

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA APLIKOVANÉ ELEKTRONIKY A TELEKOMUNIKCÍ**


**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Modernizace automatizovaného ovládání akvária**


Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**  
Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40 stran**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:

**Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Kamil Kosturik, Ph.D.**  
Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací  
Konzultant diplomové práce: **Ing. Kamil Kosturik, Ph.D.**  
Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací  
Datum zadání diplomové práce: **17. října 2011**  
Termín odevzdání diplomové práce: **11. května 2012**

  
Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.  
děkan



  
Doc. Dr. Ing. Vjačeslav Georgiev  
vedoucí katedry

V Plzni dne 17. října 2011

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jindřich KŘIVKA**  
Osobní číslo: **E10N0133P**  
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Elektronika a aplikovaná informatika**  
Název tématu: **Modernizování automatizovaného ovládání akvária**  
Zadávací katedra: **Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Analyzujte současný stav zařízení a dále navrhnete způsob řešení pro:

1. Stmívání osvětlení
2. Snímání výšky hladiny
3. Automatické doplňování vody a detekci úniku vody

Navržené řešení realizujte.

## **Anotace**

Práce se zabývá návrhem a realizací elektronického řídicího systému vybavení akvarijní nádrže. Systém je koncepčně rozdělen do několika subsystémů: moduly na DIN lištu, měřicí moduly a informační modul. Zařízení umožňuje také přidání nového modulu za chodu. Systém diagnostikuje sebe i připojená zařízení redundantními způsoby. Komunikace mezi moduly probíhá po sběrnici I<sup>2</sup>C a k PC se připojuje přes USB.

## **Klíčová slova**

Akvárium, automatizace

**Abstract**

This master thesis deals with design and implementation of electronic control system for aquarium tanks. The system is conceptually divided into several subsystems DIN rail modules measurement modules and information modules. The device allows hot plugging of new modules. The system continuously diagnoses itself and connected devices using redundant methods. Communication between modules is used the I<sup>2</sup>C bus and connect to a PC via USB.

**Keywords**

Aquarium Automation

## **Prohlášení**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne 10.5.2012

Bc. Jindřich Křivka

.....

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval mému vedoucímu diplomové práce Ing. amilu osturikovi Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

## Obsah

<b>OBSAH</b> .....	<b>10</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>12</b>
<b>SEZNAM ZKRATEK</b> .....	<b>13</b>
<b>1 POPIS PŘEDCHOZÍ VERZE</b> .....	<b>14</b>
1.1 VÝKONOVÝ A NAPÁJECÍ MODUL A ŘÍDICÍ JEDNOTKA V2 - ŘÍZENÍ .....	15
1.2 HLAVNÍ ŘÍDICÍ JEDNOTKA V2 .....	15
1.3 AUTOMATICKÉ KRMÍTKO A PLOVÁKOVÝ SNÍMAČ HLADIN V D .....	16
1.4 NEVÝHODY A PROBLÉMY A V2 .....	16
<b>2 VLASTNOSTI NOVÉ VERZE</b> .....	<b>18</b>
<b>3 POUŽITÉ NÁVRHOVÉ NÁSTROJE</b> .....	<b>19</b>
3.1 ALTIIUM DESIGNER .....	19
3.2 SIMULINK .....	19
3.3 POSTUP NÁVRHU KONSTRUKCE SYSTÉMU A V3 .....	20
<b>4 POPIS ZAŘÍZENÍ</b> .....	<b>21</b>
4.1 MODULÁRNÍ KONCEPCE .....	21
4.2 PŘIPRAVENOST NA BUDOUCÍ ROZŠÍŘENÍ .....	22
4.3 PROPOJENÍ MODULŮ .....	22
4.3.1 Systémové konektory AoA V3 .....	24
4.3.2 Systémový konektor AoA 230 v provedení od firmy PhoenixContact .....	25
4.3.3 Připojení modulů umístěných u akvarijní nádrže .....	26
4.4 NAPÁJENÍ SYSTÉMU .....	27
4.4.1 Rozvod 230 V AC .....	28
4.4.2 Rozvod +7 V DC .....	28
4.4.3 Rozvod +18 V DC .....	29
4.4.4 Rozvod +5 V DC .....	29
4.4.5 Měření proudu .....	29
4.5 CHRANA PŘED STATICKOU ELEKTRINOU A OCHRANA .....	29
4.6 DETEKCE PRŮCHODU SÍTOVÉHO NAPĚTÍ 230V AC NULOU .....	29
4.7 SIGNALIZACE STAVŮ ZAŘÍZENÍ POMOCÍ LED DIOD A RADIOTRANZISTORŮ .....	30
4.7.1 Stavové LED diody modulů na DIN liště .....	30
4.7.2 Stavové LED diody měřicího modulu .....	32
4.7.3 Zvuková signalizace .....	32
4.8 SBĚRNICE I <sup>2</sup> C .....	33
4.9 DROJOVÝ MODUL .....	35
4.9.1 Popis hlavních součástí .....	35
4.9.2 Popis zapojení DPS .....	36
4.9.3 Oživování a měření .....	37
4.10 ŘÍDICÍ MODUL .....	39
4.10.1 Popis hlavních součástí hlavní DPS .....	40
4.10.2 Popis zapojení DPS hlavního řídicího modulu .....	41
4.10.3 Popis hlavních součástí USB rozšiřující desky .....	47
4.10.4 Popis zapojení USB rozšiřující desky .....	47
4.10.5 Simulace, oživování a měření .....	48
4.11 ÁSUKOVÉ MODULY .....	49
4.11.1 Popis hlavních součástí .....	50
4.11.2 Popis zapojení .....	52
4.11.3 Simulace, oživování a měření .....	54
4.12 MĚŘICÍ MODUL .....	55
4.12.1 Popis hlavních součástí .....	56
4.12.2 Popis zapojení .....	57



4.12.3	Simulace, ožívování a měření.....	60
4.13	WL M DUL.....	61
4.13.1	Ožívování a měření.....	62
4.14	INFORMAČNÍ MODUL.....	63
<b>5</b>	<b>POPIS FUNKCÍ.....</b>	<b>64</b>
5.1	PŘIPOJENÍ NOVÉHO MODULU ZA BĚHU ZAŘÍZENÍ A D T C J H P IC.....	64
5.2	MĚŘENÍ SPOTŘEBY.....	65
5.3	VYHODNOCENÍ PŘETÍŽENÍ ZDROJOVÉHO MODULU.....	65
5.4	DETEKCE PORUCHOVÝCH STAVŮ.....	65
5.4.1	Stupeň 1 – Ohrožení únikem vody z akvarijní nádrže.....	65
5.4.2	Stupeň 2 – Nefunkčnost připojeného vybavení k zásuvkovému modulu.....	66
5.4.3	Stupeň 3 – Informativní.....	66
<b>6</b>	<b>POSTUP NÁVRHU A REALIZACE AOA V3.....</b>	<b>67</b>
6.1	ONCEPCE SYSTÉMU A MODULÁRNÍ ŘEŠENÍ.....	67
6.2	NÁVRH SCHÉMAT.....	67
6.3	NÁVRH VÝROBA A OSAZENÍ DPS JEDNOTLIVÝCH MODULŮ.....	68
6.3.1	Zdrojový modul.....	68
6.3.2	Zásuvkové moduly.....	68
6.3.3	Řídicí modul.....	68
6.3.4	Měřicí modul.....	69
6.3.5	WL modul.....	69
6.3.6	Modul krmení.....	69
6.3.7	Modul LED osvětlení.....	70
<b>7</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>71</b>
<b>8</b>	<b>CITOVANÁ A ODKAZOVANÁ LITERATURA.....</b>	<b>74</b>
<b>9</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ, TABULEK, A GRAFŮ.....</b>	<b>75</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>76</b>

## Úvod

Tato diplomová práce navazuje na moji bakalářskou práci s názvem Automatizované ovládání akvária 1, která byla zaměřena na digitalizaci a centralizaci ovládání akvária. Cílem této práce je rozšířit zařízení o další funkcionality. Předchozí řešení bylo funkční nabyté zkušenosti s používáním v praxi mě ale vedly k tomu že jsem se rozhodl navrhnout zcela nové řešení. Vzniklo tak Automatizované ovládání akvária verze 3.

Nové zařízení bych chtěl doplnit o automatizované udržování výšky hladiny vody v akváriu. Dále mi nevyhovoval pevný počet spínaných 230V zásuvek, a proto bude mít nově navržený systém modulární koncepci. To umožní přidávat, měnit a vyvíjet nové moduly. Navíc bych chtěl vylepšit estetický vzhled mé akvarijní nádrže nočním osvětlením s nastavitelnou barvou.

Lidé z mého okolí projevíli zájem o podobné zařízení, aby si také zpříjemnili svou zálibu. Automatizované ovládání akvária V2 nebylo navrženo na takové úrovni, abych se ho nebál poskytnout elektrotechnicky nevzdělanému člověku. Nová verze musí být tedy navržena po bezpečnostní stránce na takové úrovni, abych se ji již neobával poskytnout jinému uživateli.

Bylo by vhodné nově navrhovaný systém vybavit diagnostikou samotného systému a připojeného elektrického vybavení akvarijní nádrže. To umožní informovat uživatele o stavu jeho akvarijní nádrže a předejít tak případné krizové situaci.

Další výzvou pro nové řešení je samotná mechanická konstrukce navrženého systému. V minulé verzi jsem jí podcenil a důsledkem byla nemožnost osazení plošných spojů do komerčně dostupných krabiček. Je tedy nutné řešit návrh elektroniky společně s mechanickou konstrukcí od samého počátku vývoje.

Po zkušenostech s předchozí verzí a jejím ovládním pouze pomocí čtyř tlačítek a monochromatického grafického displeje jsem se rozhodl zařízení doplnit o možnost konfiguračního nastavení systému pomocí aplikace na PC. Možnost nastavení pomocí informačního modulu bude zachována.

Cílem této práce je vytvoření třetí verze automatizovaného ovládání akvária.

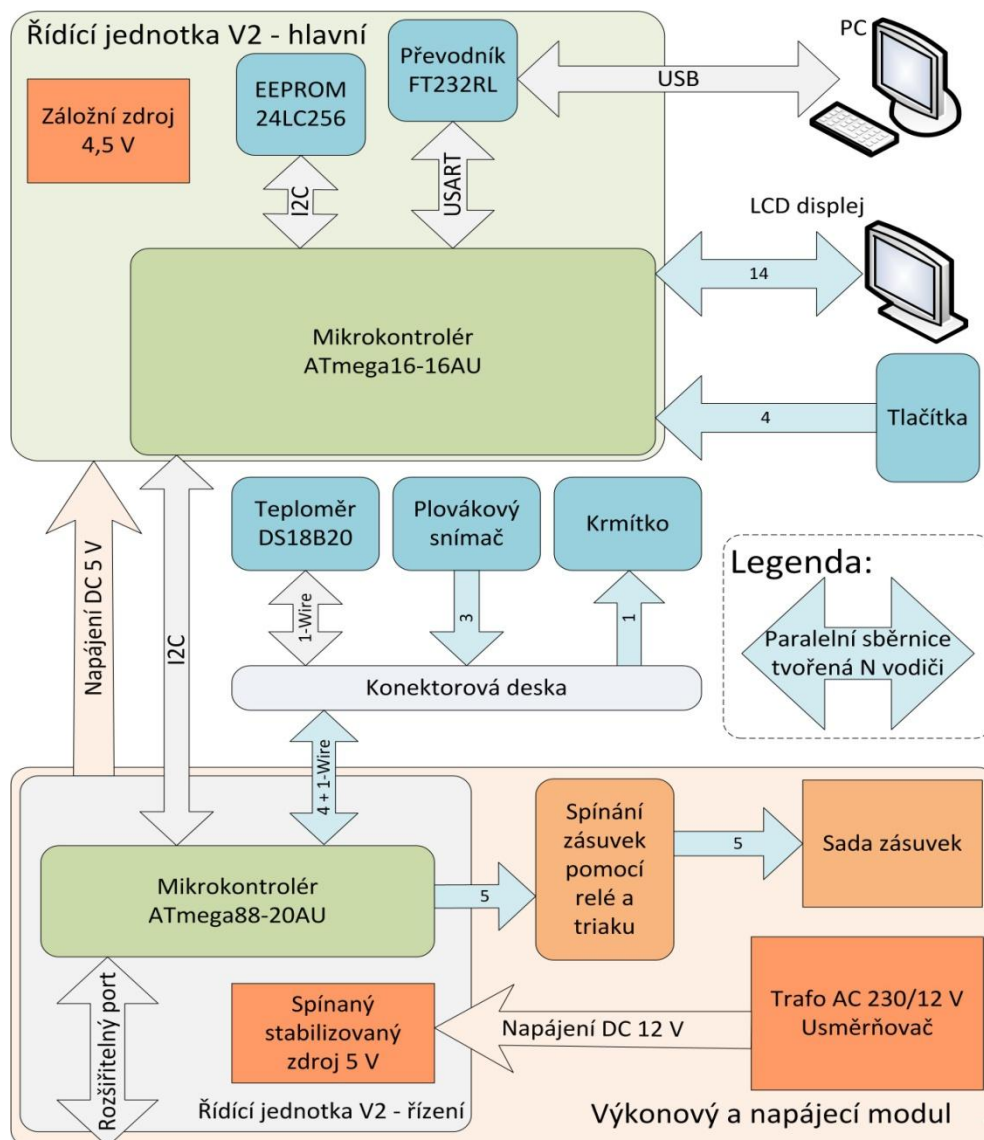
## Seznam zkratk

AoA V2	Automatizované ovládání akvária – verze druhá
AoA V3	Automatizované ovládání akvária – verze třetí
DPS	Deska plošného spoje
PC	sobní počítač
MCU	Mikrokontrolér
USB	Univerzální sériová sběrnice
DC	Stejnoseměrný proud
AC	Střídavý proud
SD	Výboj statické elektřiny

## 1 Popis předchozí verze

Myšlenka vytvořit řídicí systém pro akvárium mě provázela již během bakalářského studia kde jsem jako svou závěrečnou práci vyvinul zařízení Automatizované ovládání akvária V2 1. němu je možno připojit 5 elektronických zařízení akvária určených pro 230 V AC, dále měří teplotu vody v akváriu a zajišťuje automatizovaný přísun potravy pro rybičky. Informovanost uživatele o stavu zařízení je zajištěna pomocí grafického displeje, který zároveň slouží k jeho nastavování.

AoA V2 je koncepčně rozděleno do dvou hlavních modulů: 1. řídicí jednotka V2 – hlavní a 2. výkonový a napájecí modul. ba jsem testoval v provozu a až na pár drobných nedostatků zařízení fungovalo spolehlivě.

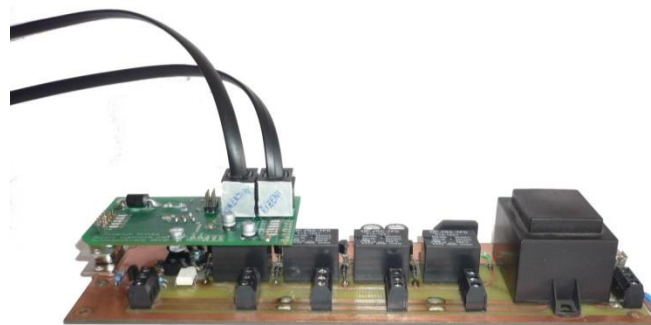


Obr. 1.1.1 Blokové schéma zapojení AoA V2

## 1.1 Výkonový a napájecí modul a řídicí jednotka V2 - řízení



Obr. 1.1.1 Řídicí jednotka V2 - řízení



Obr. 1.1.2 Celkový pohled na výkonový a napájecí modul

Řídicí jednotka V2 – řízení je spolu s výkonovým a napájecím modulem určena pro umístění do technického zázemí akvarijní nádrže. Umožňuje připojit pět nezávisle na sobě spínaných zásuvek z toho jedna je vybavena triakovým stmívačem. Moduly jsou vzájemně propojeny pomocí paralelní sběrnice.

Na jednotce V2 – řízení jsou umístěny dva konektory RJ6-6. Jeden je určen pro připojení hlavní řídicí jednotky V2 a druhý slouží k připojení krmítka s plovákovým snímačem hladiny. Dále je zde snižující měnič LM2575T, který zajišťuje napájení celého systému 5V DC.

MCU ATmega8AU zajišťuje spínání jednotlivých zásuvek, řízení automatického krmítka, komunikaci s teploměrem DS18B20 a čtení stavu plovákového snímače hladiny. Je řízen pomocí I<sup>2</sup>C sběrnice hlavní řídicí jednotkou V2.

## 1.2 Hlavní řídicí jednotka V2



Obr. 1.2.1 Řídicí jednotka V2 – hlavní (napravo s osazeným displejem)



Řídicí jednotka V2 – hlavní je založena na MCU ATmega16AU, který zajišťuje hlavní funkce jako: časování zásuvek, řízení I<sup>2</sup>C sběrnice a uživatelské rozhraní. Uživatelské rozhraní tvoří monochromatický grafický displej s rozlišením 256x128 bodů a sada čtyř

tlačítek. Modul komunikuje pomocí sběrnice I<sup>2</sup>C s řídicím modulem zásuvek, konkrétně s MCU ATme a8AU. Napájení je zajištěno ze zásuvkového modulu 5 V dále je zde implementována podpora pro záložní baterii.

Tento modul je využit v AoA V3 jako informační modul který bude zajišťovat signalizaci stavu akvarijní nádrže a bude zde omezená možnost nastavení řídicího modulu AoA V3.

### 1.3 Automatické krmítko a plovákový snímač hladiny vody

Automatické krmítko je založeno na konstrukčních prvcích stavebnice Merkur. Krmítko funguje spolehlivě, avšak vydává nepříjemný zvuk. Plný zásobník vločkového krmiva vydržel cca ¼ roku. I přesto, že převody podléhají povrchové korozi je DC motorek se šnekovým převodem schopen vyvinout dostatečnou sílu k rotaci zrezlého drtiče v zásobníku.

Plovákový snímač je také zkonstruován ze stavebnice Merkur. Odečítání hladiny je zajištěno pomocí plováku ke kterému je připevněna hřídelka s mechanickou zarážkou. Zarážka pak v krajních polohách stiskne jeden z jazýčkových kontaktů, pomocí kterých je tedy odečítán stav hladiny vody v akvarijní nádrži.



Obr. 1.3.1 Automatické krmítko s plovákovým snímačem hladiny

### 1.4 Nevýhody a problémy AoA V2

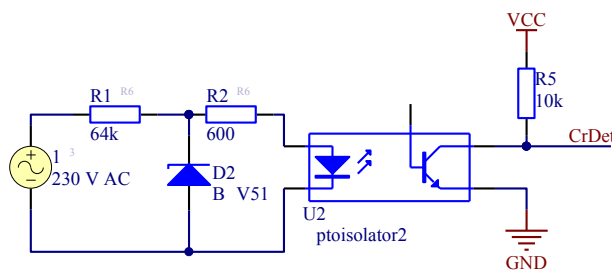
Nevýhodou systému AoA V2 jsou nevhodně navržené rozměry DPS. Při návrhu jsem totiž nepočítal s přesnými rozměry konkrétní dostupné krabičky, ale domníval jsem se, že pak

snadno nějakou vyberu podle rozměrů DPS v místních obchodech s elektronikou. Tento předpoklad se ukázal jako mylný.

Dalším minusem byla pevná konfigurace zařízení, která neumožňovala jeho jednoduché rozšíření o další funkce.

Mezi další nedostatek který se týká mechanické konstrukce patří bezpochyby plovákový snímač hladiny vyrobený ze stavebnice Merkur. Ten zhruba po dvou měsících zkorodoval a snímání výšky hladiny vody přestalo fungovat s tím jsem však počítal a proto jsem ho nepoužil na automatizované doplňování vody.

Omezující byla také absence detekce průchodu nulou síťového střídavého napětí 230 V. To znemožňovalo funkčnost triakového stmívače, a proto jsem výkonový a napájecí modul tímto zapojením dovybavil br. 1.4.1. Musel jsem však využít drátkových spojů a to nebylo estetické ani bezpečné. Díky tomu jsem si ovšem ověřil, že toto zapojení není ideálním řešením, protože dochází ke zbytečnému zahřívání rezistoru R1. Proto jsem se rozhodl, že v nově vyvíjeném systému budu tuto funkci řešit jinak (viz. 4.10.2.7).



Obr. 1.4.1 Schéma klasického zapojení detektoru průchodu nulou síťového napětí

## 2 Vlastnosti nové verze

- Modulární koncepce
- Přípravenost na budoucí rozšíření
- Instalace na DIN lištu
- Detekce pozice modulu v systému na DIN liště
- Připojení nového modulu za chodu zařízení
- Napájení z 230 V AC
- Pojistka 3A, jistič 10A pro spínané zásuvky
- Autodia nostika
- Detekce poruchy připojených zařízení
- Postupná degradace systému při chybovém stavu
- Měření spotřeby připojeného vybavení akvarijní nádrže i vlastní spotřeby zařízení
- Odolnost proti zkratování napájecích větví
- Konfigurace pomocí PC přes USB
- Galvanicky oddělené USB
- SD ochrana
- Měření teplot
- Měření hladiny vody akvária
- Měření hladiny vody doplňovací nádrže
- Měření intenzity okolního osvětlení
- Detekce nedostatku krmiva
- Řízený zásobník krmiva
- Regulace intenzity osvětlení klasickými žárovkami
- Uživatelský ovládací panel
- Signalizace stavů modulů pomocí LED
- Zvuková signalizace
- RTC se záložním zdrojem

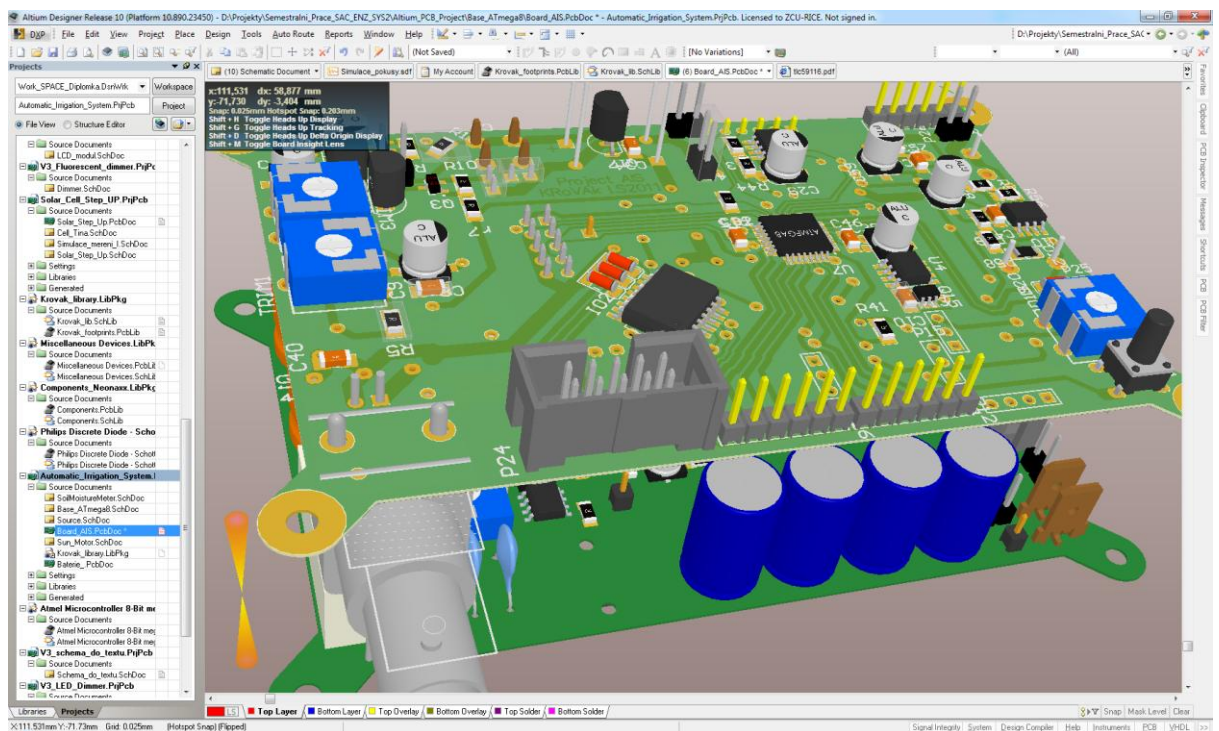


## 3 Použité návrhové nástroje

### 3.1 Altium Designer

Pro realizaci návrhu elektronického vybavení systému AoA V3 jsem využil profesionální návrhové prostředí Altium Designer, bez kterého by byl vývoj systému značně obtížnější.

Se systémem jsem se seznámil minulý rok při zpracování semestrálního projektu automatizovaného zavlažovacího systému s natáčecími solárními články jako hlavním energetickým zdrojem Projekt AIS - br. 3.1.1. Při návrhu tohoto projektu jsem si osvojił základní ovládání návrhového systému. Na počátku to nebylo zrovna lehké, do té doby jsem měl zkušenosti pouze s návrhovým systémem Eagle, ale postupem času se moje dovednosti zlepšovaly a dnes si již navrhování elektroniky bez možností systému Altium Designer nedovedu představit.



Obr. 3.1.1 Pracovní prostředí návrhu DPS v programu Altium Designer (Projekt AIS)

### 3.2 SolidWorks

3D konstrukční systém SolidWorks jsem využil pro tvorbu většiny 3D modelů pouzder součástek a krabiček použitých v této diplomové práci. Některá pouzdra součástek jsem využil z volně dostupné databáze 3D Content Central firmy Dassault Systems 2 kterou pomáhají vytvářet uživatelé jejich softwaru.

### 3.3 Postup návrhu konstrukce systému AoA V3

Software a le který jsem v minulosti využíval pro návrh elektroniky neumožňoval kontrolu kolizí pouzder součástek s modelem krabičky. To způsobovalo, že osazená DPS někdy kolidovala s krabičkou a bylo nutné předělávat návrh DPS i její fyzické vyhotovení.

Proto jsem se rozhodl využít při návrhu systému AoA V3 návrhové prostředí Altium Designer, které mi umožnilo přistoupit k návrhu elektroniky tohoto systému profesionálnějším způsobem.

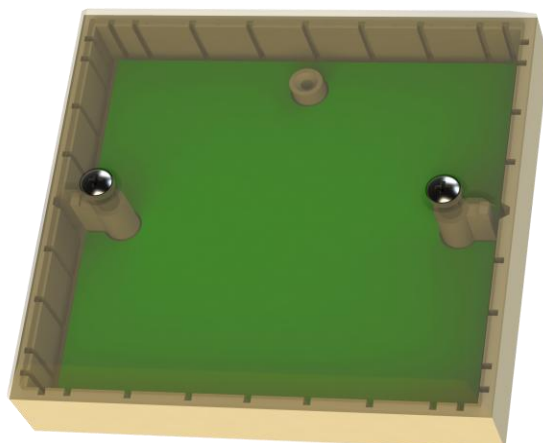
Nejdříve jsem si připravil 3D konstrukční modely krabiček a pouzder součástek v pro ramu SolidWorks. Tyto modely jsem následně exportoval pomocí formátu STEP do návrhového systému Altium Designer.

de jsem vytvořil integrovanou knihovnu součástek i s jejich 3D modely. Součástky jsem přidával průběžně během návrhu schémat zapojení celého systému.

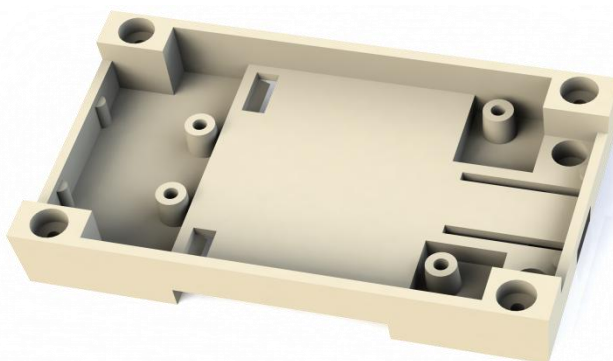
Na samém počátku návrhu jednotlivých DPS jsem vždy importoval 3D model krabičky a tvar DPS a následně provedl ořez návrhové plochy přesně podle modelu DPS.

Modely krabiček jsem poté využil při umisťování součástek na DPS kde mi pro ram Altium Desi ner umožnil v reálném čase kontrolovat kolize mezi pouzdry součástek a modely krabiček. Toho jsem využil zejména při osazování spodních stran DPS, kde byla plocha pro osazování součástek značně omezena zejména členitým dnem krabiček KPDINx. Díky tomuto postupu jsem si mohl dovolit umístit součástky do značně stísněných prostor s jistotou, že bude součástkami osazená DPS pasovat do dané krabičky.

Při psaní textu jsem dostal nápad využít modelů krabiček s osazenými DPS pro tvorbu obrazové dokumentace této diplomové práce. Využil jsem export modelů osazených DPS do pro ramu SolidWorks kde jsem následně vygeneroval obrázky celého systému AoA V3.



Obr. 3.2.1 Model krabičky měřicího modulu s DPS



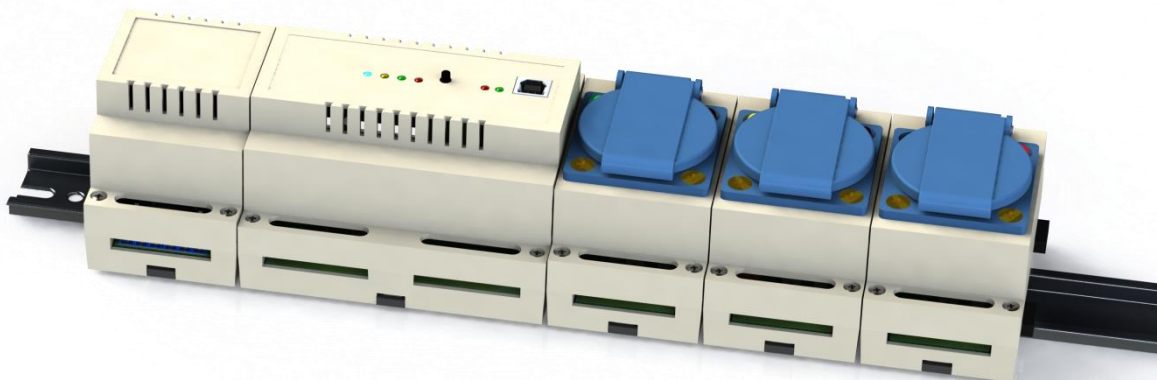
Obr. 3.3.2 Model spodního dílu krabičky KPDIN2

## 4 Popis zařízení

### 4.1 Modulární koncepce

Mým výchozím požadavkem na systém AoA V3 bylo navrhnout řídicí systém, který by se nechal snadno rozšířit o další funkcionality. Tento požadavek splňuje jedině modulární systém, kde je možné jednotlivé moduly přidávat nebo měnit.

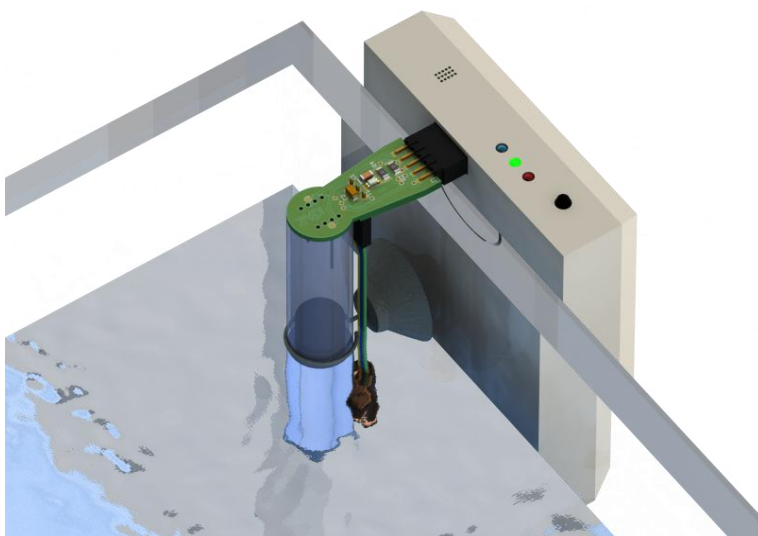
Po zvážení několika variant jsem se rozhodl pro instalaci části modulů na DIN lištu v technickém zázemí akvarijní nádrže ( viz. 4.1.1 ). Je zde umístěn zdrojový modul, řídicí modul a zásuvkové moduly. Rozhodujícím faktorem pro výběr tohoto typu konstrukčních prvků bylo velké pokrytí trhu ze strany výrobců krabiček určených k montáži na DIN lištu. Systém propojení modulů jsem navrhl tak, aby umožňoval jejich snadné rozšíření o další moduly viz. 4.3 .



Obr. 4.1.1 Sestava základních druhů modulů umístěných na DIN liště (zleva: zdrojový modul; řídicí modul a zásuvkové moduly)

Druhá sada modulů je určena pro umístění v oblasti akvarijní nádrže. Základní sestavu těchto modulů tvoří měřicí modul ve spojení s WL modulem.

