

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Provozně ekonomická fakulta**

**Katedra informačních technologií**



**Bakalářská práce**

**Využití IoT v oblasti zabezpečení budov**

**Vojtěch Karas**

**© 2021 ČZU v Praze**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Vojtěch Karas

Systemové inženýrství a informatika

Informatika

Název práce

**Využití IoT v oblasti zabezpečení budov**

Název anglicky

**Application of IoT in the field of building security**

---

### Cíle práce

Tématicky je bakalářská práce zaměřena na oblast internetu věcí (Internet of Things). Hlavním cílem je zhodnocení výhod a rizik využití IoT v oblasti zabezpečení budov. Dílčími cíli jsou konstrukce prototypu za pomoci jednodeskového počítače a senzorů společně s naprogramováním a nastavením softwaru pro toto zařízení.

### Metodika

Metodika práce je založena na studiu a analýze odborných a vědeckých publikací, společně s uplatněním odborných zkušeností z oboru.

Hlavním cílem vypracování bakalářské práce bude aplikování poznatků v praktické části k vytvoření prototypu domácího alarmu a dále k jeho konfiguraci. Na základě získaných poznatků bude formulován závěr práce.

**Doporučený rozsah práce**

40 – 50stran

**Klíčová slova**

Internet věcí, IoT, zabezpečení

---

**Doporučené zdroje informací**

GOODWIN, S. *Smart home automation with Linux and raspberry Pi*. New York: Apress, 2013. ISBN 978-1-4302-5887-2.

MONK, Simon. *Programming the Raspberry Pi: getting started with Python*. New York: McGraw-Hill, 2013. ISBN 978-00-718-0783-8.

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

POOLE, Matthew. *Building a Home Security System with Raspberry Pi*. Birmingham: Packt, 2015. ISBN 978-17-821-7527-8.

UPTON, E. – HALFACREE, G. – GONER, J. *Raspberry Pi : uživatelská příručka*. Brno: Computer Press, 2013. ISBN 978-80-251-4116-8.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2020/21 LS – PEF

**Vedoucí práce**

Ing. Alexandr Vasilenko, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra informačních technologií

---

Elektronicky schváleno dne 25. 8. 2020

**Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 5. 11. 2020

**Ing. Martin Pelikán, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 10. 03. 2021

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Využití IoT v oblasti zabezpečení budov" jsem vypracoval 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 autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 15. 3. 2021

---

### **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval panu Ing. Alexandru Vasilenkovi, Ph.D. za rady a vedení při zpracování této bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval všem, kteří mě podporovali v průběhu psaní práce.

# Využití IoT v oblasti zabezpečení budov

## Abstrakt

Tato bakalářská práce řeší zabezpečení budovy pomocí IoT zařízení, jejich funkcionalitu a použití. Téma je zpracováno jak po stránce softwarové, tak hardwarové. Řešení klade důraz na nízkou cenu a zároveň budoucí rozšiřitelnost celého zařízení. V projektu byly zvoleny aktuální technologie a postupy, aby výstupy odpovídaly současným trendům.

V teoretické části jsou rozebrány možnosti přenosu dat mezi IoT zařízeními společně s jejich zaměřením. Dále se zde nachází popis funkcí a možností chytré domácnosti založené na Home Assistant a Raspberry Pi 4 model B.

Praktická část se věnuje testování přenosu dat, zároveň zkoumání jejich vlastností při použití v budově a následně jejich využití při návrhu systému. V praktické části se dále blíže specifikují jednotlivé prvky systému a způsob jakým fungují, společně s konstrukcí jednoduchého IoT zařízení s magnetickým senzorem.

Přínosem této práce je poskytnutí informací o možnostech řešení zabezpečení budov s využitím moderních technologií.

**Klíčová slova:** IoT, Wi-Fi, LoRa, Zigbee, ESP32, Home Assistant, YAML, bezpečnost, cena, Raspberry Pi

# **Application of IoT in the field of building security**

## **Abstract**

This bachelor thesis deals with the security of buildings using IoT devices, its functions and application. The topic is processed both in terms of software and hardware. The solution emphasizes on the price and at the same time further expandability of the entire system. Current technologies and procedures have been chosen in the project so that the outputs correspond to up to date trends.

The theoretical part discusses the possibilities of data transfer between IoT devices with its focus. Also, there is the description of the functions and options of a smart home based on Home Assistant and Raspberry Pi 4 model B.

The practical part is focused on testing the transmission of data, examines their properties when used in a building and then used in the design of the system. In the practical part, it further specifies the individual elements of the system and the way they work. Also, it covers the design of a simple IoT device with a magnetic sensor.

The benefit of this work is to provide information about the possibility of building security solutions using modern technologies.

**Keywords:** IoT, Wi-Fi, LoRa, Zigbee, ESP32, Home Assistant, YAML, security, price, Raspberry Pi

# 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 .....	12
<b>3 Teoretická východiska .....</b>	<b>13</b>
3.1 Internet of things (IoT).....	13
3.2 Rozvoj IoT .....	13
3.3 Technologie přenosu dat pro IoT .....	13
3.3.1 WLAN .....	13
3.3.2 LPWAN .....	14
3.3.3 Zigbee .....	15
3.3.4 Bluetooth.....	16
3.4 Chytré domácnosti .....	17
3.5 Home Assistant .....	17
3.5.1 Uživatelské prostředí .....	17
3.5.2 Konfigurace Home Assistantu .....	17
3.5.3 Podporovaný HW .....	18
3.5.4 Doplnky HO.....	18
3.5.5 ESPHome.....	18
3.5.6 Zigbee .....	20
3.6 Raspberry Pi 4 model B .....	20
3.6.1 Datové úložiště (paměťové karty) .....	21
3.6.2 Zdroj.....	21
3.7 ESP32.....	21
3.7.1 Kity .....	22
<b>4 Vlastní práce .....</b>	<b>23</b>
4.1 Představení konceptu modelu zabezpečení budovy .....	23
4.2 Řídící software .....	23
4.3 Hardware .....	23
4.4 Technologie přenosu dat .....	24
4.4.1 Wi-Fi pokrytí .....	24
4.4.2 Zigbee pokrytí.....	24
4.4.3 Bluetooth pokrytí .....	25
4.5 Měření při přímé viditelnosti .....	25
4.5.1 WiFi .....	25
4.5.2 Bluetooth.....	25



4.5.3	ZigBee.....	25
4.6	Měření při prostupu překážkou .....	26
4.7	Spotřeba energie za provozu .....	28
4.8	Výběr senzorů .....	29
4.8.1	Zabezpečení dveří .....	29
4.8.2	Zabezpečení oken .....	29
4.8.3	Čidla pohybu.....	30
4.8.4	Detekce CO a zemního plynu a požáru .....	30
4.9	Kamerový systém.....	31
4.10	Rizika .....	31
4.11	Domácí výroba IoT čidla .....	31
4.11.1	Součástky a cena .....	32
4.11.2	Napojení.....	32
4.11.3	Programování.....	33
4.11.4	Činnost.....	33
4.12	Rozmístění čidel v objektu.....	34
4.12.1	Sklep .....	35
4.12.2	První podlaží .....	36
4.12.3	Druhé podlaží.....	37
4.12.4	Venkovní prostor .....	38
4.13	Zhodnocení nákladů .....	39
4.13.1	Pořizovací cena návrhu .....	39
4.13.2	Pořizovací cena komerčního produktu .....	40
<b>5</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>41</b>
<b>6</b>	<b>Seznam použitých zdrojů .....</b>	<b>42</b>
<b>7</b>	<b>Zdroje obrázků.....</b>	<b>45</b>

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Topologie Zigbee a) star, b) tree, c) mesh (15).....	16
Obrázek 2: Raspberry Pi 4 model B se Zigbee kontrolérem CC2531 v provozu (39) .....	24
Obrázek 3: Prostředí konzole Arduino IDE, kde byly sledovány hodnoty RSSI (42) .....	27
Obrázek 4: ESP32 moduly při měření RSSI (43).....	27
Obrázek 5: Měření proudu při příjmu BLE (44).....	29
Obrázek 6: Měření proudu v klidovém stavu (45).....	29
Obrázek 7: Zapojení magnetického senzoru na kit ESP32 v programu Fritzing (53).....	32
Obrázek 8: Ukázka stavu zavřených dveří (54).....	34
Obrázek 9: Ukázka stavu otevřených dveří (55) .....	34
Obrázek 10: Rozmístění senzorů ve sklepě (56) .....	35
Obrázek 11: Rozmístění senzorů v prvním podlaží (57) .....	36
Obrázek 12: Rozmístění senzorů ve druhém podlaží (58).....	37
Obrázek 13: Umístění kamer ve venkovním prostoru (59) .....	38

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Verze ESP32 (37) .....	22
Tabulka 2: Dosah technologií na volném prostranství .....	26
Tabulka 3: Měření prostupu překážkami .....	28
Tabulka 4: Spotřeba energie za provozu.....	28
Tabulka 5: Cena součástek na IoT čidlo .....	32
Tabulka 6: Náklady na IoT zabezpečení domácnosti .....	39
Tabulka 7: Pořizovací náklady komerčního řešení.....	40

## Seznam zdrojových kódů

Zdrojový kód 1: Ukázka jazyka YAML .....	18
Zdrojový kód 2: Ukázka kódu pro sledování čidla vrat.....	19
Zdrojový kód 3: Ukázka kódu pro komunikaci ESPHome s Home Assistantem .....	33

# 1 Úvod

Internet zasahuje do našeho života ať chceme nebo ne a jeho přítomnost a rozšířenost s sebou přináší i možnosti, které před třiceti lety byly nemyslitelné. Násobně se zvýšila jeho rychlost a dostupnost a společně s tím začaly vznikat nové technologie a pojmy, které široká veřejnost teprve poznává. A Internet of Things je jedním z nich.

Velcí výrobci začali připojovat k internetu televize, LED žárovky, pračky, lednice i auta pro rozšíření možností těchto zařízení a zároveň pro zpříjemnění a zautomatizování jejich ovládání. Ovšem ne každého asi napadne, že k internetu si může připojit (navíc i svépomocí) postupně celou svou domácnost.

Cílem práce je přiblížení tohoto tématu prostřednictvím prozkoumání výhod a případných rizik při budování zabezpečení domu na IoT technologiích. V kapitolách této práce budou popsány základní charakteristiky IoT a jeho využití.

## **2 Cíl práce a metodika**

### **2.1 Cíl práce**

Tematicky je bakalářská práce zaměřena na oblast internetu věcí (Internet of Things). Hlavním cílem je zhodnocení výhod a rizik využití IoT v oblasti zabezpečení budov. Dílčími cíli jsou konstrukce prototypu za pomoci jednodeskového počítače a senzorů společně s naprogramováním a nastavením softwaru pro toto zařízení.

### **2.2 Metodika**

Metodika práce je založena na studiu a analýze odborných a vědeckých publikací, společně s uplatněním odborných zkušeností z oboru.

Hlavním cílem vypracování bakalářské práce bude aplikování poznatků v praktické části k vytvoření prototypu domácího alarmu a dále k jeho konfiguraci. Na základě získaných poznatků bude formulován závěr práce.

## 3 Teoretická východiska

### 3.1 Internet of things (IoT)

Pojem IoT lze definovat jako síť zařízení, která jsou vybavena síťovou konektivitou a softwarem, který je řídí. Síť těmto zařízením umožňuje výměnu dat s ostatními zařízenými. Zpravidla jsou vybavena senzory, jejichž signály zpracovávají a výstupy odesílají do sítě.

