

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Provozně ekonomická fakulta**

**Katedra informačních technologií**



**Bakalářská práce**

**Chytrá garáž: Využití IoT v rámci chytré domácnosti**

**Daniela Kyndlová**

© 2023 ČZU v Praze

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Daniela Kyndlová

Informatika

Název práce

**Chytrá garáž: Využití IoT v rámci chytré domácnosti**

Název anglicky

**Smart garage: Use of IoT in smart home**

---

### Cíle práce

Hlavní cíl práce je zhodnotit a doporučit možnosti implementace vhodných IoT zařízení v rámci chytré garáže spojených s automatizací.

Dílčí cíle:

- analyzovat typy a možnosti připojení IoT zařízení,
- charakterizovat problematiku odlišných možností připojení různých typů zařízení a vzájemné nekompatibility jednotlivých výrobců,
- definovat preference pro ovládání chytré garáže s přihlédnutím k softwarové výbavě,
- navrhnout postup implementace IoT zařízení za účelem vytvoření chytré garáže.

### Metodika

Metodika řešené problematiky bakalářské práce je založena na analýze možností IoT zařízení v rámci chytré domácnosti a automatizace.

Vlastní zpracování je realizováno na studiu, analýze a vlastních zkušenostech s implementací IoT zařízení v rodinném domě.

Návrh možných řešení implementace IoT modulů vychází ze získaných zkušeností a technologických možností jednotlivých IoT komponent.

Na základě teoretických a praktických poznatků budou vypracovány možné postupy integrace IoT zařízení vzhledem k možnostem jednotlivých technologií z hlediska hardware a software.

**Doporučený rozsah práce**

30–40 stran

**Klíčová slova**

IoT, chytrá domácnost, Raspberry Pi, Arduino, chytrá garáž, implementace

---

**Doporučené zdroje informací**

IOT Architecture. /online/. Dostupné z <https://www.zibtek.com/blog/iot-architecture/>.

PETER WAHER. Learning internet of things. Packt Publishing Ltd, 2015. ISBN 978-1-78355-353-2

Smart home s Raspberry Pi. /online/. Dostupné

z <https://www.unipi.technology/cs/reference/smart-home-s-raspberry-pi-204>.

What are the Differences Between Raspberry Pi and Arduino?. /online/. Dostupné

z <https://www.electronicshub.org/raspberry-pi-vs-arduino/>.

What is a Smart Home?. /online/. Dostupné z <https://smarthomeenergy.co.uk/what-smart-home/>.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2022/23 LS – PEF

**Vedoucí práce**

Ing. Michal Stočes, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra informačních technologií

---

Elektronicky schváleno dne 27. 9. 2022

**doc. Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 27. 10. 2022

**doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 04. 03. 2023

---

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Chytrá garáž: Využití IoT v rámci chytré domácnosti" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 14. 03. 2023

---



### **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala panu Ing. Michal Stočes, Ph.D. za pomoc a vedení při tvorbě bakalářské práce.



# Chytrá garáž: Využití IoT v rámci chytré domácnosti

## Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá technologiemi používaných v rámci chytré domácnosti. V teoretické části jsou přiblíženy pojmy Chytrá domácnost a Internet věcí. Dále jsou rozebrány prvky využívané při domácí automatizaci i již komplexní řešení na míru. V druhé části práce je popsán objekt, spolu s již zavedenými prvky automatizace, ve které byla práce realizována. Návrh řešení je rozdělen do dílčích kapitol, které jsou podrobněji rozebrány a následně budou realizovány: detekce vozidla a pořízení snímku, identifikace a rozpoznání snímku registrační značky, vyhodnocení shody registrační značky se seznam uložených registračních značek, otevření brány a vrat v případě shody. V závěru jsou shrnuty poznatky získané během realizace.

**Klíčová slova:** IoT, chytrá domácnost, Raspberry Pi, Arduino, chytrá garáž, implementace, Loxone, domácí automatizace, Domoticz

# Smart garage: Use of IoT in smart home

## Abstract

The bachelor's thesis concern with technologies used within smart home. In the theoretical part are approached concepts of the smart home and the Internet of Things. Furthermore, elements used for home automation and already comprehensive customized solutions are analyzed. In the second part of the thesis, the object, in which the work was carried out, is described together with the already established elements of automation. The design of the solution is divided into several sub-points, which are discussed in more details and will be subsequently implemented: vehicle detection and image capture, license plate image identification and recognition, license plate matching with a list of stored license plates, gate opening and returning in case of a match. In conclusion is summarized the knowledge gained during the realization.

**Keywords:** IoT, smart home, Raspberry Pi, Arduino, smart garage, implementation, Loxone, home automation, Domoticz

# Obsah

<b>1 Úvod.....</b>	<b>11</b>
<b>2 Cíl práce a metodika .....</b>	<b>12</b>
2.1 Cíl práce .....	12
2.2 Metodika práce.....	12
<b>3 Teoretická část.....</b>	<b>13</b>
3.1 Internet věcí a chytrá domácnost.....	13
3.1.1 Definice pojmu Internet věcí .....	13
3.1.2 Definice chytré domácnosti .....	15
3.1.3 Vliv IoT na chytrou domácnost .....	16
3.2 Jednodeskové počítače Arduino.....	17
3.2.1 Popis.....	17
3.2.2 Software .....	17
3.2.3 Modely .....	18
3.2.4 Arduino shield.....	19
3.2.5 Arduino klony .....	19
3.3 Jednodeskové počítače Raspberry Pi .....	19
3.3.1 Popis.....	19
3.3.2 Operační systém.....	20
3.3.3 Napájení .....	20
3.3.4 Modely .....	21
3.4 Integrovaný obvod ESP32.....	22
3.5 Výrobce systémů pro automatizaci Loxone.....	23
3.5.1 Miniserver .....	23
3.5.2 Loxone Air .....	23
3.5.3 Loxone Tree .....	23
3.5.4 Software .....	24
3.6 Přenosové sítě.....	25
3.6.1 Wi-Fi.....	25
3.6.2 Bluetooth.....	25
3.6.3 Z-Wave .....	26
3.6.4 ZigBee.....	26
3.6.5 Thread .....	27
3.6.6 SigFox.....	28
3.6.7 LoRa.....	28
3.6.8 NB-IoT .....	29
<b>4 Vlastní práce.....</b>	<b>30</b>
4.1 Stav před realizací .....	30

4.2	Návrh řešení .....	31
4.2.1	Požadavky pro výběr komponent .....	32
4.2.2	Detekce vozidla a pořízení snímku .....	32
4.2.3	Identifikace a rozpoznání snímku registrační značky vozidla .....	32
4.2.4	Vyhodnocení shody RZ se seznamem uložených registračních značek ...	33
4.2.5	Otevření brány a vrat v případě shody .....	34
4.3	Realizace .....	35
4.3.1	Schéma konceptu a použité komponenty .....	35
4.3.2	Zpracování snímku .....	36
4.3.3	Řízení pohonů brány a vrat .....	37
<b>5</b>	<b>Výsledky a diskuse .....</b>	<b>41</b>
5.1	Nedostatečné zabezpečení .....	41
5.2	Cenová kalkulace .....	41
5.3	Budoucí rozvoj .....	42
<b>6</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>43</b>
<b>7</b>	<b>Seznam použitých zdrojů .....</b>	<b>44</b>
	<b>Seznam zdrojů obrázků .....</b>	<b>47</b>
<b>8</b>	<b>Seznam obrázků, tabulek, grafů a zkratk .....</b>	<b>48</b>
8.1	Seznam obrázků .....	48
8.2	Seznam tabulek .....	48
8.3	Seznam použitých zkratk .....	48

# 1 Úvod

V dnešní době se neustále mluví o automatizaci. Během let pronikl tento trend i do běžných domácností a stále více se mluví tzv. „Chytrých domácnostech,“ které mají zjednodušovat běžné rutinní činnosti a šetřit čas. Původně se jednalo o domácí automatizace, které si lidé sami sestavili a naprogramovali. Na trhu se dá najít mnoho prvků, které umožňují implementaci chytré domácnosti, stejně tak i otevřené systémy a návody, jak prvky naprogramovat. Najde se i mnoho firem, které nabízí již vlastní kompletní řešení, od instalace, až po naprogramování. Uživatel se ale nemusí limitovat pouze na jedno z těchto řešení. Teoretický část práce se zabývá těmito možnostmi instalace, jsou zde představeni zastupující prvky v oblasti domácí automatizace i komerční řešení od jednoho výrobce.

Praktická část je zaměřena na automatizaci garážových vrat a vjezdové brány. Je představen objekt, kde byla práce realizována spolu s již zavedenými prvky automatizace, jak v podobě domácího řešení, tak v podobě komerčního řešení od firmy Loxone. Tyto dvě řešení jsou provázána skrze otevřený systém Domoticz. Vlastní práce obsahuje návrh řešení s popsányými kroky realizace, které je následně realizováno a dále rozebráno.

Cílem práce je navrhnout možnost implementace chytré garáže s odhledem na možnosti domácí automatizace. V kontextu realizace řešení automatického ovládání vjezdové brány a garážových vrat byla vymezena oblast IoT pro účely domácí automatizace. Součástí požadavků byla i cena a možnost snadné výměny prvků dojde-li k jejich poškození. Důraz byl kladen na co nejjednodušší možnost instalace a kooperaci s již existujícími prvky automatizace v domácnosti.

## **2 Cíl práce a metodika**

### **2.1 Cíl práce**

Hlavní cíl práce je zhodnotit a doporučit možnosti implementace vhodných IoT zařízení v rámci chytré garáže spojených s automatizací.

Dílčí cíle:

- analyzovat typy a možnosti připojení IoT zařízení,
- charakterizovat problematiku odlišných možností připojení různých typů zařízení a vzájemné nekompatibility jednotlivých výrobců,
- definovat preference pro ovládání chytré garáže s přihlédnutím k softwarové výbavě,
- navrhnout postup implementace IoT zařízení za účelem vytvoření chytré garáže.

### **2.2 Metodika práce**

Metodika řešené problematiky bakalářské práce je založena na analýze možností IoT zařízení v rámci chytré domácnosti a automatizace.

Vlastní zpracování je realizováno na studiu, analýze a vlastních zkušenostech s implementací IoT zařízení v rodinném domě.

Návrh možných řešení implementace IoT modulů vychází ze získaných zkušeností a technologických možností jednotlivých IoT komponent.

Na základě teoretických a praktických poznatků budou vypracovány možné postupy integrace IoT zařízení

vzhledem k možnostem jednotlivých technologií z hlediska hardware a software.



## 3 Teoretická část

### 3.1 Internet věcí a chytrá domácnost

#### 3.1.1 Definice pojmu Internet věcí

Internet věcí, anglicky Internet of Things, zkráceně IoT. Existuje mnoho různých definic Internetu věcí podle přístupu. Každá definice odráží jiný úhel pohledu a podporuje jinou oblast zájmu. Přestože neexistuje jednotná definice Internetu věcí, jednotlivé definice zdůrazňují společné rysy a pomáhají objasnit silné i slabé stránky Internetu věcí a jeho dopad na život. Najít jednotnou definici Internetu věcí je obtížné, protože má široké spektrum zaměření aplikací, od monitorování dodavatelských řetězců až po osvětlování domů, což zahrnuje různé ekonomické a sociální aspekty každodenního života a mění způsob, jak lidé komunikují s okolním světem. Dalším důvodem je, že IoT zahrnuje software, hardware, různé protokoly, standardy, sítě a mnoho dalších témat jako umělá inteligence, Big Data apod. Kromě toho obecné koncepty zahrnuté ve vizi IoT jsou silně spojovány s vizemi pod jinými názvy, jako například Web věcí, Web zboží, Internet všeho a Cloud věcí, zatímco jiné koncepty jako například Průmysl 4.0, M2M, nebo System of System (SoS) úzce souvisí s IoT, ale měli by být považovány za jeho součást nebo doplněk.<sup>[1]</sup>

Německá společnost SAP definuje IoT jako:

*„Internet věcí (IoT) jsou propojené objekty a zařízení (neboli "věci"), které jsou vybaveny senzory, softwarem a dalšími technologiemi, které jim umožňují přenášet a přijímat data - do a z jiných objektů.“* (SAP<sup>[2]</sup>, 2016)

Definice podle Národního institutu standardů a technologie zní:

*„Sít' zařízení, která obsahuje hardware, software, firmware a akční členy, které zařízení umožňují propojení, interakci a volnou výměnu dat a informací.“* (NIST<sup>[3]</sup>, 2020)

Definice společnosti Cisco Systems, Inc.:

*„IoT je prostě bod v čase, kdy bylo k Internetu připojeno více věcí nebo objektů, než lidí.“* (D. Evans<sup>[4]</sup>, 2011)

A nakonec definice z knihy Learning Internet of Things:

*„IoT je to co dostaneme, když připojíme Věci, které nejsou obsluhovány lidmi, k Internetu“* (Peter Waher<sup>[5]</sup>, 2015)

Z těchto definic lze vyvodit, že Internet věcí je nějaká globální síť propojující zařízení s určitou výbavou, která mezi sebou sdílí data. V definicích nijak nevystupuje uživatel, což vede k závěru, že zařízení nepotřebují být řízena uživatelem, aby fungovala. Zjednodušeně

řečeno lze IoT popsat jako ekosystém chytrých objektů, strojů nebo i počítačů, které jsou schopny vzájemně komunikovat a spolupracovat bez asistence člověka. Jako chytrý objekt se dá označit jakýkoliv běžný objekt, který při modifikaci získá vlastnosti chytrého objektu, jako je konektivita k internetu a možnost měnit své chování na základě přijatých dat a informací. Každý IoT produkt má vlastní software, senzory a určitou podporu síťové konektivity (Wi-Fi, Bluetooth, USB, apod.) díky které komunikuje se zbytkem zařízení ve stejné síti. Zařízení jsou samostatně identifikovatelné a fungují nezávisle na ostatních, pouze přijímají data, podle kterých upravují a přizpůsobují své chování. Síť nemusí nutně představovat pouze internet, ale může to být i lokální síť (LAN) v rámci které spolu věci komunikují. Zjednodušeně řečeno síť zajišťuje konektivitu s a mezi zařízeními.

