

UNIVERZITA PARDUBICE

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2016

Josef Jetmar

Univerzita Pardubice

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Aplikační řešení pro inteligentní domácnost

Josef Jetmar

Bakalářská práce

2016

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Akademický rok: 2015/2016

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

Jméno a příjmení: **Josef Jetmar**
Osobní číslo: **I13140**
Studijní program: **B2646 Informační technologie**
Studijní obor: **Informační technologie**
Název tématu: **Aplikační řešení pro inteligentní domácnost**
Zadávající katedra: **Katedra informačních technologií**

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

Bakalářská práce bude zaměřena na technologie inteligentní domácnosti. Stěžejní částí práce bude syntéza mikropočítače Raspberry, čidel a senzorů, ovládacích zařízení a softwarových součástí pro tvorbu centrálního prvku a pro tvorbu uživatelského rozhraní.

Ve své práci student definuje základní pojmy užívané v souvislosti s inteligentní domácností, zmapuje existující standardy a vytvoří rámcový přehled existujících řešení. Součástí práce by měl být také finanční pohled na existující komerční řešení a to formou, například, kalkulace ceny pro typovou domácnost.

Očekávaným praktickým výstupem bude centrální aplikace pro řízení inteligentní domácnosti, která poběží na mikropočítači a klientské rozhraní, které bude mít formu webové aplikace. Funkčnost celého řešení bude demonstrováno prostřednictvím prototypu, který bude obsahovat systém čidel a ovládacích zařízení pro regulaci a bude řízen softwarovým řešením, které navrhne student. Demonstrační řešení může obsahovat určitou abstrakci od skutečného řešení (např. nasazení Peltierových článků, hraničních snímačů atp.).

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: **35 - 45 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

* UPTON, Eben a Gareth HALFACREE. Raspberry Pi: uživatelská příručka. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2013, 232 s. ISBN 978-80-251-4116-8.

* NORRIS, Donald. Raspberry Pi: projekty. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2015, 264 s. ISBN 978-80-251-4346-9.

* GIRLING, Gary. Raspberry Pi: a practical guide to the revolutionary small computer. Sparkford: Haynes Publishing, 2013, 169 s. ISBN 978-0-85733-295-0.

* GIULIO ZAMBON. Beginning JSP, JSF and Tomcat: Java web development. 2nd edition. s.l.: Springer, 2012. ISBN 9781430246237.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Josef Brožek

Katedra softwarových technologií

Datum zadání bakalářské práce: **31. října 2015**

Termín odevzdání bakalářské práce: **13. května 2016**



prof. Ing. Simeon Karamazov, Dr.
děkan



L.S.



Mgr. Josef Horálek, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 31. března 2016

Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 13. 05. 2016

podpis autora

Josef Jetmar

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji Ing. Josefu Brožkovi za pomoc při vedení bakalářské práce.

Dále děkuji Petru Potočkovi ze společnosti Loxone s. r. o. za poskytnutí informací ohledně současných trendů a cenových relací komerčních produktů na poli řešení pro inteligentní domácnosti.

ANOTACE

Bakalářská práce se zabývá popisem a definicí pojmů soudobých technologií používaných v souvislosti s termínem Inteligentní domácnost. Praktická část je věnována tvorbě serverové aplikace, kterou bude možné spravovat skrze webové rozhraní. Součástí výsledné práce je fyzický demonstrační model typové domácnosti, na kterém bude možné předvést možnosti vytvořené aplikace. Pro potřeby řízení fyzického modelu je použit jednodeskový počítač Raspberry Pi 2 Model B, který obstarává správu a řízení připojených modulů.

Důraz je kladen na nízkou pořizovací cenu, jednoduchou uživatelskou obsluhu, použití (na trhu běžně) dostupných součástí a vývoj s možností dalšího budoucího rozšíření.

KLÍČOVÁ SLOVA

inteligentní domácnost, Raspberry Pi, aplikace, automatizace

TITLE

Application solution for Smart home

ANNOTATION

This thesis deals with the description and definition of contemporary technologies associated with term “Smart home”. The practical part focuses on the development of a server application which can be controlled via a web-based user interface. Another aim of the work is to create a physical demonstration model of type solution for households, which can be operated through the application. Single-board computer Raspberry Pi 2 Model B is used for controlling the model solution. It also procures management of connected modules.

The emphasis is on low acquisition cost, simple manageability for the user, using (commercially) available components and development with potential for further expansion in the future.

KEYWORDS

Smart home, Raspberry Pi, application, automatization

OBSAH

1	Úvod	12
2	Základní pojmy	13
2.1	Chytré zařízení	13
2.2	Inteligentní domácnost	13
2.3	Automatizace domácnosti	14
2.4	Centrální řídicí jednotka	14
2.5	Internet of Things	15
2.6	Demonstrační model	15
2.7	Modul	15
2.8	Responzivní webový design	16
3	Problematika inteligentních domácností	17
3.1	Požadavky uživatelů na inteligentní domácnost	17
3.1.1	Komfort	17
3.1.2	Úspora energií při tepelném vytápění	18
3.1.3	Úspora energií při osvětlování	19
3.1.4	Bezpečnost	20
3.2	Komunikační protokoly využívané v chytrých domácnostech	21
3.2.1	X10	21
3.2.2	UPB	22
3.2.3	Z-wave	22
3.2.4	Přímé napojení na řídicí jednotku	23
4	Přehled použitých technologií	24
4.1	Raspberry Pi	24
4.1.1	Rozhraní GPIO	24
4.1.2	PWM	25
4.1.3	Sběrnice I ² C	25
4.2	Moduly řídicího systému	26
4.2.1	Spínání vyšších napětí	26
4.2.2	Rozšíření rozhraní GPIO	27
4.2.3	Teplotní senzor	27
4.2.4	Pohybový senzor	28
4.2.5	Zvukový senzor	28

4.2.6	Převodník napěťových úrovní.....	29
4.2.7	D/A převodník	30
4.3	Programové vybavení	30
4.3.1	Java SE Embedded 8.....	30
4.3.2	Knihovna Pi4J	31
4.3.3	Knihovna Chunk Templates	31
4.3.4	Knihovna GSON	32
4.3.5	Bootstrap	32
5	Vlastní práce	33
5.1	Schéma výsledného řešení.....	33
5.2	Serverová část aplikace.....	34
5.2.1	Struktura aplikace	34
5.2.2	Využití návrhového vzoru MVC	35
5.2.3	Rozšiřitelnost o další moduly	35
5.3	Uživatelské webové rozhraní.....	35
5.4	Demonstrační model.....	36
6	Diskuse	37
6.1	Parametry typové domácnosti.....	37
6.2	Cenové porovnání.....	37
6.3	Porovnání funkčnosti	38
7	Závěr	39
8	Použitá literatura.....	40
9	Přílohy.....	42

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

Obrázek 1 – Blokové znázornění zapojení a označení vývodů obvodu MCP23017	27
Obrázek 2 – Blokové schéma zapojení pohybového senzoru.	28
Obrázek 3 – Blokové schéma zapojení zvukového senzoru.	28
Obrázek 4 – Značení vývodů použitého převodníku napěťových úrovní.	29
Obrázek 5 – Popis vývodů použitého D/A převodníku.	30
Obrázek 6 – Schéma finálního řešení modelu inteligentní domácnosti	33
Obrázek 7 – Rozmístění modulů v rámci demonstračního modelu (pohled zepředu).....	36
Obrázek 8 – Rozmístění modulů v rámci demonstračního modelu (pohled zezadu)	36
Tabulka 1 – Cenové srovnání modelového a komerčního řešení	38

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

CSS	Cascading Style Sheets
DPI	Dots per inch
GPIO	General Purpose Input and Output
HTML	HyperText Markup Language
I ² C	Inter-Integrated Circuit
IoT	Internet of Things
JSON	JavaScript Object Notation
LED	Light-Emitting Diode
MPC	Model-based Predictive Control
PIR	Passive infrared
PLC	Programmable Logic Controller
PWM	Pulse Width Modulation
SBC	Single-board computer
TTL	Transistor-transistor-logic
UPB	Universal Powerline Bus

1 ÚVOD

Vzrůstající technický pokrok a neustálá snaha automatizovat velké množství často opakovaných činností májí za následek, že se stále dostupnější moderní technologie staly běžnou součástí denní potřeby dnešní rozvinuté společnosti. Není tedy divu, že tento trend dorazil i do prostředí lidských obydlí. Dnešní domácnosti jsou vybaveny množstvím elektronických zařízení, které svým uživatelům šetří čas a navyšují úroveň jejich životního komfortu. Obsluha takových zařízení je často podmíněna přímou účastí uživatele, neboť běžné spotřebiče vždy neobsahují možnost síťové komunikace nebo nejsou schopny reagovat na události odehrávající se v jejich okolí.

Snahou inteligentních domácností je v tomto ohledu nabídnout uživateli moderní prostředky pro obsluhu zařízení uvnitř i vně domovního objektu. Často je k tomuto účelu navrženo jednotné rozhraní, jehož ovládání je dostupné prostřednictvím klientské aplikace. Řízení domácnosti tak může probíhat i bez fyzické přítomnosti uživatele, buď vzdáleně, nebo automaticky na základě navoleného programu.

Úvodní část této práce obsahuje seznámení s pojmem inteligentní domácnost, popis dělení jednotlivých kapitol a stanovení hlavních cílů. V druhé kapitole jsou stanoveny základní pojmy a názvosloví vyžívané v rámci této práce. V pořadí třetí kapitola je věnovaná požadavkům na inteligentní domácnosti. Slouží k utvoření představy o možnostech využití chytrých domácností. V řadě podkapitol je na příkladech uveden možný způsob realizace dané problematiky. Je zde obsažen i seznam nejvýznamnějších soudobých komunikačních protokolů určených primárně pro segment chytrých domácností.

Čtvrtá kapitola popisuje technologie, které jsou použity v rámci zpracování navrženého systému nebo jsou tematicky provázané s danou problematikou. Pátá kapitola se věnuje jednotlivým částem aplikace a popisuje způsoby jakými je přistupováno k jejich realizaci. Šestá část akademické práce je věnována vytvoření požadavků na typovou domácnost, na kterých bude provedeno porovnání modelového řešení s nabídkou společnosti zabývající se inteligentní automatizací domácností. Závěr práce je věnován zhodnocení navrženého řešení a následnému doporučení zájemcům o technologie inteligentních domácností.

Cílem této práce je upozornit na možnosti inteligentních domácností a nabídnout modelové řešení, které se skládá z cenově dostupných prvků. Výsledek je následně z cenového a funkčního hlediska porovnán s nabízeným komerčním řešením. Dále jsou zmíněny nevýhody modelového řešení oproti produktům z obchodní sféry.

2 ZÁKLADNÍ POJMY

S problematikou inteligentních domácností souvisí řada termínů, které mohou připomínat názvosloví z jiných oborů a disciplín. Nabízí se tedy možnost, že výklad takových pojmů může být pro neobeznámeného čtenáře buď nejasný anebo příliš mnohoznačný. Pro potřeby této akademické práce je tedy stanoven popis a definice některých základních termínů.

V rámci následujícího seznamu pojmů jsou vysvětleny i některé termíny, které s inteligentními domácnostmi přímo nesouvisí, přesto ale jsou využity při popisování řešení této práce.