Odvětví se v posledních letech velmi rozrůstá, jak s nástupem chytrých domácností, tak přechodu firem k modernějšímu monitorování a automatizování výrobních procesů.

Je předpoklad, že od roku 2019, kdy byl ve světě odhadovaný počet IoT zařízení na 8 miliard, se do roku 2027 tento počet více jak zpětinásobí (1).

### 3.2 Rozvoj IoT

Pojmenování Internet of things bylo poprvé použito Kevinem Ashtonem v roce 1999 jako nadpis prezentace o nutnosti senzorů na výrobní lince Procter & Gamble. V roce 2005 byla Mezinárodní telekomunikační unií vydána zpráva o budoucnosti těchto zařízení (2), a následně v roce 2008 byla uspořádána v Curychu první konference na toto téma (3).

Kolem roku 2010 začínají být sériově vyráběny první moduly a započaty vývoje komunikačních technologií vyhovujících požadavkům tohoto odvětví (např. vznik SigFox).

### 3.3 Technologie přenosu dat pro IoT

Jelikož IoT zažívá v poslední době veliký rozmach a přenos dat je jeho klíčová vlastnost, tak existuje velký výběr technologií.

Specifika sítí pro IoT jsou bezdrátové přenosy s malými objemy dat a ve většině aplikací i nízká spotřeba.

#### 3.3.1 WLAN

Bezdrátová místní síť WLAN (Wireless Local Area Network) nahrazuje propojení pomocí síťových kabelů (LAN). Pro připojení k síti se využívá přístupový bod, pomocí kterého jsou dotazy z připojených zařízení posílány dále do sítě. Komunikace v síti se řídí dle standardu IEEE 802.11 (4) a jeho rozšíření.

### 3.3.1.1 Wi-Fi

Je marketingové označení pro síť postavené na standardu IEEE 802.11, který určuje frekvence a protokoly pro komunikaci mezi zařízeními v této bezdrátové síti.

První verze 802.11 byla představena v roce 1997 s propustností 2 Mbit/s na frekvenci 2,4 GHz. Následně v roce 1999 byla představena verze 802.11a operující na frekvenci 5 GHz. Další generace těchto sítí zvyšovaly rychlost přenosu až po aktuální generaci Wi-Fi 6 (802.11ax), která v současné době s rychlostmi 600 až 9608 Mbit/s operuje na obou frekvencích a během roku 2021 by v Evropě měla přibýt, po schválení Konferencí evropských správ pošt a telekomunikací (CEPT), frekvence 6 GHz.

#### 3.3.1.1.1 Frekvence

Pro používání Wi-Fi v Evropě jsou vymezeny frekvence 2,4 GHz a 5 GHz. Konkrétněji 13 kanálů na frekvenci 2,4 GHz, které se však překrývají a 11 kanálů na frekvenci 5 GHz, které se nepřekrývají, a tím eliminují vzájemné rušení, ke kterému na frekvenci 2,4 GHz dochází (5).

V roce 2019 bylo České republice 81 % domácností připojeno k internetu (6). Tím se Wi-Fi sítě v hustě obydlených oblastech začaly na často využívané frekvenci 2,4 GHz mezi sebou navzájem rušit a způsobovat jejich výpadky.

5 GHz v porovnání se 2,4 GHz má vyšší přenosové rychlosti, to však na úkor dosahu a prostupnosti překážkami.

### 3.3.2 LPWAN

Jsou sítě, jejichž určení je přenos malých objemů dat, desítek kilobajtů až nižších jednotek megabajtů za měsíc, na velké vzdálenosti s minimální spotřebou energie, jelikož cílová zařízení bývají napájena z baterií. Tyto sítě využívají nižší frekvence z důvodů nižší energetické náročnosti a zároveň lepší prostupnosti terénem (7).

V roce 2019 tvořily technologie LTE-M, NB-IoT, Sigfox a LORA 92% podíl LPWAN (8).

#### 3.3.2.1 NB-IoT

Standard vyvíjený 3GPP, postavený na technologii LTE. Je určena primárně pro Evropu, na rozdíl od technologie LTE-M, která byla vyvinuta současně, ale pro Americký kontinent. Oproti LTE-M dosahuje výrazně nižších přenosových rychlostí, které se pohybují kolem 200 000 bit/s, zároveň má také nižší spotřeby energie (9).

Hlavní nevýhodou oproti LTE-M byla fixace na místo kvůli komunikaci s BTS (Base Transceiver Station), avšak tento problém byl eliminován vydáním Release 14 (10). Dále také

cena, kdy moduly začínají na dvojnásobku ceny modulů s LoRa. V České republice tuto technologii provozují operátoři Vodafone a O2 a zařízení musí být pro provoz vybaveno SIM kartou, ke které je nutné uzavřít s operátorem smlouvu.

### 3.3.2.2 Sigfox

Je globální operátor s centrálou a servery ve Francii.

V České republice je provozován partnerským operátorem SimpleCell Networks a jeho signálem pokryto 94% území (11). Pro přenosy v Evropě využívá frekvenci 868 MHz.

Rychlost přenosu dat po síti je 100 bit/s a komunikace má denní limit 140 odeslaných zpráv, každá o velikosti 12 bajtů a 4 přijaté zprávy o velikosti 8 bajtů.

Dosah je kolem 50 km ve volné krajině a 3 až 5 km v zastavěné oblasti.

Hodí se především pro jednosměrnou komunikaci, z důvodu velkého omezení přijatých zpráv.

Od roku 2020 je Sigfox využíván ČD Cargo k monitorování vagonů (12).

### 3.3.2.3 LoRa

LoRa (zkratka long-range) je volně přístupná technologie obousměrného přenosu dat. První verze byla vydána v roce 2015 a je dále rozšiřována LoRa Alliance. V Evropě využívá frekvenci 868 MHz, přenosové rychlosti se pohybují od 0,3 kbps do 50 kbps. Dosah je do 20 km ve volném prostoru, v zastavěných územích se pohybuje od 2 až 5 km (13).

Moduly se k serveru připojují přes gateway, která může být vlastní, komunitní (např. The Things Network) nebo komerční (např. České Radiokomunikace).

Specifikace LoRa definuje tři typy zařízení:

Třída A – koncové zařízení má po odeslání zprávy dvě tzv. okna pro příjem zpráv

Třída B – rozšíření třídy A o příjem dat v předem stanoveném čase

Třída C – přijímací okno běží nepřetržitě, jsou přerušena pouze během odesílání

Třída C je energeticky nejnáročnější, a proto není vhodná při napájení modulu z baterie.

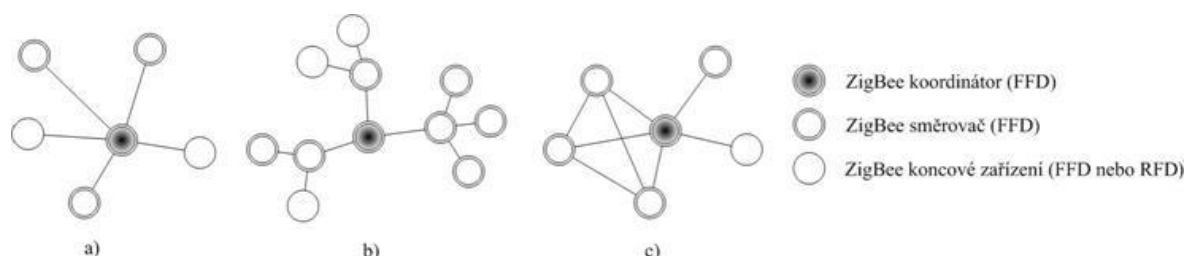
Cena za modul se pohybuje kolem 250 Kč (14).

### 3.3.3 Zigbee

Zigbee je standardem IEEE 802.15.4 definovaná technologie pro nízkonákladovou a energeticky nenáročnou bezdrátovou komunikaci.

V čele vývoje stojí Zigbee alliance, založena roku 2002, která sdružuje výrobce elektronických součástek a dále tuto technologii rozvíjí.

Technologie je využívána jak pro domácí, tak průmyslovou automatizaci. Topologie podporované touto technologií jsou typu star, tree a mesh.



Obrázek 1: Topologie Zigbee a) star, b) tree, c) mesh (15)

Mezi výhody této technologie patří škálovatelnost (počet připojených zařízení je neomezený), nezávislost všech zařízení, vysoké zabezpečení komunikace, odolnost vůči rušení a nízká cena modulů. Zároveň Zigbee Alliance poskytuje certifikaci pro zaručení co největší kompatibility zařízení napříč výrobci (16) (17) (18).

### 3.3.4 Bluetooth

Bezdrátový standart pro přenos dat mezi zařízeními standardu IEEE 802.15.1 na frekvenčním pásmu 2,4 GHz. Jeho vývoj započal v roce 1989 ve firmě Ericsson, a od roku 1998 je spravován Bluetooth Special Interest Group, která má více jak 35 000 členů z řad firem. Je předpokládáno, že v roce 2023 bude vyrobeno 5.4 miliard Bluetooth zařízení (19).

Zařízení Bluetooth obsahují jak přijímač, tak i vysílač signálu pro oboustrannou komunikaci. Architektura sítě je master/slave, kdy master zařízení řídí až 7 ostatních zařízení.

Verze 5.0, byla vydána v roce 2016 a nabízí dvojnásobnou maximální rychlost přenosu oproti předcházející verzi, tedy 2 Mb/s, při podobných energetických nárocích. Verze 5.0 byla již dvakrát aktualizována na verzi 5.1 (v roce 2019), která přinesla možnost přesnější navigace uvnitř objektů pomocí Bluetooth majáků a verzi 5.2 (v roce 2020), která vylepšuje přenos audia a s tím spojenou spotřebu (20) (21).

#### 3.3.4.1 Bluetooth Low Energy (BLE)

BLE se hlavně využívá v zařízeních, které potřebují přenášet malé objemy dat. Jde především o nositelnou elektroniku, ve které je nutné synchronizovat data s aplikací v mobilním telefonu. Oproti klasickému Bluetooth se liší v počtu kanálů, kdy klasická verze má 79 kanálů, BLE má



pouze 40 kanálů, kde tři poslední jsou využity pro přenos informací o zařízení. Díky vlastnostem BLE může být zařízení napájené knoflíkovou baterií, které tuto technologii využívá, v provozu i několik let (22) (23).

### 3.4 Chytré domácnosti

Pojem chytrá domácnost se v posledních letech, ruku v ruce s IoT, dostává mezi širokou veřejnost, a proto se jím zabývá spousta výrobců a vývojářů. Řešení je na trhu spousta a těžko se mezi sebou porovnávají (24). Největší rozdíly jsou v pořizovacích cenách a v počtu podporovaných zařízení. Zástupci mezi komerčními řešeními jsou HomeKit of firmy Apple, Amazon Alexa od firmy Amazon, Google Home od firmy Google a SmartThings od firmy Samsung. Mezi nejvýznamější opensource řešení se řadí openHAB, Home Assistant a Domoticz.

### 3.5 Home Assistant

Home Assistant je softwarové centrum pro řízení a automatizaci procesů v budově, tzv. „chytré domácnosti“ vyvíjené od roku 2013. Centrum je tedy určené k ovládání různých zařízení, od ovládání chytrých žárovek přes zpracování údajů o venkovní teplotě až po odemykání auta (25). Kód je psaný v jazyce Python, je open-sourcový a spravován komunitou vývojářů (do roku 2020 se na tvorbě podílelo přes 2200 vývojářů (26)). Ke konci roku 2020 bylo k dispozici na 1700 rozšíření pro podporu různých zařízení (27). Server Home Assistantu je umístěný lokálně, tudíž není nutně závislý na připojení k internetu, jako jiná cloudová řešení. Zároveň tím se zvyšuje rychlost a spolehlivost celého řešení.