Typickým příkladem jsou chytré hodinky, které dokáží sledovat naši fyzickou aktivitu, měřit tep, nebo i nadmořskou výšku. To je možné díky zabudovaným sensorům a čidlům. Jen to z nich ale nedělá chytré zařízení. Důležitým prvkem je jejich propojení, nejčastěji Bluetooth s telefonem. Hodinky s telefonem potom komunikují, upozorní nás, když přijde zpráva, odesílají data o fyzické činnosti do aplikace telefonu, kde se data vyhodnocují.

Počátky IoT se datují již v letech 1800, kdy se objevuje myšlenka komunikace strojů mezi sebou. Toho bylo poprvé technicky dosaženo ve 30. letech, kdy byl sestrojen první elektrický telegraf, který dokázal komunikovat přes elektrické systémy na velkou vzdálenost. Úplně první známé IoT zařízení bylo sestrojeno v letech 1980 na univerzitě Carnegie-Mellon v Pittsburghu v Pensylvánii. Jednalo se o automat na nápoje, který sledoval stav množství nápojů. Dvnitř stroje byla umístěná počítačová deska, která se připojila ke kontrolkám, které se rozsvítily, pokud byl určitý produkt vyprodán. Zařízení bylo dále připojeno k hlavnímu počítači katedry informačních technologií, který byl připojen k prvoční verzi internetu, ARPANET. Počítače připojené k této síti byly schopny dálkově monitorovat stroj<sup>[6]</sup>. Termín „Internet věcí“ se objevil až v roce 1999 v prezentaci britského inženýra Kevina Ashton, který pracoval na projektu optimalizace dodavatelských řetězců, v rámci kterého přišel s technologií RFID – radiofrekvenční identifikace zboží<sup>[7]</sup>. Samotný vznik internetu věcí, podle společnosti Cisco, se datuje mezi roky 2008 a 2009, kdy počet zařízení připojených k internetu překročil počet světové populace<sup>[4]</sup>. S příchodem IPv6, který zajistil dostatek IP adres pro všechna zařízení, se na IoT začali zaměřovat velké firmy, poskytující technologie, například Apple, Samsung, Google apod. Zájem o IoT technologie stále roste a čím dál více se stávají součástí běžného, každodenního života.

### 3.1.2 Definice chytré domácnosti

Dalším příkladem IoT může být chytrá domácnost, vystupující pod mnoha různými názvy jako „inteligentní dům,“ „inteligentní domácnost,“ nebo „digitální domácnost“ Všechny ale znamenají to samé. Pojem může být definován mnoha způsoby podle oblasti zájmu. Jednou z těchto oblastí je integrace inteligentních spotřebičů. Typickým zástupcem je chytrá lednička, která si vede záznam o potravinách, které se v ní nachází. Dokáže tak vyhledat recepty nebo zapsat docházející potraviny na nákupní seznam nebo přímo objednat nákup až domů. Další oblastí může být způsob ovládání. Konkrétně dálkové ovládání například osvětlení v domě. Pomocí vhodně naimplementovaných technologií je možná, například pomocí smartphonu, zapínat a vypínat světla v domě, aniž bychom se v něm nacházeli<sup>[8]</sup>. O něco komplexnější vysvětlení chytrého domu je jako pohodlného domácího nastavení, kde lze spotřebiče a zařízení automaticky ovládat na dálku, odkudkoliv s připojením k internetu pomocí mobilního, nebo jiného síťového zařízení. Tyto zařízení jsou propojena přes internet, což uživateli umožňuje na dálku ovládat funkce, jako je zabezpečený přístup do domácnosti, teplota, osvětlení a domácí kino. Hlavní myšlenkou chytré domácnosti je tedy propojit veškerou techniku v daném objektu tak aby spolu vzájemně komunikovala a zefektivnila tak náklady, zvýšili komfort, pohodlí a bezpečí.



Obrázek 1 – Ukázka chytré domácnosti s využitím miniserveru od Loxone

K zařízením lze přistupovat prostřednictvím jednoho centrálního bodu, nejčastěji prostřednictvím nějaké aplikace. Aplikace, lépe řečeno systém, je nainstalovaný na nějakém síťovém zařízení (mobil, počítač, apod.) odkud jej uživatel může spravovat – vytvářet časové plány a nastavení<sup>[9]</sup>. Jak již bylo zmíněno, veškerá zařízení v domácnosti jsou propojena skrze určitou komunikační síť, která jim umožňuje sdílet data a komunikovat mezi sebou. Na základě

těchto dat mohou (autonomně) provádět rozhodnutí a reagovat tak na získané informace. Záznamy o jednotlivých situacích a scénářích jsou uložena v systému řídicí jednotky. Příkladem může být například vytápění. Pokud venkovní teplota klesne pod nějakou hranici, kotel se zapne a vytopí na požadovanou teplotu. Kotel proto musí mít informace o teplotě venku i o teplotě v domě.

První chytrý dům byl postaven už v roce 1950 Američanem Emilem Mathiasem. Dům známý jako Push Button Manor (v překladu „Panství na tlačítko“) uměl mimo jiné na stisknutí tlačítka spustit žaluzie a zavřít okna a byl v něm i elektrický systém, ve formě větrem poháněného mlýnku na kávu, který kontroloval, zda jsou v noci zamčené všechny dveře. O sedm let později byl přestaven chytrý dům, jakožto expozice od Disney v sekci Tomorrowland. Jednalo se o koncept domu budoucnosti, který představoval bydlení a fungování domácnosti za 30 let. Většina domácího zařízení byla vyrobena z plastu a nacházel se v něm i hands-free telefon, či chytrý dřez, který dokázal nastavit svou výšku, podle potřeb uživatele<sup>[10]</sup>. V roce 1966 byl přestaven vynález jménem ECHO IV, který je považován za první chytré zařízení. Šlo o ohromnou soustavu vážící přes 350 kg, která dokázala monitorovat teplotu v domě a bylo možné přes ni zapínat a vypínat některé spotřebiče. Do prodeje se ale nikdy nedostal. V roce 1975 byl představen systém X10, který ke komunikaci mezi zařízeními a řídicími moduly v domácnosti využíval rozvody střídavého proudu. Kromě vysoké ceny a nutnosti odborné instalace měl však i řadu dalších problémů – byl pomalý, nešifrovaný a poměrně nespolehlivý, kvůli kolísavému signálu a ruchu<sup>[11]</sup>. Snahy o automatizaci pokračovaly i v 80. letech, kdy se objevily první programovatelné termostaty a domácí počítače. V roce 1999 představila svou vizi chytrého domu společnost Microsoft. Jejich vize se příliš nelišila od chytrých domů, jaké známe dnes. Dům byl ovládán přes kapesní počítač Pocket PC, disponoval například chytrými zámky, ovladači osvětlení a vytápění, kamerovými bezpečnostními systémy apod. Rozmach v oblasti automatizace domácností přišel po nástupu nového tisíciletí, kdy se koncept začal stávat čím dál populárnějším. V letech mezi 2014 a 2017 se například počet chytrých domácností až ztrojnásobil<sup>[10]</sup>. Naděje jsou vkládány i do rozvoje umělé inteligence, která by umožnila ještě hlubší automatizaci.

### **3.1.3 Vliv IoT na chytrou domácnost**

Právě rozmach IoT a postupné zlevňování jeho komponent přinesl nárůst instalací chytrých domácností. Častým řešením je využití PCB (Printed Circuit Board), plošných spojů, které umožňují realizaci domácích projektů. Výhodou je jejich malá velikost,

a dostatečný výkon. Dají se využít ke konstrukci samostatných senzorů a čidel nebo i jako centrální řídicí jednotka. Nevýhodou ale může být nutnost poskládat si systém svépomocí. Mnoho řešení je dnes již dohledatelných na internetu, včetně napsaných kódů. Mezi nejpopulárnější PCB desky patří Arduino a Raspberry Pi, které jsou dále popsány v následujících kapitolách. Existují i ucelená řešení, kde uživatel nemusí řešit kompatibilitu komponentů, ani způsoby přenosu, či programování. Příkladem takového řešení je Loxone, který nabízí veškeré již hotové prvky včetně instalace. Rozdíl mezi tzn. hobby automatizací, založenou na PCB a hotovým řešením je pořizovací cena, která je často rozhodujícím faktorem.

## **3.2 Jednodeskové počítače Arduino**

### **3.2.1 Popis**

Arduino je open-source platforma, založená na mikroprocesoru ATmega od firmy Atmel. Platforma je založena na jednoduché počítačové desce a vývojovém prostředí. Dokáže číst vstupy externích modulů a reagovat na ně odpovídajícími výstupy. K jeho naprogramování se používá upravený programovací jazyk C++ a software Arduino IDE (Integrated Development Environment).<sup>[12]</sup>

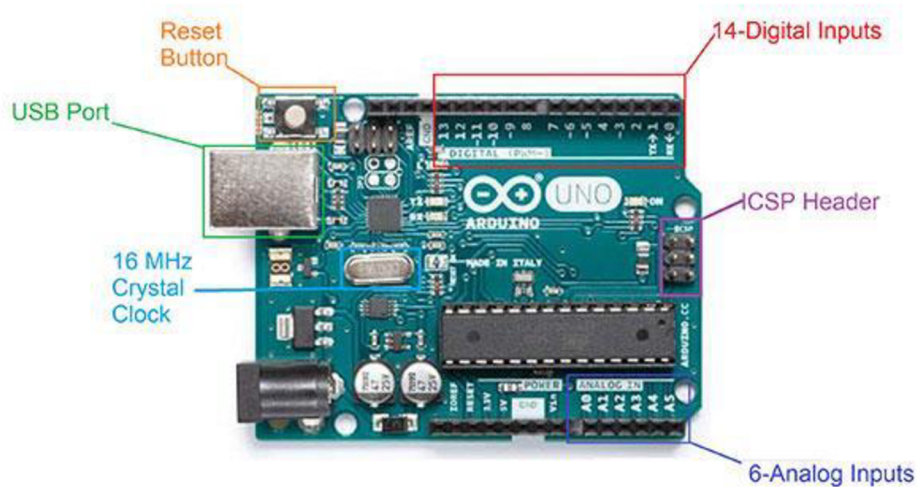
Desky Arduino jsou oproti jiným mikroprocesorovým platformám relativně levné a jednoduché. Je možné ji sestavit vlastními silami nebo propojit jednotlivé součástky na kontaktním poli. Deska se skládá z mikrokontroleru, krystalu, 5 V napájecího zdroje a převodník pro komunikaci s počítačem. Existuje několik různých typů desek.<sup>[13]</sup>

### **3.2.2 Software**

Software Arduino IDE (Integrated Development Environment) je dostupný zcela zdarma a vychází z výukového prostředí Processing. K jeho programování se používá upravený programovací jazyk C++ s knihovnou Writing.<sup>[14]</sup>

### 3.2.3 Modely

Nejpoužívanějším typem je Arduino Uno. Na desce se nachází procesor ATmega328 a klasické USB. Arduino Uno je přímým nástupcem hlavní vývojové linie, která původně obsahovala sériový port místo USB. Ze stejné linie byli vyvinuty i další dvě speciální desky. První z nich je Arduino Ethernet, na kterém se místo USB portu nachází Ethernet port pro připojení k síti a slot pro microSD. Druhou deskou je Arduino Bluetooth, kde se nachází bluetooth modul pro bezdrátovou komunikaci. Existuje i odlehčená verze Arduina Uno bez USB portu, který je spíše určen k pevnému zabudování do projektu.



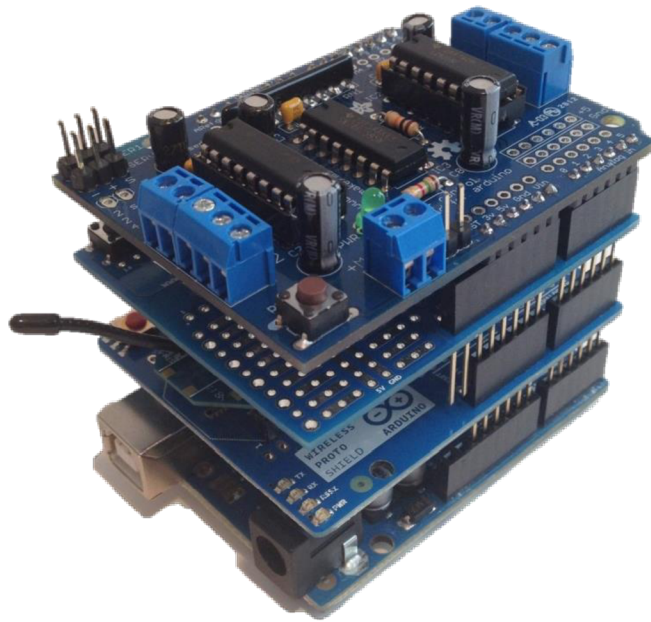
Obrázek 2- Arduino Uno s popisem

Zmenšenými verzemi je Arduino Mini, Nano a Micro. Jak názvy vypovídají, jedná se o menší verze desek, které byly navrženy pro úsporu místa. Nejmenší z nich, Arduino Mini, postrádá USB port, k jeho naprogramování je nutné použít externí USB 2 Serial převodník. Využívá se například v chytrých vypínačích, dálkových ovladačích apod. Arduino Nano je o něco větší, protože se na něm nachází USB port a převodník. Arduino Micro má v sobě zabudovaný čip s převodníkem, který se může tvářit, jako klávesnice nebo myš počítače a posílat na něj různé příkazy. Na rozdíl od ostatních desek s podobnou funkcí není nutné přeprogramování převodníku.

