

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA APLIKOVANÉ ELEKTRONIKY A TELEKOMUNIKACÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Elektronický řídicí systém pro inteligentní domácnost

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Michal BALÍČEK**
Osobní číslo: **E16N0070P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Dopravní elektroinženýrství a autoelektronika**
Název tématu: **Elektronický řídicí systém pro inteligentní domácnost**
Zadávající katedra: **Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací**

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

1. Definujte koncept elektroinstalace s ohledem na pokročilé funkce inteligentní domácnosti a možnosti jejich automatizace.
2. Navrhněte a realizujte funkční vzorky jednotlivých modulů elektronického řídicího systému pro demonstraci vybraných funkcí podle konceptu.
3. Zhodnoťte a dokumentujte dosažitelné možnosti a omezení navrženého řídicího systému.



Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah kvalifikační práce: 40 - 60 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

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

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Michal Kubík, Ph.D.

Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací

Datum zadání diplomové práce:


5. října 2018

Termín odevzdání diplomové práce:

30. května 2019


Prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.
děkan




Doc. Dr. Ing. Vjačeslav Georgiev
vedoucí katedry

V Plzni dne 5. října 2018

Abstrakt

Předkládaná diplomová práce se zaměřuje na definici inteligentní domácnosti, její funkce a následným návrhem a realizací funkčního konceptu. Koncept představuje řídicí systém k ovládání světel a měření veličin s možností vzdáleného přístupu.

Klíčová slova

Inteligentní domácnost, automatizace, inteligentní systémy, komunikace, řídicí systém, aplikace, vzdálený přístup, senzor, Raspberry Pi, struktura inteligentního domu.

Abstract

The master thesis focuses on the definition of a smart home and its function. This is followed by a design of a functional concept and implementation of a home automation control system. The control system includes lights control and environment values measurement as well as an option for remote access.

Key words

Smart home, automatization, intelligent systems, communication, control system, application, remote access, sensor, Raspberry Pi, structure of smart home.

Prohlášení

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

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

.....

Podpis

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Michalu Kubíkovi, Ph.D. za cenné rady, které byly potřeba ke splnění všech bodů zadání.

Obsah

OBSAH	1
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	2
ÚVOD	3
1 INTELIGENTNÍ DOMÁCNOST	5
1.1 INTELIGENTNÍ ELEKTROINSTALACE V POROVNÁNÍ S KLASICKOU	7
1.2 MOŽNOSTI STRUKTURY ROZVODŮ.....	7
1.2.1 Používané kabely	9
1.2.2 Bezdrátové sítě.....	10
1.3 MOŽNOSTI AUTOMATIZACE	10
1.3.1 Vytápění a ventilace.....	11
1.3.2 Osvětlení	11
1.3.3 Zabezpečení	12
1.4 MOŽNOSTI OVLÁDÁNÍ	13
1.4.1 Režimy domů.....	13
1.4.2 Dotykové a tlačítkové panely.....	13
1.4.3 Dálkové a hlasové ovládaní.....	14
1.4.4 Vzdálený přístup	15
1.5 INTERNET OF THINGS	16
2 POPIS VLASTNÍHO NÁVRHU	18
2.1 KONCEPT ELEKTRONICKÉHO ŘÍDICÍHO SYSTÉMU	18
2.2 OVLÁDACÍ MODUL	19
2.2.1 Spínání.....	20
2.2.2 Snímání tlačítka	24
2.2.3 Měření proudu	25
2.2.4 Napájení	26
2.2.5 Princip softwaru ovládacího modulu.....	28
2.2.6 Komunikace ovládacího modulu a centrální jednotky.....	29
2.2.7 Elektronické ochrany.....	30
2.3 SENZOROVÝ MODUL.....	31
2.3.1 Digitální senzor intenzity světla BH1750	32
2.3.2 Digitální senzory teploty a vlhkosti SHT30	33
3 CENTRÁLNÍ JEDNOTKA	33
3.1 PRVNÍ SPUŠTENÍ RASPBERRY PI 2	35
3.1.1 Instalace Node-RED a jeho balíčků.....	35
3.2 UŽIVATELSKÉ ROZHRAŇÍ	36
3.3 ZPRACOVÁNÍ KOMUNIKACE	37
3.3.1 JSON.....	38
3.3.2 Vytvoření dat formátu JSON.....	39
3.3.3 Zpracování dat.....	40
3.3.4 Odesílání dat	41
ZHODNOCENÍ	42
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	43
PŘÍLOHY	1

Seznam symbolů a zkratk

CYKY	- typ kabelu pro pevné uložení do omítky
UTP	- typ datového kabelu (Unshielded Twisted Pair)
PIR	- pasivní infračervený senzor (Passive Infrared Sensor)
GSM	- globální systém pro mobilní komunikaci (Global System for Mobile)
IoT	- internet věcí (Internet of Things)
RPi	- Raspberry Pi
ZCC	- obvod s nulovou detekcí (Zero Crossing Circuit)
DPS	- deska plošných spojů
I2C	- typ sběrnice (Inter-Integrated Circuit)
ADC	- analogově-digitální převodník (Analog-Digital Converter)
OS	- operační systém

Úvod

V dnešní době se elektronika stává stále častěji součástí každodenního života. Jde zejména o nové technologie přinášející další možnosti. Proto není divu, že se moderní technologie postupně rozšířily i do prostředí lidských obydlí. Na trhu můžeme najít řadu produktů určených pro chytrou domácnost, stejně jako firem nabízejících své elektronické systémy pro řízení objektů. Dnešní domácnosti mohou být tedy vybaveny množstvím elektroniky, která uživatelům přináší mnoho výhod, které závisí především na stupni inteligentnosti domu. Pod pojmem inteligentní domácnost si tak lze představit například dům vybavený automatickým svícením, stejně jako dům, který je plně automatizován na základě přednastavených parametrů bez nutnosti příkazů uživatele. V inteligentním domě je možné řídit vše, co je elektricky ovládáno. Proto jsou funkce a možnosti řízení téměř neomezené a záleží jen na použité struktuře řídicího systému. Ta může být omezující například při dodatečné modernizaci domu. Naopak při stavbě novostavby je omezující jen finanční hledisko, kde cena řídicího systému a dodatečných rozvodů několikanásobně převyšuje cenu klasické elektroinstalace.

Úvodem se práce zabývá přehledem funkcí, které dnešní moderní domy mohou nabízet. Na trhu se můžeme setkat s řadou produktů, které poskytují možnosti k realizaci chytrého domu. Cílem je však vytvoření vlastního konceptu vycházejícího z předem dané struktury elektrických rozvodů, který by bylo možné použít v reálném objektu. Výhodou tohoto konceptu je stejná struktura silových elektrických rozvodů jako u klasické elektroinstalace, s výjimkou dodatečných datových kabelů, aby bylo možné elektroinstalaci zapojit klasicky nebo ji modifikovat o chytré řídicí systémy. Centrem řídicího systému je mini počítač Raspberry Pi 2. Samotné ovládání a měření dat obstarávají navržené moduly k dosažení potřebné funkcionality celého systému. Ovládací moduly se starají o ovládání osvětlení, navíc jsou popsány možnosti zapojení výkonové části, které ovlivňují funkce ovládacího modulu. S ohledem na strukturu řídicího systému je navrhnut zvlášť modul se senzory, který bude měřit teplotu, vlhkost a osvětlení. Ten je propojen s ovládacím modulem. Všechny ovládací moduly komunikují přes sériovou linku RS485 s centrální jednotkou, která řídí a monitoruje celý řídicí systém. Zároveň vytváří uživatelské prostředí dostupné přes webové rozhraní, aby celý koncept ovládání mohl být řízen dálkově. Práce se také zabývá softwarovým řešením obstarávajícím správnou funkcionality a komunikaci.

Závěrem je navržený koncept zhodnocen a jsou popsány dosažené funkce a omezení řídicího systému. Reflektovány jsou také nutné modifikace, aby byl řídicí systém použitelný v reálném objektu s potřebnou infrastrukturou.

1 Inteligentní domácnost

Pojem inteligentní domácnost je rozsáhlý pojem, který lze chápat jako objekt vybavený počítačovou a komunikační technikou, která dokáže řídit a regulovat domácnost podle aktuálních potřeb za účelem zvýšení míry komfortu, pohodlí, bezpečnosti a zábavy. Současně může snížit ekonomické náklady na provoz celého objektu. Pojem „inteligentní domácnost“ se v současné době využívá velmi volně. Může se jednat o domácnost, která používá bezpečnostní kamerový systém a strukturované kabelové rozvody pro počítačovou síť, až po ukázkové domy budoucnosti, využívající výhod nejnovější techniky spolu s výkonnými výpočetními systémy. [1]

Myšlenky inteligentní domácnosti, která si sama řídí vnitřní teplotu, má audio a video systémy, má zabezpečovací systém, který v případě nouze zavolá pomoc, nejsou žádnou novinkou. První myšlenky této koncepce bydlení se objevily již v padesátých letech minulého století. Ale díky rozvoji a dostupnosti elektroniky se tyto systémy dočkaly rozmachu až v posledních 15 letech. Abychom mohli jednotlivé inteligentní domácnosti rozlišovat podle stupně inteligence, vzniklo 5 stupňů inteligentních domů. [1, 6]

1)Dům obsahující inteligentní zařízení a systémy – Mezi tento stupeň inteligence můžeme zařadit jakýkoli dům, který obsahuje nezávisle inteligentně fungující systémy. Příkladem může být osvětlení reagující svojí intenzitou na okolní světelné podmínky a na pohyb osob po objektu.

2)Dům obsahující inteligentní komunikační zařízení a systémy – Na rozdíl od první stupně obsahuje tento systém více systémů, které pro zdokonalení celkové funkce komunikují. Díky výměně informací mohou jednotlivé dílčí systémy spolupracovat a poskytnout tak uživateli více funkcí a větší variabilitu. Příkladem může být zamknutí hlavních dveří, čímž dojde k zapnutí bezpečnostního systému a vypnutí všech světel v objektu.

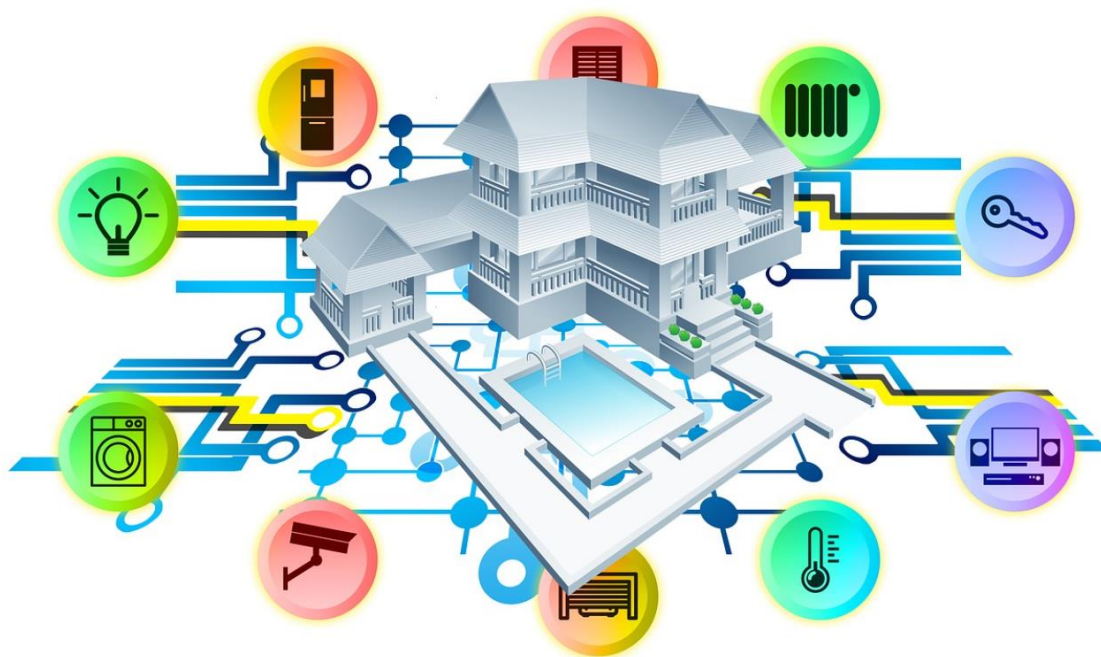
3)Propojený dům – Pomocí vnější a vnitřní komunikační sítě v objektu je možné domácnost řídit zvenčí k dosažení většího komfortu, bezpečí a vědomí o stavu domácnosti. Je možné například na dálku objekt informovat o plánovaném příjezdu a na základě této informace se objekt předem vytopí na předepsanou teplotu apod. Důležité je také zvýšení celkové bezpečnosti. Systém je schopný v případě vloupání rozsvítit všechna světla,

zapnout alarm a přivolat bezpečnostní složky. Možných funkcí, které je na dálku možné monitorovat, je nespočet.

4)Učící se dům – Tento typ domu shromažďuje informace z řídicích procesů, které zpětně používá pro zvýšení komfortu obyvatel. Příkladem může být přizpůsobení osvětlení a teploty v objektu podle zvyklostí uživatelů. Není nutné tak systém stále přeprogramovávat a nastavovat.

5)Pozorný dům – Na rozdíl od stupně čtyři se pozorný dům neřídí údaji nasbíranými v minulosti, ale řídí se vyhodnocováním aktuálních dat. Aktivita a okamžitá poloha osob v objektu je stále sledována a vyhodnocována a objekt reaguje na potřeby obyvatel, které se snaží předpovídat. Zajímavostí u těchto objektů je použití chytré podlahy rozeznávající osoby a jejich polohu. [1]

V dnešní době se můžeme nejčastěji setkat s 2. a 3. stupněm, 4. a 5. můžeme považovat za výzkumné projekty, které se však díky dostupné výkonnější výpočetní technice častěji uplatňují i v reálné praxi. [1]



Obr. 1.1: Systémy inteligentní domácnosti [Převzato z [3]]

Přínos pro obyvatele inteligentních domů se odvíjí zejména od stupně inteligentního domu. Řídicí systém objektu lze propojit s osvětlením, zabezpečovacím systémem,

vytápěním, klimatizací, vzduchotechnikou, žaluziemi, měřením spotřeby atd. To znamená přínos pro majitele objektu především zvýšením míry komfortu, pohodlí, bezpečnosti a ušetřením energií.

