

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 chytré domácnosti, 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, často používaných v tomto odvětví. Některé z nich se používají jako hotová řešení a jiná jsou spíše připravena pro vlastní vývoj. 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.

Protokol MQTT

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), je velice jednoduchý komunikační protokol v IoT a tedy i Chytré domácnosti, komunikující pomocí subscribe/publish systému. Díky tomuto jednoduchému systému je možné používat protokol velice jednoduše bez nutnosti dlouhého programování.

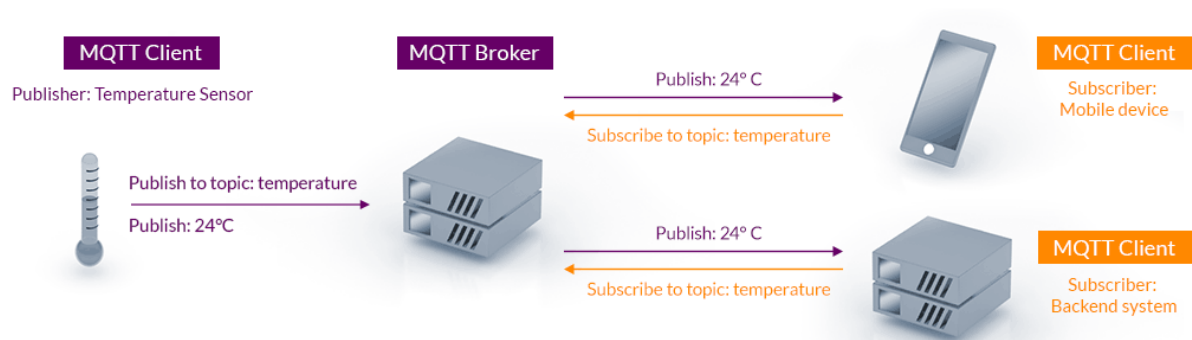
Zprávy v tomto protokolu jsou složeny ze dvou částí, které se nazývají **topic** a **payload**.

Topic – unikátní adresa, která označuje danou zprávu. Může se jednat o jednoslovné označení, jako například **temperature** nebo **humidity**, ale je možné topic složit i z více úrovní, jako například **home/living-room/temperature**. Maximální délka je 65536 znaků.

Payload – Obsah odeslané zprávy. Toto může být hodnota ze sensoru, stav spínače, barva pro LED pásek, hodnota intenzity světla, apod. Maximální délka je 268 435 456 znaků.

Při komunikaci pomocí MQTT protokolu existuje takzvaný **MQTT Broker**, přes který jdou všechny zprávy a jsou přeposílány dál klientům, kteří zprávu očekávají. Dále existuje několik **MQTT klientů**, kteří mohou zprávy s topicem vysílat (**Publish**) a zároveň mohou očekávat zprávy na nějakém topicu (**Subscribe**).

Na obrázku můžete vidět 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 přeposílána.



<https://mqtt.org>

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 například i mobilní aplikace pro jednoduché ovládání odkudkoli by uživatel mohl potřebovat.

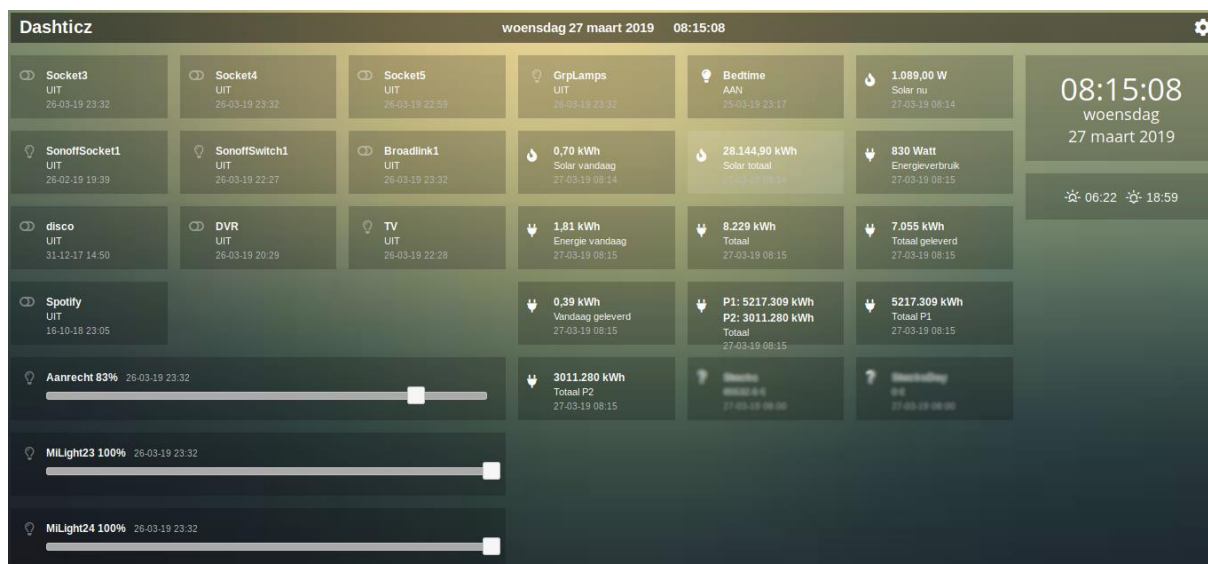
Existuje několik uzavřených neboli „closed-source software“ systémů vyvíjených různými firmami jako je Microsoft HomeOS, ale čím dál více se na trhu objevují open-source systémy. Otevřený software je oblíbený, jelikož umožňuje vyvíjení rozšíření komunitou, což vede k podpoře velké škály zařízení, komunikačních metod apod.