Arduino Mega, a jeho pokračovatel Arduino Due, jsou větší desky, které obsahují větší počet pinů a větší, výkonnější čipy. Vznikly prodloužením Arduina Uno. Arduino Due běží na výkonnějším čipu, než jeho předchůdce a obsahuje dva microUSB konektory. Jeden pro naprogramování a druhá pro připojení externího zařízení (myš, klávesnice, telefon, apod.)<sup>[15]</sup>

### 3.2.4 Arduino shield

Funkce základních desek je možné je dále rozšiřovat moduly, které se označují jako Shieldy. Jsou to desky, které se k základní desce připojují standardizovaným konektorem často i více násobně „na sebe“. Existuje mnoho různých druhů+ Shieldů použitých pro různé typy úloh. Příkladem mohou být shieldy pro řízení Motorů, pro komunikaci prostřednictvím Wi-Fi nebo Ethernetu, apod. <sup>[16]</sup>



Obrázek 3- Arduino shieldy naskládáné na sebe

### 3.2.5 Arduino klony

Vedle oficiální řady desek existuje i celé řada neoficiálních desek, takzvané klony. Právě protože jsou všechna schémata, součástky i software online, může prakticky každý sestavit své vlastní Arduino. Je možné se proto setkat s tvarově i výbavou totožnými klony oficiálních modelů. Vyskytují se i desky přizpůsobené ke konkrétní činnosti. Klony se dají poznat podle názvu, který často obsahuje příponu –duino. Název Arduino je chráněn autorskými právy. Příklady klonů je například ArduPilot, navržený pro ovládání autonomně létajících zařízení, nebo Freaduino a Seeeduino, o něco levnější kopie desek. <sup>[15]</sup>

## 3.3 Jednodeskové počítače Raspberry Pi

### 3.3.1 Popis

Raspberry Pi, zkráceně RPi, je nízkonákladový minipočítač vyvinutý nadací Raspberry Pi Foundation. Projekt původně vznikl pro výukové účely, konkrétně výuku programování. Raspberry má podobnou funkci, jako Arduino. Oproti němu má však Raspberry funkční



operační systém a funguje téměř stejně jako počítač. Jádrem desky je ARM procesor. Zařízení funguje na principu SoC (System on Chip), kdy jediný čip obsahuje veškerou funkcionalitu a vyžaduje minimum podpůrných obvodů. Na tomto principu funguje většina smartphonů a tabletů v dnešní době. Na rozdíl od nich, RPi neobsahuje displej, ani úložiště (má pouze slot na MicroSD kartu). Zato obsahuje řadu konektorů a je na něj možné nainstalovat jakýkoliv operační systém kompatibilní s ARM platformou.<sup>[17]</sup>

Raspberry má řadu GPIO pinů (konektory, na které je možné připojit různá zařízení), u kterých je možné nastavit, jestli se pin chová jako vstup nebo výstup. Umožňuje tak ovládání i několika externích zařízení najednou a může tak sloužit jako řídicí jednotka celé chytré domácnosti. Jeho jediným omezením je fyzická možnost hardwaru a výpočetní síla.<sup>[18]</sup>

### 3.3.2 Operační systém

Operační systém se načítá z paměťové karty připojené k zařízení, nejčastěji microSD. Proto je nutné volit kartu s dostatečnou rychlostí a počtem zápisů, aby nedošlo k jejímu rychlému zaplnění. Během provozu se provádí velké množství zápisů, způsobné chodem operačního systému na kartě. Je lepší zvolit kartu s minimálním označením Class 10. Pojem Class určuje rychlost a počet zápisů, které karta vykoná, než se zaplní její paměť.<sup>[19]</sup>

Většina operačních systémů pro Raspberry Pi je založena na Linuxu. Nadace nabízí i vlastní operační systém Raspbian odvozený od Debianu, optimalizovaný pro hardware Raspberry Pi.<sup>[20]</sup> Krom univerzálních operačních systémů se nabízí i systémy upravené pro určité činnosti. Příkladem mohou být multimediální operační systémy LibreELEC nebo OSMC, které slouží jako multimediální systémy například pro televize. Dalším příkladem je RetroPie, který umožňuje připojit herní ovladače a emulátory starých konzolí k hraní starých videoher.

### 3.3.3 Napájení

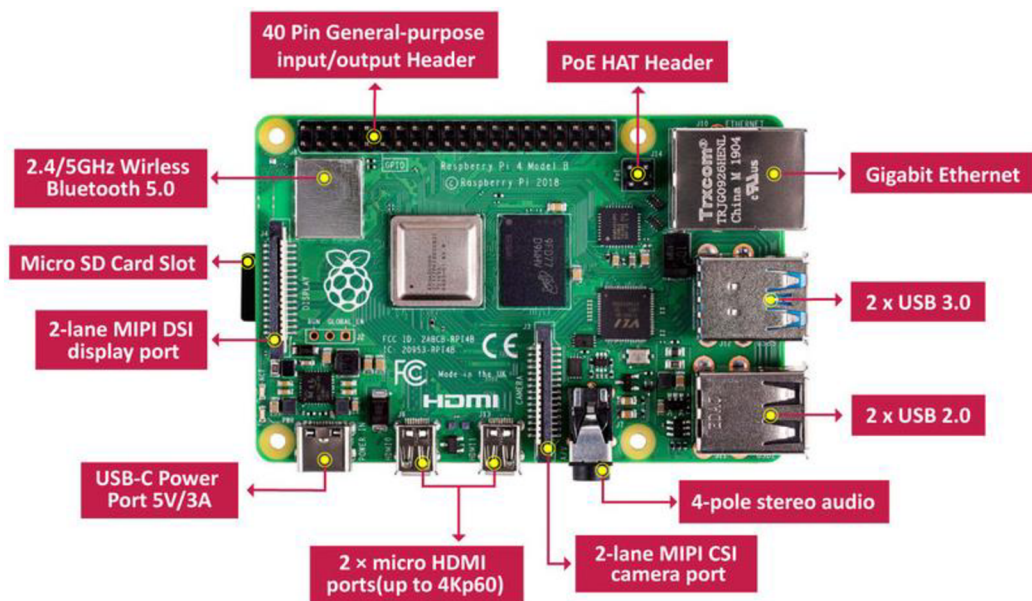
Raspberry Pi je napájen pomocí konektoru microUSB, který se nachází v levém dolním rohu desky a nachází se na něm tištěné spoje. Jedná se o stejný typ konektoru, který se používá při napájení většiny elektroniky (smartphony a některé tablety). Oproti nim má Raspberry daleko vyšší spotřebu a ke svému fungování vyžaduje až 700 mA. Většina napájecích adaptérů poskytuje proud pouze do 500 mA, což by při používání Raspberry Pi mohlo způsobovat potíže. Další možností je napájet zařízení přímo z počítače nebo notebooku. Ani ti ale neposkytují dostatečný výkon, který minipočítač vyžaduje pro svůj správný chod.



Protože se minipočítač nemá žádnou funkci pro vypnutí, ani zapnutí, spustí se ihned po připojení k napájení, je tedy lepší připojit ho až v momentě, kdy chceme začít pracovat. [21]

### 3.3.4 Modely

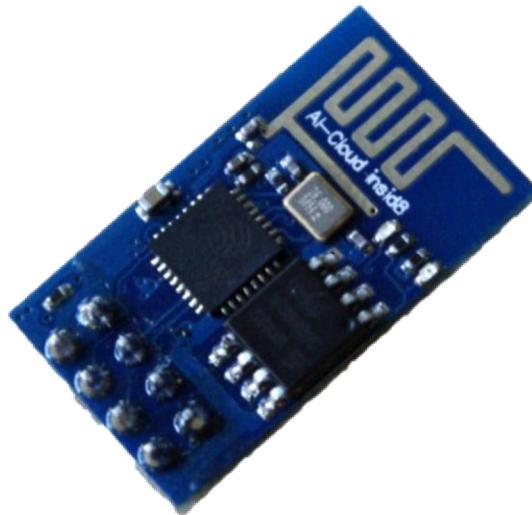
Raspberry Pi má několik modelů, které se využívají v různých oblastech. Model A se využívá pro nízkonákladové projekty, které vyžadují kompletní počítač bez síťových funkcí a podporu I/O portů. Postrádá ethernetový port, ale stále má Bluetooth a Wi-Fi. Model B se používá pro standartní projekty, kdy je potřeba vyšší výkon. Jsou to nejvýkonnější modely, které Raspberry Pi vydává a mají širokou škálu využití. Často se používá právě pro IoT projekty. Model Compute se používají pro průmyslové aplikace, kde je zapotřebí více I/O linek. Model Zero je oproti ostatním menší a hodí se pro levné projekty s omezeným prostorem, které vyžadují funkční počítač a bezdrátové připojení. Model 400 je unikátní model, který obsahuje klávesnici, a je podobný modelu B. Generace modelů se označují čísly. [22]



Obrázek 4 - Raspberry Pi Model B4 s popisem

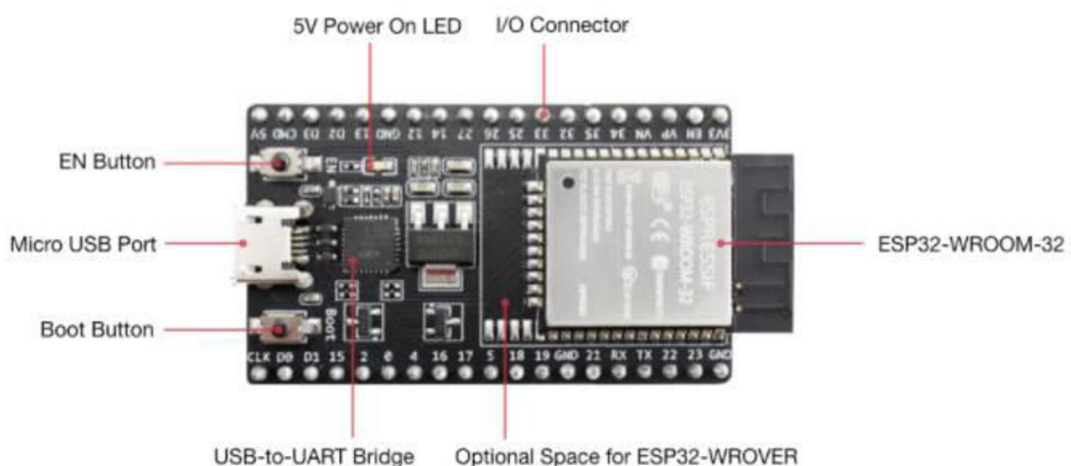
### 3.4 Integrovaný obvod ESP32

ESP32 je integrovaný obvod typu SoC (System on Chip) od firmy Espressif Systems. Jde o nástupce čipu ESP8266 původně určeného k doplnění Wi-Fi konektivity k existujícím mikrokontrolerům, komunikující pomocí AT příkazů přes sériovou linku.<sup>[23]</sup>



Obrázek 5- ESP8622 verze 01

Modul pracuje s 32bitovým jádrem Xtensa. Nejdůležitějšími prvky jsou obvody, umožňující komunikaci ve standardech Wi-Fi a Bluetooth. Stejně, jako Raspberry je ESP32 opatřen 34 porty GPIO. Kód pro ESP32 je možné psát v prostředí Arduino IDE. Díky Wi-Fi obvodu se ESP32 dokáže chovat jako stanice, či vysílač v sítích Wi-Fi. Tím se usnadňuje získávání dat ze senzorů a čipů, protože nepotřebuje externí komunikační linku. Stačí na samotném ESP32 založit webový server, který lze otevřít a číst například na smartphonu.<sup>[24]</sup>



Obrázek 6- Vývojářská sada Espressif ESP32-DevKitC-ve s popisem

### **3.5 Výrobce systémů pro automatizaci Loxone**

Loxone je zástupcem výrobců, kteří se specializují na kompletní řešení. Nabízí řídicí jednotku ve formě Miniserveru, vlastní software pro programování a ovládání a široké portfolio hardwarových rozšiřujících modulů, připravených k připojení a integraci do nových i existujících projektů. Díky programové podpoře fyzických modulů je jejich použití velmi snadné a rychlé. Produkty Loxone proto využívají developéři ve svých projektech, kdy zákazníkovi nabízí realizaci tzv. „na klíč“. Výsledný systém vyhodnocuje přijatá data a na jejich základě činní autonomně rozhodnutí například o vytápění v domě, osvětlení, stínění atd. Technologie v domácnosti tak spolu vzájemně komunikují a jsou schopny fungovat a provádět rozhodnutí bez zásahu uživatele.

#### **3.5.1 Miniserver**

Miniserver je řídicí jednotkou systému, vyrobená přesně na míru domácnosti. Pro své fungování musí být připojen k síťovému routeru. Pro jeho nastavení se využívá program Loxone Config, ve kterém se postupně zadávají údaje o domácnosti. Po nastavení pak jednotka sbírá data ze senzorů (pohybová, teplotní, atd.) a sítě (čas) a na základě jejich vyhodnocení provádí rozhodnutí.

#### **3.5.2 Loxone Air**

Pro bezdrátovou komunikaci vyvinula společnost technologii Loxone Air. Za pomoci Mesh technologií (propojení síťových prvků pod jeden Wi-Fi router) je možné přenášet data i na velké vzdálenosti. Zařízení spolu pak komunikují přes komunikační rozhraní Loxone Air Base Extension nebo Miniserver Go.<sup>[25]</sup>

#### **3.5.3 Loxone Tree**

Kabelážová technologie Loxone Tree byla navržena tak, aby se snížilo množství potřebné kabeláže. Je to proprietární sběrnice určená pro připojování tlačítek, pohybových senzorů a termostatických hlavic. Na jednu větev sběrnice lze připojit až 50 zařízení při maximální délce větve 500 m. Topologie sběrnice může být kombinovaná, nesmí se ale jednat o uzavřený okruh. Výrobce udává, že při použití zařízení propojených pomocí této sběrnice ušetří až 80% kabeláže, prostor a počet svorek v rozvaděči. Zjednoduší se tak montáž i programování. Pořizovací cena sběrnicových prvků je ale vyšší.<sup>[26]</sup>

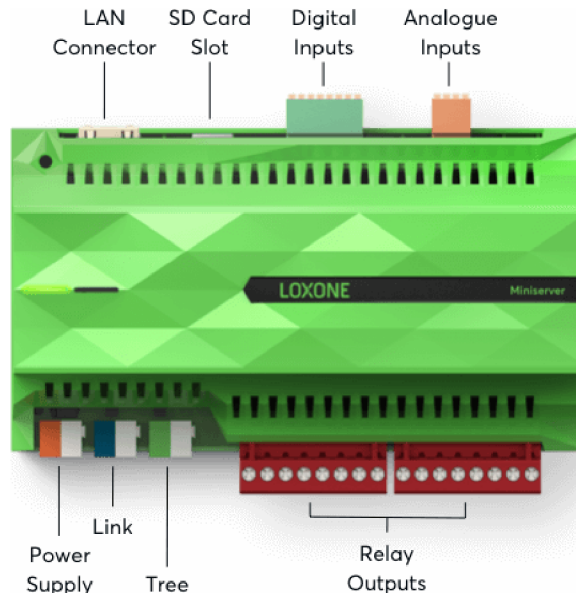
### 3.5.4 Software

Loxone Config, jak bylo již uvedeno výše, je softvérové rozhraní sloužící pro pokročilou konfiguraci všech možných funkcí chytré domácnosti. Program v sobě zahrnuje přes 100 předem připravených programovacích bloků obsahující všechny dostupné funkce chytrých domácností. K samotnému programování systému Loxone dochází přímo ve společnosti, která program pravidelně aktualizuje.