2.1 Chytré zařízení

Pod pojmem chytré zařízení rozumíme elektronické zařízení, které je schopné komunikovat se svým okolím prostřednictvím některého ze síťových protokolů. Takové zařízení bývá vybaveno pokročilým operačním systémem a může poskytovat nástroje pro tvorbu dalšího softwaru. Právě díky zvyšujícímu se množství vestavěných funkcí, nabízených aplikací a možnosti síťové komunikace jsou chytrá zařízení v poslední době tak často zmiňovaným pojmem, hlavně ve spojení s Internetem věcí.

Produkty, jejichž původní charakteristika funkčnosti nesplňovala parametry chytrých zařízení, ale byli jim tyto vlastnosti vlivem technologického pokroku doplněny, se označují termínem „Smart“. Lze se tak setkat například s chytrými telefony (smartphone), chytrými hodinkami (smartwatch) nebo chytrými televizory (smart TV).

2.2 Inteligentní domácnost

Termín inteligentní (někdy také chytrá nebo digitální) domácnost se začal do povědomí veřejnosti dostávat v polovině osmdesátých let minulého století, kdy americká asociace National Association of Home Builders (NAHB) vytvořila skupinu, jejíž cílem bylo prosazovat chytré technologie při návrhu nových staveb. Prvotní pokusy se ale neujaly. Hlavním důvodem neúspěchu byly tehdy nadstandartní požadavky na vytvoření síťové konektivity, vysoká pořizovací cena a snaha prosazovat technologický pokrok, který se rozcházel s potřebami pro tehdejší obyvatele domácností. (1, str. 21)

Dnes již tyto nedostatky nepředstavují takový problém. Díky vzrůstajícímu počtu domácností připojených k internetu se základní síťové vybavení (router a kabeláž) stalo běžnou součástí dnešních domovů. Situaci také napomáhají výrobci chytrých zařízení tím, že nabízejí své produkty i v nižších cenových hladinách, čímž zvyšují povědomí o moderních technologiích, dělají je dostupnější a jejich ovládání se tak nestává pro běžného uživatele náročnou výzvou.

Za inteligentní domácnost můžeme označit obydlí obsahující zařízení běžné domácí potřeby (osvětlení, topení, žaluzie a další), jejichž činnost je ovládaná buď automaticky na základě programu (např. topení je vypnuto dosáhne-li okolní teplota určité hodnoty) nebo vzdáleně za účasti uživatele (např. uživatel prostřednictvím aplikace na svém telefonu udá pokyn k zhasnutí osvětlení). V případě že domácnost obsahuje více chytrých spotřebičů, je vhodné realizovat jejich zapojení pomocí centrální řídicí jednotky. Toto řešení může zpřístupnit ovládání připojených zařízení pomocí jednotného prostředí (například webové rozhraní nebo mobilní aplikace).

2.3 Automatizace domácnosti

Snahou automatizace je minimalizovat potřebu výskytu lidského faktoru v rámci výkonu daného procesu. V prostředí domácnosti, lze mluvit o zvýšení komfortu během provádění častých úkonů, jako například regulace osvětlení nebo nastavení termostatu. (2, str. 4)

Důvodů pro automatizaci domácnosti existuje celá řada. Počínaje snahou o dosažení určitého uživatelského komfortu až po lepší samostatnost tělesně postižených osob, kterým jejich handicap znesnadňuje/neumožňuje provádět některé činnosti.

2.4 Centrální řídicí jednotka

Centrální řídicí jednotka je zařízení tvořící hlavní komunikační a výpočetní uzel pro řízení chodu spotřebičů uvnitř automatizovaného systému. Obsahuje programové vybavení schopné řídit jednotlivá zařízení, případně mezi nimi zprostředkovává vzájemnou interakci.

Průmyslový standard v této kategorii tvoří programovatelné logické automaty (PLC). Jedná se o počítače určené především pro měření, regulaci a řízení různých procesů. Typicky umožňují řídit spotřebiče pomocí programů vytvořených pouze v určitém vývojovém prostředí nebo jazyce, které jsou definovány výrobcem. (3)

Dalším typem produktu, které lze využít pro potřeby řízení inteligentní domácnosti jsou jednodeskové počítače (SBC). Ty v případě menších projektů nabízejí lepší poměr mezi cenou a možnostmi jejich využití. U některých jednodeskových počítačů (např. Raspberry Pi) udává výrobce seznam doporučeného softwarového vybavení¹. Nespecifikuje však konkrétní požadavky na operační systém ani vývojové prostředí či programovací jazyky, ve kterých by měli být psány uživatelské programy. Díky nezávislosti na konkrétních softwarových prostředích je tak tvorba programů přístupná daleko širší skupině vývojářů. (3)

¹ Oficiálně doporučené operační systémy pro počítač Raspberry Pi <https://www.raspberrypi.org/downloads/>

2.5 Internet of Things

Dnešní internet svou rozsáhlostí pokrývá přes dvě miliardy připojených uživatelů. Potřeba síťové komunikace se začíná čím dál více prosazovat i v oblasti předmětů běžné denní potřeby. Internet of Things (IoT) je pojem, který vznikl jako reakce tento vzrůstající trend. Označuje koncept internetu jakožto síťové infrastrukturu propojující chytrá zařízení a objekty schopné sběru a vzájemné výměny dat. (4, str. 1497)

K této myšlence směřuje i současný trend vývoje a prosazování síťových technologií. Nová verze nastupujícího internetového protokolu IPv6 umožňuje mimo jiné přímo adresovat nepředstavitelné množství (až 2^{218}) zařízení bez nutnosti překladu adres. Celé situaci také napomáhají mobilní operátoři, kteří se snaží nabízet svým zákazníkům lepší širokopásmové pokrytí a možnost přístupu k vysokorychlostnímu internetu pomocí moderních mobilních síťových technologií.

2.6 Demonstrační model

Demonstrační model se skládá z aplikace, centrální řídicí jednotky, fyzického zmenšené modelu domácnosti a souboru elektronických obvodů a zařízení. Slouží pro znázornění možností a funkčnosti navrženého systému. Realizace modelu je přizpůsobena takovým způsobem, aby celková konstrukce výsledného řešení byla bez problémů přenositelná a také dobře prezentovatelná.

Z důvodu lepší manipulace a nižší energetické náročnosti nejsou některé části modelu (například osvětlení a vytápění) zastoupeny skutečně využitelnými spotřebiči. Místo toho jsou použity součástky a obvody spadající do oblasti slaboproudé elektrotechniky. Přesto jsou některé tyto části navrženy tak, aby byly využitelné i v prostředí skutečné domácnosti.

2.7 Modul

Pojem modul v této práci označuje zařízení nebo elektronický obvod sloužící pro rozšíření možností a schopností řídicího systému. Řídicí jednotka, ke které je modul připojen, musí být schopna na základě softwarového ovladače takový modul adresovat a řídit.

Připojení modulu může být realizováno přímo pomocí výstupů řídicí jednotky nebo skrze podporovanou sběrnici za využití nějakého komunikačního protokolu. Modernějším způsobem připojení modulů je za využití bezdrátových technologií. Takový způsob je preferovaný u již postavených obydlí, které procházejí renovací neboť vyžaduje minimální počet zásahů do stavební konstrukce modernizovaného objektu.

2.8 Responzivní webový design

V důsledku rozšiřujícího se množství webových aplikací a služeb je v poslední době kladen důraz na přístupnost webového obsahu co možná nejširší skupině uživatelů. To znamená, že při návrhu webové prezentace je potřeba vzít v potaz možnosti a omezení jednotlivých zařízení, které návštěvníci využívají pro procházení webových stránek. Každé takové zařízení je charakteristické svým způsobem ovládání a možnostmi zobrazování obsahu.

Cílem responzivního návrhu je zavést takový způsob zobrazování webových prezentací, ve kterém by se uživatel lehce zorientoval a bylo mu umožněno provádět běžné úkony bez závislosti na tom, jaký typ zařízení právě využívá. Ovládací prvky webu je potřeba přizpůsobit, tak aby odpovídaly zvyklostem a možnostem daného zařízení.

Responzivní způsob návrhu webů nachází uplatnění hlavně na webových projektech, které je potřeba optimalizovat pro co možná největší počet přistupujících zařízení s různým rozlišením a jemností zobrazení (hodnotou DPI) displeje. Problém se může vyskytnout i v rámci jednoho zařízení, kdy některé produkty sice nemají možnosti přímo měnit rozlišení obrazu, ale obvykle umožňují uživateli zvolit, zda má být zobrazovaný obsah orientován na výšku nebo šířku displeje.

3 PROBLEMATIKA INTELIGENTNÍCH DOMÁCNOSTÍ

Existuje spousta názorů a představ o tom, kdy lze domácnost označit za „inteligentní“. Lze se například setkat s názorem, že „inteligentním“ se obydlí stává tehdy, je-li schopné řídit svůj chod i bez účasti uživatele. Taková definice, ale nemusí být zcela přesná. V momentě kdy lze systém označit za samočinný, je přesnější použít termín „automatizovaná domácnost“.

Technologický pokrok v poslední době si mimo jiné klade za úkol být co možná nejvíce šetrný k přírodě a životnímu prostředí. Inteligentní domácnosti také nabízejí způsob úspory energií. Pro obydlí, které je uzpůsobena k úspoře energie na základě přírodních nebo obnovitelných zdrojů, již ovšem také existuje termín – zelené obydlí/domácnost.

Automatizace a efektivní využívání energií, tak tvoří spíše podmnožinu toho, co představují inteligentní domácnosti. Nejčastěji používané anglické označení „smart home“ napovídá, že hlavní roli zde představují chytré technologie a zařízení. Tím je nejčastěji myšlena schopnost využívat moderní síťové technologie, a to jak za účelem řízení domácnosti, tak i zprostředkovávání komunikace mezi jednotlivými zařízeními.

3.1 Požadavky uživatelů na inteligentní domácnost

Řízení spotřebičů uvnitř domácnosti za pomoci moderních technologií, bývá v dnešní době stále považovat za nadbytečný luxus. Pořizovací náklady automatizačních systémů, chytrých spotřebičů a nároky na úpravu již zavedené domácnosti často převyšují cenu, kterou by běžní obyvatelé byli ochotni nabídnout za pouhé „zpříjemnění“ způsobu řízení chodu jejich domácnosti.

Návratnosti prvotní investice lze však z dlouhodobého hlediska dosáhnout díky nižší spotřebě energií, založené na pokročilejší správě zařízení. Možnosti dnešních inteligentních domácností se ale promítají do mnohem širší oblasti využití. Kupříkladu senzory primárně sloužící k interakci řídicího systému s uživatelem, lze v jiném režimu využít jakožto bezpečnostních prvků schopných detekovat nebo předvídat nadcházející nebezpečné situace.

3.1.1 Komfort

Chytrá zařízení tvoří pro uživatele základní ovládací prvek chytré domácnosti. Doba, kdy se většina spotřebičů pyšnila svým vlastním dálkovým ovladačem, pomalu odeznívá a trh začínají zaplňovat chytré spotřebiče s možností síťové komunikace. Centrální řízení domácnosti, pomocí podporovaných chytrých zařízení, často poskytuje jednotné rozhraní pro řízení libovolného počtu chytrých spotřebičů.

Zajímavé možnosti jsou nabízeny i v oblasti multimediální techniky, kdy lze například aktuálně přehrávaný obsah v jenom zařízení přenášet (tzv. „streamovat“) další spotřebiče umožňující tento způsob přenosu. Dále lze synchronizovat kolekce multimédií a centralizovat k nim přístup, tak aby byly dostupné audiovizuálním zařízeníům uvnitř domácnosti.

