



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV MIKROELEKTRONIKY

DEPARTMENT OF MICROELECTRONICS

AUTONOMNÍ AKVÁRIUM

AUTONOMOUS AQUARIUM

SEMESTRÁLNÍ PRÁCE

SEMESTRAL THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jakub Charvot

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Pavel Tomíček

BRNO 2023

Semestrální práce

bakalářský studijní program **Mikroelektronika a technologie**

Ústav mikroelektroniky

Student: Jakub Charvot

ID: 240844

Ročník: 3

Akademický rok: 2023/24

NÁZEV TÉMATU:

Autonomní akvárium

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Cílem práce je navrhnout systém, který umožní plně automaticky monitorovat a řídit akvárium. Provedtě průzkum trhu a analyzujte existující komerční i hobby řešení. Určete faktory, které je nutné regulovat, popřípadě pouze monitorovat, pro úspěšný provoz akvária. Vyberte vhodné snímače a akční členy. V rámci bakalářské práce systém zhotovte.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího práce.

Termín zadání: 18.9.2023

Termín odevzdání: 15.12.2023

Vedoucí práce: Ing. Pavel Tomíček

doc. Ing. Pavel Šteffan, Ph.D.
předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

Autor semestrální práce nesmí při vytváření semestrální 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

Abstrakt práce v originálním jazyce TODO

KLÍČOVÁ SLOVA

Klíčová slova v originálním jazyce TODO

ABSTRACT

Překlad abstraktu TODO (v angličtině, pokud je originálním jazykem čeština či slovenština; v češtině či slovenštině, pokud je originálním jazykem angličtina)

KEYWORDS

Překlad klíčových slov TODO (v angličtině, pokud je originálním jazykem čeština či slovenština; v češtině či slovenštině, pokud je originálním jazykem angličtina)

CHARVOT, Jakub. *Autonomní akvárium*. Semestrální práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav mikroelektroniky, 2024. Vedoucí práce: Ing. Pavel Tomíček,

Prohlášení autora o původnosti díla

Jméno a příjmení autora: Jakub Charvot
VUT ID autora: 240844
Typ práce: Semestrální práce
Akademický rok: 2023/24
Téma závěrečné práce: Autonomní akvárium

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

Brno
.....
podpis autora*

*Autor podepisuje pouze v tištěné verzi.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské/diplomové/disertační práce panu Ing. XXX
YYY, Ph.D. za odborné vedení, konzultace, trpělivost a podnětné návrhy k práci. TODO

Obsah

Úvod	21
1 Základní teorie akvaristiky	23
1.1 Historie	23
1.1.1 Počátky	23
1.1.2 Věda a technika	23
1.2 Rozdělení akvárií	23
1.3 Technické vybavení akvária	24
1.3.1 Filtrace vody	24
1.3.2 Osvětlení	25
1.3.3 Ohřev	27
1.3.4 Monitorování	28
1.3.5 Dostupná komplexní řešení	28
2 Systémový návrh	29
2.1 Požadavky	29
2.2 Blokové schéma	29
2.3 Návrh komunikačního rozhraní	29
2.4 Výběr komponent	29
2.4.1 Řídící jednotka	29
2.4.2 Periferie	29
3 Tvorba elektrického schématu	31
3.1 Řídící jednotka	31
3.2 Modul pro LED osvětlení	31
3.3 Senzory	31
3.3.1 Teploměr	31
3.3.2 Senzor výšky hladiny	31
3.4 Modul pro ovládání 230 V periferií	31
Závěr	33
Literatura	35
Seznam symbolů a zkratk	37
Seznam příloh	39

A	Některé příkazy balíčku <code>thesis</code>	41
A.1	Příkazy pro sazbu veličin a jednotek	41
A.2	Příkazy pro sazbu symbolů	41
B	Druhá příloha	43
C	Příklad sazby zdrojových kódů	45
C.1	Balíček <code>listings</code>	45
D	Obsah elektronické přílohy	49