#### 3.5.1 Uživatelské prostředí

Od roku 2019 je Home Assistant vybaven prostředím Lovelace, které tvoří úvodní obrazovku. Lovelace je obrazovka, na kterou se přidávají karty, které mohou obsahovat informace ze senzorů, stav zařízení, ovládací prvky chytrých zařízení atp.

Karty se mohou na obrazovce přesouvat, pojmenovávat a upravovat dle potřeb uživatele (28).

#### 3.5.2 Konfigurace Home Assistantu

Ke konfiguraci se používá buďto UI Home Assistantu nebo jazyk YAML (zkratka YAML Ain't Markup Language).

Používá se pro základní nastavení a funkce Home Assistantu v souboru configuration.yaml i k nastavování doplňků.

```
camera:
  - platform: generic
    still_image_url: "http://192.168.1.123/cgi-bin/api.cgi?cmd=Snap&channel=0&rs=wuuPhkmUCeI9WG7C&user=jmeno&password=heslo"
    stream_source:
      "rtsp://jmeno:heslo@192.168.1.123:554/h264Preview_01_main"
```

Zdrojový kód 1: Ukázka jazyka YAML

Ukázka kódu přidává integraci IP kamery od čínského výrobce Reolink prostřednictvím základní funkce *camera*. V tomto případě je definována adresa pro samotný videostream i pro náhledový obrázek, který kamera samostatně poskytuje.

Jazyk byl vytvořen tak, aby byl dobře čitelný pro počítač i pro lidi. Hierarchie kódu je tvořena předsazením buďto dvěma nebo čtyřmi mezerami.

### 3.5.3 Podporovaný HW

Vývojáři oficiálně podporují celou škálu platforem, avšak sami propagují a prodávají vlastní verzi jednodeskového počítače ODROID-N2+.

Mezi další podporovaný hardware se řadí Raspberry Pi, Asus Thinkerboard, Intel NUC a dále jsou podporovány operační systémy Windows, MAC a Linux prostřednictvím virtualizace nebo přímo i virtualizační aplikace Docker (29).

### 3.5.4 Doplnky HO

Nespornou výhodou Home Assistantu je jeho rozšiřitelnost pomocí doplňků (tzv. add-ons). Slouží k rozšiřování podpory ostatních technologií a funkcionalit základního Home Assistantu. Tímto je ošetřeno případné zbytečné zvětšování Home Assistantu o funkce, které uživatel nevyužije.

### 3.5.5 ESPHome

Rozšíření, psané v jazyce Python, vyvíjené od roku 2018 studentem Otto Winterem a komunitou, které umožňuje integraci ESP32 (popřípadě ESP8266) do Home Assistantu.

Podporuje samotné moduly a DEV-Kity a zároveň zařízení založená na těchto modulech od různých výrobců.

Síťová konektivita je zabezpečena pomocí Wi-Fi.

Programuje se, jako většina konfigurace v Home Assistantu, v již zmíněném jazyku YAML.

```
esphome:  
  name: vrata  
  platform: ESP32  
  board: esp-wrover-kit  
  
switch:  
  - platform: gpio  
    pin: 5  
    name: "Garage LED"  
    id: garageled  
  
binary_sensor:  
  - platform: gpio  
    pin: 15  
    name: "Switch for garage LED"  
    on_release:  
      then:  
        - switch.turn_on: garageled  
    on_press:  
      then:  
        - delay: 10s  
        - switch.turn_off: garageled
```

Zdrojový kód 2: Ukázka kódu pro sledování čidla vrat

#### 3.5.5.1 Nahrání kódu do modulu

Po naprogramování požadovaných funkcionalit je kód zkontrolován a následně zkompileován. Pokud se provádí první zápis kódu do zařízení, je nutné tuto operaci provádět přes UART převodník přímo z počítače. Pokud se však jedná o dodatečnou úpravu kódu a programovaný modul je připojen k síti a zapsán v doplňku ESPHome, je možné do něj kód nahrát již bezdrátově.

#### 3.5.6 Zigbee

Home Assistant nabízí možnost připojení hotových Zigbee řešení od výrobců, která sám najde v síti nebo i USB modulů.

Nespornou výhodou USB modulů je možnost komunikace se Zigbee zařízeními různých výrobců bez omezení a zároveň není nutné se obávat uzavření systému, jako tomu může být u komerčních gateway.

Nevýhodou tohoto řešení je složitější instalace a možná ztráta některých funkcionalit, které výrobci vkládají do svých aplikací (30).

### 3.6 Raspberry Pi 4 model B

Raspberry Pi 4 model B je miniaturní počítač s širokými možnostmi využití a zároveň velkou komunitou vývojářů, kterého se do konce roku 2019 (ve všech verzích) prodalo více jak 30 milionů kusů (31). Je vyvíjen od roku 2012 Raspberry Pi Foundation (britský spolek pro podporu výuky základů počítačových věd na školách), která pro něj zároveň vyvíjí jako primární operační systém Raspberry Pi OS (dříve Raspbian) (32).

Počítač je napájen prostřednictvím USB C, osazen dvěma micro HDMI výstupy, MIPI CSI kamera portem, dvěma USB 2.0, dvěma USB 3.0, Ethernet síťovým konektorem, PoE HAT headerem, 40 pinovým GPIO, slotem na micro SD, MIPI DSI portem a konetivitou 2,4 a 5 GHz WiFi ac a Bluetooth 5.0.

Nejnovější počítačová verze Raspberry Pi 4B používá procesor BCM2711 (1,5 GHz 64-bit quad-core ARM Cortex-A72), díky němuž je přibližně 3x výkonnější než předchozí Raspberry Pi 3B a prodává se ve verzích 2, 4 a 8 GB RAM s cenou od 1060 Kč (33) (34).

### 3.6.1 Datové úložiště (paměťové karty)

Raspberry Pi obsahuje slot pro microSD kartu, která může plnit funkci disku. Na kartu je pomocí jiného zařízení nahrán zvolený operační systém a zařízení ho po spuštění z karty nabootuje. Pro paměťové karty jsou od Raspberry Pi Foundation vydány požadavky, které karta musí splňovat. Kapacitně nejsou karty výrobcem přímo omezené a minimální velikost záleží na zvoleném operačním systému. Dále musí karta minimálně splňovat třídu rychlostního přenosu 6, avšak doporučená je třída 10, z důvodu větší stability a lepší odezvy systému (35).

### 3.6.2 Zdroj

U minulé verze Raspberry Pi byl nákup zdroje často opomíjen a nahrazován levnějšími nabíječkami pro telefony z důvodu napájecího konektoru microUSB, a to vedlo k opakujícím se problémům se zařízením. Nynější verze již využívá USB-C konektor a výrobce zároveň důrazně upozorňuje na vhodnost zdroje, který poskytuje pro napájení proud až 3 A (36).

## 3.7 ESP32

ESP32 jsou levné, nízkoenergetické moduly řízené SOC („systém na čipu“) s podporou Wi-Fi a Bluetooth od výrobce Espressive.

Rodina ESP32 obsahuje 8 základních verzí, které se liší v použitých čípech, velikostech pamětí, anténách a také rozměrech viz tabulka:

Tabulka 1: Verze ESP32 (37)

Modul	Čip	Paměť flash (MB)	PSRAM (MB)	Rozměry (mm)
ESP32-WROOM-32	ESP32-D0WDQ6	4	–	18 × 25,5 × 3,1
ESP32-WROOM-32D	ESP32-D0WD	4, 8 nebo 16	–	18 × 25,5 × 3,1
ESP32-WROOM-32U	ESP32-D0WD	4, 8 nebo 16	–	18 × 19,2 × 3,1
ESP32-SOLO-1	ESP32-S0WD	4	–	18 × 25,5 × 3,1
ESP32-WROVER (PCB)	ESP32-D0WDQ6	4	8	18 × 31,4 × 3,3
ESP32-WROVER (IPEX)	ESP32-D0WDQ6	4	8	18 × 31,4 × 3,3
ESP32-WROVER-B	ESP32-D0WD	4, 8 nebo 16	8	18 × 31,4 × 3,3
ESP32-WROVER-IB	ESP32-D0WD	4, 8 nebo 16	8	18 × 31,4 × 3,3

Základem ESP32 čipů je dual nebo single-core microprocessor Tensilica Xtensa LX6 s taktem 240 MHz. Moduly jsou určeny pro nositelnou elektroniku a obecně pro IoT. Nízká spotřeba je dosažena za pomoci clock gatingu, vícera napájecích módů a dynamického škálování napájení.

### 3.7.1 Kity

Nejčastěji se lze setkat s hotovými vývojovými kity, které usnadňují začátečnickům práci a vývoj vlastních zařízení.

#### 3.7.1.1 ESP-WROOM-32 kit

Často používaný kit, který je určený především pro začátečníky. Nabízí integrovanou správu napájení a UART převodník, které umožňují propojení s počítačem pouze pomocí microUSB kabelu. Dále má kit GPIO (General-purpose input/output) piny, které mohou být využity pro připojování externích zařízení (38).

#### 3.7.1.2 ESP32-CAM AI-Thinker

Kit obsahuje kamerový modul a slot na paměťové karty, je tedy schopný jak zpracovávat obraz, tak ukládat na paměťovou kartu, nebo streamovat po Wi-Fi dále do sítě.

Hlavními nevýhodami je absence microUSB konektoru a zároveň s tím UART převodníku. Proto je nahrání kódu do ESP32 modulu složitější.

## 4 Vlastní práce

V těchto kapitolách bude představen návrh zabezpečení objektu, konkrétně bude představeno řešení problematiky zabezpečení ve spojitosti s použitím a umístěním IoT modulů a jejich senzorů.

### 4.1 Představení konceptu modelu zabezpečení budovy

Zamýšlený koncept zabezpečení vychází z klasického domovního alarmu, tedy více druhů senzorů, rozmístěných po budově, monitorujících změny v prostředí a následné vyhodnocení řídicí jednotkou.

V případě rodinného domu by senzory měly pokrýt vstupní dveře, okna a pohyb uvnitř budovy. Dále je vzat v úvahu případný požár, únik zemního plynu, vznik CO při nedokonalém spalování, jelikož je v domě zaveden plyn.

### 4.2 Řídicí software

Je nejdůležitějším prvkem celého systému. Má za úkol spolehlivě zpracovávat a vyhodnocovat impulzy z čidel a zároveň tato čidla spravovat. Druhotným úkolem je komunikace s uživatelem, který má přístup k informacím a sám může do systému zasahovat.

Hlavním kritériem pro výběr byla cena.

