

## Obsah

1. Úvod .....	1
2. Automatizace domácnosti .....	1
1.1 Automatizace domácnosti a smart home .....	1
1.2 Virtuální hlasoví asistenti a centrální prvky chytré domácnosti .....	5
1.3 Existující řešení chytrého bydlení .....	7
2. Technologie dálkového přenosu .....	14
2.1 Technologie bezdrátového přenosu .....	14
2.2 Přenos pomocí WiFi .....	17
2.3 Bezdrátový přenos pomocí Bluetooth .....	19
2.4 Technologie ZigBee .....	19
3. Vestavné systémy a vývojové prostředky .....	20
3.1 Vestavný systém .....	20
3.2 Jednodeskový počítač Raspberry Pi .....	22
3.3 Moduly ESP8266 a ESP32 .....	22
3.4 Python knihovny pro vývoj GUI .....	23
4. Zhodnocení současného stavu a plán práce .....	24
4.1 Současný stav .....	24
4.2 Návrh řešení .....	25
4.3 Cíle práce .....	26
5. Realizace a testování .....	27
5.1 Architektura systému .....	27
5.2 Aplikace pro Raspberry Pi .....	28
5.3 Volba a konfigurace veřejného serveru .....	36
5.4 Aplikace pro koncové moduly .....	37

5.5	Testování a vyhodnocení .....	38
6.	Závěr .....	39
7.	Seznam použité literatury .....	39

## 1. Úvod

Zde bude cca jedna strana úvod...

## 2. Automatizace domácnosti

Následující část je shrnutím současného stavu v oblasti automatizace domácnosti a chytrých domovů. Není encyklopedickým výkladem problematiky, ale souhrnem informací, které mají k práci bezprostřední vztah. Nejprve je zde popis automatizace domácnosti, co to je, jaké jsou dnes možnosti jejího využití, přínosy a používané principy.

### 1.1 Automatizace domácnosti a chytrý dům

Automatizace domácnosti spočívá v automatizování činností, které řídí domácnost, normálně vykonávané člověkem. Můžeme ji definovat jako mechanismus, který nahrazuje lidskou námahu (při ovládání domácnosti), natolik, nakolik je to jen možné [U]. V souvislosti s tím někdy hovoříme o inteligentní, řízené či chytré domácnosti. Jedná se o kolekci zařízení a (pod)systémů, které jsou schopny spolu komunikovat či fungovat nezávisle. Přitom automatizovaný „dům budoucnosti“ slibují výrobci domácích zařízení prakticky již téměř od počátku minulého století [1]. Chytrý dům (či smart home) je pak definován jako dům, vybavený výpočetní a informační technologií, které předvídá uživateli potřeby a odpovídá na ně, a přitom dbá na jeho pohodlí, bezpečnost a zábavu [13]. Často se tedy tyto dva pojmy (automatizovaný a chytrý dům) zaměňují, ačkoli ...rozevřít to:

[https://www.google.com/search?q=smart+home+vs+home+automation&rlz=1C1AVFC\\_enCZ780CZ780&oq=smart+home+vs+hom&aqs=chrome.0.0i19j69i57j0i19i22i30j0i5i13i19i30i5.7375j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=smart+home+vs+home+automation&rlz=1C1AVFC_enCZ780CZ780&oq=smart+home+vs+hom&aqs=chrome.0.0i19j69i57j0i19i22i30j0i5i13i19i30i5.7375j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8)

### **Možnosti využití automatizace v domácnosti**

Automatizace v mnohém usnadňuje život a umožňuje provádění akcí, které by jinak byly prakticky nemožné (například zabezpečení domu, efektivní řízení vytápění domácnosti a spotřeby energie). V současné době patří automatizace domácnosti mezi rychle se rozvíjející

technologie[[https://www.google.com/search?q=home+automation+is+fast+developing&rlz=1C1AVFC\\_enCZ780CZ780&oq=home+automation+is+fast+deveopin&aqs=chrome.1.69i57j33i10i160.14343j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=home+automation+is+fast+developing&rlz=1C1AVFC_enCZ780CZ780&oq=home+automation+is+fast+deveopin&aqs=chrome.1.69i57j33i10i160.14343j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8)]. Mezi typické aplikace automatizace domácnosti patří například:

- Zabezpečovací systém
- Systém pro inteligentní vytápění a ventilaci (HVAC)
- Zábava a multimédia
- Komunikace
- Osvětlení [3]
- Ovládání spotřebičů [T]
- Samo zavlažovací systémy [U]
- A mnoho dalšího



Obr. 1 – Příklad možností automatizované domácnosti<sup>1</sup>

### **Přínosy automatizace domácnosti**

Přidání inteligence do domácnosti přináší do života lidí řadu přínosů. Jde zejména o:

---

<sup>1</sup> <http://www.barcodeproperties.com/wp-content/uploads/2016/10/smarthomepic1.png>

- Bezpečí – Chytré domy mohou používat různé senzory, které detekují nebezpečí a v souvislosti s nimi provést patřičné akce k jejich zabránění, případně minimalizaci škod. Příkladem mohou být záplavové a kouřové senzory a v neposlední řadě také zabezpečovací systém domácnosti.
- Komfort – Chytré domácnosti svými funkcemi nabízejí různé způsoby, jak jejich uživatelům zpříjemnit různé rutinní akce. Mohou se postarat o automatické nastavování žaluzií dle intenzity venkovního světla, přes dotykový displej na dálku ztlumit světlo či hlasovým pokynem uvést celý byt do jiného světelného režimu.
- Přehled o provozu – Systémy pro automatizaci domácnosti zahrnují i displeje s přehledem o stavu jednotlivých zařízení a čidel. Také je v některých systémech možné tyto informace sledovat i z chytrých telefonů, tabletů či počítačů (a to i vzdáleně). V některých komplexnějších systémech, které například zahrnují komunikaci přes mobilní síť je možné získávat přehled o provozu dokonce pomocí SMS zprávy (hodí se třeba při absenci internetového připojení) [15]
- Úspora – V chytrých domácnostech je možné použít inteligentní vytápění domu založené na údajích z teplotních čidel, denní doby, případně nastaveném režimu domácnosti. Společnost ELKO EP odhaduje, že díky bezdrátové regulaci topení je možné ušetřit až 30 % nákladů na energii [17]. Úsporu rovněž zajistí automatizovaná světla, o kterých je možné mít v automatizované domácnosti vždy přehled, na dálku je zapínat/vypínat dle potřeby a rovněž je napojit na senzory, které je budou ovládat například na základě přítomnosti osob v místnosti.

### **Základní klasifikace chytré domácnosti**

Chytrou domácnost můžeme rozdělit dle kabeláže:

- Drátovou
- Bezdrátovou
- Kombinovanou

Pokud má být domácnost komplexně automatizovaná, je často vhodnější mít celý systém propojený pomocí kabelů, jelikož takový systém bude spolehlivější a v případě potřeby nabízí rychlejší přenos dat (například pokud mají být součástí systému multimedia). Bezdrátové systémy se hodí zejména tam, kde není žádané zasahovat do elektroinstalace, či pokud uživatel potřebuje pouze jednodušší systém (například s ovládáním několika málo zařízení). Připravená kabeláž pro automatizaci domácnosti rovněž přináší výhodu snadnějšího řešení napájení jednotlivých chytrých zařízení, které se tak může rozvádět po bytě spolu s datovými kabely. Přitom pro propojení jednotlivých chytrých zařízení mezi sebou je možné využít různé typy kabelů (např. ethernetový) [15]. Systémy s kombinovanou kabeláží pak vycházejí z klasické kabelové instalace s možností použití některých bezdrátových prvků (např. snímačů).

## **Mechanismy používané v chytrých domovech**

V chytrém domě se při automatizaci obvykle používají následující principy:

- Přímé ovládání spotřebičů
- Nastavení scény
- Podmínky [16, pokud neseženu lepší]

Přímé ovládání spotřebičů se obvykle provádí dálkovým ovládáním, používá-li spotřebič pro komunikaci technologii rádiového přenosu na frekvencích 443 MHz. Příkladem takového zařízení může být „bla bla bla“ od společnosti... Jiný způsob ovládání rovněž zahrnuje použití jiného chytrého zařízení (například chytrého telefonu), pokud ovládané zařízení umí komunikovat pomocí stejné technologie (např. WiFi). Ovládání pomocí telefonu či podobného chytrého zařízení je možné i v případě, že ovládané zařízení neumí komunikovat stejnou technologií, ale v domácnosti existuje centrální prvek (hub), který podporuje obě technologie a funguje zde jako prostředník mezi oběma zařízeními.

V chytrých domovech je rovněž často možné použít rovněž nastavení některé předem definované scény. Tato scéna sdružuje několik příkazů přímého ovládání. Může se například jednat o scénu odchodu z domu, která vypne všechna světla, odpojí spotřebiče od elektrické sítě a aktivuje zabezpečovací systém.

Dalším principem uplatňovaným v chytrém domě jsou nastavené podmínky. Ty způsobí, že při určité akci systém zareaguje nějakým předem nastaveným způsobem. Například se může jednat o podmínku, aby v případě že s....

## **Komponenty chytré domácnosti**

Na trhu dnes existuje nepřeberné množství různých systémů. Typická automatizovaná domácnost využívá některé (či všechny) z následujících komponent:

- Vstupní prvky (různá čidla, tlačítka, dotykové displeje...)
- Výstupní prvky (Světla, spotřebiče a různá zařízení)
- Virtuální (hlasový) asistent
- Centrální jednotka
- Aplikace pro řízení domácnosti z chytrých zařízení (telefonu, tabletu, počítače...)

## 1.2 Virtuální hlasoví asistenti a centrální prvky chytré domácnosti

Virtuální osobní asistent (VPA) je osobní asistent, který zajišťuje interakci mezi uživatelem chytré domácnosti a zařízeními v ní. Jako jiné označení se rovněž používá inteligentní či digitální osobní asistent, či mobilní asistent. Je-li ovládaný hlasem, pak se někdy označuje jako hlasový asistent [6]. Dále v textu této kapitoly je vždy asistentem míněn právě hlasový asistent, nebude-li specifikováno jinak. Jedná se o software, jehož úlohou je asistovat uživateli při nejrůznějších příležitostech, mezi jinými i při ovládání domácnosti. Hlasoví asistenti běží na některém zařízení s reproduktorem a mikrofony nebo mobilním zařízení. Dnes jich existuje na trhu veliké množství (zejména pro chytré telefony), mezi jejich nejznámější představitele v současné době patří:

- Apple Siri
- Amazon Alexa
- Microsoft Cortana
- Google Assistant [2]
- Samsung S voice
- Facebook M
- Nuance dragon [6]

V současné době žádný z výše uvedených hlasových systémů nepodporuje češtinu, nicméně Assistant od společnosti Google by ji v dohledné době mohl podporovat [14]. Amazon Alexa pak sice nerozumí česky, ale již dokáže číst některé knihy v češtině [15]. Pro českého uživatele jsou tak pouze 2 možnosti – buďto používat asistenta v angličtině a spokojit se s případnou absencí některých funkcí, které nejsou v česku podporované (UVÉST KTERÉ A CITOVAT ZDROJ – NAPŘÍKLAD VOLÁNÍ JEN V USA, BEZTAK I NAKUPOVÁNÍ??), nebo použít některého českého virtuálního asistenta, ovšem s omezenou funkcionalitou oproti jejich „něco“ protějškům. Mezi české hlasové asistenty patří například:

- Emma
- Intelli

Zmínit se o českých asistentech (EMMA, INTELLI) a najít další

### **Použití virtuálních asistentů**

Každý z virtuálních asistentů má své vlastní specifikace, ovšem jsou typy úloh, které

vykonávají více méně všichni asistenti:

- Číst a psát SMS a emailové zprávy, uskutečňovat hovory
- Nastavovat časové a kalendářové akce (časovače, upomínky...)
- Odpovídat na některé základní informativní otázky (počasí, čas, převody jednotek...)
- Ovládat média jako televizi či připojené reproduktory (pouštět filmy, hudbu)
- Vyprávět vtipy a příběhy
- Konečně ovládat prvky chytré domácnosti [2]

Používání virtuálních osobních asistentů nejen, že umožňuje přistupovat k různým úkolům inovativním a interaktivním způsobem, ale v mnoha případech i zjednodušuje jinak relativně zdolnou činnost. Dobrým příkladem je například manuální nastavení budíku (bez použití VPA). Na mobilním telefonu (Nexus 5) je potřeba vykonat následující akce:

1. Kliknout na tlačítko pro návrat na domovskou obrazovku (pokud se tam uživatel nenachází)
2. Kliknout na ikonu hodin
3. V otevřené aplikaci najít ikonu budíku a kliknout na ni
4. Kliknout na tlačítko „+“ pro přidání budíku
5. Nastavit hodinu, překliknout na volbu minuty a nastavit minuty
6. Potvrdit kliknutím na tlačítko „OK“

Při použití hlasového asistenta je celá úloha značně zredukována pouze na aktivování asistenta a vyslovení požadovaného úkolu [6].

