) jsou optimální pro svoji délku, takže vyzářují do celého objemu akvária. Pro malá akvária se však občas používají i úsporné žárovky.

Co se týče celkového instalovaného výkonu, dodržuje se pravidlo, aby světelný výkon dosahoval 0,5w/1L objemu akvária. Z tohoto základního poměru se vychází a následně výkon upravuje v případě nedostatku nebo přebytku (hrají zde další faktory, jako typ použitých zářivek, výška vodního sloupce, vzdálenost umístění zářivek od hladiny akvária, provedení reflexní plochy, množství a druh pěstovaných rostlin atd.).

## 2.6 Vzduchování

Jak bylo nastíněno již výše, akvárium je často nádrž, ve které se na jednom místě vyskytuje větší počet živočichů, než je látková cirkulace v akváriu schopná udržet (v této kapitole z hlediska zásoby kyslíku). Je sice pravdou, že většinou se snažíme akvária dovést do stavu, kdy je poměr živočichů a producentů v akváriu vyvážen, avšak mohou nastat různé situace, kdy tento předpoklad není dostačující a je potřeba situaci řešit.

Z těchto důvodů je dobré mít v akváriu nainstalovaný také vzduchovací okruh, který je v případě nutnosti sepnut a podporuje akvárium tím, že do něj vhání vzduch (část kyslíku ze vzduchu pak přechází do vody).

## 2.7 Krmení

Přirozeně jednou z nejdůležitějších činností nutných pro udržení živočichů (zejména ryb) v dobré kondici je nutnost podávat krmivo.

Je pravdou, že většina druhů ryb a živočichů je schopna nějakou část potravy nutnou k dobrému prospívání nalézt sama (v akváriu s rostlinami ryby a živočichové konzumují části rostlin, zejména listy a čerstvé výhonky), ale to je jen malá část, spíše zpestření. Zajímavým případem jsou akvarijní plži. Jsou skupinou živočichů, kteří jsou si schopni potravu najít sami, konzumují odumřelé zbytky rostlin a živočichů a jsou tímto způsobem v akváriu užiteční – předejde se tím tlení organických zbytků.

Existuje mnoho druhů krmiv pro ryby, můžeme je rozdělit do třech skupin: živočišná, rostlinná, umělá. Opět většina druhů rybek chovaných v akváriích jsou všežravci, takže je můžeme krmit všemi druhy krmiva. Je dobré, aby ryby měly pestrou stravu, platí zde stejné zákonitosti jako u ostatních živočichů, příjem pouze jednoho druhu potravy může způsobit nedostatek nebo naopak přebytek některých prvků.

Nejdůležitější věcí co se týče krmení, je bezesporu načasování a dávkování. U akvaristiky v těchto ohledech však platí odlišná pravidla než u ostatních chovatelů. Zejména proto, že u ryb neplatí, že je nutné, aby byly krmeny přesně pravidelně, a také není potřeba, aby byly krmeny často. Naopak, za větší zlo se v akvaristice pokládá to, když jsou ryby překrmovány, dochází nejen k přílišnému tloustnutí ryb, ale hlavně ryby krmivo nedokonale zkrmují a dochází k hromadění nezkrmeného krmiva v akváriu a to je velmi nežádoucí. Dá se argumentovat také tím, že v přirozeném prostředí ryby nemají potravu k dispozici vždy dostatek a už vůbec ne pravidelně a navíc musejí často vydávat mnohem větší úsilí, aby si jej získaly.

Průměrně je třeba ryby krmit 4-7 x týdně v dávce takové, kterou jsou schopny zkonsumovat do 10 minut. Vhodné je také rybám udělat občas období „půstu“, rybám občasné hladovění prospívá a navíc je nutí hledat si potravu samy a tak napomáhají čistit akvárium od zbytků.

## 2.8 Péče o rostliny

Je pravdou, že nejen ryby a živočichové obecně jsou chloubou akvaristy, ale také rostlinstvo. Bujná zeleň prosperující akvarijní flory, odráží celkový dobrý stav biologické rovnováhy akvária. Dokonce existují tací akvaristé, kteří provozují „holandská akvária“ viz. 2.1, která jsou zaměřena pouze na pěstování akvarijních rostlin. Mnohé druhy rostlin jsou dosti náročné a jejich úspěšné pěstování je doménou opravdu zkušených akvaristů. V praxi se však ukazuje, že rostliny ani nemusejí být nijak náročné na podmínky, živiny a osvětlení a i tak je často pro mnohé obtížné udržovat svoje rostliny v dlouhodobě udržitelné prosperitě. [9]

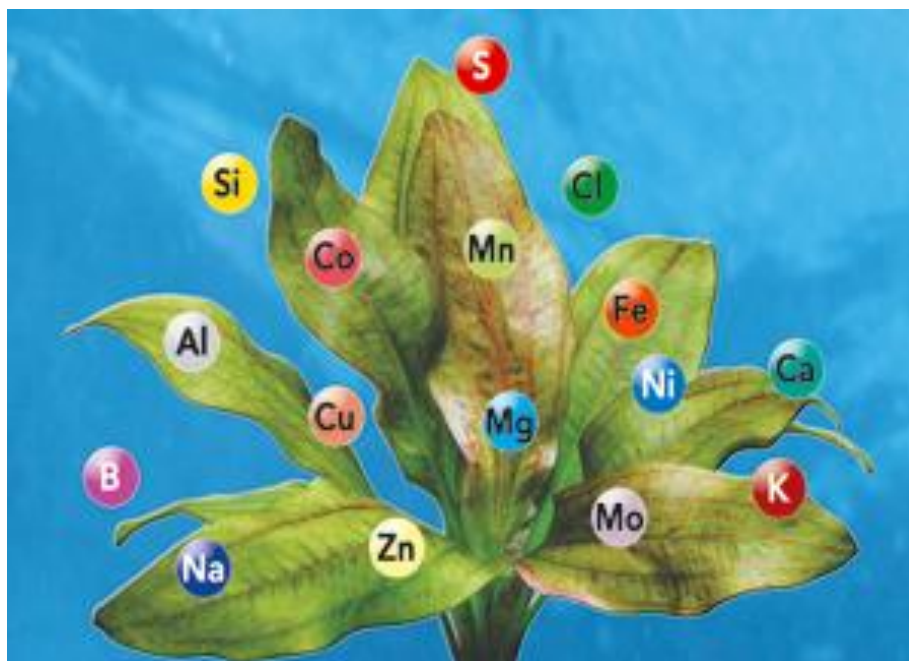
Negativní projevy nedostatku živin, či nevyhovujících podmínek:

- žluté listy či jejich žilkování
- vybledlé barvy
- zažloutlé nové listy (= začínající projevy nedostatku živin)
- listy porostlé řasou
- chřadnutí rostlin
- předčasné odumírání listů rostlin
- odumírání rostlin

## 2.8.1 Hnojení

Rostliny vyžadují pro zdárný růst celou řadu nejrůznějších prvků a živin. Nedostatek jediného se hned projeví: slabý růst, zažloutlé listy, neschopnost odolávat zarůstání řasou aj. Často v akváriích bývá situace taková, že některých živin je přebytek důsledkem nezkrmování krmiva (dusičnany, fosfáty). Jiné se naopak do akvária nedostávají vůbec, například vodovodní voda je často slabá na obsah železa. Některé prvky jsou zase velmi žádané rostlinami a jsou rychle spotřebovávány.

Tajemství dobrého hnojiva spočívá zejména v jeho cílené aplikaci, tedy složení smíchané na míru potřebám konkrétního akvária. Je možné použít některou z prodávaných hotových směsí pro akvárium, v praxi se však velmi rozšířila receptura PMDD – „Poor man’s Dupla Drops“ což se dá přeložit jako „hnojivo Dupla pro nemajetné“. Jedná se o recepturu pro domácí míchání hnojiva na míru, podle předepsaných dávkování, více o této problematice je možno se dočíst v literatuře [2]. PMDD se běžně míchá z těchto prvků:  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ,  $K_2SO_4$ ,  $KNO_3$ , mikro prvky (Fe, Bo, Mn, Cu, Co, ...) [9]



Obr. 2.4: Prvky důležité pro růst rostlin. [9]

## 2.8.2 Dávkování CO<sub>2</sub>

Proč dodávat do akvária CO<sub>2</sub>? Jednoduše proto, že je ho v akvarijských podmínkách většinou nedostatek. V přírodě se totiž často produkuje velké množství CO<sub>2</sub> pomocí procesů probíhajících na dně, v bahně. V akváriu však tyto procesy neprobíhají a navíc voda z vodovodu je zbavená CO<sub>2</sub>. Proto jsou rostliny v akváriu závislé často na tom málu, co vyprodukuje živočichové.

Nedostatek CO<sub>2</sub> se neblaze projeví zejména na růstu řas. Ty totiž ke svému zdárnému vývoji nepotřebují vysoké obsahy CO<sub>2</sub> a navíc mají různé způsoby jak si CO<sub>2</sub> získat jinak, to však neplatí u rostlin vyšších – tedy těch které pěstujeme zejména.

Tento problém se dá poměrně snadno vyřešit, sycením akvarijské vody CO<sub>2</sub>, například z tlakové lahve. Pravidelným dávkováním přes den, kdy u rostlin probíhá asimilační proces, můžeme tento deficit vyrovnat. Rostliny se nám většinou odmění výborným růstem, jsou vitální a skvěle prosperují.

Je však potřeba mít na paměti, že CO<sub>2</sub> může být při vyšších koncentracích pro ryby nebezpečné a tak je potřeba mít vyřešené dávkování tak, aby se dávkovalo kontrolovaně, přes den, v určitých intervalech.

Jedním ze způsobů, je například mít v akváriu permanentní test pH, s jehož pomocí lze nastavit permanentní dávkování CO<sub>2</sub> (nebo cyklování s určitou střídou) tak, že jsou koncentrace po celou dobu ustálené na doporučených hodnotách (cca 15 – 30 mg/l v závislosti

na osvětlení nádrže a hustotě osázení). Při permanentním dávkování CO<sub>2</sub>, se doporučuje pro večerní provoz zapnout také vzduchování. [5]

Sofistikovanější metodou je elektronický pH controller, který na základě měření pH provádí dvoustavovou regulaci sycením CO<sub>2</sub>. S takovým systémem je zajištěn dokonalý přísun CO<sub>2</sub> a nedojde k přesycení.

## 2.9 Údržba

Stejně, jako například u nějakého výrobního stroje ve výrobním závodě, je třeba i u akvária provádět pravidelnou údržbu a to nejen z důvodů estetických.

Nejčastěji se musí provádět alespoň letmá vizuální kontrola, zda jsou ryby všechny, sledování příznaků nemocí, kontrola techniky, zda vše pracuje správně.

Méně často je třeba provádět čištění skel akvária, protrhávání přerůstajících rostlin, které například přerůstají ty rostoucí na vedlejším stanovišti a také odebrání starých žloutnoucích listů.

Snad nejpodstatnějším pravidelným úkonem je výměna vody a odsávání detritu (viz. rejstřík pojmů str. 57) ze dna akvária. Jak bylo popsáno výše, v akváriu se hromadí odpadní látky a nežádoucí škodliviny, které akvárium nemůže samovolně odbourat. Při vyšších koncentracích by mohli představovat problém pro živočichy v akváriu, proto je potřeba jednou za určitý čas (v závislosti na poměru živočichů a rostlin a v závislosti na velikosti akvária) vyměnit část objemu vody za novou. Často se tato výměna spojuje s odkalováním detritu ze dna akvária.

## **3 VOLBA VELIČIN A ÚKONŮ K AUTOMATIZACI**

V předchozí kapitole byly definovány běžné potřeby akvária, které je potřeba nějakým způsobem zajistit pro správný chod akvária. Některé z nich jsou realizovatelné poměrně snadno pomocí již zavedených prostředků, avšak řešení některých úkonů nejsou dostupná, nebo jsou velmi nákladná.

Z tohoto důvodu je snahou této práce navrhnout automatizovaný systém, jehož úkolem bude zajišťovat některé základní potřeby akvária a usnadňovat tak chovateli jeho činnost, šetřit jeho čas a umožňovat přehledné monitorování dění v akváriu.

### **3.1 Měření a regulace teploty vody**

Jak bylo zmíněno výše v teoretickém rozboru, schopnost kontrolovat teplotu vody v akváriu je nutnost, bez které se žádný akvarista neobejde.

#### **3.1.1 Rozsah veličiny a požadované vlastnosti**

Běžně se teploty akvarijní vody pohybují v rozsahu 20-26 °C, s rezervou by měl systém počítat s rozsahem 18-30 °C.

Bylo by vhodné, aby systém umožňoval přehledně sledovat aktuální teplotu, nastavenou teplotu (set point) a také možnost sledovat aktuálně nastavený výkon topné spirály.

Vzhledem k tomu že tento systém je dosti klíčový, měla by být navržena pojistka pro případ selhání, aby se tak předešlo fatálním následkům – úhynu živočichů vlivem přehřátí nádrže.

### **3.2 Volba vlastností osvětlení**

Zařízení řádného osvětlení a jeho pravidelné spínání je další nepostradatelnou úlohou valné většiny akvarijních nádrží a to kvůli rybám, a zachování jejich denního a nočního cyklu, ale také zejména kvůli rostlinám

Osvětlení je nutné spínat v pravidelných denních cyklech cca 11 – 12h denně. Další užitečnou vlastností osvětlení je pozvolný náběh a doběh, místo pouhého stavu On/Off, živočichové jsou tak méně stresováni vypínáním a zapínáním světel, když ostré přechody stavu vypnuto/zapnuto jsou zmírněny pozvolným náběhem/doběhem.

### **3.3 Požadavky na úkon krmení**

Tento úkon je právě to, co si vyžaduje pozornost chovatele nejčastěji. Bylo by vhodné, aby systém umožňoval nastavení krmení například v týdenních cyklech, popř. měsíčních, aby uživatel mohl plánovat i více krmení denně, v násobcích velikosti dávkovací jednotky.

Tato událost musí být opakovatelná několikrát týdně, v některých případech (např. dokrmování potěru) je potřeba dávkovat krmivo i dvakrát za den.

### **3.4 Volba vlastností vzduchování**

System by měl obsahovat také okruh na spínání vzduchovacího motoru, s možností plánování spínání obdobně jako osvit.

### **3.5 Volba vlastností dávkování CO<sub>2</sub>**

Další užitečnou vlastností, kterou by měl systém implementovat je okruh pro dávkování CO<sub>2</sub>. Měl by umožňovat nastavit podobným způsobem jako předchozí časem vázané veličiny (vzduchování, osvit) spínání podle plánu.

## 4 NÁVRH SYSTÉMU

V předchozích kapitolách byly nejprve analyzovány požadavky akvária na zásahy zvenčí, pro jeho bezproblémový chod a prosperitu. Ty podstatné a důležité požadavky byly definovány v kapitole 3, byly stanoveny rozsahy (limity) v jakých se námi požadované veličiny v reálné aplikaci mohou pohybovat, byly stanoveny i požadavky na řízení v závislosti na čase.

V následujících podkapitolách bude probíhat vlastní návrh konkrétních částí systému. Budou brány na zřetel požadavky na bezpečnost, budou stanoveny bezpečnostní limity a tam kde to bude nutné, bude provedena analýza za účelem rozvahy realizovatelnosti, popř. získání informací nutných k nalezení toho nejoptimálnějšího řešení.