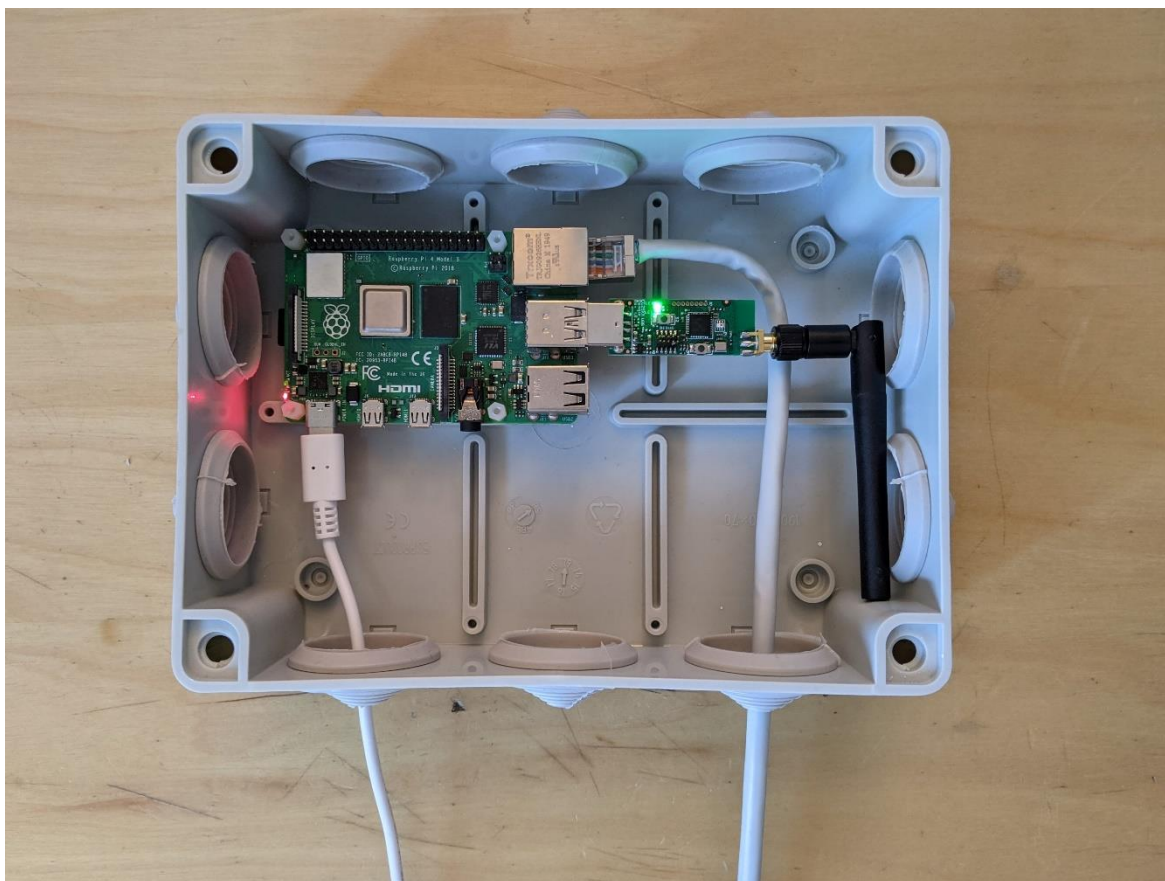
Tato práce je tematicky zaměřena na podomácku vytvořené řešení vhodné pro kutily a nadšence, které by umožňovalo rozšiřitelnost celého systému s možnou automatizací procesů v budově.

Proto byl vybrán Home Assistant, který je poskytován zdarma pod licencí The Apache 2.0, a také svou rozšiřitelností je schopný do sebe propojit konkurenční řešení (možnost integrace Google Home, Homekit, SmartTings, IKEA TRÅDFRI, Xiaomi Aqara) a zároveň moduly ESP32.

### 4.3 Hardware

Jako hardware bylo vybráno Raspberry Pi 4 model B z důvodu dostupnosti a oficiální podpory od vývojářů Home Assistantu.

Zařízení by mělo být umístěno na fyzicky hůře dostupném místě z důvodu lokálního ukládání dat a ochrany před případnými zloději a vnějšími vlivy.



Obrázek 2: Raspberry Pi 4 model B se Zigbee kontrolérem CC2531 v provozu (39)

## 4.4 Technologie přenosu dat

Ze zjištěných poznatků o IoT sítích bylo vybráno řešení přenosu mezi senzory a centrálou pomocí Zigbee, Wi-Fi a Bluetooth. Využití LPWAN pro přenos nebylo vhodné z důvodu nadbytečných funkcionalit.

### 4.4.1 Wi-Fi pokrytí

V konceptu chytré domácnosti bylo využito stávající řešení v podobě VDSL2 modemu ASUS DSL-AC51 s funkcí routeru a zároveň dalších dvou routerů ASUS RT-AC57U, jako access pointů. Z toho důvodu je pokrytí signálem v každém patře objektu více než dostatečné a tím se eliminují případné výpadky na koncových zařízeních.

### 4.4.2 Zigbee pokrytí

Bylo zvoleno cenově nejméně nákladné řešení v podobě kontroléru (gateway) CC2531 se Z-Stack firmwarem, který je připojen do Raspberry Pi desky pomocí USB. Podporuje Zigbee 1.2 HA. Ke kontroléru se může připojit až 20 zařízení současně.



#### 4.4.3 Bluetooth pokrytí

Zabezpečeno pomocí integrovaného Bluetooth přímo v desce Raspberry Pi.

### 4.5 Měření při přímé viditelnosti

Bylo prováděno na volném prostranství s pomocí vysílače a přijímače, zařízením, které je uvažováno pro koncept modelu. Data z tohoto měření se dají využít jako maximální limity v primárních návrzích pokrytí objektu, avšak přesnější představu o prostupnosti překážkami v reálném objektu je zkoumáno v části „Měření při prostupu překážkou“.

#### 4.5.1 WiFi

Technologie Wi-Fi byla zkoušena za pomoci routeru ASUS RT-AC57U a kitu ESP-WROOM-32. Test spočíval ve vyslání požadavku z Home Assistantu na rozsvícení LED připojené ke kitu a následné přijetí odpovědi, že byl požadavek vykonán a LED rozsvícena.

Testování bylo mnohokrát opakováno, aby byly co nejvíce eliminovány vnější vlivy.

Výsledkem měření bylo zjištěno 120 m jako vzdálenost, ve které bylo spojení stoprocentně spolehlivé a bez jakéhokoliv výpadku.

#### 4.5.2 Bluetooth

Dosah technologie Bluetooth byl testován pomocí ESP-WROOM-32 a telefonu Google Pixel 3a.

ESP zařízení bylo naprogramováno pomocí knihovny ESP32 BLE Arduino (40) k vytvoření BLE serveru a pomocí telefonu bylo zařízení hledáno. Ve vzdálenosti přibližně 55 m bylo zařízení vždy viditelné telefonem.

#### 4.5.3 ZigBee

Měření bylo prováděno za pomoci ZigBee kontroléru CC2531 a čidla Sonoff ZigBee PIR.

Kontrolér byl připojený k Raspberry Pi s nainstalovaným Home Assistantem a rozšířením Zigbee2MQTT, které spravuje komunikaci mezi Zigbee kontrolérem a Home Assistantem pomocí MQTT zpráv. Při testování bylo sledováno, v jaké vzdálenosti je zpráva o aktivaci čidla kontrolérem CC2531 přijata. Ze vzdálenosti 75 m byly přenosy vždy stoprocentní.

Tabulka 2: Dosah technologií na volném prostranství

<b>Technologie</b>	<b>Dosah</b>
Wi-Fi	120 m
Bluetooth	55 m
ZigBee	75 m

#### 4.6 Měření při prostupu překážkou

Toto testování mělo za úkol testování přenosu v reálných podmínkách, ve kterých bude technologie využívána.

V případě Wi-Fi byl použita stejná hardwarová sestava jako v měření při přímé viditelnosti s tím rozdílem, že na kit ESP-WROOM-32 byl pomocí Arduino IDE nahrán testovací program, který za pomoci WiFi knihovny a funkce RSSI (Received Signal Strength Indication) (41) sledoval sílu sítí ve svém dosahu. Tyto hodnoty byly vypisovány do Serial Monitoru v Arduino IDE.

Výsledky měření pro každou pozici v objektu byly zaznamenávány a následně z nich byl vypočítán aritmetický průměr.

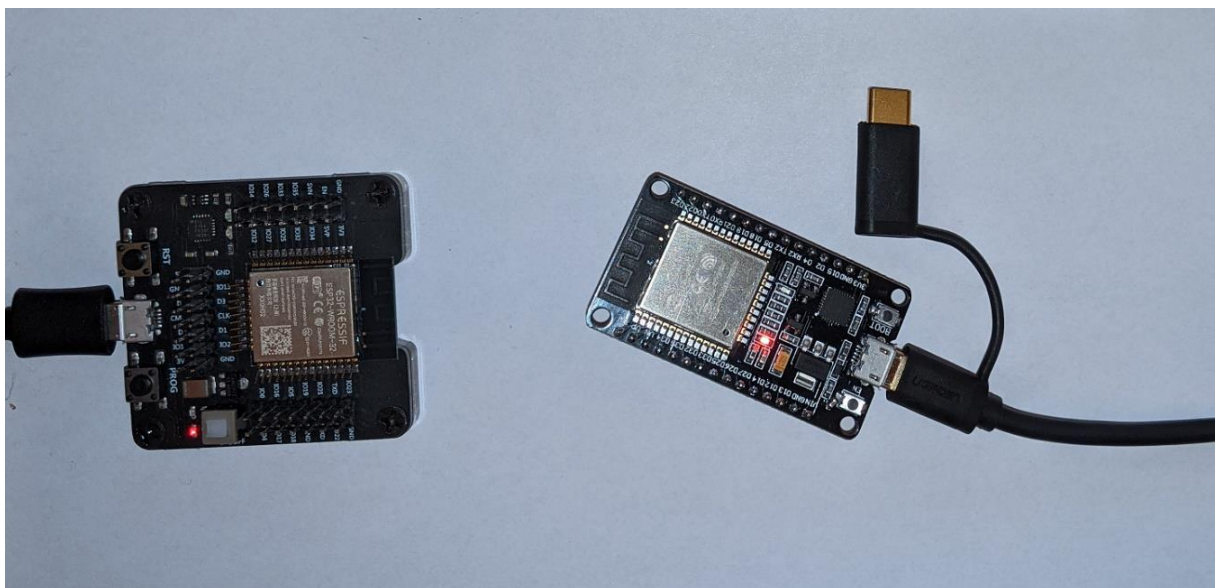
Bluetooth bylo testováno za pomoci dvou kitů ESP-WROOM-32 s nahráním programem pomocí Android IDE obsahující knihovnu BLE. Na prvním kitu byl nahrán program pro BLE server a na druhém program pro hledání BLE zařízení. Měření bylo stejně jako v případě měření dosahu WiFi zaznamenáno a z dat byl následně vypočítán aritmetický průměr. V posledním měření (největší vzdálenost) bylo připojení nestabilní, proto nebyl aritmetický průměr počítán.