Bez použití VPA je dokonce řada úkolů nerealizovatelná. Například připomenout či udělat něco v okamžiku, kdy se uživatel vrátí domů, což je funkce, kterou někteří virtuální asistenti podporují [16]. Interaktivitu zajišťují virtuální asistenti i při automatizaci domácnosti, pro její řízení není potřeba otevírat k tomu určené (a mnohdy jednoúčelové) aplikace, ale stačí vyslovit žádost, třeba i s jistou vzdáleností od zařízení s hlasovým asistentem a ten se již o vše postará [DOLOŽIT!!!]. Kromě toho, virtuální asistenti v sobě mohou nést i funkce sloužící přímo pro automatizaci domácnosti. Například nastavení podmínek, scénářů atd [Rozved' to a uved nejaky zdroj!!!].

Virtuální asistenti díky svým funkcím a vlastnostem k chytré domácnosti neodmyslitelně patří, ovšem je nutné si uvědomit, že zde nejsou nutností. Spíše často fungují jako prostředník mezi uživatelem a chytrými zařízeními, který usnadňuje řízení domácnosti. Často

pak bývají zabudováni do chytrého zařízení, plnící funkci centrálního prvku (hubu), jako například v případě zařízení Echo od společnosti Amazon. [DOLOŽIT NĚJAK!!!]

**Amazon**

**Google**

**Microsoft**

**Apple**

**Emma**

Emma je český hlasový asistent, kterého vytvořil David Beck pomocí aplikace Zkratky (na systému iOS). Jak již bylo zmíněno, nativním virtuálním asistentem pro iPhone je Siri, ta však neumí česky, a to se rozhodl David Beck změnit [20]. Nejedná se o samostatnou aplikaci, ale o zkratku v aplikaci Zkratky na systému iOS. Tato aplikace zkratky umožňuje uživatelům sloučit různé akce do jedné zkratky. Celkově pro zkratku Emma nastavil 7 tisíc akcí a další se chystá přidávat. Systém v současné době již podporuje češtinu, částečně slovenštinu a polštinu. Plánuje také přidat maďarštinu, řečtinu a rumunštinu [21].

### 1.3 Existující řešení chytrých domů

Dnes je na trhu nepřeberné množství systémů, lišících se v ceně, komplexnosti, způsobem komunikace a podobně. Jednou z nejčastějších aplikací automatizace, kterou různé společnosti nabízejí je ovládání světel a zásuvek. Mezi další aplikace patří ovládání hlavic radiátorů, chytré termostaty, ovládání ventilátorů, stínící techniky, alarm a podobně. Mezi konkrétní systémy, které jsou dostupné na českém trhu patří:

- Loxone
- Jablotron
- Apple HomeKit
- Sonoff
- Fibaro
- Homeconnect
- A mnoho dalších

Kromě komerčně prodávaných systémů je k dispozici rovněž open source řešení, mezi známější patří například:



- Home Assistant
- A další

## Loxone

Loxone je společnost, zaměřující se na automatizaci budov, v rozsahu od malých bytů, přes hotely až po rozsáhlé budovy a výrobní haly. Zaměřují se na širokou škálu aplikací, v oblasti automatizace domácnosti jde zejména o:

- Bezpečnost (Pohybové senzory, dveřní a okenní senzory)
- Přístup do budovy (Přístup kódem zadávaným na klávesnici, NFC přívěškem či iButtonem, kamera)
- Řízení filtrace bazénu
- Větrání (Automatické řízení ventilace, například na základě přítomnosti osoby, vlhkosti, teplotě...)
- Regulace teploty (Loxone je možné připojit k jakémukoli zdroji teploty i chlazení)
- Úspora energie (Ovládání budovy k úsporám energie – například automatické stínění jako ochrana přetopení ze slunečního tepla)
- Osvětlení (ovládání bodového světla, LED pásků či Loxone závěsných světel)
- Multimédia (Ovládání audia, TV...)
- Stínění (Ovládání stínící techniky pomáhá při vytápění a chlazení v domě)
- A díky rozšířením také mnoho dalšího [32]

Systém loxone se skládá z několika různých prvků:

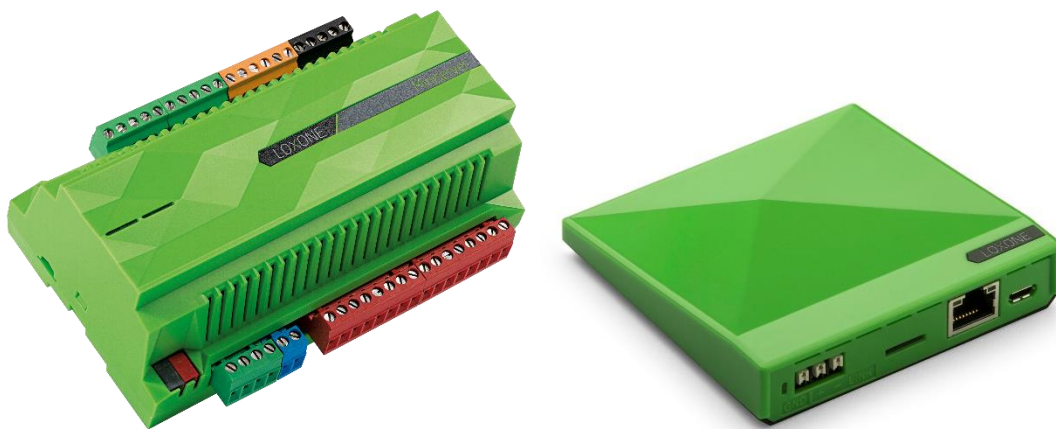
- Miniserver
- Rozšíření
- Příslušenství (Loxone Tree zařízení)
- Loxone Tree a Loxone Link kabeláž
- Aplikace Loxone App a Loxone Config

Loxone prvky ke své činnosti potřebují tzv. miniserver. Ten v systému funguje jako centrální řídicí jednotka, která se stará o automatizaci domácnosti. Loxone nabízí celkem 3 různé verze miniserveru:

- Miniserver Gen. 1
- Miniserver Gen. 2
- Miniserver Go

Miniserver 1. i 2. generace mají oba 8 digitálních a 4 analogové vstupy a 8 digitálních výstupů (relé spínající max 250VAC/30VDC). Miniserver 1. generace má ještě navíc 4 analogové výstupy [27]. Obě generace miniserveru slouží pro kabelovou komunikaci a jsou určeny k instalaci na DIN lištu. Také jsou obě generace vybaveny rozhraním Loxone Link (pro kabelové připojení až 30 tzv. rozšíření) a LAN port (Fast ethernet). Pouze první generace obsahuje KNX rozhraní, naopak pouze druhá generace a verze Go obsahují již integrované rozhraní Loxone Tree (K první generaci je pro komunikaci po Loxone Tree sběrnici dodán rozšiřující modul) [28].

Pokud si uživatel přeje využívat bezdrátové komunikace mezi prvky systému Loxone (zejména Pro bezdrátové ovládání pak Loxone nabízí 3. verzi miniserveru – Miniserver Go. Ten komunikuje s bezdrátovými periferiemi (rozšířeními a příslušenstvím) rádiovou komunikací na frekvenci 868MHz pro SRD pásmo pro Evropu (na 4 kanálech), případně 915MHz pro ITU region 2 (10 kanálů), s maximálním výkonem 3.16 mW [26]. Obsahuje také LAN port (Fast ethernet) a rozhraní Loxone Link. K této verzi miniserveru je možné bezdrátově připojit až 128 periferií [31].



Obr. Y – Loxone Miniserver gen. 1 a Miniserver Go<sup>2</sup>

Všechny verze Miniserveru v sobě obsahují Loxone OS s integrovaný webový server, jsou konfigurovatelné z programu Loxone Config a ovladatelné přes mobilní aplikaci (Loxone App) [33]. Všechny miniservery obsahují slot pro SD kartu (s firmwarem).

---

<sup>2</sup> Loxone



Obr. X – Loxone App<sup>3</sup>

Loxone Extensions (rozšíření) slouží pro rozšíření funkcí Miniserveru. K Miniserveru se připojují pomocí sběrnice Loxone Link (kterou obsahují všechny verze Miniserveru). Tato sběrnice může být až 500 m dlouhá. Díky rozšířením může uživatel zakoupit systém pouze s těmi technologiemi, které chce opravdu využívat a nemusí tak platit za zbytečné vlastnosti systému. Příkladem rozšíření mohou být Tree Extension (pro připojení až 100 Tree zařízení; zejména pro doplnění Miniserveru 1. generace, který neobsahuje rozhraní pro komunikaci přes tree sběrnici) [36], Air Base Extension (Pro doplnění Miniserverů 1. a 2. gen – k bezdrátové komunikaci) [37], Dimmer Extension (pro stmívání světel) [38] a mnoho dalších. Loxone nabízí pro automatizaci domácnosti více než 400 produktů [33].

Loxone pro propojení prvků v systému vyvinulo tzv. Loxone Tree technologii. Jedná se o sběrnici, na kterou je možné připojit až 50 prvků, a Loxone uvádí, že díky tomu je možné ušetřit až 80% kabeláže [DOLOŽIT!]. Podobně jako Loxone Link, i Loxone Tree může sahát až 500 m daleko.

V oblasti inteligentního vytápění nabízí Loxone souhrn technologií pro vytápění, chlazení, rekuperaci, a automatizovanou stínící techniku, což přináší do regulace vytápění vysokou

---

<sup>3</sup> Loxone

efektivitu [34].

Z hlediska regulace teploty nabízí tzv. „zónové“ vytápění. Jedná se o inteligentní topení, které na rozdíl od klasického inteligentního vytápění (zahrnující obvykle nějaký bezdrátový termostat, wifi termostatické hlavice apod.) umožňuje inteligentněji řídit teplotu – tím že uživatel zvolí, ve které místnosti (případně i ve který čas) má být jaká teplota. Uživatel chytrého domu s tímto systémem si tak může navolit například větší teplo v koupelně oproti například místnosti kde spí. Tento systém tak umožňuje mít větší kontrolu nad vytápěnými místnostmi, potažmo vyšší efektivitu.

Inteligentní vytápění Loxone podporuje režim učení, systém se tedy na základě předchozích zkušeností spustí vytápění tak, aby byla v dané místnosti požadovaná teplota ve správný čas. Uživatel si tak může nastavit například to, aby měl v 7:00 vyhřátou koupelnu na 23 °C.

Loxone vytápění má dle oficiálních stránek [25] následující výhodné vlastnosti:

- Inteligentní řízení teploty – využití již zmíněného režimu učení k dosažení požadované teploty v žádaný čas. Loxone rovněž při regulaci zohledňuje venkovní teplotu.
- Úspora nákladů – Loxone dokáže inteligentně rozhodovat o nejefektivnějším řešení. Například energeticky náročnou klimatizaci může nahradit energeticky výhodnějším stíněním
- Režim nepřítomnosti – Systém od loxone podporuje úsporný režim pro chvíle, kdy uživatel není doma
- Ochrana budovy – Loxone dokáže reagovat na různá nebezpečí, například v případě vzniku požáru vypnout ventilaci i rekuperaci
- Loxone aplikace a statistiky – Loxone nabízí zdarma aplikaci na zařízení s androidem přes které uživatel může sledovat i nastavovat teplotu v domě vzdáleně
- Notifikace – V případě problému s některou technologií Loxone upozorní uživatele
- Státní svátky – Na základě znalosti státních svátků může Loxone adekvátně upravovat svoji činnost
- Údržba – Loxone uživatele upozorňuje na termín pravidelné údržby

Z hlediska automatizace domácnosti v porovnání s dříve uvedenými systémy je rovněž důležitá přítomnost ovládané chytré zásuvky. Ta s Miniserverem komunikuje technologií Loxone Air. Má v sobě teplotní čidlo a rovněž elektroměr s vyhodnocením výkonu a spotřeby

//ještě zmínit loxone touch a tlačítko na stul

## **Jablotron**

Jablotron je česká firma, která se od svého založení zaměřuje především na zabezpečovací

systémy [40]. Kromě nich se také zabývá zabezpečením a monitoringem vozidel, topením a ventilací, monitoringem dechu a rovněž ovládáním a automatizací domácnosti [39].

Jablotron nabízí několik různých systémů. Dva nejnovější jsou Jablotron 100 a Jablotron 100+ [40]. Primárním úkolem obou systémů je zabezpečení budov, ovšem je možné je využít i v oblasti automatizace (zejména díky programovatelným výstupům). Samotné zabezpečení je možné využít v rámci automatizace (Například automatické zapnutí světel při odkódování alarmu) [43].

Na své systémy poskytuje Jablotron při splnění podmínek až 7letou záruku [42].

Pro odjištění/zajištění systému se vždy musí provést nejprve autorizace uživatele. Systém totiž uchovává informaci o oprávnění jednotlivých uživatelů. Každému z uživatelů je možné pro účely autorizace přiřadit jeden kód (4,6 nebo 8místný) a až dva RFID čipy [44].

Typy automatizace, které je možné v těchto systémech použít jsou:

- Zapínání a vypínání
- Akce v kalendáři
- Automatické akce [47]

Mezi akce, které lze automatizovat v systému Jablotron patří zejména ovládání světel, ovládání žaluzií, chytrá termoregulace (řízení vytápění a klimatizace) [48] či ovládání jiných zařízení pomocí programovatelných výstupů.