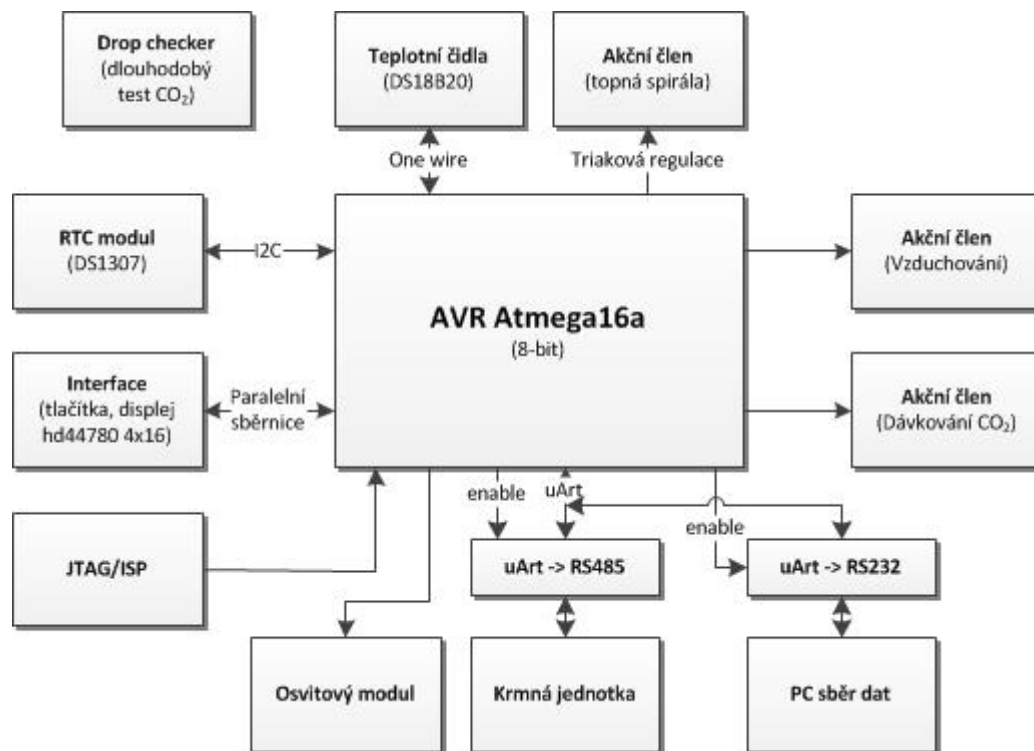
### 4.1 Způsob realizace

Realizace stanovených požadavků pro implementaci je poměrně obsáhlá a každý jednotlivý subsystém je do určité míry sám o sobě náročný. Spojení všech do jednoho systému bude nejspíše výsledkem náročného vývoje a dlouhého ladění, než bude systém alespoň do jisté míry stabilní. Z tohoto důvodu by byla nutnost vázat se na fixní řešení (výroba DPS) velkou přítěží.

Proto je projekt vyvíjen jako prototyp – slaboproudá část (logické obvody, nízkonapěťové části) v nepájivém poli, silnoproudé části budou ukotveny v univerzálních pájivých polích a ty chráněny proti nebezpečí úrazu elektrickým proudem dle vyhlášky č. 50.

### 4.2 Blokové schéma zamýšleného systému

Následující blokové schéma zhruba popisuje zamýšlenou topologii systému. Oranžový blok představuje mikrokontrolér, modré bloky jsou akční členy, žluté bloky jsou čidla, popř. bloky uchovávající nějakou formu informace a zelené bloky jsou vstupně výstupní prvky, mezi systémem a okolním prostředím (uživatel, připojené PC, programátor)



Obr. 4.1: Blokové schéma systému

## 4.3 Regulace teploty vody

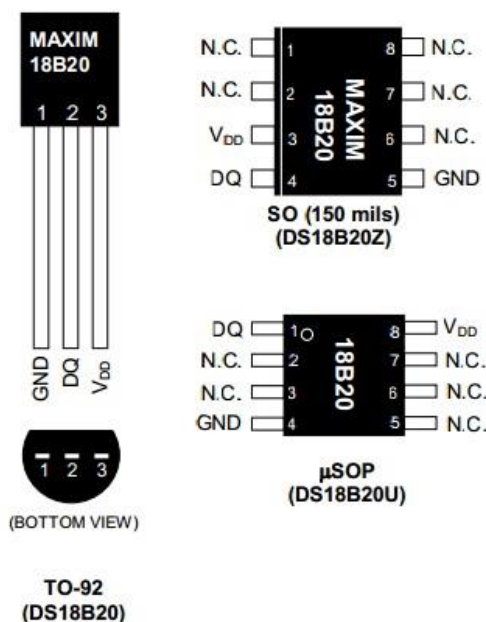
Tato část systému je jednou z těch nejdůležitějších. Na tento subsystem je kladen velký důraz. Bude třeba naplnit požadavky, jak bylo stanoveno v kapitole 3.1 Měření a regulace teploty vody.

### 4.3.1 Výběr čidla teploty

Typickou poučkou v oboru regulace je: „bez měření není regulace“. Pro teplotní rozsahy, které se vyskytují v akváriu (viz. 3.1.1), je plně dostačující téměř jakékoli běžně používané čidlo. Výhodou je také například pokud má čidlo digitální výstup, což je výhodné při zpracování informací mikrokontrolérem.

Bylo zvoleno čidlo DS18B20. Mezi jeho hlavní výhody patří následující vlastnosti:

- rozsah teplot  $-55^{\circ}\text{C}$   $\rightarrow$   $+125^{\circ}\text{C}$
- digitální výstup
- jednoduchá komunikace po sběrnici (vyžaduje jediný pin pro sběrnici)
- každé čidlo má vlastní unikátní 64bit kód, umožňuje provoz až 32 senzorů při tří-vodičovém zapojení (gnd, vcc, dq)
- rozlišení 9 – 12 bit
- čas převodu max. 750ms (12 bit rozlišení)



Obr. 4.2: Čidlo ds18b20 a pouzdra [6]

### 4.3.2 Topné těleso

Akční člen pro vytápění akvária je odporové topné těleso JKA-H150W o výkonu 150W. Jedná se o standardní akvarijní topné těleso s vestavěným termostatem. Výkon 150W je dostatečný, topné těleso musí většinou vyrovnávat jen malý teplotní rozdíl (rozdíl teplot v místnosti a akváriu nebývá velký). Více výkonu topné těleso vydává hlavně v zimním období, například v čase, kdy místnost není aktivně obývaná a tedy ani vytápěná.

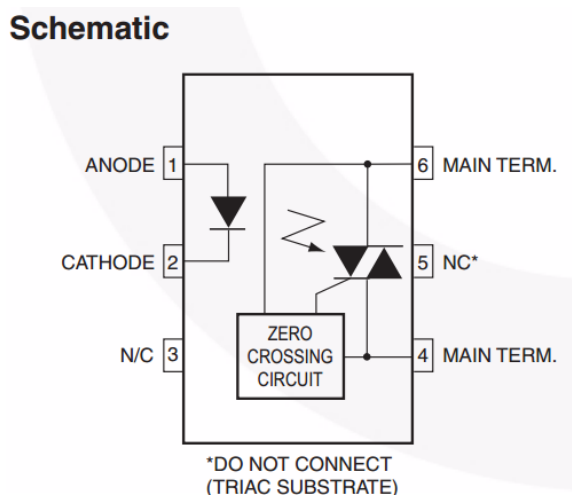
Termostat není úplně nevyužit, přestože je implementován vlastní regulační algoritmus. Termostat slouží jako pojistka (hardwarový limit), který zajistí v případě poruchy řídicího systému, že nedojde k přehřátí akvária.

### 4.3.3 Řízení výkonu topného tělesa

Existuje více metod řízení výkonu el. proudu. Elegantní a ověřené řešení této úlohy spočívá v řízení výkonu pomocí triaku.

Triak (optotriak), je polovodičová spínací součástka, běžně používaná pro spínání zátěže ve střídavé síti. Vnitřní struktura triaku je složená ze dvou antiparalelně spojených tyristorů – tudíž umožňuje tato kombinace vést proud v obou směrech. Ve vnitřní struktuře jsou také spojeny řídicí elektrody tyristorů, což umožňuje ovládání jediným vstupem (gate). V případě optotriaků, nejsou vyvedeny řídicí elektrody přímo, řízení probíhá pomocí záření diody (obvykle IR), jemuž je polovodičová struktura vystavena, čímž dochází k sepnutí triaku.

Konkrétně v této práci je zvolena kombinace nevýkonového optotriaku s výkonovým triakem. Optotriak plní úlohu zajištění galvanického oddělení síťového napětí od nízkonapěťové části (řídicí obvod) a také slouží pro buzení výkonového triaku. Použit je optotriak KMOC3041, jehož vnitřní zapojení v pouzdře DIP6 je vyobrazeno na obrázku Obr. 4.3. KMOC3041 dále disponuje vlastností, že spíná pouze při průchodu nulou, což usnadňuje řízení viz. níže.



Obr. 4.3: Vnitřní zapojení optotriaku [10]

Hlavním výkonovým prvkem je triak BT136/800 v pouzdře TO220. Tento triak je dostatečně proudově dimenzován pro úlohu spínání 150W topné spirály, což si lze snadno ověřit výpočtem maximálního proudu protékajícího spínanou zátěží viz. vztah (4.1). BT136/800 je schopen vést až 4A. Při vyšších proudech blízcích se 4A už je třeba brát ohled

na výkonovou ztrátu na triaku a zajistit kvalitní chlazení. V tomto konkrétním případě  $I_{ef} = 0.65A$  ( $I_{max} = 0.92A$ ) není výkonová ztráta tak velká, triak bude namontován na malém hliníkovém chladiči, což zajistí při tak malém výkonu spolehlivé chlazení.

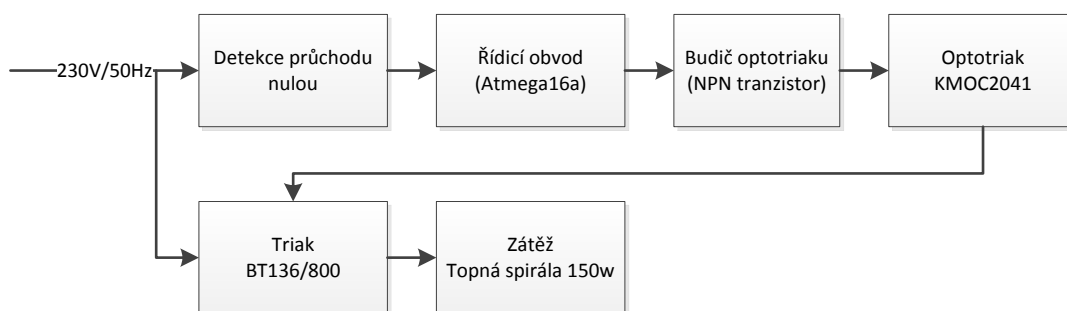
$$I_{max} = \frac{P}{U_{ef}} \sqrt{2} \quad (4.1)$$

$$I_{ef} = \frac{P}{U_{ef}} \quad (4.2)$$

Mezi hlavní vlastnosti triaku patří:

- pro sepnutí, musí být na hlavních elektrodách dostatečné napětí a do řídicí elektrody musí téct alespoň spínací proud
- triak je sepnutý, dokud hodnota proudu protékajícího přes triak neklesne pod hodnotu vratného proudu
- k sepnutí triaku je nutné přivést spínací impuls do řídicí elektrody a zároveň musí být přítomno potřebné napětí na hlavních elektrodách

Z předchozího vyplývá, že triak má vlastnosti skvěle se hodící pro řízení výkonu el. střídavého proudu. V této práci sestává řízení z následujících bloků:



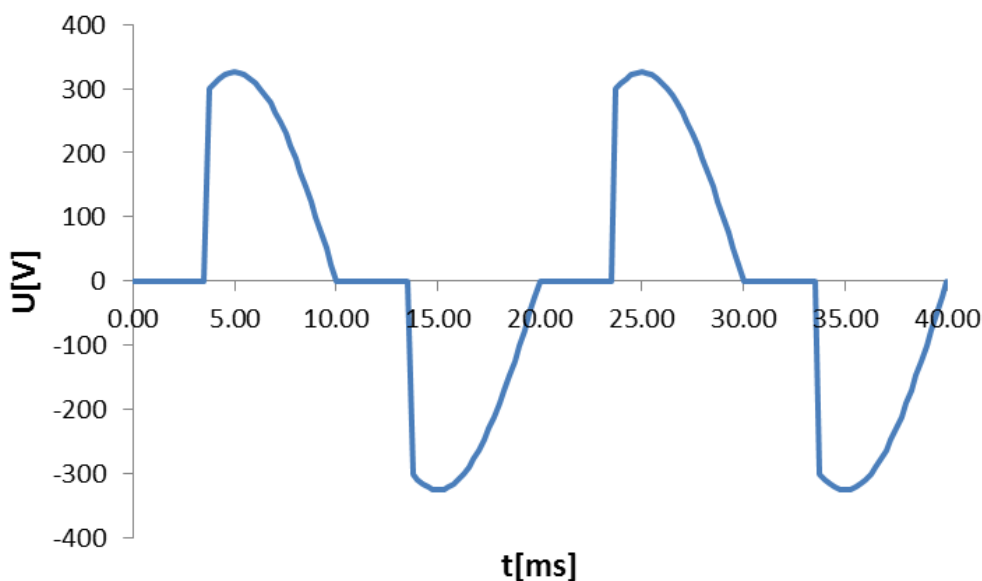
**Obr. 4.4:** Blokové schéma obvodu pro řízení výkonu topné spirály.

Pro detekci průchodu nulou, je využito řešení pomocí zapojení s optočlenem. Detekce obou průchodů nulou, jak při kladné tak záporné půlplně je v zapojení dosaženo usměrněním. Při průchodu nulou je na výstupu generován krátký impuls. Výkonová ztráta řešení je přibližně 200mW.[15]

Obvod pro detekci průchodu nulou generuje signály které v mikrokontroléru vyvolávají přerušení. Mikrokontrolér jednoduše po průchodu nulou generuje spínací impuls pro sepnutí

triaku v následující půlplně. Samotné řízení výkonu topného tělesa probíhá periodickým spínáním určitého počtu půlperiod síťového napětí. Například když je perioda spínání 100 půlpln síťového napětí, představuje každá půlplna 1% výkonu. Například pro 40% výkonu tělesa se dosáhne sepnutím 40-ti půlpln a vynecháním následných 60-ti. Tento typ řízení je vhodný pro zátěže s relativně velkou časovou konstantou jako je například právě topná spirála (řádově desítky sekund).

Toto řešení oproti fázovému spínání (viz. Obr. 4.5) má jednu velkou výhodu a to generování znatelně menšího síťového rušení, díky spínání v oblasti průchodu síťového napětí nulou.



Obr. 4.5: Ukázka fázového řízení výkonu sinusového napětí

#### 4.3.4 Identifikace nádrže jako tepelného systému

Pro návrh regulátoru teploty akvária, je nejprve vhodné identifikovat nádrž jako tepelný systém. Existuje více způsobů identifikace, byl zvolen ten v praxi nejvyužívanější – pomocí odezvy na jednotkový skok akčního zásahu. Jednotkový skok představovalo sepnutí topné spirály, jehož termostat byl nastaven na maximum, aby mohl být změřen co největší rozsah teplot.

K měření byly nastoleny tyto podmínky: Teplota vody v nádrži a pokojová teplota ustáleny na 17°C, pokojová teplota byla udržována  $\pm 1^\circ\text{C}$  stále na 17°C. Jednotkový skok tedy započal na teplotě 17°C a shora byl omezen maximálním nastavením termostatu 33°C (měřením zjištěno přepínání už na 30°C).

Na základě předchozích testů s dvoustavovou regulací teploty pomocí termostátové topné spirály v nádrži, bylo zjištěno nevhodné umístění topné spirály mimo proudění vody od filtrační hlavy. To způsobilo, že na straně s topným tělesem byl velký rozkmit teplot kopírující průběh dvoustavové regulace topné spirály a na druhé straně akvária teplota jen pomalu sledovala průběh u topné spirály a průměrně byla nižší. Z tohoto důvodu bylo stanoveno nové umístění topné spirály přímo u vyústění vnitřní filtrační hlavy. Toto se ukázalo jako velmi prospěšné opatření, filtrační hlava nasávající vodu ze spodních vrstev akvária tuto vodu vhání přímo na topné těleso a dochází k výměně tepla mezi studenou vodou z dolnějších vrstev a topidlem. Tato ohřátá voda dále proudí do akvária a teplo předává okolní vodě. Tímto bylo dosaženo větší homogenity teploty v prostředí.

