



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

## ÚSTAV MIKROELEKTRONIKY

DEPARTMENT OF MICROELECTRONICS

## AUTOMATIZACE DOMU

HOME AUTOMATION

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Martin Rástočný

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Pavel Šteffan, Ph.D.

BRNO 2017



# Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor **Mikroelektronika**  
Ústav mikroelektroniky

**Student:** Bc. Martin Rástočný

**ID:** 154840

**Ročník:** 2

**Akademický rok:** 2016/17

## NÁZEV TÉMATU:

**Automatizace domu**

## POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Navrhněte a realizujte zařízení pro automatizaci domácnosti umožňující detekci vysokého a nízkého elektrického tarifu, se zaměřením na využití pro bezdrátové ovládání akvárií a terárií. Navrhněte komplexní obvodové řešení včetně softwarového vybavení, které bude umožňovat jednoduchou správu a nastavení zvolených periferií.

## DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího práce

**Termín zadání:** 6.2.2017

**Termín odevzdání:** 25.5.2017

**Vedoucí práce:** doc. Ing. Pavel Šteffan, Ph.D.

**Konzultant:**

**doc. Ing. Lukáš Fucik, Ph.D.**  
*předseda oborové rady*

## UPOZORNĚNÍ:

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

## **ABSTRAKT**

Práca sa zaoberá teoretickým spracovaním problematiky automatizácie domu. V práci sú popísané možné komerčné realizácie dostupné na trhu. Ďalej je spracovaný návrh zariadenia, ktoré rozoznáva nízku a vysokú tarifu. Návrh zariadenie je zamerané na bezdrôtové ovládanie akvária a terária. Ďalšími časťami práce je voľba prvkov zariadenia, návrh obvodov, praktická realizácia a testovanie systému.

## **KLÚČOVÉ SLOVÁ**

teplotný snímač, mikrokontrolér, ESP8266, wifi

## **ABSTRACT**

This thesis analysis a theoretical basis of the home automatization. The thesis contains the overview of commercial realizations of an intelligent house. The thesis also contains design of device, which could distinguish low and high tariff. Design of device is focused on wireless control of aquarium. In the following chapters a overview of components, design of circuits, practical realization and test of whole system.

## **KEYWORDS**

temperature sensor, microcontroller, ESP8266, wifi

RÁSTOČNÝ, M. *Automatizace domu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2017. 61 s., 7 s. příloh. Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Pavel Šteffan, Ph.D..

# PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že túto diplomovú prácu na tému Automatizácia domu som vypracoval samostatne pod vedením vedúceho semestrálneho projektu a s použitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú všetky citované v práci a uvedené v zozname literatúry na konci práce.

Ako autor uvedenej diplomovej práce ďalej prehlasujem, že v súvislosti s vytvorením tejto diplomovej práce som neporušil autorské práva tretích osôb, hlavne som nezasiahol nedovoleným spôsobom do cudzích autorských práv osobnostných a/alebo majetkových a som si plne vedomý následkov porušenia ustanovenia § 11 a nasledujúcich zákona č. 121/2000 Zb., o práve autorskom, o právach súvisiacich s autorským právom a o zmene niektorých zákonov (autorský zákon), v znení neskorších predpisov, vrátane možných trestnoprávných dôsledkov vyplývajúcich z ustanovenia časti druhej, hlavy VI. diel 4 Trestného zákonníka č. 40/2009 Zb. ČR.

V Brne dňa .....

.....

(podpis autora)

# POĎAKOVANIE

Ďakujem vedúcemu diplomovej práce doc. Ing. Pavlovi Šteffanovi, Ph.D. za venovaný čas a prejavenu ochotu počas konzultácií k mojej práci. Taktiež ďakujem za veľmi účinnú pedagogickú, metodickú a odbornú pomoc počas realizácie tejto práce.

Experimentální část této diplomové práce byla podpořena výzkumnou infrastrukturou  
vybudovanou v rámci projektu CZ.1.05/2.1.00/03.0072

**Centrum senzorických, informačních a komunikačních systémů (SIX)**  
operačního programu Výzkum a vývoj pro inovace.

# OBSAH

<b>ZOZNAM OBRÁZKOV</b>	<b>xi</b>
<b>ZOZNAM TABULIEK</b>	<b>xiii</b>
<b>Úvod</b>	<b>1</b>
<b>1 Komerčné realizácie</b>	<b>2</b>
1.1 Crotech.....	2
1.2 Loxone systém .....	3
1.2.1 Miniserver Go .....	6
1.2.2 Loxone Miniserver.....	6
1.3 Sonoff-wifi spínač.....	7
<b>2 Úvod do tematiky</b>	<b>9</b>
2.1 Cena elektrickej energie.....	9
2.2 Hromadné diaľkové ovládanie – HDO .....	10
2.2.1 GPRS - General Packet Radio Service .....	11
2.2.2 Výhody a nevýhody signálov HDO.....	11
2.2.3 Popis signálu HDO - telegram HDO .....	12
2.2.4 Telegram ZPA I-I 64 s (impulz - impulz).....	12
2.2.5 Telegram VERSACOM – VERSAtile COMunication.....	13
2.2.6 Detekcia HDO.....	13
2.3 Výhrev terária, akvária .....	14
2.4 Vývojový mikrokontrolér .....	15
2.4.1 ATmega 328 .....	15
2.4.2 STM32 NUCLEO-F302R8.....	16
2.4.3 Raspberry Pi 3.....	17
2.4.4 Porovnanie parametrov mikrokontrolérov .....	19
2.5 Snímače teploty.....	20



2.5.1	Snímač teploty DS18B20.....	20
2.5.2	Snímač teploty MAX31820 .....	21
2.5.3	Snímač teploty TMP36 .....	21
2.5.4	Porovnanie parametrov snímačov teploty.....	22
<b>3</b>	<b>Návrh prvkov pre obvody</b>	<b>23</b>
3.1	Zdroje napätia .....	23
3.1.1	AC/DC menič - VTX-214-005-103 .....	24
3.1.2	AC/DC menič - VTX-214-005-105 .....	24
3.1.3	Lineárny regulátor napätia LD1117ADT .....	25
3.1.4	Sieťový adaptér.....	25
3.2	Detekcia fáze – HCPL-3760 .....	26
3.3	Snímanie prúdu - ACS712.....	26
3.4	ESP8266.....	27
3.4.1	ESP8266-12E.....	28
3.4.2	ESP8266-12F, D1 mini.....	31
3.5	Prevodník UART .....	32
3.6	Relé .....	33
3.7	Osvetlenie akvária – terária .....	35
<b>4</b>	<b>Návrh obvodov</b>	<b>36</b>
4.1	Detekcia fáze.....	36
4.2	Meranie prúdu.....	38
4.3	Napájanie - LD1117ADT .....	38
4.4	Spínanie relé .....	39
4.5	Zapojenie modulu ESP8266 .....	41
4.5.1	Nahratie nového firmvéru .....	42
4.5.2	Mód normálnej prevádzky .....	42
4.5.3	Zapojenie ESP8266-E12 pre jednotlivé moduly systému .....	43
<b>5</b>	<b>Praktická realizácia</b>	<b>44</b>
5.1	DPS zabezpečujúca snímanie fáze.....	44

5.2	DPS pre snímanie spotreby prúdu a spínanie .....	46
5.3	Hlavná doska.....	47
5.4	Technológia a návrh DPS .....	48
5.5	Cenová kalkulácia .....	48
<b>6</b>	<b>popis SW</b>	<b>50</b>
6.1	SQL.....	50
6.2	Návrh SW .....	51
6.2.1	Serverová časť .....	51
6.2.2	Mobilná aplikácia .....	51
<b>7</b>	<b>Testovanie systému</b>	<b>53</b>
<b>8</b>	<b>Záver</b>	<b>57</b>
	<b>Literatúra</b>	<b>58</b>
	<b>Prílohy</b>	<b>61</b>
	A: Schémy zapojenia obvodov systému.....	i
	B: Fotodokumentácia dosiek plošných spojov .....	iv
	C: Fotodokumentácia databázy v phpMyAdmin .....	vi
	D: Fotodokumentácia praktickej realizácie.....	vii

# ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok 1: Zobrazenie jadra zariadenia ResponzIO. [18] .....	2
Obrázok 2: Rozšírenia, ktoré je možné implementovať do systému Loxone (Prevzaté z [19]). .....	4
Obrázok 3: Zobrazenie Miniserver Go od Loxone prevzaté z [21]. .....	6
Obrázok 4: Plošný spoj zariadenia Sonoff, popis od dodávateľa. [1] .....	8
Obrázok 5: Bloková schéma systému. ....	9
Obrázok 6: Časové rozloženie telegramu ZPA I-I 64. ....	13
Obrázok 7: Časový priebeh telegramu VERSACOM. ....	13
Obrázok 8: Rozloženie pinov na ATmega328 pre puzdro PDIP (prevzaté z [2]). ....	15
Obrázok 9: Doska NUCLEO-F302R8. [4] .....	17
Obrázok 10: Raspberry Pi 3 Model B. [10] .....	19
Obrázok 11: VTX-214-005-103. ....	24
Obrázok 12: Vnútorne zapojenie HCPL-3760. [42] .....	26
Obrázok 13: Závislosť výstupného napätia ACS712 na meranom prúde, $V_{cc}=5\text{ V}$ . ....	27
Obrázok 14: Zobrazenie rozloženia pinov ESP8266-12E. ....	30
Obrázok 15: D1 mini s ESP8266-12F. ....	31
Obrázok 16: Prevodníky USB to TTL CP2102 (červený) a CH340G. ....	33
Obrázok 17: Relé JS5-K, rozloženie pinov. ....	34
Obrázok 18: Bloková schéma celého systému. ....	36
Obrázok 19: Schéma zapojenia HCPL-3760. ....	37
Obrázok 20: Zapojenie obvodu ACS712. ....	38
Obrázok 21: Schéma zapojenia LD1117ADJ. ....	39
Obrázok 22: Schéma zapojenia relé a periférnych súčiastok. ....	41
Obrázok 23: Minimálne požadované zapojenie pre činnosť ESP8266. ....	43
Obrázok 24: Názorné zapojenie modulu ESP8266-E12. ....	43
Obrázok 25: Fyzické rozloženie modulov zariadenia v objekte. ....	44
Obrázok 26: Bloková schéma obvodu pre detekciu fáze. ....	45

Obrázok 27: Osadená DPS - detekcia fáze. ....	45
Obrázok 28: Bloková schéma pre obvod snímania prúdu. ....	46
Obrázok 29: Osadená DPS - snímanie prúdu. ....	47
Obrázok 30: Bloková schéma hlavnej dosky. ....	47
Obrázok 31: Osadená DPS - hlavná doska. ....	48
Obrázok 32: Bloková schéma komunikácie systému so serverom. ....	51
Obrázok 33: Osadené a zapojené zariadenie. ....	53
Obrázok 34: Testovanie spínania wifi modulu ESP8266-12E. ....	55
Obrázok 35: Testovanie spínania relé wifi modulom cez webové rozhranie. ....	56

# ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 1: Parametre ResponzIO. [18].....	3
Tabuľka 2: Základné parametre Miniserver Go. [21].....	6
Tabuľka 3: Základné parametre Loxone Miniserver [22] .....	7
Tabuľka 4: Špecifikácia Sonoff spínača. [1] .....	8
Tabuľka 5: Porovnanie priemernej ceny elektrickej energie. [28][36].....	10
Tabuľka 6: Základné parametre ATmega 328 [2] .....	16
Tabuľka 7: Základné popis NUCLEO-F302R8 [4] .....	17
Tabuľka 8: Parametre Raspberry Pi 3 model B. [9] .....	18
Tabuľka 9: Prehľad vybraných vlastností pre Raspberry Pi3, STM 32 a ATmega 328.	19
Tabuľka 10: Parametre snímača DS18B20. [3].....	20
Tabuľka 11: Parametre snímača MAX31820. [11] .....	21
Tabuľka 12: Parametre snímača TMP36. [14] .....	22
Tabuľka 13: Porovnanie vybraných parametrov teplotných snímačov. [3][11][14] .....	22
Tabuľka 14: Parametre zdroja VTX-214-005-103. ....	24
Tabuľka 15: Parametre zdroja VTX-214-005-105. [37][38].....	25
Tabuľka 16: Parametre regulátoru napätia LD1117ADT. [40] .....	25
Tabuľka 17: Parametre sieťového adaptéru. [41] .....	26
Tabuľka 18: Parametre ESP8266-12E.....	29
Tabuľka 19: Popis pinov pre ESP8266-12E.....	29
Tabuľka 20: Pin mód – slúži pri boot režime. ....	30
Tabuľka 21: Spotreba modulu pre jednotlivé módy činnosti .....	30
Tabuľka 22: Popis rozloženia pinov na D1 mini, sú použité 10 k $\Omega$ pull up rezistory. ..	32
Tabuľka 23: Parametre čipu CP2102.....	33
Tabuľka 24: Popis kontaktov a parametrov JS5-K.....	34
Tabuľka 25: Parametre WS2812B. [49] .....	35
Tabuľka 26: Výrobcom odporúčané pracovné podmienky obvodu HCPL-3760.....	37
Tabuľka 27: Parametre N-MOS tranzistoru 2N7002.....	40

Tabuľka 28: Parametre diódy 1N4007. ....	40
Tabuľka 29: Potrebné napojenie pinov pre funkčné napálenie firmvéru na ESP. ....	42
Tabuľka 30: Prepojenie ESP a TTL na USB prevodníka v bežnej prevádzke. ....	42
Tabuľka 31: Cenová kalkulácia súčiastok použitých v zariadení. ....	49
Tabuľka 32: Kalibračné meranie prúdu na ACS712, $R = 0,1 \Omega$ , 10 W, DC. ....	54
Tabuľka 33: Kalibračné meranie prúdu na ACS712, $R=56\text{ohm}$ , AC. ....	54

# Úvod

Téma diplomovej práce nadväzuje na tému semestrálneho projektu. Po preštudovaní možností riešenia inteligentného riadenia terária a akvária je úlohou navrhnúť obvodové a softvérové vybavenie.

V prvej časti sú popísané dostupné komerčné realizácie. Množstvo moderných zariadení využíva na napájanie rozličné tarify účtované dodávateľom elektrickej energie. Cena elektrickej energie sa mení v závislosti na type použitého tarifu, preto je spracovaný stručný prehľad cien energie. V ďalšej časti je spracovaná teória hromadného diaľkového ovládania (HDO). Sú preskúmané typy signálov a vyhodnotený spôsob možnej detekcie týchto signálov.

Sú preštudované možné typy senzorov teploty od ktorých je požadovaná vysoká odolnosť voči poškodeniu vplyvom teploty, vlhkosti a možného poškodenia od zvierat. Pri výbere vhodného typu mikrokontrolér resp. vývojového kitu musia byť do úvahy zahrnuté viaceré faktory, ktoré sú popísané v nasledujúcich častiach práce.

Dôležité kritéria pri voľbe súčiastok a zariadení pre realizáciu práce sú cena a rozmery.

Po naštudovaní problematiky automatizácie domu bolo prístupné k návrhom obvodov. Po návrhu obvodov nasledovalo testovanie jednotlivých zapojení a následný návrh dosiek plošných spojov. Po úspešnej praktickej realizácii hardvérového zapojenia systému nasledovalo otestovanie komunikácie wifi modulov so serverom a zber dát.

# 1 Komerčné realizácie

Pre potreby získania teoretických vedomostí potrebných pre následnú realizáciu diplomovej práce je potrebné preštudovať komerčné realizácie automatizácie domu. Dôraz sa kladie na jednotlivé funkčné prvky, možnosť jednoduchej inštalácie zariadení a hardvérové príslušenstvo.

Pri komerčných aplikáciách má užívateľ značné problémy zistiť typ hardvéru použitý v zariadeniach. Väčšina spoločností predáva zariadenia na realizáciu ako black box. Súčasťou zariadení obvykle býva riadiaci modul ku ktorému sú popripájané periférne zariadenia, takže užívateľ nemá možnosť fyzicky zasiahnuť do hardvérového vybavenia. Užívateľ je v prípade zásahu do používaného softvéru v značnej miere obmedzený. Pri ovládaní mobilných aplikácií je zásah do jadra programov nemožný, prípadne veľmi obmedzený.

Výhodou je dobrá ovládateľnosť na úrovni mobilných aplikácií a možnosť využitia všetkých vlastností zariadenia. Častou nevýhodou z pohľadu užívateľa býva nemožnosť fyzických zmien v systéme a nutnosť privolať na tieto operácie oprávnených technikov.

## 1.1 Croptech

Croptech je spoločnosť zameriavajúca sa na automatizáciu domácnosti. Firma ponúka produkt ResponzIO. ResponzIO je nástroj, ktorý slúži na vzdialené monitorovanie, ovládanie a automatizáciu. Jeho využiteľnosť je od akvárií, skleníkov, záhrad, všeobecných aplikáciách v domácnostiach až po hydroponické systémy.

Dodávaný systém obsahuje ResponzIO, 4 programovateľné zásuvky, senzor osvetlenia, senzor teploty a vlhkosti, pH senzor, senzor teploty vody, napájací adaptér.



Obrázok 1: Zobrazenie jadra zariadenia ResponzIO. [18]

V zariadení je použité množstvo senzorov. Zariadenie je zamerané na tri oblasti



snímania a regulácie, akvária, inteligentné domácnosti, záhrada. Systém obsahuje klasické senzory na snímanie teploty, vlhkosti a intenzity osvetlenia v rôznych okolitých podmienkach. [18]

Tabuľka 1: Parametre ResponzIO. [18]

USB	4x
RJ45	1x
Vstupy pre senzory	16x
LCD	1x
Pripojiteľné zariadenia	4x
Cena	599 €

Súčasťou zariadenia pre implementáciu do akvária sú snímač množstva O<sub>2</sub> vo vode, EC senzor na meranie konduktivity vody, pH senzor.

Ďalšími zaujímavými vlastnosťami je možnosť merania vlhkosti pôdy a automatické riadenie zavlažovania, ovládanie ventilácie, meranie CO<sub>2</sub>. [18]

Zariadenie je postavené na platforme Raspberry Pi 3. Komunikácia prebieha pomocou mobilnej aplikácie. Následne sú zozbierané dáta ukladané v cloudovom úložisku. Výhodou je možnosť offline režimu. V tomto režime ako cloud slúži priamo centrálny modul. Toto rozšírenie systému je výhodné pre užívateľa, pretože jeho dáta sú chránené pred priamym zásahom z internetu.

## 1.2 Loxone systém

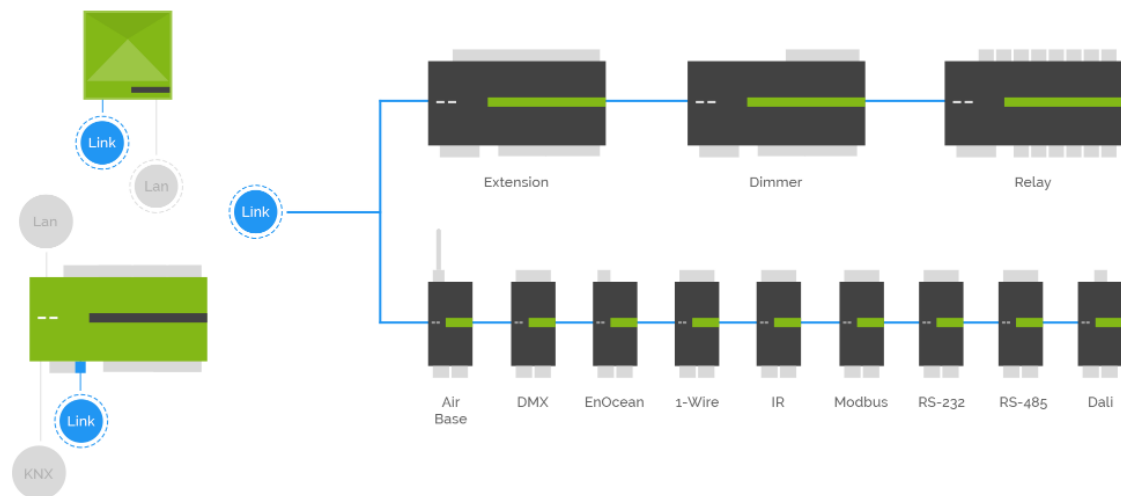
Loxone je spoločnosť zaoberajúca sa kompaktnou inštaláciou inteligentných domov. Funkcie ako bezpečnosť, efektívna energetická regulácia a komfortnosť sú centralizované v mini servery, ktorý ovláda celý dom. Spoločnosť ponúka riešenie pre novostavby a taktiež aj rekonštruované budovy.

Prevedenie v podobe Miniserver Go, ktorého komunikácia je vykonávaná bezdrôtovo je vhodné pre zrekonštruované stavby. Naopak vo vyhotovení Loxone Miniserver je zariadenie vhodné na inštaláciu do novostavieb.

Pre tento produkt bol vyvinutý samostatný softvér Loxone Config. Tento softvér je plne kompatibilný s hardvérovým vybavením systému. Súčasťou softvérového vybavenia sú mobilné aplikácie pre operačné systémy iOS a Android. Ovládanie systému je možné cez webový prehliadač, v lokálnej sieti a taktiež cez internet pomocou bezdrôtových zariadení. Tým je zaručená možnosť ovládať zariadenie odkiaľkoľvek.

Výhodou systému je rozšíriteľnosť pomocou rozširujúcich modulov tzv. Extensions modulov. Systém, nie je uzavretý a to zabezpečuje možnosť

implementácie do malých ale aj rozsiahlych budov s možnosťou jednoduchého rozšírenia o požadované moduly. Táto vlastnosť je z pohľadu užívateľa veľmi výhodná a zabezpečuje možnosť obohatiť systém o nové jednotky.



Obrázok 2: Rozšírenia, ktoré je možné implementovať do systému Loxone (Prevzaté z [19]).

Popis vybraných rozširovacích modulov [20]:

### **Tree Extension**

Slúži na pripojenie ďalších periférií, možnosť pripojiť až 100 zariadení, možnosť aktualizácie pomocou softvéru.

### **Fröling Extension**

Slúži na riadenie kotla na tuhé palivo, je možná regulácia teploty pre jednotlivé zóny stavby. Možnosť napojenia až 18 vykurovacích okruhových, 8 bojlerov a 4 akumulčné nádrže. Cielené využitie energie, zníženie nákladov na energie do 30 %.

### **Relay Extension**

Obsahuje 14 digitálnych relé s možnosťou záťaže do 16 A, tento typ rozšírenia je možné použiť na ovládanie žalúzií, osvetlenia, kúrenia, alarmu, a ďalších periférií.

### **Dimmer Extension**

Slúži pre ovládanie stmievania osvetlenia. Pomocou tohto rozšírenia je možné ovládať žiarovky, halogénové svetlá alebo LED osvetlenie. K dispozícii sú 4 piny na stmievanie a 8 digitálnych vstupov (24 V DC) na pripojenie tlačidiel.

### **RS485 Extension**

Slúži na ovládanie zariadení obsahujúcich sériový port RS485 (klimatizácia, čítačka otlakov prstov).

### **RS232 Extension**

Slúži na ovládanie zariadení obsahujúcich sériový port (audio systém, telefón).

## **Air Base Extension**

Rozšírenie na bezdrôtovú komunikáciu, na ktoré je možné pripojiť do 128 zariadení. Dosah komunikácie je možné zvýšiť počtom jednotlivých pripojených zariadení, ktoré komunikujú navzájom medzi sebou. Komunikácia je realizovaná na frekvencii 868 MHz.

## **1-wire Extension**

Toto rozšírenie slúži na zapojenie senzorov, k tomuto rozšíreniu je možné pripojiť 20 senzorov s parazitným napájaním a 32 senzorov s oddeleným napájacím pinom. [20]

Samozrejmosťou pre daný systém je elektronický kľúč a čítačka elektronického kľúča. Taktiež je v riešení inteligentného domu zahrnutá bezpečnosť domu. Na tento účel slúži množstvo rozšírení a prvkov implementovaných v dome. Súčasťou bezpečnosti nie je len zabezpečenie proti neželanému preniknutiu cudzej osoby do objektu, ale taktiež ochrana proti haváriám napríklad poruchám kúrenia, dažďu a iným. Majiteľ je upovedomený pomocou aplikácie, prípadne sms správou.

