

Mendelova univerzita v Brně
Provozně ekonomická fakulta

Návrh a výroba modulů pro model inteligentního domu

Bakalářská práce

Vedoucí práce:
Ing. František Ostřížek

Roman Jámboř

Brno 2016

Zadání BP.

Děkuji svému vedoucímu práce Ing. Františku Ostřížkovi za pochopení, vytrvalost a čas, který mi při tvorbě práce věnoval.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci: **Návrh a výroba modulů pro model inteligentního domu**

vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 Autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity o tom, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Uherském Hradišti dne 13. května 2016

.....

Abstract

Jámbor, R. Design and Production of Modules for Smart Home Model. Bachelor thesis. Brno, 2016.

Bachelor thesis deals with design and implementation of home automation. The goal is to design modules for home automation and create a model of a house where the modules will be used. The theoretical part describes the problem of smart homes and their connection with passive houses. It also focuses on existing systems of home automation and describes commonly used modules. The thesis focuses on the elements and the technology needed to control and regulate electrical installations and their usage to implement own modules. One chapter deals with measuring idle consumption of electrical equipment. The conclusion summarizes created solutions and compare them with existing systems.

Keywords: smart home, home automation, control, electrical installation, control modules, regulation

Abstrakt

Jámbor, R. Návrh a výroba modulů pro model inteligentního domu. Bakalářská práce. Brno, 2016.

Bakalářská práce se zabývá návrhem a implementací domácí automatizace. Cílem práce je navrhnout moduly pro domácí automatizaci a vytvořit model domu, kde budou následně moduly použity. Teoretická část práce popisuje problematiku inteligentních domů a jejich spojitost s pasivními domy. Dále se zaměřuje na existující systémy pro domácí automatizaci a popisuje běžně používané moduly. Samotná práce se zaměřuje na potřebné prvky a technologie nutné k ovládní a regulaci elektroinstalace a jejich využití při implementaci vlastních modulů. Jedna kapitola se zabývá měřením spotřeby nečinných elektrických zařízení. V závěru práce je shrnuto vytvořené řešení a porovnáno s existujícími systémy.

Klíčová slova: inteligentní dům, domácí automatizace, řízení, elektroinstalace, řídicí moduly, regulace

Obsah

1	Úvod a cíl práce	3
1.1	Úvod	3
1.2	Cíl práce	3
2	Problematika inteligentních domů	5
2.1	Nízkoenergetické a pasivní domy	5
2.2	Inteligentní dům	7
3	Existující systémy pro inteligentní dům	9
3.1	iNELS	9
3.2	Loxone	9
3.3	Insight Home	10
3.4	Somfy	10
3.5	Control4	12
4	Používané moduly	13
4.1	Vytápění	13
4.2	Osvětlení	14
4.3	Stínící technika	14
4.4	Zabezpečení	15
4.5	Audio	15
5	Elektroinstalace	17
5.1	Klasická	17
5.2	Inteligentní	17
6	Základní prvky pro realizaci	19
6.1	MCU	19
6.2	Tranzistory	19
6.3	Triak	19
6.4	Relé	20
6.5	PWM	20
6.6	Senzory	21
7	Model	23
7.1	Použitý software	23
7.2	Dispozice	23
7.3	Elektroinstalace	25
7.4	Zhotovený model	25

8	Použitá řídicí jednotka	29
8.1	Popis řídicí jednotky	29
8.2	Uživatelské prostředí	29
8.3	Komunikace s moduly	30
9	Moduly	33
9.1	Použitý software	33
9.2	Výroba DPS	33
9.3	Společné části programu pro mikrokontroléry	33
9.4	Reléový modul	34
9.5	Světelný modul	38
9.6	Modul pro elektrické vytápění	42
9.7	LED modul	44
10	Spotřeba nečinných elektrických zařízení	49
10.1	Měřicí aparatura	49
10.2	Měření	49
10.3	Rozbor	50
11	Zhodnocení	51
11.1	Shrnutí	51
11.2	Diskuse	51
11.3	Závěr	52
12	Reference	53
	Přílohy	56

1 Úvod a cíl práce

1.1 Úvod

V dnešní době jsou trendem inteligentní zařízení, která mají člověku usnadňovat jeho práci a šetřit tak jeho čas i peníze. Ovšem nejsou to jen chytré telefony, hodinky a jiné běžné věci, které si člověk pod pojmem chytré zařízení hned vybaví. Již několik let se stavějí celé inteligentní budovy, které obsahují spoustu zařízení, která dohromady tvoří jeden inteligentní celek. Tyto inteligentní budovy mají svému majiteli zvyšovat komfort bydlení, zajistit mu bezpečnost, zábavu, ale hlavně také úspory.

Na inteligentní domácnosti existují dva různé pohledy. Jeden pohled je ten, který vytvářejí média. V různých prezentacích lze vidět to samé jako v některých sci-fi filmech. Lze vidět digitální domácnost, kterou může člověk ovládat přes svůj chytrý telefon, domácnost, se kterou si může hrát. Je to moderní vylepšení. Všechny inteligentní systémy budov tyto funkce nabízejí, ale není to jejich hlavní podstata. Až s odstupem času majitel ocení pravý přínos inteligentní domácnosti, který spočívá právě v té inteligenci, kdy dům dělá vše za jeho majitele, a to podle jeho zvyků. Dělá i to, na co majitel zapomíná. Je to jednoduše systém, který si vše hlídá, všechny procesy optimalizuje a šetří svému majiteli čas a peníze. To je druhý a správný pohled.

1.2 Cíl práce

Cílem této práce je vytvoření fyzického modelu inteligentního domu, který bude obsahovat skutečnou funkční elektroinstalaci a všechny inteligentní prvky, které by měl inteligentní dům obsahovat. Součástí práce je návrh a výroba těchto elektroinstalačních inteligentních prvků, které budou spolupracovat s již existující řídicí jednotkou CoolHome.

2 Problematika inteligentních domů

Inteligentní domácnosti jsou rychle se rozvíjejícím oborem. V dnešní době je to světový trend, který však do České republiky přichází v porovnání k ostatním zemím Evropy značně pomaleji.

Za rozmach inteligentních domů může hlavně požadavek na snižování energetických nároků budov i elektrických zařízení obecně. Příčinou toho je finanční situace a stav životního prostředí. Tento tlak veřejnost nutí se přizpůsobit a hledat způsoby jak šetřit energiemi a tím šetřit životní prostředí.

Jednou z odpovědí je stavba nízkoenergetických a pasivních budov, které využívají hlavně přírodní zdroje energie. Jde o budovy s kvalitním zateplením a tedy nízkým prostupem tepla, kdy skoro není potřeba budovy vytápět, protože jejich tepelné úniky jsou minimální, a to hlavně v domech pasivních.

Pasivní domy využívají pro své vytápění teplo, které vychází z lidí, spotřebičů a hlavně ze slunečních paprsků, které prostupují okny. Tím je také dán fakt, že všechny pasivní domy musí být orientovány na jih, avšak v letním období tak dochází k nechtěnému přehřívání interiéru. Přehřívání je možné zabránit několika způsoby, ale jeden z nejúčinnějších je volba venkovních žaluzií, které při správném naklonění odstíní velkou část tepla, a i přes to propustí dostatek světla. Problémem tohoto typu stínění je však správné nastavení lamel, které se s pohybujícím sluncem mění. Proto se v pasivních domech používá inteligentní řízení žaluzií, které to udělá za majitele.

A není to jen řízení žaluzií, které se v pasivních domech používá. Aby nedocházelo k únikům tepla lidským přičiněním, je třeba hlídat otevřená okna a dveře. Pro výměnu vzduchu a větrání se používají větrací systémy s rekuperací tepla, které je také potřeba řídit (nejlevnější varianty nemají senzory, jejich obsluha proto probíhá manuálně), protože pasivní domy musí splňovat i parametr neprůvzdušnosti, kvůli kterému mohou vznikat dýchací obtíže u obyvatel domu, pokud není zajištěno kvalitní větrání.

Dále je třeba ovládat tepelná čerpadla, solární panely a jiné technologie, které pomáhají šetřit životní prostředí. Navíc jsou zde i prvky, které zvyšují komfort bydlení a přidávají i zábavu v podobě multimédií, řízení scén osvětlení a mnoho dalšího.

2.1 Nízkoenergetické a pasivní domy

Tato podkapitola popisuje nízkoenergetické a pasivní budovy a vysvětluje, proč se zrovna pro ně vyplatí pořízení inteligentního systému. Nízkoenergetický a pasivní dům je v základu podobný. Jedná se o dva standardy, kdy pasivní varianta je vylepšenou nízkoenergetickou. Budoucí text zmiňuje spíše pasivní variantu, avšak platí pro obě.

Aplikace inteligentních systémů pro nové a rekonstruované domy

Inteligentní systémy nejsou určeny jen pro nízkoenergetické a pasivní domy, může je mít ve svém domě naprosto každý a na typu domu vážně nezáleží. Jenže právě nízkoenergetické a pasivní domy přináší nové problémy, které se v běžných domech příliš neřeší nebo spíše nemá cenu je příliš řešit, protože to přináší jen vysoké náklady za malý zisk. Příkladem toho je zejména vytápění, na kterém chceme ušetřit. Inteligentní systémy nám umožňují chytře řídit vytápění, díky čemuž lze ušetřit nemalé částky. Avšak právě u naprosto obyčejných starých nezateplených domů se nevyplatí tento systém pořizovat. V zimě u takových domů běží kotel bez přestávky, a tak není vlastně co regulovat. Jistě by zákazník něco ušetřil, pokud by si chytrý systém pořídil, ale návratnost takové investice je mnoho let.

Co už nezáleží na typu domu, je třeba osvětlení. Jeho regulací a časováním lze podle společnosti iNELS (iNELS, 2015) snížit náklady na elektřinu až o 30%. Úspora však není jediná věc, kterou inteligentní systémy přináší. Přináší také zábavu, zabezpečení a jiné prvky zvyšující komfort bydlení. Tyto prvky mohou být použity ve kterémkoliv domě, ale nejsou to zrovna věci, které by normální uživatel potřeboval.

Pasivní dům

Pasivní dům je obecně označení pro domy, které splňují uznávané standardy Passivhaus Institutu v Darmstadtu (Passive House Institute, 2015). V zásadě jsou to tři podmínky, a to měrná roční spotřeba tepla na vytápění je menší než 15 kWh/m^2 za rok, neprůvzdušnost obálky budovy n50 (intenzita výměny vzduchu při referenčním tlakovém rozdílu 50 Pa) a celková spotřeba primární energie spojená s provozem budovy včetně domácích spotřebičů je nižší než 120 kWh za rok.

Tyto hodnoty jsou tak nízké, že je nutné pro jejich splnění s nimi počítat už ve fázi návrhu a být důsledný v jejich provedení stavební firmou. Při špatném provedení je chyba odhalena zkouškou neprůvzdušnosti. Také po kontrole termální kamerou lze vidět velké množství tepelných mostů, které způsobují ochlazování interních částí stěn, na kterých se následně tvoří plísň. Při stavbě pasivního domu se tedy musí dávat velký pozor, aby na sebe vše přiléhalo. Na vyplňování dutin či maltování větších ploch je třeba použít speciální termoizolační maltu. Pro okna je třeba ve stěně vytvořit drážku po celém obvodu okna a tuto drážku vyplnit speciálním materiálem, který zamezí vzniku tepelných mostů kolem okenního rámu. A v neposlední řadě je zde zateplení stěn a také střechy. Stěny se zateplují v posledních letech hlavně speciálním šedým polystyrenem, který má lepší izolační vlastnosti. Šířka zateplení se pohybuje v rozmezí 20–30 cm (Centrum pasivního domu, 2015a). U střech bývá izolace tlustá i 50 cm. Hlavně se nesmí zapomenout na parobrzdnou fólii a při její aplikaci je třeba dbát zvýšené pozornosti, protože nesmí dojít k jejímu porušení. Za zmínku stojí také postup pro montáž věcí na fasádu. Pokud chcete na omítku například připevnit světlo, nemůžete jej normálně přišroubovat do omítky, protože šroub by vedl do omítky chlad a vytvořil by tepelný most. Je třeba vyříznout polysty-

ren a díru vyplnit speciálním materiálem, který vytvoření mostu zabrání (ISOVER, 2016).

Systém pro řízené větrání s rekuperací tepla

Čistá kvalitní stavba je základ pro pasivní dům, ale to není vše. V dalších fázích stavby je stále dost práce, které se musí věnovat pozornost. Hlavně zde jde o parametr neprůvzdušnosti. Pasivní dům nemůže mít otevřený krb. Problém je i kuchyňská digestoř, která nemůže mít obyčejné potrubí rovnou vyvedené ven z domu. Je třeba využít recirkulační digestoř nebo je třeba zvolit jiný postup, který nezpůsobí únik vzduchu z domu.

Kvalitně postavený pasivní dům by měl být utěsněn tak, že po pár dnech bez správného větrání může dojít ke snížení hladiny kyslíku a zhoršení kvality ovzduší, což může mít za následek dýchací obtíže a nemoci. Ta samá situace může nastat i s použitím větracího systému, ale pouze pokud bude obsluhován manuálně. Proto se zde hodí mít inteligentní systém, který měří kvalitu vzduchu a větrá podle potřeby (TZB-info, 2011).

Vytápění

Pasivní domy jsou stavěny tak, aby nároky na vytápění byly minimální. Za celý rok se v pasivním domě topí možná tak jeden nejchladnější měsíc a i bez vytápění by teplota neměla klesnout pod 16°C. Po zbytek roku se pro vytápění používá:

- teplo vyzařované člověkem (Podle různých zdrojů je to přibližně 80W),
- teplo vyzařované spotřebiči – lepší stolní počítač má v dnešní době zdroj o příkonu cca 400 W,
- a hlavně teplo ze slunečních paprsků.

Aby byl příjem tepla ze slunce dostatečný, bývají pasivní domy často orientovány na jih a právě na jižní straně jsou hodně prosklené. Aby nedocházelo k přehřívání v teplejší dny, hlavně tedy v létě, je třeba k oknům použít venkovní žaluzie, díky kterým je možné pustit jen tolik tepla, kolik právě chceme a přitom stále udržet v místnostech dostatečné světlo. Zde nastupuje opět inteligentní systém, který si hlídá pozici slunce a jeho intenzitu a dle těchto parametrů řídí žaluzie tak, aby bylo v místnostech dostatek světla a požadovaného tepla.

2.2 Inteligentní dům

Inteligentní dům je označení pro dům, ve kterém je použit systém domácí automatizace, u kterého se ve většině případů pouze plní předem stanovené posloupnosti příkazů pro konkrétní situaci. Je to seskupení dílčích modulů pro ovládání či řízení různých zařízení v domě, které jsou určeny pro ulehčení práce obyvatel domu a k šetření jejich času a peněz.

3 Existující systémy pro inteligentní dům

Na českém trhu se pohybuje několik firem, které nabízejí kompletní řešení domácí automatizace. Většina firem však pouze přeprodává a montuje moduly, které převzali od zahraničních firem a jejich business je překlad obslužných aplikací. Jsou zde však i čistě české firmy, které vyvinuly všechny, nebo alespoň většinu, prvků samy a využívají jen některou ze zahraničních technologií.

3.1 iNELS

iNELS je řešení inteligentní elektroinstalace od české společnosti ELKO EP, která je na trhu již 22 let, má pobočky po celé Evropě a exportuje do více než 60 zemí celého světa. Jejich systém iNELS je na trhu již 7 let, ale až v roce 2014 to byl jejich klíčový produkt.

Základem systému iNELS je centrální jednotka CU3-2M (CU3-1M) se sběrnici CIB (Common Installation Bus). Centrální jednotka je master zařízení, které zprostředkovává komunikaci mezi uživatelským prostředím a zařízeními připojených na sběrnici. Centrální jednotka se připojuje k počítačové síti pomocí klasického konektoru RJ45, skrze který se provádí parametrizace zařízení nebo jej lze využít pro zobrazení rozhraní na počítači a to i skrze internetový prohlížeč.

Sběrnice CIB byla vytvořena společností Teco a.s., která spolupracuje se společností ELKO EP na systému iNELS. Sběrnice CIB se vyznačuje jednoduchou instalací, neboť využívá pouze dvoudrátového spojení, které zprostředkovává komunikaci i napájení. Sběrnici lze libovolně větvit, nelze však použít kruhové zapojení. Komunikace probíhá v režimu master-slave, kdy každý master může obsluhovat maximálně 32 slave zařízení. Nominální napětí sběrnice je 24V, ale doporučuje se použít napětí 27V, protože mohou být na sběrnici připojeny zařízení s akumulátorem (24V), který zajišťuje provoz při výpadku elektrické energie (ELKO EP, 2015).

3.2 Loxone

Společnost Loxone je původem z Rakouska. Byla založena v roce 2009 a od roku 2010 masově produkuje své Miniservery. V Česku má svou pobočku a má zde i spoustu registrovaných partnerů, kteří jejich systém montují (Loxone, 2015).

Jejich Miniserver je obdobou centrální jednotky od společnosti iNELS, jsou k dostání i za podobnou cenu. Na Miniserver lze však bez rozšíření připojit pouze 24 zařízení z toho je polovina pouze vstupních a polovina pouze výstupních. Také jej lze připojit k LAN síti a zobrazit si tak jeho rozhraní. Pro komunikaci využívá sběrnici KNX (Konnex), která je sjednocením několika systémů. K tomuto sjednocení došlo v roce 1999, kdy byly sdruženy systémy:

- Batibus (Francie)
- EIB (European Installation Bus, Belgie)

- EHS (European Home Systems, Nizozemsko)

Tato sběrnice je využívána po celém světě a existuje pro ni spousta hotových zařízení. Pracovní napětí je 24V. Pro spojení používá kroucenou dvoulinku.