Dle teorie, se dá očekávat, že se nádrž jako tepelný systém bude projevovat jako setrvačný členek prvního popř. druhého řádu. Po změření přechodové charakteristiky a následném prokládání časovými odezvami různých typů soustav nejlépe aproximovala průběh soustava (4.3) kde  $T_1=50\ 000s$ . Jednotkový skok byl použit s amplitudou  $33^\circ C$ , což reprezentuje maximální teplotu, na kterou by se voda oteplila. S ohledem na časovou konstantu vody, lze bez obav zanedbat konstantu topné spirály, která se pohybuje v řádech desítek sekund a taktéž konstantu čidla, které se řádově pohybuje v jednotkách sekund. Na grafu viz. Obr. 4.7 lze detailně pozorovat zkruslení vlivem dosažení maximální přepínací teploty termostatu. [1]

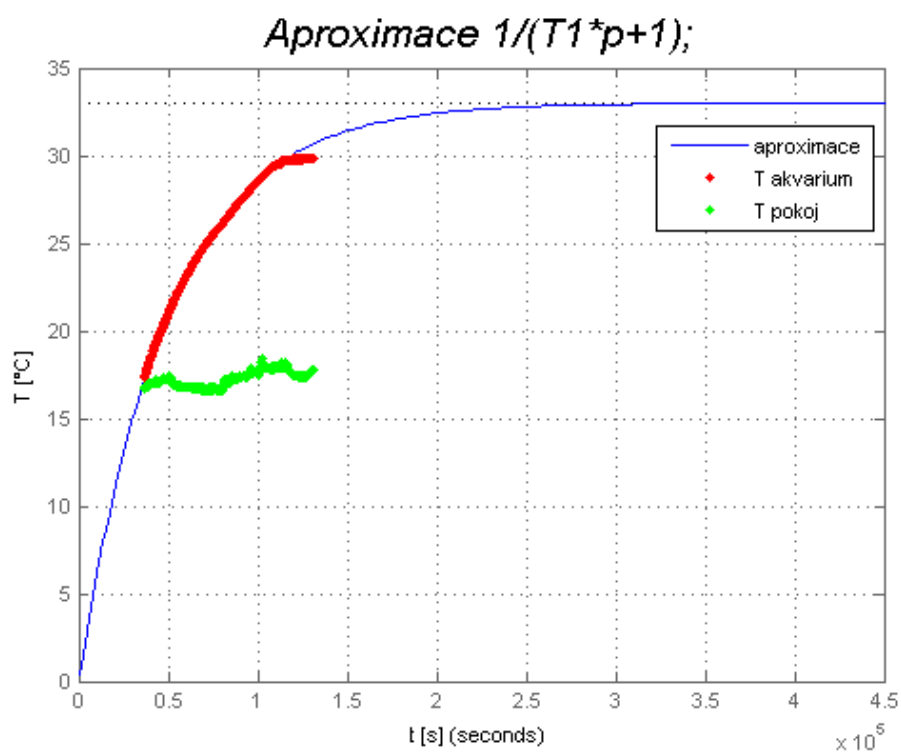
$$F_s = \frac{1}{T_1 p + 1} \quad (4.3)$$

Ještě pro zajímavost ohřev nádrže z pohledu kalorimetrické rovnice. Vysvětlivka použitých veličin:  $Q$  [J] – teplo,  $V$  [ $m^3$ ] – objem,  $\rho$  [ $kg/m^3$ ] - hustota,  $c$  [J/kgK] – měrná tepelná kapacita,  $t$  [ $^\circ C$ ] – teplota,  $\tau$  [s] – čas,  $P$  [w] – výkon.

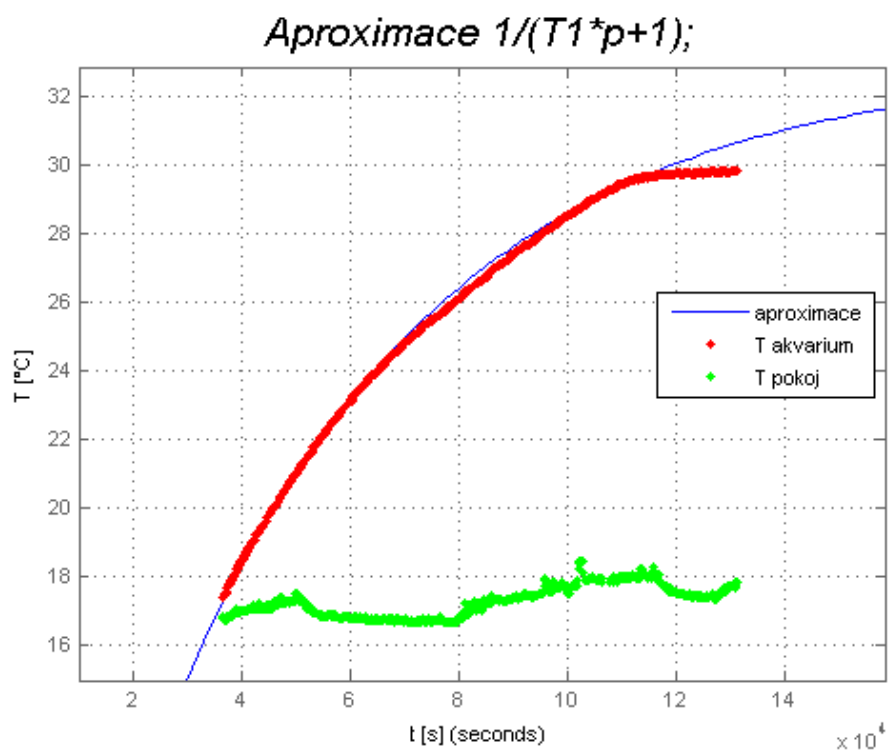
$$Q = V\rho c\Delta t \quad (4.4)$$

$$\tau = \frac{Q}{P} = \frac{V\rho c\Delta t}{P} \quad (4.5)$$

Při dosazení do rovnice (4.5) **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** pro změnu teploty o  $1^\circ C$  objemu akvarijní vody (přibližně 100l tedy  $0,1m^3$ ) vychází čas  $\tau = 2787s$  tedy přibližně 46,4min. Rovnice však nepočítá s úbytkem tepla do okolí nádrže, lépe vystihuje chování nádrže model viz. Obr. 4.6.



**Obr. 4.6:** Odezva na jednotkový skok řízení měřená data a aproximace



**Obr. 4.7:** Detail odezva na jednotkový skok řízení měřená data a aproximace

## 4.4 Osvit akvária

V požadavcích na tento úkon bylo stanoveno, že systém musí zajišťovat sepnutí osvětlení v uživatelem naprogramovaný čas, navíc musí zajistit efekt postupného náběhu a také doběhu intenzity světelného výkonu, aby takto osvětlení napodobovalo podmínky v přírodě. Tento efekt zejména odstraní nežádoucí stresování živočichů prudkým přechodem mezi stavem vypnuto – zapnuto.

### 4.4.1 Zdroj osvětlení

Osvit je zajištěn kombinací 3 zářivkových svítidel a LED pásku. Tato svítidla jsou společně nainstalovaná v osvětlovacím krytu, který je umístěn na krycím skle akvária. Do krytu vede přívod 230V síťového napětí v provedení tří-žilového kabelu s vidlicí, která umožní připojit ochranný vodič PE na kostru krytu. Dále je do krytu přiveden nízkonapěťový přívod pro napájení LED pásku.

Dimenzování spínacích okruhů pro zářivky lze snadno spočítat dle jejich příkonu. Je dobrým zvykem každého konstruktéra, aby navrhovaný okruh dimenzoval na vyšší proudy, tím je dosažena vyšší životnost a celková spolehlivost.

### 4.4.2 Řízení osvitů

Dle požadavků stanovených v kapitole 3, bude systém ke spínání muset uchovávat informaci o aktuálním čase, ale tato část bude podrobně popsána v následující kapitole (viz. 4.11). V závislosti na čase bude totiž systém provádět spínání světelných okruhů, dle zadání uživatele.

Osvětlovací kryt má tedy mít svítidla rozdělena na primární a sekundární okruh, kde zářivková svítidla jsou primární a LED sekundární. Primární okruh bude svítit po většinu denní doby, představuje hlavní světelný výkon osvětlení. Zatímco úkolem sekundárního okruhu bude zmírnit přechod primárního okruhu mezi stavy vypnuto – zapnuto. Světelný výkon sekundárního okruhu je navržen tak, aby vytvořil náběhovou hranu a doběhovou hranu osvětlení a simuloval tak východ i západ slunce.

Pro spínání primárního okruhu, je použito spínací relé. Pro řízení výkonu sekundárního okruhu je navržen obvod, buď varianta zdroj proudu řízený napětím, nebo řízení intenzity osvitů pomocí PWM.

## 4.5 Krmná jednotka

Úspěšná automatizace tohoto úkonu, je velice úzce spjata s poměrně precizním strojírenským designem. Je zde potřeba navrhovat nejen řídicí elektroniku, ale právě mechanický design, který vyřeší dávkování, zásobník krmiva a další problémy spojené s realizací tohoto úkonu.

Z tohoto důvodu je pro implementaci krmné jednotky využito hotové řešení v podobě krmného modulu, zapůjčeného od fakulty. Modul byl analyzován a s pokud možno pouze drobnými úpravami začleněn do systému.

V případě, že se současná elektronika jednotky neosvědčí, nebo nebude vyhovující, bude provedena úprava, popř. návrh vlastní elektroniky. [14]

### **4.5.1 Popis jednotky**

Jedná se o výrobek navržený v rámci magisterské práce viz. zdroj [14]. Hlavními akčními členy krmící jednotky jsou dva modelářské servomotory, které zajišťují dávkování krmiva ze dvou zásobníků. Každý servomotor představuje jednu samostatnou krmnou jednotku, avšak liší se základní krmnou dávkou. U první je dávka menší a druhé větší. Krmení poté probíhá prostým otočením válečku s vydlabanou „krmnou komorou“, čímž dojde k jejímu vysypání do akvária.

Hlavní řídicí jednotkou krmného modulu je jednočipový mikropočítač od firmy Atmel Atmega8. Komunikace s modulem probíhá po rozhraní RS485. Komunikace systému však používá rozhraní RS232 pro komunikaci s PC. V řešení bude buď proveden převod z UART na RS485, nebo bude upravena řídicí deska modulu, aby byla schopna pracovat s rozhraním RS232. Modul dále obsahuje vlastní obvod pro stabilizaci napětí typu step-down. Je dimenzovaná tak, aby pokryla proudové odběry při natáčení servomotorků.

USART, neboli Univerzal Synchronous and Asynchronous Receiver and Transmitter je obvod schopný obousměrné komunikace rychlostmi jednotek až desítek kbaud. Umožňuje jak synchronní, tak asynchronní přenos s možností nastavení 5 - 9 datových bitů, nastavení počtu stop-bitů a parity. Umožňuje samozřejmě také multiprocesorovou komunikaci.

Krmný modul byl navržen s více funkcemi, snímá také teploty a obsahuje snímač výšky hladiny, tyto funkce však nebudou využity. Snímání teplot je v systému implementováno samostatně a snímání výšky hladiny není mezi požadavky na systém.

### **4.5.2 Motory jednotky**

Akčními členy je dvojice modelářských servomotorů. Tento druh motoru je jednoduše říditelný, poloha se nastavuje pomocí PWM signálu o frekvenci 50Hz, přičemž obvykle poloha natočení v rozsahu 0 – 180° je přímo úměrná šířce pulzu v hladině „high“ v rozsahu 1-2ms.

Motory jsou napájeny obvykle ss napětím o hodnotě 5V, tyto druhy servomotoru mají typicky proudový odběr při natáčení 1,5A, s čímž je potřeba při návrhu počítat.

### **4.5.3 Ovládání jednotky**

Krmící jednotka přijímá příkazy po sériové lince. Hlavní rutina v krmící jednotce neustále vyčkává a až při příjmu patřičného kódu provede úkon, který se skrývá pod tímto kódem. 0x12

znamená požadavek na první krmičku, 0x13 je pro druhou. Následuje hodnota přímo udávající počet vysypání základních krmných dávek. Po vykonání, vyšle modul nazpět signál potvrzující úspěšné provedení příkazu 0xCA. Tím modul také přechází zpět do vyčkávacího stavu, kdy čeká na další příkaz.

## 4.6 Vzduchování

Dle analyzovaných požadavků, musí systém obsahovat okruh pro spínání vzduchovacího kompresoru. Podobným způsobem jako osvětlení, bude systém umožňovat nastavení spínání v určitých cyklech.

### 4.6.1 Vzduchovací kompresor

Akčním členem pro čerpání vzduchu do akvária je jakýkoli membránový vzduchovací motorek, běžně prodávaný v chovatelských potřebách. Motorek bývá opatřen škrtícím ventilem pro nastavení intenzity vzduchování a zpětným ventilem, v případě že je motorek umístěn pod úrovní hladiny akvária. Tyto motory obvykle mívají příkon do 10W.

## 4.7 Dávkování CO<sub>2</sub>

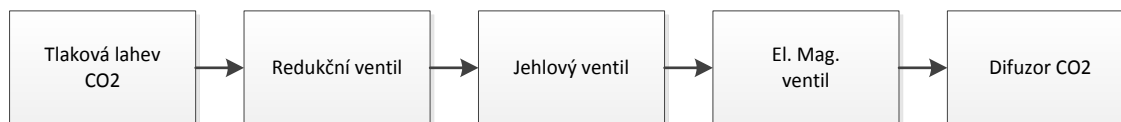
Úkon dávkování CO<sub>2</sub> je podobný jako v případě vzduchování. Jsou zde však jisté odlišnosti. CO<sub>2</sub> je totiž standardně dávkováno z tlakové lahve, takže je potřeba při manipulaci a návrhu potřeba postupovat s nejvyšší opatrností. Jako akční člen zde slouží klasický elektromagnetický ventil, dimenzovaný na příslušný tlak zdroje, na který je připojen.

### 4.7.1 Elektromagnetický ventil

Jako akční člen pro vypnutí/zapnutí CO<sub>2</sub> systému poslouží elektromagnetický ventil. Klasický elektromagnetický ventil funguje na jednoduchém principu, klapka ventilu je přímo ovládaná cívkou. Když cívkou protéká proud, indukuje magnetické pole, které přitáhne klapku. U většiny plynových ventilů je konstrukce ještě doplněna o pružinu, která v případě výpadku proudu vrací klapku do polohy vypnuto.

Jak je vidět na Obr. 4.8, v případě využití tlakové lahve jako zdroje CO<sub>2</sub>, je nutné přizpůsobit tlak tak, aby mohl být přiveden do difuzoru. Redukční ventil slouží pro redukci a monitorování tlaku v lahvi. Velký tlak lahve zredukuje na potřebný nízký tlak na výstupu, obvykle také má dva analogové měřiče tlaku, jeden ukazující tlak v lahvi, druhý na výstupu lahve. Dále bývá zařazen jehlový ventil, sloužící pro jemné doladění dříve zredukovaného tlaku na základě míry vypouštění bublin CO<sub>2</sub> z difuzoru. Navazuje elektromagnetický ventil, sloužící pouze jako spínač, který bude spínán řídicím systémem. Na konci řetězce už je difuzor, který je umístěn v akváriu. Jeho úlohou je zajistit vypouštění mnoha malých bublin CO<sub>2</sub>, čímž je dosaženo lepší difuze plynu do vody, než kdybychom vypouštěli velké bubliny přímo z hadičky (míra difuze závisí především na ploše bublin stýkajících se s vodou, čím větší je plocha, tím

lepší je difuze). V případě umístění tlakové lahve pod úrovní hladiny vody, ještě musí být řetězec doplněn o zpětný ventil, který v případě poklesu tlaku v lahvi (vyčerpání zásoby CO<sub>2</sub>), nebo v případě zavření el. magnetického ventilu zabrání proniknutí vody dovnitř CO<sub>2</sub> systému.