Seznam obrázků

1.1	Příklad různých typů filtrů. Fotografie převzaty z [1]	25
1.2	Trubice s LED páskem a manuální stmívač a časovač. Převzato z [1].	26
1.3	SUNSUN topítka 100W s termostatem. Převzato z [1].	27
2.1	Blokové schéma systému.	29
B.1	Alenčino zrcadlo	43

Seznam tabulek

A.1 Přehled příkazů	41
-------------------------------	----

Seznam výpisů

C.1	Ukázka sazby zkratk	45
C.2	Příklad Schur-Cohnova testu stability v prostředí Matlab.	46
C.3	Příklad implementace první kanonické formy v jazyce C.	47

Úvod

V dnešní době, kdy jsou na vzestupu fenomény jako chytrá domácnost, IoT (Internet of Things) nebo Průmysl 4.0, se na trhu objevuje stále více výrobků, které se snaží automatizovat a zjednodušit různé oblasti našeho života. Tento trend se dnes dotýká nejen volnočasové aktivity a to včetně akvaristiky. Tu lze samozřejmě provozovat na různé úrovni, ale i majitelé malých domácích akvárií potřebují k provozu svého koníčku relativně velké množství elektroniky. Běžnou praxí je, že každé z použitých zařízení je ovládáno buďto zcela ručně nebo, pokud disponuje možností vzdáleného přístupu a automatizace, má svou samostanou aplikaci a uživatel tak provoz akvária musí ovládat z několika různých míst, což může být značně nepohodlné a nepřehledné.

Na trhu samozřejmě existují také velmi sofistikované a komplexní systémy, ty ovšem svou cenou vysoce přesahují rozpočet běžného "domácího" akvaristy. Tato práce se věnuje návrhu a tvorbě zařízení, které má za cíl nabídnout pohodlnou kontrolu a ovládání všech potřebných součástí domácího akvária, a to při zachování jednoduchosti a nízké pořizovací ceny.

1 Základní teorie akvaristiky

1.1 Historie

1.1.1 Počátky

Akvaristika v různých podobách provází lidstvo téměř od prvopočátku. Nejprve se jednalo spíše o chov ryb užitkových, tedy rybářství, ovšem už ve starověké Mezopotámii docházelo také k chovu ryb okrasných. Počátky akvaristiky byly prováděny spíše metodou pokusů a omylů, protože lidem nebyla známa velká část přírodních zákonitostí – životní potřeby chovaných ryb, způsob jejich rozmnožování a v neposlední řadě také procesy, odehrávající se v přírodním ekosystému, zajišťující jeho rovnováhu. Základem udržení chovaných ryb naživu byla zejména častá výměna vody, ani tak ale dlouho nebylo možné udržet ryby při životě dlouhodobě.

V období středověku se poprvé objevuje také dovoz exotických okrasných rybek z cizích zemí, pro naprostý nedostatek znalostí ale často brzo hynou, např. jen proto, že chovatele nenapadne je nakrmit.

1.1.2 Věda a technika

Na konci 18. století dochází k rozvoji vědy a několika objevům, které historii akvaristiky zásadně ovlivnili. Poprvé byl izolován kyslík, byl objasněn princip dýchání živočichů a následně také fotosyntéza. Akvaristika, v tehdejší době umělý chov ryb za účelem pozorování a výzkumu, byla provozována zejména na vědecké půdě a byl zde zájem o zdokonalení používaných technik a postupů. V roce 1837 S. H. Ward prakticky prokázal, že osvětlené akvárium obsahující jak rybky, tak i rostliny, vydrží velmi dlouho bez nutnosti výměny vody [2]. Princip výměny plynů byl významným milníkem ve snaze dosáhnout v akváriu rovnováhy podobné přírodnímu prostředí.

Při stále nových poznatcích o životních potřebách ryb a o akvariijní rovnováze bylo nutné přijít s různými technickými řešeními. Akvária 19. a 20. století už byla vytápěná a uměle okysličovaná. Původní mechanická řešení a lihové kahany byly postupně nahrazovány elektrickými přístroji. V pozdějších letech pak přibýlo i umělé osvětlení a systémy filtrace vody.