Užívateľ má napríklad možnosť online skontrolovať, kto sa v danom objekte nachádza, ktoré okná a dvere boli kedy otvorené. Systém obsahuje optický, akustický, tichý alarm a je ho možné aktivovať na diaľku. Taktiež je možná implementácia odchodového tlačidla, kedy užívateľ jedným pokynom vypne svetlá, televízor, platničku na šporáku a ďalšie požadované zariadenia. Stlačením odchodového tlačidla je aktivovaný alarm a spustený režim úspory, kedy je optimalizované kúrenie. Tento prvok systému je výhodný aj pri zhoršení počasia, keď sú systémom všetky okná zavreté.

Zaujímavým prvkom je využitie simulovanej prítomnosti. Server simuluje prítomnosť osoby v objekte napríklad počas dovolenky. Simulácia prebieha tak, že sú rôzne rozsvetované svetlá, spúšťaná hudba, pohyb žalúzií a ostatné úkony nastavené užívateľom. Táto simulácia sa javí pre vonkajšieho pozorovateľa ako prítomnosť ľudí v objekte. [23]

Veľkou výhodou tohto systému je, že dokáže riadiť a spínať jednotlivé zariadenia v závislosti na tarife. Tieniaca technika pomáha k pasívnemu ohrevu alebo chladeniu domu tak, aby nemusela byť zbytočne aktivovaná klimatizácia alebo kúrenie. Elektrická energia vyprodukovaná z vlastnej solárnej elektrárne je efektívne využitá a je minimalizované jej dodávanie do siete. Je to realizované napríklad odkladom prania, umývania umývačky, nabíjania elektromobilu.

O aktuálnom stave nabíjania akumulátorov je užívateľ informovaný pomocou aplikácie. V systéme je implementovaná ochrana proti preťaženiu, v prípade preťaženia systém dokáže odpojiť jednotlivé zariadenia a chrániť ich od zničenia. [24]

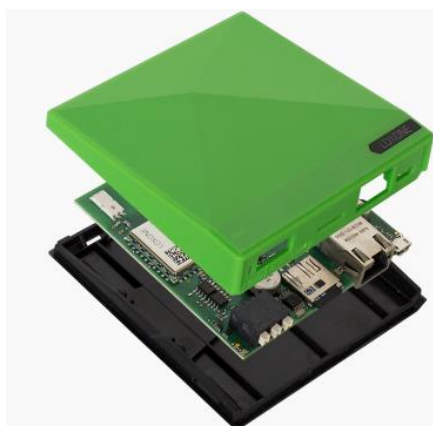
### 1.2.1 Miniserver Go

Vlastnosti tohto prevedenia sú rovnaké ako pre Loxone Miniserver. Veľkou výhodou tohto prevedenia je možnosť rozšírenia o Loxone Air Base Extension, ktoré obsahuje integrovanú anténu zabezpečujúcu bezdrôtovú komunikáciu. Základné parametre Miniserveru Go sú uvedené v tabuľke 2.

Medzi hlavné výhody patrí kompatibilný dizajn, ľahké umiestnenie, napájanie realizované pomocou mikro USB, Loxone App, Loxone Config a aktualizácie zadarmo, vypínanie spotrebičov, meranie vlhkosti, meranie teploty, ovládanie osvetlenia.

Tabuľka 2: Základné parametre Miniserver Go. [21]

$V_{cc}$ [V]	5
Komunikačná frekvencia $f_{kom}$ [MHz]	868 – 912
Rozmery x-y-z [mm]	90 – 90 – 20
Komunikačné rozhranie	LAN
Pamäť – slot pre Micro-SD [GB]	16
Cena	358,80 € / 10 000 Kč



Obrázok 3: Zobrazenie Miniserver Go od Loxone prevzaté z [21].

### 1.2.2 Loxone Miniserver

Loxone Miniserver je drôtové vyhotovenie riadiacej jednotky pre inteligentné riadenie domu. Parametre daného serveru sú uvedené v tabuľke 3.

Tento typ dokáže ovládať širokú škálu zariadení ako: rôzne zdroje kúrenia – plynový kotol, podlahové kúrenie, klimatizáciu, tieniacu techniku – žalúzie, rolety, markízy, osvetlenie – LED, RGB, ovládanie hudby a multimédií, okien dverí, alarm, video vrátnik.

Ovládanie je do značnej miery autonómne. Je riadené na základe informácií prijatých od použitých senzorov (pohybu, teploty, vlhkosti, dymu,...).

Tabuľka 3: Základné parametre Loxone Miniserver. [22]

Digitálne vstupy/výstupy	8/8
Analogové vstupy/výstupy	4/4
$V_{cc}$ [V]	24
LAN konektor	1
Rozmery x-y-z [mm]	155x85x49
Pamäť – slot pre Micro-SD [GB]	2
Cena	498 € / 12 499 Kč

### 1.3 Sonoff-wifi spínač

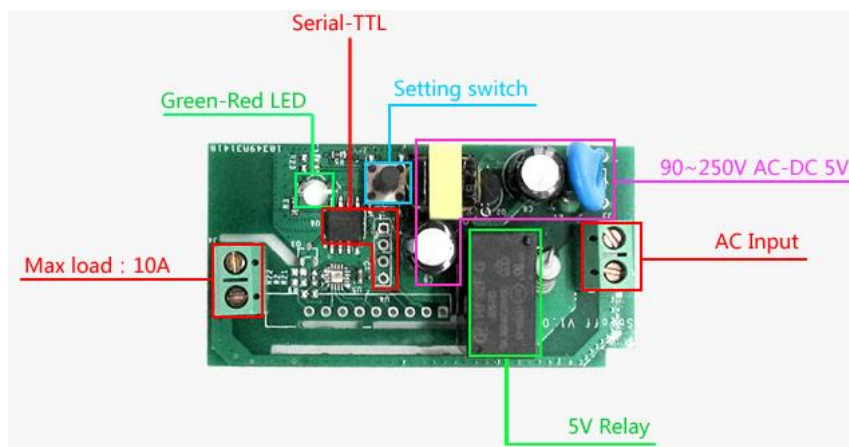
Sonoff je wifi zariadenie určené na ovládanie inteligentnej domácnosti. Je to bezdrôtový prepínač, ktorý je možné použiť pre prístroje rôznych typov a od rôznych výrobcov. Sonoff posielá dáta pomocou wifi routru na úložisko a následne je možné vzdialené ovládanie pripojených spotrebičov pomocou aplikácie v mobilnom telefóne alebo notebooku.

Slampher je zariadenie patriace do rovnakej kategórie ako Sonoff. Služí pre spínanie žiaroviek, je to v podstate inteligentná objímka na žiarovku so závitom E27. Zapínanie a vypínanie spotrebičov na diaľku pomocou tohto zariadenia je možné on-line vždy a všade. Taktiež je možné nastaviť rôzne režimy spínania daných zariadení v závislosti od požiadavky užívateľa. Ovládanie je vykonávané pomocou aplikácie eWeLink. Server ukladajúci dáta pre Sonoff je poskytovaný firmou AMAZON - AWS (Amazon Web Services).

Niektoré typy Sonoff obsahujú rádiový prijímač, ktorý môže slúžiť na lokálne ovládanie. Diaľkový ovládač je spárovaný so spínačom, ktorý je potrebné manuálne nastaviť.

Nainštalovanie aplikácie eWeLink je možné na zariadenie s operačným systémom Android alebo IOS. Pomocou tejto aplikácie je možné zariadenia navzájom spárovať a zaradiť do užívateľom požadovaných skupín. To umožňuje skupinové spínanie zariadení, napríklad: spínanie vianočného osvetlenia, zariadení v kuchyni. V prípade zmeny skupiny zariadení je možné jednoducho zariadenie v skupine alebo celú skupinu vymazať a prideliť do novej. Zariadenia zostávajú uložené v zozname zariadení. [6]

Pomocou Sonoff TH je možné merať vlhkosť a teplotu. Pomocou tohto typu je možné spínanie zariadenia podľa meranej teploty/vlhkosti. Taktiež je nevyhnutné na správnu funkciu zariadenia zabezpečiť správne prechodové podmienky. Zobrazenie plošného spoja zariadenia je na obrázku 4.



Obrázok 4: Plošný spoj zariadenia Sonoff, popis od dodávateľa. [1]

V tabuľke 4 sú popísané parametre wifi spínača Sonoff. Medzi jeho veľké výhody patrí relatívne výhodná cena. Taktiež veľkou výhodou je prúdová zaťažiteľnosť až do 10 A.

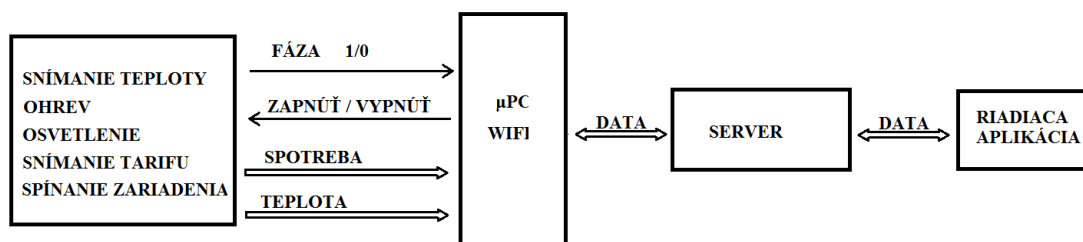
Tabuľka 4: Špecifikácia Sonoff spínača. [1]

Vstupné napätie [ $V_{AC}$ ]	90-250
$I_{max}$ [A]	10
$P_{max}$ [w]	2200
Wifi frekvencia [GHz]	2,4
Vlhkosť [%]	5 - 95
Pracovná teplota [°C]	-20 – 75
Cena [€] [1]	4,6 <

## 2 Úvod do tematiky

V súčasnej dobe je kladený veľký dôraz na šetrenie zdrojmi a inovácie. V predošlej časti práce boli popísané možné komerčné realizácie inteligentnej domácnosti. Na základe získaných vedomostí z prieskumu trhu bude v práci spracovaná tematika návrhu zariadenia. Výhoda riešenia systému v tejto práci spočíva v snímaní tarifu od distribútora energie a následný ohrev terária akvária počas ceny nízkeho tarifu.

Bežné zariadenia v domácnosti požadujúce väčší výkon ako napríklad ohrev teplej vody, vykurovanie, obsahujú prijímače HDO signálu (hromadného diaľkového ovládania), ktoré ich dokážu spínať v dobe nízkeho tarifu. Avšak ohrev terária nie je komerčné zariadenie, ktoré by dokázalo byť na diaľku spínané užívateľom a zároveň regulované podľa typu tarifu odoberanej energie.



Obrázok 5: Bloková schéma systému.

### 2.1 Cena elektrickej energie

Cena elektrickej energie je menená distribútorom v závislosti na spotrebe v sieti. V Českej republike momentálne pôsobí minimálne šesťdesiat distribútorov energie. Sadzby elektrickej energie sú väčšinou nastavované podľa odberu spotrebiteľa, ceny, času odberu a lokality. [28]

Medzi najväčších distribútorov patria ČEZ Distribúcia, E.ON Distribúcia a PRE Pražská Energetika.

Prehľad vybraných kódových označení pre jednotlivé sadzby za dodávku elektrickej energie [29]:

#### Jednotarifné sadzby

- D01d** – pre svietenie a prevádzku spotrebičov, domácnosť s nízkou, spotrebou
- D02d** – pre svietenie a prevádzku spotrebičov, s vyššou spotrebou,

## Dvojtarifné sadzby

- C27d** – na nabíjanie elektromobilov pre firmy a podnikateľov,
- D25d** – pre akumuláciu ohrevu vody, domácnosť s nižšou spotrebou, nízka sadzba 8 hodín denne,
- D27d** – lacnejšia energia pre odberateľa v čase nízkeho tarifu po dobu 8 hodín v čase od 18:00 do 8:00. Pre nabíjanie elektromobilov a aj celú domácnosť.
- D45d** – pre vykurovanie elektrickými priamotopmi, nízka sadzba 20 hodín denne.

Tabuľka 5: Porovnanie priemernej ceny elektrickej energie. [28][36]

Distribučná oblasť	Distribučná sadzba	Priemerná cena kWh 2015 [Kč]		Priemerná cena kWh 2016 [Kč]	
		Vysoká tarifa	Nízka tarifa	Vysoká tarifa	Nízka tarifa
ČEZ	D02d	4,18	-	4,02	-
	D25d	4,55	1,83	4,43	1,83
	D45d	2,73	2,24	2,69	2,21
	D27 d	4,97	2,07	4,71	1,99
E.ON	D02d	4,08	-	3,98	-
	D25d	4,41	1,86	4,28	1,86
	D45d	2,78	2,23	2,76	2,22
	D27 d	4,61	1,97	4,55	1,99
PRE	D02d	4,07	-	3,93	-
	D25d	4,34	1,83	4,19	1,83
PRE	D45d	2,70	2,21	2,63	2,19
	D27 d	4,40	1,87	4,33	1,91

V predchádzajúcej tabuľke 5 je vidieť zmenu ceny v závislosti od danej tarify. Pri väčšej spotrebe je evidentné, že používanie dvoj sadzbového elektromeru je z ekonomickej stránky výhodné. Pri kalkulácii je potrebné brať do úvahy cenu za dvojtarifný elektromer, ktorej mesačná sadzba sa líši od jednotarifných elektromerov.

## **2.2 Hromadné diaľkové ovládanie – HDO**

V súčasnosti je trend domácností so zvýšenou spotrebou elektrickej energie používať dvojtarifné elektromery. V závislosti dopytu po elektrickej energii počas dňa sa mení aj jej cena. V čase špičkového zaťaženia je cena vyššia a naopak. Hromadné diaľkové ovládanie slúži na zapínanie a vypínanie určitých typov spotrebičov so zvýšeným odberom energie. Taktiež zaisťuje prepínanie tarifu medzi nízkou sadzbou a vysokou.

Tieto povely sú riadené na diaľku od prevádzkovateľa distribučnej siete.



Do kategórie spotrebičov s vyšším odberom a vplyvom na stabilitu siete patria zariadenia ako napríklad elektrický bojler, elektrický kotol, tepelné čerpadlo, nabíjačka elektromobilu, výhrevné a akumulčné prvky.

Hromadné diaľkové ovládanie a rádiové diaľkové ovládanie sú tzv. sadzbovými prepínačmi. Tieto prepínače sú inštalované v rozvážači a sú súčasťou každého dvojtarifného elektromeru. Riadenie odberu energie pomocou HDO je výhodné aj z pohľadu distribútora, ktorému umožňuje rovnomerné riadenie zaťaženia siete. Každý HDO prijímač má pridelený kód zariadenia. Pomocou tohto kódu je možné na webových stránkach distribútora zistiť, časy prepínania sadzieb.

Vysielače signálov HDO majú distribútorom určené časy spínania. Na základe týchto informácií sú vysielané povely do siete, tak aby bolo zabezpečené vhodné časové a plošné rozloženie spotreby energie v sieti. Distribučné spoločnosti dokážu pomocou úpravy v elektroinštalácii a v daných napríklad elektrotepelných spotrebičoch tieto zariadenia blokovať, a tak zabezpečiť ich spínanie iba počas nízkej tarifikácie. [16]

Prirodzený pokles zaťaženia je závislý na viacerých faktoroch ako sú ročné obdobia, počasie, typ dňa. Z tohto dôvodu môže byť nízka tarifa nastavená a účtovaná aj počas pracovného dňa. Zaťaženie ovládané HDO tvorí obvykle 10 až 15 % z celkového zaťaženia siete distribútora.

### **2.2.1 GPRS - General Packet Radio Service**

Je to mobilná dátová sieť, ktorá je doplnená ku sieti GSM (Global system for Mobile Communication). GPRS technológia je taktiež často označovaná ako sieť 2,5G generácie. Maximálna teoretická prenosová rýchlosť je 300 kbit/s. V praxi sa prenosová rýchlosť pohybuje v rozmedzí 20 – 80 kbit/s. Pokrytie signálom GPRS je prakticky všade, kde je dostupná sieť GSM. Vzhľadom na prenosové rýchlosti je sieť GPRS pre potreby súčasného užívateľa pomalá, avšak pre malé emaily a pomalšie surfovanie v mobilných zariadeniach použiteľné. Používa sa na šírenie HDO signálov.

### **2.2.2 Výhody a nevýhody signálov HDO**

HDO signály poskytujú výhody pre výrobcu elektrickej energie, distribútora a samozrejme aj spotrebiteľa, ako konečného zákazníka. Jednotlivé typy výhod sú uvedené v nasledujúcom texte.

Výhody z hľadiska výrobcu elektrickej energie vyrovnanie denného diagramu zaťaženia, zníženie požiadaviek na výkon počas najväčšieho zaťaženia siete a naopak zvýšenie odberu v čase, keď je energie dostatok. Ďalšie výhody sú úspora investícií do zdrojov špičkových výkonov a do predimenzovania VVN prenosových sietí.

Výhody z hľadiska distribútora elektrickej energie je rovnomerné rozloženie spotreby energie počas dňa. Je zlepšená priechodnosť elektrizačnej siete a je možné uspokojiť viac odberateľov. Ďalšími výhodami sú možnosť nákupov elektrickej energie

v čase, keď je jej dostatok a jej cena je nižšia. Zníženie spotreby v čase, keď je energie na trhu nedostatok, počas špičkových odberov a jej cena je vyššia. Pre distribútora je výhodná úspora nákladov na predimenzovanie sietí VN a NN, distribučných transformátorov a meraní.

Výhody z hľadiska koncového zákazníka sú možnosť získania výhodnejších taríf pri nákupe elektrickej energie, možnosť diaľkového spínania zariadení (napr. mestské osvetlenie).

Nevýhody signálu HDO je to, že podlieha rušeniu v sieti. Taktiež spotrebiteľ môže byť limitovaný určenými časmi spínania. [17]

### **2.2.3 Popis signálu HDO - telegram HDO**

Generátory HDO sú obvykle zapájané v distribučnej sieti. Obvykle v rozvodniach 110/22 kV na strane nižšieho napätia. Úlohou prijímača na strane odberateľa je správne identifikovať a následne vyhodnotiť signál HDO. Taktiež je nevyhnutné voliť vhodné pracovné frekvencie signálu. Pre väčšinu sietí sa používajú frekvencie v rozsahu od 175 Hz do 300 Hz.

Telegram HDO vzniká kľúčovaním tónového signálu. Telegram obsahuje dátovú informáciu, ktorá adresuje konkrétny HDO prijímač/skupinu prijímačov a diaľkovo ovláda odber.

Pre Slovenskú a Českú republiku sa používajú tri typy telegramov:

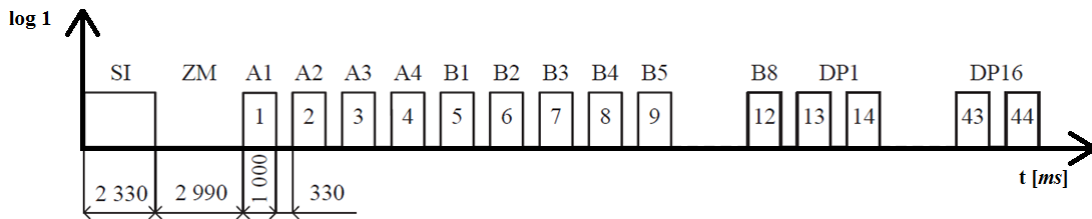
- ZPA I-I 64s – dlhý variant telegramu (väčšina územia Českej republiky),
- ZPA I-I 32s – menej používaný variant,
- VERSACOM – používa sa na Slovensku a južnej Morave.

### **2.2.4 Telegram ZPA I-I 64 s (impulz - impulz)**

Telegram sa skladá :

- štartovacieho impulzu SI (2,33 s),
- zabezpečovacia medzera ZM (2,99 s),
- 44 krokov, ktoré pozostávajú z impulzu 1 s a medzery 0,33 s,
- celková dĺžka telegramu je takmer 64 s.

Na obrázku 6 je zobrazený časový priebeh pre telegram ZPA I-I 64 s.

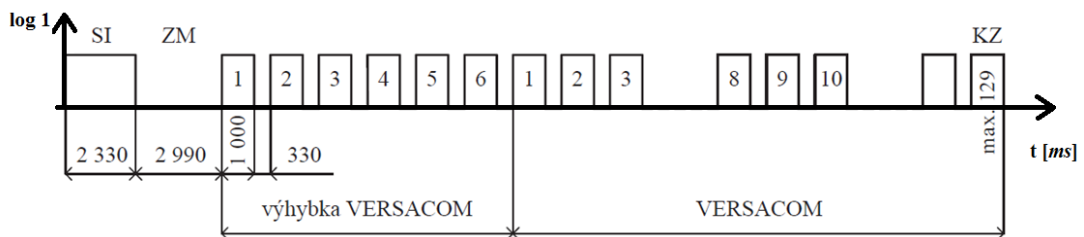


Obrázok 6: Časové rozloženie telegramu ZPA I-I 64.

- štyri impulzy (A1 – A4) slúžia ako predvoľba A,
- osem impulzov (B1 – B8) slúži ako predvoľba B,
- šestnásť dvojíc (DP1 – DP16) slúžia ako výkonné dvoj povely DP. [7]

### 2.2.5 Telegram VERSACOM – VERSAtile COMunication

Obrázok 7 zobrazuje časový priebeh pre telegram VERSACOM. Podobne ako v prípade ZPA I-I 64 s, je viditeľné rozloženie jednotlivých spínacích signálov.



Obrázok 7: Časový priebeh telegramu VERSACOM.

Pomocou protokolu VERSACOM je možné synchronizovať čas prijímača, zmazať spínacie časy, zmeniť priradenie typu dňa, zmeniť spínacie časy v spínacích programoch, odblokovat' alebo zablokovat' spínací program.

Výhody telegramu VERSACOM sú spoľahlivosť v zabezpečení proti chybám, pružné adresovanie s premennou dĺžkou, uvoľnenie časového priestoru pre riadenie zátáže podľa požiadaviek spotreby, individuálne adresovanie – možnosť odpojiť neplatičov, protokol je štandardizovaný normou DIN 43861. [7]

### 2.2.6 Detekcia HDO

Pôvodnou myšlienkou detekcie signálov HDO bolo dokázat' snímať jednotlivé dvojповely a podľa nich spínať nasledujúce zariadenia. Keďže telegramy HDO sa skladajú z viacerých impulzov obsahujúcich adresy spínaných zariadení a jednotlivé dvojповely, tak bol pre pokračovanie v diplomovej práci zvolený jednoduchší variant a snímanie spínania HDO bude realizované až za prijímačom HDO.

V praxi prijímače HDO po prijatí signálu prepnú pomocou relé elektromer na meranie požadovaného tarifu. Tento signál bude snímaný a slúži ako indikácia zmeny meraného tarifu. Táto realizácia elegantne obchádza rozšifrovanie jednotlivých

dvojповелов. Pomocou tohto prevedenia je vždy zabezpečené snímanie nízkej sadzby, pretože pri každom zopnutí nízkej sadzby elektrickej energie je zosnímané zopnutie bez závislosti na jednotlivých dvojповелoch. Samozrejmom podmienkou je dvojtarifný elektromer, ktorý má snímač HDO zabudovaný ako samostatné zariadenie, aby bolo možné snímať signál vychádzajúci zo snímača HDO. Snímanie bude realizované po zopnutí relé v prijímači HDO.

### **2.3 Výhrev terária, akvária**

Ohrev terária je väčšinou realizovaný sálaním alebo vedením tepla. Pre sálanie sa zvyčajne využívajú keramické vyhrievacie telesá, ktoré vyžarujú infračervené žiarenie. Taktiež sa na ohrev používajú lampy so špeciálnym odrazovým povrchom.