Systém od Jablotronu je možné rozdělit na tyto různé části:

- Ústředna
- Různé vstupní či výstupní prvky
- Aplikace MyJablotron
- Program J-Link

Ústředna v systémech Jablotron slouží jako centrální prvek, který shromažďuje informace ze snímačů a patřičně na ně reaguje. Komunikace mezi prvky systému a ústřednou může probíhat podobně jako u systému Loxone buď pomocí kabelů, nebo bezdrátově. Zařízení, která komunikují pomocí kabelu se zde nazývají sběrníkové [43].

Mezi produkty firmy Jablotron pro automatizaci domácnosti můžeme najít například:

- Záplavový detektor

- Snímač teploty
- Magnetický detektor (detekce otevření dveří/okna)
- Termoelektrická hlavice
- Relé na DIN lištu
- A další [41]

Systém Jablotron 100+ je možné ovládat celkem 4 způsoby a to:

- Přístupovým modulem
- Mobilní aplikací pro chytré telefony (MyJABLOTRON)
- Webovou aplikací (rovněž MyJABLOTRON)
- Či klíčenkou [46]

Přístupový modul slouží pro rychlé odjištění/zajištění objektu, případně k dalším funkcím automatizace. Jablotron nabízí celkem 3 typy těchto modulů:

- Čtečka RFID karet
- Klávesnice se čtečkou RFID karet
- Klávesnice s displejem a čtečkou RFID karet

Ke každému z modulů je možné připojit až 20 segmentů. Ty obsahují popisek a dvě prosvětlená tlačítka. Jejich funkcí může být buďto zajištění/odjištění, signalizace stavu (například signalizace otevření garážových vrat) nebo ovládání zařízení v rámci automatizace (například žaluzií) [44]. Barvy prosvětlení odpovídají semaforu, kde červená odpovídá stavům jako zajištěno/zapnuto, žlutá zajištěno částečně a zelená znamená odjištěno/vypnuto.

Jak již bylo zmíněno, systém od Jablotronu lze ovládat rovněž mobilní aplikací MyJablotron. Je k dispozici jak na Google Play (pro zařízení s androidem), tak i na App Store (pro iOS zařízení). Kromě toho existuje i její webová verze. Jablotron tak nabízí rychlý přehled o tom co se děje v domácnosti. Ovládání domácnosti přes aplikaci funguje podobným způsobem jako přístupový modul – pomocí tlačítek s barvami semaforu.

Klíčenka k ovládání systému je dostupná ve dvou verzích – jednosměrný a obousměrný ovladač. Ten druhý má výhodu v tom, že provedení akce je potvrzeno kontrolkou na ovladači. V případě chyby tak ví, že je například mimo dosah ústředny a akce se neprovedla [43].

K nastavení uživatelských parametrů v systému (jako oprávnění) slouží program J-Link.

V něm je možné definovat uživatele i s jejich přístupovými oprávněními, provádět diagnostiku systému, kontrolu programovatelných výstupů a vytvářet či upravovat kalendář akcí (pro ovládání automatizovaných funkcí) [47].

### **Apple HomeKit**

Apple HomeKit je systém, který umožňuje uživateli bezdrátově ovládat nejrůznější chytrá zařízení v domácnosti. Na rozdíl od systémů jako je Loxone je HomeKit určen výhradně pro bezdrátovou komunikaci. Podporuje technologie Bluetooth a Wifi. V systému tvořeném HomeKitem je potřeba nějakého centrálního prvku (hubu). Výhodou zde je, že není vždy nutné mít nějaké „mimořádné“ zařízení – jako centrální prvek zde může posloužit

### **Sonoff**

Sonoff je bla bla...

### **homeconnect**

Zcela jiný přístup k chytré domácnosti přináší systém homeconnect...

## **2. Technologie dálkového přenosu**

Následující část je shrnutím technologií, používaných systémy automatizace domácnosti. Není encyklopedickým výkladem problematiky, ale souhrnem informací, které mají k práci bezprostřední vztah. První část se věnuje obecně technologii bezdrátového přenosu a dále následuje krátké seznámení s technologiemi Wifi, Bluetooth a ZigBee.

### **2.1 Technologie bezdrátového přenosu**

Pro přenos dat či řídicích signálů je vždy potřeba zvolit vhodné médium, přes které se budou tyto informace přenášet. V některých situacích není pro přenos vhodné (a někdy dokonce ani možné) používat kabely (ať už metalické nebo optické). V těchto případech je potřeba přenášet informace bezdrátově, tj. za využití jiných médií, jako je vzduch.

Podobně jako je nutné u kabelového spojení využít vhodný způsob komunikace (například zvolit vhodnou sběrnici a nastavit ji správné parametry) je potřeba se způsobem komunikace zabývat rovněž u bezdrátového přenosu. Zde je nutné zejména zvolit vhodnou technologii (jako je Wifi, Bluetooth či ZigBee) a její parametry [A].

### **Výhody bezdrátového přenosu**

Bezdrátová komunikace má oproti kabelové řadu výhod. Zejména se jedná o následující:

- Jednodušší připojení – zařízení není potřeba připojovat kabelem, a dokonce nemusí být ani vybaveno konektorem pro toto připojení (pozn. pro dálkový přenos prostřednictvím světla je však stále potřeba mít nějaký přijímající port). Z toho rovněž plyne, že není potřeba měnit strukturu sítě kvůli změnám v místnosti a rovněž není potřeba myslet na konkrétní strukturu sítě ještě před budováním.
- Větší spolehlivost – Častým zdrojem problémů s kabelovým připojením jsou chyby na straně kabelů – jejich poškození. Použitím bezdrátových technologií se lze vyhnout tomuto typu chyb.
- Snadná rozšiřitelnost sítě – U kabelového připojení je potřeba řešit způsob rozšíření sítě a v případě, že stávající struktura sítě rozšíření nepodporuje, tak je potřeba ji celou pozměnit. Bezdrátové sítě tento problém eliminují.
- Nižší cena – Použitím bezdrátových technologií se značně sníží pořizovací cena sítě – není potřeba kupovat drahou kabeláž. Rovněž instalace kabelů do starých budov může být velmi nákladná a problémová.

### **Nevýhody bezdrátového přenosu**

Kromě množství výhod, které bezdrátová komunikace představuje jsou zde rovněž některé nevýhody tohoto typu komunikace:

- Rušení signálu – zařízení, využívající bezdrátové technologie může způsobovat rušení ostatních zařízení a rovněž opačně – dané zařízení může být rušeno od ostatních zařízení, pracujících na podobném principu
- Bezpečnost – bezdrátová komunikace často vysílá (a přijímá) signály do relativně rozsáhlého otevřeného prostoru, tudíž jsou takto vysílaná data často daleko méně chráněná než u kabelového přenosu (kde je k získávání dat potřeba mít fyzické připojení k síti, ve které se data přenáší) [A] [Q, str. 5-6] [R, str. 406]. Je tedy nutné zabezpečit přenos dat.

### **Způsob komunikace**

V případě bezdrátových technologií se využívá některého pásma elektromagnetického vlnění. Rychlost šíření tohoto záření je ve vakuu rovno konstantě  $c$  (přibližně  $3 \times 10^8$ ), v médiu jako je vzduch se pak šíří rychlostí  $c$ , podělenou indexem lomu (konkrétně pro vzduch je tento index blízky 1, takže můžeme uvažovat prakticky stejnou rychlost jako pro vakuum) [M] [N, str 2-3] [O, str.24] [P, kap 8.2].

V současnosti se na trhu s elektronikou zařízení, využívající především dva různé principy dálkového přenosu informací, první je založen na využití světla, druhý pak využívá rádiové vlny. [A]



## **Přenos informací pomocí světelného signálu**

V případě světelného signálu se většinou využívá infračerveného záření, jelikož není lidským okem viditelné, avšak je možné vyrobit přijímač, která tento signál detekuje (a to je vlastnost, která se zde vyžaduje).

Kromě těchto definovaných protokolů je pro komunikaci pomocí IR záření možno použít standardů IEEE 802.11 (Tyto standardy to tak definují). V praxi se však nikdy nic takového nedočkal rozšíření.

První princip, který je možný použít je využití infračerveného záření. Jelikož není obvykle v domácnosti mnoho zařízení, pracujících s IR, nebývají většinou zařízení navzájem příliš rušeny. Stále zde však existuje rušení od jiných zdrojů infračerveného záření, například ze slunečního záření, nebo fluorescenčního světla. Rušení od těchto zdrojů je však možné potlačit jistými principy. Prvním je vyhrazení určité vlnové délky, která se bude pro přenos informací používat a následným použitím filtru na přijímací diodě, který odfiltruje ostatní vlnové délky. Nepotlačené rušení (od zdrojů, které vyzařují v oné vyhrazené vlnové délce (problémem je tedy zejména Slunce) je možné dále potlačit tím, že bude přijímač reagovat pouze na nějakou modulovanou frekvenci, nepřítomnou v daném zdroji (tedy například ve slunečním záření). Systémy využívající IR záření se vyznačují tím, že je musejí splňovat podmínku přímé viditelnosti vysílače a přijímače. Není tedy možné (bez případných dodatečných, opakovacích zařízení) ovládat zařízení za rohem, pokud není přímo viditelné. Právě díky této vlastnosti je možné volně využívat zařízení, využívající tohoto principu, protože nedochází k žádnému rušení a není tak potřeba regulovat směrnice používání IR vysílání. Dosah IR vysílačů se obvykle udává v jednotkách, případně desítkách metrů.

## **Přenos informací pomocí rádiových vln**

Kromě IR záření mohou zařízení k dálkovému přenosu informací využívat také rádiových vln na různých frekvencích. Zde však již existují jistá omezení. Rádiové vlny se totiž (na rozdíl od IR světla) šíří i skrze předměty. To je příčinou toho, že se mohou i relativně vzdálená zařízení komunikující na stejných vlnách vzájemně rušit. Aby se předešlo naprostému zarušení prostoru, je potřeba mít k vysílání na určitých frekvencích licenci. Je zřejmé, že si běžní uživatelé zařízení v domácnosti nemohou dovolit kupovat drahé licence kvůli každému bezdrátově ovládanému zařízení, které si koupí. Z tohoto důvodu bylo navrženo tzv. pásmo

ISM.

V pásmu ISM jsou definovány frekvenční rozsahy, které je možné volně použít pro schválená zařízení bez licence. To ovšem také znamená, že zařízení pracující v těchto rozsazích musejí tolerovat rušení od ostatních zařízení pracujících na stejných frekvencích. [C, s.66].

Dokument „ITU Radio Regulations“ toto pásmo vyhrazuje pro „Provoz vybavení nebo zařízení určených ke generování a využívání lokální vysokofrekvenční energie pro průmyslové, vědecké, lékařské, domácí nebo podobné účely, s výjimkou aplikací v oblasti telekomunikací“.

Nejčastěji se pro komunikaci v pásmu ISM používá frekvenční pásmo 2,4 GHz. To je dané historickým vývojem. Zejména u mikrovlnných trub bylo potřeba zvolit vhodné pásmo [X]. Zvolené pásmo 2,4 GHz bylo vybráno z několika důvodů, zejména [Everything2\_4GHz] však na základě empirického měření průniku a šíření tepla pro různé potraviny (při použití frekvencí tohoto pásma) a s ohledem na rozměry použitého magnetronu (součástky, která generuje mikrovlnné záření [W, kap. 6-20]).

## 2.2 Přenos pomocí WiFi

Wifi je technologie, využívající standardů z rodiny IEEE 802.11. První verze tohoto standardu byla organizací IEEE schválena v roce 1977 [A, s.6]. Od té doby vyšlo mnoho dalších verzí standardů. Jednotlivé verze se od sebe mohou odlišovat různými parametry, například frekvenčním pásmem, šířkou pásma jednotlivých kanálů, maximální rychlostí přenosu atd. Organizace Wi-Fi Alliance rozlišuje některé standardy IEEE 802.11 číslem generace WiFi, nejnovější je prozatím zatím 6. generace (založená na standardu 802.11ax).

IEEE 802.11 PHY Standards							
Release date	Standard	Frequency Band	Bandwidth	Transmission Scheme	Max Modulation	MIMO	Max Data Rate
1997	802.11	2.4 GHz	20 MHz	DSSS, FHSS	QPSK	N/A	2 Mb/s
1999	802.11b	2.4 GHz	20 MHz	DSSS	QPSK	N/A	11 Mb/s
1999	802.11a	5 GHz	20 MHz	OFDM	64QAM	N/A	54 Mb/s
2003	802.11g	2.4 GHz	20 MHz	DSSS, OFDM	64QAM	N/A	54 Mb/s
2009	802.11n	2.4 GHz 5 GHz	20 MHz 40 MHz	OFDM	64QAM	4x4	600 Mb/s
2013	802.11ac	5 GHz	20 MHz 40 MHz 80 MHz 160 MHz	OFDM	256QAM	8x8	6.93 Gb/s
2018	802.11ad	60 GHz	2160 MHz	SC, OFDM	256QAM	Beamforming	6.93 Gb/s

Tabulka 1 – některé důležité verze standardu IEEE 802.11 a jejich parametry<sup>4</sup>

Wifi funguje na principu vysílání a přijímání rádiových vln. Organizace IEEE rozhodla využít pro technologii Wi-Fi frekvence z pásma ISM [B, str.2]. Wifi standardně využívá frekvencí 2,4Ghz a 5Ghz. Nejprve byla zařízení Wi-Fi schopná pracovat pouze v jednom z těchto dvou frekvenčních pásem, ale 4. generace (IEEE 802.11n) přidává možnost práce v obou zmíněných pásmech. Moderní zařízení s wifi si tak mohou vybrat (a dokonce během své činnosti měnit) frekvenci, na které budou spolu komunikovat.