Nalezneme zde funkci Drag & Drop, který sám automaticky naprogramuje a vytvoří program. Podmínkou pro správné naprogramování je správné přiřazení jednotlivých kategorií a místností k hlavicím nebo senzorům. V případě Loxone Tree a Loxone Air dojde k automatickému přiřazení a uživatel se nemusí o nic starat.

Dále nabízí simulační režim Live View, který poskytuje možnost otestovat konfigurace před jejich nasazením do systému i bez nutnosti vlastnit v daný okamžik požadovaný hardware. Režim se dá použít i při ladění nedostatků a pozorovat chování celého systému v reálném čase před obrazovkou monitoru.

Výhodou Loxone Config je snadné i intuitivní ovládání, bez znalostí programovacích jazyků. Uživatel tak může sám provádět změny v systému bez nutnosti volat technika, aby provedl požadované změny v konfiguraci.<sup>[27]</sup>



Obrázek 7- Miniserver Loxone s popisem

## 3.6 Přenosové sítě

Základem správného fungování chytré domácnosti je propojení všech zařízení a senzorů, aby vzájemně mohli komunikovat. Existuje velké množství technologií a síťových protokolů pro připojení a komunikaci jednotlivých zařízení. Největší potenciál mají bezdrátové sítě, které jsou stále více a více používané v dnešní době. Klíčovými vlastnosti, při výběrání technologie, jsou rychlost, dosah, náročnost a energetické zatížení. Je možné zvolit i kabelovou instalaci, která ale vyžaduje patřičnou přípravu a montáž. K propojení se nejčastěji používají optické kabely, ethernetové kabely a RS232 kabely. Většina zařízení s IoT funkcí jsou uzpůsobena bezdrátovému připojení.

### 3.6.1 Wi-Fi

Wi-Fi je v současnosti nejrozšířenější a nejpoužívanější síťový protokol pro přenos velkého objemu dat. Poskytuje vysokou přenosovou rychlost, ale má vysokou spotřebu energie a krátký dosah, cca do 50 metrů. U chytrých domácností se tento protokol často využívá, hlavně kvůli svému rozšíření, a protože je většina zařízení připojena do elektrické sítě. Většina zařízení v domácnosti je také připojena do domácí sítě, která zajišťuje jednoduchý přístup a kontrolu zařízení. Nejrozšířenějším standardem je 802.11n nebo také Wi-Fi 4, který může fungovat na frekvenci 2,4 GHz i 5 GHz.<sup>[28]</sup> Pro náročnější použití je vhodnější standard 802.11ac, které má k dispozici devatenáct kanálů s šířkou 20 MHz, které se vzájemně nepřekrývají. Nejnovějším standardem je 802.11ax, Wi-Fi 6, který zachovává zpětnou kompatibilitu s předchozími dvěma standardy. Oproti nim má daleko vyšší přenosovou rychlost i stabilnější signál.<sup>[29]</sup>

### 3.6.2 Bluetooth

Bluetooth je vedle Wi-Fi nejznámějším a nejpoužívanějším přenosovým protokolem. Využívá se především k propojení telefonu s nositelnou elektronikou, přehrávání hudby a přenosu dat mezi zařízeními. Dá se ale využít k připojení bezdrátových komponent přímo k počítači nebo notebooku (myš, klávesnice, sluchátka, apod.) Funguje podobným způsobem jako Wi-Fi, tak že převádí data na nízkofrekvenční vlny ve 2,4 GHz pásmu. Na rozdíl od Wi-Fi se snaží udržet co nejnižší energetický výkon, aby šetřil životnost baterie a zabránilo se radiovému rušení s ostatními zařízeními. Toho je docíleno díky vytváření osobní sítě (PAN) mezi zařízeními. Zařízení Bluetooth se dělí do tříd podle dosahové vzdálenosti. Bluetooth 3 třídy má dosah do jednoho metru. Zařízení této třídy jsou poměrně vzácná a spadá do ní nositelná elektronika. Bluetooth 2 třídy je nejrozšířenější a jeho dosah je 10 metrů a výše. Zařízení 1 třídy mají zase dosah více jak 100 metrů a používají se v průmyslových

aplikacích.<sup>[30]</sup> Bluetooth 4 se označuje jako „Bluetooth Low Energy“ nebo „Smart Bluetooth.“ Má stejné vlastnosti, jako předchozí verze, oproti nim má nižší spotřebu a využívá se tam, kde není potřeba přenášet velké množství dat. Poslední verze Bluetooth 5, vydaná v roce 2016, se zaměřuje na poskytnutí lepšího provozu v rámci IoT zařízení.<sup>[31]</sup>

### 3.6.3 Z-Wave

Síťový protokol Z-Wave byl navržený speciálně pro internet věcí a je určený především k propojení chytrých zařízení v rámci domácnosti.<sup>[32]</sup> Jedná se o síť typu PAN, hodí se k přenosu malého množství dat na krátkou vzdálenost. Klade důraz na nízké provozní náklady. Síť využívá MESH topologii, kdy se pomocí jedné centrální jednotky propojí různorodé produkty, které potom komunikují jak s routerem, tak mezi sebou. Díky tomu se zvyšuje efekt dosahu sítě až zhruba na 150 m. Maximální přenosová rychlost se pohybuje kolem 100 kbit/s, ale běžně dosahovaná rychlost se pohybuje kolem 40 kbit/s. Do sítě může být připojeno až 232 uzlů, skládající se ze dvou sad: řadiče a podřízená zařízení. Aby uzly spolu mohli komunikovat, musí se nejprve spárovat.<sup>[33]</sup> Každému řídicímu prvku je z výroby přidělen 32 bitový identifikátor, označovaný, jako Network ID nebo Home ID. Při procesu párování se identifikátor přiřadí k danému uzlu a je schopno komunikovat s dalšími zařízeními. Zařízení mezi sebou mohou komunikovat, pouze pokud mají shodná síťový identifikátor. K jednotlivým uzlům v síti je navíc přiřazen unikátní 8 bitový identifikátor Node ID.<sup>[34]</sup>

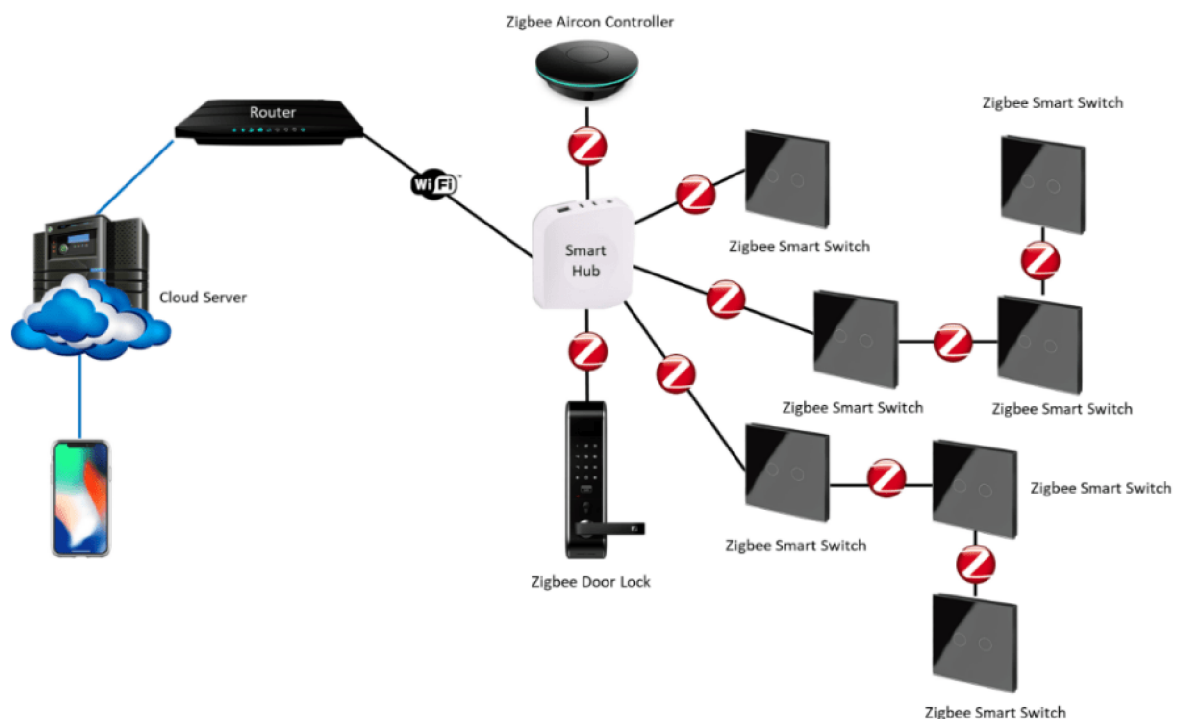
### 3.6.4 ZigBee

ZigBee je standart, který definuje sadu komunikačních protokolů pro bezdrátové síť krátkého dosahu s nízkou datovou rychlostí. Jeho vlastnosti jsou téměř stejné jako u protokolu Z-Wave. Navíc funguje v pásmu 2,4 GHz, kde protokol dosahuje své maximální rychlosti 250 kb/s a většího dosahu. Oproti jiným sítím v této frekvenci (Wi-Fi nebo Bluetooth) má mnohem menší nároky na koncová zařízení. Zařízení ZigBee se dělí na dva typy zařízení. První jsou zařízení s plnou funkcí. Zařízení tohoto typu je schopno přijmout jakoukoliv roli v síti, a dokáže komunikovat i s ostatními zařízeními v síti. Druhý typ zařízení se označuje jako zařízení s omezenou funkcionalitou. Jak název vypovídá, zařízení jsou schopná komunikovat pouze se zařízeními s plnou funkcionalitou a jsou určena pro velmi jednoduché aplikace, jako je například zapínání a vypínání světla. Díky tomuto rozdělení je možné využít různé topologie sítě. Například hvězdicovou topologie, kde jedno zařízení slouží jako řídicí jednotka (router) a ostatní komunikují pouze se řídicí jednotkou. Dalším příkladem je smíšená (mesh) topologie, nebo také peer-to-peer, která je tvořena pouze zařízeními s plnou funkcionalitou a umožňuje

všem zařízením v síti komunikovat mezi sebou. Při využití menšího počtu zařízení s plnou funkcionalitou je možné využít menší stromovou topologii, která má oproti hvězdicové topologii větší dosah a využívá méně výkonných zařízení, než smíšená topologie. Řídicí router, ve stromové topologii, komunikuje s dalšími routery, které pak komunikují s koncovými zařízeními. Topologie je možné kombinovat a vytvořit síť, kde některá zařízení spolu komunikují a některá slouží jenom jako koncové uzly. Nevýhodou tohoto postupu je zvyšování prodlevy mezi odesláním signálu a jeho obdržení cílovým zařízením. <sup>[35]</sup>

### 3.6.5 Thread

Thread je poměrně nový síťový protokol navržený primárně pro internet věcí. Poprvé byl představen v roce 2014 uskupením Thread Group, postupně se do vývoje zapojili i velké společnosti, jako například Microsoft, Apple, Samsung a desítky dalších. Jako předchozí dva protokoly se soustředí na krátký dosah s nízkou spotřebou. Vychází ze ZigBee, ale je založený



Obrázek 8- Ukázka smíšené topologie Zigbee

na protokolu IPv6. Komunikuje s ostatními zařízeními prostřednictvím IP sítě, tím dokáže komunikovat se všemi zařízeními Thread bez ohledu na výrobce. Protokol je navíc navržen pro komunikaci s cloudem a klade vyšší důraz na bezpečnost. <sup>[36]</sup>