Obr. 4.8: Členy řetězce CO<sub>2</sub>

## 4.8 Displej a tlačítka

V této kapitole je podrobně probrán návrh displeje s tlačítky.

### 4.8.1 Displej

Pro pohodlné zobrazení informací je využit alfanumerický LCD displej 4x20 znaků s radičem HD44780, který je osvědčený a práce s ním je jednoduchá. Připojení je možné pomocí 4 nebo 8 bitové paralelní sběrnice + pin enable, reset, vo (pin, na kterém se provádí pomocí trimru nastavení kontrastu displeje), rw (read/write) pro nastavení čtení nebo zápisu do paměti a napájecí vstupy.

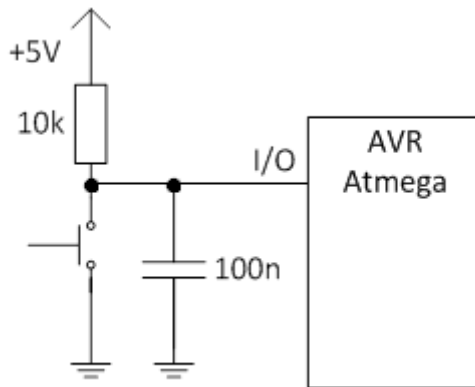
Displej je provozován pouze v režimu zápisu, pin rw je tedy trvale uzemněn. Zbytek řídicích pinů je připojen na I/O piny kontroléru. Displej bude použit v 4bitovém režimu.

### 4.8.2 Tlačítka

Během vývoje aplikace, byl stanoven vhodný počet tlačítek nutných k pohodlnému uživatelskému přístupu. Příliš mnoho tlačítek způsobuje celkovou nepřehlednost uživatelského vstupu, naopak příliš málo omezuje komfort při nastavování.

Tlačítka budou připojena každé na vlastní I/O pin kontroléru, v zapojení s pullup rezistorem, kdy při stisku tlačítka dojde ke stažení napěťové úrovně k nule.

Tlačítka budou dále ošetřena proti zákmitům blokovacími kondenzátory a navíc i softwarově, aby bylo dosaženo vysoké spolehlivosti.



Obr. 4.9: Zapojení tlačítek k mikrokontroléru

## 4.9 Výběr MCU

Pro vývoj systému, tak jak bylo stanoveno výše, je zvolen kontrolér takový, aby jeho vlastnosti a limitace, byly naddimenzované tak, aby mohl vývoj pohodlně probíhat bez omezení, aby nedošlo k nedostatku I/O, paměti, počtu čítačů časovačů atp. Vývoj prototypu pak bude probíhat pohodlně a po finálním dokončení a odladění, může být zvolen minimální kontrolér, pro vyhovění všem požadavkům aplikace. Při výběru kontroléru pro vývoj je brán zřetel na dostatek:

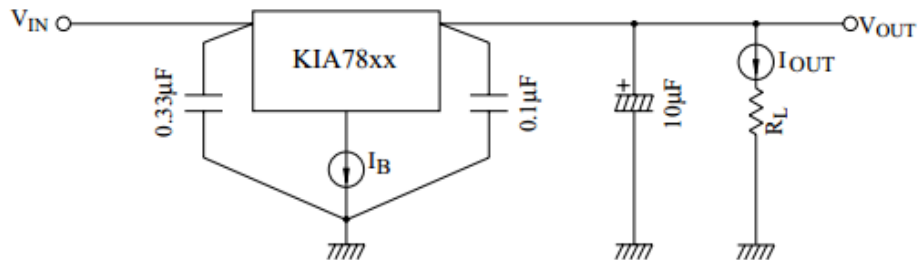
- paměti (programu, dat)
- počtu i/o
- čítačů/časovačů
- periferie pro komunikaci (i2c, uart)
- programovací možnosti (isp, jtag)
- počet d/a převodníků

Pro vývoj je použit univerzální mikrokontrolér od firmy atmel AVR Atmega16 v pouzdře DIP40, vhodném pro umístění do univerzálního nepájivého pole. Mezi hlavní vlastnosti tohoto čipu patří: 16KB flash paměti, 512 B EEPROM, 1KB internal SRAM, JTAG/ISP programovací rozhraní, 2 8bit čítače/časovače, 16bit čítač/časovač, RTC čítač reálného času s odděleným oscilátorem, 8 kanálový 10bit ADC, hardwarová podpora I2C, USART a 32 programovatelných I/O.

## 4.10 Napájení

Pro napájení řídicí části bude zvolen vhodný napájecí zdroj +12V. Primárně je vyžadována napěťová úroveň +5V, pro některé komponenty jako například relé je vyžadováno +12V. Úroveň +5V je získána z +12V větve pomocí lineárního stabilizátoru 7805. Zapojení viz. Obr. 4.10.

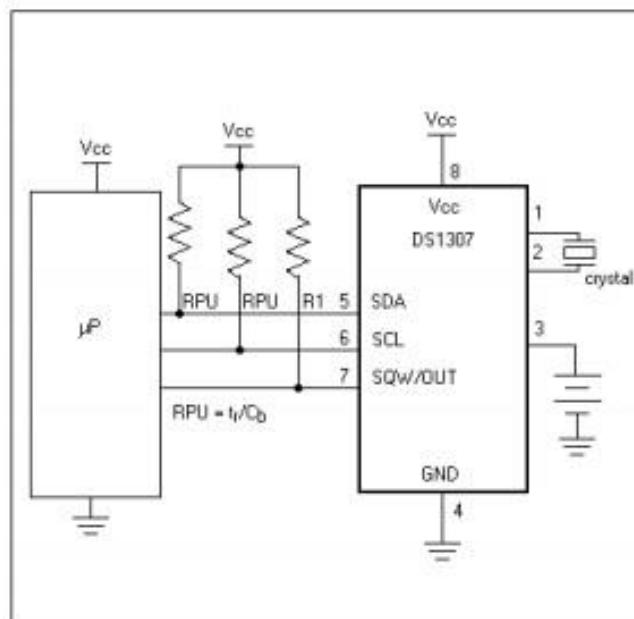
Standard Test Circuit & Application Circuit



Obr. 4.10: Standartní aplikační zapojení 7805 [16]

## 4.11 Obvod reálného času

Pro udržení informace je použit externí obvod DS1307 s 32,7686 KHz krystalem a 63 bajty nevolatilní paměti, se kterou je možné komunikovat pomocí sběrnice I2C. Obvod bude vybaven baterií, takže v případě odpojení od napájení, dojde k zachování času. Na začátku práce s obvodem stačí jen nastavit čas a obvod už nadále udržuje čas samostatně.



Obr. 4.11: Typické zapojení obvodu DS1307 [13]

Obvod má dvojí napájení, pokud je připojen k aplikaci, využívá napájení odsud. Pokud je externí napájení odpojeno (nebo pokud poklesne pod 3,2V), obvod přejde do stavu se sníženou spotřebou, v tomto stavu je odběr pouhých 500nA. Ve stavu snížené spotřeby není možné s obvodem komunikovat. Pokud je externí napájení obnoveno, obvod přechází opět do normálního stavu.

Obvod uchovává čas v paměti, na prvních osmi bajtech jsou uloženy vteřiny, minuty, hodiny, dny, datum, měsíc, rok, kontrolní registr, zbytek paměti je volný pro libovolná uživatelská data.

ADDRESS	BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0	FUNCTION	RANGE
00h	CH	10 Seconds			Seconds			Seconds		00–59
01h	0	10 Minutes			Minutes			Minutes		00–59
02h	0	12	10 Hour	10 Hour	Hours			Hours	1–12 +AM/PM 00–23	
		24	PM/ AM							
03h	0	0	0	0	DAY			Day	01–07	
04h	0	0	10 Date		Date			Date	01–31	
05h	0	0	0	10 Month	Month			Month	01–12	
06h	10 Year			Year			Year		00–99	
07h	OUT	0	0	SQWE	0	0	RS1	RS0	Control	—
08h–3Fh									RAM 56 x 8	00h–FFh

0 = Always reads back as 0.

Obr. 4.12: Vnitřní struktura paměti obvodu reálného času DS1307 [13]

## 5 HARDWARE - REALIZACE A ODZKOUŠENÍ

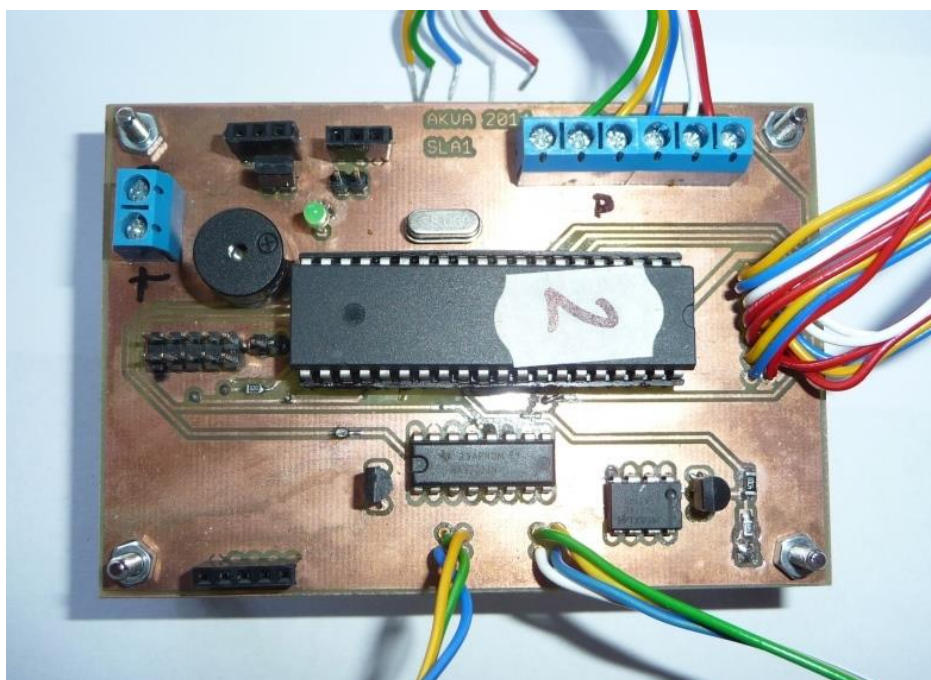
Tato část navazuje na kapitulu 4 Návrh systému. V této kapitole jsou probrány náležitosti konkrétní hardwarové realizace a prezentovány výsledky ožívování hardware. Popis některých zrealizovaných obvodů je doplněn také prezentací měřených dat popř. technickou či fotografickou dokumentací zrealizovaných komponent. Všechna schémata k provedeným obvodovým návrhům jsou dostupná v příloze.

### 5.1 Hlavní řídicí deska

Z důvodu vysoké koncentrace pinů mikrokontroléru na jednom místě by bylo takřka nemožné řádně zapájet všechny cesty na univerzální pájivé desce (vzhledem k velké rozteči pájecí mřížky). Bylo by nutné použít mnoho drátových propojek a to není žádoucí. Proto byl layout hlavní řídicí desky navržen v návrhovém programu Eagle a následně vyleptán na kupřevitové oboustranné desce.

Na desce jsou kromě mikrokontroléru Atmega16a osazeny také další součástky viz. schéma v příloze. Jmenovitě převodník krystal 8 MHz, uart -> RS485, převodník uart -> RS232, piezo siréna, LED signálka, mnoho pasivních prvků nutných k činnosti mikrokontroléru nebo jiných prvků, RC články na potlačení zákmitů a rušení tlačítek a konektory. Na desce je

také dvojice PNP tranzistorů sloužících jako hardwarový selektor pro dva převodníky RS485 a RS232 sdílející jeden uart kanál kontroléru.

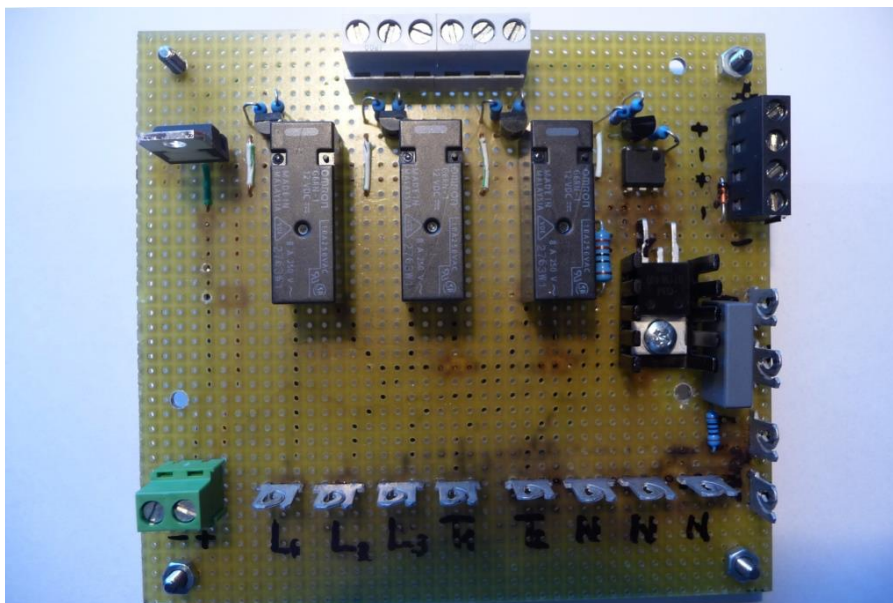


Obr. 5.1: Řídicí deska

## 5.2 Deska silových výstupů

Tato část je ukotvena v univerzální pájivé desce, vzhledem k nízkému počtu spojů a požadavku na rychlé provedení je to vhodná volba. V této desce jsou osazeny silové výstupní prvky a to relé Omron G6RN1-12, optotriak KMOC3041 s výkonovým triakem BT136-800 a FET tranzistor IRF630 používaný jako spínací silový prvek pro buzení LED pásu. Dále na vstupu každého silového prvku jsou pro převod TTL napětíových úrovní řídicí desky na +12V osazeny NPN tranzistory ve spínacím režimu. V místě přivedení síťového napětí je mezi N a L zařazen tlumicí RC článek 100nF/600V a 100Ω pro tlumení případného VF rušení.

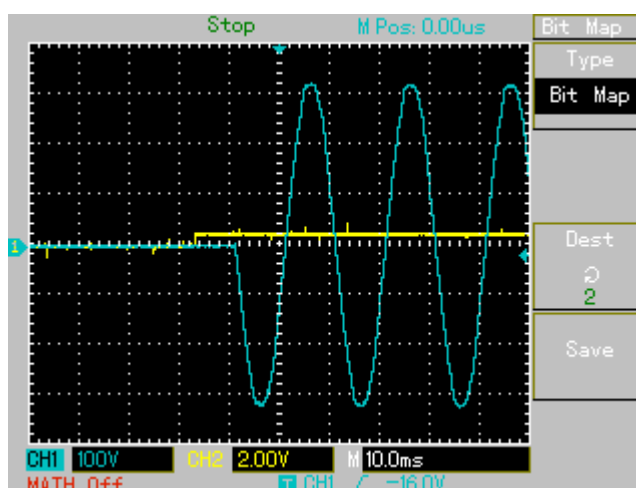
Na tuto desku je přivedeno síťové napětí, toto je nutné mít na paměti při manipulaci s ní (rozhodně nezasahovat do obvodu pod napětím). Z důvodu bezpečnosti je celý systém uzavřen v krytu rozebíratelném jen za pomoci nářadí, čímž je zabráněno styku s živými částmi. Pro buzení spínacích prvků je na desku přivedena také stejnosměrná napájecí větev +12V (pro optotriak, relé a jako napájení pro LED pás). Budicí prvky jsou řízeny signály z řídicí desky přivedené vodiči do svorkovnice na straně desky.