Ich montáž je jednoduchá, keďže obvykle obsahujú objímku. Ohrev, ktorý využíva vedenie tepla je často realizovaný pomocou vykurovacích kameňov, výhrevných káblov alebo výhrevných dosiek. Pre ohrev vody býva využívaný ohrievač, ktorý má dobré elektroizolačné vlastnosti a lepšiu ochranu pred mechanickým poškodením. V súčasnosti je na trhu veľké množstvo výhrevných zariadení, v nasledujúcej časti je spracovaný stručný prehľad možných riešení.

#### **Exo Terra Heat Wave Rock stredný 10 W výhrevný kameň**

Elektrický výhrevný kameň je vodotesný a obsahuje automatickú ochranu proti prehriatiu. Výhrevná plocha je rovnomerne rozložená po celom povrchu kameňa, vypnutie je realizované pri dosiahnutí teploty 50 °C. Výkon zariadenia je 10 W a cena 24,50 €. [30]

#### **Exo Terra výhrevný kábel 15 W - 3,5 m**

Tepelný zdroj realizovaný vo forme kábla. Je určený pre sklenené akvária, obsahuje dvojitú silikónovú izoláciu. Dodávaný výhrevný výkon je 15 W a cena je 20 €. [31]

#### **Exo Terra ohrievač 50W**

Ohrievač vody vhodný pre terária s obsahom do 75 l. Udržiava teplotu na úrovni 25,5 °C. Výkon je 50 W a cena 18,10 €. [32]

#### **Exo Terra ohrievač do objímky 40W**

Keramické výhrevné teleso do objímky o výkone 40 W. Vyžaruje infračervené žiarenie, imituje prírodné svetlo, výrobcom udávaná tepelná účinnosť je až 99 %. Toto zariadenie je vhodné aj do vlhkého prostredia, cena je 20,50 €. [33]

#### **Exo Terra Infrared Basking Spot 50 W**

Infračervená tropická žiarovka, ktorá vydáva infračervené tepelné vlny, svetlo a teplo. Výkon zariadenia je 50 W. Výhodou tohto riešenia ohrevu terária je, že nenarušuje prirodzené životné cykly zvierat. [34]

## Exo Terra lampa Glow Light

Reflexné osvetľovacie teleso s vnútornou porcelánovou vrstvou. Výkon zariadenia je do 100 W, ponúka denné aj nočné svietenie. Výhodou je odrazová porcelánová vrstvu, ktorá emituje svetlo aj po vypnutí zariadenia. Tým je prirodzene simulované prírodné prostredie a úbytok tepla a svetla nie je skokový. Zabraňuje stresu zvierat a je ideálny pre ich nočné pozorovanie. [35]

## 2.4 Vývojový mikrokontrolér

Pre softvérové vybavenie bol spravený prieskum možných typov mikrokontrolérov. Boli porovnané mikrokontroléry: 8 b ATmega 328, 32 b ARM umiestnený na vývojovej doske NUCLEO-F302R8 a v súčasnej dobe populárne Raspberry Pi 3. Na Raspberry Pi 3 je postavené aj jadro systému od firmy Croptech. Jedným z podstatných kritérií pri výbere bola cena.

### 2.4.1 ATmega 328

ATmega328 je mikrokontrolér vytvorený spoločnosťou Atmel a patrí do rodiny mikrokontrolérov megaAVR. Je to 8 bitový mikrokontrolér, puzdro obsahuje 28 pinov. Parametre ATmega 328 sú uvedené v tabuľke 6. Zvyčajne je implementovaný v modeloch vývojových kitov Arduino Uno a Arduino Nano. Na obrázku 8 je viditeľné rozloženie pinov pre puzdro PDIP, obsahuje 23 vstupno - výstupných programovateľných pinov. [2]



Obrázok 8: Rozloženie pinov na ATmege328 pre puzdro PDIP (prevzaté z [2]).

Tabuľka 6: Základné parametre ATmega 328. [2]

Typ CPU – AVR		8-bit AVR	
Flash pamäť		32 kB	
SRAM		2 kB	
EEPROM		1 kB	
SPI		2x	
TWI (I2C), USART		1x	
Frekvencia f [MHz], Napájanie U [V]	0 – 4 MHz	1,8 – 5,5 V	
	0 – 10 MHz	2,7 – 5,5 V	
	0 – 20 MHz	4,5 – 5,5 V	
8 kanálový 10bit ADC prevodník (TQFP, QFN/MLF), 15 kSPS		1x	
6 kanálový 10 bit ADC prevodník (PDIP)		1x	
Výkonová spotreba pre: f=1 MHz, 1.8 V, 25 °C		Aktívny režim I [mA]	0,2
		Power-down mód I [μA]	0,1
		Power save mód I [μA]	0,75
8-bit časovač / 16-bit časovač		2x / 1x	
Cena [€] [11]		2,5<	

Mikrokontrolér ATmega 328 je dostupný vo viacerých typoch puzdier. Na zapuzdrenie sa používajú puzdrá PDIP, MLF, TQFP. Na obrázku 8 je viditeľné rozloženie pinov pre puzdro PDIP, obsahuje 23 vstupno - výstupných programovateľných pinov.

#### 2.4.2 STM32 NUCLEO-F302R8

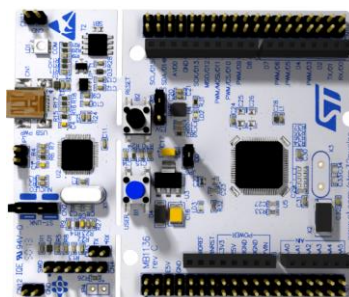
NUCLEO-F302R8 je vývojárska doska obsahujúca 32 b ARM mikroprocesor. Doska podporuje a je rozširiteľná o vývojové rozhranie platformy Arduino. Parametre dosky sú uvedené v tabuľke 7. Výhodou tejto dosky je cena, flexibilita, široký výber rôznych úrovní spotreby, výkonu a funkcií [4].

Vývojová doska obsahuje 3xLED diódu (USB komunikácia, používateľ, napájanie), dve tlačidlá (USER, RESET), napájanie pomocou USB VBUS alebo externým zdrojom (3,3 V; 5 V; 7-12 V).

Tabuľka 7: Základné popis NUCLEO-F302R8. [4]

Puzdro	LQFP64
Procesor	ARM®32-bit Cortex®-M4
Frekvencia CPU	72 MHz
V <sub>DD</sub> [V]	6 - 12
Flash	64 kB
SRAM	16 kB
AD prevodník – 15 kanálov	12 bit
DA prevodník	12 bit
Časovače	6x
I2C, USART	3x
SPI	2x
USB 2.0 FS, CAN 2.0B	1x
Analógový komparátor	3x
Operačný zosilňovač	1x
I/O piny	51
Cena [€] [5]	10<

Na obrázku 9 je zobrazená doska NUCLEO-F302R8, kde je vidieť rozloženie jednotlivých periférií.



Obrázok 9: Doska NUCLEO-F302R8. [4]

### 2.4.3 Raspberry Pi 3

Raspberry Pi 3 model B je miniatúrny počítač postavený na jednej DPS. Tento produkt vyvinutý britskou nadáciou zameraný na podporu výučby informatiky na školách. Raspberry Pi 3 je tretou generáciou toho počítača. Použitým operačným systémom je Linux. Prvé dosky boli založené na mikroprocesoroch ATmega od firmy Atmel.

Súčasný vyhotovenie je postavené na procesoroch ARM. Tretia generácia obsahuje zabudovaný wifi čip BCM43143. Taktiež oproti starším verziám obsahuje Bluetooth 4.1. Raspberry nemá pevný disk a ani podporu pre SSD disk. Pre uchovávanie dát je použitá microSD karta.

Súčasnú fyzickú vyhotovenie pre tretiu generáciu má rovnaký tvar, konektory a montážne otvory ako druhá generácia. Malou zmenou je umiestnenie LED diód. Podstatnou výhodou najnovšej generácie Raspberry Pi 3 je takmer 99 % kompatibilita doplnkov pre základnú dosku s predchádzajúcou generáciou. Na doske je taktiež integrovaná čipová anténa, táto realizácia je výhodná z rozmerového hľadiska. V tabuľke 8 sú uvedené parametre Raspberry Pi 3. [8][9]

Tabuľka 8: Parametre Raspberry Pi 3 model B. [9]

Rozmery [mm]	85x56x17
Processor	ARM®64-bit Cortex-A53
Frekvencia CPU [GHz]	1,2
Operačná pamäť RAM [GB]	1
USB 2.0	4x
Full HDMI port	1x
Ethernet port RJ45	1x
$I_{\max}$ [A]	2,5
RCA video/Audio jack [mm]	3,5
Kamera konektor	1x
Status LED	1x
IO piny	40
microSD slot	1x
Displej konektor	1x
Cena [€]	37,50<

Všeobecné výhody tretej generácia Raspberry Pi sú nižšia cena, 10 x rýchlejšie spracovanie dát oproti pôvodnej prvej generácii, nemenné fyzické rozloženie dosky.

Aplikácie pre ktoré je možné využiť túto vývojovú dosku je mnoho. Pre osobné použitie nachádza uplatnenie napríklad ako: lacný počítač/tablet/notebook, ako wifi prístupový bod, web kameru a pod. Taktiež nachádza aj komerčné uplatnenie napríklad v robotike, bezpečnostnom monitorovaní, meteorologická stanica, server pre tlačiarne a v množstve iných aplikácií. Zariadenie je taktiež rozšíriteľné o klávesnicu a myš. Vysokú flexibilitu poskytuje široké množstvo fyzických rozšírení a veľká podpora rôznych softvérových vývojových prostredí. Zobrazenie zariadenia je na obrázku 10. [8]





Obrázok 10: Raspberry Pi 3 Model B. [10]

#### 2.4.4 Porovnanie parametrov mikrokontrolérov

V nasledujúcej tabuľke 9 sú porovnané parametre vývojových procesorov.

Tabuľka 9: Prehľad vybraných vlastností pre Raspberry Pi3, STM 32 a ATmega 328.

Model	Raspberry Pi 3	STM 32		ATmega 328	
Puzdro	-	LQFP64		PDIP	
Procesor	ARM®64-bit Cortex-A53	ARM®32-bit Cortex®-M4		8-bit AVR	
CPU	1,2 GHz	72 MHz		20 MHz	
V <sub>DD</sub> [V]	1,8-5	6 - 12		1,8 – 5,5	
Pamäť	RAM – 1 GB	Flash	64 kB	Flash	32 kB
SRAM	-	16 kB		2 kB	
ADC	-	15 kanálov	12 bit	6 kanálov	10bit
DAC	-	-	12 bit	-	
Časovače	-	6x		3x	
I2C, USART	-	3x		1x	
SPI	-	2x		2x	
USB 2.0 FS, CAN 2.0B	4x	1x		-	
I <sub>max</sub> [A]	2,5	800 mA		0,2 mA	
IO piny	40	51		23	
Cena [€]	37,50<	10<		2,5<	

Z prehľadu parametrov je viditeľné, že optimálne vlastnosti má STM 32, ktorý je v porovnaní s ATmega 328 výkonnejší. Raspberry Pi 3 nie je typickým mikrokontrolérom a prístup k jeho programovaniu je komerčnejší. Z porovnania parametrov použitých procesorov bol pre testovanie a vývoj zariadenia zvolený ATmega 328. Pre implementáciu v zariadení však bol zvolený wifi modul ESP8266. Popis tohto modulu je v časti 3.4.

## 2.5 Snímače teploty

Pre zariadenie je potrebné snímanie teploty so stabilnou informáciou. Trh ponúka široké spektrum teplotných senzorov. Pre potreby tohto projektu je potrebné snímať teplotu mimo DPS a je požadovaná stabilná informácia. Taktiež je požadovaná jednoduchosť spracovania signálov senzora s ohľadom na minimalizáciu prípadných chýb. Jednou z požiadaviek by mala byť aj vodotesnosť senzoru.

### 2.5.1 Snímač teploty DS18B20

DS18B20 je digitálny teplomer od firmy Maxim Integrated Products, ktorý poskytuje 9 až 12 bitovú informáciu. Obsahuje alarm s programovateľnou hornou a spodnou reakčnou hranicou teploty. Na komunikáciu s mikroprocesorom je potrebný jeden dátový a zemný vodič. DS18B20 je napájaný priamo z dátového vodiča, takže nie je potrebné externé napájanie.

Každý snímač je adresovaný pomocou jedinečného 64 b kódu, to umožňuje umiestniť viacero snímačov na jedno vodičovú zbernicu. Táto vlastnosť umožňuje použiť jeden mikroprocesor na snímanie signálov z viacerých DS18B20 umiestnených naprieč veľkým priestorom. Výhodou tohto snímača je dostupnosť vodoodolného prevedenia. Parametre DS18B20 sú vedené v tabuľke 10 [15] [3].

Aplikácie pre tento snímač môžu byť HVAC systémy (ohrev, ventilácia a klimatizačné systémy), monitorovacie systémy vo vnútri budov, zariadení, monitorovanie teploty procesov, systémov a ich následné riadenie.

Tabuľka 10: Parametre snímača DS18B20. [3]

Teplotný rozsah merania		-55 °C až 125 °C
Presnosť merania pre rozsah	-10 °C do 85 °C	±0,5 °C
	-55 °C do 125 °C	±2 °C
Programovateľné rozlíšenie		9 b do 12 b
Napájacie napätie	$V_{DD}$ [V]	+3,0 do +5,5
Dátový prúd	$I_{DQ}$ [ $\mu$ A]	5
Napájací prúd ( $V_{DD}=5$ V)	$I_{DD}$ [mA]	1,5
Standby prúd	$I_{DDS}$ [nA]	750 do 1000
Vstupná log 0	$V_{IL}$ [V]	-0,3 do +0,8
Vstupná log 1	$V_{IH}$ [V]	+2,2 do $V_{DD}+0,3$
Cena vodoodolná verzia [€] [24]		8,5 <
Cena [€] [26]		3,35 <

### 2.5.2 Snímač teploty MAX31820

MAX3182 je snímač teploty okolia, ktorý sníma 9 až 12 bitovú hodnotu teploty. Tento produkt bol vyvinutý firmou Maxim Integrated Products. Každý senzor je adresovaný 64 bitovým sériovým číslom. Merací rozsah senzoru je od  $-55\text{ °C}$  do  $+125\text{ °C}$ , presnosť merania teploty je  $\pm 2\text{ °C}$  pre celý merací rozsah. Ďalšie parametre snímača sú uvedené v tabuľke 11.

Na komunikáciu snímača s mikroprocesorom je potrebný jeden dátový vodič a jeden zemný vodič. Napájanie je realizované z dátového vodiča. Puzdro snímača je TO-92. Realizácia s týmto puzdrom umožňuje merať teplotu mimo povrchu dosky. Tým je zabezpečené menšie teplotné ovplyvnenie vlastnosťami nosnej dosky. [13]

Tabuľka 11: Parametre snímača MAX31820. [11]

Teplotný rozsah merania		-55 °C až 125 °C
Presnosť merania pre rozsah	+10 °C do 45 °C	$\pm 0,5\text{ °C}$
	-55 °C do 125 °C	$\pm 2\text{ °C}$
Programovateľné rozlíšenie		9 b do 12 b
Napájacie napätie	$V_{DD}$ [V]	+3,0 do +3,7
Dátový prúd	$I_{DQ}$ [ $\mu\text{A}$ ]	5
Napájací prúd ( $V_{DD}=5\text{ V}$ )	$I_{DD}$ [mA]	1,5
Standby prúd	$I_{DDS}$ [nA]	750 do 1000
Vstupná log 0	$V_{IL}$ [V]	-0,3 do +0,8
Vstupná log 1	$V_{IH}$ [V]	+2,2 do $V_{DD}+0,3$
Cena [€] [13]		1,65 <

### 2.5.3 Snímač teploty TMP36

Teplotný snímač TMP36 je nízkonapäťový senzor od firmy Analog Devices. Na výstupe poskytuje napäťovú úroveň, ktorá je lineárne závislá na teplote. Pre tento typ tepelného snímača nie je požadovaná externá kalibrácia. Presnosť merania je  $\pm 1\text{ °C}$  pri teplote  $25\text{ °C}$ , pre teplotný rozsah  $-40\text{ °C}$  až  $+125\text{ °C}$  je presnosť  $\pm 2\text{ °C}$ . Výhoda tohto senzoru spočíva v jednoduchosti prevedenia výstupnej napäťovej informácie na teplotu:  $10\text{ mV/°C}$ . Parametre snímača sú v tabuľke 12.

Tabuľka 12: Parametre snímača TMP36. [14]

Teplotný rozsah merania		-40 °C až 125 °C
Presnosť merania pre rozsah	-40 °C do 125 °C	±2 °C
Linearita		±0,5 °C
Napájacie napätie	V <sub>DD</sub> [V]	+2,7 do +5,5
Max. napájacie napätie	V <sub>DDmax</sub> [V]	7
Výstupný prúd (V <sub>DD</sub> =2,7 – 5,5 V)	I <sub>out</sub> [µA]	0 do 50
Vstupná log 0	V <sub>IL</sub> [V]	2,7 V
Vstupná log 1	V <sub>IH</sub> [V]	5,5 V
Maximálna vrcholová teplota	T <sub>peak</sub> [°C]	260
Cena [€] [27]		1,30 <

#### 2.5.4 Porovnanie parametrov snímačov teploty

V nasledujúcej tabuľke 13 sú porovnané vybrané parametre teplotných snímačov. Pre realizáciu v tejto diplomovej práci bol zvolený typ teplotného senzoru DS18B20.

Tabuľka 13: Porovnanie vybraných parametrov teplotných snímačov. [3][11][14]

Typ		TMP36	MAX31820	DS18B20
Teplotný rozsah merania		-40 °C – 125 °C	-55 – 125 °C	-55 až 125 °C
Presnosť merania pre rozsah		±2 °C	±2 °C	±2 °C
Linearita, programovateľné rozlíšenie		±0,5 °C	9 b – 12 b	9 b – 12 b
Napájacie napätie	V <sub>DD</sub> [V]	+2,7 do +5,5	+3 do +3,7	+3 do 5,5
Dátový prúd	I <sub>DQ</sub> [µA]		5	5
Napájací prúd (V <sub>DD</sub> =5 V)	I <sub>DD</sub> [mA]		1,5	1,5
Vstupná log 0	V <sub>IL</sub> [V]	2,7 V	-0,3 do 0,8	-0,3 do 0,8
Vstupná log 1	V <sub>IH</sub> [V]	5,5 V	2,2 – V <sub>DD</sub> +0,3	2,2 – V <sub>DD</sub> +0,3
Cena [€]		1,30 <	1,65 <	8,5 <

Cena snímača DS18B20 je vyššia v porovnaní s ostatnými porovnávanými tepelnými snímačmi. Jeho výhodou je, že je odolný voči vode. V porovnaní snímačov MAX31820 a DS18B20 sú minimálne rozdiely a to pri maximálnej hodnote napájacieho napätia. Tieto dva senzory sú softvérovo kompatibilné.

## 3 NÁVRH PRVKOV PRE OBVODY

System pozostáva z troch DPS a wifi modulu D1 mini. Každá z DPS obsahuje wifi modul ESP8266 E12 a potrebné periférie. Prvá DPS je určená na detekciu fáze. Tento modul je určený pre umiestnenie v rozvádzači. Druhá DPS je určená na spínanie požadovaného zariadenia, kontrolu spotreby. Umiestnenie tohto modulu je vhodné do ľubovoľnej zásuvky. Tretia časť systému je DPS, ktorá obsahuje spínanie zariadenia, kontrolu spotreby, meranie teploty. Tento modul je určený pre napájanie akvárií a terárií. Taktiež je možné tento modul rozšíriť o LED osvetlenie. Osvetlenie priestoru akvária/terária je realizované a riadené za pomoci modulu D1 mini.

### 3.1 Zdroje napätia

Pre napájanie jednotlivých častí zariadenia sú potrebné dve logické napätové úrovne 3,3 V a 5 V. Vzhľadom na povahu práce bolo možné navrhnúť zdroj napätia. Bolo by potrebné transformovať sieťové napätie na požadované logické úrovne pre mikrokontrolér a ostatné obvody. Tento zdroj by musel obsahovať transformačný prvok, usmerňovacie prvky, filtračné prvky.

Potrebnú transformáciu napätia z 230 V AC na 3,3 a 5 V napätovú úroveň je možné realizovať pomocou impulzného transformátoru a vyššie spomínaných usmerňovacích a filtračných prvkov. Realizácia tohto zapojenia by bola pravdepodobne neefektívne vzhľadom na uvedené požiadavky.

Medzi hlavné požiadavky možno zahrnúť minimalizáciu ceny, rozmerov, počtu súčiastok a zložitosti návrhu. Takéto riešenie návrhu by mohol do istej miery skomplikovať realizáciu najmä so stabilitou výstupnej napätovej úrovne. Ďalším problémom by mohol vzniknúť na impulznom transformátore. Vzhľadom na fakt, že pri návrhu DPS sú kladené požiadavky na priestorovú minimalizáciu, je pravdepodobné, že vyhotovenie impulzného transformátora by muselo byť realizované svojpomocne. Pri návrhu impulzného transformátoru môžu nastať komplikácie so sýtením jadra, s prehrievaním, s pracovnou frekvenciou, účinnosťou a pod..

S ohľadom na vyššie uvedené informácie bol zvolený jednoduchší variant riešenia. Pre napájanie jednotlivých modulov boli vybrané kompaktné AC/DC meniče s vhodnými rozmerovými parametrami. Tieto zdroje sú produktom firmy VIGORTRONIX. Firma VIGORTRONIX ponúka celú širokú radu zdrojov tohto prevedenia s výstupnými napätovými úrovňami od 3,3 V do 48 VDC. Typická katalógová účinnosť týchto zdrojov udávaná výrobcom je >70 %. Zdroje tejto rady majú udelenú európsku značku zhody CE. Izolačné vlastnosti medzi primárom a sekundárom sú minimálne 4200 V<sub>RMS</sub> testované po dobu jednej minúty.

### 3.1.1 AC/DC menič - VTX-214-005-103

Tento typ AC/DC meniča je typ vhodný pre montáž na dosku plošných spojov. Označenie poslednými tromi číslicami udáva úroveň výstupného napätia. Je to spínaný menič, ktorý obsahuje jeden výstup s výstupným napätím 3,3 V. Fyzické vyhotovenie tohto zdroja je zobrazené na obrázku 11. Tento zdroj bude použitý na doske plošných spojov, ktorý bude slúžiť na detekciu tarifu.



Obrázok 11: VTX-214-005-103.

Parametre pre daný typ spínaného zdroja, ktoré udáva výrobca sú uvedené v tabuľke 14. [39]

Tabuľka 14: Parametre zdroja VTX-214-005-103.

parameter	Hodnota	Jednotka
Menovitý výkon	4,2	[W]
Výstupné napätie	3,3	[V <sub>DC</sub> ]
Výstupný prúd	1272	[mA]
Napäťový vstupný rozsah	90 do 265	[V <sub>AC</sub> ]
Pracovná teplota	-40 do +70	[°C]
Zvlnenie výstupného napätia	<50 mV Max	[V <sub>P-P</sub> ]

### 3.1.2 AC/DC menič - VTX-214-005-105

Podobne ako predchádzajúci zdroj je to typ AC/DC meniča, ktorý je napájaný sieťovým napätím. Označenie posledným tromi číslicami 105 udáva, že hodnota výstupného napätia tohto zdroja je 5 V. Parametre zdroja VTX-214-005-103 sú uvedené v tabuľke 15. Ostatné parametre udávané výrobcom sú zhodné pre všetky typy zdrojov udávané v danej sérii. Tento zdroj bude použitý v doske plošných spojov pomocou ktorej bude možné zosnímať spotrebu a spínať dané relé.

Tabuľka 15: Parametre zdroja VTX-214-005-105. [37][38]

parameter	Hodnota	Jednotka
Menovitý výkon	5	[W]
Výstupné napätie	5	[V <sub>DC</sub> ]
Výstupný prúd	1000	[mA]

### 3.1.3 Lineárny regulátor napätia LD1117ADT

Pre potrebu napájania modulu ESP8266 napájacím napätím 3,3 V je potrebné napätie zo zdroja prispôbiť na požadovanú napäťovú úroveň. Na tento účel je použitý lineárny napäťový regulátor LD1117ADT. Prípona ADT udáva, že regulátor je nastaviteľný pomocou napäťového deliča, ktorý je umiestnený medzi pinmi výstupným, ADJ a zemným pinom. Táto nastaviteľná verzia obsahuje dostupnú napäťovú referenciu o hodnote 1,25 V. Na doske plošných spojov je použité puzdro typu DPAK. Prehľad parametrov regulátora je uvedený v tabuľke 16.

