



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY

INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

AUTOMATIZACE RODINNÉHO DOMU

FAMILY HOUSE AUTOMATION SYSTEM

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Dominik Heczko

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Mgr. Monika Dosoudilová, Ph.D.

BRNO 2023

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav automatizace a informatiky
Student: **Bc. Dominik Heczko**
Studijní program: Aplikovaná informatika a řízení
Studijní obor: bez specializace
Vedoucí práce: **Mgr. Monika Dosoudilová, Ph.D.**
Akademický rok: 2022/23

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Automatizace rodinného domu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Automatizace budov se zaměřením na potřeby úsporného a komfortního rodinného domu. Návrh a realizace vybrané laboratorní úlohy s využitím webových aplikací a vlastního programování.

Cíle diplomové práce:

Rešerše na téma automatizace rodinných domů.
Seznámení se systémy zabezpečujícími automatizaci budov.
Návrh laboratorní úlohy demonstrující využití domovní automatizace.
Vypracování návodů a ukázkových řešení k navržené úloze.

Seznam doporučené literatury:

GARLIK, B.: Inteligentní budovy. BEN - technická literarura, Praha, 2012, 1. vydání, ISBN: 978-80-7300-440-8.

SIEMENS LOGO! Manual. Industry Support Siemens [on-line]. Munich: Siemens, ©2017 [cit. 2018-03-11]. Dostupné z

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/041/109741041/att_924628/v1/logo_system_manual_en-US_en-US.pdf.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2022/23

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Radomil Matoušek, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Práce se věnuje problematice automatizace rodinného domu. Po úvodu do různých možností automatizace je navržen systém založený na open-source projektu Home Assistant. Do tohoto systému jsou připojena komerčně dostupná zařízení zajišťující ovládání patřičných funkcí. Pro každé zařízení je popsán postup jeho konfigurace. Dále je navržen a sestaven prototyp chytrého ovladače osvětlení a chytrého teploměru.

ABSTRACT

The thesis deals with the automation of a family house. After an introduction to different automation options, a system based on an open-source project Home Assistant is proposed. Commercially available devices are connected to this system to provide control of appropriate functions. For each device, the configuration procedure is described. Furthermore, a prototype of a smart lighting controller and a smart thermometer is designed and built.

KLÍČOVÁ SLOVA

automatizace budov, chytrá domácnost, chytrá zařízení, Home Assistant, Arduino Nano, MQTT

KEYWORDS

automation of buildings, smart home, smart devices, Home Assistant, Arduino Nano, MQTT



2023

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HECZKO, Dominik. Automatizace rodinného domu. Brno, 2023. Dostupné také z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/145668>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automatizace a informatiky. Vedoucí práce Monika Dosoudilová.

PODĚKOVÁNÍ

Zde bych chtěl poděkovat paní Mgr. Monice Dosoudilové, Ph.D., za vedení této práce, za všechny konzultace, rady a připomínky.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, vypracoval jsem ji samostatně pod vedením vedoucího práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury.

Jako autor uvedené práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následku porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestně právních důsledků.

V Brně dne 20. 5. 2023

.....

Dominik Heczko

OBSAH

1	ÚVOD.....	15
2	SBĚRNICOVÉ SYSTÉMY AUTOMATIZACE BUDOV.....	17
2.1	KNX.....	17
2.2	Free@Home.....	22
2.3	DALI-2	24
2.4	DMX512.....	26
2.5	Srovnání klasické elektroinstalace a sběrnicevého systému	26
3	SYSTÉMY PRO SPRÁVU CHYTRÝCH DOMŮ	28
3.1	Apple HomeKit.....	29
3.2	Samsung SmartThings	30
3.3	Google Home.....	31
3.4	Amazon Alexa	32
3.5	Home Assistant.....	33
4	VLASTNÍ NAVRŽENÝ SYSTÉM.....	35
4.1	Požadavky na systém.....	35
4.2	Zvolené řešení – Home Assistant	36
4.2.1	Základ systému	36
4.3	Osvětlení.....	38
4.3.1	Komerční řešení.....	38
4.3.2	Vlastní řešení chytrého vypínače.....	40
4.3.3	Zhodnocení vlastního zařízení.....	47
4.4	Ovládání okenních rolet.....	48
4.5	Regulace teploty	52
4.6	Síťová kamera.....	55
4.7	Teploměr.....	56
4.8	Konfigurace ovládacího panelu	58
4.9	Cenová kalkulace.....	62
5	ZÁVĚR	65
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	67
	SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK	73
	SEZNAM PŘÍLOH.....	75

1 ÚVOD

V současné době se stále zvyšuje podíl automatizace jak v komerčních objektech, tak stále častěji i v obytných budovách. S rostoucím množstvím chytrých zařízení na trhu mají lidé širší možnosti zvýšení komfortu a úspory času v domácnosti. Na trhu existují různé systémy, s nimiž lze domácnosti automatizovat. Překážkou jejich většímu rozšíření však stále může být nedostatečné povědomí a znalosti lidí o těchto technologiích. Cílem práce je navržení laboratorní úlohy demonstrující využití domovní automatizace, vypracování návodů a popis řešení této úlohy. To přináší potenciál sloužit jako inspirace a praktický návod případným jednotlivcům majícím zájem o automatizaci vlastního domova.

Rešeršní část této práce je rozdělena na dvě části. První z nich se zabývá sběrníkovými systémy pro automatizaci budov a druhá pojednává o dostupných komerčních systémech pro správu chytrých domácností.

Následuje praktická část, která se věnuje samotnému návrhu systému automatizace rodinného domu. Tento systém je založen na open-source projektu Home Assistant a využívá komerčně dostupná zařízení. Kromě nich byla také navržena a vyrobena dvě zařízení vlastní konstrukce, a to chytrý teploměr a chytrý vypínač osvětlení. Obě tato zařízení jsou v textu detailně popsána.

Po popisu všech zařízení v systému a postupu jejich konfigurace je v práci věnován prostor popisu vytvoření ovládacího panelu v systému Home Assistant, pomocí něhož může uživatel spravovat chytrou domácnost z webového prohlížeče nebo mobilní aplikace. Závěrem je jedna kapitola věnována rozpisu nákladů na sestavení tohoto systému automatizace domácnosti.

2 SBĚRNICOVÉ SYSTÉMY AUTOMATIZACE BUDOV

Automatizace budov je označení pro techniku zajišťující měření, kontrolu, regulaci a řízení technických zařízení budov (TZB). [1, 2] Mezi zařízení běžně integrovaná do automatizace budov patří vytápění, chlazení, ventilace, dodávky elektrické energie, řízení osvětlení, řízení žaluzií, sanitární přístroje a detekce a ohlašování požáru. První tři z nich se souhrnně označují zkratkou HVAC z anglického Heating, Ventilating, Air Conditioning. [1]

Aby TZB mohla fungovat v budově jako ucelený systém, je žádoucí jejich komunikační propojení pomocí sběrnic. Historicky si výrobci automatizačních systémů pro budovy vyvíjeli vlastní sběrnice pro přenos dat. Pro uživatele však vyvstával problém se vzájemnou nekompatibilitou zařízení od různých výrobců. Od počátku 90. let 20. století se proto začaly na trhu objevovat standardizované systémy sběrnic. [1]

2.1 KNX

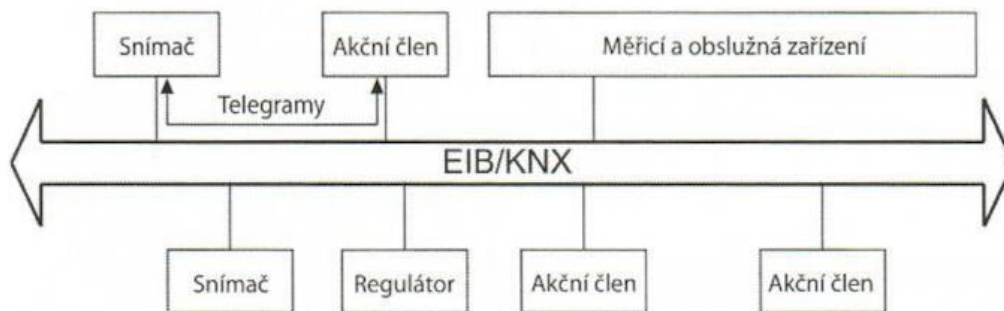
KNX je průmyslový komunikační standard, spravovaný organizací KNX (logo této organizace je na obr. 2.1).



Obr. 2.1: Logo organizace KNX [2]

Tento standard se používá pro spojení zařízení na komunikační sběrnici v technice budov. Těmito zařízeními mohou být snímače, akční členy, regulační a řídicí zařízení nebo obslužná a měřicí zařízení. Data pro komunikaci se vloží do tzv. telegramu a pomocí sběrnic se přenášejí mezi jednotlivými zařízeními, která mají vykonávat určené funkce. Sběrnice je nejčastěji realizována jako kroucená dvojlinka. Existují však i varianty, které požívají rádiové spojení, nebo komunikaci po silovém vedení, avšak v následujícím textu bude pojednáváno pouze o sběrnici na kroucené dvojlince. Systém je decentralizovaný, tudíž není závislý na nějaké centrální řídicí jednotce, ale zařízení komunikují přímo mezi sebou. To přináší výhody ve spolehlivosti, kde porucha jednoho zařízení vyřadí z provozu pouze funkce přímo spjaté s daným zařízením, zatímco vše ostatní může bez omezení fungovat dále. [1]

Příkladem komunikace systému může být např. ovládání žaluzií. Snímač (zde spínač) vydá příkaz a odešle ho po sběrnici v datovém telegramu. Akční člen (relé) zprávu přijme, odešle potvrzující telegram a vykoná příkaz. Schématické znázornění zařízení připojených na sběrnici KNX (dříve také EIB – European Installation Bus neboli evropská instalační sběrnice) je na obrázku 2.2. [1]



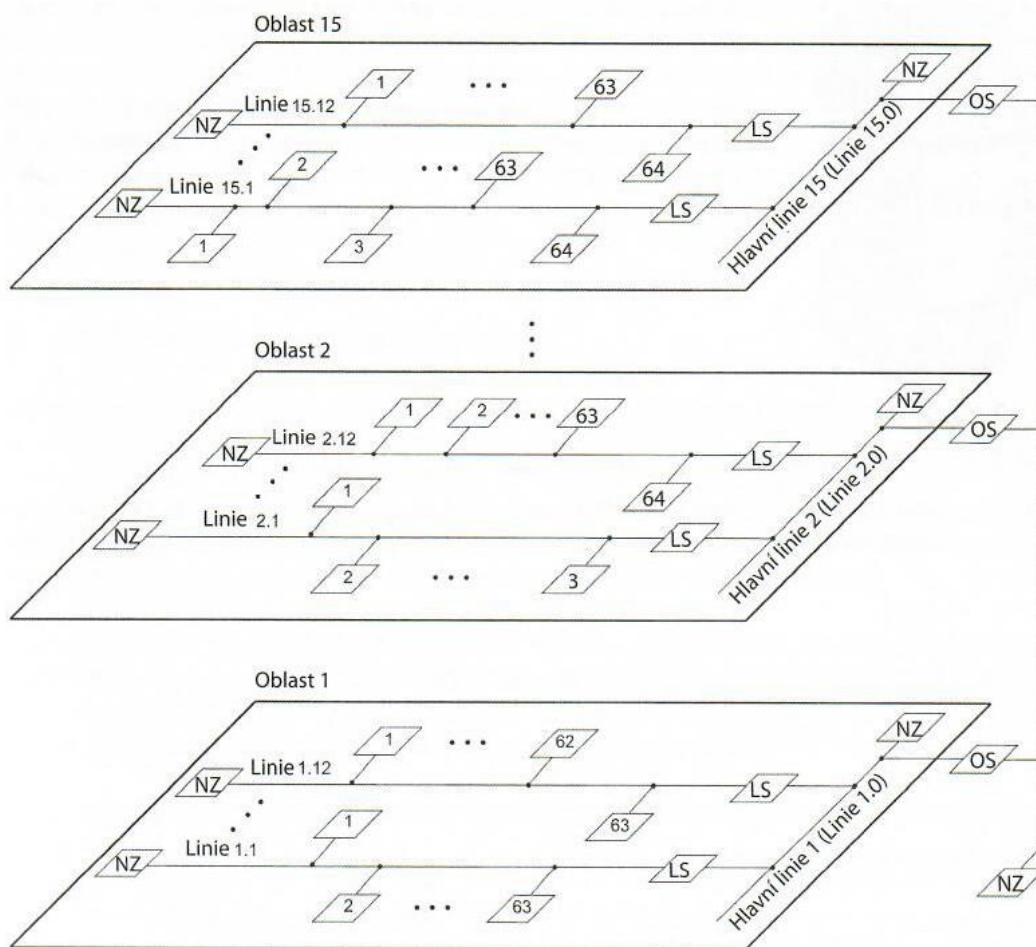
Obr. 2.2: Připojení zařízení na sběrnici KNX [1]

Sběrnice slouží jak k přenosu informací, tak i k napájení zařízení s menším odběrem (např. spínačů). Je realizována kroucenou dvojlínkou napájenou napětím 30 V. Datový signál je superponován na toto napětí. Z tohoto důvodu musí být použit napájecí zdroj vybavený tlumivkou. Na sběrnici jsou kladena následující fyzická omezení, tak aby každé zařízení mělo (po úbytku napětí na sběrnici vlivem délky vedení) minimální napětí alespoň 21 V:

- Celková délka vedení nesmí překročit 1000 m.
- Dvě vzájemně nejvzdálenější zařízení na sběrnici nesmějí být od sebe vzdálena více než 700 m.
- Maximální vzdálenost mezi napájecím zdrojem a spotřebičem nesmí překročit 300 m.
- Pokud se použijí dva napájecí zdroje (např. kvůli zvýšenému odběru zařízení), pak délka vedení mezi nimi musí být alespoň 200 m.

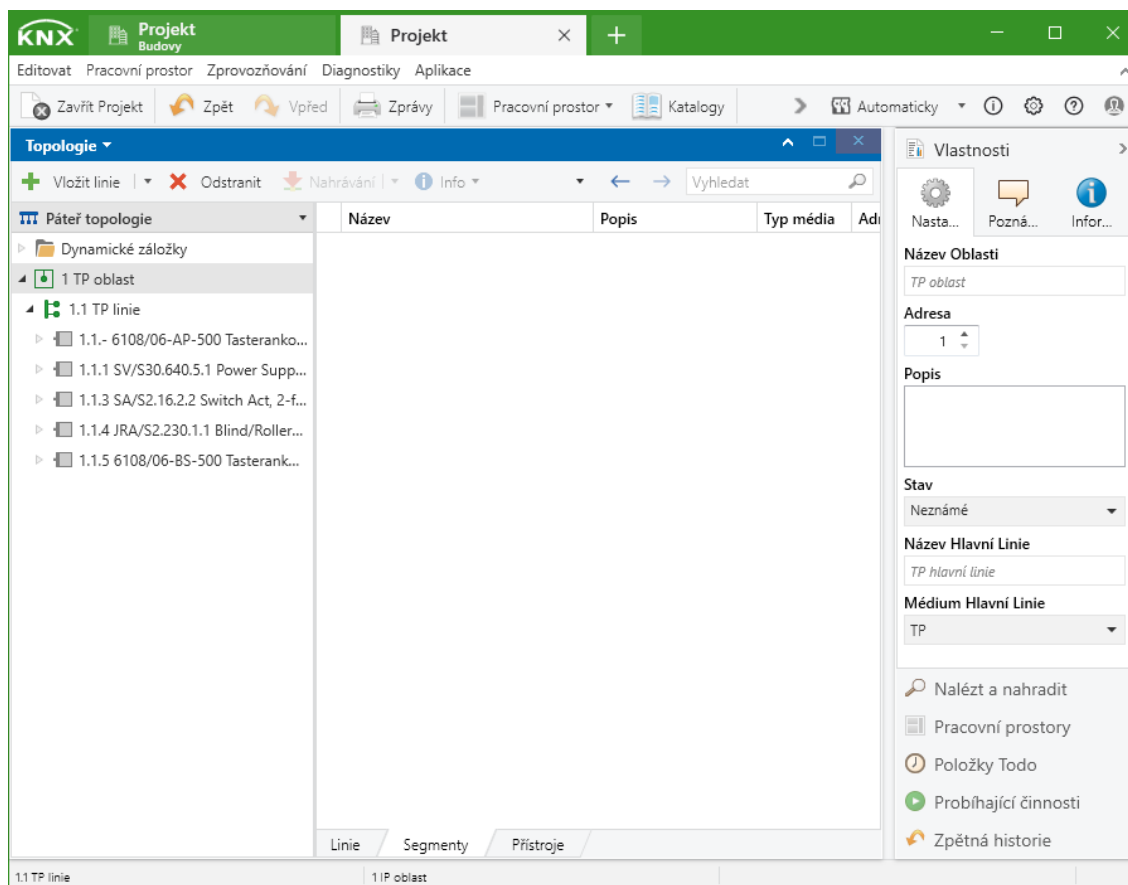
Aby bylo možné vytvářet i složitější instalace s KNX, využívají se zařízení zvaná liniové spojky. Ty mohou plnit funkci liniového opakovače, liniové spojky, nebo oblastní spojky. To umožňuje zvýšení síly signálu pro instalace s delším vedením, ale také to otevírá možnost dělit instalaci na tzv. linie a oblasti (znázorněno na obr. 2.3).

V základu může instalace KNX obsahovat 64 přístrojů. Použitím liniových opakovačů, které vytvoří nové liniové segmenty s nejvýše 64 přístroji, lze tento počet zvýšit na 256. Vytvořením dalších linií (použitím liniových spojek) a oblastí (použitím oblastních spojek) může instalace obsahovat až 11 535 zařízení (včetně spojek a opakovačů). Tohoto počtu lze dosáhnout rozdělením instalace na 15 oblastí, kde každá obsahuje 12 linií. Takováto konfigurace je znázorněna na obrázku 2.3, kde OS jsou oblastní spojky, LS liniové spojky a NZ jsou napájecí zdroje. [1]



Obr. 2.3: Topologie sítě s 11 535 zařízeními [1]

Konfigurace přístrojů se provádí v programu ETS (Engineering Tool Software). Jedná se o jednotný program dodávaný organizací KNX, který slouží k projektování a ožívování instalací KNX. V době psaní této práce (2022) je program ETS aktuální ve verzi 6 (viz obr. 2.4). [2]

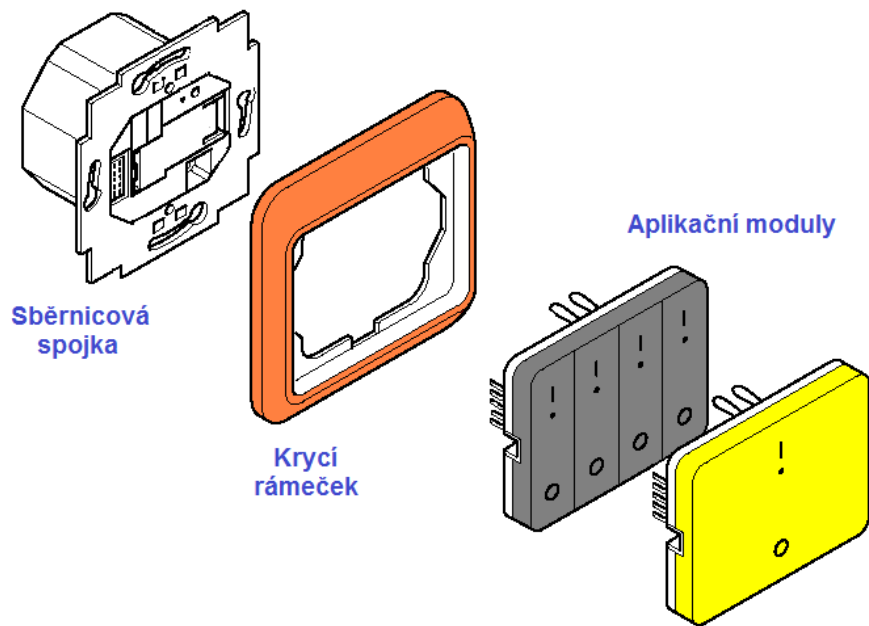


Obr. 2.4: Software ETS 6

Existuje mnoho druhů zařízení pro elektroinstalace s KNX. Podle způsobu montáže je lze dělit následovně:

- Přístroje pro zapuštěnou montáž
- Přístroje pro vestavnou montáž
- Přístroje pro nástěnnou montáž
- Přístroje pro montáž na lištu do rozvaděčů

Podle způsobu konstrukce je lze dále rozlišovat jako kompaktní a modulární. Modulární přístroje sestávají ze dvou hlavních komponent, a to sběrníkové spojky a aplikačního modulu. Obě tyto komponenty však musí být od stejného výrobce. Vyobrazení modulárního tlačítkového spínače pro zapuštěnou montáž je na obrázku 2.5. Při zvyšující se miniaturizaci součástí již není problém, aby sběrníková spojka byla součástí aplikačního modulu, takže se stále častěji uplatňují přístroje kompaktní. Tyto jsou pak tvořeny jedním celkem, jehož elektrická část není rozdělena na aplikační modul a sběrníkovou spojku. Příklad takového zařízení je na obrázku 2.6. Zde se jedná o kompaktní tlačítkový spínač společnosti Schneider Electric. Spínač je focen s demontovaným krycím rámečkem. [3]



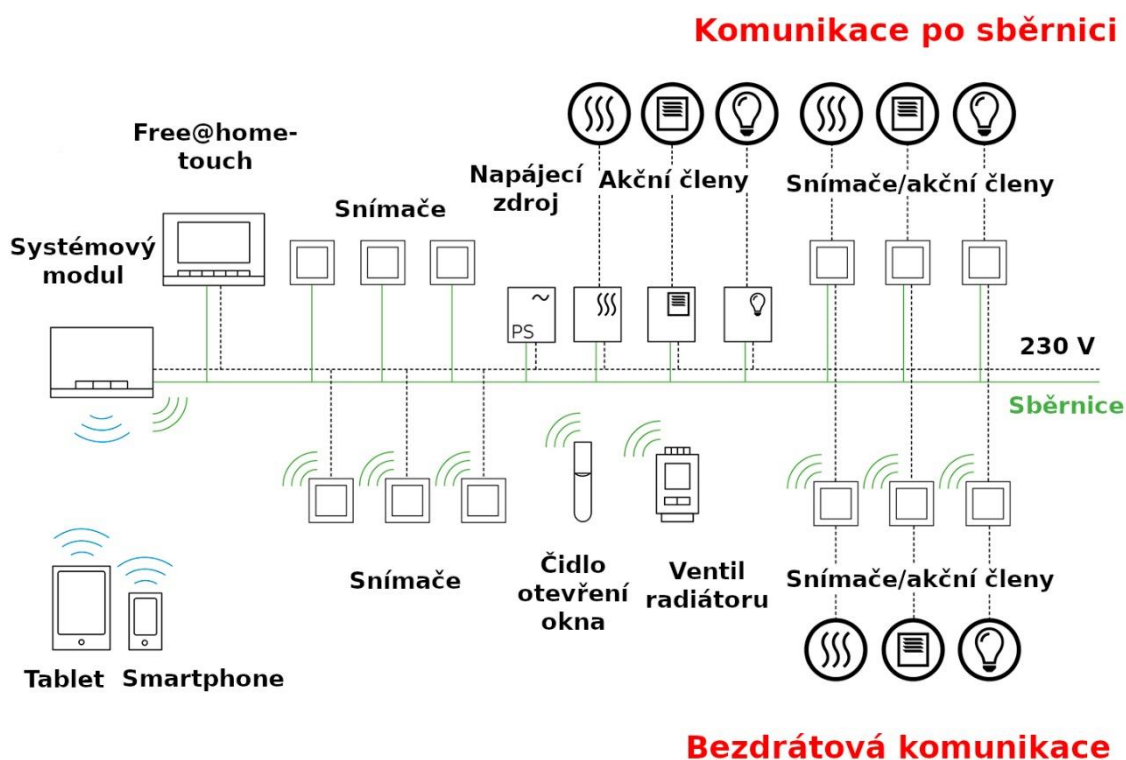
Obr. 2.5: Modulární tlačítkový spínač [3]



