

## Současný stav IoT a Chytré domácnosti

V této kapitole se práce zaměřuje na současný stav řešení pro chytrou domácnost. V první části jsou zpracovány platformy pro dohled a ovládání, jejich výhody a nevýhody. Na konci této části se nachází tabulka s porovnáním probíraných platform.

Další částí v kapitole je srovnání několika známých ale i méně známých hardwarových platform, používaných v tomto odvětví. Některé z nich se používají jako hotová řešení a jiná jsou spíše připravena pro vlastní vývoj a další rozšíření. Na konci této části je opět srovnávací tabulka všech probíraných řešení.

Na závěr budou shrnuty znalosti získané ze zkoumání dohledových a řídicích platform z první části a pomocí nich stanoveny požadavky na finální aplikaci implementovanou v pozdějších částech této práce.

### Dohledové a řídicí systémy

Tyto systémy se využívají pro dohled nad celou domácností nebo dokonce i celými budovami. Většinou propojují co nejvíce zařízení do jednoho přehledného UI. Některé systémy poskytují i mobilní aplikace pro možnost ovládání odkudkoli by uživatel mohl potřebovat.

V této části se zaměříme na některá z nejpoužívanějších řešení mezi vývojáři a uživateli chytrých domácností.

Existuje několik uzavřených neboli „closed-source“ systémů vyvíjených různými firmami jako je Microsoft HomeOS, ale čím dál více se na trhu objevují open-source systémy.

Otevřený neboli open-source software je oblíbený mezi koncovými zákazníky, naopak některé firmy se tomuto přístupu brání. Oblíbenost u zákazníků má několik důvodů

<https://journal.senic.com/posts/smart-home-must-be-open>

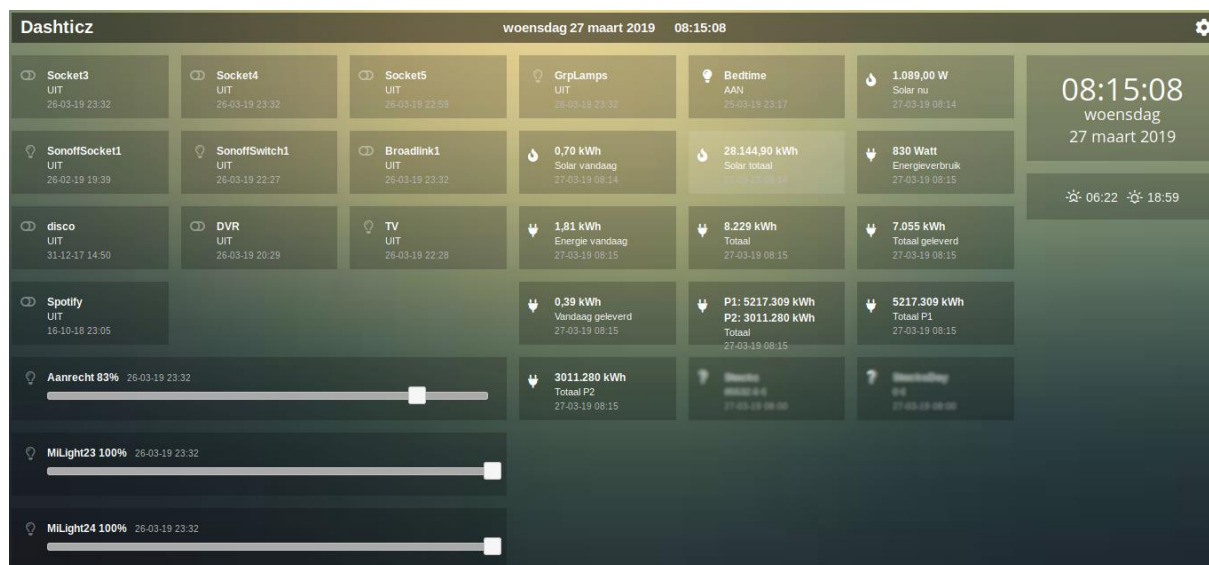
- **Zákazník má kontrolu nad svými daty a soukromím** – díky otevřenosti softwaru a popřípadě i hardwaru je možné kontrolovat, která data a jak se posílají. Toto je důležité z důvodů jako je zabezpečení. Pomocí dat z chytré domácnosti je možné sledovat mnoho skutečností o denním režimu dané domácnosti. Například z údajů o teplotě je možné zjistit, zda se někdo v domě nachází či ne. U proprietárních systémů nemá uživatel nad tímto plnou kontrolu a i když se většinou jedná o systémy velkých firem, je možné, že dojde k úniku dat ať už úmyslnému či neúmyslnému
- **Systémy jsou udržitelné i po ukončení podpory ze strany vývojářů** – otevřený software umožňuje zachování podpory a popřípadě další vývoj ze strany komunity i když původní vývojáři ukončí tyto činnosti. Při ukončení podpory proprietárního systému jsou uživatelé velice rychle zanecháni bez podpory.
- **Komunita může dohlížet na vývoj a přispívat k němu** – při vývoji otevřeného softwaru je kód dostupný všem. Tato skutečnost znamená, že pokud bude vývojářská firma vytvářet málo zabezpečený, pomalý či všeobecně špatný výrobek nebude to možné před zákazníky a komunitou ukrýt.
- **Díky příspěvkům komunity může být produkt kvalitnější** – do otevřeného softwaru může přispívat kdokoli a kdekoli na světě. Znamená to že firma nemusí spoléhat pouze na znalosti a zkušenosti svých zaměstnanců. Čím větší komunita se kolem produktu vytvoří tím se vývoj může zrychlit a zkvalitnit.

## Domoticz

Tento otevřený systém pro domácí automatizaci je jeden z nejpoužívanějších systémů na trhu a jeden z doporučených pro vývojáře vlastních řešení. Umožňuje jak zobrazování dat, tak řízení některých prvků v domácnosti. Díky široké komunitě, která stojí za touto platformou, Domoticz podporuje mnoho hardwarových zařízení komunikujících různými způsoby jako například Bluetooth a Ethernet. Seznam podporovaných zařízení se bude rozšiřovat s dalšími potřebami uživatelů tohoto systému.

<https://www.domoticz.com/wiki/Hardware>

Domoticz, jako většinu dále zmíněných systémů, je možné nainstalovat na všechny běžně používané operační systémy a také na Synology NAS, FreeNAS a Raspberry Pi.



Obrázek 1: Příklad zobrazení dat a ovládacích prvků s rozšířením Dashticz

<https://dashticz.readthedocs.io/en/master/gettingstarted/basicdashboard.html>

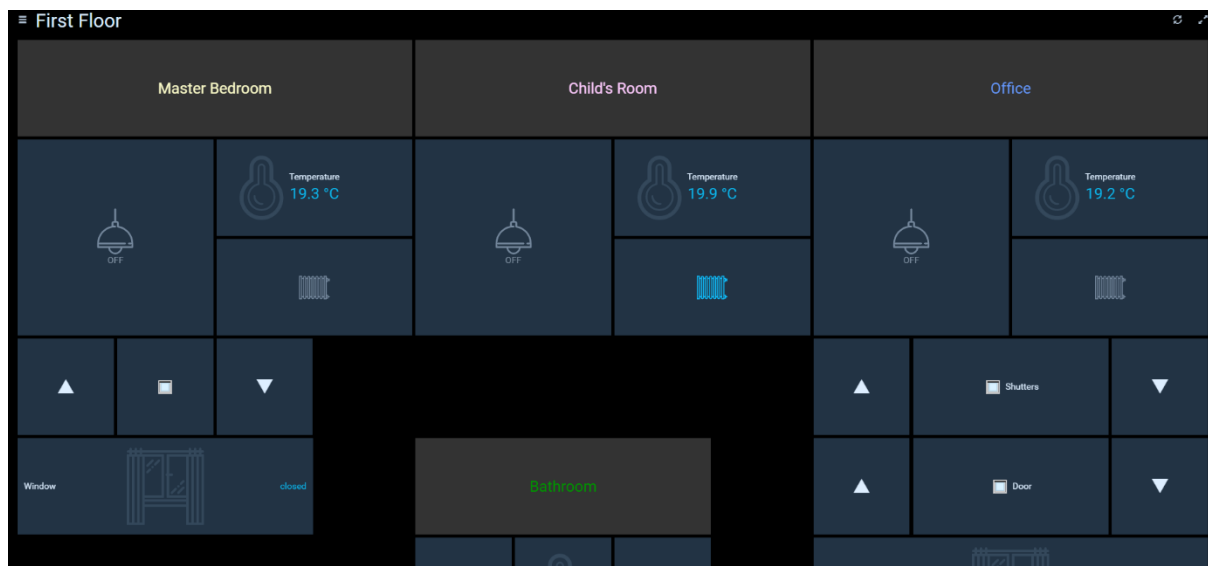
## Hlavní přednosti

- Jednoduchá instalace
- Kvalitní dokumentace a návod
- Podpora mnoha OS
- Přehledné webové rozhraní
- Aktivní komunita a fórum

## OpenHAB

Jeden z pokročilejších monitorovacích a řídicích systémů, jak je zřejmé již z popisu na jejich stránkách: „Some Hacking Skills Required“, toto ovšem neznamená, že by systém nemohli používat i méně zkušení uživatelé. Jakmile je systém nastaven, je možné jej jednoduše používat pomocí klasického UI. Znamená to ale, že je vše možné více upravit pro potřeby jakýchkoli uživatelů, tudíž je pro zkušenější uživatele systém výhodnější. Stejně jako předchozí je i tento dohledový systém možné nainstalovat na všechny běžné OS, u tohoto ovšem přibývá možnost instalace v Dockeru.

Na systému Raspberry Pi, který je pro chytrou domácnost využíván často jako centrála neboli Hub, je instalace možná pomocí balíčků, ovšem doporučena je přímo instalace operačního systému openHABian, který již obsahuje vše potřebné a je tak připraven k použití bez dodatečných instalací.



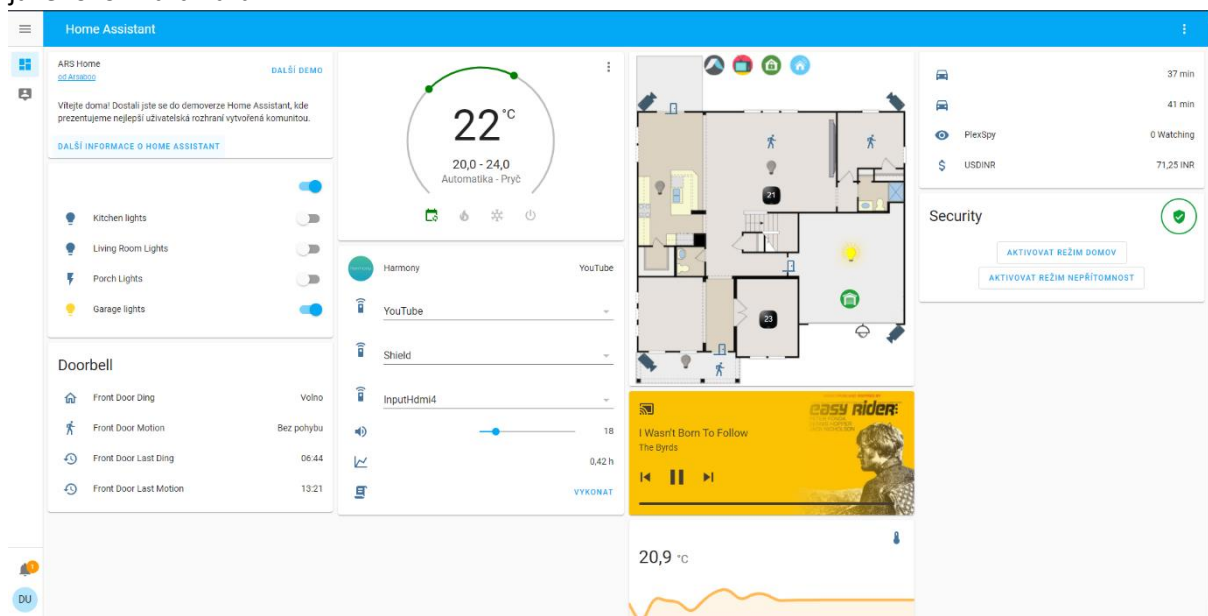
<http://demo.openhab.org:8080/habpanel/index.html#/view/first-floor>

### Hlavní přednosti

- Mnoho druhů zobrazení informací
- Rychlá instalace díky image operačního systému
- Průvodce instalací podle zkušeností uživatele
- Nativní mobilní aplikace pro Android i iOS zařízení

### Home Assistant

Velice pokročilý a hojně využívaný systém pro monitorování a řízení domácnosti. Komunita této služby vyvinula integrace pro již více než 1700 zařízení. Doporučené zařízení pro Home Assistant je již dříve zmíněné Raspberry Pi. Tento systém je možné nainstalovat i na obyčejný počítač, bohužel je v tomto případě nutné použití virtualizace. Pro vyzkoušení je přímo na webových stránkách poskytnuta demo aplikace, ve které se dá pomocí přehledného UI vyzkoušet spousta funkcí i bez investice do jakéhokoli hardwaru.



<https://demo.home-assistant.io/#/lovelace/0>

#### Hlavní přednosti

- Přehledný Dashboard
- Intuitivní ovládání
- Demo aplikace na vyzkoušení bez investice
- Přehledná a kvalitní dokumentace
- Velké množství integrací s různými jinými systémy

#### Srovnání řídicích a dohledových systémů

##### TABULKA POROVNÁVACÍ PROBRANÉ SYSTÉMY

Domoticz									
Home Assistant									
OpenHAB									

#### Hardware používaný pro chytré domácnosti

##### Arduino

Původně platforma pro výuku a její ulehčení. Dnes je jednou z nejznámějších kutilských IoT platforem.