Tabuľka 16: Parametre regulátoru napätia LD1117ADT. [40]

Parameter	Hodnota	Jednotka
Vstupné max. napätie	15	[V <sub>DC</sub> ]
Výstupné napätie	3,3	[V <sub>DC</sub> ]
Výstupný prúd	0,8	[A]
Pracovná teplota	0 do +125	[°C]

### 3.1.4 Sieťový adaptér

Pre napájanie poslednej dosky plošných spojov bol zvolený iný spôsob napájania ako v predošlých dvoch prípadoch. Namiesto spínaného zdroja umiestneného na DPS je použitý spínaný napájací sieťový adaptér so stabilizovaným výstupným napätím. Je produktom firmy SUNNY COMPUTER. Táto zmena vyplynula z potreby väčších výkonových požiadavkou. Je potrebné pripojiť LED pásy. Spotreba LED pásov nie je presne stanovená. Zdroj bol predimenzovaný. To dáva užívateľovi možnosť zapojiť LED pásy s väčšími výkonovými nárokmi, prípadne s väčšou hustotou LED na páse. V prípade zdroja s horšími parametrami by hrozilo, že zdroj by bol počas prevádzky zaťažovaný až k jeho maximálnym parametrom. To by mohlo spôsobiť prehrievanie, skrátenie životnosti, pokles výstupného napätia. Pre tretiu dosku je použitý taktiež lineárny regulátor z kapitoly 3.1.3. V tabuľke 17 sú uvedené parametre sieťového adaptéru.

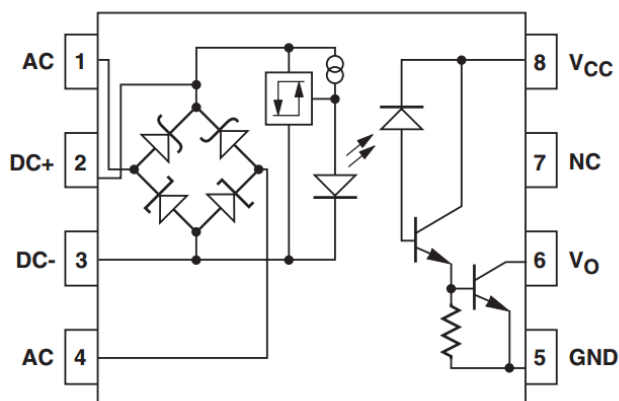
Tabuľka 17: Parametre sieťového adaptéru. [41]

Parameter	Hodnota	Jednotka
Vstupné max. napätie	100 do 240	[V <sub>AC</sub> ]
Výstupné napätie	5	[V <sub>DC</sub> ]
Výstupný prúd	4	[A]
Výstupný výkon	20	[W]
Účinnosť	>76	[%]
Zvlnenie a šum	200	[mV <sub>P-P</sub> ]

### 3.2 Detekcia fáze – HCPL-3760

Detekcia HDO signálu je realizovaná pomocou optočlena HCPL-3760. Je to napäťový/prúdový detekčný optočlen. HCPL-3760 je nízko prúdová verzia. Nominálne spínacie prahové hodnoty prúdu a napätia sú pre HCPL-3760 1,2 mA a 3,7 V. Zobrazenie vnútorného zapojenia obvodu HCPL je na obrázku 12.

Typické aplikácie sú spínanie koncového stupňa, detektor nízkeho napätia, detekcia AC/DC napätia, snímanie prúdu, mikroprocesorové prepojenie. Vstupno-výstupná krátkodobá dielektrická pevnosť po dobu jednej minúty je 3750 V<sub>RMS</sub>. Maximálne povolené špičkové prepätie je 6000 V a maximálne pracovné izolačné napätie je 630 V. Obvod je uložený v puzdre DIP-8. [42]



Obrázok 12: Vnútorné zapojenie HCPL-3760. [42]

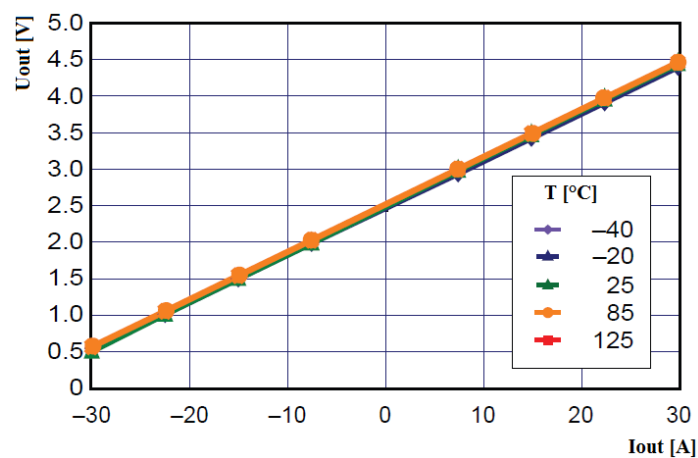
### 3.3 Snímanie prúdu - ACS712

Pre potrebu detekcie prúdu je potrebné použiť integrovaný obvod s hallový prúdový lineárny senzor ACS712. Tento senzor je produktom firmy Allegro. Je využívaný pre snímanie prúdu v priemyselných, komerčných a telekomunikačných systémoch. Typickými aplikáciami sú riadenie motorov, detekcia záťaže, spínané zdroje, nadprúdová ochrana. Vnútorný odpor primárnej vodivej cesty je 1,2 mΩ. Hrúbka



medenej vodivej cesty zabezpečuje životnosť zariadenia do päťnásobku prúdu rozsahu senzora.

Vyznačuje sa možnosťou priameho merania AC a DC prúdu. Taktiež umožňuje merať záporný prúd. Výstupné napätie je proporcionálne vstupnému AC alebo DC prúdu. Citlivosť senzoru závisí na prevedení a pohybuje sa v rozpätí od 66 do 185 mV/A. Tento typ senzoru je dostupný v troch variantoch pre meranie prúdu: 5 A, 20 A a 30 A. Pre napájanie sekundárnej strany snímača je požadované napätie v rozsahu 4,5 až 5,5 V. Minimálne izolačné napätie obvodu je 2,1 kV<sub>RMS</sub>. Na obrázku 13 je závislosť výstupného napätia ACS712. Výstupnou veličinou je napätie, ktorého hodnota sa pohybuje od 0 do 5V. Pri prúde 0 A sa na výstupe objaví napätie 2,5 V, čo je stred meracieho rozsahu. Senzor je uložený v puzdre SOIC-8. V tejto práci je pre meranie použitý typ ACS712ELECTR-30A-T [43].



Obrázok 13: Závislosť výstupného napätia ACS712 na meranom prúde, V<sub>cc</sub>=5 V.

### 3.4 ESP8266

Na šírenie dát pre komunikáciu jednotlivých častí systému je použitý Wifi modul ESP8266. Výhodou tohto modulu je, že na jednej doske obsahuje procesor aj wifi periférie. Pre ESP 8266 existuje v súčasnosti 17 generácií s príslušným modifikáciami pre jednotlivé generačné rady. Taktiež existuje množstvo vývojových dosiek, na ktorých je použitý ESP modul spolu so zabudovaným USB to UART prevodníkom.

Pre účel tejto diplomovej práce bola zvolená generácia ESP 8266-12, ktorá je cenovo dostupná a spĺňa požadované parametre. ESP je produktom spoločnosti Espressif Systems. Táto spoločnosť sa zaoberá wifi a bluetooth komunikáciou v prevedení system on chip (SoCs) s malou energetickou náročnosťou. Ďalším zameraním spoločnosti sú bezdrôtové riešenia pre internet vecí tzv. The Internet of Things (IoT). ESP8266 je vysoko integrovaný bezdrôtový System on Chip, navrhnutý pre priestorovo a výkonovo obmedzené mobilné platformy.

Rozdiely medzi jednotlivými generáciami sú v počte dostupných pinov. Pre verziu

ESP-01 je k dispozícii 8 pinov. Pre verziu použitú v tejto práci sa vychádza z verzie 12E, ktorá poskytuje 22 pinov. Z toho je 11 pinov GPIO –univerzálne vstupno-výstupné piny. Medzi ďalšie znaky rozlišujúce jednotlivé generácie modulu patrí anténa, ktorá je v novších verziách zabudovaná priamo na doske s modulom. Typ puzdra, rozmery a rozteč pinov sú taktiež naprieč generáciami rozdielne. Jedným z podstatných parametrov modulu je veľkosť flash pamäte. Pohybuje sa v rozpätí 512 KB pri verzii ESP-01 do 4 MB pre najnovšie moduly.

ESP je možné použiť ako mikrokontrolér alebo ako wifi modul pre platformy Arduino alebo Raspberry. Na programovanie je možné použiť programovacie jazyky ako LUA alebo MicroPython. Taktiež je možné programovanie pomocou programovacieho prostredia Arduino IDE. Pre účely tejto diplomovej práce je modul použitý vo funkcii mikrokontroléru s využitím wifi pripojenia [44].

### **3.4.1 ESP8266-12E**

ESP8266 verzia 12E pozostáva z mikročipu Tesla L106. Ktorý je založený na 130 nm technológii a využíva energeticky nízko výkonový 32 bitový mikrokontrolér, ktorého pracovná frekvencia je 80/160 MHz. Viditeľným identifikačným znakom modulu verzie 12E je anténa integrovaná na doske plošných spojov. Tvar antény odlišuje verziu 12E od verzii ESP-12F, ESP-12-S, ESP-13, ESP-14. Celý modul je zakrytý kovovým puzdrom. ESP8266 ponúka kompletné a samostatné wifi sieťové riešenia. Môže byť použitý na hostovanie aplikácií, alebo na wifi pripojenie pre iný procesor. Keď je aplikácia umiestnená priamo na ESP, tak bootovanie je realizované priamo z externe flash pamäte. Pre tento typ využívania je k dispozícii vyrovnávací pamäť. Pre použitie v aplikácii ako wifi adaptér s iným mikrokontrolérom môže byť komunikácia realizovaná pomocou sériového periférneho rozhrania – SPI, dvojvodičovej obojsmernej sériovej zbernici I2C alebo pomocou UART rozhrania.

ESP8266 je jedným z čipov s najväčšou hustotou integrácie. Je navrhnutý tak, aby zaberol čo najmenšiu plochu plošného spoja. Má v sebe integrované výkonový zosilňovač, nízkošumový prijímací zosilňovač, filtre, moduly riadenia spotreby. Modul je navrhnutý tak, aby požiadavky na externé obvody boli minimálne. Parametre ESP8266-12E sú uvedené v tabuľke 18.

Modul obsahuje zabudovaný 10 bitový integrovaný ADC prevodník s napäťovým rozsahom 0-1 V a šírkou 0-1024. Sú podporované štandardy IEEE802.11 b/g/n a modul je schopný naraz obsluhovať 5 TCP spojení. Obsahuje 11 GPIO pinov [45].

Tabuľka 18: Parametre ESP8266-12E.

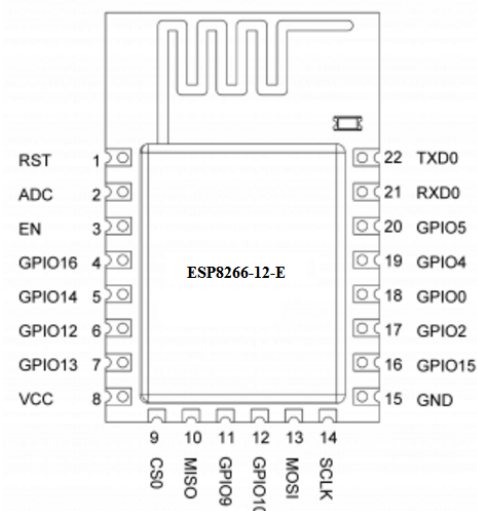
Kategórie	Položka	Hodnoty
Parametre hardvéru	Zbernice	UART/HSPI/I2C/I2S
	Pracovné napätie	3,0 – 3,6 V
	Priemerný pracovný prúd	80 mA
	Rozsah pracovnej teploty	-40 do 125°C
	Rozmery	16x24x3 mm
Parametre wifi	Wifi protokoly	802.11 b/g/n
	Frekvenčný rozsah	2,4 GHz – 2,5 GHz
Parametre softvéru Parametre softvéru	Zabezpečenie	WPA/WPA2
	Sieťové protokoly	IPv4, TCP/UDP/HTTP/FTP
	Používateľská konfigurácia	AT príkazy, cloud server, Android/iOS aplikácie

V tabuľke 19 sú popísané jednotlivé piny modulu ESP8266-12E.

Tabuľka 19: Popis pinov pre ESP8266-12E.

RST	Reset modulu
ADC	Vstup A/D prevodníku, rozsah 0-1 V
EN	Čip enable pin - čip je aktívny na úroveň logickej 1
GND	Uzemnenie
VCC	Napájanie: 3,3vV
RXD	Príjem sériových dát (GPIO 3)
TXD	Vysielanie sériových dát (GPIO 1)
IO16	GPIO 16
IO14	GPIO 14
IO12	GPIO 12
IO13	GPIO 13
IO9	GPIO 9
IO10	GPIO 10
IO4	GPIO 4
IO5	GPIO 5
IO15	GPIO 15 – voľba bootovacieho režimu
IO2	GPIO 02 – voľba bootovacieho režimu
IO0	GPIO 0 – voľba bootovacieho režimu

Na obrázku 14 je zobrazené rozloženie jednotlivých pinov modulu ESP8266 verzie E12. Rozdiely s ostatnými verziami ESP radu 12 sú minimálne.



Obrázok 14: Zobrazenie rozloženia pinov ESP8266-12E.

Piny od čísla 9 do 14 sú piny sú využívané pre externú flash pamäť, ktorá má veľkosť 4MB. Preto nie sú uvažované na použitie v tejto práci. V nasledujúcej tabuľke sú uvedené napät'ové logické úrovne potrebné počas nahrávania a ukladania programov.

Tabuľka 20: Pin mód – slúži pri boot režime.

Mód	GPIO15	GPIO0	GPIO2
UART	Log 0	Log 0	Log 1
Flash Boot	Log 0	Log 1	Log 1

Spotreba modulu závisí na nastavenom modeme. Taktiež je závislá aj na implementácii jednotlivých štandardov 802.11. V nasledujúcej tabuľke je zobrazená typická hodnota spotreby pre jednotlivé módy modulu [45].

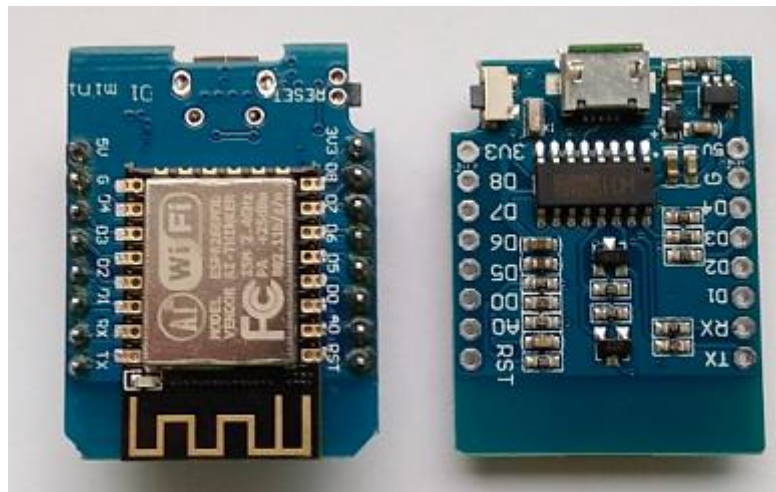
Tabuľka 21: Spotreba modulu pre jednotlivé módy činnosti.

Parametre	Typická spotreba	Jednotka
Tx802.11 b, CCK 11Mbps, P OUT=+17 dBm	170	mA
Rx802.11 b, -80 dBm	50	mA
Modem-Sleep	15	mA
Light-Sleep	0,9	mA
Deep-Sleep	10	uA

### 3.4.2 ESP8266-12F, D1 mini

Táto verzia modulu ESP je použitá v module D1 mini. Tento modul bude slúžiť pre riadenie osvetlenia. Pre riadenie osvetlenia boli možné dve varianty. Prvá bola, že osvetlenie bude riadené z DPS, ktorá je označovaná ako hlavná DPS. Druhý variant bol zvoliť pre riadenie osvetlenia samostatný modul. Pre možnosť použitia osvetlenia v akejkoľvek aplikácii bol zvolený druhý variant. Kde je potrebné k realizácii tejto časti systému len 5 V zdroj napájania a LED pás. Touto voľbou je využitie osvetlenia univerzálne a je ho možné použiť samostatne aj bez previazanosti so systémom.

Modul 12F je podobný verzii E. zobrazenie D1 mini je na obrázku 15. Obsahuje zabudovanú anténu, ktorá je hlavným rozlišovacím znakom oproti verzii 12E. Má zabudovanú signalizačnú LED. Disponuje 22 pinmi, z ktorých je 11 GPIO.



Obrázok 15: D1 mini s ESP8266-12F.

D1 mini obsahuje modul ESP-12F. Na module D1 mini je zabudované tlačidlo na reset. Programovanie modulu je realizované pomocou micro USB konektoru. Modul obsahuje prevodník CH340G. Pracovné napätie D1 mini je 3,3 V. Modul obsahuje jeden analógový vstup na ktorý je možné priviesť maximálne 3,2 V. Pracovná frekvencia je 80/160 MHz, flash pamäť podobne ako pri verzii E12 má veľkosť 4 MB. Popis a funkcia jednotlivých pinov je v tabuľke 22. [46]

Tabuľka 22: Popis rozloženia pinov na D1 mini, sú použité 10 k $\Omega$  pull up rezistory.

Rozloženie pinov na D1 mini	Funkcia	Rozloženie pinov na ESP-8266-12F
TX	TXD	TXD
RX	RXD	RXD
A0	Analógový vstup	A0
D0	IO	GPIO16
D1	IO, SCL	GPIO5
D2	IO, SDA	GPIO4
D3	IO, pull up	GPIO0
D4	IO, pull up, zabudovaná LED	GPIO2
D5	IO, SCK	GPIO14
D6	IO, MISO	GPIO12
D7	IO, MOSI	GPIO13
D8	IO, pull up	GPIO15
G	Zem	GND
5 V	5 V	-
3V3	3,3 V	3,3 V
RST	Reset	RST

### 3.5 Prevodník UART

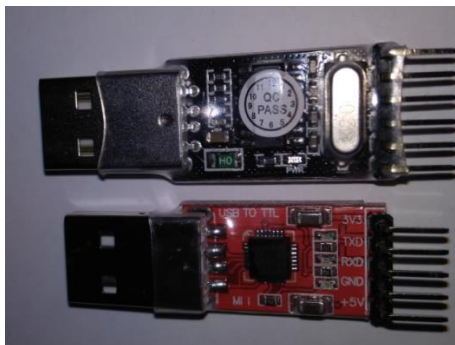
Pre potreby programovania modulu ESP8266 je potrebný prevodník. Tento prevodník zabezpečuje potrebný požadovaný prevod z USB na UART (univerzálny asynchrónny prijímač/vysielač) pre päť voltovú logiku. Na trhu existuje viacero prevodníkov ako napríklad RS232 od firmy FTDI, čip CH340G, PL2303, CP2102. Wifi modul ESP 8266 je napájaný napätím 3,3 V. Pre účely tejto práce bol vyskúšaný čip CH340G. Pracovné napätie pre CH340G je 5 V. Komplikácie vznikli problémovým prispôbením napät'ových logických úrovní na rozhraní medzi prevodníkom a modulom ESP8266. Vzhľadom na rozdielne napät'ové úrovne medzi ESP8266 a CH340G môže dôjsť k poškodeniu modulu. Pokusy s úpravou logickej úrovne neboli úspešné a CH340G bol nahradený prevodníkom s čipom CP2102.

CP2102 je prevodník z USB na UART, ktorý nepožaduje implementáciu externých rezistorov. Čip obsahuje power on reset obvod. Je zabezpečená plná kompatibilita medzi pinmi a softvérovým vybavením CP2102. Na čipe je umiestnený napät'ový regulátor z 5 na 3 V. Ovládače pre tento prevodník sú dostupné pre operačné systémy OS, Linux, Windows. Na čipe sú implementované USB 2.0 s rýchlosťou 12 Mbps, oscilátor, EEPROM, UART. Puzdro použité pre CP2102 je bezolovnaté 28 pinové MLP (Micro Leadframe Package) s rozmermi 5x5 mm. V tabuľke 23 sú uvedené parametre čipu CP2102 [47].

Tabuľka 23: Parametre čipu CP2102.

Parametre	Značka	Min.	Typ.	Max.
Vstupné napätie	$V_{in}$ [V]	4,0	-	5,25
Výstupné napätie	$V_{out}$ [V]	3,0	3,3	3,6
Teplotný pracovný rozsah	$\Delta T$ [°C]	- 40	-	+85
Napájací prúd	$I_{in}$ [mA]	-	26	-
Maximálny prúd cez $V_{DD}$ a GND	$I_{max}$ [mA]	-	-	500

Na obrázku 16 sú vyobrazené použité prevodníky CP2102 a CH340G.



Obrázok 16: Prevodníky USB to TTL CP2102 (červený) a CH340G.

### 3.6 Relé

Existuje veľké množstvo typov relé. Podľa fyzikálneho princípu je možné relé rozdeliť na: elektromagnetické, tepelné, svetelné. Relé sa vo všeobecnosti používa na spínanie prvkov s nízkym výkonom. V minulosti boli relé často využívané v telekomunikáciách a v počítačových systémoch, kde vykonávali logické operácie. V súčasnosti nachádzajú relé prvky uplatnenie pri spínaní osvetlenie, auto relé, bezpečnostné relé, relé s oneskoreným zopnutím.

Pri voľbe vhodného relé bola jedným z dôležitých parametrov cena. Pre potreby tejto práce boli preskúmané dve varianty voľby relé.

Ako prvé bolo preskúmané vyžitie polovodičového relé. Polovodičové relé je oproti elektromagnetickému menšie. Veľkou výhodou polovodičového relé je, že funguje čisto na elektrickom princípe. Neobsahuje žiadne mechanicky pohybujúce a spínajúce sa časti. Vzhľadom na tento fakt, je životnosť polovodičového relé vyššia oproti elektromagnetickému. Veľkou nevýhodou je cena, ktorá v závislosti na aplikácii môže byť niekoľkokrát väčšia ako u elektromagnetického relé.

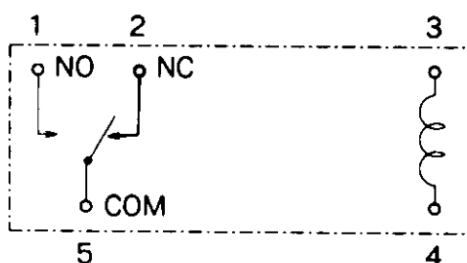
Druhým variantom bolo elektromagnetické relé. Vzhľadom na cenu bolo v tejto práci zvolené elektromagnetické relé. Jeho nevýhodou oproti polovodičovému je obsah elektromagneticky ovládaných kontaktov, ktoré majú nižšiu životnosť. Taktiež je rozmerovo väčšie. Predpokladaná frekvencia spínania relé v tejto práci nie je vysoká,

a preto použitie elektromagnetického relé v navrhovaných obvodoch je vhodná voľba.

Hlavnými prvkami elektromechanického relé sú cievka z ktorej sa prechodom prúdu stáva elektromagnet a kontakty. Po pripojení kontaktov cievky na zdroj napätia ňou začne pretekať prúd. Prechodom prúdu cez cievku vzniká elektromagnetické pole na základe ktorého je pritáňovaný pružný kontakt relé. Po odpojení od zdroja sú kontakty vrátené do pôvodnej polohy.