Obě pásma mají svá pro i proti. Mezi výhody pásma 2.4Ghz patří zejména větší pokrytí signálu a rovněž větší kompatibilita (platí spíše pro starší zařízení). Na druhou stranu pásmo 5Ghz nabízí podstatně vyšší přenosové rychlosti a dále větší množství komunikačních kanálů [D].

### **Režim sítě**

Wifi nachází uplatnění v (bezdrátových) lokálních sítích. V nich pak rozlišujeme 3 režimy na základě toho, jak se Wifi zařízení v síti mezi sebou navzájem spojují (jakou plní roli):

- Režim infrastruktury
- Ad hoc režim
- Smíšený režim

V režimu infrastruktury je v síti přítomen minimálně jeden centrální prvek (tzv. přístupový bod), který zprostředkovává komunikaci mezi jednotlivými prvky (klienty) sítě, případně poskytuje připojení do jiné sítě přes distribuční systém (DS). V tomto režimu sítě je výhoda, že je snadné připojit do stávající infrastruktury nový prvek.

Ad hoc je režim bezdrátové sítě, ve které není přítomen žádný centrální prvek (přístupový bod) se kterým by prvky sítě komunikovali, ani zde není žádné spojení se pevnou sítí přes distribuční systém. Jedná se tedy o decentralizovanou síť. Jednotlivé prvky tedy mezi sebou navzájem komunikují přímo (toto spojení se někdy označuje jako tzv. peer-to-peer). V tomto režimu má síť rovněž SSID identifikátor, kterým je možné síť identifikovat. [A][B]

### **Bezpečnost wifi sítě**

---

<sup>4</sup> <https://www.grandmetric.com/2018/05/29/wi-fi-standards-evolution/>

## 2.3 Bezdrátový přenos pomocí Bluetooth

Bluetooth je standard, definovaný v IEEE 802.15.1. Vytvořila jej firma Ericsson v roce 1994 a od té doby vyšlo několik nových verzí [A]. Podobně jako WiFi pracuje v ISM pásmu 2,4 GHz. Na rozdíl od Wi-Fi však není definován pouze na prvních dvou vrstvách ISO/OSI, ale definuje protokoly na všech sedmi vrstvách tohoto modelu. Na nejnižší úrovni, kde definuje způsob přenosu jednotlivých bitů využívá metodu FHSS, která zajišťuje, že při přenosu bitů vysílač přeskakuje mezi několika frekvencemi [AD].

Zařízení, které jej využívají, umožňuje vytvořit tzv. PAN (osobní síť). V těchto sítích má každé zařízení přiřazeno unikátní 48bitovou adresu BD\_ADDR (BlueTooth Device Address) – jedná se o obdobu MAC adresy u ethernetu. Tu používá pro komunikaci s ostatními zařízeními. Jedno zařízení může být v roli master (řídící), slave (podřízená) nebo obojího [AB, str.4]. K jedné řídící stanici se připojuje jedno a více podřízených zařízení (používá se pouze adhoc komunikace mezi master a slave stanicí). Zde hovoříme o tzv. piconetu (pikosíti). Maximální počet zařízení v jedné pikosíti je 8 (jedna řídící stanice a až 7 podřízených). Stanice náležící do jedné pikosítě může zároveň patřit do jiné pikosítě. Jedná se tedy o rozšíření sítě mezi zařízeními. Takto vytvořenou síť nazýváme tzv. scatternet (rozprostřená síť). V každé rozprostřené síti má každá pikosít unikátní identifikátor – je jím BD\_ADDR její řídící stanice. Díky rozlišení jednotlivých pikosít pak může každá tato síť využívat jiné skokové sekvence (frekvenčních kanálů na kterých se vysílají/přijímají data) [AC, str. 20].

## 2.4 Technologie ZigBee

Zigbee je bezdrátová technologie, založená na standardu IEEE 802.15.4. Je určena pro vytváření sítě PAN (osobní síť) a pracuje v pásmu ISM 868 MHz, 902-928 MHz a 2,4 GHz [A].

### **Zařízení v ZigBee síti**

ZigBee standard specifikuje 2 typy zařízení – FFL (Full Function Device) a RFD (Reduced Function Device). FFL zařízení je obvykle schopné mnoha funkcí a je stále aktivní, zatímco RFD se nachází většinu času v režimu spánku, ze kterého se občas probudí, například aby odeslalo hodnoty neměřené na nějakém senzoru.

V síti pak každé ze zařízení plní některou ze 3 funkcí:

- Koordinátor
- Koncové zařízení

- Směrovač

### Topologie sítě

Na základě definovaných zařízení pak existují 3 možné topologie ZigBee sítě:

- Hvězda
- Strom
- Mesh síť [AG, str.5]

### ZigBee Model

ZigBee podobně jako Bluetooth definuje komunikaci na všech úrovních modelu ISO/OSI, nekopíruje však přesně jednotlivé vrstvy. První 3 vrstvy modelů ISO/OSI a ZigBee si odpovídají, ale vrstvy L4-L7 jsou spojené do vrstev APS (Application Support) a ZDO (ZigBee Device Object). [AH, str. 42]

Thread, WeMo, ZigBee and Z-Wave (<https://www.tomsguide.com/us/smart-home-wireless-network-primer,news-21085.html>)

## 3. Vestavné systémy a vývojové prostředky

Následující část je shrnutím současného stavu v oblasti vestavných systémů a Python knihoven pro vývoj GUI aplikací. Není encyklopedickým výkladem problematiky, ale souhrnem informací, které mají k práci bezprostřední vztah. Nejprve je zde úvod do vestavných systému, následně je pojednáno o platformě Raspberry Pi, modulech ESP8266 a ESP32 a nakonec o možnostech programování GUI pomocí Python knihoven.

### 3.1 Vestavný systém

Vestavný systém můžeme definovat jako software spolu s počítačem, zabudovaným do nějakého zařízení takovým způsobem, že jej uživatel nevidí jako počítač [E, str.3]. Tento počítač je většinou jednoúčelový, určený pro předem navržené použití. Tím se liší od univerzálních počítačů, které mohou poskytovat různé funkce a jejichž uplatnění se může měnit (například osobní počítač) [F, str. 3].

### Historie

Po objevení polovodičů a zejména po vynálezu tranzistoru a integrovaného obvodu se začali

vedle mechanických systémů objevovat systémy elektronické. Ty přinesli mnohá vylepšení. Oproti mechanickým systémům byli znatelně jednodušší na návrh, lehčí, menší a rovněž bylo odstraněno mechanické opotřebení, které bylo u mechanických systémů problémem. I přes výhody, které číslicové systémy přinášeli zde však byli některé vážné nedostatky. Například podobně jako u mechanických systémů, i zde je často nutné při přidání nějaké funkcionality navrhnout znovu celý systém (zejména celý návrh desky plošných spojů).

Velké změny v návrhu systémů způsobil rozvoj integrovaných obvodů, zejména mikroprocesorů. Dosud bylo totiž potřeba pro každou aplikaci vytvořit vlastní systém „na míru“. S programovatelnými paměťmi, které bylo možné připojit k mikroprocesorům, případně které byli součástí mikrokontrolerů však tento problém odpadl a samotný návrh systému se přesunul do jeho popisu. Systém totiž vzniká jeho programováním, což je svým způsobem samotný popis systému. Zde jde konečně mluvit o vestavěném systému, protože zde máme hardware (počítač) i software, které společně vytváří nějaký celek, který se navenek uživateli jeví jako jednoúčelové zařízení. Vestavěné systémy mají oproti číslicovým a mechanickým systémům mnoho výhod. Kromě již zmíněného usnadnění návrhu jsou tyto systémy rovněž snadno rozšiřitelné – stačí do systému pouze nahrát nový kód a není potřeba vytvářet úplně nový návrh systému, jako tomu bylo dříve. Hromadná výroba a rozsah použití těchto systémů také způsobil značný pokles ceny oproti dříve zmíněným systémům.

Základním prvkem vestavěných systémů je jedno, či více číslicové zařízení, které se chová jako mozek celého systému a řídí jeho činnost. Typicky se jedná o mikroprocesor, mikrokontroler nebo digitální signálový procesor [H, str. 1].

### **Architektura řídicího zařízení**

Při návrhu systému se využívá jedna ze dvou architektur:

- Von Neumannova architektura
- Harvardská architektura

Hlavním rozdílem je způsob práce s pamětí. Ve Von Neumannově architektuře je paměť pro program i data spojená do jedné paměti, v Harvardské architektuře je pak rozdělena.

Mikroprocesor (CPU) je programovatelné elektronické výpočetní zařízení, určené pro všestranné použití. Jedná se o čip, obsahující 3 základní součásti:

- Aritmeticko-logickou jednotku

- Řídící jednotku
- Registry [I, str. 18–19]

Mikroprocesor sám o sobě je z hlediska vestavěných systémů relativně jednoduché zařízení, které pro funkci systému potřebuje připojit některé další součásti, jako jsou paměti (RAM a ROM), čítače, časovač a podobně. Návrhář tedy musí tyto součásti přidat externě, aby zařízení fungovalo správně. Systémy, zahrnující mikroprocesory jsou obvykle založeny na Von Neumannově architektuře [J].

Mikrokontrolér je zařízení, které na rozdíl od mikroprocesoru má již všechny součásti, potřebné pro svoji činnost v sobě. Obvykle využívá Harvardské architektury [J].

### 3.2 Jednodeskový počítač Raspberry Pi

Zařízení Raspberry Pi je levný univerzální počítač malých rozměrů. Poskytuje široké možnosti v oblasti multimédií a 3D grafiky, předpokládá se, že bude časem využíván i jako herní platforma.

Název Raspberry Pi vytvořila komise dozorčí rady. Slovo Raspberry je vzato jako název ovoce (malina), jak už je u počítačových systémů zvykem nazývat podle ovoce. Slovo “Pi” označuje zkráceně “Python” - programovací jazyk, který měl být původně jediným programovacím jazykem dostupným na platformě Raspberry Pi [AA].

#### **Historie**

Raspberry Pi vzniklo v r. 2006 za přispění studijního ředitele pro informatiku na Cambridgeské univerzitě za účelem lokálních potřeb. Měl to být nástroj, který by poskytl prvotní impuls studentů k nějakému z univerzitních kurzů.

### 3.3 Moduly ESP8266 a ESP32

Jedná se o levný mikročip, disponující Wi-Fi stackem, schopný provozu RTOS (realtime operačního systému). Je založen na 32bitovém procesoru s architekturou RISC [AE].

ESP32 je nástupce ESP8266. Kromě komunikace přes Wi-Fi umožňuje rovněž komunikaci pomocí Bluetooth, díky hybridnímu Wi-Fi/Bluetooth čipu [AF].

Specifications	ESP8266	ESP32
MCU	Xtensa® Single-Core 32-bit L106	Xtensa® Dual-Core 32-bit LX6 600 DMIPS
802.11 b/g/n Wi-Fi	Yes, HT20	Yes, HT40
Bluetooth	None	Bluetooth 4.2 and below
Typical Frequency	80 MHz	160 MHz
SRAM	160 kBytes	512 kBytes
Flash	SPI Flash , up to 16 MBytes	SPI Flash , up to 16 MBytes
GPIO	17	36
Hardware / Software PWM	None / 8 Channels	1 / 16 Channels
SPI / I2C / I2S / UART	2/1/2/2	4/2/2/2
ADC	10-bit	12-bit
CAN	None	1
Ethernet MAC Interface	None	1
Touch Sensor	None	Yes
Temperature Sensor	None	Yes
Working Temperature	- 40°C – 125°C	- 40°C – 125°C

Tabulka 1 – srovnání specifikace modulů ESP8266 a ESP32 <sup>5</sup>

### 3.4 Python knihovny pro vývoj GUI

K programování grafického uživatelského rozhraní existuje mnoho různých knihoven. Pro jazyk Python se nejčastěji používá některá z následujících knihoven:

- Kivy
- Tkinter
- Qt

#### Tkinter

Knihovna tkinter je základní knihovna pro tvorbu okenních aplikací. Na rozdíl od ostatních knihoven je již obsažená v samotném jazyce Python, nemusí se tedy dodatečně instalovat [AL]. Používání knihovny je tedy zdarma.

Doporučuje se zvláště začátečníkům pro svou jednoduchost. Pro plnohodnotné využití je možné ke knihovně stáhnout dodatečné moduly [AM].

#### Kivy

Knihovna Kivy patří mezi multiplatformní knihovny. Dle oficiálních stránek knihovny je možné vytvářet aplikace běžící na následujících zařízeních:

---

<sup>5</sup> <https://www.cnx-software.com/2016/03/25/esp8266-and-esp32-differences-in-one-single-table/>



- Desktopové počítače: OS X, Linux a Windows
- IOS zařízení: iPad a iPhone
- Android zařízení: tablety a telefony
- Jakékoli jiné dotykové zařízení, podporující TUIO (Tangible User Interface Objects) [AJ]

Knihovna přináší mnoho různých aspektů, které dle autorů knihovny mají zjednodušit tvorbu grafického rozhraní, obsluhu událostí a podobně.