Obr. 2.6: Kompaktní tlačítkový spínač Schneider Electric New Unica [4]

2.2 Free@Home

Free@Home je systém automatizace budov vyvíjený společností ABB. Podobně jako u KNX je komunikace jednotlivých zařízení postavená na sběrnici, ale existují i bezsběrnicová řešení s rádiovou komunikací. Free@Home dokáže obě tato řešení kombinovat v jedné instalaci. Systém lze ovládat jak pomocí ovládacích prvků na zdech, tak pomocí mobilní aplikace. Příklad konfigurace instalace Free@Home je na obrázku 2.7. [5]



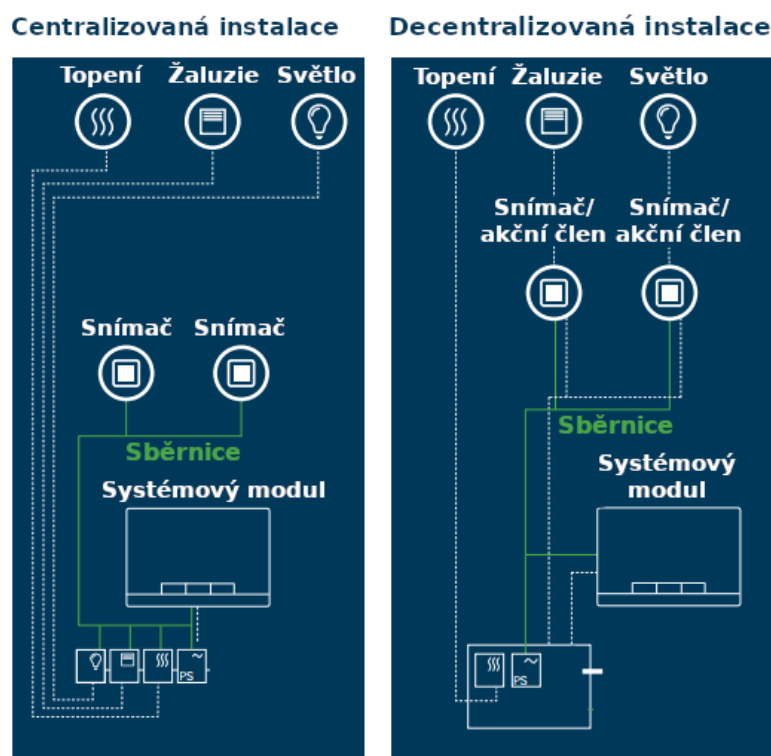
Obr. 2.7: Příklad instalace systému Free@home [6] (popisky přeloženy z angličtiny)

Základem instalace systému Free@Home je systémový modul. Ten zajišťuje možnost přístupu k systému z počítače nebo mobilních zařízení. Systémový modul je možné k síti připojit bezdrátově pomocí WiFi, nebo fyzicky ethernetovým kabelem (modul funguje jako DHCP klient). [5, 6]

Pokud instalace obsahuje sběrnici, pak je její nutnou součástí napájecí zdroj. Ten je vybaven tlumivkou a napájí sběrnici nominálním napětím 30 V. Sběrnice pak slouží jak ke komunikaci, tak k napájení připojených zařízení. [5, 7]

Dalšími prvky instalace jsou snímače a akční členy. Ty mohou být tzv. centralizované, kde akční člen a snímač jsou dvě rozdílná zařízení. Snímač je pak namontován na zdi a akční člen je na DIN liště v rozvaděči. To přináší výhodu v podobě snadného přístupu k centrálně umístěným akčním členům, jednodušší instalace (snímače jsou napojeny pouze na sběrnici) a nižší ceny na jeden ovládaný kanál při použití vícenásobných akčních členů. [5, 8]

Druhou možností je tzv. decentralizovaná instalace, kdy snímač i akční člen jsou tvořeny jedním zařízením. Tato instalace je podobná konvenční elektroinstalaci a její výhoda spočívá v jednodušší montáži i konfiguraci, jelikož se jedná o jeden přístroj. Schématické vyobrazení decentralizované i centralizované instalace je na obrázku 2.8. [5, 8]



Obr. 2.8: Porovnání centralizované a decentralizované instalace; upraveno podle [8]

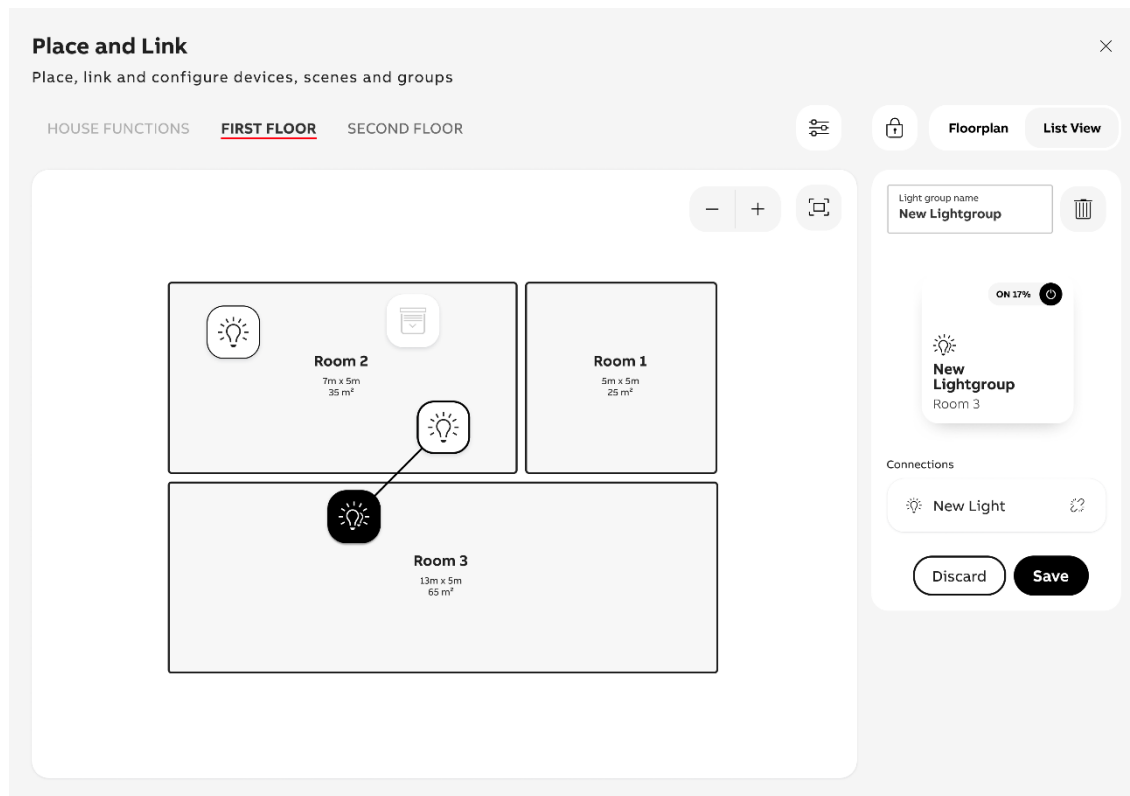
Sběrnice může mít jakoukoliv topologii (stromovou, lineární, hvězdicovou i jejich kombinace), avšak nesmí tvořit smyčky. Na koncích vedení nejsou potřeba zakončovací rezistory. Aby byla zaručena správná funkce sběrnice, jsou na ni kladena následující fyzická omezení:

- Maximální délka sběrnice v celé instalaci je 1000 m
- Vzdálenost mezi napájecím zdrojem a nejvzdálenějším zařízením je maximálně 350 m
- Vzdálenost mezi dvěma nejvzdálenějšími zařízeními (po sběrnici) je maximálně 700 m

V instalaci může být zapojeno maximálně 64 sběrnicových a 64 bezsběrnicových (bezdrátových) zařízení. Napájecí zdroje se do tohoto počtu nepočítají. [5]

Konfigurace systému Free@Home se provádí v internetovém prohlížeči na počítači, nebo v mobilní aplikaci na tabletu. Aplikace je zdarma k dispozici, takže není nutné používat žádný placený software. Počítač nebo tablet je možné připojit k WiFi síti, kterou vytvoří systémový modul. Druhou možností je připojení systémového modulu ethernetovým kabelem k síťovému routeru.

Při konfiguraci systém Free@Home umožní uživateli vytvořit půdorys každého podlaží budovy a umístit do něj snímače a akční členy. Tyto akce jsou velmi intuitivní a provádějí se v grafickém prostředí. Poté je nutné nastavit kanály jednotlivých zařízení v půdorysu. Dále se nastavují požadované akce a scény. Příklad screenshotu z konfigurace instalace je na obrázku 2.9. [5]



Obr. 2.9: Příklad konfigurace instalace Free@Home [6]

2.3 DALI-2

DALI-2 je nástupce původního protokolu DALI (Digital Addressable Lighting Interface – v překladu digitální adresovatelné rozhraní osvětlení), který byl navržen koncem 90. let. Tento nový protokol je standardizován v normě IEC 62386. Slouží k řízení a automatizaci světelných zdrojů v budovách.

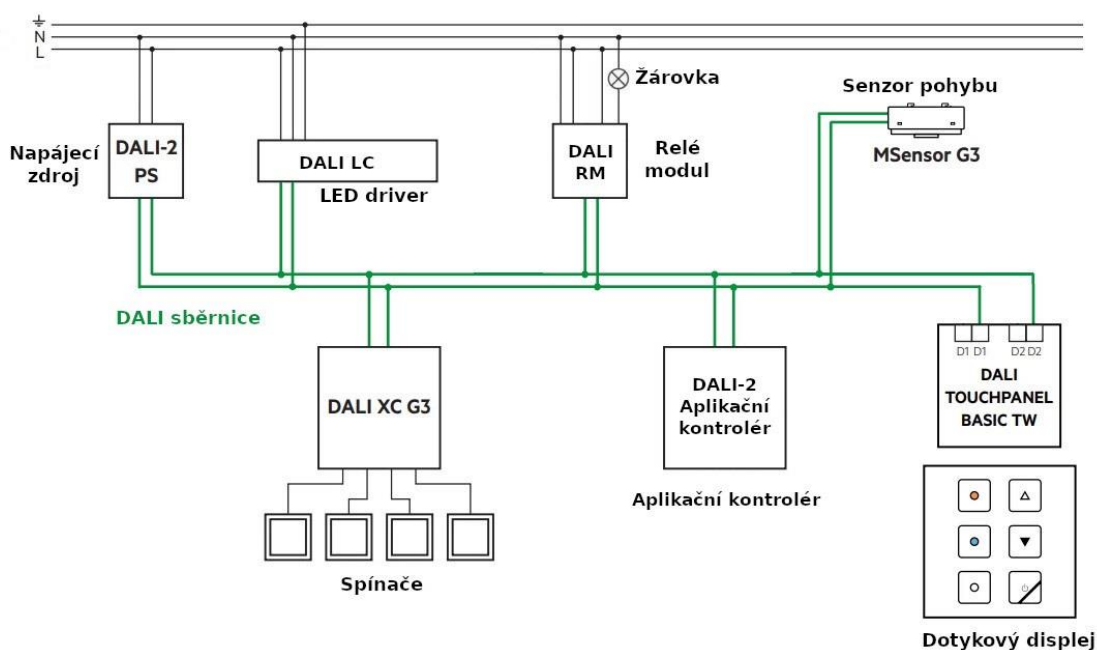
DALI-2 využívá pro komunikaci dvou vodičové vedení, o doporučeném průřezu 1,5 mm², které pracuje s nominálním napětím 16 V.

Protokol umožňuje tři druhy příkazů: kontrolní, konfigurační a dotazové. Kontrolní příkazy umožňují například stmívání světelných zdrojů, vyvolání scén nebo zhasnutí světel. Konfigurační příkazy slouží ke změně nastavených parametrů. Může to být kupříkladu změna doby stmívání nebo změna úrovně jasu uloženého v konkrétní scéně. Dotazové příkazy pak slouží, jak vyplývá z názvu, k pokládání dotazů na různé parametry. Například jaká je aktuální hodnota jasu, nebo zda světelný zdroj nehlásí

chybu. Příkazy mohou být adresovány konkrétním zařízením jednotlivě, skupině zařízení nebo všem zařízením najednou. [9, 10]

Standard DALI-2 (IEC 62386) rozlišuje tři druhy zařízení: sběrnice napájecí zdroje, akční členy (v originále „control gear“) a ovládací zařízení (v originále „control devices“). Ovládací zařízení se poté ještě dělí na aplikační kontroléry a vstupní zařízení. Akční členy jsou různá zařízení, která vykonávají příkazy k řízení světelného zdroje. Jsou to například LED drivers, reléové moduly nebo stmívače. Aplikační kontroléry jsou „mozkem“ systému DALI-2. Zpracovávají informace ze vstupních zařízení, vyhodnocují je a posílají příkazy akčním členům. Vstupní zařízení poskytují informace např. ze senzorů, spínačů apod. Aplikační kontrolér a vstupní zařízení mohou být dva samostatné přístroje, někdy to však může být jeden přístroj zahrnující obě funkce. [10, 11]

Na obrázku 2.10 je vyobrazen příklad instalace DALI-2. Základem je zde aplikační kontrolér, který zpracovává vstupní informace a vydává povely akčním členům. Ze vstupních zařízení je zde dotykový displej, senzor pohybu a modul vstupů DALI XC, na který jsou napojeny spínače. Instalace obsahuje dva akční členy, jimiž jsou driver LED diod a reléový modul spínající žárovku.



Obr. 2.10: Příklad instalace DALI-2; upraveno podle [12]

Jedna sběrnice DALI-2 může obsahovat:

- 64 adres pro akční členy a 64 adres pro kontrolní zařízení
- 16 skupin pro akční členy, přičemž každý akční člen může být členem libovolné kombinace těchto skupin
- 32 skupin pro kontrolní zařízení, přičemž každé kontrolní zařízení může být členem libovolné kombinace těchto skupin
- 32 skupin pro instance vstupních zařízení (tedy např. jednotlivá tlačítka), přičemž každá instance může být členem nejvýše tří těchto skupin

Sběrnice může mít lineární nebo hvězdicovou topologii. Je možné využít i jejich kombinace, mělo by se však předcházet vzniku smyček, což by mohlo negativně ovlivnit spolehlivost. Nejvyšší vzdálenost dvou účastníků na sběrnici by neměla překročit 300 m. [10]

Konfiguraci zařízení na sběrnici DALI-2 lze provádět na počítači, jenž je převodníkem připojen ke sběrnici. Převodníky mohou být například DALI USB, DALI RS232, DALI-2 WLAN a jiné. Software pro konfiguraci instalace bývá dodáván výrobcem převodníku. Příklady počítačových programů pro konfiguraci instalací DALI-2 mohou být DALIconfig české společnosti Foxtron, masterCONFIGURATOR dodávaný rakouskou společností Tridonic anebo DALI Cockpit od rakouské společnosti Lunatone.

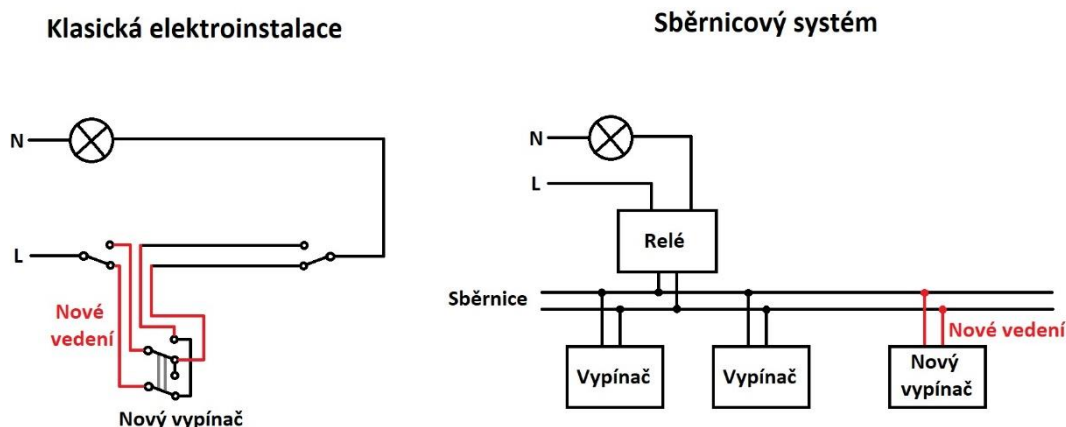
Při konfiguraci je nejprve nutné přiřadit zařízením na sběrnici unikátní adresy. Poté jsou jednotlivým zařízením přiděleny skupiny, do kterých budou spadat. Nakonec se nastavují scény. [13, 14, 15]

2.4 DMX512

DMX512 je další standard používaný pro řízení světelných zdrojů. Jako fyzické rozhraní používá RS-485. Oproti DALI dokáže DMX512 zpracovat až 44 změn za sekundu, což jej předurčuje k použití na jevištích a v dalších prostorách zaměřených na hudební produkci. [16]

2.5 Srovnání klasické elektroinstalace a sběrnicevého systému

Oproti konvenční elektroinstalaci nabízí sběrnicevé systémy inteligentní elektroinstalace několik výhod. Největší výhodou je flexibilita, tedy snadná možnost dodatečných změn. Pokud například je potřeba u konvenční elektroinstalace přidat světelnému zdroji třetí ovládací místo, pak je nutné natáhnout čtyři žíly od vedení mezi původními dvěma vypínači k vypínači novému. Oproti tomu u sběrnicevému systému postačí připojit nový



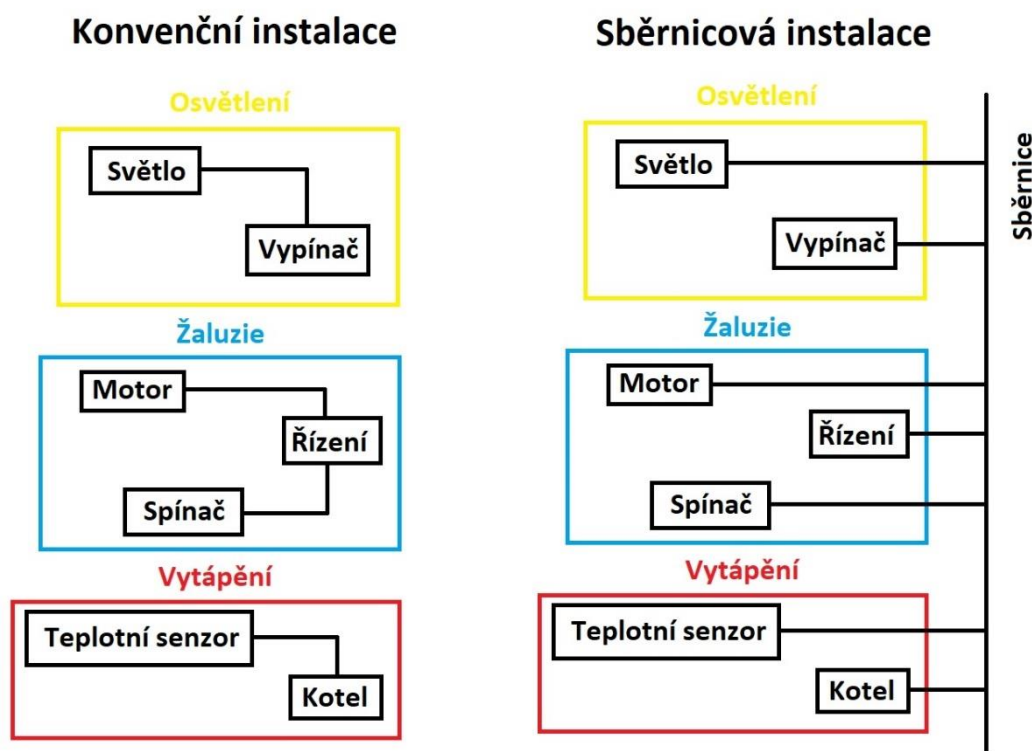
Obr. 2.11: Srovnání změny v klasické elektroinstalaci a sběrnicevé elektroinstalaci

vypínač na kterékoliv místo na sběrnici a funkci mu přiřadit softwarově. Tato situace je schematicky znázorněna na obrázku 2.11.

Výhoda snadnějších změn se projeví ještě výrazněji, pokud se například kancelář rozdělí přepážkou na dvě menší, a je třeba, aby stávající vypínače neovládaly všechna světla, ale jen světla nacházející se po rozdělení ve stejné místnosti. U klasické elektroinstalace jsou všechny funkce zapojeny pevně a je tedy nutné dělat zásahy do vedení. U sběrnicevého systému však tuto změnu stačí provést pouze softwarově.

Další výhodou sběrnicevé elektroinstalace je snadná tvorba komplexních funkcí, které by se u konvenční elektroinstalace realizovaly velmi složitě, nebo by byly dokonce nerealizovatelné. Jako příklad může být centrální ovládání všech světel v budově z jednoho místa, tvorba scén, nebo simulace pohybu v budově automatickým rozsvícením a zhasínáním světel.

Dále může být jako výhoda uvedena nižší náročnost sběrnicevého systému na množství kabelového vedení a jednodušší a přehlednější instalace. To je opět dáno softwarovým řešením funkcí jednotlivých zařízení, zatímco v klasické elektroinstalaci jsou funkce realizovány fyzickým propojením zařízení mezi sebou. Zjednodušené porovnání dvou funkčně stejných elektroinstalací je na obrázku 2.12.