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

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.

Domoticz, jako většinu dále zmíněných, 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

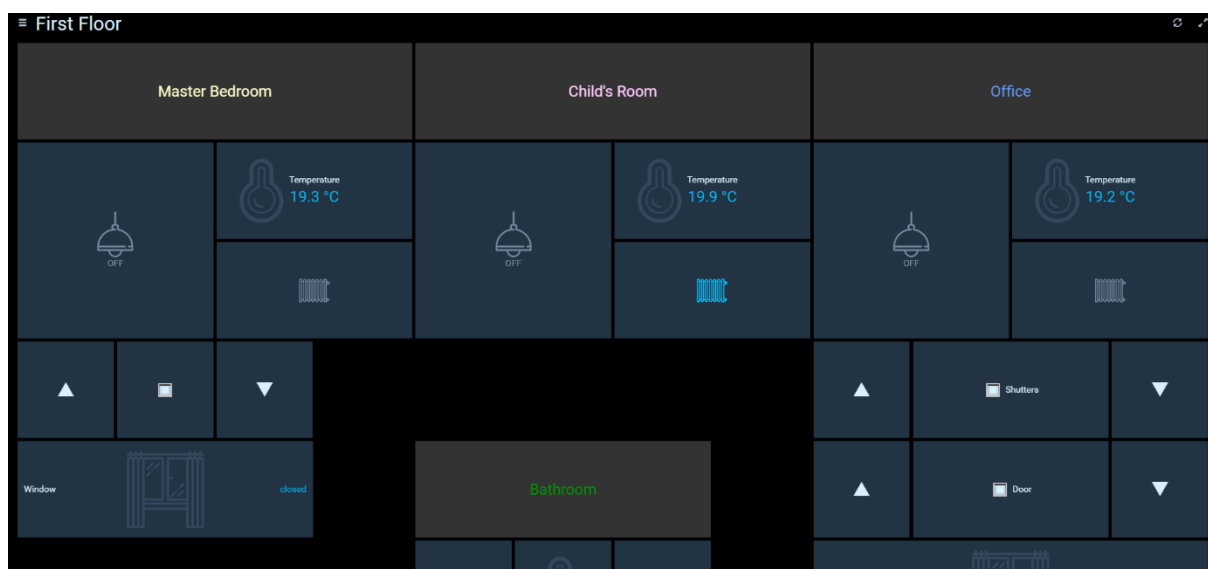
<https://dashticz.readthedocs.io/en/master/gettingstarted/basicdashboard.html>

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, je instalace možná pomocí balíčků, ovšem doporučena je přímo instalace operačního systému openHABian, který již obsahuje vše potřebné a je tak připraven k použití.