### 3.6.6 SigFox

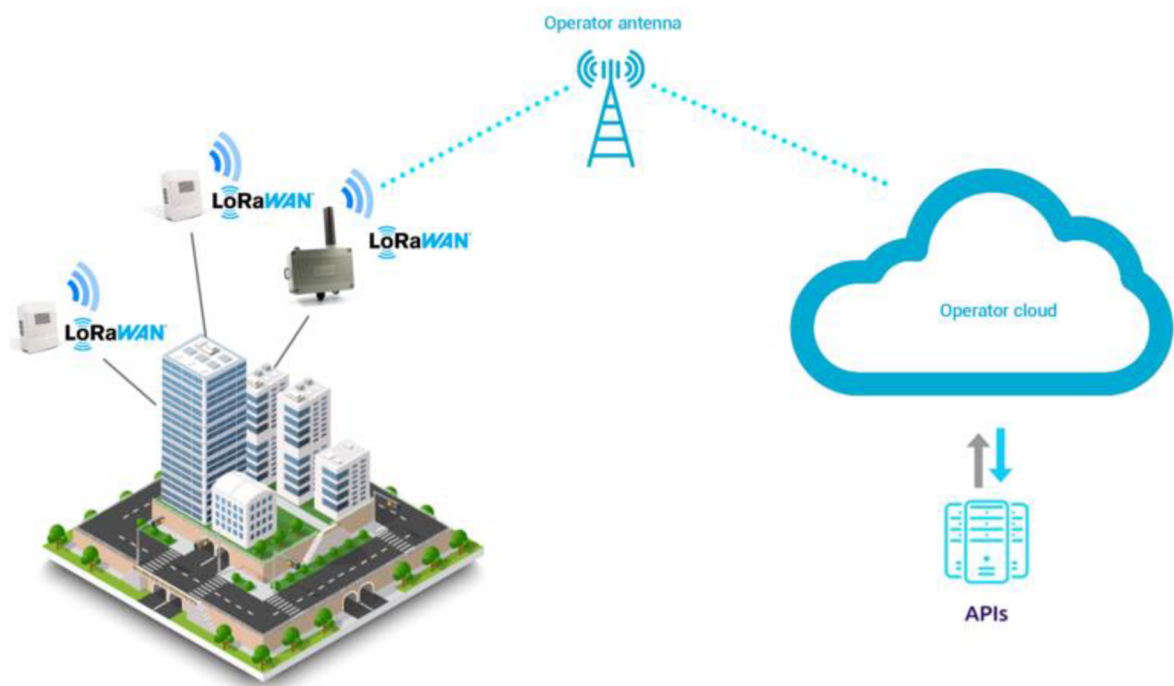
Oproti výše zmíněným sítím, se Sigfox řadí mezi LPWAN (Low Power Wide Area Network). Jedná se o síť určené pro přenos dat na velkou vzdálenost s nízkou energetickou náročností. Síť byla vyvinuta ve stejnojmenné francouzské společnosti. Mobilní operátor T-Mobile v České republice nabízí právě pokrytí Sigfox.<sup>[37]</sup> Vlastnosti sítě jsou primárně uzpůsobeny k nízké energetické spotřebě. V síti je možno přenášet velmi malé objemy dat, do 12 bitů při jednom odeslání, maximálně 144x za den. Vysoké přenosové vzdálenosti je dosaženo díky velmi pomalému přenosu zpráv, která může dosahovat až 80 km. Maximální přenosová rychlost je 100 bit/s. Koncová zařízení musí být přizpůsobená specifickému přijímání dat ze sítě z důvodu omezeného připojení k síti. Zařízení se k síti připojuje v určitých časových blocích, většinou po odeslání zprávy ze samotného zařízení. Jedno zařízení je za den schopno odeslat maximálně 9 000 000 zpráv, což je dáno regulací využívaného pásma. Komunikace se zařízeními probíhá skrze vzdálené servery společnosti SigFox skrze unikátní identifikátor, pomocí kterého je zařízení adresovatelné v rámci sítě.<sup>[38]</sup>

### 3.6.7 LoRa

Stejně jako SigFox i LoRa je nízkoenergetickou komunikační sítí na velkou vzdálenost.<sup>[37]</sup> Komunikace probíhá stejně jako v případě SigFoxu přes vzdálené servery poskytovatele, který zároveň uchovává shromážděná data. Umožňuje obousměrnou komunikaci i v pohybu. Oproti SigFox nemá omezení na počet odeslaných zpráv. LoRa můžeme rozdělit do dvou kategorií. První z nich jsou technologie LoRa pro modulaci signálu, která rozprostírá signál.<sup>[39]</sup> Druhou z nich je otevřený protokol LoRaWAN. Každá jednotlivá brána LoRa má schopnost zpracovat až milióny uzlů, což může prodloužit signály na značnou vzdálenost. Díky tomu není potřeba složitá struktura, což vede k urychlení a zlevňuje konstrukci sítě. LoRa také obsahuje algoritmus adaptivního datové toku, který pomáhá co nejlépe využít kapacitu sítě uzlů a životnost baterie, která může vydržet až 10 let. LoRa moduly umožňují komunikovat se sítí LoRaWAN při rádiové frekvenci 868 MHz až na desítky kilometrů. Komunikační rychlost lze nastavit mezi 300 až 50 000 bit/s. Síť má širokou škálu využití, nejvíce se využívá u zařízení na měření spotřeby (vodoměr, plynoměr,



senzorů prostředí (CO<sub>2</sub> senzor) nebo u zařízení na včasné hlášení nehod či defektů (detektor záplav).<sup>[40]</sup>



Obrázek 9- Schéma komunikace LoRaWAN

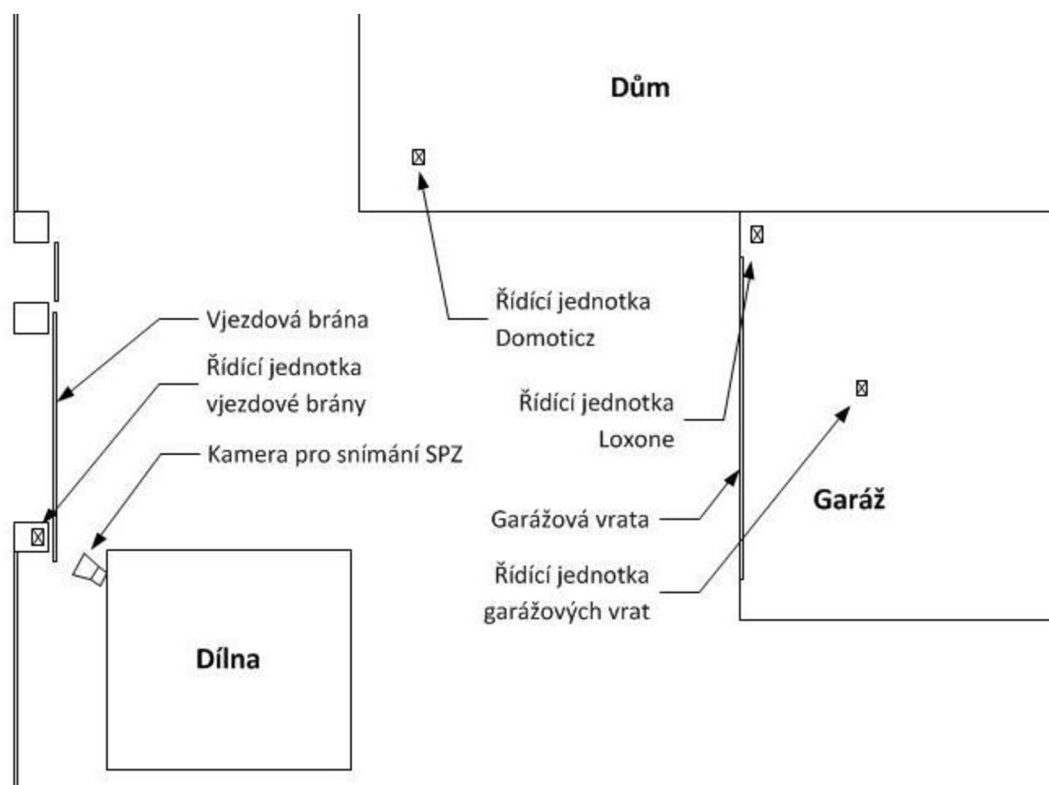
### 3.6.8 NB-IoT

Třetí nejrozšířenější síť v České republice je NB-IoT, celým názvem Narrow Band – Internet of Things. Stejně jako SigFox a LoRa spadá do LPWAN sítě, tedy sítě s velkým dosahem a nízkou spotřebou. Oproti nim má, ale NB-IoT výrazně vyšší spotřebu. Tuto síť využívá mobilní operátor Vodafone v pásmu LTE. Výhodou je, že mohou používat svou stávající infrastrukturu, pouze upraví software na vysílacích stanicích a vyhradí tak část pásma čistě pro IoT zařízení. Pro komunikaci musí zařízení obsahovat SIM kartu, která je zabudovaná v komunikačním modulu zařízení. Uživatel ji musí jen aktivovat a připojit se do sítě. Rychlost přenosu dat je 200 000 bit/s a dosah signálu je až 20 km.<sup>[37]</sup>

## 4 Vlastní práce

Tato kapitola je zaměřena na realizaci řešení pro automatické otevírání vjezdové brány a garážových vrat. Po příjezdu vozidla k vjezdové bráně systém rozpozná registrační značku vozidla a v případě schody s některou z uložených značek bránu a vrata otevře.

### 4.1 Stav před realizací



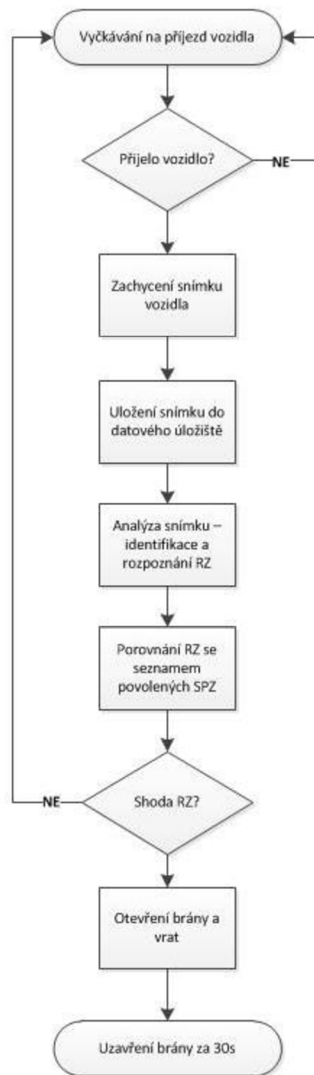
Obrázek 10 – Fyzické uspořádání komponent chytré domácnosti

V objektu se nachází dvě volně stojící budovy – obytný dům spojený s garáží a dílna.

Dům s garáží využívá prvky automatizace v podobě řízení osvětlení, stínících rolet a topných radiátorů. Objekt je průběžně rekonstruován a i díky tomu bylo možné nasadit dva nezávislé řídicí systémy – komerční řešení Loxone a otevřený systém Domoticz na platformě Raspberry Pi. Na obr. 10 je zobrazeno fyzické uspořádání jednotlivých komponent řešení automatizace domácnosti.

Řešení automatizovaného ovládání vjezdové brány a garážových vrat je realizován primárně využitím řídicího systému Domoticz, rozšířeného o potřebná vstupní a výstupní zařízení.

## 4.2 Návrh řešení



Obrázek 11 – Use Case

Obr. 11 zachycuje plánovaný Use Case. Ve schématu užití jsou patrné funkční bloky, jejichž řešení a popis realizace jsou obsaženy v následujících kapitolách:

4.2.1 Detekce vozidla a pořízení snímku

4.2.2 Identifikace a rozpoznání snímku registrační značky

4.2.3 Vyhodnocení shody registrační značky se seznam uložených registračních značek

4.2.4 Otevření brány a vrat v případě shody

#### **4.2.1 Požadavky pro výběr komponent**

Pro realizaci funkčních bloků byly voleny komponenty, které vyhovují níže uvedeným požadavkům:

- Otevřené a popsané komunikační rozhraní
- Nezávislé na vnějších management nástrojích výrobců (v cloud prostředí)
- Podpora komunity produktů Domoticz
- Dostupnost na trhu
- Příznivá cena (výměna při poruše nebo krádeži)

Jednotlivé komponenty vyžadují vzájemnou komunikaci. S ohledem na nedostatek fyzické kabeláže mezi budovami v objektu je komunikační vrstva realizována pomocí Wi-Fi sítě s optimálně zabezpečenými vlastnostmi. Zvolené prvky proto musí podporovat připojení do Wi-Fi sítě, popř. jim musí být konektivita zajištěna s využitím samostatných aktivních prvků.

#### **4.2.2 Detekce vozidla a pořízení snímku**

Na dílnu v objektu (obr. 10) byla umístěna standalone kamera s PoE (Power of Ethernet) napájením. Připojení do Wi-Fi bylo zajištěno pomocí aktivního prvku AP v modu station. Kamera podporuje základní funkce Security Surveillance, konkrétně detekci pohybujících se objektů. Při příjezdu auta kamera zachytí pohybující se objekt, který vyfotí. Fotografie se následně odešle a nahraje na FTP server v domácí síti.

Samotná kamera neumí rozpoznat registrační značku vozidla. Jedná se o běžný levný typ kamery, určený pro venkovní prostředí. Výhodou je snadná výměna v případě poruchy nebo krádeže. Kamera má navíc noční IR přísvit, aby bylo možné pořídit snímek i ve zhoršených světelných podmínkách – např. v noci.

#### **4.2.3 Identifikace a rozpoznání snímku registrační značky vozidla**

Automatické rozpoznání registračních značek (dále jen RZ) vozidel je obecně významná technická úloha s praktickým uplatněním v řadě specializovaných i každodenních oblastí života. K hlavnímu scénáři nasazení patří zejména správa parkovacích míst veřejných a soukromých prostor typu obchodní centra, parkovací domy, letiště, veřejné instituty apod. V těchto případech jsou často označovány jako Závorové systémy. Úkolem Závorových systémů je správa kapacity parkovací plochy, lokalizace parkovacích vozidel, popř. tarifkace za použití parkovacího místa. Příkladem specializovaných použití jsou komplexní systémy,

doplněné o analytické moduly pro vyhodnocení rychlosti jízdy vozu, detekci či záznam dopravních přestupků, popř. analýza dopravy na základě tzv. dojezdové doby.

Úloha rozpoznání RZ vozu bývá označována zkratkou ANPR<sup>[41]</sup> (Automatic Number Plate Recognition), popř. v Evropském prostoru pak zkratkou ALPR (Automatic Licence Plate Recognition).

V technické rovině lze úlohu řešit v oblasti „computer vision“ (počítačového vidění) různými přístupy. Základní operací je vždy nalezení RZ na pořízené fotografii, nebo videozáznamu a následné zpracování dat s cílem rozpoznání alfanumerických znaků RZ. V této oblasti mají dlouhou historii tzv. OCR (Optical Character Recognition) metody z dob skenování dokumentů v kancelářském prostředí a jejich následný převod do editovatelné podoby. Jejich výhodou je dobrá podpora v podobě zvládnutých algoritmů, připravených programových knihoven a dobrých výsledků pro předem analyzované scénáře. Naopak nevýhodou je nižší spolehlivost v situacích, které není možné předem popsat – zhoršená kvalita obrazových dat, jiný grafický tvar předlohy, chybějící části vstupního obrazu apod. Modernější metody rozpoznání RZ vychází z přístupu strojového učení. Celkově komplexní oblast průmyslové AI (Artificial Intelligence) je pro praktické úlohy dostupná díky poskytovaným hotovým řešením v podobě projektů jako např. Cortex, nebo OpenAI.