1.2 Rozdělení akvárií

Akvária je možné rozdělit na základě mnoha různých parametrů jako je např. velikost, materiál a tvar anebo jejich funkce. Pro účely této práce jsou však relevantní zejména rozdělení, která jsou zásadní pro rozsah použité akvaristické techniky.

V jednoduchosti tedy můžeme akvária rozdělit podle biotopu [3]:

- Sladkovodní
- Brakická – salinita přibližně 5 až 15 ‰
- Mořská – salinita přibližně 30 až 40 ‰

Asi není potřeba vysvětlovat, že pro akvária mořská a brakická nestačí použít běžnou kohoutkovou vodu, ale je potřeba ji před použitím upravit. Pokud chceme systém automatizovat, je potřeba přidat zařízení, které bude salinitu průběžně monitorovat a upravovat. Komplexní profesionální systémy (např. GHL, Neptune Apex, ...) tyto možnosti nabízejí, ale pořizovací cena je relativně vysoká. Můžeme tedy říci, že po technické stránce je provoz sladkovodních akvárií jednodušší než provoz akvárií mořských.

Další dělení akvárií je možné z hlediska jejich obsazení:

- Čistě rostlinná akvária
- S běžnými druhy ryb
- Se speciálními druhy – zvýšené nároky na parametry vody

Rozsah použité akvaristické techniky a zejména požadavek na její přesnost je závislý na volbě umístěných druhů rostlin a živočichů. Každý druh má své optimální životní podmínky a zatímco některým živočichům se bude dařit ve vodě o teplotě v rozsahu klidně i 15 °C, jiné vyžadují téměř konstantní teplotu v rozsahu třeba jen 2 °C, to zásadně ovlivní požadavky na přesnost měření teploty i způsob její regulace. Stejně tak je tomu i s dalšími parametry.

Zařízení vytvořené v rámci této práce bude určeno pro použití v menším sladkovodním akváriu osazeném běžnými druhy rostlin a živočichů bez speciálních životních potřeb – tedy scénář běžného domácího akvaristy s omezeným rozpočtem. Není ale vyloučeno jeho budoucí rozšíření i pro náročnější aplikace.

1.3 Technické vybavení akvária

V této kapitole je uveden výčet základní akvaristické techniky nutné k provozu domácího akvária, sekce je rozdělena podle způsobu určení daného vybavení a jejím cílem je seznámit čtenáře blíže s problematikou založení a provozu akvária.

1.3.1 Filtrace vody

Úkolem filtru je průběžně odstraňovat z vody nečistoty a to jak mechanické, tak zejména v podobě škodlivých látek vznikajících v akváriu. Filtrační materiál je volen tak, aby tvořil vhodné prostředí pro život filtračních bakterií, které se těmito škodlivými látkami živí [4]. Rozlišujeme tři základní typy akvariálních filtrů – vnější,

vnitřní a závěsné. Na obr. 1.1 se nachází ukázka vybraných zástupců jednotlivých typů.

Vnější filtr se rozumí zařízení umístěné obvykle ve skřínce pod akváriem, mívá připojeny dvě hadice – na vstup a výstup vody. Toto řešení je považováno za nejlepší, protože filtr není omezen rozměry a může tak dosahovat daleko vyššího výkonu a účinnější filtrace díky většímu množství filtračních materiálů.

Vnitřní filtr (někdy také ponorný) je levným, ale nepřiliš účinným řešením pro malá akvária. Nachází se z velké části v akváriu a za pomoci motorku tlačí vodu přes obvykle molitanovou náplň.

Závěsný filtr je kompromisním řešením. Cenou i účinností filtrace se pohybuje mezi oběma zmíněnými typy. Nezabírá prostor uvnitř akvária a může tak využít větší objem filtrační hmoty než filtr vnitřní. Instalace je provedena zavěšením na stěnu akvária, je tedy velmi jednoduchá.



SUNSUN HJ-752
vnitřní filtr



SUNSUN CBG-500
závěsný filtr



Oase BioMaster 350
vnější filtr

Obr. 1.1: Příklad různých typů filtrů. Fotografie převzaty z [1]

1.3.2 Osvětlení

Funkce osvětlení akvária je dvojitá. Jednak jde o estetický dojem z pohledu pozorovatele, kdy vhodné nasvícení přidává akváriu na atraktivitě. Druhá se osvětlení snaží nasimulovat osazenstvu akvária přirozené životní podmínky, aby celý ekosystém mohl fungovat.