Kódy pro tuto platformu jsou udržovány open-source. Díky tomu již vzniklo nespočet rozšíření pro rozličné sensory, displeje apod.

Pro komunikaci se sensory jako jsou teploměry či vlhkoměry je možné používat sběrnice I<sup>2</sup>C či SPI. Pro další sběr dat z analogových sensorů jako jsou třeba měřiče proudu či napětí je na deskách arduino dostupné několik analogových pinů.

Na trhu je již mnoho desek typu arduino různých velikostí a pro různé účely. Během let se objevily i takzvané arduino klony, což jsou levnější desky vyráběné na stejné architektuře a se podobnými specifikacemi.

<https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/arduino-clones-vs-the-real-thing-advantages-of-genuine-arduino-boards>

	Processor	Flash	SRAM	Digital I/O Pins	PWM Pins	Analog Inputs	Dimensions	Note
<b>Micro</b>	16 MHz Atmega 32U4	32 Kb	2.5 Kb	20	7	12	18x49mm	Smallest board size
<b>Uno</b>	16 MHz Atmega 328	32 Kb	2 Kb	14	6	6	53x75mm	

<b>Mega</b>	16 MHz Atmega 2560	256 Kb	8 Kb	54	14	16	53x102mm	Biggest board size
-------------	--------------------------	--------	------	----	----	----	----------	--------------------

<https://learn.adafruit.com/adafruit-arduino-selection-guide/arduino-comparison-chart>

<https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>

Desky arduino obsahují mikrokontrolery ATmega od firmy Atmel. Jedná se o mikročipy typu RISC s Harvarovskou architekturou.

Pomocí různých modulů a rozšíření je možné zprovoznit komunikaci pomocí mnoha různých způsobů jako například Ethernet, Wi-Fi či rádio.

<https://cs.wikipedia.org/wiki/AVR>

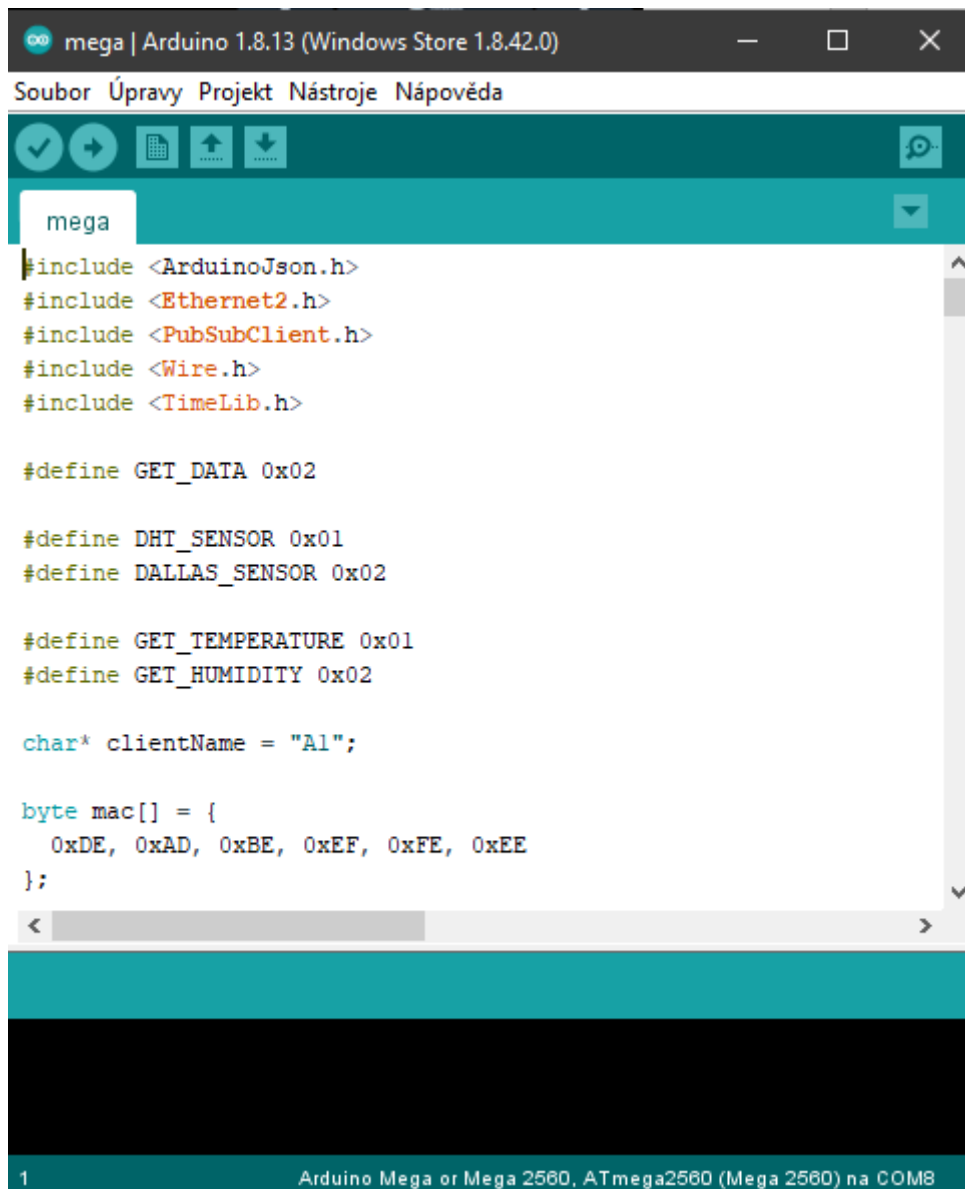
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Arduino>

[https://phgame.cz/PHGame\\_serialy/serialy/zaciname-s-arduinem/2-dil-o-arduinu-typy-desek/](https://phgame.cz/PHGame_serialy/serialy/zaciname-s-arduinem/2-dil-o-arduinu-typy-desek/)

#### *Výhody*

Jedna z největších výhod pro vývojáře firmwaru pro arduino desky je velice dobře vyvinuté IDE (Integrated Development Environment), které umožňuje vkládání nových knihoven pro různé senzory, poskytuje podporu pro všechny desky a umožňuje rychlé a jednoduché přeložení i nahrání firmwaru do konkrétních arduino desek. Tento program je dostupný pro všechny běžné operační systémy.

Další výhodou je velká a aktivní komunita. Členové komunity vytvářejí nové integrace i bez nutnosti vývoje přímo hlavními vývojáři platformy arduino. Dále je možné dohledat mnoho různých on-line fór s mnoha zkušenými a aktivními členy.



```
mega | Arduino 1.8.13 (Windows Store 1.8.42.0)
Soubor Úpravy Projekt Nástroje Nápověda

mega

#include <ArduinoJson.h>
#include <Ethernet2.h>
#include <PubSubClient.h>
#include <Wire.h>
#include <TimeLib.h>

#define GET_DATA 0x02

#define DHT_SENSOR 0x01
#define DALLAS_SENSOR 0x02

#define GET_TEMPERATURE 0x01
#define GET_HUMIDITY 0x02

char* clientName = "A1";

byte mac[] = {
  0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xEE
};

1 Arduino Mega or Mega 2560, ATmega2560 (Mega 2560) na COM8
```

## HARDWARIO TOWER – Industrial IoT Kit

Vývojový kit určený pro průmyslové piloty, jednoduchou výuku a seznámení s IoT i pro děti školního věku. Kit pochází z České republiky konkrétně z města Liberec. Tento kit je navržen tak, aby nebylo nutné pájení, a tím se ulehčil výukový a vývojový proces.



Celé řešení je navrženo tak, aby bylo možné zařízení vyvinuté s tímto kitem napájet až několik let z AAA baterií. Díky tomuto může být nasazení plně neinvazivní, jelikož není potřeba zapojovat každé jednotlivé zařízení do elektrické zásuvky.

Toto řešení je výhodné ve starších domech či bytech, kde je velmi často náročné či nemožné napájet velkou spoustu zařízení z elektrické sítě.

Pro dosažení této výdrže baterií je využito plánovače pomocí kterého je možné plánovat spouštění částí kódů za určitou dobu.

Primární komunikační způsob pro tato zařízení je rádio na sub-ghz frekvenci, konkrétně 868MHz pro Evropu a 915MHz pro USA. Tato komunikace probíhá z jednotlivých zařízení v chytré domácnosti do USB Rádiového donglu, který je zapojený v serveru. Tento server může být klasický počítač či nějaké dedikované zařízení typu Raspberry Pi a podobných.

<https://tower.hardwario.com/en/latest/interfaces/sub-ghz-radio/>

Vývoj na toto hardwarové zařízení probíhá v jazyce C, pro jednoduchost je dostupné velice rozšířené SDK pro ovládání všech dostupných modulů a sensorů.

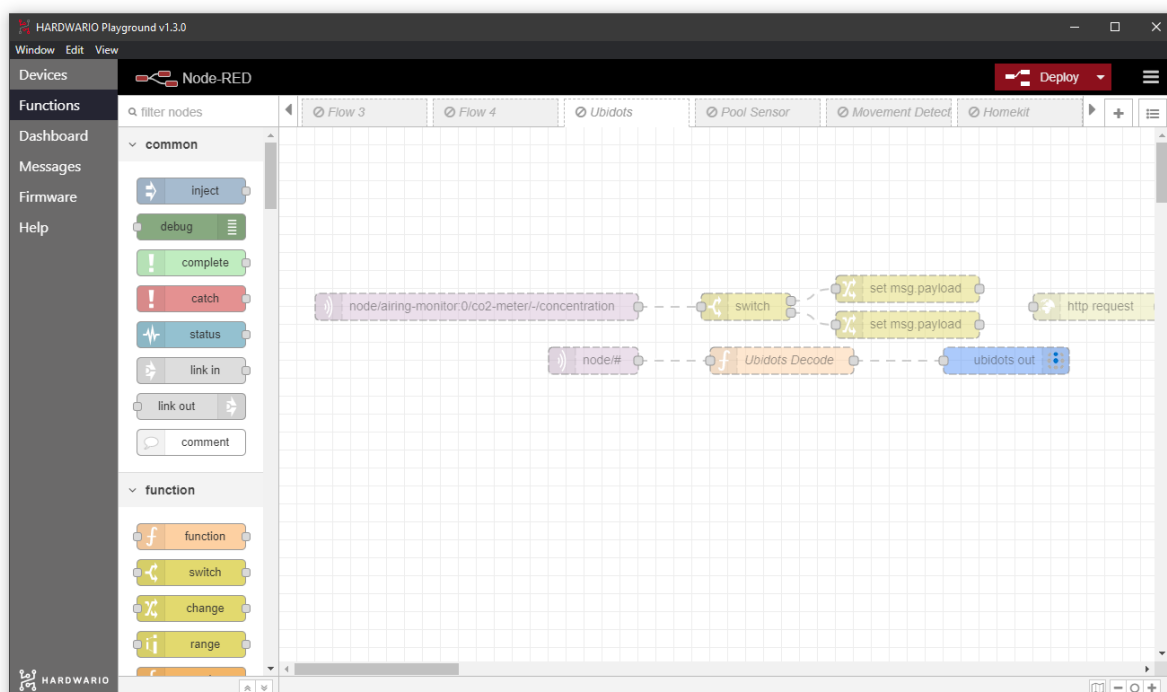
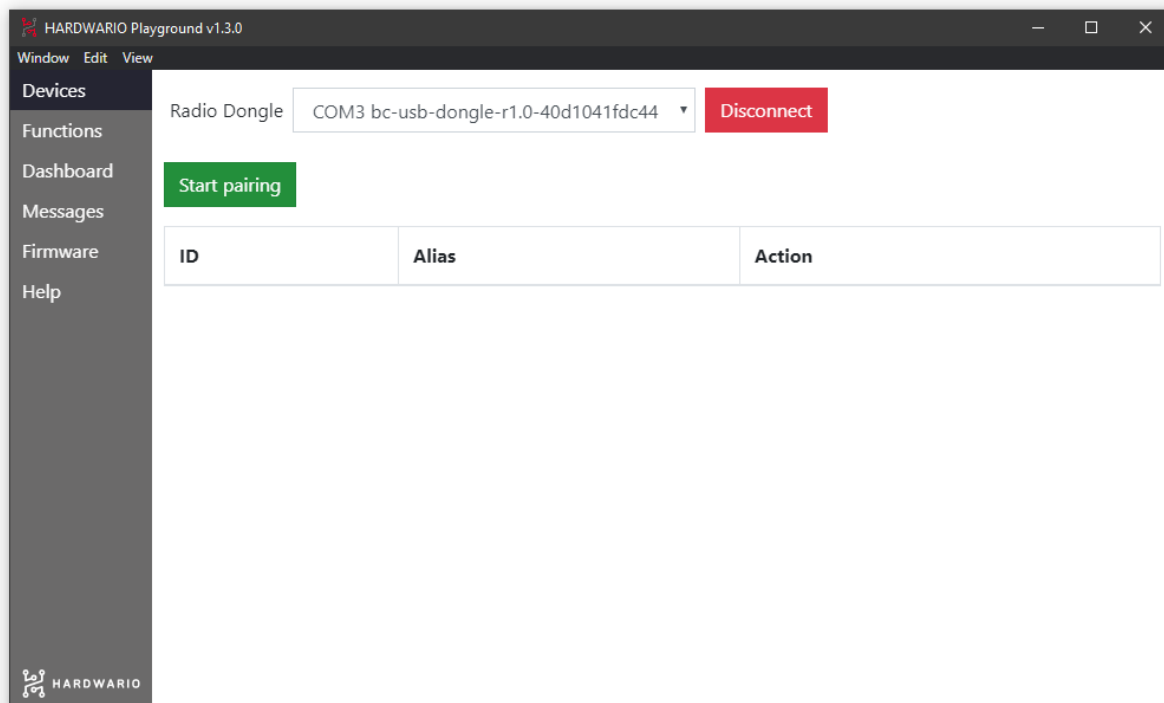
<https://sdk.hardwario.com>

Při vývoji firmwaru je možno využít všeobecný nástroj dostupný pro klasická IDE jako je například Visual Studio Code, s názvem PlatformIO. Tento plugin umožňuje rychlé a jednoduché vyvíjení, testování a nahrávání firmwaru do zařízení, popřípadě je možno jej používat samostatně v příkazové řádce.