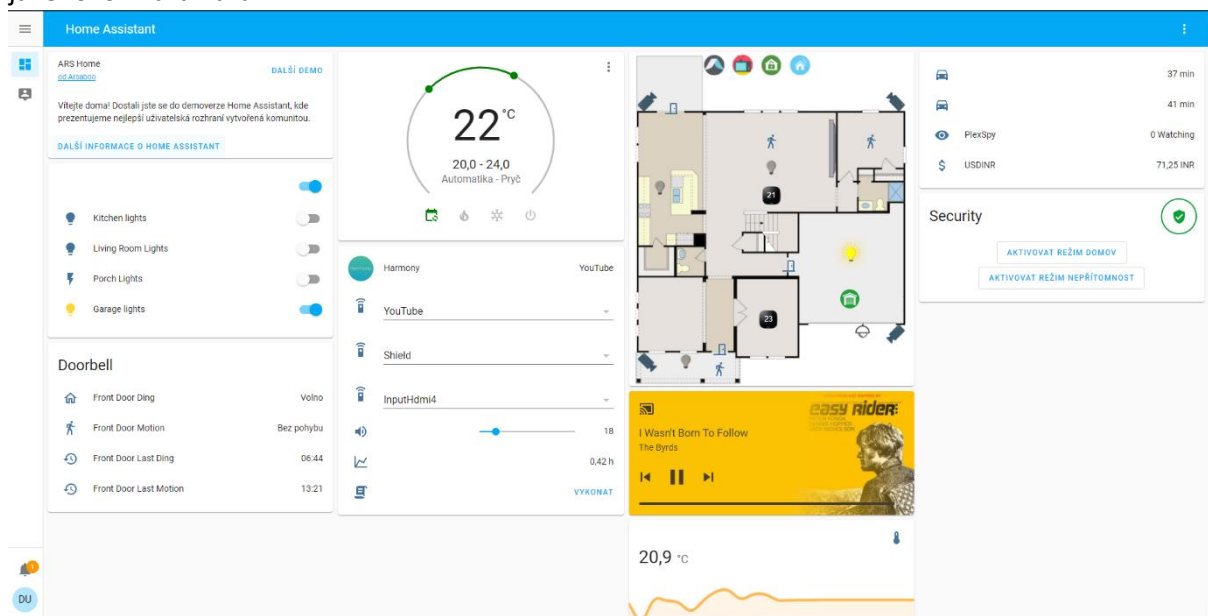
<http://demo.openhab.org:8080/habpanel/index.html#/view/first-floor>

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

Hardware používaný pro domácí automatizace

Arduino

Původně platforma pro ulehčení výuky studentů a všeobecně pro výuku studentů. Dnes je jednou z nejznámějších kutilských IoT platforem.

Podpora

Kódy pro tuto platformu jsou udržovány open-source. Díky tomuto již vzniklo nespočet rozšíření pro rozličné sensory, displeje apod. Komunita za těmito rozšířeními je rozšířena po celém světě a díky tomu je jednoduché nalézt téměř jakékoli potřebné řešení pro mnoho projektů.

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 stejnými specifikacemi.

POROVNÁVACÍ TABULKA

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

Desky arduino obsahují mikrokontrolery ATmega od firmy Atmel, tento mikrokontroler je obsažen i v dalším zmíněném produktu. Jedná se o mikročipy typu RISC s hardwarovskou architekturou. Pomocí různých modulů a rozšíření je možné zprovoznit komunikaci pomocí mnoha různých způsobů jako například Ethernet, Wi-Fi, radio.