1.1 Inteligentní elektroinstalace v porovnání s klasickou

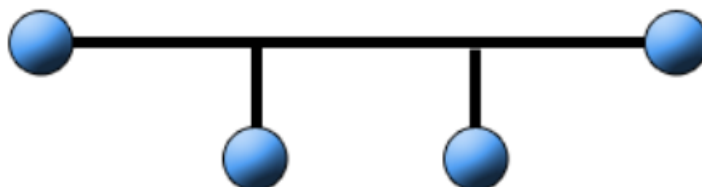
Mezi hlavní výhody inteligentní elektroinstalace v porovnání s klasickou patří zejména flexibilita. U klasické kabeláže se funkce vypínačů striktně odvíjí od struktury kabeláže. To může být nepraktické, jelikož při jakékoli změně funkce vypínače (například ovládání jiného světla), je nutný zásah do struktury elektroinstalace. To ve většině případů znamená sekání omítky a nemalé náklady na přestavbu. U chytré elektroinstalace je navíc možnost použití spínačů k ovládání, oproti klasickým kolíbkovým přepínačům. Použití spínačů k ovládání, s sebou nese multifunkčnost, kdy různou délkou stisku jsme schopni zajistit jiné funkce. Při krátkém stisku jsme tedy schopni světla zapnout nebo vypnout podle předchozího stavu světel. Delší stisknutí tlačítka může plynule měnit intenzitu osvětlení podle délky stisku. Variant a možností ovládání je spousta a zaleží jen na majiteli, co mu vyhovuje. Na rozdíl od klasické elektroinstalace je při nevyhovující funkci možná softwarová úprava systému bez nutnosti zásahu do samotné elektroinstalace. Inteligentní elektroinstalace s sebou samozřejmě přináší mnoho dalších výhod jako: dálkové ovládání, časové funkce, přednastavené režimy apod. Nevýhodou inteligentní elektroinstalace může být větší složitost elektrických rozvodů a pořizovací náklady, které ale mohou být minimální v porovnání s dodatečnými úpravami nevyhovující klasické elektroinstalace. [1, 10]

1.2 Možnosti struktury rozvodů

U inteligentní elektroinstalace je nutné kromě silových kabelů také po objektu rozvést datové kabely starající se o komunikaci mezi systémy. Jednotlivé prvky systému se pak u inteligentních domů propojují do dvou základních typů topologie. Sběrníkové topologie nebo propojení do hvězdy. V případě potřeby se používají ještě kombinace těchto topologií. [1]

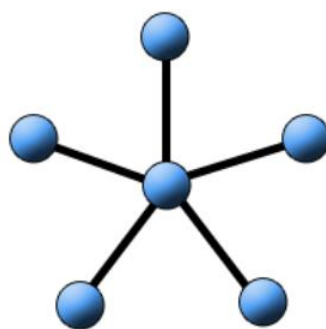
Sběrníková topologie má hlavní výhodu v ušetření kabelů, a tak i k menší finanční náročnosti na instalaci. Nevýhodou však je sdílení komunikační cesty všemi připojenými zařízeními. Z toho vyplývá, že v jeden okamžik mohou komunikovat vždy jen dvě zařízení

na sběrnici. Proto je vhodné tento typ topologie použít jen pro omezený počet zařízení, aby nedocházelo k velkým časovým zpožděním vlivem čekání na uvolnění linky. Při špatně dimenzované sběrnici lze například čekat po stisknutí tlačítka na rozsvícení světel, jelikož by zpráva nemohla být kvůli obsazené sběrnici odeslána. Další nevýhodou může být poškození kabeláže, kdy může přestat komunikovat jeden prvek, ale také všechny. [1]



Obr. 1.2: Sběrníková topologie

Vlastnosti hvězdicové topologie vycházejí zejména z centrální jednotky, která spojuje všechny prvky ve hvězdě. Z toho také plyne určité riziko. Při selhání centrálního prvku může přestat fungovat celý systém. Naopak jedna chyba kabeláže může vyřadit maximálně jedno zařízení a závada se dá většinou dobře identifikovat. Při projektování je nutné dbát limitů na maximální délku kabelu. Limity lze ale ovlivňovat typem použitého kabelu, standardu nebo připojeného zařízení. [1]



Obr. 1.3: Hvězdicová topologie

Při stavbě novostavby s plánovanou inteligentní elektroinstalací jsou obvykle všechny spínací prvky silových obvodů umístěny do rozvaděčů. Vypínače tak mohou být nízkonapěťové a na základě jejich signálů je spínán silový obvod v rozvaděči. V tomto

případě musí být také zajištěno propojení jednotlivých elektrorozvaděčů datovými kabely k centrální jednotce. Elektrorozvaděče je vhodné zvolit větší, aby byly dostatečně dimenzovány pro dodatečnou montáž ovládacích prvků. Navíc je vhodné promyslet polohu senzorů pro budoucí snímání fyzikálních veličin, které budou zapotřebí k inteligentnímu řízení a připravit kabeláž i na tato místa. Celkově platí, že je vhodné rozvod datových kabelů předdimenzovat než naopak, z důvodu finanční náročnosti dodatečné instalace v hotovém objektu. Výhodou této možnosti rozvodů je zejména flexibilita řídicího systému, kdy je možné editovat funkcionalitu systému pouze softwarovou úpravou. Přestane-li však fungovat jeden z ovládacích prvků v rozvaděči, nelze funkcionalitu tohoto prvku bez jeho výměny obnovit. [3, 4]

U starších objektů s klasickou elektroinstalací je situace horší. Dodatečná montáž datových kabelů, či modifikace struktury silových kabelů vyžaduje velké finanční náklady. Pokud se tak majitel staršího domu rozhodne pro inteligentní domácnost, nezbývá jiná varianta než použití bezdrátových zařízení. Pokud bychom ale chtěli docílit širší funkcionality řídicího systému, nelze se vyhnout rekonstrukci.

Návrh elektronického řídicího systému této diplomové práce se věnuje konceptu, kdy je silová část elektroinstalace rozvedena jako u běžného domu s rozdílem dodatečných datových kabelů. Datové kabely musí být rozvedeny všude, kde bude potřeba ovládat silovou část elektroinstalace. Toto řešení má výhodu v tom, že dům může být používán jak s klasickou elektroinstalací, tak i s inteligentní elektroinstalací při instalaci ovládacích modulů a senzorů. Dále se tomuto konceptu bude diplomová práce věnovat v následujících kapitolách.

1.2.1 Používané kabely

Silové kabely použité pro inteligentní elektroinstalaci se používají totožné jako u klasické elektroinstalace. Nejběžněji se jedná o měděné kabely CYKY, pro pevné uložení do omítky, instalačních žlabů a lišt. Jejich průměr je závislý na zatížení. Nejčastěji se v praxi používá průřez $2,5\text{mm}^2$ nebo $1,5\text{mm}^2$ s ohledem na jištění okruhu, aby nedocházelo k tepelnému namáhání kabelů. [1]

U kabelových rozvodů pro data, audio, video nebo ovládání se situace komplikuje. Pro bezpečné přenesení všech medií a tím i zajištění všech požadavků na inteligentní domácnost se používají 3 druhy kabelů – koaxiální, UTP kabel a dvoulinka. Pro připojení televizní nebo rádiové antény, satelitu, bezpečnostních kamer, televize, projektoru apod. použijeme koaxiální kabel. UTP kabeláž pak využijeme na počítačovou síť, připojení dotykových nebo informačních panelů, zabezpečovacího systému apod. Kategorie UTP kabeláže záleží na požadované maximální frekvenci. Lze říci, že ve standardním obytném domě si vystačíme s kategorií cat5e, kde lze dosáhnout rychlosti až 1 Gb/s při použití všech čtyř párů. Klasickou dvoulinkou lze pak připojit např. reproduktory. Při použití kvalitnějších reprosoustav se subwooferem je pak doporučováno použít alespoň dvojitou dvoulinku. Aby bylo možno UTP kabeláž používat také pro počítačovou síť, video ale také třeba audio, budou zapotřebí převodníky. [1, 4]

1.2.2 Bezdrátové sítě

Použití bezdrátových sítí může být lákavé v případě, kdy přemýšlíme o inteligentním řízení domácnosti a nechceme se pouštět do rozsáhlých a finančně náročných elektrických rozvodů v domě. Pro použití bezdrátových systémů navíc přispívá stále klesající cena. Musíme si však uvědomit i nevýhody v podobě nižší spolehlivosti a rychlosti. Bezdrátový signál nemusí mít vždy dobrý dosah, to se projeví na kolísající rychlosti nebo dokonce na vypadávajícím připojení. Nižší rychlost bezdrátových sítí nemusí být vždy na škodu, záleží jaké množství dat je nutné přenášet. Rozhodně se nehodí například na přenášení videa ve vysokém rozlišení. Další nevýhodou je napájení, které je většinou řešeno bateriově. Tím uživateli přibývá starost s kontrolou a výměnou baterií. Samozřejmě jsou situace, kdy je použití bezdrátových zařízení opodstatněné. Jako umístění tlačítek, senzorů a akčních členů na místa, kam není možno vést kabely, například skleněné dveře, elektromotorické hlavice topení apod. [1]

1.3 Možnosti automatizace

Možností, jak automatizovat dům, je velké množství, záleží jen na finančních prostředcích a přání majitele. Automatizace nepřinese jen vyšší komfort pro obyvatele, ale může snížit i energetickou náročnost objektu a zvýšit zabezpečení.

1.3.1 Vytápění a ventilace

HLavic radiátorů, kterými můžeme automaticky regulovat teplotu, je na trhu velký výběr. Výhoda inteligentní domácnosti je však ta, že jsou všechny systémy propojeny a celý systém vytápění je možné ovládat nezávisle. Proto vytápění může běžet v určitých režimech jako den, noc, dovolená, protimrazová ochrana apod. Tím je možné ušetřit na energiích. Je-li uživatel pryč, může se topení zapnout až těsně před příjezdem, aby dům zbytečně netopil. Další úspory můžeme dosáhnout vypínáním topení například při detekci otevření okna. Inteligentní systémy mohou znát předpovědi počasí nebo jen detekovat sluneční záření a roztáhnout žaluzie, aby k vytápění objektu bylo použito i slunečního svitu, a tím bylo přispěno k úspoře energie. Dalším způsobem regulace množství přiváděného slunečního svitu může být i chytré sklo. Jedná se o moderní skla, která jsou schopna podle přiváděného elektrického proudu plynule měnit propustnost bez narušení výhledu z okna oproti žaluziím. Toho je možno využít nejen v zimě, kdy nám sluneční svit pomůže vytopit objekt, ale i v létě, kdy je naopak zapotřebí objekt klimatizovat, a tak je zapotřebí sluneční svit minimalizovat. Mimo teploty vzduchu je zapotřebí hlídat i jeho kvalitu a vlhkost. Ventilace je pak řízena zcela automaticky, aby byla vlhkost udržována v požadovaných mezích a nedocházelo ke vzniku plísní. Doporučováno je z hlediska zdraví i sledování hladiny CO₂. V případě překročení doporučených limitů by měl systém automaticky zareagovat a přivést do objektu čerstvý vzduch. S tím je spojena i rekuperace vzduchu, kdy je nový vzduch vstupující do objektu ohříván starým vzduchem opouštějícím objekt. [1, 4, 6]

1.3.2 Osvětlení

Řízení osvětlení v inteligentní domácnosti je zejména pro zvýšení komfortu obyvatel. Dům ví, kolik světla je v místnosti a kolik světla je zapotřebí podle nastavení uživatele a rozsvítí pouze tehdy, je-li potřeba. Je možné nastavovat různé scény osvětlení, například pro svícení při sledování televize, při práci či relaxu. Při spánku může být světlo vypnuté, ale při detekci pohybu se světlo lehce rozsvítí, aby uživatel viděl při pohybu po objektu v nočních hodinách. Lze nastavovat i různé časové režimy. Světlo se může ráno postupně zintenzivňovat, aby uživatele pomalu probudilo a aby ho nebolely oči. Dále je možné při odchodu z objektu jedním tlačítkem vypnout všechna světla a neobávat se zapomenutých rozsvícených světel. Automatické ovládání světel může také přispět k zabezpečení objektu. Při odjezdu pryč na delší dobu může dojít k náhodnému rozsvícení světel, z důvodu simulace osob v objektu. [5]

1.3.3 Zabezpečení

Komunikační technologie uvnitř inteligentního domu s sebou přinášejí mnoho možností a funkcí, které lze v objektu implementovat. Jako zabezpečení objektu nelze brát jen zabezpečení proti vniknutí cizích osob, ale také rozpoznání různých poruch a tím minimalizovat i jejich dopad.

Použití kombinace různých snímačů, kontaktů a detektorů jsme schopni objekt výborně zabezpečit proti vniknutí cizích osob. Navíc jsme schopni celý zabezpečovací systém automatizovat, aby při opuštění osob z objektu došlo k automatické aktivaci bezpečnostního systému bez nutnosti zásahu uživatele. Navíc může být zabezpečovací systém provázán s ostatními systémy, jako je osvětlení nebo vytápění. Při detekci odchodu osob z objektu systém zapne zabezpečení, vypne automaticky všechna světla v objektu a přepne topení do jiného režimu. Dveřní nebo okenní kontakty zabezpečovacího systému mohou být použity i pro systém vytápění, kdy při detekci otevření okna dojde ke ztlumení topení a tím i k úspoře energií. Použití pohybových snímačů a PIR detektorů nám umožní samočinně rozsvítit a zhasnout světla na málo frekventovaných místech v objektu. Díky propojenosti systému je možno při narušení objektu cizí osobou rozsvítit celý dům, vytáhnout rolety a zapnout výstražné sirény, aby byl objekt pro přijíždějící pomoc co nejvíce viditelný. [1, 2, 4]

Jak bylo zmíněno, důležitou součástí zabezpečení je také varování osob v objektu proti různým poruchám, kterými může být únik nebezpečných plynů nebo požár. K tomu slouží řada detektorů na detekci oxidu uhelnatého a jiných plynů nebo zplodin uvolňujících se při požáru. Mohou být použity i detektory na únik vody, které dokážou uživatele včas upozornit na únik vody, ke kterému může dojít při poruše potrubí, a tím minimalizovat dopad poruchy. V posledních letech se velmi rozšířil s vývojem elektroniky i elektronický přístupový systém, který nahradil klasické mechanické zámky na klíč. Elektronický přístupový systém může být řešen několika způsoby. Nejjednodušší variantou je zadávání kódu nebo hesla na klávesnici. To je pro uživatele velmi komfortní, protože nemusí nosit nic u sebe. Druhou možností je použití přístupových karet nebo čipů. Toto řešení není příliš bezpečné, jelikož při ztrátě karty či čipu může být přístup zneužit cizí osobou. Dokonalejší, ale také dražší možností, je využití biometrie. Tyto systémy využívají k přístupu oprávněných osob jedinečných rysů. Systém tedy snímá duhovku, otisk prstu nebo obličej. Tato možnost stejně jako zadávání kódu opět zvyšuje pohodlí uživatele. Existují i kombinace mechanického a

elektronického přístupu, jako je klasický klíč se snímačem otisku prstu, který v zámku nelze otočit bez správného otisku prstu. Propojení elektronického přístupu s ostatními systémy objektu přináší opět další možnosti automatizace objektu. [1, 2, 4]

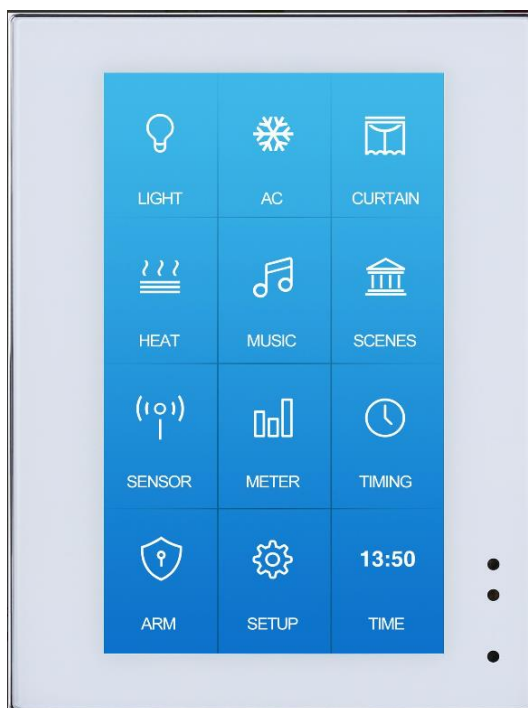
1.4 Možnosti ovládaní

1.4.1 Režimy domů

Přednastavené režimy uživatelem představují pohodlné ovládaní objektu, které se mohou přepínat manuálně nebo automaticky. Objekt se tedy může řídit sám podle přednastaveného časového harmonogramu bez zásahu uživatele. To znamená, že na základě času se objekt přepne například do nočního režimu, kdy ztlumí vytápění, intenzitu osvětlení, zapne zabezpečení atd. Ráno se objekt opět automaticky uvede do standardního režimu v nastavený čas. Tím uživatelům může ušetřit denně spoustu úkonů. Samozřejmě z toho plynou i jisté výhody v podobě zvýšení bezpečnosti nebo snížení energií. Při manuálním ovládaní se může stát, že uživatel zapomene zapnout bezpečnostní systém nebo zapomene ztlumit topení v místnosti, kde se celou noc nikdo nepohybuje. Při odjezdu na dovolenou stačí, když uživatel manuálně zvolí režim „Dovolená“. Všechny systémy v domě se přepnou do tohoto režimu a uživatel má jistotu, že na nic nezapomněl. [1]