3.3 Insight Home

Výhradně česká firma založená Janem Průchou, který byl původně programátor ve společnosti LANGMaster. Insight Home nevyrábí žádné vlastní komponenty, firma se sama na webu označuje za systémového integrátora. Jejich základním stavebním kamenem je centrální jednotka od společnosti AMX, která je leaderem automatizace v USA. Instalují však i prvky KNX a v posledním roce také prvky od společnosti Creston. Insight Home nikde neuvádí, co konkrétně používají, co instalují a jaká je cena jejich varianty inteligentního domu. V jedné prezentaci (Jan Průcha, 2012) přímo Jan Průcha říká, že jejich řešení je drahé a nedovolují si tedy cenu prezentovat. Průměrná cena jejich instalace jsou 3 mil. korun. Řídící jednotka od AMX stojí přibližně 70 000 Kč.

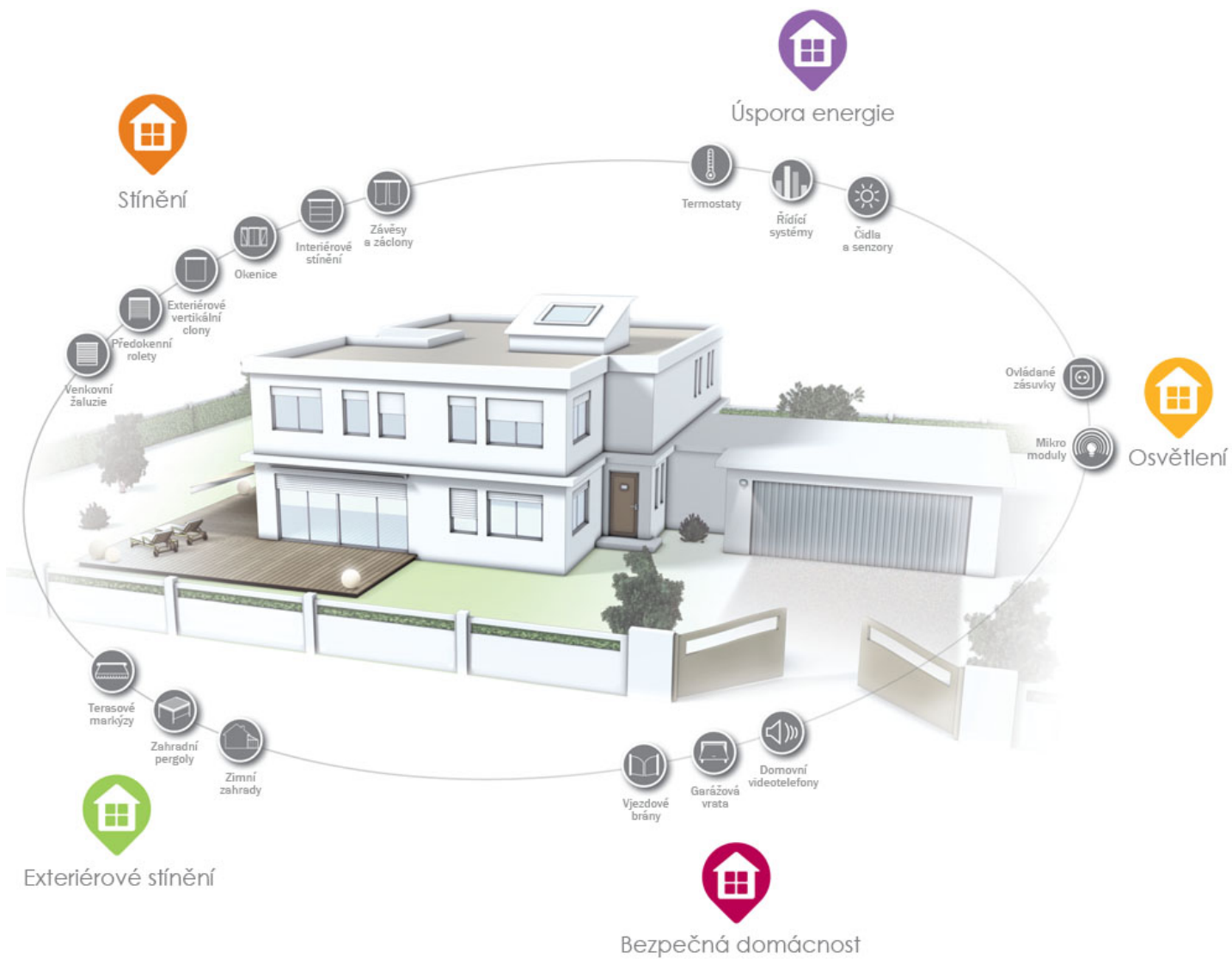
Insight Home má však dobrou prezentaci. Vychází velké množství článků v časopisech, které prezentují inteligentní dům od této společnosti. Také česká televize natočila několik rozhovorů s Janem Průchou a ukázala všechny možnosti jejich řešení. Díky tomu nemá společnost o zákazníky nouzi. Společnost se v posledních letech dostává také na Slovensko, do Polska a Ruska. Za rok 2015 obdrželi cenu Českých 100 Nejlepších (Insight Home, 2015).

3.4 Somfy

Společnost Somfy byla založena již před 45 lety ve francouzském městečku Cluses jako výrobce a dodavatel řízení a pohonů pro vjezdové brány, garážová vrata, žaluzie markýzy, předokenní rolety a interiérové stínění. Společnost se tedy původně vůbec domácí automatizací nezabývala. Společnost má zastoupení v 60 zemích světa a má celkem přes 8400 zaměstnanců. Somfy je jedničkou v oboru stínící automatizované techniky, kdy jejich obrat ročně dosahuje výše jedné miliardy eur. Česká pobočka byla založena v roce 1996 a má sídlo v Praze.

Základem jejich systému pro inteligentní domácnost je řídicí jednotka Tahoma, jejíž parametry nejsou nikde uveřejněny, neboť se jedná o firemní know how. Z jejich katalogu lze zjistit cena této jednotky, která činí něco málo přes 12 000 Kč, stejně jako řídicí jednotky od společností iNELS a Loxone. Dále lze z katalogu zjistit, že je jednotka napájena přímo ze sítě 230V a komunikuje jen bezdrátově na radiových frekvencích 868 MHz a 433 MHz.

Somfy má pro domácí automatizaci kolem sta zařízení, viz obrázek 1. Všechna zařízení fungují samostatně. Po zapnutí řídicí jednotky Tahoma se postupně začnou zařízení připojovat a poté je možné s nimi pracovat ručně přes web či chytré zařízení s iOS nebo Android (Somfy, 2015).



Obrázek 1: Zařízení propojitelné se systémem TaHoma®
 Zdroj: <https://www.somfy.cz/produkty/automatizace-domacnosti/tahoma>

Výhodou, nebo spíše lákadlem, může být fakt, že se Somfy orientuje hlavně na výrobu motorů, bran, garážových vrat a stínící techniky. Mají s tím tedy zkušenosti a jejich inteligentní zařízení budou pracovat přímo s jejich stínící technikou. Nejedná se tedy o spojování výrobků více firem.

3.5 Control4

Společnost byla založena v roce 2003 a její sídlo je v Salt Lake City. Své hlavní pobočky má v anglickém Yorku, čínském Šanghaji, indickém Bengalúru a kalifornském San Jose. Poskytují automatizované řešení na míru pro domy, firmy, hotely, restaurace a sportbary. V ČR je 17 dealerů, kteří montáž systému Control4 provádějí. Všechno jsou to společnosti s vlastním jménem a u mnoha z nich není na první pohled patrné, že instalují tento systém.

Základním prvkem Control4 je řídicí jednotka. Společnost nabízí hned dvě a to HC-250 a HC-800. HC-250 je menší a je určena pro dvě až tři místnosti. HC-800 je pak pro větší byty a domy, přesto obsahuje pouze 4 kontakty a 4 relé. Pro rozšíření slouží IO Extender, který přidá dalších 8 kontaktů s 8 relé. Součástí řídicí jednotky HC-800 je však i audio pro čtyři samostatné zóny. Bohužel jeho cena je přibližně 50 000 Kč, a to právě kvůli vestavěnému audiu, které nachází uplatnění pouze ve specifických případech.

Řídicí jednotka obsahuje dvoujádrový procesor 1,8 GHz, který slibuje plynulou odezvu všech komponent. Jak již bylo zmíněno, obsahuje 4 audio porty, 2 analogové, 1 digitální a 1 HDMI. I/O lze kontrolovat pomocí IR, RS232, IP a ZigBee. Rovněž je integrovaná WiFi a ZigBee. Lze připojit i HDD přes eSATA či USB jako úložiště pro média, řídicí jednotka tedy slouží i jako datové úložiště. Poskytuje i HDMI výstup, díky kterému je možné řídicí jednotku připojit k televizoru, přes který je možné ji ovládat.

Control4 má i vlastní operační systém, který je instalován na řídicí jednotky a může být nainstalován i na tablety, které se tak stanou čistě ovladači pro inteligentní dům (Control4, 2015).

4 Používané moduly

Tato kapitola popisuje jednotlivé moduly inteligentních systémů, ze kterých se skládají kompletní systémy většiny společností. Každý modul může mnohdy fungovat samostatně, ale jen v omezené míře. Tyto moduly fungují nejlépe v celku, kdy si předávají informace a navzájem se doplňují.

4.1 Vytápění

Moduly pro vytápění jsou jedním ze základních prvků, které mohou přinášet úsporu. V zásadě se dají rozdělit na dva druhy. Systémy určené pro klasické vytápění, kde se využívá voda jako přenosné médium tepla, nebo elektrické vytápění, kde elektřina přímo ohřívá rohože elektrického podlahového vytápění, nebo jiný prvek, který přímo vyzářuje teplo.

Princip regulace klasického vytápění spočívá ve spínání kotle – či jiného tepelného zdroje – a regulaci radiátorů nebo jiných prvků, které teplo vyzářují. Pokud je třeba dům vytopit, systém zapne kotel. Sensory hlídají teplotu v každé místnosti samostatně. Jakmile se teplota v místnosti přiblíží té požadované, radiátor se vypne; dojde k uzavření ventilu. Zdroj tepla dodává stále stejné teplo do oběhu. Pokud se některý z radiátorů uzavře, půjde do ostatních radiátorů více tepla a k vytopení ostatních místností dojde dříve. Jak teploty v místnostech dosahují požadovaných teplot, radiátory se vypínají. Jakmile dojde k uzavření všech radiátorů, tepelný zdroj se vypne také. Pokud někde klesne teplota, tepelný zdroj se opět zapne společně s daným radiátorem a během chvilky teplotu zpět dorovná. Takto se proces stále opakuje. (Jiří Bartusek, 2012)

Výhodou takového přístupu je, že v každé místnosti bude požadovaná teplota a nebude v žádné místnosti docházet ke zbytečnému přetápění kvůli jedné chladnější místnosti. Lze toho teoreticky dosáhnout i manuálním nastavováním ventilů, ale v praxi to není takřka možné.

U elektrického vytápění stačí regulovat vstupní napětí. Například elektrické rohože jsou moderní záležitostí a už v základu obsahují elektroniku na řízení, takže zde nemají inteligentní moduly takové opodstatnění.

Pravdivost tvrzení, že díky inteligentní regulaci lze ušetřit, je podpořeno výrobcí i přes nastavení denních cyklů domu a jejich užití, které může tyto úspory vyrovnávat. Pokud dojde k přetopení místnosti, jsou to zbytečné finance navíc za zbytečné topení. Ale tohle teplo se v místnosti udrží a není zase potřeba topit delší dobu. Pokud naopak inteligentní systém sníží teplotu v místnostech, když v domě nikdo není nebo když obyvatelé spí, stejně musí systém k ránu ztráty přes noc dohnat, takže stejně k úsporám nedojde. Tohle tvrzení potvrzuje i Jan Průcha (Jan Průcha, 2012), který říká, že inteligentní dům má tak malé úspory, že návratnost v podstatě není.

Společnost iNELS uvádí, že úspora při vytápění je opravdu až 30% a v jednom článku (FeedIT.cz, 2014) je i příklad dvou bytů, u kterých se ušetřilo přibližně 30%, a návratnost investic byla spočítána na dobu tří let.

K úsporám může dojít v případě, kdy například místo 22°C bude vytápěno pouze na 21°C. Celkově se tak sníží náklady vydané na jeden stupeň celsia. Systém tedy ušetří na úkor sníženého pohodlí. Systém může také zabránit stálému přetápění, kdy má například majitel špatně nastaveny hlavice radiátorů. Pokud u něj dojde k subjektivnímu pocitu horka, s největší pravděpodobností sníží teplotu vyvětráním, tím však dojde ke zbytečným tepelným ztrátám. Zde nám systém pomůže ušetřit, protože takovému přetopení zabrání a pokud dojde k otevření oken, radiátory automaticky vypne.

4.2 Osvětlení

Osvětlení je další věcí, díky které se dá ušetřit. Moduly pro osvětlení se skládají z regulace samotného osvětlení, kdy je možné nastavit libovolný jas – tedy úroveň svitu světla –, a senzorů, které snímají intenzitu osvětlení v místnostech. Systém sám nastaví úroveň světla tak, aby bylo světlo dostatečné a zbytečně prostor nepřesvěcovalo. Na regulaci osvětlení tedy dojde k opravdovým úsporám. Systém také obsahuje senzory pohybu či senzory přítomnosti, na jejímž základě může systém světla automaticky rozsvěcovat i zhasínat. Takový systém zvyšuje komfort a snižuje náklady na elektřinu vynaloženou ke zbytečnému svícení (iNELS, 2015).

Nejsou to pouze úspory, co řízení osvětlení přinese, ale i pohodlí a možnost navodit libovolnou atmosféru. Každý inteligentní systém umožňuje vytvářet scény. Scéna je nějaké uložené nastavení. Stisknutím jednoho tlačítka je možné ovládat libovolný počet světel. Stisknutím jednoho tlačítka můžete zhasnout všechna stropní světla, rozsvítit lampičky na 50% jas a přitom zapnout televizi. Ideální atmosféra pro sledování filmů.

Problémem pro regulaci světel je však velké množství svítidel, kdy se každé reguluje jiným způsobem. Pro daný typ světelného zdroje musí být instalován správný modul. Následná změna typu již není možná. Existují však moduly, které si poradí s většinou svítidel a takový problém poté odpadá. Byl to spíše problém předchozích generací zařízení, kdy technologie nebyla tak pokročilá.

4.3 Stínící technika

Stínící technika je dnes neodmyslitelnou součástí domů, která v letním období zabraňuje přehřátí stavby skrze moderní velká okna a v jisté míře také napomáhá k zabezpečení objektu a v noci tak poskytuje pocit bezpečí pro obyvatele domu. Pro stínění se nejčastěji používají venkovní žaluzie, rolety a markýzy. Největší komfort přinášejí venkovní žaluzie, neboť mohou plnit funkci rolet; zakrýt celá skla a odstínit tak veškeré teplo ze slunečních paprsků a zároveň umožní libovolné naklonění la-

mel, kterým lze docílit požadovaného osvětlení prostoru. (Centrum pasivního domu, 2013)

Řízení stínící techniky

Stínící technika může být řízena manuálně uživatelem pomocí nástěnných tlačítek, která umožňují ovládání stínící techniky u jednotlivých oken nebo celé skupiny. Další možností je automatické řízení, které provádí inteligentní systém na základě uživatelského nastavení nebo na základě výpočtů a měření (Loxone, 2014).

4.4 Zabezpečení

Pro zabezpečení není třeba ve většině případů používat žádná další speciální zařízení. Inteligentní dům již ve svém základě obsahuje pohybová čidla a okenní a dveřní kontakty, tedy prvky, kterými lze odhalit neoprávněný přístup. Dodatkem mohou být sirény, které se však používají i pro hlášení požáru.

Poslední člověk opouštějící dům provede jeho zabezpečení stisknutím jednoho odchodového tlačítka, který celý dům přepne do úsporného a zabezpečeného režimu. První člověk vstupující do zabezpečeného domu musí prokázat svou identitu, a to buď RFID čipem nebo kódem zadaným na přítomné klávesnici.

Pokud k prokázání totožnosti nedojde, dům spustí sirény, začte blikat se světly a upozorní majitele prostřednictvím mobilního telefonu. Majitel domu pak může zavolat policii nebo kontaktovat sousedy či domluvenou bezpečnostní službu.

Pro většinu firem není problém integrovat do systému certifikovaný bezpečnostní systém. Při použití certifikovaného bezpečnostního systému není žádný rozdíl v bezpečnosti; majitel však dosáhne lepších podmínek pojištění. (Loxone, 2014)

4.5 Audio

Hudba je pro mnoho lidí neodmyslitelnou součástí života. Inteligentní domy proto integrují do svého systému také audio. V každé místnosti poté může hrát jiná hudba nebo rádio. Audio systém je integrovaný, takže umí reagovat na různé podněty jako jiná inteligentní zařízení, vše dle nastavení obyvatel domu. Příkladem může být ranní příchod do koupelny, kde dojde k detekci pohybu, načež se zapne osvětlení a zapne se audio systém nastavený na poslech radio stanice, kde hraje hudba i se vykládá zpravodajství a počasí (Loxone, 2014).