Výsledný návrh AoA V3 splňuje požadavky na modularitu systému. Stávající sestavu modulů na DIN liště lze libovolně rozšířit o další zásuvkové moduly.



Obr. 4.1.2 Sestava měřicího a WL modulu s akváriem

## 4.2 Přípravenost na budoucí rozšíření

V návrhu zařízení je myšleno na budoucí rozšíření systému o další typy modulů. V úvahu přichází rozšíření modulů umístěných na KP-DIN liště o elektronický předřadník určený ke stmívání konvenčních zářivek, samostatný modul EMI filtru aj. Je ovšem nutné u nově vyvíjených modulů dodržet standard použitých konektorů systému AoA V3 (viz. 4.3).

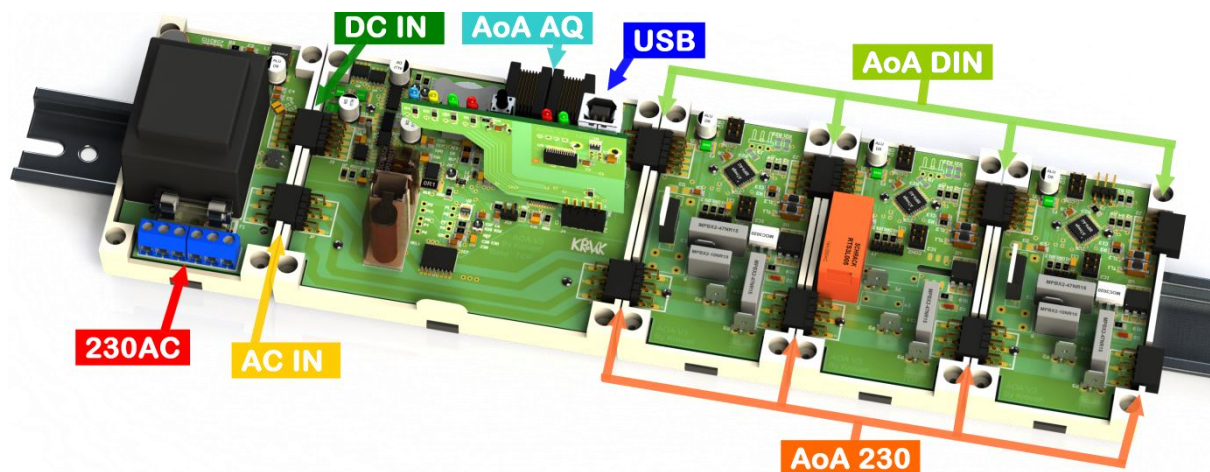
S možným rozšířením se počítá i u sensorického modulu (viz. 4.12 u akvariijní nádrže, který obsahuje dva rozšiřující konektory AoA AQ. Dále byla při návrhu DPS ušetřena cca 1/2 její plochy pro umístění dalších funkcionalit. Systém je tak možné doplnit např. o stmívač tvořený LED diodami.

V neposlední řadě je zařízení možno rozšířit také o WIFI nebo i Bee komunikační modul, kterým by se nahradila rozšiřující DPS USB v řídicím modulu (viz. 4.10). Tím by se docílilo možnosti bezdrátového propojení s dalším systémem.

## 4.3 Propojení modulů

Při návrhu AoA V3 jsem si v počátku vývoje dal za cíl minimalizovat kabelové svazky nutné k propojení modulů na DIN liště. Postupně tak uzrál nápad na kabelů prosté propojení modulů. Při pohledu na zařízení (obr. 4.3.1) je vidět realizované řešení, které zahrnuje boční konektory v DIN modulech. Instalace nového modulu tedy obnáší pouze jeho zacvaknutí na DIN lištu, elektrické propojení modulů se provede přitlačením nového modulu na bok předešlého modulu. Zařízení je připraveno k inicializaci do systému AoA V3 (viz. 5.1).

V systému propojování modulů je jediné pravidlo, které definuje, že první osazený modul na DIN liště je zdrojový modul, ke kterému je následně připojen řídicí modul. Aby nedošlo k nechtěnému připojení jiného než řídicího modulu a tím k jeho zničení, je tomu zabráněno jinou roztečí konektorů **DC IN** a **AC IN**. Následující moduly mají již stejnou rozteč systémových konektorů **AoA DIN** a **AoA 230** konektorů a na jejich pořadí v řazení za řídicím modulem nezáleží.



Obr. 4.3.1 Propojení modulů na DIN liště

Připojení síťové tří žilové šňůry se zemnicím kolíkem je realizováno pomocí konektoru AR 500/3 (br. 4.3.1 vlevo). Druhý konektor stejného typu slouží k propojení s proudovým chráničem.

Dále je zdrojový modul propojen s řídicím modulem klasickou dvojitou pravoúhlou kolíkovou lištou s roztečí pinů 5.08 mm mezi potenciály L, N, PE. Protikus je tvořen roztečí kompatibilní pravoúhlou kolíkovou lištou, spojení konektorů je označeno takto: **AC IN**. Mezi dalšími moduly je propojení realizováno stejným způsobem (viz. **AoA 230**).

Systémový konektor AoA 230 je připojen ke 230V střídavému napětí. Aby bylo zabráněno dotyku obsluhy systému s živými vodiči, výstupní konektor z každého modulu je realizován pomocí zásuvky, která tomuto přímému dotyku s piny konektoru zabraňuje.

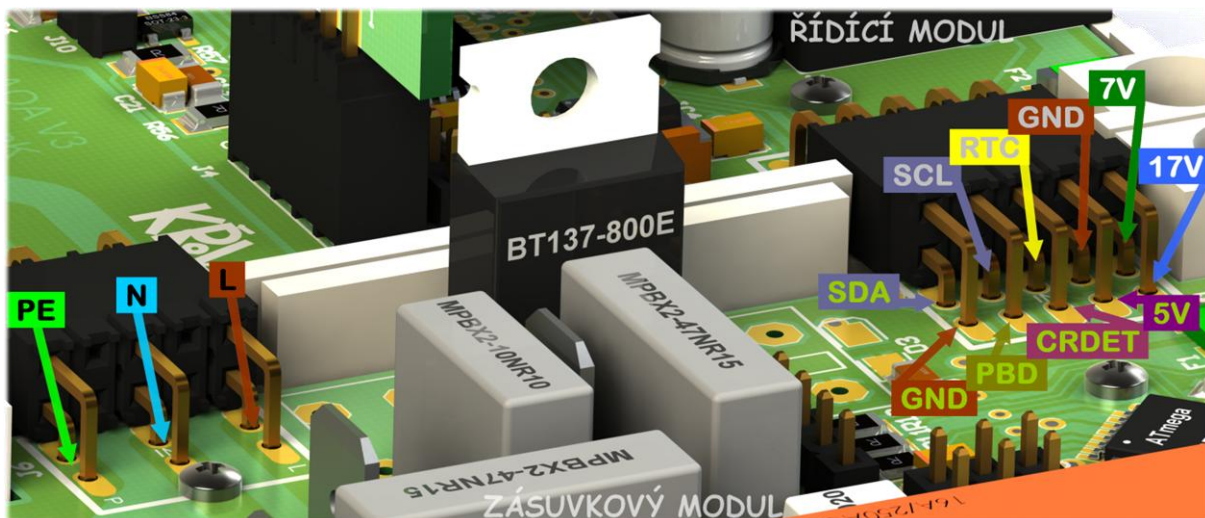
Připojení řídicího modulu ke zdrojům stejnosměrného napětí 7 V a 18 V, umístěných ve zdrojovém modulu, je zajištěno stejným typem konektorů (viz. **DC IN**).

připojení rozšiřujících modulů AoA V3, které nejsou umístěny na DIN liště (např. měřicí modul), slouží dvojice konektorů RJ6-6 značených: **AoA AQ**. Konektory jsou pinově totožné a je jedno, k jakému z nich je rozšiřující modul připojen. Konektorem je vedeno stejnosměrné napětí 7 V, dva zemnicí vodiče, dvojice vodičů sběrnice typu I<sup>2</sup>C a vodič pro přenos signálu přerušení do řídicího modulu.

Řídicí modul je osazen rozšiřující deskou, na které je mimo jiné umístěn galvanicky oddělený převodník UART/USB. K propojení s PC slouží standartní pravoúhlý USB konektor typu B značený: **USB**.

### 4.3.1 Systémové konektory AoA V3

Na následujícím obrázku je zachycen detail konektorů propojujících řídicí modul s ostatními přídatnými moduly. Rozložení obsazení vodičů konektorů je pak stejné ve všech přídatných modulech.



Obr. 4.3.2 Detail konektorů

#### 4.3.1.1 Popis vodičů systémového konektoru: **AoA DIN**

- **17V**
  - Pin č. 1 je využit pro přenos stejnosměrného napětí o velikosti 17 V v zásuvkových modulech s osazovací variantou s relé slouží k jeho spínání
- **7V**
  - Pin č. 2 je využit pro přenos stejnosměrného napětí o velikosti 7 V, které je hlavním zdrojem pro všechny moduly
- **5V**
  - Pin č. 3 je využit k přenosu 5 V, ty nejsou zatím v žádném s přídatných modulů osazeny (viz. 4.4.4)
- **GND**
  - Piny č. 4 a 9 jsou využity pro zemní vodiče, které jsou společné pro všechny zdroje stejnosměrného napětí
- **CRDET**
  - Pin č. 5 je využit pro přenos signálu CrDet, který je výstupem detektoru průchodu nulou síťového napětí 230V AC (viz. 4.10.2.7)
  - Tento signál je využit v modulech k synchronizaci spínání triakových stmívačů a probouzení MCU z úsporných režimů v přídatných modulech pomocí hardwarového přerušení
  - Signál prochází všemi moduly bez možnosti jeho ovlivnění

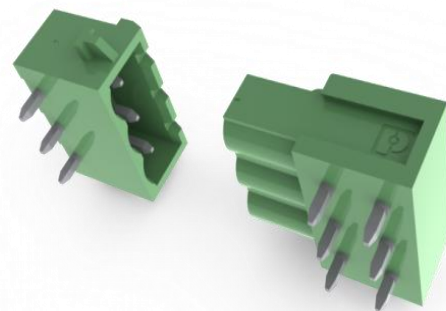
- **RTC**
  - Pin č. 6 je využit pro přenos signálu z obvodu reálného času (RTC) do všech ostatních modulů
  - Signál RTC je řízen nastavitelným budíkem v obvodu RTC a je využit k probouzení MCU z úsporných režimů
  - Signál prochází všemi moduly bez možnosti jeho ovlivnění
- **PBD**
  - Pin č. 9 je využit pro signál, pomocí kterého je realizována funkce pro připojení nových modulů za chodu zařízení AoA V3 (viz. 5.1)
  - Signál prochází všemi moduly v každém modulu může místní MCU změnit úroveň signálu na dominantní úroveň log. 0; recesivní úroveň log. 1 je zajištěna pomocí zdvihacích rezistorů
- **SCL** a **SDA**
  - Piny č. 8 a 10 jsou využity pro přenos signálu sběrnice I<sup>2</sup>C
  - Signál je v každém modulu blokován odpojovačem sběrnice (viz. 4.8 a 4.11.2.2)

#### 4.3.1.2 Popis vodičů systémového konektoru: **AoA 230**

- **PE**
  - Značí ochranný vodič, je přímo propojen s ochranným kolíkem připojené síťové šňůry ke zdrojovému modulu
- **L**
  - Značí fázový vodič, který je spínán v řídicí jednotce pomocí relé (viz. 4.4.1 s fázovým vodičem připojeným k síťové šňůře ve zdrojovém modulu)
- **N**
  - Značí střední vodič, který je přímo propojen se středním vodičem připojené síťové šňůry ke zdrojovému modulu

#### 4.3.2 Systémový konektor AoA 230 v provedení od firmy PhoenixContact

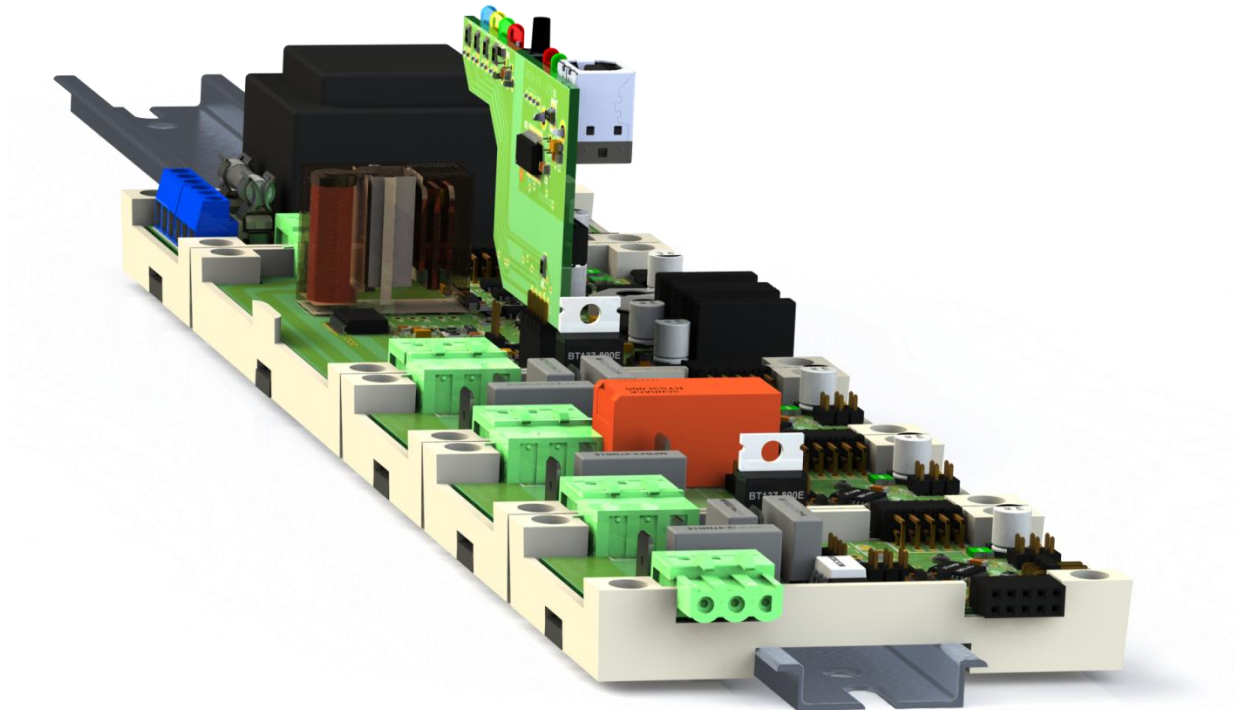
Při návrhu propojení modulů na DIN liště jsem narazil na nedostatečnou podporu tohoto konstrukčního řešení ze strany výrobců konektorů. Po zdlouhavém hledání jsem našel konektory od firmy PhoenixContact. Ta má ve své nabídce produktovou řadu konektorů označených jako „Board to board“. Tyto konektory jsou určeny pro vzájemné propojení dvou vodorovně orientovaných DPS.



Obr. 4.3.3 Konektory od PhoenixContact

propojení síťového napětí 230V AC jsem zvolil konektory MSTBA 2 5/ 3-G-5 08-RN a IC 2 5/ 3-G-5 08. Jejich deklarovaná pevnost proti rázovému napětí je 4 kV a maximální zatěžovací proud je deklarován na 12 A, tyto parametry jsou pro AoA V3 dostačující.

Pro nemožnost zakoupení těchto konektorů v žádném běžném internetovém obchodu (Farnell, TM, RS, DigiKey aj.) jsem při výrobě prvního prototypu použil klasické úhlové kolíkové lišty s odpovídající párovou zásuvkou.



Obr. 4.3.4 AoA V3 s konektory firmy PhoenixContact

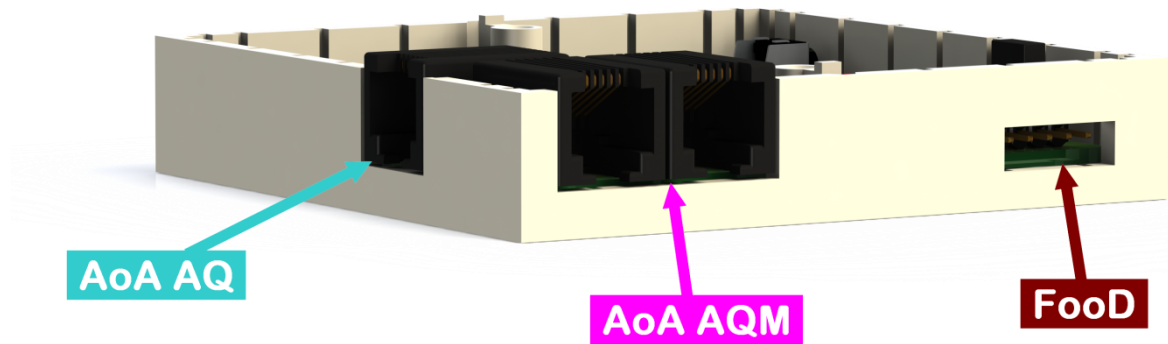
### 4.3.3 Připojení modulů umístěných u akvarijské nádrže

Moduly umístěné u akvarijské nádrže jsou připojeny přes měřicí modul, který je jako jediný propojen s řídicím modulem na DIN liště konektorem **AoA AQ**.

Ostatní rozšiřující moduly, např. informační modul nebo modul nočního osvětlení, jsou připojeny pomocí konektoru **AoA AQM**. Napájecí vodiče tohoto konektoru (+7 V a GND) jsou propojeny přímo s konektorem **AoA AQ**, sběrnice I<sup>2</sup>C vodiče jsou v měřicím modulu odděleny opakovačem a přepínačem sběrnice (viz. 4.12.2.2). Tato koncepce umožňuje lokální provoz I<sup>2</sup>C sběrnice u modulů umístěných u akvarijské nádrže.

Dále je v měřicím modulu umístěn konektor **FoD**, který slouží k připojení modulu krmení.

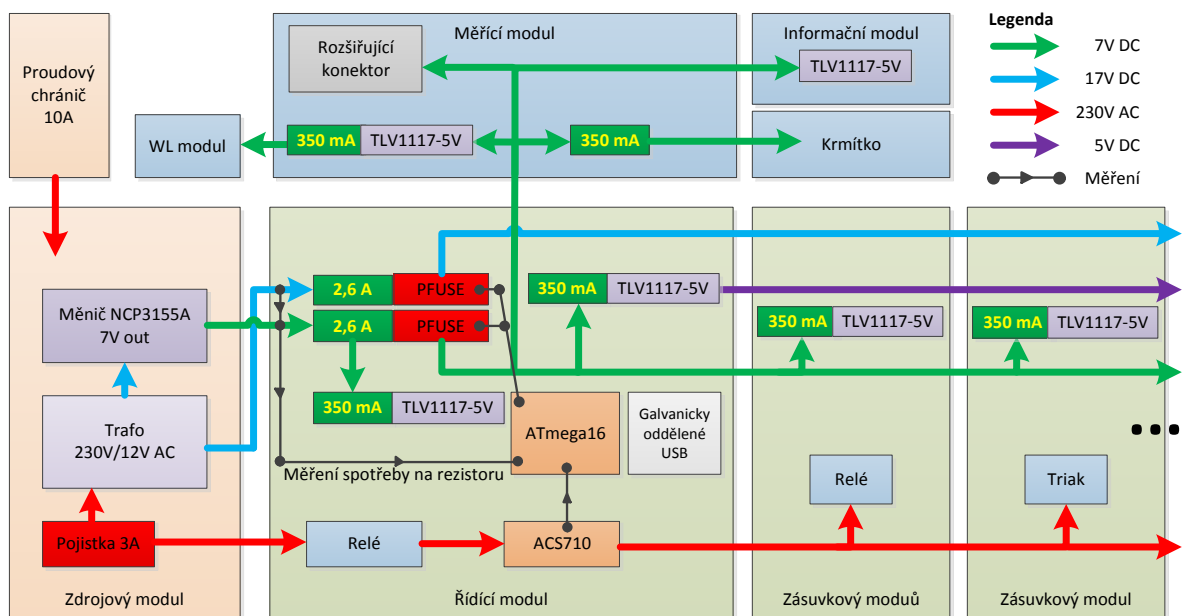




Obr. 4.3.5 Konektory měřicího modulu

#### 4.4 Napájení systému

AoA V3 je navrženo s velkým důrazem na bezpečnost obsluhy systému i připojených zařízení. Rovněž je zajištěna ochrana systému proti neodborné manipulaci - např. zkrat na výstupních konektorech apod. Zařízení je určeno pro připojení k PC pomocí USB sběrnice. Aby bylo dosaženo ochrany PC, je převodník UART/USB galvanicky izolován od AoA V3 s elektrickou pevností 5,1 kV.



Obr. 4.4.1 Blokové schéma napájecího systému AoA V3

#### 4.4.1 Rozvod 230 V AC

Zařízení je určeno k připojení přímo do sítě 230 V AC a je chráněno pomocí 10A proudového chrániče s citlivostí 30 mA, který rovněž slouží jako hlavní vypínač. Dále je ve zdrojovém modulu umístěna trubičková pojistka, jejíž maximální hodnotu lze volit až 10 A.

Přívod 230 V AC do zásuvkových modulů je spínán pomocí relé, jehož spínání je jištěno bezpečnostním zapojením (viz. 4.10.2). Dále je v řídicím modulu umístěna Hallova sonda jako snímač velikosti protékajícího proudu.

Řídicího modulu je síťové napájení dále vyvedeno standardizovaným konektorem pro přenos 230 V AC.

V zásuvkových modulech je síťové napájení vedeno vždy přímo ze vstupního konektoru na výstupní konektor dalšího zásuvkového modulu. Samotné spínání zásuvek v modulech je realizováno pomocí relé nebo triaku.

#### 4.4.2 Rozvod +7 V DC

Při návrhu napájení jsem se poučil z nabytých zkušeností AoA V2 kde jsem vedl do modulu u akvariální nádrže už stabilizované napětí +5 V. To se sice ukázalo jako funkční řešení pro fungování logických integrovaných obvodů ovšem u AD převodníku MCU byl znatelný vliv úbytku napětí (0,5 – 1 V) na kabelu a ochranných prvcích. Na napájení byla umístěna v sérii schottkyho dioda, aby při výpadku napájení a provozu hlavní řídicí jednotky V2 z baterie nebyl napájen i výkonový a napájecí modul (toto řešení je z mého dnešního pohledu značně amatérské, ale tehdy fungovalo). Proto je v systému AoA V3 primární napájení řešeno stejnosměrným napětím +7 V a ochrany jsou řešeny také jinak.

Ve zdrojovém modulu je umístěn měnič NCP3155A (viz. 4.9.1), který je hlavním stejnosměrným zdrojem napětí +7 V pro všechny ostatní moduly.

V řídicím modulu je rozvod 7 V DC primárně chráněn proti nadproudu vratnou pojistkou 2,6 A polyswitch . a touto pojistkou je zapojena další vratná pojistka 350 mA která omezuje maximální odběr samotné řídicí jednotky.

Na vstupní vratnou pojistku 2,6 A je napojen řízený jistič, který má kratší reakční dobu než vratná pojistka. Jeho rozpojení je realizováno analogovým zapojením (viz. 4.10.2.2). zpětné zapojení jističe je řízeno z hlavního MCU. Důvodem vývoje zapojení řízeného jističe pro mne byla myšlenka, aby v případě zkratu na napájení mimo řídicí modul nedošlo k pádu celého systému a nebyla tak způsobena kompletní nefunkčnost celého systému AoA V3. Takto je zajištěno, že všechny moduly kromě řídicího modulu jsou ihned odpojeny od zdroje energie, avšak řídicí modul zůstane v provozu. To umožňuje upozornit uživatele na tento havarijní stav viz. 4.7 nebo po vyhodnocení nastalé situace v MCU může dojít ke znovu-

připojení a otestování modulů. Může také nastat situace kdy dojde pouze k přetížení primárního napájecího zdroje (plynulý pokles napětí klesne na kritickou úroveň), což je nutné vždy správně analyzovat viz. 5.3 a není nezbytné vyvolávat u uživatele paniku. Dále je 7V DC rozvedeno do všech ostatních modulů, kde je na vstupech chráněno vratnou pojistkou 350 mA.

#### 4.4.3 Rozvod +18 V DC

Zdrojem tohoto napětí je samotný transformátor ve zdrojovém modulu, jehož výstup je usměrněn a vyfiltrován kondenzátory. Rozvod tohoto napětí je též chráněn v řídicím modulu vratnou pojistkou 2 6 A a také řízeným jističem.

Tento zdroj je využit v AoA V3 pro spínání relé.

#### 4.4.4 Rozvod +5 V DC

Zdroj tohoto napětí je umístěn v řídicím modulu, je též chráněn vratnou pojistkou 350 mA. Dále je rozveden do modulů umístěných na DIN liště. Zdroj není v této konfiguraci AoA V3 využit.

Tento zdroj byl navržen pro budoucí rozšíření AoA V3 o další modul určený pro instalaci na DIN lištu u kterého bude počítáno s nízkým odběrem.

#### 4.4.5 Měření proudu

V řídicím modulu je monitorován proud na měřicím odporu vřazeném na společnou zem pro všechny DC zdroje. Diferenční napětí je zesíleno a zpracováno v MCU řídicího modulu viz. 4.10.2.5 a 5.2 .

Dále je v řídicím modulu monitorována spotřeba připojených elektronických zařízení pomocí Hallovy sondy a MCU viz. 4.10.2.5 a 5.2 .

### 4.5 Ochrana proti statické elektřině (ESD ochrana)

Protože na modulech AoA V3 jsou nechráněné konektory, kterých se může uživatel dotknout pokud není modul připojen do systému, je nutné je chránit proti výboji statické elektřiny.

V návrhu zařízení jsou využity ESD ochrany IP4220CZ6 nebo BAT54S.

### 4.6 Detekce průchodu síťového napětí 230V AC nulou

Pro správnou funkci triakových stmívačů je nezbytné, aby měl MCU, který řídí daný triak, informaci o průchodu síťového napětí nulou, při němž dojde k rozpojení triaku.

V systému je proto využito centrální detekce v řídicím modulu (viz. 4.10.2.7 . Jako zdroje pro vstupní signál detektoru je využito usměrněného výstupu transformátoru (viz. 4.9.2 .

Výstup je pak rozveden pomocí systémového konektoru do všech modulů instalovaných na DIN liště.

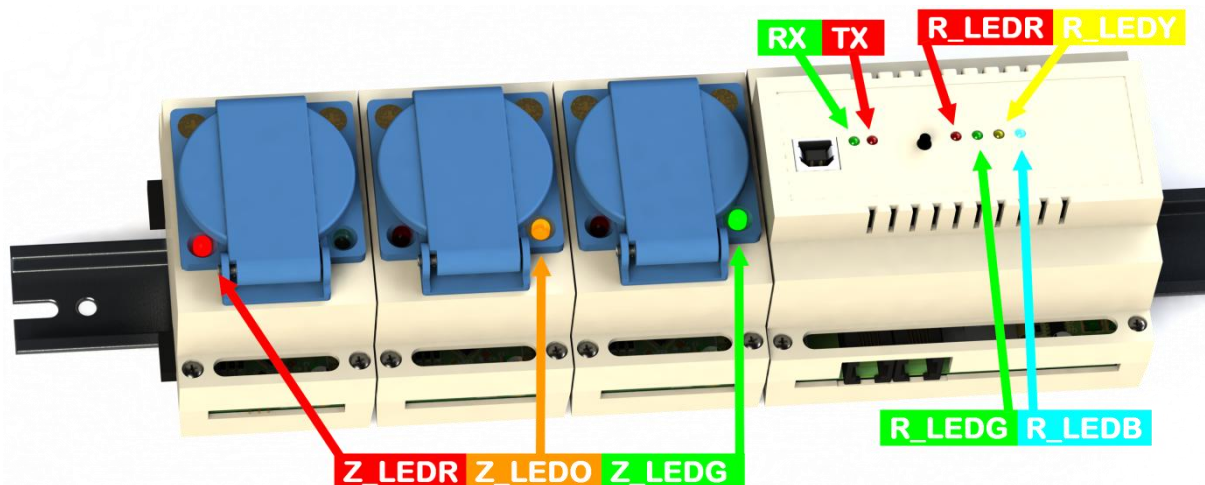
#### 4.7 Signalizace stavů zařízení pomocí LED diod a reproduktoru

Systém AoA V3 je vybaven informačním systémem uživatele do něj spadají stavové LED diody, reproduktor a informační modul (viz. 4.14 . Tato signalizace slouží uživateli k tomu, aby mohl pouhým pohledem nebo poslechem ověřit správnou funkci systému případně odhalit poruchu.

Přestože systém AoA V3 je automatizovaným řízením akvária, vyžaduje občasnou pozornost uživatele, např. při nedostatečné zásobě vody v doplňovací nádrži nebo když dochází krmivo v zásobníku modulu krmení.

##### 4.7.1 Stavové LED diody modulů na DIN liště

Moduly na DIN liště jsou vybaveny signalizačními LED diodami informujícími o aktuální stavu daného modulu. Navíc řídicí modul má signalizaci komunikace s PC a celkového stavu systému AoA V3.



Obr. 4.7.1 Stavové LED diody modulů na DIN liště

##### 4.7.1.1 Zásuvkový modul

- **Z\_LED R**
  - LED dioda červené barvy o průměru 5 mm
  - Svítící LED si nalizuje: poruchový stav zásuvkového modulu
  - Blikající LED signalizuje: nestandardní příkon nebo poruchu připojeného zařízení v některém zásuvkovém modulu

- **Z\_LED0** a **Z\_LEDG**
  - Dvoubarevná L D dioda zelené a oranžové barvy o průměru 5 mm
  - Svítící LED zelené barvy si nalizuje: sepnutou zásuvku 230V AC
  - Blikající LED zelené barvy signalizuje: připojený modul k napájení, který ale není nalogován řídicím modulem
  - Svítící LED oranžové barvy si nalizuje: chybějící informace o účelu a časování daného modulu
  - Blikající L D oranžové barvy si nalizuje: nedostatečnou hladinu v doplňovací nádrži u modulu systému automatického udržování výšky hladiny akvariální nádrže

#### 4.7.1.2 Řídicí modul USB komunikace

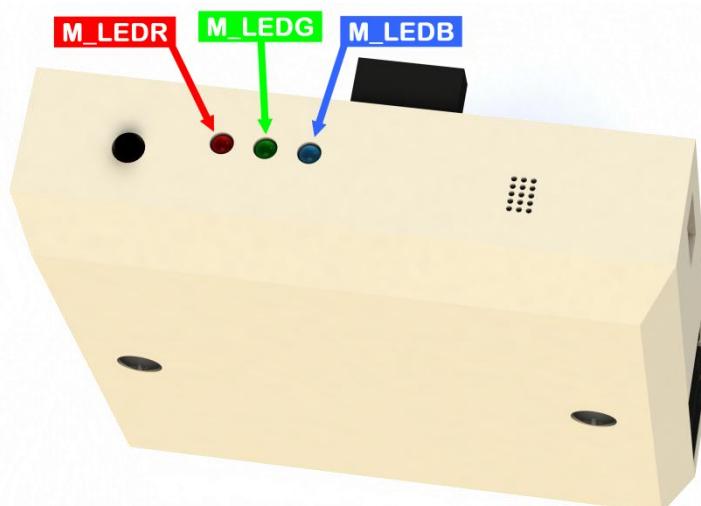
- **TX**
  - LED dioda červené barvy o průměru 3 mm
  - Si nalizuje: odesílání dat z řídicího modulu
- **RX**
  - LED dioda zelené barvy o průměru 3 mm
  - Si nalizuje: příjem dat z PC

#### 4.7.1.3 Řídicí modul stavové LED diody

- **R\_LED0**
  - LED dioda červené barvy o průměru 3 mm
  - Svítící LED si nalizuje: poruchový stav řídicího modulu AoA V3
  - Blikající L D si nalizuje: poruchový stav některého modulu zařízení AoA V3
- **R\_LEDG**
  - LED dioda zelené barvy o průměru 3 mm
  - Svítící LED si nalizuje: provoz AoA V3
  - Blikající L D si nalizuje: funkční systém AoA V3, který nemá data ke svému provozu
- **R\_LEDY**
  - LED dioda žluté barvy o průměru 3 mm
  - Svítící LED signalizuje: obnovení systému AoA V3 po výpadku napájení
  - Blikající LED signalizuje: nadměrné zatížení zdrojového modulu nebo překročení maximálního odběru ze sítě 230 V AC
- **R\_LEDB**
  - LED dioda modré barvy o průměru 3 mm
  - Svítící LED si nalizuje: nízký stav vody v doplňovací nádrži
  - Blikající LED signalizuje: žádnou vodou v doplňovací nádrži

#### 4.7.2 Stavové LED diody měřicího modulu

Měřicí modul je svým umístěním na boční stěně akvarijní nádrže uzpůsobený ke kontrole celkového stavu řídicího systému AoA V3 pouhým okem. Proto jsem měřicí modul při návrhu DPS také vybavil stavovými LED diodami.