1.4.2 Dotykové a tlačítkové panely

Ovládací nebo informační panely bývají umístěny na zdech a jsou součástí většiny chytrých domácností. Slouží ke komunikaci mezi uživatelem a inteligentním systémem objektu. Mohou uživatele nejen informovat o aktuálním režimu systému a jeho parametrech, ale také o celkovém stavu systému, jeho údržbě apod. Dále je uživatel schopen přes ovládací panel nastavovat parametry celého systému. S rozvojem elektroniky bývají tlačítkové panely pomalu vytlačovány moderními panely s dotykovými displeji, které poskytují uživateli větší komfort ovládaní a širší možnosti použití. Do panelu je možné nahrát půdorys objektu. Kliknutím přímo na určitou místnost lze rovnou vidět například teplotu v místnosti a eventuálně ji upravit. Panely mohou být propojeny s centrální řídicí jednotkou objektu přímo přes datový kabel nebo bezdrátově. Bezdrátové propojení má tu nevýhodu, že je zařízení napájeno z baterie. S ohledem na výdrž baterie, ale převažuje spíše výhoda umístění panelu, které není limitováno kabelem. Panel je tedy možné podle potřeb uživatele přemístit bez ohledu na vedení kabelů. Panel v sobě může navíc mít integrován mikrofon s reproduktorem a je možno ho použít jako interkom ke zvonku. [1, 19]



Obr. 1.4: Ovládací panel firmy Enviro [Převzato z [19]]

1.4.3 Dálkové a hlasové ovládaní

Dálkové ovládaní přináší uživateli spíše výhody po komfortní stránce. Jednoduchým zmačknutím na dálkovém ovládaní jsme schopni ovládat takřka vše, co máme v systému nastaveno. Mezi dálkové ovládaní můžeme však také zahrnout hlasové ovládaní, které bývá stále rozšířenější. Hlasové ovládaní zažilo v posledních letech opravdu velký posun. Nejznámější možností je určitě hlasové ovládaní Google, které známe nejvíce z chytrých telefonů a tabletů, ale můžeme se s ním setkat i v produktech pro chytrou domácnost a jiných. Zatímco v anglicky mluvících zemích je možnost hlasového ovládaní standardně využívána, v České republice je využívání hlasového ovládaní spíše výjimkou. Jde především o jazykovou bariéru. Přestože se hlasoví asistenti stále zdokonalují a učí, má česky mluvící uživatel k dispozici jenom zlomek funkcí oproti anglicky mluvícímu uživateli. Přesto lze v domácnosti hlasovými příkazy ovládat spoustu věcí, jak demonstruje například hlasový asistent Google Home. [10]



Obr. 1.5: Hlasový asistent Google Home [Převzato z [20]]

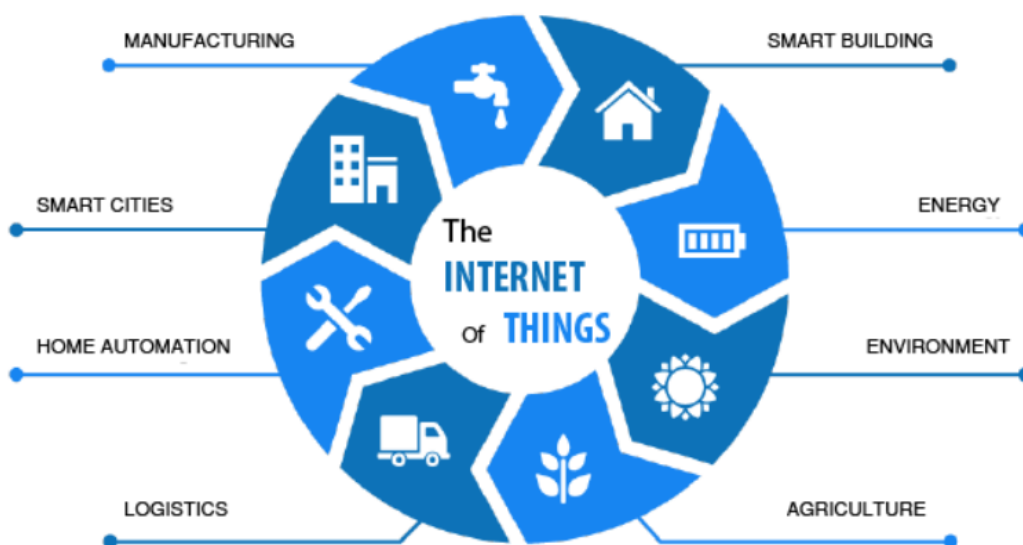
1.4.4 Vzdálený přístup

Chytrá domácnost by ztrácela část svých výhod, kdyby nedisponovala možností vzdáleného přístupu. Nejde jen o komfort uživatele, ale spíše o rozšíření funkcionality. Pokud uživatel opustí objekt, nemá žádnou zpětnou vazbu o objektu. Není schopen sledovat stav zabezpečení domu proti vniknutí cizích osob nebo eliminovat vznik požáru vlivem zapomenutých spotřebičů v aktivním stavu. Vzdálený přístup je nejčastěji realizován přes mobilní síť. Před rozmachem chytrých telefonů, a tím i mobilních datových sítí, byla zpětná vazba s objektem (nejčastěji zabezpečovací systémy) realizována na základě přednastavených SMS zpráv nebo volání. Při neočekávané události, kterou je třeba otevření okna v zabezpečeném objektu, řídicí jednotka informovala uživatele ve formě SMS zprávy s danými informacemi. Uživatel měl také k dispozici řadu SMS příkazů, za pomoci kterých mohl řídicí jednotku ovládat nebo zjišťovat její stav. S dalším vývojem zejména mobilních datových sítí a mobilních zařízení je dnes běžné se s řídicím objektem spojit všude, kde je možnost připojení k internetu. Zpětná vazba už nezahrnuje jen několik příkazů přes SMS, ale uživatel má nejčastěji k dispozici grafické rozhraní, na kterém může přes aplikaci nebo webový prohlížeč přehledně kontrolovat objekt nebo jej na dálku ovládat. Ovládání přes GSM síť se dnes však stále využívá zejména u levných zabezpečovacích systémů. Vzdálený

přístup s sebou nese i jisté nebezpečí při výpadku mobilního nebo internetového připojení, kdy ztrácíme veškeré spojení s objektem. Z tohoto důvodu by tak objekt měl být schopný autonomního chování k zajištění bezpečnosti.

1.5 Internet of Things

S ohledem na téma chytrá domácnost je vhodné zmínit také IoT. Jedná se o rozšíření internetové sítě o fyzické zařízení, jako jsou domácí spotřebiče, senzory, vozidla atd. Zkrátka všechna zařízení, u kterých lze implementovat elektroniku s výpočetním systémem a zároveň jsou schopná komunikovat.



Obr. 1.6: Internet věcí [Převzato z [9]]

Internet věcí se technicky skládá ze tří základních prvků:

1. Zařízení = předměty, stroje, čidla, spotřebiče, ze kterých potřebujeme získávat data a dále s nimi pracovat.
2. Komunikační prostředky = komunikační sítě, které umožňují přenášet naměřená nebo zadaná data. Komunikační sítě mohou využívat všechny potřebné technologie např. WiFi, Ethernet, LTE, Bluetooth a další. Každá z uvedených technologií může být vhodná pro jiná zařízení.

3. Datová centra = množství dat je nutné ukládat, zpracovávat a analyzovat, aby bylo možné se z nich učit a následně automaticky provádět další akce. Data se ukládají na různé cloudy nebo na vlastní servery.

Jedním z důvodů velkého rozmachu IoT v posledních letech je především vývoj a inovace v bezdrátových a mobilních sítích a rozšíření chytrých telefonů. Nejnovější bezdrátová síť založená na technologii LPWAN (Low Power Wide Area Network) umožňuje jednoduchou a energeticky nenáročnou komunikaci s velkým dosahem a rozšiřují tak možnosti využití IoT do dalších oblastí. Na rozdíl od klasické bezdrátové WAN sítě, která je vytvořena s ohledem na velké množství přenášených dat, je LPWAN technologie vhodná pro malé datové rychlosti od 0,3 kbit/s do 50 kbit/s s nízkou energetickou náročností. LPWAN může být použita například k vytvoření privátní bezdrátové sítě k propojení bezdrátových senzorů využívajících baterie. Odhaduje se, že do roku 2020 bude IoT zahrnovat kolem 30 miliard zařízení. IoT je dalším stádiem informační revoluce, která bude figurovat takřka v každé oblasti, s čímž jsou spojené velké investice. Proto je do využití IoT zapojena celá řada světových firem udávajících směr vývoje. Z nejznámějších firem si můžeme jmenovat Google, Philips, Xiaomi, Nest nebo Amazon, které se zaměřily i na vývoj produktů pro chytrou domácnost. Společnosti nabízí produkty, jako jsou obecně:

- Hlasové asistenty
- Centrální jednotky
- Chytré osvětlení
- Bezdrátové senzory
- Bezdrátové akční členy
- Chytré domácí spotřebiče

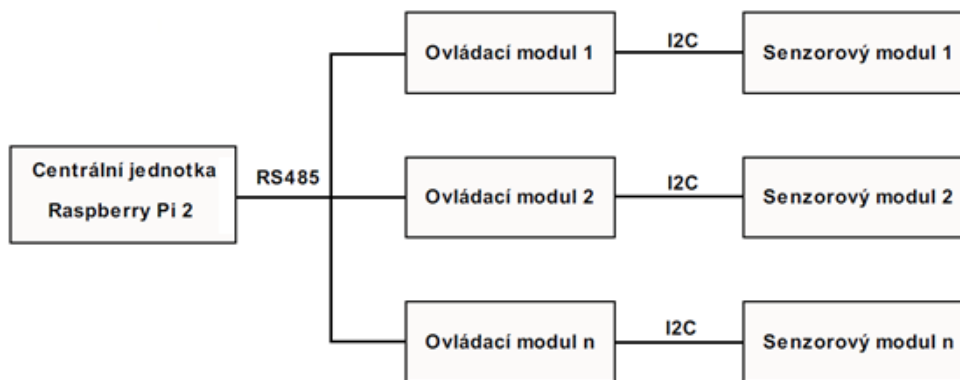
Výhodou je, že produkty od různých výrobců spolu mohou komunikovat, proto není nutné využívat produktů jen od jedné společnosti k zajištění kompatibility. Příkladem může být hlasový asistent Google Home, který je podle hlasového příkazu schopný nastavit budík, odeslat SMS, vkládat upomínky do kalendáře apod. Mimo jiné s ním lze ovládat chytré zařízení v domě jako bezdrátové termostaty Nest, chytré LED žárovky a jiné domácí spotřebiče, se kterými je kompatibilní. [9, 10]

2 Popis vlastního návrhu

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout a realizovat funkční vzorek, který bude schopný demonstrovat reálnou funkci elektronického řídicího systému použitelného pro ovládání světel. Elektroinstalace v domě je zamýšlena klasicky s výjimkou dodatečných UTP kabelů, které musí být rozvedeny z jednoho bodu ke všem vypínačům, případně zásuvkám, které bude potřeba ovládat. Výhoda řešení je zejména v tom, že dům může fungovat jako při klasické elektroinstalaci, ale zároveň je možné funkčnost elektroinstalace za pomoci řídicích a sensorových modulů dodatečně modifikovat. Návrh elektronického řídicího systému je tedy směřován hlavně zmíněným zapojením elektroinstalace a funkčními požadavky.

2.1 Koncept elektronického řídicího systému

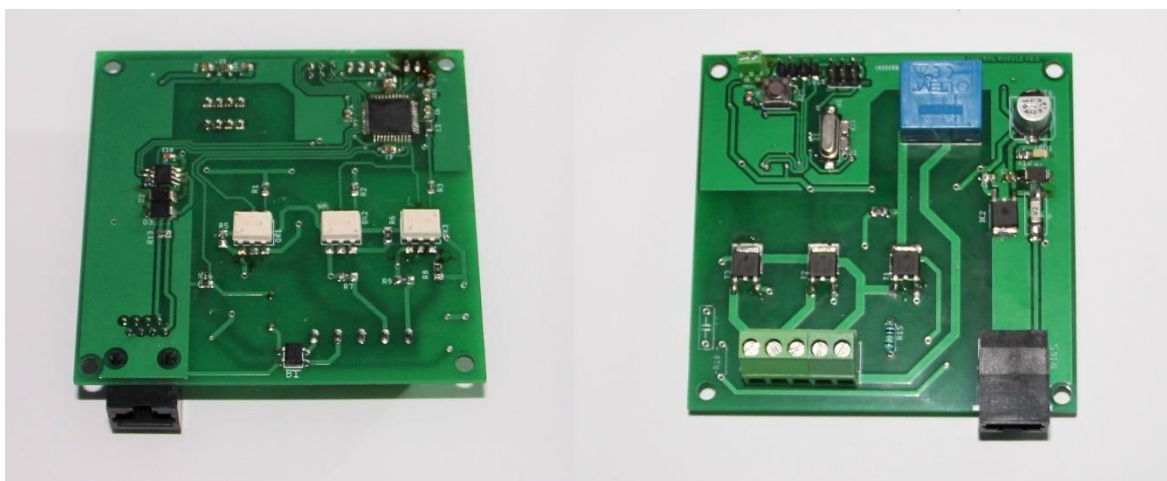
Koncept navrženého systému sestává z centrální řídicí jednotky, ovládacích modulů a sensorových modulů. Raspberry Pi 2, které obstarává funkci centrální jednotky a komunikuje se všemi ovládacími moduly za účelem dosažení žádané funkcionality celého elektronického systému. Ovládací a sensorové moduly jsou dle koncepce zamýšlené umístit do instalačních krabic pod zásuvky nebo vypínače, které bude třeba ovládat a kde budou připraveny datové kabely. RPi také zprostředkovává komunikaci mezi uživatelem a řídicím systémem domu pro nastavení parametrů potřebných k řízení. Sensorové moduly měří potřebné fyzikální veličiny, které elektronický systém může potřebovat k řízení. Sensory komunikují přímo s ovládací deskou, která změřené parametry zpracovává a předává dále do centrální jednotky. Navržený koncept je schopný měřit fyzikální veličiny, měřit proud v jednotlivých okruzích, odepínat nebo připojovat okruhy k elektřině nebo řídit příkon okruhu. Na základě těchto vlastností nebo jejich kombinací je možné dosáhnout mnoha funkcí a režimů chytrého domu.