V případě síly signálu Zigbee nebylo provedeno měření přesné síly, ale pouze zda je signál dostatečný. Bylo tak z důvodu, že nebyl dostupný vhodný prostředek pro toto měření. Testování bylo tedy prováděno pouze pokusy funkčnosti spojení.

```
COM5
ets Jun  8 2016 00:22:57

rst:0x1 (POWERON_RESET),boot:0x13 (SPI_FAST_FLASH_BOOT)
configsip: 0, SPIWP:0xee
clk_drv:0x00,q_drv:0x00,d_drv:0x00,cs0_drv:0x00,hd_drv:0x00,wp_drv:0x00
mode:DIO, clock div:1
load:0x3fff0018,len:4
load:0x3fff001c,len:1044
load:0x40078000,len:8896
load:0x40080400,len:5816
entry 0x400806ac
Scanning...
Advertised Device: Name: , Address: 52:3b:12:b3:5e:60, manufacturer data: 06000109200255f72c37511873d41ef2a41c613da95a8d78e6abcc443f RSSI: -58
Advertised Device: Name: test BT na BP, Address: 24:6f:28:0b:8e:a2, serviceUUID: 4fafc201-1fb5-459e-8fcc-c5c9c331914b, txPower: 3 RSSI: -84
Advertised Device: Name: , Address: 59:5e:c0:80:0f:8f, serviceUUID: 0000fd6f-0000-1000-8000-00805f9b34fb RSSI: -58
Advertised Device: Name: Hlavní ložnice, Address: 6f:37:db:8a:6a:47, serviceUUID: 0000fea0-0000-1000-8000-00805f9b34fb RSSI: -81
Advertised Device: Name: , Address: 72:81:ee:09:42:2f, serviceUUID: 0000fd6f-0000-1000-8000-00805f9b34fb RSSI: -71
Devices found: 5
Scan done!
```

Obrázek 3: Prostředí konzole Arduino IDE, kde byly sledovány hodnoty RSSI (42)



Obrázek 4: ESP32 moduly při měření RSSI (43)

Tabulka 3: Měření prostupu překážkami

	<b>Wi-Fi</b>	<b>Bluetooth</b>	<b>ZigBee</b>
<b>cihlová zed' (2 m)</b>	-49 dBm	-74 dBm	dostupné
<b>2 cihlové zdi (7,5 m)</b>	-65 dBm	-85 dBm	dostupné
<b>1. podlaží (6 m)</b>	-74 dBm	-82 dBm	dostupné
<b>2. podlaží (9 m)</b>	-87 dBm	nestabilní spojení	dostupné

Z těchto výsledků a z poznatků z teoretické části byly pro řešení přenosu dat vybrány technologie Zigbee a WiFi.

#### 4.7 Spotřeba energie za provozu

Dalším kritériem pro ověření vhodnosti řešení je i spotřeba. Celý systém by měl být co nejméně energeticky náročný. Měření pomocí multimetru (Bside ADM02) na přívodních kabelech se provádělo za klidového stavu, ve kterém jsou zařízení po většinu času, a zároveň během vysílání a přijímání dat, kdy se, v případě těchto modulů, jedná o největší odběr proudu.

Tabulka 4: Spotřeba energie za provozu

	<b>klidový stav</b>	<b>příjem/vysílání BLE</b>	<b>příjem/vysílání WiFi</b>
<b>Raspberry Pi 4</b>	587 mA	592 mA	593 mA
<b>ESP32</b>	76 mA	101 mA	183 mA

Dále byla měřena spotřeba PIR čidla s technologií Zigbee je v klidovém stavu. Avšak citlivost použitého multimetru je pouze v desetínách miliampéru.



Obrázek 5: Měření proudu při příjmu BLE (44)



Obrázek 6: Měření proudu v klidovém stavu (45)

## 4.8 Výběr senzorů

### 4.8.1 Zabezpečení dveří

Pro dveře bylo vybráno řešení pomocí takzvaného magnetického jazýčkového spínače. Jedná se o magneticky ovládaný mechanický spínač, který při přiblížení magnetu, v tomto případě namontovaném na dveřích, rozpojí obvod, a tím je změna stavu zaznamenána.

### 4.8.2 Zabezpečení oken

Okna mohou využít stejný způsob zabezpečení, tedy jazýčkový spínač, avšak tento senzor neposkytuje možnost zaznamenání rozbití skleněné tabule v okně. Je proto vhodné využití optických bran, které při rozbití skleněné tabule okna a popřípadě i následném vniknutí do

objektu zaznamenají změnu stavu díky přerušení signálu mezi nimi. Dále je také možnost využití senzorů rozbití skla, které fungují na principu záznamu zachvění.

### 4.8.3 Čidla pohybu

Pohyb v objektech bývá monitorován takzvanými PIR (Passive infrared sensor). Funguje na principu monitorování vyzařovaného infračerveného světla, tedy tepla, neviditelného lidským okem. Pokud se v zorném poli senzoru pohybuje osoba, senzor jí v porovnáním s předchozími hodnotami teplot rozpozná (46).

### 4.8.4 Detekce CO a zemního plynu a požáru

V objektu je zaveden plyn, který sebou přináší rizika v podobě úniku, jeho špatného spalování a v neposlední řadě i možnost požáru a intoxikace.

Senzory fungují na rozdílných principech. Existují však i druhy energeticky nenáročné, proto se dají využít v i zařízeních IoT napájených z baterie.

#### 4.8.4.1 Senzor CO

Při špatném spalování v plynových spotřebičích (např. špatné spalování v karmě v důsledku nedostatečného přívodu kyslíku) vzniká oxid uhelnatý.

Oxid uhelnatý je prudce jedovatý plyn bez zápachu. Nelze jej tedy detekovat jinak, než k tomu určeným senzorem.

Pro tento účel byl vybrán senzor MQ-7 od výrobce Hanwei Electronics, který funguje na principu oxidace oxidu uhelnatého na polovodiči, který mění svůj odpor při kontaktu s plynem. Tento senzor má napětí přibližně 5 V při minimální nebo žádné koncentraci plynu, zato při detekci plynu klesne napětí na 1,5V (47).

Jelikož je oxid uhelnatý lehčí než vzduch, je vhodné senzory umisťovat u stropu. Při dodržení podmínek stanovených výrobcem, je doporučeno senzor každých 5 let vyměnit.

#### 4.8.4.2 Senzor zemního plynu a kouře

Včas neodhalený únik plynu v domácnosti může výbuchem napáchat velké škody, proto je lepší těmto škodám předcházet včasným odhalením. Jako senzor zemního plynu, který se skládá ze směsi plyných alkanů methanu, propanu, butanu a ethanu, byl vybrán často prodávaný senzor MQ-2 od výrobce Hanwei Electronics. Tento senzor hořlavých plynů je velmi citlivý na LPG, propan, vodík a dále má schopnost detekce methanu a kouře (48).

Funguje na stejném principu jako MQ-7, tedy změnou odporu při detekci plynů.

Zemní plyn má nižší hustotu než vzduch, proto je doporučeno umístit čidlo blíže stropu nebo nad možné zdroje úniku.

## 4.9 Kamerový systém

Díky své velké rozšiřitelnosti se k Home Assistantu může připojit jakákoliv kamera, která svůj obraz vysílá do sítě.

Pro adresu a autorizaci přístupu k obrazu z kamery v síti neplatí žádná striktně daná pravidla a proto se tato adresa u výrobců často liší.

Pro použití v návrhu byly vybrány kamery Reolink RLC-410-5MP, které je možné umístit zvenčí objektu (krytí IP66), pro sledování jeho okolí. Kamery mají rozlišení  $2\,560 \times 1\,920$  px, zorný úhel  $80^\circ$  a infračervené přisvěcování, které je využito za špatných světelných podmínek. Dále je možnost záznamu videa na vloženou SD kartu, čehož může být využito v případě poničení dat Home Assistantu nebo v případě přerušení spojení (49).

Napájení kamer je zajištěno pomocí technologie PoE (Power over Ethernet), která z datového kabelu umožňuje napájet koncová zařízení.

## 4.10 Rizika

Bezdrátové technologie se využívají k jednodušší instalaci a následné rozšiřitelnosti celého systému. V takovém případě je třeba vzít v potaz hlavní nevýhodu a tou je rušení signálu. Pokud je tedy spoléháno výhradně na tento druh přenosu, stává se celý systém snadněji napadnutelný. Rušení mohou být jak úmyslná, zařízeními k tomu určenými, tak i neúmyslná, komunikací jiných zařízení na stejné frekvenci (50).

Dalším možným rizikem je napadení řídicí jednotky nebo odposlouchávání její komunikace. Tuto oblast řeší každá platforma a nezbyvá, než se spolehnout na její dostatečné zabezpečení a případné záplatování bezpečnostních hrozeb. V případě Home Assistantu je v základním nastavení například zakázána komunikace mimo domovskou síť.

## 4.11 Domácí výroba IoT čidla

Díky získaným poznatkům je možné sestavení domácího čidla za pomoci snadno dostupných a levných komponent, které následně může být připojeno do Home Assistantu.

### 4.11.1 Součástky a cena

Tabulka 5: Cena součástek na IoT čidlo

kit ESP-WROOM-32	230 Kč
magnetický spínač	25 Kč
rezistor 10 k $\Omega$	2 Kč
propojovací vodiče	10 Kč

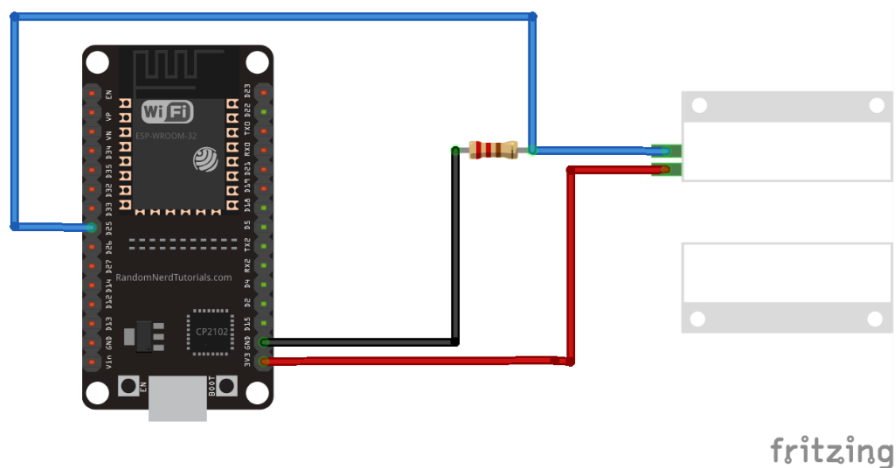
### 4.11.2 Napojení

K připojení čidla na desku kitu je nutné vybrat správné piny. Dle specifikace (51) (52) je možné k bezproblémovému fungování jako vstupu využít piny 4, 13 a 16 – 39.

Vybraný vstup 25 je přes rezistor 10 k $\Omega$  spojený se zemí (pin GND). Tento rezistor je tímto využíván jako tzv. pull down rezistor, který zaručuje, že ve chvíli, kdy není určována hodnota sepnutým magnetickým čidlem, je logická hodnota na vodiči 0 (nesepnuto).

Tento vodič je připojený k jednomu ze dvou vodičů magnetického čidla. U připojení magnetického čidla nezáleží na polaritě.

Druhý vodič z magnetického čidla je připojený k napájení 3,3 V z desky kitu.



Obrázek 7: Zapojení magnetického senzoru na kit ESP32 v programu Fritzing (53)

Takto zapojený obvod dodává modulu ESP32 informaci o spínání na pinu 25.