Obr. 2.12: Srovnání funkčního propojení v klasické a sběrnicevé instalaci [1]

Z obrázku je patrné, že pokud je například kotel umístěn ve sklepě a teplotní senzor v obývacím pokoji o dvě patra výše, pak je u klasické instalace nutné vést mezi těmito dvěma zařízeními jednoúčelový kabel. U sběrnicevého systému instalace však postačí, když se kotel připojí nejkratší cestou na sběrnici ve sklepě a teplotní senzor zase nejkratší

cestou na sběrnici v druhém patře. Sběrnice pak přenáší informace všech zařízení, takže odpadne nutnost velkého množství jednoúčelových kabelových vedení. [1, 17]

Nevýhoda sběrnicových systémů elektroinstalace pak spočívá především ve vysokých pořizovacích nákladech jednotlivých zařízení. Jestliže se například ceny vypínačů pro klasickou elektroinstalaci (v březnu 2023) pohybují v řádech nižších stovek korun [18], pak tlačítka pro KNX se pohybují v rozmezí přibližně 2 000-10 000 Kč. K tomu je potřeba přičíst cenu spínacího akčního členu, která začíná na 3 000 Kč. [19, 20]

Dalšími nevýhodami pak je náchylnost zařízení v instalaci na přepětí v síti, nefunkčnost instalace při nefunkčnosti napájecího zdroje nebo zkratu sběrnice a v neposlední řadě také vysoká technická úroveň zařízení v instalaci, která vyžaduje při poruše podporu odborných firem.

3 SYSTÉMY PRO SPRÁVU CHYTRÝCH DOMŮ

Internet věcí (IoT – Internet of Things) vedl v posledních letech k rozvoji tzv. chytrých domů. Chytrý dům může propojovat např. zařízení pro vytápění (termostaty, automatické ventily radiátorů), svícení (např. chytré žárovky), zábavní systémy (chytrá televize, chytrý reproduktor), zabezpečení (kamery, alarmy) a další. Tato zařízení jsou propojena a mohou být ovládána z centrálního přístupového bodu, kterým je nejčastěji mobilní telefon, tablet nebo počítač.

Centrem chytré domácnosti je nějaký druh řídicí jednotky. Víceru velkých světových společností vyvíjí vlastní zařízení, která mají často podobu chytrého reproduktoru. Může to být např. Apple HomeKit, Samsung SmartThings, Google Assistant nebo Amazon Alexa. Centrální řídicí jednotkou ale může být i jednodeskový počítač Raspberry Pi v případě open-source projektu Home Assistant. [21, 22, 23]

Řídicí jednotka pak komunikuje s ostatními zařízeními několika možnými metodami. Ty mohou být jak drátové, tak i bezdrátové:

- **Z-Wave** je protokol pro bezdrátovou komunikaci IoT zařízení, který je optimalizován pro nízkou energetickou náročnost. Některá zařízení využívající tento protokol mohou fungovat i více než rok bez výměny baterií. Z-Wave využívá frekvencí pod 1 GHz, v Evropě jsou to konkrétně frekvence 868,4 Mhz a 869,85 MHz. Zařízení komunikující pomocí Z-Wave využívají mřížkovou topologii, a tedy každé zapojené zařízení (které není napájeno z baterií) může předávat informace z předchozího zařízení dále. Díky tomu nemusí mít každé zařízení rádiové spojení s centrální řídicí jednotkou chytrého domu, ale stačí mít spojení s jiným připojeným zařízením. Síť Z-Wave může obsahovat až 232 zařízení. Přenosová rychlost se pohybuje do 100 kb/s. [24, 25, 26]
- **ZigBee** je další protokol používaný pro bezdrátovou komunikaci IoT zařízení. Obdobně jako Z-Wave je optimalizován pro nízkou energetickou náročnost. Většina zařízení v domovní automatizaci využívající ZigBee komunikuje na

16 kanálech v pásmu 2,4 GHz, což může způsobovat komplikace v místech, kde je toto pásmo velmi vytížené. Obdobně jako Z-Wave využívá i ZigBee mřížkovou topologii. Přenosová rychlost se pohybuje do 250 kb/s. [26, 27, 28]

- **Thread** je bezdrátový protokol určený pro IoT. Také je optimalizován pro nízkou spotřebu energie na komunikaci a využívá mřížkovou topologii. Síť založené na protokolu Thread jsou integrovatelné do počítačových sítí, k čemuž nepotřebují proprietární brány nebo překladače. Celosvětově využívá frekvenční pásmo 2,4 GHz, a mj. v Evropě i pásmo 868 MHz. [29, 30, 31]
- **Bluetooth** je další z možností, jak propojit zařízení v chytrém domě. Jedná se o bezdrátový protokol pracující ve frekvenčním pásmu 2,4 GHz. Původně používal hvězdicovou topologii. V posledních letech se však začíná prosazovat nový Bluetooth Mesh, který je určen pro aplikace v chytrých domech a používá mřížkovou topologii, čímž značně zvyšuje dosah. [32, 33]
- **Wi-Fi** je jednou z nejrozšířenějších bezdrátových technologií ve světě, díky čemuž je často implementována do IoT zařízení. Využívá frekvenční pásma 2,4 GHz a 5 GHz. Energetická náročnost Wi-Fi komunikace je však vyšší, než je tomu u protokolů ZigBee nebo Z-Wave. [34, 35]
- **Ethernet** je drátový síťový protokol běžně používaný v počítačových sítích. V IoT zařízeních není všeobecně rozšířen a používá se především tam, kde je potřeba přenosu většího množství dat – např. centrální jednotky, chytré televize, IP kamery a podobně. [36]

3.1 Apple HomeKit

HomeKit je systém pro chytrou domácnost vyvíjený společností Apple. IoT zařízení pro tento systém jsou vyráběna třetími stranami, avšak musí být certifikována společností Apple.

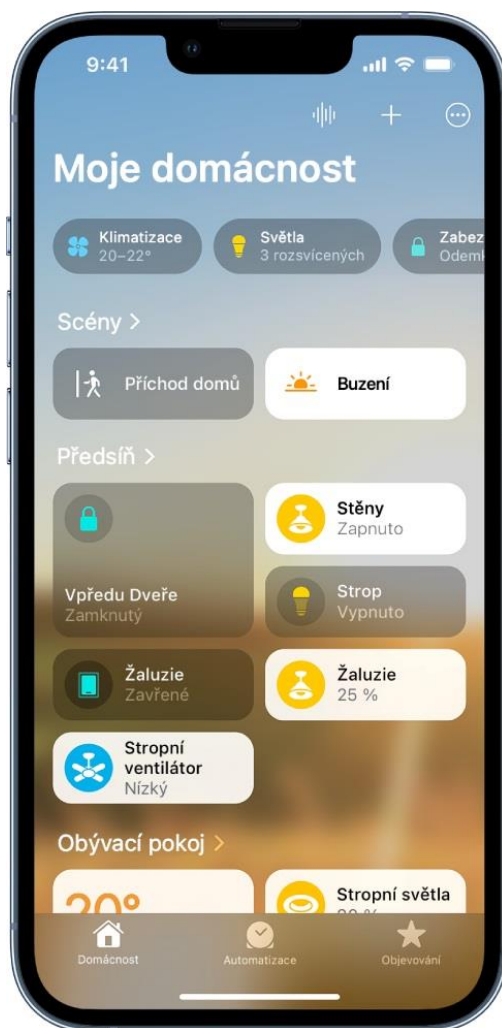
Ovládání systému HomeKit je možné z aplikace Domácnost (anglicky Home), nebo pomocí hlasového asistenta Siri. Jako centrální řídicí jednotku lze použít chytrý reproduktor HomePod (obrázek 3.1), zařízení AppleTV, nebo tablet iPad.



Obr. 3.1: Chytrý reproduktor Apple HomePod [37]

Přidávání zařízení do systému HomeKit se děje zadáním osmimístného identifikačního čísla přístroje v ovládací aplikaci, naskenováním QR kódu nebo načtením NFC tagu na zařízení. [38, 39]

Ovládání systému z aplikace Domácnost je možné na přístrojích od společnosti Apple – iPhone, iPad, nebo Mac. V nich je tato aplikace nainstalovaná defaultně. Pro Android nebo Windows tato aplikace není vyvíjena. V aplikaci je možné ovládat a nastavovat zařízení v domácnosti, zobrazit obraz z kamer nebo například vytvářet scény. Příklad snímku obrazovky z aplikace Domácnost je na obrázku 3.2. [39, 40]



Obr. 3.2: Příklad snímku obrazovky z aplikace Domácnost [40]

3.2 Samsung SmartThings

SmartThings, vyvíjený společností Samsung, je dalším zástupcem systémů pro chytrou domácnost. Centrální jednotkou je SmartThings Hub, Connect Home, nebo SmartThings Wifi. Systém SmartThings má vlastního hlasového asistenta Bixby, je však možné připojit k němu chytrý reproduktor od společností Google, nebo Amazon a využívat pak hlasového asistenta Google Assistant, nebo Amazon Alexa.

Ovládání systému SmartThings je možné ze stejnojmenné aplikace, která je vyvíjena pro operační systémy Android, iOS a Windows. V aplikaci je také možné vytvářet scény a automatizace. Příklad snímku obrazovky z aplikace SmartThings je na obrázku 3.3. [41, 42, 43, 44, 45]



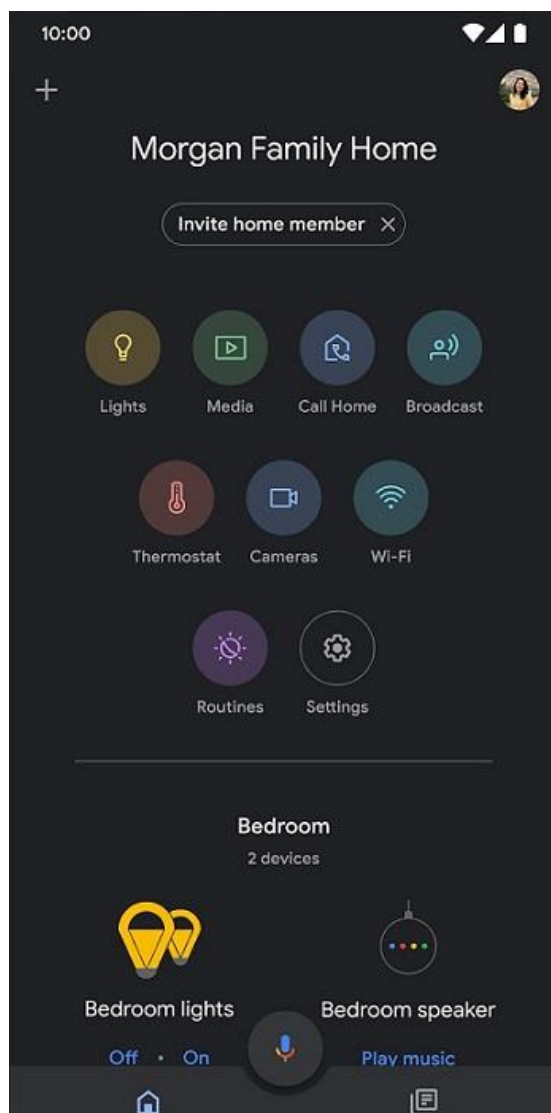
Obr. 3.3: Příklad snímku obrazovky z aplikace SmartThings [46]

Přidávání zařízení je v aplikaci možné několika způsoby. Některá zařízení jsou detekována automaticky, některá je třeba vyhledat ručně, nebo naskenovat jejich QR kód. Pokud nefunguje žádná z možností, pak lze ještě manuálně zadat zařízení ze seznamu výrobců a typů zařízení. [43]

3.3 Google Home

Google Home je dalším zástupcem systémů pro správu chytré domácnosti. Ovládání je možné pomocí hlasového asistenta Google Assistant přes chytrý reproduktor Google Nest nebo pomocí mobilní aplikace Google Home. Tato aplikace umožňuje ovládání jak manuálně, tak i pomocí tohoto hlasového asistenta. Je vyvíjena pro operační systémy

Android a iOS. V aplikaci se také přidávají do systému nová zařízení. Příklad snímku obrazovky z aplikace Google Home je na obrázku 3.4. [46, 47, 48]



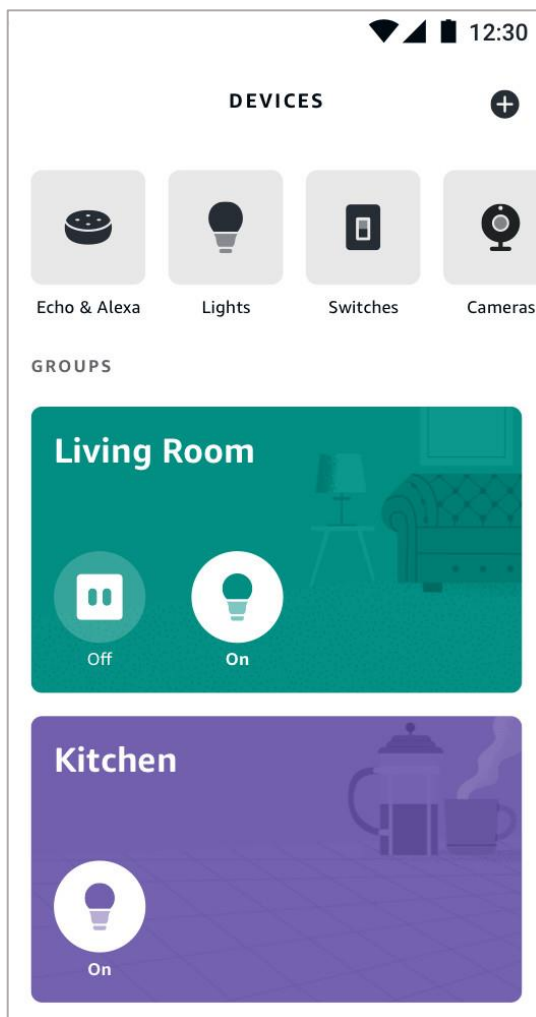
Obr. 3.4: Příklad snímku obrazovky z aplikace Google Home; upraveno podle [49]

3.4 Amazon Alexa

Hlasový asistent Alexa od společnosti Amazon je nejrozšířenější platformou pro správu chytrých domácností. Jako centrální jednotka jí slouží chytré reproduktory Amazon Echo. Ty tvořily v roce 2022 67 % ze všech používaných chytrých reproduktorů v USA. [50]

Ovládání systému je možné pomocí hlasového asistenta Alexa, nebo z mobilní aplikace Amazon Alexa, která je vyvíjena pro operační systémy Android, iOS i Windows. Příklad snímku obrazovky z této aplikace je na obrázku 3.5. Přidávání zařízení do

systemu je možné hlasovým příkazem, čímž se automaticky detekují nová zařízení. Zařízení lze poté sdružovat do skupin, nebo s nimi vytvářet scény. [51, 52, 53]



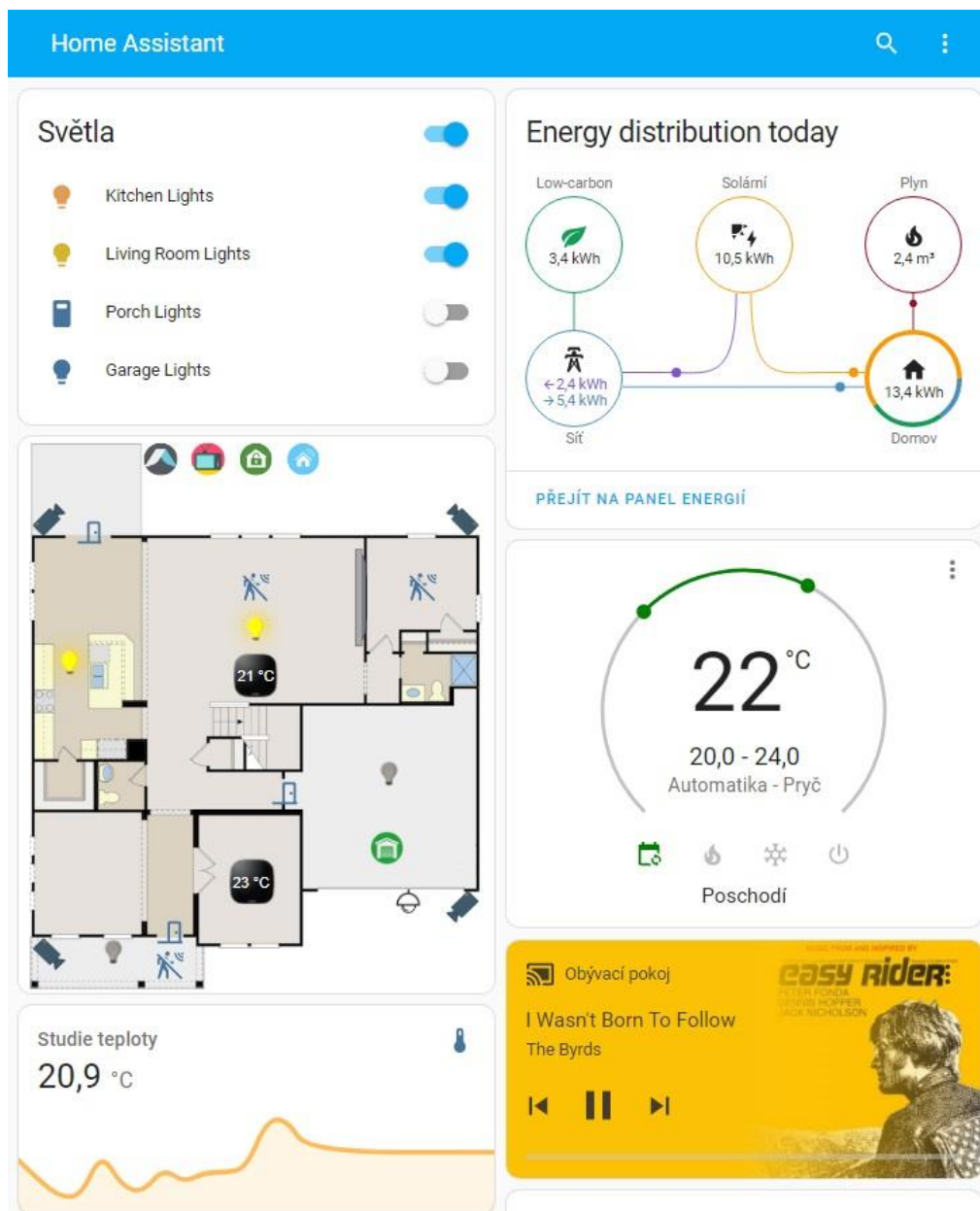
Obr. 3.5: Příklad snímku obrazovky z aplikace Amazon Alexa; upraveno podle [54]

3.5 Home Assistant

Home Assistant je open-source software určený pro správu chytrých domácností. Nemá vlastní hardware, ale je rozvíjen tak, aby podporoval co největší množství zařízení třetích stran. Na rozdíl od výše uvedených komerčních systémů pro správu chytrých domácností není Home Assistant založen na cloudových serverech a může být používán i jako offline řešení. Jako centrální jednotka mohou sloužit různé druhy hardwaru, nejčastěji je Home Assistant nainstalován jako operační systém na jednodeskovém počítači Raspberry Pi, nebo dedikovaném osobním počítači.

K systému Home Assistant lze připojit chytré reproduktory od jiných společností a používat pak hlasového asistenta Siri, Google Assistant nebo Alexa. Kromě toho se komunita vývojářů Home Assistant zaměřuje na vývoj open-source hlasových asistentů. V současné době je pravděpodobně nejpokročilejším asistentem Rhasspy. Ten je na rozdíl od komerčních hlasových asistentů plně offline řešením.

Ovládání je možné z aplikace Home Assistant, která je vyvíjena pro systémy Android a iOS. Druhou možností je ovládání přes internetový prohlížeč po připojení se na centrální jednotku v lokální síti. Zde si může uživatel vytvořit přehledný panel z dlaždic představujících různé prvky správy domácnosti. Příklad takového panelu je na obrázku 3.6.



Obr. 3.6: Příklad konfigurace ovládacího panelu Home Assistant [55]

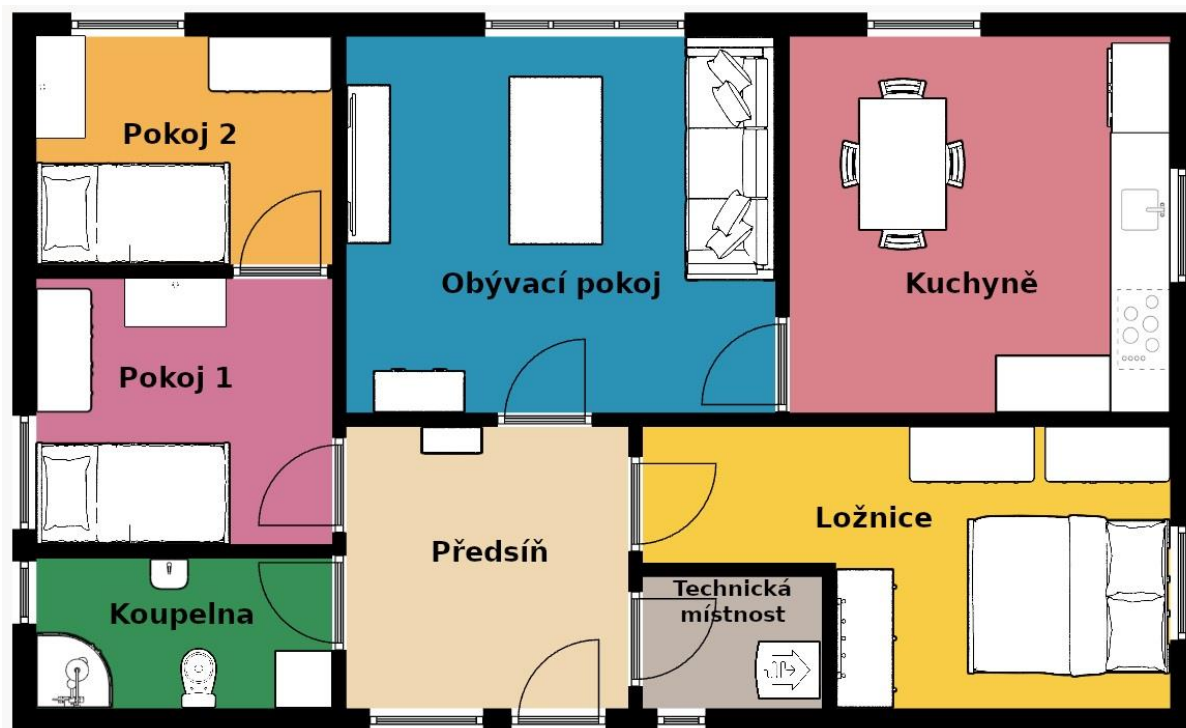
Vyobrazený panel obsahuje několik karet. Vlevo nahoře je to karta pro ovládání světel v domácnosti. Vedle ní se nachází vizualizace spotřeby energií. Pod nimi je půdorys domácnosti se zanesenými ovládacími prvky. Dále je zde termostat pro ovládání vytápění a klimatizace. Nakonec jsou zde graf vývoje teploty v jedné z místností a ovládání přehrávače v obývacím pokoji.