Obr.2.1: Blokové zapojení navrženého konceptu

2.2 Ovládací modul

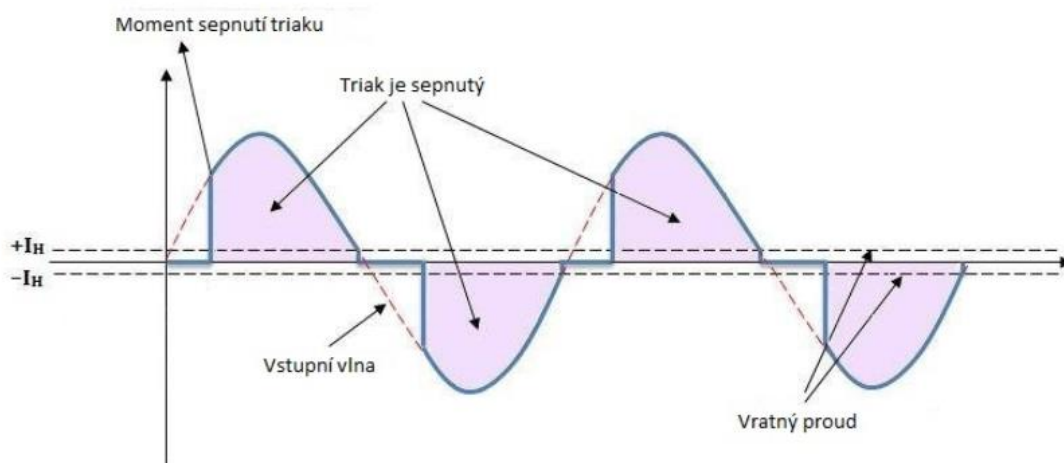
Jednotlivé funkce systému obstarává výkonová ovládací deska, která obsahuje jak výkonové obvody, tak řídicí digitální obvody. Řízení a komunikaci obstarává mikrokontrolér Atmega164 taktovaný krystalem na frekvenci 20 MHz. Na desce jsou použity obvody, které umožňují danou funkcionalitu jako: spínání sítě 230 V, měření spotřeby, sledování fázového napětí a komunikace. Navržený koncept ovládacího modulu je konstruován zejména na ovládání osvětlení. Pro spínání větších zatěžovacích proudů, by bylo nutné zapojení modifikovat o vhodný spínací prvek.



Obr.2.2: Deska ovládacího modulu

2.2.1 Spínání

Nejdůležitější funkcí ovládací desky je spínání silového obvodu k čemuž slouží výkonové triaky BTA208S-600E. Číslo 600 značí největší povolené špičkové napětí, které lze na triak přivést. Aby bylo možné takto výkonné triaky řídit výstupními piny procesoru, mohou být na desce umístěny budiče MOC3052 nebo MOC3032. Rozdíl mezi těmito budiči je tzv. zero crossing circuit. Jedná se o obvod uvnitř budiče, který sleduje fázové napětí a výkonový triak sepne jen v případě, že je okamžité fázové napětí rovné nule. Výhodou ZCC je, že do výkonového obvodu nevnaší rušení vzniklé spínáním. Jelikož je zátěž připojena (odpojena) jen při nulovém fázovém napětí, nevznikají v obvodu rušivé napěťové špičky. Nevýhodou je omezení řízení výkonu do zátěže, který je možno nastavit jen 0, 50 nebo 100 %. To nemusí být však potřebné při ovládání neregulovatelných zátěží jako je například LED osvětlení, které má integrován vlastní regulátor potlačující vliv snížení efektivního napětí. Budič MOC3052 zero crossing circuit neobsahuje a je možné s ním regulovat příkon v rozsahu 0-100 %. [17]

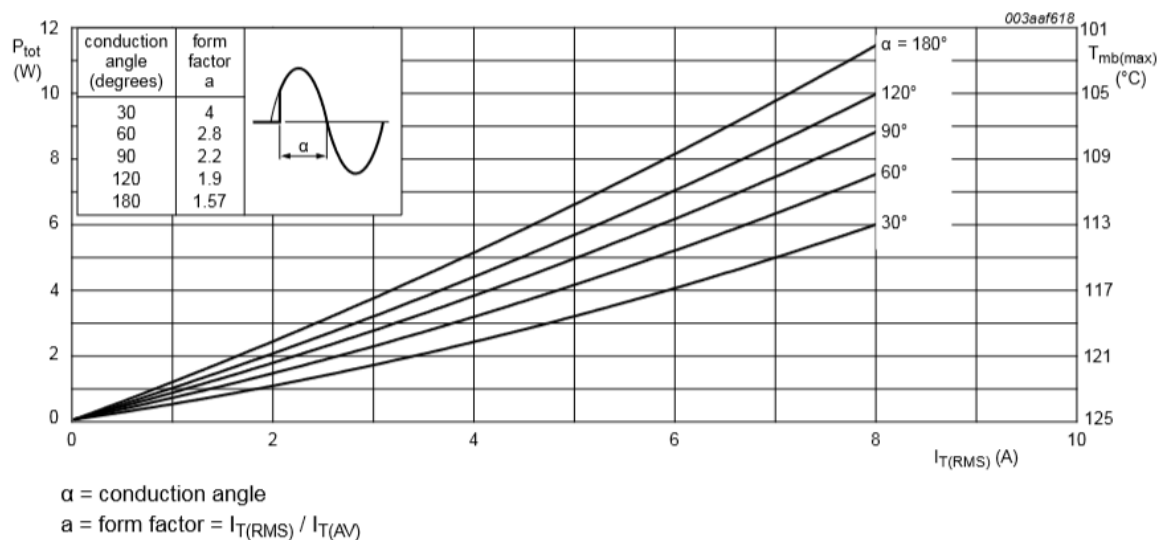


Obr. 2.3: Triaková regulace [Převzato z [16]]

Je nutné si uvědomit, že nedochází k regulaci napětí jako u transformace napětí ale k regulaci výkonu „osekáváním“ sinusové vlny, a tím ke snižování efektivní hodnoty střídavého napětí. Triaková regulace výkonu se tedy nehodí pro regulaci všech typů zátěže. [16]

Použité výkonové triaky v pouzdře DPAK disponují maximálním proudem 8 A efektivní hodnoty. Pro zajištění dostatečného chlazení triaku bylo nutné zjistit ztrátový

výkon, který je závislý na tzv. úhlu otevření α . K největšímu ztrátovému výkonu dochází při otevření celé poloviny periody, tj. $\alpha=180^\circ$. [18]



Obr. 2.4: Závislost výkonu na zatěžovacím proudu a na úhlu otevření triaku BTA208S-600E [Převzato z [18]]

Z grafu lze vyčíst hodnoty ztrátového výkonu v závislosti na úhlu otevření při zatěžovacím proudu. Pro porovnání lze uvést dvě hodnoty ztrátového výkonu. Při $\alpha=180^\circ$ je ztrátový výkon 11 W a při $\alpha=30^\circ$ jen 6 W. Dále lze v dokumentaci najít hodnotu tepelného odporu mezi čipem a DPS, ten je součtem tepelného odporu čipu – pouzdra a pouzdra – DPS a je 2 K/W. Ztrátové teplo triaku je předáváno DPS, která zastává funkci chladiče. Tady se situace komplikuje, protože zjistit přesný tepelný odpor DPS je náročné, protože zahrnuje mnoho proměnných. Pro hrubý výpočet byla použita tabulková hodnota 12 K/W pro oboustrannou desku z materiál FR4 a velikosti 80cm² odpovídající prototypové ovládací desce. Podle (1) je vypočteno, že při ztrátovém výkonu 11 W se triak ohřeje o 154 K. [18]

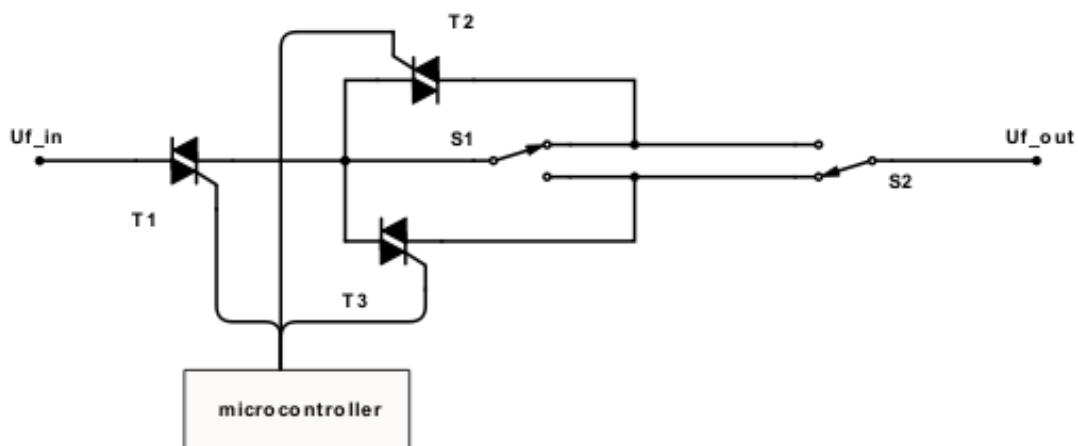
$$\Delta t = (R_{thJC} + R_{thPCB}) * P = (2 + 12) * 11 = 154 [K] \quad (1)$$

Pro maximální proud 8 A je maximální teplota čipu jen 105°C. Bez dodatečného chlazení by nebylo možné triak bezpečně provozovat. Aby se teplota čipu udržela v bezpečných mezích, budeme počítat s ohřevem maximálně o 60 K. To podle (2) znamená maximální ztrátový výkon 4,28 W, který odpovídá proudu přibližně 3,5 A. Ovládací deska byla primárně navržena pro spínání světel. Proto je zatěžovací proud 3,5 A dostačující. [18]

$$P_{max} = \frac{\Delta t}{(R_{thJC} + R_{thPCB})} = \frac{60}{14} = 4,28 [W] \quad (2)$$

Pokud by bylo potřeba ovládací desku použít i na ovládání elektrických zásuvek, bylo by potřeba návrh modifikovat o vhodný spínací prvek alespoň na 16 A, kterými jsou zásuvky jištěné. Například triak BTA316 disponuje maximálním proudem 16 A, nastal by však stejný problém chlazení ztrátového tepla, který je při maximální zátěži až 20 W. Jelikož u zásuvek není potřeba regulace výkonu jako u osvětlení, je výhodné jako spínací prvek použít například relé, kde bude ztrátový výkon zcela zanedbatelný. Nevýhodou je omezený počet sepnutí.

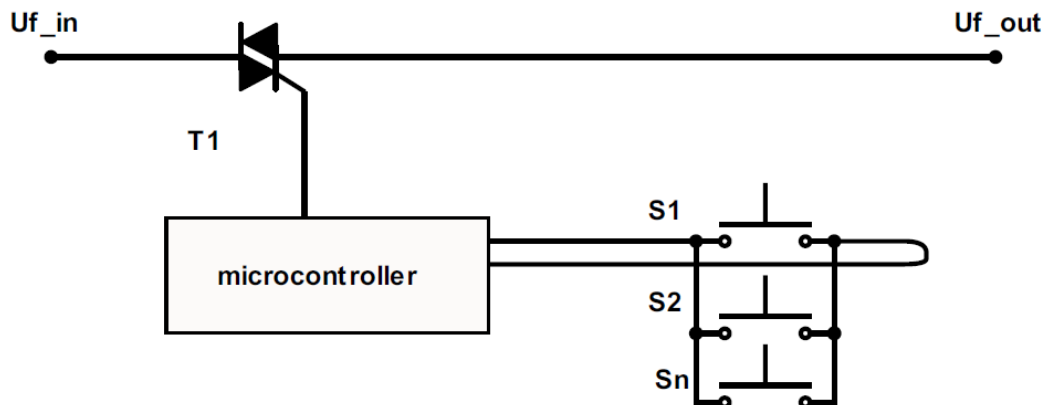
Samotné zapojení triaků se dá realizovat dvěma způsoby. První způsob je jednodušší na softwarové ovládání ale složitější na hardwarovou realizaci, zejména u dvou křížově zapojených přepínačů. Triak T1 slouží k odepnutí zátěže v případě příkazu z centrální jednotky, triaky T2 a T3 naopak slouží k připojení zátěže bez ohledu na stav přepínačů S1 a S2. Takovéto řešení ale velmi ovlivňuje možnou funkcionalitu, jelikož spínáním triaků eliminujeme možnost použití přepínačů ke změně stavu. Při zapojení do elektrického okruhu, kde bude jen jeden přepínač S1, bude funkce obdobná, ale zapotřebí bude jen triaků T1 a T2.



Obr. 2.5: Zapojení triaků při použití dvou křížově zapojených vypínačů

Druhá možnost zapojení rozšiřuje možnou funkcionalitu celého systému a zároveň snižuje hardwarovou náročnost v úspoře triaků T2 a T3. Přepínače musejí být nahrazeny

spínači, které jsou připojeny nízkým napětím k procesoru na ovládací desce. Procesor sleduje stav spínače a rozhoduje o změně stavu.



Obr. 2.6: Zapojení triaku při použití nízkonapětově připojených spínačů

Výhoda použití spínačů je v tom, že různá sekvence zmačknutí spínače může znamenat jiný příkaz pro řídicí procesor. V navrženém konceptu jsou softwarově vytvořeny tyto funkce:

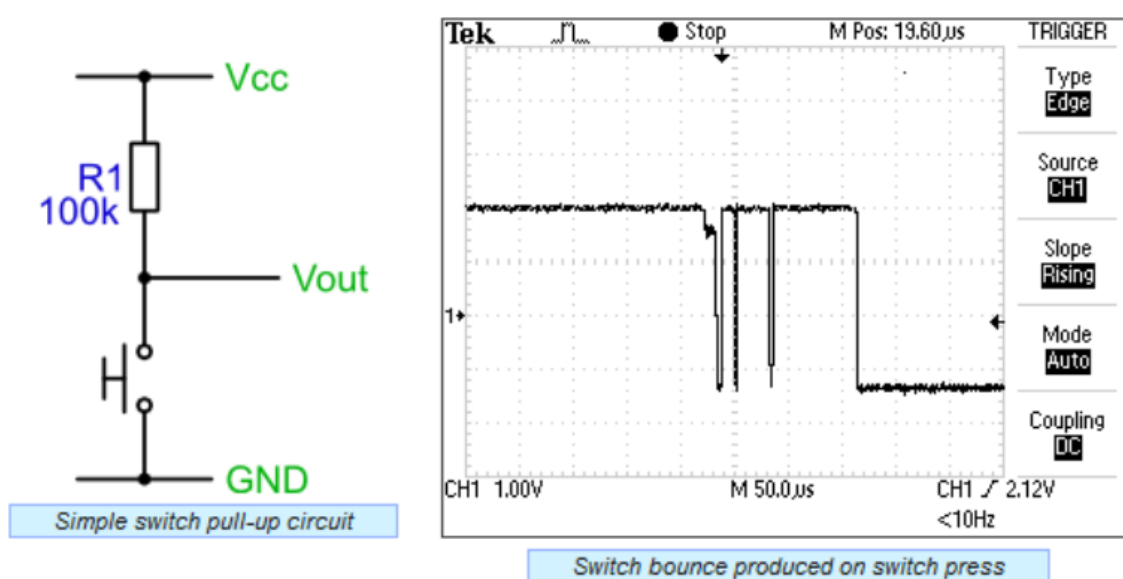
- jedno stisknutí = změna stavu světla
- dvě stisknutí = vypnutí světel v celém objektu
- jedno dlouhé stisknutí = stmívání světla

Funkcí může být vytvořeno více, nebo mohou být různě editovány, jelikož funkcionality tohoto zapojení je tvořena jen řídicím procesorem ovládací desky. Největší výhodou je oproti první verzi současná interakce centrální jednotky a spínačů. Při rozšiřování klasické elektroinstalace může být nevýhodou výměna přepínačů za spínače a dodatečný signálový kabel při použití dvou a více spínačů. Na rozdíl od schodišťového vypínače ale není omezující počet ovládacích prvků. Z hlediska konstrukce desky je výhodná druhá možnost zapojení, a to díky úspoře triaků. Jednak dojde ke zvýšení účinnosti, a tedy ke snížení ztrátového tepla, ale i k úspoře místa na DPS. Rozměry DPS jsou velmi omezující,

jelikož celou desku je dle konceptu nutno umístit do instalační krabice pod vypínač nebo zásuvku.