<https://platformio.org>

Pro zjednodušení práce s těmito zařízeními existuje desktopová aplikace naprogramovaná v Electronu s názvem HARDWARIO Playground, která umožňuje jednoduché párování zařízení, sledování zpráv přicházejících ze zařízení a také je zde importované prostředí Node-RED, díky kterému je možné rychle a efektivně vytvořit prototyp požadované aplikace pomocí vizuálního programování.

V aplikaci Playground je možné také nahrávat již vytvořené firmwary dostupné v repozitářích na githubu. Těchto firmwarů je celá řada a zahrnují využití pro většinu modulů, které jsou dostupné v rámci kitu.



### Výhody

Výhodou je komunikace přes sub-ghz rádio, které pro většinu zapojení dostačuje a má dosah po celém domě. Díky této komunikaci není nutné jakoukoli jednotku připojovat přímo k domácí místní



síti. Spojení přes Rádiový dongle přidává také další úroveň zabezpečení jelikož všechna zařízení nekomunikují přímo s použitým serverem nýbrž využívají dongle jako prostředníka.

Zařízení komunikující pomocí Zigbee

<https://www.smarthome.news/news/other-systems/what-is-zigbee-and-compatible-smart-home-devices>

Komunikační protokol Zigbee byl vytvořen pro spojení a ovládání hardwarových zařízení pro chytrou domácnost. Díky tomuto protokolu je možné spojit více zařízení od různých výrobců, pokud podporují komunikaci právě pomocí protokolu Zigbee.

Pro spojení dalších zařízení k zařízením komunikujícím pouze pomocí Zigbee může být použit například programovací prostředí Node-RED. Pro toto spojení je ovšem většinou nutné pořídit i Hub, který bude přeposílat informace o zařízeních dále právě do prostředí Node-RED. Tyto Huby jsou často potřeba i pro ovládání koncových zařízení pomocí mobilních aplikací výrobců.

Jako příklad lze uvést chytré osvětlení od firmy IKEA, kde je možné osvětlení ovládat pomocí fyzických bezdrátových spínačů, ale pro ovládání pomocí mobilní aplikace a spojení s dalšími zařízeními je nutné pořídit Hub od stejné společnosti, který následně slouží jako prostředník mezi koncovými zařízeními a mobilní aplikací či nějakým dalším ovládáním.

Zařízení podporující protokol Zigbee je několik a zahrnují různé využití jako vytápění, osvětlení a další. Příklad hardwarových zařízení:

- **Chytrá termohlavice Forseti eValve** – slouží k chytrému vytápění každé místnosti zvlášť pomocí měření teploty přímo na hlavici a automatické regulace.
- **Ikea Tradfri** – tento název zahrnuje všechny prvky chytrého osvětlení od společnosti IKEA, jako jsou ovladače a samotné žárovky.
- **Chytré zámky Yale** – souprava zabezpečovacích prvků na dveře otevíratelných pomocí kódu nebo čipu
- **Zabezpečovací systémy Bosch** – různé zabezpečovací zařízení jako jsou alarmy apod.
- **A další...**

Srovnání hardwarových prvků používaných v chytré domácnosti

#### POROVNÁVACÍ TABULKA ZMÍNĚNÝCH HARDWAROVÝCH ZAŘÍZENÍ

	Processor	Programing language	IDE	Implicit communication	Board types	Price*	Country of Origin
HARDWARIO TOWER	ARM Cortex M0+	C	No	Radio	One Core module	€36,30	Czech republic
Arduino	ATmega (various types)	C/C++	Yes	None without additional modules	Multiple sizes and types	€20.00	Italy

\*Price for one Core Module (HARDWARIO TOWER) vs price for one Arduino Uno

## Požadavky na dohledový a řídicí systém

Tato kapitola bude opět rozdělena do dvou částí, hardwarová a softwarová.

V první části bude probráno, jaké zařízení, detektory a senzory jsou vhodné pro domácí automatizaci, jak tyto senzory použít, spojit mezi sebou a proč jsou pro chytrou domácnost důležité.

V druhé části budou určeny požadavky na dohledový software, který bude implementován v pozdějších částech této práce. Požadavky jsou stanoveny na základě dříve probraných systémů, jako například Home assistant, tak aby bylo spojeno co nejvíce výhod z těchto různých systémů.

### Hardwarové komponenty chytré domácnosti

Zde budou probírány jen senzory a podobné komponenty a jejich využití. Nebudou opět zmiňovány kontrolery, které jsou probírány v předchozí části, jelikož většina probíraných komponent je dostupná pro všechny z nich.

#### HVAC systém

HVAC neboli Heating, Ventilation and Air Conditioning je soustava několika komponent, které spolupracují, aby zajistily vyhovující podmínky v domácnosti. Tento systém obsahuje různé senzory a také několik ovládacích prvků.

<https://brennanheating.com/how-does-hvac-system-work/>

### Sensory

- Teploměr
- Vlhkoměr
- CO2 monitor
- VOC monitor

### Ovládací prvky

- Relé

#### Teploměr

Tento sensor je možno využít pro regulaci teploty v domácnosti. Při spojení s relé je možno vytvořit termostat. Teploměr je možné využít i v jiných částech domácnosti, jako například pro monitorování, zda není lednice otevřená příliš dlouho, nebo pro výpočet rosného bodu. Díky monitoringu těchto hodnot je možné ušetřit energii a zlepšit životní podmínky v domácnosti.

Správné typy, jako venkovní I<sup>2</sup>C teploměr DS18B20 je možné použít i pod vodou pro měření teploty vody v bazénu nebo ve vodní nádrži.

#### Příklady teplotních sensorů

- TMP112
- DS18B20



### Vlhkoměr

Při vysoké relativní vlhkosti nad 70 % se zvyšuje riziko plísní, rezivění vybavení či rosení na studených površích. V horších případech může vysoká relativní vlhkost způsobit i hypotermii vzhledem k nemožnosti přirozeného odvádění tepla z těla.

[https://www.engineeringtoolbox.com/relative-humidity-d\\_895.html](https://www.engineeringtoolbox.com/relative-humidity-d_895.html)

Naopak nízká vlhkost může způsobovat pálení očí, podráždění dýchacího ústrojí, prášení.

<https://www.nbcnews.com/health/health-news/it-s-not-just-heat-it-really-humidity-know-risks-n629486>

Vlhkost je další nutná veličina pro výpočet rosného bodu vzduchu.

Na základě naměřených dat je možné regulovat vlhkost pomocí větrání, klimatizace či zvlhčovačů na požadované hodnoty.

Lidem příjemné hodnoty jsou mezi 40-60 % při teplotách 22-27 °C.



### CO2 monitor

Vliv CO2 na produktivitu a zdraví je prokázán několika studiemi. Díky jednoduchému monitoringu CO2 pomocí sensorů je možné připojit ventilaci, přidat do prostor s větší koncentrací CO2 rostliny či zvážit omezení počtu lidí v daných prostorách.

V praxi se využívají tři druhy CO2 senzorů.

<https://learn.kaiterra.com/en/air-academy/carbon-dioxide-sensors>

#### *NDIR (Non-Dispersive Infrared) sensor*

Tento typ senzorů využívá vlastnosti pohlcování některých typů a vlnových délek světla. Tuto vlastnost mají všechny objekty, molekuly i atomy.

Senzor vydrží velice dlouhou dobu (někdy i 10 let a více). Měření není ovlivněno dalšími látkami přítomnými ve vzduchu. Je vhodný pro běžné koncentrace CO2 v domácnostech (kolem 1000 ppm).

Nevýhodou je, že měření může být ovlivněno vlhkostí a teplotou.

Jako příklad je možné uvést senzor LP8 od firmy SenseAir

#### *Princip*

Vzduch vstoupí do senzoru. Z jedné strany je vysláno světlo o vlnové délce pro CO2, která je většinou kolem čtyř mikronů. Druhý konec senzoru obsahuje detektory světla, které změří intenzitu proniknutého světla. Čím více CO2 ve vzduchu, tím více světla bude pohlceno.

#### *Electromechanical sensor*

Tento senzor využívá měření elektrického proudu či vodivosti pro zjištění koncentrace CO2.

Elektromechanický senzor je méně náchylný na ovlivnění teplotou a vlhkostí než předchozí senzor.

Oproti předchozímu senzoru ovšem nemá tak dlouhou výdrž a měření může být ovlivněno jinými látkami ve vzduchu. Další nevýhodou je možná ztráta přesnosti.

#### *Princip*

Při vstupu CO2 do senzoru dojde uvnitř k chemické reakci. Podle typu senzoru dojde při chemické reakci k měření proudu, změně stávajícího proudu nebo ke změně vodivosti senzoru. Následně je tato změna a změřená hodnota použita k výpočtu koncentrace CO2.

#### *MOS (Metal Oxide Semiconductor)*

Senzor využívající změnu odporu kovových sloučenin pomocí změny chemického složení těchto sloučenin. MOS senzory mohou měřit i jiné plyny v ovzduší jelikož různé sloučeniny reagují s různě s odlišnými plyny.

Design senzoru je velice jednoduchý a tudíž je velice jednoduché jej použít.

Stejně jako senzor typu NDIR může být měření ovlivněno teplotou, vlhkostí a dalšími látkami nacházejícími se ve vzduchu. Běžné využití je v prostorách, kde je vyšší koncentrace CO2 (2000 a více).

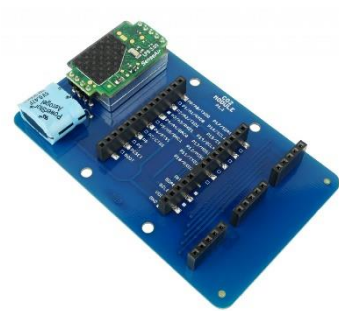
#### *Princip*

V senzoru se nachází odhalená část kovového pásku. Skrz tento pásek prochází konstantní proud. Při vstupu měřeného plynu do senzoru dojde k chemické reakci s odhalenou částí pásku. Tato reakce zvýší odpor či vodivost kovového pásku. Tato změna je detekována a velikost změny určuje koncentraci zkoumaného plynu v ovzduší.

<https://ohsonline.com/articles/2016/04/01/carbon-dioxide-detection-and-indoor-air-quality-control.aspx>

Úroveň CO2 a vliv na zdraví (ppm = parts per milion) <https://www.enectiva.cz/cs/blog/2017/04/co2-vnitri-prostory/>

- 350-400 ppm – úroveň venkovního prostředí
- do 1000 ppm – doporučená úroveň CO<sub>2</sub> ve vnitřních prostorách
- 1200-1500 ppm – doporučená maximální úroveň CO<sub>2</sub> ve vnitřních prostorách
- 1000-2000 ppm – nastávají příznaky únavy a snižování koncentrace
- 2000-5000 ppm – nastávají možné bolesti hlavy
- 5000 ppm – maximální bezpečná koncentrace bez zdravotních rizik
- 5000 ppm – nevolnost a zvýšený tep
- 15000 ppm – dýchací potíže
- 40000 ppm – možná ztráta vědomí



### VOC monitor

VOC neboli těkavá organická látka (Volatile Organic Compound) značí koncentraci nebezpečných látek v ovzduší. Krátkodobé vystavení vyšší koncentraci těchto látek může vést k nepříjemným zdravotním problémům jako podráždění očí a dýchacích cest nebo bolest hlavy.

Delší vystavení může způsobit i těžké zdravotní potíže jako poškození jater, ledvin či centrálního nervového systému. V některých případech dlouhého vystavení vysoké koncentraci VOC může způsobovat i rakovinu.

<https://www.healthlinkbc.ca/healthlinkbc-files/air-quality-VOCs>

Hodnota VOC se častěji měří v industriálním prostředí, ale i v domácnosti se můžou objevit různé zdroje, jako například čisticí prostředky, barva, izolační pěna, 3D či obyčejný tisk

Doporučené místo pro monitoring VOC by mohla být garáž či dílna. V těchto místech se často vyskytují zdroje těkavých látek. Díky monitoringu je opět možné snížit vystavení na minimum pomocí ventilace nebo opuštění pracoviště dokud nebude úroveň opět přijatelná a bezpečná.

<https://www.health.state.mn.us/communities/environment/air/toxins/voc.htm>

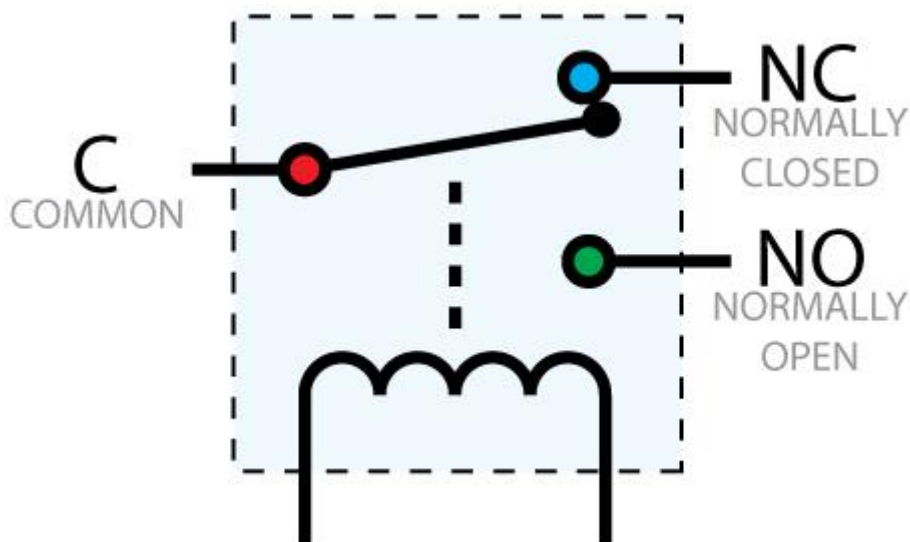


## Relé

Velice užitečný prvek chytré domácnosti a jakékoli automatizace, který umožňuje ovládání a kontrolu většiny zařízení pomocí spínání a rozpínání okruhů. Pomocí relé je možné simulovat tlačítka nebo zapínat a vypínat zařízení díky odpojení napájení.