Ke knihovně rovněž patří zvláštní jazyk (nazvaný stejným jménem jako knihovna – jazyk Kivy). Jedním z jeho cílů je oddělení zodpovědnosti za prezentaci (zobrazení) a logiku programu [AK]. Zobrazení je dáno právě souborem kv (napsaném v jazyce Kivy) a logika souborem s Python kódem.

Podobně jako tkinter, je i tato knihovna nabízena zdarma. Musí se však na rozdíl od tkinteru instalovat dodatečně.

## 4. Zhodnocení současného stavu a plán práce

### 4.1 Současný stav

Na trhu se v současné době nachází velké množství systémů. Z těch, které jsem popsal v části o existujících řešení je nejrozvinutějším systémem ten od společnosti Loxone. Zabírá opravdu širokou škálu možností a jen stěží by se hledala aplikace, pro kterou by nebyl vhodný. Kromě komplexnosti u něj oceňuji rovněž českou jazykovou lokalizaci. V češtině je k dispozici jak aplikace na ovládání (Loxone App), tak rovněž program pro konfiguraci systému (Loxone Config). Čím mě Loxone mile překvapilo je, že jsem si jejich aplikaci Loxone App mohl vyzkoušet v demoverzi i bez zakoupených komponent.

Jako nevýhodu Loxone vidím příliš vysokou cenu. Uživatel, který si chce nainstalovat pár chytrých zařízení bude zřejmě překvapen cenou. Například při pořízení 3 chytrých zásuvek a miniserveru (který je k ovládání zásuvek potřebný) zaplatí přibližně 15 000 Kč. Přitom adekvátní řešení od jiných firem, jako sonoff bude stát necelé 3000 Kč, což je velký rozdíl – a při rozšiřování domácnosti o další prvky tento rozdíl znatelně roste. Na druhou stranu, pokud uživatel staví nový dům, může řešení od Loxone stát srovnatelnou cenu, jako konkurenční „neinteligentní“ instalace. Jako další nevýhodu vidím to, že celkově je instalace systému orientovaná spíše pro profesionální montáž pro pracovníky s příslušnou klasifikací (většina produktů je určena k zabudování do rozvaděče, příp. ke komunikaci s moduly v něm).

Celkově je však řešení od Loxone na hodně vysoké úrovni.

Řešení od firmy Jablotron je jistě zajímavé jejich dvoutlačítkovými (rozšiřitelnými) segmenty. Zdá se mi však nepraktické spojovat přístupovou klávesnici do domu s prvky automatizace domácnosti. Navíc rozhraní pro ovládání domácnosti a alarmu v aplikaci MyJablotron se snaží napodobovat onu klávesnici, což příliš k přehlednosti nepřispívá. Na druhou stranu pro uživatele, jehož hlavní požadavek je zabezpečení objektu a pouze doplňková automatizace domácnosti (jako rozsvícení světel při odjištění domu) budou systémy od firmy Jablotron ideální.

Systém HomeKit je zajímavý v tom, že zde není potřeba žádný „speciální“ centrální prvek – pokud již uživatel vlastní například iPhone (či jiný produkt, který zastoupí funkci centrálního prvku). Nevýhodou je to, že aby byl systém ovladatelný globálně, tak je potřeba přeci jen mít v domácnosti nějaký prvek, co bude domácnost řídit. A pokud uživatel již nějaký nevlastní, tak se stává další investicí. Co je na systému HomeKit pozitivní je jeho nízká cena – ve srovnání se systémy od společnosti Loxone či Jablotron. Systém HomeKit se rozrůstá a má velkou podporu v rozmanitosti produktů. A na rozdíl od předchozích zmíněných systémech je více orientovaný na běžné uživatele. Jednou z nevýhod je zde to, že je systém orientovaný zejména na bezdrátovou komunikaci, která samozřejmě někdy může být méně spolehlivá. Tím spíše že mnoho produktů komunikuje pouze pomocí Bluetooth, uživatele si tedy musejí hlídat dosah zařízení.

Systém HomeConnect přináší zajímavý pohled na automatizaci domácnosti. Zatímco některé systémy umožňují automatizovat domácnosti například chytrými zásuvkami či spínači, HomeConnect ve spolupráci s jinými společnostmi vyvíjí přímo spotřebiče s prvky chytré domácnosti, čímž tyto spotřebiče obsahují mnohem více „intelligence“, na rozdíl od pouhého „zapínání/vypínání“. Nicméně nevýhodou je zde příliš malý sortiment produktů, a tudíž jednoúčelová aplikace navíc, kterou stejně musejí uživatelé doplnit o další aplikace, chtějí-li například rovněž ovládat zásuvky, světla či rolety. Kromě toho je rovněž cena produktů dost vysoká.

...

## 4.2 Návrh řešení

Na základě výzkumu dostupných řešení a jejich zhodnocení jsem se rozhodl vyvinout systém,

který bude mít některé základní funkce automatizace. Především zde bude řešeno dálkové ovládání jednoho zařízení druhým, jelikož to je zadání mé bakalářské práce. Tato funkce bude dostupná jak pro ovládání jednotlivých zařízení v systému, tak pro hromadné nastavení (formou scénářů, jako je tomu u některých jiných systémů, jako HomeKit od společnosti Apple).

V práci tedy bude nutné zvolit vhodné vestavné zařízení, které bude sloužit jako ovládací část systému a také zařízení, které bude přijímat povely. Rozhodl jsem se, že přijímající zařízení bude modul se vstupně výstupními porty, přes které bude možné ovládat jiná zařízení. Bude tedy nutné k tomuto modulu připojit relé pro možnost ovládání zapnutí a vypnutí zařízení připojeného k tomuto modulu. K modulu budou připojeny rovněž tranzistory pro možnost použití PWM modulace na výstupu (takový výstup pak bude sloužit pro stmívání světel, zejména LED pásku či bodových LED světel na 12 V).

Mým řešením bych chtěl přispět k již existujícím řešením, zvláště v řadách open source projektů. Chtěl bych je doplnit o řešení, které bude svými vlastnostmi určeno spíše pro DIY automatizaci domácnosti, poskytující jednoduchý systém pro ovládání mnoha zařízení pomocí jednoho modulu a displeje. Dalším důvodem mé práce je, že bych si chtěl vyzkoušet celý návrh a realizaci systému automatizace domácnosti, který bych následně mohl sám využívat.

Při práci budu využívat již existující moduly a jednodeskový počítač (který bude sloužit jako „mozek“ systému), které však naprogramuji a vhodným způsobem doplním o některé elektronické součástky (jako zmíněné relé, či tranzistor). Práce se však nebude zabývat konstrukčním návrhem prvků systému, ani návrhem DPS pro hotový systém. Pro případně spojení komponent systému budou použita nepájivá kontaktní pole.

#### 4.3 Cíle práce

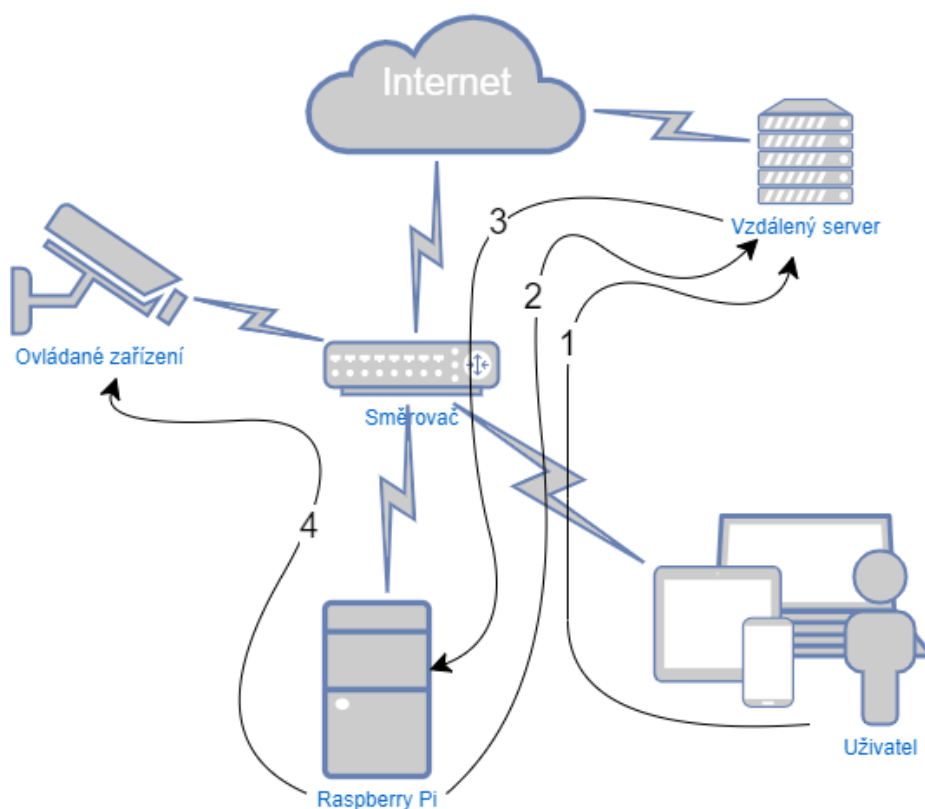
Na základě předchozích úvah jsem se rozhodl, že vytvořím systém, který bude splňovat následující vlastnosti:

- Bude zvoleno vhodné vestavné zařízení, které bude sloužit jako ovládací část systému
- Pro ovládací část bude kromě vestavného zařízení zvolen displej patřičných rozměrů, aby byl systém přehledný a mohl sloužit jak pro ovládání, tak pro běžný přehled o stavu zařízení v systému
- K implementaci bude zvolen vhodný programovací jazyk a příslušné knihovny

- Bude podporována funkce přímého ovládání výstupů ovládaných modulů
- Dále zde bude funkce scén, podobně jako v systému \*\*\*, pomocí které bude možné nastavit více zařízení současně
- Nakonec zde bude také možnost automatizace na základě stanovených, jednoduchých podmínek
- Systém bude obsahovat českou jazykovou lokalizaci
- Pomocí systému bude možné ovládat jednu domácnost
- Bude zvolena vhodná technologie bezdrátového přenosu tak, aby byl systém co nejjednodušší na implementaci
- Systém bude možné ovládat jak lokálně, tak i globálně
- Projekt bude uvolněn jako open source, čímž bude cena systému jako takového minimální (daná pouze cenou použitých zařízení)

## 5. Realizace a testování

### 5.1 Architektura systému



## 5.2 Aplikace pro Raspberry Pi

### Konfigurace Raspberry PI

Jak již bylo zmíněno, bude počítač Raspberry Pi v systému figurovat jako centrální jednotka. Nebude se však jednat o zařízení běžící jen někde v pozadí, ale bude vybaven displejem pro samotné ovládání domácnosti.

Za účelem ovládání je potřeba nakonfigurovat Raspberry Pi tak, aby se skutečně jevil jako vestavný systém a uživatel s ním neinteragoval jako s počítačem, ale jako s jednoúčelovým zařízením. Vyhneme se tak i tomu, že systém bude nestabilní/zranitelný. Za tímto účelem je tedy potřeba následující:

- Aplikace se musí (v grafickém módu) bez požadavku uživatele zapnout ihned po spuštění Raspberry Pi
- Aplikace musí běžet v celoobrazkovém režimu
- Veškerá potřebná nastavení systému (zejména jde o připojení k síti Wi-Fi) musí být prováděna přímo v aplikaci a nikoli v nastavení operačního systému
- Jelikož se bude jednat o open source řešení, tak uživatel přesto bude muset mít možnost aplikaci ukončit

Spuštění aplikace ihned po spuštění OS jde zajistit několika způsoby. Jeden z nich, který použiji spočívá v úpravě souboru „/etc/rc.local“. Otevřu jej v konzoli s právy administrátora pomocí editoru nano:

```
sudo nano /etc/rc.local
```

Následně na konec souboru připojím příkaz pro spuštění python skriptu (opět s právy administrátora) a připojím ampersand, aby skript neblokoval činnost OS, ale byl spuštěn na pozadí:

```
sudo python /home/pi/sample.py &
```

Spouštění v celoobrazkovém režimu zajistíme použitím framework Kivy pro tvorbu grafického uživatelského rozhraní, který aplikace standardně spouští v celoobrazkovém režimu a není potřeba nic dodatečně nastavovat. Pokud by se však aplikace spouštěla v okně

---

<sup>6</sup> Vlastní obrázek

(například při aktualizaci knihovny kivy), bude potřeba upravit konfigurační soubor kivy, viz následující část „konfigurace kivy pro vyhovující GUI aplikace“.

Připojení k WiFi zajistím programově konkrétní implementací, viz dále v části **Realizace**.

### **Konfigurace kivy pro vyhovující GUI aplikace**

Knihovna Kivy není standardní součástí jazyka Python, musel jsem ji tedy nainstalovat dodatečně, podle oficiálních stránek této knihovny<sup>7</sup>.