Nově připojená zařízení systém ve většině případů detekuje automaticky a jejich konfigurace je pak možná ve webovém rozhraní nebo v mobilní aplikaci. Scény a automatizace lze přidávat a upravovat v grafickém prostředí. Lze je vytvářet dle vlastních potřeb, nebo upravovat předem připravené šablony. Kromě toho je možné upravovat i přímo jejich zdrojový kód (v jazyce YAML). Ačkoliv na webu Home Assistant existuje množství návodů, je tento systém vhodný spíše pro zkušenější uživatele, kteří si chtějí systém nakonfigurovat přesně podle vlastních potřeb. [56, 57, 58, 59, 60]

4 VLASTNÍ NAVRŽENÝ SYSTÉM

4.1 Požadavky na systém

Pro potřebu této práce byl v programu Floorplanner vytvořen vzorový půdorys rodinného domu, na němž bude provedeno ukázkové řešení automatizace. Tento půdorys je na obrázku 4.1



Obr. 4.1: Vzorový půdorys řešeného domu

Půdorys obsahuje celkem 8 místností. Cílem je vnést do něj prvky automatizace, které přinesou uživatelům větší komfort a zároveň lépe optimalizují spotřebu energií v domě. Tyto prvky by mělo být možné ovládat jak v místnostech, v nichž jsou umístěny, tak centrálně z mobilní aplikace nebo z počítače.

Mezi tyto prvky se bude řadit ovládání světel, regulace teploty a ovládání rolet v oknech. Dále zde bude síťová kamera, aby uživatelé mohli sledovat dění před vchodovými dveřmi.

S ohledem na rozsah práce a náklady na pořízení daných prvků automatizace nebudou v této práci uváděna řešení pro každou místnost zvlášť, ale každý způsob řešení bude proveden pouze jednou. Pro ostatní místnosti by byl daný postup duplicitní. Regulace teploty a ovládání rolet tedy bude provedeno pouze pro obývací pokoj. Ovládání světel bude řešeno několika způsoby, každý z nich bude opět uveden pouze jednou.

4.2 Zvolené řešení – Home Assistant

Jako systém pro správu chytré domácnosti byl zvolen Home Assistant a to především pro svou vysokou konfigurovatelnost a schopnost fungovat i offline. Pro komunikaci tohoto systému s jednotlivými prvky automatizace (osvětlení, rolety aj.) bylo uvažováno KNX. Ačkoli by toto řešení bylo robustní a KNX je systémem Home Assistant plně podporováno, byla tato možnost zavrhnuta z důvodu vysokých finančních nákladů. Proto bylo rozhodnuto o použití klasických v současné době ve světě chytrých domácností populárních řešení založených na komunikaci pomocí ethernetu, Wi-Fi a ZigBee.

4.2.1 Základ systému

Jako centrální jednotka byl zvolen jednodeskový počítač Raspberry Pi 4 model B. Instalace operačního systému Home Assistant na tento počítač je velmi přímočará, spočívá ve vytvoření zaváděcí paměťové karty pomocí programu Balena Etcher a je dobře zdokumentovaná na oficiálních webových stránkách Home Assistant [61]. Po instalaci je možné Raspberry Pi zapojit do počítačové sítě a spustit. Po několika minutách je možné se z internetového prohlížeče jiného počítače ve stejné síti připojit do systému Home Assistant. To se provede buď načtením adresy <http://homeassistant.local:8123/>, nebo načtení přímo IP adresy zařízení a portu 8123 (např. <http://192.168.1.85:8123>). Zde je nyní uživatel přehledně proveden několika kroky úvodního nastavení. Poté může přistoupit k samotnému přidávání a nastavování jednotlivých zařízení.

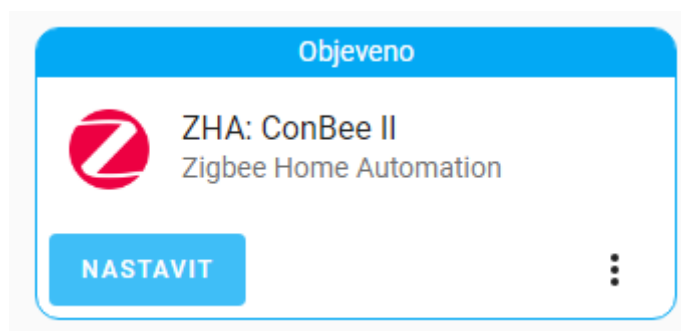
Pro zjednodušení dalších nastavení je vhodné nastavit zařízení statickou IP adresu. To se provede v Nastavení → Síť → Nastavení síťových rozhraní → ETH0 pouhým zatržením políčka „Statická“.

Jelikož Raspberry Pi 4 nemá defaultně rozhraní pro komunikaci pomocí ZigBee, byla zakoupena ZigBee-USB brána ConBee II, vyvíjená společností Dresden Elektronik, jež umožňuje systému Home Assistant komunikovat se ZigBee zařízeními. Fotografie zařízení Raspberry Pi 4 s připojenou bránou ConBee II je na obrázku 4.2. Po připojení této brány do zařízení je automaticky detekována a po potvrzení uživatelem také automaticky nastavena. Snímek dialogového okna takto nově detekovaného zařízení je na obrázku 4.3. Poté je možné skrze tuto bránu přidávat zařízení ZigBee. Toto se provádí v nastavení ConBee II v systému a předpokladem pro přidání nového zařízení je, aby toto

zařízení bylo uvedeno do režimu párování. Konkrétní způsoby, jak jej do tohoto režimu uvést, se různí a je třeba je vyhledat v manuálu daného zařízení.



Obr. 4.2: Raspberry Pi 4 s připojenou ZigBee-USB bránou ConBee II



Obr. 4.3: Dialogové okno nově detekovaného zařízení ConBee II

4.3 Osvětlení

Pro ovládání osvětlení byla zvolena jak komerční řešení, tak řešení vlastní založené na jednodeskovém počítači Arduino Nano.

4.3.1 Komerční řešení

Pro řešení pomocí komerčních prostředků byly zvoleny chytré LED žárovky Philips Hue White 1100 (model 9290024692 – obrázek 4.4) a chytrý vypínač Tesla Smart Switch Dual Zigbee (model TSL-SWI-ZIGBEE2 – obrázek 4.5). Obě tato zařízení komunikují s centrální jednotkou pomocí ZigBee.



Obr. 4.4: Chytrá žárovka Philips Hue White 1100 [62]



Obr. 4.5: Chytrý vypínač TESLA Smart Switch Dual ZigBee [63]

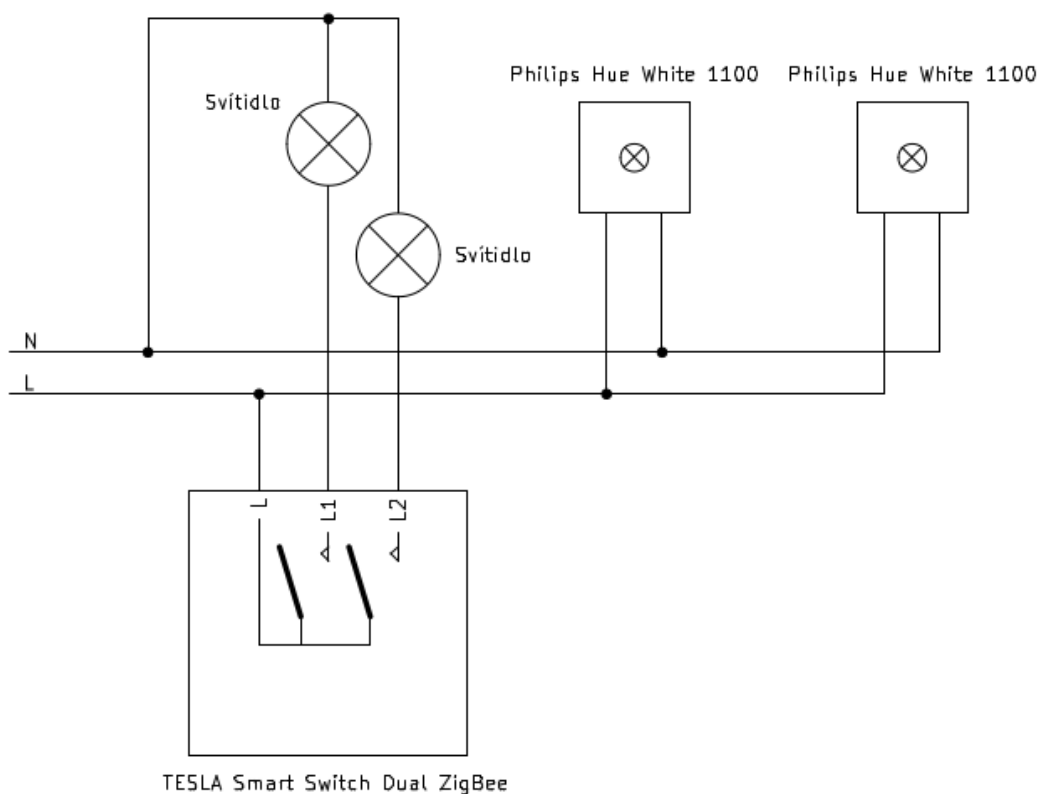
Žárovky Philips Hue vyžadují trvalé napájení. Jejich ovládání se děje pouze pomocí ZigBee. Lze je zapojit i jako konvenční svítidla a ovládat je vypínačem v klasické elektroinstalaci, avšak tímto způsobem pozbývají své chytré funkce. Jejich přidání do systému Home Assistant je jednoduché – po přivedení napájecího napětí je lze v systému přidat v nastavení ZigBee (Nastavení → Zařízení a služby → Integrace → ConBee II →

Nastavit a poté vpravo dole tlačítko Přidat zařízení). Home Assistant automaticky detekuje funkce těchto zářivek a přidá je do systému jako nové zařízení.

Výhodou těchto zářivek je snadná instalace (pouhé zašroubování do napájené patice E27) a možnosti stmívání. Nevýhodou je pak možnost ovládání pouze přes ZigBee, což může přinést problémy v případě výpadku komunikace.

Chytrý vypínač Tesla byl po zapojení do elektroinstalace uveden do párovacího režimu dlouhým stisknutím jednoho z jeho dvou tlačítek. Poté byl do systému přidán stejným způsobem jako zářivky Philips Hue. Tento chytrý vypínač funguje jako dva jednopólové vypínače v jednom krytu. Je možné jej ovládat přímo tlačítky na zařízení, nebo vzdáleně přes ZigBee. Tlačítka nemají mechanickou vazbu s vypínači, ale jsou spojena pouze softwarově s ovládacími relé. Kvůli tomu trpí mírnou prodlevou mezi uvolněním tlačítka a sepnutím ovládacího relé. Další nevýhodou je nemožnost ovládání obou kanálů zároveň stisknutím obou tlačítek současně. Pro správnou funkci je nutné druhé tlačítko stisknout až po uvolnění prvního. Naopak výhodou tohoto chytrého vypínače je, že k napájení nevyžaduje připojení nulového vodiče, ale stačí mu pouze vodič fázový a vodiče pro napájení svítidel. Díky tomu může v konvenční elektroinstalaci snadno nahradit klasické vypínače. Další výhodou je, že přímé ovládání vypínače funguje i při výpadku komunikace ZigBee.

Schéma zapojení vypínače Tesla Smart Switch Dual ZigBee a zářivek Philips Hue v elektroinstalaci je znázorněno na obrázku 4.6.



Obr. 4.6: Schéma zapojení vypínače Tesla Smart Switch Dual ZigBee a zářivek Philips Hue v elektroinstalaci

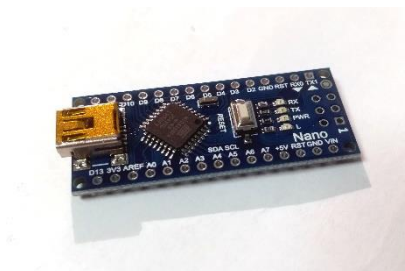
Toto zapojení bylo realizováno i fyzicky pro zprovoznění těchto zařízení v systému Home Assistant. Fotografie realizovaného zapojení je na obrázku 4.7. Jako svítidlo ovládané chytrým vypínačem byly zvoleny 5,5W LED zářivky.



Obr. 4.7: Zapojení chytrého vypínače Tesla a chytrých zářivek Philips Hue (dvě zprava)

4.3.2 Vlastní řešení chytrého vypínače

Jako další možnost ovládání osvětlení v systému Home Assistant byl navržen vlastní chytrý vypínač založený na jednodeskovém počítači Arduino Nano (obrázek 4.8).



Obr. 4.8: Arduino Nano

Jedná se o jednodeskový mikropočítač založený na osmibitovém mikrokontroléru ATmega 328P s taktem 16 MHz. Arduino je vybaveno USB sériovou linkou, kterou se do něj nahrává program a která také může sloužit ke komunikaci s dalšími zařízeními.

Programování tohoto mikropočítače se provádí v prostředí Arduino IDE. Programovací jazyk je založen na C++. [64, 65]

Pro komunikaci se systémem Home Assistant byl zvolen protokol MQTT, což je odlehčený síťový protokol z rodiny TCP/IP vyvíjený pro použití v IoT. Je založen na principu vydavatel-odběratel (publisher-subscriber). V síti existuje jeden centrální bod (broker), který zajišťuje přeposílání zpráv. Zprávy jsou tříděny do témat (topic). Koncová zařízení buď zprávy v tématu publikují, nebo jsou přihlášena k odběru témat (případně obojí). Publikovaná zpráva je zařízením poslána do brookera, který ji přepošle zařízením, která jsou přihlášena k odběru daného tématu. Není tedy například nutné, aby se centrální jednotka neustále dotazovala senzoru, jaká je jeho hodnota. Pokud totiž dojde ke změně jeho hodnoty, pak senzor sám pošle centrální jednotce zprávu. [66, 67]

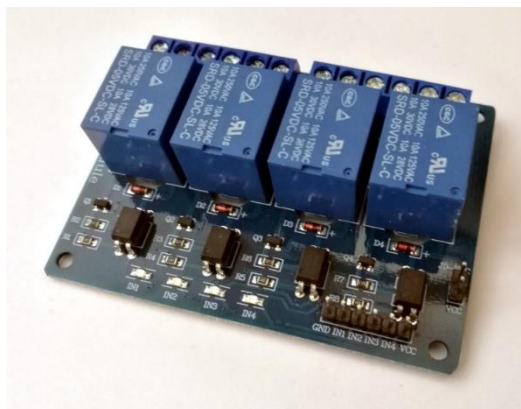
Jako rozhraní pro komunikaci byl zvolen ethernetový modul založený na integrovaném obvodu W5500 (obrázek 4.9). Důvodem byla vyšší spolehlivost drátového přenosu informace oproti bezdrátovému (Wi-Fi) a snadná dostupnost konkrétně tohoto modulu.



Obr. 4.9: Ethernet modul W5500

Pro spínání světelných zdrojů byl zvolen 4kanálový reléový modul (obrázek 4.10), založený na relé typu SRD-05VDC-SL-C. Toto relé má spínací napětí 5 V, přičemž pro sepnutí stačí, dle informací výrobce, 75 % této hodnoty. [68] Každé relé je ovládáno přes optočlen, který zajišťuje oddělení jeho cívky od mikrokontroléru. Experimentálně bylo zjištěno, že ačkoli modul obsahuje nulové diody, při sepnutí relé vznikne přepětí, které při napájení modulu stabilizátorem napětí z Arduina poškodí jeho mikrokontrolér.

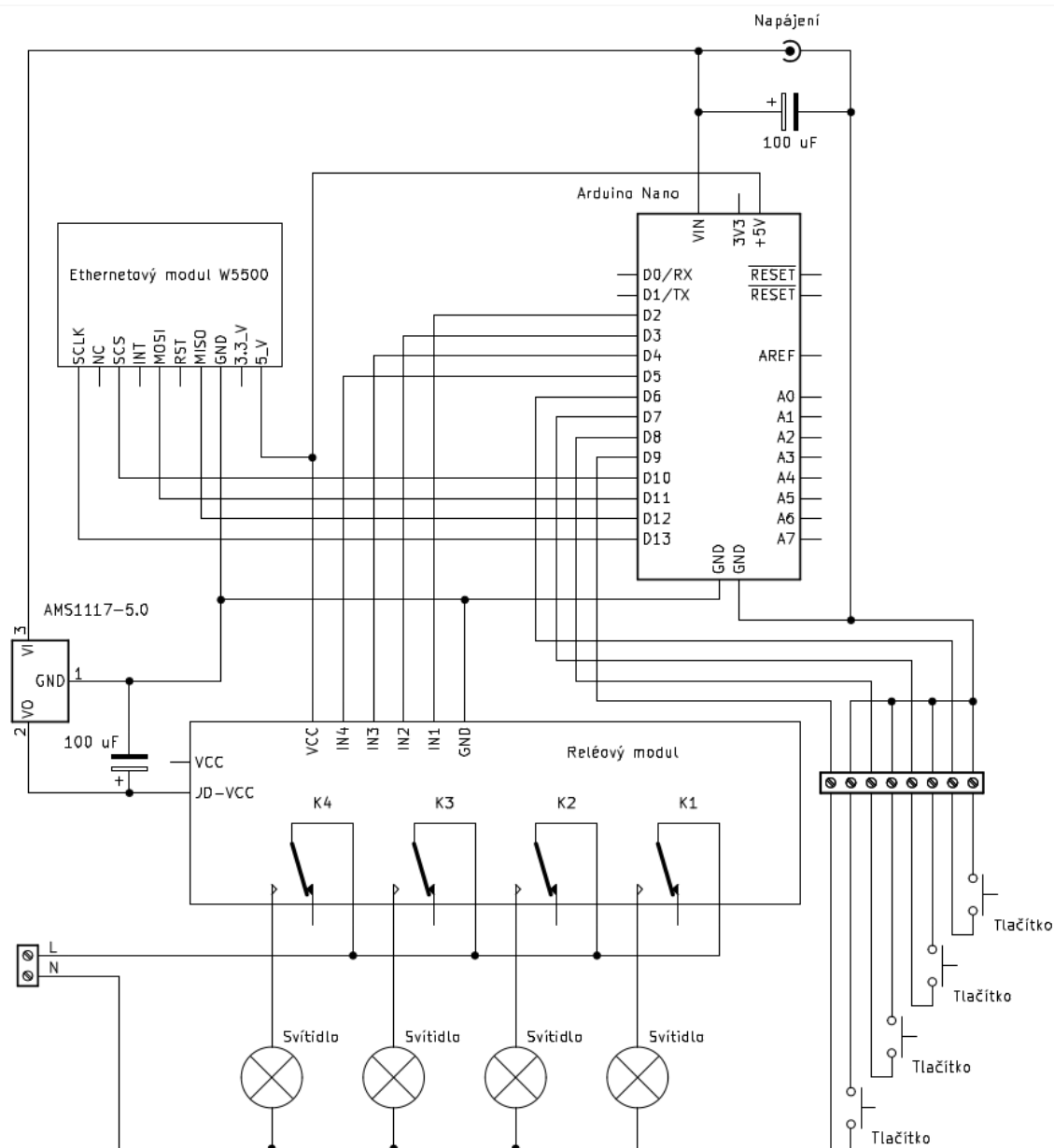
Z toho důvodu byl pro napájení modulu vytvořen dedikovaný napájecí obvod založený na stabilizátoru napětí AMS1117-5.0.



Obr. 4.10: Čtyřkanálový reléový modul

Pro přímé ovládání osvětlení byly zvoleny tlačítkové spínače, které jsou připojeny na digitální piny 6 až 9. Na pinech byly aktivovány interní rezistory, které přivedou na pin úroveň HIGH (tedy pracovní napětí mikrokontroléru – cca 5 V). Vstupy jsou poté tlačítky spínány na úroveň LOW (tedy 0 V).

Celé zařízení je napájeno ze síťového adaptéru. Toto vstupní napětí je přivedeno na pin VIN Arduina a také na dedikovaný stabilizátor napětí reléového modulu. Ethernetový modul je napájen z Arduina. Schéma celého zařízení je na obrázku 4.11.



Obr. 4.11: Elektrické schéma vlastního řešení chytrého vypínače

Pro mikropočítač Arduino byl vytvořen program v prostředí Arduino IDE, který byl posléze nahrán do paměti mikrokontroléru. Po zkompilování program zabírá 27 726 bytů, což je přibližně 90 % dostupné paměti.

Program je založen na knihovně ArduinoHA [69], která zprostředkovává komunikaci se systémem Home Assistant pomocí protokolu MQTT. Kromě ní využívá ještě knihovnu Ethernet, která zprostředkovává ovládání ethernetového modulu W5500. Celý program je v příloze 1, v následujícím textu budou popsány jeho klíčové části. Program obsahuje několik funkcí. První funkcí je funkce setup(), která je vždy právě jednou zavolána po přivedení napájecího napětí. V této funkci jsou definovány vstupní a výstupní piny a jsou v ní inicializovány knihovny.

```
59     pinMode(CH1_PIN_IN, INPUT_PULLUP);
60     pinMode(CH2_PIN_IN, INPUT_PULLUP);
61     pinMode(CH3_PIN_IN, INPUT_PULLUP);
62     pinMode(CH4_PIN_IN, INPUT_PULLUP);
```

Na řádcích 59-62 jsou ve funkci setup() nastaveny vstupní piny, na které jsou připojena tlačítka pro ovládání světel. Tyto piny jsou nastaveny jako INPUT_PULLUP, což je stav, kdy piny slouží jako digitální vstup (tedy v programu lze číst logickou hodnotu na daném pinu), avšak jsou při spuštění propojeny interními rezistory na úroveň napětí HIGH (tedy napětí, na kterém pracuje mikrokontrolér, což je přibližně 5 V). Díky tomu je na těchto pinech trvale hodnota HIGH a pouze při stisku tlačítka je na vstupu čtena hodnota LOW.

```
84     mqtt.begin(BROKER_ADDR, "homeassistant",
               "NuoNgaePei2XeLoh7Hoh2ahRie7Julsohyetoogh41e0zeijae4eew5aephei
               ghi");
```

Řádek 84 inicializuje spojení MQTT. Vstupem do této metody jsou přístupové údaje k MQTT brokeru. V konstantě BROKER_ADDR je uložena IP adresa brokeru, dále následuje přihlašovací jméno a heslo. IP adresa brokeru musí být statická, aby při používání zařízení nedošlo k výpadku spojení z důvodu její aktualizace. Port je defaultně nastaven na 1883, proto není nutné ho zde specifikovat, pokud není v brokeru nastaven jinak.

Po funkci setup() následuje funkce loop(), což je hlavní smyčka programu, která se začne provádět po skončení funkce setup() a provádí se stále dokola, dokud je zařízení napájeno.

```
87     void loop() {
88
89         maintainEthernet(); // Aktualizace IP adresy od DHCP
                               serveru
90         mqtt.loop();
91
92         // Zkontrolovat fyzické vstupy
93         checkInput(CH1_PIN_IN, CH1_PIN_OUT, light1, lastMillisCH1,
lastReadoutCH1);
94         checkInput(CH2_PIN_IN, CH2_PIN_OUT, light2, lastMillisCH2,
lastReadoutCH2);
95         checkInput(CH3_PIN_IN, CH3_PIN_OUT, light3, lastMillisCH3,
lastReadoutCH3);
96         checkInput(CH4_PIN_IN, CH4_PIN_OUT, light4, lastMillisCH4,
lastReadoutCH4);
97     }
```

Tato smyčka postupně volá tři funkce, resp. metody. První z nich je `maintainEthernet()`, poté metoda `mqtt.loop()` knihovny ArduinoHA a nakonec volá funkci `checkInput()`, která kontroluje, zda není stisknuto tlačítko.