### 4.11.3 Programování

Programování probíhá skrz Home Assistant jeho rozšíření ESPHome za pomoci jazyku YAML.

```
esphome:  
  name: dveřecidlo  
  platform: ESP32 #definování platformy  
  board: esp-wrover-kit #definování kitu, na který bude  
program nahrán  
  
wifi:  
  ssid: "DomaciWifi" #název Wi-Fi, ke které se bude připojovat  
  password: "heslo123" #heslo k Wi-Fi  
  
binary_sensor:  
  - platform: gpio #definice cesty k pinu  
    pin: 25 #číslo pinu, který má být sledován  
    name: "Front door sensor" #pojmenování pro Home Assistant
```

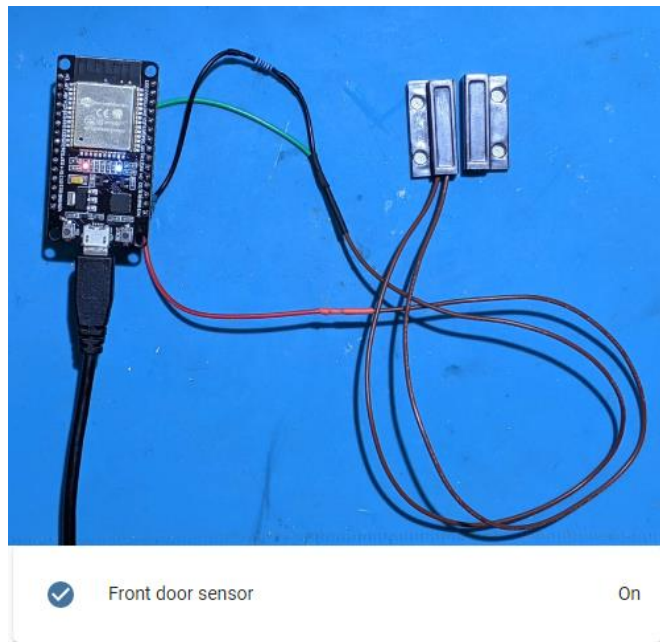
Zdrojový kód 3: Ukázka kódu pro komunikaci ESPHome s Home Assistantem

Kód je nahrán do zařízení buď skrz USB z Raspberry Pi, nebo se z ESPHome stáhne již zkompileovaný kód, který je následně do ESP kitu nahrán na jiném počítači pomocí ESPHome-flasher.

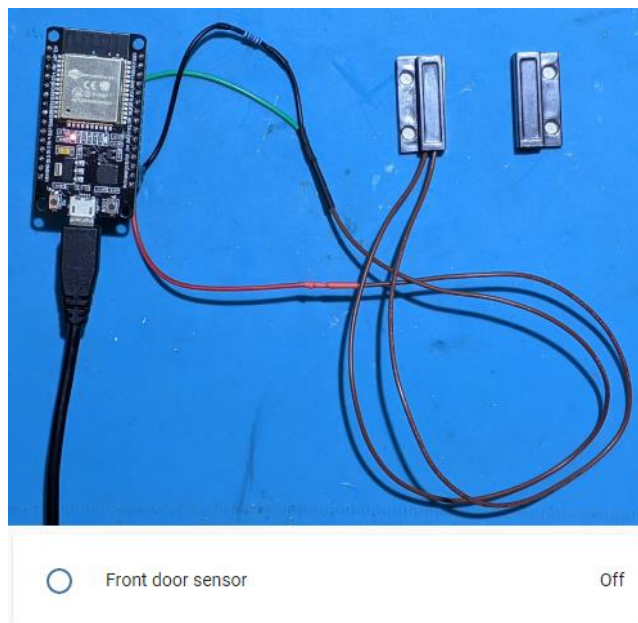
### 4.11.4 Činnost

Po nahrání kódu a prvním úspěšném spojení modulu ESP32 s ESPHome je Home Assistantu předána informace o vytvořeném zařízení s počtem entit. Po ručním schválení uživatelem tohoto zařízení ho Home Assistant může začít používat, tj. přijímat a odesílat data.

V tomto případě však dostává pouze informaci o spojeném nebo rozpojeném spínači (otevřených nebo zavřených dveřích). Tato informace může být dále zpracovávána pomocí Home Assistantu samotného nebo pomocí některých add-onů.



Obrázek 8: Ukázka stavu zavřených dveří (54)



Obrázek 9: Ukázka stavu otevřených dveří (55)

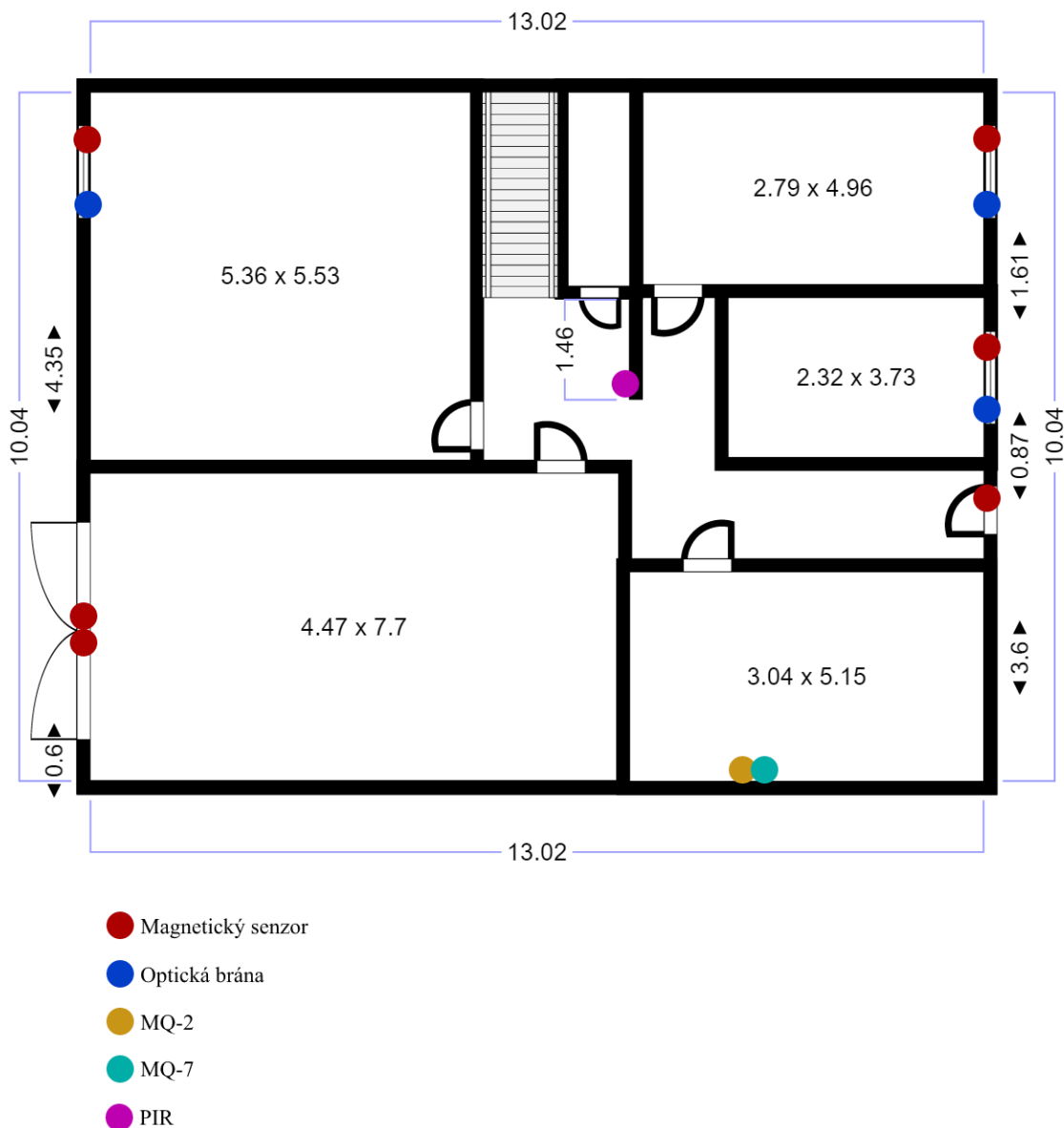
## 4.12 Rozmístění čidel v objektu

Objekt vybraný k zabezpečení doposud nepoužívá technologii pro zabezpečení domu a skládá se ze dvou podlaží a sklepa.

V případě dveří i oken se musí brát v potaz samostatně se otevírající křídla. Tedy pokud se okno skládá ze dvou a více křídel, je nutné osadit senzory každé jedno křídlo.

#### 4.12.1 Sklep

Sklep je zvenčí snadno přístupný, proto je třeba zajistit všechny možné vstupy, tedy garážová vrata, vstupní dveře a tři malá okna. Všechny tyto vstupy byly opatřeny magnetickými spínači a optickými bránami. Na centrální chodbě bylo umístěno PIR čidlo. Dále se ve sklepě nachází plynový kotel. V místnosti, kde se nachází, byly instalovány senzory MQ-2 pro případný únik plynu z přívodní trubky a senzor MQ-7 pro detekci oxidu uhelnatého v případě špatného spalování při provozu kotle.



Obrázek 10: Rozmístění senzorů ve sklepě (56)

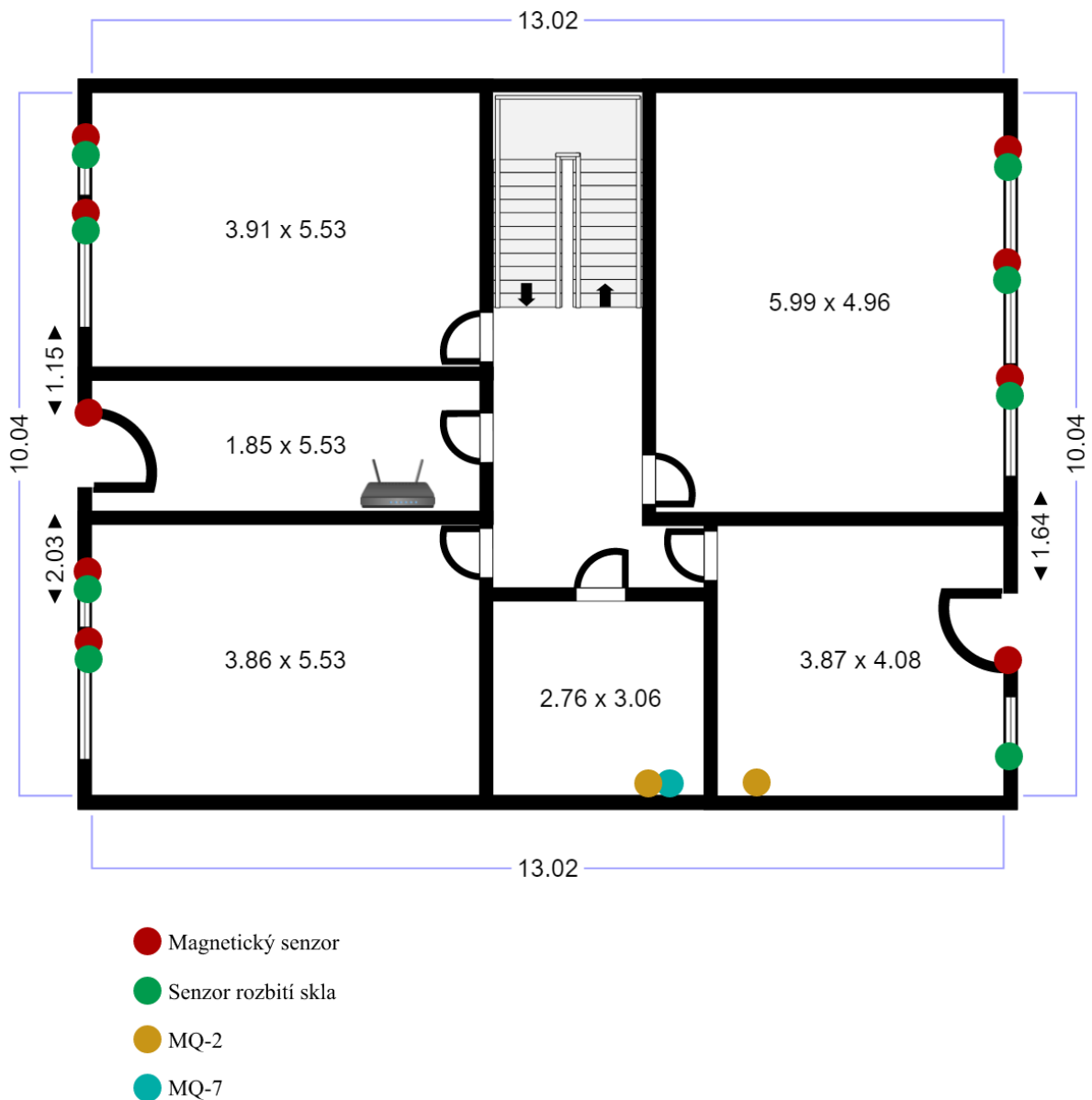
#### 4.12.2 První podlaží

Do prvního podlaží vedou dvoje dveře a troje okna celkem se sedmi křídly.