Hlavními parametry při výběru svítidla je jeho **intenzita**, **spektrální charakteristika** a **spotřeba**.

Příliš intenzivní světlo zvyšuje riziko nežádoucí tvorby řas a pro ryby může být stresovým faktorem, nízká intenzita zase může způsobit špatný růst rostlin. Na internetu existuje mnoho návodů a tipů na stanovení správné intenzity, ale protože zde hraje roli spousta dalších parametrů jako např. výška hladiny nebo konkrétní typ rostlin, je vhodné tyto hodnoty brát pouze jako orientační a intenzitu osvětlení upravit během provozu podle potřeby. Výpočet se také liší pro jednotlivé typy svítidel.

Spektrum světla hraje roli hned z několika důvodů. Rostliny pro tvorbu chlorofylu a následnou fotosyntézu potřebují světlo zejména vlnových délek 440 nm (modrá barva) a 660 nm (červená barva) [5], pokud by zvolené osvětlení tyto vlnové délky neobsahovalo, nemohou rostliny správně fungovat. Akvárium osvětlené pouze těmito dvěma barvami by ale nevypadalo vizuálně dobře, proto se využívá také širokospektrální bílé světlo, které svým spektrem odpovídá co nejlépe dennímu světlu. Specializovaná svítidla pak nabízejí možnost napodobit světelné spektrum různých vodních prostředí a přizpůsobit se tak i rostlinám a živočichům žijícím ve velkých hloubkách.



Obr. 1.2: Trubice s LED páskem a manuální stmívač a časovač. Převzato z [1].

Na trhu jsou v současné době tři typy akvaristických světel: **zářivky**, **výbojky** a **LED svítidla** [6]. Zářivky jsou považovány za dnes již nepříliš moderní řešení a bývají nahrazovány LED svítidly, ty se vyznačují lepší účinností (tedy nižší spotřebou), delší životností a širší paletou barev. U zářivek také nebylo možné plynule regulovat intenzitu jako je tomu u LED, skoková změna při zhasnutí světla na noc je pro ryby také zbytečným stresovým faktorem. Co se týče výbojek, ty nacházejí uplatnění zejména pro hluboké nádrže, protože jejich světlo je bodové a intenzita

dostačující k prosvícení velkého objemu vody, spotřeba energie je ale v porovnání s LED vysoká, takže pokud to není nezbytně nutné, je lepší se jim vyhnout.

Typické domácí akvárium je osvětleno jedním nebo několika samostatně stmívatelnými LED svítidly a to buďto v podobě LED pásků nalepených na hliníkovém profilu anebo hotového svítidla, ve kterém jsou čipy s LED zabudovány napevno. Stmívání je nastavováno buď ručně anebo za pomoci mobilní aplikace dodané výrobcem stmívače. Příklad běžně dostupného výrobku lze vidět na obr. 1.2.

1.3.3 Ohřev

Většina okrasných sladkovodních ryb běžně chovaných akvaristy pochází z tropických krajů a vyžaduje teplotu vody v rozmezí 22 – 26 °C [7], to je o něco málo vyšší teplota než bývá v domácnosti typická a proto je nutné zajistit akváriu možnost dodatečného ohřevu. Nejčastějším řešením je ponorné topné těleso na odporové bázi s vlastní termostatovou regulací, viz obr. 1.3.



Obr. 1.3: SUNSUN topítko 100W s termostatem. Převzato z [1].

Z principu fungování termostatu vyplývá, že výsledná teplota vody není v čase konstantní, ale osciluje okolo nastavené hodnoty. Rozsah kolísání teploty je pak závislý na hysterezi termostatu, obecně lze říci, že to může být i několik stupňů. Pro většinu aplikací to není velký problém, ale některé druhy ryb mohou být na změny

teploty náchylnější, v takovém případě je potřeba buďto vybrat topítko takové, kde výrobce rozsah teplot uvádí a nebo zvolit jiný způsob regulace.