Jedným z parametrov pri voľbe vhodného elektromagnetického relé bolo požadované napätie na cievke. Vzhľadom na napätovú úroveň 5 V dostupnú pri návrhu obvodov. Ďalšie parametre, ktoré je potrebné zohľadniť pri voľbe sú maximálny pracovný výkon, maximálne pracovné napätie, druh napätia – jednosmerné/striedavé.

Bolo zvolené relé JS5-K, ktoré je produktom firmy FUJITSU. Je to elektromagnetické relé s DC cievkou. Tento typ pozostáva z piatich pinov. Rozloženie jednotlivých pinov je viditeľné na obrázku 17.



Obrázok 17: Relé JS5-K, rozloženie pinov.

Popis parametrov a jednotlivých pinov JS5-K a ich prepojenie v závislosti na logickej úrovni privedenej na cievku elektromagnetického relé je vidieť v tabuľke 24 [48].

Tabuľka 24: Popis kontaktov a parametrov JS5-K.

Výstupné piny	Stav	
NO	Bežne zopnutý - Normally open	
NC	Bežne rozopnutý - Normally closed	
COM	Spoločný - Common	
Logická úroveň	Piny	Spotreba cievky [mA]
log 0	NC – COM	0
log 1	NO – COM	45
$U_L$	5	[V]
$I_{MAX}$	10	[A]
$R_L$	112	[ $\Omega$ ]
Čas prítáhu	10	[ms]
Čas odpadu	5	[ms]
$P_L$	0,22	[W]
$P_{MAX}$	192	[W]



### 3.7 Osvetlenie akvária – terária

Súčasný trend v osvetlení je vo využívaní, čo najefektívnejších osvetľovacích prvkov. Medzi najefektívnejšie a spotrebou najmenej náročné patrí LED osvetlenie. Má veľké množstvo výhod, ktoré zabezpečujú dominanciu na trhu. Na podsvietenie akvária alebo terária je vhodné použiť LED pás. Zvyčajne sú na trhu dostupné vyhotovenia s požadovaným napájacím napätím na úrovni 5 alebo 12 V. Zvyčajne je udávaný výkon LED pásu na meter. Ten sa pohybuje v závislosti na type LED diód, na hustote diód, ich veľkosti.

Vzhľadom na požiadavky bol spravený prieskum trhu a bol zvolený LED pás s požadovaným napájacím napätím 5 V. V súvislosti s povahou práce bol zvolený typ RGB pásu. Následne bol posúdený a vyhodnotený prístup riadenia RGB LED. Na trhu sú často k dispozícii LED pásy riadené pomocou diaľkového ovládača s RF vysielateľom. V tomto prípade bude riadenie realizované pomocou wifi modulu. Jedným z možných variantov bolo riadenie pomocou impulznej šírkovvej modulácie – PWM. Tento spôsob prístupu k riadeniu osvetlenia by vyžadoval dodatočné hardvérové vybavenie v podobe tranzistorov s príslušnými pasívnymi prvkami. Takýto spôsob riešenia by zaberol viac miesta na doske plošných spojov a 3 výstupné piny na ESP8266.

Na riešenie osvetlenia bol preto zvolený RGB LED pás, ktorý vyžaduje iba jeden dátový tok pre riadenie RGB LED. Týmto riešením odpadá potreba dodatočného hardvéru a vznikla úspora dvoch výstupných pinov. Bol zvolený LED pás, v ktorom sú použité WS2812B.

WS2812B je inteligentne riadený LED svetelný zdroj v ktorom RGB čip a riadiaci obvod sú spolu zabudované v puzdre 5050. Výhodou tohto typu prevedenia je možnosť skrátiť, prípadne predĺžiť daný LED pás. Ďalšími výhodami sú vysoká svietivosť, malá spotreba, dlhá životnosť, nízke riadiace napätie, malé rozmery. Jednotlivé prvky v páse sú riadené 24 bitovým signálom. V tabuľke 25 sú uvedené parametre pre WS2812B.

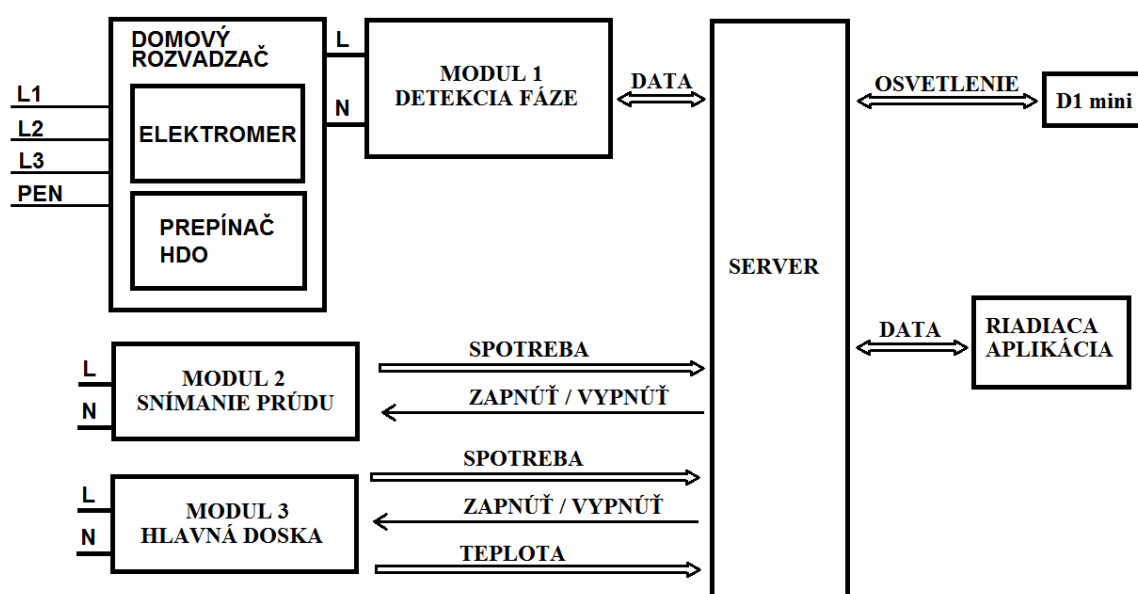
Tabuľka 25: Parametre WS2812B. [49]

Parameter	Symbol	Rozsah	Jednotka
Napájacie napätie	$V_{CC}$	+3,5 do +5,3	[V]
Vstupné napätie	$V_I$	-0,5 do VDD+0,5	[V]
Pracovná teplota	$T_{op}$	-25 do +80	[°C]

Pri voľbe type osvetlenia je potrebné brať do úvahy pre aké živočíchy je určené. Určité typy zvierat ako napríklad chameleón požadujú širokopásmové svetlo. Preto je potrebné použiť UV žiarivku.

## 4 NÁVRH OBVODOV

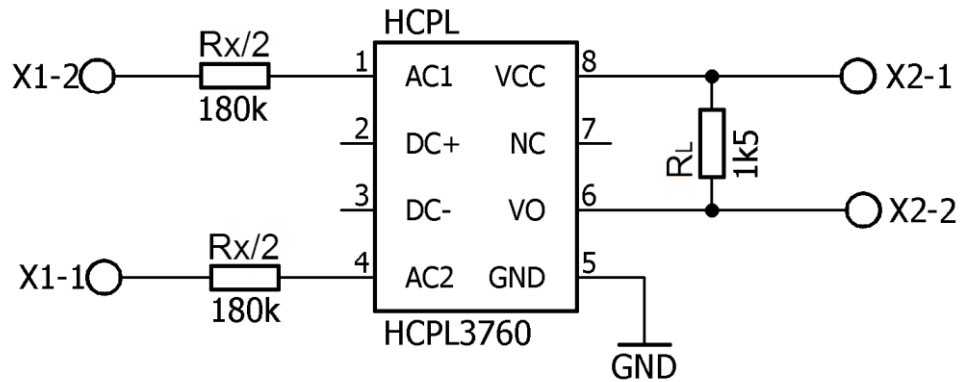
Táto kapitola sa zaoberá návrhom obvodov pre jednotlivé časti systému. Návrh obvodov bol rozdelený do viacerých častí systému, ktorý pozostáva z troch dosiek plošných spojov. Určité prvky ako napríklad modul ESP sú použité na každom obvode zapojení. Preto bolo možné niektoré časti obvodov s menšími modifikáciami použiť pri návrhu všetkých častí systému. Návrh obvodovo vhodného a optimálneho obvodového zapojenia je do veľkej miery zviazaný s výberom vhodných súčiastok. Jedným z faktorov, ktoré ovplyvnili návrh obvodov bola možnosť použitia daných súčiastok pre všetky DPS.



Obrázok 18: Blokovaná schéma celého systému.

### 4.1 Detekcia fáze

Pre realizáciu tohto obvodu je využitý obvod HCPL-3760. Jeho úlohou je zosnímať sieťové napätie a vhodná transformácia na napätie spracovateľné mikrokontrolérom. Obvod je pripojený na sieťové napätie pomocou rezistorov. Na obrázku 19 je znázornené zapojenie obvodu optočlena [42].



Obrázok 19: Schéma zapojenia HCPL-3760.

V nasledujúcom výpočte je počítaná maximálna hodnota odporu  $R_x$ . Výrobcom odporúčané pracovné podmienky pre HCPL-3760 sú v uvedené tabuľke 26.

$$R_x = \frac{U_+ - U_{TH+}}{I_{TH+}} = \frac{325 - 4,9}{1,2 \cdot 10^{-3}} = 266,7 \text{ k}\Omega \quad (1)$$

Odpor  $R_x$  bol zvolený na 180 k $\Omega$ .

$$I_f = \frac{U - U_f}{R_x} = \frac{325 - 4,9}{180 \cdot 10^3} = 1,78 \text{ mA} \quad (2)$$

Vzhľadom na napätie na odporoch  $R_x$  je potrebné vypočítať výkonové zaťaženie na týchto odporoch.

$$P = I_f^2 \cdot R_x = (1,8 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 180 \cdot 10^3 = 0,58 \text{ W} \quad (3)$$

Straty na daný odpor  $R_x$  sú 0,58 W. Aby sa predišlo nadmernému zahrievaniu, či prípadnému zničeniu rezistorov  $R_x$ , bola zvolená paralelná kombinácia dvoch rezistorov. Tieto rezistory majú menovitú hodnotu 180 k $\Omega$ .

Medzi výstupným pinom  $U_o$  a napájaním  $V_{CC}$  je použitý pullup rezistor s hodnotou odporu  $R_L = 1,5 \text{ k}\Omega$ . V tabuľke 26 sú výrobcom uvedené odporúčané pracovné parametre obvodu HCPL-3760 [50].

Tabuľka 26: Výrobcom odporúčané pracovné podmienky obvodu HCPL-3760.

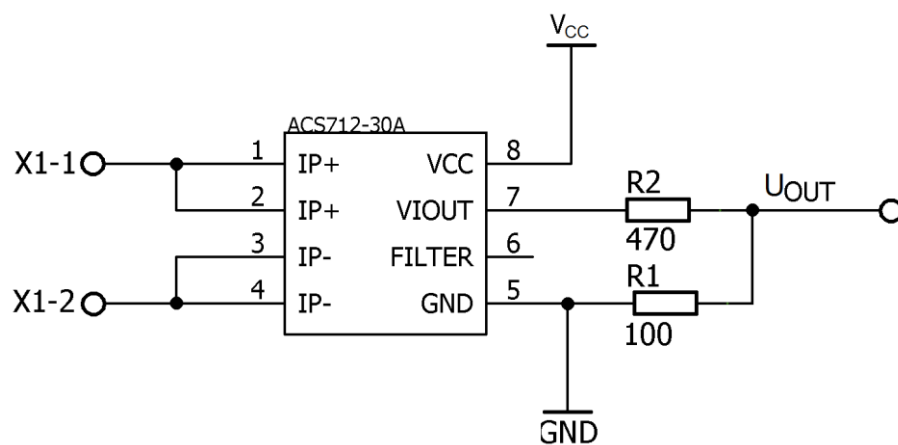
Parameter	Symbol	Rozsah	Jednotka
Napájacie napätie	$V_{CC}$	+2 do +18	[V]
Pracovná frekvencia	$f$	0 do 4	[kHz]
Pracovná teplota	$T_{op}$	0 do +70	[°C]

Na napájanie obvodu je použité napájacie napätie  $V_{CC} = 3,3 \text{ V}$ .

## 4.2 Meranie prúdu

Obvod pre meranie spotreby prúdu je realizovaný pomocou halového prúdového lineárneho senzoru ACS712. Napájacie napätie potrebné pre tento obvod je 5 V. Vstupy senzora IP+ a IP- sú priamo pripojené na meracie svorky. Obvod ACS712 je schopný zosnímať prúd v aplikáciách jednosmerných alebo striedavých. Následné spracovanie výstupného signálu je spracované AD prevodníkom na vstupe ESP8266.

Problémom, ktorý je potrebný riešiť je napäťové prispôsobenie mikrokontroléru a halového senzoru. AD prevodník zabudovaný v ESP8266 má rozsah vstupného napätia 0 až 1 V so vzorkovaním 0-1024 vzoriek. Toto prispôsobenie je realizované pomocou deliča napätia na výstupnom pine ACS712. Na obrázku 20 je zobrazené zapojenie halového senzora [43][45].



Obrázok 20: Zapojenie obvodu ACS712.

$$U_{out} = V_{cc} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 5 \cdot \frac{100}{470 + 100} = 0,877 \text{ V} \quad (4)$$

Maximálna úroveň výstupného napätia z deliča na vstup ADC v ESP je 0,877 V. Pre maximálnu presnosť by bolo vhodné použiť odpor  $R_1 = 400 \Omega$ . V návrhu DPS je pripravená možnosť nastavenia hodnoty pre  $R_1$  pomocou sériovej kombinácie rezistorov. Tento spôsob nastavenia maximálneho možného napätia na prevodník bol zvolený s ohľadom na bezpečnosť ADC prevodníku, keďže jeho rozsah je 0 až 1 V. Následné riešenie presnosti merania je realizované pomocou softvéru.

## 4.3 Napájanie - LD1117ADT

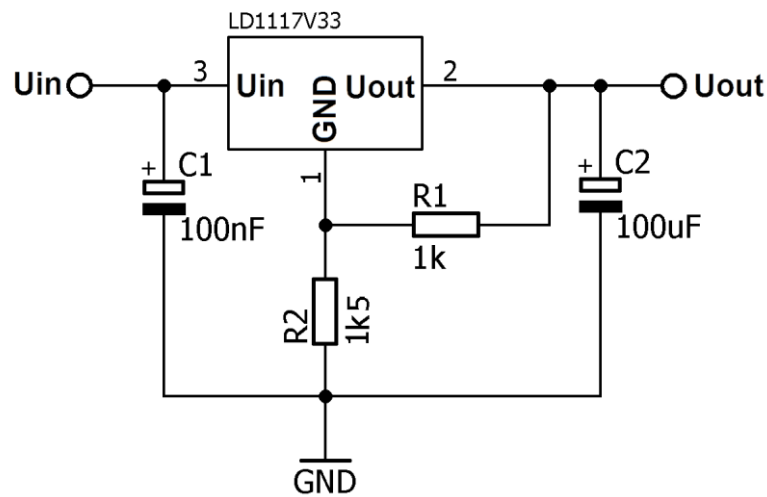
Lineárny regulátor napätia LD1117ADT bol použitý pre napájanie ESP modulu a potrebných periférií. Tento regulátor obsahuje teplotne stabilizovanú napäťovú referenciu  $V_{REF} = 1,25 \pm 0,012 \text{ V}$ , ktorá sa nachádza medzi pinmi OUT a ADJ. Napäťovým deličom realizovaným medzi pinmi ADJ, Vout a GND je možné nastaviť

úroveň výstupného napätia na požadovanú úroveň. Vzhľadom na fakt, že pre napájanie ESP modulu je výrobcom udávaný rozsah napájacieho napätia od 3,0 V do 3,6 V je potrebné nastaviť vhodný deliaci odpor na uvedenom napät'ovom deliči.

Pre výpočet výstupného napätia výrobca udáva vzorec pre výpočet.

$$V_{out} = V_{REF} \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) = 1,25 \cdot \left(1 + \frac{1k5}{1k}\right) = 3,125 V \quad (5)$$

Úroveň výstupného vypočítaného napätia je  $V_{out} = 3,125 V$ . Táto hodnota je dostatočná pre napájanie ESP modulu a príslušných obvodov. Na odfiltrovanie napätia a šumu sú použité vstupné a výstupné kondenzátory. Schéma zapojenia lineárneho regulátora je znázornená na obrázku 21. [40]



Obrázok 21: Schéma zapojenia LD1117ADJ.

#### 4.4 Spínanie relé

Relé JS5-K bolo použité na spínanie výkonovej časti obvodu. Ako spínací prvok pre ovládanie cievky je možné použitie napríklad bipolárneho alebo unipolárneho tranzistoru. Pre účely tejto práce boli testované oba typy spínacích prvkov.

Bol zvolený typ N-MOS tranzistor 2N7002. Použitý puzdro je SOT23, ktoré rozmerovo vyhovovalo implementácii na dosku plošných spojov. V tabuľke 27 sú uvedené parametre 2N7002 udávané výrobcom. [51]

Tabuľka 27: Parametre N-MOS tranzistoru 2N7002.

Parameter	Symbol	Rozsah	Jednotka
Napätie drani-source	$V_{DSmax}$	+60	[V]
Prúd cez drain	$I_{Dmax}$	300	[mA]
Pracovná teplota	$T_{op}$	0 do +70	[°C]
Celkový rozptýlený výkon	$P_{tot}$	0,83	[W]
Max. odpor kanála DS	$R_{DSonmax}$	5	[Ω]

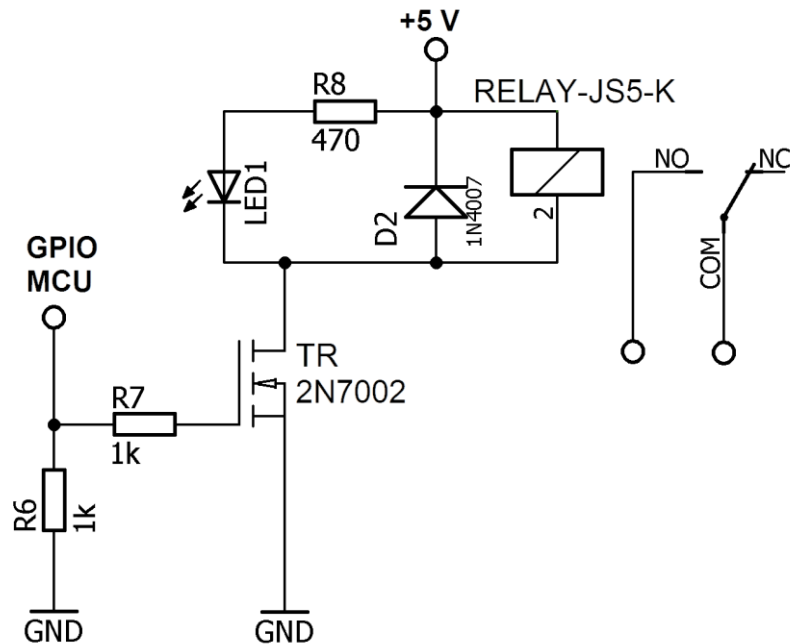
Obvod s relé obsahuje signalizačnú LED diódu. Slúži ako informatívny svetelný signál pri zopnutí relé. Táto dióda emituje svetlo v prípade, že obvod s relé je zopnutý. Modulom ESP je spínaný tranzistor 2N7002, ktorý následne spína kontakty cievku v relé prvku. V prípade, že je relé zopnuté, teda na kontaktoch NO a COM je úroveň logickej 1, LED svieti. Ďalšou súčiastkou použitou v obvode s relé prvkom je ochranná dióda. Táto dióda je antiparalelne v zapojení s LED a kontaktmi cievky relé. Slúži ako ochrana pri rozopnutí relé. Na cievke zostáva po vypnutí spínacieho tranzistoru určitá indukčnosť, ktoré je následne odvedená pomocou ochrannej diódy. V Obvodoch s väčšími výkonovými nárokmi je potrebné uvažovať s týmto typom ochrán. Je to kvôli prehrievaniu a prípadnému zničeniu obvodu.

V tejto práci je použitá dióda typu 1N4007. Parametre diódy 1N4007 sú uvedené v tabuľke 28. [52]

Tabuľka 28: Parametre diódy 1N4007.

Parameter	Rozsah	Jednotka
$U_{RRM}$	1000	[V]
$I_f$	1	[A]
$I_{fsm}$	30	[A]
$U_f$	1,1	[V]
puzdro	MELF (DO213AB)	

Na obrázku 22 je zobrazená schéma zapojenia obvodu relé, spolu so spínaním. Ochrannou diódou a svetelnou signalizáciou.



Obrázok 22: Schéma zapojenia relé a periférnych súčiastok.

Výpočet napätia na predradnom odpore LED.

$$U_R = V_{CC} - U_D = 5 - 2,5 = 2,5 \text{ V} \quad (6)$$

Výpočet hodnoty odporu R pri prúde diódou  $I_{fD} = 5 \text{ mA}$ .

$$R = \frac{U_R}{I_{fD}} = \frac{2,5}{0,005} = 500 \Omega \quad (7)$$

Bol zvolený predradný odpor  $R = 470 \Omega$ . Hodnotu je možné upraviť podľa použitej LED diódy a požadovanej svietivosti.

## 4.5 Zapojenie modulu ESP8266

V tejto práci sú použité moduly, ktoré v porovnaní s vývojovými doskami neobsahujú na doske zabudované bootstrapovacie rezistory, napäťový regulátor, reset obvod a neobsahujú USB-UART sériové adaptéry. Pre stabilnú činnosť modulu je potrebné zabezpečiť možnosť napájania prúdom minimálne 250 mA. Podmienka dostatočného napájania je zabezpečená predchádzajúcimi obvodmi.

Programovanie modulu ESP-E12 je možné v dvoch módoch. Prvá možnosť je prevádzka zariadenia v bežnom režime. V tomto prípade je umožnené nahrávať programy priamo do pamäte modulu. Druhý mód sa používa pre vypálenie nového firmvéru do mikrokontroléru. Výber bootovacieho režimu je volený manuálne. V tejto

práci boli ako mechanické prepínače medzi jednotlivými vývojárskymi módmi použité jumpre. [45]

#### 4.5.1 Nahranie nového firmvéru

V prípade požiadavky na nahranie nového firmvéru je pamäť mikrokontroléru zmazaná a je nahraný nový firmvér. Je potrebné vhodne pripojiť prevodník a zabezpečiť požadované logické úrovne na dané piny. Tabuľka 29 znázorňuje požiadavky na jednotlivé piny pri vypaľovaní nového firmvéru.

Tabuľka 29: Potrebné napojenie pinov pre funkčné napálenie firmvéru na ESP.

PIN (ESP8266)	Rezistor	TTL na USB prevodník
V <sub>CC</sub>	-	V <sub>CC</sub> (+3,3 V)
GND	-	GND
TX	-	RX
RX	-	TX
GPIO15	Pull-down	GND
GPIO0	Pull-up	GND
GPIO 2	Pull-up	V <sub>CC</sub> (+3,3 V)
CH_PD	Pull-up	V <sub>CC</sub> (+3,3 V)

TX – Transmitter – vysielač pin , RX – Receiver – prijímací pin, CH\_PD – Chip powered – čip napájaný.

#### 4.5.2 Mód normálnej prevádzky

Pri normálnom móde bežnej prevádzky sú využité piny GND, V<sub>CC</sub>, TX a RX na prevodníku. Prepojenie jednotlivých pinov ESP a prevodníku je zobrazené v tabuľke 30.