Každé ze křídel bylo osazeno magnetickými spínači a zároveň senzory rozbití skla, které jsou v obytných prostorech méně zřetelné a zároveň snazší na instalaci.

V podlaží se také nachází kuchyň s indukční varnou deskou a elektrickou troubou, proto zde bylo instalováno čidlo MQ-2, které je schopné detekovat kouř.

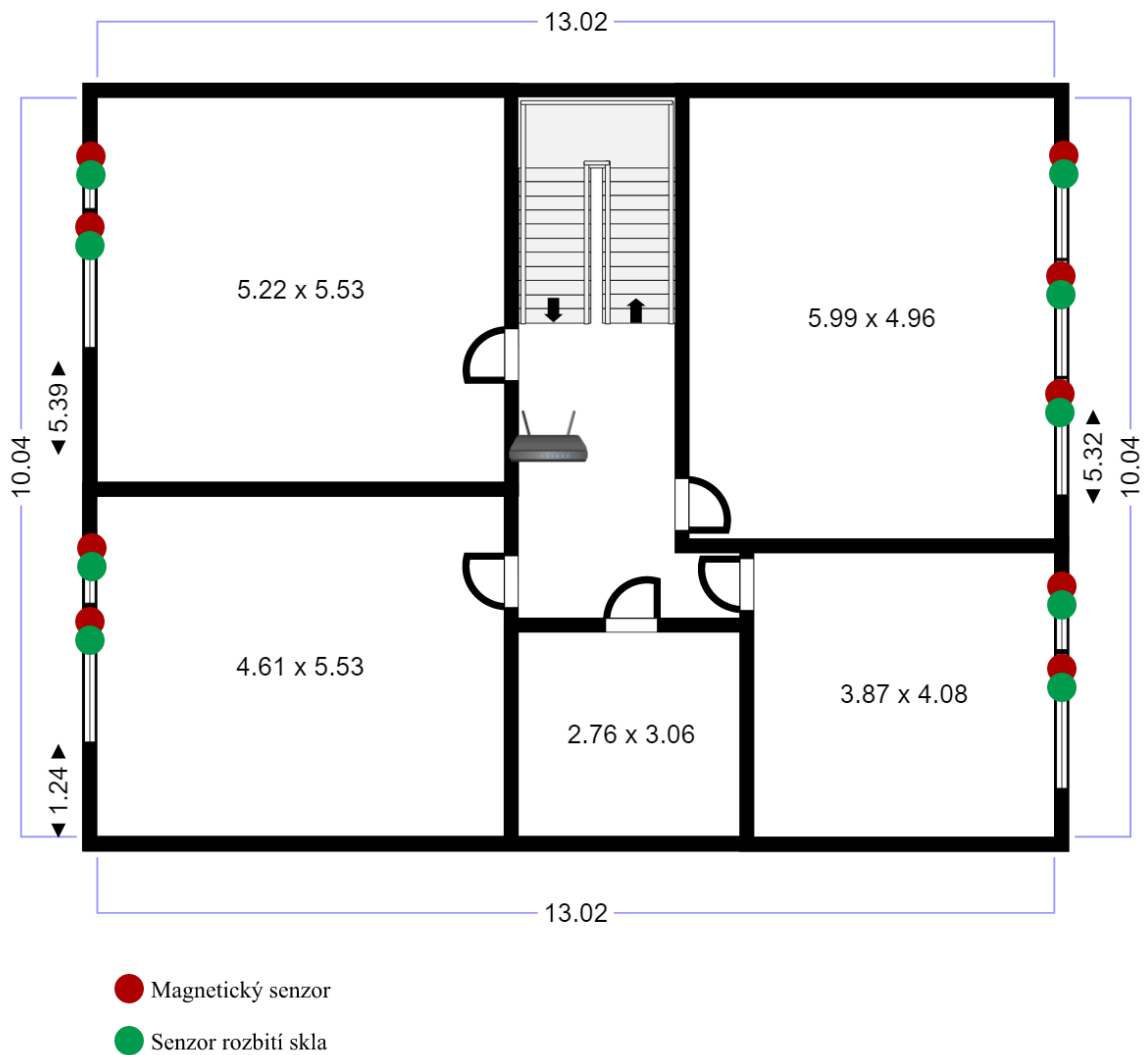
Koupelna je vybavena plynovým průtokovým ohřívače vody (karmou), zde tedy byly na rozdíl od kuchyně instalovány oba senzory MQ-2 a MQ-7.



Obrázek 11: Rozmístění senzorů v prvním podlaží (57)

### 4.12.3 Druhé podlaží

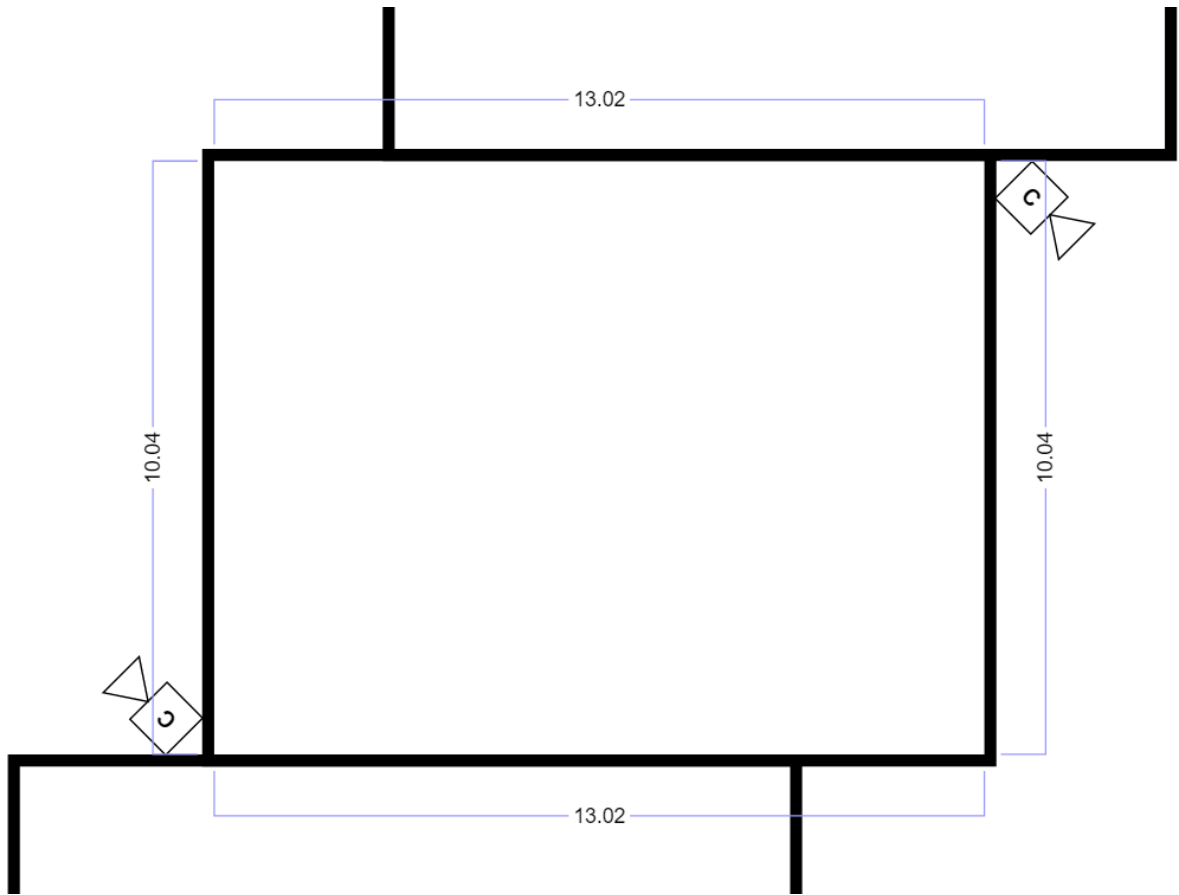
Přes to, že do druhého patra není žádný přímý vstup, je i zde vhodné okna zabezpečit pro celistvou ochranu objektu s co nejméně slabými místy. Ve druhém podlaží se nacházejí jedny dveře na balkon a 3 okna s celkem osmi křídly. Jako v případě prvního podlaží byla okna osazena magnetickými spínači a zároveň světelnými bránami.



Obrázek 12: Rozmístění senzorů ve druhém podlaží (58)

#### 4.12.4 Venkovní prostor

K monitorování okolí budovy byly použity kamery, které byly rozmístěny s požadavkem na pokrytí jak přední, tak zadní zahrady. Jelikož se jedná o řadový dům, lze tento požadavek splnit dvěma kamerami Reolink RLC-410-5MP v úrovni druhého podlaží.



Obrázek 13: Umístění kamer ve venkovním prostoru (59)

## 4.13 Zhodnocení nákladů

Zhodnocení finanční nákladnosti je nepostradatelnou součástí každého velkého návrhu. Pro představu rozdílu cen je návrh této práce porovnáván s komerčním řešením firmy Jablotron.

### 4.13.1 Pořizovací cena návrhu

Položky v seznamu nezahrnují drobné náklady na součástky, montáž, a především čas strávený při sestavování a nastavování celého systému. Ceny jsou uváděny včetně DPH.

Tabulka 6: Náklady na IoT zabezpečení domácnosti

Položka	Počet kusů	Cena za jednotku
Raspberry Pi 4 model B	1	1 450 Kč
Paměťová karta	1	450 Kč
Zdroj s USB-C pro Raspberry Pi	1	300 Kč
kontrolér CC2531	1	450 Kč
ESP-WROOM-32 kit	20	230 Kč
Zdroj pro ESP32 kit	20	150 Kč
Magnetický senzor	24	50 Kč
Senzor rozbití skla	17	70 Kč
Optická brána	3	300 Kč
Čidlo MQ-2	3	70 Kč
Čidlo MQ-7	2	70 Kč
PIR čidlo	1	350 Kč
Kamera Reolink RLC-410-5MP	2	1 800 Kč
	<b>Celková cena:</b>	17 840 Kč

#### 4.13.2 Pořizovací cena komerčního produktu

Jedná se o odhadovanou cenu na základě údajů uvedených ve vypracovaném projektu zabezpečení Jablotron (60) a cen uvedených na e-shopu, ceny se však mohou lišit oproti individuální nabídce. Celková cena nezahrnuje náklady na montáž. Ceny jsou uváděny včetně DPH

Tabulka 7: Pořizovací náklady komerčního řešení

<b>Položka</b>	<b>Počet kusů</b>	<b>Cena za jednotku</b>
Ústředna PZTS	1	9 385 Kč
Ovladač PZTS	1	1 569 Kč
Magnetické čidlo otevření	24	1 912 Kč
PIR čidlo	1	2 844 Kč
Čidlo rozbití skla	17	1 999 Kč
Detektor kouře	3	1 076 Kč
Detektor CO	2	1 310 Kč
Výstražné zařízení	1	1 176 Kč
Kamera JI-112C IP 2MP	2	6 222 Kč
	<b>Celková cena:</b>	113 137 Kč



## 5 Závěr

Hlavním cílem bakalářské práce bylo zhodnocení výhod a rizik využívání technologií IoT v oblasti zabezpečení budov, z jejichž zkoumání byly poznatky aplikovány v návrhu zabezpečení objektu. Přehled o IoT sítích je popsán v teoretické části.