Všechny výše zmíněné sensory mohou komunikovat s relé, které spouští například vytápění, ventilaci nebo klimatizaci.

<https://www.bambusekd.cz/dev/raspberry-control-5V-relay>



Na obrázku můžete vidět náčrt běžného relé se dvěma okruhy. Do vstupu **C** je přivedeno napájení například z elektrické zásuvky, konkrétně fázový vodič. Z výstupu **NO** vede opět fázový vodič a dokud není do relé přivedeno spínací napětí, například 5V, tak je okruh rozpojen. Po sepnutí je na zařízení přivedeno napětí a za předpokladu všech ostatních vodičů připojených správně k zařízení, je zařízení napájeno.

## Ostatní hardwarové prvky chytré domácnosti

Mimo HVAC systém a jeho prvky existuje i mnoho dalších sensorů a modulů.

- Pohybový sensor

- Infra sensor
- Sensor intenzity světla
- IP kamera
- Rotační enkodér

#### *Pohybový sensor*

Nejčastěji se jedná o takzvaná PIR čidla neboli Pasivní Infračervené čidlo, která detekují pohyb pomocí infračerveného záření, které vyzařují všechny objekty, které mají nějakou teplotu. Samotný detektor žádné záření nevysílá, pouze je schopný detekovat různé úrovně infračerveného záření pomocí pyroelektrického senzoru.

<https://robu.in/pir-sensor-working-principle/>

Tyto sensory se používají v alarmech, bezpečnostních kamerách nebo automaticky spínaných světlech. S pomocí mikrokontroleru je možno informaci o pohybu odeslat a zpracovat do sepnutí mnoha dalších komponent, jako například vytápění, pokud je někdo v místnosti, či notifikace se zapnutím přenosu z kamery pro detailnější pohled na to, kdo je v místnosti přítomen.



#### *Infra sensor*

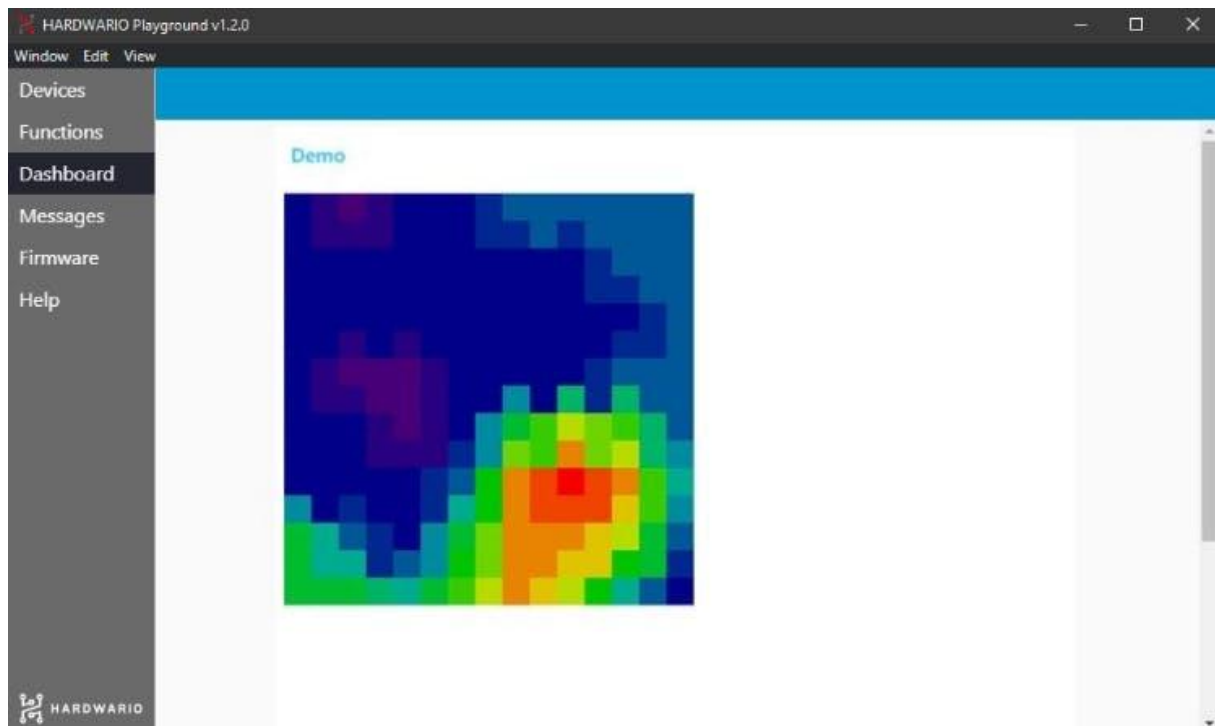
Tyto sensory jsou velice podobné předchozímu, s rozdílem, že je možné přesně zjistit teplotu na jednotlivých segmentech senzoru. V době psaní práce a situace s onemocněním SARS-CoV-2 tyto sensory získaly na popularitě z důvodu bezdotykového měření teploty pomocí jednoduchého displeje s instrukcemi.

Samozřejmě je tento sensor možné využít pro detekci osob, ovšem pro tento případ užití je lepší dříve zmíněné PIR čidlo.

Dostupná jsou různá rozlišení pro tyto sensory například s 64 senzory v mřížce 8x8. Pro přesnější měření je samozřejmě lepší co největší rozlišení, které však zvyšuje i cenu produktu.

<https://www.hackster.io/jakub-smejkal/hardwario-non-invasive-heat-monitoring-with-infra-grid-2f1ea8>

Příklad výstupu ze zmíněného 8x8 senzoru, na kterém lze vidět obrys obličeje nad senzorem.



### *Sensor svítivosti*

Někdy také nazývaný LUX sensor podle jednotky, kterou sensor měří, a to je jednotka intenzity světla. Pomocí tohoto sensoru je možné ovládat například světla v domě či stahování žaluzií.

Zařízení měřící intenzitu světla může být umístěno například na balkón kdy při vyšších hodnotách intenzity světla jsou během dne žaluzie vytaženy a světla zhasnuty kvůli snížení spotřeby elektrické energie s využitím přirozeného světla. Naopak při snížení intenzity slunečního svitu jsou světla postupně rozsvěcována aby byla udržena stejná komfortní viditelnost.



### *IP kamera*

Kamery jsou využívány jako bezpečnostní či dozorovací prvek. Díky IP kamerám je možné zobrazovat záznam na jiném zařízení pomocí Ethernetu či Wi-Fi. Některé dohledové systémy podporují zobrazování IP kamer. Většinou je nutný server pro tyto kamery, kde se data shromažďují.



### *Rotační enkodér*

Pomocí rotačního enkodéru je možné nastavit například bezdrátově intenzitu světla na LED pásku, a to pomocí jednoduché otočné hřídele. Tyto enkodéry jsou využitelné v jakémkoli případě, kde je nutné nastavovat nějakou hodnotu po menších krocích v obou směrech.

Některé enkodéry, jako například ten uvedený na obrázku, umožňují i funkci stisku či podržení tlačítka, tím se jejich využitelnost zvyšuje jelikož je možné reagovat i na tyto rozšiřující akce.



### *Server*

Velmi důležitá část chytré domácnosti je také server, někdy také nazývaný Hub, na kterém jsou spuštěny všechny potřebné služby jako databáze, Node-RED a který také slouží jako MQTT broker.

Jako server je možné použít přechodně i počítač s operačním systémem Windows například ve fázi prototypování. Pro plné nasazení je ovšem dobré zvolit nějaký server s operačním systémem na bázi Linuxu.

Některé běžně používané počítače jsou například Raspberry Pi či Synology NAS. Tyto servery běžně postačují k většině aplikací, mají nižší spotřebu a mohou být spuštěné skoro nepřetržitě. Některé výše zmíněné systémy jako OpenHAB poskytují již připravený image systému, který pouze stačí nahrát do daného serveru a ten je připraven k použití.

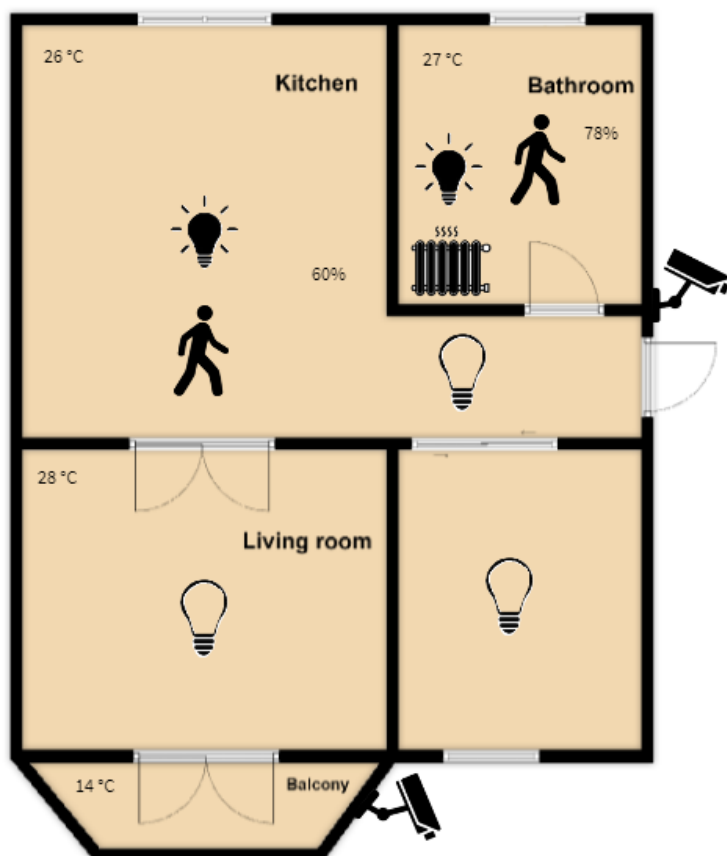
## Hardwarové prvky a jejich využití v navrženém systému

Systém vytvořený v rámci této práce bude obsahovat několik z modulů zmíněných výše. Díky firmě HARDWARIO s.r.o. bude většina z nich fyzicky přítomna, aby bylo možno data sbírat co nejpřesněji.

### Použité prvky:

- Jednoduchý termostat pro řízení vytápění
- Teploměr pro orientační sběr teplot po domě
- Vlhkoměr pro zabránění vzniku plísní a případné pravidelné větrání
- Display zobrazující QR kód pro jednoduché připojení k Wi-Fi
- Detektor CO<sub>2</sub> pro příjemné a zdravé prostředí
- Detektor VOC do dílny pro kontrolu těkavých látek
- Soustava relé pro spínání různých komponent jako vytápění a ventilace
- Pohybové sensory pro detekci osob v jednotlivých místnostech a jako alarm proti vniknutí
- Sensor svítivosti pro změnu teploty světla žárovky a vytahování žaluzií
- IP kamery u vstupů do domu
- Rotační enkodér na zvýšení či snížení intenzity světla u některých LED pásků
- Chytrý zvonek s notifikacemi při příchodu
- Dálkově ovládané otevírání vstupních dveří

Je samozřejmě možné použít mnohem více zařízení pro detekci několika dalších hodnot, některé z nich jsou zmíněny dříve u jednotlivých prvků. Toto je pouze návrh nejběžnějších použití v chytré domácnosti.



Na obrázku je navrhnut přibližný náčrtek bytu s několika senzory reprezentovanými hodnotami a několika ovládacími prvky reprezentovanými spínači, tyto spínače mají různé ikony jako radiátor a žárovka.

### Software pro dohledový a řídicí systém

Aplikace bude implementována pomocí .NET Core v jazyce C#. Aplikace má působit jako vzorová implementace pro chytrou domácnost. Bude využit framework WPF, tento framework je pouze pro systémy s operačním systémem Windows. Pro multiplatformní aplikaci by bylo možné využít MAUI neboli Multi-platform App UI, který je ale v době psaní práce stále ve vývoji.

Při návrhu systému bylo vzato v potaz několik zkoumaných již existujících systémů.

Další softwarová část systému bude samozřejmě server, na kterém poběží programovací prostředí Node-RED, databáze, server Blynk a bude také sloužit jako MQTT broker.

V Node-RED budou naprogramována spojení mezi jednotlivými prvky v domácnosti.

Do databáze budou ukládána data, která bude možno zobrazit.

Aplikace Blynk bude sloužit k jednoduchému monitorování a ovládání chytré domácnosti odkudkoli pomocí mobilního zařízení.

### Protokol MQTT

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), je velice jednoduchý komunikační protokol používaný v IoT, a tedy i chytré domácnosti, komunikující pomocí subscribe/publish systému.

Tento protokol je široce využíván v automatizacích továren a domácností pro přenos dat ze sensorů spolu s možností ovládání akuátorů jako jsou relé.