Schopnost vzdálené správy domácnosti využijí uživatelé například, v zimním období při předčasném návratu z dovolené, kdy chtějí dorazit do již teplem vytopeného obydlí. Uživatelům s tělesným postižením pak využití prostředků chytré domácnosti usnadňuje řadu úkonů, který by jim jinak činili potíže nebo by jich ani nebyli schopni. (5, str. 45)

3.1.2 Úspora energií při tepelném vytápění

Existuje mnoho způsobů, jakými lze pomocí inteligentního řízení domácnosti dosáhnout snížení finančních výdajů spojených se spotřebou elektrické energie. Zřejmě největších úspor lze dosáhnout díky dokonalejší regulaci vytápění. Ta nejčastěji probíhá na základě nastaveného časového harmonogramu, díky kterému například odpadá nutnost manuálního seřizování termostatu nebo zapínání elektrického kotle. Tento způsob regulace má smysl hlavně v případě, že obyvatelé dodržují nějaký pravidelný denní rozvrh. V opačném případě totiž může docházet k nadbytečnému tepelnému vytápění domácnosti a to i v případě absence jejího obyvatelstva.

Dalším způsobem, jakým lze k této problematice přistupovat, je za využití senzorů schopných detekovat lidskou přítomnost. Takovým způsobem lze vytápění zacílit přímo na místnosti, ve kterých se právě nachází nějaká osoba. Tímto se dosahuje vyšší efektivity hlavně v domácnostech s nízkým počtem obyvatel, kde lze předpokládat nižší potřebu současně vytápet více místností najednou. Problém nastává v situaci při přecházení osob mezi pokoji, kdy může chvíli trvat, než teplota dosáhne požadované hodnoty. Je tedy vhodné tento způsob řízení kombinovat se systémem využívající nastaveného časového rozvrhu.

Pokročilejší metodou regulace vytápění, která se začíná v poslední době prosazovat, jsou systémy využívající prediktivního regulátoru MPC. Takové řešení dokáže, na základě rozsáhlejšího množství vstupních dat, daleko přesněji plánovat způsob svého řízení, tak aby odpovídal preferencím uživatele. Do množiny vstupních dat se typicky zahrnují informace jako nastavená míra uživatelského komfortu, data obsahující krátkodobou předpověď počasí nebo aktuální cenu energií, kde lze například zohlednit i dvoutarifní sazbu (různé ceny elektřiny během dne) a docílit tak dalších finančních úspor. (6)

3.1.3 Úspora energií při osvětlování

Množství energie vynaložené na osvětlení domácích prostor závisí především na typu použitého svítidla a efektivitě jeho využívání. V současné době se lze na trhu setkat s několika různými produkty určenými pro osvětlení domácnosti. Volba typu světelného zdroje by se měla odvíjet od účelu osvětlované místnosti.

Nejnižší pořizovací náklady nabízejí klasické žárovky. Ty poskytují dostatečnou míru osvětlení s téměř okamžitou dobou náběhu na plný výkon. Přesto jsou však v poslední době dostupné převážně jen ve variantách s nižšími výkony, neboť oproti jiným řešením jsou energeticky mnohem nákladnější. Při průchodu elektrického proudu wolframovým vláknem dochází k jeho masivnímu ohřevu a vzniku nežádoucích tepelných emisí. Běžné žárovky se tak vyznačují velmi nízkou světelnou účinností (7, str. 16). Využití je vhodné hlavně pro osvětlení méně provozem vytěžovaných místností s potřebou okamžitého a krátkodobého světla (jako je například sklep, spíž nebo WC).

Lepší energetickou účinnost poskytují zářivky. Oproti klasickým žárovkám mají až o 80 % nižší spotřebu a dvakrát delší životnost. Za nevýhodu lze považovat zdravotní rizikovitost a potřebu recyklace z důvodu přítomnosti rtuti. Vyšší je také pořizovací cena a delší doba náběhu na jmenovitou hodnotu intenzity osvětlení. Je-li potřeba regulovat intenzitu svitu zářivek je vhodné tak učinit využitím stmívatelného elektronického předřadníku. (8)

Nejperspektivnější způsob osvětlení představují LED žárovky. Ty jsou tvořeny elektronickým obvodem (odporově kapacitní nebo proudový měnič), a soustavou světlo emitujících diod (LED). To má za následek vysokou pořizovací cenu, ale také velmi nízké provozní náklady, které mohou klesnout až na 10 % v porovnání s běžnými žárovkami. (8)

Úloha inteligentní domácnosti nabízí možnosti řízení spotřeby energie v důsledku regulace svitu použitého osvětlení. Podobně jako v případě vytápění, i zde nese významnou roli poloha a pohyb obyvatelů domácnosti. Pokud řídicí systém detekuje prázdnou místnost, v níž je systémem ovladatelné rozsvícené světlo, může jej zhasnout. Proudí-li do prostoru venkovní sluneční světlo, pak je žádoucí schopnost omezit intenzitu vnitřního osvětlení, tak aby nedocházelo k nadbytečné spotřebě elektrické energie. Obdobně lze využít i nastavení polohy stínících rolet a tím ovlivňovat množství propouštěného venkovního světla. V hustě osídlených oblastech však může obyvatel domácnosti upřednostňovat vyšší míru soukromí, proto by měli být veškeré režimy a řídicí události nastavitelné a uživateli by měla být umožněna jejich plná kontrola.

3.1.4 Bezpečnost

Výsledková zpráva severoamerické společnosti Icontrol Networks z roku 2015 uvádí, že 90% dotázaných spotřebitelů považuje bezpečnost za jeden z nejdůležitějších argumentů pro pořízení systému chytré domácnosti (9, str. 6). Obydlí lze zabezpečit jednak vůči vniknutí nepovolaných osob, nepříznivým přírodním jevům, ale také nehodám, kterých se dopouští neopatrný uživatel.

Zvyšující se dostupnost moderních technologií má za následek, že produkty zabezpečovací techniky, které dříve byly především výsadou podniků a firem, se přesouvají i do povědomí dnešních domácností. Společnosti, zabývající se inteligentní automatizací objektů, obvykle nabízejí i řadu bezpečnostních řešení pro detekci a upozornění na výskyt některých nebezpečných událostí.

Neoprávněné vniknutí lze zaznamenat pomocí pohybového detektoru a nastaveného bezpečnostního režimu, který je schopen upozornit v případě neočekávaného výskytu pohybu. Zabezpečit domácnost je možné i proti **násilnému vniknutí** a s tím souvisejícímu fyzickému poškození majetku. K rozpoznání těchto událostí se využívá patřičných bezpečnostních senzorů. V případě skleněných ploch lze využít detektoru rozbití skla (tříštivého čidla), který je schopen detekovat narušení prostoru za využití infračerveného záření nebo ultrazvukového signálu. Vniknutí dveřmi nebo oknem, lze rozpoznat za využití magnetických kontaktů.

Nedbalost při vaření či ponechání otevřeného ohně bez dozoru může vést k **požáru**. Místnosti, ve kterých hrozí riziko požáru, je tak vhodné vybavit požárním detektorem. Aby se minimalizovalo množství falešných poplachů, je žádoucí přizpůsobit výběr typu detektoru parametrům daného prostoru (jako je například přítomnost prachu, vlhkosti nebo hmyzu).

Nebezpečné látky mohou do domácnosti pronikat i ze země, podzemních vod nebo nekvalitně skladovanému stavebního materiálu. Typickým zástupcem je radioaktivní plyn radon, který lze detekovat pouze za pomoci speciálních přístrojů – detektorů radonu. Je-li potřeba ochránit obydlí před **přírodní katastrofou**, je vhodné ji detekovat v předstihu, tak aby bylo možné včas předejít újmě na majetku nebo zamezit dalšímu rozšiřování škod. Mezi nejčastější zástupce přírodních katastrof, které lze rozpoznat pomocí senzorů patří zemětřesení (seismické detektory) a záplavy (záplavové detektory).

3.2 Komunikační protokoly využívané v chytrých domácnostech

V současné době existuje velké množství standardů, které lze využít pro řízení spotřebičů uvnitř chytrých domácností. Liší se především dle způsobu přenosu signálu, náročností prvotní instalace a možnostmi připojitelných zařízení. Spousta zařízení je vázaná na jeden konkrétní způsob komunikace, proto volba komunikačního protokolu má zásadní vliv na to, které konkrétní spotřebiče bude možno uvnitř inteligentní domácnosti provozovat.

První koncepty řízení komunikace počítali s jednoduchými úkony jako například rozsvícení a zhasínání osvětlení. Nejsou tedy vhodné pro datově náročné přenosy, jako je například multimediální obsah. Na druhou stranu bývají jednoduché na implementaci a jejich pořizovací náklady se pohybují v nižších cenových hladinách.

3.2.1 X10

Jedná se o jednu z nejstarších průmyslových technologií pro řízení inteligentní domácnosti. Byla vyvinuta v roce 1975 ve společnosti Pico Electronics (10, str. 198). Jako nosné médium pro přenos signálů a řízení připojených modulů jsou primárně využívány vnitřní rozvody elektrické sítě. Nejsou tedy vyžadovány žádné speciální propojovací kabely, což minimalizuje počáteční pořizovací náklady a usnadňuje instalaci. Pro adresaci připojených modulů je k dispozici 256 adres. Více modulů může sdílet stejnou adresu, a tím pádem také přijímat stejné řídicí instrukce. (11 str. 255-256)

Původní návrh počítá pouze s jednosměrnou komunikací. Ovládací modul (command module) pouze zasílá příkazy do řídicího modulu (controll module), který se stará o jejich provedení. Nedochozí k potvrzování přijaté zprávy. Z důvodu možného krátkodobého rušení signálu je každý požadavek posílán dvakrát. Pokud jsou v rámci jednoho příkazu přijaty dva po sobě jdoucí rozdílné požadavky, řídicí modul neprovede žádnou akci. (11, str. 256)

Mezi hlavní výhody X10 patří velké množství dostupných modulů s nižší pořizovací cenou než u konkurenčních protokolů. Dále pak také jednoduchá instalace a otevřenost standardu. Nevýhody z velké části plynou z důvodu komunikace skrze rozvody síťového napětí. Největším problémem je šum signálu, způsobený proměnným odběrem energie připojených spotřebičů. Přítomnost šumu má za následek narušení probíhající komunikace nebo vytváření falešných signálů (12, str. 309). Nejedná se tedy o spolehlivé řešení pro kritické aplikace jako je například zabezpečovací technika, kde by mohlo docházet k samovolnému spouštění nebo vypínání bezpečnostních prvků. Spolehlivost komunikace se při běžném zapojení s využitím protokolu X10 pohybuje v rozmezí 70 a 80 %. (13, str. 82)

3.2.2 UPB

Universal Powerline Bus (UPB) je komunikační standard, který je považován za nástupce protokolu X10, není s ním však kompatibilní. V případě výskytu modulů zastupující oba tyto standardy v rámci jedné sítě, lze pro řízení využít speciálního řadiče podporujícího komunikaci oběma protokoly. Pro zasílání řídicích signálů se opět primárně využívají domácí rozvody elektrické energie.

Na rozdíl od svého předchůdce však dosahuje více než 99% spolehlivosti přenosu správného signálu (8, str. 82). Toho je dosaženo díky pokročilejšímu systému řízení komunikace, který zahrnuje zasílání potvrzovacích zpráv a také použití vyšší napěťové logické úrovně 40 V, kterou lze v případě šumu lépe detekovat. Další výhodou je daleko větší datová propustnost, ta v případě UPB činí 240 bps, tedy 4krát více než protokol X10.