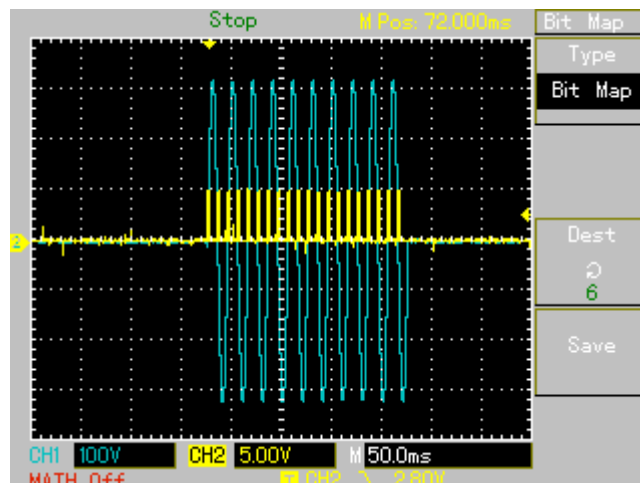
**Obr. 5.2: Deska silových výstupů.**

Při ožiování desky byl proveden test funkce řízení výkonu triakem. Pro demonstraci a ověření funkce byl triak zatížen výkonovou zátěží o hodnotě  $250 \Omega$  což představuje při sepnutí příkon o hodnotě  $212W$ , tedy tato hodnota převyšuje budoucí spínanou zátěž ( $150W$ ). Podle očekávání triak nejevil známky přehřívání. Ukázka průběhů spínacích impulzů a síťového napětí na Obr. 5.4 a Obr. 5.5.

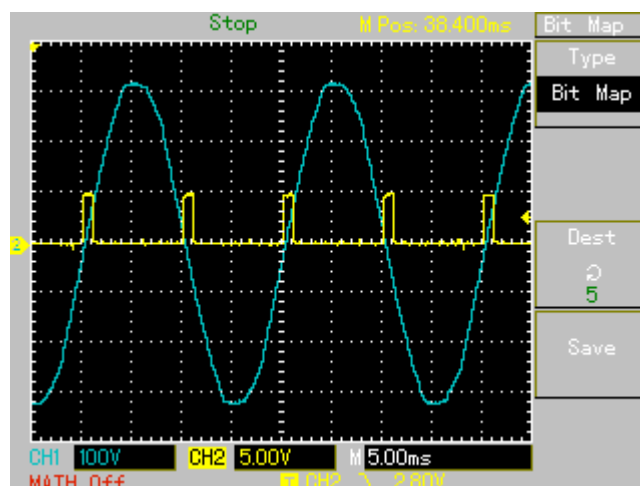
Na Obr. 5.3 je vidět výsledek testu, jehož cílem bylo demonstrovat funkci optotriaku KMOC3041, který spíná a rozepíná pouze při průchodu nulou. Je vidět že spínací impuls, který přišel s několika ms předstihem způsobil sepnutí triakové soustavy až ve chvíli průchodu síťového napětí nulou.



**Obr. 5.3: Ukázka funkce sepnutí při průchodu nulou optotriaku MOC3041.**



Obr. 5.4: Ukázka série sepnutých půlvln síťového napětí.

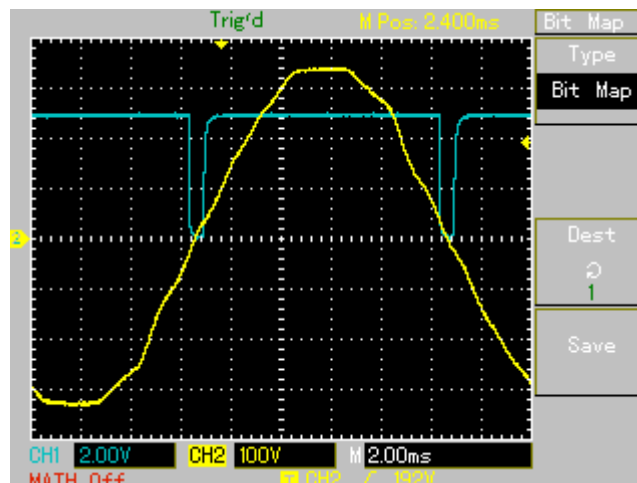


Obr. 5.5: Detail spínacích impulzů a spínaného síťového napětí.

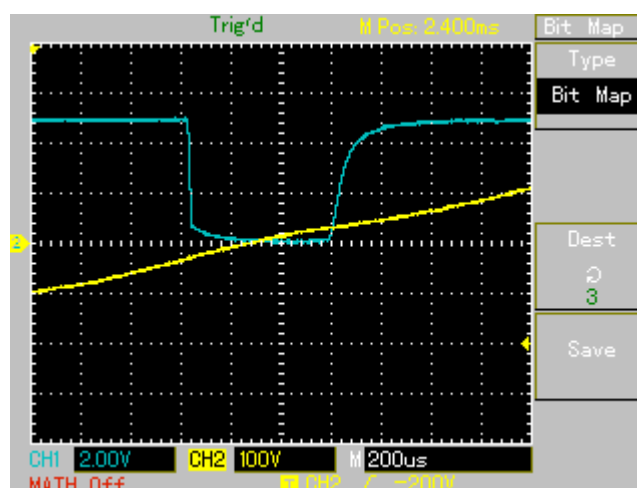
### 5.3 Modul detekce průchodu síťového napětí nulou

Modul detekce průchodu síťového napětí nulou je opět proveden na univerzálním poli. Jedná se o poměrně jednoduché zapojení, jehož hlavním prvkem je optočlen K30101B, dále je zde tranzistor, usměrňovací diodový můstek, zenerova dioda Z22V, usměrňovací dioda, několik pasivních součástek (R, C) a svorkovnice.

Při testu modulu byly naměřeny průběhy dle očekávání, sestupná hrana impulzu přichází v předstihu 200 – 300 us před průchodem nulou viz. Obr. 5.6 a Obr. 5.7. To poskytuje kontroléru dostatek času na obsluhu triakového spínání.



Obr. 5.6: Generované pulzy modulu detekce průchodu nulou.



Obr. 5.7: Detail impulzu modulu detekce průchodu nulou.

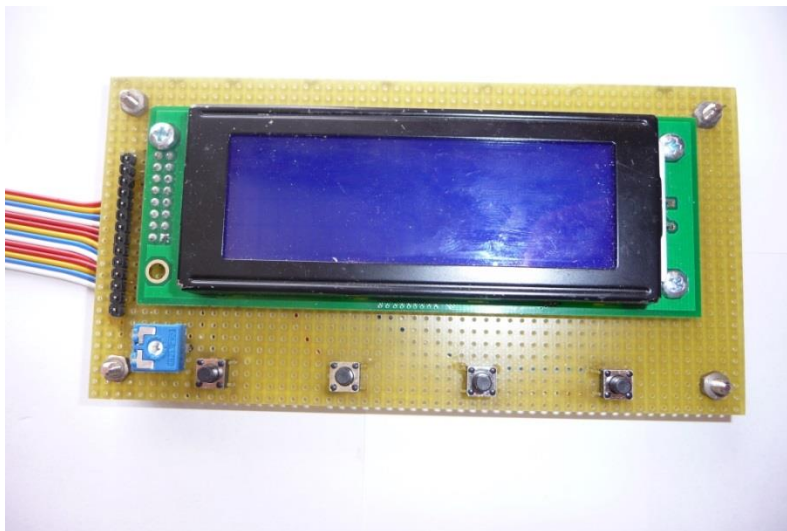
## 5.4 Stabilizátor 5V

Stabilizace lineárním regulátorem napětí 7805 je poměrně jednoduchý způsob spolehlivé stabilizace stejnosměrného napětí. Nevýhodou lineární stabilizace je pouze výkonová ztráta na stabilizátoru, čím větší je rozdíl napětí na vstupu a výstupu (v tomto případě 12V na 5V) a také čím větší je proudový odběr 5V větve, tím více výkonu se maří na teplo přímo na stabilizátoru. To však u této aplikace není problém. Je k dispozici napájení ze sítě, tedy efektivita stabilizace není tolik důležitá.

Při zatěžovacím pokusu, kdy byl stabilizátor zatížen 600 mA, se ukázalo, že chladič připevněný ke stabilizátoru zvládá chladit stabilizátor tak, aby teploty nepřekročily doporučené hodnoty. To je záruka bezproblémového chodu, jestliže v reálu bude 5V větev zatěžována typicky proudem nepřevyšujícím 200 mA.

## 5.5 Modul s displejem a tlačítky

Modul slouží jako interface s uživatelem. Sestává z displeje, 4 tlačítek, odporového trimru pro nastavení kontrastu displeje a přívodního kabelu.

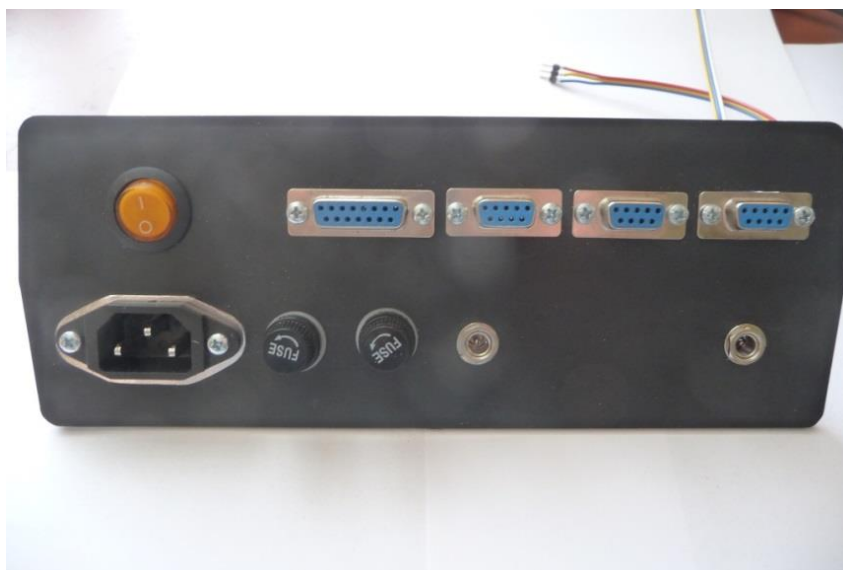


Obr. 5.8: Modul s displejem a tlačítky.

## 5.6 Kryt zařízení

Pro uložení zařízení jednak z důvodů estetických, ale také bezpečnostních (zabránění nahodilého dotyku s živou částí), bylo zařízení umístěno do ochranného plastového krytu.

Na zadním panelu boxu je umístěn vstupní konektor na síťový přívod, dvojice pojistkových pouzder (jedno pro jištění fáze, druhé pro +12V větev), dva napájecí konektory, jeden pro vstup +12V, druhý výstup pro LED pás, tři konektory CANON 9-ti pinové (dva pro výstup RS232, RS485 a jeden pro teplotní čidla) a jeden konektor CANON 15-ti pinový pro modul s displejem a tlačítky.



**5.1: Zadní panel krytu.**

Na předním panelu jsou umístěny 4 zásuvky s příklopem pro výstupy z relé a triaku a na straně je umístěno 5 kontrolních doutnavek. Jedna pro signalizaci přítomnosti síťového napětí v zařízení, 3 pro signalizaci sepnutí relé a poslední pro signalizaci spínání triaku.



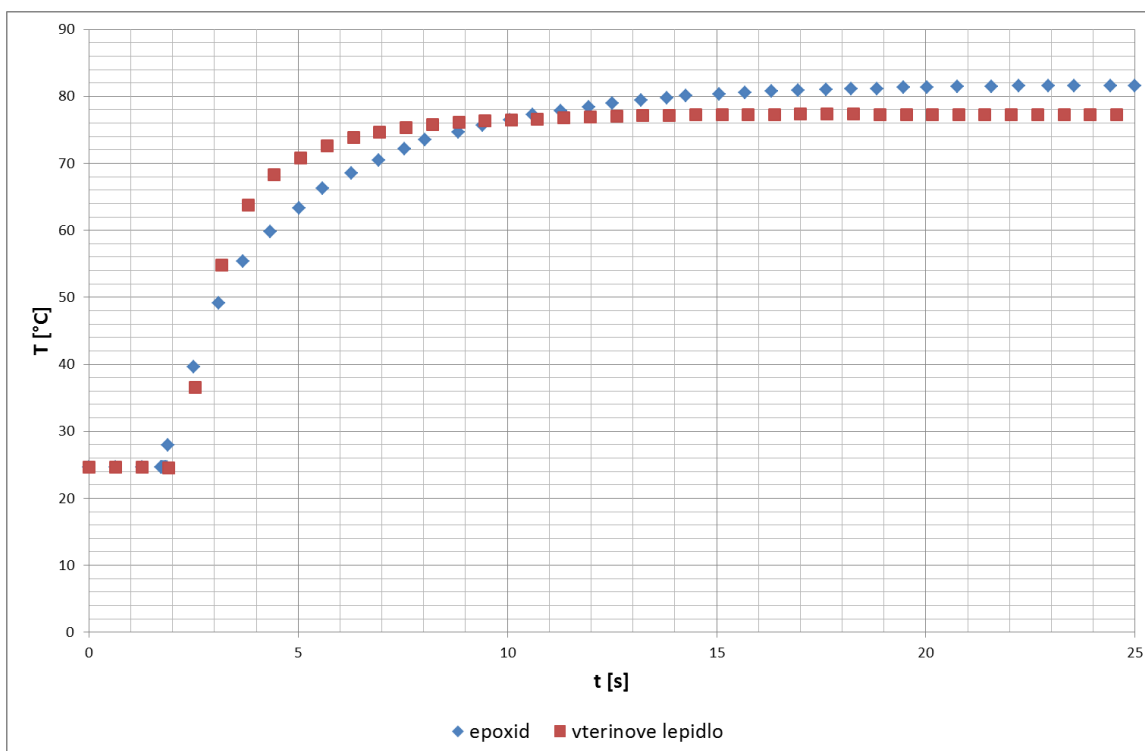
**5.2: Přední panel krytu.**

## 5.7 Čidla teploty DS18B20

Čidla teploty DS18B20 byla naletována na kroucené páry doplněné o třetí vodič s nulovým potenciálem. Dále musela být čidla ošetřena proti účinkům nehostinného prostředí vodní nádrže. Čidla byla zalita do epoxidové pryskyřice, což se ukázalo jen jako částečné opatření proti vlhkosti, protože epoxid není ani před vytvrzením dost „tekutý“, aby dokonale obil kontakty čidla, takže toto opatření se ukázalo jako ne plnohodnotné. Podařilo se však čidla utěsnit pomocí vteřinového lepidla, které dokonale zalepilo všechny netěsnosti.

Při testu čidel se ukázalo, že pokud čidlo není nějakým způsobem ošetřeno proti vlhkosti, je čidlo téměř nepoužitelné pro měření teploty ve vodě. V závislosti na tvrdosti vody (počty volných iontů ve vodě) totiž dochází k různým jevům, elektrolyzou počínaje a spojením signálového vodiče s napájením (vodivost kapaliny) konče.

Doplněním další hmoty v okolí čidel (epoxidové lepidlo) se dal očekávat nárůst časové konstanty čidla. Aby bylo jasné, o jaký nárůst se jedná, byl proveden pokus za účelem stanovení nové časové konstanty čidla. Test proběhl na dvou variantách: 1. čidlo pouze ošetřeno tenkou vrstvou vteřinového lepidla, 2. čidlo ošetřeno epoxidem. Čidla byla nejprve v nádobě s vodou o referenční teplotě 24°C a poté byla rychle přesunuta do nádoby s horkou vodou. Z grafu Obr. 5.9 můžeme pozorovat, jak test dopadl. Rozdíl jednoho provedení vůči druhému je nepatrný, nedá se tedy konstatovat s jistotou, zda rozdíl je způsoben úpravou čidla, nebo se zkrátka jedná o výrobní rozptyl parametrů. V porovnání s časovou konstantou vody v nádrži jsou stále takovéto hodnoty zanedbatelné.