Některé další využití je například u platform Messenger a Instagram od firmy Facebook, kde je využíván pro odesílání a přijímání zpráv.

<https://behrtech.com/blog/mqtt-in-the-iot-architecture/>

Zprávy v tomto protokolu jsou složeny ze dvou částí, které se nazývají **topic** a **payload**.

#### Topic

Adresa, která označuje danou zprávu. Může se jednat o jednoslovné označení, jako například **temperature** nebo **humidity** tento postup ovšem není doporučený jelikož není ve větších projektech udržitelný.

Běžně jsou používány topicy obsahující více úrovní, tyto úrovně slouží jako jednoznačná identifikace hodnot v celém systému. Jednotlivé úrovně jsou odděleny běžným lomítkem.

Například **home/living-room/temperature** jednoznačně označuje zařízení které se nachází v domě v místnosti obývací pokoj a měří teplotu, pokud by například některé zařízení odesílalo více hodnot je možné přidat další úroveň, které by označovaly konkrétní zařízení. Maximální délka je 65536 znaků.

MQTT umožňuje také vnitřní monitoring stavu zařízení, které slouží jako broker. K těmto informacím je možno se dostat pomocí speciálních topiců které začínají znakem \$ například \$SYS/broker/uptime pro zjištění, jak dlouho daný server běží bez výpadku.

<https://www.hivemq.com/blog/mqtt-essentials-part-5-mqtt-topics-best-practices/>

#### Payload

Obsah odeslané zprávy, tato část nemusí být vždy přítomna

Příklady obsahu zprávy:

- Krátký text určující hodnotu ze senzoru jako je teplota
- Stav akuátoru, zda je například relé co řídí vytápění sepnuto
- Složitější struktury pomocí textu ve formátu json
- Bitové pole se zakódovaným obrázkem z kamery

Pomocí těchto možností by mělo být možné odeslat všechny potřebné informace pro ovládání chytré domácnosti. Díky maximální délce až 268 435 456 znaků je možné odesílat i velice složité struktury obsahující mnoho informací.

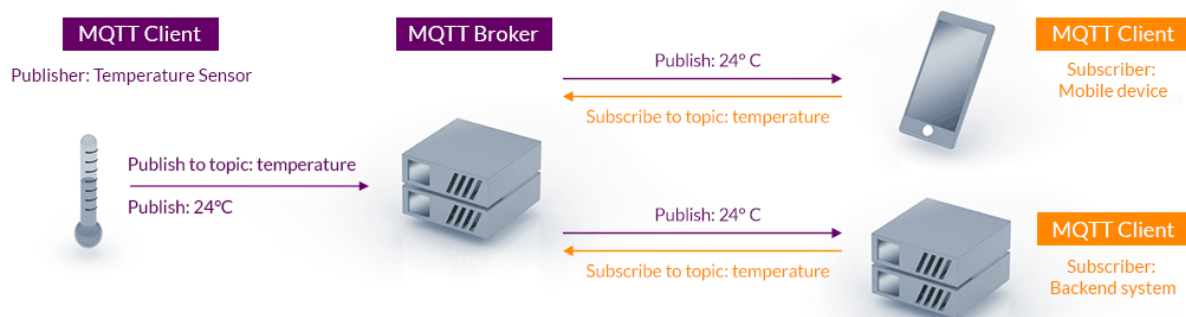
<http://www.steves-internet-guide.com/mqtt-protocol-messages-overview/>

#### Princip

Při komunikaci pomocí MQTT protokolu je nutnou součástí sítě takzvaný **MQTT Broker**, který slouží jako prostředník pro všechny zprávy. Dále může existovat několik **MQTT klientů**, kteří mohou zprávy s topicem vysílat (**Publish**) a zároveň mohou očekávat zprávy na nějakém topicu (**Subscribe**).

Na obrázku je zobrazen jednoduchý náčrt sítě využívající protokol MQTT.

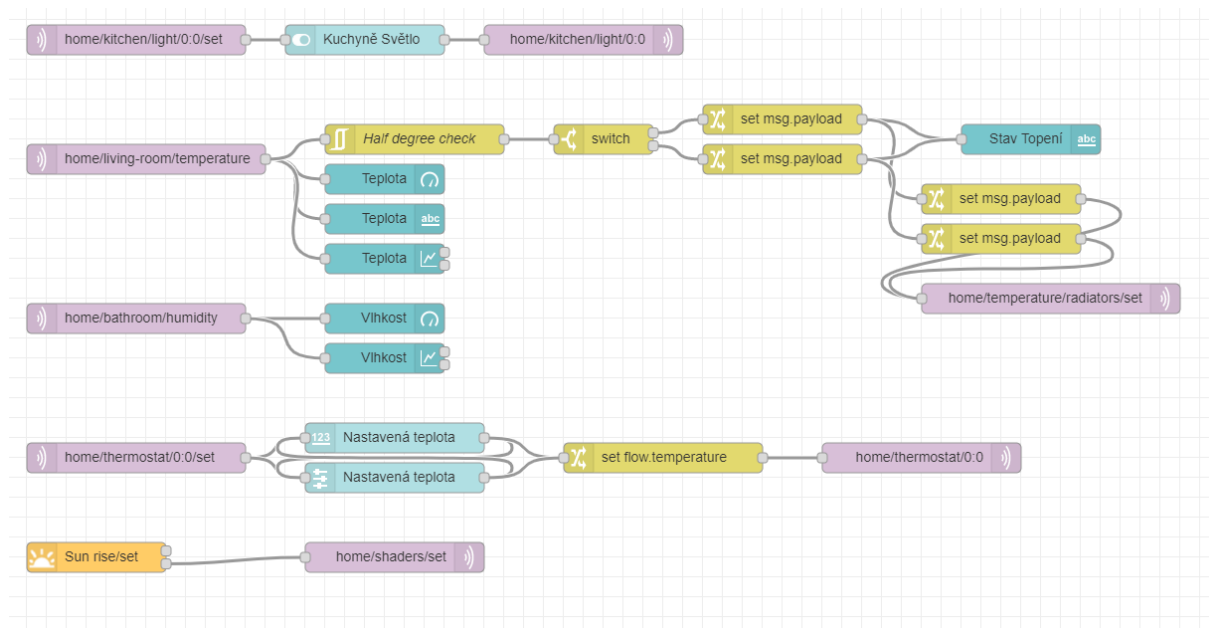
V této síti se nachází jeden **Broker**, na který jsou připojeni 3 klienti. Jeden z těchto klientů (teploměr vlevo) odesílá svoji teplotu v payloadu zprávy na topicu **temperature**. Dále na pravé straně jsou 2 klienti, kteří poslouchají zprávy na topicu **temperature**. Jakmile je odeslána teplota z teploměru, Broker ji přijme a rozešle ji na všechny klienty, kteří mají o tuto zprávu zájem. Pokud by se v síti nacházeli i klienti, kteří neodebírají zprávy na topicu temperature, zpráva jim nebude přeposlána.



<https://mqtt.org>

## Node-RED

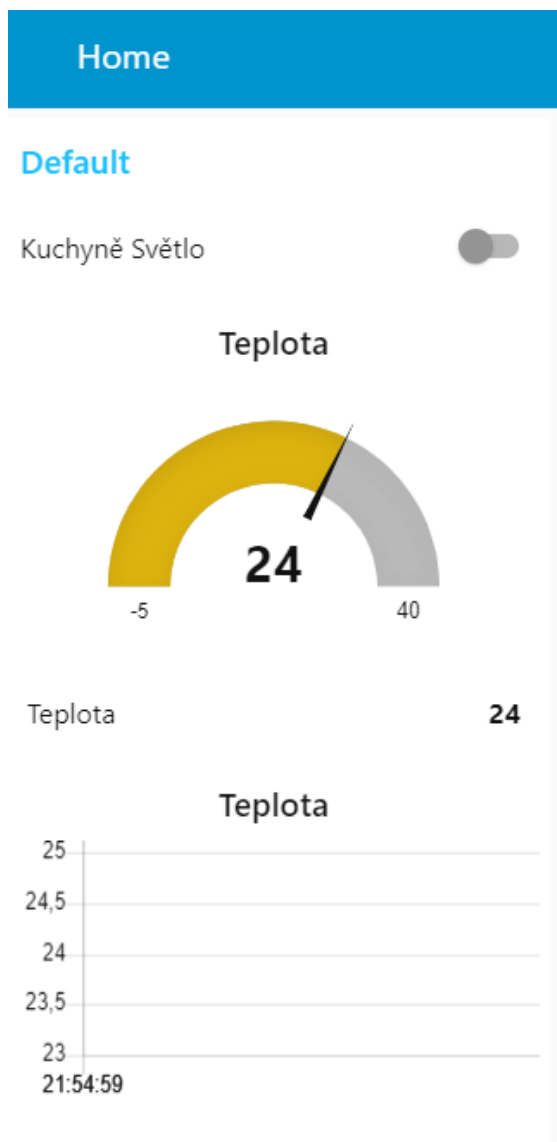
Toto programovací prostředí, které slouží k propojování hardwarových zařízení mezi sebou stejně jako s dalšími API a online službami je velice hojně využíváno v oblasti chytré domácnosti a jiných automatizací. Jeden z hlavních důvodů, proč tomu tak je, je využívaný způsob programování. Celou domácnost je možné propojit pomocí takzvaných nodů, tyto nody jsou poměrně široce upravitelné a díky komunitním rozšířením existuje již mnoho dalších integrací včetně v této práci používaného IKEA Smart Home. V případě, že nestačí jakýkoli dostupný node může být využit programovatelný function node do kterého je možné vložit vlastní kód napsaný v jazyce JavaScript.



Tento obrázek ukazuje jednoduché Node-RED flow s několika propojeními a ovládáním. Díky možnosti jednoduchého sdílení je možné si toto a jakékoli flow vložit a upravit dle vlastních potřeb, pokud znáte konfigurační JSON.

Další výhodou systému Node-RED je možnost integrovaného Dashboardu pro zobrazování spousty užitečných údajů, grafů apod. Opět existuje několik rozšíření, které přidávají další prvky pro Dashboard.

V případě potřeby vlastního rozšíření je velice jednoduché si pomocí HTML a JavaScript nějaké vytvořit.



## Blynk

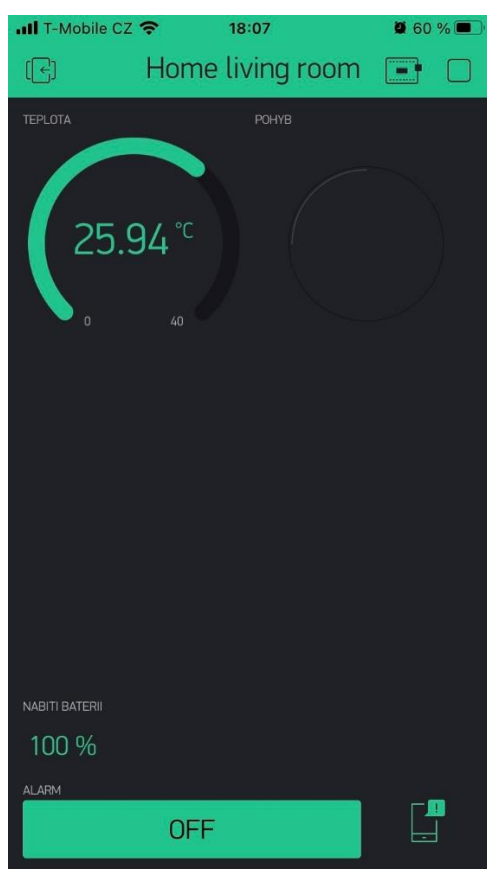
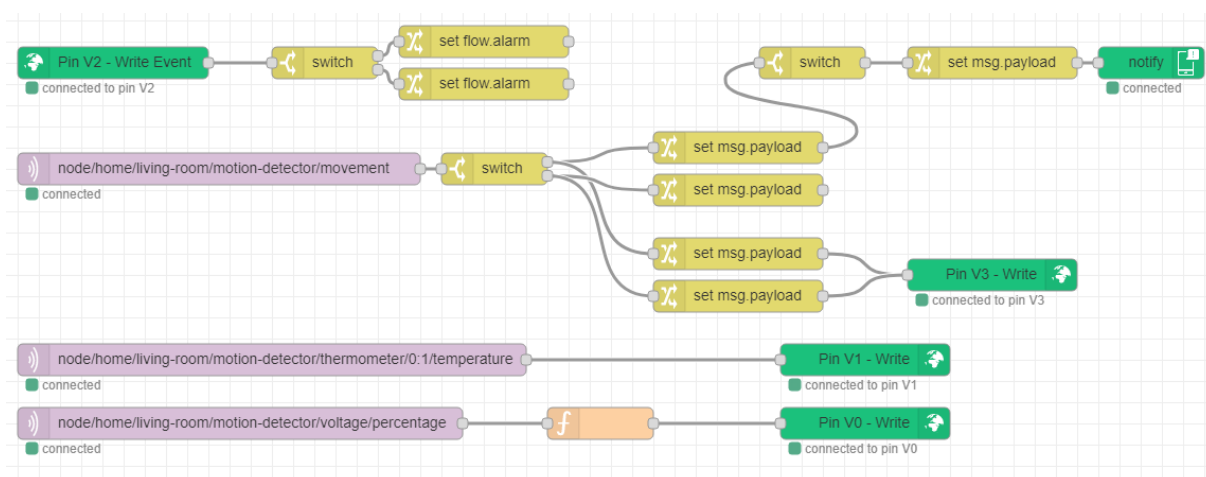
Platforma Blynk umožňuje rychle vytvářet profesionálně vypadající dashboardy pro dohled a řízení chytré domácnosti a ostatních IoT zařízení pomocí drag-and-drop systému přímo na mobilním zařízení. Takto vytvořený dashboard se pomocí QR kódu dá sdílet s celou rodinou, jakmile je sdílen tak se jakákoli úprava promítne do všech zařízení.