Na zvoleném displeji nepřijímala aplikace doteky jako vstup. Musel jsem tedy upravit konfigurační soubor knihovny kivy (/home/pi/.kivy/config.ini). Sekci [input] bylo třeba nahradit instrukcemi:

```
mouse = mouse
mtdev_%(name)s = probesysfs,provider=mtdev
hid_%(name)s = probesysfs,provider=hidinput
```

V tomto souboru bylo potřeba rovněž v sekci [graphics] nastavit, aby se aplikace spouštěla ve full-screen módu a

```
fullscreen = 1
```

Rovněž bylo potřeba v této sekci nastavit, aby se nezobrazoval kurzor myši (nepůsobí to totiž dobrým dojmem – uživatel by měl mít ze zařízení podobnou zkušenost, na jakou je zvyklý z mobilní aplikace):

```
show_cursor = 0
```

Nakonec jsem ještě v sekci [graphics] nastavil rotaci aplikace – rozhodl jsem se totiž, že bude aplikace běžet v „portrétovém“ módu:

```
rotation=90
```

### **Funkce aplikace**

Před samotným návrhem grafického uživatelského rozhraní je potřeba stanovit veškeré funkce systému.

Rozhodl jsem se, že systém bude obsahovat všechny důležité funkce, které budou nutné pro

---

<sup>7</sup> <https://kivy.org/doc/stable/installation/installation-rpi.html>

plně funkční, rozšiřitelný systém ovládání (případně automatizace) domácnosti. Bude tedy obsahovat 3 základní funkce:

- Okamžité nastavení stavu některého ze zařízení (například okamžité zapnutí konkrétního světla)
- Nastavení scény (jako doma, v práci, film, večer...)
- Nastavení podmínek, za kterých dojde k určité akci (pokud je venku světlo, natoč žaluzie)

Dále v aplikaci bude správa zmíněných scén (přidávání, úprava, mazání), stejně tak podmínek a jednotlivých zařízení.

Kromě těchto základních funkcí samozřejmě musí mít aplikace funkční části, jako přihlašování a registrace uživatelů, správa domácnosti a jejích prvků a různá nastavení.

### **Rozvržení a grafický návrh aplikace**

Aplikace bude rozdělena na několik samostatných částí (oken), mezi kterými bude uživatel přecházet. Jako úvodní obrazovka při prvním spuštění se zobrazí stránka, na které si uživatel zvolí Wi-Fi síť ke které se má Raspberry Pi připojit. Dalším oknem bude přihlašovací okno. Zde bude možnost se rovněž dostat k registraci. Po přihlášení se uživatel dostane do hlavního okna aplikace, s přehledem o jednotlivých místnostech a možnosti aktivovat/deaktivovat pravidla automatizace. Také zde bude menu, přes které se bude možné dostat do správy místností, správy zařízení, správy podmínek a nastavení aplikace.

### **Volba Wifi Sítě**

Zde uživatel pouze zvolí SSID přístupového bodu, vypíše heslo a stiskne tlačítko k připojení. Pokud se již na daném Raspberry Pi uživatel někdy připojoval k Wi-Fi (například pokud již bylo zařízení využíváno k jiným účelům a uživatel tam aplikaci nainstaluje) a zvolí dané SSID, doplní se automaticky heslo samo (z konfiguračního souboru `wpa_supplicant.conf`, obsahujícího hesla všech uložených Wifi sítí). Je důležité, aby měl uživatel možnost vybrat síť, i kdyby byl v tu chvíli již k nějaké připojený, protože automatizace bude fungovat v rámci jedné konkrétní Wifi sítě – a jelikož může mít uživatel v dosahu více dosažitelných sítí, je potřeba zvolit, ve které bude vytvořena síť ovládaných zařízení. Dále zde ještě bude tlačítko pro opětovné skenování sítě (pro případ, že by z nějakého důvodu jeho přístupový bod nebyl nalezen – například při slabším signálu). V případě že se nejedná o první spuštění, tak se program pokusí automaticky připojit k Wi-Fi síti, ke které byl připojen při posledním spuštění

a tato úvodní obrazovka se uživateli vůbec neukáže. Toho je dosaženo tak, že bude uložený údaj o Wifi v konfiguračním souboru aplikace. Samozřejmě bude později v aplikaci změnit Wifi síť.

### **Přihlašování**

Jak již bylo naznačeno, aplikace se bude připojovat ke vzdálenému serveru, který bude centrálně spravovat uživatele. Za tímto účelem bude mít každý uživatel svůj účet. Po úspěšném připojení k síti se tedy uživatel dostane na novou stránku s přihlášením do svého účtu. Zde vyplní uživatelské jméno a heslo. Případně zde bude tlačítko pro registraci nového uživatele. Jelikož obvykle není důvod, aby se uživatel z takové aplikace odhlašoval, zůstane trvale přihlášen, dokud se explicitně neodhlásí v menu aplikace a při příštím spuštění se (podobně jako v případě připojení k Wi-Fi síti) uživatel přihlásí do posledně přihlášeného účtu – nemusí tedy údaje zadávat po každém vypnutí zařízení (Někde zmínit že zařízení bude určeno k trvalému zapnutí – bude se vypínat jen výjimečně!!!). Nakonec zde bude tlačítko pro návrat zpět k volbě Wifi sítě.

### **Registrace**

Na stránce registrace budou podobně jako na přihlašovací pouze 2 vstupní pole – zvolené přihlašovací jméno (email uživatele) a heslo. Po jejich vyplnění uživatel své údaje potvrdí tlačítkem a pokud nedojde k žádné chybě (jako zadání již existujícího emailu), dostane se opět na přihlašovací stránku. V opačném případě se mu ve vyskakovacím okně zobrazí potvrzovací upozornění o chybě. Opět zde bude rovněž tlačítko pro návrat zpět (k přihlášení)

### **Domovská obrazovka**

Po přihlášení se uživatel dostane na domovskou stránku své domácnosti. Zde bude obrazovka rozdělena na 3 pomyslné části. V první budou vlevo dvě záložky („Přehled“ a „Podmínky“), kterými bude uživatel přepínat mezi přehledem místností a aktivací podmínek. Napravo pak bude tlačítko pro rozvinutí vysunovacího menu z levé strany (popisek tlačítka se při otevření menu změní na „Zavřít“ s odpovídající funkcí).

Pod touto první částí bude „hlavní“ část aplikace. Půjde v podstatě o jádro aplikace, protože se zde bude program nacházet nejčastěji. V případě že bude aktivována záložka „Přehled“, pak v této hlavní části bude přehled jednotlivých místností a zařízení jim přiřazeným. Jednotlivé místnosti budou zobrazené v řádcích pod sebou. Každá bude mít přiřazené pozadí

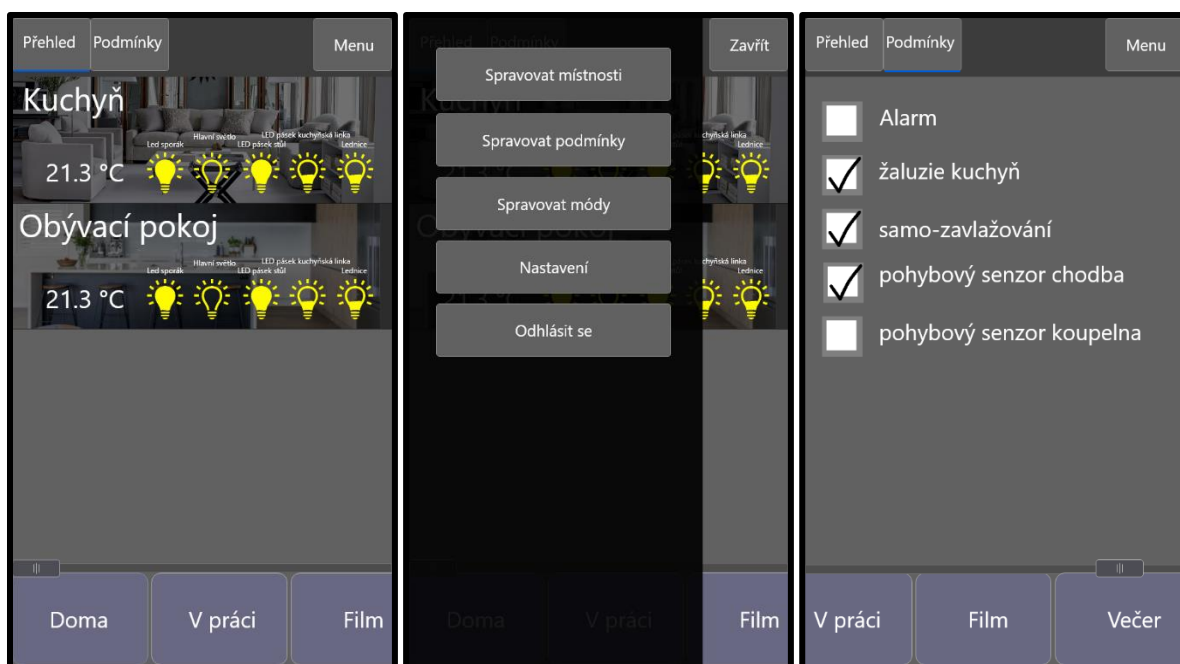


(to si uživatel volí při vytváření místnosti) a název.

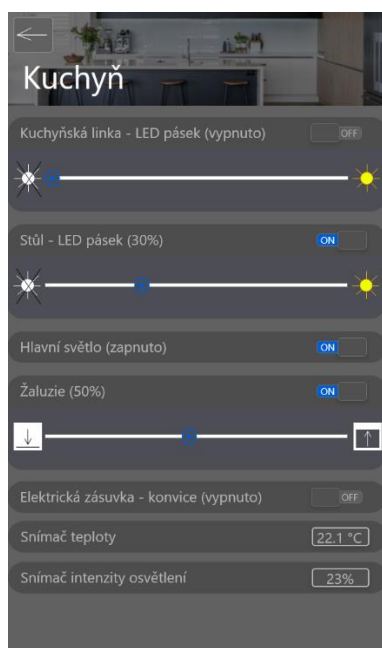
Dále bude pro každou místnost zobrazena teplota (bude-li mít přiřazeno zařízení se snímačem teploty), vlhkost (opět, bude-li v místnosti zařízení se snímačem vlhkosti) a nakonec seznam čidel a výstupů. Bude-li těchto zařízení méně než 5, budou v řadě vedle sebe s pevnou pozicí. Bude-li jich mít místnost přiřazených více, budou umístěny na posuvném panelu tak, že bude současně zobrazeno vždy 5 zařízení. Nad každým zařízením bude malým písmem název každého se zařízení (jako například „LED stůl“, „světlo sporák“, „žaluzie“ apod).

Pokud uživatel aktivuje záložku „Podmínky“, tak se hlavní část aplikace změní na seznam podmínek (opět v řádcích pod sebou, podobně jako u seznamu místností), definovaných uživatelem. Pro každou podmínku se zde bude nacházet zaškrtačací políčko pro volbu, zda je pravidlo aktivní (například někdy uživatel bude chtít, aby některé podmínky platily jen když je doma a podobně), vedle něj název pravidla, který uživatel zadává při vytváření (příp. editaci) pravidla a dále tlačítko pro otevření detailu pravidla. Tento detail bude sloužit pro zobrazení celé podmínky tak, jak je definovaná (v přehledu podmínek jsou kvůli přehlednosti pouze názvy), případně k úpravě či smazání.

Jak přehled místností, tak i přehled podmínek bude mít vyhrazený prostor tak, aby pod těmito přehledy zůstalo ještě místo na třetí část domovské stránky. V této menší části budou tlačítka s názvy módů, kterými uživatel může nastavit žádaný režim domácnosti. Ty se nebudou skládat v řádcích, ale naopak ve sloupcích. Pokud jich bude více než 5, budou opět na posuvném panelu.



## Detail místnosti



## Nastavení

V nastavení aplikace bude možné ovlivnit některé vlastnosti aplikace. Například půjde nastavit, aby se po přepnutí záložky na „Podmínky“ po minutě nečinnosti aplikace přepnula zpět na přehled místností (pro případ, když uživatel „zapomene“ přepnout záložku zpět, aby i tak až příště půjde okolo zařízení měl přehled).

## Správa místností

...

## **Správa podmínek**

...

## **Správa módů**

...

## **Způsob ukládání dat**

V systému ovládání domácnosti je třeba nějakým způsobem zajistit persistenci dat. Toho je možné dosáhnout buď ukládáním informací do textového/binárního souboru či využitím některého databázového systému. K implementaci jsem se rozhodl využít druhé možnosti, tedy databázový systém, a to zejména kvůli snazší správě a rychlejšímu zpracování dat.

Na výběr existuje mnoho různých databázových systémů. Buďto je možné vybírat mezi relačními nebo tzv. NoSQL databázemi.