2.2.2 Snímání tlačítka

Při použití druhé možnosti zapojení triaků podle *Obr. 2.6*, musí software v ovládací jednotce správně rozeznávat stavy spínačů. Největším problémem týkajícím se vyhodnocování stavu spínačů jsou zákmity napětí vznikající při stisku nebo puštění tlačítka. Za zákmity jsou zodpovědné zejména mechanické vlastnosti tlačítka. Situaci si můžeme představit tak, že než dojde k trvalému sepnutí, dojde k dalším několika dílčím sepnutím trvajícím jen několik mikrosekund. Obdobná situace vzniká při rozepnutí tlačítka. Situaci lze vidět na *Obr. 2.8*.



Obr. 2.7: Zákmity vznikající při stisku tlačítka bez RC filtru [7]

Existuje celá řada řešení k potlačení zákmitů, jak čistě softwarové, hardwarové, tak kombinované. Softwarově lze aplikovat zpoždění, které eliminuje všechny ostatní kmity následující po prvním sepnutí tlačítka. Zpoždění se pohybuje v závislosti na použitém tlačítku a bývá řádově v desítkách milisekund. Použití zpoždění se nehodí na výpočetně náročné aplikace, jelikož zpožděním procesor zpomalujeme. Zákmity lze zcela odstranit i čistě hardwarově. Postačí dolní propust RC a Schmittův klopný obvod přivedený na vstupní pin procesoru. [7]

Na ovládací desce je použita kombinace vhodně zvoleného softwaru a dolní propusti na vstupním pinu. Mezní kmitočet dolní propusti se obvykle volí v rozmezí 50-100 Hz.

Hodnoty jednotlivých prvků lze určit ze vztahu (3), kdy si určíme mezní kmitočet 50 Hz a kondenzátor s hodnotou 200 nF.

$$f_m = \frac{1}{(2\pi * R * C)} [Hz] \rightarrow R = \frac{1}{f_m * 2\pi * C} = \frac{1}{50 * 2 * 3,14 * 200 * 10^{-9}} = 15923 [\Omega] \quad (3)$$

Abychom co nejméně zatěžovali procesor, je pro vyhodnocování stavu tlačítka vhodné použít přerušeni. Obecně se používají dvě varianty přerušeni. V prvním případě nastane přerušeni na základě logické změny na vstupním pinu procesoru. Pokud nejsou dostatečně potlačené zákmity, přerušeni může nastat několikrát při jediném stisknutí tlačítka a je s tím potřeba počítat při návrhu algoritmu vyhodnocujícího stisk tlačítka. Aby bylo možné vyhodnocovat i delší podržení tlačítka (například pro funkci stmívání), není první varianta přerušeni vhodná. Proto je na ovládací desce použito periodické přerušeni, které je vyvoláno přetečením čítače. V přerušeni se přečte stav vstupního pinu, který se porovná se stavem vstupního pinu v předchozím přerušeni. Identifikujeme tak náběžnou nebo sestupnou hranu. Vzorkování tlačítka je nastaveno na 50ms. Máme-li tak informaci o aktuálním stavu tlačítka, náběžné (sestupné) hraně a časových údajích jednotlivých změn, můžeme vyhodnotit, zda tlačítko bylo stisknuto jednou, vícekrát nebo bylo-li přidrženo pro funkci stmívání. Při tomto řešení by bylo možné i dolní propust na vstupním pinu nepoužít. Filtrace je zajištěna částečně vzorkováním a částečně algoritmem vyhodnocujícím stisk tlačítka (rozdíl mezi sestupnou a náběžnou hranou musí být minimálně 100 ms).

2.2.3 Měření proudu

Měření proudu je nedílnou součástí pro inteligentní domácnost. Je možné z něj určit spotřebu jednotlivých okruhů. Je zapotřebí ale také z funkčního hlediska ovládacího modulu, kdy modul z měřeného proudu zjistí, zda je okruh právě aktivní (například zaplá světla, spotřebič v zásuvce atd.). Díky toleranci sítě 10 % je pro výpočet spotřeby nutné také měřit aktuální napětí v síti. Proto je na desce napěťový dělič, který síťové napětí snižuje na úroveň nutnou pro mikrokontrolér. Měření napětí v síti jsme také schopni poznat v jaké fázi se právě nachází síť. Tato informace může být zapotřebí při spínání triaků, potřebujeme-li regulovat výkon zátěže.

Měřit proud je možné několika metodami. Pro tuto aplikaci bylo nejvíce vhodné použít proudové čidlo obsahující Hallovu sondu. Jedna z výhod je především v tom, že

dokáže měřit jak stejnosměrné tak střídavé proudy. Další je minimální ztrátový výkon, který je dán protékajícím proudem a odporem primárního obvodu, který je menší než $10\text{m}\Omega$. Z principu funkce Hallovy sondy plyne další výhoda - galvanické oddělení primárního (silového) a sekundárního (elektronického) obvodu. Pro ovládací modul byl vybrán senzor HXS 20-NP s rozsahem až 20 A. Napěťový výstup ze senzoru může být připojen rovnou na analogový vstup mikrokontroléru. Výstup ze senzoru je v klidovém stavu ustálen na polovině hodnoty napájení. Je to z důvodu měření střídavých proudů. Primární vinutí senzoru má vyvedeno 8 pinů a je možné ho zapojit různými způsoby, které definují rozsah a převod mezi vstupním proudem a výstupním napětím. Proudový rozsah může být nastaven 5, 10 nebo 20 A s přesností až 1 %. Vzhledem k rozsahu a přesnosti AD převodníku mikroprocesoru lze rozlišovat proud kolem 100 mA. Možnou alternativou k HXS 20-NP může být například čip ACS712 fungující na stejném principu. Navzdory svým malým rozměrům dokáže měřit střídavý proud až do 30 A v závislosti na variantě. Oproti HXS 20-NP však nedisponuje takovou přesností a nastavitelným převodem. Jeho rozměry mohou být pro řadu aplikací ale rozhodující. [21]



Obr. 2.8: Proudový senzor HXS 20-NP [21]

2.2.4 Napájení

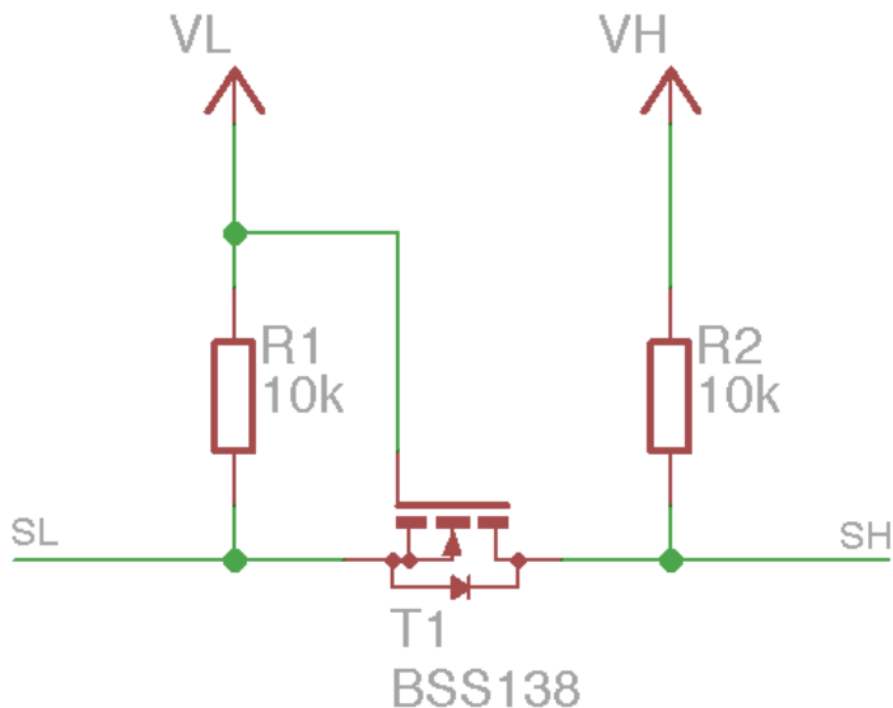
Ovládací deska je napájena prostřednictvím UTP kabelu, kde je použit k napájení jeden pár vodičů. Použitý stabilizátor MC7805 má rozsah vstupního napětí 7-35 V a stabilizuje výstupní napětí na 5 V. Teplotní odpor čip-DPS je 8 K/W a DPS-okolí 12 K/W.

Celkově je tepelný odpor 20 K/W. Aby se stabilizátor zahřál maximálně o přijatelných 30 K je přípustný ztrátový výkon 1,5 W, obdobně jako u triaku podle (1). Maximální spotřeba ovládacího modulu nemůže přesáhnout hodnotu 150 mA. Podle (4) dopočteme maximální vstupní napětí 15 V, aby došlo k ohřátí stabilizátoru maximálně o zvolených 30 K.

$$U_{in} - U_{out} = \frac{P}{I} \rightarrow U_{in} = \frac{P}{I} + U_{out} = \frac{1,5}{0,15} + 5 = 15 [V] \quad (4)$$

Ovládací desku je možné napájet napětím v rozmezí 7-15 V k zajištění správné funkce stabilizátoru. Stabilizovat napětí na 5 V na ovládací desce bylo nutné s ohledem na obvodu LEM a MAX485, které potřebují pro správnou funkci minimální napájecí napětí 5 V. Tím vznikl problém poskytnutí správného napájecího napětí i pro sensorový modul, který je napájen ze stabilizovaného napětí ovládací desky. Na sensorovém modulu jsou použity senzory, které dovolují maximální napájecí napětí jen 3,6 V. Proto bylo nutné použít další stabilizátor snižující napětí z 5 V na 3,3 V.

Různá napětí vedla k dalšímu problému. Z důvodu rozdílného napájení senzorů a mikrokontroléru na ovládací desce muselo být zajištěno obousměrné převedení logických úrovní mezi 3,3 V a 5 V logikou na komunikační lince I2C. O to se stará dvojice mosfetových tranzistorů, jeden pro vodič SCL a druhý pro SDA. Zapojení je na *Obr. 2.9*. Pokud ani jedna ze stran nekomunikuje, jsou obě strany obvodu vztaženy přes pull-up rezistory na úroveň logické jedničky. Tedy $S_L=3,3$ V a $S_H=5$ V. Napětí U_{GS} tranzistoru T1 je blízké nule a tranzistor je zavřen. Jakmile levá strana spojí linku se zemí (uvede linku do logické nuly), napětí U_{GS} na tranzistoru stoupne a tranzistor se otevře. To znamená, že se stejné napětí objeví i na pravé straně. Pokud nastane opačná situace, kdy pravá strana spojí linku se zemí, dioda mezi vývody tranzistoru source a drain způsobí zvětšení rozdílu potenciálu mezi gate a source a tranzistor se opět otevře, čímž se napětí na obou stranách srovnají. [8]



Obr. 2.9: Zapojení převodníku logických úrovní s unipolárním tranzistorem BSS138

[Převzato z [8]]

Stabilizátor napětí, pull-up rezistory a převodník úrovní jsou umístěny na sensorové desce, proto lze sensorovou desku napájet a komunikovat s ní, jako kdyby disponovala 5V obvody. Sensory mají v aktivním stavu spotřebu řádově desítky μA . Proto nemusí být na ztrátový výkon stabilizátoru brán zřetel.

2.2.5 Princip softwaru ovládacího modulu

Program v ovládací desce musí zajišťovat zejména tyto funkce:

- Měření napětí a proudu
- Čtení senzorů prostřednictvím I2C
- Snímání stavu vypínače
- Komunikace s Raspberry PI
- Ovládání spínacích prvků

Program můžeme z hlediska funkčnosti rozdělit na dvě části – hlavní smyčka programu a přerušení. V hlavní smyčce programu je řešeno pouze odesílání zpráv a čtení ze senzorů. Ostatní funkce jsou řešeny v přerušeních, které jsou celkem tři. První je přerušení

vznikající při přijetí nového znaku a obstarává příjem dat ze sériové linky. Jednotlivé znaky zprávy jsou každé přerušení ukládány. Po přijetí znaku označující konec zprávy je nastavena proměnná informující o přijetí celé zprávy, která je následně v hlavním programu zpracována. Ostatní přerušení jsou vyvolávána periodicky po přetečení čítače. Periody přetečení jednotlivých čítačů jsou různé a jsou nastaveny na základě funkcionality obsluhující přerušení. Vzorkování stavu tlačítka se provádí v přerušení, které nastává každých 50 ms. Takovýto čas byl testováním optimalizován k dosažení kompromisu mezi citlivostí na stisk tlačítka a odolností proti falešným stavům, které mohou vyvolávat zákmity. Poslední přerušení obstarává měření napětí a proudu. Jelikož jde o měření střídavého průběhu, je potřeba signál dostatečně vzorkovat k dosažení přesnosti hodnot napětí a proudu. Jednotlivé vzorky napětí lze také použít k případné regulaci výkonu, kde je nutné vědět pozici fázoru napětí ke spínání triaků. Perioda sinusového signálu má 20 ms, abychom měli alespoň 50 vzorků z jedné poloviny periody, je přerušení vyvoláno jednou za 200 μ s.

2.2.6 Komunikace ovládacího modulu a centrální jednotky

S ohledem na velké vzdálenosti datových kabelů v domě, kterými je systém propojen, byl zvolen standart sériové komunikace RS485, odolný proti rušení. Jednotky jsou propojené dvou vodičovým vedením, kde jsou vodiče značeny A a B. K eliminaci odrazů musí být konce vedení zakončeny rezistory, tzv. terminátory s hodnotou odpovídající charakteristické impedanci vedení. Ta je závislá na délce vedení, proto ji bez délky vedení nelze přesně určit. V praxi se běžně používá hodnota přibližně 120 Ω . Síť je zapojena do topologie hvězdy a je použito řízení komunikace typu Master-Slave. [1]

Jednotlivé ovládací desky posílají zprávy jen na základě příkazu z centrální jednotky, který musí obsahovat ID zvolené desky. Tím se předchází kolizím, které by mohly nastat při vysílání více ovládacích desek najednou. Zpráva se vysílá jako dlouhý řetězec rozdělen středníkem a vypadá takto:

ID:A1;C:hodnota;V:hodnota;L:hodnota;H:hodnota;S:hodnota;R:hodnota\n

ID je číslo ovládacího modulu. C, V, L, H je proud, napětí, osvětlení a vlhkost. S je vnitřní stav a informuje o aktuálním stavu ovládacího modulu, zda je světlo vypnuté nebo zapnuté. Proměnná R obsahuje informaci o speciálním požadavku, jako je například zhasnutí světel

v celém domě, které může uživatel zvolit při dvojnásobném stisknutí vypínače. Přijímané zprávy jsou v RPi rozděleny na základě znaku „\n“, který ukončuje řetězec. Zprávy odesílány z RPi jsou krátké a obsahují pouze ID a stav a vypadají následovně:

ID:A1;S:hodnota\n

Dvoumístné ID může označit jen jedno cílové zařízení. Jelikož může být stav jednotlivých světel měněn i v Raspberry, posílá se ve zprávě vždy aktuální stav, který ovládací modul porovná se svým aktuálním stavem a případně ho změní. Každá zpráva opět obsahuje znak „\n“ ukončující zprávu. Pokud je ID ve zprávě stejné jako ID zařízení, ovládací modul upraví svůj vnitřní stav podle zprávy a následně odpoví.