Blynk server je možné spustit na lokálním počítači jako je Raspberry Pi a zpřístupnit například přes veřejnou IP adresu nebo VPN přístup.

Pro jednodušší použití lze využít cloudové servery přímo od společnosti Blynk. V případě použití cloudových serverů je zajištěna bezpečnost a bezproblémová dostupnost. Tyto výhody jsou vyváženy tím, že každý umístěný widget je nutno zaplatit tzv. energií, která se dobíjí pomocí peněz v aplikaci.

Pro propojení s Node-RED je dostupné rozšíření obsahující všechny potřebné nody. Po vytvoření projektu v aplikaci pod svým uživatelským účtem a vygenerováním kódu stačí nastavit v Node-RED k jakému projektu daný node patří pomocí adresy serveru, a právě tohoto vygenerovaného kódu.

<https://docs.blynk.cc>



Na prvním obrázku je vidět jednoduché flow vytvořené v prostředí Node-RED, které je propojeno do dashboardu v aplikaci Blynk, který je vidět na druhém obrázku. Hardwarová zařízení posílají data přes MQTT do Node-RED a tam se pomocí nodů přenáší do Blynku.

Tato vzorová aplikace sbírá údaje o teplotě a pohybu v místnosti, dále je ve spodní části možno vidět kolik procent baterie zbývá na fyzickém zařízení, aby bylo možno je včas vyměnit.

Díky sledování pohybu je možné tlačítkem zapnout alarm. Pokud je alarm zapnutý a je detekován pohyb tak bude na všechna mobilní zařízení, která používají tuto aplikaci odeslána notifikace s textem „Pohyb v obývacím pokoji“.

### Výhody

- Rychlé nasazení

- Propojení s Node-RED
- Mnoho podporovaných hardwarových zařízení
- Spousta Widgetů, které je možno použít
- Možné rozdělení na několik obrazovek

### Nevýhody

- Při použití cloudových serverů cena za energii

### Požadavky na aplikaci

V dohledové aplikaci je důležitá přehlednost a jednoduchost. Jednoduchostí se rozumí jednoduchost celkového používání aplikace od editace prostředí, přes nastavení spojení s jednotlivými monitorovanými zařízeními až po interpretaci dat v jednoduché a srozumitelné formě.

Přehlednost je důležitá, a to z důvodu rychlého zorientování v aplikaci. Díky tomuto je možné před funkční a nastavené prostředí posadit v podstatě jakéhokoli uživatele, který bez větších technických znalostí bude schopný aplikaci ovládat a tím pádem ovládat domácnost. Uživatel s pokročilejší technickou znalostí by měl být bez větších obtíží schopný aplikaci i nastavit a provozovat.

S těmito požadavky na mysli byl navržen prototyp aplikace pro dohled a řízení. Její předběžný návrh je možno vidět dále.

## Realizace řešení

V této kapitole bude popsána vlastní realizace hardwarového, softwarového a serverového řešení.

V serverovém řešení budou zmíněny všechny použité služby, k čemu v chytré domácnosti slouží a na jakém zařízení je možné je provozovat.

Hardwarová část řešení bude z větší části řešena pomocí stavebnice HARDWARIO TOWER, a to z důvodu možnosti neinvazivní realizace. Samozřejmě by bylo možné tyto firmwary vytvořit i na jiných zařízeních jako je například Arduino. Testování vytvořených firmwarů proběhne na fyzických zařízeních. Pro simulaci dalších zařízení, která nejsou fyzicky dostupná jako například kamery, bude využit vytvořený program v jazyce Python v kombinaci s PyQt5.

V softwarové části bude implementace prototypové dohledové a řídicí desktopové aplikace, která bude později porovnána s již existujícím řešením Home Assistant, ve kterém bylo vytvořeno několik dashboardů pro celý dům. Dále bude probírána implementace flow v programovacím prostředí Node-RED a několik vzorových projektů v aplikaci Blynk.

Dalším softwarovým prvkem vyvinutým v rámci školního projektu a této bakalářské práce je simulátor MQTT provozu, který je schopný odesílat a přijímat data různých typů (hodnoty, obrázky, JSON) přes MQTT.

Jedna část kapitoly softwarového řešení bude věnován zabezpečení přístupu k chytré domácnosti a jak k němu přistupovat.

Na konci této kapitoly bude zhodnoceno celé vytvořené řešení a srovnání využitých systémů. Dále budou zmíněna nějaká možná rozšíření celého dohledového a řídicího systému.

### Serverové řešení

Jak bylo již zmíněno dříve, pro bezproblémovou funkčnost chytré domácnosti je vhodné vyhradit nějaký počítač, který bude sloužit jako server s všemi potřebnými službami. Pro tuto práci byl jako server zvolen jednodeskový počítač Raspberry Pi 3b, na který byl nahrán image hio-raspbian. Tento image byl použit pro zjednodušení práce s jednotkami složenými z kitu HARDWARIO TOWER.



Jako server by bylo možné použít i několik dalších zařízení. Doporučený je Linuxový operační systém.

<https://github.com/hardwario/hio-raspbian/releases>

#### **Služby na serveru, použité pro tuto práci:**

- Mosquitto MQTT broker
- Node-RED
- Blynk local server
- Home Assistant
- WireGuard

Většina těchto služeb byla již probrána podrobněji v předchozích kapitolách. Konkrétní využití každé z těchto služeb bude probráno v kapitole softwarového řešení. Služba WireGuard bude popsána v kapitole o zabezpečení.

### Hardwarové řešení

V rámci této práce bylo vyvinuto několik firmwarů pro zařízení vytvořená ze stavebnice HARDWARIO TOWER, jako ukázky možnosti využití. Tyto firmwary jsou zaměřeny na běžný monitoring a ovládání chytré domácnosti. Postupně bude popsán každý z nich.

Kromě HARDWARIO TOWER je využito i chytré osvětlení od společnosti IKEA, tato zařízení fungují pomocí technologie Zigbee. Je opět velice jednoduché spojit tyto zařízení dohromady s ostatními pomocí Node-RED, jelikož již existuje několik rozšíření pro IKEA Smart home, která obsahují všechny potřebné nody pro monitoring a ovládání.

#### Detektor pohybu s měřením teploty

Jednoduché zařízení schopné detekovat pohyb pomocí digitálního PIR sensoru PYQ-1648-7053 a měřit teplotu pomocí teploměru TMP112, který je dostupný na každém Core Modulu v kitu HARDWARIO TOWER.

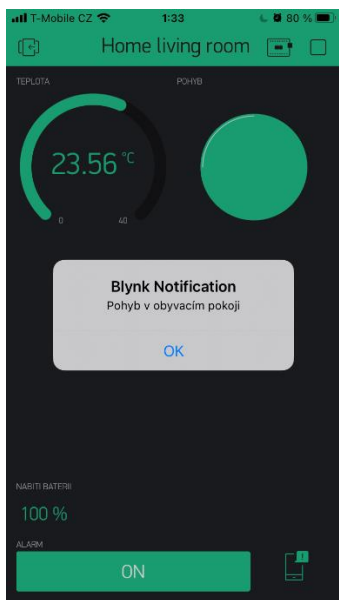
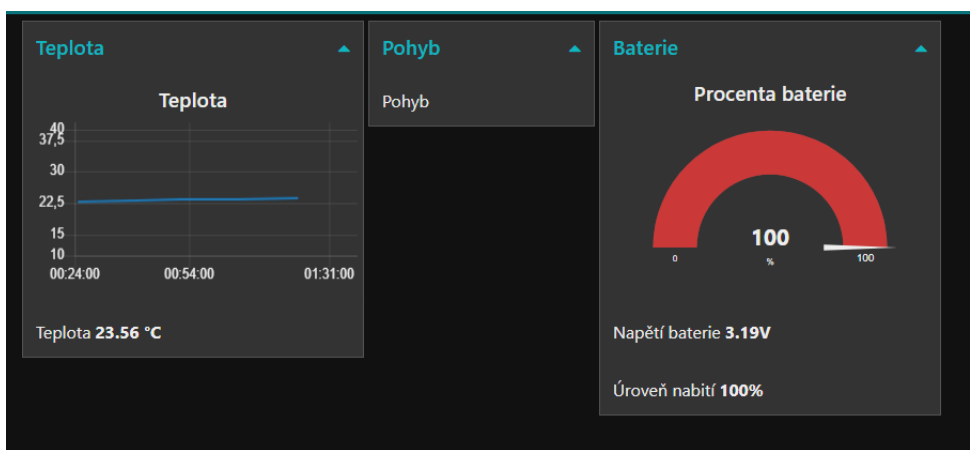
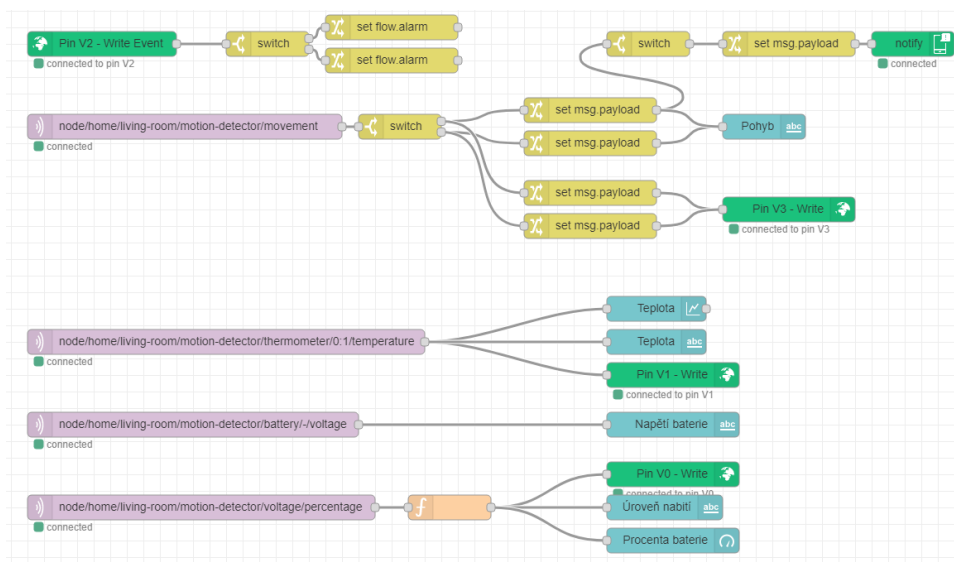
Pokud je registrován pohyb, tak je odeslána zpráva přes MQTT, při další detekci pohybu nejsou odesílány další zprávy pro snížení spotřeby baterie. Až pokud nedojde během jedné minuty k pohybu před senzorem tak je odeslána zpráva ohlašující, že nebyl pohyb detekován.

Odesílání teploty probíhá v pravidelných intervalech 15 minut, pokud nedojde k jakékoli výrazné změně. Pokud dojde během těchto 15 minut ke změně 0.2 °C v obou směrech tak je odeslána změna okamžitě. Toto chování je stejné i u dalších firmwarů, které používají teploměr TMP112.

Další společnou vlastností zařízení s firmwary, které jsou schopné fungovat na bateriích je odesílání stavu nabití baterií každých 60 minut. Díky tomuto je možné sledovat vzdáleně nabití baterií a například nastavit oznámení při klesnutí pod určitou hranici, aby mohly být baterie včas vyměněny.

Pomocí zařízení s tímto firmwarem je možno monitorovat teplotu na několika místech po domě a s jednoduchou úpravou v Node-RED a propojením do aplikace Blynk je možné pomocí stisknutí tlačítka zapnout funkci alarmu, kdy při detekovaném pohybu bude poslána notifikace na mobilní telefon.

Takové zařízení je možné nasadit v podstatě do všech místností a tím získat jak zabezpečení, tak například průměrnou teplotu v celém domě a pomocí této hodnoty řídit centrální vytápění v domě, popřípadě vytápění v každé místnosti zvlášť pokud je to možné.



## Detektor pohybu s měřením klimatických podmínek

Toto zařízení je schopné, kromě vlastností zmíněných u předchozího firmwaru, také měřit podrobnější data o kvalitě životního prostředí v místnosti.

Pomocí měření vlhkosti, teploty a koncentrace CO<sub>2</sub> je možné udržet velmi kvalitní podmínky v místnosti. Zařízení měřící tyto hodnoty je vhodné umístit například do ložnice, pracovny či jakékoli jiné místnosti, kde tráví lidé více času.

Pro měření CO<sub>2</sub> je využit senzor LP8 od firmy SenseAir typu NDIR jehož výhody jsou zmíněny v první části práce.

Vlhkost je měřena pomocí kapacitního senzoru SHT20, který komunikuje pomocí sběrnice I<sup>2</sup>C.

Díky těmto údajům je možné například zapínat a vypínat topení, klimatizaci či odsávače vlhkosti k dosažení optimálních hodnot všech měřených veličin.

Díky Node-RED v kombinaci s Google kalendářem je možné vytvářet profily pro různé dny a hodiny v těchto dnech.