1.3.4 Monitorování

Jak již vyplynulo z úvodních kapitol, v akváriu probíhá celá řada procesů ovlivňujících jeho stav. Klíčem k vytvoření prosperujícího akvária je dosažení rovnováhy a stability mezi nimi za pomoci vhodně nastavené akvarijní techniky. Nejen u začínajících akvaristů se mohou vyskytnout problémy s růstem rostlin, zdravím ryb a nebo třeba výskytem řasy a odhalit příčiny těchto problémů může být mnohdy obtížné, ovzvláště pokud není k dispozici dostatečné množství informací o tom, co se v akváriu děje.

Existuje několik veličin, které úzce souvisí s procesy v akváriu a které je možné také poměrně jednoduše sledovat. Na trhu je celá řada produktů sloužících k tomuto účelu. Většinou je na výběr možnost analogového nebo čistě mechanického přístroje a nebo samostatného digitálního čidla, existují však také komplexní systémy, těm se dále věnuje kapitola 1.3.5.

Teplota

Umístěním teploměru (ať už v analogové nebo digitální podobě) je možné zkontrolovat správné nastavení topného tělesa a následně provést jeho úpravu. Také lze včas získat informaci o jeho případné poruše a nebo třeba jen nedostatečném výkonu.

pH a CO₂

Hodnota pH udává koncentraci

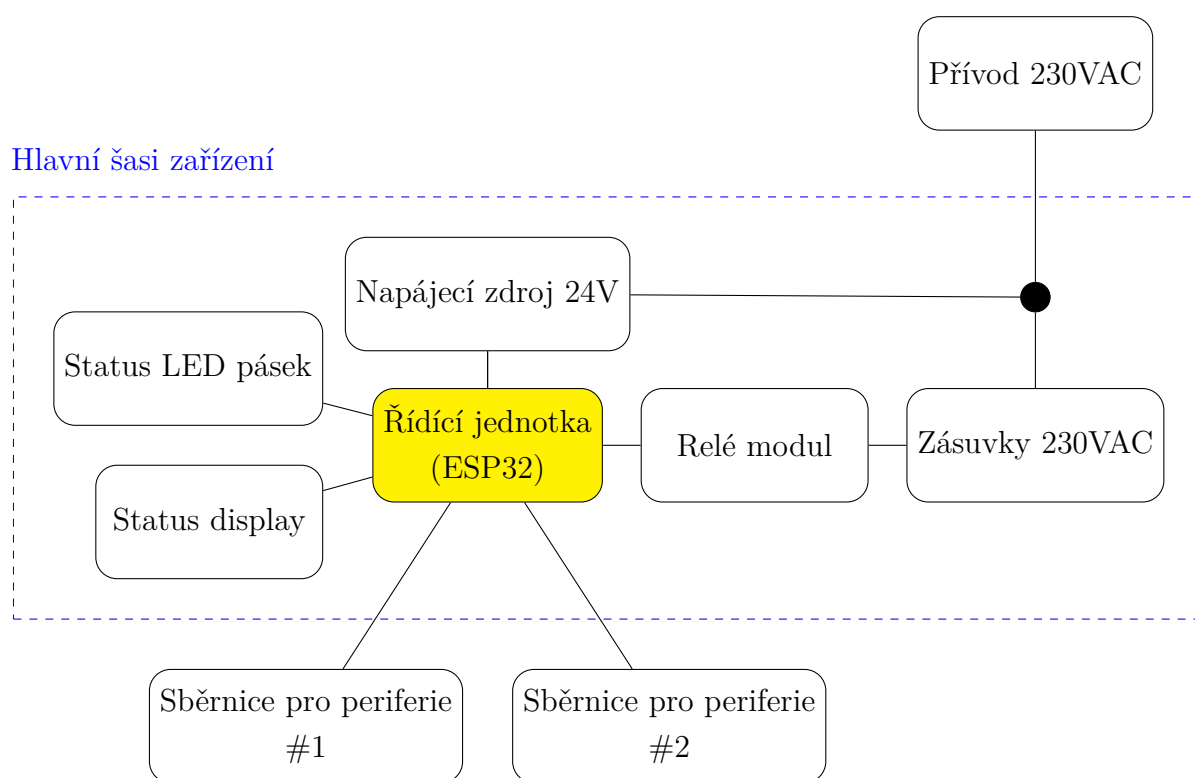
1.3.5 Dostupná komplexní řešení

2 Systémový návrh

Tato část práce popisuje proces tvorby návrhu výsledného zařízení, věnuje se konkretizaci požadavků na zařízení a následnému hledání vhodných technických řešení pro tyto požadavky včetně výběru odpovídajících komponent.

2.1 Požadavky

2.2 Blokové schéma



Obr. 2.1: Blokové schéma systému.

2.3 Návrh komunikačního rozhraní

2.4 Výběr komponent

2.4.1 Řídící jednotka

2.4.2 Periferie

3 Tvorba elektrického schématu

3.1 Řídící jednotka

3.2 Modul pro LED osvětlení

3.3 Senzory

3.3.1 Teploměr

3.3.2 Senzor výšky hladiny

3.4 Modul pro ovládání 230 V periférií

Závěr

Shrnutí studentské práce.

Literatura

- [1] Rostlinná akvária. E-shop, 2023. URL: <https://www.rostlinna-akvaria.cz/eshop>.
- [2] Jiří Vítek. Akvaristika včera, dnes a zítra, rok vydání neuveden. URL: https://www.akvarijni.cz/texty/historie_akvaristiky.htm.