Komunikaci RS-485 lze vytvořit ve dvou verzích, dvouvodičové - poloduplexní nebo čtyřvodičové - plně duplexní. Jelikož řízení komunikace obstarává RPi, stačil pro toto použití poloduplexní přenos. Na straně ovládacího modulu je použit budič MAX485, který je připojen na sériovou periférii procesoru. V případě tohoto budiče je nutné piny DE a RE nastavovat směr komunikace. Přenosová rychlost je nastavena na 57600 bps. Na straně Raspberry je pak použit převodník RS485/USB, kde jsou ve svorkovnici spojeny datové kabely z ovládacích modulů.

2.2.7 Elektronické ochrany

Na ovládací desce se nachází jak silnoproudá elektronika pracující s 230 V tak nízkonapěťové digitální obvody. Na to bylo potřeba myslet při návrhu desky. Proto byl kladen důraz na oddělení silnoproudé části od nízkonapěťové. Z hlediska rozmístění součástek to znamenalo separovat silové obvody co nejvíce od nízkonapěťové části.

Výkonové triaky spínají opticky oddělené budiče. Galvanické spojení mezi silovými a digitálními obvody je pouze přes napěťový dělič, který je potřebný k měření napětí. Ten z usměrněného střídavého napětí zmenšuje napětí na přibližně 3 V, které je připojeno na pin analogový pin mikroprocesoru. Aby nedošlo k poškození pinu mikroprocesoru je paralelně k pinu připojen transil (transient voltage suppression diode). Dojde-li k přepětí, transil je schopen pohltit poměrně značný krátkodobý výkonový impuls. Hlavní výhodou transilu je rychlá odezva na napěťovou špičku v porovnání s ostatními přepěťovými ochranami.

Odezva transilu se pohybuje v rozmezí jednotek až desítek pikosekund. Pokud bychom chtěli galvanicky oddělit i toto spojení, bylo by možné použít například optotriak. Jedinou nevýhodou jeho použití je nelineární přenos signálu mezi vstupem a výstupem, který by do měření napětí vnášel nepřesnost. Převod lze nejjednodušeji zlinearizovat softwarově, například linearizační tabulkou použitou k přepočtu hodnot. Transily ochraňují také přepětí na vodičích komunikace a napájení, aby deska byla co nejvíce zabezpečena proti možnému přepětí šířícímu se po vedení. Samozřejmostí je rychlá pojistka na vstupu napájení, chránící desku proti zkratu. [24]

2.3 Senzorový modul

Senzorovým modulem lze dle požadavků měřit teplotu, vlhkost a intenzitu světla. Změřené údaje mohou být poté prostřednictvím ovládací desky poslány do centrální jednotky, nebo mohou být použita ovládací deskou ke změně stavu (například rozsvícení světel). Na trhu je velké množství senzorů od spousty výrobců. Nejlevnější a nejjednodušší senzory mají analogový výstup, který je zapotřebí měřit ADC převodníkem, a poté digitální hodnotu přepočítat na velikost odpovídající měřené fyzikální veličině. Pokud by se použily takovéto senzory, bylo by zapotřebí každý senzor připojit na analogový vstup mikrokontroléru na ovládací desce. To by znamenalo zbytečné množství vodičů mezi senzorovou a ovládací deskou. Řešením by mohl být malý mikrokontrolér, například ATtiny13, který by měřil výstupní napětí senzorů a posílal prostřednictvím linky UART změřené údaje do procesoru na ovládací desce. Stačily by tedy jen 3 vodiče (napájení a komunikace). Toto řešení bylo ale zbytečně komplikované kvůli většímu počtu součástek, než bylo nezbytné. Proto byly použity senzory, které disponují již digitálním výstupem. Na trhu existuje celá řada senzorů, které komunikují prostřednictvím 1-Wire, I2C apod. Jelikož procesor ATmega164 na ovládací desce disponuje rozhraním I2C, které potřebuje jen dva vodiče, byl výběr senzorů omezen jen na senzory s tímto výstupem. Tyto senzory jsou obvykle oproti analogovým dražší, ale jejich použití vedlo k zjednodušení senzorové desky na minimum. To bylo potřebné hlavně z důvodu rozměrů.



Obr.2.11: Sensorová deska spolu s rozebraným vypínačem, kde bude umístěna

2.3.1 Digitální senzor intenzity světla BH1750

Digitální světelný senzor BH1750 komunikuje přes I2C rozhraní. Podle zapojení pinu ADDR je možné nastavit dvě různé adresy, pokud by na jednu sběrnici I2C byly potřeba zapojit dva stejné senzory. Výstupem senzoru je již přepočtená hodnota osvětlení v jednotkách lux. Softwarově lze nastavit rozlišovací schopnost 0,5 – 4 lx a měřit intenzitu osvětlení v rozsahu 1 – 65535 lx. V závislosti na zvolené přesnosti se mění čas potřebný pro změření a výpočet hodnoty od 16 do 120ms. Senzor BH1750 nepotřebuje ke své činnosti téměř žádné externí součástky. K zajištění správného spuštění obvodu je nutné přivést napětí na pin asynchronního resetu minimálně 1 μ s po připojení napájení. To lze jak softwarově pomocí mikroprocesoru nebo hardwarově. Pro zjednodušení bylo použito hardwarového řešení, kdy je zapojen CR článek doporučený výrobcem. Jelikož se jedná o digitální obvod, je vhodné na napájecí piny zapojit navíc blokovací kondenzátor. Měření probíhá pouze na pokyn mastera a po zpracování jsou výsledky poslány v 16 bitové zprávě. Díky svým malým rozměrům a spotřebě můžeme tento senzor najít v celé řadě přenosných zařízení, LCD televizorech apod. [22]

2.3.2 Digitální senzory teploty a vlhkosti SHT30

Digitální senzor pro měření teploty a relativní vlhkosti se zapojením a chováním příliš neliší od senzoru BH1750. Jisté zjednodušení je u zapojení resetu, pokud není použit, je doporučováno ho nechat nezapojený stejně jako pin ALERT. Ten může být použit například k vyvolání externího přerušení mikroprocesoru. Pro správnou funkci senzor potřebuje pouze napájení a připojení ke sběrnici I2C. Žádné nastavení přesnosti u tohoto senzoru není možné, lze nastavit jen opakovatelnost měření, která má vliv na hladinu šumu a celkové spotřeby senzoru. Při častém měření je měřicí čas kratší, ale výsledek je více ovlivněn šumem. Měření stejně jako u BH1750 začíná po příkazu odeslaného masterem. Po změření a přepočítání výsledků je senzorem poslána 36 bitová zpráva, kde je 24 bitová informace o teplotě a vlhkosti zabezpečena 12 bitovým CRC kódem. Záleží na aplikaci, zda procesor CRC kód dále zpracovává k ověření výsledků. SHT30 dokáže měřit teplotu s přesností 0,3°C a vlhkost s přesností 3 %. [23]

3 Centrální jednotka

Funkci centrální jednotky zastává počítač Raspberry Pi 2 velikosti kreditní karty, který disponuje množstvím periférií a možnostmi použití, čímž se hodí pro tuto aplikaci. V tomto případě je použit RPi jako web server, kterým lze ovládat celý systém prostřednictvím webového prohlížeče i z jiného zařízení v lokální síti, případě vně lokální sítě. To může být výhodou například při kontrole stavu systému, pokud se uživatel nenachází v dosahu lokální sítě objektu. Jádrem RPi 2 je 32 bitový procesor z rodiny AVR Cortex-A53 s čtveřicí jader s taktem 900 MHz. Disponuje operační pamětí 1 Gb a grafickým procesorem VideoCore IV. K dispozici jsou 4 USB porty 2.0, ethernetový adaptér, GPIO porty a slot pro microSD kartu, ze které je načítán OS. [11]



Obr. 3.1: Raspberry Pi 2 [12]

Pro počítač Raspberry Pi je na výběr široká škála operačních systémů, kdy jsou k dispozici jak univerzální OS, tak systémy připravené na míru nejrůznějším aplikacím. Raspberry tak může fungovat jako emulátor starých hracích konzolí nebo třeba multimediální systém pro televizi. V tomto případě je ale nainstalován univerzální OS Raspbian, který je odvozen z Debianu a je založen na Linuxovém jádru. Je to otevřený OS používaný primárně pro jednodeskové počítače z rodiny Raspberry Pi používající procesory ARM. Součástí Raspbianu je řada předinstalovaných aplikací. Jelikož je Raspbian určen primárně pro výuku programování, je i řada těchto aplikací určena k programování. K nejznámějším patří prostředí jako Python, Node-Red, Scratch a další. [11, 12]

K programování Raspberry Pi 2 jsem se rozhodl použít Node-RED, nástroj z dílny IBM, který je v Raspbianu již předinstalovaný. Je vhodný pro rychlé a jednoduché propojení hardwarových zařízení (senzory, Arduino, Raspberry PI atd.), aplikačního rozhraní a online služeb. Jedná se o otevřené grafické programovací prostředí, které pro naprogramování aplikace používá tzv. flow-based přístup. Chování celé aplikace se rozdělí do série uzlů ("nodes"), kde každý node zajišťuje předdefinovanou funkcionalitu. Jednotlivé uzly lze nastavit a libovolně propojit k dosažení výsledné funkce aplikace. Tak vzniká tzv. flow (datový tok) mezi jednotlivými uzly, který zajišťuje v případě Node-Redu internetový prohlížeč. Tento model vyniká svoji uživatelskou přívětivostí. Uživatelé mají navíc k dispozici širokou paletu funkčních bloků, kterou lze snadno rozšiřovat bez nutnosti psaní vlastního kódu. Jednotlivé uzly jsou psané v jazyce JavaScript a hotové datové toky pak lze přenášet či sdílet ve formě JSON (JavaScript Object Notation) souborů. Node-Red lze rozšířit i o nadstavbové moduly jako například dashboard. Dashboard je modul obstarávající

dodatečné funkce, pomocí níž můžeme vytvořit uživatelské prostředí. Máme k dispozici širokou paletu tlačítek, grafů a dalších prvků, se kterými můžeme systém v reálném čase sledovat a řídit. Jelikož Node-Red umožňuje interagovat externí aplikace a online služby, je možnost řídicí systém kontrolovat přímo přes RPi nebo vzdáleně z jiného zařízení přes web server. [11, 12, 13]

3.1 První spuštění Raspberry Pi 2

Prvním krokem při práci s Raspberry Pi 2 je příprava všech věcí, které budou potřeba ke spuštění. Jedná se o napájecí zdroj s výstupem 5 V a minimálně 2 A (záleží na spotřebě připojených zařízení) a koncovkou micro USB. Dále myš, klávesnice, monitor s HDMI kabelem a microSD kartu s OS. Nejprve je potřeba stáhnout archiv NOOBS (New Out Of the Box Software) z oficiálních stránek Raspberry Pi. Máme na výběr variantu offline nebo online instalace. Pokud nemáme k dispozici Wi-Fi adaptér je lepší zvolit off-line variantu. Archiv NOOBS poté stačí v PC rozbalit a vložit na paměťovou kartu. Po zapojení všech příslušenství se Raspberry samo zapne po připojení napájení. Po chvíli načítání nás uvítá obrazovka NOOBS, kde máme na výběr z OS Raspbian a LibreELEC. Pro mé potřeby je použit jen OS Raspbian. Po úspěšné instalaci OS nás uvítá plocha, kde můžeme pokračovat s instalací potřebných programů.[11]

3.1.1 Instalace Node-RED a jeho balíčků

Pro instalaci jakýchkoli programů na RPi je potřeba přístup k internetu. Pro bezdrátové připojení je nutné dokoupit Wi-Fi adaptér, proto je jednodušší RPi připojit k PC přes ethernetový kabel a v PC povolit sdílení internetu. Instalace programů i celý Raspbian se ovládá pomocí příkazů v příkazové řádce. Node-RED je již na Raspbianu předinstalovaný, ale je vhodné všechny programy aktualizovat na nejnovější verze pomocí příkazů:

```
sudo apt-get update
```

```
sudo apt-get upgrade
```

Nyní je vše aktuální a můžeme Node-RED poprvé spustit pomocí příkazu:

```
node-red-start
```

Příkazový řádek vypíše, zda spuštění bylo úspěšné a případně ukáže IP adresu, která byla RPi přidělena. Po vložení IP adresy do prohlížeče spustíme interface programu Node-RED. Aby nebylo nutné po každém spuštění OS spouštět Node-RED, je vhodné nastavit automatické spouštění příkazem:

```
sudo systemctl enable nodered.servic
```

Poslední věc, kterou budeme potřebovat pro práci s tímto programem, je modul dashboard, který je vhodný pro tvorbu uživatelského rozhraní. Modul nainstalujeme pomocí příkazu:

```
npm i node-red-dashboard
```

Změny se projeví až po restartu OS, který můžeme vyvolat příkazem:

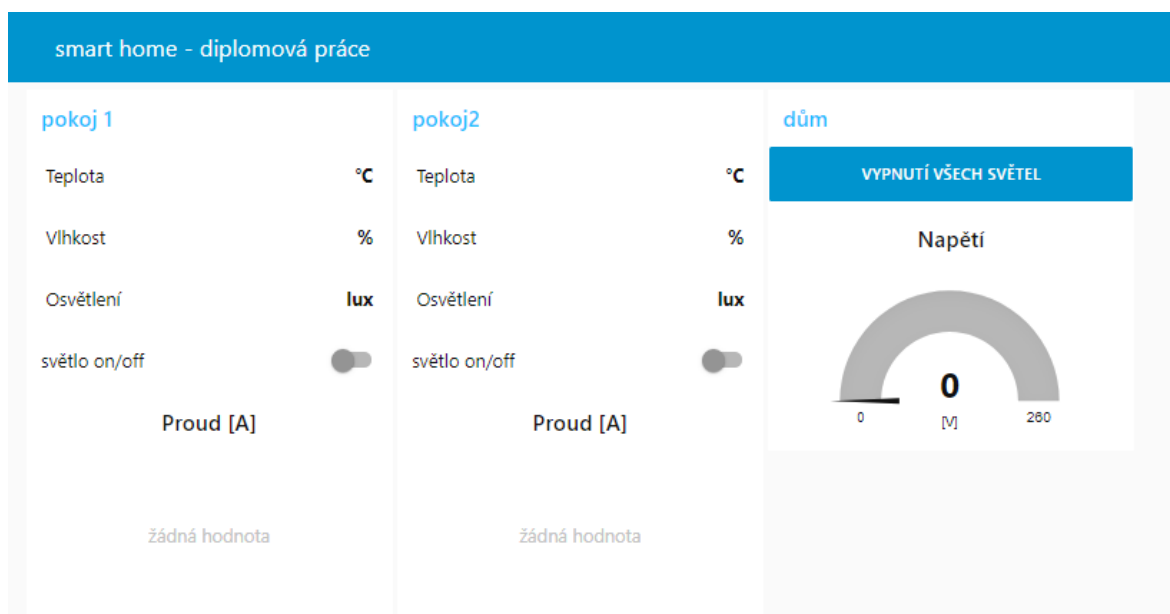
```
sudo reboot
```

Při úspěšné instalaci si můžeme všimnout nové palety nodů obsahující různé grafy a tabulky pro zobrazování aktuálních dat nebo celou řadu ovládacích prvků jako tlačítka, posuvník apod. Vytvořené uživatelské prostředí si můžeme zobrazit na adrese: <http://myIP:1880/ui>. Jelikož jsou ostatní potřebné balíčky v programu Node-RED již předinstalovány, je možné začít s programováním webové aplikace. [12, 13]