#### Detektor kvality ovzduší s rotačním enkodérem a LED páskem

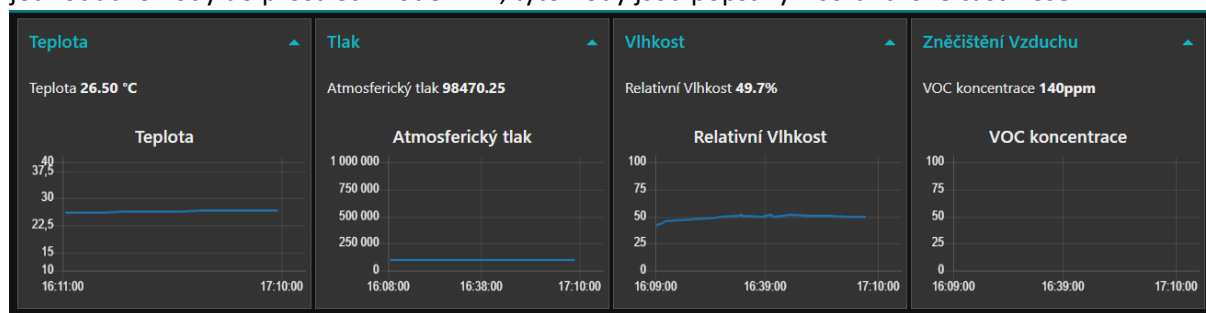
Toto o něco složitější zařízení umožňuje monitorování kvality prostředí. Jako základní hodnoty je schopné měřit teplotu, vlhkost a barometrický tlak.

Další měřenou veličinou je VOC (Volatile Organic Compound) měřená v ppm (parts per milion). Díky tomuto měření je zařízení vhodné do garáží a dílen, kde je možný únik nějakých nebezpečných těkavých látek do ovzduší například při 3D tisku nebo při lakování a barvení.

Další možnou funkcí je připojení LED pásku, který lze využít k osvětlení pracovní plochy. V případě programovatelného RGBW LED pásku je možné pomocí rotačního enkodéru i ovládat úroveň svítivosti otáčením enkodéru či měnit efekty na LED pásku pomocí stisknutí. Při stisknutí a podržení enkodéru se LED pásek zapne či vypne.

Tato zařízení jsou napájena ze zásuvky, díky tomu je možno hodnoty ze sensorů odesílat častěji a popřípadě použít i relé ke spínání například větráku při vysoké koncentraci VOC.

LED pásek i relé je možné ovládat pomocí MQTT zpráv, pro zjednodušení ovládání byly vyvinuty dva jednoduché nody do prostředí Node-RED, tyto nody jsou popsány v softwarové části řešení.

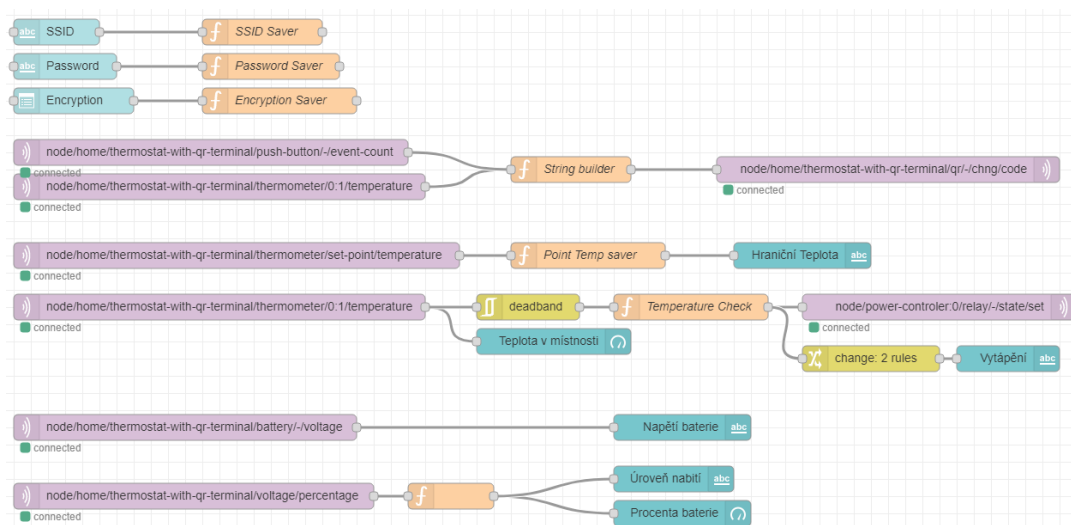
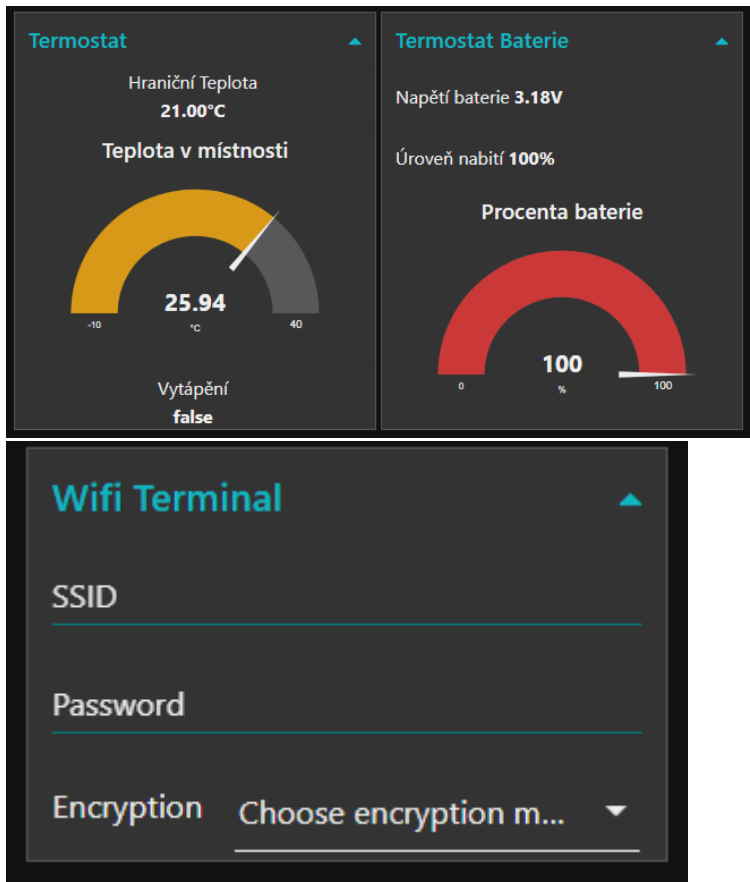


#### Jednoduchý termostat s LCD displejem

Pro možnost nastavení požadované teploty v bytě či domě může sloužit toto zařízení. Jednoduchým stisknutím tlačítek je možno přidat či ubrat půl stupně z požadované teploty. Toto zařízení zároveň také měří teplotu pomocí TMP112 tudíž je možno jej používat samostatně i bez dalších teploměrů po domě.

Pro lepší výsledky je možné použít více teploměrů a počítat průměrnou teplotu.

Jako bonus k termostatu byla implementována možnost přepnout pomocí podržení pravého tlačítka na QR kód s informacemi o domácí Wi-Fi síti. Díky tomuhle se může návštěva či ostatní obyvatelé domu připojit jednoduše k síti i bez opisování dlouhých hesel, pouze naskenováním QR kódu. Data v QR kódu je možné nastavit opět pomocí MQTT zprávy.



Toto zařízení využívá záplavový sensor LD-81 od firmy Jablotron. Tento sensor plní funkci obyčejného tlačítka, a to tak že pokud jsou oba kontakty spojeny v tomto případě vodou tak je tlačítko

považované za stisknuté. Následně je odeslána informace o spojení pomocí MQTT do prostředí Node-RED.

V prostředí Node-RED je poté možné poslat email či notifikaci do mobilního zařízení uživatele, který může konat na základě této informace.

Tato opatření proti poškození vodou je možno ještě vylepšit pomocí chytrého uzavíratelného vodního ventilu, který uzavře přívod vody v případě úniku vody. Tímto vylepšením je možné snížit poškození na minimum. Na trhu se nachází několik těchto chytrých ventilů ovládaných například pomocí technologie Zigbee, podobně jako třeba chytré žárovky IKEA. Pro spojení Zigbee zařízení a zařízení komunikujících přes MQTT je opět možné využít prostředí Node-RED.

### Chytré tlačítko

Toto poměrně obecné zařízení může mít v chytré domácnosti několik využití. Jedná se o firmware, který umožňuje detekovat spojení jakýchkoli dvou kontaktů.

Díky této vlastnosti je možné vytvořit bezdrátové vypínače v kombinaci s chytrými žárovkami nebo chytrými LED pásky, které jsou schopné komunikovat pomocí MQTT či Wi-Fi.

Dále může být detekován stisk tlačítka jako třeba zvonku u vstupních dveří, po stisknutí bude odeslána notifikace na mobilní zařízení opět spojením do aplikace Blynk přes prostředí Node-RED.

Mezi další využití patří třeba ovládání žaluzií, rychlé zapnutí/vypnutí vytápění, a další.

### Zařízení pro obecné měření klimatických podmínek

S tímto zařízením je možné zjišťovat veškeré klimatické podmínky, teplotu, vlhkost, barometrický tlak, popřípadě i nadmořskou výšku. Dále oproti předchozím přibývá měření intenzity světla v jednotkách LUX.

Opět se jedná o bateriemi napájené zařízení a je možné jej využít uvnitř, i venku pod střechou například na balkóně. Při použití mimo střechu je nutno použít instalační krabici s vhodnou izolací, v tu chvíli bohužel odpadá možnost měřit intenzitu osvětlení, jelikož bude sensor zakrytý.

Využití těchto dat je různé. Teplota, vlhkost a barometrický tlak lze využít k základní předpovědi počasí nebo prostému sledování venkovních a vnitřních dat o klimatu.

Hodnota intenzity světla může ovládat automatické žaluzie, kdy ráno budou žaluzie vytaženy, následně dokud je přirozené světlo tak budou žaluzie vytaženy. Při snížení intenzity venkovního světla mohou být žaluzie zataženy a následně rozsvíceno vnitřní osvětlení.

### Chytré osvětlení IKEA TRÅDFRI

Jak bylo zmíněno již dříve chytré osvětlení od firmy IKEA používá komunikační protokol Zigbee. Pro běžné ovládání v rámci domu stačí většinou spínače, které jsou v podstatě nutné k funkci osvětlení jako takového. Pomocí spínačů je možné žárovku rozsvítit, zhasnout, snížit či zvýšit intenzitu, teplotu a u některých i barvu světla.

Pro zapojení do chytré domácnosti a možnosti monitoringu a případného ovládání osvětlení je nutné mít žárovky a spínače spárované s IKEA TRÅDFRI Bránou.

Když je osvětlení spárováno s bránou tak je možné sbírat data (stav, barvu a intenzitu světla, apod.) a zároveň tyto data měnit v programovacím prostředí Node-RED. Díky tomuto je možné mimo jiné například zobrazovat stav žárovek v dashboardu, měnit barvu či intenzitu světla vzhledem k intenzitě

přirozeného venkovního osvětlení měřenou jiným zařízením, vytvářet scény s dalšími zařízeními (ztlumení světel, zatažení žaluzií a puštění hudby po příchodu z práce).

## Softwarové řešení

V softwarové části řešení bylo vyvinuto několik aplikací, vzorové projekty v aplikaci Blynk a také flow v programovacím prostředí Node-RED pro spojení jednotlivých prvků chytré domácnosti.

### Řešení pomocí vlastní implementace

#### *Vzorová aplikace pro dohled a řízení chytré domácnosti*

Tato aplikace zmíněná v předešlých kapitolách slouží jako vzorová implementace srozumitelné a jednoduché aplikace pro chytrou domácnost. Hlavní zaměření je na přehlednost grafického uživatelského rozhraní.

Inspirace pro aplikaci vychází z elementu ve službě Home Assistant, který umožňuje zobrazit data ze sensorů a dalších elementů a umístit je do zvoleného obrázku. Nepříjemná vlastnost toho elementu je, že je nutné jej konfigurovat pomocí souboru typu YAML. Elementy jsou do obrázku umísťovány pomocí absolutního pozicování.



Vzhledem k tomuto vzoru bylo v aplikaci pohlíženo hlavně na jednoduché vytváření, umísťování a konfiguraci jednotlivých elementů.

## Návrh aplikace

### Zobrazení domu

V této části aplikace bude možno vložit plán domu a následně do něj vkládat hodnotová pole, spínače (aktualizovány v reálném čase), či kamery s možností přístupu k obrazu. Tento plán bude možné uložit do souboru k aplikaci. Tento soubor bude obnoven při dalším spuštění aplikace.

Plán domu bude nutno vytvořit v plánovacím softwaru a vložit jako soubor typu JPEG nebo PNG.

Následné ovládání tohoto zobrazení bylo vytvořeno tak aby bylo velice jednoduché pro každého uživatele. Pomocí pravého tlačítka myši je možné vložit jeden ze 3 elementů (hodnotové pole, spínač, kamera). Tyto elementy je poté možné nakonfigurovat pomocí dvojkliku a jednoduchého menu. Mezi možnostmi konfigurace jsou u jednotlivých elementů drobné změny, ale jedno společné nastavení je MQTT topic, který je nutný pro přijímání dat a přiřazení těchto dat ke správnému elementu.

#### *Hodnotové pole*

U hodnotového pole lze nastavit prefix a sufix. Hodnota bude následně zobrazena jako PREFIX + přijatá\_hodnota + SUFIX.

V případě že bude uživatel chtít například hodnotové pole zobrazující data z teploměru může zadat prefix „Teplota“ a sufix „°C“. Následně při přijetí hodnoty „27“, která byla odeslána pomocí MQTT na zadaný topic u hodnotového pole, bude v hodnotovém poli zobrazeno: „Teplota 27 °C“.



#### *Spínač*

Spínač může sloužit k zobrazování dat z jakéhokoli binárního senzoru či akuátoru. Limitace tohoto elementu je nutnost odesílání pouze dat, která lze převést na hodnotu bool.