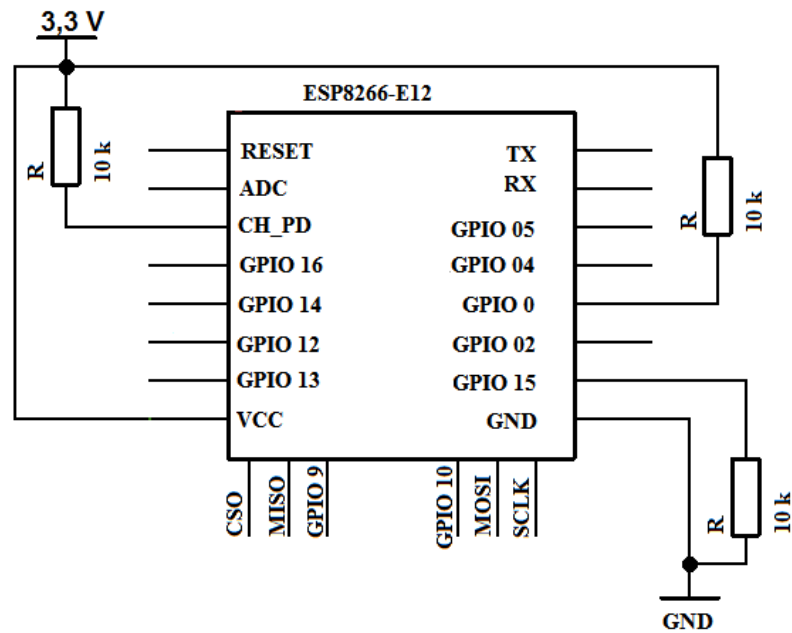
Tabuľka 30: Prepojenie ESP a TTL na USB prevodníka v bežnej prevádzke.

PIN (ESP8266)	Rezistor	TTL na USB prevodník
V <sub>CC</sub>	-	V <sub>CC</sub> (+3,3 V)
GND	-	GND
TX	-	RX
RX	-	TX
GPIO15	Pull-down	GND
GPIO 2	Pull-up	V <sub>CC</sub> (+3,3 V)
CH_PD	Pull-up	V <sub>CC</sub> (+3,3 V)

Na splnenie minimálnych požiadaviek potrebných pre chod modulu je potrebné zapojiť päť pinov. Pin V<sub>CC</sub> je pripojený na napájanie 3,3 V, GND na GND, GPIO 0



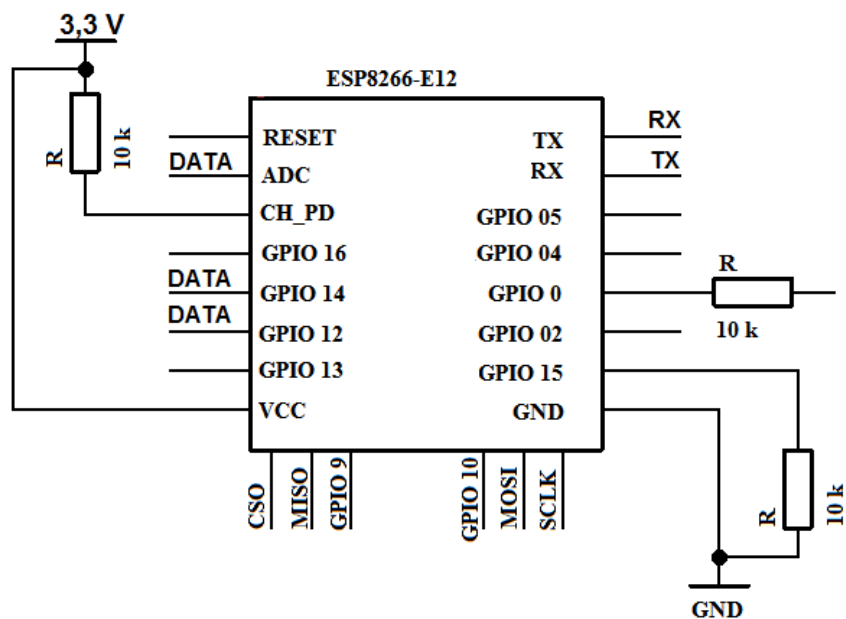
a CH\_PD piny sú pripojené pomocou Pull-up rezistorov na napájacie napätie  $V_{CC}$ , pin GPIO 15 je pomocou Pull-down rezistoru pripojený na GND. Na obrázku 23 je znázornené zapojenie obvodu potrebné pre chod [53].



Obrázok 23: Minimálne požadované zapojenie pre činnosť ESP8266.

#### 4.5.3 Zapojenie ESP8266-E12 pre jednotlivé moduly systému

Wifi modul je využitý vo všetkých troch doskách plošných spojov. Rozdiel je v použitých vstupno-výstupných pinoch. Okrem týchto digitálnych pinov je využitý aj AD prevodník. Na obrázku 24 je zobrazené názorné zapojenie ESP modulu, ktoré sa v istých modifikáciách nachádza na každej z použitých dosiek systému [53].



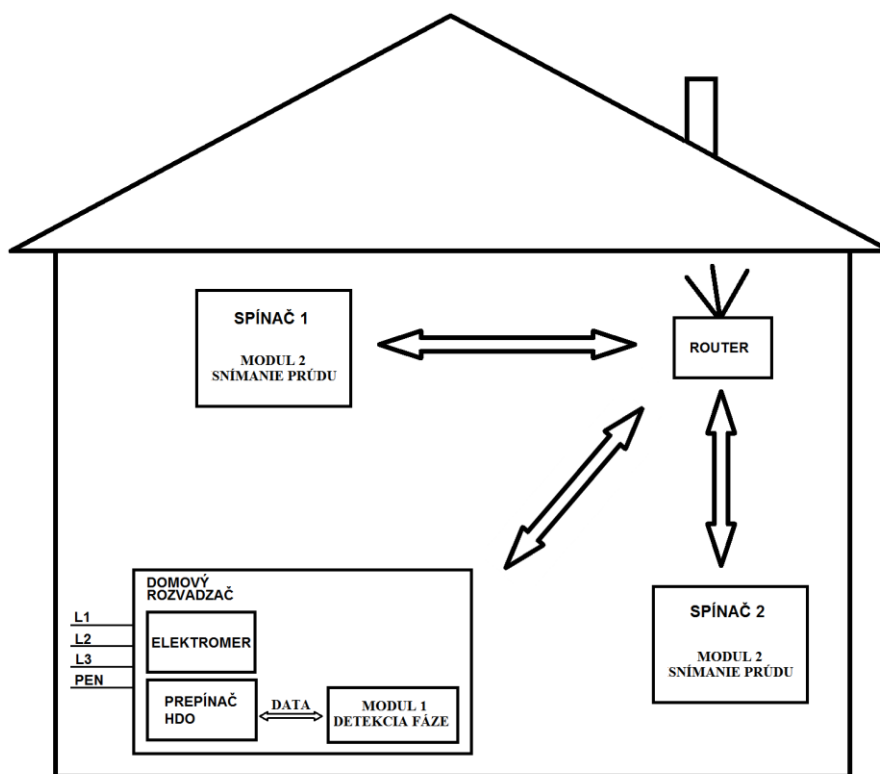
Obrázok 24: Názorné zapojenie modulu ESP8266-E12.

## 5 PRAKTICKÁ REALIZÁCIA

Pri návrhu dosiek bol kladený dôraz na priestorovú minimalizáciu. Jednou z možností bol návrh jednej univerzálnej dosky. Táto doska by bola použiteľná pre všetky tri moduly. Rozdiel by bol v tom, že osadené by boli len požadované súčiastky pre daný modul. Z priestorového hľadiska bol tento typ riešenia neefektívny. Preto bol realizovaný variant, kde boli navrhnuté tri rôzne dosky plošných spojov.

Pre účel komunikácie s USB prevodníkom sú na každom plošnom spoji systému vyvedené kontaktné piny – RX, TX, GND. Vzhľadom na frekvenciu nahrávania nových programov do ESP modulu, cenu zariadenia, obvodovú jednoduchosť bol tento spôsob vyhotovenia považovaný za optimálne riešenie.

V nasledujúcej časti práce sú popísané jednotlivé DPS z ktorých pozostáva zariadenie. Pre označenie jednotlivých DPS sú používané názvy: snímanie/detekcia fáze, snímanie prúdu, hlavná doska. Schémy k obvodom sú z priestorových dôvodov umiestnené medzi prílohami. Obrázok 25 zobrazuje možné fyzické rozloženie zariadenia v objekte.

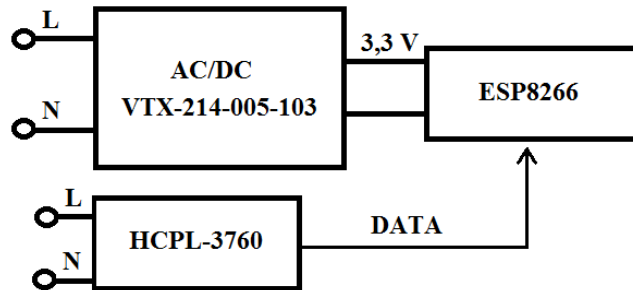


Obrázok 25: Fyzické rozloženie modulov zariadenia v objekte.

### 5.1 DPS zabezpečujúca snímanie fáze

Táto DPS je použitá na detekciu HDO signálu. Napájanie celého obvodu je zabezpečené napájaním z AC siete. Na tej istej fáze je zisťované, či je k dispozícii nízka tarifa ceny

elektrickej energie alebo vysoká. Princíp spočíva v detekcii AC napätia pomocou HCPL-3760. Následné spracovanie výstupného signálu z optočlena je realizované pomocou ESP modulu. Ten na základe programových požiadaviek odosiela požadované dáta cez wifi na server. Bloková schéma je na obrázku 26.



Obrázok 26: Bloková schéma obvodu pre detekciu fáze.

Obvod obsahuje signalizačnú svetelnú diódu, ktorá slúži ako priamy ukazovateľ prítomnosti fáze na obvode. Tento modul systému je navrhnutý na umiestnenie do rozvádzača. Jeho prípadné umiestnenie môže byť taktiež na mieste, kde je prístup k zásuvkovému obvodu spínaného na základe HDO signálov z rozvádzača.

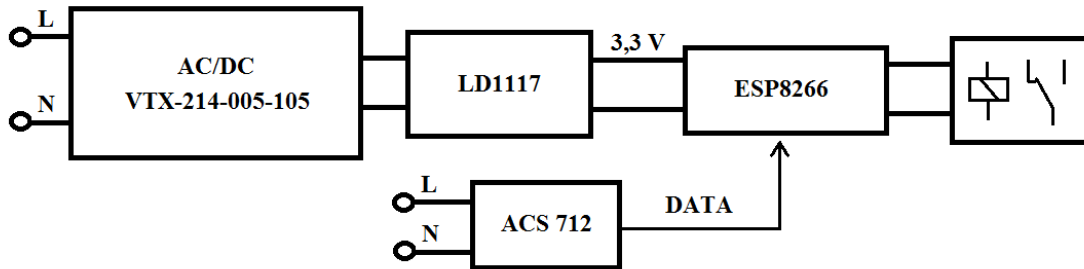
Pre potreby testovania je v obvode umiestnený jumper. Napájanie je možné realizovať priamo pomocou spínaného zdroja nachádzajúceho sa na plošnom spoji alebo pripojením na pin prepojky. Napájanie externým jednosmerným napätím 3,3 V je vhodné použiť počas testovania obvodu. Externé napájanie je výhodné používať z bezpečnostných dôvodov počas testovania a nahrávania programov na modul ESP. Vstupný pin RST zabezpečujúci reset modulu ESP nie je pripojený. K tomuto účelu je využívaný jumper v obvode napájania. Funkčná a osadená DPS je zobrazená na obrázku 27.



Obrázok 27: Osadená DPS - detekcia fáze.

## 5.2 DPS pre snímanie spotreby prúdu a spínanie

Táto DPS je navrhnutá pre spínanie zariadenia pripojeného do obvodu. Doska plošného spoja obsahuje spínaný zdroj VTX-5V, lineárny regulátor napätia LD1117, obvod ACS712, wifi modul ESP8266-E12 a obvod zabezpečujúci spínanie a svetelnú signalizáciu. Bloková schéma je zobrazená na obrázku 28.



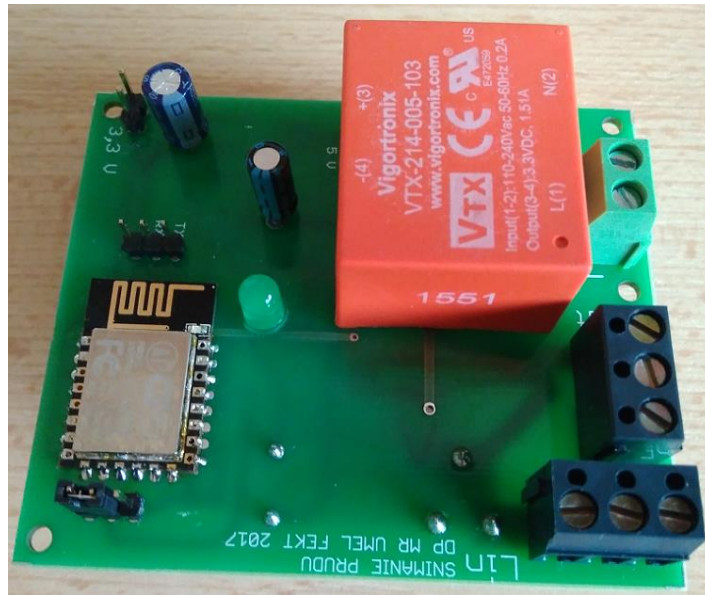
Obrázok 28: Bloková schéma pre obvod snímania prúdu.

Zariadenia určené na spínanie týmto modulom sú výkonovo limitované. Výkonový limit je daný parametrami relé JS5-K. Maximálny možný výkon kontaktmi relé udávaný výrobcom je 192 W. Tento typ relé bol zvolený na základe optimalizácie pomeru medzi cenou, rozmermi a maximálnym možným spínaným výkonom. Pre zamýšľanú aplikáciu na spínanie ohrevu v akváriu sú výkonové parametre dostatočné.

Napájanie obvodu je realizované pomocou spínaného zdroja, ktorého výstupné napätie je 5 V. Vyššie výstupné napätie napájacieho zdroja oproti 3,3 V variante pre obvod detekcie fáze je potrebné pre napájanie ACS712 a kontakty relé JS5-K. Požadovaná napájacie napätie pre modul ESP je zabezpečené obvodom s LD1117. Nastavené výstupné napätie tohto obvodu je 3,125 V, čo je postačujúca úroveň pre modul.

Podobne ako v obvode detekcie fáze aj v tomto prípade je umožnené pripojenie externého napájania. Snímanie spotreby je realizované obvodom ACS712-30A. Fyzické umiestnenie DPS je navrhnuté do krabice, ktorú je možné zapojiť do zásuvky. Neutrálny vodič zo vstupnej svorkovnice je cez spínacie kontakty relé a obvod ACS712 privedený na výstupnú svorkovnicu zariadenia. Týmto spôsobom je možné zmerať prúd a následne riadiť spínanie zariadenia.

Zosnímané údaje pomocou ACS712 sú prenesené cez napäťový delič na vstup AD prevodníka na ESP module. Spínanie relé je realizované na základe softvérových požiadaviek pomocou digitálneho vstupno-výstupného pinu 5. Optická signalizácia zopnutia relé je indikovaná LED diódou. Fyzické vyhotovenie pre snímanie DPS je zobrazené na obrázku 29.

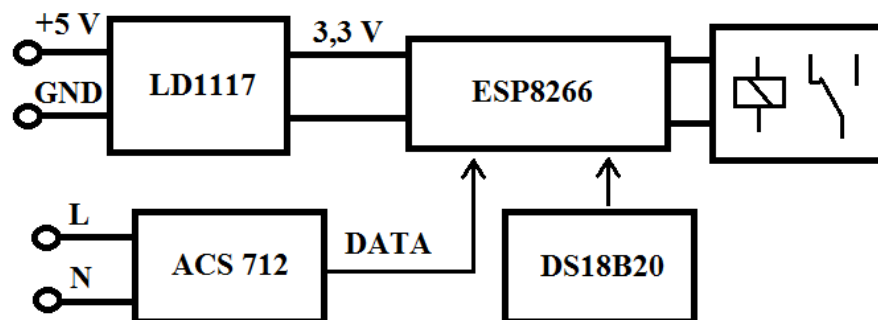


Obrázok 29: Osadená DPS - snímanie prúdu.

### 5.3 Hlavná doska

Pomocou tohto obvodu je možné snímanie prúdu, spínanie zariadenia, meranie teploty. Doska priamo neobsahuje vyvedenie digitálneho pinu pre riadenie osvetlenia. Takúto úpravu je však jednoduché realizovať.

Oproti predošlým obvodom v obvode hlavnej dosky chýba spínaný zdroj. Napájanie je realizované pomocou externého 5 V zdroja. Je to z dôvodu potreby väčšieho výkonu, keďže tento zdroj bude poskytovať potrebné napájanie aj pre osvetlenie pomocou LED pásu a zabudovanie výkonnejšieho zdroja priamo na plošný spoj by nebolo efektívnym riešením. ACS712 a obvod spínanie sú napájané 5 V, následne je využitý lineárny regulátor LD1117, ktorý poskytuje potrebné napájanie ostatným obvodom. Bloková schéma hlavnej dosky je zobrazená na obrázku 30.



Obrázok 30: Bloková schéma hlavnej dosky.

V porovnaní s plošným spojom pre snímanie prúdu je v tomto prípade vyvedená svorkovnica slúžiaca na pripojenie teplotného senzoru DB18S20. Tento senzor je

možné adresovať, z toho vypláva možnosť využitia jedného digitálneho pinu ESP pre všetky použité DB18S20. Vzhľadom na povahu aplikácie boli zvolené vode odolné senzory. Osadenú hlavnú DPS je vidieť na obrázku 31.



Obrázok 31: Osadená DPS - hlavná doska.

## 5.4 Technológia a návrh DPS

Pri návrhu plošných spojov bolo potrebné dodržať izolačné vzdialenosti vzhľadom na to, že na jednej DPS je použité sieťové a jednosmerné napätie. Izolačné medzery medzi výkonovými a riadiacimi obvodmi boli volené min. 5 mm. Pôvodný zámer amatérskej výroby plošných spojov bol prehodnotený a dosky boli vyrobené v spoločnosti APAMA. Plošné spoje sú dvojvrstvové. Schémy obvodov a následný návrh plošných spojov boli realizované v programe EAGLE. Materiál použitý na DPS bol FR4, nespájkovateľná maska je obojstranná zelená. Povrchová úprava plošiek je vytvorená technológiou HAL. Oddelenie jednotlivých DPS bolo realizované strihaním. Taktiež bol vykonaný test vodivosti pre prípadnú detekciu možných chýb vzniknutých počas výroby.

## 5.5 Cenová kalkulácia

V tejto kapitole je spravený stručný cenový prehľad. Uvedené ceny sú približné, keďže súčiastky boli nakupované vo viacerých menách z rôznych krajín. V kalkulácii nie sú zahrnuté ceny za najlacnejšie položky ako rezistory, kondenzátory a pod.. Taktiež nie je zahrnutá cena za poštovné. Cenová kalkulácia položiek uvedených v tabuľke 31 je 155€/4100 Kč.

Tabuľka 31: Cenová kalkulácia súčiastok použitých v zariadení.

Položka	Kusov [ks]	Cena [€]
D1 Mini	1	7
ESP8266-E12	3	11
VTX-214-005-103	1	7
VTX-214-005-105	1	7,5
HCPL-3760	1	2,8
LD1117	2	1,6
ACS712	2	8
Relé JS5-K	2	2,6
DS18B20	5	5,3
LED pás	1	7
DC adaptér	1	12
Krabička Z 27	2	12,8
Krabička WEB-B7	1	6,2
Výroba DPS	3	64
Spolu	-	154,8

## 6 POPIS SW

Na programovanie ESP modulu existuje viacero dostupných softwarových prostriedkov. Jedným z možných vývojových prostredí určených na programovanie ESP modulov je ESPlorer. Je to integrované vývojárske prostredie určené pre ESP8266 vývojárov. Softvér tohto prostredia je naprogramovaný v jazyku Java. Programovanie je dostupné v jazykoch LUA a MicroPython. Taktiež sú podporované AT príkazy.

V tejto práci bolo použité vývojové prostredie Arduino IDE, ktoré je naprogramované v jazyku Java. Arduino IDE je medzi platformová aplikácia, ktorá poskytuje možnosť intuitívneho programovania v jazykoch C a C++.

Arduino IDE je vývojové prostredie pre ktoré existuje veľké množstvo voľne šíriteľných programov - open source. Toto prostredie obsahuje širokú škálu knižníc a príkladov programov určených na testovanie použitého vývojového hardvéru. Na stránkach github.com je aktívna široká komunita používateľov.

Jedným z dôležitých faktorov pri výbere vývojovej platformy bola možnosť testovania funkčnosti a odladovania obvodov. Pre testovanie bol použitý vývojový kit s ATmega 328 [54][55].

### 6.1 SQL

Structured Query Language – štruktúrovaný vyhľadávací jazyk je určený pre výber, vkladanie, úpravu a mazanie dát. Je najpoužívanejším jazykom daného typu pre relačné systémy riadenia databáz.

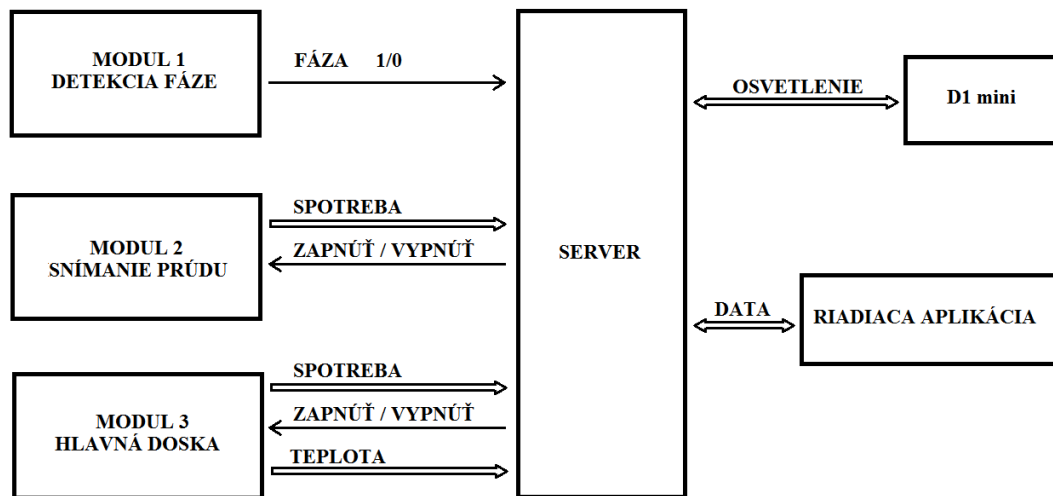
MySQL je otvorený SQL relačný databázový server. Každá databáza je tvorená z určitého počtu tabuliek s príslušným počtom stĺpcov a riadkov. V stĺpcoch tabuľky je uvádzaný dátový typ záznamov, v riadkoch sa nachádzajú jednotlivé záznamy.

V tejto práci je použitá aplikácia phpMyAdmin. Je to aplikácia určená na administráciu MySQL serverov. Je vytvorená v programovacom jazyku PHP. Prístup k aplikácii je dostupný cez webový prehliadač. Po otvorení aplikácie je k dispozícii intuitívne grafické rozhranie určené pre administráciu databáz. Často je aplikácia využívaná ku správe databáz, tabuliek, riadkov a stĺpcov, indexov, používateľov, povolení. Taktiež je umožnené importovať a exportovať požadované dáta v rôznych formátoch. Aplikácia umožňuje grafickú reprezentáciu dát napríklad v podobe grafov. [56][57]



## 6.2 Návrh SW

Pri návrhu softvéru bolo potrebné definovať údaje potrebné pre komunikáciu so serverom. Pre prvý modul to je informácia o detekcii fáze, ktorá je na základe požiadaviek posielaná na server. Pre druhý modul sú to informácie o spotrebe. Na základe týchto dát je rozhodnuté, či je umožnené zopnutie/vypnutie spínacieho prvku. Tretí modul poskytuje serveru informácie ohľadom teploty nameranej na jednotlivých senzoroch teploty. Taktiež je udávaná hodnota spotreby. V opačnom smere server poskytuje informácie ohľadom možnosti zopnutia alebo vypnutia spínacieho prvku na module. Na obrázku 32 je znázornená bloková schéma komunikácie.