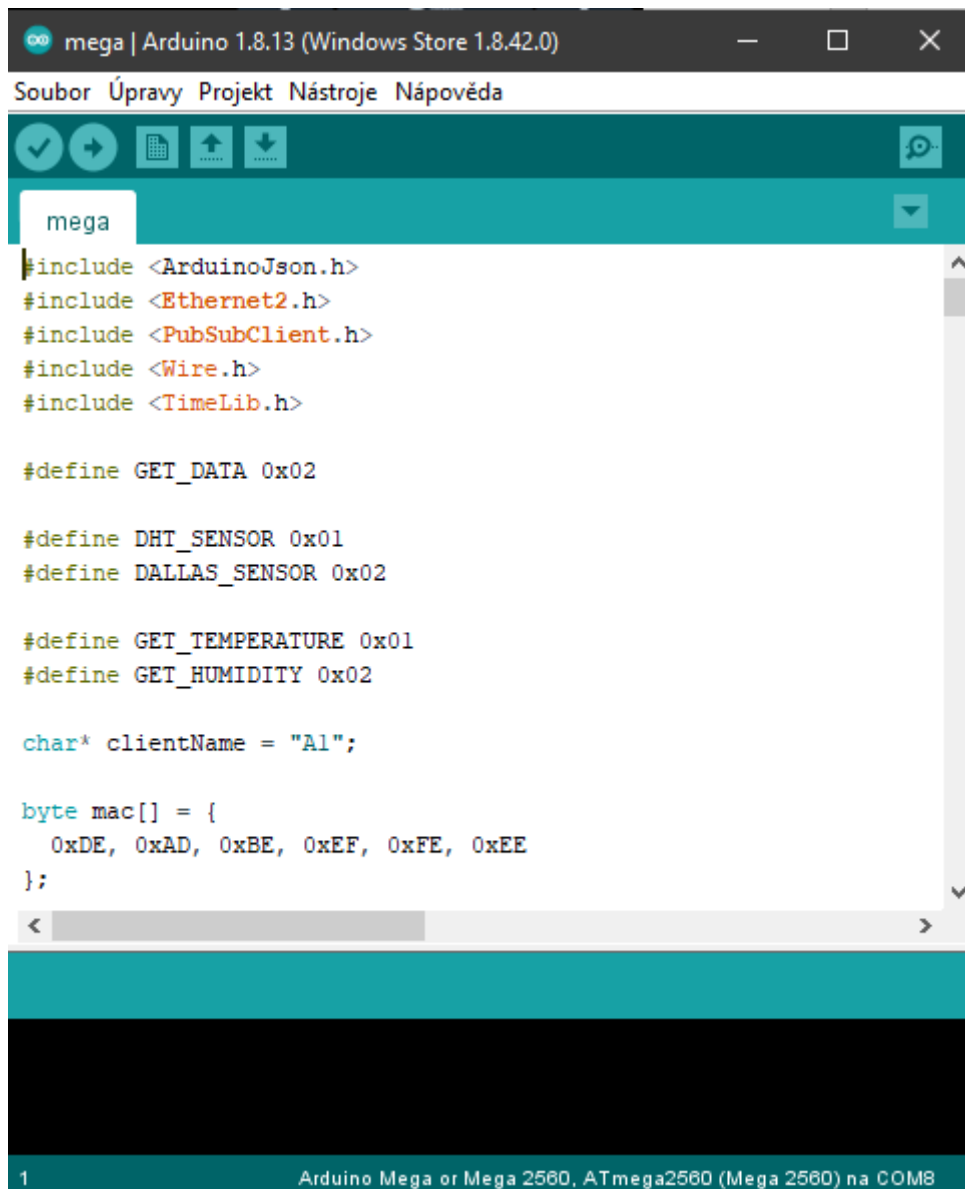
<https://cs.wikipedia.org/wiki/AVR>

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

https://phgame.cz/PHGame_serialy/serialy/zaciname-s-arduinem/2-dil-o-arduinu-typy-desek/