3.2.3 Z-wave

Mezinárodní standard používaný pro automatizaci domácnosti pomocí bezdrátové sítě. Zařízení využívající tento způsob komunikace musí být certifikována konsorciem Z-wave Alliance, tím je také zaručena vzájemná kompatibilita produktů různých výrobců.

„Každá komponenta či uzel sítě Z-wave obsahuje nízkovýkonový vysokofrekvenční vysílač. Tento vysílač pracuje v pásmu ISM (Industrial Scientific and Medical) na frekvenci 908,42 MHz v Americe a 860 MHz v Evropě. Tyto frekvence jsou značně vzdálené od frekvence jiných domácích spotřebičů, které obvykle pracují na frekvenci 2,4 GHz. Systém je proto mnohem méně citlivý na rušení. Venkovní dosah je asi 10 m, v interiéru asi 30 m, hlavně v důsledku útlumu vyvolaného stěnami místnostmi. Rozšíření dosahu lze snadno dosáhnout přidáním dalších uzlů do domácnosti.“ Zdroj (14, str. 127)

„Každý uzel obsahuje vysílač, takže přijímá i vysílá digitální zprávy, a funguje tudíž jako digitální opakovač. Digitální opakování (digipeating) tvoří „signal hop“ (skok signálu), čímž se rozumí dráha signálu mezi dvěma zařízeními. Je zde však jedna podmínka: Dovoleny jsou pouze čtyři hopy. Potom komunikační protokol signál automaticky ukončí, čili jak se říká „zabije“. Je to tak zařízeno pravděpodobně proto, aby dosah zůstal omezen a byla splněna zákonná pravidla pro zařízení nízkého výkonu bez licence.“ Zdroj (14, str. 127)

3.2.4 Přímé napojení na řídicí jednotku

Tento způsob připojení využívá vstupů, výstupu a sběrnicí, které jsou přímo umístěny na řídicí jednotce. Je hojně využíván především mezi domácími kutily, kteří preferují vývoj vlastních připojitelných modulů bez potřeby implementovat a řídit komunikaci pomocí již zavedených protokolů. Výhodou je možnost připojit a ovládat téměř jakékoliv zařízení včetně jednotlivých elementárních elektrotechnických součástí. Jedná se o nejlevnější způsob ovládání domácích spotřebičů, přesto není mezi běžnými uživateli rozšířen, protože vyžaduje jisté znalosti z oboru elektrotechniky a informatiky.

Hlavní nevýhoda spočívá v nutnosti vymyslet a naprogramovat vlastní způsob zapojení jednotlivých modulů. Rozšiřitelnost takového řešení vyžaduje další práci vývojáře a je tak časově mnohem náročnější oproti dříve zmíněným technologiím.

4 PŘEHLED POUŽITÝCH TECHNOLOGIÍ

Zvolená hardwarová zařízení jsou vybrána na základě aktuálních trendů na poli jednodeskových počítačů a jejich využití při automatizaci domácnosti. Přihlédnuto je k nízké pořizovací ceně jednotlivých součástí. Použité softwarové technologie jsou postaveny na svobodných vývojových nástrojích a řešeních, které minimalizují uživatelskou závislost na použití konkrétní platformy nebo instalaci dalšího softwarového vybavení.

4.1 Raspberry Pi

Raspberry Pi je jednodeskový počítač, který je vyvíjen britskou nadací Raspberry Pi Foundation. Vznikl na základě touhy motivovat mládež k bližšímu seznámení s principem a funkcí elektronických počítačů, podobně jako tomu bylo počátkem osmdesátých let minulého století ve Velké Británii (15, str. 14). Tehdy začaly společnosti jako Acorn Computers a Sinclair Research zaplňovat trh cenově přijatelnými a dostupnými počítači (16, str. 113). Výsledkem bylo, že od poloviny devadesátých let se ke studiu počítačových věd hlásili studenti, kteří už měli obecný přehled a znalosti ohledně zapojení hardwaru a mnohdy již ovládali programování v nějakém programovacím jazyku (14, str. 15).

Úspěch tohoto konceptu dokazuje přes osm milionů prodaných počítačů během prvních čtyřech let vývoje (17). Oficiálně podporovaným operačním systémem je Raspbian (linuxová distribuce vycházející z Debianu), dostupné jsou však i produkty třetích stran jako RISC OS, Windows 10 IoT Core nebo OSMC (Open Source Media Center).

Standardní rozměry Raspberry Pi dosahují velikosti kreditní karty, tedy 56 krát 85 mm. Existují však i menší varianty. Jednotlivé verze počítače se liší nejen rozměry, ale i množstvím modulů a komponent dostupných přímo na desce počítače.

Cena samotného počítače závisí na konkrétním modelu, dlouhodobě však lze říci, že u novějších a výkonnějších modelů se drží na hodnotě mezi 25 a 35 americkými dolary.

4.1.1 Rozhraní GPIO

Rozhraní GPIO se na Raspberry Pi 2 Model B skládá ze čtyřiceti pinů umístěných přímo na desce počítače (používá se označení J8). Pomocí těchto vývodů lze k Raspberry Pi připojovat vnější zařízení a moduly. Ke komunikaci slouží šestadvacet vstupně/výstupních pinů. Zbylých čtrnáct vývodů slouží hlavně pro připojení napěťových úrovní (k dispozici je 3,3 a 5 V) a uzemnění (GND).

Pro rozpoznání logických úrovní využívá Raspberry Pi napětíovou úroveň 3,3 V. Součástí rozhraní není žádná přepětíová ochrana, proto po připojení vyššího napětí může dojít k nenávratnému poškození počítače. To hrozí hlavně při použití modulů určených pro zařízení pracujících s logickou napětíovou úrovní 5 V, jako je Arduino nebo klasické TTL obvody. Proto je potřeba při využívání těchto modulů použít ochranného prvku typicky tranzistoru (popř. tranzistorového pole), měniče napětí nebo spínacího relé.

Komunikaci s vnějšími zařízeními pomocí rozhraní GPIO lze zajistit nízkourovňově pomocí nastavování logických stavů jednotlivých vstupně výstupních pinů. Také lze využít některé z dostupných sběrnic. K dispozici jsou i možnosti pro komunikaci pomocí sériové linky.

4.1.2 PWM

PWM slouží pro generování cyklického dvoustavového signálu, který je dán poměrem mezi nižší a vyšší logickou (respektive napětíovou) úrovní a frekvencí (respektive periodou) opakovaného signálu. Na základě znalosti těchto dvou hodnot je možné takový signál vytvořit.

Signál lze například využít pro spínání otáček krokového motoru nebo k „regulaci“ jasu u elektroluminiscenční diody (LED). Nevýhodou takové regulace je, že při nižších kmitočtech je zřetelné problikávání, které by při použití analogového nebo víceúrovňového signálu neprojevovalo. Výhoda spočívá ve využití digitálního signálu pro účely regulaci jasu.

Pulzně šířková modulace může být řešena na softwarové nebo na úrovni hardwaru. Softwarové řešení spočívá v implementaci změny logické úrovně signálu nejlépe za využití systémového časovače. Takové řešení bude plně funkční pouze na operačních systémech reálného času. Jiné systémy mohou mít odlišnou politiku pro přidělování procesorového času jednotlivým úlohám a nebudou tedy schopny dodržet požadavky přesnou regulaci signálu. U takových systému lze tento nedostatek vyřešit využitím hardwarové podpory PWM. Na počítači Raspberry Pi 2 je pulzní šířková modulace, zpřístupněna hardwarově pouze v rámci vývodu GPIO 18.

4.1.3 Sběrnice I²C

Sběrnice I²C (Inter-Integrated Circuit) využívá synchronní poloduplexní sériové komunikace. Zařízení, která se účastní komunikace na sběrnici, jsou buď typu „master“ nebo „slave“. Hlavním úkolem zařízení typu „master“ je generování hodinového signálu, zahajování a ukončování komunikace. Typicky se jedná mikročip, který komunikaci prostřednictvím I²C podporuje.

Fyzicky se sběrnice skládá ze dvou signálových vodičů SDA a SCK. SDA (serial data) slouží k zasilání dat a řídicích signálů v obou směrech. Výměna informací může probíhat pouze mezi zařízeními opačného typu (master/slave). SCK (serial clock) je využívána pro přenos hodinového signálu, který určuje aktuální planost vysílaných dat. Výchozí frekvence pro hodinový signál je na počítači Raspberry Pi pro sběrnici I²C nastavena na 100 kHz.

Na počítači Raspberry Pi je sběrnice zastoupena na pinech č. 3 – SDA a č. 5 – SCL (dle fyzického modelu číslování) respektive na pinech GPIO 0 – SDA a GPIO 1 – SCL (podle číslování GPIO).

4.2 Moduly řídicího systému

Rozšiřitelnost řídicí jednotky je zajištěna pomocí připojitelných modulů. Je-li potřeba aby počítač Raspberry Pi byl schopen reagovat na fyzikální projevy ve svém okolí, lze tak učinit pomocí připojených externích senzorů. Moduly mohou dále řešit omezení počtu vstupně/výstupních vývodů počítače nebo přidat schopnost zpracování a generování víceúrovňového (analogového) signálu.

Při volbě vhodného modulu je vhodné uvažovat následující parametry:

- Způsob napájení – nedisponuje-li modul vlastním napájením, je potřeba uvážit parametry použitého externího zdroje. Zvolíme-li dostatečně výkonný napájecí zdroj, lze jej využít i pro provoz jiných modulů. U stejnosměrného napětového zdroje jsou důležité především hodnoty jmenovitého napětí maximální proudu, které společně udávají výkon elektrického zdroje.
- Logická napětová úroveň – hladina logických úrovní je důležitá pro správnou detekci příchozího signálu. Zařízení přijímající signál vyšší napětové úrovně bez patřičné přepětové ochrany může být tímto způsobem trvale poškozeno. Nejčastěji se v rámci jednodeskových počítačů lze setkat s napětovými hladinami 3,3 a 5 V.
- Komunikační protokol – sdílí-li modul komunikační medium i s jinými zřízenými je vhodné je-li taková výměna informací řízena na základě pravidel daných komunikačním protokolem. Protokol mimo jiné definuje, kdy které zařízení může aktivně využívat komunikační kanál, tak aby docházelo co nejméně k rušení signálu. Pro vývojáře je také důležitá informace zda zvolená vývojová platforma poskytuje pro daný modul podpůrné nástroje a knihovny.

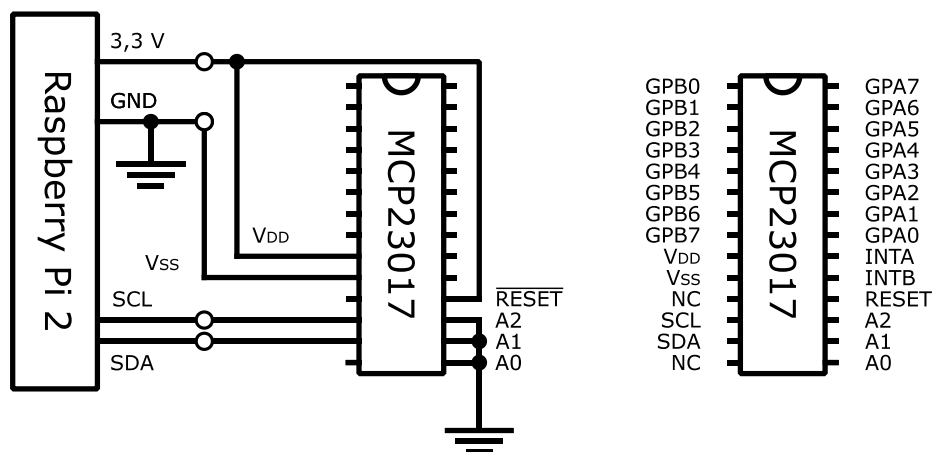
4.2.1 Spínání vyšších napětí

Pro demonstraci spínání vyšších napětí je použito elektromagnetických relé, konkrétně pak modulu Produino DIY PC817 8-CH 5V Relay Module. Tento modul byl zvolen hlavně z důvodu nízké pořizovací ceny a možnosti spínat až osm samostatných kontaktů.