Obr. 4.7.2 Signalizační LED diody měřicího modulu

- **M\_LEDR**
  - LED dioda červené barvy o průměru 3 mm
  - Svítící LED si nalizuje: poruchový stav měřicího modulu
  - Blikající LED si nalizuje: poruchový stav některého modulu zařízení AoA V3
- **M\_LEDG**
  - LED dioda zelené barvy o průměru 3 mm
  - Svítící LED si nalizuje: provoz AoA V3
  - Blikající LED signalizuje: nedostatek krmiva v zásobníku modulu krmení
- **M\_LEDB**
  - LED dioda modré barvy o průměru 3 mm
  - Si nalizuje: nízký stav vody v doplňovací nádrži
  - Blikající LED signalizuje: žádnou vodu v doplňovací nádrži

#### 4.7.3 Zvuková signalizace

V řídicím modulu je nainstalován piezo-reproduktor, jehož vstupní budicí signál je generován MCU ATmega16A-AU.

#### 4.8 Sběrnice I<sup>2</sup>C

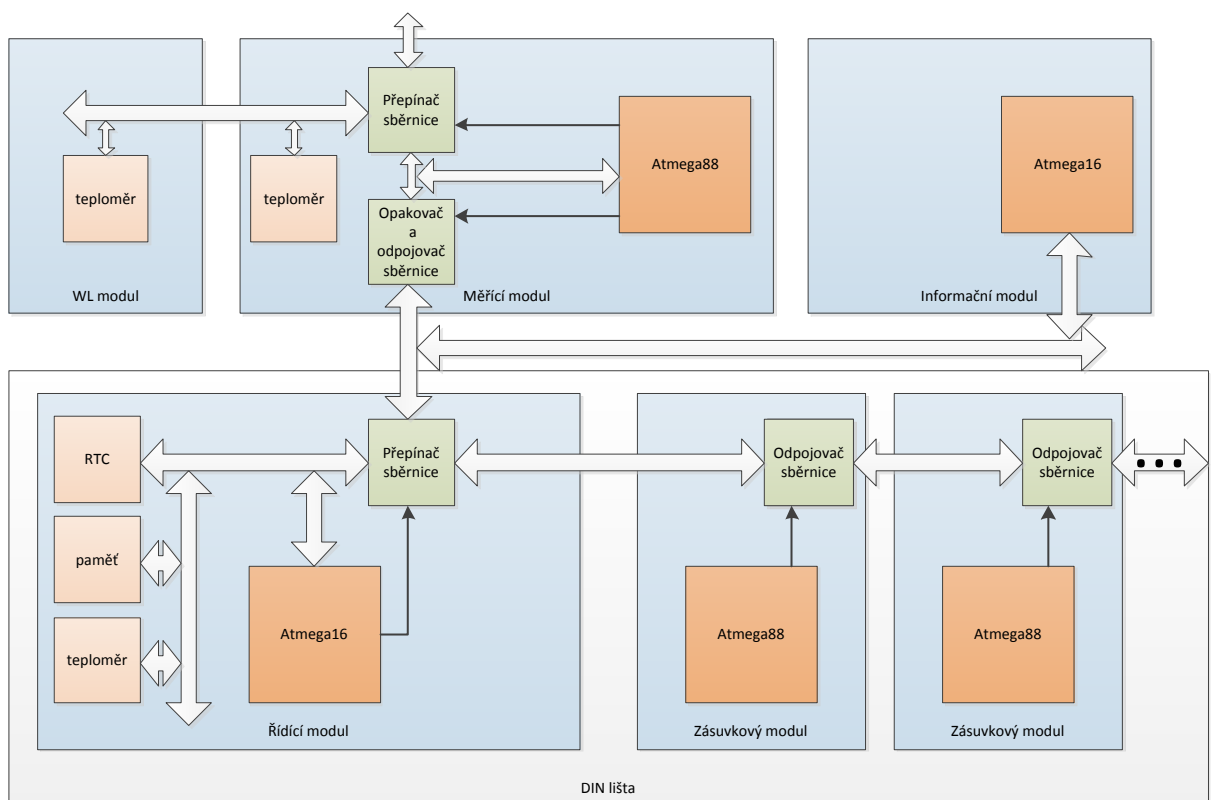
romě zdrojového modulu je celý systém AoA V3 propojen pomocí sběrnice I<sup>2</sup>C. volil jsem ji, protože se osvědčila v předešlé verzi AoA V2. Dále bylo rozhodující to, že existuje velké množství integrovaných obvodů s hardwarovou podporou I<sup>2</sup>C MCU, teploměry, paměti atd. a také mnoho podpůrných obvodů pro řízení samotné sběrnice. Sběrnice je běžně používaná, a proto na její popis odkáži na [3].

I<sup>2</sup>C sběrnice není určena pro kabelové propojení na delší vzdálenosti jednotlivých komponent sběrnice. Proto jsem se musel s tímto problémem vyrovnat při návrhu systému AoA V3 a navrhl jsem komponenty sběrnice tak, aby bylo možné přepínat mezi jednotlivými větvemi sběrnice a byla tak snížena parazitní kapacita vedení sběrnice pro aktuální přenosy.

Výsledkem návrhu tedy je, že řídicí modul přepíná komunikaci mezi systémovými konektory AoA DIN a AoA AQ s tím že komponenty na jeho DPS jsou stále připojeny ke sběrnici.

Měřicí modul má implementovanou schopnost odpojení od systémového konektoru AoA AQ a umožňuje přepínání sběrnice mezi komponenty na DPS měřicího modulu a ostatními moduly připojenými k systémovému konektoru AoA AQM.

Tímto řešením bylo docíleno toho, že je možné provádět přenosy i po kabelovém vedení.

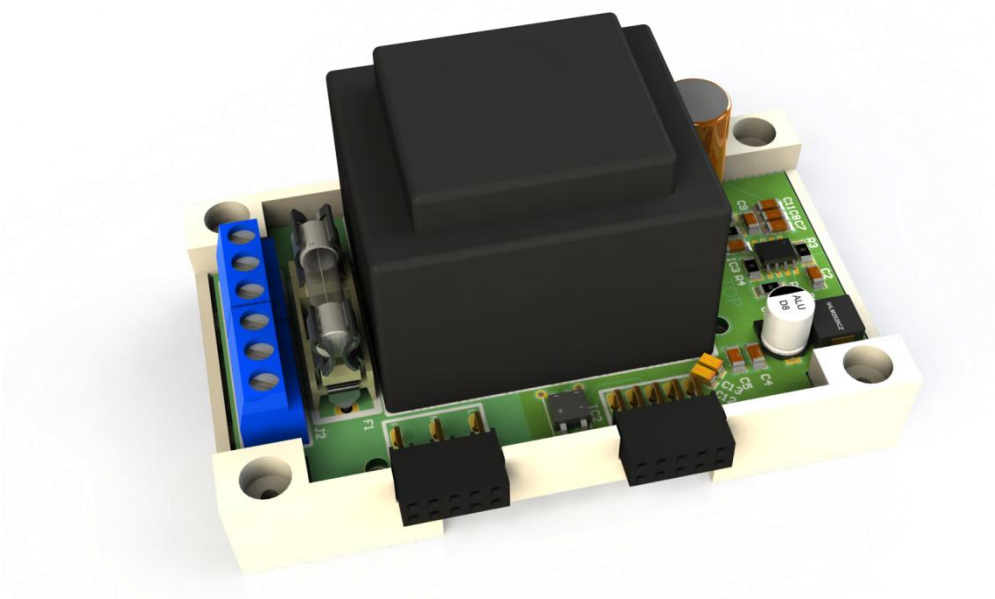


Obr. 4.8.1 Logické schéma I<sup>2</sup>C

- Přepínač sběrnice
  - značení: PCA9543APW
  - Vstupy: 2x I<sup>2</sup>C 2x přerušení
  - Výstupy: 1x I<sup>2</sup>C 1x přerušení
  - $R_N = 9\Omega$   $C_{IN} = 9\text{pF}$  (při  $U_{cc} = 5\text{V}$ )
- Opakovač a odpojovač
  - značení: PCA9517DR
  - Umožňuje přerušení sběrnice
  - měna úrovně napětí
- Odpojovač sběrnice
  - značení: SN74CBT3306C
  - Dvojnásobný MOSFET spínač
  - $R_N = 3\Omega$



## 4.9 Zdrojový modul

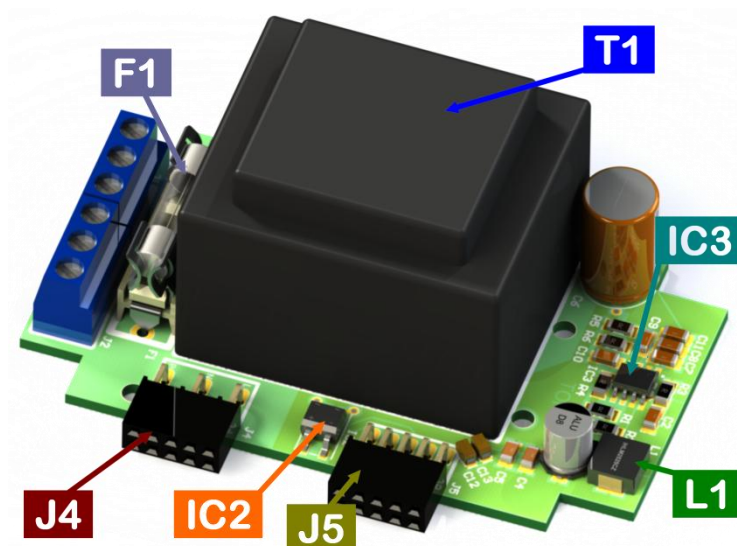


Obr. 4.9.1 Zdrojový modul

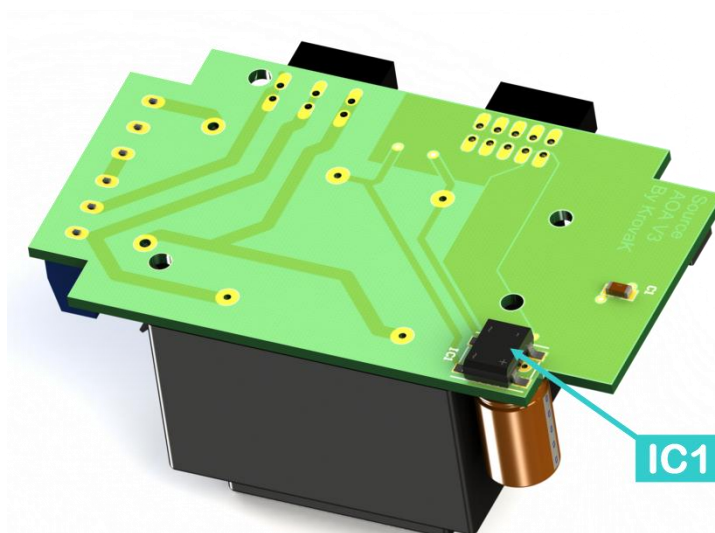
Zdrojový modul je jako jediný přímo připojen do sítě 230V AC a je zdrojem energie pro všechny ostatní moduly.

V tomto modulu je použit měnič NCP3155A, který jsem zvolil pro jeho pracovní kmitočet 500 kHz, jenž umožňuje využití tlumivky s malou indukčností 82  $\mu\text{H}$ . Zapojení tohoto měniče zabírá na DPS daleko méně místa než použitý měnič LM2575 s indukčností 330  $\mu\text{H}$  v A A V2.

### 4.9.1 Popis hlavních součástí



Obr. 4.9.2 Zdrojový modul – horní strana DPS



Obr. 4.9.3 Zdrojový modul – spodní strana DPS

<b>T1</b>	THR I422 – 1x12	Trafo 230V/12V 12VA 500mA odolné proti zkratu na sekundárním vinutí
<b>IC1</b>	DF08SA- 3/77	Usměrňovací můstek hlavní $U_{Fmax}$ 800V $I_{Fmax}$ 1A
<b>IC2</b>	MB6S- 3/80	Usměrňovací můstek pro detektor nuly $U_{Fmax}$ 600V $I_{Fmax}$ 0,8A
<b>IC3</b>	NCP3155A	Měnič DC/DC $U_{INmax}$ 24V $I_{max}$ 3A $f_{SW}$ 500kHz Soft-start; integrované výkonové tranzistory MOSFET
<b>L1</b>	IHLM2525C	Indukčnost $L = 8,2 \mu\text{H}$ ; $I_{MA}$ 4 A
<b>F1</b>	MCHTC-15M	Pojistka
<b>J4</b>	HDR	onektor 230V
<b>J5</b>	HDR	Napájecí konektor

#### 4.9.2 Popis zapojení DPS

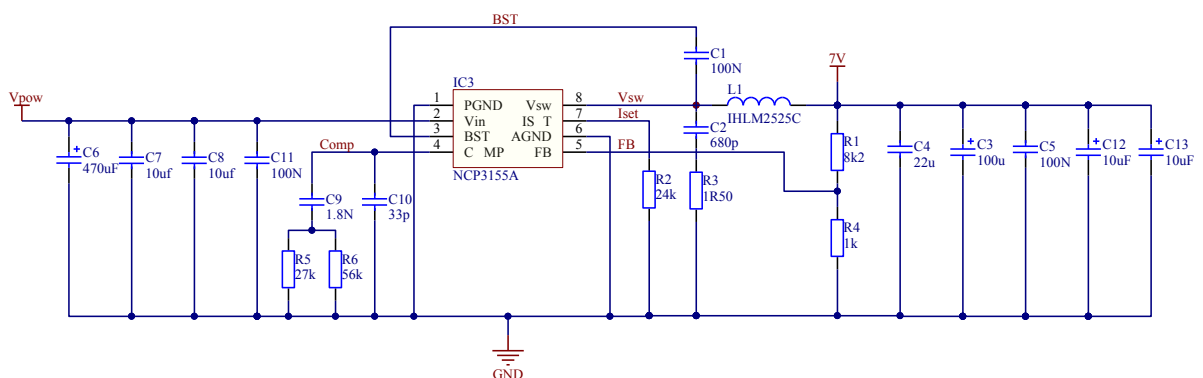
Hlavním vstupem síťového napájení do DPS jsou dva konektory AR 500/3. Konektor J1 je určen pro připojení síťového kabelu k vodičům L, N a PE. První pin J1 je přímo propojen s třetím pinem J2, jenž je určen k připojení vstupu 10A jističe. Výstup jističe je připojen zpět do DPS přes třetí pin J2 na který je napojena trubičková pojistka 3 A jež zajišťuje ochranu celého napájecího systému.

Transformátor T1 je konvertorem napětí z 230V AC na 12V AC. NĚmu jsou připojeny dva usměrňovací můstky IC1 pro napájení systému a IC2 pro detekci průchodu síťového

napětí nulou. Výstup IC2 je přímo propojen se systémovým konektorem a jeho signál je zpracováván v základním modulu.

Výstup IC1 je filtrován kondenzátory C6, C7, C8, C11 a připojen na vstup DC/DC měniče IC3. Jeho výstup vede na indukčnost L1 jejíž výstup je filtrován kondenzátory C3, C4, C5, C12 a C13. Zároveň je z výstupu zavedena zpětná vazba napětovým děličem R1 a R4. Odpor R2 nastavuje omezení proudu indukčností L1. Kondenzátor C1, připojený na vstup BST, je zdrojem energie pro spínání horního výkonového MOSFET tranzistoru tvořícího integrovaný polomost v měniči 4. Síť součástek C9, C10, R5 a R6 kompenzuje póly zpětnovazebního zesilovače. C2 a R3 tvoří rázový tlumič  $\Delta u/dt$  na výstupu měniče.

Na výstupní konektor J5 je vyvedeno napájení 7 V a 12 V.



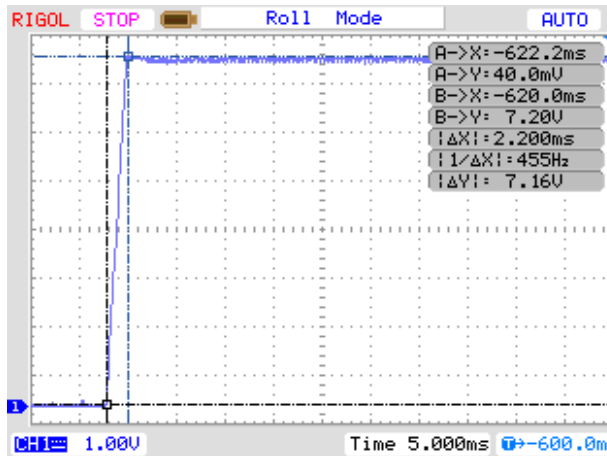
Obr. 4.9.4 Schéma zapojení NCP3155A

### 4.9.3 Oživování a měření

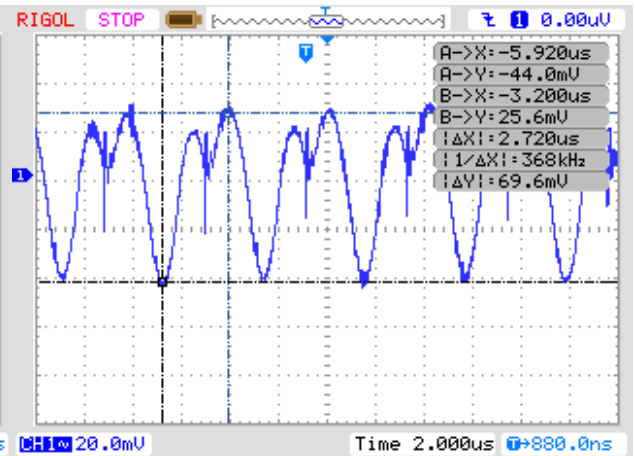
Osazení DPS a jeho následné oživení proběhlo bez komplikací.

Bezprostředně po osazení jsem provedl zahořovací test při trvalé zátěži měniče 0,6 A po dobu 24 hodin. Po uplynutí testovací doby jsem proměřil pomocí osciloskopu parametry měniče. Na obrázku ( br. 4.9.5) je zachycen náběh napájení 7 V při zátěži 0,6 A a na dalším

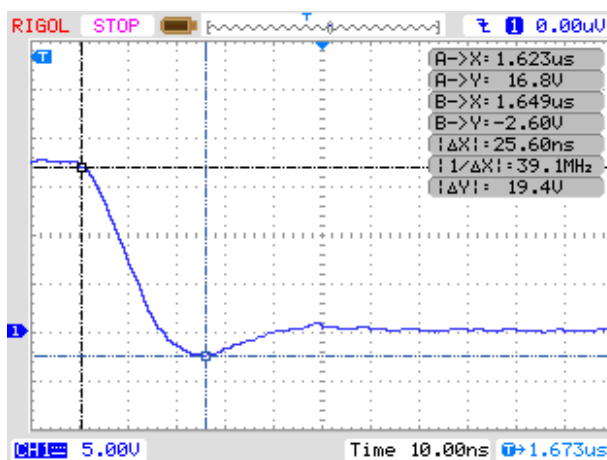
br. 4.9.6 je detail zvlnění výstupního napětí. Zvlnění 70 mV je pro danou aplikaci přijatelné. Dále jsem provedl měření náběžných ( br. 4.9.8) a doběžných hran ( br. 4.9.7 na výstupu polomostu. Na obrázku ( br. 4.9.9) je vidět spínací poměr nezátíženého měniče a na br. 4.9.10) je zachycen průběh výstupního napětí při zátěži 0,6 A.



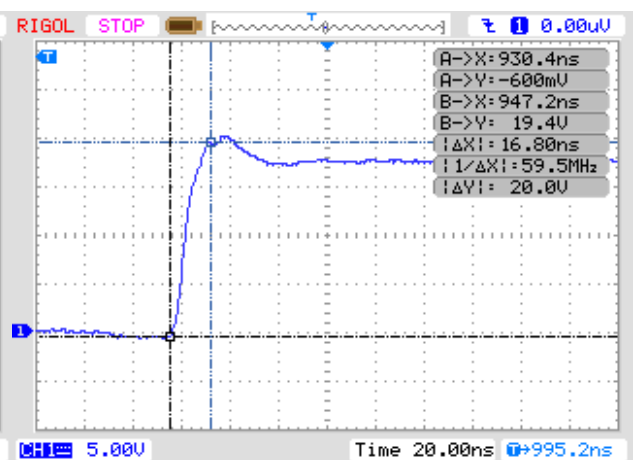
Obr. 4.9.5 Náběh napájení při zátěži 0,6 A



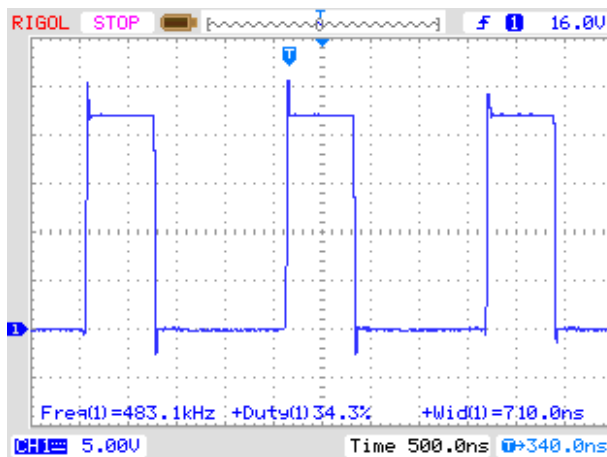
Obr. 4.9.6 Zvlnění napájení při 0,6 A



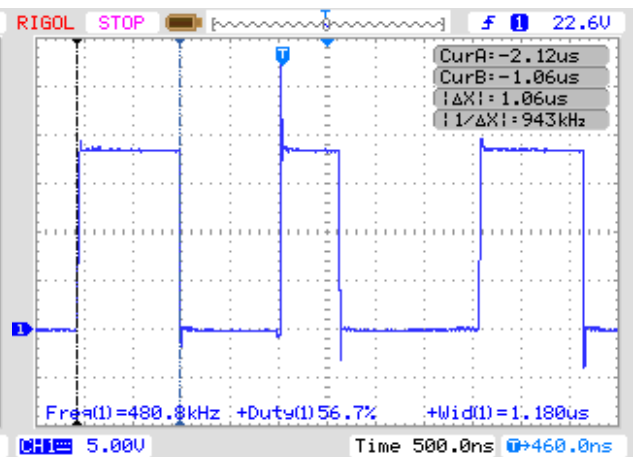
Obr. 4.9.7 Dobězná hrana  $V_{sw}$  při 0,6 A



Obr. 4.9.8 Náběžná hrana  $V_{sw}$  při 0,6 A



Obr. 4.9.9 Výstup  $V_{sw}$  při 0 A



Obr. 4.9.10 Výstup  $V_{sw}$  při 0,6 A

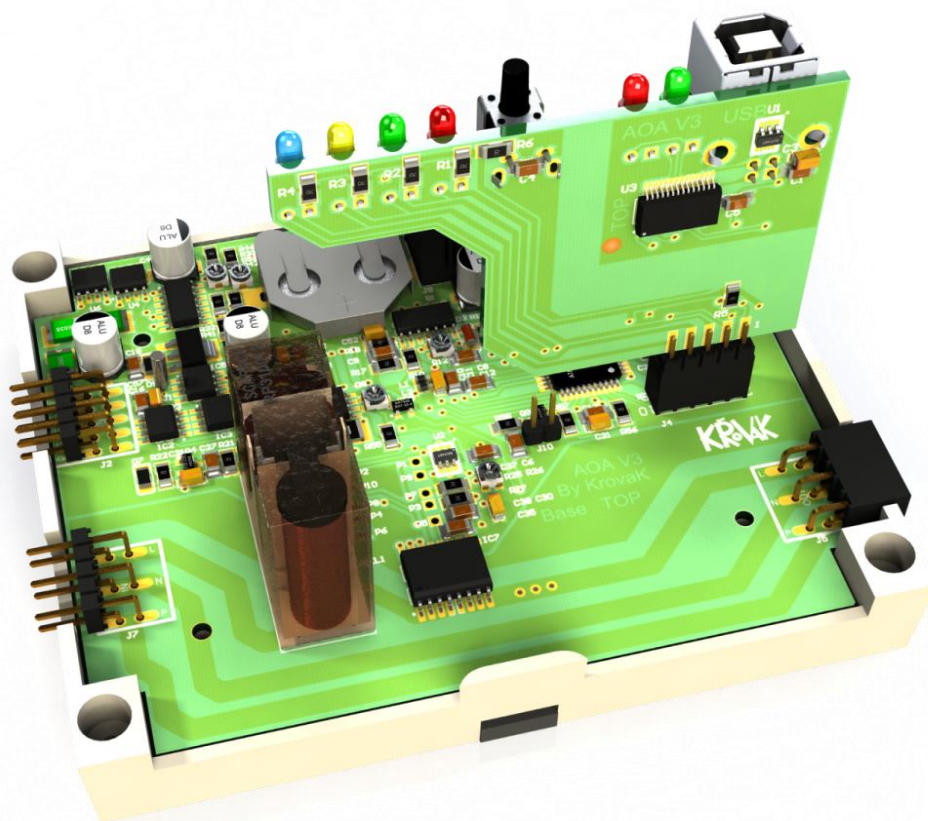
#### 4.10 Řídicí modul

Řídicí modul je základním stavebním prvkem celého systému AoA V3. Modul je složen ze dvou DPS, hlavní a kolmo osazené rozšiřující USB desky. Modul je určen pro osazení na DIN lištu připojuje se přímo ke zdrojovému modulu a k němu se dále připojují ostatní rozšiřující moduly např. zásuvkový modul. Modul je osazen dvěma konektory typu AoA AQ, které slouží k připojení rozšiřujících modulů, jež nejsou určeny k instalaci na DIN lištu např. měřicí modul.

Řídicí modul je jako jediný ze systému AoA V3 určen k propojení s PC, to je realizováno pomocí galvanicky oddělené sběrnice USB umístěné na rozšiřující USB desce. Deska je také osazena signalizačními LED diodami (viz. 4.7.1.3) a víceúčelovým ovládacím tlačítkem.

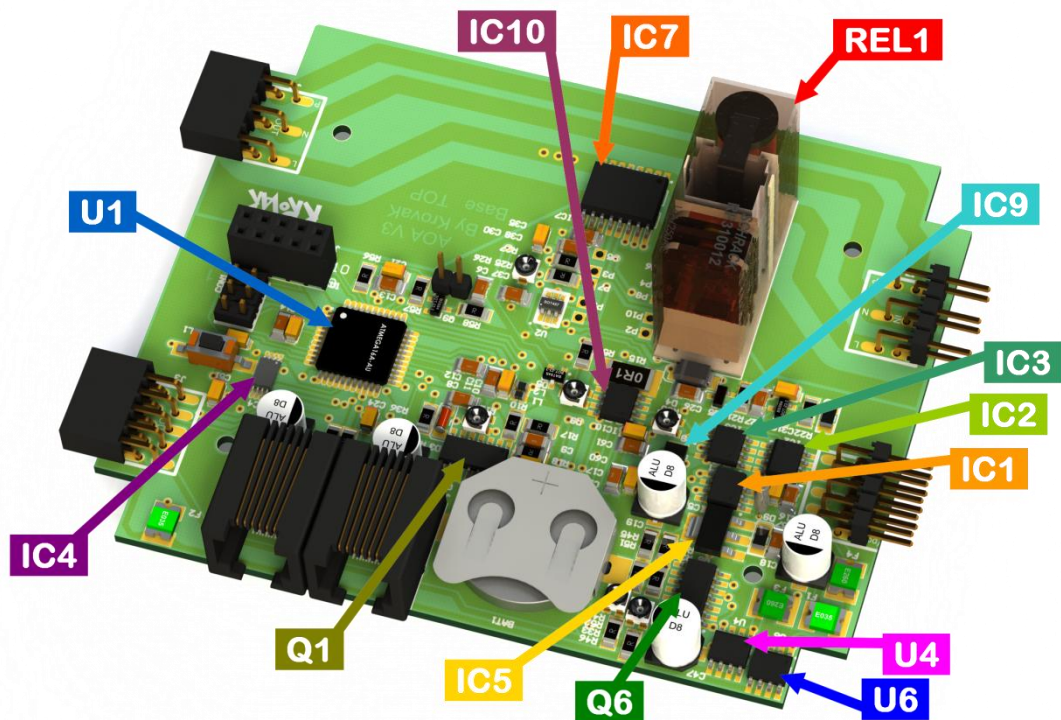
Modul zajišťuje bezpečné připojení zásuvkových modulů k zdroji 230 V AC a zároveň měří spotřebu k nim připojených elektrických spotřebičů jakou jsou např. čerpadlo, topení aj. Dále je v tomto modulu umístěno měření vlastní spotřeby systému AoA V3.

Nastavení systému AoA V3 je zálohováno pro případ výpadku napájení 230 V AC v EEPROM paměti, která zároveň slouží jako data logger. Dalším prvkem systému jsou hodiny reálného času se záložní baterií.



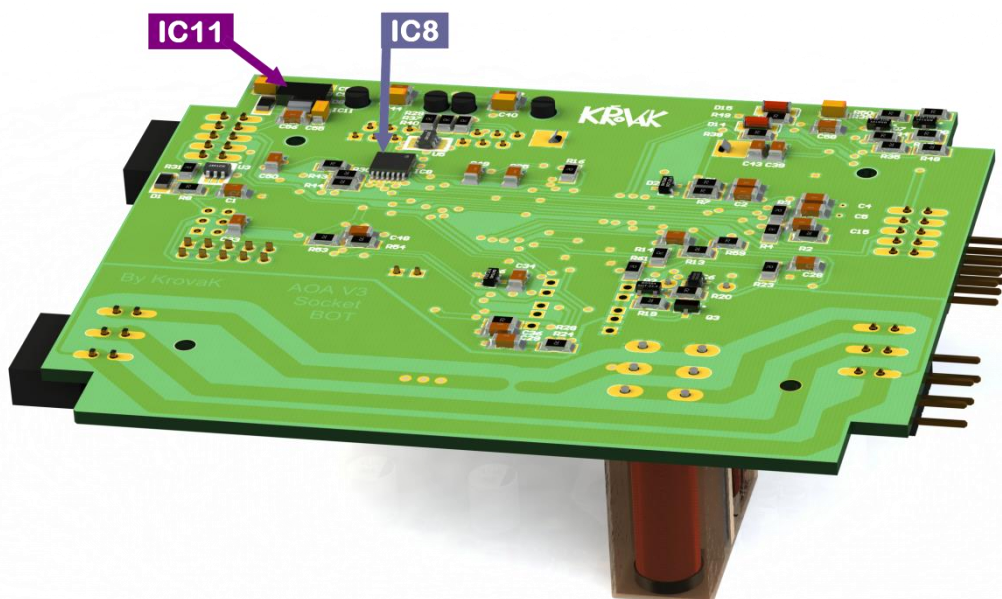
Obr. 4.10.1 Řídicí modul AoA V3

## 4.10.1 Popis hlavních součástí hlavní DPS



Obr. 4.10.2 Řídicí modul - horní strana DPS

<b>IC1</b>	MCP7940	I <sup>2</sup> C Obvod reálného času Funkce ALARM 64bit SRAM R/W 0 4/3 mA Podpora Baterie
<b>IC2</b>	S 95	I <sup>2</sup> C Teploměr Rozsah -55 až 125 °C; Tolerance ±1°C; MAX rozlišení 0,125 °C
<b>IC3</b>	M24512WMN6P	I <sup>2</sup> C 64 bytes PR M Velikost stránky 128 bytu; Vstupní šumový filtr;
<b>IC4</b>	SN74CBT3306C	Přepínač probouzení MCU $R_{onT P} = 3 \Omega$ $I_{ccMA} = 3 \mu A$
<b>IC5</b>	TLV1117-5V	Lineární zdroj $U_{out} = 5V$ $I_{outMA} = 800 mA$ $V_{inMA} = 16V$
<b>IC7</b>	ACS710 LATR-12CB	Hallova sonda Roz. 56mV/A při $I_{MA} = 12.5 A$ ; Odchylka ±0,25%; $R_{Hall T P} < 1 m\Omega$
<b>IC9</b>	TMP101	I <sup>2</sup> C Teploměr s alarmem Rozsah -25 až 85 °C; Tolerance ±2°C; MAX rozlišení 0,0625 °C;
<b>IC10</b>	MCP602- /SN	Operační zesilovač Nesymetrické napájení; Typ: Rail-to-rail GBWP 2.8 MHz
<b>Q1</b> <b>Q6</b>	LM339D	omparátor $Trel_{T P} = 300 ns$
<b>U1</b>	ATme a16A-AU	Mikrokontrolér 16K Bytu FLASH; 512K Bytu EEPROM; 1K Byt SRAM; 3× Timer 6× PWM; 10-bit ADC USART I <sup>2</sup> C Watchdog.
<b>U4</b> <b>U6</b>	IRF7416	Tranzistory řízeného jističe $R_{DS on} = 0,02 \Omega$ ; $V_{DS MA} = -30V$
<b>REL1</b>	RP310012	Relé $I_{max} = 16 A$ $R_{coil} = 270 \Omega$ ; $U_{coil} = 12V$



Obr. 4.10.3 Řídicí modul - spodní strana DPS

<b>IC8</b>	PCA9534APW	I <sup>2</sup> C přepínač sběrnice $R_{onT_P} = 9 \Omega$ ; $I_{ccMA} = 8 \mu A$ ; $f_{MA} = 400 \text{ kHz}$ ; 2 výstupy I <sup>2</sup> C
<b>IC11</b>	TLV1117-5V	Lineární zdroj $U_{out} = 5V$ $I_{outMA} = 800 \text{ mA}$ $V_{inMA} = 16V$

## 4.10.2 Popis zapojení DPS hlavního řídicího modulu

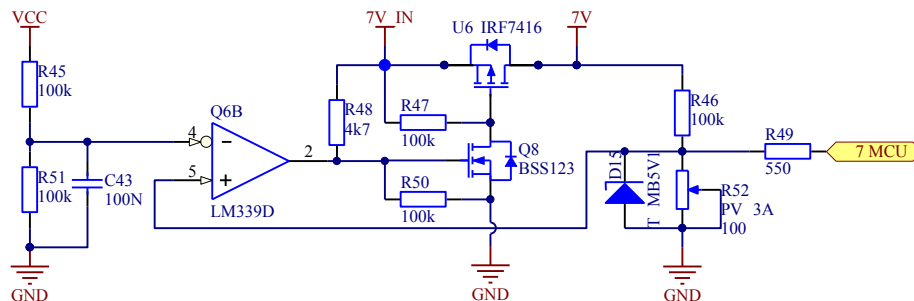
### 4.10.2.1 Napájení řídicího modulu Vcc

Vstupem pro zdroj 7 V je konektor **DC IN** viz. 4.3, zdroj je chráněn vratnou pojistkou F4 o velikosti 2,6 A. Tato vratná pojistka je společná pro celý rozvod 7 V v systému AoA V3. a tuto vratnou pojistku je vřazena vratná pojistka F1 – 350 mA, která omezuje maximální vstupní proud pro napájení řídicí jednotky napětím 5 V.

a vratnou pojistkou F1 se nachází lineární stabilizátor IC5, který je zdrojem napětí Vcc 5 V pro celou řídicí jednotku. Jeho vstup je blokován kondenzátory C57 a C18. Mezi vstup a výstup lineárního stabilizátoru je vřazena zpětná dioda D9, která slouží k rychlému vybití všech kondenzátorů v řídicí jednotce po odpojení zdrojového modulu zároveň zabraňuje zápornému přepětí stabilizátoru v případě, že by byl přiložen externí zdroj napájení na rozvod 5 V. Výstup stabilizátoru je dále rozveden do všech komponent v řídicí jednotce. Napájení všech komponent je blokováno kondenzátory: keramickým o velikosti 100 nF a tantalovým 10  $\mu F$ .