Pro správné nastavení je nutné zvolit ikonu pro stav „Zapnuto“ a „Vypnuto“. Spínače jsou aktualizovány při změně stavu v reálném čase, dále je možné tyto spínače přepínat přímo v UI aplikace. Pokud by nebylo žádoucí, aby bylo možné elementy přepínat v aplikaci, jako například při využití na detekci pohybu, je možné v nastavení zvolit, že se jedná o neinteraktivní element a poté nebude kliknutí registrováno.

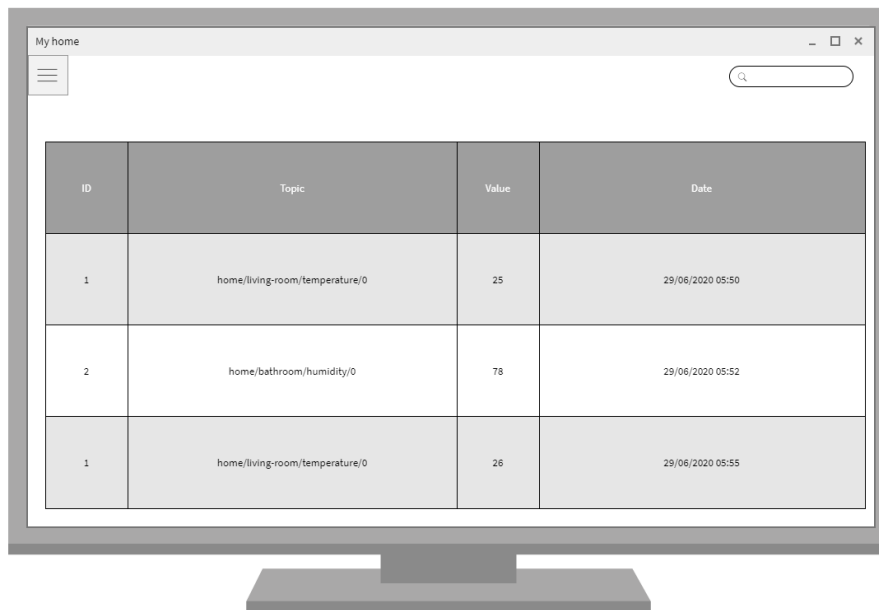
#### *Kamera*

Kamery v aplikaci slouží k zobrazování pouze jednotlivých obrazů, ne video streamu. Pro správnou funkčnost tohoto elementu stačí pouze nastavit topic. Následně je nutné odesílat na tento topic obrazy v bitových polích. Takto je možno kamery simulovat pomocí vyvinutého MQTT simulátoru, který je popsán dále.

Při najetí myši na správně nakonfigurovaný element, který již přijal nějaká data bude zobrazen poslední přijatý obraz přímo u konkrétního elementu kamery.

### Zobrazení dat v tabulkách

V tomto zobrazení bude možno zobrazovat data ze sensorů v domě a filtrovat tato data podle určitých parametrů jako například datum či hodnota. Díky tomuto zobrazení bude možné jednoduše data zpětně sledovat a analyzovat podle potřeby.



ID	Topic	Value	Date
1	home/living-room/temperature/0	25	29/06/2020 05:50
2	home/bathroom/humidity/0	78	29/06/2020 05:52
1	home/living-room/temperature/0	26	29/06/2020 05:55

### Zobrazení dat v grafech

Toto zobrazení bude velice podobné předchozímu s rozdílem, že budou data zobrazována graficky pro větší přehlednost a rychlejší analýzu.

Pro zobrazení grafu byl využit NuGet balíček LiveCharts.Wpf, který umožňuje zobrazovat jednoduché grafy se zvýrazněnými body. Graf je možný přibližovat či oddalovat a následně graf analyzovat i pomocí posouvání po ose X.





### Implementační jazyk

Aplikace byla vytvořena v jazyce C# za pomoci frameworku WPF, aplikace s tímto frameworkem jsou spustitelné pouze na počítačích s operačním systémem Windows. Pokud by měla aplikace být multiplatformní bylo by možné využít například webových technologií či frameworku MAUI, který je bohužel v době psaní práce stále ve vývoji.

Při vývoji byl použit návrhový vzor MVVC (Model View View-Model) a Toolkit MVVM Light, který ulehčuje práci právě s tímto návrhovým vzorem v jazyce C#.

### Node-RED flow

Pro spojení hardwarových zařízení s aplikací Blynk chytrými žárovkami a dalšími prvky chytré domácnosti bylo využito programovací prostředí Node-RED.

Pro každou místnost v domě bylo vytvořeno flow, které tato data přijímá, upravuje, a přeposílá ostatním službám jako je databáze.

Rozdělení flow do jednotlivých místností umožňuje rozšiřitelnost a udržitelnost. Spojení jednotlivých flow lze docílit pomocí nodů „link-in“ a „link-out“, tyto nody mezi sebou vytváří virtuální spojení které je možné využít v rámci jednoho či více flow.

### Simulátor MQTT provozu

Aplikace vznikala v rámci školního projektu paralelně s psaním této bakalářské práce a je využíván k simulování několika hodnotových sensorů, akuátorů, spínačů a kamer. Kamery jsou simulovány pomocí odesílání náhodných obrázků ze složky zvolené v konfiguračním souboru aplikace.

### Implementační jazyk

Implementace proběhla v jazyce Python s využitím PyQt5, díky této kombinaci je možné aplikaci konfigurovat nejen souborem ve formátu JSON, ale také pomocí grafického uživatelského rozhraní, kde je možné v reálném čase upravovat jakékoli údaje o zvoleném zařízení.

MQTT Simulator

?

×

Broker

192.168.1.100

Connect

Connected

	device_type	images_dir	json_dir	name	publish_time	subscribe	topic	type	value	value_low	value_top
1	thermometer	None	None	Teploměr pokoj	0	No	home/living-room/temperature	value	20	15	25
2	humidity-meter	None	None	Vlhkoměr pokoj	0	No	home/living-room/humidity	value	30	0	100
3	newltem	images	None	Please Fill	0	No	test/image	image	20	10	30
4	newltem	test	None	Please Fill	0	No	test/image/camera	image	20	10	30
5	newltem	None	jsonDir	Please Fill	0	No	home/kitchen/temperature	value	20	10	30
6	newltem	None	None	Please Fill	0	Yes	test/topic/relay	acutator	false	0	0

Add Device

Remove Device

Jazyk Python byl také zvolen díky jeho možnosti spuštění na většině hlavních operačních systémů s minimálními nároky na instalaci. Pomocí nástrojů PyInstaller je možné vytvořit jednotný spustitelný soubor obsahující vše potřebné pro běh aplikace.

### Řešení pomocí Home Assistant

Pro porovnání vlastního softwarového řešení byla také vytvořena vzorová implementace pomocí této již hotové a běžně používané aplikace

### Zabezpečení chytré domácnosti

V rámci chytré domácnosti jsou v síti dostupná velice citlivá data, která mohou být zneužita. Toto zneužití dat může vést až k vykradení domu či bytu na základě vědomosti, že se v budově nikdo nenachází. Zjistí tuto skutečnost je možné podle teploty, dat z pohybových čidel či koncentrace CO<sub>2</sub> ve vzduchu. Mezi další nebezpečí patří odemčení vstupních dveří, vysoké zvýšení teploty, ovládání akuátorů po celém domě a další.

Základem kvalitního zabezpečení jsou silná a unikátní hesla pro přístup do každé služby. Pokud jsou služby v síti takto zabezpečené je možné umožnit přístup i z jiné než lokální sítě a tím umožnit monitorování a ovládání i mimo domov.

Při monitoringu chytré domácnosti pouze v rámci lokální sítě, může být zabezpečení prvků poměrně slabé, za předpokladu, že je samotná síť kvalitně zabezpečena.

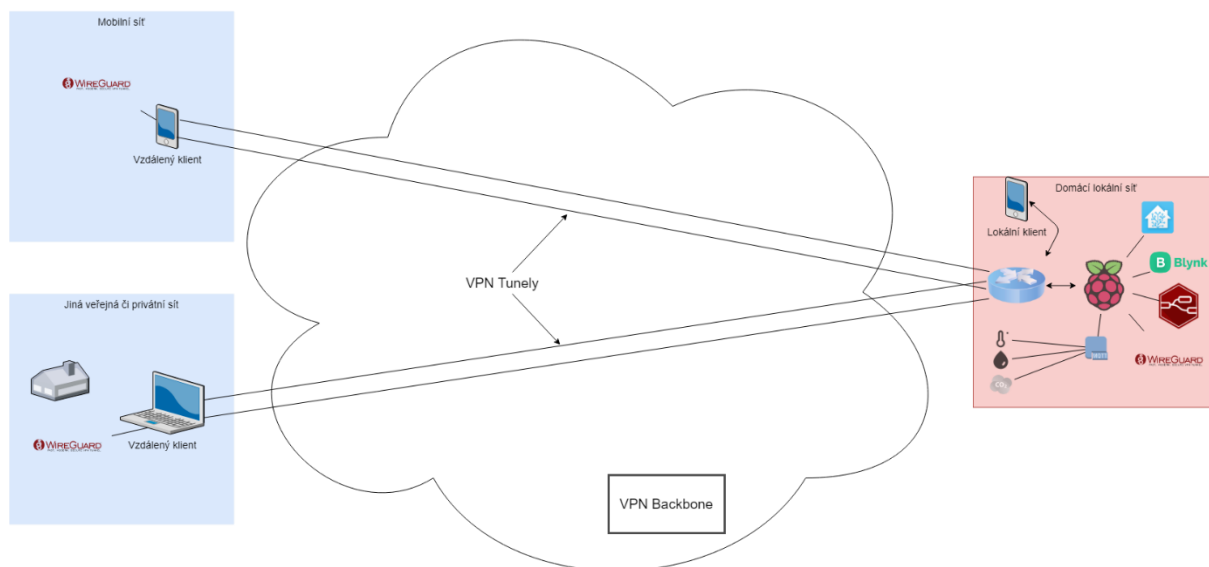
Takto zařízená chytrá domácnost má ovšem spoustu omezení a nebylo by ji možné ovládat či monitorovat ve chvíli kdy by byl uživatel mimo lokální síť. Existuje několik způsobů, jak umožnit přístup i z ostatních sítí.

### Zabezpečení pomocí VPN

V této práci byl zvolen přístup pomocí VPN za pomoci protokolu WireGuard, který realizuje virtuální privátní síť na síťové vrstvě. WireGuard server bude provozován opět na dříve zmíněném Raspberry Pi 3b. Aplikace WireGuard umožňující přístup do VPN je dostupná na všechna běžná mobilní zařízení i operační systémy.

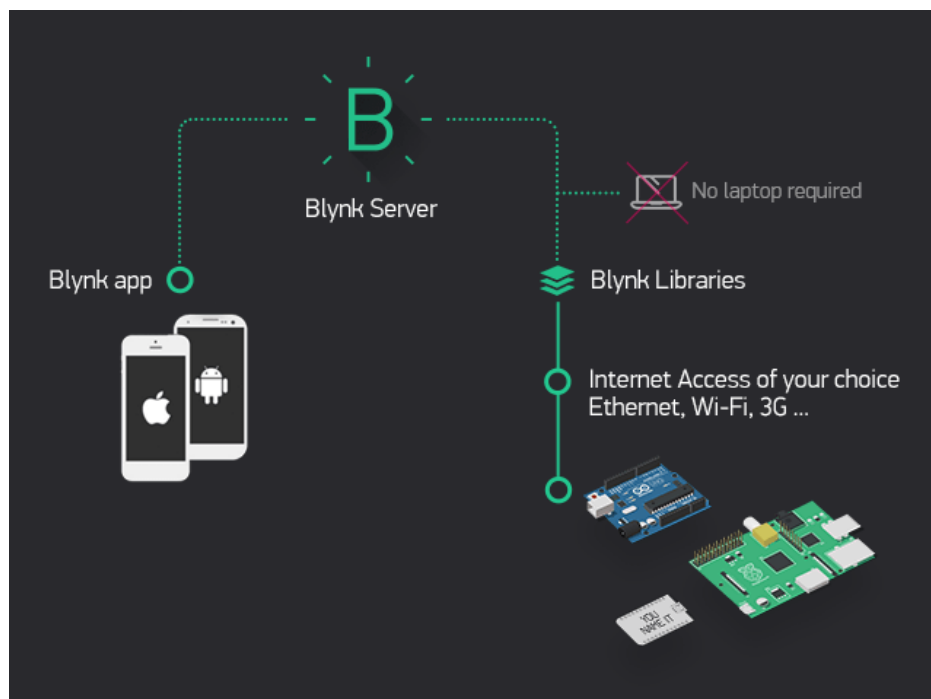
Pro každé zařízení, které má mít přístup do lokální sítě bude vygenerován profil s dvojicí klíčů veřejný a soukromý klíč. Tato data jsou v konfiguračním souboru nacházejícím se na Raspberry Pi, který provozuje VPN server. Konfigurační soubor stačí importovat do aplikace spuštěné na konkrétním klientském zařízení a to je tímto připraveno na připojení do sítě pomocí VPN.

Díky tomuto spojení je následně možné se připojovat do všech služeb a aplikací, které běží v lokální síti i bez nutnosti otevírání portů na veřejné IP adrese domácího routeru.



Kvalitnímu zabezpečení znamená, že je možné provozovat všechny dříve zmíněné služby jako je Blynk server či Home Assistant bez nutnosti používání cloudových řešení. Většina služeb poskytuje právě zmíněné cloudové řešení, které garantuje zabezpečení a dostupnost.

Tato řešení jsou ovšem většinou dostupná pomocí buď jednorázových či opakovaných plateb, je ovšem možné je rychle nasadit a jednoduše provozovat. Jediné, co je nutné udělat je zařídit funkční hardware a propojení ke službě. Servery jako takové jsou ve vlastnictví a správě provozovatele služby.



<https://docs.blynk.cc>