5 Elektroinstalace

Základem pro inteligentní dům je kvalitní elektroinstalace, která obsahuje běžné silové vodiče a navíc datové vodiče. Silové vodiče jsou základem elektroinstalace jako v každém jiném domě. Datové vodiče však vytvářejí komplexní datovou síť, která umožňuje řídicímu systému manipulovat se silovou sítí a jejími různými prvky.

5.1 Klasická

Klasická elektroinstalace se vytváří poměrně jednoduše. Nad topologií není třeba příliš přemýšlet. Od hlavního rozvaděče jsou taženy větve do různých místností a na každé větvi je velké množství zařízení. Větve se vytvářejí často podle stěn, ne podle místností, protože je to méně finančně náročné a zároveň to norma nezakazuje. Jedna větev tedy může být společná pro dvě místnosti a v jedné místnosti pak může být více větví. Elektřina je distribuována správně, ale takovým zapojením nelze docílit inteligentního řízení spotřebičů, protože každý spotřebič musí být zapojen samostatně, aby se manipulovalo pouze s žádaným zařízením a ne s celou větví. (TZB-info, 2011)

5.2 Inteligentní

Vytvoření inteligentní elektroinstalace již není tak prosté. Je třeba se nad celou elektroinstalací pozastavit a vše detailně naplánovat. Každé zařízení musí být připojeno samostatně, což navyšuje množství vodičů a tím i cenu celé elektroinstalace. Používané topologie je možné vidět graficky znázorněné na obrázku 2.

Hvězda

Zatím co silové vodiče musí být nataženy ke každému zařízení samostatně, datové vodiče mohou svou topologii měnit. Zapojení do hvězdy odpovídá stejné struktuře jako zapojení silové části. Každé zařízení je připojeno na vlastním datovém kabelu. Každé zařízení je tak připojeno přímo k řídicí jednotce, což zaručuje rychlejší komunikaci – nedochází k blokování sdíleného kanálu – a zaručuje lepší provozuschopnost, neboť při poruše vedení dojde k odpojení pouze jednoho zařízení namísto celé větve. Cena takového zapojení je tím pádem značně vyšší než v případě sběrnice.

Sběrnice

Sběrnice je založena na sdílení jednoho komunikačního kanálu. Všechna připojená zařízení komunikují skrze jeden jediný kanál, o který se musejí dělit. To zpomaluje komunikaci. Pokud bude chtít komunikovat více zařízení ve stejnou chvíli, tak první zařízení si komunikační kanál rezervuje pro sebe a ostatní zařízení

budou muset čekat, než se kanál uvolní. Ve skutečnosti jsou však přenosové rychlosti dostatečně vysoké, aby k zablokování, z lidského pohledu, nedošlo. I při vysoké úrovni vytíženosti kapacity kanálu nedojde ke zpoždění většímu než 200 ms. Lidská reakční doba, kdy člověk vnímá akci za okamžitou, je přibližně 300 ms (Ing. Jaromír Klaban, 2008).



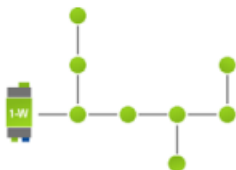
Sběrnice bez odboček

Umožňuje délku kabelu 350 m a připojit je možné až 20 senzorů.



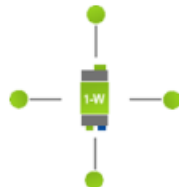
Sběrnice s malými odbočkami

Díky použití této topologii je možné dosáhnout podobných výsledků. Délka kabelu může být až 300 metrů a použít lze také 20 čipů.



SBĚRNICE S VĚTŠÍMI ODBOČKAMI

Tento typ lze doporučit pouze omezeně. Umožňuje použít kabel o celkové délce 100 metrů a použít můžete 20 čipů.



HVĚZDICOVÁ TOPOLOGIE

Je výhodná z hlediska flexibility a snadné instalace - doporučujeme v rámci Loxone standardu. Celková délka by neměla překročit 100 metrů a celkově 20 čipů.

Obrázek 2: Používané topologie pro řešení inteligentní elektroinstalace Loxone.

Zdroj: <http://www.iqd.cz/jak-se-lisi-kabelaz-iq-domacnosti-od-te-bezne/>

6 Základní prvky pro realizaci

Tato kapitola popisuje základní prvky, které jsou třeba k sestrojení inteligentních modulů pro ovládání a regulaci různých systémů.

6.1 MCU

MCU (MicroController Unit) je používaná zkratka pro programovatelné jednočipové počítače, které jsou zapouzdřeny v jednom integrovaném obvodu o ploše v průměru 1 cm². Tyto čipy se skládají ze samotného procesoru, paměti pro kód, operační paměti a vstupně / výstupních obvodů.

MCU – česky také mikroprocesor – je elektrotechnická součástka, která umožňuje ovládání elektronických obvodů pomocí softwaru, tedy podle nějakého předem daného programu. To značně zjednodušuje obvody, ulehčuje práci a snižuje požadavek na odbornou detailní znalost elektrotechniky.

Dnešní mikroprocesory obsahují AD převodníky, umožňují sériovou komunikaci s jinými zařízeními – rozhraní USART (Universal Synchronous / Asynchronous Receiver and Transmitter) a obsahují prvky pro PWM (pulzně šířková modulace), díky které lze regulovat výstupní napětí na pinu a tím například ovlivňovat otáčky stejnosměrného motoru. Více o PWM ve vlastní sekci níže. (Miloslav Bezděk, 2008)

6.2 Tranzistory

Tranzistor je elektrotechnická třívrstvá polovodičová součástka složená ze dvou PN přechodů, která umožňuje malým napětím na bázi spínat větší stejnosměrné napětí. Často se díky svým vlastnostem používá jako zesilovač. V tomto případě bude sloužit výhradně pro spínání stejnosměrného napětí pomocí MCU, protože vývody MCU nemohou být zatěžovány. Tranzistor může být spínán přímo logickým výstupem mikroprocesoru nebo může být spínán PWM výstupem. (Miloslav Bezděk, 2008)

6.3 Triak

Triak je zjednodušeně obdoba tranzistoru. Je to polovodičová součástka složená ze dvou antiparalelně zapojených tyristorů (tyristor je čtyřvrstvá polovodičová součástka, která také umožňuje spínání střídavého napětí, ale zápornou půlvlnu usměrňuje). Oproti tranzistoru umožňuje spínání střídavého proudu. Může sloužit pro spínání a regulaci osvětlení. Může být tedy opět spínán pomocí PWM, ale je třeba přidat další prvky k detekci nástupné či sestupné hrany napětí, aby bylo výstupní napětí stálé. Vysvětlení PWM regulace střídavého napětí v sekci PWM. (Miloslav Bezděk, 2008)

6.4 Relé

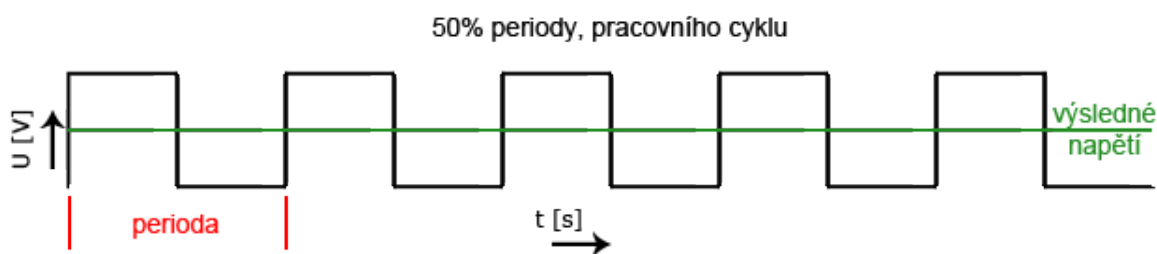
Relé je elektromagnetická součástka, která díky elektromagnetickému jevu spíná mechanické kontakty. Relé obsahuje elektromagnetickou cívku, která po připojení napětí a průchodu proudu vytvoří kolem sebe magnetické pole, které přitáhne jeden kontakt ke druhému, čímž se sepe a umožní tak průchod proudu skrze relé.

Relé se používá pro spínání střídavého napětí s průchozím proudem běžně kolem 16 A. Pro větší výkony se již používají stykače. Relé i triak spínají střídavé napětí, ale používají se obě součástky, protože se dost různí. Triak se používá spíše pro malé proudy, protože se polovodič dost zahřívá a je třeba jej chladit. S dostatečným chlazením může triak spínat i kilowattové výkony. Jeho výhodou je delší životnost, nedochází zde k opalování kontaktů jako u relé, a bezpečnost, nevytváří elektrické oblouky, takže se může používat v nebezpečném prostředí. (Miloslav Bezděk, 2008)

6.5 PWM

Pulzně šířková modulace je jeden z několika způsobů modulace signálu. Lze pomocí ní přenášet data v digitální podobě. Pulzně šířková modulace má však i jiné uplatnění a tím je regulace. Pomocí cyklického spínání lze regulovat chod různých zařízení.

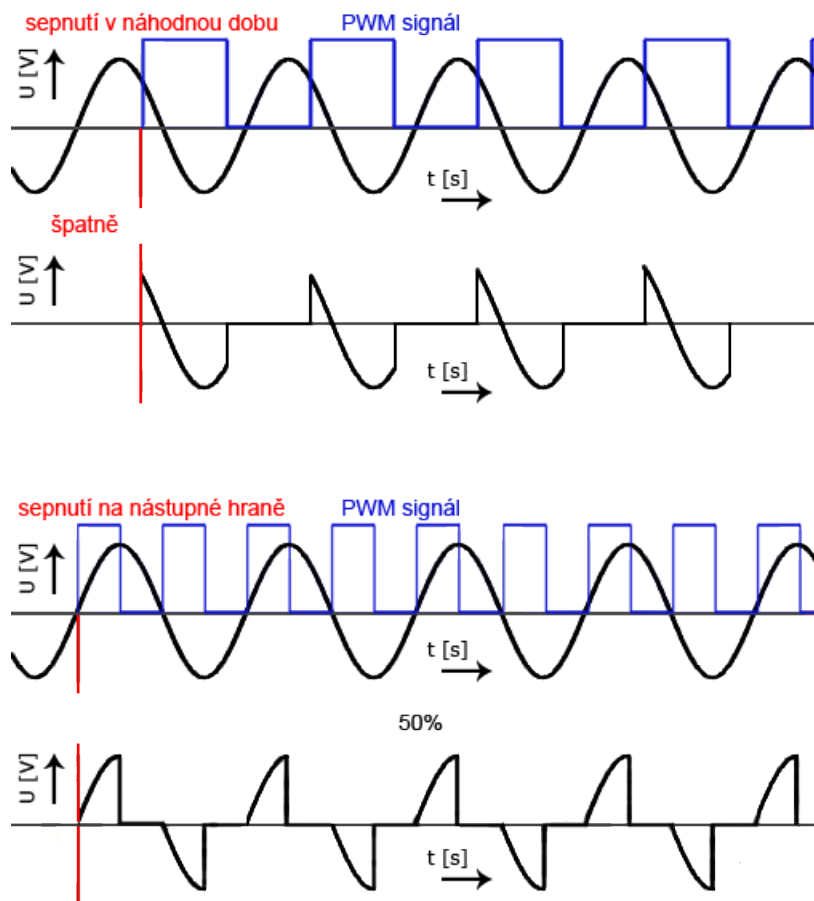
Jedna z hlavních věcí, kterou lze pomocí PWM regulovat, je elektrické napětí. Cyklickým spínáním zdroje vytvoříme pulzy, které v průměru budou odpovídat snížení hladiny napětí. Frekvence pulzů je tak vysoká, že zařízení v podstatě nepoznají rozdíl mezi spínaným zdrojem a skutečným sníženým napětím. Pokud by některé zařízení bylo citlivé na tyto pulzy, lze přidat vyhlazovací kondenzátor, který pulzy srovná a napětí pak bude pro zařízení snesitelné.



Obrázek 3: Ukázka průběhu PWM signálu

Na obrázku 3 lze vidět stejnosměrné napětí regulované pomocí PWM signálu. Velikost spínaného napětí může být například 12 V. PWM výstupem z MCU se s 3,3 V logikou spíná tranzistor, který spíná požadované napětí 12 V. PWM signál má určitou pracovní dobu, která je na obrázku 50%. Pokud je vstupní napětí 12 V a pracovní doba 50%, tak výsledné napětí bude zařízením vnímáno jako 6 V.

Na obrázku 4 je znázorněna regulace střídavého napětí pomocí PWM signálu. V horní části obrázku je špatný způsob regulace. PWM signál není synchronizovaný s nástupnou hranou střídavého napětí, k sepnutí dochází v náhodnou dobu.



Obrázek 4: Ukázka špatné a správné regulace sinusového napětí PWM signálem

V takovém případě nelze nastavit požadovaná hodnota na výstupu. Další chybou je také frekvence PWM signálu, která je různá od frekvence střídavého napětí. V dolní části obrázku je zobrazena správná regulace. Počátek PWM signálu je na vzestupné hraně a frekvence PWM signálu odpovídá spínanému střídavému napětí.

6.6 Senzory

Senzory jsou součástky, které umožňují systému vnímat své okolí. Bez sensorů není možné regulovat teplotu, jas osvětlení, naklonění žaluzií a další. Sensorů existuje velká spousta a dají se dělit podle spousty parametrů. Naprosto základním dělením může být rozdělení na senzory elektrických a neelektrických veličin.

Senzory pro měření elektrických veličin jsou takové senzory, které měří přímo elektrické vlastnosti jako proud, odpor, napětí a další. Tyto senzory je možné použít pro měření aktuální elektrické spotřeby, které je poté možné ukládat a vytvářet

podrobné přehledy spotřeby, díky kterým bude možné vysledovat příčiny velké spotřeby energie.

Senzory pro měření neelektrických veličin slouží pro měření jiných fyzikálních veličin, jimiž jsou například teplota, intenzita osvětlení, vlastnosti plynů, magnetického pole, zvuku nebo spousty jiných. Tyto senzory často ke své funkci využívají elektrické vlastnosti. Například pro detekci intenzity osvětlení je možné použít foto-rezistor, který dle množství na něj dopadajícího světla mění lineárně svůj elektrický odpor a jeho měřením lze určit přesnou hodnotu intenzity osvětlení.

Pro systém inteligentního domu jsou nejdůležitější senzory teploty, pohybu/přítomnosti (PIR čidla) a intenzity osvětlení. Další mohou být senzory magnetického pole, které lze využít pro detekci otevřených dveří a oken, a senzory plynů pro zjišťování kvality vnitřního vzduchu, díky kterým je možné předejít nežádoucím účinkům způsobených vysokou koncentrací dusíku nebo otravě z unikajícího plynu při případné poruše karmy, varné desky, trouby či plynového kotle.

7 Model

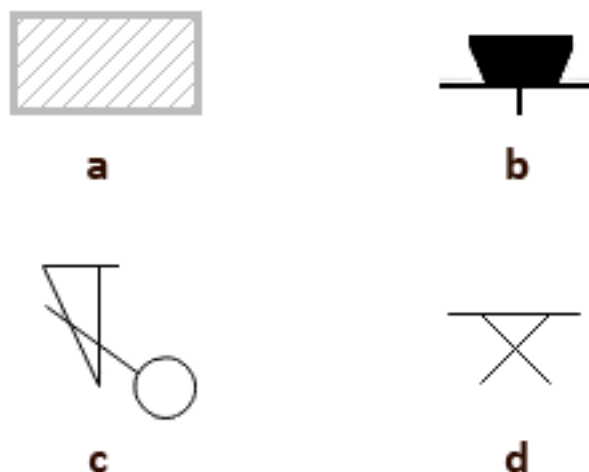
Tato kapitola popisuje zhotovovaný model, který je součástí výstupu této práce. Model představuje zahradní domek se skutečnou šířkou 5 m a délkou 6 m, jehož dispozice zahrnuje koupelnu a společný prostor, který je složen z kuchyňského koutu, spacího koutu a obývací části se vstupem.

7.1 Použitý software

K vytvoření půdorysu modelu se zakreslenou elektroinstalací byla použita online aplikace SmartDraw. Pro vytvoření schématu elektroinstalace byl použit program ProfiCad.