Obrázok 32: Bloková schéma komunikácie systému so serverom.

### 6.2.1 Serverová časť

Serverová časť je postavená na programovacom jazyku PHP. Je použitá nadstavba OOP frameworku Nette a databázového ORM Doctrine 2. Databázová časť je vytvorená pomocou MySQL verzia 5.7. Systém pracuje na princípe Restfull API štandardu, prístup k api funguje cez GET requesty. Z hľadiska bezpečnostného štandardu API funguje na princípe http token requestu. Príslušný token je šifrovaný pomocou algoritmu SHA 512. Následne je šifra prevedená do HEX a takto porovnávaná so zadaným tokenom. Pre budúcu aplikáciu je možnosť prerobiť systém na oAuth2 login.

### 6.2.2 Mobilná aplikácia

Mobilná aplikácia je vyvíjaná v programovacom jazyku Java. Je použité IDE vývojárke prostredie Android Studio. Komunikácia prebieha na základe curl get requestou so serverovou API. Do serverovej časti sú privádzané požadované informácie pomocou wifi modulov. Do mobilnej aplikácie sú na základe žiadosti poslané potrebné

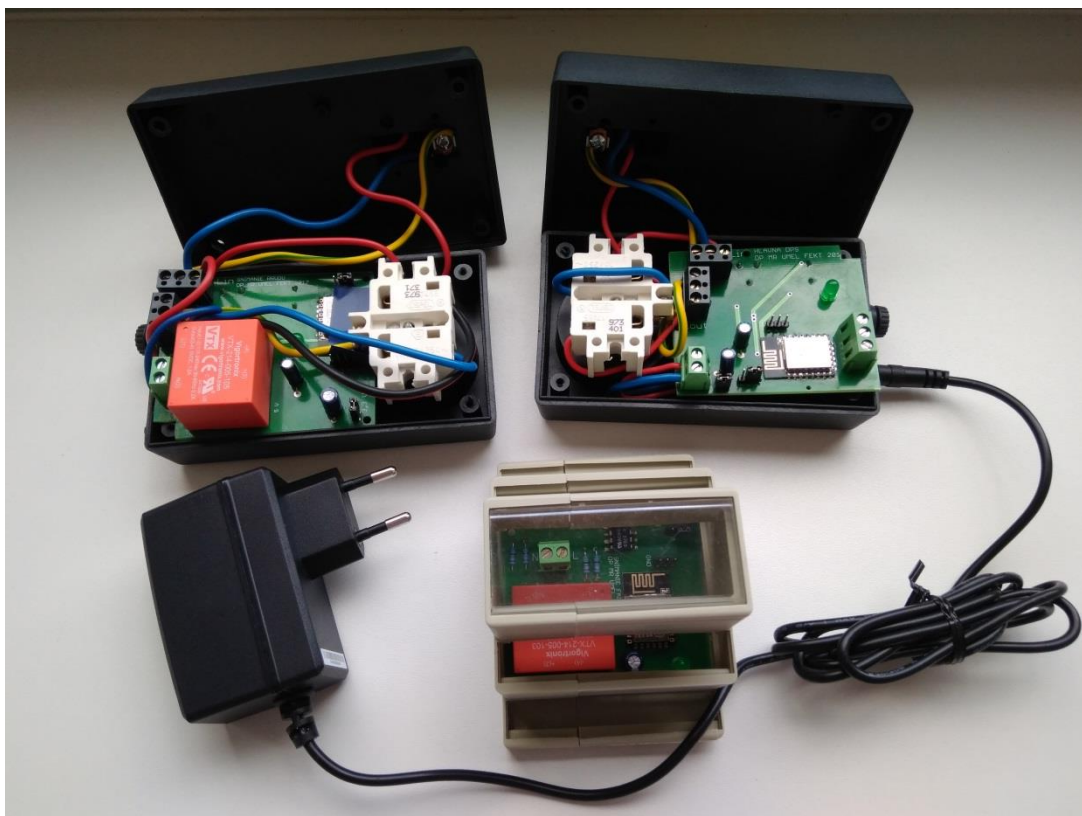
informácie zo servera. Na základe požiadaviek zadaných v mobilnej aplikácii sú zobrazené požadované dáta, ako vykreslenie grafov teploty, štatistiky a ďalšie údaje.

Mobilná aplikácie pracuje aj so zápisom do serverovej časti aplikácie, databázy. Vďaka tejto vlastnosti je pre užívateľa umožnené napríklad meniť teplotné hranice pre spínanie alebo vypínanie ohrevu pre terárium, či akvárium. Taktiež je možné meniť požadovanú farbu osvetlenia. Mobilná aplikácia je postavená na platforme Android 5.1+.

Inštalácia aplikácie je realizovaná pomocou metódy inject apk. Je potrebné v telefóne zapnúť vývojársky mód a následne pomocou USB portu nahrat \*.apk file do telefónu, kde nasleduje inštalácia aplikácie.

## 7 TESTOVANIE SYSTÉMU

Testovanie systému bolo realizované popri návrhu jednotlivých DPS. Na obrázku 33 sú zobrazené osadené DPS.



Obrázok 33: Osadené a zapojené zariadenie.

### **Testovanie hlavná DPS**

Na DPS určenej pre detekciu fáze boli zmerané výstupné charakteristiky na obvode HCPL-3760. Výstupný signál bol periodický s frekvenciou 100 pulzov za sekundu, napät'ová úroveň signálu zodpovedala príslušnému VCC na sekundárnej strane HCPL.

### **Testovanie DPS snímanie prúdu**

Pri meraní spotreby prúdu bol použitý vývojový kit s ATmega328. Meranie bolo vykonané na obvode ACS712. Nameraná spotreba zobrazená na PC nevykazovala veľké odchýlky oproti zdrojom udávaným hodnotám. Meranie AC parametrov bolo realizované z bezpečnostných dôvodov s použitím autotransformátora. Záznam nameraných hodnôt je uvedený v tabuľkách 32 a 33. Pri testovacom meraní bola výstupná napät'ová úroveň 0 až 5 V.

Pre použitie s ESP modulom bolo nutné znížiť napät'ovú úroveň na rozsah

0 až 1 V. Pre tento účel bol pridaný výstupný delič napätia na výstup senzoru. Následne bol upravený program pre snímanie. Ako ochrana proti zničeniu zariadenia sú na vstupe spínaných kontaktov relé umiestnené 8 A trubičkové poistky T8A/250 V 5x20 mm.

Tabuľka 32: Kalibračné meranie prúdu na ACS712,  $R = 0,1 \Omega$ , 10 W, DC.

Uzdroj [V]	Izdroj [A]	$I_{pc}$ [A]	$\Delta I$ [A]
0,005	0,044	0,043	0,001
0,01	0,082	0,082	0
0,02	0,157	0,157	0
0,03	0,233	0,233	0
0,04	0,311	0,317	0,006
0,05	0,388	0,399	0,011
0,06	0,464	0,466	0,002
0,07	0,497	0,498	0,001
0,08	0,616	0,619	0,003
0,09	0,692	0,699	0,007
0,10	0,768	0,769	0,001
0,11	0,844	0,855	0,001
0,12	0,921	0,935	0,014
0,13	0,995	1,010	0,015

Tabuľka 33: Kalibračné meranie prúdu na ACS712,  $R=56\text{ohm}$ , AC.

Uzdroj [V]	Izdroj [A]	$I_{pc}$ [A]	$\Delta I$ [A]
10	0,179	0,207	0,028
15	0,268	0,311	0,043
20	0,357	0,380	0,023
26	0,464	0,484	0,020
56	1,000	0,985	0,015

### **Meranie hlavná doska**

Pri meraní na hlavnej doske bola overená výstupná hodnota napätia na regulátore LD1117, ktorá bola zmeraná  $U_{outLD} = 3,18$  V. Napätie napájacieho adaptéru bolo zmerané na  $U_{AD} = 5,19$  V. Taktiež bolo otestované meranie teploty pomocou senzoru DS18B20 a správne adresovanie pri použití viacerých senzorov naraz. Meranie teploty bolo úspešne otestované. Namerané teploty boli zobrazené na okne sériového portu. Taktiež bolo realizované meranie teploty a jej následné prenesenie pomocou wifi na server. Grafický záznam je možné vidieť v prílohách.

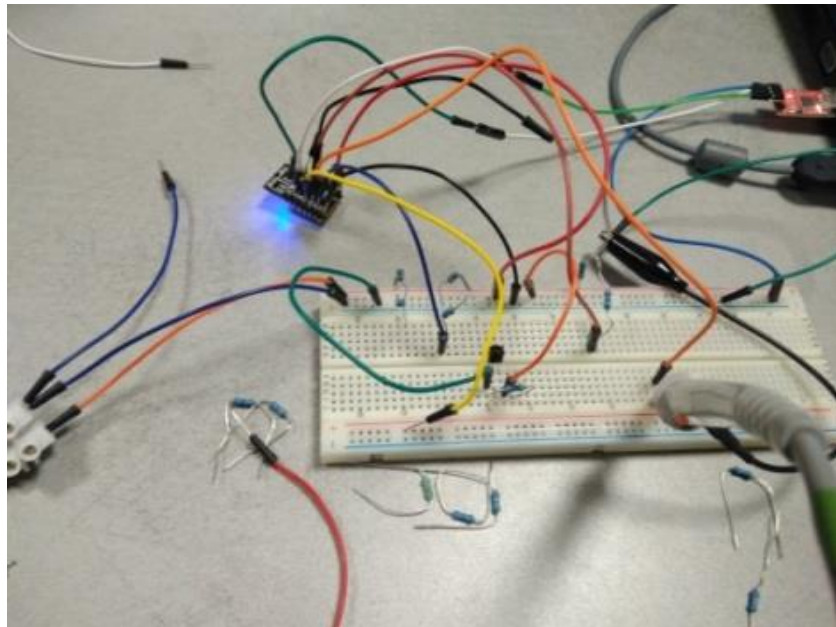
### **Testovanie wifi modulu ESP8266-12E**

Testovanie a sprevádzkovanie wifi modulu bolo časovo najnáročnejšie. Problém sa vyskytol s voľbou správneho prevodníku a jeho napäťovým prispôbením. Ďalšie problémy boli pri nahrávaní programov a stabilitou modulu. Počas testovania bolo

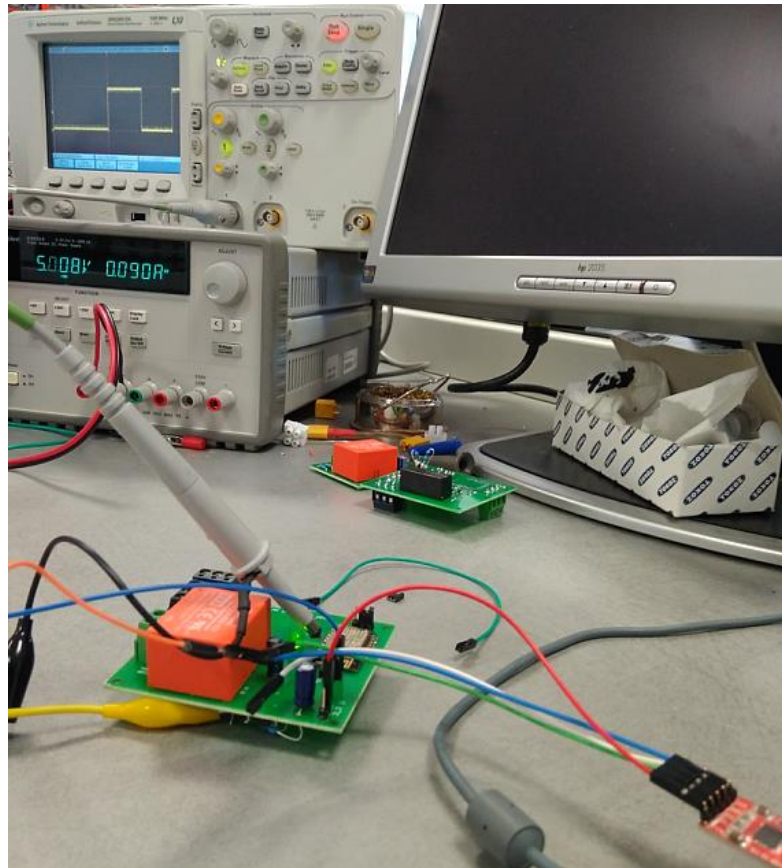
zistené, že prvotný odber ESP modulu sa pohybuje okolo 250 mA. Tento prúd je potrebné dodať vzhľadom na správne naštartovanie modulu. V prípade, že nie je zabezpečené dostatočné napájanie modul nefunguje správne alebo vôbec.

Taktiež boli zistené možné komplikácie po nahraní programu a uložení do flash pamäte, ktoré boli spôsobené nedostatočným napájaním. V tomto prípade bol zaznamenaný kolísavý odber prúdu a zariadenie nefungovalo správne.

Po odstránení týchto chýb bolo testované spínanie obvodu relé pomocou wifi modulu. Povelý boli zadávané z webového prehliadača. Spínanie relé fungovalo správne. Dokumentácia testovania je na obrázku 35. Zmeraný odber cievky sa zhodoval s hodnotou, ktorú udával výrobca a bol 45 mA. Odber wifi modulu sa pohyboval v rozmedzí od 80 do 90 mA. Táto nameraná hodnota bola nameraná počas testovania a je len orientačná. Na obrázku 34 je znázornené testovanie komunikácie ESP modulu.



Obrázok 34: Testovanie spínanie wifi modulu ESP8266-12E.



Obrázok 35: Testovanie spínania relé wifi modulom cez webové rozhranie.

## 8 ZÁVER

Táto diplomová práca sa zaoberá návrhom a následnou realizáciou zariadenia pre automatizáciu domácnosti. Práca bola zameraná na detekciu nízkej a vysokej tarify a na bezdrôtové ovládanie akvárií a terárií.

Práca obsahuje úvod do tematiky automatizácie domu a prehľad dostupných komerčných riešení. Ďalej je v práci spracovaná téma hromadného diaľkového ovládania. Po teoretickom preskúmaní možných prístupov komerčných riešení bol vykonaný prieskum možnej použiteľnej súčiastkovej základne pre praktickú časť realizácie.

Nasledovala voľba súčiastkovej základne a návrh obvodov zapojenia. Po návrhu prebehlo testovanie a odlaďovanie jednotlivých častí obvodov. Bola otestovaná hardvérová funkčnosť a komunikácia wifi modulu ESP. Po úspešnom odladení bolo prístupné k návrhu dosiek plošných spojov. Nasledovalo osadenie súčiastok a oživovanie zapojenia po jednotlivých blokoch. Fyzická realizácia zariadenia bola ukončená osadením jednotlivých DPS do krabičiek, ktoré obsahujú zabudovanú ochranu pomocou 8 A poistky.

Zo softvérového hľadiska bola úspešne otestovaná komunikácia ESP modulu. Bol realizovaný zber dát a ich následné ukladanie na server. Záznam z meraných dát ukladaných na server je viditeľný v obrazovej dokumentácii príloh. Taktiež bolo otestované spínanie obvodu 230 V pomocou povelov z internetového prehliadača.

Cenová kalkulácia pre celý systém vychádza približne 4100 Kč/ 155 €. Túto sumu je možné znížiť lacnejšou výrobou dosiek, hromadným nákupom súčiastok, širším prieskumom trhu.

V práci nebol realizovaný návrh aplikácie riadiacej celý systém. Táto aplikácia bude predmetom ďalšieho vývoja.

# LITERATÚRA

- [1] Sonoff [online]. 2016 [cit. 2016-11-30]. Dostupné z: <https://goo.gl/puC8Zt>
- [2] ATmega328 [online]. [cit. 2016-11-30]. Dostupné z: <https://goo.gl/zhKhTr>
- [3] DS18B20 [online]. Maxim Integrated Products, Inc., 2015 [cit. 2016-12-04]. Dostupné z: <https://goo.gl/FR2Un>
- [4] STM32 Nucleo-64 board. : *User manual Rev11* [online]. 2016 [cit. 2016-12-04]. Dostupné z: <https://goo.gl/8SxnPr>
- [5] MOUSER ELECTRONICS: NUCLEO-F302R8 [online]. 2016 [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <https://goo.gl/Uc227>
- [6] USER GUIDE FOR ITEAD SMART HOME DEVICES. *Itead* [online]. 2015 [cit. 2016-12-04]. Dostupné z: <https://goo.gl/5fsiAp>
- [7] Komunikace po silových vedeních: Signál hromadného dálkového ovládání [online]. 2011 [cit. 2016-12-04]. Dostupné z: <https://goo.gl/U6gcV5>
- [8] Raspberry Pi: Raspberry Pi 3 Model B [online]. 2016 [cit. 2016-12-05]. Dostupné z: <https://goo.gl/lqAwcf>
- [9] RASPBERRY PI 3 - MODEL B - ARMV8 WITH 1G RAM: MODEL B - ARMV8 WITH 1G RAM [online]. 2016 [cit. 2016-12-05]. Dostupné z: <https://goo.gl/uTVbZp>
- [10] Raspberrypi-spy: Raspberry Pi 3 Model B Review & Setup [online]. 2016 [cit. 2016-12-05]. Dostupné z: <https://goo.gl/Z10mKB>
- [11] MAX31820: Maxim Integrated Products, Inc [online]. 2013 [cit. 2016-12-06]. Dostupné z: <https://goo.gl/2FQgqO>
- [12] Banggood.com: ATmega328P Arduino [online]. 2016 [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <https://goo.gl/U6FgFD>
- [13] Spark fun Electronics: One-Wire Ambient Temperature Sensor - MAX31820 [online]. 2016 [cit. 2016-12-06]. Dostupné z: <https://goo.gl/1k3QTu>
- [14] Low Voltage Temperature Sensors: TMP35/TMP36/TMP37 [online]. Analog Devices, 2010 [cit. 2016-12-06]. Dostupné z: <https://goo.gl/Eq3Qwy>
- [15] Temperature Sensor: Waterproof DS18B20 [online]. [cit. 2016-12-06]. Dostupné z: <https://goo.gl/MnJWxJ>
- [16] SÝKORA, TOMÁŠ. *Kvalita elektrické energie - Signál HDO*. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE, FAKULTA ELEKTROTECHNIKY, 2006.
- [17] ČEZ. : *Časy spínání HDO* [online]. 2016 [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <https://goo.gl/RxGsNU>
- [18] CropTek s.r.o.: *ResponzIO* [online]. 2016 [cit. 2016-12-07]. Dostupné z: <http://www.croptech.com/sk/>
- [19] LOXONE: *Extensions* [online]. 2016 [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <https://goo.gl/wCcuwt>
- [20] Loxone: *Extensions* [online]. 2016 [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <https://goo.gl/kHCVSd>
- [21] Loxone: *Miniserver-go* [online]. 2016 [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <https://goo.gl/rSG2Hm>



- [22] *Loxone: Miniserver* [online]. 2016 [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <https://goo.gl/C8qZL6>
- [23] *Loxone: zabezpečení* [online]. 2016 [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <https://goo.gl/wxVoD8>
- [24] *Loxone: Energie* [online]. 2016 [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <https://goo.gl/pM7atq>
- [25] *Temperature Sensor DS18B20: Waterproof* [online]. 2016 [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <https://goo.gl/MnJWxJ>
- [26] *One Wire Digital Temperature Sensor: DS18B20* [online]. 2015 [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <https://goo.gl/XsOrK>
- [27] *Temperature Sensor: TMP36* [online]. 2016 [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <https://goo.gl/AivxNs>
- [28] PONCAROVÁ, Jana. In: *Peníze.cz: Cena kWh elektřiny 2016* [online]. 2016 [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <https://goo.gl/XuDrZ3>
- [29] *Chytrý odběratel: Jak se vyznat v tarifech a sazbách elektřiny?* [online]. 2016 [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <https://goo.gl/FYspDx>
- [30] Akváriumonline: slovenská akvaristika. : *Exo Terra Heat Wave Rock stredný 10 W vykurovací kameň* [online]. 2016 [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <https://goo.gl/00e0J9>
- [31] Akváriumonline: slovenská akvaristika. : *Exo Terra výhrevný kábel 15 W* [online]. 2016 [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <https://goo.gl/jlz33l>
- [32] Akváriumonline: slovenská akvaristika. : *Exo Terra ohrievač 50W* [online]. 2016 [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <https://goo.gl/vWEX8O>
- [33] Akváriumonline: slovenská akvaristika. : *Exo Terra ohrievač do objímky 40W* [online]. 2016 [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <https://goo.gl/X0jYFu>
- [34] *Akváriumonline: Exo Terra Infrared Basking Spot 50 W* [online]. 2016 [cit. 2016-12-14]. Dostupné z: <https://goo.gl/SnfrLr>
- [35] *Akváriumonline: Exo Terra lampa Glow Light* [online]. 2016 [cit. 2016-12-14]. Dostupné z: <https://goo.gl/5xjwHu>
- [36] *Tbz-info* [online]. 2015 [cit. 2016-12-13]. Dostupné z: <https://goo.gl/JvNrDi>
- [37] *Farnell* [online]. 2017 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <https://goo.gl/3IFFtU>
- [38] *Farnell* [online]. 2017 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <https://goo.gl/rjkwWU>
- [39] *Farnell* [online]. 2017 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <https://goo.gl/S4xmhD>
- [40] GME. : *LD1117* [online]. 2017 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <https://goo.gl/sltGWO>
- [41] *GME: Napájací adaptér* [online]. 2017 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <https://goo.gl/WbRRB1>
- [42] *GME: HCPL-3760* [online]. 2017 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <https://goo.gl/aZly3n>
- [43] *Allegro: ACS712* [online]. 2017 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <https://goo.gl/frAFCM>
- [44] *ESPRESSIF* [online]. 2017 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <https://goo.gl/etBqkT>
- [45] *ESP8266-E12: Shenzhen Anxinke Technology CO;LTD* [online]. 2015 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <https://goo.gl/Abfdi5>
- [46] *Wemos: D1 mini* [online]. 2017 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <https://goo.gl/veo2ry>

- [47] *SILICON LABORATORIES: CP2102* [online]. 2017 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <https://goo.gl/gy2ILG>
- [48] *FUJITSU: JS5-K* [online]. 2017 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <https://goo.gl/nLGu91>
- [49] *Worldsemi: WS2812B* [online]. 2017 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <https://goo.gl/OYvkUi>
- [50] *Avago Technologies: HCPL-3760* [online]. 2009 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <https://goo.gl/dTUNr8>
- [51] *Nexperia: 2N7002* [online]. 2011 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <https://goo.gl/9PvjKD>
- [52] *GME: IN4007* [online]. 2017 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <https://goo.gl/vdOsGS>
- [53] *ESP8266: GitHub* [online]. 2016 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <https://goo.gl/f8qDvH>
- [54] *ARDUINO: SOFTWARE IDE* [online]. 2015 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <https://goo.gl/PialqQ>
- [55] *ARDUINO: GitHub. GitHub* [online]. 2017 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <https://goo.gl/O4kYy>
- [56] *PhpMyAdmin* [online]. 2016 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <https://goo.gl/4xThlq>
- [57] *Phpmyadmin: Bringing MySQL to the web* [online]. 2017 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <https://goo.gl/Ab4ZO5>

# PRÍLOHY

Zoznam príloh :