Při návrhu systému jsem musel zvážit, kde budou data uložena. Nabízejí se totiž celkem 3 možné řešení:

- Na Raspberry Pi
- Na vzdáleném serveru
- Na obou zmíněných zařízeních

První řešení by představovalo problém kvůli neveřejným (privátním) IP adresám, které má přiřazena většina domácností. Aby bylo Raspberry Pi a jeho databáze přístupné globálně ze sítě internet, bylo by zapotřebí, aby si uživatel u svého poskytovatele objednal veřejnou IP adresu. Ne každý poskytovatel internetového připojení ji nabízí, a i když ano, tak by se veřejná IP adresa stala dalším výdajem pro uživatele takového systému. A to nikoli jednorázovým, ale měsíčním. Takový systém by nepůsobil dobrým dojmem. Kromě toho i kdyby uživatel veřejnou IP adresu měl, tak by se muselo jednat o statickou adresu, jinak by tu byl další problém v podobě měnící se adresy, ke které by se nebylo možné spolehlivě připojovat. Nakonec i kdyby si uživatel připlatil (případně již měl) veřejnou, statickou IP adresu, tak je tu ještě jedna obtíž. Pro dosažení databáze v Raspberri Pi by bylo nutné v administraci směrovače nastavit přesměrování portu na Raspberry Pi. Chtěl bych však vytvořit sytém, který by byl z hlediska počáteční konfigurace co nejjednodušší.

U druhého řešení se mohou vyskytnout dva základní problémy. Prvním jsou možné problémy s bezpečností dat, jelikož jsou zde uživatelé spravováni centrálně na serveru. Druhý problém pak může představovat latence, tedy zpoždění mezi příkazem k úpravě databáze a provedením změn v ovládané domácnosti.

Poslední řešení může vyřešit jak nedostatky prvního řešení, tak problém latence druhého řešení. Raspberry Pi by mělo svoji vlastní databázi (v lokálním úložišti pro plnění příkazů) se kterou by komunikovalo a tu by následně zrcadlilo do veřejné. Z této veřejné databáze by pak rovněž získávala aktualizovaná data (pro možnost globálního ovládání přes internet). Jelikož je tu Raspberry Pi v roli klienta, který se databáze na straně serveru dotazuje a rovněž mu posílá aktualizace, není tu žádný problém s potřebou vlastnit veřejnou (či statickou) IP adresu na straně uživatele. Tato duplicitní databáze má za výhodu i to, že systém bude fungovat i při jakýchkoli problémech s připojením k internetu (kolísání rychlosti, případná odpojení).

Jelikož by v tomto řešení byla data na dvou místech současně (v lokálním úložišti Raspberry Pi pro plnění příkazů a zároveň na veřejném serveru pro možnost globálního ovládání přes internet), bylo by nutné řešit aktuálnost dat. Při výpadku připojení by totiž mohl být v obou databázích jiný stav, a to v případě že by během výpadku byl měněn, ať už vzdáleně – zásahem do databáze na serveru, nebo lokálně – zásahem do databáze v Raspberry Pi. Pro tyto případy by tedy bylo nutné v databázi uchovávat „nadbytečný“ (nejlépe časový) údaj každé akce a na základě ní řešit konflikty a provádět úpravy v databázích.

Já jsem se rozhodl pro druhé řešení, tedy pro databázi pouze na straně serveru. Vyhnu se tak jak problémům s „veřejností“ IP adres, tak problému aktuálnosti dat. Nedostatkem sice bude, že v případě problémů s připojením k internetu nebude signál fungovat, nicméně pro správnou funkci mého systému předpokládám že samotné Raspberry Pi bude umístěno v dosahu WiFi, takže problémy s připojením by měly být minimální. Zabezpečení dat pak zajistí použitý systém, kterým bude Firebase database, realtime databáze od společnosti Google, která umožňuje nastavit přístupová pravidla k databázi. Nakonec latence bude záležet na konkrétní implementaci a bude potřeba ji vyhodnotit v hotovém systému, zda je vyhovující.

## **Implementace**

Detaily implementace....

### 5.3 Volba a konfigurace veřejného serveru

Jelikož jsem si vytkl za cíl vytvořit systém, který bude umět komunikovat nejen v lokální síti, ale i dálkově mimo ni, bude za potřeby vytvořit veřejnou část systému. Zde se mi nabízely v podstatě dvě možná řešení:

- Vytvořit program na virtuálním privátním serveru, který by v reálném čase zpracovával požadavky klientů (Raspberry Pi) a reagoval na ně
- Nebo použít databázi (s případnou webovou aplikací, která se postará o obsluhu klientů a komunikaci s databází)

První řešení by bylo sice z pohledu zpracování dat rychlejší (Raspberry Pi by mohlo udržovat trvalé spojení se serverem a v reálném čase by si vyměňovalo informace), ovšem za cenu vyšších provozních nákladů a složitějšího kódu. Cena pronájmu VPS od českých firem se pohybuje v řádu stovek korun měsíčně. Případnou levnější variantou by bylo provozovat takový server přímo na Raspberry Pi. Potom by zcela odpadla nutnost řešit nějaký vzdálený server i přesto, že by byl zachován vzdálený přístup. Výhodou by pak bylo, že by nebylo nutné nijak zrcadlit databázi z Raspberry Pi na server, ani mít jen databázi na serveru (jak bylo řešeno v části „Způsob ukládání dat“), ale samotné Raspberry Pi by bylo jediným místem, kde by data byla uchovávána. To by s sebou přinášelo i větší bezpečnost dat, jelikož by uživatelé nebyli nijak centrálně spravováni (jako v případě veřejného VPS nebo webové stránky s databází). Toto řešení ovšem naráží na problém.

Ne každá domácnost má k dispozici veřejnou IP adresu (a někteří poskytovatelé internetového připojení ji dokonce ani nenabízejí) a její případné pořízení se pak stává dalším výdajem. Pokud pak domácnost veřejnou IP adresu má, muselo by jít o adresu statickou, jelikož dynamická by komplikovala vzdálené připojování. Kromě toho by toto řešení přinášelo další konfigurace v administraci směrovače, čemuž se dá vyhnout.

Druhé řešení serveru v podobě webové aplikace s databází by bylo finančně mnohem úspornější, protože některé firmy nabízejí webhosting a databázi s jistými omezeními zdarma. Vzhledem k tomu, že je cílem mé bakalářské práce vytvořit finančně nenáročný systém, a je žádané aby byl systém snadno konfigurovatelný, rozhodl jsem se, že zvolím druhou variantu, tedy databázi. Při volbě konkrétní služby jsem porovnával různé parametry, zejména kapacitu databáze a její cenu. Nakonec jsem se rozhodl použít real-time databázi

Firebase database od společnosti Google. Tato služba je dostupná ve dvou různých plánech (licencích). Licence zdarma („Spark plan“) zahrnuje uložení pro 1GB dat, což je pro plánované využití více než dostatečné. Je zde však rovněž limit přenesených dat, který pro licenci zdarma činí 10GB/měsíc. Později při testování tedy bude nutné otestovat velikost dat pro „průměrnou“ domácnost (pro odhad na kolik domácností by takový systém stačil) a dále přibližnou velikost dat přenesených za měsíc při aktivním používání. Výhodou je, že je snadné přestoupit na placenou licenci („Blaze plan“), která je standardně zdarma a platí se jen to, u čeho uživatel databáze překročí limit neplacené licence. U placené licence je rovněž možnost zálohy dat každý den. Velkou výhodou této databáze je možnost vzdáleného přístupu, takže není potřeba tvořit na webu žádnou aplikaci jako u jiných databází.

### **Konfigurace serveru**

Založení projektu....

### **Databáze**

Pro databázi bude použita stromová struktura...

### **5.4 Aplikace pro koncové moduly**

Koncové moduly budou v systému hrát úlohu ovládaných zařízení a současně snímat měřené veličiny. Přičemž jako (koncový) modul zde rozumím jednotlivé ESP moduly. Každý z těchto modulů může v sobě obsahovat více různých vstupních i výstupních zařízení, jak již bylo naznačeno dříve.

Koncové moduly mají celkem dvě žádané funkce:

- Obsluhovat uživatelské povely z Raspberry Pi – jako rozsvítit konkrétní světlo, natočit žaluzie apod.
- A odesílat data z připojených snímačů na Raspberry Pi

Je tedy zřejmé, že v prvním případě je ESP modul v roli serveru, který obsluhuje jediného klienta – Raspberry Pi.

Odesílat data na Raspberry Pi se budou v případě, kdy bude k modulu připojen nějaký senzor, jehož hodnotu bude Raspberry Pi potřebovat pro řízení domácnosti či k zobrazení kvůli přehledu (například teplota místnosti). Zde bude potřeba rozlišit dva různé modely odesílání dat, které jsem musel při návrhu aplikace pro ESP moduly zvážit:

- a. Odesílání dat v pravidelných intervalech

#### b. Impulzivní odesílání dat

Odesílání dat v pravidelných intervalech využiji pro senzory, jejichž hodnota se v průběhu času plynule mění a je potřeba ji zaznamenávat. Například může jít o teplotní senzor, jehož hodnotu není potřeba číst po každé maličké změně (impulzivně), ale například každých 10 minut.

Impulzivní odesílání dat se naopak hodí například v případě různých událostí, na které je potřeba okamžitě reagovat. Půjde především o všechny bezpečnostní prvky, jako jsou snímače kouře, zatopení apod.

Pro ještě větší bezpečnost systému jsem se však rozhodl, že i prvky s impulzivním odesíláním dat je potřeba v pravidelných intervalech kontrolovat – pro případ, že by došlo k nějaké chybě a při vzniku dané události nebylo Raspberry Pi informováno.

ESP moduly mají relativně malou paměť, a tak jsem navrhl rozdělit co nejvíce zátěže na Raspberry Pi, které má výkon dostatečný. Proto nebudou tyto moduly obsahovat žádný mechanismus odesílání dat na Raspberry Pi. Místo toho bude o data v daných časových intervalech žádat samotné Raspberry Pi, jak již bylo zmíněno dříve u návrhu aplikace pro Raspberry Pi.

Budu používat synchronní komunikaci-normálně by to vadilo, zde ne (jen jeden klient)

### 5.5 Testování a vyhodnocení

Testy na intuitivnost, latence databáze, množství přenesených dat a velikost databáze....

## 6. Závěr

Cca 1 strana závěr

Náměty na pokračování práce?

Hlasové ovládání

Více domácností

Různá oprávnění u ovládání prvků (například ve firmě se dá využít, nebo jako rodičovský zámek)

Multifunkční stojan-bylo navrhnuo zařízení, ale je potřeba ještě dořešit umístění (na stěně i stole)

Přehrávání multimedií (přes Bluetooth??)

Použití sběrnic ESP – připojení různých senzorů

## 7. Seznam použité literatury

[A] Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee and WiMax

[B] Bezdrátové sítě WiFi (Zandl Patrick)

[C] ITU Radio Regulations (<https://www.itu.int/pub/R-REG-RR/en>)

[D] <https://www.minim.co/blog/wifi-frequency-bands-2.4-ghz-and-5-ghz>

[E] Designing Embedded Systems with PIC Microcontrollers: Principles and Applications (Tim Wilmshurst)



- [F] Embedded Systems: Architecture, Programming and Design (Raj Kamal)
- [G] <https://tfe.cz/ctyrkanalovy-prijimac-rfc4-rx.htm>
- [H] Embedded Systems Circuits and Programming (Julio Sanchez, Maria P. Canton)
- [I] Microprocessor and Interfaces (A.P.Godse, D.A.Godse)
- [J] <https://circuitdigest.com/article/what-is-the-difference-between-microprocessor-and-microcontroller>
- [K] <https://www.arduino.cc/en/guide/introduction>
- [L] Arduino Programming with .NET and Sketch (Agus Kurniawan)
- [M] [http://coolcosmos.ipac.caltech.edu/cosmic\\_classroom/cosmic\\_reference/whatisir.html](http://coolcosmos.ipac.caltech.edu/cosmic_classroom/cosmic_reference/whatisir.html)
- [N] Clinical Optics and Refraction (Andrew Keirl)
- ] The World of Physics (John Avison)
- [P] Electronic, Magnetic, and Optical Materials, Second Edition (Pradeep Fulay, Jung-Kun Lee)
- [Q] Wireless Communications (T. L. Singal)
- [R] Guide to Computer Network Security (Joseph Migga Kizza)
- [S] Home Automation Made Easy: Do It Yourself Know How Using UPB, Insteon, X10 and Z-Wave (Dennis C Brewer)
- [T] <https://www.sciencedirect-com.ezproxy.lib.vutbr.cz/science/article/pii/S1084804517303533>
- [U] <https://www.sciencedirect-com.ezproxy.lib.vutbr.cz/science/article/pii/S0045790615000257>
- [V] <https://www.chytrevypinace.cz/Sonoff-Basic-d1.htm>
- [W] Microwave Engineering (V.S.Bagad)
- [Everything2\_4GHZ] <https://www.wired.com/2010/09/wireless-explainer/>
- [X] <https://www.indiegogo.com/projects/why-2-4ghz-chasing-wireless-history#/>
- [Y] **Síťové aplikace a jejich architektura (Petr Matoušek)**
- [Z] Naučte se Python – pohotová příručka (David Ascher)
- [AA] Raspberry Pi – uživatelská příručka (Eben Upton)
- [AB] Bluetooth Application Developer's Guide (David Kammer, Gordon McNutt, Brian Senese, Jennifer Bray)
- [AC] Wireless Personal Communications: Simulation and Complexity (Mohsen A. M. El-Bendary)
- [AD] Getting started with Bluetooth (Madhushree Ganguli)
- [AE] <https://www.espressif.com/en/products/hardware/esp8266ex/overview>
- [AF] <https://www.espressif.com/en/products/hardware/esp32/overview>
- [AG] Hands-On ZigBee: Implementing 802.15.4 with Microcontrollers (Fred Eady)