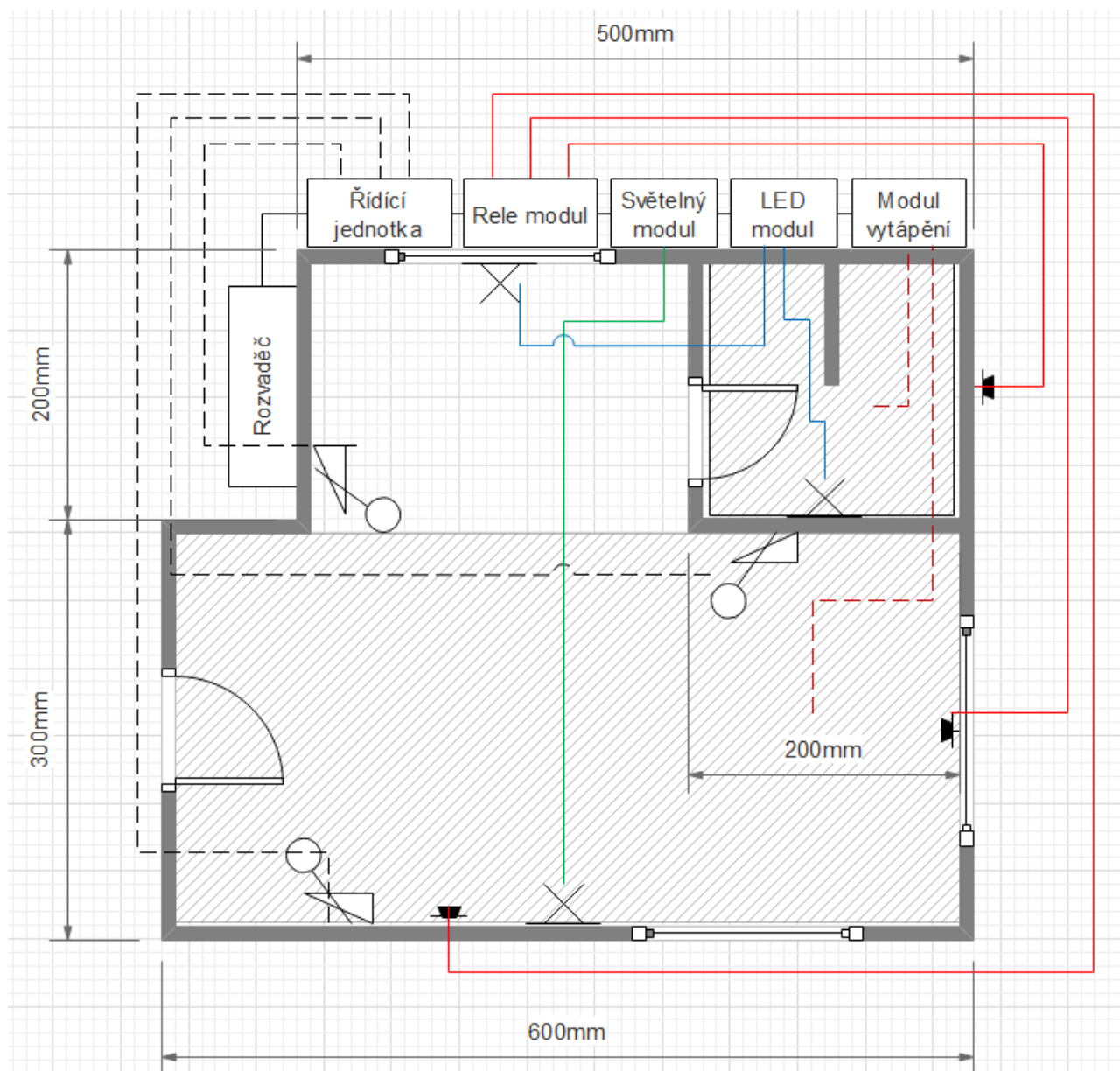
7.2 Dispozice

Celý model se skládá ze dvou místností. První hlavní místnost je složena z obývací části, ve které je jedna zásuvka a jedno světlo (230 V) s vypínačem, z kuchyňského koutu s jednou zásuvkou a vypínačem – který však slouží pro obsluhu světla v koupelně, a to z důvodu lepší dostupnosti – a spacího koutu s RGB LED páskem a vypínačem. Pod obývací částí a kuchyní je umístěno podlahové vytápění. Druhou místností je koupelna, která obsahuje pouze RGB LED pásek. Pod koupelnou je také umístěno podlahové vytápění. Model s jeho dispozicemi a elektrickými zařízeními je vidět na obrázku 6. Z obrázku je také zřejmé umístění vyráběných modulů. Všechny moduly jsou umístěny z venku na boční stěně na straně spacího koutu a koupelny.



Obrázek 5: Symboly použité v obrázku 6

Pro ujasnění použitých značek v obrázku 6 slouží obrázek 5, který obsahuje použité značky. Symbol **a** představuje podlahové vytápění, které je v náhledu dispozic přes většinu plochy, symbol **b** představuje zásuvku s ochranným kolíkem, symbol **c** představuje spínací prvek, který umožňuje regulaci, a symbol **d** představuje nástěnné osvětlení.



Obrázek 6: Dispozice modelu a rozmístění elektroinstalace



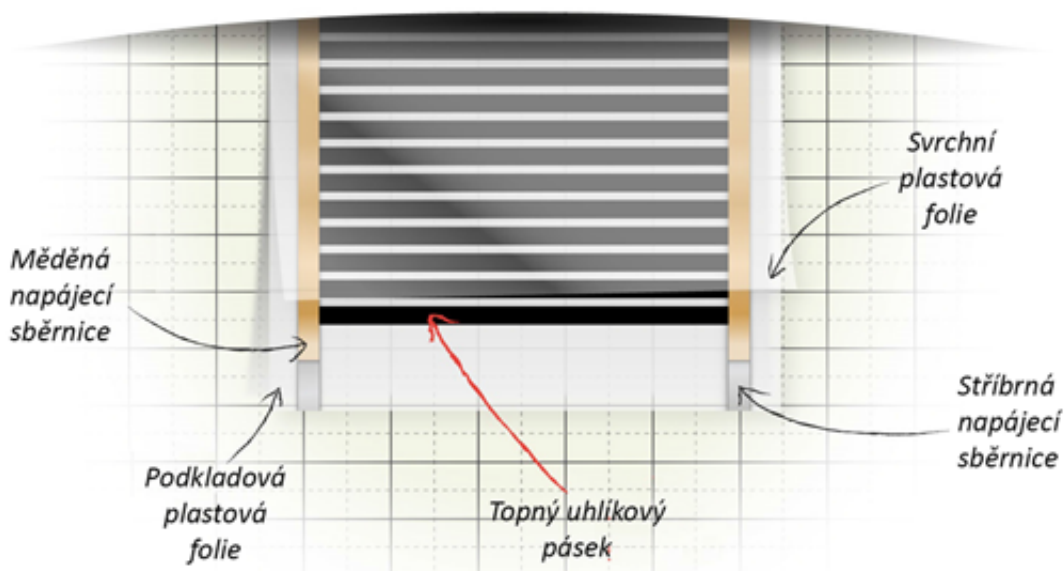
Obrázek 7: Náhled na provedení vytápení a jeho izolaci

7.3 Elektroinstalace

Model obsahuje 3 zásuvky, světlo (230 V), dva RGB LED pásy (12 V), dva stropní reproduktory a elektrické podlahové vytápění pro společný prostor a koupelnu. Vzhledem k malé energetické náročnosti komponent modelu jsou přítomny pouze dva jističe na 10 A. Jeden jistič slouží pouze pro jištění zásuvek. Druhý jistič slouží pro jištění zbytku zařízení. Přítomny jsou 3 regulační panely (regulační kolečko, tlačítko) pro ovládání osvětlení. Celý model je z elektrického pohledu parazitní zařízení. Jeho součástí je kabel s vidlicí pro připojení do klasické zásuvky. Schéma zapojení elektroinstalace je možno vidět na obrázku 9.

7.4 Zhotovený model

Model domu byl zhotoven z dřevěných materiálů. Stěny modelu a základna jsou vytvořeny z dřevěných OSB desek tloušťky 15 mm. Na modelu je položen odejíratelný strop ze sololitu, ve kterém jsou usazeny dva monofonní reproduktory s výkonem 3 W. Na stropu je dále položena střecha, která je stejně jako strop zhotovena ze sololitu. V modelu jsou dva otvory, které tvoří nízké okno u stropu v kuchyňském a spacím koutě, otvor tvořící vstupní dveře a jedno velké francouzské okno. Na podlaze je položena laminátová podlaha, pod kterou je elektrické podlahové vytápění se spodní tepelnou izolací (obrázek 7). Základní konstrukce modelu je vyobrazena na obrázku 25 v přílohách.



Obrázek 8: Zobrazení topné fólie a jejích částí

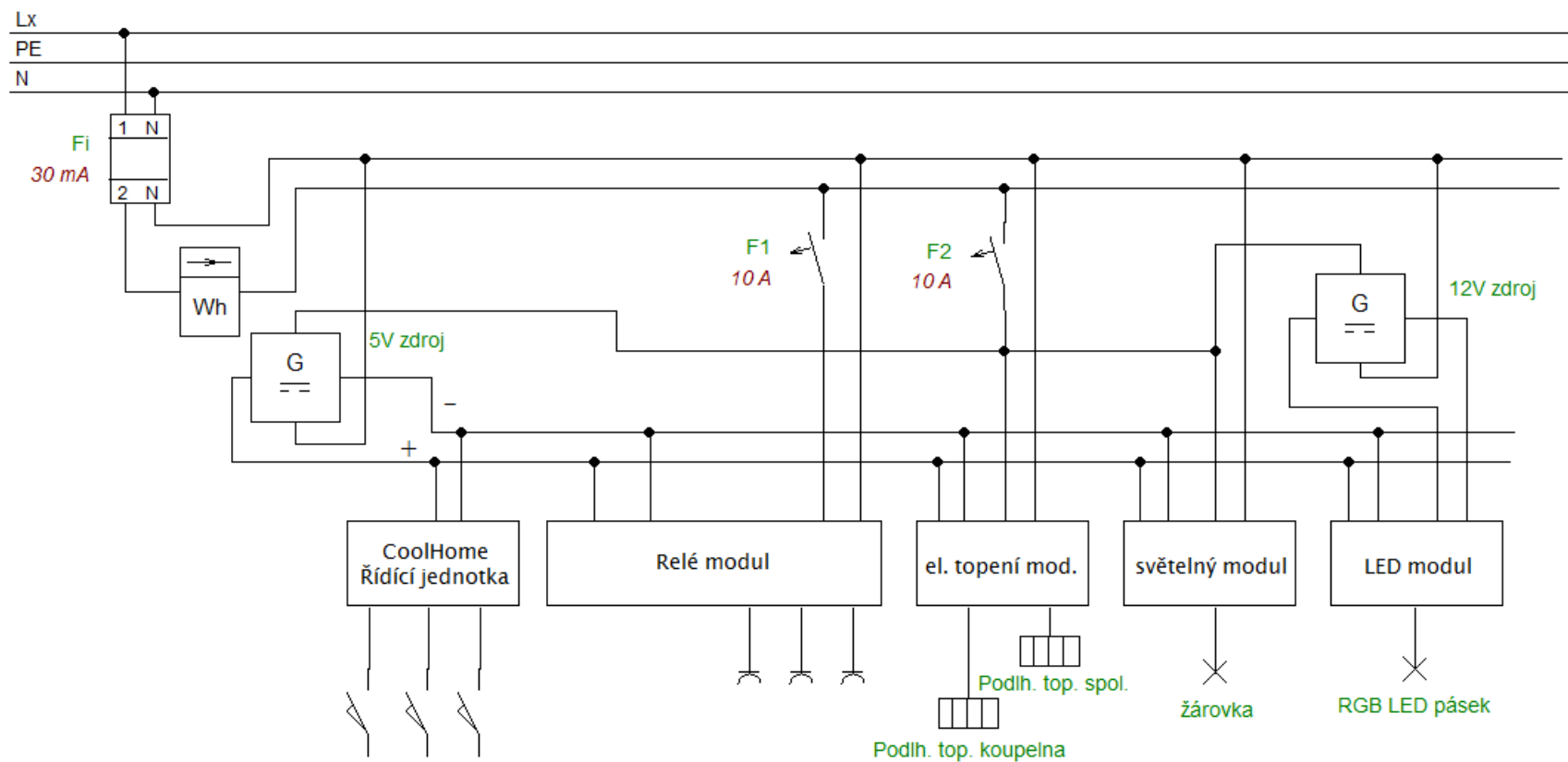
Zdroj: <http://docplayer.cz/6848130-Topna-podlahova-folie.html>

Vytápění

Pro účely vytápění modelu byla vybrána elektrická topná fólie (obrázek 8), která má tloušťku do 1 mm a její rozměr je možné takřka libovolně upravit. Fólie jsou vyráběny a dodávány v rolích s šířkou 60 cm. Fólii je možné krátit každých 10 cm na vyznačeném místě stříhu nebo v libovolném místě mezi topnými uhlíkovými páskami.

Pro společnou obývací část tak byl bezproblémově ustřižen pruh o šířce 25 cm. Topná fólie je složena z paralelně spojených uhlíkových pásků, které tvoří odpor. Paralelně spojené otvory tvoří s větší délkou stále menší odpor, čímž dochází k průchodu většího množství proudu. Ve společné části je však použita příliš krátká část fólie. Její odpor je tak příliš velký, což ve výsledku omezuje celkový výkon vytápění. Maximální teplota podlahy ve společné části tak dosahuje pouze 27°C.

V koupelně je také použito stejné vytápění, avšak zde nebyla instalace bezproblémová z důvodu malých rozměrů koupelny. Jelikož má fólie pevnou šířku 60 cm, bylo třeba ji upravit. Jak již bylo zmíněno, topná fólie je složena z uhlíkových odporových pásků, které jsou spojovány paralelně pomocí postranních měděných pásků (sběrnice). Aby bylo docíleno malých rozměrů, musela být fólie přestřížena, což vedlo k přerušení odporových pásků a jejich odpojení od měděné sběrnice. K opětovnému propojení bylo třeba odizolovat odporové pásky i měděnou sběrnici. Tyto dvě části bylo třeba přiložit k sobě a zajistit vodivé spojení. Zúžením topné fólie došlo ke snížení odporu i skrze nepřítuň malé délky. Maximální teplota podlahy v koupelně tak dosahuje zhruba 50°C. Dle normy (ČSN EN 1264-5, 2009) je maximální povolená teplota podlahy v obytné části 29°C, v koupelně 33°C. Je tedy nutné, aby podlaha v koupelně byla doplněna o ochranu, aby nedocházelo k jejímu přehřívání.



Obrázek 9: Schéma elektroinstalace v modelu

8 Použitá řídicí jednotka

Základem celého systému je řídicí jednotka CoolHome (dílo autora práce) z důvodu jednoduchosti a příznivé cenové dostupnosti. Práce se zabývá právě výrobou modulů pro domácí automatizaci, tedy vytvořením cenově dostupného a konkurenceschopného řešení porovnatelného s ostatními systémy na trhu. Řídicí jednotka CoolHome představuje dobrý základ pro levný a kvalitní systém domácí automatizace.

8.1 Popis řídicí jednotky

Řídicí jednotka je postavena na minipočítači Raspberry Pi, což je počítač malých rozměrů s malou spotřebou energie se SoC (System on a chip) procesorem ARM od firmy Broadcom, na který může být nainstalován libovolný operační systém podporující architekturu ARM. V zásadě se jedná o operační systémy typu Linux a Windows 10 IoT. Na takovém systému je možné spustit běžnou desktopovou aplikaci s tím, že Raspberry Pi poskytuje přístup k portu GPIO (General Purpose Input and Output), skrze který je možné komunikovat a manipulovat s elektronikou.

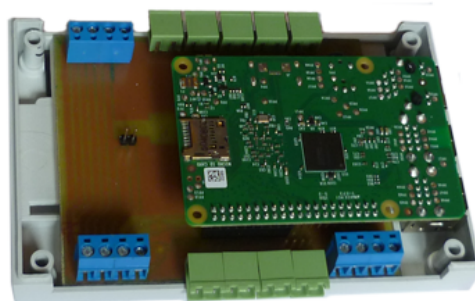
Řídicí jednotka CoolHome je v podstatě jedna serverová aplikace napsaná v jazyce C#, která je spuštěna pod operačním systémem Raspbian na minipočítači Raspberry Pi. Součástí řídicí jednotky je však ještě podpůrná deska plošného spoje, která tvoří patici pro Raspberry Pi. Tato deska obsahuje pět konektorů pro připojení 1-Wire zařízení, šest konektorů pro digitální vstup a konektory sběrnice pro komunikaci s přídatnými moduly. Tato deska, společně s Raspberry Pi, je uzavřena v plastové krabici, kterou je možné připevnit na DIN lištu. Tuto krabičku je možné vidět na obrázku 10 a náhled pod obal na obrázku 11.