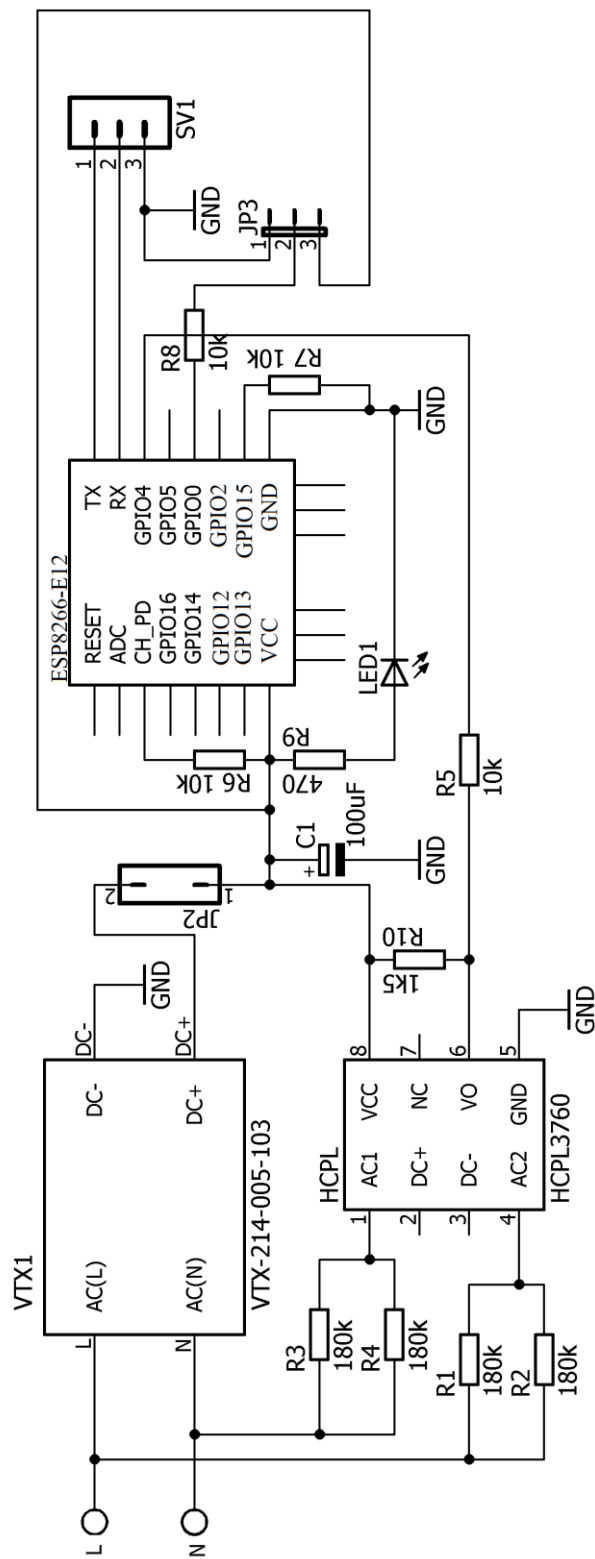
A: Schéma zapojenia obvodov systému

B: Fotodokumentácia dosiek plošných spojov

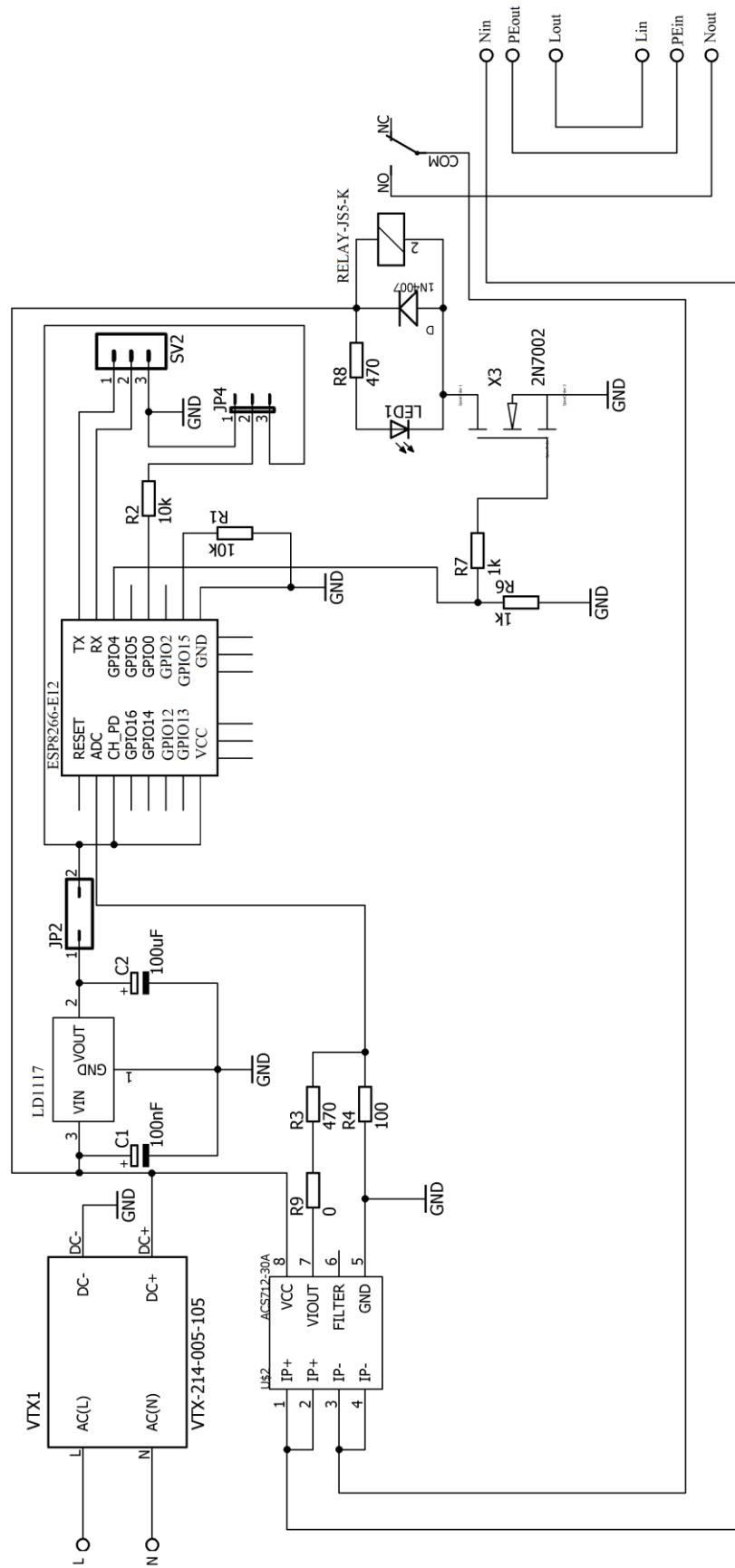
C: Fotodokumentácia databázy v phpMyAdmin

D: Fotodokumentácia praktickej realizácie

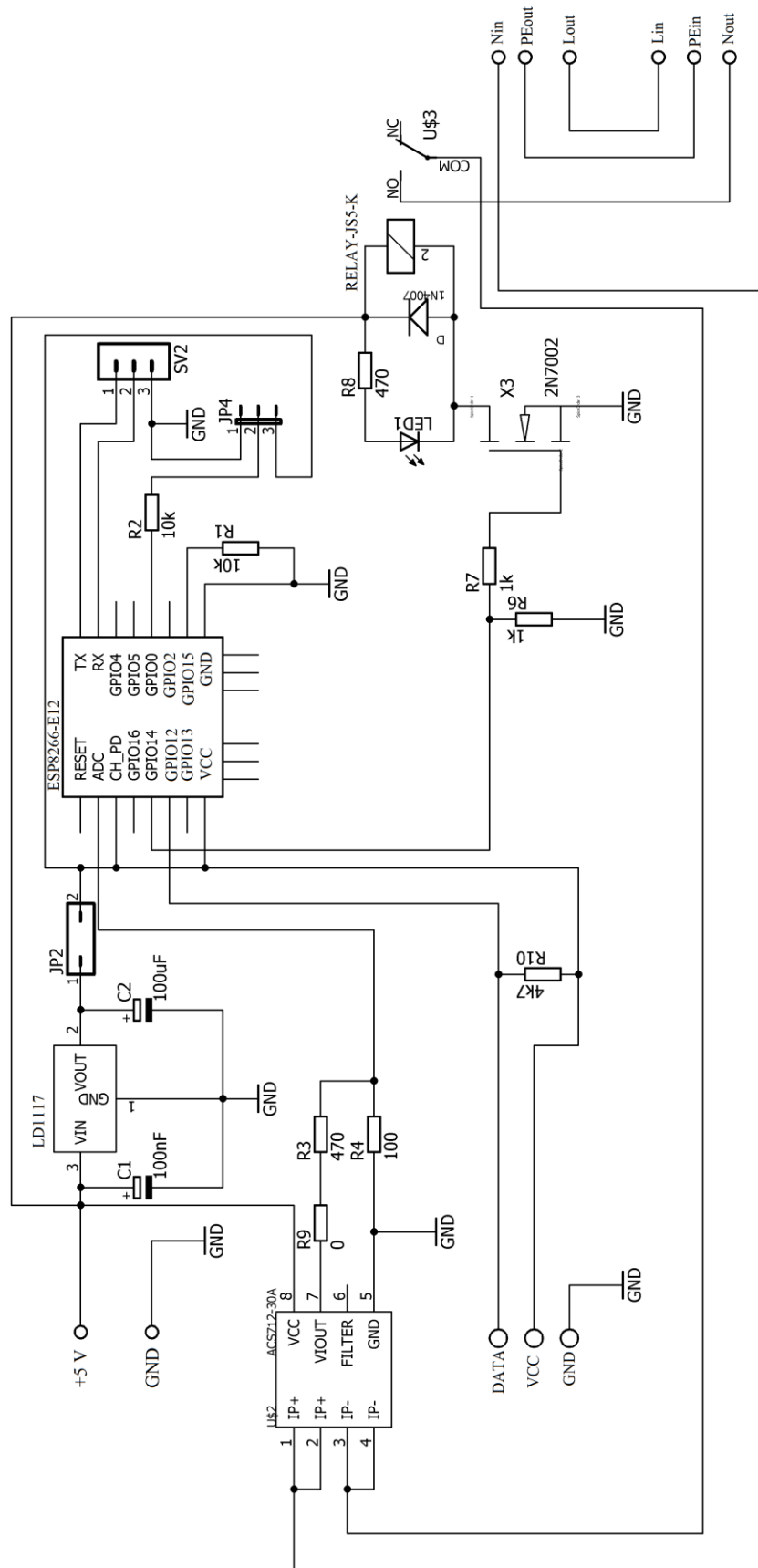
## A: Schéma zapojenia obvodov systému



Obrázok 1: Schéma obvodu detekcie fáze.

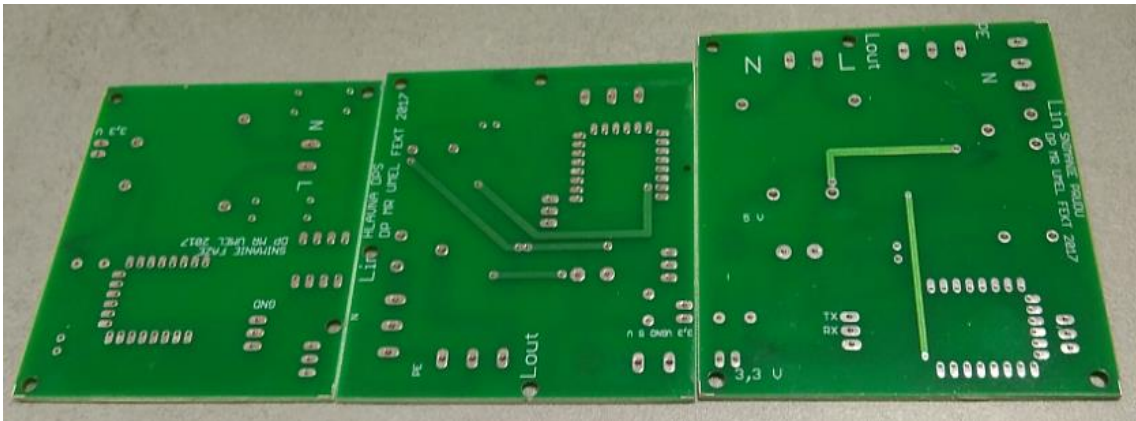


Obrázok 2: Schéma obvodu snímania prúdu.

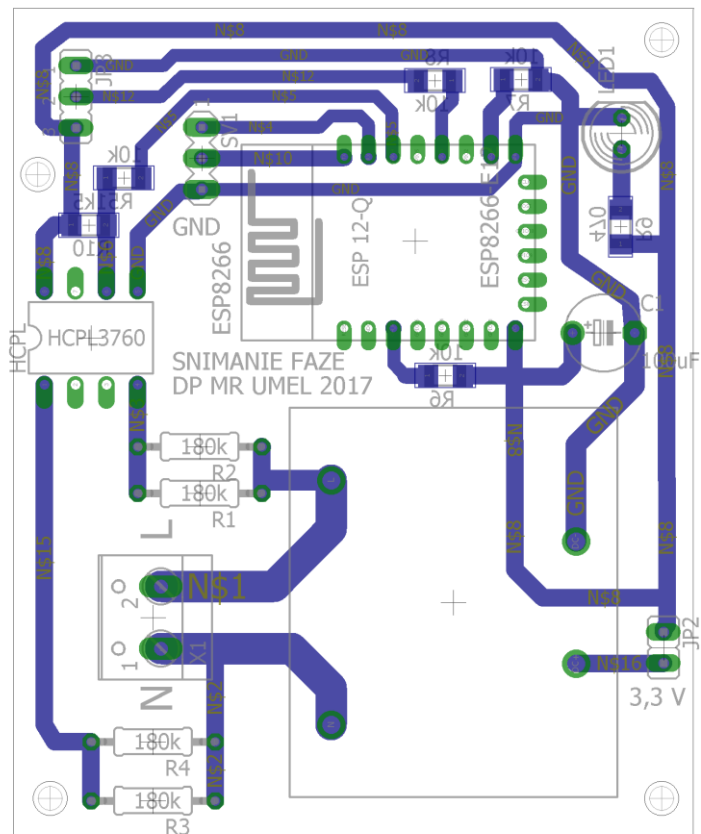


Obrázok 3: Schéma zapojenia hlavnej dosky.

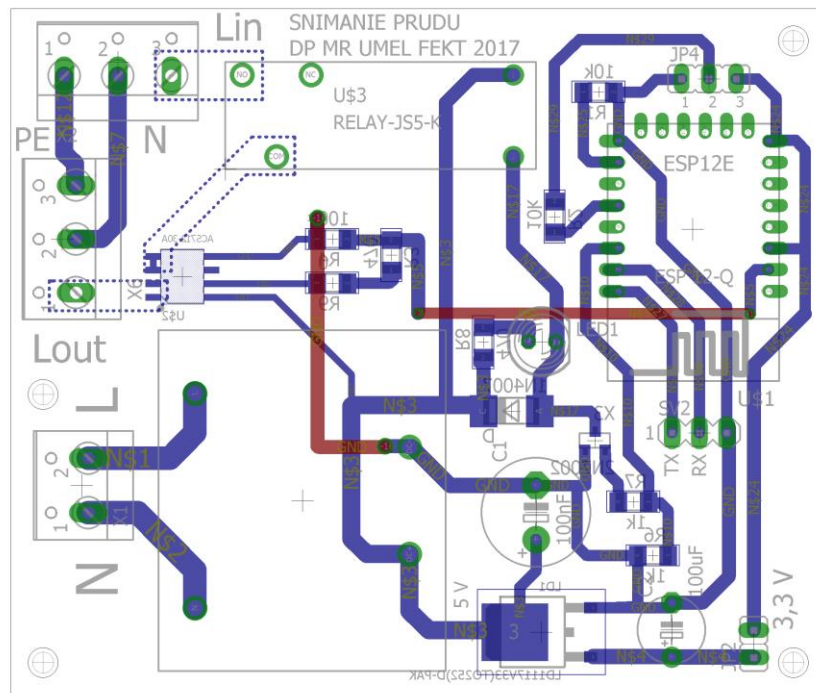
## B: Fotodokumentácia dosiek plošných spojov



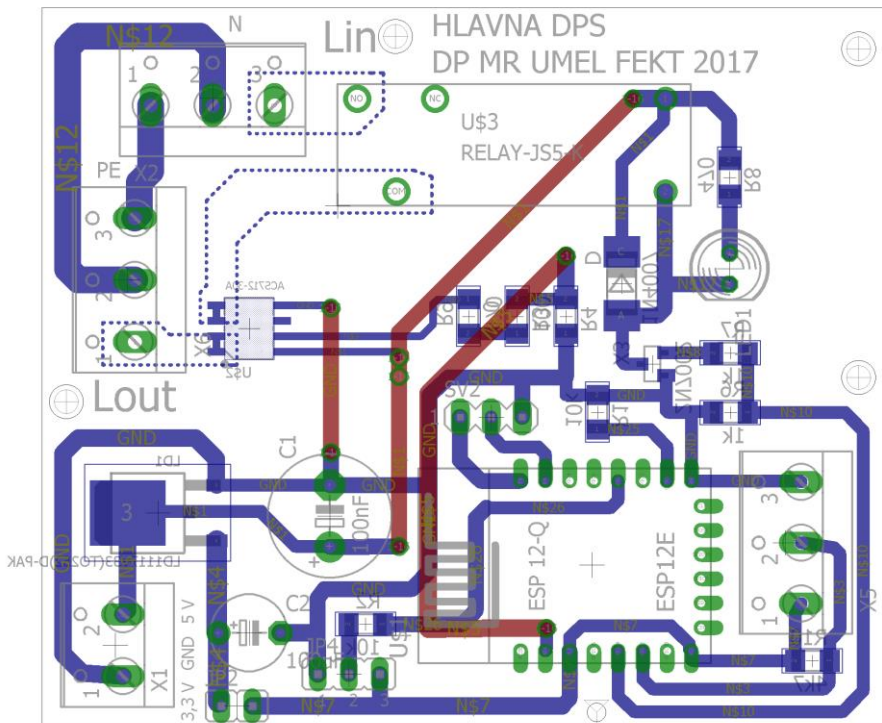
Obrázok 4: Neosadené DPS.



Obrázok 5: DPS snímanie fáze - 55x70 mm.



Obrázok 6: DPS Snímanie prúdu 75x65 mm.



Obrázok 7: DPS hlavná doska 70x60 mm.



## C: Fotodokumentácia databázy v phpMyAdmin

Server: localhost:3311 » Databáza: matowebmates » Tabuľka: phases

	id	phase	created
<input type="checkbox"/> Upraviť Kopírovať Zmazať	1	0	2017-05-15 21:29:46
<input type="checkbox"/> Upraviť Kopírovať Zmazať	2	0	2017-05-15 21:29:51
<input type="checkbox"/> Upraviť Kopírovať Zmazať	3	0	2017-05-15 21:29:56
<input type="checkbox"/> Upraviť Kopírovať Zmazať	4	0	2017-05-15 21:30:01
<input type="checkbox"/> Upraviť Kopírovať Zmazať	5	1	2017-05-15 21:30:24
<input type="checkbox"/> Upraviť Kopírovať Zmazať	6	1	2017-05-15 21:30:29
<input type="checkbox"/> Upraviť Kopírovať Zmazať	7	0	2017-05-15 21:30:34
<input type="checkbox"/> Upraviť Kopírovať Zmazať	8	0	2017-05-15 21:30:39
<input type="checkbox"/> Upraviť Kopírovať Zmazať	9	0	2017-05-15 21:30:44
<input type="checkbox"/> Upraviť Kopírovať Zmazať	10	0	2017-05-15 21:30:49
<input type="checkbox"/> Upraviť Kopírovať Zmazať	11	1	2017-05-15 21:31:37
<input type="checkbox"/> Upraviť Kopírovať Zmazať	12	1	2017-05-15 21:31:42
<input type="checkbox"/> Upraviť Kopírovať Zmazať	13	1	2017-05-15 21:31:47
<input type="checkbox"/> Upraviť Kopírovať Zmazať	14	1	2017-05-15 21:31:52
<input type="checkbox"/> Upraviť Kopírovať Zmazať	15	1	2017-05-15 21:31:57
<input type="checkbox"/> Upraviť Kopírovať Zmazať	16	1	2017-05-15 21:32:02

Obrázok 8: Server - detekcia fáze.

Server: localhost:3311 » Databáza: matowebmates » Tabuľka: temperatures

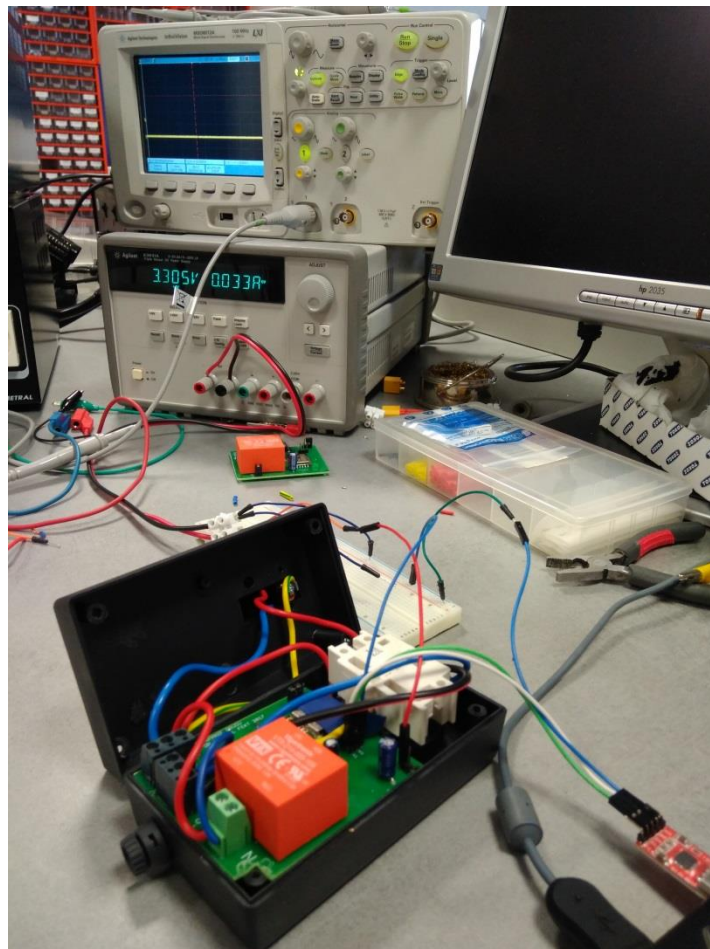
	id	temp_value	created
<input type="checkbox"/> Upraviť Kopírovať Zmazať	24	24.31	2017-05-15 21:58:48
<input type="checkbox"/> Upraviť Kopírovať Zmazať	25	23.19	2017-05-15 21:58:54
<input type="checkbox"/> Upraviť Kopírovať Zmazať	26	27.87	2017-05-15 21:58:54
<input type="checkbox"/> Upraviť Kopírovať Zmazať	27	23.19	2017-05-15 21:59:00
<input type="checkbox"/> Upraviť Kopírovať Zmazať	28	28.87	2017-05-15 21:59:00
<input type="checkbox"/> Upraviť Kopírovať Zmazať	29	23.19	2017-05-15 21:59:06
<input type="checkbox"/> Upraviť Kopírovať Zmazať	30	29.31	2017-05-15 21:59:06
<input type="checkbox"/> Upraviť Kopírovať Zmazať	31	23.25	2017-05-15 21:59:12
<input type="checkbox"/> Upraviť Kopírovať Zmazať	32	28	2017-05-15 21:59:12
<input type="checkbox"/> Upraviť Kopírovať Zmazať	33	23.25	2017-05-15 21:59:18
<input type="checkbox"/> Upraviť Kopírovať Zmazať	34	26.75	2017-05-15 21:59:19
<input type="checkbox"/> Upraviť Kopírovať Zmazať	35	23.25	2017-05-15 21:59:25
<input type="checkbox"/> Upraviť Kopírovať Zmazať	36	25.81	2017-05-15 21:59:25
<input type="checkbox"/> Upraviť Kopírovať Zmazať	37	23.25	2017-05-15 21:59:31
<input type="checkbox"/> Upraviť Kopírovať Zmazať	38	25.31	2017-05-15 21:59:31
<input type="checkbox"/> Upraviť Kopírovať Zmazať	39	23.25	2017-05-15 21:59:37
<input type="checkbox"/> Upraviť Kopírovať Zmazať	40	24.94	2017-05-15 21:59:37

Obrázok 9: Server - meranie teploty pre dva teplotné senzory.

## D: Fotodokumentácia praktickej realizácie



Obrázok 10: krabice s osadenými modulmi.



Obrázok 11: Nahrávanie programu do zariadenia.