Místo funkce `maintainEthernet` byla původně metoda `Ethernet.maintain()` knihovny Ethernet. Tato metoda slouží ke zjištění, zda nebyla zařízení vydána DHCP serverem nová IP adresa. Bylo však zjištěno, že při výpadku sítě trvá každé volání této metody přibližně 60 sekund. Po tuto dobu by nebylo možné ovládat světla tlačítky. Proto, aby byla zachována možnost ovládání světel tlačítky i při výpadku spojení se sítí, byla vytvořena funkce `maintainEthernet()`. V běžném případě pouze zavolá metodu `Ethernet.maintain()`, pokud však je zjištěna chyba spojení (tedy když je metodou `Ethernet.maintain()` vrácena hodnota 3) je příští volání metody `Ethernet.maintain()` odloženo o 15 minut. Pokud chyba přetrvává, je odložení nastaveno na 8 hodin a poté na 24 hodin. Tento interval je dodržován, dokud nedojde k bezchybnému proběhnutí metody, nebo k restartování zařízení.

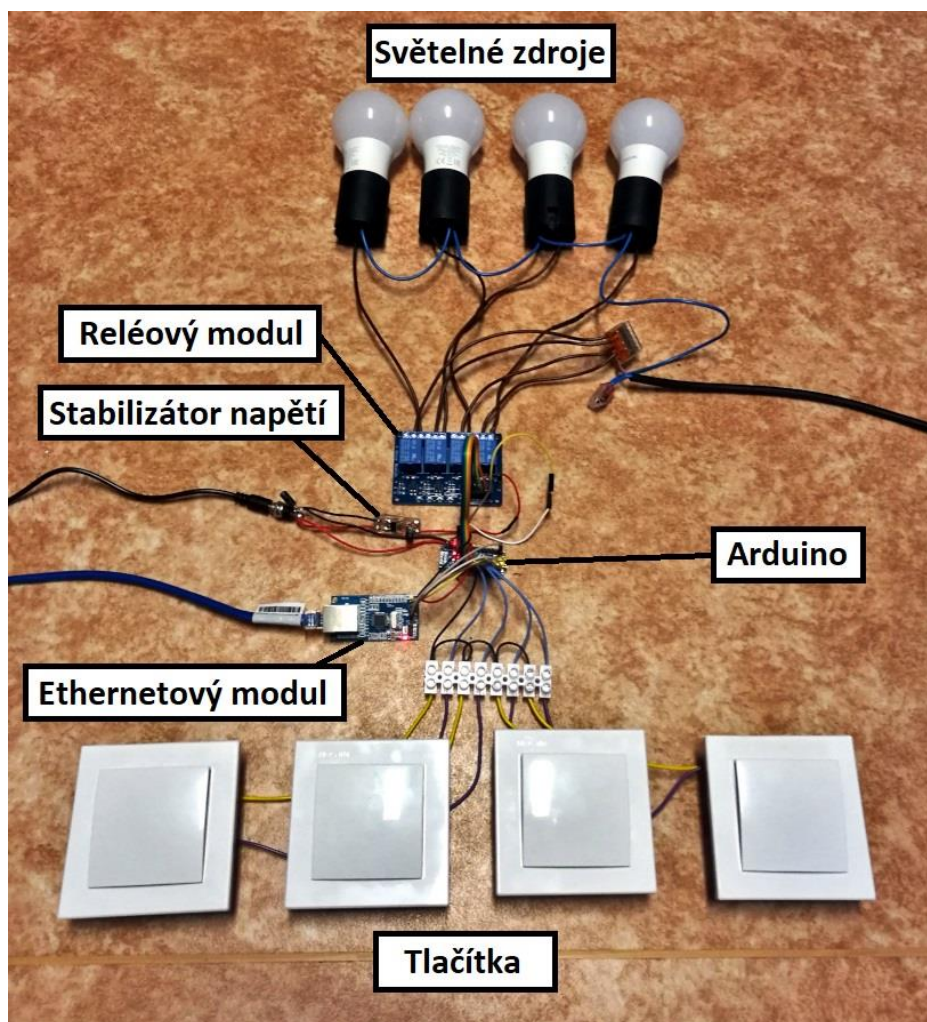
Metoda `mqtt.loop()` je metodou knihovny ArduinoHA a zajišťuje fungování MQTT komunikace. Nakonec je volána funkce `checkInput()` s proměnnými pro každé tlačítko zvlášť.

```
144 void checkInput(int pinIn, int pinOut, HALight &light,
145 unsigned long &lastMillis, bool &lastReadout) {
146     if (digitalRead(pinIn) == LOW) {
147         if (lastReadout == false) {
148             lastReadout = true;
149             lastMillis = millis();
150         }
151     }
152     else {
153         if (lastReadout == true) {
154             if ((millis() - lastMillis) > 50) {
155                 bool state = digitalRead(pinOut);
156                 light.setState(state);
157                 digitalWrite(pinOut, !state);
158             }
159             lastReadout = false;
160         }
161     }
```

Tato funkce zjišťuje, zda je stisknuto zadané tlačítko. Pokud bylo stisknuto a uvolněno po méně než 50 ms, pak se nestane nic. Pokud je však uvolněno po delší době než 50 ms, pak dojde ke změně stavu svítidla (rozsvícení/zhasnutí). Reléový modul je spínán při stavu LOW (logická 0), zatímco knihovna ArduinoHA chápe stav 0 jako zhasnuto. Řádek 154 zjistí aktuální stav výstupního pinu, na dalším řádku je opačný stav poslán MQTT brokeru (z důvodu obráceného chápání zde není negace) a na řádku 156 je výstupní pin nastaven na obrácenou hodnotu, než měl předtím. Celá funkce je napsána tak, aby bylo možné stisknout vícero tlačítek zároveň.

Program dále ještě obsahuje funkci `onStateCommand()`, což je funkce vyžadovaná knihovnou ArduinoHA pro změnu stavů světelných zdrojů.

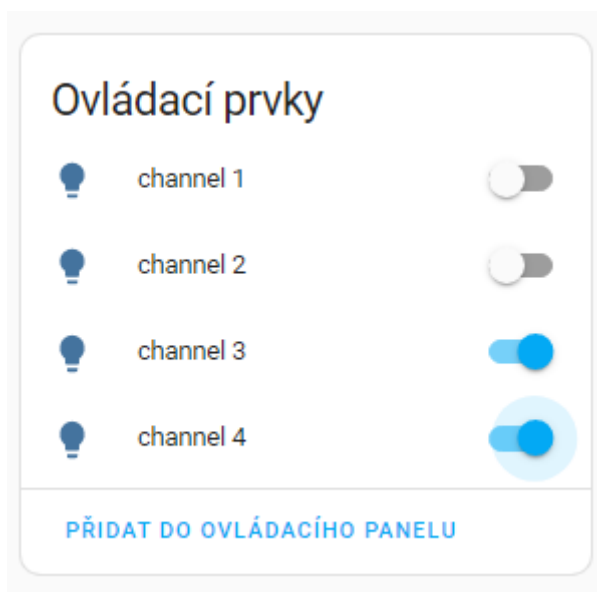
Po naprogramování bylo zařízení vlastního chytrého vypínače zkušebně sestaveno a otestováno. Fotografie sestaveného zařízení je na obr. 4.12. Pro praktické použití by bylo vhodné umístit zařízení do rozvodnice a přivést k němu vedení od světelných zdrojů a tlačítkových spínačů. Na jeden kanál je možné připojit i více ovládacích spínačů při jejich paralelním zapojení.



Obr. 4.12: Sestavené zařízení chytrého vypínače vlastní konstrukce

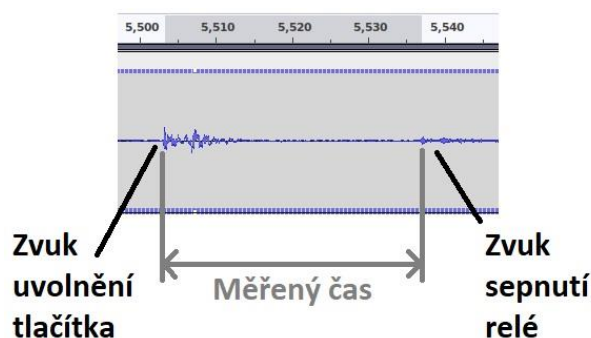
Po zapojení a připojení napájení bylo potřeba zařízení přidat do systému Home Assistant. Pro tento krok je potřebné, aby v systému byl nainstalován doplněk Mosquitto broker. Ten je možné přidat v Nastavení → Doplněk → Obchod s doplňky. Po nainstalování je potřeba doplněk spustit a poté nastavit (Nastavení → Zařízení a služby → Integrace → MQTT → Nastavit). Proběhne automatické nastavení a poté je doplněk připraven k použití. Na stejné stránce je možné zobrazit přihlašovací údaje k MQTT brokeru po kliknutí na „Přenastavit MQTT“. Je nutné, aby tyto údaje byly vloženy v programu pro Arduino. Pokud je doplněk správně nainstalován a spuštěn, pak po připojení vlastního MQTT zařízení do stejné sítě, v níž je Home Assistant, dojde k automatické detekci tohoto zařízení.

Po zprovoznění byla ověřena funkčnost ovládání svítidel jak přímo tlačítky, tak i vzdáleně z prostředí Home Assistant (obrázek 4.13).



Obr. 4.13: Ovládání zařízení z prostředí Home Assistant

Dále byla změřena doba odezvy zařízení na příkaz. Tato doba byla zjišťována jak pro ovládání tlačítkem, tak pro ovládání z prostředí Home Assistant. Měření spočívalo ve vytvoření zvukové nahrávky ovládání zařízení. Pro tento účel bylo nahrávací zařízení umístěno do blízkosti tlačítka (resp. počítačové myši) a spínacího relé. Po vytvoření nahrávky byl v programu Audacity zjištěn čas počátku zvuku uvolnění tlačítka a čas počátku zvuku sepnutí relé. Rozdíl těchto časů byl brán jako výsledná hodnota. Způsob měření je znázorněn v obrázku 4.14.



Obr. 4.14: Způsob měření odezvy zařízení

Měření bylo opakováno pětkrát pro každý zjišťovaný případ. Výsledky byly poté zprůměrovány a zaokrouhleny na celé hodnoty. Poté byly porovnány se stejným způsobem změřenými hodnotami odezvy vypínače Tesla Smart Switch Dual Zigbee. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 4.1.

	Způsob ovládání	
	Tlačítkem	Home Assistant
Vypínač Tesla	114 ms	294 ms
Vlastní vypínač	7 ms	33 ms

Tab. 4.1: Zjištěné hodnoty průměrné odezvy

Napájení vlastního chytrého vypínače je řešeno napájecím adaptérem. Arduino uvádí rozsah napájecího napětí jako 7-12 V. [64] Nicméně použitý stabilizátor napětí v něm je typu AMS1117, stejně jako stabilizátor napětí použitý pro napájení reléového modulu. V jeho specifikacích je jako maximální přípustná hodnota vstupního napětí uvedeno 15 V. Nejvyšší úbytek napětí je uváděn 1,3 V. [70] Napájecí napětí mikrokontroléru Atmega328P použitého v Arduino je pro taktování na 16 MHz možné v rozsahu 4,5 až 5,5 V. [71] Při napájení zařízení napětím 6 V budou tedy použité stabilizátory napětí dodávat minimálně 4,7 V, což je postačující jak pro mikrokontrolér, tak pro relé, které potřebuje minimálně 75 % nominálního napětí (tedy 3,75 V). [68] Reléový modul má vlastní stabilizátor AMS1117-3.3, jenž má výstupní napětí 3.3 V. Ten tedy při nejvyšším úbytku 1,3 V nebude zasažen změnou vstupního napětí na 4,7 V.

Z výše uvedených důvodů bylo vytvořené zařízení testováno při napájecích napětích 6 V, 9 V a 12 V. Změřená spotřeba je uvedena v tabulce 4.2.

	Napájecí napětí		
	6 V	9 V	12 V
Všechna světla zapnuta	439 mA	436 mA	430 mA
Všechna světla vypnuta	152 mA	151 mA	150 mA

Tab. 4.2: Odběr zařízení při různých napájecích napětích

4.3.3 Zhodnocení vlastního zařízení

Zařízení fungovalo podle předpokladů a bylo možné jej ovládat jak z prostředí Home Assistant, tak přímo tlačítkovými spínači. V ohledu rychlosti odezvy na příkaz toto zařízení dokonce výrazně předčilo komerčně vyráběné zařízení Tesla Smart Switch Dual Zigbee (viz tabulka 4.1). Dalšími výhodami oproti tomuto komerčnímu zařízení je možnost stisknutí více tlačítek zároveň pro rozsvícení/zhasnutí více světel najednou a také možnost připojení více tlačítek pro ovládání jednoho svítidla. Naopak nevýhodou je nutnost odděleného napájení a též nutnost připojení do počítačové sítě ethernetovým kabelem. Připojení kabelem však může být výhodou v oblastech se silně vytíženým nebo zarušeným pásmem 2,4 GHz, kde by bezdrátové spojení nemuselo být spolehlivé. Další nevýhodou je pak absence certifikací takto vytvořeného zařízení a také uložení údajů o MQTT brokeru přímo v programu, což vyžaduje úpravu a nové nahrání programu do Arduina při změně sítě nebo brokeru.

Zařízení bylo vyzkoušeno při různých napájecích napětích. Z tabulky 4.2 je patrné, že odběr proudu je při různých napětích téměř totožný. S ohledem na spotřebu energie při trvalém provozu je proto vhodné zvolit nejnižší možné napájecí napětí, což

bylo 6 V. V takovém případě je odběr zařízení přibližně 0,9 W, pokud není sepnuto žádné relé, nebo 2,6 W, pokud jsou relé sepnuta všechna.

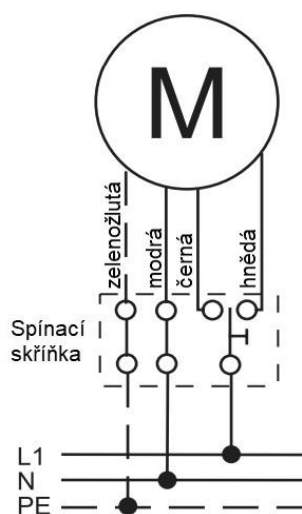
4.4 Ovládání okenních rolet

Pro ovládání okenních rolet byl použit ZigBee ovladač Nous L12Z (viz obrázek 4.15). Vnitřním zapojením se jedná o typ TS130F vyráběný pod různými značkami. Toto zařízení je založeno na ZigBee modulu Tuya ZT2S [72] a je napájeno střídavým napětím 230 V. Na svorkovnici má vstupy pro tlačítka ovládání rolet (spínaná na nulový vodič) a výstupy pro připojení motoru rolet.



Obr. 4.15: Chytrý modul ovládání rolet Nous L12Z

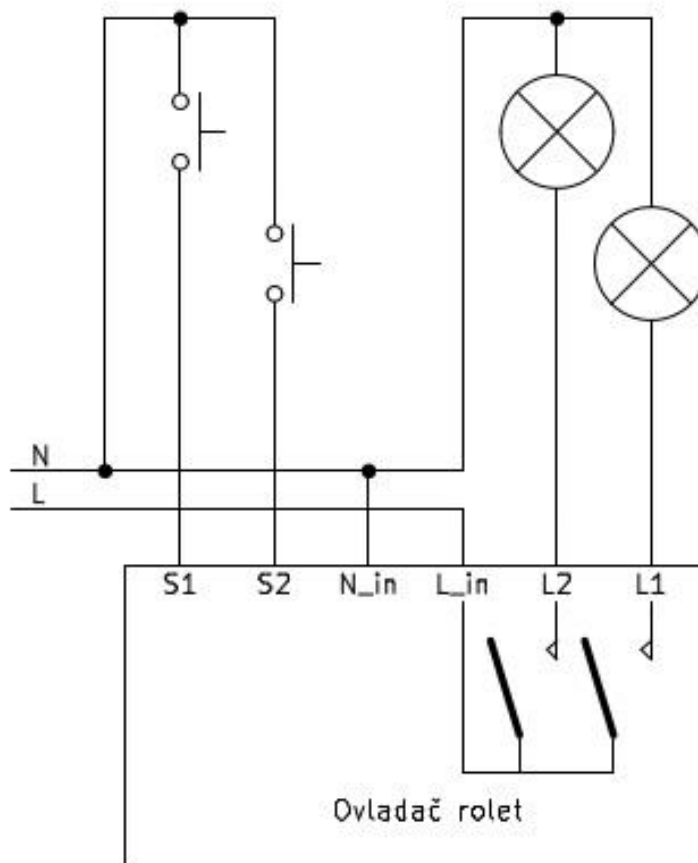
Motory rolet bývají napájeny střídavým napětím 230 V, přičemž směr otáčení se určuje tím, na který vstup je přivedeno napájení. Schematicky je to znázorněno na obrázku 4.16. Motory bývají vybaveny koncovými spínači, které nastavují krajní polohy pohybu rolet a při dosažení krajní polohy odpojí napájení. [73]



Obr. 4.16: Schéma připojení motoru rolet; upraveno podle [73]

Díky tomu modul ovládání rolet nutně nepotřebuje zpětnou vazbu polohy, ale jen spíná motor na určitý časový interval, který je dostatečný pro otevření nebo zavření rolet.

Pro přidání do systému Home Assistant byl modul ovládání rolet zapojen podle schématu na obrázku 4.17. Z důvodu nedostupnosti motoru rolet byly pro otestování funkčnosti modulu na výstupy pro motor zapojeny žárovky.



Obr. 4.17: Zapojení modulu ovládání rolet pro testování

Po připojení napájení byl modul uveden do párovacího režimu podržením tlačítka na zadní straně. Poté byl přidán do systému Home Assistant stejně jako ostatní ZigBee zařízení (Nastavení → Zařízení a služby → Integrace → ConBee II → Nastavit a poté vpravo dole tlačítko Přidat zařízení). Bylo zjištěno, že zařízení udává svou polohu obráceně, než jak ji chápe systém Home Assistant. Poloha je reprezentována jako číslo v intervalu $< 0, 100 >$, přičemž 0 je Home Assistantem chápána jako plně zavřeno a 100 jako plně otevřeno. Po dosažení krajní polohy systém zablokuje ovládací tlačítko pro pohyb rolet v daném směru. Při obrácené reprezentaci polohy tedy po otevření zablokoval tlačítko pro zavření a po zavření zablokoval tlačítko pro otevření. Kvůli tomu bylo ovládání prakticky nefunkční a bylo nutné najít řešení tohoto problému.

Z tohoto důvodu byla v konfiguračním souboru `configuration.yaml` na základě [74] vytvořena virtuální šablona rolet, která reprezentuje skutečné zařízení, avšak převrací hodnotu polohy. Do ovládacího panelu systému poté byla vložena entita těchto

virtuálních rolet namísto rolet skutečných. Celý soubor configuration.yaml je vložen v příloze 2, v následujícím textu pak budou vysvětleny některé klíčové části šablony virtuálních rolet.

```
16   cover:
17     - platform: template
18       covers:
19         living_room_blinds:
20           unique_id: living_room_blinds
21           friendly_name: Rolety obyvak
22           device_class: blind
```

Na řádcích 16 až 22 je definována entita typu „cover“, je jí nastaven identifikátor na „living_room_blinds“ a název „Rolety obyvak“.

```
23           position_template: >
24             {{ 100 -
state_attr('cover.tz3000_jwv3cwak_ts130f_cover', 'current_position')
}}}
```

Dále je této entitě virtuálních rolet nastavena poloha jako obrácená poloha entity „cover.tz3000_jwv3cwak_ts130f_cover“, která představuje skutečné zařízení ovladače rolet.

```
26       open_cover:
27         service: cover.open_cover
28         target:
29           entity_id: cover.tz3000_jwv3cwak_ts130f_cover
```

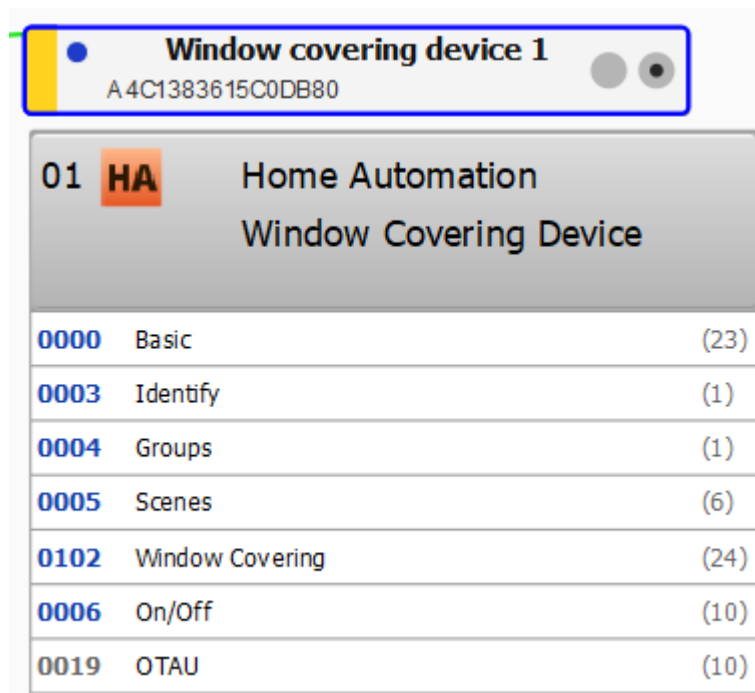
Na řádcích 26 až 29 je definováno, že při požadavku na otevření virtuálních rolet budou otevřeny rolety fyzické.

Obdobně je poté dále definováno i zavření, zastavení a nastavení polohy rolet. Po napsání tohoto kódu v doplňku Studio Code Server a jeho uložení bylo nutné dát znovu načíst všechny konfigurace YAML (Nástroje pro vývojáře → Konfigurace YAML). Poté bylo možné s novou entitou v systému pracovat.

Po zprovoznění modulu ovládání rolet v systému Home Assistant je potřeba nastavit délku času otevírání/zavírání rolet. Toto se provádí změnou atributu 0xF003 v clusteru 0102 – „Window Covering“. Tyto atributy jsou uloženy v zařízení a je možné je měnit posíláním patřičných ZigBee příkazů. Pomocí integrace Zigbee Home Automation (ZHA), jenž v systému Home Assistant zprostředkovává komunikaci se ZigBee zařízeními, nebylo možné potřebné atributy změnit. Proto byla ZigBee-USB brána ConBee II dočasně odpojena od počítače Raspberry Pi a připojena k počítači s operačním systémem Windows 10. Na něm byl nainstalován program deCONZ [75].