Obrázek 10: Náhled na řídicí jednotku CoolHome

8.2 Uživatelské prostředí

Řídicí jednotka CoolHome poskytuje pro její ovládání webové prostředí, které skrze WebSocket komunikuje přímo se serverovou aplikací. Ta překládá obdržené příkazy



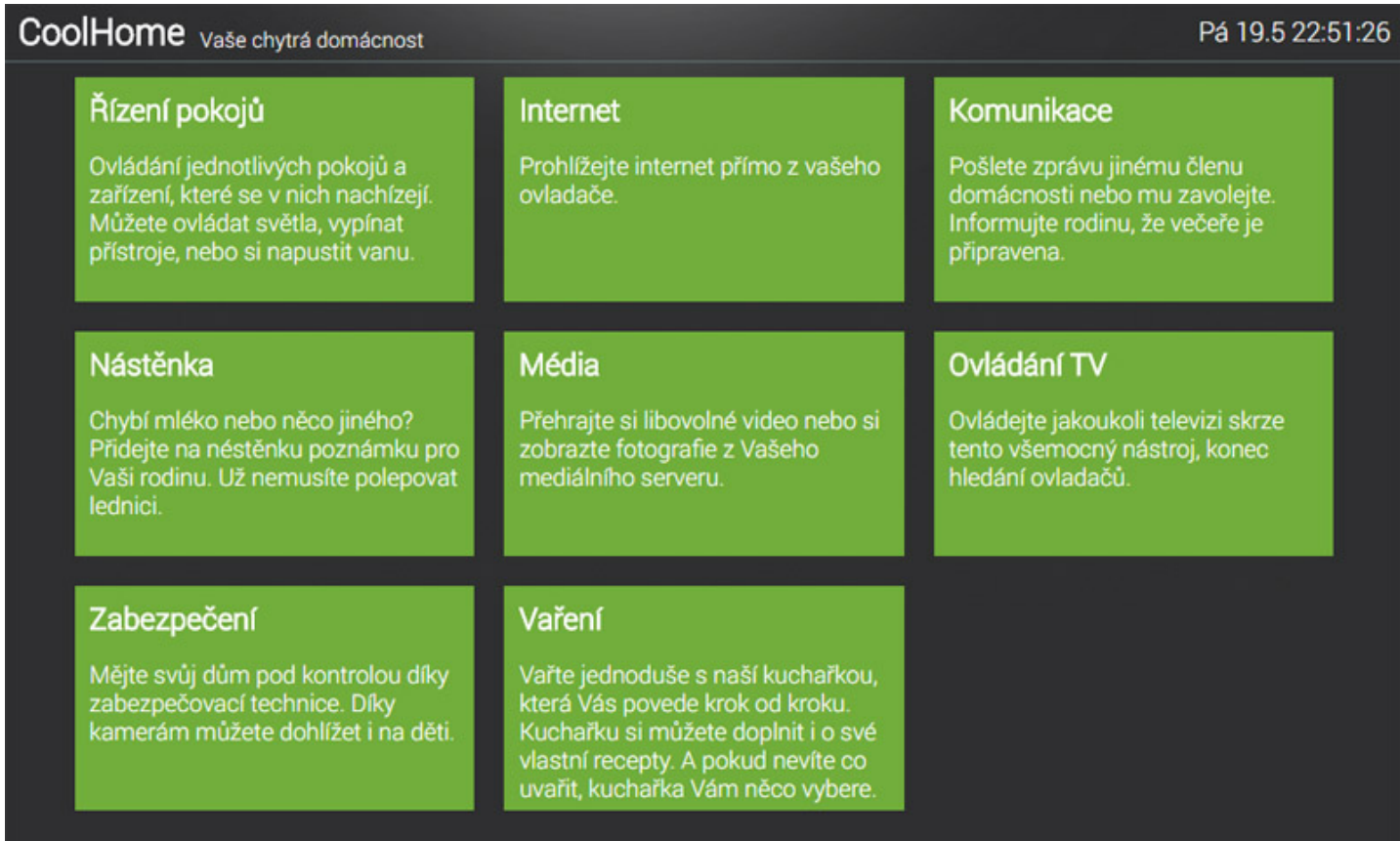
Obrázek 11: Náhled na demontovanou řídicí jednotku CoolHome

z uživatelského prostředí a posílá je skrze sběrnici modulům nebo je sama vykoná na portu GPIO.

Na obrázku 12 je vidět úvodní strana uživatelského prostředí. To je složeno z několika samostatných modulů. Tato práce implementuje hlavně modul řízení domácnosti, skrze který je možné manipulovat s elektroinstalací.

8.3 Komunikace s moduly

Komunikace s moduly probíhá skrze rozhraní UART (Universal Asynchronous Receiver and Transmitter), které je upraveno tak, že lze komunikaci provozovat na jediném vodiči. Komunikace probíhá v pěti voltové logice s pull-up rezistorem. Díky tomu je možné malá zařízení napájet přímo z komunikace. CoolHome sběrnice je však složena ze čtyř vodičů. Obsahuje společný vodič pro komunikaci, zem a dva napájecí vodiče 5 V. Sběrnice využívá standard Token ring, který umožňuje řídit komunikaci na jednom vodiči tak, aby nedocházelo ke kolizím. Vysílané zprávy mají pevný formát. První vysílaný byte musí být délka zprávy, za ním následuje adresa cílového zařízení, příkaz a poté libovolná data do délky až 250 B.



Obrázek 12: Náhled na úvodní stranu uživatelského prostředí

9 Moduly

Tato kapitola se zabývá návrhem inteligentních modulů, které jsou součástí výstupu této práce. Každá sekce popisuje jeden modul; nejprve se zabývá požadovanou funkcí modulu, následuje rozbor funkce a elektrických vlastností. Výsledkem je kompletní elektrické schéma modulu a návrh DPS (deska plošného spoje). Každý modul je poté zhotoven a instalován do modelu.

9.1 Použitý software

K návrhu elektrických schémat a desek plošných spojů byl použit software CadSoft Eagle verze 7.2 v trialové verzi, která je hlavně omezena velikostí pracovní plochy při návrhu DPS. Toto omezení bylo limitní hlavně při tvorbě reléového modulu, který je ze všech navrhovaných modulů nejrozměrnější.

9.2 Výroba DPS

Pro výrobu DPS byl zvolen postup fotocestou. Princip spočívá v UV osvitu DPS s fotocitlivou vrstvou skrze vytvořenou pozitivní šablonu. Předpokladem je navržený pozitivní motiv DPS, který je třeba vytisknout na speciální průhlednou fólii nebo pauzovací papír. Takto připravená šablona se přikládá na fotocuprextit a zatěžuje se libovolným průsvitným materiálem, ideálně sklem nebo plexisklem. Celá tato sestava se následně vloží pod UV lampu, kde je osvětlována po dobu jedné až pěti minut v závislosti na výkonu UV lampy, průsvitnosti předlohy a zatěžujícího materiálu. Po osvitu je třeba fotocuprextit vložit do vývojky, kde dojde k vyvolání fotocitlivé vrstvy. Zastíněná část ztmavne a osvětlená část se odplaví. Takto vyvolanou desku je možné vložit do leptací lázně. Po vyleptání je třeba desku očistit acetonem kvůli zbytkům fotorezistu. Další úpravy jsou totožné s jinými postupy.

9.3 Společné části programu pro mikrokontroléry

Všechny mikrokontroléry na všech modulech mají určitou část programu společnou, protože se jedná o knihovnu nebo část programu implementující komunikaci s CoolHome sběrnici.

Příjem dat ze sběrnice

Následující kód obstarává příjem a zpracování příchozích dat. Jedná se o interrupt na příjmu UART portu. V případě, že bude některé zařízení na sběrnici vysílat, tak po odvysílání celého bytu dojde ke spuštění interruptu, tedy níže uvedeného kódu. Ten přečte obdržený byte z registru. Poté následuje podmínka, která ověřuje, jestli se jedná o první byte nové zprávy nebo část již přijímané zprávy. Pokud se jedná o první byte nové zprávy, představuje tento byte délku celé zprávy (Zařízení musí přijmout celou zprávu i v případě, že není pro toto zařízení určena, nebylo by pak

možné určit začátek další zprávy.). Délka zprávy je zapsána do globální proměnné, zároveň je do globální proměnné zapsán počet již přečtených bytů a společně s tím je vytvořeno pole pro celou zprávu. V případě, že přijde další byte, jen se přidává do předpřipraveného pole a navyšuje se počítadlo obdržených bytů. Jakmile bude počet přečtených bytů roven délce zprávy, rozhoduje se, jestli je zpráva určena pro toto zařízení či nikoli. Pokud ano, bude zpráva předána funkci `messageReceived()`, kterou každé zařízení obsahuje a implementuje dle své funkcionality. Pokud nebude zpráva určena pro toto zařízení, zpráva se jednoduše smaže, uvolní se paměť.

```

// Pomocne globalni promenne pro prijem zprav ze sbernice
uint8_t messageSize = 0;
uint8_t* receivedData = NULL;
uint8_t bytesReceived = 0;

// Zajisteni prijmu zprav ze sbernice pomoci interruptu
ISR(USART_RXC_vect)
{
    uint8_t b = UDR; // Precteni obdrzeneho bytu

    if (receivedData == NULL) { // Prijem prvni zpravy, prvniho bytu
        messageSize = b;
        bytesReceived = 1;
        receivedData = (uint8_t*)malloc((uint16_t)messageSize);
    } else {
        receivedData[bytesReceived] = b;
        bytesReceived++;
    }

    if (bytesReceived == messageSize) { // Cela zprava byla obdrzena
        if (messageSize > 1 && receivedData[1] == DEVICE_ADDR) { //
            Zprava je pro toto zarizeni; predani dal - funkci
            messageReceived ma jiz kazde zarizeni jinou
            messageReceived(receivedData);
        } else { // Zahozeni zpravy; uvolneni pameti
            free(receivedData);
            receivedData = NULL;
        }
    }
}

```

9.4 Reléový modul

Systém inteligentní domácnosti by měl mít možnost ovládat zásuvky, a to v nejlepším případě každou samostatně. Díky tomu může systém vypínat zásuvky s ne-

bezpečnými spotřebiči, jako jsou rychlovarná konvice, žehlička, varná deska, sporák, a tím zamezit vzniku škody. Další výhodou ovládání zásuvek jsou úspory. Každý spotřebič má LED diodu, která indikuje stav zařízení. Každá tato dioda má zanedbatelný příkon přibližně 0,1 W. Některá zařízení mají dokonce těchto indikačních LED diod více. Sečtením všech těchto malých příkonů ze všech zařízení v domě se stane příkon, který již není zanedbatelný. Ročně to může být kolem 70 kWh jen za indikační LED diody. K tomu lze připočítat další příkony za každý televizor, DVD či Blu-ray přehrávač, audio a další zařízení, která jsou po vypnutí ve stand-by režimu. Ročně mohou tedy vypnutá zařízení spotřebovat kolem 200 kWh, což je 1000 Kč (při ceně 5 Kč za 1 kWh). Inteligentní systém může tato zařízení vypínat v době, kdy obyvatelé domu spí nebo nejsou doma.

Požadovaná funkce

Účelem modulu je spínání silnoproudu; 230 V, 10 A (10 A je pro účely modelu dostačující; normálně 16 A). Jeden modul by měl umožňovat ovládání více zásuvek. Každý ovládaný port by měl umožňovat připojení libovolné fáze (pro možnost dobrého rozfázování); modul tedy nebude mít centrální připojení k síti. Pro komunikaci s řídicí jednotkou CoolHome musí modul obsahovat jednodrátové sériové rozhraní USART.

Rozbor

Pro spínání zásuvek bude použito relé, které je hlavním prvkem celého modulu. Pro komunikaci s řídicí jednotkou a pro spínání relé je potřeba mikroprocesor. Mikroprocesor má však na svých výstupech omezený proud, takže nemůže spínat cívkou relé přímo, neboť by došlo k jeho poškození (Technický list ATmega8).

Relé bude tedy spínáno přes tranzistor. Tranzistor zde bude zvolen unipolární, protože pro sepnutí mu stačí velmi malý proud, naproti tomu tranzistor bipolární potřebuje proud velikosti k poměru spínaného proudu podle zesilovacího činitele. Cívka relé má dle dokumentace (Technický list NT72) odpor 56 Ohmů. Při napětí 5 V bude proud procházející cívkou 90 mA. Při takovém proudu by mohl být použit i tranzistor bipolární, ale spotřeba by byla vyšší než při použití unipolárního tranzistoru. Navíc bipolární tranzistor potřebuje pro svou správnou funkci připojené 2 rezistory na bázi, unipolárnímu tranzistoru stačí připojit na gate rezistor pouze jeden, zapojení bude tedy jednodušší.

Jak bylo v předchozím odstavci zmíněno, unipolární tranzistor potřebuje na gate připojený rezistor, který jej bude spojovat se zemí. Rezistor je zde z důvodu přidržení tranzistoru v blokujícím stavu v době, kdy na gate není přiveden žádný řídicí signál. Po zapnutí obvodu není na gate tranzistoru přiveden žádný signál, protože teprve dochází k načítání programu mikroprocesoru. Tranzistor by se tedy mohl samovolně zapnout. Hodnota rezistoru musí být taková, aby při příchodu napětí šel proud i do tranzistoru a ne přímo na zem skrze rezistor. Hodnoty se typicky volí mezi 4k7 a 20k.

Paralelně k cívce relé je třeba připojit diodu v závěrném směru. Cívka relé při rozpínání vytváří proudové špičky, které by mohly poškodit tranzistor a případně i mikroprocesor. Dioda kolem relé vytvoří uzavřený obvod, který proudovou špičku po rozepnutí relé spálí.

Za každým relé bude svorkovnice na tři vodiče. Jedna svorka je pro přivedení libovolné fáze. Zbylé dvě svorky jsou výstupní. Jedna je ve výchozím stavu sepnutá, druhá rozepnutá. Jelikož má relé spotřebu 0,5 W, je vhodné spotřebiče připojit na svorku podle toho, v jakém stavu (vypnuto či zapnuto) bude trávit většinu času.

Sběrnice z řídicí jednotky bude připojena třemi vodiči: napájení, zem a komunikace. Napájecí vodič slouží pro napájení obvodu a jeho komponent. Skrze sběrnici bude tedy napájen mikroprocesor a relé skrze tranzistory. Komunikační vodič slouží pro obousměrnou komunikaci, kterou řídí právě řídicí jednotka pomocí svého protokolu s implementací token ringu. Mikroprocesor má jeden pin pro příjem dat a druhý pro vysílání dat. Tyto piny budou spojeny a přivedeny na komunikační vodič. Před pin pro příjem dat je třeba předřadit rezistor, který poslouží pro ochranu přijímacího pinu pro případ, že by se na sběrnici dostal velký proud zapříčiněný chybou v komunikaci nebo zkratem. Před pin pro vysílání bude vřazena dioda, která blokuje příchozí data, umožňuje pouze vysílání.

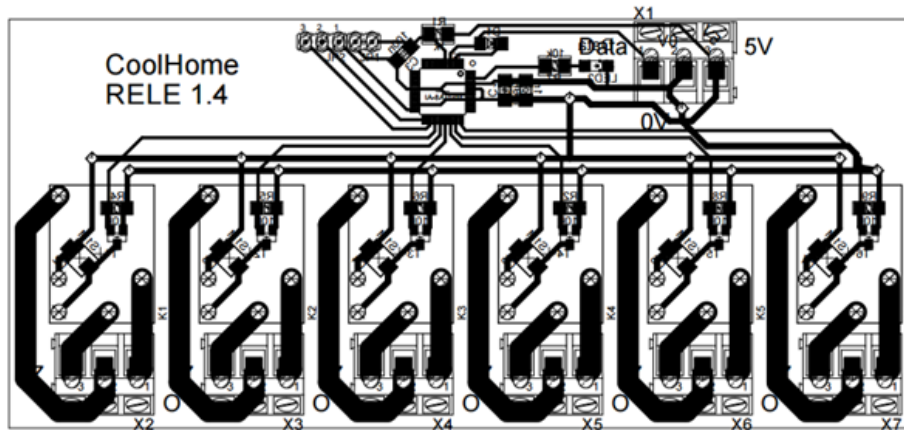
Výstup

Výstupem návrhu je oboustranná DPS s šesti relé. Deska je široká 14 cm a vysoká 6 cm. Na obrázku 13 je vidět, že mezi jednotlivými relé jsou poměrně velké mezery, takže se může zdát, že by se dal modul zúžit. Mezery jsou však opodstatněné. Mohou za to šířky cest, které jsou dimenzované přibližně na 6 A (modul tedy počítá s dodatečným pocínováním silových cest pro zvýšení proudové zatížitelnosti), a izolační mezery. Cesty na plošném spoji by mohly být blíže u sebe, avšak deska by musela být ošetřena speciálním ochranným lakem, který by cesty izoloval. Cena materiálu na výrobu tohoto modulu je zhruba 400 Kč. Schéma zapojení modulu je umístěno v přílohách (obrázek 18).