Pro správnou funkci modulu je potřeba jej napájet 5 volty, avšak jednotlivá relé lze spínat i pomocí nižších napěťových úrovní. Logická úroveň 3,3 V, kterou poskytuje Raspberry Pi je pro tyto účely dostačující. Výrobce uvedena proudová zatížitelnost přepínacích kontaktů je až 10 A. Modul lze využít pro spínání střídavého napětí domácí rozvodné sítě, tedy 230 V.

4.2.2 Rozšíření rozhraní GPIO

Raspberry Pi model 2 B obsahuje 26 nastavitelných vstupně/výstupních vývodů. Pokud je takové množství nedostačující, je nutné rozšířit počet ovládatelných pinů buď přímo za pomoci speciálního integrovaného obvodu, nebo za použití rozšiřující periferní desky, připojitelné na rozhraní GPIO.



Obrázek 1 – Blokové znázornění zapojení a označení vývodů obvodu MCP23017

Pro potřeby této práce byl hlavně z cenových důvodů zvolen integrovaný obvod MCP23017, který se připojuje skrze sběrnici I²C a nabízí rozšíření o dalších 16 GPIO vývodů². Obvod umožňuje nastavit až 8 různých adres (v rozsahu 0x20 až 0x27) a lze tedy za použití osmi obvodů dosáhnout celkového rozšíření až o dalších 128 pinů.

4.2.3 Teplotní senzor

Teplotní čidlo je zastoupeno modulem s čipem BMP180 od společnosti Adafruit Industries³. Kromě měření teploty, zvládá také určení nadmořské výšky a měření barometrického tlaku. Mezi jeho hlavní výhody patří poměrně nízká cena, velice dobrá podpora knihoven napříč nejpoužívanějšími programovacími jazyky (Java, Python, jazyk C) a díky komunikaci pomocí sběrnice I²C i snadné zapojení.

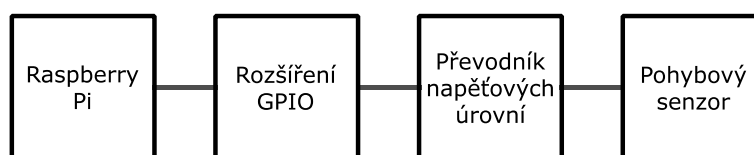
² Katalogový list obvodu MCP23017 <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21952b.pdf>

³ Produktová stránka použitého teplotního senzoru <https://www.adafruit.com/products/1603> BMPP180

Pro správnou funkci je potřeba dodat modulu napětí v rozmezí 1,8 až 3,6 V. Lze tedy opět využít možnosti napájení přímo z 3,3V vývodu počítače Raspberry Pi a při nízké hodnotě odebíraného proudu není potřeba externího zdroje napětí. Nevýhodou je pevně nastavená adresa (0x77), což znesnadňuje připojení více než jednoho takového modulu v rámci jedné sběrnice I²C.

4.2.4 Pohybový senzor

Čidla obsahující pasivní infračervený (PIR) detektor pohybu jsou schopny reagovat na změnu mechanického pohybu teplo vydávajících těles v rámci sledovaného okolí prostředí. Princip snímání pohybu je založen na pyroelektrickém jevu. Uplatňuje se především jako reflexní snímací prvek v zabezpečovací a automatizační technice. Na rozdíl od optické závory, využívající jednocestný systém k detekci změn, tak není potřeba instalace dvou (vysílacího a přijímacího) zařízení.

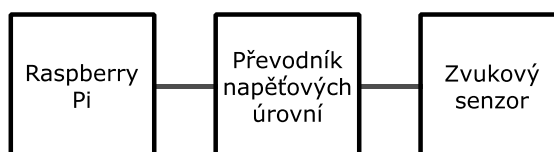


Obrázek 2 – Blokové schéma zapojení pohybového senzoru.

Sledování narušení sledovaného prostoru probíhá v rozmezí vertikálního a horizontálního úhlu (typicky 90 až 360°). Maximální vzdálenost, na kterou lze pohyb detekovat, závisí na provedení sledovacího zařízení. U běžně dostupných nízkonapěťových pohybových senzorů (napájených 3–5 V) určených do DPS je možné detekovat pohybující se objekt na vzdálenost až 6 m. Citlivost snímače a délku signálu indikující pohyb lze přizpůsobit pomocí potenciometrů obsažených přímo na desce snímacího zařízení. (18)

4.2.5 Zvukový senzor

Zvukový senzor K1208047 slouží pro demonstraci řízení spotřebičů na základě aktivity uživatele bez potřeby využití chytrého zařízení. Čidlo senzoru reaguje na určitou hladinu hlasitosti zvuku, tu lze nastavit pomocí potenciometru. Pokud čidlo zaznamená požadovanou úroveň hluku, dojde k nastavení výstupního vývodu senzoru na hodnotu logické „0“.



Obrázek 3 – Blokové schéma zapojení zvukového senzoru.

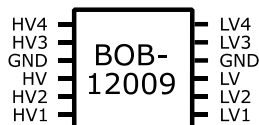
Senzor je potřeba napájet stejnosměrným napětím 5–6 V. Aby se předešlo poškození počítače v důsledku výskytu vyššího napětí, je výstupní vývod senzoru připojen k Raspberry Pi za pomoci převodníků napět'ových úrovní. Čidlo je nastaveno, tak aby reagovalo na vyšší akustický hluk, který se vyskytuje převážně v kratších časových intervalech (např. lusknutí prstů nebo tlesknutí dlaněmi). Délka signálu, který senzor vyše je tak velmi krátká, což v případě připojení přes vnější sběrnici (např. I²C), případně další rozšiřující moduly, může působit problémy s jeho detekcí.

Logická úroveň výstupního signálu může při nastavení vyšší citlivosti značně kolísat, respektive bude docházet k opakované detekci jedné vnější akce. Tento problém lze ošetřit softwarově – obdobným způsobem jakým se řeší zátky na kontaktech při stisknutí mechanických tlačítek.

4.2.6 Převodník napět'ových úrovní

Raspberry Pi používá pro rozlišení logických úrovní napět'ovou hladinu 0–3,3 V. Vývody GPIO neposkytují žádnou přepět'ovou ochranu. Jakékoliv vyšší napětí může vést od restartu počítače až po jeho zničení (19, str. 59). Současný trh se senzory a rozšiřujícími moduly je díky úspěchům projektů jako je na Arduino, které využívají „tradičnější“ 5V TTL, přesycen produkty pracujícími s vyšší úrovní logického signálu. Může se tedy stát, že taková zařízení nebudou po připojení k počítači Raspberry Pi fungovat nebo jej trvale poškodí.

Bezpečné připojení externích modulů využíváných pro datový přenos vyšších úrovní napětí lze zajistit pomocí obvodového prvku, který je pomocí jedné napět'ové hladiny na vstupu schopen ovlivňovat odlišnou napět'ovou úroveň na výstupu. Toho je možné dosáhnout například za použití napět'ového děliče, tranzistoru, SSR (solid-state relay) nebo speciálního obvodu pro převod napět'ových úrovní.



Obrázek 1 – Značení vývodů použitého převodníku napět'ových úrovní.

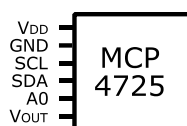
Použitý převodník napět'ových úrovní SparkFun BOB-12009⁴ umožňuje bezpečný převod mezi napětími 5 a 3,3 V nebo 2,8 a 1,8 V. Jednotlivé logické úrovně jsou rozlišovány na základě připojeného referenčního napětí (vývody HV – High voltage a LV – Low voltage).

⁴ Produktová stránka převodníku napět'ových úrovní <https://www.sparkfun.com/products/12009>

Přenos úrovně signálu je možný v obou směrech. Pro převod z nižší napěťové hladiny do vyšší slouží dvojice vývodů L1–H1 a L2–H2 a přenos z vyšší úrovně napětí na nižší pak zprostředkovávají vývody L3–H3 a L4–H4.

4.2.7 D/A převodník

Počítač Raspberry Pi v současné době neumožňuje generování analogového signálu. Pro tyto účely je potřeba využít speciálního modulu/obvodu, typicky D/A převodníku. Charakteristickou hodnotou D/A převodníku je jeho rozlišení udávané v bitech. Počet bitů určuje množství výstupních úrovní napětí podle vztahu 2^n , kde n značí rozlišení D/A převodníku.



Obrázek 2 – Popis vývodů použitého D/A převodníku.

Modul D/A převodníku vyvinutý společností Adafruit založený na čipu MCP4725 umožňuje nastavit 4092 úrovní výstupního napětí (V_{OUT}) na základě řídicího příkazu zaslaného skrze sběrnici I²C. Protože jsou digitální vstupní data zasílána sériově, může modul dosahovat vysokého rozlišení výstupní úrovně signálu při relativně malém počtu vstupních vývodů.

4.3 Programové vybavení

Programové vybavení bylo voleno na základě dostupnosti vývojových prostředků pro Raspberry Pi. Použitý mikropočítač plní funkci vestavěného systému se vzdáleným přístupem bez připojených vstupních periférií (klávesnice, myš). Tomu je potřeba přizpůsobit i vývojové nástroje, tak aby tvorba aplikace mohla probíhat pokud možno vzdáleně (po síti).

Vzdálený vývoj nabízí platforma Java SE Embedded od společnosti Oracle. Je však nutné mít nainstalovanou podporu této platformy na cílovém zařízení a zřízený vzdálený přístup (SSH). Samotný vývoj pak může probíhat pomocí běžně dostupných vývojových prostředí, které zmíněnou platformu podporují⁵.

4.3.1 Java SE Embedded 8

Edice Java SE Embedded 8 vychází z vývojové platformy Java SE (Standard Edition) 8. Umožňuje vytvářet bezpečné, přenositelné a stabilní aplikace s minimální potřebou zasahovat do kódu při přechodu mezi různými koncovými systémy (20). Java SE Embedded tvoří

⁵ Nastavení Java SE Embedded v prostředí NetBeans <https://netbeans.org/kb/docs/java/javase-embedded.html>

mezistupeň mezi platformou Java Micro Edition (zaměřenou spíše pro nižší třídu vestavěných systémů) a Java SE, která se uchytila především na strojích dosahujících podobné hardwarové konfigurace, jako jsou osobní počítače nebo servery. Edice Java SE Embedded 8 je tedy vhodná na vývoj aplikací pro vestavěné systémy střední a vyšší třídy.

Od verze 8 přináší Java SE podporu třech nových tzv. kompaktní profilů (Compact Profiles) pomocí kterých lze u aplikací, které nevyužívají některé pokročilé možnosti Java SE API, snížit množství paměti potřebné pro jejich spuštění. Díky tomu se jedná o ideální řešení na vývoj nepřilíš náročných aplikací pro zařízení využívajících Internet věcí (IoT). (21)

4.3.2 Knihovna Pi4J

Knihovna Pi4J⁶ poskytuje objektové rozhraní pro jazyk Java umožňující práci se vstupně výstupními piny počítače Raspberry Pi. Kromě klasického nízko úrovněového ovládání jednotlivých vývodů, jsou k dispozici i nástroje pro obsluhu sběrnic počítače Raspberry Pi.