Výhody

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



```
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 – IoT Kit

Vývojový kit určený pro jednoduché průmyslové piloty a jednoduchou výuku a seznámení s IoT i pro děti školního věku z České republiky. 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 jednotky vyvinuté s tímto kitem napájet až několik let z AAA baterií. Díky tomuto může být kit plně neinvazivní, jelikož není potřeba zapojovat každou jednotku do elektrické zásuvky.

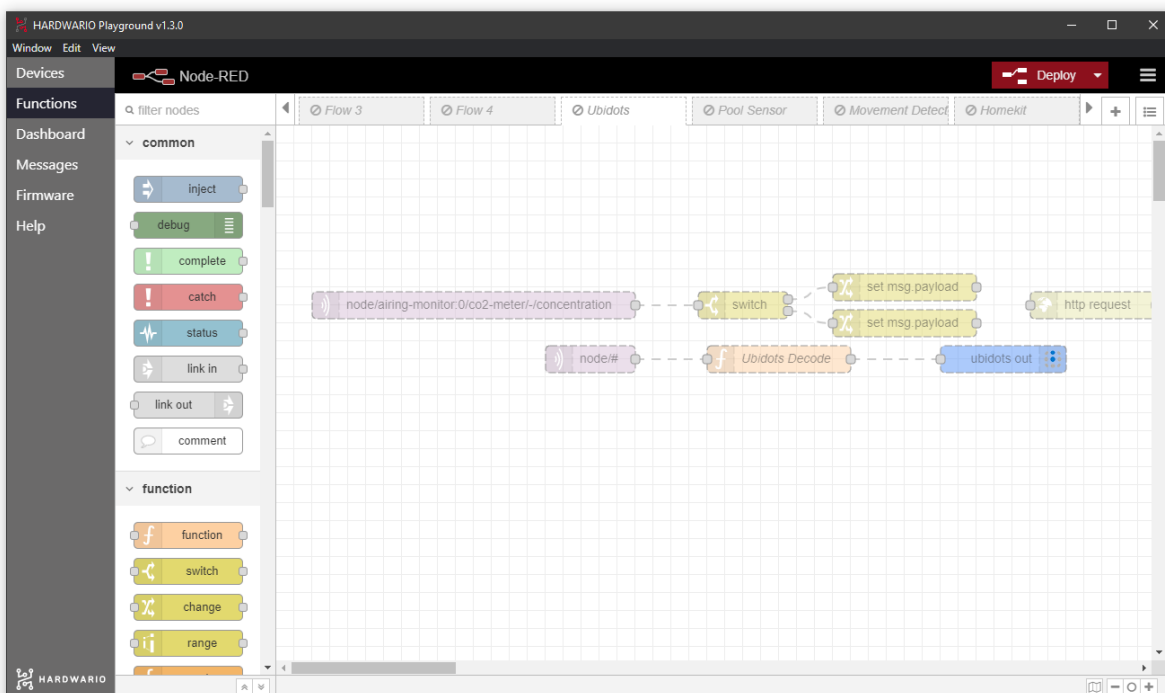
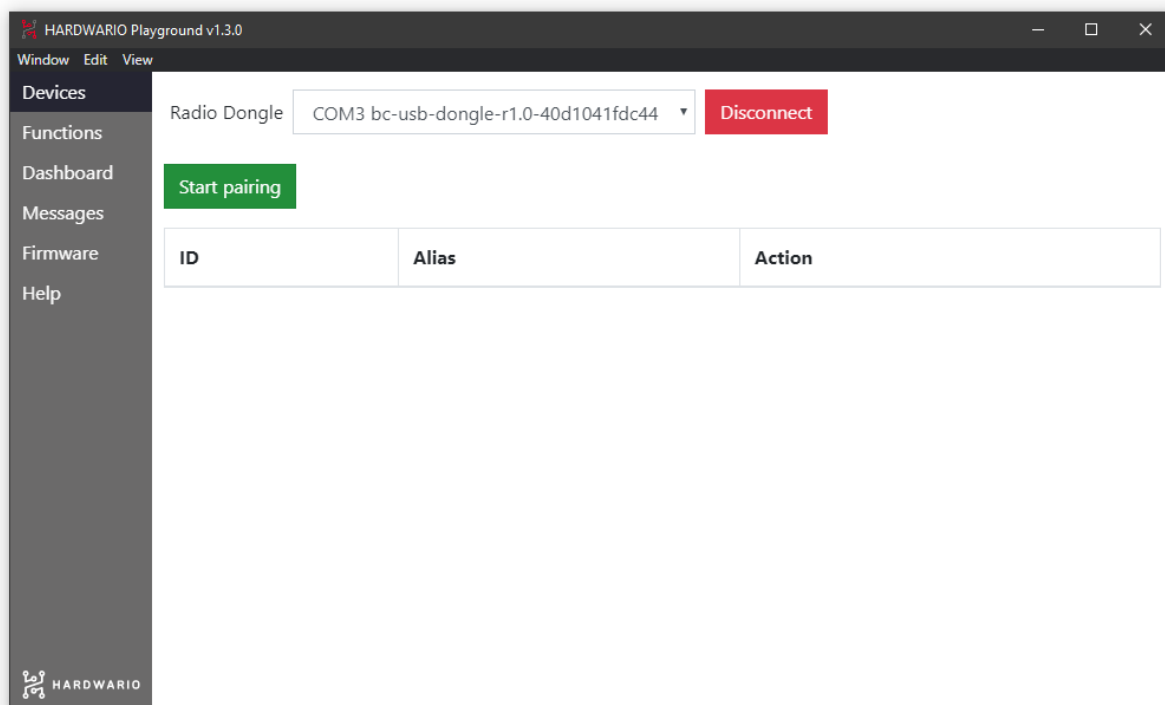
Primární komunikační způsob pro tato zařízení je radio na sub-ghz frekvenci. V případě potřeby většího dosahu je možné využít IoT low power sítě Sigfox a LoRa.

Výhodou je rychlá odpověď od vývojářů na firemním fóru či jiných komunikačních médiích a pro české uživatele je samozřejmě výhodou komunikace v českém jazyce.

Bohužel za touto soupravou v době psaní práce ještě není tak velká komunita na to, aby přirozeně vznikaly nové komunitní projekty a rozšíření.

Vývoj na toto hardwarové zařízení probíhá v jazyce C, pro jednoduchost je dostupné velice rozšířené SDK pro ovládání všech dostupných modulů a sensorů. Není dostupné žádné IDE na rozdíl od předchozího řešení.

Pro zjednodušení práce s těmito zařízeními existuje desktopová aplikace s názvem HARDWARIO Playground, která umožňuje jednoduché párování zařízení, sledování zpráv přicházejících ze zařízení, nahrávání kódu do jednotek, a dokonce importuje prostředí Node-RED, díky kterému je možné rychle a efektivně prototypovat požadovanou aplikaci pomocí vizuálního programování.



POROVNÁVACÍ TABULKA

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 sensory jsou vhodné pro domácí automatizaci, jak tyto sensory 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 sensory 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 sensory a také několik ovládacích prvků.