Obr. 5.9: Test: přechodové charakteristiky čidel.

## 5.8 Osvětlovací kryt

Osvětlovací kryt je vyroben z 1mm pozinkovaného plechu, jehož vnitřní plocha byla ošetřena reflexním nástřikem pro maximalizaci odrazu světla vyzářeného zářivkovými tělesy v nežádoucím směru (směrem vzhůru), žádoucí směr vyzařování je dolů (tedy to akvária). Do krytu byla instalována dvojice zářivkových těles OSRAM lumilux HO CONSTANT 24W/830 G5 společně s elektronickým předřadníkem OSRAM QTP5 2X24-39/220-240 a dále pás led určený k vytvoření efektu postupného rozbřesku a západu slunce. Kryt (kostra) je z bezpečnostních důvodů v souladu s normou galvanicky spojen se zemním potenciálem (PE).

## 5.9 CO<sub>2</sub> systém

CO<sub>2</sub> systém byl sestaven z následujících komponent: 1kg tlaková lahev, redukční ventil, jehlový ventil, elektromagnetický ventil pro spínání systémem a nakonec zpětný ventil, který zabraňuje proniknutí vody samospádem z nádrže do CO<sub>2</sub> systému. Když dojde k sepnutí elektromagnetického ventilu, pod tlakem je CO<sub>2</sub> přivedeno na difuzor, kde dochází k vypouštění plynu do vody.

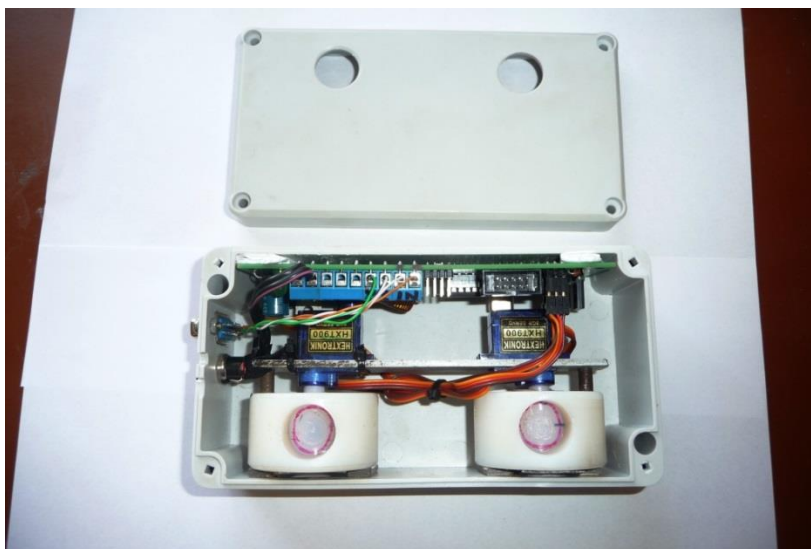
Při montáži přechodů mezi jednotlivými prvky CO<sub>2</sub> systému je třeba pečlivě dotahovat všechny závitě, aby nedocházelo k samovolnému úniku plynu, to se dá ověřit například mýdlovou vodou.



Obr. 5.10: CO<sub>2</sub> systém, z prava: redukční ventil, jehlový ventil, el. magnetický ventil, zpětný ventil.

## 5.10 Krmný modul

Krmný modul je jediný člen zapůjčený od fakulty. Vybrán byl pro svoje vhodné vlastnosti (kompaktní řešení, napájení 12V DC, komunikace pomocí sériové linky). Není tedy přímo vytvořen v rámci této práce, bylo na něm však nutné provést určité úpravy, aby byl modul provozuschopný (zjištěny zásadní nedostatky, zejména v softwarové výbavě modulu). Jednalo se o softwarové úpravy (řídící jednotka neobsahovala kompletní řídicí firmware, ten byl doplněn) a také jisté mechanické úpravy jako vyplnění mezery u otočných dávkovačů epoxidovou pryskyřicí, aby nedocházelo k vypadávání krmiva do krytu modulu. [14]



Obr. 5.11: Krmný modul.

## 6 FIRMWARE SYSTÉMU

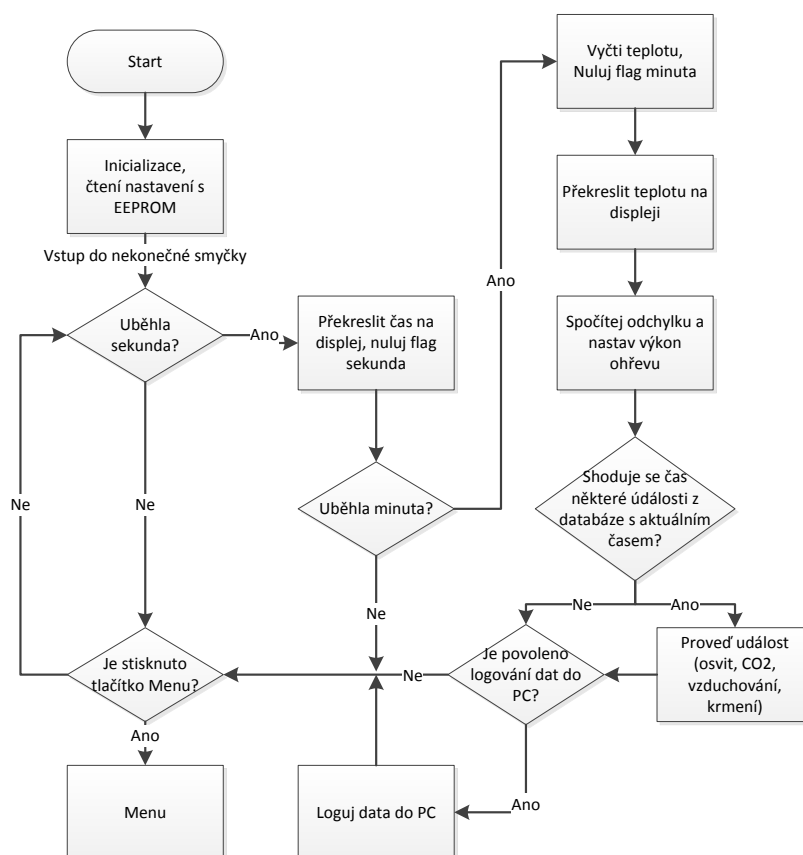
K vývoji programového vybavení mikrokontroléru AVR Atmega16a bylo využito vývojového prostředí Atmel Studio a programovacího jazyka C. Toto prostředí nabízí komfortní způsob programování a ladění programu pro mikrokontroléry firmy Atmel z rodiny ARM Cortex-M a Atmel AVR. K programování byl zvolen programátor AVR Dragon, který podporuje jak ISP, tak JTAG programovací rozhraní. Pomocí JTAG lze s tímto programátorem u čipů které to hardwarově podporují také provádět tzv. OCD – on chip debug, tedy krokování programu přímo na chipu a jeho snadné debugování.

V následujících podkapitolách bude popsána softwarová struktura řídicího programu celé aplikace.

## 6.1 Iniciale, nekonečná smyčka

Toto je část programu, která se provádí jednou na začátku programu (tedy po zapnutí systému, nebo po restartu). Zde probíhá iniciace, tedy nastavení: V/V pinů, iniciace komunikace I2C, iniciace sériové linky, iniciace čítačů/časovačů, iniciace displeje, povolení přerušení (povolení jednotlivých zdrojů přerušení a globální povolení), načtení uložených předvoleb z EEPROM, vykreslení základní obrazovky a spuštění časovače T2.

Za iniciační částí následuje nekonečný while cyklus, v jehož těle jsou opakovaně volané funkce pro zajištění chodu systému. Tedy cyklicky se testuje, zda je nahozen flag značící, že uběhla sekunda a testuje se, zda bylo zmáčknuto tlačítko pro vstup do menu. Když se kladně vyhodnotí test přítomnosti flagu značícího, že uběhla sekunda, dojde k přepsání času na displeji a nuluje se flag sekunda. Dále se testuje zda uběhla minuta (přítomnost flagu pro minuta), pokud ano, následně probíhá čtení teploty z čidel, nulování flagu minuta, překreslení údaje o teplotě na displeji, výpočet relativní odchylky měřené teploty od požadované teploty, na základě odchylky probíhá volba výkonu ohřevu, dále se testuje zda se čas některé události z databáze událostí neshoduje s aktuálním časem, ty události, jejichž čas nastal se vykonají a nakonec, pokud je povoleno logování teplot do PC, se vyšle údaj o aktuální teplotě společně s časem na sériovou linku (před přenosem se povolí funkce převodníku RS232 a po skončení přenosu se opět zakáže). Obrázek vývojového diagramu viz. Obr. 6.1.



Obr. 6.1: Vývojový diagram hlavní (nekonečné) smyčky programu.

## 6.2 Podprogramy přerušení

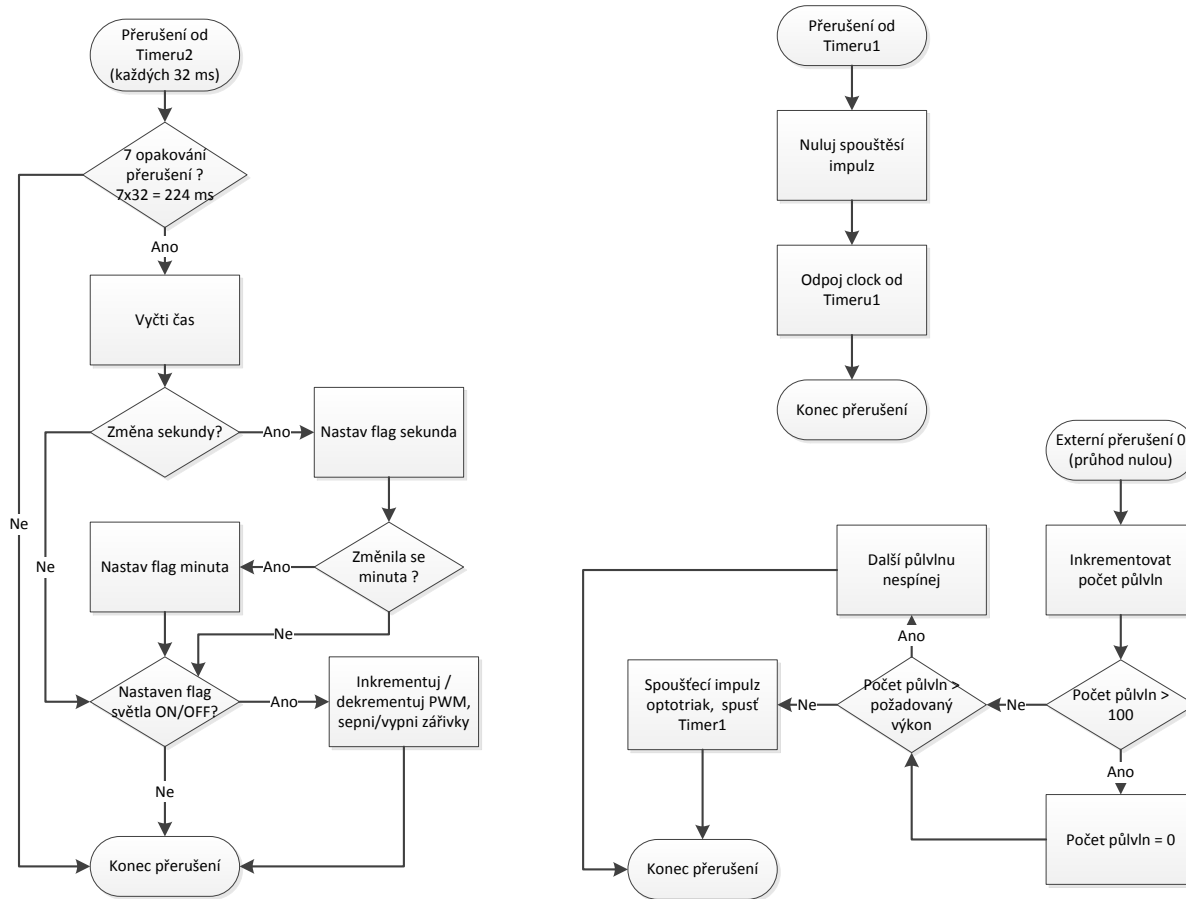
Běh hlavního programu je přerušován podprogramy přerušení od čítače/časovače 1, 2 a také externím přerušením.

Externí přerušení je vyvoláno impulzem (sestupnou hranou) od modulu detekce průchodu nulou síťového napětí. Přerušení tedy nastává každých 10ms. Po vstupu do přerušení se inkrementuje proměnná `zerocross`, která počítá průchody nulou. Následně se porovnává, jestli počet průchodů nulou není větší než 100, v takovém případě byl dosažen konec periody a proměnná se nuluje. Dále se porovnává počet průchodů nulou s proměnnou `zerocros_count` nesoucí informaci o požadovaném výkonu. Pokud je počet průchodů nulou menší než požadovaný výkon, následující půlvlna bude sepnuta do zátěže (topné spirály). V případě že proběhne sepnutí následující půlvlny, je také spuštěn časovač 1, který provede nulování spínacího impulsu.

Z předchozího je zřejmé, že počet půlvln v periodě udává nejmenší rozlišení výkonu. V tomto případě je v periodě 100 půlvln, tedy každá sepnutá půlvlna odpovídá 1% celkového výkonu. Tento způsob řízení výkonu je možný vzhledem k dostatečné časové konstantě topného tělesa (řádově 10s).

Jak již bylo nastíněno výše, `timer1` slouží pouze pro nulování spínacího impulsu pro optotriak. V přerušení tedy probíhá nulování příslušného pinu a následně probíhá zastavení timeru.

`Timer2` je zdrojem přerušení, které probíhá pravidelně každých 32 ms. Protože `timer2` je pouze 8mi bitový, nedokáže vytvářet příliš dlouhé časové intervaly. Toto je ošetřeno inkrementací proměnné na začátku přerušení, kdy dochází k pokračování přerušení pouze po sedmé inkrementaci, tedy  $7 \times 32 \text{ ms} = 224 \text{ ms}$ . Po sedmé inkrementaci se nuluje inkrementační proměnná a program konečně přechází na provádění zbytku podprogramu. Zde se nejprve vyčítá čas, pokud se změnila sekunda, nastavuje se flag sekunda. Pokud ne, program přechází na test, zda je nahozen požadavek (flag) pro zapínání nebo vypínání světel. Pokud nastala sekunda, testuje se, zda se také nezměnila minuta. Pokud ano, nastavuje se flag minuta a pokračuje se testem požadavku na vypínání/zapínání světel, pokud ne, přechází se na test rovnou. Posledním blokem před opuštěním přerušení je test, zda je aktivní jeden z flagů pro vypínání/zapínání světel. Pokud ano, v této části probíhá obsluha (inkrementování /dekrementování) PWM, zajišťující postupný rozsvícení/zhasínání led pásu.