Program

Kód představuje implementaci procedury `messageReceived()`. Procedura přebírá zprávu od řídicí jednotky. Na začátku kód ověřuje, jestli je velikost příchozí zprávy alespoň 3 byty. Pokud ano, ověřuje, jestli příchozí zpráva předává token. Pokud ano, tak pošle token zpět řídicí jednotce, protože reléový modul sám nic nevysílá. Pokud se nejedná o příchozí token, může se jednat ještě o příkazy HIGH, LOW a STATE. Příkaz HIGH spíná požadované relé a příkaz LOW naopak vypíná požadované relé. Příkaz STATE si vyžaduje aktuální stav daného relé. Tento příkaz je zde pro případ restartu řídicí jednotky nebo vzniku jiné situace, kdy by došlo ke ztrátě informace o stavu relé.

```
// Procedura volana z-interruptu po poskladani celé zpravy
```



Obrázek 13: Náhled na navrženou DPS reléového modulu

```

void messageReceived(uint8_t* receivedData, uint8_t size) {
    // DELKA | ADRESA ZARIZENI | PRIKAZ | DATA1 | DATA2 | ... | DATA250

    if (size > 2) {
        if (receivedData[2] == CMD_TOKEN_RECEIVED)
            sendMessage((uint8_t[]){ 3, 0, 255 }); // Obrdzen token -
            vraci jej zpet na adresu 0
        else if (receivedData[2] == CMD_HIGH) {
            switch (receivedData[3]) {
                case 1: high(RELE1); break;
                case 2: high(RELE2); break;
                case 3: high(RELE3); break;
                case 4: high(RELE4); break;
                case 5: high(RELE5); break;
                case 6: high(RELE6); break;
            }
        } else if (receivedData[2] == CMD_LOW) {
            switch (receivedData[3]) {
                case 1: low(RELE1); break;
                case 2: low(RELE2); break;
                case 3: low(RELE3); break;
                case 4: low(RELE4); break;
                case 5: low(RELE5); break;
                case 6: low(RELE6); break;
            }
        } else if (receivedData[2] == CMD_STATE) {
            switch (receivedData[3]) {
                case 1: sendMessage((uint8_t[]){ 5, 0, CMD_STATE, 1,
                    (uint8_t)isHigh(RELE1) }); break;
            }
        }
    }
}

```

```
        case 2: sendMessage((uint8_t[]){ 5, 0, CMD_STATE, 2,
            (uint8_t)isHigh(RELE2) }); break;
        case 3: sendMessage((uint8_t[]){ 5, 0, CMD_STATE, 3,
            (uint8_t)isHigh(RELE3) }); break;
        case 4: sendMessage((uint8_t[]){ 5, 0, CMD_STATE, 4,
            (uint8_t)isHigh(RELE4) }); break;
        case 5: sendMessage((uint8_t[]){ 5, 0, CMD_STATE, 5,
            (uint8_t)isHigh(RELE5) }); break;
        case 6: sendMessage((uint8_t[]){ 5, 0, CMD_STATE, 6,
            (uint8_t)isHigh(RELE6) }); break;
    }
}

// Uvolnime pamet
free(receivedData);
receivedData = NULL;
}
```

9.5 Světelný modul

Nedílnou součástí inteligentní domácnosti je ovládání a regulace osvětlení. Díky regulaci osvětlení lze docílit úspor, protože ne vždy je třeba svítit na plný výkon. Pro člověka je však mnohem lákavější možnost vytváření různých světelných scén, automatické rozsvěcování po příchodu do místnosti, automatické zhasínání po odchodu. Řídicí systém může osvětlení zapnout sám i v případě, že detekuje nízkou úroveň světla v místnosti, samozřejmě pokud se v ní někdo nachází. Další možnost využití je imitaci přítomnosti osob, která může odradit případné zloděje v době, kdy je rodina na dovolené.

Požadovaná funkce

Účelem modulu je spínání a regulace jasu silnoproudého osvětlení, 230 V. Jeden modul by měl umožňovat ovládání více světel nebo světelných obvodů (pro potřeby modelu stačí dva). Každý ovládaný okruh by měl umožňovat připojení libovolné fáze, pro možnost dobrého rozfázování. Osvětlení by mělo jít zapínat a vypínat a současně by mělo mít možnost regulace v rozsahu 0 – 100 %. Modul by měl umožňovat použití libovolného svítidla. Pro komunikaci s řídicí jednotkou CoolHome musí modul obsahovat jednodrátové sériové rozhraní USART.

Rozbor

Jako hlavní prvek pro spínání bude použit triak, který bude sloužit k fázové regulaci napětí. Pro komunikaci s řídicí jednotkou a celkově pro řízení fázové regulace bude

opět použít mikroprocesor, stejný jako v případě reléového modulu. Avšak spínání triaku zde bude složitější než spínání relé. Je třeba dbát galvanického oddělení silové části od logické. V případě reléového modulu zprostředkovávalo oddělení přímo relé, protože spínací kontakty jsou galvanicky odděleny od kontaktů spínaných. V tomto případě bude třeba využít oddělovací optočleny. Zároveň je třeba využít obvodu pro detekci průchodu nulou, jinak by nebylo možné dosáhnout přesné regulace.

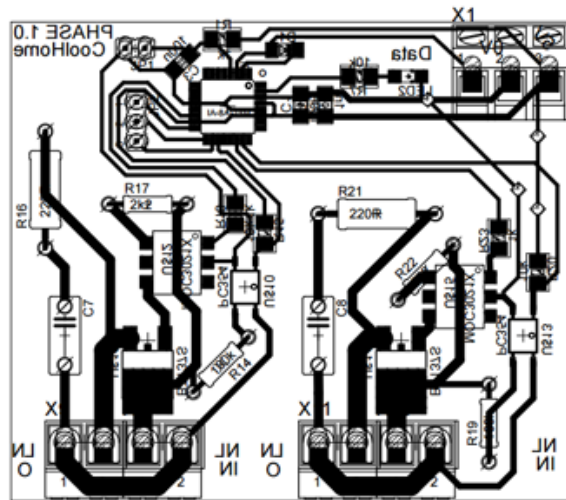
Pro detekci nuly bude použit opto-tranzistor, který umožňuje připojení 230 V na vstup. Na vstupu všech optočlenů je LED dioda. Přivedením napětí na vstup dochází k emisi světla, které ovlivňuje PN přechod tranzistoru a způsobí tak jeho sepnutí. Vstupní LED dioda je však omezena maximálním proudem, není tedy možné přímé propojení. Aby nedošlo k poškození diody, je třeba před ni předřadit rezistor s vysokým odporem. Podle dokumentace (Technický list PC354), může být maximální proud 50 mA. Pro snížení spotřeby optočlenu však bude proud mnohem menší. Rezistor 100 k dostatečně sníží protékající proud (přibližně na 2 mA) a zároveň ještě umožňuje normální funkci součástky. Tranzistor na výstupu bude zapojen se společným emitorem. Na kolektor bude připojeno napětí 5 V přes rezistor 10 k. Na kolektor bude také připojen digitální vstup mikroprocesoru. Bude-li na vstupu opto-tranzistoru nenulové napětí, tranzistor bude sepnutý, což uzemní 5 V připojených na kolektor, mikroprocesor bude mít na vstupu nízkou úroveň. Jakmile napětí na vstupu opto-tranzistoru dosáhne nuly, tranzistor se vypne a napětí připojené na kolektor potече na vstup mikroprocesoru, ten bude detekovat vysokou úroveň.

Po detekci nuly bude mikroprocesor čekat určitou dobu podle nastavené hodnoty. Jakmile doba uplyne, je třeba zapnout triak, který sepne připojené osvětlení. Není však možné triak spínat přímo, ani přes tranzistor, protože by nedošlo ke galvanickému oddělení. Z toho důvodu bude použit ještě opto-triak. Mikroprocesor sepne opto-triak, který na gate silového triaku přivede 230V omezených rezistorem ke snížení řídicího proudu.

Takový druh spínání, kdy dochází k vypnutí v nule, je možné použít kromě běžné odporové zátěže také pro indukční zátěže, protože nebudou vznikat žádné špičky, které induktivní zátěže po rozpojení obvodu vytvářejí (Miloslav Bezděk, 2008). I tak je vhodné připojit RC článek paralelně k připojenému osvětlení. Zamezí to různým napěťovým i proudovým nárazům a ochrání to triak.

Výstup

Výstupem návrhu je jednostranná DPS (obrázek 14) s možností připojit dva okruhy osvětlení, každý s maximálním proudem 8 A, který je dán použitým typem triaku. Deska je oproti reléovému modulu značně menší. Je vysoká, stejně jako reléový modul, 6 cm a široká 7,5 cm. I zde se počítá s dodatečným pocínováním, ale není nezbytné, protože i bez pocínování by měl modul trvale vydržet zátěž 6 A, což je přibližně 1,3 kVA. To by představovalo připojení třinácti žárovek o výkonu 100 W. Cena materiálu na výrobu modulu je zhruba 220 Kč. Schéma zapojení modulu je umístěno v přílohách (obrázek 19).



Obrázek 14: Náhled na navrženou DPS modulu osvětlení

Program

Po zapnutí modulu se provádí procedura `setup()`, která iniciuje časovače s interrupty, které cyklicky kontrolují stav proměnných `svetlo1Nula` a `svetlo2Nula`. Pokud je některá z proměnných `true`, počká určitý čas podle nastaveného výkonu a sepne příslušný výstup. Zmíněné proměnné se nastavují v proceduře `loop()`, která cyklicky kontroluje logickou úroveň na vstupech mikroprocesoru, které jsou připojeny k optotranzistoru detekující průchod nulou. Modul přijímá zprávy v proceduře `messageReceived()`. Přijímanými daty jsou výhradně výkony v procentech pro jednotlivé výstupy, případně dotaz na aktuální nastavené výkony.

```
// Nastaveni výkonu v-%
uint8_t svetlo1Value = 0;
uint8_t svetlo2Value = 0;

// Globalni promenne zaznamenavajici pruchod nulou
bool svetlo1Nula = false;
bool svetlo2Nula = false;

void setup() {
    // Zapnutí timeru
    TCCR0 |= (1 << CS00);
    TCCR2 |= (1 << CS00);

    // Inicializace timeru, overflow za 5 ticku
    TCNT0 = 250;
    TCNT2 = 250;
}
```

```
// Zapne overflow interrupty na timerech
TIMSK |= (1 << TOIE0) | (1 << TOIE2);

// Aktivuje interrupty
sei();
}

// Cyklicky kontroluje pruchody nulou a-zapisuje je do globalni promenne
// pro interrupty
void loop() {
    if (svetlo1Value == 0 && svetlo2Value == 0) sleep(40); // Obe svetla
        vypnuta, neni treba loopovat tak casto
    else {
        if (svetlo1Value > 0) {
            svetlo1Nula = isHigh(SVETLO1N);
        }

        if (svetlo2Value > 0) {
            svetlo2Nula = isHigh(SVETLO2N);
        }
    }
}

// Pouze Timer0, Timer2 je totozny
bool timer0Interrupted = false;
ISR (TIMER0_OVF_vect) // timer0 overflow interrupt
{
    if (svetlo1Nula && !timer0Interrupted) {
        timer0Interrupted = true;

        usleep(100 * (100 - svetlo1Value));
        high(SVETLO1);
        usleep(50);
        low(SVETLO1);
        timer0Interrupted = false;
    }

    // Reset counteru
    TCNT0 = 250;
}

// Procedura volana z~interruptu po poskladani celé zpravy
void messageReceived(uint8_t* receivedData, uint8_t size) {
    // DELKA | ADRESA ZARIZENI | PRIKAZ | SVETLO | HODNOTA
}
```

```
if (size > 2) {
    if (receivedData[2] == CMD_TOKEN_RECEIVED)
        sendMessage((uint8_t[]){ 3, 0, 255 }); // Obrdzen token -
        vraci jej zpet na adresu 0
    else if (receivedData[2] == CMD_SET_VALUE) {
        switch (receivedData[3]) {
            case 1: svetlo1Value = receivedData[4]; break;
            case 2: svetlo2Value = receivedData[4]; break;
        }
    }
    else if (receivedData[2] == CMD_GET_VALUE) {
        switch (receivedData[3]) {
            case 1: sendMessage((uint8_t[]){ 5, 0, CMD_GET_VALUE, 1,
                svetlo1Value }); break;
            case 2: sendMessage((uint8_t[]){ 5, 0, CMD_GET_VALUE, 2,
                svetlo2Value }); break;
        }
    }
}

// Uvolnime pamet
free(receivedData);
receivedData = NULL;
}
```

9.6 Modul pro elektrické vytápění

Účelem modulu je ovládání a regulace elektrického odporového vytápění. Díky regulaci vytápění lze teoreticky dosáhnout určitých úspor a hlavně pohodlí, jak je zmíněno z kapitole 4, sekci 4.1. Díky přesné regulaci je možné dosáhnout ideální požadované teploty, a tu nadále udržovat bez jakýchkoliv výkyvů. Systém samozřejmě umožňuje večerní útlum nebo plnou autonomii při cestě na dovolenou. Vytápění je možné řídit také dle pohybu osob. Teplota může být nastavena na 20°C, která se po detekci pohybu v daném prostoru může začít zvyšovat na předem nastavenou hodnotu.

Požadovaná funkce

Požadovanou funkcí je ovládání a regulace vytápění elektrického odporového vytápění s možností regulace výkonu od 0 % do 100 %. Modul sám nemusí znát teplotu v místnosti, protože tu hlídá řídicí jednotka. V případě, že se jedná o podlahové vytápění, musí znát teplotu podlahy, aby nedošlo k překročení stanovených norem. Jeden modul by měl umožňovat připojení více zařízení a každé zařízení by mělo být

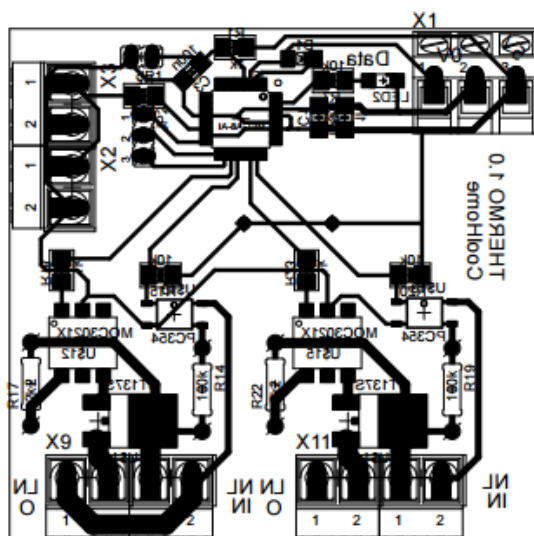
možno připojit k libovolné fázi. Pro komunikaci s řídicí jednotkou CoolHome musí modul obsahovat jednodrátové sériové rozhraní USART.

Rozbor

Celé zařízení je velmi podobné modulu osvětlení. Princip funkce je takřka totožný až na způsob spínání. Z důvodu, že modul bude spínat pouze odporovou zátěž, která nevykonává žádnou viditelnou činnost, není důvod pro dodržení vysoké frekvence spínání. Je tedy možné vypustit RC článek a oprostít se od fázového spínání a spínat pouze celé periody. Při nastavení výkonu na 1 % bude sepnuta jedna perioda ze sta. Pro komunikaci s řídicí jednotkou a celkově pro řízení regulace bude opět použit mikroprocesor, stejný jako v ostatních případech.

Výstup

Výstupem návrhu je jednostranná DPS (obrázek 15) s možností připojit dva okruhy vytápění, každý s maximálním proudem 8 A, který je dán použitým typem triaku, stejný jako u modulu osvětlení. Pro potřeby modelu je 8 A více než dostatečné, avšak pro praktické využití je třeba zvolit jiný druh triaku, který umožňuje průchod většího proudu. Příkladem může být místnost, o rozměrech 5×7 m. V případě, že bude použita topná fólie s výkonem 60 W/m a bude položena pod celou plochou pokoje, bude proud protékající triakem při plném zatížení přibližně 15 A. Plyne to z výpočtu $I = ((5 \text{ m}/0,6 \text{ m}) * 7 \text{ m} * 60 \text{ W}) / 230 \text{ V}$. Cena materiálu na výrobu modulu je zhruba 170 Kč. Schéma zapojení modulu je umístěno v přílohách (obrázek 20).



Obrázek 15: Náhled na navrženou DPS modulu vytápění

Program

Modul přijímá zprávy od řídicí jednotky v proceduře `messageReceived()`, která má totožnou implementaci jako modul osvětlení, stejně jako procedury `setup()` a `loop()`, rozdíl je v implementaci `interruptu`. Celý kód funguje tak, že počítá počet průchodů nulou. Při prvním průchodu nulou se vytápění sepne. Následně probíhá pouze inkrementace počítadla průchodů nulou. Jakmile bude počet průchodů roven nastavenému výkonu, vytápění se vypne. Počítadlo však počítá dál, dokud nedojde k číslu 100, kde se vynuluje. Celý postup se následně cyklicky opakuje.

```
bool timer0Interrupted = false;
uint8_t topeni1period = 0;
ISR (TIMER0_OVF_vect) // timer0 overflow interrupt
{
    if (!timer0Interrupted && topeni1Value > 0) {
        timer0Interrupted = true;

        if (topeni1period == topeni1Value) {
            low(TOPENI1);
        }

        if (topeni1period >= 100) {
            topeni1period = 0;
        }

        if (topeni1Nula) {
            if (topeni1period == 0) {
                high(TOPENI1);
            }

            topeni1period++;
            usleep(100); // Zamezi zapocitani jednoho pruchodu vicekrat
        }

        timer0Interrupted = false;
    }

    // Reset counteru
    TCNT0 = 245;
}
```

9.7 LED modul

LED modul je také modulem osvětlení, je však určen pro spínání LED žárovek nebo pásků, které jsou provozovány na stejnosměrném napětí 12 V. LED technologie

navíc umožňuje změnu barev – v případě, že se jedná o RGB LED – což umožňuje výjimečné ovládání scén a vytvoření libovolné atmosféry.

Požadovaná funkce

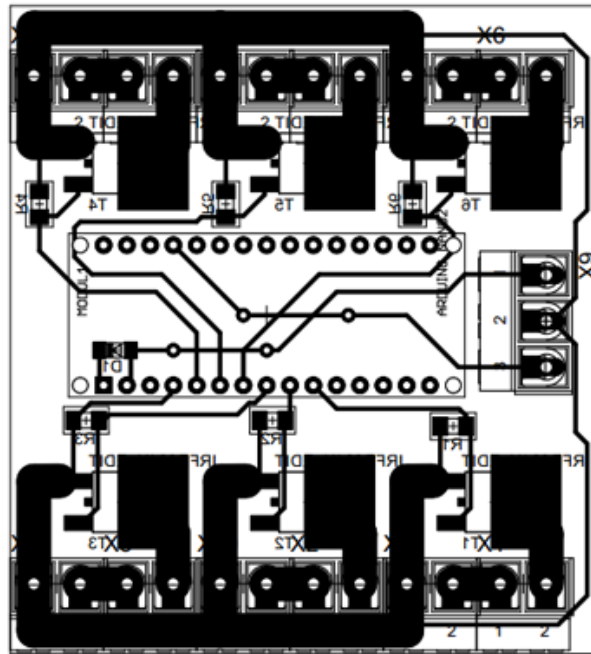
Účelem modulu je regulace jasu LED osvětlení a regulace barev RGB LED osvětlení na 12 V. Regulace by měla probíhat digitálně od hodnoty 0 až 255, z důvodu možné přítomnosti RGB LED diod na výstupu; díky takovému digitálnímu rozsahu bude možné nastavit barvy přesně podle RGB zápisu. Jeden modul by měl umožňovat ovládání více zařízení, zároveň by měl podporovat spřažení tří výstupů, aby RGB osvětlení mohlo vystupovat jako jedno zařízení. Napájení modulu by mohlo být společné pro všechny výstupy, protože se nejedná o velké zátěže, ale na tak malém napětí mohou být velmi vysoké proudy, obzvláště pokud by bylo připojeno všech 6 výstupů na výkonné LED pásy o délce alespoň 5 m. Z toho důvodu bude mít každý výstup vlastní napájení. Pro komunikaci s řídicí jednotkou CoolHome musí modul obsahovat jednodrátové sériové rozhraní USART.