Projekty AI jsou z důvodů potřeby dobrého trénování umělých neuronových sítí a požadavků na výpočetní výkon většinou řešeny v prostoru veřejných cloudů (AWS, GCP, MS Azure). Pro dosažení podmínky nezávislosti na vnějších zdrojích zpracují pořízené snímky tradiční metody rozpoznání RZ, aplikované kombinací OSS nástrojů OpenCV a Tesseract.

Metody knihovny OpenCV zajistí identifikaci části snímku, která obsahuje RZ. Následná aplikace modulu Tesseract provede optické rozpoznání znaků na určené části snímku. Výstupem bude RZ v podobě alfanumerického řetězce.

#### **4.2.4 Vyhodnocení shody RZ se seznamem uložených registračních značek**

Závorové systémy v této fázi rozhodují o umožnění vjezdu a výjezdu vozidla. Úloha může být komplexní v závislosti na požadovaných hodnocených kritériích. Scénáře obvykle zahrnují čas požadavku ve vztahu k předchozímu stavu (vjezd vozidla při výjezdu z parkoviště, povolení k vjezdu v konkrétní hodinu, počet předchozích požadavků na vjezd vztažený k požadavkům na výjezd pro kontrolu kapacity parkovacích míst apod.), popř. vstupy z nezávislých systémů, např. platebních terminálů pro ověření úhrady parkovného.

Dle složitosti úlohy jsou voleny implementační nástroje. V řešeném případě bude tvar rozpoznané RZ porovnáván s jednotkami evidovaných vzorků. Nebude nutné využívat databáze pro uložení dat, ani časové a kapacitní limity parkovacích stání. Pro vyhodnocení shody bude dostačovat funkce se vstupním parametrem rozpoznané RZ a polem řetězců, obsahujícím známé a povolené RZ.

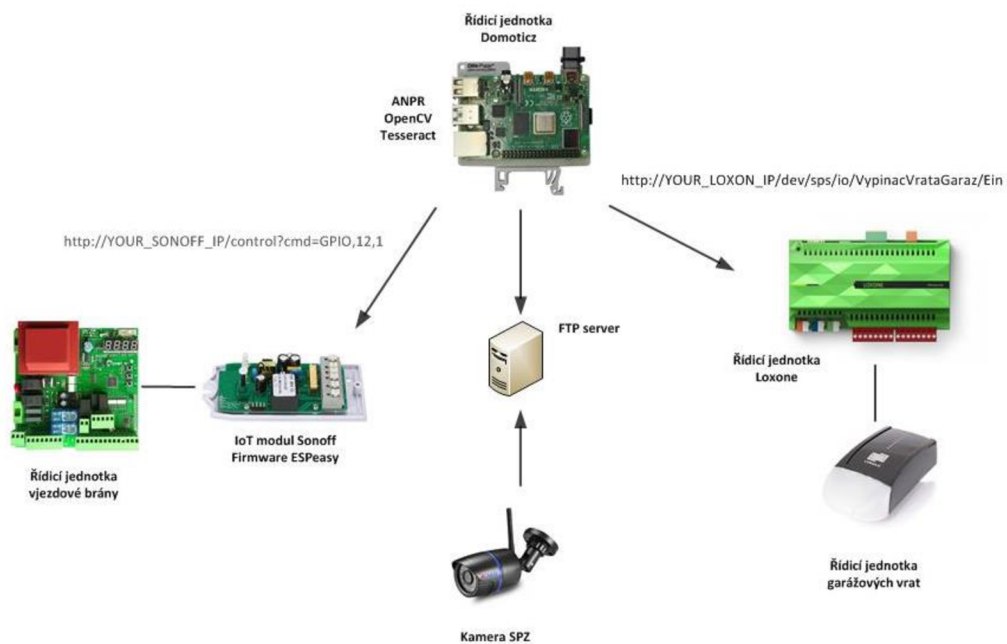
#### **4.2.5 Otevření brány a vrat v případě shody**

Periodicky spouštěný skript vyhodnotí existenci nového snímku z kamery a spustí zpracování pro identifikaci RZ vozidla před vjezdovou branou. Má-li vozidlo jednu z „povolených“ RZ, zavolá skript API řídicí jednotky domoticz a předá požadavek na otevření brány a garážových vrat. Skript a instance domoticz budou sdílet společný operační systém. V konfiguraci domoticz budou definovány objekty „Vypínač“ pro pohony brány a vrat. Při požadavku otevření resp. uzavření brány, nebo vrat, provede domoticz volání podřízených procedur dle potřeby každého z pohonů. Pohony nejsou ovládány přímo z instance domoticz, ale prostřednictvím vlastních řídicích jednotek. Po uplynutí 30s vydá domoticz povel k uzavření vjezdové brány. Garážová vrata ponechá otevřená.

## 4.3 Realizace

Náplní této kapitoly je fyzická realizace navrženého řešení, Podle preferencí, stanovených v kapitole 4.2.1 Požadavky pro výběr komponent, byly vybrány vhodné komponenty, které jsou nezbytné pro správnou funkci navrženého řešení. Jsou zde uvedeny kódy, které jsou klíčové pro správnou funkci řešení a jsou napsány s ohledem na specifikace a požadavky řešení.

### 4.3.1 Schéma konceptu a použité komponenty



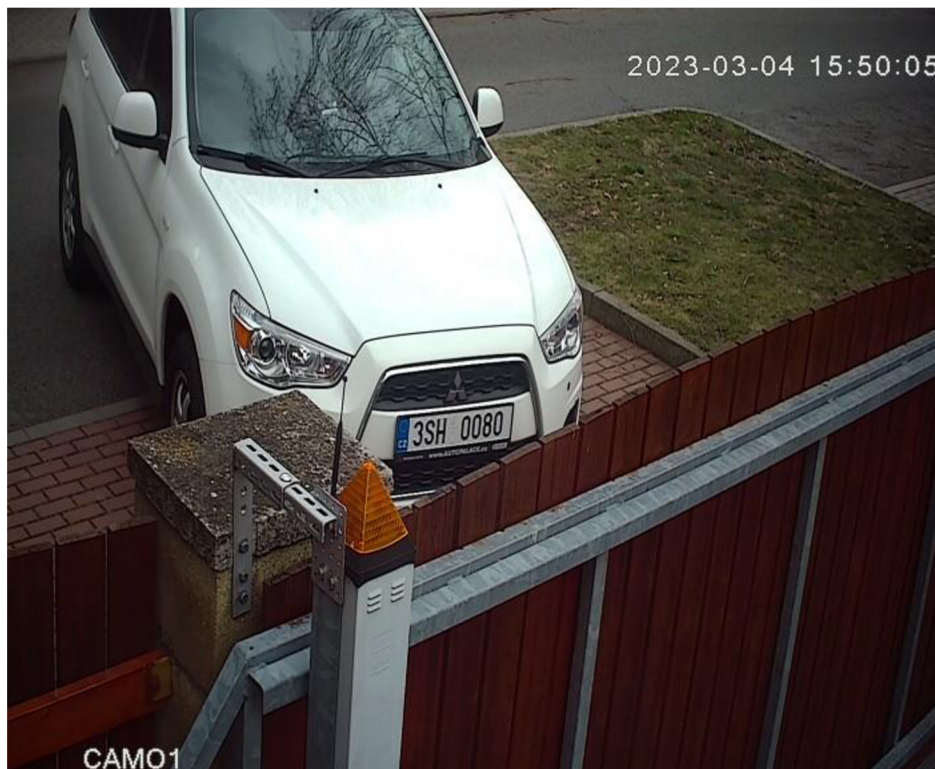
Obrázek 12 – Schéma konceptu a použité komponenty

Kamera:	BESDER 4K 8MP H.265 Security Camera Outdoor
FTP server:	ProFTPD Version 1.3.6
Řídicí jednotka Domoticz:	RPi 2B+, Raspbian 10, Domoticz v. 2020.2
IoT modul Sonoff:	Sonoff Dual R2
Řídicí jednotka vjezdové brány:	Sterownik ST-2
Řídicí jednotka Loxone:	Loxone Miniserver Gen.1
Řídicí jednotka garážových vrat:	TOORS GTA 701

Tabulka 1 – Soupis použitých komponent

Kamera ukládá pořízené snímky do adresáře na FTP serveru, na který má přístup i RPi s běžící instancí Domoticz a pravidelně spouštěným skriptem pro kontrolu obsahu FTP adresáře. Pokud skript rozpozná nový soubor v adresáři, spustí OpenCV s parametrem jména souboru, který identifikuje přítomnost RZ vozidla na snímku. V případě jejího nalezení se zavolá Tesseract, který příslušnou oblast snímku s RZ vozidla převede na textový záznam. Textový záznam se dále pomocí skriptu porovnává s uloženými RZ.

#### 4.3.2 Zpracování snímku



Obrázek 13 – Snímek pořízený kamerou

Výstupem zpracování snímku OpenCV / Tesseract pomocí on-prem SDK OpenALPR je json:

```
{ "version":2,"data_type":"alpr_results","epoch_time":1678014583776,"img_width":1280,"img_height":720,"processing_time_ms":792.081238,"regions_of_interest":[{"x":0,"y":0,"width":1280,"height":720}], "results":[{"plate":"3SH0080","confidence":84.288780,"matches_template":1,"plate_index":0,"region":"cz","region_confidence":0,"processing_time_ms":69.627357,"requested_topn":10,,"candidates":[{"plate":"3SH0080","confidence":84.288780,"matches_template":1}]}}
```



Získaná RZ je v python skriptu porovnána se seznamem povolených vzorků funkcí:

```
#-- HLEDANI RZ V SEZNAMU POVOLENYCH RZ
```

```
def hledatRZ(rzFound):
```

```
    logging.debug('NACITAM SEZNAM POVOLENYCH RZ Z %s' % numberplateFile)
```

```
    with open(numberplateFile, 'r') as rzList: #nacteni seznamu RZ ze souboru
```

```
        logging.info('HLEDAM RZ %s V SEZNAMU' % rzFound)
```

```
        for numberplate in rzList:
```

```
            numberplate = numberplate.strip()
```

```
            if rzFound in numberplate:
```

```
                #RZ nalezena v seznamu, vrat True a ukonci cyklus
```

```
                logging.info('RZ: %s NALEZENA A AUTORIZOVANA' % rzFound)
```

```
                return True
```

```
            break
```

```
        else:
```

```
            logging.debug('RZ: %s NEODPOVIDA RZ %s', rzFound, numberplate)
```

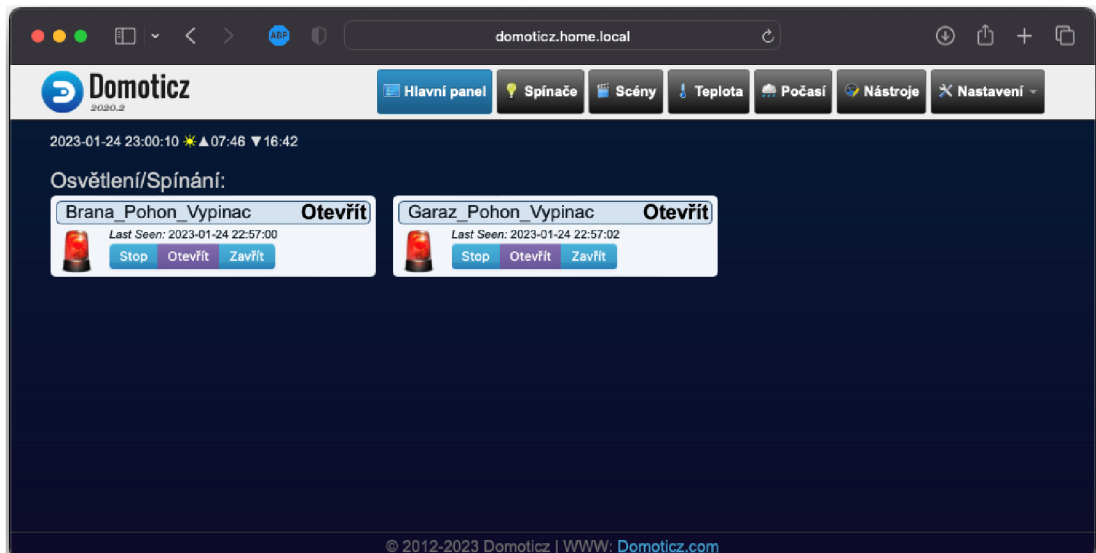
```
    return False
```

```
    rzList.close()
```

```
    logging.debug('HLEDANI RZ V SEZNAMU DOKONCENO')
```

### 4.3.3 Řízení pohonů brány a vrat

V případě shody RZ s povoleným vzorkem je předán instanci Domoticz příkaz k aktivaci objektů Brana\_Pohon\_Vypinac a Garaz\_Pohon\_Vypinac:



Obrázek 14 – Rozhraní instalace Domoticz

```

import json
import urllib.request, urllib.error, urllib.parse
import subprocess

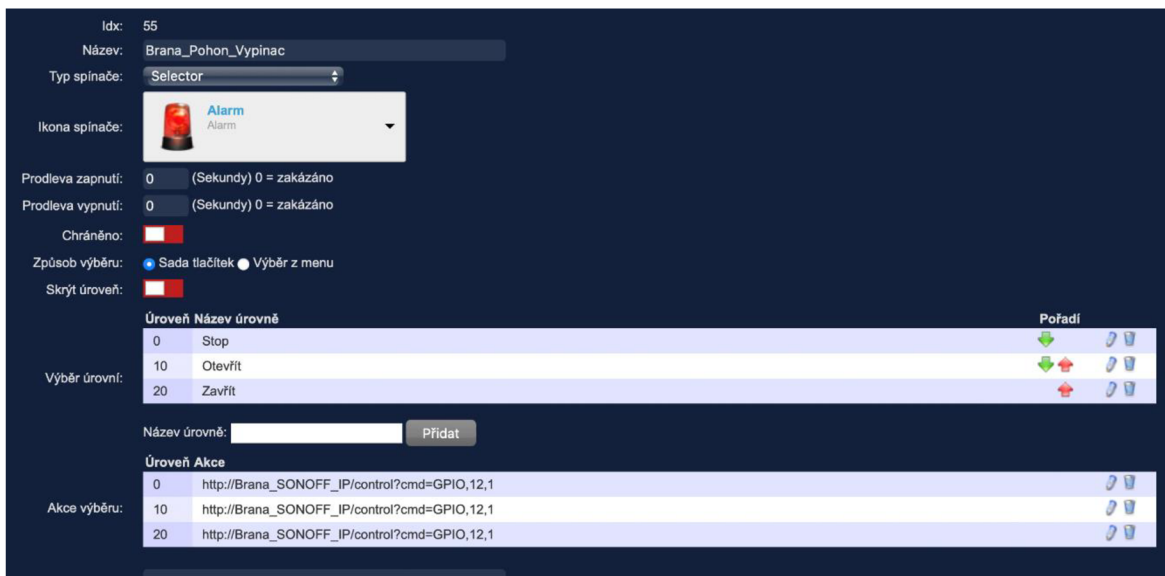
# KONFIGURACE DOMOTICZ
domoticzIp = '127.0.0.1'
domoticzUsername = 'username'
domoticzPassword = 'password'
domoticzProtocol = 'http'
domoticzPort = '8080'
domoticzUrl =
f'{domoticzProtocol}://{domoticzUsername}:{domoticzPassword}@{domoticzIp}:{domoticz
Port}/json.htm?'
# Domoticz objects ID: Brana_Pohon_Vypinac=55, Garaz_Pohon_Vypinac=56
domoticzObjects = ["55", "56"]

def domoticzrequest (url):
    request = urllib.request.Request(url)
    response = urllib.request.urlopen(request)
    return response.read()

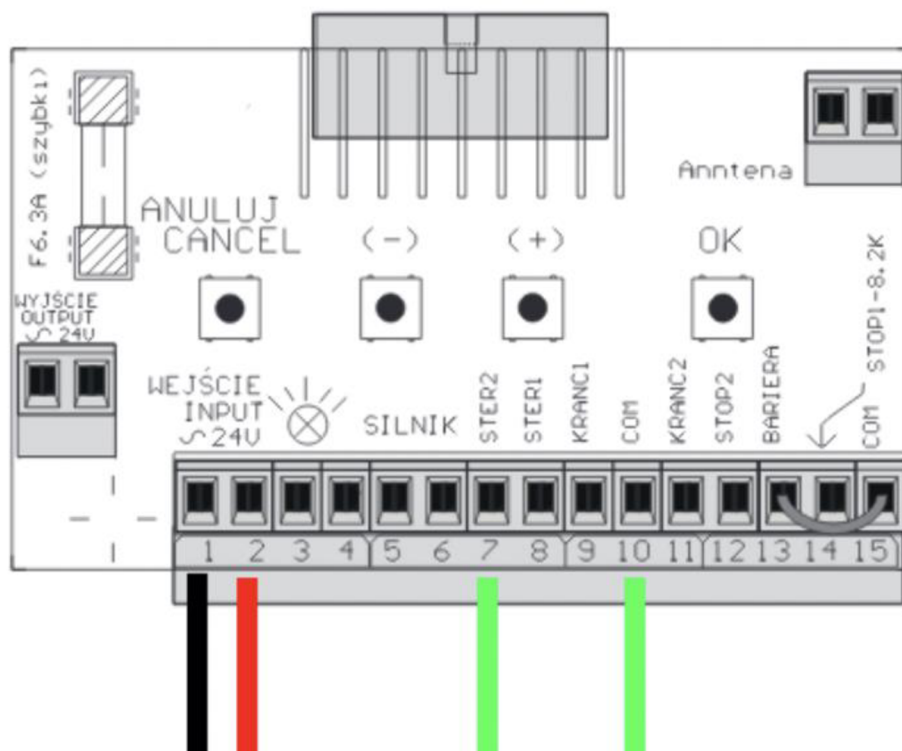
for domoticzObjectID in domoticzObjects:
    domoticzCMD =
f'{domoticzUrl}type=command&param=switchlight&idx={domoticzObjectID}&switchcmd=
On'
    json_object = json.loads(domoticzrequest(domoticzCMD))
    if json_object["status"] == "OK":
        print(f'Calling domoticz object {domoticzObjectID} success')

```

Objekty Brana\_Pohon\_Vypinac a Garaz\_Pohon\_Vypinac mají v definici změny stavu uveden příkaz pro vyslání pulzu na ovládací rozhraní řídicích jednotek pohonů. V případě garážových vrat je pulz vyslán řídicí jednotkou Loxone. U vjezdové brány zajišťuje generování pulzu IoT modul Sonoff pomocí přizemnění vstupního pinu jednotky Sterownik ST-2.



Obrázek 15 – Definice volání podřízených jednotek v objektu Domoticz



Obrázek 16 – Pripojení IoT modulu Sonoff na svorkovnici řídicí jednotky Sterownik ST-2

Pro generování pulzu na modulu Sonoff, resp. následné uzavření brány po 30s je v konfiguraci Domoticz připravena definice Události, která je aktivována při změně stavu objektu Brana\_Pohon\_Vypinac:

```
Zap Vyp BranaPohonVypinac_Trigge
1 return
2 {
3   on =
4   {
5     devices =
6     {
7       'Brana_Pohon_Vypinac',
8     },
9   },
10
11   data =
12   {
13   },
14
15   execute = function(dz, item)
16
17     local MotorIP = dz.variables('BranaSonoffIP').value
18
19     if (item.state ~= 'Off') then
20       dz.openURL('http://' .. MotorIP .. '/control?cmd=GPIO,12,0')
21     end
22     if (item.levelVal == 0) then
23       dz.openURL('http://' .. MotorIP .. '/control?cmd=GPIO,12,0')
24     end
25     -- Prikaz pro otevreni brany
26     if (item.levelVal == 10) then
27       -- Sestupna hrana ovladaciho pulzu
28       dz.openURL('http://' .. MotorIP .. '/control?cmd=GPIO,12,0')
29       dz.devices('Brana_Pohon_Vypinac').switchSelector(20).afterSec(30)
30     end
31     -- Prikaz pro uzavreni brany
32     if (item.levelVal == 20) then
33       -- Sestupna hrana ovladaciho pulzu
34       dz.openURL('http://' .. MotorIP .. '/control?cmd=GPIO,12,0')
35     end
36   end
37 }
```

Obrázek 17 – Skript Události

Řízení jednotky garážových vrat je plně pokryto jednotkou Loxone, které domoticz vydává pokyn pro generování pulzu v podobě URL ve tvaru:

[http://LOXONE\\_IP/dev/sps/io/VypinacVrataGaraz/Pulse](http://LOXONE_IP/dev/sps/io/VypinacVrataGaraz/Pulse)

Garážová vrata zůstávají otevřená, pro zajištění pohodlí při vystupování z vozu a manipulaci např. s nákupem. Vrata zavírá uživatel fyzickým tlačítkem, připojeným k jednotce Loxone, při opouštění garáže.

## **5 Výsledky a diskuse**

Výše popsaná realizace dopadla úspěšně, ale pouze za určitých podmínek. Scénář užití je funkční za dobrých světelných podmínek, kdy je snímek dobře čitelný. Při zhoršených světelných podmínkách – typicky v noci – jej OpenCV a Tesseract nejsou schopni správně vyhodnotit, a to jak na vstupu, tak na výstupu.

Další podmínka nemá vliv na funkčnost řešení, projevuje se pouze vnitřně v záznamech systému. V momentě příjezdu vozidla musí být brána i vrata zavřená, jinak se příkaz k aktivaci odesílá objektům již v požadovaném stavu.

### **5.1 Nedostatečné zabezpečení**

Realizace byla zaměřena pouze na funkční základ řešení. Takto navržený model neobsahuje žádné prvky zabezpečení. Jako největší problém z hlediska zabezpečení se jeví vyhodnocování RZ. Systém hodnotí přítomnost RZ z hlediska přítomnosti řetězce písmen a čísel, nikoliv kde a v jakém stavu se řetězec nachází. To vede k tomu, že pokud systém zaznamená povolený řetězec na snímku, otevře bránu a vrata bez ohledu na to, jestli přijelo „správné“ vozidlo – vozidlo, kterému RZ skutečně náleží – nebo jestli vůbec nějaké vozidlo přijelo.

### **5.2 Cenová kalkulace**

V objektu, kde byla práce realizovaná, se nacházeli již zavedené prvky automatizace. Objekt postupem let prošel několika rekonstrukcemi, v rámci kterých byly přidávány prvky automatizace. Vjezdová brána byla postavena před necelými patnácti lety, zatímco garážová vrata, spolu s jednotkou Loxone, byly zavedeny v rámci přístavby, která proběhla o několik let později. V tabulce níže jsou uvedené jejich ceny zhruba v době jejich zavedení. Kalkulace nezahrnuje ceny samotné vjezdové brány nebo garážových vrat, pouze jejich řídicích jednotek. Jejich cena se pohybuje v rozmezí 40 000 – 50 000 Kč bez prvků automatizace. Řídicí jednotka Domoticz byla implementovaná později, kvůli zavedení automatického osvětlení a venkovních rolet.

Typ		Cena
Řídicí jednotka vjezdové brány:	Sterownik ST-2	cca 8 000 Kč
Řídicí jednotka garážových vrat:	TOORS GTA 701	cca 8 000 Kč
Řídicí jednotka Loxone:	Loxone Miniserver Gen.1	cca 15 000 Kč
Řídicí jednotka Domoticz:	RPi 2B+	1 399 Kč
<b>Celkem</b>		<b>32 399 Kč</b>

Tabulka 2 – Cena původních prvků v době jejich implementace

V rámci bakalářské práce byly, pro potřeby rozšíření stávajícího řešení, nakoupeny nové komponenty. Jednalo se o domácí automatizaci, tudíž pro konfiguraci byly použity otevřené systémy, které jsou snadno dohledatelné na internetu.

Typ		Cena
Kamera:	BESDER 4K 8MP H.265 Security Camera Outdoor	733 Kč
IoT modul Sonoff:	Sonoff Dual R2	300 Kč
<b>Celkem</b>		<b>1 033 Kč</b>

Tabulka 3 – Cena nakoupených prvků v rámci bakalářské práce

Celková práce, včetně programování a fyzické instalace, zabrala celkově zhruba 16 hodin. To znamená tak týden práce, pokud by se tomu člověk věnoval každý den aspoň 2 hodiny. Cena samotné automatizace vyšla na 1 033 Kč, pokud by se přičetla i cena původního řešení celková cena by se pohybovala okolo 33 500 Kč. To je cena samotné automatizace, pokud by se zahrnula i výstavba vrat a garáže celková cena by narostla o minimálně 80 000 Kč, tedy 113 500 Kč. V kalkulaci není zmíněn FTP server, protože byl poskládán dříve ze zbytkových dílů počítačů, co během let prošli domácností.

### 5.3 Budoucí rozvoj

Budoucí rozvoj by se v první řadě měl zaměřit na zabezpečení systému. Také by se mělo zvážit umístění kamery, která pořizuje snímky. Jak je vidět na obr. 13 výše, kamera se nachází vysoko v neoptimálním úhlu. Pokud vozidlo najede příliš blízko k vjezdové bráně, zastíní tak výhled kamery na RZ. Vzhledem k silničnímu provozu není vždy možné zastavit vozidlo tak daleko od brány, protože by bránilo průjezdu dalších vozidel.

Měli by se rozšířit i senzorické vstupy, aby řídicí jednotky vzájemně měli přístup k informacím o stavu, ve kterém se nacházejí a dokázali na ně příslušně reagovat. S tím souvisí i rozšíření scénáře použití, například pro případy, kdy se brána a vrata nemají otevřít, pokud přijede vozidlo, nebo by systém určil, které z garážových vrat se mají otevřít.

## 6 Závěr

Hlavním cílem práce bylo zhodnotit a doporučit možnosti implementace vhodných IoT zařízení v rámci chytré garáže spojených s automatizací. V rámci toho byl vymezen okruh IoT prvků, mezi kterými se vybíralo na základě stanovených preferencí. Důraz byl kladen na to, aby se systém dal propojit s již zavedenými prvky automatizace s co nejmenším zásahem do objektu.

V teoretické části práce byl představen koncept chytré domácnosti a s tím související pojem Internet věcí. Byly vymezeny oblasti domácí automatizace a komerčního řešení od jednoho výrobce. V souvislosti s domácí automatizací byly představeny nejpoužívanější hardwarové prvky v podobě mikroprocesorů.

Praktická část práce se zaměřila na samotnou realizaci řešení automatického otevírání vjezdové brány a garážových vrat. Práce byla rozdělena na několik dílčích částí, stanovených podle navrženého scénáře užití. V návrhu řešení byl vymezen okruh komponent, které vyhovují potřebám propojení různých typů zařízení s různou funkcionalitou a oblastí zaměření. Kvůli stanovené podmínce co nejmenšího zásahu do objektu byla zvolena bezdrátová přenosová síť – Wi-Fi – prostřednictvím, které odesílá hlavní řídicí jednotka příkazy ostatním řídicím jednotkám.

V kapitole Realizace jsou pak vybrané komponenty nastaveny a naimplementovány pro rozšíření stávajícího řešení. Kapitola se zabývá i problematikou softwarového nastavení. Výsledkem realizace jsou plně automatizovaná vjezdová brána a garážová vrata, které se otevírají, při zaznamenání RZ vozidla a následně opět zavírají.

Pro potřeby domácí automatizace se ukázalo vhodné volit otevřené systémy, ke kterým se dají snadno dohledat informace a nejsou závislé na platformě výrobce. Vzájemná nekompatibilita již zavedených prvků lze řešit přidáním nezávislého prvku – mezivrstvy – skrze, který prvky komunikují. Toto řešení může být ale programově i implementačně náročné, protože musí být správně nastaveno a nakonfigurováno, aby mohlo správně fungovat. Nutné je ale i zohlednit robustnost a všestrannost řešení, zejména důležité je také zabezpečení systému a hlavně možnost bezpečné fyzické instalace.