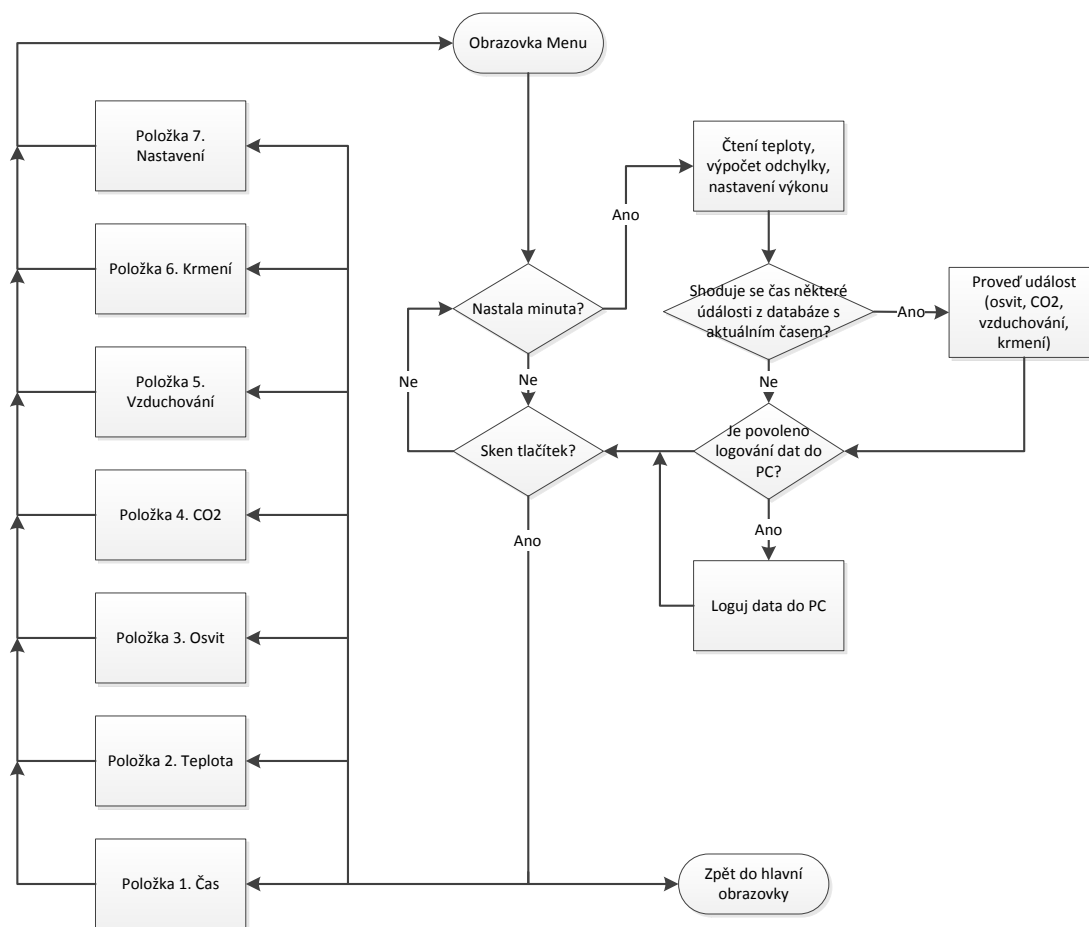
Obr. 6.2: Vývojové diagramy podprogramů přerušení.

### 6.3 Struktura menu

Při vstupu do základního menu probíhá překreslení obrazovky a následně program přechází do dalšího nekonečného cyklu `while(1)`, který opouští až při návratu z menu. V tomto nekonečném cyklu probíhá vše obdobně jako v základním nekonečném cyklu, s tím rozdílem, že informace o čase a teplotě se nevypisují na obrazovku, jsou pouze uchovány ve vnitřních proměnných. Stejně jako v základním nekonečném cyklu zde program provádí porovnávání událostí v databázi s časem, takže všechny činnosti během nastavování v menu probíhají bez rozdílu jako při základní obrazovce.

Oproti základní obrazovce se zde však skenují všechna 4 tlačítka (v základní pouze jedno a to T0, jenž má na základní obrazovce funkci pro vstup do menu). Tlačítka v menu mají tyto významy/funkce: T0 entr/potvrzení, T1 další/inkrementace, T2 předchozí/dekrementace, T3 exit/zpět. V základní obrazovce menu se tedy dá pomocí tlačítek T1/T2 listovat položkami menu, T0 slouží pro zvolení položky, T4 slouží pro návrat do hlavní obrazovky.

Obdobný význam mají tlačítka i ve všech položkách menu, T0 navíc provádí většinou uložení volby a opuštění položky, T4 je většinou pro opuštění položky bez uložení.



Obr. 6.3: Vývojový diagram volby menu.

## 6.4 Regulační algoritmus

Řízení výkonu probíhá podle vzoru regulačního algoritmu „vícestavové relé“. Tedy na rozdíl od standardního dvoustavového relé, má tento algoritmus více hladin akčních zásahů. Takto má programátor více prostoru pro následnou optimalizaci a obecně v praxi tento způsob regulace dosahuje menšího rozkmitu regulované veličiny oproti dvoustavovému relé.

V programu je tento algoritmus realizovaný tak, že každou minutu po změření teploty je spočítána relativní odchylka viz. (6.1). Poté následuje série podmínek typu else if, kdy je odchylka porovnávána s konstantami od -20 až po 10. Ve chvíli kdy je první podmínka splněna je nastaven patřičný výkon (stav relé). Tento kód byl sružen do funkce `spoctiodchylku` viz. příklad kódu:

$$odchylka = \frac{m\acute{e}\check{r}\acute{e}n\acute{a} - p\acute{o}\check{z}a\check{d}o\check{v}a\nu\acute{a}}{p\acute{o}\check{z}a\check{d}o\check{v}a\nu\acute{a}} * 100[\%] \quad (6.1)$$

```

void spoctiodchylku(void)
{
avr = (temp1+temp2)/2;
rel_odchylka = ((avr - setpoint)*100)/setpoint; //výpočet odchylky
if(rel_odchylka < -20) zerocross_count = 100; //když odchylka < -20% -> 100%
výkonu
else if(rel_odchylka < -10) zerocross_count = 75; //když odchylka -20 - -10% ->
75% výkonu
else if(rel_odchylka < 0) zerocross_count = 40; //když odchylka -10 - 0% -> 40%
výkonu
else if(rel_odchylka < 10) zerocross_count = 20; //když odchylka 0 - 10% -> 20%
výkonu
else zerocross_count = 10; //když odchylka > 10% -> 10%
výkonu
}

```

**Blok kódu 1: Ukázka funkce pro výpočet akčního zásahu.**

## 6.5 Struktury uchování dat

Pro snazší manipulaci s daty byly zřízeny zvláštní datové struktury. Také pro uchování informace o teplotě bylo třeba zaujmout nějaký speciální přístup, protože kontrolér Atmega16a nedisponuje floating point aritmetikou.

Pro uchování dat času byla vytvořena struktura `struct time_struct`, která obsahuje 7 členů typu `uint8_t` pro separátní uchování sekund, minut, hodin, dnů v týdnu, dnů v měsíci, měsíce a roku. Jedna proměnná tohoto typu slouží pro ukládání času periodicky čteného z RTC modulu a s každou novou minutou je s touto proměnnou porovnávána každá položka z databáze událostí.

Pro databázi událostí byla vytvořena struktura `struct events_struct`, která obsahuje 5 členů typu `uint8_t` `min` pro minuty, `hod` pro hodiny a `denvtyd` pro dny v týdnu (pro uchování času události), dále proměnná `udalost` pro definici typu události (vzduchování, CO<sub>2</sub>, osvit, krmení) a nakonec `mnozstvi`, které nabývá buď hodnot 1/0 pro události typu vypnout zapnout a pro událost krmení informaci o počtu dávek. Pole 26-ti prvků tohoto typu je inicializováno jako globální proměnná. Prvky 0-1 jsou pro událost osvit, 2-3 pro CO<sub>2</sub>, 4-5 pro vzduchování a 6-25 slouží pro uchování až 20-ti událostí krmení.

Teploty jsou z teplotních čidel snímány a zaokrouhlovány na jedno desetinné místo, tedy je potřeba v kontroléru uchovávat floating point informaci a provádět s ní výpočty. To ale u AVR Atmega16a není možné přímo (nepodporuje floating point, ani aritmetiku s ním), proto byl navržen následující způsob uložení této informace: proměnné pro uchování teplot jsou definovány jako `int32_t`, a při snímání teploty je jak celá, tak desetinná část vynásobena 10 a desítky z desetinné části jsou přičteny k celé části. Zkrátka desetinná čárka byla posunuta o jedno místo doprava, takže například 24.1°C je v procesoru uloženo jako 241. S teplotou v tomto tvaru už umí procesor pracovat a při tisku na obrazovku je informace zpětným postupem dekódována.

## 7 ZÁVĚR

V práci bylo snahou komplexně nahlédnout na problematiku akvaristiky, analyzovat potřeby, úkony a veličiny vhodné k automatizaci a následně navrhnout systém, pro podporu akvária, tedy i životních podmínek v něm. Systém si klade za cíl zpřehlednit děje a veličiny v akváriu a také zautomatizovat některé důležité úkony spojené s udržením stabilních podmínek v něm, aby uživateli co nejvíce zjednodušil a usnadnil práci.

První etapou práce byla teoretická část. Bylo nutné nastudovat problematiku a načerpat informace, na jejichž základě mohly být stanoveny požadavky na systém. Oporou v tomto ohledu byla zejména kvalitní literatura viz. [2] [3] [4], ale také zkušenosti z akvaristické praxe a konzultace s odbornou komunitou.

Na základě studie akvaristické literatury a poznatků z praxe, byly stanoveny požadavky na měřené, řízené a regulované veličiny a úkony. Byly stanoveny rozsahy těchto veličin a také definován nárok na časové rozvržení úkonů. Tedy například v jakých cyklech bude vyžadováno jejich provádění (týdenní cyklus pro krmení, denní pro CO<sub>2</sub>, vzduchování a osvit a neustálá regulace teploty vody).

Byla provedena úvaha nad bezpečností systému, tedy které z úkonů jsou kritické a je třeba zajistit nějakou ochranu pro případ selhání systému. Jako nejvíce kritický parametr byl vyhodnocen ohřev vody, kde dlouhodobé přehřátí nádrže, by mohlo způsobit vážné následky na zdraví živočichů a prosperitě rostlin. Jako opatření proti tomuto selhání poslouží hardwarové omezení – termostat na topné spirále. Tímto způsobem bude nastaveno hardwarové maximum, které zabrání přehřátí nádrže nad kritickou úroveň. Velká pozornost je v práci věnována zejména části teplotní regulace, byla provedena analýza cílené nádrže jako tepelného systému a byl stanoven model soustavy (nádrže). K měření teplotní přechodové charakteristiky bylo vytvořeno zapojení s jednočipovým mikropočítačem, pomocí kterého byla snímána data z teplotních čidel a po sériové lince společně s časem měření odesílána do PC.

Dle stanovených veličin byl v práci proveden návrh nebo volba jednotlivých částí systému, pro řešení stanovených úkonů a požadavků. V návrhu byly uvažovány různé způsoby provedení, rozebrána a popsána funkce jednotlivých řešení, včetně popisu použitých součástek. Pro lepší pochopení byly některé principy funkčnosti jednotlivých částí popsány blokovými schémata, konkrétní schémata obvodových zapojení jsou připojena v příloze práce k nahlédnutí (a také v el. verzi na CD).

Hardware navrhnutého systému byl zrealizován a oživen. Byly také provedeny testy funkčnosti jednotlivých částí, u některých klíčových komponent byly změřeny výstupy, například osciloskopická měření triakové soustavy a spínacích signálů. Kompletní fotodokumentace hardwarových řešení je k dispozici v příloze na CD.

Byla navržena struktura softwarového vybavení a implementována v jazyce C v prostředí AtmelStudio 6. Velmi nápomocným nástrojem v této části práce se ukázala možnost provádět OCD (on chip debug) pomocí programátoru AVR DRAGON, tedy možnost v reálném čase krokovat chod programu, sledovat stavy proměnných atp. Kompletní software je k dispozici k nahlédnutí v příloze na CD.

Výsledkem práce je tedy funkční systém, který implementuje požadavky, viz. 3. VOLba veličin a úkonů k automatizaci. Jedním z bodů zadání bylo také vyzkoušet systém v reálném provoz, zde jsou závěry z testování k jednotlivým požadavkům:

Prvním z požadavků bylo měření a regulace teploty vody. Čidlo zvolené k měření teploty se ukázalo jako dostačující, výkonová elektronika (triak) pro buzení topné spirály s přehledem zvládá spínat výkon spirály, zvolený řídicí algoritmus byl schopen efektivně regulovat teplotu. Tepelná soustava, vzhledem ke svojí velké časové konstantě, se ukázala jako snadno regulovatelná.

Řešení osvětlení pomocí zářivek a led pásu je vyhovující. Zářivky poskytují dostatek výkonu pro prosperitu rostlinstva v akváriu a LED zajišťují pozvolný přechod mezi stavy vypnuto/zapnuto, což se ukázalo jako nanejvýš šetrné vůči živočichům v nádrži.

Krmení pomocí krmného modulu se zásobníkem se po odladění jistých nedostatků ukázalo jako funkční řešení. Nevýhodou je poměrně vysoká hlučnost servomotorů a vibrace, které modul produkuje při vydávání krmné dávky. Krmné dávky mají určitý rozptyl, ne však příliš velký, v praxi ale stejně neexistuje žádný exaktní vzorec pro určení krmné dávky, rozptyl vyhovuje požadavkům na krmení.

Úkon spínání vzduchování a CO<sub>2</sub> je plně funkční. Za pomoci dropcheckeru (dlouhodobý test pH) byla nastavena doba dávkování CO<sub>2</sub> potřebná k tomu, aby hladina CO<sub>2</sub> ve vodě byla na požadované úrovni.

Výsledkem této práce je tedy funkční výrobek (prototyp), který funguje v cílené aplikaci. Jako hlavní přínosy práce patří zejména některá zajímavá hardwarová řešení (například detekce průchodu nulou) jenž se podařilo úspěšně navrhnout a odladit. Dále zajisté práce na firmware, který představuje poměrně dobře optimalizovaný systém, vzhledem k funkcím které zvládá a použití nepříliš výkonného a vybaveného kontroléru. Práce byla prezentována také na soutěži EEICT, kde se úspěšně umístila na 3 místě v kategorii „Kybernetika, automatizace a teoretická elektrotechnika“, kopie diplomu k nahlédnutí v příloze na CD. V neposlední řadě jsou velkým přínosem samotné zkušenost a poznatky získané při návrhu a realizaci aplikace, ze kterých bude autor čerpat při dalším vývoji projektu.

Co se týče možností dalšího rozvoje, nabízí se mnoho vylepšení, která by mohla být provedena. Ukázalo se, že by bylo vhodné přidat další senzor teploty, pro měření teploty v okolí nádrže, pro zkvalitnění regulace teploty vody v akváriu. Dalším vhodným vylepšením by mohlo být začlenění elektronické sondy pH do systému, tak aby mohla být zavedena automatická regulační smyčka na CO<sub>2</sub> a vyloučil se tak požadavek na manuální nastavování dávkování. Poměrně snadným softwarovým vylepšením by mohla být implementace PSD algoritmu namísto vícestavového relé. Dalšími náměty k vývoji by také mohl být požadavek na dávkování tekutého hnojiva pro rostliny, nebo přiřazení výkonného systému pro zřízení databáze ukládající historii měřených dat a umožňující vzdálený síťový přístup uživatele do systému.