3.2 Uživatelské rozhraní

Za pomoci rozšíření dashboard v programu Node-RED je vytvořena webová aplikace, přes kterou je možné monitorovat stav celého systému. Jsou zde zobrazeny všechny změřené hodnoty a je možné pomocí tlačítek ovládat i jednotlivá světla. Aby bylo možné k webové aplikaci přistupovat, je nutné být zařízením připojený v domácí síti, kde je připojeno také RPi, které aplikaci poskytuje. Pokud by bylo potřeba přistupovat do aplikace i mimo domácí síť, bylo by nutné si zařídit veřejnou IP adresu u poskytovatele internetového připojení, na

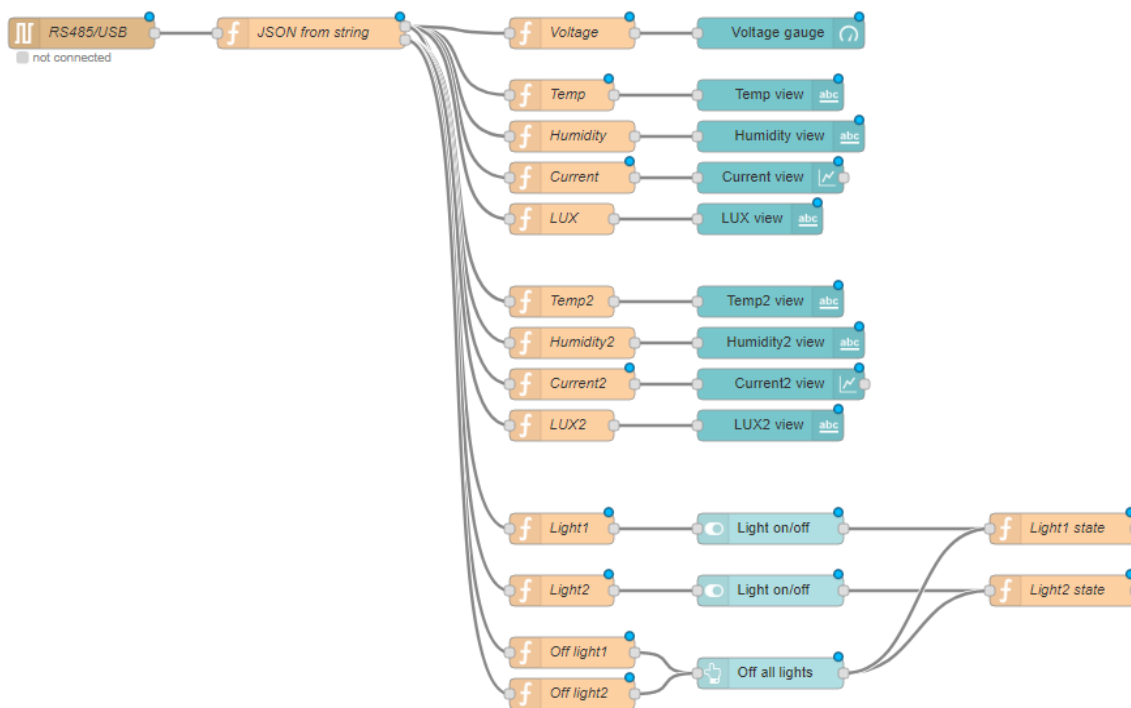
kteřou bychom se vzdáleně mohli připojit. Zároveň je ale potřeba dbát zvýšené bezpečnosti, aby nedošlo ke zneužití cizí osobou. Node-RED disponuje rozšiřujícími balíčky, které mohou být použity pro zabezpečení webové aplikace. Webovou aplikaci můžeme zabezpečit například přihlašovacími údaji potřebnými ke vstupu.



Obr.3.2: Webová aplikace k zobrazování dat a ovládání systému

3.3 Zpracování komunikace

Jelikož zprávy z ovládacích desek RPi přijímá jako dlouhý řetězec, bylo nutné zprávy vhodně zpracovat, aby bylo možné s daty dále pracovat. Node-RED je psaný v JavaScriptu, proto je přijatý řetězec převáděn do formátu JSON, který je dále v Node-REDu snadno zpracovatelný. [14]



Obr. 3.3: Zpracování zpráv z ovládacích modulů v programu Node-RED

3.3.1 JSON

JSON (JavaScript Object Notation) je otevřený standart formátu dat. V posledních letech je jedním z nejpoužívanějších formátů na výměnu dat mezi webovými aplikacemi a nahradil formát XML. Přestože je JSON odvozen z JavaScriptu, je jazykově nezávislý. Najdeme tak implementaci v PHP, Ruby nebo například v Pythonu. JSON používají i některé desktopové aplikace jako souborový formát – např. Google Chrome. Ve formátu JSON můžeme uložit datové typy:

- JSONString – textový řetězec
- JSONNumber – číslo (celočíslné nebo reálné)
- JSONBoolean – logická hodnota
- JSONNull – hodnota null
- JSONArray – datové pole
- JSONObject – objekt

Data ve formátu JSON tak mohou vypadat například takto:

```
[ { "ID": "A1", "Napětí": 220, "Proud": 50 },  
  { "ID": "A2", "Napětí": 50, "Proud": 87 } ]
```

Takto připravená data ve formátu JSON jsou již sama o sobě datovou strukturou připravenou k dalšímu zpracování. [14, 15]

3.3.2 Vytvoření dat formátu JSON

Data jsou ze sběrnice RS485 přijímána jako dlouhý řetězec a je nutné před zpracováním dat z řetězce vytvořit data ve formátu JSON. Node-RED disponuje nodem JSON, který dokáže konvertovat JavaScript objekty do JSON řetězce. Není schopný ale konvertovat řetězec, který je výstupem sériové linky. Bylo tak potřeba použít tzv. Function node, který je určen pro psaní vlastní funkcionality v JavaScriptu. [15]

```
1 var input =msg.payload;  
2 var res = {};  
3 var split1 = input.split(";");  
4 var ID = null;  
5 for(var i = 0; i < split1.length ; i++){  
6     var split2 = split1[i].split(":");  
7     if(split2[0] === "ID"){  
8         ID = split2[1];  
9         res[ID] = {};  
10    } else {  
11        res[ID][split2[0]] = parseInt(split2[1]) ? parseInt(split2[1]) : split2[1];  
12    }  
13 }  
14 node.log(typeof res);  
15 msg.payload= JSON.stringify(res);  
16 if(ID=="A1"){  
17     return [msg, null];  
18 }  
19 if(ID=="A2"){  
20     return [null, msg];  
21 }
```

Obr.3.3: Funkce konvertující řetězec na JSON (funkce JSON from string)

Vstupem funkčního nodu je řetězec přijatý od ovládacích modulů. Řetězec je v první fázi rozdělen do pole znaků pomocí funkce *split*, která rozdělí řetězec na základě středníku. Celé toto pole se dále zpracuje v cyklu *for*, kde se dále rozdělí na základě dvojtečky. Pokud je na prvním místě řetězce ID, dynamicky se vytvoří objekt uvnitř objektu *Res* s názvem

odpovídajícím ID zařízení, které zprávu poslalo. Do tohoto objektu jsou pak vložena data z řetězce odpovídající změřeným veličinám. Aby bylo s daty jednoduché pracovat, je před vložení dat do objektu ještě testováno funkcí *parseInt*, zda se jedná o číslo, a pokud ano, je řetězec konvertován do číselného typu. Posledním důležitým krokem funkce je funkce *JSON.stringify*, která JavaScript objekt konvertuje do JSON řetězce. U Function node je možné nastavit i více výstupů, do kterých je výstupní hodnota vracena. Proto se na konci funkce testuje ID, podle kterého je výsledek poslán na výstup 1 nebo 2. Data, která jsou například z jedné ovládací desky, nemusí tak zpracovávat funkce určené pro data z jiných desek. Po zpracování řetězce touto funkcí dostáváme následující JSON řetězec:

```
{“A1“:{“C“:200,“V“:230,“L“:400,“T“:23,“H“:68,“S“:“T“,“R“:“N“}}
```

Použití této funkce má výhodu zejména ve variabilnosti posílaného řetězce, kde je nutné dodržet jen pozici proměnné ID a použití středníku a dvojtečky k rozdělení řetězce. Pozice a množství ostatních proměnných a délka řetězce je již libovolná, to je výhodou při měření veličin, kdy může být výsledek různě dlouhý. Při posílání řetězce s více proměnnými by tedy nebylo nutné funkci zpracovávající zprávu editovat.

3.3.3 Zpracování dat

Díky vytvořenému JSON stringu je následná práce s daty velmi jednoduchá. Pro zpracování jednotlivých dat je vytvořena funkce, které jednotlivá data vyčtou. Příklad funkce je na *Obr. 3.4*.

```
1 p=JSON.parse(msg.payload);  
2 node.log(typeof p);  
3 msg.payload=p.A1.T;  
4 return msg;
```

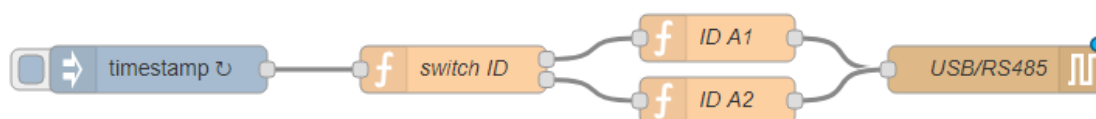
Obr. 3.4: Funkce zpracovávající JSON string (funkce Temp)

Příklad funkce přijme na vstup JSON string z ovládacího modulu s ID A1 a vypíše na výstup hodnotu teploty. Funkci můžeme různě editovat například k úpravě jednotek apod. Výstup tohoto nodu můžeme rovnou zobrazit pomocí dodatečné dashboard palety.

3.3.4 Odesílání dat

Aby nedocházelo ke kolizím při současné komunikaci více zařízení, bylo nutno komunikaci vhodně koncipovat. Proto ovládací moduly mohou vysílat pouze po přijetí zprávy s jejich ID. RPi vysílá jednotlivé zprávy s různými ID s periodou 0,2 s. Při rychlosti 57600bps trvá odeslat 10 bytovou a přijmout 40 bytovou zprávu přibližně 7 ms. Počítáme-li i se zpožděním mezi odesláním a přijetím zprávy, které procesor potřebuje na přípravu zprávy, může být časové okno mezi odesílanými zprávami 20 ms. Při připojení 25 zařízení a časovým oknem 20 ms by byla data ze všech ovládacích modulů aktualizována dvakrát za vteřinu. Po testování této frekvence aktualizace dat je systém stále dostatečně dynamický. Pokud by bylo potřeba připojit více zařízení nebo častěji aktualizovat data, je stále možné zrychlit komunikaci. Rychlost komunikace omezuje až budič MAX485, který disponuje maximální rychlostí 250 kbps.

Periodické odesílání zpráv je zajištěno uzlem timestamp, ve kterém lze nastavit libovolné periodické spouštění.



Obr. 3.5: Periodické odesílání zpráv z Raspberry Pi 2

Aby bylo možno odesílat každou periodu zprávu s jiným ID, byla napsána funkce používající čítač, který se každé spuštění inkrementuje. Podle hodnoty čítače se spustí funkce ID A1 nebo ID A2, které jsou na rozdílných výstupech funkce switch ID. Jelikož si jednotlivé nody ale neuchovávají svůj stav, používá Node-RED tzv. context, flow nebo global objekty. Objekty context se ukládají jen pro jednotlivý nody, flow objekty jsou známe pro celý flow a globalní objekty jsou známe pro celou aplikaci. Aby bylo možné použít funkci čítače pro funkci switch ID, byl použit objekt context, který se vždy na začátku funkce načte, inkrementuje a na konci funkce se opět uloží. Pro stav světel je použit naopak objekt global, aby se stavem bylo možné pracovat napříč celou aplikací.

Závěr

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout a realizovat funkční vzorek s ohledem na pokročilé funkce inteligentní domácnosti. Koncept byl směřován na zapojení v objektu, kde je elektroinstalace strukturována jako u objektu s běžnou elektroinstalací s rozdílem dodatečných datových kabelů vedoucích pod vypínače a zásuvky, které bude možné ovládat řídicím systémem prostřednictvím ovládacích modulů.

Pro vytvoření konceptu řídicího systému bylo potřeba navrhnout ovládací a sensorový modul, které jsou propojeny přes minipočítač Raspberry Pi 2. Ten obstarává řízení komunikace celého systému a zprostředkovává uživatelské rozhraní dostupné přes webovou aplikaci. Navržený ovládací modul byl primárně navržen pro ovládání osvětlení. Proto jsou výkonové obvody navrženy na maximální zatěžovací proud přibližně 3,5 A, který je dostačující pro spínání osvětlení. Zároveň byl ovládací modul navržen k ověření funkčnosti obou způsobů zapojení do sítě, proto jsou osazeny triaky T1-T3.