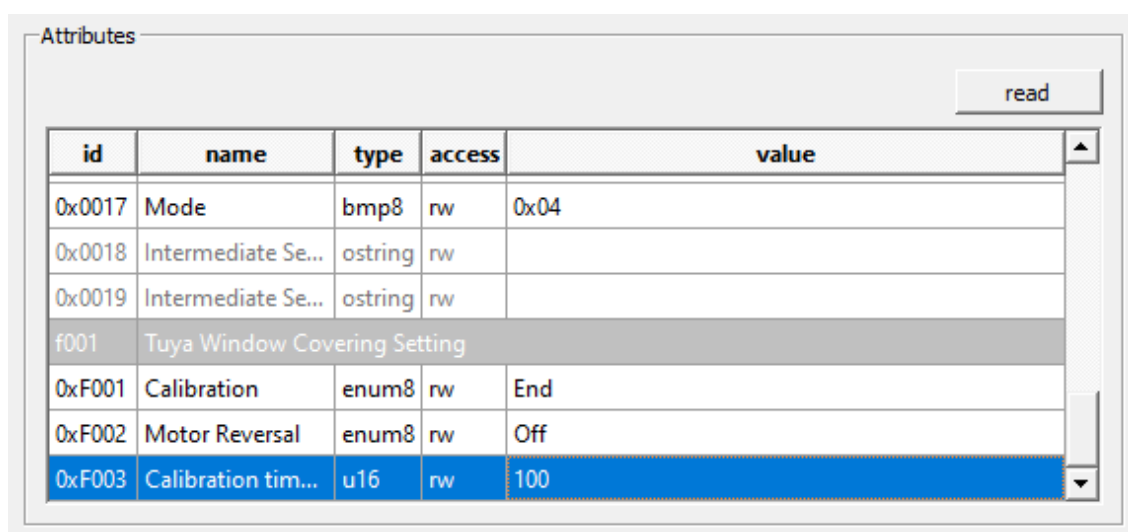
V tomto programu byla otevřena webová aplikace Phoscon App tlačítkem v pravém horním rohu. Modul ovládání rolet byl uveden do párovacího režimu a v aplikaci byl spárován po kliknutí na tlačítko „Add new lights“. Po spárování bylo možné prohlížet

zavřít a vrátit se do programu deCONZ, kde se zařízení objevilo v mapě sítě. Dvojitým kliknutím na toto zařízení se rozvinula nabídka s dostupnými clustery (obrázek 4.18).



Obr. 4.18: Nabídka dostupných clusterů zařízení v aplikaci deCONZ

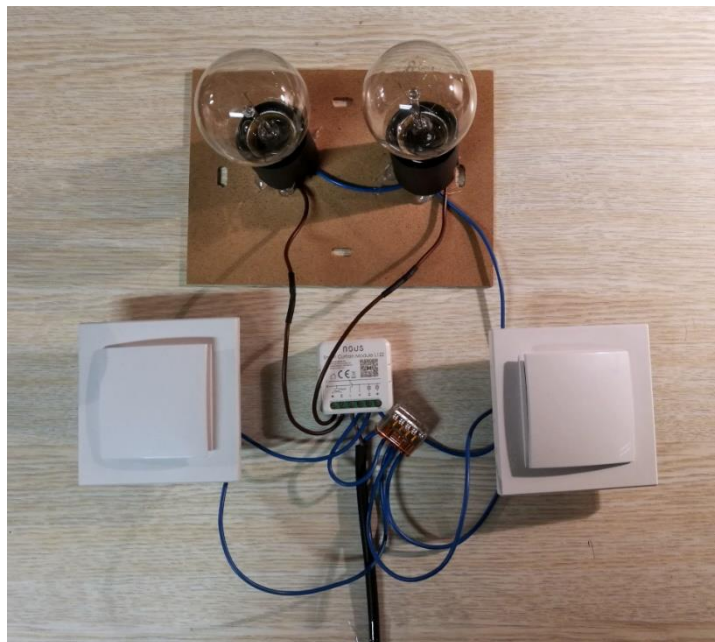
Dvojitým kliknutím na cluster 0102 byl otevřen panel v levé části okna. V dolní části tohoto panelu byl v nabídce „Attributes“ atribut 0xF003 (obrázek 4.19), jenž udává, kolik desetin sekundy trvá otevření/zavření rolet. Výchozí hodnota byla 100, což znamená 10 sekund. Dvojitým kliknutím na atribut bylo možné jeho hodnotu změnit. Po nastavení této hodnoty bylo možné vrátit bránu ConBee II zpět do počítače Raspberry Pi.



Obr. 4.19: Změna atributu 0xF003 v programu deCONZ

Po změně hodnoty času otevírání/zavírání rolet již modul nesměl být uveden do párovacího režimu, neboť by došlo k resetování atributů do továrního stavu a bylo by nutné je nastavovat znovu.

Poté byl modul připraven k provozu v systému Home Assistant. Fotografie zapojeného modulu v testovacím obvodu (kde motor byl nahrazen žárovkami) je na obr. 4.20.



Obr. 4.20: Modul ovládání rolet v testovacím zapojení

4.5 Regulace teploty

Pro ovládání vytápění v obývacím pokoji byla použita chytrá hlavice radiátoru Evolveo Heat M30 (obrázek 4.21). Tato hlavice komunikuje opět přes ZigBee. Napájena je dvěma tužkovými bateriemi typu AA.

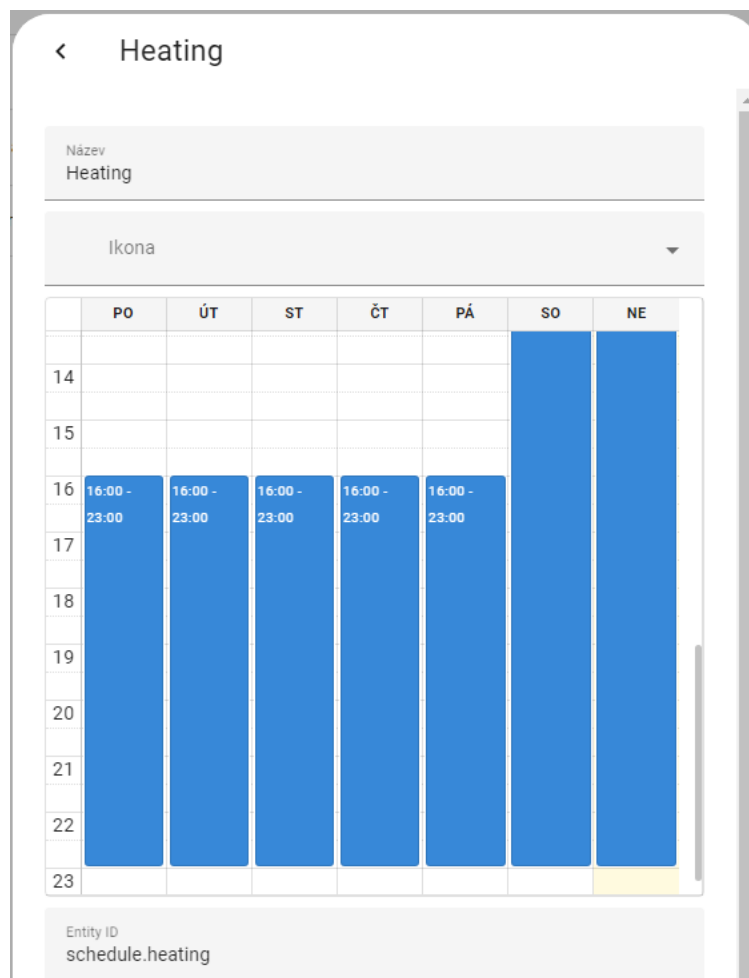


Obr. 4.21: Chytrá radiátorová hlavice Evolveo Heat M30 [76]

Veškeré ovládání hlavice ze systému Home Assistant spočívá v nastavení cílové teploty, na kterou se má vytápět. Hlavice má vlastní teplotní senzor a není možné jí posílat aktuální teplotu z jiného teplotního snímače v místnosti.

Po vložení baterií byla hlavice uvedena do párovacího režimu podle návodu. Následně byla přidána do systému stejně jako ostatní ZigBee zařízení (Nastavení → Zařízení a služby → Integrace → ConBee II → Nastavit a poté vpravo dole tlačítko Přidat zařízení). Po přidání ji systém automaticky rozpoznal.

Pro úsporu energií bylo rozhodnuto o vytvoření rozvrhu vytápění. K tomu byl vytvořen pomocník „Rozvrh“ (Nastavení → Zařízení a služby → Pomocníci a poté vpravo dole tlačítko Vytvořit pomocníka). Zde byl vytvořen časový rozvrh, kdy se má vytápět na vyšší teplotu (tedy uživatel je doma). Byly zde nastaveny časy 6:00-7:00 a 16:00-23:00 v pracovní dny a 6:00-23:00 o víkendech (obrázek 4.22).



Obr. 4.22: Vytvoření rozvrhu vytápění

Aby bylo vytápění spínáno podle tohoto rozvrhu, bylo potřeba vytvořit automatizaci, která zařídí tuto funkci. Vytvoření automatizace se provede v Nastavení → Automatizace a scény → Vytvořit automatizaci. Zde je potřeba v grafickém prostředí zadat tři parametry: spouštěč (tedy co spustí tuto automatizaci), podmínku (za jakých podmínek bude automatizace spuštěna) a akci (co tato automatizace vykoná).

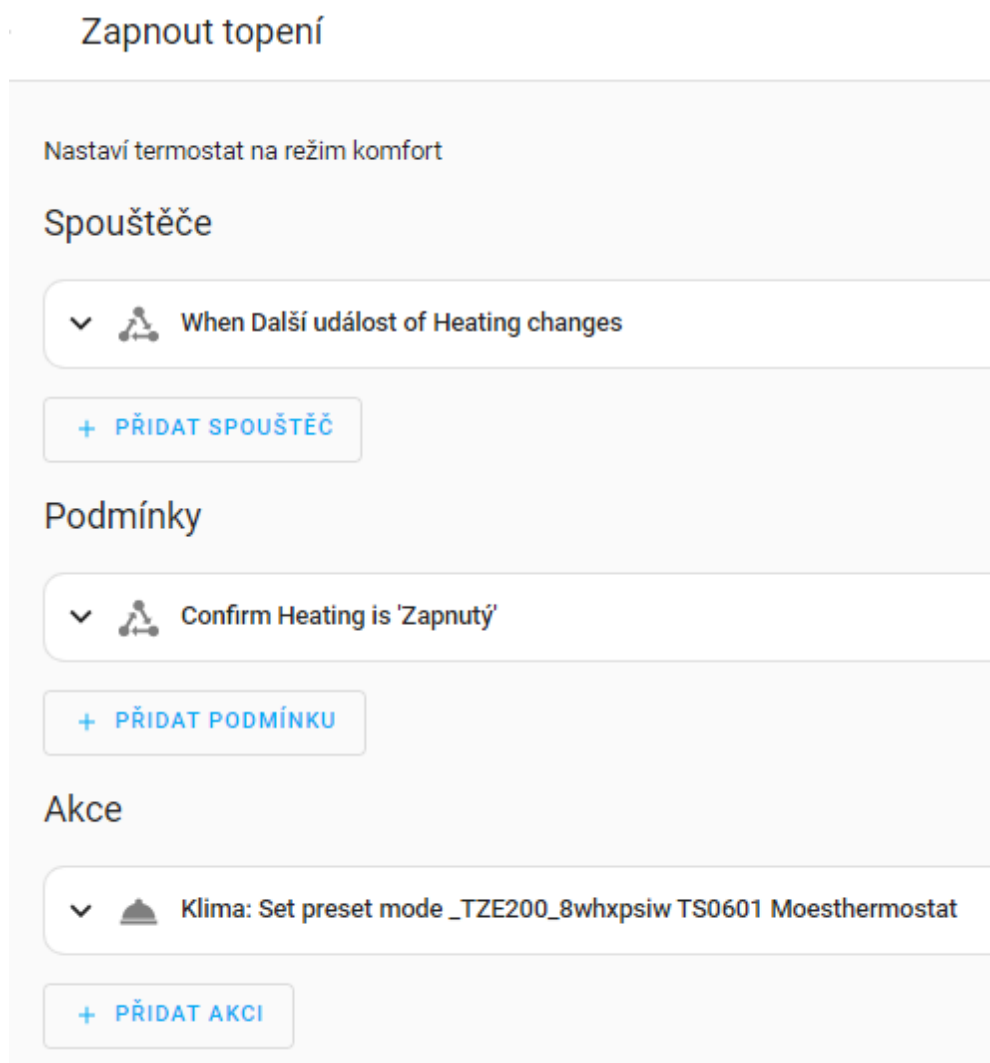
Jako spouštěč byl nastaven typ „Stav“, kterému byla nastavena entita vytvořeného rozvrhu. Jako atribut byl spouštěči přiřazen typ „Další událost“. V tomto nastavení bude

automatizace spuštěna ve chvíli, kdy ve vytvořeném rozvrhu nastane začátek, nebo konec časového okna.

Jako podmínka byl opět nastaven typ „Stav“ s entitou rozvrhu a tentokrát byla nastavena možnost „Stav“ na „Zapnutý“. Automatizace se tedy vykoná jen v případě, že nastane začátek časového okna v rozvrhu.

Akce automatizace byla nastavena na typ „Zavolat službu“ a služba byla nastavena na „Klima: Set preset mode“. Jako entita byla zvolena entita radiátorové hlavice a parametr „Preset mode“ na „comfort“. Tímto se hlavice radiátoru přepne do režimu „komfort“, ve kterém má přednastavenou teplotu 22 °C. Služba by obdobně mohla být nastavena na typ „Klima: Set temperature“, ve kterém by radiátorové hlavici nebyl nastaven režim, ale přímo konkrétní teplota.

Princip takto vytvořené automatizace tedy spočívá v přepnutí radiátorové hlavice do režimu „komfort“ v momentě, kdy v rozvrhu nastane začátek časového okna. Snímek takto vytvořené automatizace v grafickém prostředí je na obrázku 4.23.



Obr. 4.23: Vytvořená automatizace pro nastavení topení do režimu "komfort"

Editor automatizací v systému Home Assistant umožňuje kromě úprav v grafickém prostředí taktéž úpravy automatizací přímo v kódu YAML. Zázpis této automatizace v jazyce YAML vypadá následovně:

```
1  alias: Zapnout topení
2  description: Nastaví termostat na režim komfort
3  trigger:
4    - platform: state
5      entity_id:
6        - schedule.heating
7      attribute: next_event
8  condition:
9    - condition: state
10     entity_id: schedule.heating
11     state: "on"
12  action:
13    - service: climate.set_preset_mode
14      data:
15        preset_mode: comfort
16      target:
17        entity_id: climate.tze200_8whxpsiw_ts0601_moesthermostat
18  mode: single
```

Automatizaci byl pro přehlednost dán název „Zapnout topení“ a rovněž byl vyplněn její popis. Obdobným způsobem byla vytvořena i druhá automatizace, která přepne hlavici radiátoru do režimu „prýč“ na konci časového okna rozvrhu. Tato automatizace má u spouštěče nastavené shodné parametry. Podmínka je nastavena shodně s výjimkou stavu, jenž je nastaven na „Vypnutý“. Akce je pak také nastavena shodně s výjimkou parametru „Preset mode“, který byl nastaven na „away“.

Tyto dvě vytvořené automatizace v systému obstarávají přepínání nastavené teploty vytápění podle vytvořeného časového rozvrhu.

4.6 Síťová kamera

Aby mohl uživatel sledovat dění před vchodovými dveřmi, byla do systému přidána síťová kamera. Z důvodu snadné dostupnosti byl zvolen typ Hamrolte HKBQ15L-I10 (viz obrázek 4.24). Tato kamera je napájena stejnosměrným napětím 12 V.



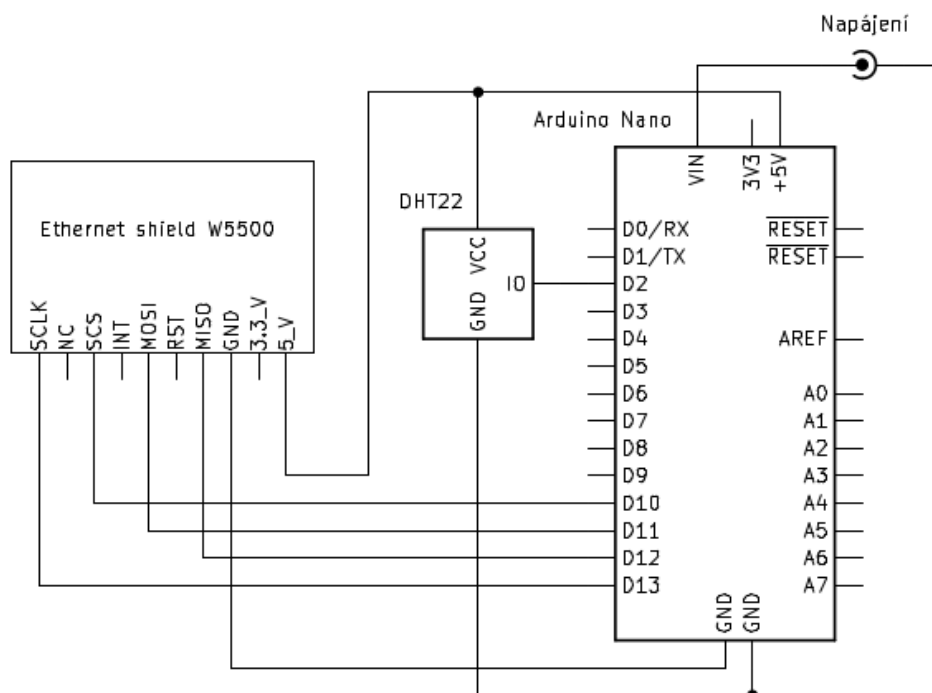
Obr. 4.24: Síťová kamera Hamrolte HKBQ15L-I10

Připojení kamery k síti je řešeno ethernetovým kabelem. Zařízení má manuálně nastavenou IP adresu, která je defaultně 192.168.1.10. Tato adresa je v rozsahu adres sítě, v níž je připojen Home Assistant, tudíž nebylo třeba ji měnit. Pokud by bylo nutné tuto adresu změnit, byl by k tomu použit software dodávaný výrobcem. Uživatelské jméno je defaultně „admin“ a heslo je prázdná hodnota. Kamera má několik možností přenosu obrazu. Jednou z nich je vysílání síťového proudu. Tato možnost byla zvolena pro přidání do systému Home Assistant.

V Nastavení → Zařízení a služby → Integrace byla přidána nová integrace typu „Generic Camera“. Do pole „síťový proud“ byla vyplněna adresa síťového proudu: `rtsp://192.168.1.10:554/user=admin&password=&channel=1&stream=0.sdp?real_stream` Formát této adresy byl vyhledán v manuálu kamery. Adresa obsahuje uživatelské jméno a heslo. Po potvrzení dialogového okna nastavení integrace „Generic Camera“ byla vytvořena nová entita kamery, se kterou je možné v systému Home Assistant dále pracovat.

4.7 Teploměr

Pro možnost kontroly venkovní teploty před cestou mimo domov byl do systému přidán venkovní teploměr vlastní konstrukce. Obdobně jako u vlastního řešení chytrého vypínače je i tento teploměr založen na jednodeskovém počítači Arduino Nano s využitím ethernetového modulu. Komunikace je opět založena na protokolu MQTT. Jako teplotní senzor byl použit typ DHT22 z důvodu velkého teplotního rozsahu -40 až 80 °C. [77] Schéma zapojení celého teploměru je na obrázku 4.25.



Obr. 4.25: Schéma zapojení MQTT teploměru

Zapojení se senzorem DHT22 mnohdy doporučují připojení 10K rezistoru mezi datový pin a napájení. Zde však tento rezistor přidán nebyl, jelikož použitý senzor již má zabudován 4K7 rezistor. Napájení je opět řešeno napájecím adaptérem s výstupním napětím 6 V. Při tomto napětí má zařízení odběr 144 mA.

Program pro počítač Arduino Nano je opět založen na knihovně ArduinoHA [69]. Celý program je v příloze 3, zde budou vysvětleny pouze jeho klíčové části. Některé části shodné s částmi vysvětlenými již u programu v kapitole 4.3.2 zde znovu popisovány nebudou.

```
16   HASensorNumber analogSensor("thermometer_mqtt",
HASensorNumber::PrecisionP1);
```

Na řádce 16 je vytvořena instance analogového senzoru s unikátním ID „`thermometer_mqtt`“. Pokud by bylo v systému Home Assistant více takovýchto zařízení, je nutné, aby každé mělo své vlastní unikátní ID, aby nedošlo ke kolizi. Dále je senzoru nastavena přesnost „`PrecisionP1`“, což znamená, že hodnoty budou publikovány s jedním desetinným místem.

```
25   analogSensor.setIcon("mdi:thermometer-lines");
26   analogSensor.setName("Temperature");
27   analogSensor.setUnitOfMeasurement("°C");
```

Na řádcích 25 až 27 je definována ikona, pod níž se bude zařízení zobrazovat v systému Home Assistant, poté je definován název měřené veličiny a její jednotka.

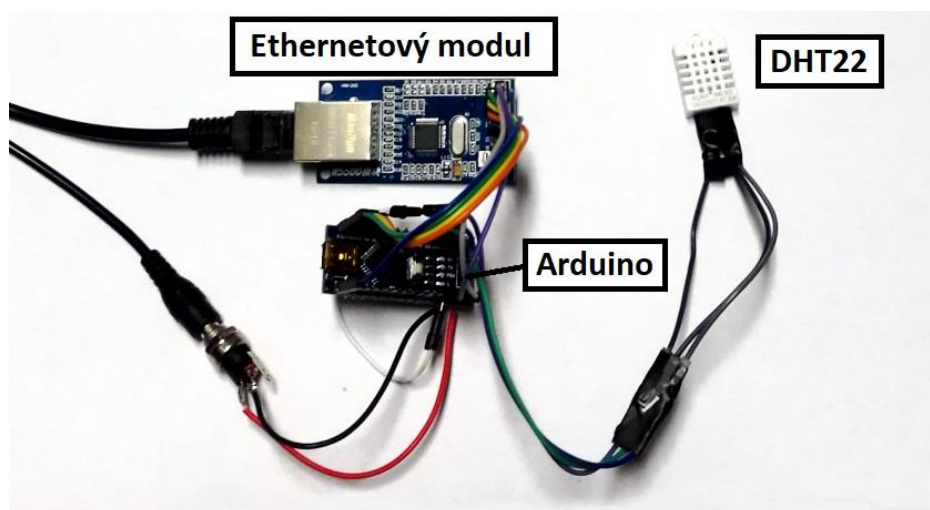
```
34   Ethernet.maintain();
35   mqtt.loop();
36
37   // Každé 2 sekundy aktualizuje měření
38   if ((millis() - lastMillis) > 2000) {
39       lastMillis = millis();
40       float temp = dht.readTemperature();
41       analogSensor.setValue(temp);
42   }
```

V hlavní smyčce programu (funkce `loop()`) jsou nejprve na řádcích 34 a 35 volány metody `Ethernet.maintain()` a `mqtt.loop`. První z nich je metodou knihovny Ethernet a slouží ke zjištění, zda nebyla zařízení DHCP serverem vydána nová IP adresa. Druhá metoda je z knihovny ArduinoHA a slouží k udržování MQTT komunikace.