#### 4.10.2.2 Řízené jističe

Stejnoseměrný napěťový zdroj 7 V je hlavním zdrojem energie pro všechny moduly viz. 4.4 . Aby nedošlo při přetížení tohoto zdroje k výpadku celého systému AoA V3 je chráněn zapojením tzv. řízeného jističe.



Obr. 4.10.4 Schéma řízeného jističe

Samotné připojení napájení 7 V pro ostatní rozšiřující moduly je realizováno P M SF Tem U6. Ten je buzen N MOSFETem Q8, který je řízen komparátorem Q6B. Komparátor porovnává napěťové úrovně z děličů napětí Vcc a 7 V. Dělič na +7 V je nastaven pomocí trimru R52 tak, aby při správné funkci zařízení byla jeho hodnota výstupního napětí větší než na děliči z Vcc. Při zkratu nebo nadměrnému odběru z napájecí větve +7V dojde k poklesu tohoto napětí a následnému překlopení komparátoru. Tím dojde k rozepnutí MOSFETu U6 a k odpojení ostatních modulů od napájení +7 V. Díky tomu je na děliči tvořeném R52 a R46 nulové napětí a výstup komparátoru drží jistič rozepnutý.

Výstup děliče je zaveden přes rezistor R49 na vstupní bránu AD převodníku MCU, tím je zajištěna informace pro řídicí systém o stavu napájení +7 V. Pokud došlo k rozepnutí jističe je vyčteno nulové napětí. apojení dále umožňuje po přepnutí AD brány MCU na výstupní vnutit do děliče +7 V vyšší napětí než je na komparačním děliči z Vcc. Tím dojde k překlopení komparátoru a opětovnému sepnutí jističe. Pokud již netrvá porucha na napájení 7V jistič sám drží nadále v sepnutém stavu bez podpory MCU, kde se opět přepne výstupní brána na vstup AD převodníku (viz. 5.3 .

Stejné zapojení je v řídicí jednotce realizováno i pro napájecí větve 18 V.

#### 4.10.2.3 Napájení 5V pro AD převodník MCU

V systému je využíván AD převodník MCU U1. Proto je nutné splnit požadavky na filtraci napájení součástí AD převodníku. MCU má proto vyvedené oddělené piny pro jeho napájení. Na ty je přivedeno napájení Vcc přes filtr tvořený tlumivkami L1 a L2 a kondenzátory C11 a C10.



#### 4.10.2.4 Zabezpečené připojení ostatních modulů k 230 V AC

Řídicí jednotka je vybavena relé REL1, které slouží k připojení síťového napájení 230 V AC na konektory AoA 230 k němuž jsou následně napojeny ostatní moduly na DIN liště. Spínání relé bylo navrženo tak, aby nebylo umožněno jeho trvalé sepnutí, pokud všechny kontrolní systémy spínání relé nebudou ve správně definovaném stavu.

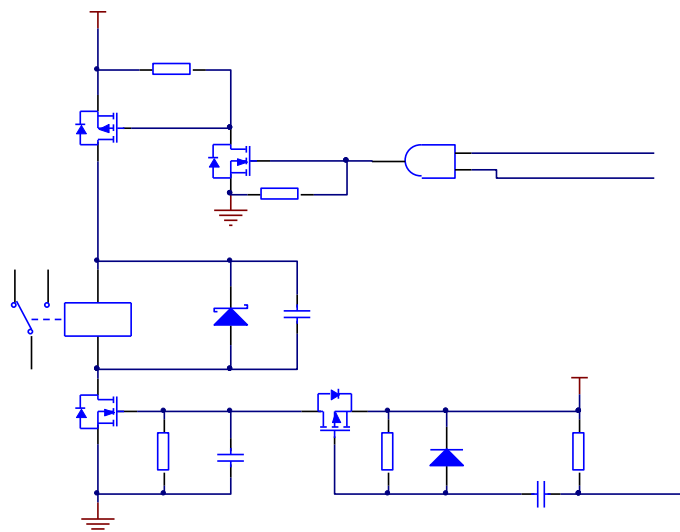
Samotné sepnutí relé je zajištěno P MOSFETem Q2 a N MOSFETEM Q5. Q2 je spínán pomocí N MOSFETu Q3 výstupem AND hradla IC6A. Vstupní signály hradla \FAULT I (IC7) a AC\_ON/OFF (U1) musí mít úroveň lo . 1 aby došlo k sepnutí Q2. Využitím AND hradla je zajištěno rozepnutí relé pokud jeden ze signálů přejde do log. 0.

Signál AC\_ON/OFF je řízen softwarově z MCU viz. 5 .

Signál \FAULT I je výstupem IC7 a je řízen hardwarovým přerušením při překročení nastavitelného limitu (viz. 4.10.2.5 pro maximální hodnotu proudu na 230V AC.

Další spínací prvek Q5 je udržován v sepnutém stavu analogovým hlídacím obvodem,

který je nutné aktualizovat pravidelnou změnou signálu R\_AC\_ N/ FF U1 . Princip zapojení spočívá v nabíjení kondenzátoru C27 přes P MOSFET Q4, ten je pravidelně spínán z U1. Přes kondenzátor C28 je odčerpáván náboj z hradla Q4 což umožňuje jeho sepnutí. Pokud by došlo k nefunkčnosti softwaru MCU U1, byla by přerušena pravidelná změna signálu R\_AC\_ON/OFF. To zapříčiní trvalé nabití C28 přes R22, následné uzavření Q4 a následné rozepnutí Q5 po vybití C27. Tak bude způsobeno rozepnutí relé REL1 a dojde k odpojení dalších modulů od zdroje 230V AC.

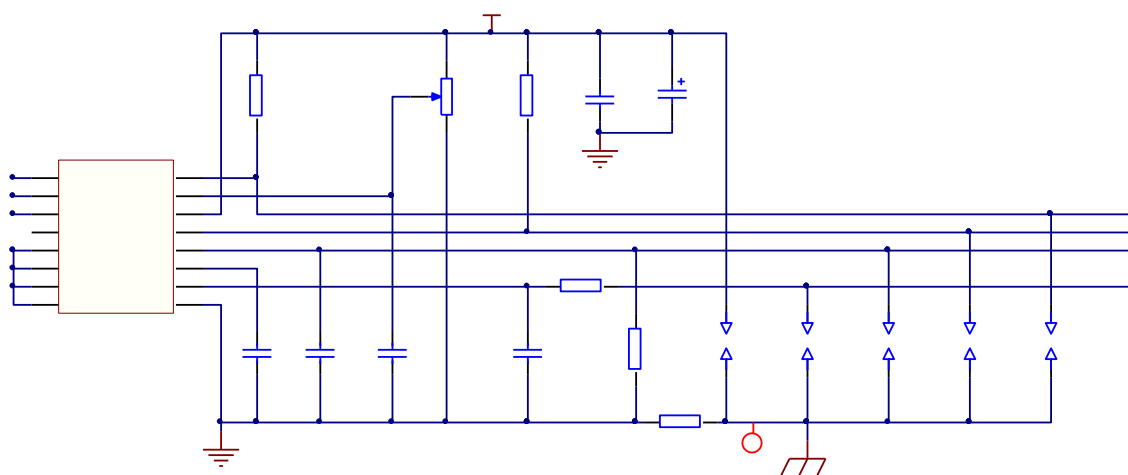


Obr. 4.10.5 Zapojení bezpečného sepnutí relé

#### 4.10.2.5 Měření spotřeby připojených zařízení

Pro diagnostiku správné funkce systému AoA V3 je nezbytné mít informaci o aktuálním příkonu připojených zařízení k 230V AC viz. 5.4.2 .

Zvolil jsem tedy pro měření střídavého proudu integrovaný čip ACS710 LATR-12CB-T s Halloovou sondou, který má linearizovaný výstup do 12,5 A.



Obr. 4.10.6 Zapojení Hallovy sondy ACS710

Do fázového vodiče je vložen integrovaný senzor Hallovi sondy IC7.

Uvnitř čipu IC7 je snímána velikost protékajícího střídavého proudu Hallovou sondou. Velikost výstupního napětí na pinu V<sub>Iout</sub> odpovídá velikosti protékaného proudu fázovým vodičem v poměru 56 mV / 1 A tzv. S<sub>NS</sub>. Nulový protékaný proud pak definuje vnitřní reference vyvedená na pin V<sub>ZCR</sub>, která odpovídá ½ V<sub>cc</sub>. Výstup V<sub>Iout</sub> je pak následně zesílen neinvertujícím zapojením operačního zesilovače IC10B jehož zesílení je nastaveno pomocí trimru R9 a rezistoru R55. Zesilovač je vřazen mezi AD převodník U1 a IC7 tak aby bylo docíleno lepšího rozlišení V/A na vstupu AD převodníku a tím přesnějšího odečtu protékaného proudu.

IC7 má také integrovaný komparátor pro detekci překročení nastavitelné hranice velikosti protékaného proudu – I<sub>C</sub>. Výstupem tohoto komparátoru je pin Fault, tento signál je zaveden do obvodu bezpečného sepnutí relé REL1 (viz. 4.10.2.4), dále je signál zpracován ve směšovači přerušení (viz. 4.10.2.10) a nakonec je signál přiveden na vstupní bránu MCU U1. Funkce komparátoru musí být vždy po každém přerušení znovu povolena signálem Fault\_ N a na pinu IC7 Fault\_en více na 5 .

Hodnota pro I<sub>C</sub> se nastavuje pomocí vzorce:  $V_C = S_{NS} \times I_C = 56 \times 5 = 280$  [mV] tedy: pokud je nastaven dělič napětí V<sub>cc</sub> - trimr R26 tak aby jeho výstup byl 280 mV pak bude detekce nadproudu reagovat při proudu 5 A.

IC7 má vyveden výstupní pin Filter, který je určen pro připojení externího kapacitoru a společně s vnitřním zapojením tvoří filtr typu dolní propust. Tento filtr omezuje výstupní šum měřeného proudu a zároveň snižuje maximální měřitelnou frekvenci proudu. S ohledem na

měření síťového napětí jsem zvolil C35 o velikosti 100 nF. Podle údajů od výrobce 5 tak je omezeno výstupní šumové napětí na cca 500  $\mu$ V.

#### 4.10.2.6 Měření spotřeby AoA V3

Pro diagnostické a informativní účely je systém AoA V3 vybaven měřením vlastní spotřeby.

To je realizováno vřazením měřicího rezistoru R15 s hodnotou 0,1  $\Omega$  do zemního vodiče přes který prochází proud všech stejnosměrných zdrojů (+5 V 7 V 18 V v celém systému AoA V3. Napětí na rezistoru je zesíleno neinvertujícím zapojením zesilovače IC10A, jehož zesílení je nastaveno rezistorem R59 a trimrem R60. Dále je výstup zesilovače SENS\_IB zaveden společně se signálem SENS\_IA na diferenční vstupy AD převodníku U1.

#### 4.10.2.7 Detekce průchodu nulou síťového napětí

Triakový stmívač potřebuje k správné činnosti údaj o průchodu síťového napětí 230V AC kdy dojde k rozpojení nebuzeného triaku. Protože je v systému AoA V3 počítáno s využitím více stmívačů, je tato detekce provedena v řídicím modulu. Výstup detektoru CrDet\_IN je dále distribuován do všech ostatních modulů umístěných na DIN liště systémovým konektorem AoA DIN viz. 4.3.1.1 .

Vstupní signál CrDet je tvořen usměrněným výstupním napětím transformátoru ve zdrojovém modulu (viz. 4.9.2). Maximální napětí vstupního signálu CrDet je omezeno zenerovou diodou D3 a rezistorem R11. Tento signál je dále porovnáván komparátorem Q1A s napětíovou referencí tvořenou trimrem R12 a kondenzátorem C12.

#### 4.10.2.8 Hardwarové řešení I<sup>2</sup>C sběrnice v řídicím modulu

omunikace mezi moduly celého systému AoA V3 je realizována na I<sup>2</sup>C sběrnici. Hlavní řízení sběrnice je realizováno v MCU U1, který má hardwarovou podporu I<sup>2</sup>C. Při návrhu jsem se musel zaměřit na to, abych rozsáhlou strukturu sběrnice rozdělil viz. 4.8 na jednotlivé funkční celky.

V řídicím modulu je I<sup>2</sup>C teploměr a je možno si vybrat z osazovacích variant mezi IC9 TMP101 a IC2 S 95D . Dále je připojena jen paměť IC3 M24512 které je v zařízení AoA V3 využito pro uložení nastavení systému a záznam událostí.

Mezi výstupními konektory řídicího modulu AoA AQ a AoA DIN viz. 4.3.1) je sběrnice I<sup>2</sup>C přepínána pomocí přepínače IC8 (PCA9534). Tím je dosaženo selekce komunikace s moduly na DIN liště a ostatními moduly připojenými pomocí kabelu. Přepínač zároveň umožňuje přenášet signály přerušení \INT0 a \INT1 z rozšiřujících modulů směrem k řídicímu obvodu sběrnice U1.

#### 4.10.2.9 Obvod hodin reálného času

Ke správné funkci systému AoA V3 je nezbytná znalost údaje o reálném čase, od něhož se odvíjí řízení celého připojeného systému. Toho důvodu jsem vybral obvod reálného času IC1 MCP79410, který má integrovanou podporu samočinného přepnutí na záložní zdroj energie jenž je zde tvořen jednou knoflíkovou baterií typu CR2032. Tím bude zachován údaj o aktuálním čase i při výpadku napájení celého systému. Dále má obvod integrovaný časový alarm, jeho výstupní signál MFP je rozveden pomocí systémového konektoru AoA DIN do ostatních modulů.

#### 4.10.2.10 Směšovače přerušení

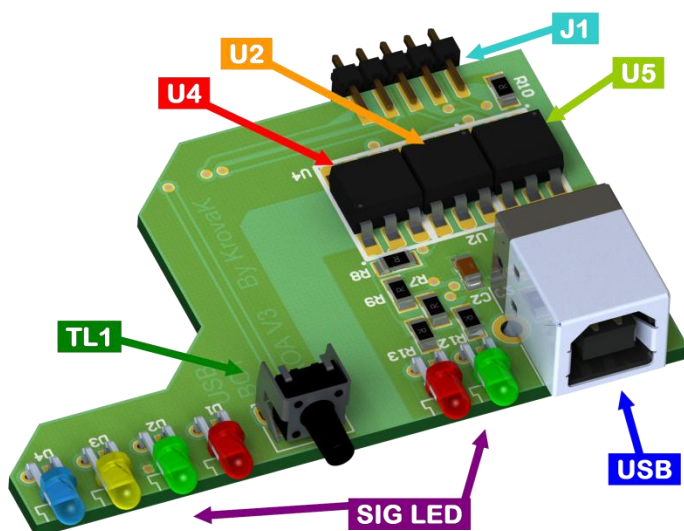
Kvůli nedostatku počtu vstupů hardwarových přerušení u MCU U1, které jsou využity k probouzení MCU z úsporných režimů, muselo být zapojení doplněno o tzv. směšovač přerušení, který je tvořen komparátory Q1B-D. Ze stejných příčin jsou spojeny i přerušovací signály MFP z obvodu IC1 RTC a CrDet. Jejich selekce je realizována spínačem IC4 SN74CBT3306C.

Na všechny neinvertující vstupy komparátorů Q1B-D je přivedena napěťová reference  $\frac{1}{2} V_{cc}$  ta je komparována se vstupními signály: \Fault\_I \INT\_I2C a \INT\_TEMP. Výstupy komparátorů jsou vzájemně propojeny do výstupního signálu \INT2 ten je zaveden na vstupní bránu MCU U1 s hardwarovým přerušením. Tím je docíleno toho, že pokud kterýkoli vstupní signál směšovače přejde ze stavu log. 1 do stavu log.0, MCU U1 bude probuzen z úsporného režimu a přečtením signálů \Fault\_I \INT\_I2C a \INT\_TEMP detekuje zdroj přerušení.

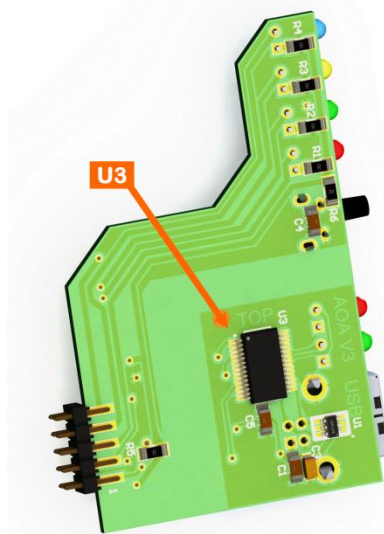
#### 4.10.2.11 Buzení piezo-reproduktoru

Řídící jednotka je vybavena piezo-reproduktorem který je buzen P MOSFETem Q9 ten je řízen MCU U1.

### 4.10.3 Popis hlavních součástí USB rozšiřující desky



Obr. 4.10.8 USB rozšiřující deska - spodní strana DPS



Obr. 4.10.7 USB rozšiřující deska - horní strana DPS

<b>U2</b> a <b>U4</b>	H11L1	Opticky oddělené Schmittovo hradlo $f_{typMA} = 1\text{MHz}$ (NRZ kodování); Izolační pevnost $5,3\text{ kV}_{RMS}$
<b>U3</b>	FT232RL	Převodník UART $\leftrightarrow$ USB Maximální modulační rychlost 3 Mbaud (RS422, RS485, RS232)
<b>U5</b>	CN 17-3	Optočlen s tranzistorovým výstupem Izolační pevnost $5,3\text{ kV}_{RMS}$
<b>TL1</b>	TACTA-68N-F	Multifunkční tlačítko
<b>J1</b>	onektor	Konektor pro připojení k řídicímu modulu
<b>USB</b>	USBb	onektor typu B pro propojení s PC
<b>SIG LED</b>	L D 3mm	Signalizační LED diody různých barev

### 4.10.4 Popis zapojení USB rozšiřující desky

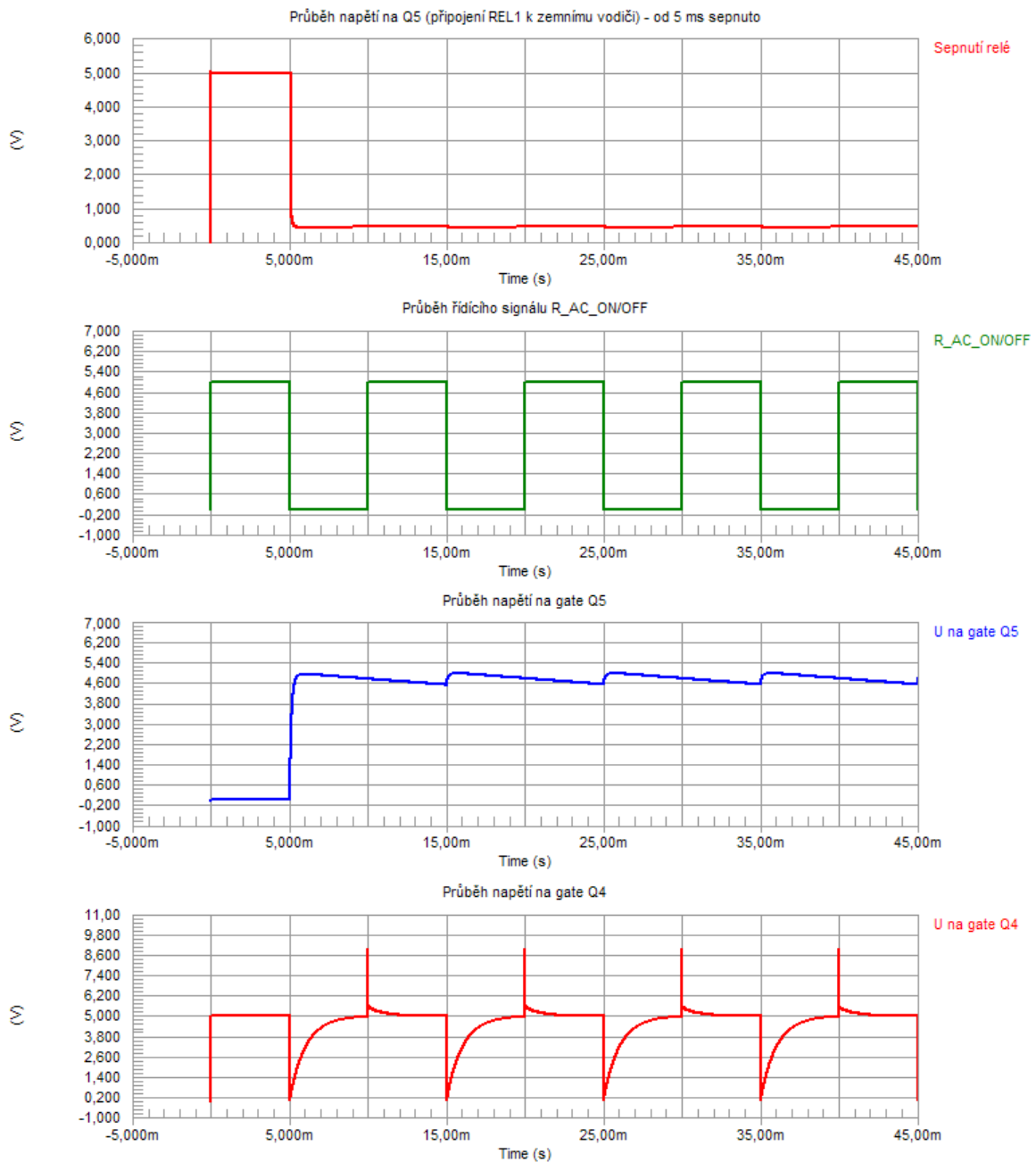
Pro propojení systému AoA V3 s PC jsem navrhl USB rozšiřující desku s galvanicky odděleným převodníkem U3 komunikačních sběrnic USB – UART. Galvanické oddělení signálů sběrnice UART (Rx a Tx) je realizováno optickými převodníky U2 a U4 s výstupní Schmittovým hradlem. Signál RTS je využit pro řízení toku dat z PC, MCU při zahlcení přijímacího zásobníku tímto signálem pozdrží příjem dalších zpráv. Tento signál je také galvanicky oddělen pomocí tranzistorového optočlenu U5.

Převodník U3 je napájen z připojeného PC, aby bylo zachováno galvanické oddělení.

USB rozšiřující deska je dále vybavena tlačítkem TL1 a sadou signalizačních LED diod využitých pro informační systém uživatele AoA V3 viz. 4.7.1.2 a 4.7.1.3 .

#### 4.10.5 Simulace, oživování a měření

V řídicím modulu jsem oživil napájení a detektor průchodu nulou sítě střídavého napětí 230 V. Zbytek řídicího modulu jsem oživit nestihl.



#### 4.11 Zásuvkové moduly

Aby bylo možné připojit elektronická zařízení akvária (čerpadlo, osvětlení, vzduchování, topení aj.), je k tomuto účelu systém AoA V3 vybaven třemi variantami zásuvkových modulů: zásuvka s triakovým stmívačem, zásuvka s relé a zásuvka automatického doplňování vody.

Zásuvkové moduly jsou osazeny do krabičky KP DIN2 a vybaveny běžnou vestavnou zásuvkou.

V každém modulu je osazen MCU který řídí chod dané zásuvky. Tyto MCU jsou v hierarchii priority řízení systému podřízeny MCU v hlavní řídicí jednotce viz. 4.8 .

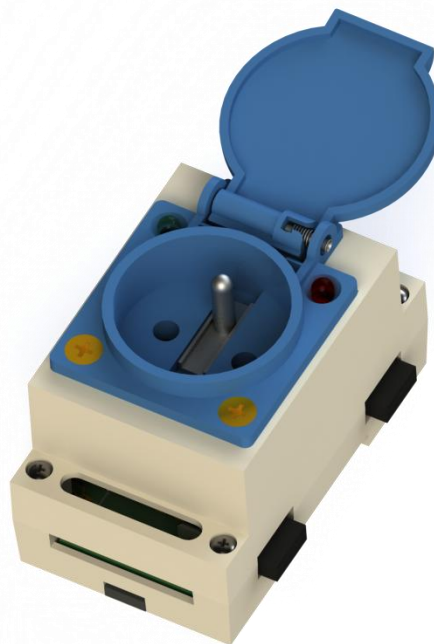
V zásuvkových modulech je implementován detektor připojení fázového vodiče vestavné zásuvky ke zdroji střídavého napětí 230 V. To umožňuje systému AoA V3 dia nostikovat nefunkčnost připojeného elektronického zařízení akvarijní nádrže viz. 5.4.2 .

Propojení modulů je řešeno pouze systémovými konektory AoA DIN a AoA 230 viz. 4.3), není tedy zapotřebí žádné kabeláže k připojení zásuvkových modulů do systému.

Zásuvkový modul s relé je určen pro připojení elektronického vybavení s menší četností spínacích cyklů během jednoho dne např. osvětlení, vzduchovací kompresor aj. .

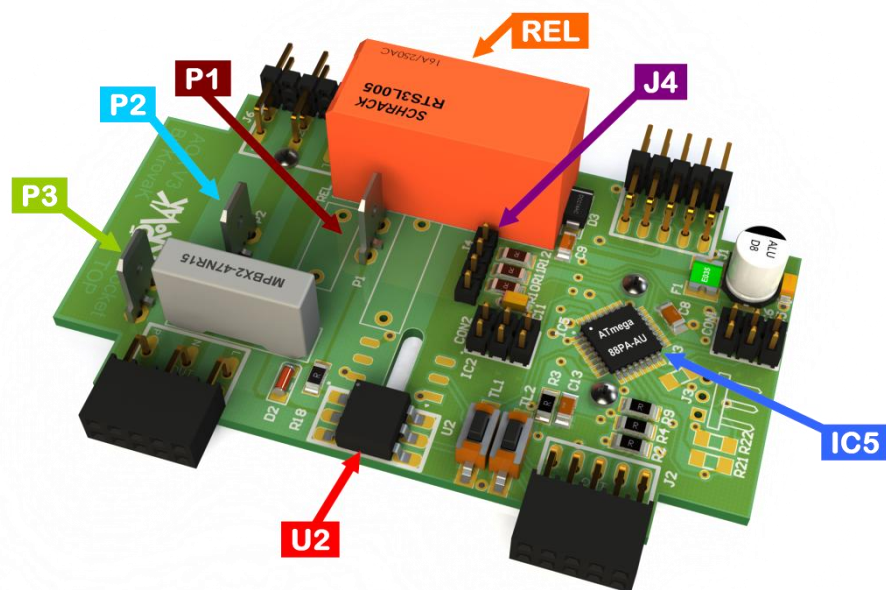
Zásuvkový modul s triakovým stmívačem je určen nejen pro připojení osvětlení akvarijní nádrže s klasickými vláknovými žárovkami, ale také umožňuje regulaci výkonu topných těles akvarijní nádrže. Dále je tento modul vhodný pro připojení často spínaných zařízení, jako je např. filtrační čerpadlo.

Zásuvkový modul pro automatické doplňování vody je navíc vybaven konektorem pro připojení dvoustavového sledování hladiny ustálené vody pro doplňování akvarijní nádrže. Tento modul může být osazen spínacím prvkem zásuvky jak relé, tak i triakem - to je možné volit dle požadavku uživatele na linearitu výšky hladiny a velikosti nádrže. Záleží na tom jak často bude třeba spínat doplňovací čerpadlo a jak rychle se výška vody v akváriu mění.