## 7 Seznam použitých zdrojů

1. What is Internet of Things (IoT)? 139 definitions since 1999 [online]. [cit. 2022-07-18]. Dostupné z: <<https://www.rtsrl.eu/blog/what-is-internet-of-things-iot/>>.
2. What is IoT and how does it work? [online]. [cit. 2022-07-18]. Dostupné z: <<https://www.sap.com/insights/what-is-iot-internet-of-things.html>>.
3. Internet of Things (IoT) [online]. [cit. 2022-07-18]. Dostupné z: <[https://csrc.nist.gov/glossary/term/internet\\_of\\_things\\_IoT](https://csrc.nist.gov/glossary/term/internet_of_things_IoT)>.
4. The Internet of Things How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything [online]. [cit. 2022-07-18]. Dostupné z: <[https://www.cisco.com/c/dam/en\\_us/about/ac79/docs/innov/IoT\\_IBSG\\_0411FIN\\_AL.pdf](https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FIN_AL.pdf)>.
5. PETER WAHER. Learning internet of things. Packt Publishing Ltd, 2015. [cit. 2022-07-18]. ISBN 978-1-78355-353-2
6. History of IoT: From idea to an industry approaching \$1tn [online]. [cit. 2022-07-18]. Dostupné z: <<https://www.verdict.co.uk/history-of-iot/>>.
7. INTERNET VĚCÍ (IOT): DEFINICE, PŘÍKLADY VYUŽITÍ, PRODUKTY [online]. [cit. 2022-07-18]. Dostupné z: <<https://www.rascasone.com/cs/blog/iot-internet-veci-definice-produkty-historie>>.
8. What is a Smart Home? [online]. [cit. 2022-07-20]. Dostupné z: <<https://smarthomeenergy.co.uk/what-smart-home/>>.
9. Smart Home [online]. [cit. 2022-07-20]. Dostupné z: <<https://www.investopedia.com/terms/s/smart-home.asp>>.
10. Jak si lidé v minulém století představovali „chytrou domácnost“ [online]. [cit. 2022-07-20]. Dostupné z: <<https://faei.cz/jak-si-lide-v-minulem-stoleti-predstavovali-chytrou-domacnost/>>.
11. Historie chytré domácnosti: Jak to všechno začalo? (část 1.) [online]. [cit. 2022-07-20]. Dostupné z: <<https://blog.zonepi.cz/historie-chytre-domacnosti-jak-to-vsechno-zacalo-cast-1/>>.
12. What is Arduino? [online]. [cit. 2022-07-23]. Dostupné z: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>.
13. Lekce 2 - Seznámení s Arduinem [online]. [cit. 2022-07-23]. Dostupné z: <<https://www.itnetwork.cz/hardware-pc/arduino/programovaci-jazyk/arduino-seznameni/>>.
14. EVERYTHING YOU NEED TO KNOW ABOUT ARDUINO CODE [online]. [cit. 2022-07-23]. Dostupné z: <<https://www.circuito.io/blog/arduino-code/>>.
15. Průvodce světem Arduina [online]. [cit. 2022-07-23]. Dostupné z: <<https://www.robotikabrno.cz/docs/arduino/Pr%C5%AFvodce-sv%C4%9Btem-Arduina-CZ.pdf>>.
16. Arduino Shields [online]. [cit. 2022-07-23]. Dostupné z: <<https://www.javatpoint.com/arduino-shields>>.
17. Raspberry Pi mění svět: Seznamte se s nejzajímavějším počítačem dneška [online]. [cit. 2022-07-23]. Dostupné z: <<https://tech.hn.cz/c1-65195330-raspberry-pi-meni-svet-seznamte-se-s-nejzajimavejsim-pocitacem-dneska>>.
18. Lekce 1 - Úvod do Raspberry Pi [online]. [cit. 2022-07-23]. Dostupné z: <<https://www.itnetwork.cz/hardware-pc/raspberry-pi/uvod-do-raspberry-pi>>.
19. Raspberry Pi: Výběr operačního systému a první spuštění [online]. [cit. 2022-07-23]. Dostupné z: <<https://navody.dratek.cz/navody-k-produktum/raspberry-pi-vyber-operacniho-systemu-a-prvni-spusteni.html>>.



20. Raspberry Pi OS [online]. [cit. 2022-07-23]. Dostupné z: <<https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/os.html>>.
21. JAKUB GONER. Raspberry Pi Uživatelská příručka. [cit. 2022-07-23]. ISBN 978-80-251-4116-8
22. Lekce 7 - Velká rodina Raspberry Pi - Přehled modelů a jejich funkcí [online]. [cit. 2022-07-23]. Dostupné z: <<https://www.itnetwork.cz/hardware-pc/raspberry-pi/velka-rodina-raspberry-pi-prehled-modelu-a-jejich-funkci>>.
23. ESP32 je tu. Co přinese nástupce ESP8266? [online]. [cit. 2022-07-27]. Dostupné z: <<https://www.root.cz/clanky/esp32-je-tu-co-prinese-nastupce-esp8266/>>.
24. ŠIROKÝ VÝBĚR MODULŮ ESP32 [online]. [cit. 2022-07-27]. Dostupné z: <<https://www.tme.eu/cz/news/library-articles/page/21733/siroky-vyber-modulu-esp32/>>.
25. Technologie Air [online]. [cit. 2022-07-27]. Dostupné z: <<https://www.loxone.com/cscz/kb/air-technologie/>>.
26. Kabeláž technologie Tree [online]. [cit. 2022-07-27]. Dostupné z: <<https://www.loxone.com/cscz/kb/kabelaz-technologie-tree/>>.
27. První nastavení Miniserveru [online]. [cit. 2022-07-27]. Dostupné z: <<https://www.loxone.com/cscz/kb/miniserver-zprovozeni/>>.
28. Co je WiFi 802.11ac? [online]. [cit. 2022-08-03]. Dostupné z: <<https://www.alza.cz/slovník/wifi-80211ac>>.
29. Wi-Fi [online]. [cit. 2022-08-03]. Dostupné z: <<https://wikisofia.cz/wiki/Wi-Fi>>.
30. What Is Bluetooth? Different Bluetooth Versions, Features Explained [online]. [cit. 2022-08-03]. Dostupné z: <<https://onsitego.com/blog/bluetooth-explained-versions-compared-features-specifications/>>.
31. Different Bluetooth Versions: What You Need to Know [online]. [cit. 2022-08-03]. Dostupné z: <<https://www.headphonesty.com/2021/01/bluetooth-versions/>>.
32. Catching the Z-Wave [online]. [cit. 2022-08-03]. Dostupné z: <<https://www.embedded.com/catching-the-z-wave/>>.
33. Z-Wave [online]. [cit. 2022-08-03]. Dostupné z: <<https://m.alza.cz/slovník/z-wave-art17515.htm>>.
34. Z Wave for Home Automation [online]. [cit. 2022-08-03]. Dostupné z: <<https://cctvinstitute.co.uk/z-wave/>>.
35. SHAHIN FARAHANI. ZigBee Wireless Networks and Transceiver. [cit. 2022-08-08]. ISBN: 978-0-7506-8393-7
36. Thread 101: What you need to know about this smart home protocol in 2021 [online]. [cit. 2022-08-08]. Dostupné z: <<https://staceyoniot.com/thread-101-what-you-need-to-know-about-this-smart-home-protocol-in-2021/>>.
37. LoRaWAN, Sigfox nebo NB-IoT? Srovnání 3 významných typů IoT sítí [online]. [cit. 2022-08-08]. Dostupné z: <<https://www.iotport.cz/iot-novinky/lorawan/lorawan-sigfox-nebo-nb-iot-srovnani-3-vyznamnych-typu-iot-siti>>.
38. SIGFOX: Internet věcí bez internetu a jen pro některé věci [online]. [cit. 2022-08-08]. Dostupné z: <<https://www.lupa.cz/clanky/sigfox-internet-veci-bez-internetu-a-jen-pro-nektere-veci/>>.
39. Co je to technologie LoRa [online]. [cit. 2022-08-08]. Dostupné z: <<https://www.mokosmart.com/cs/lora-technology/>>.
40. What are LoRa and LoRaWAN? [online]. [cit. 2022-08-08]. Dostupné z: <<https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/what-is-lorawan/>>.
41. ANPR on Raspberry Pi [online]. [cit. 2023-02-04]. Dostupné z: <<https://platerecognizer.com/anpr-on-raspberry-pi/>>.

42. What is ALPR system? [online]. [cit. 2023-02-04]. Dostupné z: <[https://www.tattile.com/alpr-system/?doing\\_wp\\_cron=1678306728.8523540496826171875000/](https://www.tattile.com/alpr-system/?doing_wp_cron=1678306728.8523540496826171875000/)>.
43. Car Plate Recognition System with Raspberry Pi and Node-RED [online]. [cit. 2023-02-04]. Dostupné z: <<https://randomnerdtutorials.com/car-plate-recognition-system-with-raspberry-pi-and-node-red/>>.
44. I built a DIY license plate reader with a Raspberry Pi and machine learning [online]. [cit. 2023-02-04]. Dostupné z: <<https://towardsdatascience.com/i-built-a-diy-license-plate-reader-with-a-raspberry-pi-and-machine-learning-7e428d3c7401/>>.
45. Sonoff Garage Door Opener [online]. [cit. 2023-02-04]. Dostupné z: <<https://www.instructables.com/Sonoff-Garage-Door-Opener/>>.

## Seznam zdrojů obrázků

- Obrázek č. 1 – Ukázka chytré domácnosti s využitím miniserveru od Loxone [online]. [cit. 2022-07-20]. Dostupné z: <<http://www.rest-it.cz/fm/files/obrazky/chytrdom.png>>.
- Obrázek č. 2 – Arduino Uno s popisem [online]. [cit. 2022-07-23]. Dostupné z: <<https://vyvoj.hw.cz/files/styles/full/public/story/13255/fig2.jpg?itok=I8uiXWvs>>.
- Obrázek č. 3 – Arduino shieldy naskládané na sebe [online]. [cit. 2022-07-23]. Dostupné z: <<https://aws1.discourse-cdn.com/arduino/original/4X/6/c/6/6c6d533e3816d025eb9a60ca7c97bb97012020cd.jpeg>>.
- Obrázek č. 4 – Raspberry Pi Model B4 s popisem [online]. [cit. 2022-07-23]. Dostupné z: <<https://www.itnetwork.cz/images/56833/raspberry-pi-4-model-b-4gb.jpg>>.
- Obrázek č. 5 – ESP8622 verze 01 [online]. [cit. 2022-07-20]. Dostupné z: <<https://i.iinfo.cz/images/339/esp32-6.jpg>>.
- Obrázek č. 6 – Vývojářská sada Espressif ESP32-DevKitC-ve s popisem [online]. [cit. 2022-07-20]. Dostupné z: <<https://www.conrad.cz/p/espressif-vyvojova-deska-esp32-devkitc-ve-2383855>>.
- Obrázek č. 7 – Miniserver Loxone s popisem [online]. [cit. 2022-07-23]. Dostupné z: <<https://www.loxone.com/cscz/wp-content/uploads/sites/7/2019/11/IG-Miniserver-V2-03.png>>.
- Obrázek č. 8 – Ukázka smíšené topologie Zigbee [online]. [cit. 2022-07-20]. Dostupné z: <<https://koble.sg/wp-content/uploads/zigbee-mesh-topology.png>>.
- Obrázek č. 9 – Schéma komunikace LoRaWAN [online]. [cit. 2022-07-20]. Dostupné z: <<https://enless-wireless.com/wp-content/uploads/2020/07/Lora-wan-page-4-1-768x451.png>>.
- Obrázek č. 10 – Fyzické uspořádání komponent chytré domácnosti [vlastní tvorba].
- Obrázek č. 11 – Use Case [vlastní tvorba].
- Obrázek č. 12 – Schéma konceptu a použité komponenty [vlastní tvorba].
- Obrázek č. 13 Snímek pořízený kamerou [vlastní tvorba].
- Obrázek č. 14 – Rozhraní instalace Domoticz [vlastní tvorba].
- Obrázek č. 15 – Definice volání podřízených jednotek v objektu Domoticz [vlastní tvorba].
- Obrázek č. 16 – Pripojení IoT modulu Sonoff na svorkovnici řídicí jednotky Sterownik ST-2 [vlastní tvorba].
- Obrázek č. 17 – Skript Události [vlastní tvorba].

## 8 Seznam obrázků, tabulek, grafů a zkratk

### 8.1 Seznam obrázků

Obrázek 1 – Ukázka chytré domácnosti s využitím miniserveru od Loxone .....	15
Obrázek 2- Arduino Uno s popisem .....	18
Obrázek 3- Arduino shiely naskládané na sebe .....	19
Obrázek 4 - Raspberry Pi Model B4 s popisem.....	21
Obrázek 5- ESP8622 verze 01 .....	22
Obrázek 6- Vývojářská sada Espressif ESP32-DevKitC-ve s popisem .....	22
Obrázek 7- Miniserver Loxone s popisem.....	24
Obrázek 8- Ukázka smíšené topologie Zigbee .....	27
Obrázek 9- Schéma komunikace LoRaWAN .....	29
Obrázek 10 – Fyzické uspořádání komponent chytré domácnosti .....	30
Obrázek 11 – Use Case .....	31
Obrázek 12 – Schéma konceptu a použité komponenty .....	35
Obrázek 13 – Snímek pořízený kamerou.....	36
Obrázek 14 – Rozhraní instalace Domoticz .....	37
Obrázek 15 – Definice volání podřízených jednotek v objektu Domoticz.....	39
Obrázek 16 – Pripojení IoT modulu Sonoff na svorkovnici řídicí jednotky Sterownik ST-239	
Obrázek 17 – Skript Události.....	40

### 8.2 Seznam tabulek

Tabulka 1 – Soupis použitých komponent.....	35
Tabulka 2 – Cena původních prvků v době jejich implementace.....	42
Tabulka 3 – Cena nakoupených prvků v rámci bakalářské práce.....	42

### 8.3 Seznam použitých zkratk

IoT	Internet věcí
PCB	Deska plošných spojů
RZ	Registrační značka vozidla
RPi	Raspberry Pi