Pro označení vstupně/výstupních vývodů používá knihovna své vlastní číslování. Je tomu tak z důvodu, aby se předešlo problémům s kompatibilitou napsaných programů při případných budoucích hardwarových změnách počítače Raspberry Pi.

4.3.3 Knihovna Chunk Templates

Z důvodu lepšího logického oddělení řídicí, datové a prezenční části aplikace je v případě nasazení webového rozhraní vhodné použít šablonovací systém. Šablona je typicky textový soubor, ve kterém je obsažen popis všech potřebných vizuálních prvků společně s proměnnými a dalšími speciálními řídicími výrazy (klíčová slova, podmínky, cykly). Tyto proměnné jsou v závislosti na požadavku uživatele dynamicky naplňovány daty. Pro zpracování většího množství dat lze tak použít jedinou šablonu. Je-li potřeba provést vizuální změny aplikace, lze tak díky oddělené datové vrstvě učinit na jednom místě a výsledek se projeví ve všech výskytech dané šablony.

Pokročilé šablonovací systémy poskytují mimo standardního programového rozhraní pro předávání a formátování dat, také základní řídicí struktury (podmínky, cykly). Pomocí nich lze rozhodovat o výsledné podobě vizuálních prvků přímo na úrovni šablony. Žádoucí je také možnost do sebe jednotlivé šablony vnořovat a opakovaně používat, čímž se zabraňuje nadbytečné duplicitě kódu.

⁶ Oficiální webové stránky projektu Pi4J <http://pi4j.com/>

Knihovna Chunk Templates poskytuje základní možnosti šablonovacího systému a zároveň nevyužívá pokročilé vlastnosti Java SE Platform API. Lze ji tedy doporučit do projektů, které využívají kompaktních profilů (Compact Profiles) platformy Java SE 8. Pro naplnění šablony daty lze využívat standardní datové typy a kolekce známe z jazyka Java, což zjednodušuje přenos údajů mezi datovou a prezentační vrstvou aplikace.

4.3.4 Knihovna GSON

Datový formát JSON slouží k uchování a přenosu především textových informací. Jedná se o jednodušší alternativu k formátu XML⁷, jejíž syntaxe vychází z programovacího jazyku JavaScript, ve kterém má také nativní podporu. Minimalistický způsob zápisu má (například oproti XML) za následek výrazné snížení datového toku.

JSON udává podporu ve velkém množství programovacích jazyků, nicméně míra použitelnosti je v jednotlivých jazycích se dost liší. Často je tak potřeba využít externí knihovnu. Kupříkladu platforma Java SE neumožňuje jednoduše generovat výstup ve formátu JSON. Z těchto důvodů je využita knihovna GSON, která tyto věci podporuje

4.3.5 Bootstrap

Bootstrap je aplikační rámec (framework) určený pro tvorbu uživatelské části („frontendu“) webových aplikací. Obsahuje kolekci stylů, skriptů, písem a postupů využívajících metod responzivního návrhu. Prvotní verzi vyvinuli Mark Otto a Jacob Thornton jako interní projekt společnosti Twitter. V současné době je framework dostupný pod svobodnou licencí (MIT).

Vývojářům poskytuje základní předpřipravené komponenty (formulářové prvky, navigace, elementy pro tvorbu layoutu) a využívá moderní webové technologie založené na HTML 5, CSS 3 rozšířené o možnosti programovacího jazyka JavaScript respektive knihovny jQuery. Nové verze mimo poskytování nových komponent umožňují také daleko lépe využívat schopnosti posledních verzí nejčastěji využívaných webových prohlížečů⁸.

Je-li kladen požadavek na ovládání aplikace skrze webového rozhraní, nemusí být vždy výhodné investovat čas do návrhu, tvorby a testování nové podoby uživatelského prostředí. Výhodnější je využít některé z již existujících, zdokumentovaných a otestovaných řešení. Pro potřeby vytvoření administrátorského prostředí je použita šablona SB Admin z kolekce online šablon Start Bootstrap, která je šířena pod svobodnou licencí.

⁷ Porovnání datového formátu JSON a XML <http://www.json.org/xml.html>

⁸ Podporovaná zařízení (Bootstrap 4.0-alpha) <http://v4-alpha.getbootstrap.com/getting-started/browsers-devices/>

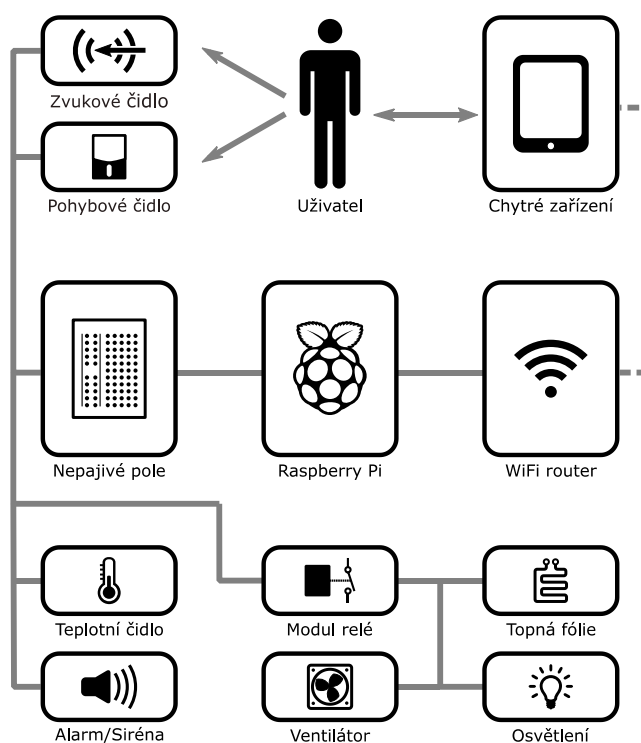
5 VLASTNÍ PRÁCE

Předmětem vlastní práce je vytvoření modelového řešení, na kterém bude možné demonstrovat základní vlastnosti chytrých domácností. Výsledkem je fyzický model v podobě zmenšeného dřevěného domu opatřený patřičnými prvky a moduly. Na základě sestaveného modelu je sepsán seznam požadavků na typovou domácnost. Tyto požadavky jsou následně probrány s konzultantem společnosti, která se již dlouhodobě pohybuje na trhu poskytování řešení pro inteligentní automatizaci domácností.

Následně je oslovenou společností sestaven orientační ceník obsahující seznam produktů, které byly doporučeny pro realizaci zadané typové domácnosti. Na základě těchto údajů je provedeno cenové a funkční srovnání obou řešení.

5.1 Schéma výsledného řešení

Výsledné modelové řešení se skládá ze tří hlavních částí: bezdrátového směrovače (WiFi router), centrální řídicí jednotky (Raspberry Pi) a soustavy připojených modulů, které jsou zapojeny do nepájivého pole. Propojení mezi počítačem Raspberry Pi a síťovým směrovačem je realizováno pomocí ethernetového kabelu. Komunikace s moduly je pak zajištěna přímým připojením na rozhraní GPIO zvoleného mikropočítače nebo zprostředkovaně pomocí sběrnice I²C.



Obrázek 3 – Schéma finálního řešení modelu inteligentní domácnosti

Uživatel přichází do kontaktu s aplikací pomocí webového rozhraní. K tomu využívá vlastní chytré zařízení (například v podobě chytrého telefonu nebo tabletu), které je připojeno do stejné sítě jako řídicí jednotka. Jsou-li v systému navoleny události (a k nim přiřazeny patřičné akce), může řídicí systém provádět řízení modulů i bez přímého zadávání požadavků uživatelem. K tomu se v modelovém řešení využívá hlavně pohybové a zvukové čidlo, které mohou reagovat na uživatelovu přítomnost respektive akce, které jsou schopny detekovat. V takovém případě je možno ovlivňovat řízení domácnosti i bez využití chytrého zařízení.

5.2 Serverová část aplikace

Aplikace běžící na serveru je realizována na platformě Java SE Embedded 8 a kompilována za využití kompaktního profilu „Compact profile 2“. Neobsahuje tedy pokročilé knihovny a nástroje známe například z platformy Java EE (Enterprise edition), která je pro podobné systémy běžně využívána. Důvodem je snaha snížit hardwarovou náročnost aplikace a umožnit tak mnohem lepší přenositelnost i na výkonnostně slabší počítače než je Raspberry Pi 2 Model B.

Z důvodu snížení požadavků na hardware tak není při vývoji serverové části aplikace využíváno žádných aplikačních rámců (frameworků), ale využívá se co možná nejvíce možností platformy Java SE 8 bez nadbytečného používání dalších knihoven. Hlavní část řídicí aplikace tvoří webový server postavený na třídě *HttpServer*⁹ respektive balíku *com.sun.net.httpserver*. Využitím tříd v tomto balíku, lze ovšem docílit pouze základní obsluhy požadavků protokolu HTTP. Některé události, jako například zaslání binárních souborů nebo zpracování dat zaslaných uživatelem pomocí metody POST, je potřeba doplnit.

5.2.1 Struktura aplikace

Adresářová a souborová struktura výsledné aplikace je členěna do logických částí. Programové třídy, ve kterých je zapsána hlavní část celé aplikace, jsou rozmístěny dle účelu jejich použití (viz příloha A).

Při překladu aplikace do bajtkódu, dochází na základě explicitně uvedenému parametru v souboru *build.xml* k rozdělení serverové části a uživatelského webového rozhraní. Výhodou tohoto řešení je, že takto oddělená webová část není nijak závislá na zbytku serverové aplikace. V případě častých zásahů do webové části (úprava do HTML šablony nebo doplnění CSS stylu), tak není potřeba restartovat aplikaci nebo opakovat kompilaci zdrojových kódů.

⁹ Specifikace třídy *HttpServer* balíku *com.sun.net.httpserver*
<https://docs.oracle.com/javase/8/docs/jre/api/net/httpserver/spec/com/sun/net/httpserver/HttpServer.html>

5.2.2 Využití návrhového vzoru MVC

Návrhový vzor MVC využívá pro logiku aplikace trojici komponent: model, view (pohled) a controller (řadič). Každému uživatelskému požadavku na webový server je přiřazen jeden konkrétní řadič respektive jeho metoda, která je následně zavolána. Tělo metody řadiče pak obsahuje prováděný kód. Obvykle se jedná o zpracování požadavku od uživatele a následné získání a filtrace dat pomocí modelu.

Má-li řadič všechna potřebná data, může je předat pohledu. V této aplikaci je pohled zastoupen šablonovým systémem. Po předání dat je zavolána metoda pro vykreslení pohledu a následně ukončeno spojení s webovým prohlížečem uživatele.

5.2.3 Rozšiřitelnost o další moduly

Rozšiřitelnost řídicího systému je umožněna skrze poskytnuté programové rozhraní pro tvorbu ovladačů. Nejjednodušším způsobem začlenění nového modulu do systému je odvozením nového potomka třídy *DeviceWebAPI* a následně vytvoření jeho instance v zaváděcí části aplikace (třída *Init*).