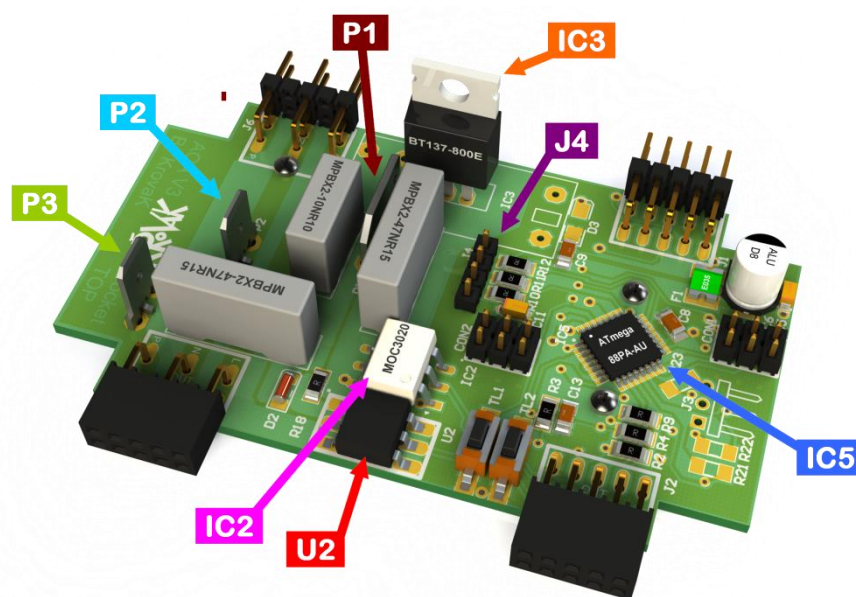


Obr. 4.11.1 Zásuvkový modul

## 4.11.1 Popis hlavních součástí



Obr. 4.11.2 Zásuvkový modul s relé - horní strana DPS

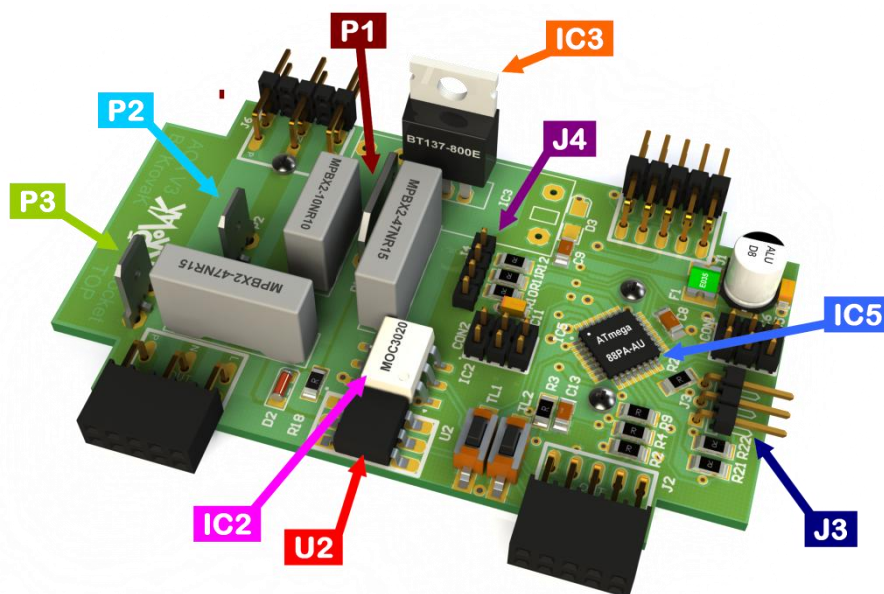


Obr. 4.11.3 Zásuvkový modul s triakovým stmívačem - horní strana DPS

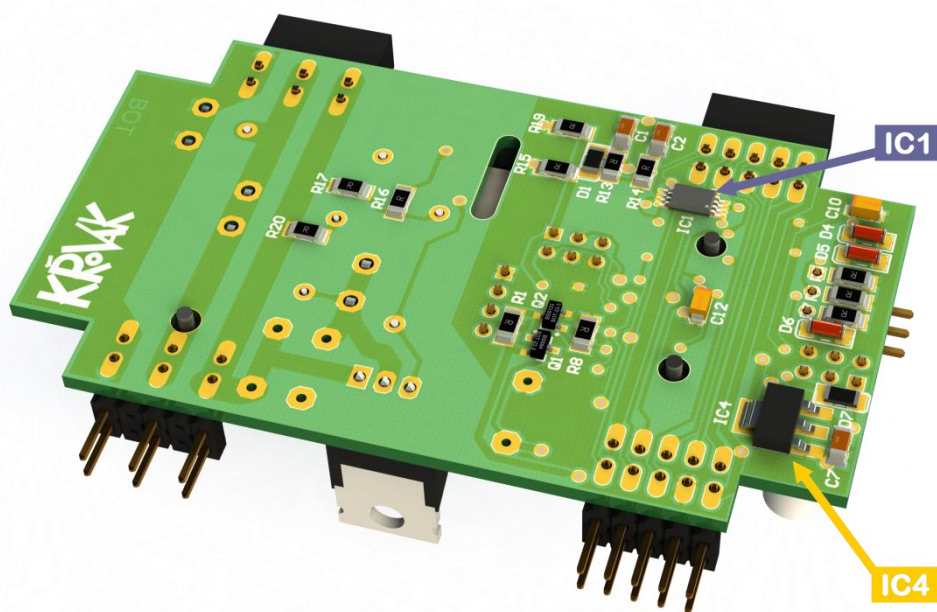
<b>IC2</b>	M C3020	Optický izolátor s triakem Izolační pevnost 5,3 kV <sub>RMS</sub>
<b>IC3</b>	BT137-800	Triak U <sub>DRM</sub> 800 V I <sub>trvalý(RMS)</sub> 8 A I <sub>peakMA</sub> 65 A
<b>REL</b>	RTS3L005	Relé I <sub>trvalý(RMS)</sub> 16 A I <sub>peakMA</sub> 165 A R <sub>coil</sub> = 62 Ω
<b>IC5</b>	ATmega88PA-AU	Mikrokontrolér 8K Bytu FLASH; 512K Bytu EEPROM; 1K Byt SRAM; 3× Timer 6× PWM; 10-bit ADC USART I <sup>2</sup> C Watchdog aj.
<b>U2</b>	CN 17-3	Optočlen s tranzistorovým výstupem Izolační pevnost 5,3 kV <sub>RMS</sub>
<b>J4</b>	onektor	Konektor pro připojení signalizačních LED diod



<b>J3</b>	onektor	onektor senzoru pro připojení snímacích elektrod měření hladiny
<b>P1</b>	Faston 4 7 mm	Konektor pro připojení fázového vodiče vestavné zásuvky
<b>P2</b>	Faston 4 7 mm	Konektor pro připojení středního vodiče vestavné zásuvky
<b>P3</b>	Faston 4 7 mm	Konektor pro připojení ochranného vodiče vestavné zásuvky
<b>IC4</b>	TLV1117-5	Lineární zdroj $U_{out} = 5V$ $I_{outMA} = 800 mA$ $V_{inMA} = 16V$
<b>IC1</b>	SN74CBT3306C	Odpojovač I <sup>2</sup> C sběrnice $R_{onT P} = 3 \Omega$ $I_{ccMA} = 3 \mu A$ ;



Obr. 4.11.4 Zásuvkový modul pro automatické doplňování vody - horní strana DPS



Obr. 4.11.5 Zásuvkový modul - spodní strana DPS

## 4.11.2 Popis zapojení

### 4.11.2.1 Napájení zásuvkových modulů stejnosměrným napětím

Do modulů jsou přivedeny stejnosměrné zdroje napětí (5 V 7 V 18 V) systémovým konektorem AoA DIN viz. 4.3.1.1 . droj 7 V je chráněn na vstupu do modulu 350mA vratnou pojistkou F1.

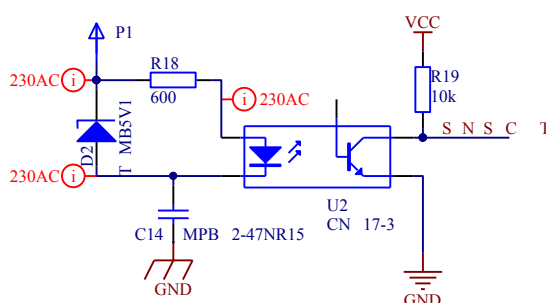
Napájení většiny komponent stejnosměrným napětím Vcc o velikosti +5 V zajišťuje lineární stabilizátor IC4.

### 4.11.2.2 Odpojovač I<sup>2</sup>C sběrnice

V modulech je pomocí obvodu IC1 realizována funkce I<sup>2</sup>C odpojovače. To umožňuje každému modulu přerušit signálů I<sup>2</sup>C sběrnice do dalších modulů. Této funkce je využito při inicializaci více modulů najednou např. po výpadku napájení viz. 4.8 .

### 4.11.2.3 Detektor sepnutí fázového vodiče vestavné zásuvky

Každý modul má implementován detektor připojení fázového vodiče P1 vestavné zásuvky ke zdroji střídavého napětí 230 V. Tím je řízení systému AoA V3 schopno vyhodnotit správnou funkci daného zásuvkového modulu a současně je to jedna z informací vedoucích k detekování poruchy připojeného elektrického zařízení akvária k zásuvkovému modulu viz. 5.4.2 .



Obr. 4.11.6 Schéma senzoru fázového vodiče

Funkce senzoru spočívá v tom, že po sepnutí relé nebo triaku je připojen faston P1 k síťovému zdroji střídavého napětí 230 V.

Při náběžné půlplně síťového napětí je na kombinaci rezistoru R18 a diody v U2 udržováno napětí cca 5,1 V pomocí zenerovy diody D2. Anoda D2 je společně s katodou diody U2 připojena na kondenzátor C14. Tím je chráněna D2 proti zničení, protože C14 se nabíjí přes D2 a U2 a jeho napětí sleduje napětí na fázovém konektoru P1 (napětí C14 je zmenšeno úbytkem na D2). V této fázi má optočlen U2 sepnutý výstupní tranzistor a signál S N\_S C T je v lo 0.

Při doběžné půlplně je C14 vybíjen přes D2 do fázového vodiče (dodává energii do sítě). Výstupní signál U2 je v této fázi log.1 (viz. br. 4.11.7 a br. 4.11.8 .

Pokud relé nebo triak není sepnutý tak výstupní signál U2 je v logice 1.

Toto zapojení jsem navrhnul, protože jsem nebyl spokojen s běžným detektorem tohoto typu který omezuje proud pomocí rezistoru na celém rozsahu střídavého napětí 230 V a je tedy nutno použít výkonový rezistor. Mé zapojení má příkon pouze na rozsvícení LED diody v U2 a jinak spotřebovává pouze jalový proud, který běžné domácnosti nemají zpoplatněn. Funkčnost toho návrhu jsem nejdříve ověřil simulací (viz. obr. 4.11.9 v návrhovém systému Altium Designer).

#### 4.11.2.4 Osazovací verze jednotné DPS

Všechny tři varianty zásuvkových modulů jsou osazeny na jednotném návrhu DPS. Tak je dosaženo snížení nákladů na výrobu filmových matric DPS. Tato metoda umožňuje osazovat na DPS jednotné komponenty pro všechny moduly a podle požadavků na verzi modulu pak do-osadit specifické komponenty pro danou verzi modulu.

#### 4.11.2.5 Osazovací verze s relé

Sepnutí relé REL ovládá MCU signálem RELE\_ON/OFF a samotné sepnutí zajišťuje sestava P MOSFETu Q1 a N MOSFETU Q2. Aby nedošlo k jejich zničení při rozeznutí relé, je k němu paralelně připojena Schottkyho dioda D3, přes kterou se při rozeznutí relé vybijí energie vnitřní cívky.

#### 4.11.2.6 Osazovací verze s triakem

Triak IC3 je spínán pomocí optočlenu IC2. Spínání je řízeno časovačem v MCU za použití systémového rozvodu detekce nuly CrDet. Triak IC3 je vybaven tlumiči rázového napětí, které jsou tvořeny sestavou kondenzátorů a rezistorů (C3, C4, R16, R17 a R20), ty zabraňují poškození hradla ve stmívačovém režimu, kdy se spíná triak i při maximálním síťovém napětí 320 V.

#### 4.11.2.7 Osazovací verze pro automatické doplňování vody

Tento modul je vybaven konektorem J4 který slouží k připojení kontaktů umístěných na stěně nádrže na vodu určené k doplňování. Tyto jednoduché kontakty jsou tvořené nerezovými šrouby, ke kterým jsou přišroubovány kontaktní vodiče z vnější strany nádrže.

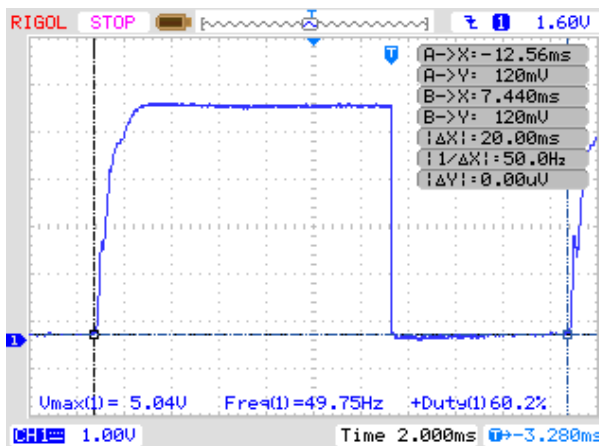
Princip snímání hladiny spočívá ve využití vlastní vodivosti vody v nádrži. Vždy jeden kontakt je pomocí výstupní brány MCU IC5 připojen k Vcc (tzv. aktivní kontakt) a zbylé dvě vstupní brány propojené s kontakty v nádrži jsou přepnuty do vstupního stavu a je vyčítána jejich logická napěťová úroveň. Pokud je kontakt zaplaven vodou a aktivní kontakt též je

jeho výstup vyčten jako  $\log . 1$  pokud je vyčtena  $\log . 0$ . Aktivní kontakty se periodicky střídají, aby nedošlo k vytvoření galvanického článku.

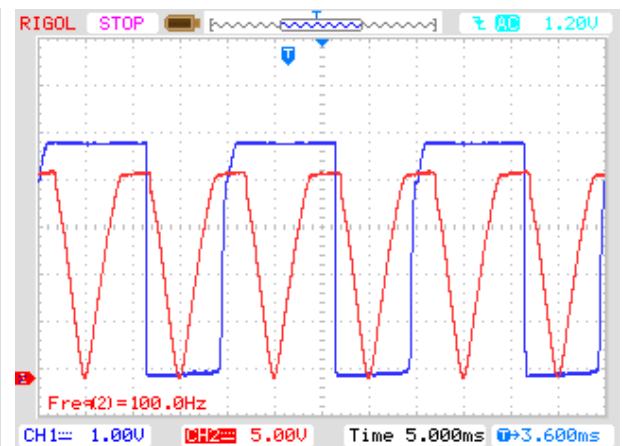
Vodiče konektoru jsou na vstupu do DPS chráněny zenerovými diodami D4-D6. Dále jsou trvale uzemněny  $560k\Omega$  rezistory R5-R7 aby nezatopený kontakt vykazoval  $\log . 0$ . Sériové rezistory R21-R23 jsou vřazeny tak, aby ochránily vstupní brány MCU v případě, že by došlo k jejich vyzkratování.

#### 4.11.3 Simulace, ožívování a měření

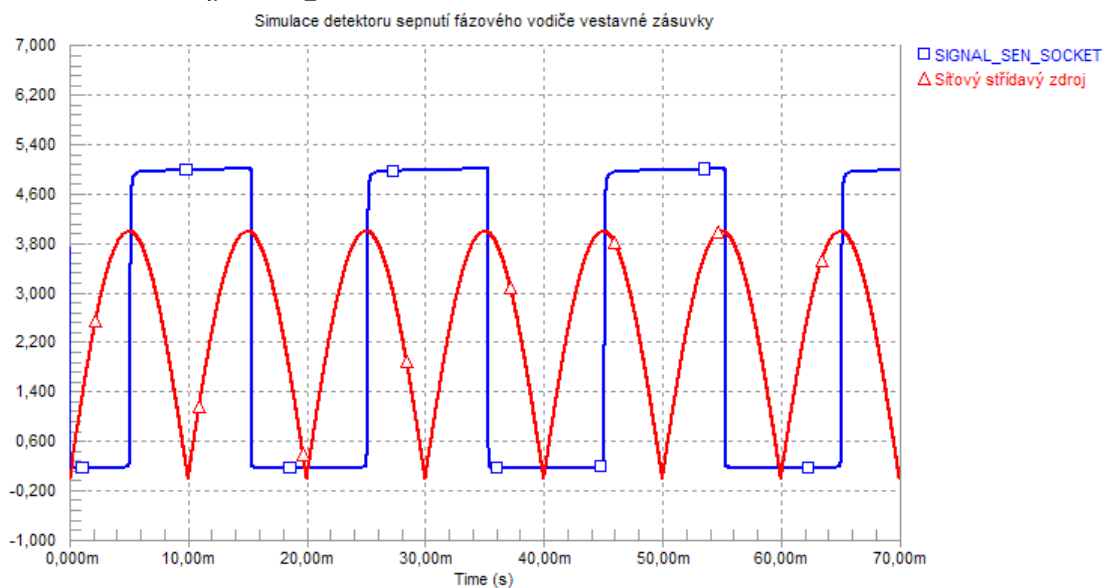
Všechny tři varianty zásuvkových modulů jsem osazoval najednou, abych si ušetřil čas hledáním konkrétních součástek. Tyto moduly jsem kompletně oživil.



Obr. 4.11.7 Detail signálu SEN\_SOCKET



Obr. 4.11.8 Signál SEN\_SOCKET (CH1)

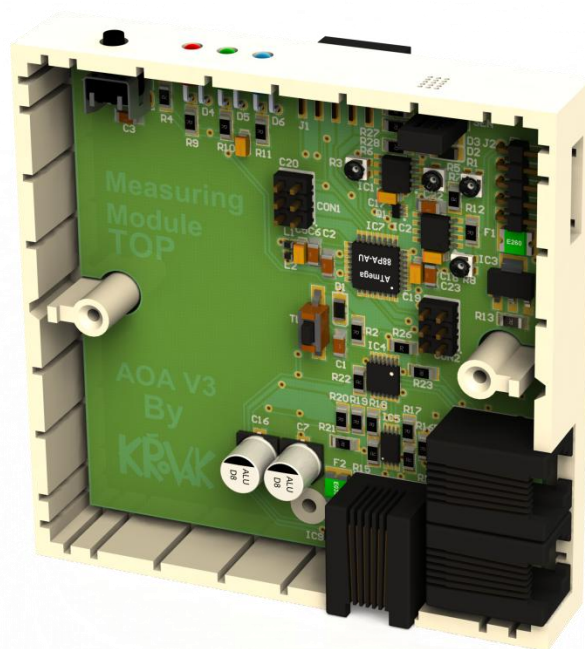


Obr. 4.11.9 Simulace průběhu signálu SEN\_SOCKET

#### 4.12 Měřicí modul

Pro správnou funkci systému AoA V3 je nezbytné mít k dispozici data o řízené akvarijní nádrži. Pro tento účel je systém vybaven měřicím modulem.

V tomto modulu je realizováno zpracování výstupů ze senzorů WL modulu (teplota vody, výška hladiny vody a intenzita okolního osvětlení) a modulu krmení (stav zásob krmiva v zásobníku). Dále je zde měřena teplota a vlhkost okolního vzduchu.



Obr. 4.12.1 Měřicí modul

Modul je určen k propojení systémovým konektorem AoA AQ s řídicím modulem. Dále je vybaven konektory AoA AQM, které jsou určeny k připojení dalších modulů např. informačního modulu. Na modul je napojen i modul krmení a WL modul.

Komunikace s řídicím modulem probíhá po I<sup>2</sup>C sběrnici, modul je vybaven opakovačem a odpojovačem sběrnice. Dále je zde umístěn přepínač I<sup>2</sup>C sběrnice na konektory AoA AQM. Uspořádání odpojovače a přepínače umožňuje komunikaci mezi měřicím modulem a moduly připojenými konektorem AoA AQM při tomto režimu je odpojována I<sup>2</sup>C sběrnice od řídicího modulu.

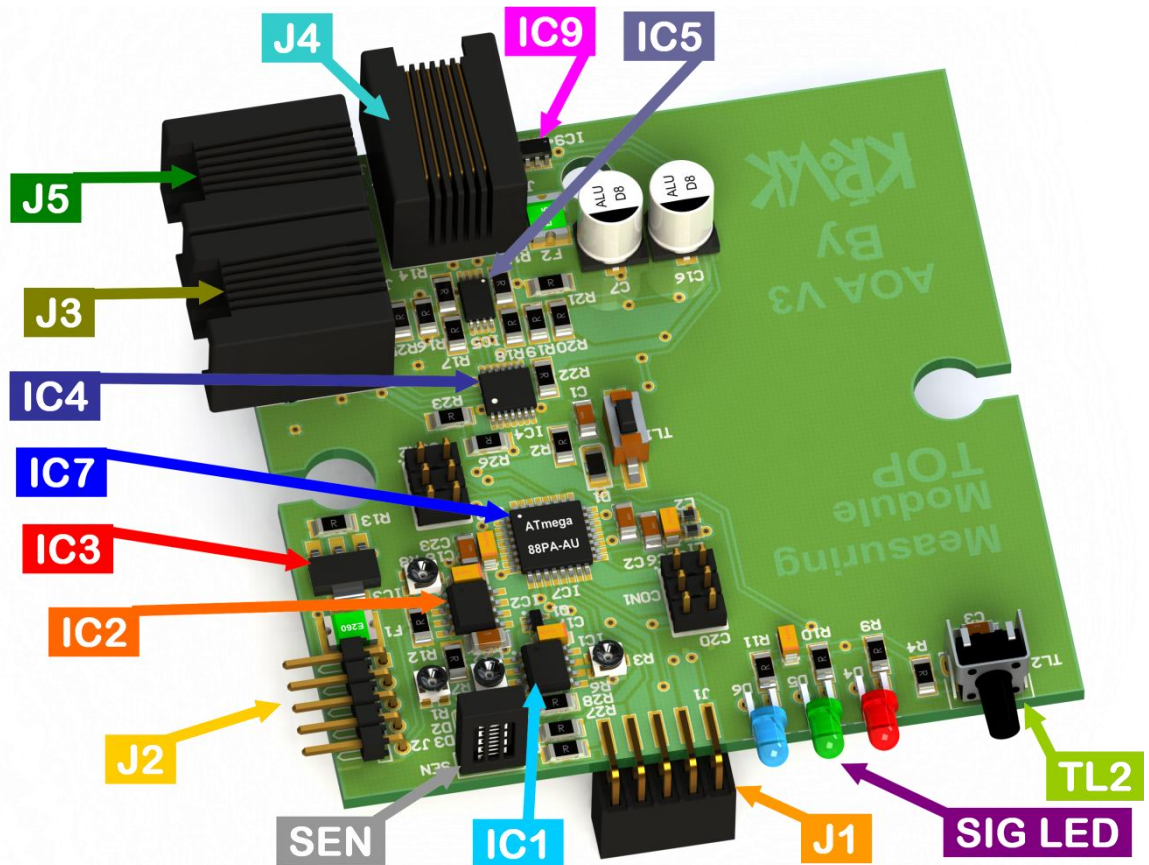
Modul je vybaven signalizačními LED diodami pro kontrolu uživatele o správné funkci systému AoA V3 pouhým okem viz. 4.7.2 .

AD převodník MCU v modulu je využit k měření výstupních signálů z WL modulu a modulu krmení. Informace o intenzitě okolního osvětlení je dále využita k regulaci jasu stavových LED diod, aby v noci nerušila jasným svitem vzhled akvária.

Dále je modul vybaven tlačítkem pro potvrzení akutního poruchového stavu systému. Tlačítko je možné využít také k rozsvícení nočního osvětlení akvária.

Modul je navržen k umístění na stěnu akvarijní nádrže.

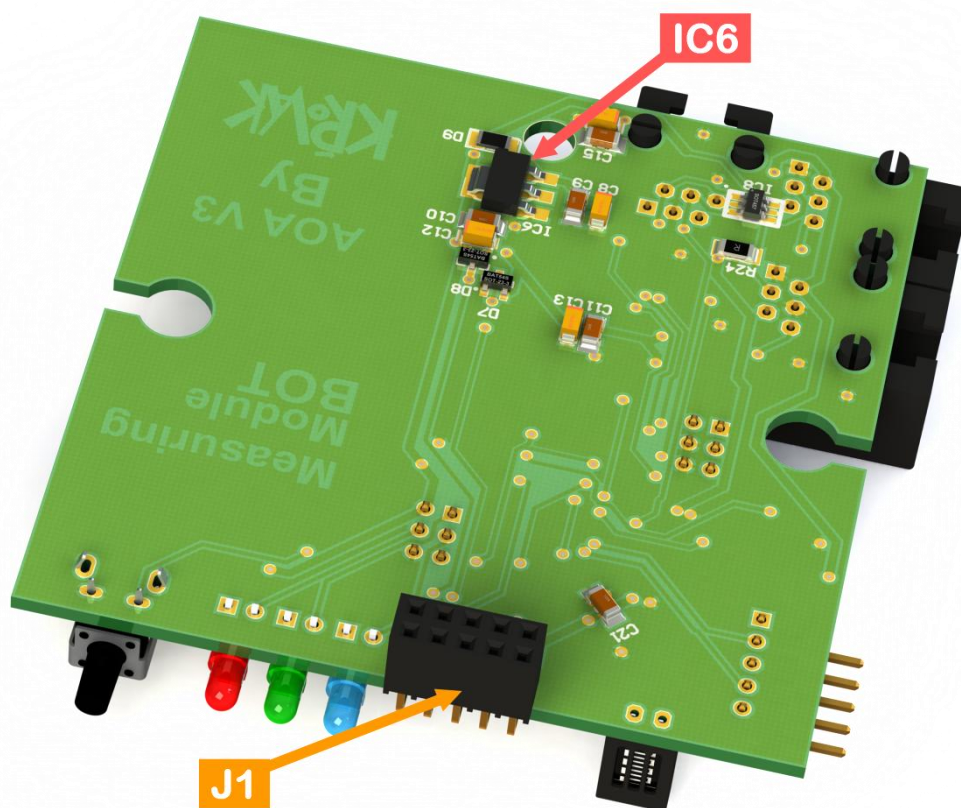
## 4.12.1 Popis hlavních součástí



Obr. 4.12.2 Měřicí modul - horní strana DPS

<b>IC1</b> a <b>IC2</b>	MCP602-1/2	Operační zesilovač Nesymetrické napájení; Typ: Rail-to-rail GBWP 2,8 MHz
<b>IC3</b>	IRFL014	I <sup>2</sup> C 64 bytes PR M Velikost stránky 128 bytu; Vstupní šumový filtr;
<b>IC4</b>	PCA9543APW	I <sup>2</sup> C přepínač sběrnice R <sub>onT P</sub> = 9 Ω; I <sub>ccMA</sub> 8 μA; f <sub>MA</sub> = 400 kHz; 2 výstupy I <sup>2</sup> C
<b>IC5</b>	PCA9517	Lineární zdroj U <sub>out</sub> 5V I <sub>outMA</sub> 800 mA V <sub>inMA</sub> 16V
<b>IC7</b>	ATmega88PA-AU	Mikrokontrolér 8K Bytu FLASH; 512K Bytu EEPROM; 1K Byt SRAM; 3× Timer 6× PWM; 10-bit ADC USART I <sup>2</sup> C Watchdog aj.
<b>IC9</b>	TMP101	I <sup>2</sup> C Teploměr s alarmem Rozsah -25 až 85 °C; Tolerance ±2°C; MAX rozlišení 0,0625 °C;
<b>J2</b>	onektor	Konektor pro připojení modulu krmení
<b>J3</b>	onektor RJ12	Konektor pro připojení rozšiřujícího modulu
<b>J4</b>	onektor RJ12	Konektor pro připojení řídicího modulu
<b>J5</b>	onektor RJ12	Konektor pro připojení rozšiřujícího modulu
<b>SEN</b>	S H-2RS	Kapacitní senzor vlhkosti
<b>SIG LED</b>	L D diody	Signalizační LED diody o průměru 3 mm
<b>TL2</b>	Tlačítko	Multifunkční tlačítko

<b>IC6</b>	TLV1117-5	Lineární zdroj $U_{out}$ 5V $I_{outMA}$ 800 mA $V_{inMA}$ 16V
<b>J1</b>	onektor	Konektor pro připojení WL modulu



Obr. 4.12.3 Měřicí modul - spodní strana DPS

## 4.12.2 Popis zapojení

### 4.12.2.1 Napájení měřicího modulu

Do měřicího modulu je přivedeno pomocí systémového konektoru AoA AQ – J4 viz. 4.3.3 mimo jiné stejnosměrné napětí +7 V, které je chráněno vratnou pojistkou F2 350 mA.

Zdroj 5V napájení Vcc je realizován pomocí lineárního stabilizátoru IC6. Napájení Vcc je rozvedeno na DPS ke všem obvodům. Dále je přivedeno na konektor J1, který je určen k připojení WL modulu (viz. 0).

Napájení AD převodníku MCU IC7 je připojeno přes filtr tvořený L1, L2, C5 a C6.

### 4.12.2.2 Řízení I<sup>2</sup>C sběrnice

Sběrnice I<sup>2</sup>C je na vstupu do DPS chráněná proti ESD pomocí IC8. Dále jsou připojeny zdvihací odpory signálových vodičů sběrnice.

Následně je ze signálu SDA vyveden do hardwarového přerušení MCU signál SDA\_INT. Ten je důležitý, protože sběrnice je dále přerušena opakovačem/odpojovačem

signálů IC5, který když je vypnut, tak MCU nemá připojenu svou vstupní bránu sběrnice k systémovému konektoru J4 a řídicí jednotka s ním nemůže přímo komunikovat. Signál SDA\_INT je proto využit pro přerušení MCU kde je v softwarové obsluze přerušení zapnut IC5 a zároveň jsou odpojeny ostatní moduly pomocí IC4. IC5 je řízen signálem I2C\_IN\_EN.

Za IC5 je na sběrnici připojen MCU a přepínač sběrnice IC4. Tím je sběrnice dále rozdělena mezi systémové konektory AoA AQM J3 a J5 a komponenty na DPS s propojeným konektorem J1. Konektor J1 souží k připojení WL modulu.

Přepínač IC4 má využit pouze jeden vstup přerušení \INT0 kterého je užito pro přenos signálu přerušení z modulů připojených k systémovým konektorům AoA AQM. Výstupní signál přerušení \I2C\_INT je zaveden na vstupní bránu přerušení MCU.

Protože všechny výše popsané komponenty ovládají signálové vodiče pomocí zapojení s otevřenými kolektory, jsou všechny vodiče dovybaveny zdvihacími rezistory R14-R26.

#### 4.12.2.3 Ovládání modulu krmení

připojení modulu krmení je využit konektor J7. Na první pin konektoru je připojeno, přes vratnou pojistku 350mA F1, napájecí napětí +7 V. Aby MCU nemusel neustále udržovat střidu řídicího signálu servomotoru SERV\_MOT, je zemní vodič třetího pinu konektoru připojován pomocí N M SF Tu IC3 pouze v případě, že probíhá cyklus krmení nebo je měřen stav zásobníku krmení.

Signál KRM\_IR\_ON slouží k sepnutí měření stavu zásobníku krmiva pomocí IR senzoru. Jeho výstup je pak vyveden signálem KRM\_IR (viz. 4.12.2.3 .

#### 4.12.2.4 Zpracování výstupů IR čidel připojených modulů

modulu jsou připojeny přes konektory J1 a J2 dva IR senzory jejich výstupní signály WL\_IR a KRM\_IR jsou připojeny na neinvertující vstupy operačních zesilovačů IC1B a IC2A. Jejich zesílení je nastaveno pomocí trimrů R3 a R8. Výstupy WL\_OUT a KRM\_IR\_OUT jsou zavedeny na vstupní bránu AD převodníku MCU.

#### 4.12.2.5 Měření teplot

V modulu je umístěn senzor teploty IC9, který komunikuje pomocí I<sup>2</sup>C sběrnice s MCU.

Dalším připojeným teploměrem je DS18B20. Ten měří teplotu vody v akvarijní nádrži a je připojen pomocí konektoru J1 signál 1\_Wire.

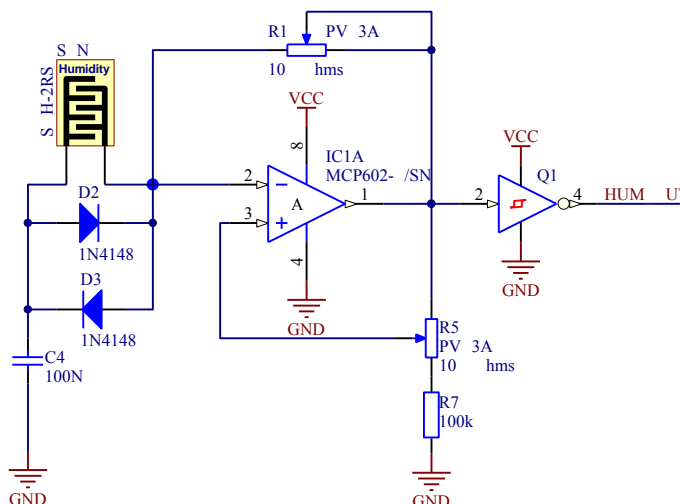
#### 4.12.2.6 Měření vlhkosti

Systém jsem chtěl doplnit o funkci měření vlhkosti okolního vzduchu, a proto jsem po zvážení svých finančních možností zvolil nejlevnější dostupný kapacitní senzor vlhkosti



S H-2RS s tím, že ho otestuji. V případě požadavku na přesné měření vlhkosti vzduchu bych zvolil některý integrovaný senzor s auto-kalibrací např. SHT11, který komunikuje pomocí I<sup>2</sup>C sběrnice.

Následující zapojení bylo pouze nasimulováno ve vývojovém prostředí Altium designer viz. br. 4.12.5 před umístěním na DPS nebyla funkce ověřena praktickým zapojením. Přiznám se, že co se týče přesnosti měření, jsem trochu skeptický, protože velikost kapacity se mění v rozsahu tří řádů (nF až  $\mu$ F).



Obr. 4.12.4 Schéma zapojení měření vlhkosti vzduchu

Jako vhodné řešení mě napadlo zapojit kapacitní senzor SEN do vazby operačního zesilovače IC1A, který je zapojen jako relaxační generátor. Komparační úroveň se nastavuje pomocí trimru R5. Trimr R1 je použit k nastavení velikosti proudu protékajícím SEN a umožňuje měnit základní výstupní frekvenci signálu HUM\_OUT.