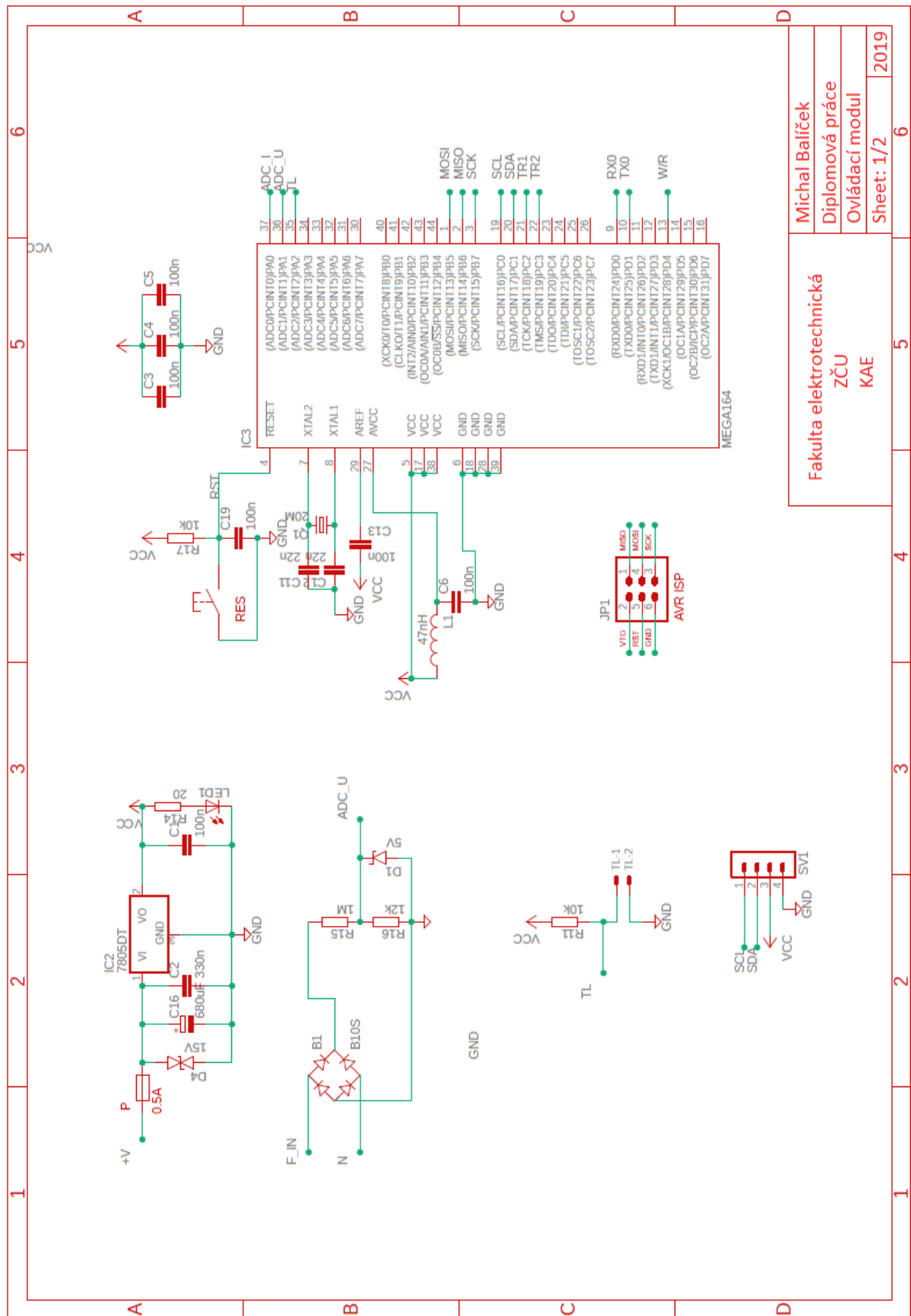
Navržený koncept je schopný ovládat osvětlení jak prostřednictvím nástěnných spínačů (přepínačů), tak přes webovou aplikaci. Dále umožňuje měřit napětí, proud, intenzitu osvětlení, teplotu a vlhkost, které následně zobrazuje ve webové aplikaci. Zároveň jsme prostřednictvím komunikace mezi jednotlivými moduly schopni dosáhnout rozšířené funkcionality, jako je například zhasnutí světel v celém objektu. Funkční koncept tak otestoval správnost navržení jednotlivých obvodů ovládací a sensorové desky a prokázal možnost jeho použití v reálném objektu. Jelikož však byly ovládací desky navrženy s ohledem na ověření zapojení větší, bylo by nutné před použitím desky zmenšit, aby mohly být umístěny do instalačních krabic, jak koncept předpokládal. Ovládací desky by bylo možné použít i pro jiné účely, než je ovládání světel. Bylo by však potřeba upravit i výkonovou část k zatížení většími proudy.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] VALEŠ, Miroslav. Inteligentní dům. 2.vyd. Brno, vyd. Brno: ERA, 2008.
- [2] ZEIDLER, Tomáš. Posouzení přínosů technologií domácnosti. Diplomová práce, České vysoké učení technické v Praze, Praha, 2015.
- [3] PRŮCHA, Jan. Chytré bydlení: Inteligentní dům [online]. Dostupné z: <http://www.insighthome.eu/Chytre-bydleni/>
- [4] Inteligentní budova (I). 2002. TZB-info [online]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1143inteligentni-budova-i>
- [5] KREJČÍK, Adam. 2014. Inteligentní osvětlení v chytrém domě. Můj Dům [online]. Dostupné z: http://mujdum.dumabyt.cz/rubriky/stavba/inteligentni-osvetleni-v-chytrém-dome_413.html
- [6] MEYER, Gordon. Smart Home Hacks Tips & Tools for Automating Your House. 1st ed. Sebastopol: O'Reilly Media, Inc, 2008.
- [7] Návrh PLC očima návrháře. Vyroj.hw.cz [online]. Dostupné z: <HTTPS://VYVOJ.HW.CZ/TEORIE-A-PRAXE/NAVRH-PLC-OCIMA-VYVOJARE-10-CAST-CPU.HTML>
- [8] Konverze mezi 5V a 3V logikou. Uart.cz [online]. Dostupné z: <https://uart.cz/253/konverze-mezi-5v-a-3v-logikou/>
- [9] What is the Internet of Things. Starproperty.my [online]. Dostupné z: www.starproperty.my/index.php/articles/property-news/what-is-the-internet-of-things/
- [10] PLUHAŘ, Jan. Inteligentní systémy obytných prostor. Diplomová práce, České vysoké učení technické v Praze, Praha, 2010.
- [11] Raspbian. Raspberrypi.org [online]. Dostupné z: <https://www.raspberrypi.org/downloads/raspbian/>
- [12] Node-RED install/upgrade. Nodered.org [online]. Dostupné z: <https://nodered.org/docs/hardware/raspberrypi>
- [13] Creating basic Node-RED Dashboard. Steves-internet-guide.com [online]. Dostupné z: <http://www.steves-internet-guide.com/node-red-dashboard/>
- [14] Working with messages. Nodered.org [online]. Dostupné z: <http://www.steves-internet-guide.com/node-red-dashboard/>
- [15] JSON: jednotný formát pro výměnu dat. Zdrojak.cz [online]. Dostupné z: <https://www.zdrojak.cz/clanky/json-jednotny-format-pro-vymenu-dat/>

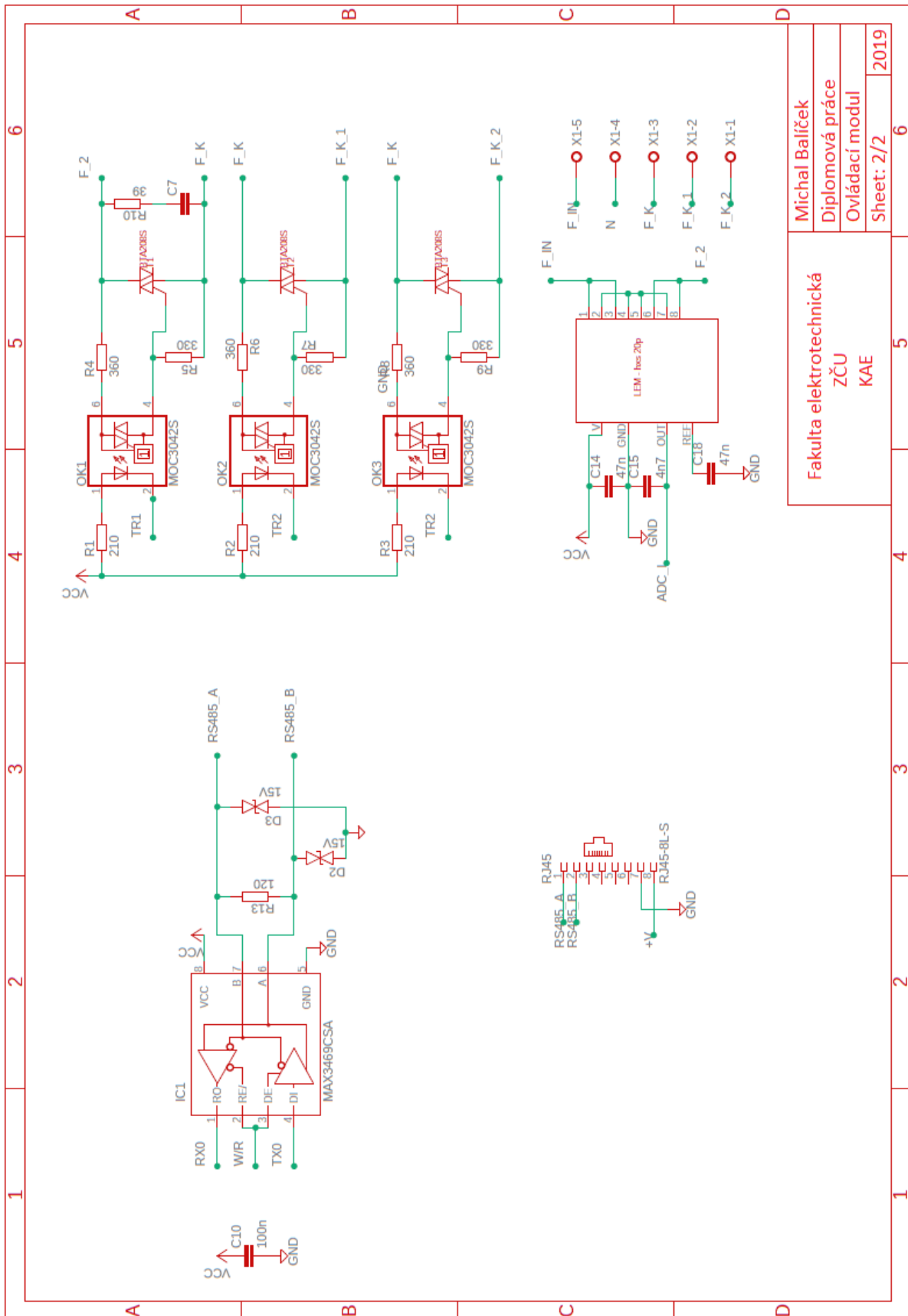
- [16] Triak. Wikipedia.org [online]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Triak>,
- [17] MOC3042 datasheet. Bristolwatch.com [online]. Dostupné z:
www.bristolwatch.com/pdf/moc3042.pdf
- [18] BTA208-600B datasheet. Mouser.com [online]. Dostupné z:
www.mouser.com/ds/2/302/BTA208-600B-350642.pdf
- [19] Design ovládacích panelů. Elektro.tzb-info.cz [online]. Dostupné z:
<https://elektro.tzb-info.cz/inteligentni-budovy/16264-design-ovladacich-panelu-chytreho-domu>
- [20] Hlasový asistent Google Home. Alza.cz [online]. Dostupné z:
<https://www.alza.cz/google-home-d4254706.htm>
- [21] Current Transducer HXS 20-NP. Farnell.com [online]. Dostupné z:
<http://www.farnell.com/datasheets/1719957.pdf>
- [22] BH1750 datasheet. Mouser.com [online]. Dostupné z:
<https://www.mouser.com/ds/2/348/bh1750fvi-e-186247.pdf>
- [23] SHT30 datasheet. Mouser.com [online]. Dostupné z:
www.mouser.com/ds/2/682/Sensirion_Humidity_Sensors_SHT3x_Datasheet_digital-971521.pdf
- [24] Transient voltage suppression diode. En.wikipedia.org [online]. Dostupné z:
https://en.wikipedia.org/wiki/Transient-voltage-suppression_diode

Příloha A3 – Elektrické schéma ovládacího modulu



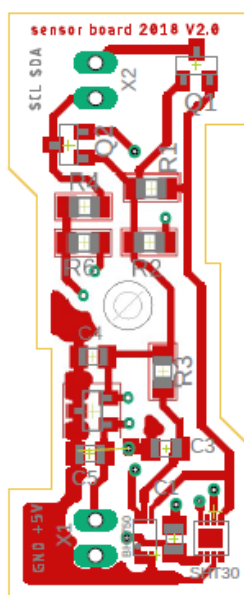
Fakulta elektrotechnická	Michal Balíček
ZČU	Diplomová práce
KAE	Ovládací modul
Sheet: 1/2	2019

Příloha A3 – Elektrické schéma ovládacího modulu

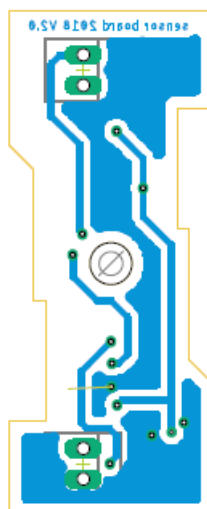


Fakulta elektrotechnická		Michal Balíček	
ZČU		Diplomová práce	
KAE		Ovládací modul	
Sheet: 2/2		2019	

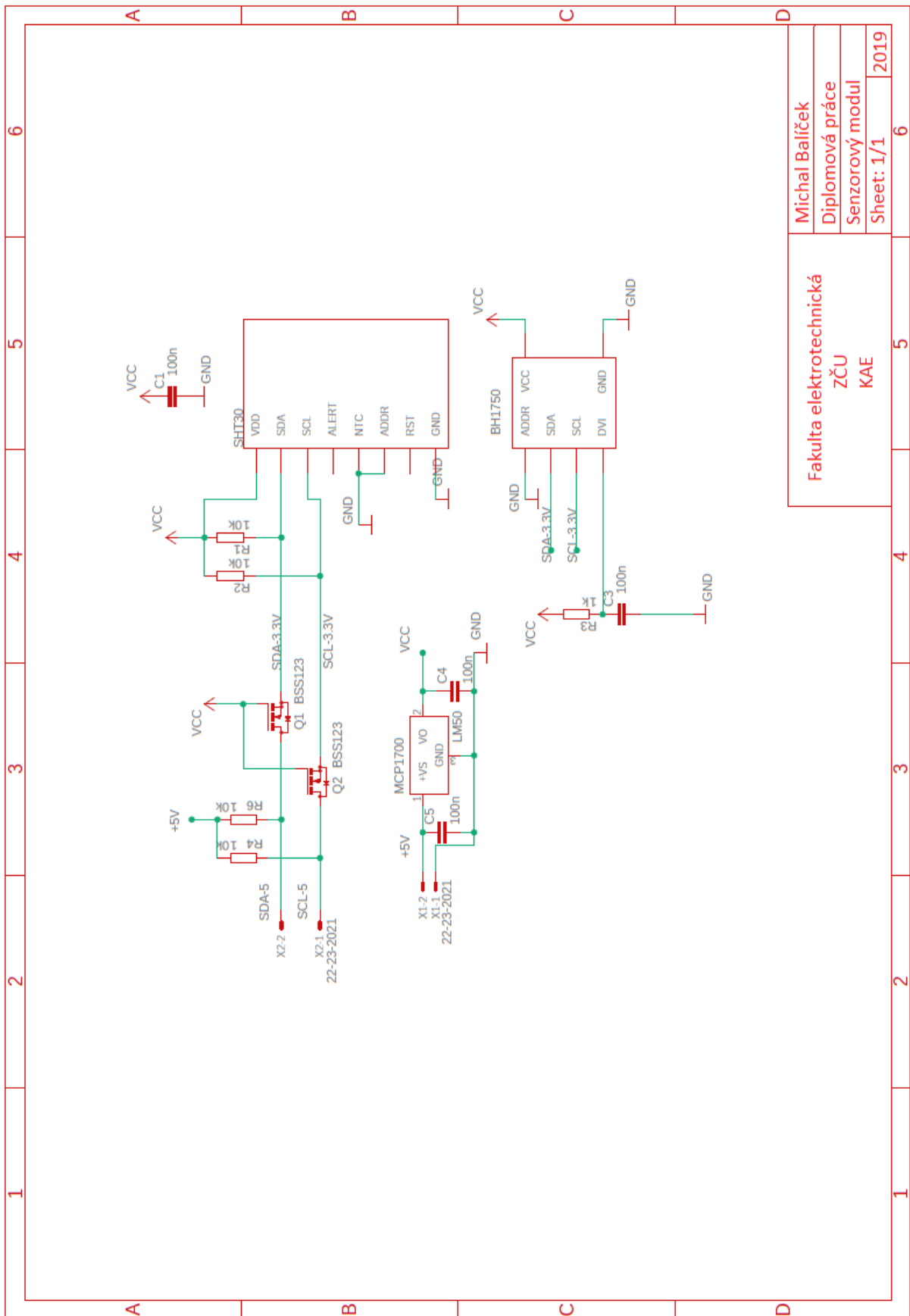
Příloha B1 – Návrh DPS sensorového modulu a rozmístění součástek – horní strana.



Příloha B2 – Návrh DPS sensorového modulu a rozmístění součástek – dolní strana.



Příloha B3 – Elektrické schéma senzorného modulu



Fakulta elektrotechnická		Michal Balíček
ZČU		Diplomová práce
KAE		Senzorový modul
Sheet: 1/1	6	2019