Možnost řízení skrze webové rozhraní je zpřístupněno metodám, které jsou označeny pomocí anotace¹⁰ *@ProvideToWebAPI*. Na základě parametrů, které jsou předány prostřednictvím této anotace, je v uživatelském prostředí automaticky vygenerován formulář s patřičnými vstupními prvky. Příklad takové metody, která je zprostředkována webovému rozhraní pomocí anotace, se nachází v příloze B. Příloha C pak zobrazuje automaticky generovaný formulář této metody v prostředí webového rozhraní.

5.3 Uživatelské webové rozhraní

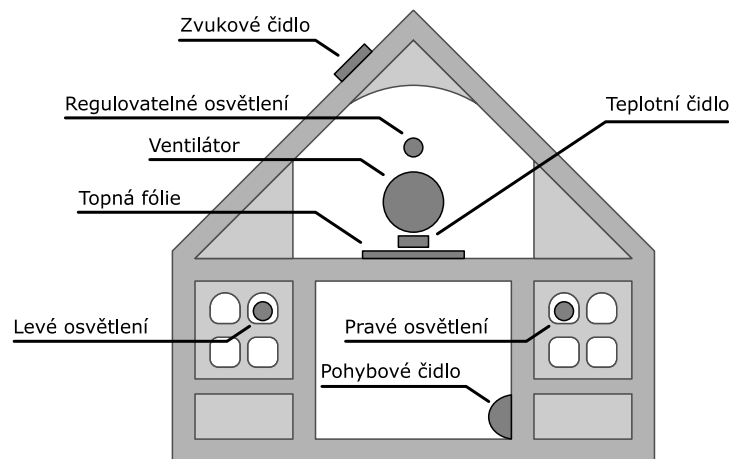
Uživatelská část aplikace je realizována pomocí webového rozhraní. Tento přístup byl zvolen z důvodu minimální závislosti na platformě koncového zařízení. Naprostá většina dnešních chytrých zařízení je již v základní instalaci vybavena moderním webovým prohlížečem. Uživatelé, tak nejsou nuceni instalovat žádný další speciální software. Také vývoj uživatelské části nemusí probíhat zvlášť pro každou cílovou platformu, jako je tomu například v případě mobilních aplikací.

Webové rozhraní je vytvořeno za pomoci nástrojů responzivního designu (za využití aplikačního rámce Bootstrap) a dochází tak k maximálnímu přizpůsobení zobrazovaného obsahu danému zařízení. Náhledy uživatelské části jsou k dispozici v přílohách C a D.

¹⁰ Anotace v jazyce Java <http://docs.oracle.com/javase/7/docs/technotes/guides/language/annotations.html>

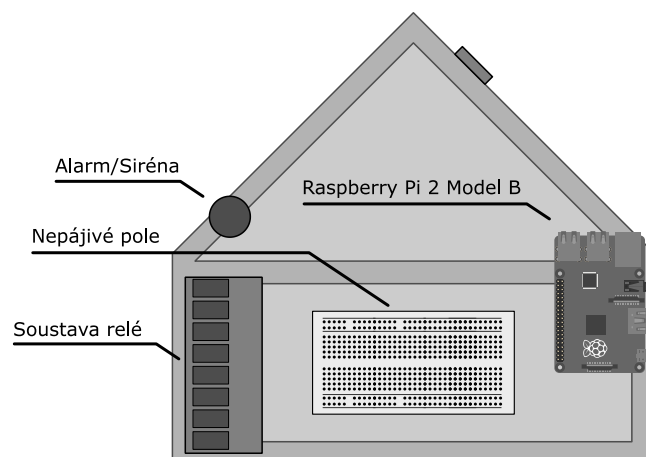
5.4 Demonstrační model

Pro prezentaci možností vytvořeného řídicího systému je použit přenosný model domu z dřevotřísky (fotografie jsou k nalezení v přílohách E a F). Přední strana modelu umožňuje vizuální přehled nad všemi ovladatelnými koncovými zařízeními s výjimkou sirény, která je umístěna z druhé strany. V horní části modelu je mimo jiné umístěna trojice zařízení: topná fólie, ventilátor a teplotní čidlo. Toto uskupení slouží ke znázornění regulace teploty za pomoci nastavení událostí teplotního sensoru. V přízemní části modelu se pak nachází dvojice nezávislých světel a senzor pohybu.



Obrázek 4 – Rozmístění modulů v rámci demonstračního modelu (pohled zepředu)

Do konstrukce zadní části modelu je připevněn počítač Raspberry Pi 2 Model B, ten je následně pomocí ethernetového kabelu připojen k síťovému směrovači s možností vytvoření vlastní bezdrátové sítě. Rozhraní GPIO je propojeno s nepájivým polem, ve kterém jsou zapojeny všechny použité moduly. Toto řešení umožňuje snadné další úpravy a rozšíření.



Obrázek 5 – Rozmístění modulů v rámci demonstračního modelu (pohled zezadu)

6 DISKUSE

Vývojové prostředky pro aplikaci byly voleny s přihlédnutím k hardwarovým možnostem počítače Raspberry Pi, konkrétně pak i méně výkonnějších modelů než je model 2 B použitý v této práci. Z důvodu omezení vyplývajících z platformy Java SE 8 Embedded a jejích kompaktních profilů, nelze využívat některé pokročilé nástroje jazyka Java. Tím pádem nelze použít ani řadu již existujících řešení (frameworků), které by umožnili daleko lépe abstrahovat vývoj aplikace od záležitosti, které přímo nesouvisí s aplikační logikou.

Při rozsáhlejší vývoji aplikace by tedy stálo za zvážení, zda využívat zmíněné vývojové prostředky v takové podobě, v jaké byly použity nebo zda nevyužít schopností a nástrojů například jiných programovacích jazyků.

6.1 Parametry typové domácnosti

Pro potřeby cenového srovnání byl vytvořen model typové domácnosti, na kterém jsou porovnávány možnosti a ceny modelového řešení, které je předmětem této práce a jiného existujícího komerčního řešení. Typová domácnost již obsahuje běžné síťové prvky (kabeláž, Wi-Fi router, přístup na internet) a zařízení schopná připojení na síť (počítač, smartphone, tablet). Tyto záležitosti tedy nebudou do cenové kalkulace započítány.

Požadavky na typové řešení inteligentního řídicího systému jsou definovány následovně:

- Možnost spínání trojce nezávislých světel (žárovek/svítidel),
- možnost sepnutí ventilátoru (například pomocí klasické zásuvky),
- možnost regulace vytápění (může být řešeno na základě spínání elektrického kotle),
- pohybové čidlo, reagující na přítomnost uživatele,
- teplotní čidlo (postačí pouze pro měření teploty).

6.2 Cenové porovnání

Z korespondence s konzultantem společnosti Loxone s. r. o. pro necenění typového řešení vyplynulo následující:

- Použití spínaných světel není vhodné, praktičtější je využívat smývatelných zdrojů.
- Pokud by byl ventilátor umístěn v koupelně, je vhodné jej doplnit o senzor vlhkosti a teploty.
- Spínání kotle není praktické z důvodu vyššího opotřebení mechanických kontaktů. Nabízená kalkulace tedy počítá s použitím regulovatelné hlavice na topení.

Dále byly nabídnuty produkty pro zabezpečení a multimediální zábavu. Ty ovšem nebyly předmětem původního typového zadání a nejsou tedy do cenové kalkulace započítávány.

Tabulka 1 – Cenové srovnání modelového a komerčního řešení

Požadavek	Modelové řešení	Cena	Nabídnuté komerční řešení	Cena
Centrální řídicí jednotka + napájecí zdroj	Raspberry Pi 2 Model B	1 039,00 Kč + 229,00 Kč	Loxone Miniserver + Zdroj 230VAC/ 24VDC	12 499,00 Kč + 1 098,00 Kč
Spínání tří osvětlení (3×) + napájecí zdroj	Produino DIY PC817 8-CH 5V	284,13 Kč + 0,00 Kč	LED spot RGBW + Zdroj 24V, 10A	4896,00 Kč + 3999,00 Kč
Spínání ventilátoru (1×)			Za pomoci senzoru vlhkosti a teploty	2 649,00 Kč
Vytápění (1×) (spínání kotle)			Hlavice na topení DDC APR 42405-00N	2 099,00 Kč
Pohybové čidlo (1×)	PIR senzor, detektor pohybu	79,00 Kč	Esylux PD C360i/8 DC 24V	3 199,00 Kč
Teplotní čidlo (1×)	BMP180 BP/T/A Sensor	236,41 Kč	Teplotní senzor (5×) DS18B20Z	1 269,00 Kč
Celková cena		1 867,54 Kč		31 708,29 Kč

Uvedená kalkulace komerčního řešení obsahuje doporučenou sadu produktů, která by byla zákazníkovi při daných požadavcích nabídnuta. Zmíněnou celkovou částku komerčního řešení však nelze brát jako nejnižší možnou, neboť díky otevřenosti Loxone systému je možné k řídicí jednotce připojit takřka libovolná čidla a moduly i od výrobců třetích stran. Tudíž by v některých případech bylo možné převzít produkty z modelového řešení, které jsou cenově daleko dostupnější. V takovém případě lze ovšem předpokládat, že společnost nebude nabízet stejnou podporu jako v případě nasazení vlastních ověřených produktů.

6.3 Porovnání funkčnosti

Nabízené komerční řešení svými možnostmi přesahuje původně zamýšlené zadání a na základě zkušeností, které jsou podloženy zákazníky z praxe, tak nabízí daleko větší míru pohodlí a komfortu. Protože snahou této práce je nabídnout co možná nejnižší cenu, lze předpokládat, že životnost a kvalita součástek v modelovém řešení této práce nebude odpovídat úrovni komerčních produktů s několikaletým vývojem a tradicí.

Při rozšiřování vlastního řídicího systému o další moduly je potřeba dbát na výběr jednotlivých komponent, a ne vždy lze počítat s jejich plnou kompatibilitou. U komerčně dostupných produktů je takové riziko daleko nižší. Dojde-li navíc k poruše, lze u dodaného řešení očekávat možnost reklamace a náhrady zařízení.

7 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo vytvořit aplikační řešení využitelné pro řízení modelové inteligentní domácnosti. Hlavními kritérii pro vývoj takového systému byly stanoveny: nízká pořizovací cena, využití svobodných vývojových technologií a možnost jednoduché rozšiřitelnosti o nové moduly.

V bakalářské práci jsou nejprve definovány základní pojmy související s inteligentními domácnostmi a návrhem uživatelského rozhraní. Následně je celá problematika probrána z pohledu zájemce o modernizaci domácnosti. Jsou tak popsány nejčastější požadavky ze strany uživatelů na inteligentní automatizaci a nastíněno i řešení některých typových situací.

Trend produktů a aplikací, určených pro segment chytrých domácností je stále dosti nejednotný. Většina úspěšných společností zabývajících se realizací chytrých domácností vyvíjí vlastní softwarové nebo hardwarové produkty. Neexistuje tedy jednotný prosazovaný otevřený standard, s kterým by bylo možné takto navržené řešení porovnat. Malou naději na technologické sjednocení představují komunikační protokoly. V rámci práce byl proveden rozbor historicky významných protokolů, jejichž primární zaměření spadá do oblasti chytrých domácností.

Nejnáročnější část práce představovalo výběr kompatibilních modulů pro počítač Raspberry Pi a jejich následné zakomponování do řídicího systému. Na rozdíl například od konkurenčního projektu Arduino, není dostupnost modulů určených přímo pro počítač Raspberry Pi tak vysoká. Spoustu jich lze ale za předpokladu použití převodníku napěťových úrovní, či jiného nástroje zajišťujícího kompatibilitu, bez problému použít.