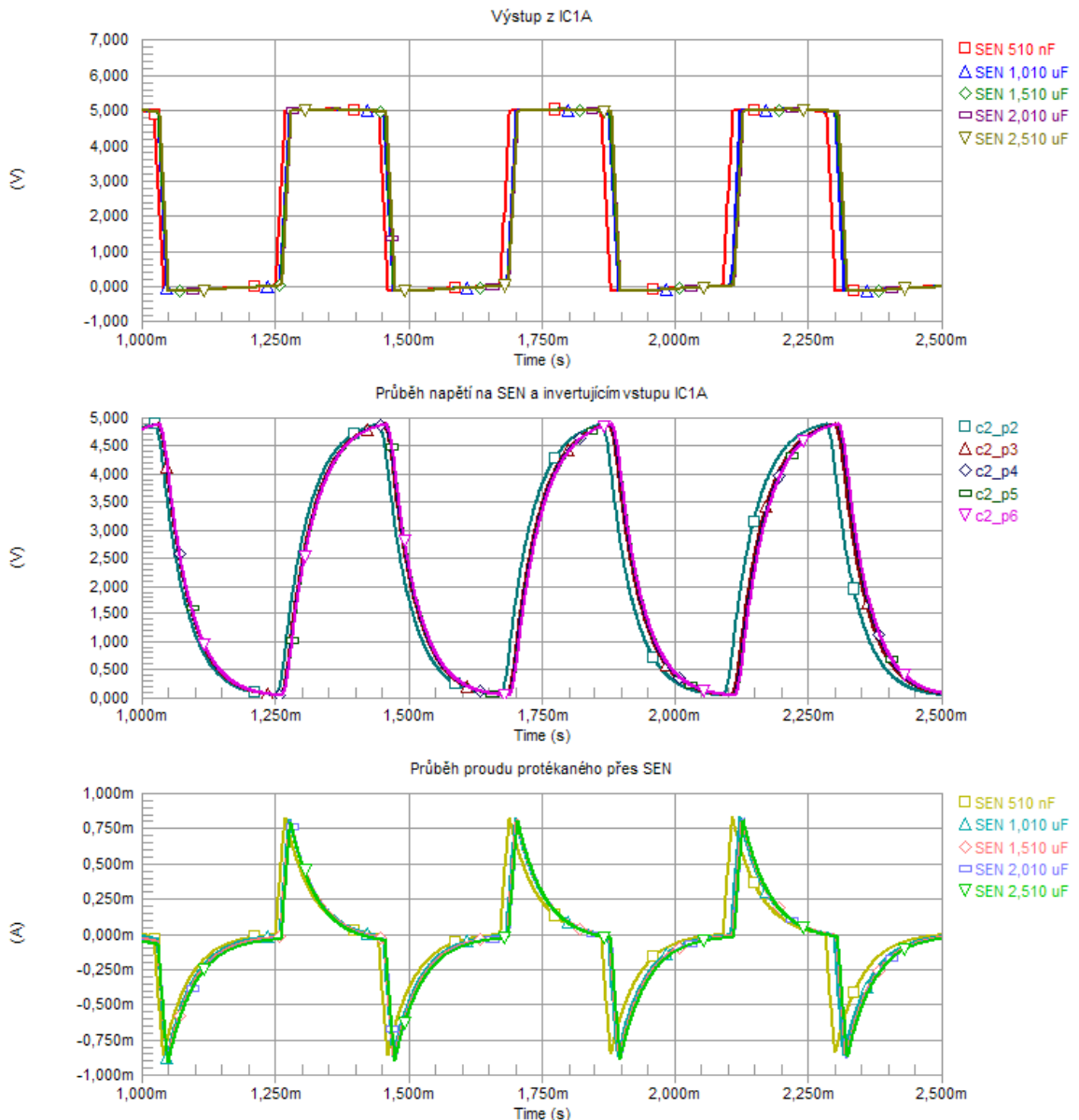
Výrobce senzoru SEN ve velice stručném katalogovém listu udává maximální napětí na výstupech senzoru 1 V RMS. Jako nejjednodušší řešení pro tento požadavek jsem zvolil překlenutí SEN diodami D2 a D3, za kterými je proti GND připojen kondenzátor C4. Kapacita C4 je také nabíjena proudem protékajícím přes SEN, její velikost je „konstantní“ a ve výstupním signálu se dynamicky neprojevuje.

Výstupní signál IC1A je připojen na vstup Schmittova hradla, které tvaruje výstupní signál HUM\_OUT na přesný obdélníkový průběh, jenž je přiveden na vstupní bránu čítače T1v MCU.

Co se týče funkčnosti zapojení, obávám se dynamických změn vodivosti SEN, které budou mít zcela jistě vliv na velikost nabíjecího proudu senzoru a kondenzátoru C4. Měření vlhkosti ovlivňuje nepochybně také teplota vzduchu, ale protože je v modulu měřena bude možné provádět kalibraci výsledků.

V průběhu psaní tohoto popisu zapojení mě napadlo ještě možné vylepšení. Zapojení by šlo rozšířit o měření diferenčního napětí na trimru R1, tím bych rozšířil vstupní data vyhodnocovacího algoritmu o velikost nabíjecího proudu a bylo by možné testovací měření zpřesnit.

#### 4.12.3 Simulace, oživování a měření

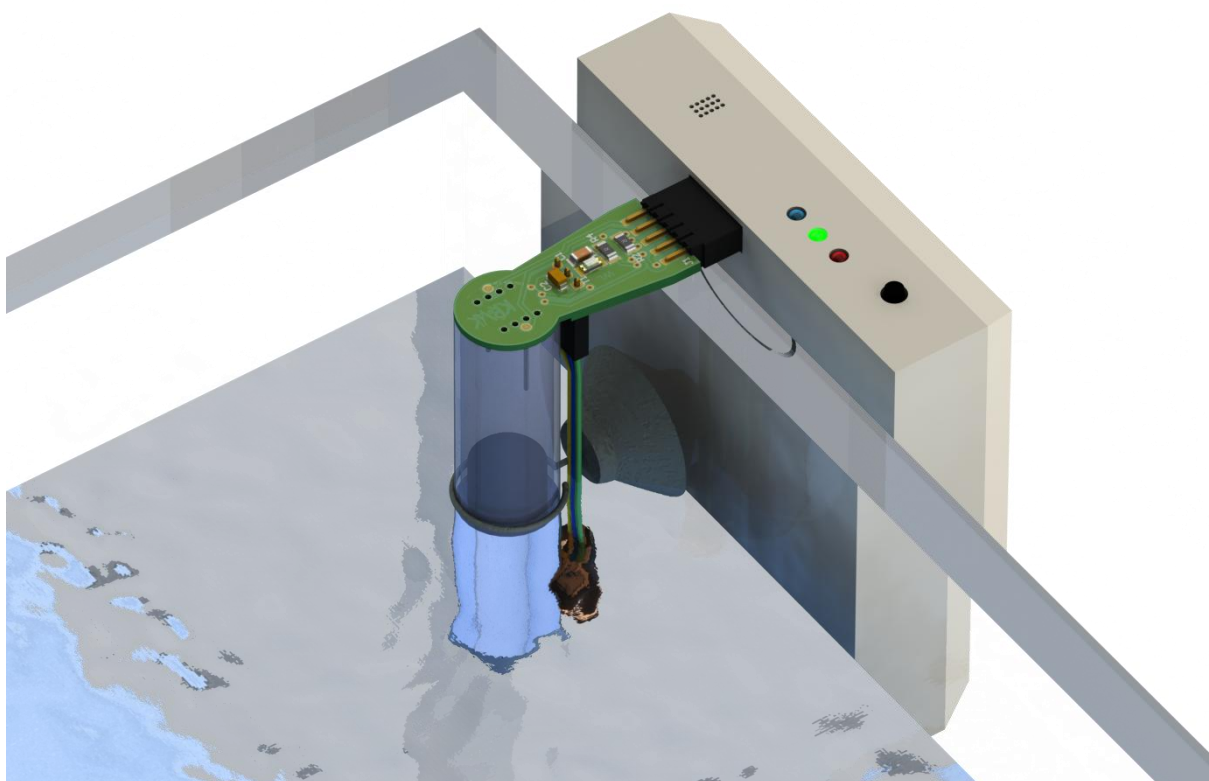


Obr. 4.12.5 Průběh simulace signálů zapojení měření vlhkosti

#### 4.13 WL modul

WL modul je senzorický modul systému AoA V3 určený pro měření parametrů vody v akvarijní nádrži: výška hladiny a teplota vody. Dále je v tomto modulu umístěn senzor pro měření intenzity okolního osvětlení.

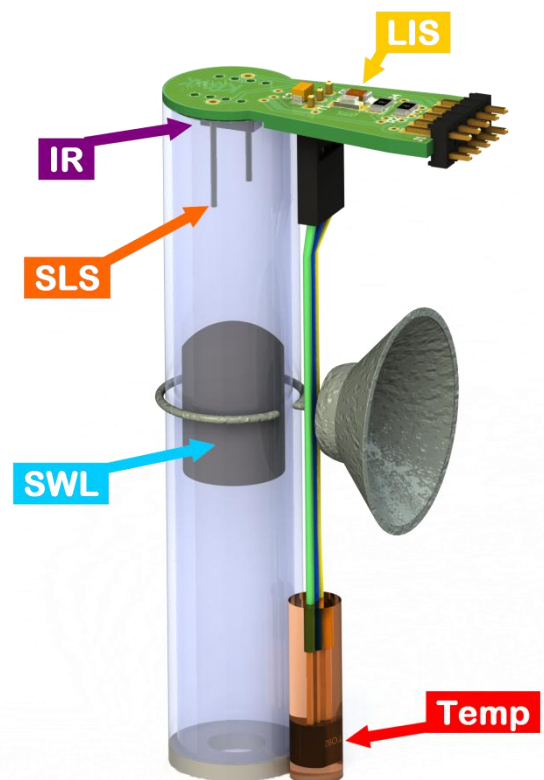
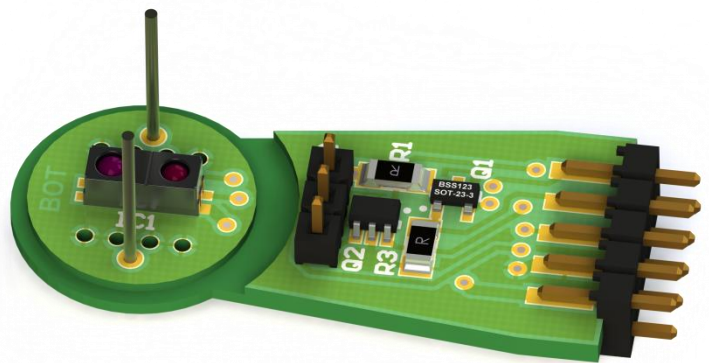
Modul je určen k uchycení pomocí přísavky na vnitřní stranu stěny akvarijní nádrže s plovákovým snímačem výšky hladiny a senzorem teploty je určena k ponoření do vody. Modul je přímo propojen s měřicím modulem a dohromady tvoří celek měřicího systému parametrů akvarijní nádrže AoA V3.



Obr. 4.13.1 Sestava WL modulu a měřicího modulu umístěné v akvarijní nádrži

#### 4.13.1 Oživování a měření

S prvním testováním navrženého řešení snímání výšky hladiny (viz. 0 jsem začal ještě před započítím ostatních návrhů DPS modulů systému AoA V3. Senzor byl řízen pomocí generátoru obdélníkového průběhu a výstup byl snímán pomocí osciloskopu.



#### 4.14 Informační modul



Toto je jediný modul, který jsem prozatím zachoval z předchozí verze.

## 5 Popis funkcí

Protože v systému AoA V3 jsou implementovány hardwarové prvky podporující jednotlivé softwarové funkce, je v této kapitole uveden jejich stručný popis a nastíněn princip softwarového řešení, které ještě nebylo zrealizováno.

### 5.1 Připojení nového modulu za běhu zařízení a detekce jeho pozice

Tato funkce je založena na odpojovačích I<sup>2</sup>C sběrnice a signálu PBD. Každý neinicializovaný modul má pevně nastavenou jednotnou adresu pro I<sup>2</sup>C sběrnici. Tato adresa je nastavena do řadiče vždy po náběhu napájení daného MCU.

Každý modul v tomto stavu definuje dominantní úroveň signálu PBD jako log. 0. Tento signál je v řídicím modulu přiveden na vstup MCU pomocí přepínače sběrnice a směšovače přerušení.

Pokud tedy dojde k přechodu signálu PBD do stavu log. 0. MCU v řídicím modulu dostane vstupní informaci o tom, že na DIN liště se nachází neinicializovaný modul. Následně dojde ke spuštění inicializačního algoritmu, který provádí opakované volání jednotné adresy na I<sup>2</sup>C sběrnici.

Protože každý neinicializovaný modul odpojuje sběrnici od dalších modulů je tím zajištěno, že na volání jednotné adresy vždy odpoví nejbližší neinicializovaný modul. Této funkce je využito i k detekci pozice modulu na DIN liště.

Po provedení inicializace daného modulu kdy dostane přidělenou unikátní adresu již daný modul na volání jednotné adresy nereaguje. Následně uvolní jím držený dominantní stav signálu PBD a sepnutím odpojovače sběrnice k ní připojí MCU v dalším následujícím modulu na DIN liště.

Tento inicializační algoritmus se opakuje dokud je signál PBD ve stavu log. 0. Po inicializaci všech modulů je signál PBD nastaven pomocí zdvihacího rezistoru do recesivní úrovně log. 1. Tím je zajištěna informace pro řídicí modul o tom, že všechny moduly jsou již inicializovány.

Tento inicializační algoritmus proběhne u všech modulů po náběhu napájení. Aby byla zachována integrita systému po výpadku napájení mají všechny MCU v modulech přiděleno unikátní identifikační číslo v rámci celého systému AoA V3. To umožňuje spárovat modul s daty jeho funkce a časování. Tato data jsou uložena v externí EEPROM paměti řídicího modulu.

Stejného principu je využito k inicializaci modulů umístěných u akvarijní nádrže.

## 5.2 Měření spotřeby

System AoA V3 disponuje měřicím systémem aktuálního odběru připojených zařízení do zásuvkových modulů. Při překročení uživatelem nastavitelného limitu celkového maximálního odběru zařízení pomocí Hallovi sondy která je umístěna v řídicím modulu a měří celkovou spotřebu připojených komponent akvarijní nádrže (čerpadlo, topení, osvětlení aj. ke zdroji střídavého napětí 230 V. Výstup senzoru je zpracován v AD převodníku.

Dále je měřena spotřeba samotného systému AoA V3 na měřicím rezistoru, který je včleněn v řídicím modulu do přívodu zemního vodiče ze zdrojového modulu. System by se měl rozhodovat na základě priorit jednotlivých modulů, které uživatel nadefinuje v obslužné aplikaci tedy měří zároveň spotřebu na všech stejnosměrných napájecích větvích.

## 5.3 Vyhodnocení přetížení zdrojového modulu

System má k dispozici data o aktuální spotřebě celého systému. To umožňuje implementaci algoritmu, který bude dopočítávat předpokládanou celkovou spotřebu celého zařízení ještě předtím, než dojde k samotnému sepnutí dané funkce (např. relé). Tuto funkci umožňuje archiv provozních dat v PR M.

Dalším ochranným prvkem jsou řízené jističe, které reagují na napěťový pokles dané napájecí větve. Po automatickém zareagování řízeného jističe umožňuje navržené zapojení obnovit připojení dané větve zpět ke zdrojovému modulu pomocí řídicích signálů z MCU řídicího modulu.

## 5.4 Detekce poruchových stavů

### 5.4.1 Stupeň 1 – Ohrožení únikem vody z akvarijní nádrže

Tento kritický stav je možné detekovat pomocí WL modulu společně s měřicím modulem. System AoA V3 má od nich k dispozici data o průměrném odpařování vody z akvarijní nádrže. Pokud by nastala situace, že dojde ke strmému poklesu hladiny systém je schopen tento stav detekovat a okamžitě zareagovat odpojením všech modulů od veškerých zdrojů elektrické energie. Pokud nedojde při této katastrofické události k zaplavení systému AoA V3 to by se nemělo stát, protože systém je určen k instalaci do technického zázemí akvarijní nádrže a splňuje pouze požadavky na stupeň ochrany IP20), oznámí tuto událost halsitým akustickým signálem (v dalším vývoji počítám s možným nahrazením USB rozšiřující desky GSM modelem, který by byl schopen informovat o stavu systém AoA V3 pomocí SMS zpráv).

### **5.4.2 Stupeň 2 – Nefunkčnost připojeného vybavení k zásuvkovému modulu**

Data o aktuální spotřebě je možné využít mimo jiné k detekci poruchy připojeného vybavení akvariijní nádrže. Systém AoA V3 je schopen detekovat nestandardní odběr sepnutého zařízení a vyhodnotit tak jeho poruchový stav.

Dále je v této funkci plánováno s využitím fázového detektoru, který je umístěn v každém zásuvkovém modulu. Systém má k dispozici data o tom, jestli byla vestavná zásuvka opravdu připojena ke zdroji střídavého napětí 230 V, i o tom, že zařízení připojené k zásuvce nefunguje nebo ho uživatel odpojil aniž by aktualizoval nastavení systému AoA V3.

### **5.4.3 Stupeň 3 – Informativní**

Systém je vybaven signalizačními LED diodami popsány v kapitole 4.7. de je definováno jejich využití.



## 6 Postup návrhu a realizace AoA V3

V této kapitole je shrnut postup vývojových prací. Pro pochopení funkce systému AoA V3 není nezbytné se touto kapitolou zabývat, ale považoval jsem za vhodné stručně popsat jakým způsobem celý systém vznikal.

### 6.1 Koncepce systému a modulární řešení

Na počátku vývoje AoA V3 stálo mé dobrovolné rozhodnutí, že upustím od modernizace stávajícího zařízení AoA V2 a zrealizuji zcela nové řešení založené na modulární koncepci.

Věnoval jsem tedy značnou část zimního semestru úvahám o volbě vhodných konstrukčních prvků jednotlivých modulů. Díky mým požadavkům na dobrou dostupnost přiměřenou velikost a příznivou cenu se jako nejlepší řešení jevílo využití krabiček určených k umístění na DIN lištu. Analyzoval jsem tedy produkty dostupné na trhu a zjistil, že pro tento typ krabiček je ze strany výrobců velká podpora. Po zhodnocení mých finančních možností jsem se rozhodl využít moduly KPDINx, k nákupu jsem využil distribuční firmu GES-ELECTR NICS.

Abych přešel potížím s umístěním DPS do krabiček, se kterými jsem se potýkal během konstruování systému AoA V2, chtěl jsem nejprve vytvořit 3D modely těchto krabiček, které jsou podporovány ze strany návrhového systému Altium Designer. apsal jsem si tedy na zimní semestr předmět V/PP Počítačová podpora konstrukčních prací. Hned na první hodině jsem podlehl kouzlu 3D konstrukce v programu SolidWorks a s nadšením se pustil do tvorby modelů krabiček a elektronických součástek pro tuto diplomovou práci.

Nejdříve jsem vymodeloval krabičku KPDIN2 na kterou jsem následně umístil vestavnou zásuvku. Tím jsem se přesvědčil o možné realizaci nápadu na konstrukci zásuvkového modulu. Stejný postup jsem pak aplikoval při tvorbě ostatních modulů systému AoA V3.

### 6.2 Návrh schémat

Během vývoje schémat jednotlivých modulů jsem neustále přemýšlel nad funkcemi a principy, které budou v systému AoA V3 implementovány. Postupně s přicházejícími nápady na jednotlivé funkce, jsem hledal jejich realizaci v podobě návrhu elektronických obvodů. To obnášelo kreslení schémat na papír a hledání vhodných elektronických součástek, které by vyhovovaly mým požadavkům. krok za krokem jsem tak vytvářel integrovanou knihovnu součástek v návrhovém systému Altium Designer. Současně s tvorbou knihovny jsem vytvářel i jejich 3D modely v programu SolidWorks, které jsem do této knihovny také vložil.

Některá analogová zapojení, která mě napadala jsem ověřoval simulacemi pomocí modulu Spice v návrhovém prostředí Altium Designer.

Postupně jsem tak vytvořil schéma každého modulu.

### 6.3 Návrh, výroba a osazení DPS jednotlivých modulů

#### 6.3.1 Zdrojový modul

Po dokončení schémat všech modulů jsem navrhl DPS zdrojového modulu. Tento modul jsem se rozhodl vyrobit jako první, abych měl výchozí stavební článek systému AoA V3 pro ostatní moduly. Po vyfrézování DPS zdrojového modulu jsem provedl jeho osazení a oživení viz. 4.9.3 .

#### 6.3.2 Zásuvkové moduly

Poté jsem navrhl univerzální DPS pro zásuvkové moduly, kde jsem musel vyřešit realizaci osazovacích variant jednotlivých typů modulů. Následně jsem dne 23.3.2012 naplánoval výrobu tří kusů DPS zásuvkových modulů. Bohužel jsem si dopoledne v tento den přerázl šlachy u dvou prstů pravé ruky a plány se rázem změnily. Po několika dnech strávených v nemocnici jsem se vrátil domů se sádrou. Vyhledky nebyly příznivé, neboť léčba trvá minimálně 3 měsíce. Pocity mé frustrace z toho, že zpracování diplomové práce nestihnu, vyvrcholily, když jsem poprvé uchopil počítačovou myš levou rukou...

Obrátil jsem se tedy s prosbou o pomoc při výrobě DPS na mého kamaráda Ing. Jakuba Vláška. Když jsem od něj obdržel vyfrézované DPS zásuvkových modulů, pokusil jsem se o jejich zapájení. Umístování 0,5mm drátu do neprokovených spojů dvoustranných DPS pro mě bylo až nečekaně obtížné. Po dvou dnech marného snažení, kdy jsem zapájel pouze cca 30% spojů, jsem přišel na rychlé a komfortní řešení pomocí mikrotužky do které jsem místo tuhy vkládal měděný drátek o průměru 0 5 mm. Po tomto vylepšení jsem dodělal zbytek spojů během dvou hodin. Následně jsem postupně osazoval součástky a ověřoval funkčnost jednotlivých částí zásuvkových modulů (viz. 4.11.3 .

#### 6.3.3 Řídicí modul

Po oživení zásuvkových modulů jsem začal s návrhováním DPS řídicího modulu. Zpočátku bylo náročné vyrovnat se s tím, že jsem mohl ovládat PC pouze pomocí levé ruky. Při návrhu DPS v prostředí Altium Desi ner je potřeba využívat myš i klávesnici zároveň kvůli neforemné sádře nebylo možné pravou rukou ani stisknout jednotlivá tlačítka klávesnice), proto jsem využil dostupné možnosti mé klávesnice, která umožňuje nastavit

klávesové zkratky na multifunkční klávesy umístěné na levé straně. To mi umožnilo zároveň ovládat myš i klávesnici levou rukou a začít s návrhem DPS řídicí jednotky.

Tento modul byl co do počtu součástek nejrozsáhlejší (celkem jich bylo 188). Původně jsem zamýšlel, že DPS bude také umístěna v krabici KPDIN2, ale po zhlédnutí plochy kterou nerozmístěné součástky zabíraly, jsem tuto myšlenku zavrhl a využil krabici PDIN1, která má oproti PDIN2 dvojnásobnou plochu DPS.

prvu to vypadalo, že ani tato plocha nebude dostačující, protože jen samotný rozvod střídavého 230V napájení zabíral cca 2/5 plochy DPS. Proto jsem se od počátku návrhu snažil co nejhustějším rozmístěním součástek minimalizovat využitou plochu DPS tak jak to dvouvrstvá frézovaná DPS umožňovala.

Po návrhu a následném vyfrézování DPS jsem oživil část řídicího modulu (viz. 4.10.5).

### 6.3.4 Měřicí modul

Následně jsem navrhl DPS měřicího modulu. Při návrhu jsem využil nabytých zkušeností s řídicím modulem a maximalizoval tak volnou plochu DPS pro případné rozšíření modulu o další funkce.

DPS byla vyrobena ale v době zpracování textu této diplomové práce nebyla osazena.

### 6.3.5 WL modul

Tento modul je pro mě důležitý, neboť umožňuje automatické udržování výšky hladiny v akvarijní nádrži a to je funkce, kterou jsem nejvíce postrádal u předchozí verze AoA V2.

Princip navrženého způsobu snímání výšky hladiny pomocí infračerveného senzoru s plovákem jsem ověřil na samém počátku vývoje elektroniky systému AoA V3.

Princip fun oval a výsledný návrh WL modulu se od testovací verze liší pouze vybavením dalších senzorů.

### 6.3.6 Modul krmení

Po zkušenostech se zkorodovaným krmítkem AoA V2 jsem dlouho tápal, jak zrealizovat jeho novou verzi.

Ve zkuškovém období zimního semestru mi vedoucí práce Ing. Kamil Kosturik, Ph.D. nabídl možnost podílet se na zprovoznění 3D tiskárny Ultimaker. V tomto projektu jsem také uplatnil své dovednosti s 3D konstrukcí, protože nám umožnily tvorbu podkladů pro 3D tisk.

Tato možnost mne přivedla na myšlenku vytisknout z plastu novou verzi zásobníku modulu krmení, to vyřešilo problém s korozí a estetickým vzhledem.

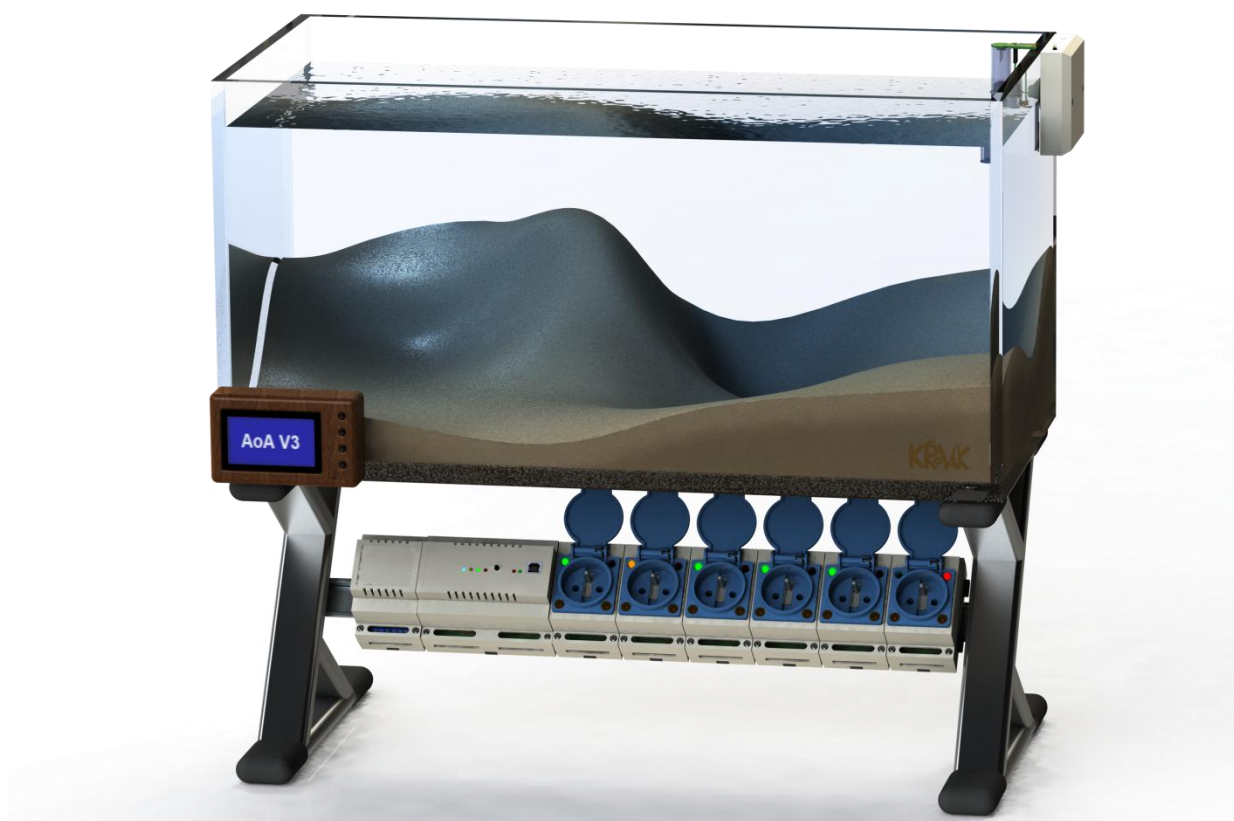
V době zpracování textu jsem neměl vytištěný model k dispozici, protože bylo žádoucí věnovat se hlavně vývoji elektroniky.

### **6.3.7 Modul LED osvětlení**

V samotném závěru psaní textu této diplomové práce jsem si uvědomil, že jsem zapomněl zrealizovat vymyšlené schéma stmívaného RGB LED osvětlení. Proto jsem využil naplno svých zkušeností s návrhovým systémem Altium Designer a návrh výsledného elektronického schématu jsem zrealizoval během hodiny. Při návrhu jsem využil již existující schéma DC-DC měniče, řízení sběrnice I<sup>2</sup>C a použil funkci tzv. multisheetu pro samotné zapojení stmívačů.

## 7 Závěr

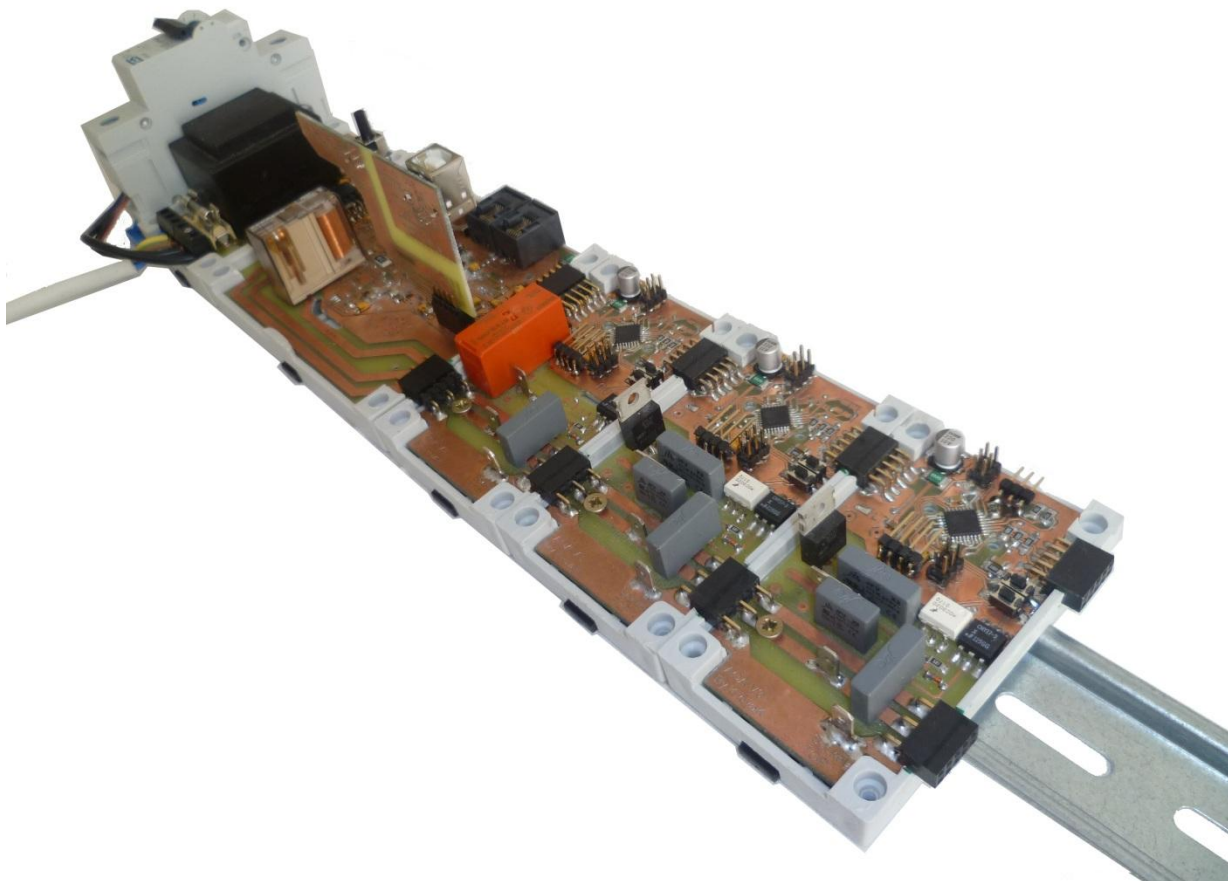
Vymyslel jsem modulární systém řízení akvariijní nádrže. Návrh splňuje můj požadavek na snadné rozšíření systému o další funkcionality. Návrh konstrukčního řešení jsem nejprve ověřil vytvořením 3D modelu celého systému AoA V3 v programu SolidWorks. Tento model jsem také využil pro generování obrazové dokumentace systému v této diplomové práci.



Obr. 7.1 Model systému AoA V3 s akváriem

Poté jsem navrhl elektronická schémata těchto modulů v návrhovém systému Altium Designer: zdrojový modul, řídicí modul, USB rozšiřující deska, zásuvkový modul s relé, zásuvkový modul s triakem, zásuvkový modul pro systém automatického doplňování vody, měřicí modul, senzorický modul, WL modul, modul krmení a modul RGB LED osvětlení. Některé části analogových zapojení jsem nejprve ověřil simulací.