Rozbor

Pro tento modul je klíčovou vlastností PWM. Díky němu je možné plynule regulovat stejnosměrné napětí. Pro komunikaci s řídicí jednotkou a pro tvorbu PWM pulzů bude použita deska Arduino, která je tvořena mikroprocesorem ATmega328. Jedná se o podobný typ mikroprocesoru, jaký byl použit u předchozích modulů, ale umožňuje použití šesti PWM, na rozdíl od použitých mikroprocesorů ATmega8, které nabízejí pouze tři PWM výstupy. Dle dokumentace (Technický list ATmega328) je maximální proud na portu opět 100 mA, nelze tedy výstupy připojit přímo, ale je třeba využít tranzistorů. Pro lepší vlastnosti budou použity unipolární tranzistory. I přes to, že připojená LED světla nebudou dosahovat vysokých výkonů, vzhledem k napětí 12 V zde potečou vysoké proudy, je tedy třeba dostatečně naddimenzovat tranzistory a cesty na DPS. Také je třeba vytvořit dostatečně velké chladicí plochy pro tranzistory, aby docházelo k dostatečnému odvodu tepla při velkých proudech.

Výstup

Výstupem návrhu je jednostranná DPS s možností připojit šest LED okruhů, každý s maximálním proudem 17 A, který je dán použitým typem tranzistoru. Na obrázku 16 je možné vidět dostatečně široké cesty pro požadovaný proud 17 A a plochy pro odvod tepla z tranzistorů. Plochy pro odvod tepla je třeba dodatečně pocínovat při připojení zátěže nad 4 A. Cesty je třeba pocínovat při připojení zátěže nad 8 A. Cena materiálu na výrobu modulu je zhruba 300 Kč. Schéma zapojení modulu je umístěno v přílohách (obrázek 21).



Obrázek 16: Náhled na navrženou DPS LED modulu

Program

Program je určen pro desku Arduino, takže obsahuje několik rozdílných příkazů avšak jedná se o stejný jazyk. Implementace příjmu dat je opět takřka totožná s předchozími implementacemi. Procedura `messageReceived()` přijímá dva příkazy a to nastavení požadované hodnoty určitého výstupu nebo přečtení aktuální hodnoty. Přijímané hodnoty jsou ukládány do globálních proměnných, podle kterých je cyklicky nastavováno PWM.

```
void loop()
{
    analogWrite(3, led1Value);
    analogWrite(5, led2Value);
    analogWrite(6, led3Value);
    analogWrite(9, led4Value);
    analogWrite(10, led5Value);
    analogWrite(11, led6Value);
}

// Procedura volana po poskladani celé zpravy
void messageReceived(uint8_t* receivedData, uint8_t size)
{
    // DELKA | ADRESA ZARIZENI | PRIKAZ | LED | HODNOTA
```



```
if (size > 2) {
    if (receivedData[2] == CMD_TOKEN_RECEIVED)
        Serial.write((uint8_t[]){ 3, 0, 255 }, 3); // Obrdzen token -
        vraci jej zpet na adresu 0
    else if (receivedData[2] == CMD_SET_VALUE) {
        switch (receivedData[3]) {
            case 1: led1Value = receivedData[4]; break;
            case 2: led2Value = receivedData[4]; break;
            case 3: led3Value = receivedData[4]; break;
            case 4: led4Value = receivedData[4]; break;
            case 5: led5Value = receivedData[4]; break;
            case 6: led6Value = receivedData[4]; break;
        }
    }
    else if (receivedData[2] == CMD_GET_VALUE) {
        switch (receivedData[3]) {
            case 1: Serial.write((uint8_t[]){ 5, 0, CMD_GET_VALUE, 1,
                led1Value }, 5); break;
            case 2: Serial.write((uint8_t[]){ 5, 0, CMD_GET_VALUE, 2,
                led2Value }, 5); break;
            case 3: Serial.write((uint8_t[]){ 5, 0, CMD_GET_VALUE, 3,
                led3Value }, 5); break;
            case 4: Serial.write((uint8_t[]){ 5, 0, CMD_GET_VALUE, 4,
                led4Value }, 5); break;
            case 5: Serial.write((uint8_t[]){ 5, 0, CMD_GET_VALUE, 5,
                led5Value }, 5); break;
            case 6: Serial.write((uint8_t[]){ 5, 0, CMD_GET_VALUE, 6,
                led6Value }, 5); break;
        }
    }
}

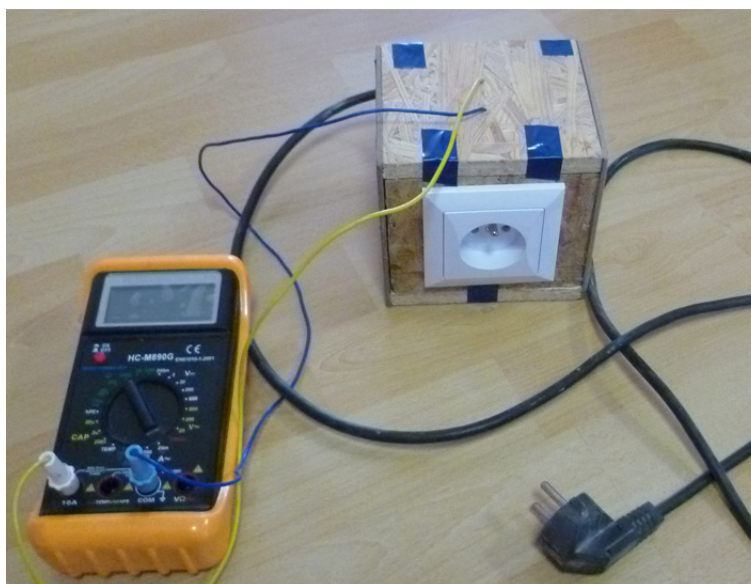
// Uvolníme pamet
free(receivedData);
receivedData = NULL;
}
```

10 Spotřeba nečinných elektrických zařízení

Kapitola slouží pro potvrzení či zvrácení teorie reléového modulu, který by měl sloužit k úspoře energie. Kapitola se zabývá měřením výkonů domácích elektrických zařízení v různých režimech činnosti. Měření je pouze protékající proud pomocí ampérmetru a výsledný výkon je spočítán jako zdánlivý výkon $S = U * I$.

10.1 Měřící aparatura

Pro účely měření spotřeby elektrických zařízení byla sestrojena jednoduchá aparatura, kterou je možné vidět na obrázku 17. Měření spotřeby je realizováno měřením protékajícího proudu, při kterém je třeba vřadit ampérmetr do série v měřeném obvodu. Pro ten účel byl sestrojen box se zásuvkou, pro připojení zařízení, a vidlicí, pro připojení do elektrické sítě. Z vrchu boxu jsou vyvedeny dva kabely (fáze), které slouží pro připojení ampérmetru.



Obrázek 17: Náhled na měřící aparaturu

10.2 Měření

Měřena byla zařízení, které je možno odpojit od elektrické sítě bez ztráty nastavení nebo jiných vedlejších účinků. Výsledky měření je možné vidět v tabulce 1. Různá zařízení mají různé stavy. Většina zařízení má stav vypnuto, který představuje maximální možné vypnutí zařízení bez odpojení napájecího kabelu. Zařízení, která měla mechanický vypínač, zde mají hodnotu 0 a zařízení, které není možné žádným způsobem vypnout, nemají hodnotu vyplněnou.

Tabulka 1: Spotřeba elektrických zařízení v různých stavech činnosti

Zařízení	Vypnuto [mA]	Mezistav [mA]	Zapnuto [mA]	Výkon vypnuto [VA]	Výkon normálně [VA]
Prodlužovací kabel s vypínačem	0,00	-	1,13	0,00	0,00
LED TV (r. v. 2013)	58,00	-	250,00	13,34	13,34
Starý magnetofon	12,00	-	17,00	2,76	2,76
Tiskárna (s WiFi)	6,70	-	17,00	1,54	1,54
LCD monitor 22" (r. v. 2009)	20,00	21,50	100,00	4,60	4,95
PC reproduktory se subwooferem	0,00	-	40,00	0,00	9,20
LCD TV 18" (r. v. 2014)	20,50	-	51,00	4,72	4,72
Mikrovlnná trouba	11,50	-	-	2,65	2,65
Audio systém (5.1)	159,00	-	210,00	36,57	36,57
CRT TV	66,00	-	200,00	15,18	15,18
Televizní zesilovač	-	-	9,30	2,14	2,14
Bezdrátový zvonek	-	-	70,00	16,10	16,10
WiFi router	-	-	45,00	10,35	10,35
Modem - příjem WiFi internetu	-	-	18,00	4,14	4,14
Celkem	353,70	21,50	1028,43	114,08	123,63
Cena za rok	3 563,17 Kč	216,59 Kč	10 360,40 Kč	4 996,70 Kč	5 414,78 Kč

Mezistav je zde výhradně kvůli monitoru, který se uvede do mezistavu při vypnutí nebo uspání PC. Mezistav zde představuje vypnutý monitor, ale se stále svítící kontrolkou, která indikuje stav zařízení. Monitor je možné vypnout ještě tlačítkem, který způsobí zhasnutí kontrolky.

Stav zapnuto je zde kvůli zařízením, která nelze vypnout a kvůli porovnání spotřeby oproti vypnutému stavu. Mikrovlnná trouba při zapnutém stavu měřena nebyla, její velký výkon není relevantní pro porovnávání.

V pravé části tabulky jsou dva sloupce, které dopočítávají výkon zařízení. Sloupec *výkon vypnuto* počítá výkon zařízení ve vypnutém stavu nebo v dalším změřeném stavu, pokud sloupec neobsahuje hodnotu. Počítá tedy spotřebu zařízení při maximálním vypnutí bez odpojení zařízení od sítě. Sloupec *výkon normálně* počítá spotřebu zařízení ve stavu, v jakém se běžně nachází. Použitá políčka pro výpočet normálního výkonu jsou podbarvena.

10.3 Rozbor

Z tabulky vyplývá, že spotřeba těchto spotřebičů v jejich normálním stavu je 123,63 VA, ročně je to 1082,9 kWh, což je při ceně 5 Kč za kWh 5414,78 Kč. Při maximálním možném vypnutí spotřebičů je roční spotřeba 4996,78 Kč.

Pro srovnání, kdyby každé zařízení z tabulky bylo připojeno na samostatné relé (celkem tedy 14 relé) a přitom bylo relé sepnuto 24 hodin denně ($0,45 W/h * 24 = 10,8 W * 14 = 151,2 W$), bude jejich roční spotřeba 55,188 kWh, což je 275,94 Kč. Reléový modul tedy může přinést roční úsporu přibližně 5000 Kč.

11 Zhodnocení

11.1 Shrnutí

Práce se obecně zabývá problematikou inteligentních automatizačních systémů, jejich přínosy a spojitosti s nízkoenergetickými a pasivními stavbami. Samotná práce autora spočívala v návrhu a implementaci automatizačních modulů pro řízení domovní elektroinstalace skrze řídicí jednotku CoolHome.

V teoretické části práce je čtenář uveden do rozsáhlé problematiky inteligentních domů, která je úzce spojena s energeticky úspornými stavbami. První kapitola vysvětluje pojem inteligentní dům, ale převážně popisuje energeticky úsporné stavby. Následující kapitoly popisují největší zástupce inteligentních systémů v České republice a hlavní funkce inteligentních domácností. Ke konci popisuje elektroinstalace, porovnává klasickou a inteligentní elektroinstalaci, a představuje používané topologie pro zapojení zařízení a nutné prvky k realizaci domácí automatizace.

V úvodu praktické části autor popisuje navrhovaný a vytvářený model domu, který slouží pro implementaci dále vyráběných prvků řízení. Model je tvořen dřevěnou konstrukcí a obsahuje plnohodnotnou elektroinstalaci (230 V) včetně všech potřebných jističích a ochranných prvků. Následující kapitola stručně popisuje použitou řídicí jednotku a její vlastnosti společně s komunikačním protokolem a uživatelským rozhraním. Následující kapitola popisuje hlavní práci autora, a to návrh modulů komunikujících s použitou řídicí jednotkou a umožňujících řízení elektrospotřebičů. Ve většině modulů byl použit mikroprocesor ATmega8 od společnosti Atmel Corporation. V jediném případě byl tento mikroprocesor nahrazen deskou Arduino (s mikroprocesorem ATmega328), a to kvůli nedostatečnému množství PWM výstupů.

Poslední část práce se zabývá měřením spotřeby domácích spotřebičů a jejich odběru energie ve vypnutém stavu. Tato část se snaží podpořit teorii úspor vzniklých díky reléovému modulu, tedy odpojováním spotřebičů od rozvodné sítě v době, kdy nejsou používány.

11.2 Diskuse

V práci jsou tvořeny inteligentní moduly pro systém inteligentního domu, avšak samy moduly inteligenci neobsahují. Všechna intelligence je v řídicí jednotce, která je mozkiem celého systému. Samotné moduly jsou pouze nástroje řídicí jednotky k dosažení požadovaných cílů.

V původním plánu autora bylo ještě vytvořit malé žaluzie na francouzské okno s modulem k jejich řízení a moduly pro multiroom audio, k čemuž však nedošlo. Samotné zadání práce ani toto nepožaduje, avšak ovládání žaluzií je jedním z hlavních prvků, který se používá v pasivních domech. Multiroom audio je zase jeden z hlavních prvků, který do systému inteligentních budov přináší zábavu.

Výsledky poslední kapitoly zabývající se spotřebou vypnutých zařízení byly překvapující, a to hlavně spotřeba audio systému a přijímače bezdrátového zvonku. Dále byla udivující tiskárna, kterou je možné vypnout vypínačem, kdy všechny kontrolky zhasnou a tiskárna opravdu vypadá vypnutá. Avšak i po tomto vypnutí spotřebovává přibližně 1,5 VA.

11.3 Závěr

Cílem bakalářské práce byla výroba modelu domu s funkční elektroinstalací, návrh modulů pro jeho řízení a implementace modelu. Tento cíl byl úspěšně splněn, jak již vyplývá z obrázků v práci. Modul pro řízení LED osvětlení autor práce úspěšně využívá.

Modul pro řízení a regulaci osvětlení může vytvářet rušení z hlediska elektromagnetické kompatibility. Tento fakt nemohl být ověřen z důvodu nedostupnosti potřebné techniky. U modulu pro řízení vytápění by takový problém být neměl, protože rozdílnou programovou implementací spíná celé periody, které rušení nezpůsobují.

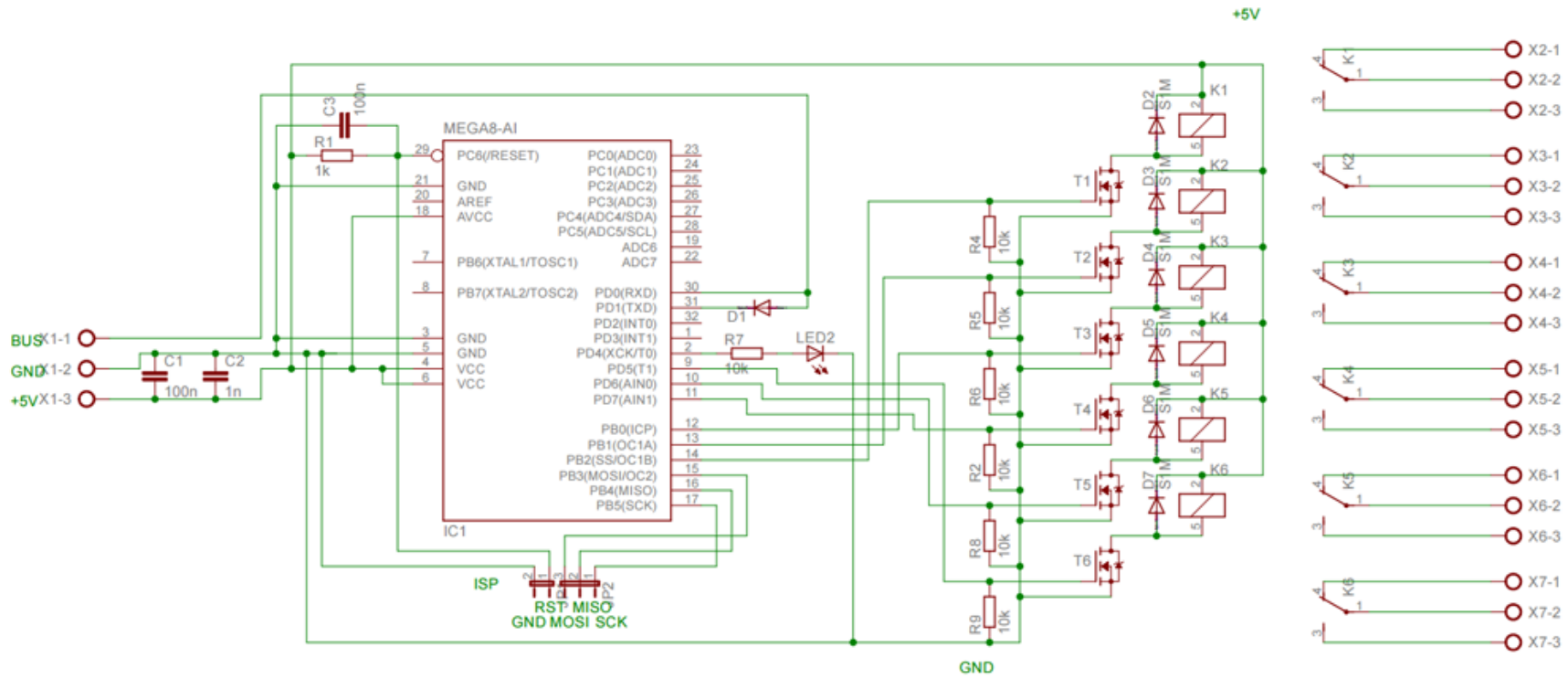
V zarušeném prostředí by mohl nastat problém s komunikací mezi moduly na větší vzdálenosti (jednotky metrů), protože rozhraní UART není proti rušení odolné. Do budoucna by bylo vhodné nahradit UART standardem RS485.