# Literatura

- [1] BLAHA, P., VAVŘÍN, P. *Řízení a regulace I : Základy regulace lineárních systémů - spojitě a diskrétní* [online]. VUT v Brně, 2013, [cit. 27.12.2013]. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/priloha.php?dpid=19181](https://www.vutbr.cz/www_base/priloha.php?dpid=19181).
- [2] RATAJ, K. *Akvaristika začíná u rostlin*. SVĚPOMOC, 1980, 160 s., [cit. 27.12.2013]. ISBN 38-008-80.
- [3] FRANK, S., RATAJ, K., ZUKAL, R.: *333x jak a proč*. SVĚPOMOC, 1983, 374 s., [cit. 27.12.2013]. ISBN 38-013-83.
- [4] HOFMAN, J.; NOVÁK, J. *Akvárium sladkovodní a mořské: Praktické návody k založení a ošetřování*. Vydání první. Praha: Nakladatelství Brázda s. r. o., 1999. 204 s. ISBN 80-209-0281-3.
- [5] GOLIAŠ, M. *Přírodní akvárium : Bible přírodní akvaristiky: úvod, teoretické základy a praxe* [online]. 2013, [cit. 27.12.2013]. Dostupné z: <http://www.prirodni-akvarium.cz/>
- [6] DALLAS SEMICONDUCTOR. *DS18B20: Programeble Resolution 1-Wire Digital Thermometer* [online]. [cit. 27.12.2013]. Dostupné z: <http://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Sensors/Temp/DS18B20.pdf>
- [7] VAJBAR, M. *Akvarijni : Vaše akvarijní informace*. [online]. 17.7.2013, [cit. 27.12.2013]. Dostupné z: <http://www.akvarijni.cz/>
- [8] HONEYWELL. *Vždy v rovnováze aneb vyvažování armaturami* [online]. [cit. 27.12.2013]. Dostupné z: <http://www.honeywell.cz/home/Odb.clanky/Vyva%C5%BEov%C3%A1n%C3%AAD%20armaturami%20Honeywell.pdf>
- [9] DENNERLE. *Dennerle* [online]. [cit. 27.12.2013]. Dostupné z: [http://www.dennerle.eu/global/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=68&Itemid=216&lang=cs](http://www.dennerle.eu/global/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=68&Itemid=216&lang=cs)
- [10] FAIRCHILD SEMICONDUCTOR. *6-Pin DIP Zero-Cross Optoisolators Triac Driver Output* [online]. [cit. 27.12.2013]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/img/cache/doc/523/095/moc3041-datasheet-2.pdf>
- [12] PHILIPS SEMICONDUCTORS. *Triacs BT136 seriaes : Product specification*. [online]. [cit. 27.12.2013]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/img/cache/doc/225/127/bt136-800-datasheet-1.pdf>
- [13] DALLAS SEMICONDUCTOR. *DS1307 : 64 x 8 Serial Real-Time Clock* [online]. [cit. 27.12.2013]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/img/cache/doc/225/127/bt136-800-datasheet-1.pdf> <https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/DS1307.pdf>
- [14] VEČEŘA, J. *Systém řízení akvária s WWW serverem* [online]. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2013, 66 s., [cit. 3.1.2014] Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Zdeněk Bradáč, Ph.D. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=64252](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=64252)
- [15] PENDATRON : Elektronický magazín. *Detektor průchodu napětí nulou* [online]. 13. srpna 2013, [cit. 3.1.2014]. Dostupné z: [http://pandatron.cz/?3233&detektor\\_pruchodu\\_napeti\\_nulou](http://pandatron.cz/?3233&detektor_pruchodu_napeti_nulou)

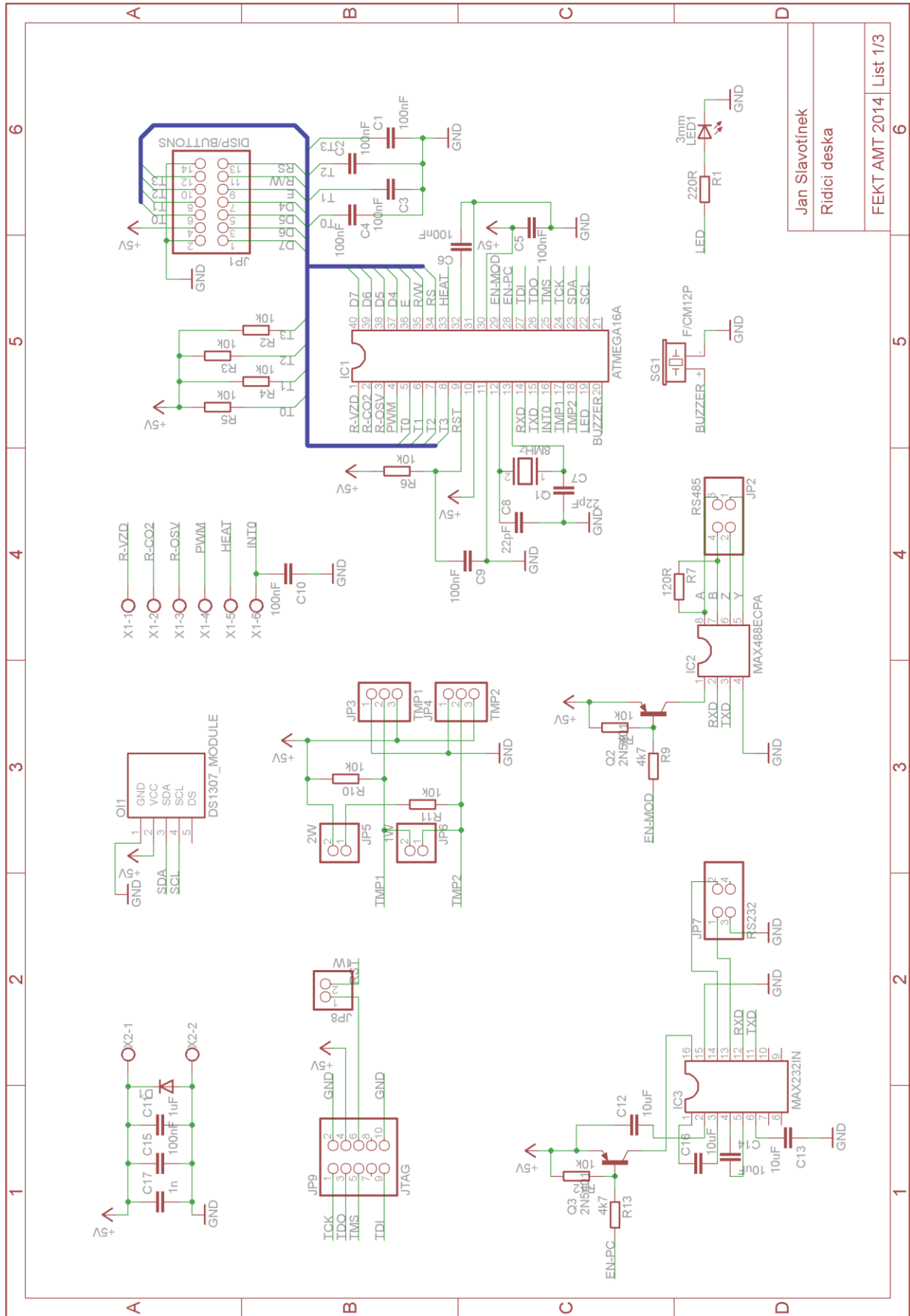
- [16] KEC SEMICONDUCTOR. *KIA7805 : Technical data* [online]. [cit. 20.5.2014]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/img/cache/doc/330/001/7805-to220-celoplastove-pouzdro-datasheet-1.pdf>
- [17] TEXAS INSTRUMENTS. *MAX232* [online]. [cit. 20.5.2014]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/img/cache/doc/329/036/max232in-datasheet-1.pdf>
- [18] MAXIM. *Low power, slew rate limited RS485/RS422 transceivers* [online]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/img/cache/doc/433/240/max488ecpa-datasheet-1.pdf>
- [19] OMRON. *PCB Power Relay – G6RN* [online]. [cit. 20.5.2014]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/img/cache/doc/634/713/releg6rn1-12-datasheet-1.pdf>

# Rejstřík pojmů

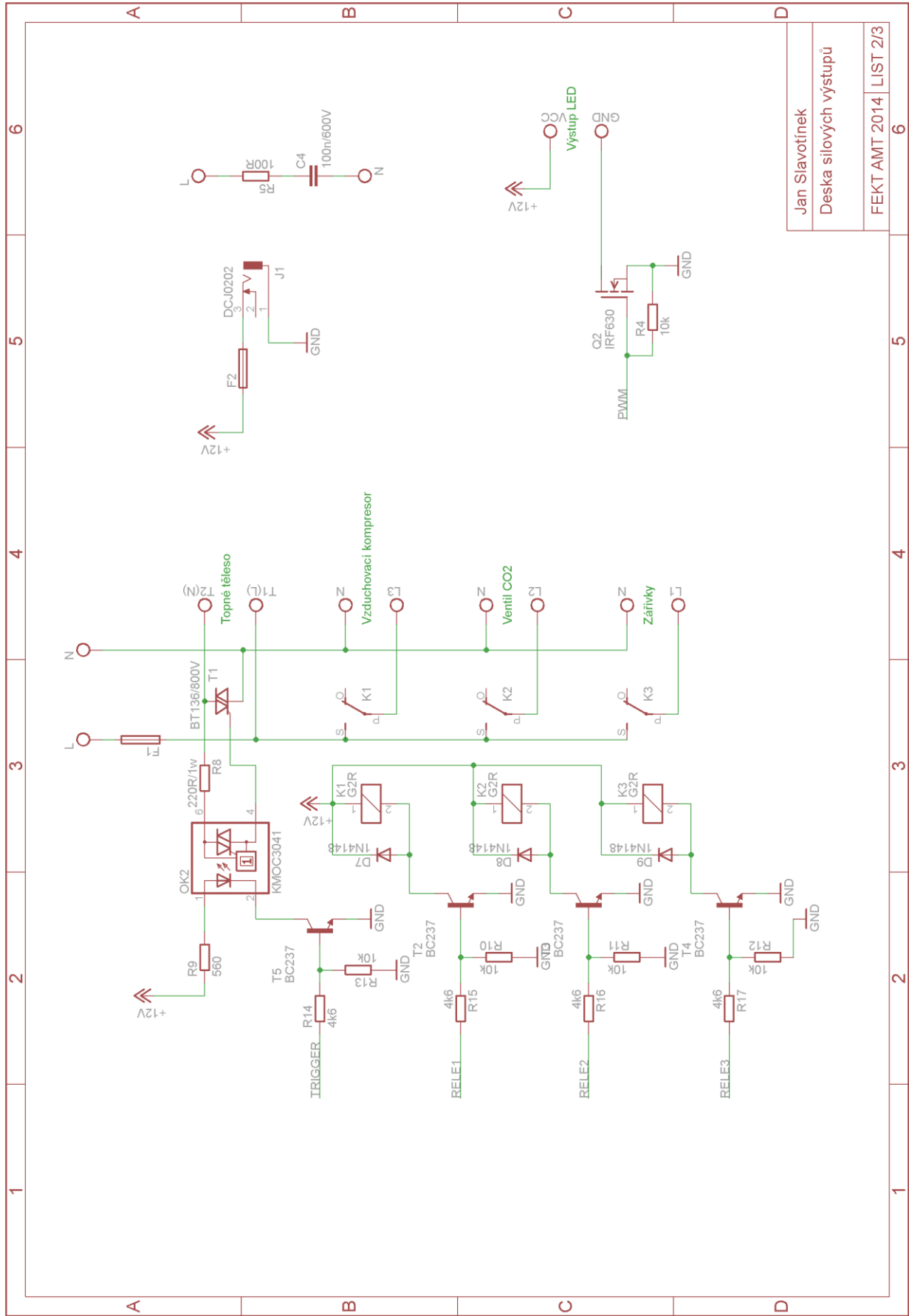
Detrit	Organické odpadní látky, hromadící se na dně akvária.
Biotop	Specifické místo na světě se specifickou faunou a florou.
„Holandské akvárium“	Akvárium čistě rostlinné, nebo zaměřené zejména na rostliny.
Asimilace	Biologický proces přeměny výchozích látek na jiné.
Mikrokontrolér	Jednočipový počítač.
IR	Z angl. infra red – Infra červené.
Zerocrossing	Průchod nulou.
LED	Z angl. Light emitting diode – Světlo emitující dioda.
nevolatilní paměť	Paměť uchovávající data i po odpojení napájení.
Pullup	Rezistor zajišťující logickou úroveň „high“ (sběrnice, pin procesoru,...)
DPS	Zkratka Deska Plošných Spojů
Floating point	Anglicky „plovoucí čárka“

## Seznam příloh

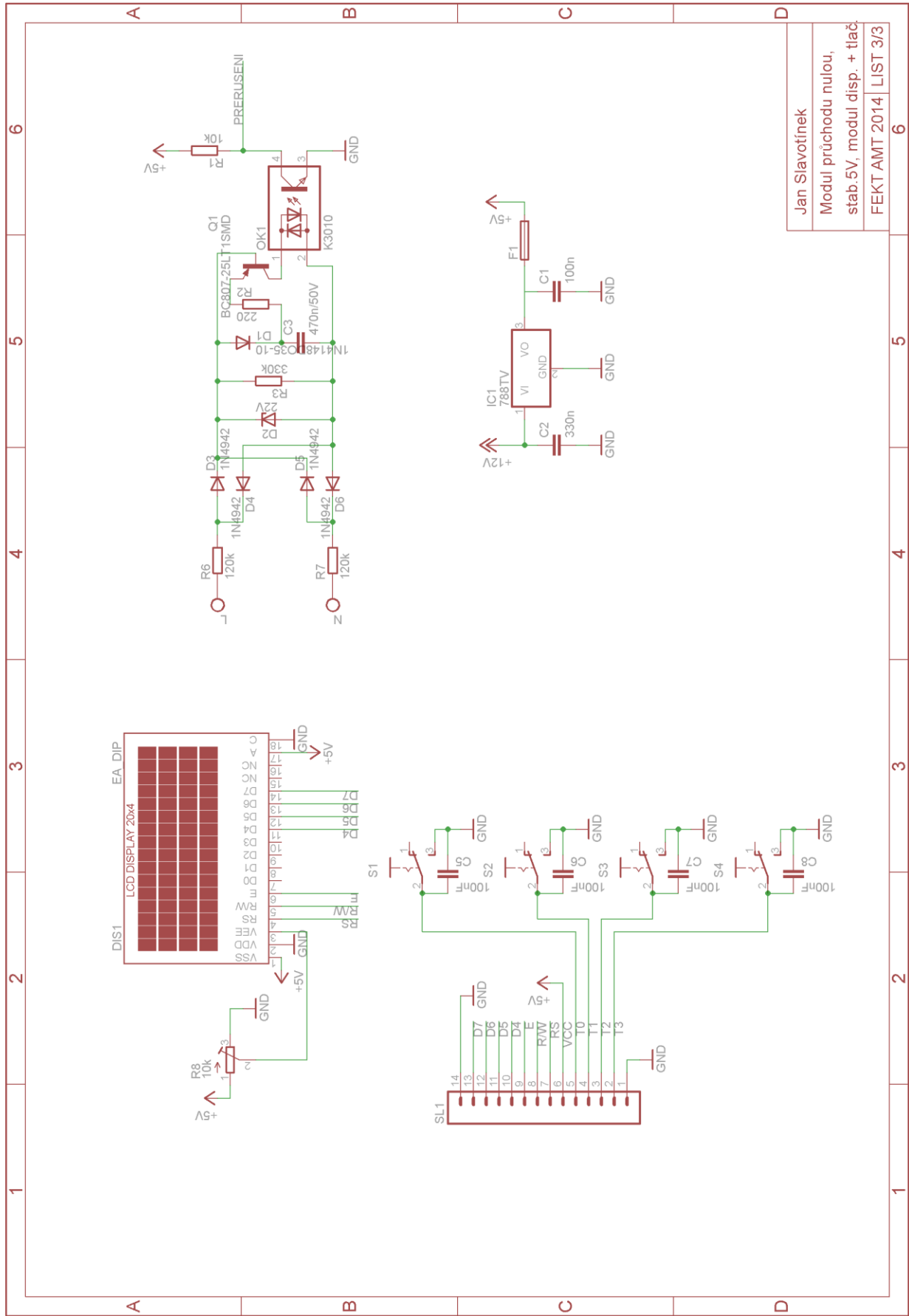
- Příloha 1.: Schéma - řídicí deska.
- Příloha 2.: Schéma – deska silových výstupů.
- Příloha 2.: Schéma – modul detekce průchodu nulou, stabilizátor napětí 5V, modul displeje s tlačítky
- Příloha 4.: CD s elektronickou verzí práce, software, schémata, layout, datashety, foto a video dokumentace,



Jan Slavotinek  
 Ridici deska  
 FEKT AMT 2014 List 1/3



Jan Slavotínek	6
Deska silových výstupů	5
FEKT AMT 2014 LIST 2/3	6



Jan Slavotínek  
 Modul průchodu nulou,  
 stab.5V, modul disp. + tlač.  
 FEKTAMT 2014 LIST 3/3