- [3] Barbora Hásková. Společenstva prvoků a bezobratlých živočichů ve sladkovodních akváriích a možnosti jejich využití ve výuce, 2011. URL: https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/39224/BPTX_2010_2__0_258158_0_107901.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [4] Rostlinná akvaria | INVITAL. Akvarijsní filtrace, 2023. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=XRoeJDoCl0k>.
- [5] E shop LED SOLUTION. Jak osvětlit akvárium?, 2023. URL: <https://eshop.ledsolution.cz/jak-osvetlit-akvarium-led-paskem/>.
- [6] E shop Rostlinná akvária. Jaké osvětlení vybrat pro vaše akvárium, 2023. URL: <https://www.rostlinna-akvaria.cz/jak-vybrat-osvetleni-pro-vase-akvarium-a-usetrit>.
- [7] J. Slavotínek. Systém podpory akvarijsních životních podmínek, 2014.

Seznam symbolů a zkratek

Šířka levého sloupce Seznamu symbolů a zkratek je určena šířkou parametru prostředí `acronym` (viz řádek 1 výpisu zdrojáku na str. 45)

IoT Internet of Things

DSP číslicové zpracování signálů – Digital Signal Processing

f_{vz} vzorkovací kmitočet

Seznam příloh

A	Některé příkazy balíčku <code>thesis</code>	41
A.1	Příkazy pro sazbu veličin a jednotek	41
A.2	Příkazy pro sazbu symbolů	41
B	Druhá příloha	43
C	Příklad sazby zdrojových kódů	45
C.1	Balíček <code>listings</code>	45
D	Obsah elektronické přílohy	49

A Některé příkazy balíčku thesis

A.1 Příkazy pro sazbu veličin a jednotek

Tab. A.1: Přehled příkazů pro matematické prostředí

Příkaz	Příklad	Zdroj příkladu	Význam
<code>\textind{...}</code>	β_{\max}	<code>\$\beta_{\textind{max}}\$</code>	textový index
<code>\const{...}</code>	U_{in}	<code>\$\const{U}_{\textind{in}}\$</code>	konstantní veličina
<code>\var{...}</code>	u_{in}	<code>\$\var{u}_{\textind{in}}\$</code>	proměnná veličina
<code>\complex{...}</code>	\mathbf{u}_{in}	<code>\$\complex{u}_{\textind{in}}\$</code>	komplexní veličina
<code>\vect{...}</code>	\mathbf{y}	<code>\$\vect{y}\$</code>	vektor
<code>\mat{...}</code>	\mathbf{Z}	<code>\$\mat{Z}\$</code>	matice
<code>\unit{...}</code>	kV	<code>\$\unit{kV}\$</code> či <code>\unit{kV}</code>	jednotka