Po stanovení nároků na realizaci typového řešení a jeho následného porovnání s návrhem realizace, založené na komerčních produktech, bylo dosaženo požadovaného záměru – tedy nabídnout cenově přijatelnější variantu pro řízení spotřebičů za pomoci chytrých technologií. Nicméně takto jedincem navržený řídicí systém, jehož vývoj zabral jen několik měsíců nelze po technické stránce s komerčně nabízenými produkty nelze téměř srovnávat.

Jedinou výhodou navrženého řešení, tak tedy zůstává nízká pořizovací cena, což bylo také jedním z hlavních cílů této práce. Vlastní realizace řídicího systému uvnitř skutečné domácnosti vyžaduje čas a patřičnou odbornou způsobilost. Při neodborném zacházení je riziko poranění elektrickým proudem. V případě vážného zájmu o tyto technologie lze doporučit vyhledání služeb u společností, které se této problematice již několik let věnují.

8 POUŽITÁ LITERATURA

1. HARPER, Richard. *Inside the smart home* [online]. London; New York: Springer, 2003 [cit. 2016-04-14]. ISBN 978-1-85233-854-1.
Dostupné z: <http://site.ebrary.com/id/10130034>
2. VALEŠ, Miroslav. *Inteligentní dům*. 1. vyd. Brno: ERA, 2006. 21. století.
ISBN 80-7366-062-8.
3. Antonín Vojáček. Čím řídit stroje / zařízení – vlastní jednotka, SBC nebo PLC ?. *Automatizace.HW.cz*. [online]. 9. 4. 2012 [cit. 2016-02-08].
Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/cim-ridit-stroje-zarizeni-vlastni-jednotka-sbc-nebo-plc>
4. ATZORI, Luigi, Antonio IERA a Giacomo MORABITO. *The Internet of Things: A survey* [online]. [cit. 2016-03-06]. DOI: 10.1016/j.comnet.2010.05.010.
ISBN 10.1016/j.comnet.2010.05.010.
Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1389128610001568>
5. MOKTHARI, Mounir. *Independent living for persons with disabilities and elderly people: ICOST'2003 : 1st International Conference on Smart Homes and Health Telematics*. Tokyo: Ohmsha, c2003. ISBN 4274906213.
6. ŠIROKÝ, Jan, Frauke OLDEWURTEL, Jiří CIGLER a Samuel PRÍVARA. Experimental analysis of model predictive control for an energy efficient building heating system. *Applied Energy* [online]. 2011, roč. 88, č. 9, s. 3079–3087.
ISSN 03062619. Dostupné z: [doi:10.1016/j.apenergy.2011.03.009](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.03.009)
7. VEČEŘA, František. *Měření světelné účinnosti zdrojů světla*. Brno, 2011.
Diplomová práce. Masarykova Univerzita, Přírodovědecká fakulta, Sekce fyzika.
Dostupné z: http://is.muni.cz/th/211557/prif_m/Mereni_svetelne_ucinnost_zdroju_svetla__diplomova_prace.pdf
8. O.P.S, dtest. Od žárovky po LEDku. *dtest.cz* [online]. [cit. 2016-05-12].
Dostupné z: <https://www.dtest.cz/clanek-3826/od-zarovky-po-ledku>
9. State of the Smart Home. *Report* [online]. 2015 [cit. 2016-05-12].
Dostupné z: https://www.iconcontrol.com/wp-content/uploads/2015/06/Smart_Home_Report_2015.pdf
10. USMAN, Ahmad a Sajjad Haider SHAMI. Evolution of Communication Technologies for Smart Grid applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [online]. 2013, **19**, 191-199 [cit. 2016-03-06]. DOI: 10.1016/j.rser.2012.11.002.
ISSN 13640321.
Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364032112006107>

11. WALLACE, William, Jose I. MORENO a Ruben HIDALGO. Adding functionality to X10 networks with 802.15.4. Using 802.15.4 to communicate and add functionality to X10 wired networks. *Home Networking* [online]. Boston, MA: Springer US, 2008, s. 255 [cit. 2016-03-06]. DOI: 10.1007/978-0-387-77216-5_19. ISBN 978-1-4419-4580-8. Dostupné z: http://link.springer.com/10.1007/978-0-387-77216-5_19
12. MEYER, Gordon. *Smart Home Hacks Tips & Tools for Automating Your House*. 1st ed. Sebastopol: O'Reilly Media, Inc, 2008. ISBN 9780596553869.
13. MANOHAR, Sirisilla; KUMAR, D. Mahesh. E-MAIL INTERACTIVE HOME AUTOMATION SYSTEM. 2015. [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: <http://ijcsmc.com/docs/papers/July2015/V4I7201517.pdf>
14. NORRIS, Donald. *Raspberry Pi: projekty*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2015. ISBN 978-80-251-4346-9.
15. UPTON, Eben a Gareth HALFACREE. *Raspberry Pi: uživatelská příručka*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2013. ISBN 978-80-251-4116-8.
16. INKSTER, Ian. *History of Technology Volume 28: Special Issue: By Whose Standards? Standardization, Stability and Uniformity in the History of Information and Electrical Technologies*. B.m.: A&C Black, 2009. ISBN 978-0-8264-3875-1.
17. UPTON, Eben. Raspberry Pi 3 on sale now at \$35. *Raspberry Pi* [online]. 2016-02-29 [cit. 2016-03-13]. Dostupné z: <https://www.raspberrypi.org/blog/raspberry-pi-3-on-sale/>
18. MICHALEC, Libor. PIR detektor: skvělý sluha, ale zlý pán. *Vývoj.HW.cz* [online]. 2013 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <http://vyvoj.hw.cz/automatizace/pir-cidlo-skvely-sluha-ale-zly-pan.html>
19. HAGHIGHI, M. a D. CLIFF. Multi-agent Support for Multiple Concurrent Applications and Dynamic Data-Gathering in Wireless Sensor Networks. In: *2013 Seventh International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing (IMIS): 2013 Seventh International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing (IMIS)* [online]. 2013, s. 320–325. Dostupné z: doi:10.1109/IMIS.2013.60
20. Oracle Java SE Embedded. *Oracle data sheet* [online]. 2014 [cit. 2016-03-20]. Dostupné z: <http://www.oracle.com/us/technologies/java/oracle-javase-embedded-ds-365290.pdf>
21. Java SE Embedded 8 Compact Profiles Overview. *Oracle Technology Network* [online]. [cit. 2016-03-20]. Dostupné z: <http://www.oracle.com/technetwork/java/embedded/embedded-se/documentation/compact-profiles-overview-2157132.html>

9 PŘÍLOHY

Příloha A – Popis hlavních částí adresářové struktury aplikace	43
Příloha B – Příklad využití anotace pro generování formulářových prvků	44
Příloha C – Formulář v uživatelské části, vygenerovaný na základě metody z přílohy B.	45
Příloha D – Úvodní stránka uživatelské části, zobrazující seznam použitelných zařízení.	45
Příloha E – Demonstrační model (pohled ze šikma)	46
Příloha F – Demonstrační model (pohled ze zadu).....	46

Příloha A – Popis hlavních částí adresářové struktury aplikace

src/SmartHome/Application/Controllers/

Adresář obsahující „controllery“, které na základě požadavku od uživatele pomocí modelů obstarají patřičná data a předají je prezenční vrstvě webového rozhraní.

src/SmartHome/Application/Devices/

Adresář obsahující programové třídy žastupující softwarové ovladače připojitelných modulů.

src/SmartHome/Application/Helpers/

Pomocné knihovny sloužící k překlenutí některých nedostatků jazyku Java, jako například nedostatečná výchozí podpora při určování mime-typů u některých druhů souborů.

src/SmartHome/Application/Models/

Tento adresář je určený pro programové třídy architektury MVC, které mají za úkol získávání a zpracování dat.

src/SmartHome/Application/Webserver/

Zde se nachází třída Router, která na základě webové adresy zadané uživatelem provede volání patřičného „controlleru“.

src/SmartHome/Application/System/

Třídy, které by měli pro vývojáře představovat neměnnou složku aplikace. Jsou zde obsaženy rodičovské třídy pro komponenty MVC a rozhraní k zařízením/senzorům.

lib/

Zde jsou umístěny externí softwarové knihovny, které obstarávají systém šablon, zpracování formátu JSON a zprostředkovávají řízení rozhraní GPIO počítače Raspberry Pi.

resources/public/

Jedná se o veřejný adresář webového serveru. Jakýkoliv zde umístěný soubor je přímo adresovatelný skrze zadanou adresu. Využívá se pro ukládání CSS stylů, JavaScriptu, fontů a dalších součástí webového uživatelského prostředí.

resources/templates/

Zde jsou umístěny textové soubory s příponou **.html**, které využívá šablonový systém pro sestavení výsledné podoby HTML dokumentu.

Příloha B – Příklad využití anotace pro generování formulářových prvků

```
// ...

// Tělo třídy TimerSensorDevice
@ProvideToWebAPI ( // Anotace
    alias = "Časová událost",
    description = "Přidání akce, která nastane v zadaný čas.",
    provideToEvents = true,
    provideToOverviews = false,
    preCategoryText = "Datum a čas: ",
    formInputs =
    {
        @FormInput (
            name = "Datum:",
            type = Type.TEXT,
            hint = "DD. MM. RRRR",
            cssClass = "event-category-input date-picker"
        ),
        @FormInput (
            name = "Čas:",
            type = Type.TEXT,
            hint = "HH:MM:SS",
            cssClass = "event-category-input time-picker"
        )
    }
)
public Map addTrigger(String dateStr, String deviceName, String method,
    String methodAlias, String... parameters)
    throws NoSuchMethodException // Metoda
{
    SimpleDateFormat sdf = new SimpleDateFormat("dd.MM.yyyy HH:mm:ss");
    try
    {
        Date nowDate = new Date();
        Date date = sdf.parse(dateStr);

        if (nowDate.compareTo(date) >= 0)
        {
            throw new NoSuchMethodException();
        }
        DeviceWebAPI device = Data.getDevice(deviceName);
        Regime dateRegime;

        if ((dateRegime = triggers.get(date)) == null)
        {
            dateRegime = new Regime(sdf.format(date));
            triggers.put(date, dateRegime);
        }
        dateRegime.addDeviceState(device, method, methodAlias,
            parameters);
        return new DeviceWebAPIModel(device).getOverviewData();
    }
    catch (ParseException e)
    {
        throw new NoSuchMethodException();
    }
}

// ...
```

Příloha C – Formulář v uživatelské části, vygenerovaný na základě anotace z přílohy B.

Řízení inteligentní domácnosti

Zařízení

Režimy

Události

Nastavení

Události - Plánovač:

Časová událost
Přidání akce, která nastane v zadaný čas.

Datum: 11.05.2016 DD. MM. RRRR

Čas: 23:21:55 HH:MM:SS

Zařízení
Regulované osvětlení

Akce
Nastavit intenzitu

Intenzita osvětlení:

Přidat událost

Zavřít

Příloha D – Úvodní stránka uživatelské části, zobrazující seznam použitelných zařízení.

Řízení inteligentní domácnosti

Zařízení

Režimy

Události

Nastavení

Zařízení

Zařízení

Regulované osvětlení Zapnuto	Alarm Vypnuto
Osvětlení - pravé přizemí Zapnuto	Ventilátor Vypnuto
Vytápění Vypnuto	Osvětlení - levé přizemí Vypnuto
Teploměr 23,9 °C	

Příloha E – Demonstrační model (pohled ze šikma)



Příloha F – Demonstrační model (pohled zezadu)