Kód na řádcích 38 až 42 je napsán tak, aby byl spuštěn každé dvě sekundy. Funkce `millis()` vrací čas od spuštění zařízení v milisekundách. Na řádce 40 je uložena aktuální teplota ze senzoru DHT22 do proměnné „`temp`“ a na dalším řádku je pak předána funkci `analogSensor.setValue()`. Tato funkce pošle danou hodnotu do MQTT brokeru. Pokud se hodnota proměnné od posledního volání funkce nezměnila, pak tato hodnota funkcí odeslána není.

Po sestavení byl do zařízení nahrán program a poté bylo zařízení připojeno do počítačové sítě, v níž je zapojen systém Home Assistant. Po připojení bylo zařízení systémem automaticky objeveno a přidáno do systému, kde byla pro měřenou teplotu

vytvořena nová entita, se kterou je pak možné dále pracovat. Snímek sestaveného zařízení pro zkušební provoz je na obrázku 4.26.



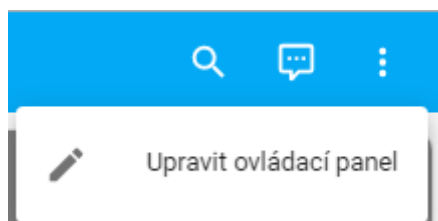
Obr. 4.26: Sestavené zařízení pro měření teploty.

4.8 Konfigurace ovládacího panelu

Po přidání všech zařízení do systému Home Assistant bylo nutné nastavit ovládací panel. Ten je centrem systému, z něhož je uživatelem ovládána celá chytrá domácnost. Ovládací Panel je možné otevřít v internetovém prohlížeči počítače v lokální síti po zadání adresy <http://homeassistant.local:8123/> nebo načtení přímo IP adresy systému Home Assistant a portu 8123 (např. <http://192.168.1.85:8123>). Stejný ovládací panel se zobrazuje také v mobilní aplikaci Home Assistant.

Konfigurace ovládacího panelu se provádí přidáváním karet s ovládacími nebo informačními prvky. V systému existuje poměrně velké množství druhů karet, které lze do panelu přidat. Jsou to například karta zobrazení aktuálního stavu nebo grafu entity, karta kalendáře, ovládacího tlačítka, nebo karta obrázkového elementu.

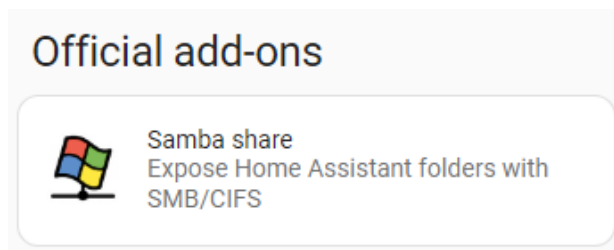
První karta, která byla do panelu přidána, byl půdorys domácnosti, v němž je možné vidět stav světel a okenních rolet a také je z tohoto půdorysu ovládat. Přejít do režimu úprav ovládacího panelu lze po kliknutí na ikonu tří teček v pravém horním panelu (viz obr. 4.27).



Obr. 4.27: Přechod do režimu úprav ovládacího panelu

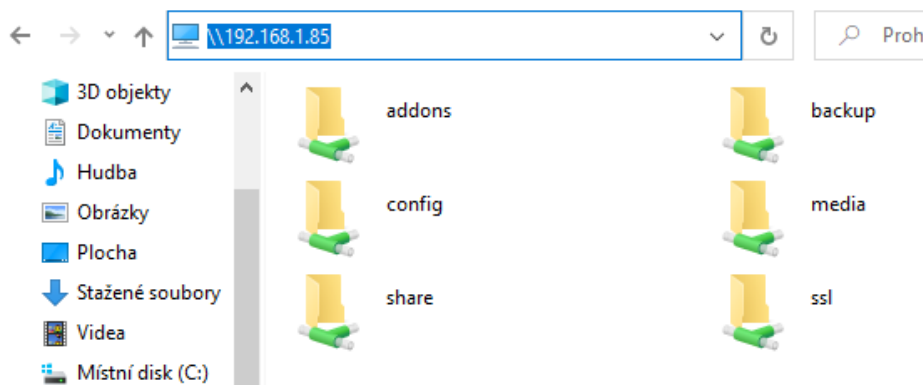
Poté lze v pravém dolním rohu přidat novou kartu. Typ karty byl zvolen „Obrázkové elementy“. Tato karta se upravuje v YAML kódu a jejím základem jsou obrázky, které se

do kódu vkládají svými URL adresami. Ty je možné používat z internetu, avšak v takovém případě při výpadku internetového připojení tyto obrázky nebudou načteny. Druhou možností je mít tyto obrázky na lokálním serveru. Home Assistant umožňuje zřízení úložiště přístupného z lokální sítě vytvořením složky s názvem „www“ v adresáři „config“. Pro získání možnosti přenosu souborů byl nainstalován doplněk „Samba share“ (obr. 4.28).



Obr. 4.28: Doplněk Samba share pro přenos souborů

Tento doplněk umožňuje připojení se k systému Home Assistant jako k síťovému disku např. z Průzkumníku souborů na OS Windows. Po nainstalování doplňku je nutné vyplnit přístupové údaje k systému Home Assistant a IP adresy, ze kterých bude umožněno se připojit. Poté je možné v Průzkumníku souborů zadat do adresního pole IP adresu systému a přihlásit se (obrázek 4.29).



Obr. 4.29: Přístup k souborům systému Home Assistant z Průzkumníku souborů

Po vytvoření složky `\\192.168.1.85\config\www\` byl systém Home Assistant restartován, aby se v něm projevil tato změna. Poté byly do této složky nahrány obrázky potřebné pro kartu půdorysu domu. Jednalo se o obrázek samotného půdorysu a ikony žárovky a rolet vždy v obou stavech (rozsvíceno a zhasnuto, resp. otevřeno a zavřeno). K těmto souborům je možné přistupovat ze sítě pod adresou `http://homeassistant.local:8123/local` nebo `http://192.168.1.85:8123/local`.

Dalším krokem, který je vhodné učinit před samotnou konfigurací ovládacího panelu, je pojmenování entit tak, aby se snáze hledaly. V Nastavení → Zařízení a služby → Entity je možné zobrazit seznam všech entit v systému. Po rozkliknutí konkrétní entity lze otevřít její nastavení, kde je možné jí přiřadit název. Pod tímto názvem se pak bude entita zobrazovat v ovládacím panelu.

Po vložení samotné karty obrázkového elementu je možné začít psát její kód YAML. Úpravy se zobrazují v náhledu už při psaní, což práci velmi usnadňuje. Hotová vytvořená karta půdorysu je zachycena na obrázku 4.30.



Obr. 4.30: Hotová karta půdorysu domácnosti

V následujícím textu bude vysvětlen její kód.

- ```
1 type: picture-elements
2 image: ./local/floorplan_named.png
```

První řádek udává typ karty, po něm je udána cesta k hlavnímu obrázku karty. Tento obrázek je zobrazen na pozadí a zabírá celou velikost karty.

```
3 elements:
4 - type: image
5 description: Svetlo kuchyne 1
6 entity: light.tz3000_s8r1qoyq_ts0012_light_2
7 tap_action:
8 action: toggle
9 image: ./local/light_bulb_off.png
10 state_image:
11 'on': ./local/light_bulb_on.png
12 state_filter:
13 'on': brightness(130%) saturate(1.5) drop-shadow(0px 0px 10px gold)
14 'off': brightness(80%) saturate(0.8)
15 style:
16 top: 20%
17 left: 83%
18 width: 7%
19 padding: 10px
```

Na dalších řádcích se nachází kód, který zajišťuje zobrazení a funkčnost jednotlivých ikon žárovek. Ty reprezentují svítidla v domácnosti. Na řádce 5 je popis konkrétní ikony, který nemá žádný funkční význam, ale slouží pouze pro lepší orientaci v kódu. Pod ním je přiřazena entita daného svítidla, která bude reprezentována touto ikonou. Řádky 7 a 8 určují, že kliknutím na ikonu dojde ke změně stavu entity. Pod nimi je definován obrázek vypnutého svítidla. Pokud je stav entity „zapnuto“, pak je reprezentována obrázkem definovaným na řádcích 10 a 11. Na řádcích 12-14 je upraven vzhled a podbarvení ikony při zapnutém a vypnutém stavu a efekt ikony při přepínání stavu. Řádky 15-19 pak určují umístění a velikost dané ikony.

Celý kód na řádcích 4 až 19 je poté v kartě nakopírován i pro všechna ostatní svítidla, přičemž změněny jsou řádky 5, 6, 16 a 17. Po definování všech ikon svítidel následuje kód pro ikonu ovládání okenních rolet.

```
132 - type: image
133 description: Rolety obyvak
134 entity: cover.living_room_blinds
135 tap_action:
136 action: toggle
137 image: ./local/blinds_open.png
138 state_image:
139 open: ./local/blinds_open.png
140 closed: ./local/blinds_closed.png
141 style:
142 top: 1%
143 left: 45%
144 width: 7%
145 transform: none
```

Na řádce 134 je určena entita ovladače rolet, jež bude reprezentována ikonou. Řádky 135 a 136 určují, že při kliknutí na ikonu bude přepnut stav entity. Řádek 137 definuje defaultně zobrazený obrázek (který je zobrazen i v případě, že je zařízení ovladače rolet odpojeno). Na dalších řádcích jsou pak definovány obrázky, které budou zobrazeny v otevřeném a v zavřeném stavu. Na dalších řádcích jsou pak definovány umístění a velikost ikony.

Další karta, která byla do ovládacího panelu přidána, byla karta termostatu. Její přidání spočívalo pouze ve výběru typu karty „Termostat“ a poté nastavení entity, kterou má termostat ovládat. Tou byla v tomto případě entita „\_TZE200\_8whxpsiw TS0601 Moesthermostat“. Tato entita reprezentuje chytrou hlavici radiátoru Evolveo Heat M30. Poté byl ještě termostatu pro lepší přehlednost přiřazen název.

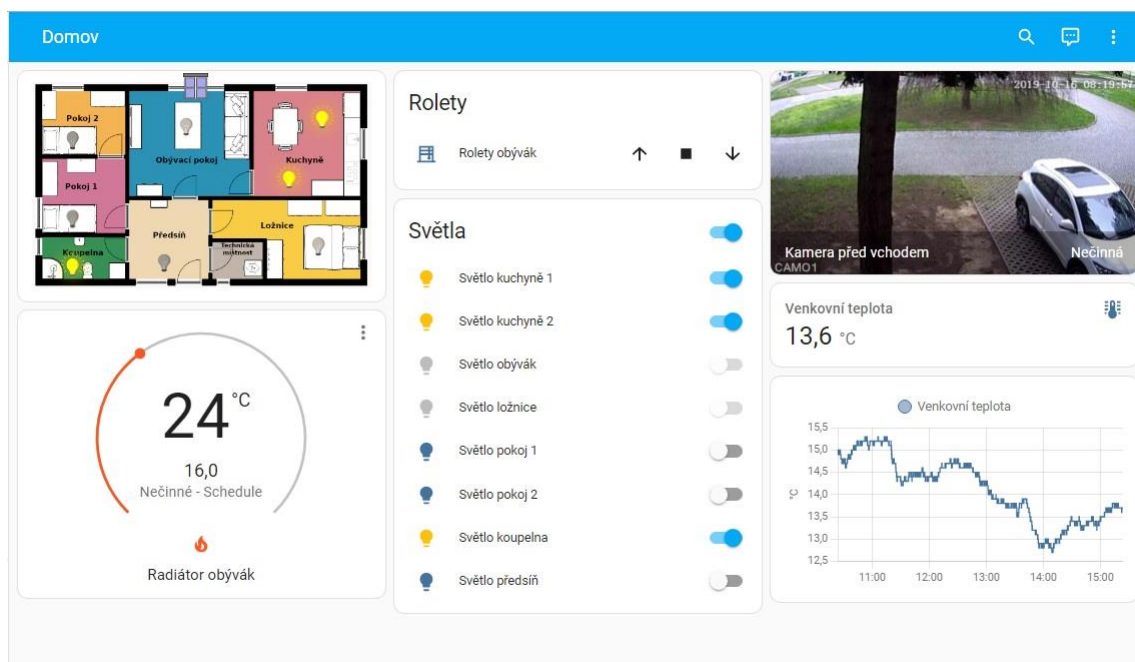
Dále byla přidána karta ovládání rolet. Tato karta je typu „Entity“ a její nastavení spočívá ve výběru entit, které se na ní mají zobrazovat. V tomto případě to byla pouze jedna entita, a to entita virtuálního ovladače rolet. Systém automaticky rozpoznal typ entity a podle toho vložil na kartu patřičný ovládací prvek.

Další přidanou kartou byla karta se seznamem všech svítidel v domácnosti. Obdobně jako předchozí karta byla i tato typu „Entity“. Do ní byly postupně přidány všechny entity svítidel. Systém opět rozpoznal typ entit a podle toho jim přiřadil patřičné ovládací prvky. Kromě toho do záhlaví karty vložil ovladač, kterým je možné rozsvítit, nebo zhasnout všechna světla najednou.

Poté byla do ovládacího panelu přidána karta s náhledem síťové kamery před vchodem. Tato karta je typu „Obrázková entita“. Její nastavení spočívalo pouze v pojmenování karty a výběru entity síťové kamery.

Poslední kartou byla karta s aktuální teplotou a jejím vývojem v čase. Pro tento účel byla přidána karta typu „Svislé uskupení“ která sdružuje dvě karty, jež jsou poté v panelu zobrazeny nad sebou. Do ní byla vložena karta „Entita“, v níž byla vybrána entita venkovního teploměru. Druhou vloženou kartou byla karta typu „Graf historie“, v níž byla opět zvolena entita venkovního teploměru. Poté byl ještě zvolen počet hodin, které se mají v grafu zobrazovat na horizontální ose.

Takto vytvořený ovládací panel umožňuje uživateli sledovat a ovládat chytrou domácnost z jednoho místa. Snímek ovládacího panelu je na obrázku 4.31.



Obr. 4.31: Vytvořený ovládací panel systému Home Assistant

## 4.9 Cenová kalkulace

Náklady na sestavení systému automatizace domácnosti založeného na projektu Home Assistant byly rozepsány v tabulce 4.3. Ceny byly počítány pouze pro materiál, čas do těchto počtů zahrnut nebyl. Celková cena za materiál byla 9 779 Kč. Z této částky tvoří 3 919 Kč náklady na jednodeskový počítač Raspberry Pi 4 a příslušenství k němu (viz tabulka 4.4).

| Položka                                | Počet kusů | Celková cena (Kč, vč. DPH) |
|----------------------------------------|------------|----------------------------|
| Raspberry Pi 4 + příslušenství         | 1          | 3 919                      |
| Vlastní řešení chytrého vypínače       | 1          | 1 093                      |
| Hlavice radiátoru Evolveo Heat M30     | 1          | 1 019                      |
| Chytré zářivky Philips Hue             | 2          | 929                        |
| Vlastní řešení teploměru               | 1          | 813                        |
| Chytrý vypínač Tesla Smart Switch Dual | 1          | 749                        |
| IP kamera Hamrolte                     | 1          | 699                        |
| Ovladač rolet Nous L12Z                | 1          | 399                        |
| Napájecí adaptér 12 V                  | 1          | 159                        |
| Celkem:                                |            | 9 779                      |

Tab. 4.3: Celkové náklady na materiál systému automatizace domácnosti

| Položka                          | Počet kusů | Celková cena (Kč, vč. DPH) |
|----------------------------------|------------|----------------------------|
| Raspberry Pi 4 model B – 8GB RAM | 1          | 2 119                      |
| ZigBee-USB brána ConBee II       | 1          | 713                        |
| Micro SD paměťová karta 64 GB    | 1          | 425                        |
| Krabička pro Raspberry Pi 4      | 1          | 415                        |
| Napájecí zdroj                   | 1          | 247                        |
| Celkem:                          |            | 3 919                      |

Tab. 4.4: Náklady na Raspberry Pi 4 a příslušenství

Náklady na materiál pro sestavení vlastního chytrého vypínače byly 1 093 Kč (tabulka 4.5). Toto je vyšší cena, než byla cena za komerční chytrý vypínač Tesla. Při přepočtu ceny na jeden kanál však cena vlastního řešení vychází 273,25 Kč oproti 374,5 Kč na jeden kanál u komerčního vypínače. Cenu vlastního řešení by bylo možné ještě redukovat při použití více vypínačů napájených jedním napájecím zdrojem, jehož cena by poté byla rozpočítána mezi tyto vypínače.

| Položka                 | Počet kusů | Celková cena (Kč, vč. DPH) |
|-------------------------|------------|----------------------------|
| Tlačítkové spínače      | 4          | 340                        |
| Arduino Nano R3         | 1          | 208                        |
| Ethernetový modul       | 1          | 198                        |
| Napájecí zdroj 6 V      | 1          | 159                        |
| 4kanálový reléový modul | 1          | 88                         |
| Ostatní materiál        | -          | 100                        |
| Celkem                  |            | 1 093                      |

Tab. 4.5: Náklady na materiál pro sestavení vlastního chytrého vypínače

Náklady na materiál pro sestavení vlastního teploměru pro systém chytré domácnosti byly 813 Kč. Rozpis ceny podle položek se nachází v tabulce 4.6.

| Položka               | Počet kusů | Celková cena (Kč, vč. DPH) |
|-----------------------|------------|----------------------------|
| Arduino Nano R3       | 1          | 208                        |
| Ethernetový modul     | 1          | 198                        |
| Teplotní senzor DHT22 | 1          | 198                        |
| Napájecí zdroj 6 V    | 1          | 159                        |
| Ostatní materiál      | -          | 50                         |
| Celkem:               |            | 813                        |

Tab. 4.6: Náklady na materiál pro chytrý teploměr

Do položky „Ostatní materiál“ v tabulkách 4.5 a 4.6 byly zahrnuty drobné položky jako propojovací vodiče, jednotlivé součástky a další komponenty s nevýznamnou cenou.

## 5 ZÁVĚR

Tato práce se zabývá možnostmi automatizace rodinného domu. V rešeršní části jsou popsány dostupné sběrníkové systémy domovní automatizace a také komerční systémy pro správu chytrých domácností, jež v posledních letech nabírají na popularitě. Hlavním cílem této práce pak bylo navržení laboratorní úlohy demonstrující využití automatizace v domácnosti a vypracování řešení této úlohy včetně návodu. Pro řešení této úlohy byl zvolen open-source projekt Home Assistant, jež byl spuštěn na jednodeskovém počítači Raspberry Pi 4.

Do tohoto systému byla připojena komerčně dostupná zařízení jako ovladač okenních rolet, řízení osvětlení, termostatická hlavice radiátoru nebo síťová kamera. Kromě toho byl vytvořen chytrý teploměr vlastní konstrukce a rovněž chytrý vypínač osvětlení vlastní konstrukce, které byly poté do systému také přidány. Obě zařízení jsou založena na kontroléru Arduino Nano a ke komunikaci využívají síťový protokol MQTT. Vytvořený chytrý vypínač v některých parametrech značně předčil podobný komerční chytrý vypínač (viz kapitola 4.3.3). Navzdory tomu je však toto zařízení pro praktické použití vhodné spíše jen pro technické nadšence kvůli konfiguraci uložené přímo v programu Arduina a také kvůli absenci certifikací takového zařízení. Pro budoucí rozvoj by proto bylo vhodné vytvořit uživatelsky přívětivější způsob nahrání konfigurace do zařízení, například z počítače pomocí USB, a její uložení do paměti EEPROM. Dále by bylo vhodné vyrobit zařízení ve fyzicky robustnějším provedení např. umístěním všech komponent na jeden plošný spoj.

Pro termostatickou hlavici radiátoru byl v systému Home Assistant vytvořen rozvrh vytápění, jež umožňuje centrálně nastavit, kdy se má topit na jakou teplotu. Tento rozvrh lze snadno upravovat v uživatelském rozhraní. Díky tomu je možné snížit teplotu v dobách, kdy se uživatel pohybuje mimo domov, čímž lze dosáhnout úspory energií.

V uživatelském rozhraní systému Home Assistant byl nakonfigurován ovládací panel, pomocí kterého lze ovládat všechna zařízení z webového prohlížeče nebo mobilní aplikace. Zde může uživatel také kontrolovat obraz síťové kamery nebo teplotu změřenou vytvořeným teploměrem. Takováto možnost správy domácnosti z jednoho místa výrazně zvyšuje uživatelský komfort. Náklady na materiál pro sestavení celého systému automatizace domácnosti byly 9 779 Kč. Pro další rozšíření systému by bylo možné do něj integrovat další zařízení jako například měření spotřeby energií či zabezpečení domu.

Závěrem lze říci, že tato práce poskytla náhled na některé možnosti v oblasti automatizace domácností. Použitý open-source projekt Home Assistant má i přes některé nedostatky potenciál konkurovat zavedeným komerčním systémům celosvětových společností. Jeho využití se ukázalo jako užitečné a nabízí vysokou míru konfigurovatelnosti podle potřeb uživatele. Tímto otevírá dveře pro uživatele, kteří hledají flexibilní a přizpůsobitelné řešení pro správu chytré domácnosti.



## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MERZ, Hermann, Thomas HANSEMANN a Christof HÜBNER. *Automatizované systémy budov: sdělovací systémy KNX/EIB, LON a BACnet*. Praha: Grada, 2008. Stavitel. ISBN 978-80-247-2367-9.
- [2] *For Professionals – KNX Association [Official website]* [online]. [cit. 2022-12-12]. Dostupné z: <https://www.knx.org/knx-en/for-professionals/index.php>
- [3] KUNC, Josef. KNX snímače. *Stavební klub* [online]. 1. 4. 2016 [cit. 2022-12-28]. Dostupné z: <https://www.stavebniklub.cz/33/knx-snimace-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EsriOTq34uiLLt9vc6B7oFQ/>
- [4] Unica NU553054. In: *Schneider Electric Global* [online]. [cit. 2022-12-28]. Dostupné z: [https://download.schneider-electric.com/files?p\\_Doc\\_Ref=NU553054&p\\_File\\_Type=rendition\\_369\\_jpg&default\\_image=DefaultProductImage.png](https://download.schneider-electric.com/files?p_Doc_Ref=NU553054&p_File_Type=rendition_369_jpg&default_image=DefaultProductImage.png)
- [5] *Systémová příručka ABB-free@home®* [online]. 2019 [cit. 2023-01-22]. Dostupné z: [https://nizke-napeti.cz.abb.com/files/repository/N-Systemova\\_prirucka\\_FH\\_v0.04\\_2019.pdf](https://nizke-napeti.cz.abb.com/files/repository/N-Systemova_prirucka_FH_v0.04_2019.pdf)
- [6] Installation - ABB-free@home (Building and Home Automation Solutions | ABB). ABB. *ABB Group* [online]. [cit. 2023-01-23]. Dostupné z: <https://new.abb.com/low-voltage/products/building-automation/product-range/abb-freeathome/system/installation>
- [7] 2CDC 550 001 D0201 Technical Manual. In: *ABB Group* [online]. 2014 [cit. 2023-01-23]. Dostupné z: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=2CDC550001D0201&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>
- [8] What is the difference between centralized and decentralized installation?. *ABB Group* [online]. 2018 [cit. 2023-01-23]. Dostupné z: <https://faq.abb-buildingautomation.com/index.php?action=artikel&cat=55&id=39&artlang=en>
- [9] DALI-2: The new version of the DALI standard. In: *Digital Illumination Interface Alliance* [online]. [cit. 2023-02-16]. Dostupné z: [https://www.dali-alliance.org/data/downloadables/5/4/1711\\_technical-note-dali-2-the-new-standard.pdf](https://www.dali-alliance.org/data/downloadables/5/4/1711_technical-note-dali-2-the-new-standard.pdf)
- [10] DALI Quick Start Guide. In: *Digital Illumination Interface Alliance* [online]. [cit. 2023-02-16]. Dostupné z: [https://www.dali-alliance.org/data/downloadables/6/4/dali-quick-start-guide\\_public-v1\\_april-2018.pdf](https://www.dali-alliance.org/data/downloadables/6/4/dali-quick-start-guide_public-v1_april-2018.pdf)
- [11] Control Devices. In: *Digital Illumination Interface Alliance* [online]. [cit. 2023-02-23]. Dostupné z: <https://www.dali-alliance.org/dali/control-devices.html>
- [12] Ovládání světel pomocí DALI sběrnice. *Svitím pro tebe - interiérové osvětlení* [online]. 1. 7. 2022 [cit. 2023-02-23]. Dostupné z: <https://www.svitimprotebe.cz/vzdelavani/recenze/ovladani-svetel-pomoci-dali-sbernice>
- [13] DALIconfig: Uživatelský manuál. In: *Foxtron – řídicí systémy osvětlení na sběrnici DALI* [online]. [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: [https://www.foxtron.cz/images/ke\\_stazeni/Manual%20DaliConfigCZ.pdf](https://www.foxtron.cz/images/ke_stazeni/Manual%20DaliConfigCZ.pdf)
- [14] DALI Cockpit: Startup Guide V5. In: *Lunatone - Kompetenz und Leidenschaft für neue Technologien* [online]. 2022 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: [https://www.lunatone.com/wp-content/uploads/2018/03/DALI-Cockpit\\_StartUp\\_Guide\\_Manual\\_EN\\_M0010.pdf](https://www.lunatone.com/wp-content/uploads/2018/03/DALI-Cockpit_StartUp_Guide_Manual_EN_M0010.pdf)
- [15] DALI Manual. In: *Tridonic* [online]. 2020 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: [https://www.tridonic.se/se/download/technical/DALI-manual\\_en.pdf](https://www.tridonic.se/se/download/technical/DALI-manual_en.pdf)

- [16] GARLÍK, Bohumír. *Inteligentní budovy*. Praha: BEN - technická literatura, 2012. ISBN 978-80-7300-440-8.
- [17] KNX System Principles. In: *KNX Association* [online]. [cit. 2023-03-04]. Dostupné z: [https://www.knx.org/wAssets/docs/downloads/Marketing/Flyers/KNX-System-Principles/KNX-System-Principles\\_en.pdf](https://www.knx.org/wAssets/docs/downloads/Marketing/Flyers/KNX-System-Principles/KNX-System-Principles_en.pdf)
- [18] *Vypínače – Heureka.cz* [online]. [cit. 2023-03-04]. Dostupné z: <https://hlavni-vypinace.heureka.cz/>
- [19] *Velkoobchod KNX - inteligentní bydlení. - KNXstore* [online]. [cit. 2023-03-04]. Dostupné z: <https://www.knxstore.cz/>
- [20] *Shopelektro.cz - e-shop s elektroinstalačním materiálem* [online]. [cit. 2023-03-04]. Dostupné z: <https://www.shopelektro.cz/>
- [21] HAYES, Adam. Smart Home: Definition, How They Work, Pros and Cons. In: *Investopedia* [online]. 2022 [cit. 2023-03-05]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/s/smart-home.asp>
- [22] DAS, Tamal. What Is Smart Home Technology? A Guide for Absolute Beginners. In: *MUO - Technology, Simplified*. [online]. [cit. 2023-03-05]. Dostupné z: <https://www.makeuseof.com/what-is-smart-home-technology/>
- [23] *Home Assistant* [online]. [cit. 2023-03-05]. Dostupné z: <https://www.home-assistant.io/>
- [24] Z-Wave frequencies by country and region. Atrim [online]. [cit. 2023-03-05]. Dostupné z: <https://atrim.co/zwave/z-wave-frequencies-countries.html>
- [25] Learn. In: Z-Wave [online]. [cit. 2023-03-05]. Dostupné z: <https://www.z-wave.com/learn>
- [26] SHEA, Sharon. What is Z-Wave? | Definition from TechTarget. In: *TechTarget* [online]. [cit. 2023-03-05]. Dostupné z: <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/Z-Wave>
- [27] UG103.2: Zigbee Fundamentals. In: *Silicon Labs* [online]. [cit. 2023-03-06]. Dostupné z: <https://www.silabs.com/documents/public/user-guides/ug103-02-fundamentals-zigbee.pdf>
- [28] LA, Quang Duy, Duong NGUYEN-NAM, Mao V. NGO, Hieu T. HOANG a Tony Q.S. QUEK. Dense Deployment of BLE-Based Body Area Networks: A Coexistence Study. *IEEE Transactions on Green Communications and Networking* [online]. 2018, 2(4), 972-981 [cit. 2023-03-06]. ISSN 2473-2400. Dostupné z: doi:10.1109/TGCN.2018.2859350
- [29] Thread Benefits. In: *Thread Group* [online]. [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: <https://www.threadgroup.org/What-is-Thread/Thread-Benefits>
- [30] LAMKIN, Paul. Thread smart home explained: Everything you need to know about the wireless protocol. In: *The Ambient* [online]. 2023 [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: <https://www.the-ambient.com/guides/what-is-thread-smart-home-2410>
- [31] Frequency bands for ten most popular IoT protocols. In: *Haltian* [online]. 2019 [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: <https://haltian.com/resource/frequency-bands-for-ten-most-popular-iot-protocols/>
- [32] JACOBSON, Julie. Is Bluetooth Mesh About to Be the Next Big Home Automation Standard?. In: *Security Sales & Integration* [online]. 2019 [cit. 2023-03-06]. Dostupné z: <https://www.securitysales.com/opinion/bluetooth-mesh-home-automation-standard/>
- [33] Bluetooth Mesh Networking: An Introduction for Developers. In: *Bluetooth® Technology Website - The official website for the Bluetooth wireless technology* [online]. 2020 [cit. 2023-03-06]. Dostupné z: <https://www.bluetooth.com/wp-content/uploads/2019/03/Mesh-Technology-Overview.pdf>

- [34] KUZLU, M., M. PIPATTANASOMPORN a S. RAHMAN. Review of communication technologies for smart homes/building applications. *2015 IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT ASIA)* [online]. IEEE, 2015, 2015, 1-6 [cit. 2023-03-07]. ISBN 978-1-5090-1238-1. Dostupné z: doi:10.1109/ISGT-Asia.2015.7437036
- [35] Internet of Things. In: *Wi-Fi Alliance* [online]. [cit. 2023-03-07]. Dostupné z: <https://www.wi-fi.org/discover-wi-fi/internet-of-things>
- [36] UNUTH, Nadeem. The Fundamentals of an Ethernet LAN, Explained. In: *Lifewire: Tech News, Reviews, Help & How-Tos* [online]. 2021 [cit. 2023-03-08]. Dostupné z: <https://www.lifewire.com/what-is-ethernet-3426740>
- [37] Review: Apple HomePod. In: *Peak Geek* [online]. 2018 [cit. 2023-03-13]. Dostupné z: <http://peakgeek.com/2018/02/review-apple-homepod/>
- [38] CARLSEN, John. Ultimate Guide to Apple HomeKit. In: *SafeWise* [online]. 2023 [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: <https://www.safewise.com/apple-homekit-guide/>
- [39] JEWISS, Connor. What Is Apple HomeKit?. In: *MUO - Technology Simplified* [online]. 2022 [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://www.makeuseof.com/what-is-apple-homekit/>
- [40] Úvod do aplikace Domácnost na iPhone. In: *Apple* [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://support.apple.com/cs-cz/guide/iphone/iph22d98bbca/ios>
- [41] DUBE, Ryan. What is the Samsung SmartThings App?: How to control all your smart home devices from one app. In: *Lifewire* [online]. 2021 [cit. 2023-03-19]. Dostupné z: <https://www.lifewire.com/what-is-the-samsung-smarthings-app-5104981>
- [42] ARCHAMBAULT, Michael. What Is the Samsung SmartThings Hub?: The system formerly known as Samsung Connect Home. In: *Lifewire* [online]. 2020 [cit. 2023-03-19]. Dostupné z: <https://www.lifewire.com/what-is-samsung-smarthings-hub-4174637>
- [43] FINGAS, Roger. Samsung SmartThings: Your guide to Samsung's smart home platform. In: *Android Authority* [online]. 2023 [cit. 2023-03-19]. Dostupné z: <https://www.androidauthority.com/samsung-smarthings-guide-3049705/>
- [44] Available SmartThings hubs and their differences. In: *Samsung CA* [online]. 2021 [cit. 2023-03-19]. Dostupné z: <https://www.samsung.com/ca/support/mobile-devices/smarthings-available-hubs-and-their-differences/>
- [45] Voice Services in SmartThings. In: *SmartThings Support* [online]. 2021 [cit. 2023-03-19]. Dostupné z: <https://support.smarthings.com/hc/en-us/articles/360052409891-Voice-Services-in-SmartThings>
- [46] LAUKKONEN, Jeremy. What Is Google Home and How Does It Work?. In: *Lifewire* [online]. 2021 [cit. 2023-03-24]. Dostupné z: <https://www.lifewire.com/what-is-google-home-and-how-does-it-work-4801919>
- [47] MCLAUGHLIN, Molly. Google Assistant: What It Is and How to Use It. In: *Lifewire* [online]. 2021 [cit. 2023-03-24]. Dostupné z: <https://www.lifewire.com/what-is-google-assistant-4120911>
- [48] IQBAL, Hamza. How to Fully Automate your Home using Google Assistant?. In: *Appuals* [online]. 2021 [cit. 2023-03-24]. Dostupné z: <https://appuals.com/automate-home-google-assistant/>
- [49] Google Home. In: *Google Play* [online]. [cit. 2023-03-24]. Dostupné z: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.apps.chromecast.app>
- [50] Smart speaker ownership by brand in the U.S. in 2022. In: *Statista* [online]. 2022 [cit. 2023-03-26]. Dostupné z: <https://www.statista.com/forecasts/997149/smart-speaker-ownership-by-brand-in-the-us>

- [51] CRIST, Ry a Kaelan DOOLAN. How to get started with an Alexa smart home. In: *CNET* [online]. 2017 [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: <https://www.cnet.com/home/smart-home/how-to-get-started-with-an-alexa-smart-home/>
- [52] BIZZACO, Michael, Erika RAWES a Kim WETZEL. What is Amazon Alexa, and what can it do?. In: *Digital Trends* [online]. 2022 [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: <https://www.digitaltrends.com/home/what-is-amazons-alexa-and-what-can-it-do/>
- [53] DOVE, Jackie, Steven WINKELMAN a Paula BEATON. How to use Amazon's Alexa app on your smartphone. In: *Digital Trends* [online]. 2023 [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: <https://www.digitaltrends.com/mobile/how-to-use-alexa-on-your-android-phone/>
- [54] Amazon Alexa. In: *Google Play* [online]. [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.amazon.dee.app&hl=en>
- [55] Demo. In: *Home Assistant* [online]. [cit. 2023-03-30]. Dostupné z: <https://demo.home-assistant.io/#/lovelace/0>
- [56] COLMAN, Liam Alexander. What is Home Assistant in 2022?. In: *Home Assistant Guide* [online]. 2022 [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: <https://home-assistant-guide.com/guide/what-is-home-assistant-and-what-can-it-do/>
- [57] SINGH, Ravi. How to Get Started With Home Assistant: Everything You Need to Know. In: *MUO - Technology, Simplified* [online]. 2022 [cit. 2023-03-31]. Dostupné z: <https://www.makeuseof.com/get-started-with-home-assistant/>
- [58] SCHOUTSEN, Paulus. 2023: Home Assistant's year of Voice. In: *Home Assistant* [online]. 2022 [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: <https://www.home-assistant.io/blog/2022/12/20/year-of-voice/>
- [59] Rhasspy Voice Assistant. In: *Rhasspy* [online]. [cit. 2023-03-30]. Dostupné z: <https://rhasspy.readthedocs.io/en/latest/>
- [60] Understanding Automations. In: *Home Assistant* [online]. [cit. 2023-03-31]. Dostupné z: <https://www.home-assistant.io/docs/automation/basics/>
- [61] Raspberry Pi: Install Home Assistant Operating System. In: *Home Assistant* [online]. [cit. 2023-04-05]. Dostupné z: <https://www.home-assistant.io/installation/raspberrypi>
- [62] A60 – chytrá žárovka s patičí E27 – 1100. In: *Chytré osvětlení | Philips Hue CZ* [online]. [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://www.philips-hue.com/cs-cz/p/hue-white-a60-%E2%80%93-chytra-zarovka-s-patici-e27-%E2%80%93-1100/8719514288232>
- [63] TESLA Smart Switch Dual ZigBee. In: *Chytrá domácnost TESLA* [online]. [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://www.teslasmart.com/cz/tesla-smart-switch-dual-zigbee>
- [64] Arduino Nano. In: *Arduino Official Store* [online]. [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://store.arduino.cc/products/arduino-nano>
- [65] Chris. Arduino Programming: A Guide to Language and Libraries. In: *Chip Wired* [online]. [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://chipwired.com/arduino-programming-language-guide/>
- [66] MALÝ, Martin. Protokol MQTT: komunikační standard pro IoT. In: *Root.cz - informace nejen ze světa Linuxu* [online]. 2016 [cit. 2023-03-06]. Dostupné z: <https://www.root.cz/clanky/protokol-mqtt-komunikacni-standard-pro-iot/>
- [67] MQTT Version 5.0. In: *OASIS Standard* [online]. 2019 [cit. 2023-03-06]. Dostupné z: <https://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v5.0/mqtt-v5.0.html>
- [68] SRD Series: SUBMINATURE HIGH POWER RELAY [online]. In: *LaskaKit.cz*. [cit. 2023-04-27]. Dostupné z: [https://www.laskakit.cz/user/related\\_files/songle\\_relay\\_srd.pdf](https://www.laskakit.cz/user/related_files/songle_relay_srd.pdf)

- [69] CHYRZYŃSKI, Dawid. ArduinoHA. In: *GitHub* [online]. [cit. 2023-04-28]. Dostupné z: <https://github.com/dawidchyrzynski/arduino-home-assistant>
- [70] AMS1117: Monolithic 1A Low Dropout Voltage Regulator. In: *Advanced Monolithic Systems* [online]. [cit. 2023-04-29]. Dostupné z: <http://www.advanced-monolithic.com/pdf/ds1117.pdf>
- [71] ATmega328P: Datasheet. In: *Microchip Technology* [online]. [cit. 2023-04-29]. Dostupné z: [https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P\\_Datasheet.pdf](https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf)
- [72] ZT2S Module Datasheet. In: *Tuya* [online]. [cit. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://developer.tuya.com/en/docs/iot/zt2s-module-datasheet?id=Kas9gdtath9p0>
- [73] Einbau- und Gebrauchsanleitung Rohrmotoren. In: *Conrad Electronic* [online]. [cit. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://asset.conrad.com/media10/add/160267/c1/-/de/002114972ML01/manual-2114972-kaiser-nienhaus-110030-trubkovy-motor-60-mm-30-nm.pdf>
- [74] Cover switches reversed since 0.39.0/0.39.2 (Fibaro FGR-222)?. In: *Home Assistant Community* [online]. [cit. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://community.home-assistant.io/t/cover-switches-reversed-since-0-39-0-0-39-2-fibaro-fgr-222/12715/27>
- [75] ConBee II Installation. In: *Phoscon* [online]. [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://www.phoscon.de/en/conbee2/install#windows10>
- [76] EVOLVEO Heat M30v2, chytrá termostatická hlavice na radiátor. In: *EVOLVEO* [online]. [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://eshop.evolveo.cz/evolveo-heat-m30v2--chytra-termostaticka-hlavice-na-radiator/>
- [77] Digital-output relative humidity & temperature sensor/module DHT22. In: *Sparkfun* [online]. [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf>



# SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK

## Zkratky

|     |                                    |
|-----|------------------------------------|
| IoT | Internet věcí (Internet of Things) |
| OS  | Operační systém                    |
| TZB | technické zařízení budov           |

## Seznam obrázků

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Obr. 2.1: Logo organizace KNX [2] .....                                                  | 17 |
| Obr. 2.2: Připojení zařízení na sběrnici KNX [1] .....                                   | 18 |
| Obr. 2.3: Topologie sítě s 11 535 zařízeními [1] .....                                   | 19 |
| Obr. 2.4: Software ETS 6.....                                                            | 20 |
| Obr. 2.5: Modulární tlačítkový spínač [3] .....                                          | 21 |
| Obr. 2.6: Kompaktní tlačítkový spínač Schneider Electric New Unica [4].....              | 21 |
| Obr. 2.7: Příklad instalace systému Free@home [6] (popisky přeloženy z angličtiny) .     | 22 |
| Obr. 2.8: Porovnání centralizované a decentralizované instalace; upraveno podle [8]..    | 23 |
| Obr. 2.9: Příklad konfigurace instalace Free@Home [6] .....                              | 24 |
| Obr. 2.10: Příklad instalace DALI-2; upraveno podle [12] .....                           | 25 |
| Obr. 2.11: Srovnání změny v klasické elektroinstalaci a sběrníkové elektroinstalaci .... | 26 |
| Obr. 2.12: Srovnání funkčního propojení v klasické a sběrníkové instalaci [1] .....      | 27 |
| Obr. 3.1: Chytrý reproduktor Apple HomePod [37].....                                     | 29 |
| Obr. 3.2: Příklad snímku obrazovky z aplikace Domácnost [40].....                        | 30 |
| Obr. 3.3: Příklad snímku obrazovky z aplikace SmartThings [46] .....                     | 31 |
| Obr. 3.4: Příklad snímku obrazovky z aplikace Google Home; upraveno podle [49]....       | 32 |
| Obr. 3.5: Příklad snímku obrazovky z aplikace Amazon Alexa; upraveno podle [54] ..       | 33 |
| Obr. 3.6: Příklad konfigurace ovládacího panelu Home Assistant [55] .....                | 34 |
| Obr. 4.1: Vzorový půdorys řešeného domu .....                                            | 35 |
| Obr. 4.2: Raspberry Pi 4 s připojenou ZigBee-USB bránou ConBee II.....                   | 37 |
| Obr. 4.3: Dialogové okno nově detekovaného zařízení ConBee II .....                      | 37 |
| Obr. 4.4: Chytrá žárovka Philips Hue White 1100 [62] .....                               | 38 |
| Obr. 4.5: Chytrý vypínač TESLA Smart Switch Dual ZigBee [63] .....                       | 38 |
| Obr. 4.6: Schéma zapojení vypínače Tesla Smart Switch Dual ZigBee.....                   | 39 |
| Obr. 4.7: Zapojení chytrého vypínače Tesla a chytrých zářivek Philips Hue .....          | 40 |
| Obr. 4.8: Arduino Nano .....                                                             | 40 |
| Obr. 4.9: Ethernet modul W5500.....                                                      | 41 |
| Obr. 4.10: Čtyřkanálový reléový modul .....                                              | 41 |
| Obr. 4.11: Elektrické schéma vlastního řešení chytrého vypínače .....                    | 42 |
| Obr. 4.12: Sestavené zařízení chytrého vypínače vlastní konstrukce.....                  | 45 |
| Obr. 4.13: Ovládání zařízení z prostředí Home Assistant .....                            | 46 |

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Obr. 4.14: Způsob měření odezvy zařízení .....                                   | 46 |
| Obr. 4.15: Chytrý modul ovládání rolet Nous L12Z.....                            | 48 |
| Obr. 4.16: Schéma připojení motoru rolet; upraveno podle [73] .....              | 48 |
| Obr. 4.17: Zapojení modulu ovládání rolet pro testování .....                    | 49 |
| Obr. 4.18: Nabídka dostupných clusterů zařízení v aplikaci deCONZ .....          | 51 |
| Obr. 4.19: Změna atributu 0xF003 v programu deCONZ.....                          | 51 |
| Obr. 4.20: Modul ovládání rolet v testovacím zapojení.....                       | 52 |
| Obr. 4.21: Chytrá radiátorová hlavice Evolveo Heat M30 [76].....                 | 52 |
| Obr. 4.22: Vytvoření rozvrhu vytápění .....                                      | 53 |
| Obr. 4.23: Vytvořená automatizace pro nastavení topení do režimu "komfort" ..... | 54 |
| Obr. 4.24: Síťová kamera Hamrolte HKBQ15L-I10 .....                              | 55 |
| Obr. 4.25: Schéma zapojení MQTT teploměru.....                                   | 56 |
| Obr. 4.26: Sestavené zařízení pro měření teploty. ....                           | 58 |
| Obr. 4.27: Přechod do režimu úprav ovládacího panelu .....                       | 58 |
| Obr. 4.28: Doplněk Samba share pro přenos souborů.....                           | 59 |
| Obr. 4.29: Přístup k souborům systému Home Assistant z Průzkumníku souborů ..... | 59 |
| Obr. 4.30: Hotová karta půdorysu domácnosti .....                                | 60 |
| Obr. 4.31: Vytvořený ovládací panel systému Home Assistant.....                  | 62 |

## Seznam tabulek

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tab. 4.1: Zjištěné hodnoty průměrné odezvy .....                              | 47 |
| Tab. 4.2: Odběr zařízení při různých napájecích napětích .....                | 47 |
| Tab. 4.3: Celkové náklady na materiál systému automatizace domácnosti .....   | 63 |
| Tab. 4.4: Náklady na Raspberry Pi 4 a příslušenství .....                     | 63 |
| Tab. 4.5: Náklady na materiál pro sestavení vlastního chytrého vypínače ..... | 63 |
| Tab. 4.6: Náklady na materiál pro chytrý teploměr .....                       | 64 |

## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1 – arduino\_light.ino

Příloha 2 – configuration.yaml

Příloha 3 – arduino\_thermometer.ino