A.2 Příkazy pro sazbu symbolů

- `\E`, `\eul` – sazba Eulerova čísla: e ,
- `\J`, `\jmag`, `\I`, `\imag` – sazba imaginární jednotky: j , i ,
- `\dif` – sazba diferenciálu: d ,
- `\sinc` – sazba funkce: sinc ,
- `\mikro` – sazba symbolu mikro stojatým písmem¹: μ ,
- `\uppi` – sazba symbolu π (stojaté řecké pí, na rozdíl od `\pi`, což sází π).

Všechny symboly jsou určeny pro matematický mód, vyjma `\mikro`, jenž je použitelný rovněž v textovém módu.

¹znak pochází z balíčku `textcomp`

B Druhá příloha



Obr. B.1: Zlepšené Wilsonovo proudové zrcadlo.

Pro sazbu vektorových obrázků přímo v $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ u je možné doporučit balíček **TikZ**. Příklady sazby je možné najít na $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ ample. Pro vyzkoušení je možné použít programy QTikz nebo TikzEdt.

C Příklad sazby zdrojových kódů

C.1 Balíček listings

Pro vysázení zdrojových souborů je možné použít balíček `listings`. Balíček zavádí nové prostředí `lstlisting` pro sazbu zdrojových kódů, jako například:

```
\section{Balíček lstlistings}
Pro vysázení zdrojových souborů je možné použít
  balíček \href{https://www.ctan.org/pkg/listings}%
  {\texttt{listings}}.
Balíček zavádí nové prostředí \texttt{lstlisting} pro
  sazbu zdrojových kódů.
```

Podporuje množství programovacích jazyků. Kód k vysázení může být načítán přímo ze zdrojových souborů. Umožňuje vkládat čísla řádků nebo vypisovat jen vybrané úseky kódu. Např.:

Zkratky jsou sázeny v prostředí `acronym`:

6 `\begin{acronym}[]`

Šířka textu volitelného parametru `KolikMista` udává šířku prvního sloupce se zkratkami. Proto by měla být zadávána nejdelší zkratka nebo symbol. Příklad definice zkratky f_{vz} je na výpisu C.1.

Výpis C.1: Ukázka sazby zkratek

```
21 \acro{symfvz}           % název
22   [\ensuremath{f_{\text{vz}}}] % symbol
23   {vzorkovací kmitočety} % popis
```

Ukončení seznamu je provedeno ukončením prostředí:

26 `\end{acronym}`

Poznámka k výpisům s použitím volby jazyka `czech` nebo `slovak`:

Pokud Váš zdrojový kód obsahuje znak spojovníku `-`, pak překlad může skončit chybou. Ta je způsobená tím, že znak `-` je v českém nebo slovenském nastavení balíčku `babel` tzv. aktivním znakem. Přepněte znak `-` na neaktivní příkazem `\shorthandoff{-}` těsně před výpisem a hned za ním jej vraťte na aktivní příkazem `\shorthandon{-}`. Podobně jako to je ukázáno ve zdrojovém kódu šablony.

Na výpisu C.2 naleznete příklad kódu pro Matlab, na výpisu C.3 zase pro jazyk C.

Výpis C.2: Příklad Schur-Cohnova testu stability v prostředí Matlab.

```
1 %% Příklad testování stability filtru
2
3 % koeficienty polynomu ve jmenovateli
4 a = [ 5, 11.2, 5.44, -0.384, -2.3552, -1.2288];
5 disp('Polynom:'); disp(poly2str(a, 'z'))
6
7 disp('Kontrola pomocí kořenů polynomu:');
8 zx = roots(a);
9 if( all( abs( zx) < 1))
10     disp('System je stabilní')
11 else
12     disp('System je nestabilní nebo na mezí stability');
13 end
14
15 disp(' '); disp('Kontrola pomocí Schur-Cohn:');
16 ma = zeros( length(a)-1, length(a));
17 ma(1,:) = a/a(1);
18 for( k = 1:length(a)-2)
19     aa = ma(k,1:end-k+1);
20     bb = fliplr(aa);
21     ma(k+1,1:end-k+1) = (aa-aa(end)*bb)/(1-aa(end)^2);
22 end
23
24 if( all( abs( diag( ma.'))))
25     disp('System je stabilní')
26 else
27     disp('System je nestabilní nebo na mezí stability');
28 end
```

Výpis C.3: Příklad implementace první kanonické formy v jazyce C.