Následně jsem navrhl DPS jednotlivých modulů. Při jejich návrhu jsem importoval modely krabiček a DPS. To mi umožnilo navrhnout jednotlivé DPS tak, že není problém s jejich osazením do jednotlivých konstrukčních krabiček.



Obr. 7.2 Fotografie s reálným provedením systému AoA V3

Provedl jsem kompletní osazení a otestování zdrojového modulu. Dále jsem osadil a oživil zásuvkové moduly, u kterých jsem ověřil funkci fázového detektoru - funguje podle předpokladů ověřených simulací. Mikrokontroléry v zásuvkových modulech jsem vyzkoušel naprogramovat a ověřil jsem jejich správnou funkci. Nutné bylo otestovat také funkci odpojovače sběrnice, která umožní přidávání modulů bez přerušení provozu systému.

V řídicím modulu jsem osadil a oživil systém napájení. Potom jsem



Obr. 7.3 Fotografie zásuvkového modulu

ověřil funkci řízeného jističe - funguje správně podle předpokladů. Dále jsem osadil a oživil systém pro detekci průchodu nulou síťového střídavého napětí 230 V, která je nutná pro správnou funkci triakových stmívačů v zásuvkových modulech.

Ověřil jsem princip snímání výšky hladiny vody v akváriu pomocí infračerveného senzoru a navrhl WL modul. Společně se zásuvkovým modulem, vybaveným snímáním hladiny vody v doplňovací nádrži tvoří subsystém pro udržování konstantní hladiny v akvarijní nádrži.

Senzor výšky hladiny vody v nádrži je zároveň využit pro detekci úniku vody z akvária tím, že systém AoA V3 vyhodnotí neočekávaně rychlý pokles hladiny.

Finální realizaci navržených modulů poznamenalo poranění mé pravé ruky po kterém jsem byl značně motoricky hendikepován a nestihl jsem dokončit osazení a otestování řídicího modulu, měřicího modulu a WL modulu.

Při návrhu systému AoA V3 jsem si osvojil pokročilé ovládání návrhových systémů Altium Designer a SolidWorks, dále jsem se zdokonalil v navrhování elektronických zařízení a vyzkoušel si co obnáší zpracování většího projektu, kterým mnou navržený systém bezesporu je. I nadále hodlám pokračovat v jeho rozvoji, který je díky modulární koncepci umožněn.

## 8 Citovaná a odkazovaná literatura

- 1 **Křivka, Jindřich.** *Automatizované ovládání akvária*. Plzeň : ZČU, 2010.
- 2 **Systems, Dassault.** 3D Content Central. *3D ContentCentral®*. online 2012. <http://www.3dcontentcentral.com/Default.aspx>.
- 3 **NXP Semiconductors.** I2C-bus specification and user manual. *www.nxp.com*. [Online] 4. Únor 2012. [Citace: 23. Březen 2012.] [http://www.nxp.com/documents/user\\_manual/UM10204.pdf](http://www.nxp.com/documents/user_manual/UM10204.pdf).
- 4 NCP3155A NCP3155B 3 A Synchronous Buck Regulator. *On Semiconductor*. [Online] Únor 2012. [Citace: 3. Únor 2012.] [http://www.onsemi.com/pub\\_link/Collateral/NCP3155-D.PDF](http://www.onsemi.com/pub_link/Collateral/NCP3155-D.PDF).
- 5 **Allegro Microsystems, Inc.** Current-Sensor-ICs/ ero-To-Fifty-Amp-Inte rated-Conductor-Sensor-ICs/ACS710. [Online] [Citace: 14. Březen 2012.] [http://www.allegromicro.com/en/Products/Part\\_Numbers/0710/0710.pdf](http://www.allegromicro.com/en/Products/Part_Numbers/0710/0710.pdf).
- 6 **Texas Instruments.** *Datasheet k TLV1117*. 1992.
- 7 Krabice, skříňky - Na lištu DIN. *GES Electronic*. online PDIN. Citace: 21. Leden 2012. <http://www.es.cz/cz/krabice-skrinky/na-listu-din/HR.html> filtr kpdin.

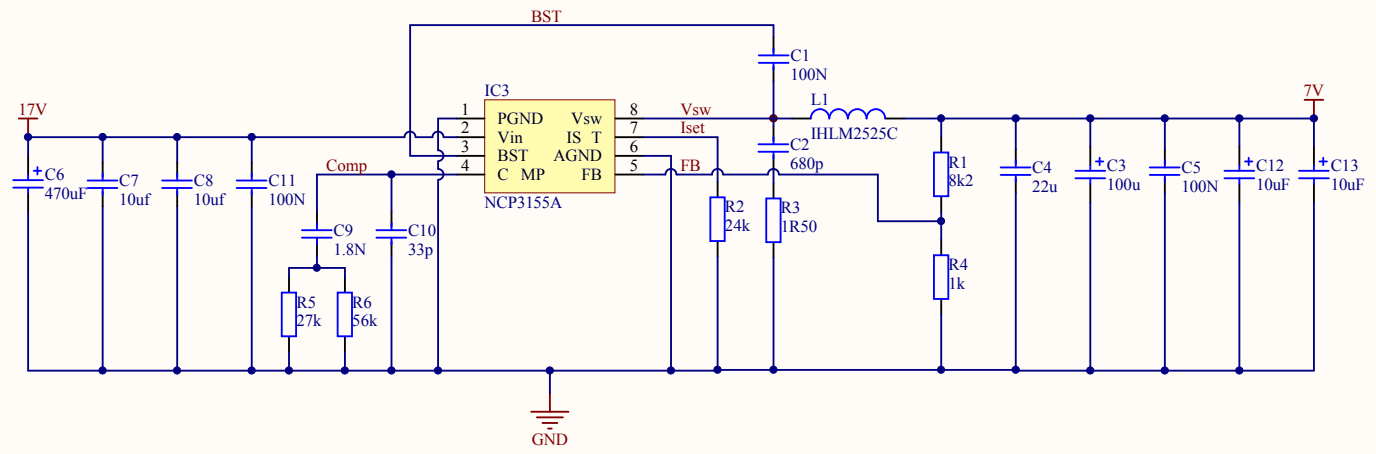
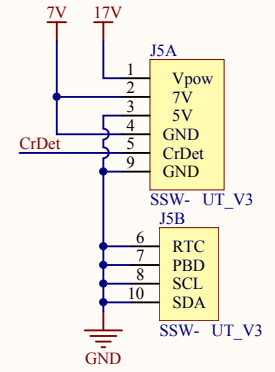
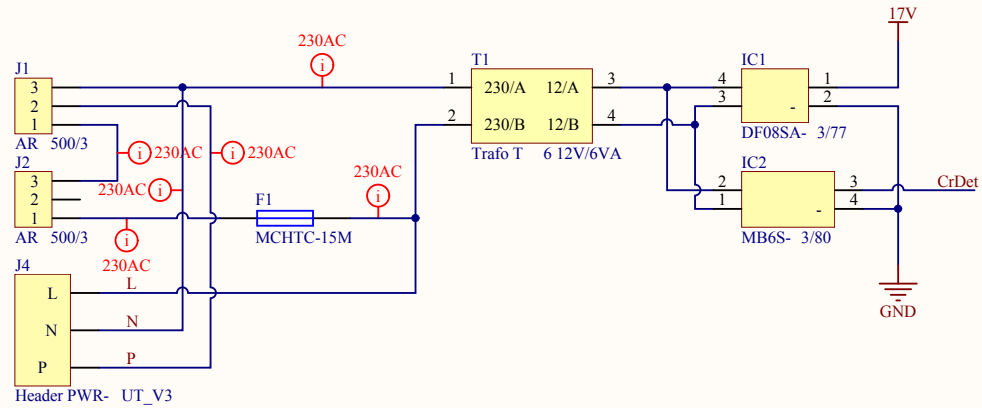


## 9 Seznam použitých obrázků, tabulek, a grafů

BR. 1.1.1 BLOKOVÉ SCHÉMA ZAPOJENÍ A A V2.....	14
BR. 1.1.1 ŘÍDICÍ JEDNOTKA V2 - ŘÍZENÍ.....	15
BR. 1.1.2 CELKOVÝ POHLED NA VÝKONOVÝ A NAPÁJECÍ MODUL.....	15
BR. 1.2.1 ŘÍDICÍ JEDNOTKA V2 – HLAVNÍ NAPRAVA S OSAZENÝM DISPLEJEM .....	15
BR. 1.3.1 AUTOMATICKÉ KRMÍTI S PLOVÁKOVÝM SNÍMAČEM HLADIN .....	16
BR. 1.4.1 SCHÉMA KLASICKÉHO ZAPOJENÍ DETEKTORU PRŮCHODU NULOU SÍŤOVÉHO NAPĚTÍ .....	17
BR. 3.1.1 PRACOVNÍ PROSTŘEDÍ NÁVRHU DPS V PROGRAMU ALTIVM D SIGN R PR J T AIS .....	19
BR. 3.3.1 MODEL KRABÍČKY MĚŘICÍHO MODULU S DPS .....	20
BR. 3.3.2 MODEL SPODNÍHO DÍLU KRABÍČKY PDIN2.....	20
BR. 4.1.1 SESTAVA ZÁKLADNÍCH DRUHŮ MODULŮ UMÍSTĚNÝCH NA DIN LIŠTĚ L VA: ZDROJOVÝ MODUL ŘÍDICÍ MODUL A ZÁSUVKOVÉ MODULY .....	21
BR. 4.1.2 SESTAVA MĚŘICÍHO A WL MODULU S AKVÁRIEM.....	21
BR. 4.3.1 PROPOJENÍ MODULŮ NA DIN LIŠTĚ .....	23
BR. 4.3.2 DETAIL KONEKTORŮ.....	24
BR. 4.3.3 N T R DPH NI C NTACT.....	25
BR. 4.3.4 A A V3 S N T R FIRM PH NI C NTACT.....	26
BR. 4.3.5 KONEKTORY MĚŘICÍHO MODULU .....	27
BR. 4.4.1 BLOKOVÉ SCHÉMA NAPÁJECÍHO SYSTÉMU A A V3 .....	27
BR. 4.7.1 STAVOVÉ LED DIODY MODULŮ NA DIN LIŠTĚ .....	30
BR. 4.7.2 SIGNALIZAČNÍ LED DIODY MĚŘICÍHO MODULU .....	32
BR. 4.8.1 LOGICKÉ SCHÉMA I <sup>2</sup> C .....	33
BR. 4.9.1 ZDROJOVÝ MODUL.....	35
BR. 4.9.2 ZDROJOVÝ MODUL – HORNÍ STRANA DPS.....	35
BR. 4.9.3 ZDROJOVÝ MODUL – SPODNÍ STRANA DPS .....	36
BR. 4.9.4 SCHÉMA ZAPOJENÍ NCP3155A.....	37
BR. 4.9.5 NÁBĚH NAPÁJENÍ PŘI ZÁTĚŽI 0,6 A .....	38
BR. 4.9.6 VLNĚNÍ NAPÁJENÍ PŘI 0,6 A .....	38
BR. 4.9.7 DOBĚŽNÁ HRANA V <sub>SW</sub> PŘI 0,6 A.....	38
BR. 4.9.8 NÁBĚŽNÁ HRANA V <sub>SW</sub> PŘI 0,6 A.....	38
BR. 4.9.9 VÝSTUP V <sub>SW</sub> PŘI 0 A.....	38
BR. 4.9.10 VÝSTUP V <sub>SW</sub> PŘI 0,6 A.....	38
BR. 4.10.1 ŘÍDICÍ MODUL A A V3 .....	39
BR. 4.10.2 ŘÍDICÍ MODUL - HORNÍ STRANA DPS .....	40
BR. 4.10.3 ŘÍDICÍ MODUL - SPODNÍ STRANA DPS .....	41
BR. 4.10.4 SCHÉMA ŘÍZENÉHO JISTIČE .....	42
BR. 4.10.5 APOJENÍ BEZPEČNÉHO SEPNUTÍ RELÉ .....	43
BR. 4.10.6 APOJENÍ HALL V S ND ACS710 .....	44
BR. 4.11.7 USB ROZŠÍŘUJÍCÍ DESKA - HORNÍ STRANA DPS .....	47
BR. 4.11.8 USB ROZŠÍŘUJÍCÍ DESKA - SPODNÍ STRANA DPS.....	47
BR. 4.12.1 ZÁSUVKOVÝ MODUL.....	49
BR. 4.12.2 ZÁSUVKOVÝ MODUL S RELÉ - HORNÍ STRANA DPS .....	50
BR. 4.12.3 ZÁSUVKOVÝ MODUL S TRIAKOVÝM STÍMIVAČEM - HORNÍ STRANA DPS.....	50
BR. 4.12.4 ZÁSUVKOVÝ MODUL PRO AUTOMATICKÉ DOPLŇOVÁNÍ VODY - HORNÍ STRANA DPS.....	51
BR. 4.12.5 ZÁSUVKOVÝ MODUL - SPODNÍ STRANA DPS .....	51
BR. 4.12.6 SCHÉMA SENZORU FÁZOVÉHO VODIČE.....	52
BR. 4.12.7 DETAIL SIGNÁLU S N S C T.....	54
BR. 4.12.8 SIGNÁL S N S C T CH1 .....	54
BR. 4.12.9 SIMULACE PRŮBĚHU SIGNÁLU S N S C T.....	54
BR. 4.13.1 MĚŘICÍ MODUL .....	55
BR. 4.13.2 MĚŘICÍ MODUL - HORNÍ STRANA DPS.....	56
BR. 4.13.3 MĚŘICÍ MODUL - SPODNÍ STRANA DPS .....	57
BR. 4.13.4 SCHÉMA ZAPOJENÍ MĚŘENÍ VLHKOSTI VZDUCHU .....	59
BR. 4.13.5 PRŮBĚH SIMULACE SIGNÁLŮ ZAPOJENÍ MĚŘENÍ VLHKOSTI.....	60
BR. 4.13.6 SESTAVA WL MODULU A MĚŘICÍHO MODULU UMÍSTĚNÉ V AKVARIJNÍ NÁDRŽI .....	61
BR. 7.1 MODEL SYSTÉMU A A V3 S AKVÁRIEM.....	71
BR. 7.2 FOTOGRAFIE S REÁLNÝM PROVEDENÍM SYSTÉMU A A V3.....	72
BR. 7.3 FOTOGRAFIE ZÁSUVKOVÉHO MODULU.....	72

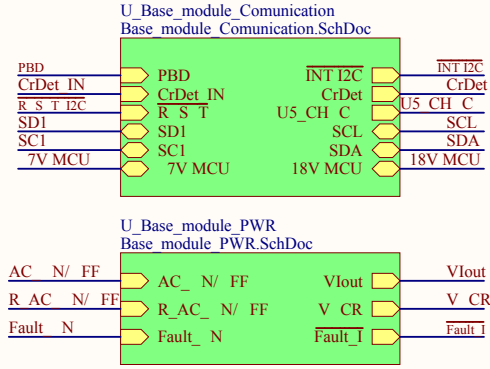
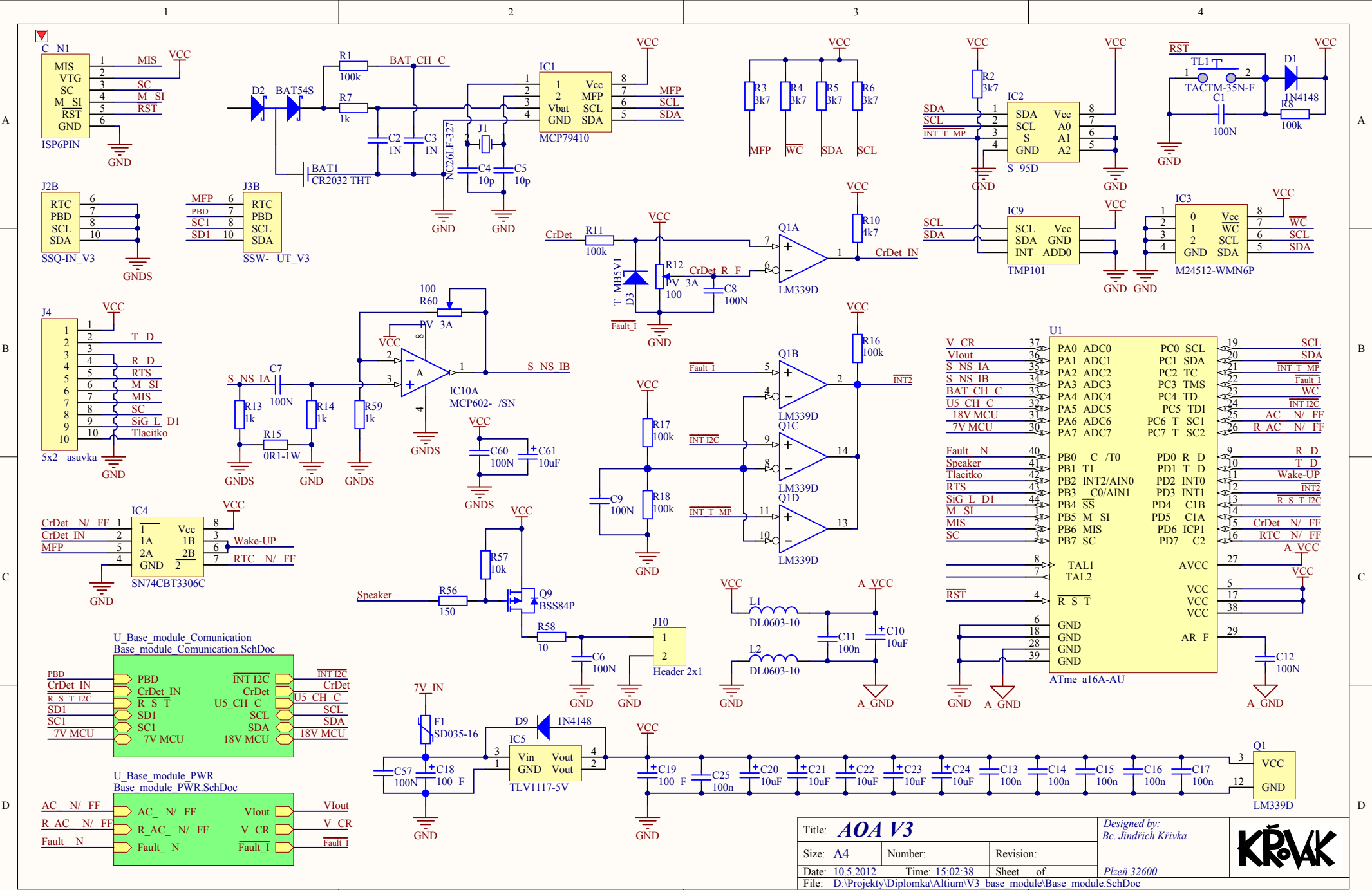
## 10 Seznam příloh

SCHÉMA VŠECH NAVRŽENÝCH MODULŮ .....	74-86
--------------------------------------	-------




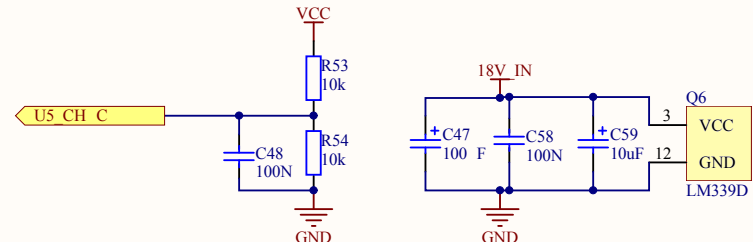
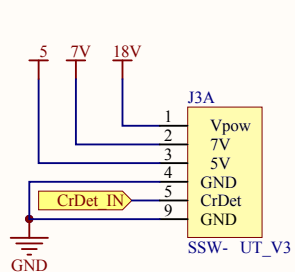
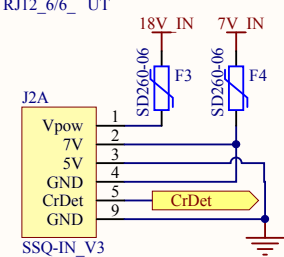
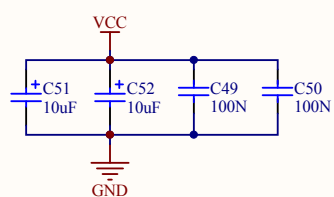
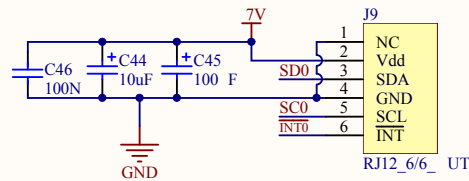
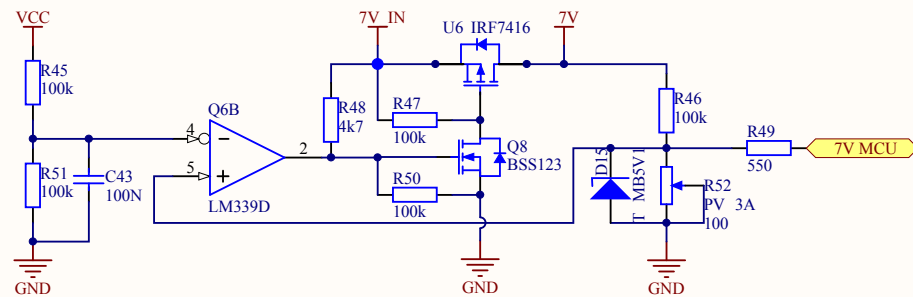
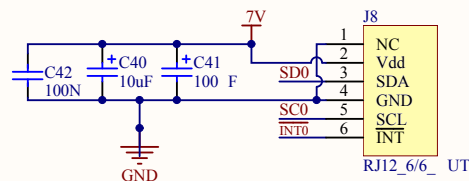
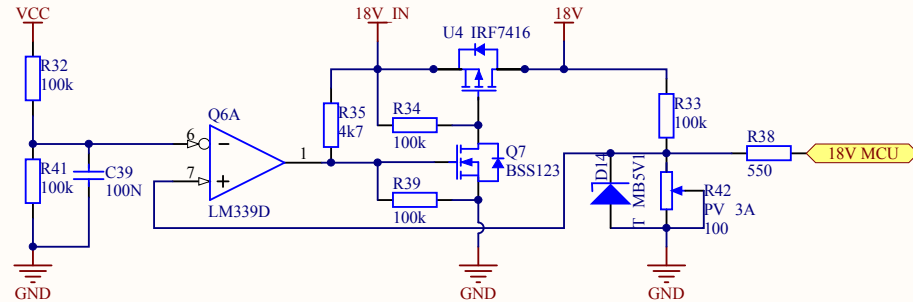
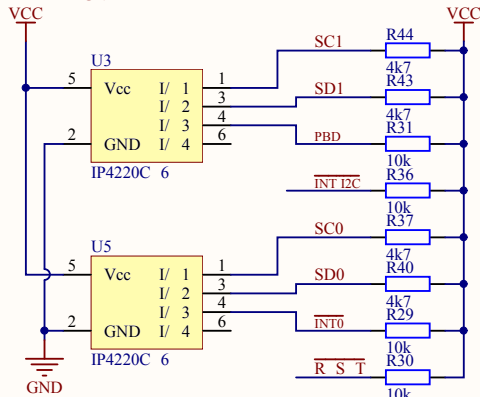
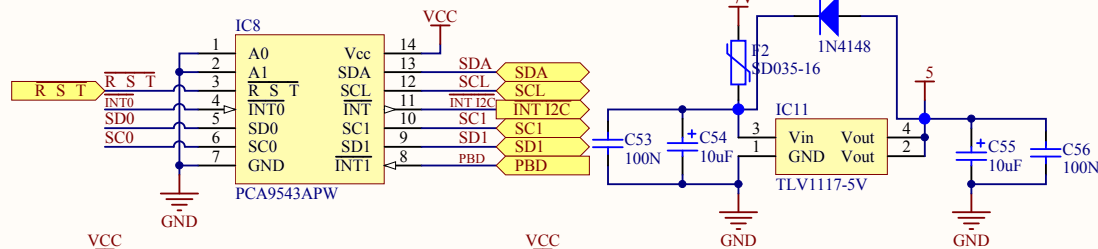
Title: <b>AOA V3</b>			Designed by: Bc. Jindřich Krivka
Size: A4	Number:	Revision:	Plzeň 32600
Date: 10.5.2012	Time: 15:13:12	Sheet of	
File: D:\Projekty\Diplomka\Altium\V3 source module\Source module.SchDoc			





Title: <b>AOA V3</b>		Designed by: <i>Bc. Jindřich Krivka</i>	
Size: A4	Number:	Revision:	
Date: 10.5.2012	Time: 15:02:38	Sheet of <i>Plzeň 32600</i>	
File: D:\Projekty\Diplomka\Altium\V3 base module\Base module.SchDoc			

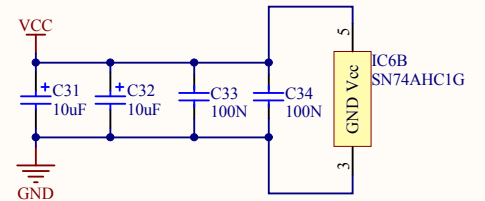
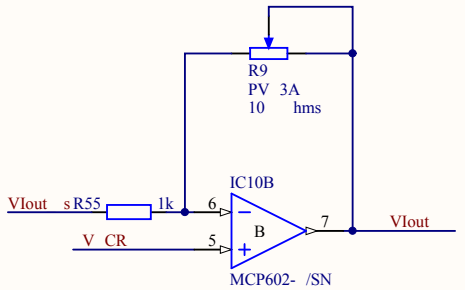
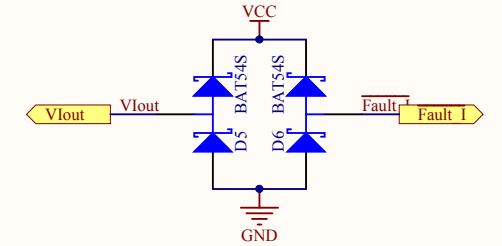
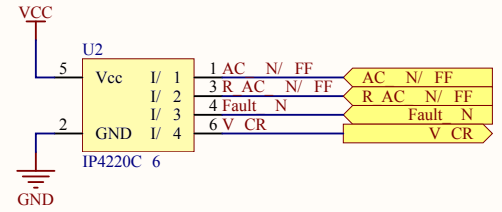
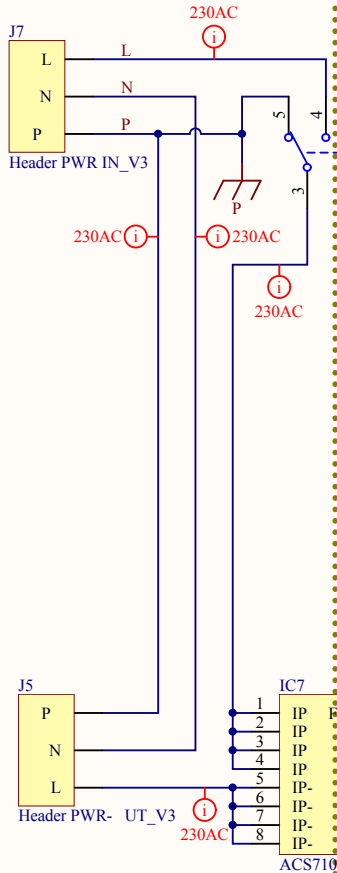




Title: <b>AOA V3</b>		Designed by: Bc. Jindřich Krivka	
Size: A4	Number:	Revision:	
Date: 10.5.2012	Time: 15:02:38	Sheet of	
File: D:\Projekty\Diplomka\Altium\V3 base module\Base module Communication.SchDoc		Plzeň 32600	



Galvanic isolation



Title: **AOA V3**

Designed by:  
Bc. Jindřich Krivka

Size: A4

Number:

Revision:

Date: 10.5.2012

Time: 15:02:38

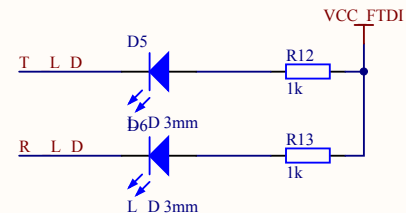
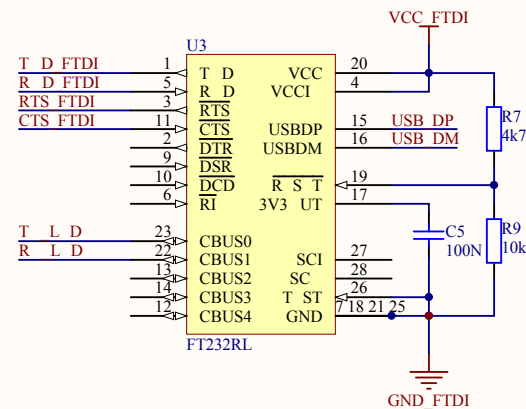
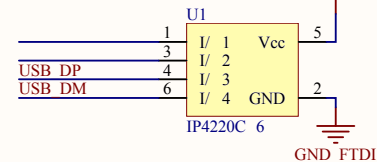
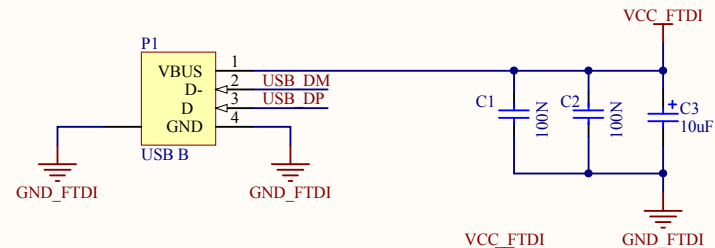
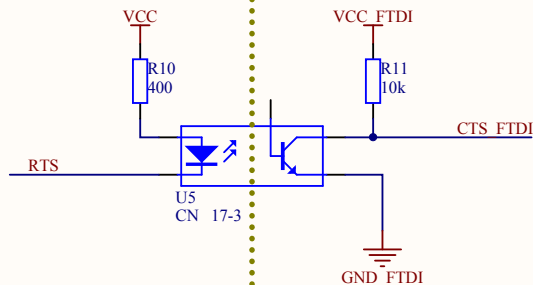
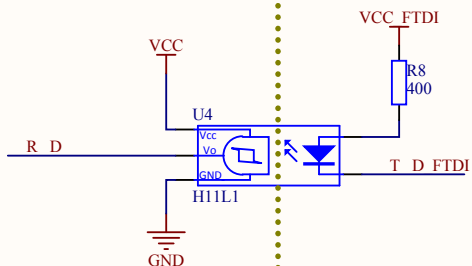
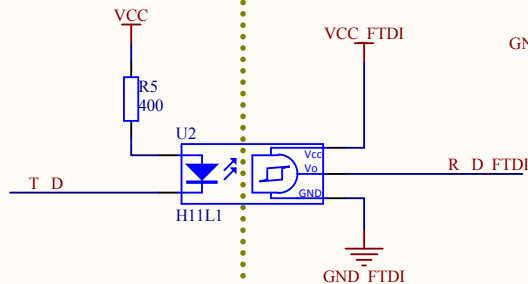
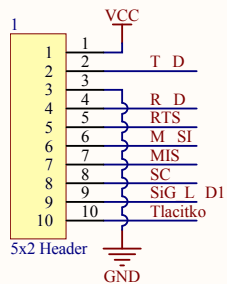
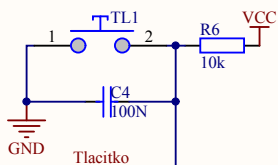
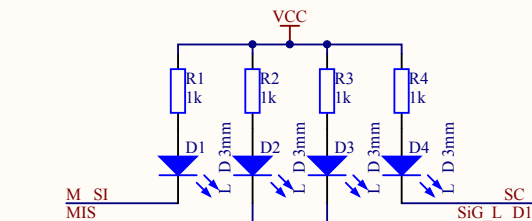
Sheet of

Plzeň 32600

File: D:\Projekty\Diplomka\Altium\V3 base module\Base module PWR.SchDoc



### Galvanic isolation



Title: **AOA V3**

Designed by:  
Bc. Jindřich Krivka

Size: A4

Number:

Revision:

Date: 10.5.2012

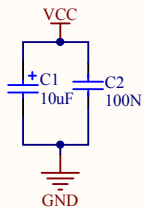
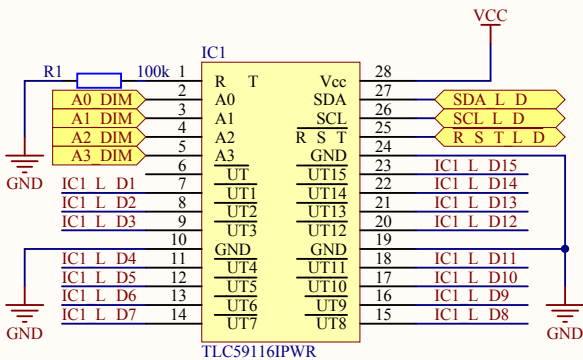
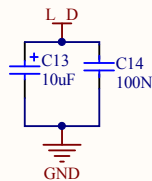
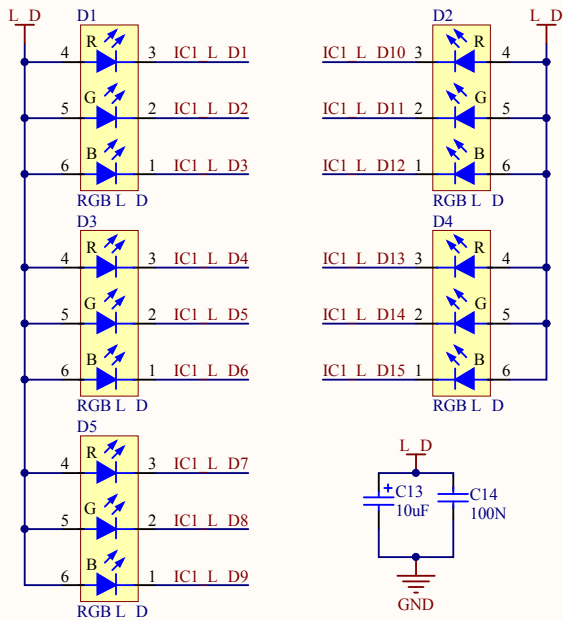
Time: 15:04:00

Sheet of

Plzeň 32600

File: D:\Projekty\Diplomka\Altium\V3 base module USB\Base module USB.SchDoc

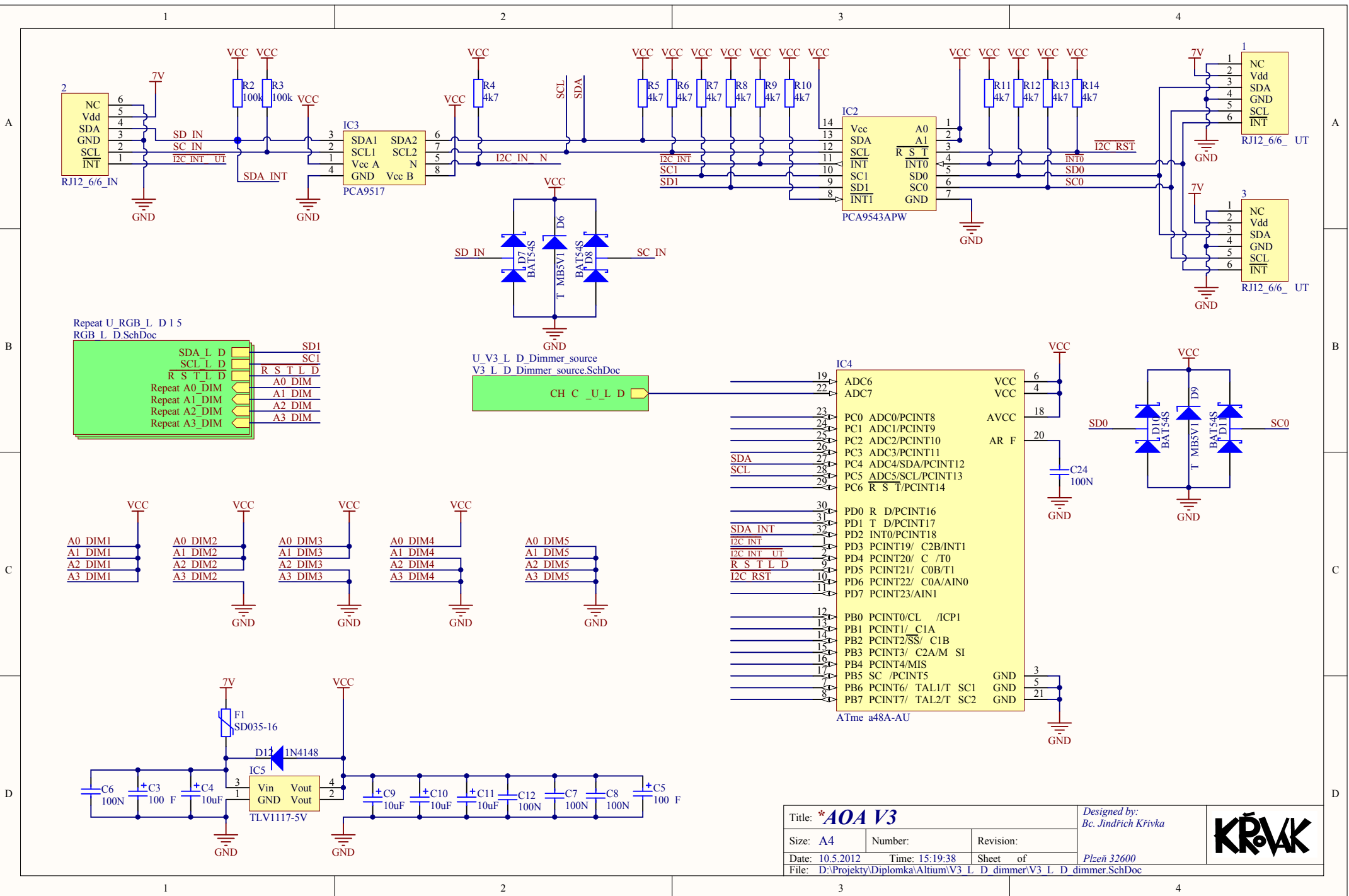




Title: <b>*AOA V3</b>			Designed by: Bc. Jindřich Krivka
Size: A4	Number:	Revision:	Plzeň 32600
Date: 10.5.2012	Time: 15:19:38	Sheet of	
File: D:\Projekty\Diplomka\Altium\V3 L D dimmer\RGB L D.SchDoc			

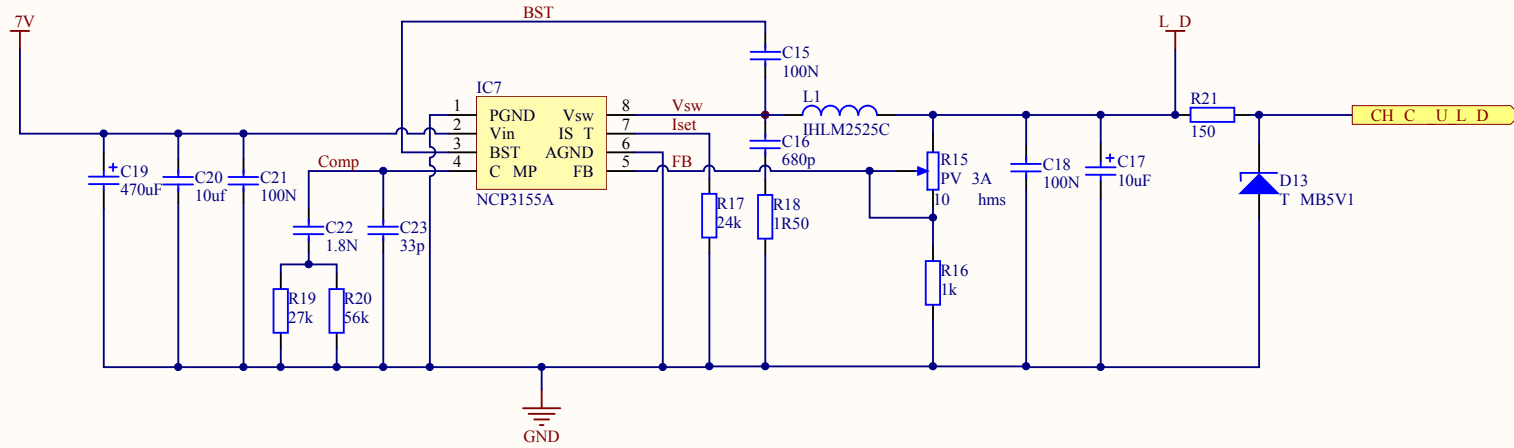






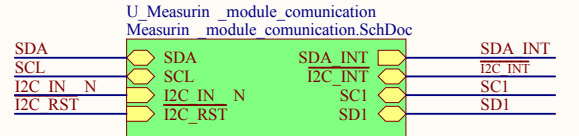
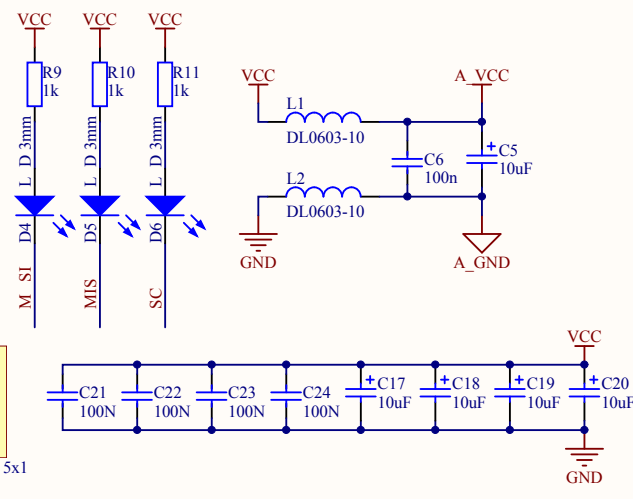
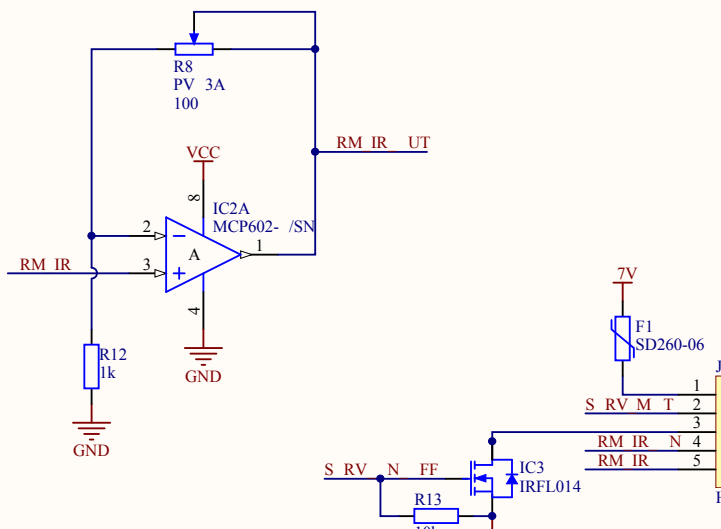
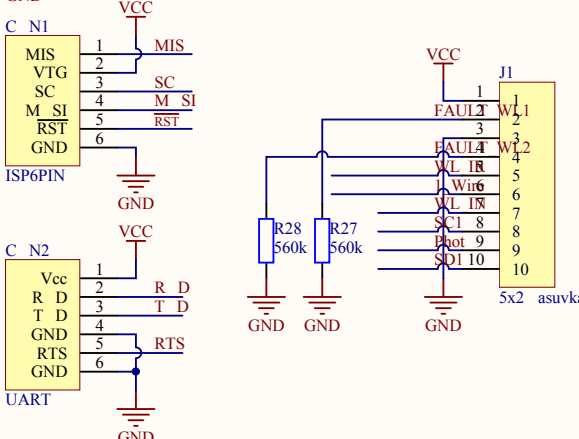
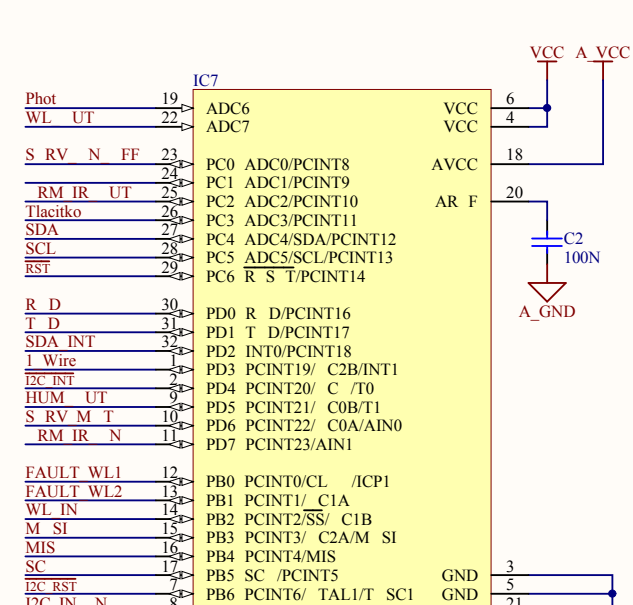
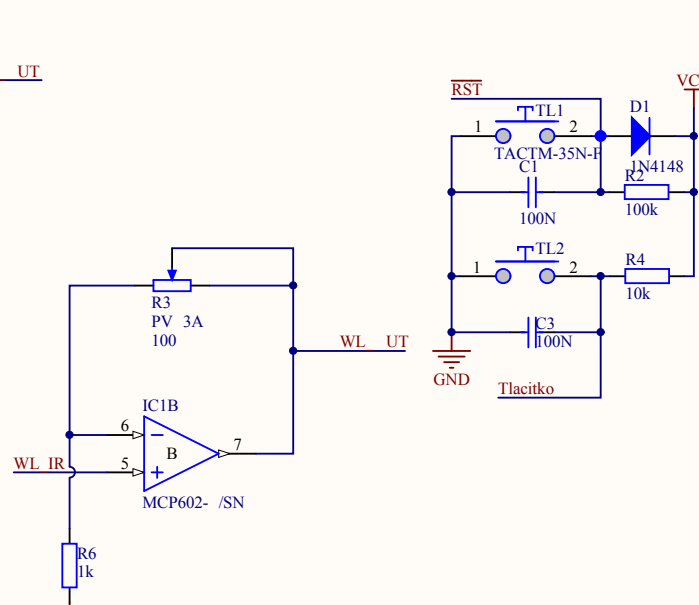
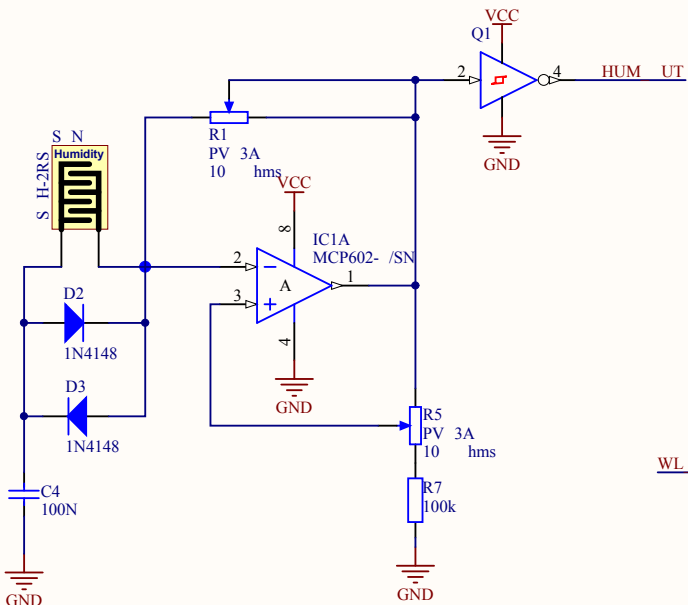
Title: <b>*AOA V3</b>		Designed by: Bc. Jindřich Krivka	
Size: A4	Number:	Revision:	
Date: 10.5.2012	Time: 15:19:38	Sheet of	
File: D:\Projekty\Diplomka\Altium\V3 L D dimmer\V3 L D dimmer.SchDoc		Plzeň 32600	





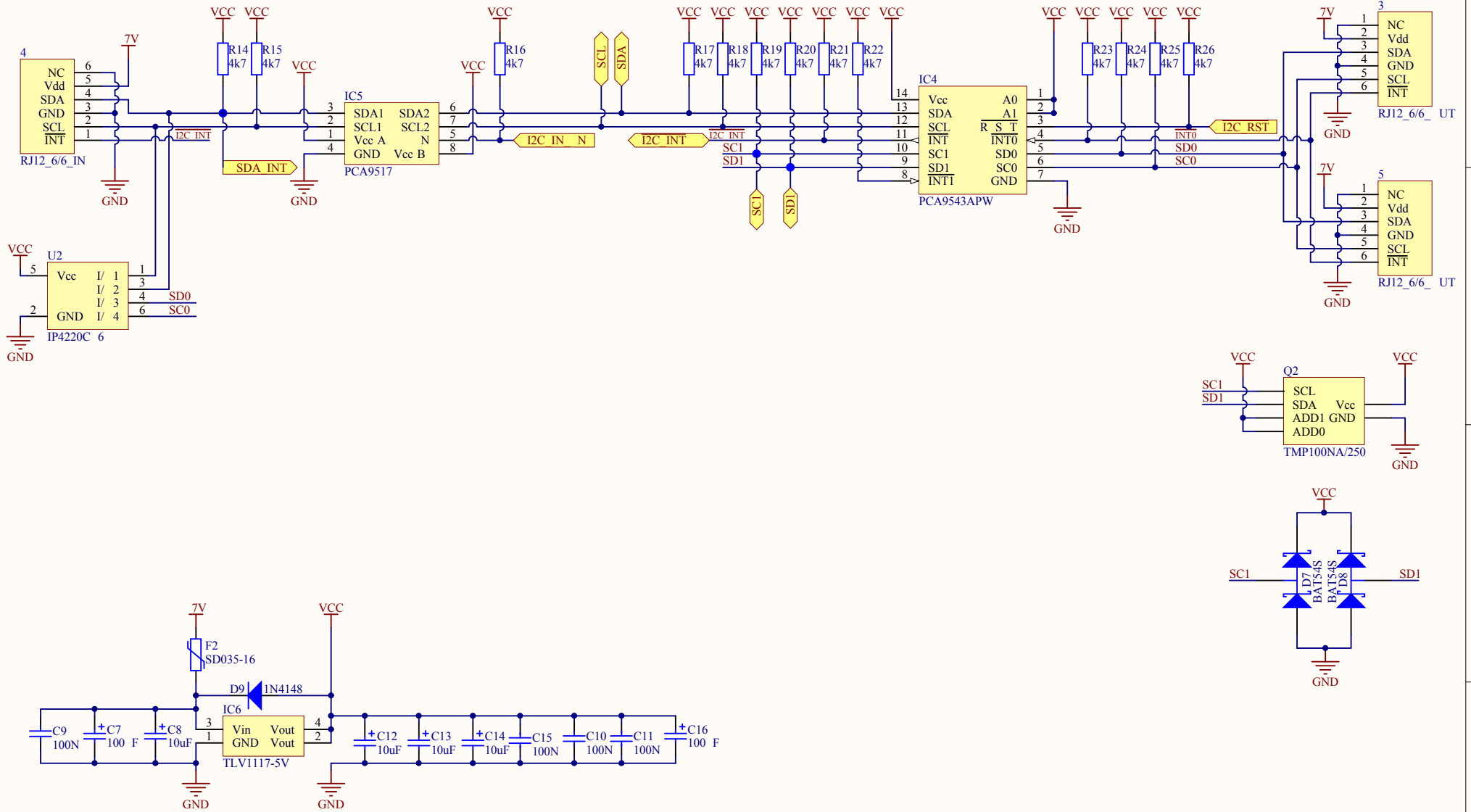
Title: <b>*AOA V3</b>			Designed by: Bc. Jindřich Krivka
Size: A4	Number:	Revision:	Plzeň 32600
Date: 10.5.2012	Time: 15:19:39	Sheet of	
File: D:\Projekty\Diplomka\Altium\V3 L D dimmer\V3 L D Dimmer source.SchDoc			





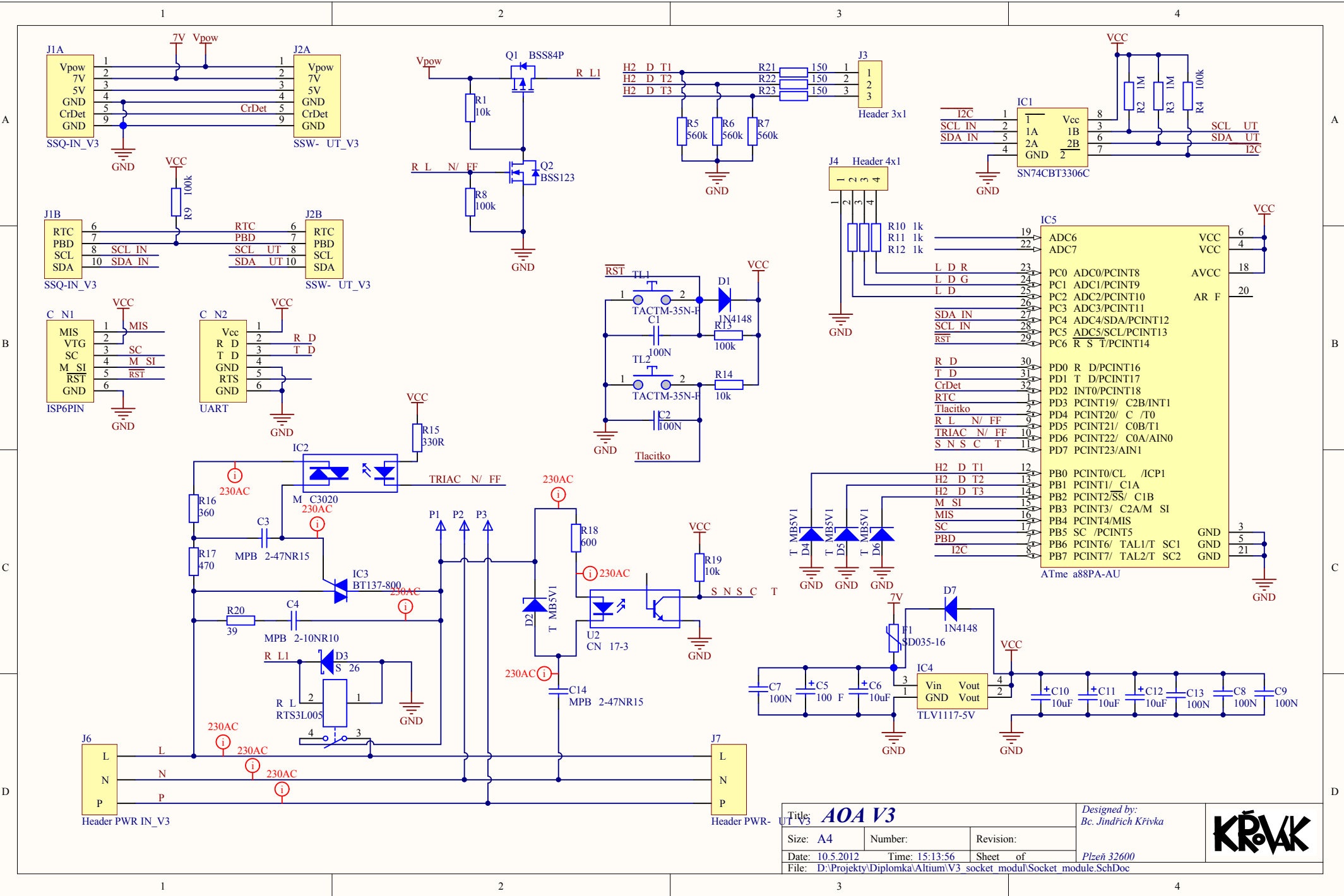
Title: <b>AOA V3</b>		Designed by: Bc. Jindřich Krivka	
Size: A4	Number:	Revision:	
Date: 10.5.2012	Time: 15:10:55	Sheet	of
File: D:\Projekty\Diplomka\Altium\V3 measurin module\Measurin module.SchDoc		Plzeň 32600	





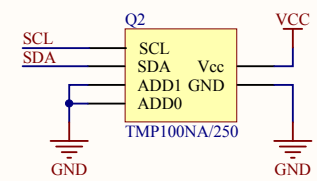
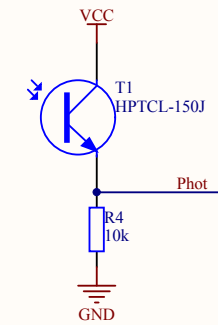
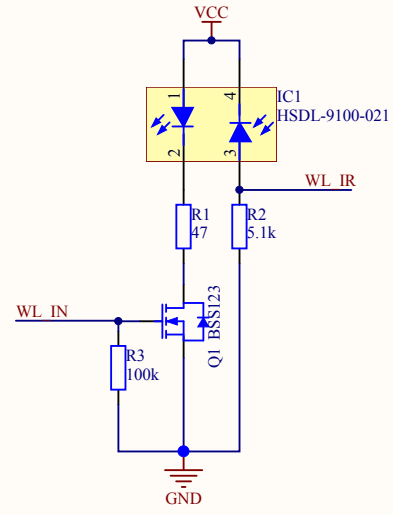
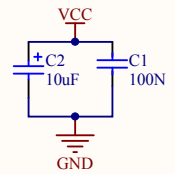
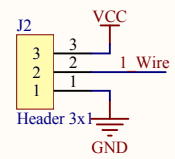
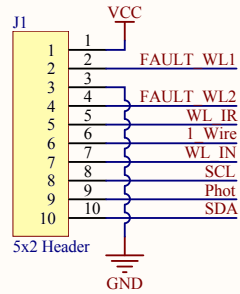
Title: <b>AOA V3</b>			Designed by: Bc. Jindřich Krivka
Size: A4	Number:	Revision:	Plzeň 32600
Date: 10.5.2012	Time: 15:10:55	Sheet of	
File: D:\Projekty\Diplomka\Altium\V3 measurin module\Measurin module communication.SchDoc			





Title: <b>AOA V3</b>		Designed by: Bc. Jindřich Krivka	
Size: A4	Number:	Revision:	
Date: 10.5.2012	Time: 15:13:56	Sheet of	Plzeň 32600
File: D:\Projekty\Diplomka\Altium\V3 socket modul\Socket module.SchDoc			





Title: <b>AOA V3</b>			Designed by: Bc. Jindřich Krivka	<b>KŘIVKA</b>
Size: A4	Number:	Revision:	Plzeň 32600	
Date: 10.5.2012	Time: 15:12:02	Sheet of		
File: D:\Projekty\Diplomka\Altium\V3_water_level_module\WL_module.SchDoc				

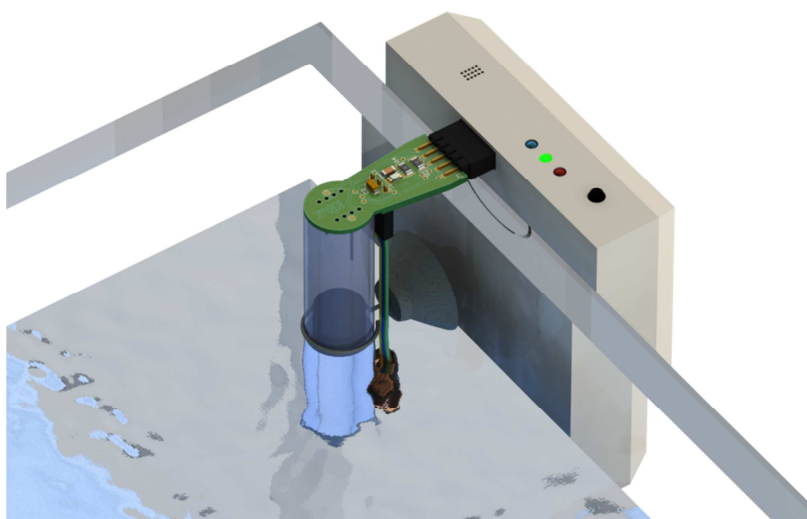
## 11 Nevázaný dodatek

Protože jsem nestihl dokončit text diplomové práce před tím, než musel být odeslán k tisku, nebyly popsány všechny moduly AoA V3, a proto jsem se rozhodl pro vložení nevázaného dodatku, kde doplním popis WL modulu, který je jedním z hlavních bodů celé práce.

### 11.1 WL modul

WL modul je senzorický modul systému AoA V3 určený pro měření parametrů vody v akvarijní nádrži: výška hladiny a teplota vody. Dále je v tomto modulu umístěn senzor pro měření intenzity okolního osvětlení a senzor pro měření teploty vzduchu v okolí akvarijní nádrže.

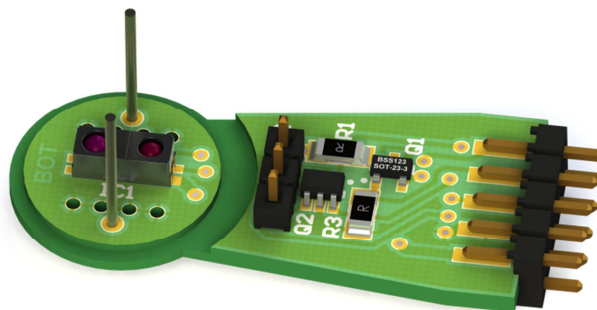
Modul je určen k uchycení na vnitřní stěnu akvarijní nádrže. Část modulu určená pro kontaktní měření parametrů vody je v ní ponořena. Modul je přímo propojen s měřicím modulem a dohromady tvoří celek měřicího systému parametrů akvarijní nádrže AoA V3.



Obr. 11.1.1 Sestava WL modulu a měřicího modulu umístěné v akvarijní nádrži

#### 11.1.1 Popis realizace měření výšky hladiny vody

Po zkušenostech s mechanickou konstrukcí plovákového snímače hladiny v předchozí verzi AoA V2 jsem chtěl nový systém vybavit spolehlivějším měřením výšky hladiny, abych mohl realizovat novou funkci systému - automatizované udržování konstantní výšky hladiny vody.



Obr. 11.1.2 WL modul - spodní strana DPS

Aby byl systém funkční, potřeboval jsem ho vybavit senzorem, který by byl mechanicky odolný proti vodnímu prostředí, spolehlivý a nedocházelo tak k chybnému vyhodnocení

výšky hladiny vody v akváriu. Tím by systém AoA V3 špatně vyhodnotil stav akvária a doplnil vodu nad jeho okraj. Postupem času jsem vymyslel nápad, který jsem zrealizoval v podobě WL modulu.

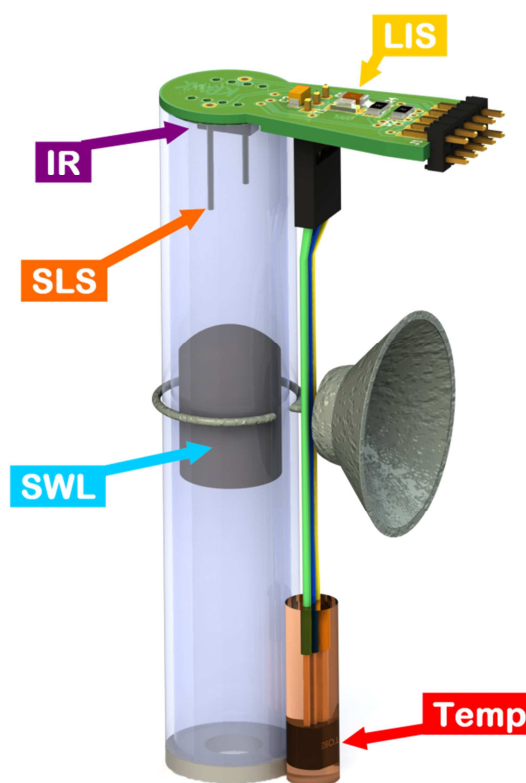
Princip odečítání výšky hladiny je založen na infračerveném senzoru HSDL-9100-021, který jsem zvolil pro jeho miniaturní rozměry a vyhovující rozsah vzdálenosti měření (cca 10 cm). Senzor tvoří dvojice infra-diod (vysílací a přijímací) a k jeho funkci je zapotřebí externí buzení a zpracování analogového výstupu signálu. To je realizováno v měřicím modulu.

Výšku hladiny vody kopíruje černý plovák SWL, který je umístěn v definované trubce světlé barvy. Pokud se vzdaluje SWL od IR, tak hodnota výstupního napětíového signálu IR roste. Naopak pokud hladina roste, klesá tím velikost ozářené plochy definované trubky a díky černé barvě plováku výstupní napětí signálu IR klesá.

Takto zvolená barevná kombinace řeší problém s případným znečištěním použitých konstrukčních dílů (např. porostem řas). Pokud dojde k znečištění vnitřní odrazivé plochy definované trubky, hodnota napětí výstupního signálu bude nižší a systém tak vyhodnotí vyšší úroveň hladiny, než je ve skutečnosti. Původně jsem zvažoval opačnou kombinaci barev, ale u té by v případě znečištění došlo k vyhodnocení výšky hladiny naopak nižší a to pro mne bylo nepřijatelné riziko.

Dále jsem WL modul vybavil senzorem SLS, který je posledním ochranným prvkem systému automatizovaného dopouštění hladiny vody. Tento senzor je určen k detekci překročení maximální výšky hladiny vody, za pomoci dvou elektrod detekuje přímý kontakt s vodní hladinou s využitím vlastní vodivosti vody. Je přímo napojen na hardwarové přerušení v MCU měřicího modulu.

Pokud by i přes všechna provedená opatření došlo k pokusu systému AoA V3 doplnit akvárium nad jeho okraj, MCU v měřicím modulu informuje MCU v řídicím modulu a ten zajistí okamžité odpojení všech zásuvkových modulů od zdroje střídavého napětí 230 V.



Obr. 11.1.3 Kompletní sestava WL modulu