- [AH] Zigbee Wireless Networking (Drew Gislason)
- [AI] Analog Communication (A.P.Godse U.A.Bakshi)
- [AJ] <https://kivy.org/doc/stable/gettingstarted/intro.html>
- [AK] <https://kivy.org/doc/stable/guide/lang.html>
- [AL] <http://tkinter.programujte.com/tkinter-whats-tkinter.htm>
- [AM] <https://www.py.cz/Tkinter>
- [T] <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.lib.vutbr.cz/science/article/pii/S1084804517303533>
- [U] <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.lib.vutbr.cz/science/article/pii/S0045790615000257>
- [1] Home automation and wiring (James Gerhart),:  
<https://archive.org/details/homeautomationwi0000gerh/page/n15/mode/2up>
- [2] Alexa, Siri, Cortana, and More: An Introduction to Voice Assistants (Matthew B. Hoy)
- [3] International Journal of Information and Education Technology, Vol. 2, No. 2, April 2012, dostupné online: <http://www.ijiet.org/papers/98-R096.pdf> (Classification of Functions in Smart Home]
- [4] What is a smart device? - a conceptualisation within the paradigm of the internet of things (Manuel Silverio-Fernández, Suresh Renukappa & Subashini Suresh), dostupné online: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40327-018-0063-8#citeas>
- [5] <https://uk.farnell.com/does-the-iot-really-need-the-internet>
- [6] The Conversational Interface: Talking to Smart Devices (Michael McTear, Zoraida Callejas, David Griol):  
[https://books.google.cz/books?id=X\\_w0DAAAQBAJ&pg=PA3&hl=cs&source=gbp\\_selected\\_pages&cad=3#v=onepage&q&f=false](https://books.google.cz/books?id=X_w0DAAAQBAJ&pg=PA3&hl=cs&source=gbp_selected_pages&cad=3#v=onepage&q&f=false)
- [7] <https://www.svetandroida.cz/google-assistant-v-praxi/>
- [8] Článek z konference ICACTE2011: Smart home support of projecting (HAMERNÍK, Peter - MUDRONČÍK, Dušan): <https://asmedigitalcollection.asme.org/ebooks/book/143/chapter-abstract/28168/Smart-Home-Support-of-Projecting?redirectedFrom=fulltext>
- [9] Článek z konference ICICA, uveřejněný v deníku IPCSIT, vol. 24: The Proposal of Support Software System for Smart Home (Peter Hamernik, Dusan Mudroncik, Pavol Tanuska):  
<http://www.ipcsit.com/vol24/25-ICICA2012-A0063.pdf>
- [10] Článek z deníku IJiet, Vol. 2, No. 2, April 2012: Classification of Functions in Smart Home (P. Hamernik, P. Tanuska, D. Mudroncik): <http://www.ijiet.org/papers/98-R096.pdf>
- [11] Článek z konference ICCRD 2013: Home Alarm Automation System with Wireless Reporting (Le Van Duong , Nguyen Hong Duc , Tran Trung Hieu , Nguyen Phan Hong Tien , Tony De Souza-Daw , Trinh Dang): <https://asmedigitalcollection-asme-org.ezproxy.lib.vutbr.cz/>
- [12] Článek z časopisu pro automatizační techniku Automa, 01/2016: „Společnost RS Components a internet věci“

- [13] Inside the Smart Home (Richard Harper):  
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.661.3611&rep=rep1&type=pdf>
- [14] Článek „Google Asistent a čeština – přípravy na každém kroku“, dostupné online:  
<https://dotekomanie.cz/2020/06/google-assistant-zacina-ukazovat-cestinu-aktivace-se-zatim-nedari/>
- [15] Článek „Co to je a jak funguje chytrý dům, chytrý byt a chytrá domácnost?“, dostupné online:  
<https://www.lupa.cz/clanky/co-to-je-a-jak-funguje-chytry-dum-chytry-byt-a-chytra-domacnost/>
- [16] Článek „What Is a Smart Home Hub (And Do You Need One)?“, dostupné online:  
<https://www.pcmag.com/news/what-is-a-smart-home-hub-and-do-you-need-one>
- [17] Článek z časopisu A-Z Elektro, 6.ročník, září/říjen 2015: „Topte s rozumem aneb jak ještě více ušetřit za topení“
- [18] Článek „S funkcí hlasových asistentů se už setkala polovina internetové populace, jen 13 % je aktivně využívá“, dostupné online: <https://www.nielsen-admosphere.cz/press/s-funkci-hlasovych-asistentu-se-uz-setkala-polovina-internetove-populace-jen-13-je-aktivne-vyuziva/>
- [19] Článek „What is the Internet of Things (IoT)?“, dostupné online:  
<https://www.redhat.com/en/topics/internet-of-things/what-is-iot>
- [20] Oficiální web virtuálního asistenta Emma: <https://helloemma.cz/>
- [21] Článek „David Beck (Hello Emma): Nechápu, proč Apple dělá s češtinou pro Siri takové drahoty“, dostupné online: <https://www.lupa.cz/clanky/david-beck-hello-emma-apple-iphone-siri/>
- [22] Návod na aplikaci Zkratky, dostupné online: <https://support.apple.com/cs-cz/HT208309>
- [23] Článek „Hlasová asistentka Alexa má nový skill. Naučila se přehrávat české audioknihy“, dostupné online: <https://www.mobilmania.cz/clanky/hlasova-asistentka-alexa-ma-novy-skill-naucila-se-prehravat-ceske-audioknihy/sc-3-a-1344493/default.aspx>
- [24] Loxone, oficiální stránky: <https://www.loxone.com/cscz/o-nas/mise/>
- [25] „Inteligentní řízení vnitřního klima“, dostupné online:  
<https://www.loxone.com/cscz/produkty/topeni-klimatizace/>
- [26] Loxone Miniserver Go datasheet, dostupné online: [https://www.loxone.com/wp-content/uploads/datasheets/Datasheet\\_MiniserverGo.pdf](https://www.loxone.com/wp-content/uploads/datasheets/Datasheet_MiniserverGo.pdf)
- [27] Loxone Miniserver Gen. 1 datasheet, dostupné online: [https://www.loxone.com/wp-content/uploads/datasheets/Datasheet\\_MiniserverGo.pdf](https://www.loxone.com/wp-content/uploads/datasheets/Datasheet_MiniserverGo.pdf)
- [28] Loxone Miniserver datasheet, dostupné online: [https://www.loxone.com/wp-content/uploads/datasheets/Datasheet\\_MiniserverGo.pdf](https://www.loxone.com/wp-content/uploads/datasheets/Datasheet_MiniserverGo.pdf)
- [29] Loxone „Funkce chytrého domu pro Vaší domácnost“, dostupné online:  
<https://www.loxone.com/cscz/wp-content/uploads/sites/7/2017/10/kontrolni-seznam-pro-stavitele-domu.pdf>
- [30] Loxone leták „Ovládání pomocí Loxone Touch“, dostupné online:  
[https://www.loxone.com/cscz/wp-content/uploads/sites/7/2017/06/Loxone\\_Standard\\_Touch\\_CZ\\_A4.pdf](https://www.loxone.com/cscz/wp-content/uploads/sites/7/2017/06/Loxone_Standard_Touch_CZ_A4.pdf)

- [31] Článek „We Proudly Present: The Miniserver Go! The Loxone Smart Home For Retrofitters!“, dostupné online: <https://www.loxone.com/enen/miniserver-go/>
- [32] Loxone Magazín Create Automation, dostupné online: [https://www.loxone.com/cscz/wp-content/uploads/sites/7/2020/05/Loxone\\_Magazine\\_2020-CZ-web.pdf](https://www.loxone.com/cscz/wp-content/uploads/sites/7/2020/05/Loxone_Magazine_2020-CZ-web.pdf)
- [33] Dokumentace k Loxone Miniserver Go, dostupné online: <https://www.loxone.com/cscz/kb/miniserver-go/>
- [34] Loxone článek „Inteligentní řízení vnitřního klima“, dostupné online: <https://www.loxone.com/cscz/produkty/topeni-klimatizace/>
- [35] Loxone Smart Socket Air Datasheet, dostupné online: [https://www.loxone.com/wp-content/uploads/datasheets/Datasheet\\_SmartSocketAir.pdf](https://www.loxone.com/wp-content/uploads/datasheets/Datasheet_SmartSocketAir.pdf)
- [36] Loxone Tree Extension Datasheet, dostupné online: [https://www.loxone.com/enen/wp-content/uploads/sites/3/2020/04/Datasheet\\_TreeExtension\\_240320.pdf](https://www.loxone.com/enen/wp-content/uploads/sites/3/2020/04/Datasheet_TreeExtension_240320.pdf)
- [37] Loxone Air Base Extension Datasheet, dostupné online: [https://www.loxone.com/wp-content/uploads/datasheets/Datasheet\\_AirBaseExtension.pdf](https://www.loxone.com/wp-content/uploads/datasheets/Datasheet_AirBaseExtension.pdf)
- [38] Loxone Dimmer Extension Datasheet, dostupné online: [https://www.loxone.com/wp-content/uploads/datasheets/Datasheet\\_DimmerExtension.pdf](https://www.loxone.com/wp-content/uploads/datasheets/Datasheet_DimmerExtension.pdf)
- [39] Přehled produktů Jablotron, dostupné online: <https://www.jablotron.com/cz/produkty/>
- [40] Jablotron, oficiální stránky výrobce: <https://www.jablotron.com/cz/o-jablotronu/>
- [41] Katalog produktů Jablotron: <https://www.jablotron.com/cz/katalog-produktu/>
- [42] Uživatelský manuál k ústředně JA-82K
- [43] Uživatelský manuál k systému Jablotron 100, dostupné online: [https://www.jablotron.com/cz/o-jablotronu/ke-stazeni/?filename=ja-10xk\\_user\\_cs\\_mlj52010\\_web.pdf&do=downloadFile](https://www.jablotron.com/cz/o-jablotronu/ke-stazeni/?filename=ja-10xk_user_cs_mlj52010_web.pdf&do=downloadFile)
- [44] Uživatelský manuál k systému Jablotron 100+, dostupné online: [https://www.jablotron.com/cz/o-jablotronu/ke-stazeni/?filename=jablotron-100-user\\_cs\\_mmd55000-web.pdf&do=downloadFile](https://www.jablotron.com/cz/o-jablotronu/ke-stazeni/?filename=jablotron-100-user_cs_mmd55000-web.pdf&do=downloadFile)
- [45] **Návod pro instalaci a použití programu J-Link**, dostupné online: [https://www.jablotron.com/cz/o-jablotronu/ke-stazeni/?filename=j-link\\_cs\\_mlj26201.pdf&do=downloadFile](https://www.jablotron.com/cz/o-jablotronu/ke-stazeni/?filename=j-link_cs_mlj26201.pdf&do=downloadFile)
- [46] Jablotron „chytré ovládání s alarmem“, dostupné online: <https://www.jablotron.com/cz/produkty/chytre-ovladani/ja-100-pg/>
- [47] Návod na instalaci a použití programu J-Link, dostupné online: [https://www.jablotron.com/cz/o-jablotronu/ke-stazeni/?filename=j-link\\_cs\\_mlj26201.pdf&do=downloadFile](https://www.jablotron.com/cz/o-jablotronu/ke-stazeni/?filename=j-link_cs_mlj26201.pdf&do=downloadFile)
- [48] Článek „Nejen chytrou domácnost. Můžete mít i chytrou firmu!“, dostupné online: <https://www.jablotron.com/cz/o-jablotronu/blog/zabezpecena-chytra-firma/nejen-chytrou-domacnost-muzete-mit-i-chytrou-firmu/>
- [49] Článek „HomeKit: Everything You Need to Know“, dostupné online: <https://www.macrumors.com/guide/homekit/>

Může být v názvech kapitol slovo úvod? (Např. úvod do automatizace domácnosti)

Počítá se s tím, že zařízení nějak "donesu" ukázat na obhajobu?

Jak přesně citovat obrázky?

Které zdroje jsou povolené?

Jak citovat zdroje? Jsou čísla stran nezbytné?

Kapitoly 5 a 5.1 na stejné straně - je to problém?

uvádět ceny už ve shrnutí, nebo až v hodnocení současného stavu?

Mohu se v textu vyjádřovat ve stylu "viz část", "jak uvádím v části"...? (U kapitol, podkapitol i nadpisů?)

Můžu ESP8266 a ESP32 popisovat až v praktické části? (nemá smysl o mít krátkou kapitolu o nich...)

Technologie dálkového přenosu pod kapitolu Automatizace domácnosti?

dotazy ke kódu:

Jsou komentáře v kódu nezbytné?

Zkouší komise kód? Co když nepujde spustit?

Mohu popisovat že nějakou část bude možné rozšířit? (Např menu o položky správy místností apod)

mohu nechat uživatele vpisovat informace do kodu (SSID wifi, či IP RPi) aby si sám program zkompiloval a poslal do esp?