12 Reference

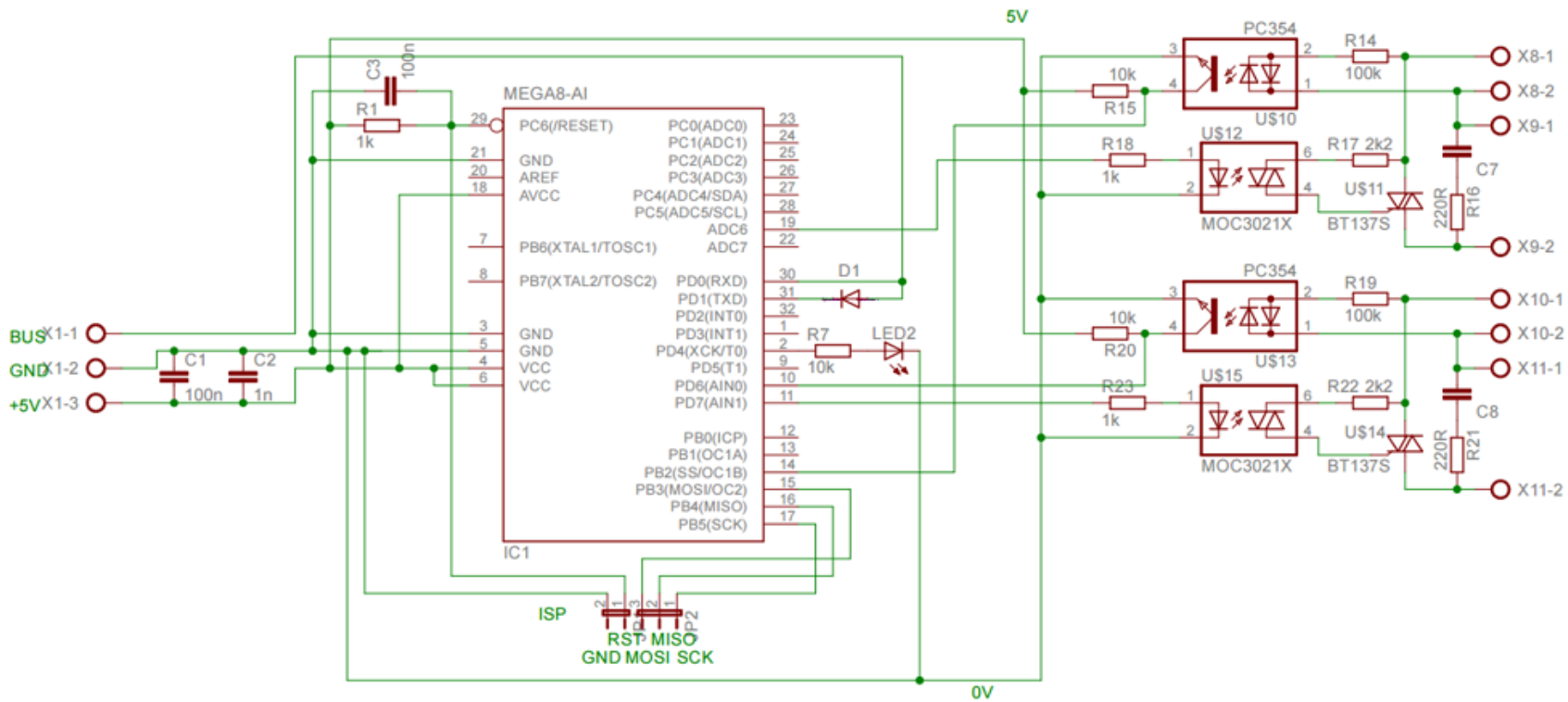
- Moderní metody regulace vytápění pro rodinné domy* JIŘÍ BARTUSEK. Brno, 2012. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně..
- Jak ušetřit* iNELS [online]. [cit. 2015-11-22]. Dostupné z: <http://www.inels.cz/jak-usetrit>.
- Passive House requirements* PASSIVE HOUSE INSTITUTE [online]. [cit. 2015-12-20]. Dostupné z: http://passivehouse.com/02_informations/02_passive-house-requirements/02_passive-house-requirements.htm.
- Tepelné izolace* CENTRUM PASIVNÍHO DOMU [online]. [cit. 2015-12-20]. Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/tepelne-izolace/t231>.
- Co je pasivní dům?* CENTRUM PASIVNÍHO DOMU [online]. [cit. 2015-11-22]. Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivni-dum/t2>.
- ELKO EP* [online]. [cit. 2015-11-28]. Dostupné z: <http://www.elkoep.cz>.
- Insight Home: Řešení pro chytré bydlení* [online]. [cit. 2015-11-28]. Dostupné z: <http://www.insighthome.eu/>.
- Loxone* [online]. [cit. 2015-12-20]. Dostupné z: <http://www.loxone.com>.
- Somfy* [online]. [cit. 2015-12-20]. Dostupné z: <http://somfy.cz>.
- Control4* [online]. [cit. 2015-12-20]. Dostupné z: <http://control4.cz>.
- Bydlení pro třetí tisíciletí* [online]. [cit. 2015-12-20]. Dostupné z: <http://youtube.com/watch?v=IhtSBe4mkxE>.
- Úspora ve vytápění s inteligentní elektroinstalací iNELS je až 30%* [online]. [cit. 2015-12-20]. Dostupné z: <http://www.feedit.cz/wordpress/2014/09/18/uspore-ve-vytapeni-s-inteligentni-elektroinstalaci-inels-je-az-30/>.
- Mikroklima pasivních domů* TECHNICKÉ ZAŘÍZENÍ BUDOV [online]. [cit. 2016-02-08]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/8144-mikroklima-pasivnich-domu>.
- Fasáda* ISOVER [online]. [cit. 2016-02-08]. Dostupné z: <http://www.isover.cz/fasada>.
- Elektronika I* BEZDĚK, MILOSLAV [učebnice]. 3. vyd. České Budějovice: Kopp, 2008. ISBN 978-80-7232-365-4.
- Inels a sběrnice CIB: moderní systém inteligentní elektroinstalace* KLABAN, JAROMÍR, TECO A. S [online]. 2008 [cit. 2016-02-23]. Dostupné z: http://automa.cz/index.php?id_document = 38218.

- Jak správně postavit a naplánovat inteligentní dům* [online]. [cit. 2016-2-23]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=_C82bYMFgTc.
- Technický list NT72* [online]. [cit. 2016-4-13]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/img/cache/doc/634/177/rele-nt72-2-cs10-dc5v-0-45-datasheet-1.pdf>.
- Technický list ATmega8* [online]. [cit. 2016-4-13]. Dostupné z: http://www.atmel.com/images/atmel-2486-8-bit-avr-microcontroller-atmega8_1_datasheet.pdf.
- Vybíráme prvky pasivního domu* CENTRUM PASIVNÍHO DOMU [online]. [cit. 2016-05-13]. Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/vybirame-prvky-pasivniho-domu/t1262>.
- Klasická versus inteligentní elektroinstalace* TECHNICKÉ ZAŘÍZENÍ BUDOV [online]. [cit. 2016-05-13]. Dostupné z: <http://elektro.tzb-info.cz/domovni-elektroinstalace/7842-klasicka-versus-inteligentni-elektroinstalace>.
- ČSN EN 1264-5. *Zabudované vodní velkoplošné otopné a chladicí soustavy - Část 5: Otopné a chladicí plochy zabudované v podlahách, stropěch a stěnách - Stanovení tepelného výkonu*. 2009.
- Technický list PC354* [online]. [cit. 2016-5-16]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/img/cache/doc/961/043/pc354nt-cos-datasheet-1.pdf>.
- Technický list ATmega328* [online]. [cit. 2016-5-16]. Dostupné z: http://www.atmel.com/images/atmel-8271-8-bit-avr-microcontroller-atmega48a-48pa-88a-88pa-168a-168pa-328-328pa_datasheet_complete.pdf.

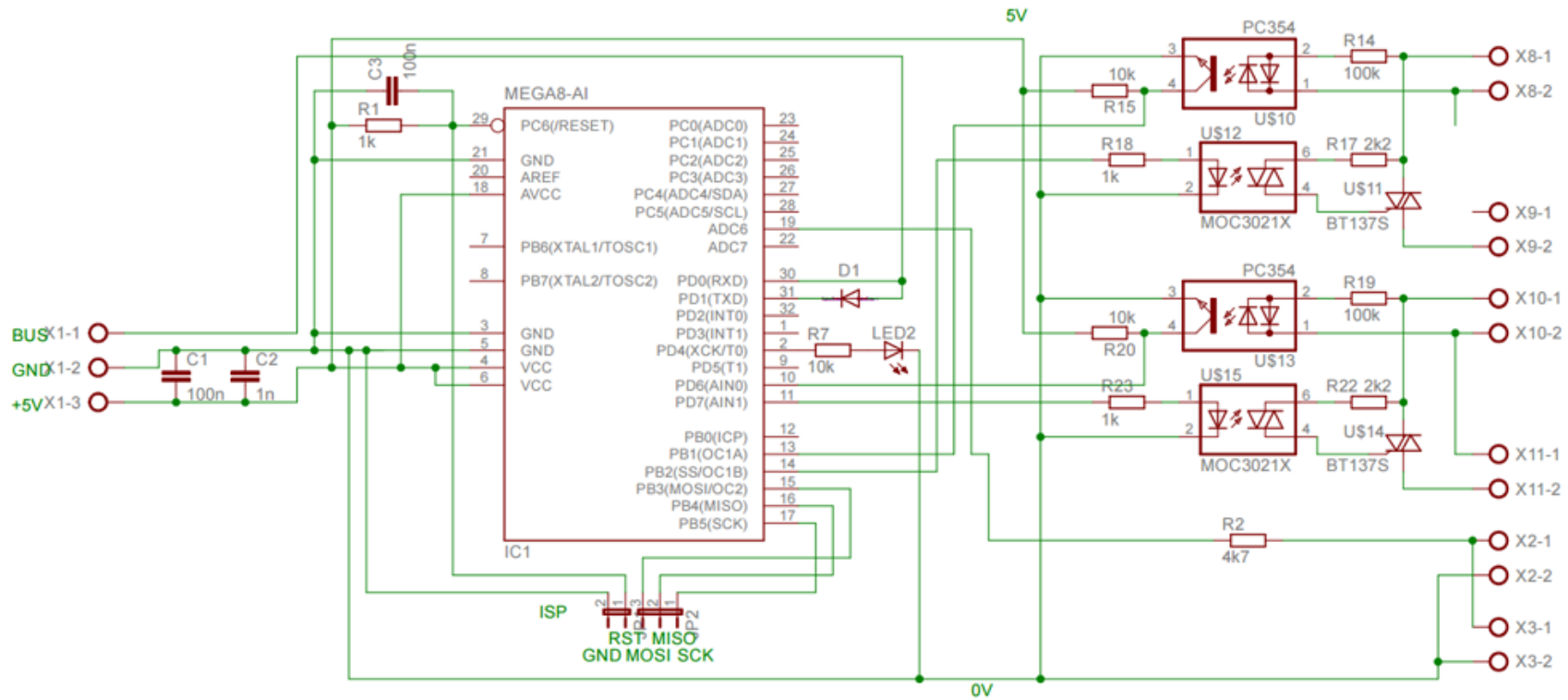
Přílohy



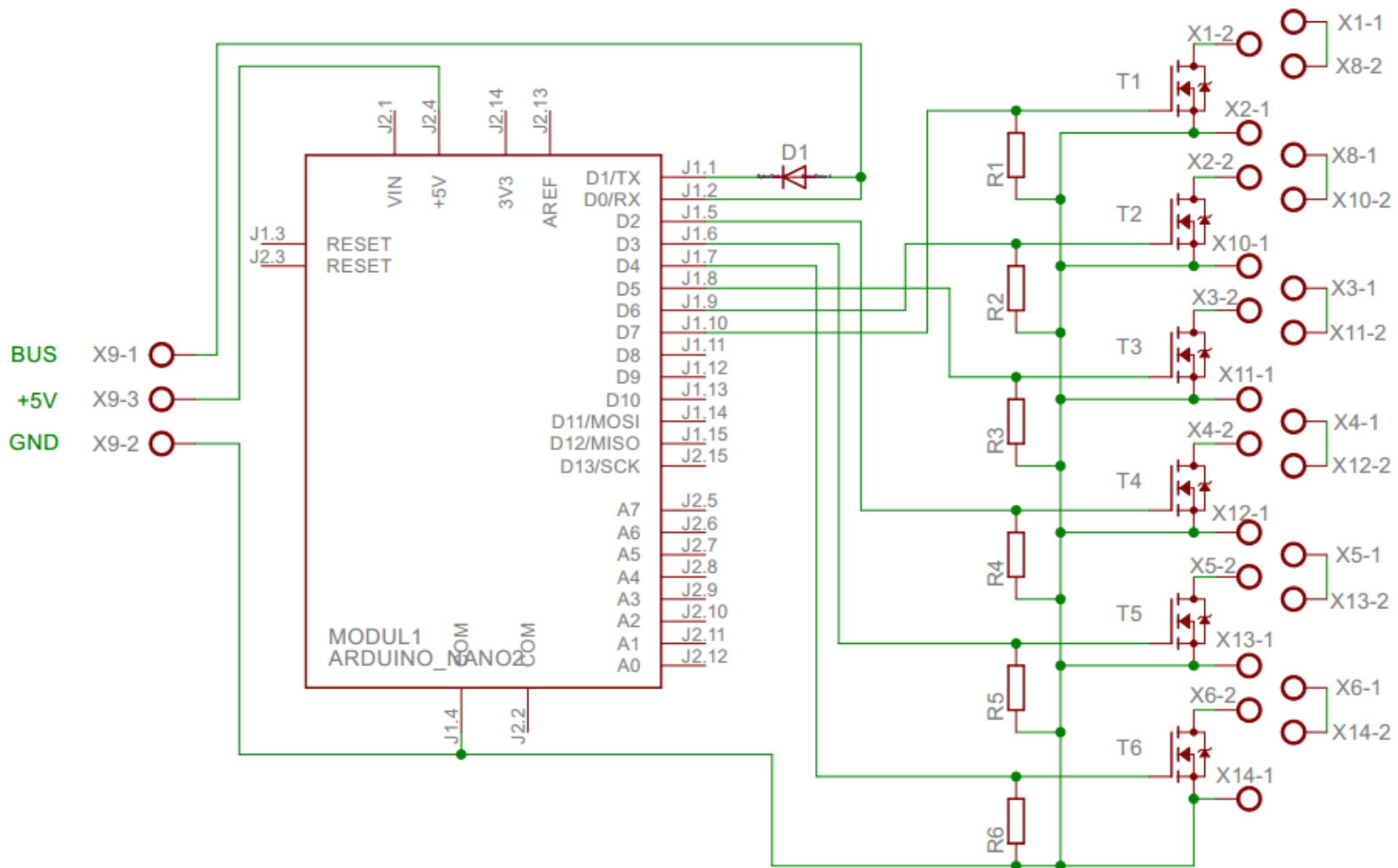
Obrázek 18: Elektrické schéma navrženého reléového modulu



Obrázek 19: Elektrické schéma navrženého světelného modulu



Obrázek 20: Elektrické schéma navrženého modulu vytápění



Obrázek 21: Elektrické schéma navrženého led modulu



Obrázek 22: Náhled na podlahu modelu



Obrázek 23: Náhled na přední stranu modelu s rozvaděčem



Obrázek 24: Náhled na zadní stranu modelu s upevněným WiFi routerem.



Obrázek 25: Náhled na základní konstrukci modelu



Obrázek 26: Náhled na základní konstrukci modelu



Obrázek 27: Náhled na vnitřek modelu ze vstupních dveří