Jádro práce je tvořeno návrhem a řešením problematiky zabezpečení budovy, ke kterému bylo využito dvoupodlažní budovy se sklepem. Hlavním řídicím prvkem byl vybrán software Home Assistant, který splňoval požadavky na rozšiřitelnost a cenu pořízení.

Dílčí cíl konstrukce prototypu byl realizován za pomoci modulů ESP32 a Raspberry Pi, které byly za pomoci softwaru Home Assistant a jazyka YAML nastaveny a naprogramovány pro vzájemnou komunikaci.

Dalšími kroky ve tvorbě návrhu by mělo být rozšíření domácnosti o více chytrých zařízení pro využití potenciálu zvoleného řešení. Do budoucna by měla být zvažena tvorba vlastních plošných spojů, namísto využívání již hotových kitů, z důvodu jejich snazší aplikace i v jiných objektech.

## 6 Seznam použitých zdrojů

1. Newman, Peter. The Internet of Things Report. *Business Insider*. [Online] 2020. <https://www.businessinsider.com/internet-of-things-report>.
2. Mezinárodní telekomunikační unie. *ITU*. [Online] 2005. [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-s/opb/pol/S-POL-IR.IT-2005-SUM-PDF-E.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-s/opb/pol/S-POL-IR.IT-2005-SUM-PDF-E.pdf).
3. Internet of Things 2008. [Online] 2008. <https://iot-conference.org/iot2008/>.
4. IEEE 802.11TM WIRELESS LOCAL AREA NETWORKS. *IEEE 802 LAN/MAN Standards Committee*. [Online] <https://www.ieee802.org/11/>.
5. Wi-Fi Channels, Frequencies, Bands & Bandwidths. *Electronics-notes.com*. [Online] <https://www.electronics-notes.com/articles/connectivity/wifi-ieee-802-11/channels-frequencies-bands-bandwidth.php>.
6. Český statistický úřad. *Český statistický úřad*. [Online] 2019. <https://www.czso.cz/documents/10180/122362632/06100420b.pdf/bd2c09c3-19d9-4934-ae4e-e091e09cb65e?version=1.0>.
7. Hübner, Pavel. LPWAN - technologie, které mění IoT. *Hardwario*. [Online] <https://www.hardwario.com/cs/blog/2020-06-09-lpwan/>.
8. Pasqua, Eugenio. IoT analytics. *5 things to know about the LPWAN market in 2020*. [Online] 2020. <https://iot-analytics.com/5-things-to-know-about-the-lpwan-market-in-2020/>.
9. Digi International Inc., Rob Faludi. *Youtube*. [Online] 2017. <https://www.youtube.com/watch?v=R1Z9rXbrJqM>.
10. Evolution and Testing of NB-IoT Solutions. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*. [Online] 2020. <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/21/7903>.
11. Sigfox. *Sigfox*. [Online] 2021. <https://sigfox.cz/cs>.
12. Inteligentní vůz ČD Cargo, a.s. *ČD Cargo*. [Online] <https://www.cdcargo.cz/cs/iot>.
13. Alliance, LoRa. What is LoRaWAN® Specification. [Online] 2021. <https://loralliance.org/about-lorawan/>.
14. Ai-Thinker RA-02 SX1278 433MHz LoRa modul s adaptérem. *Laskarduino.cz*. [Online] <https://www.laskarduino.cz/ai-thinker-ra-02-sx1278-433mhz-lora-modul-s-adapterem/>.
16. ZigBee Specification. *Zigbee Alliance*. [Online] 2015. <https://zigbeealliance.org/wp-content/uploads/2019/11/docs-05-3474-21-0csg-zigbee-specification.pdf>.
17. Koton, J., Číka, P. a Křivánek, V. Standard nízkorychlostní bezdrátové komunikace ZigBee. *Access server FEL ČVUT*. [Online] 2006. <http://access.fel.cvut.cz/view.php?cisloclanku=2006032001>.
18. IEEE802. IEEE 802.15 WPAN™ Task Group 4 (TG4). *IEEE802*. [Online] <https://www.ieee802.org/15/pub/TG4.html>.

19. Bluetooth SIG, Inc. Bluetooth Market Update 2019. *Bluetooth® Technology Website*. [Online] 2019. <https://www.bluetooth.com/wp-content/uploads/2018/04/2019-Bluetooth-Market-Update.pdf>.
20. Woolley, Martin. Bluetooth Core Specification v5.1. *Bluetooth.com*. [Online] [https://www.bluetooth.com/wp-content/uploads/2019/03/1901\\_Feature\\_Overview\\_Brief\\_FINAL.pdf](https://www.bluetooth.com/wp-content/uploads/2019/03/1901_Feature_Overview_Brief_FINAL.pdf).
21. —. Bluetooth Core Specification Version 5.2 Feature Overview. *Bluetooth.com*. [Online] [https://www.bluetooth.com/wp-content/uploads/2020/01/Bluetooth\\_5.2\\_Feature\\_Overview.pdf](https://www.bluetooth.com/wp-content/uploads/2020/01/Bluetooth_5.2_Feature_Overview.pdf).
22. Ellisys. Ellisys Bluetooth Video 1: Intro to Bluetooth Low Energy. *Youtube*. [Online] 2018. [https://www.youtube.com/watch?v=eZGixQzBo7Y&ab\\_channel=Ellisys](https://www.youtube.com/watch?v=eZGixQzBo7Y&ab_channel=Ellisys) .
23. Bluetooth SIG, Inc. Bluetooth Radio Versions. *Bluetooth® Technology Website*. [Online] <https://www.bluetooth.com/learn-about-bluetooth/radio-versions/>.
24. Wolpin, Stewart. How To Choose A Smart Home System. *Twice.com*. [Online] 2020. <https://www.twice.com/product/product-spotlight/smart-home/how-to-choose-a-smart-home-system>.
25. Dague, Sean. Why can't we have the Internet of Nice Things? A home automation primer. *Opensource.com*. [Online] 2017. <https://opensource.com/article/17/7/home-automation-primer>.
26. Contributors. *Github.com*. [Online] <https://github.com/home-assistant/core/graphs/contributors>.
27. Integrations. *Home-assistant.io*. [Online] <https://www.home-assistant.io/integrations/>.
28. Lovelace. *Home-assistant.io*. [Online] <https://www.home-assistant.io/lovelace/>.
29. Installation. *Home-assistant.io*. [Online] <https://www.home-assistant.io/installation/>.
30. Zigbee Home Automation. *Home-assistant.io*. [Online] <https://www.home-assistant.io/integrations/zha/>.
31. Upton, Eben. *Twitter*. [Online] 2019. <https://twitter.com/EbenUpton/status/1205646606504275968?s=20>.
32. Raspberry Pi OS. *Raspberrypi.org*. [Online] <https://www.raspberrypi.org/software/>.
33. Raspberry Pi 4 Tech Specs. *Raspberrypi.org*. [Online] <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/specifications/>.
34. Raspberry Pi 4 Model B - 2GB RAM. *Rpishop.cz*. [Online] <https://rpishop.cz/raspberry-pi/1599-raspberry-pi-4-model-b-2gb-ram-765756931175.html>.
35. SD cards. *RaspberryPi.org*. [Online] <https://www.raspberrypi.org/documentation/installation/sd-cards.md>.

36. Power Supply. *RaspberryPi.org*. [Online]  
<https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/raspberrypi/power/README.md>.
37. ESP32 Modules and Boards. *ESP-IDF Programming Guide latest documentation*. [Online] <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/hw-reference/modules-and-boards.html>.
38. ESP32-DevKitC V4 Getting Started Guide. *Espressif.com*. [Online]  
<https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/hw-reference/esp32/get-started-devkitc.html>.
40. ESP32 BLE Arduino. *Arduino.cc*. [Online]  
<https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/esp32-ble-arduino/>.
41. WiFi library. *Arduino.cc*. [Online] <https://www.arduino.cc/en/Reference/WiFi>.
46. PIR Motion Sensor. *Adafruit.com*. [Online] 2020. <https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/pir-passive-infrared-proximity-motion-sensor.pdf>.
47. Technical data MQ-7 gas sensor. *Sparkfun.com*. [Online]  
<https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-7%20Ver1.3%20-%20Manual.pdf>.
48. HANWEI ELETRONICS CO.,LTD . Technical data MQ-2 gas sensor. *Haoyuelectronics.co*. [Online] <http://www.haoyuelectronics.com/Attachment/MQ-2/MQ-2.pdf>.
49. RLC-410-5MP IP Camera Specifications. *Reolink.us*. [Online] <https://home-cdn.reolink.us/files/docs/specs/RLC-410-5MP-IP-Camera-Specifications.pdf>.
50. Countering Cross-technology Jamming Attack. *Arizona State University*. [Online] 2020.  
<https://web.asu.edu/sites/default/files/cnsg/files/c52.pdf>.
51. Espressif Systems. ESP32 Series datasheet. *Espressif.com*. [Online] 2021.  
[https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf).
52. ESP32 Pinout Reference: Which GPIO pins should you use? *Randomnerdtutorials.com*. [Online] <https://randomnerdtutorials.com/esp32-pinout-reference-gpios/>.
60. Zabezpečení Jablotron 100 bezdrát. *Alarmyzabezpeceni.cz*. [Online]  
[https://www.alarmyzabezpeceni.cz/images\\_j/Obchod\\_bez.jpg](https://www.alarmyzabezpeceni.cz/images_j/Obchod_bez.jpg).

## 7 Zdroje obrázků

15. Standard nízkorychlostní bezdrátové komunikace ZigBee. *Access FEL ČVUT*. [Online] 2006. [http://access.fel.cvut.cz/image/200603200805\\_image005.jpg](http://access.fel.cvut.cz/image/200603200805_image005.jpg).
39. Archiv autora. Raspberry Pi 4 model B se Zigbee kontrolérem CC2531 v provozu.
42. —. Prostředí konzole Arduino IDE, kde byly sledovány hodnoty RSSI.
43. —. ESP32 moduly při měření RSSI.
44. —. Měření proudu při příjmu BLE.
45. —. Měření proudu v klidovém stavu.
53. —. Zapojení magnetického senzoru na kit ESP32
54. —. Ukázka stavu zavřených dveří.
55. —. Ukázka stavu otevřených dveří.
56. —. Rozmístění senzorů ve sklepě.
57. —. Rozmístění senzorů v prvním podlaží.
58. —. Rozmístění senzorů ve druhém podlaží.
59. —. Umístění kamer ve venkovním prostoru.