<i>// první kanonická forma</i>	1
<u>short</u> fxdf2t(<u>short</u> coef[][5], <u>short</u> sample)	2
{	3
<u>static int</u> v1[SECTIONS] = {0,0}, v2[SECTIONS] = {0,0};	4
<u>int</u> x, y, accu;	5
<u>short</u> k;	6
	7
x = sample;	8
<u>for</u> (k = 0; k < SECTIONS; k++){	9
accu = v1[k] >> 1;	10
y = _sadd(accu, _smpy(coef[k][0], x));	11
y = _sshl(y, 1) >> 16;	12
	13
accu = v2[k] >> 1;	14
accu = _sadd(accu, _smpy(coef[k][1], x));	15
accu = _sadd(accu, _smpy(coef[k][2], y));	16
v1[k] = _sshl(accu, 1);	17
	18
accu = _smpy(coef[k][3], x);	19
accu = _sadd(accu, _smpy(coef[k][4], y));	20
v2[k] = _sshl(accu, 1);	21
	22
x = y;	23
}	24
<u>return</u> (y);	25
}	26

D Obsah elektronické přílohy

Elektronická příloha je často nedílnou součástí semestrální nebo závěrečné práce. Vkládá se do informačního systému VUT v Brně ve vhodném formátu (ZIP, PDF ...).

Nezapomeňte uvést, co čtenář v této příloze najde. Je vhodné okomentovat obsah každého adresáře, specifikovat, který soubor obsahuje důležitá nastavení, který soubor je určen ke spuštění, uvést nastavení kompilátoru atd. Také je dobře napsat, v jaké verzi software byl kód testován (např. Matlab 2018b). Pokud bylo cílem práce vytvořit hardwarové zařízení, musí elektronická příloha obsahovat veškeré podklady pro výrobu (např. soubory s návrhem DPS v Eagle).

Pokud je souborů hodně a jsou organizovány ve více složkách, je možné pro výpis adresářové struktury použít balíček `dirtree`.

```
/ .....kořenový adresář přiloženého archivu
├── logo .....loga školy a fakulty
│   ├── BUT_abbreviation_color_PANTONE_EN.pdf
│   ├── BUT_color_PANTONE_EN.pdf
│   ├── FEEC_abbreviation_color_PANTONE_EN.pdf
│   ├── FEKT_zkratka_barevne_PANTONE_CZ.pdf
│   ├── UTKO_color_PANTONE_CZ.pdf
│   ├── UTKO_color_PANTONE_EN.pdf
│   ├── VUT_barevne_PANTONE_CZ.pdf
│   ├── VUT_symbol_barevne_PANTONE_CZ.pdf
│   └── VUT_zkratka_barevne_PANTONE_CZ.pdf
├── obrazky .....ostatní obrázky
│   ├── soucastky.png
│   ├── spoje.png
│   ├── ZlepseneWilsonovoZrcadloNPN.png
│   └── ZlepseneWilsonovoZrcadloPNP.png
├── pdf .....pdf stránky generované informačním systémem
│   ├── student-desky.pdf
│   ├── student-titulka.pdf
│   └── student-zadani.pdf
├── text .....zdrojové textové soubory
│   ├── literatura.tex
│   ├── prilohy.tex
│   ├── reseni.tex
│   ├── uvod.tex
│   ├── vysledky.tex
│   ├── zaver.tex
│   └── zkratky.tex
├── sablona-obhaj.tex .....hlavní soubor pro sazbu prezentace k obhajobě
├── sablona-prace.tex .....hlavní soubor pro sazbu kvalifikační práce
└── thesis.sty .....balíček pro sazbu kvalifikačních prací
```