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 teploměrů je možné použít například i pod vodou pro měření teploty vody v bazénu nebo ve vodní nádrži.



Vlhkoměr

Při vysoké relativní vlhkosti se zvyšuje riziko plísní a všeobecně se zvyšuje diskomfort. V horších případech může vysoká relativní vlhkost způsobit i dehydrataci vzhledem ke zvýšenému pocení. Naopak nízká vlhkost může způsobovat pálení očí, podráždění dýchacího ústrojí a další. Vlhkost je další nutná veličina pro výpočet rosného bodu.

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



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 prostorech.

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 CO2 ve vnitřních prostorech
- 1200-1500 ppm – doporučená maximální úroveň CO2 ve vnitřních prostorech
- 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 těmto látkám může vést k nepříjemným zdravotním problémům, delší vystavení může způsobit i těžké zdravotní potíže jako rakovinu.

Hodnota VOC se častěji měří v industriálním prostředí, ale i v domácnosti se můžou objevit různé zdroje, jako například čisticí prostředky, barva nebo izolační pěna.

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.

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

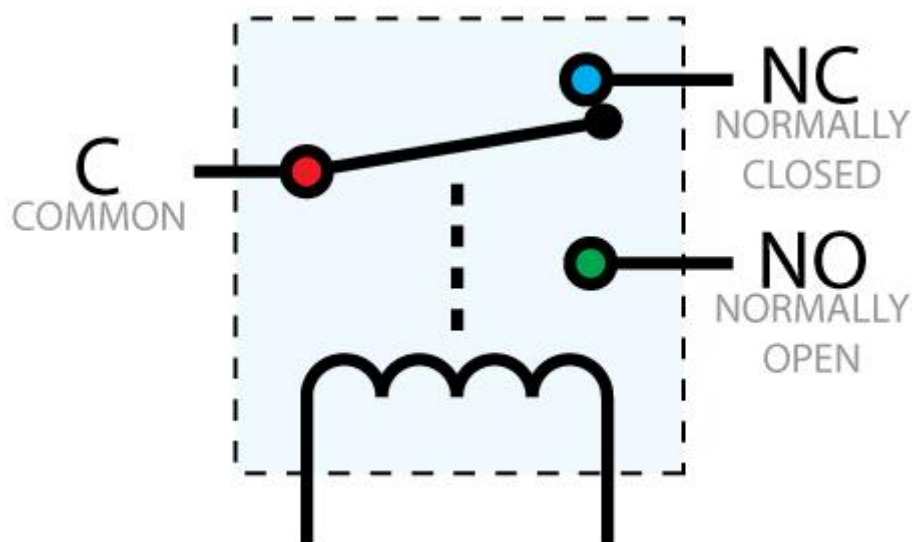


Relé

Jeden z nejpoužívanějších prvků, který umožňuje ovládání a kontrolu většiny zařízení pomocí spínání a rozpínání okruhů. Pomocí relé je možné simulovat tlačítka, 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 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 svítivosti
- IP kamera
- Rotační enkodér

Pohybový sensor

Nejčastěji se jedná o takzvaná PIR čidla neboli Pasivní Infračervené čidlo, která detekují pohyb pomocí vyzařovaného tepla. Tyto sensory se používají v alarmech 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.



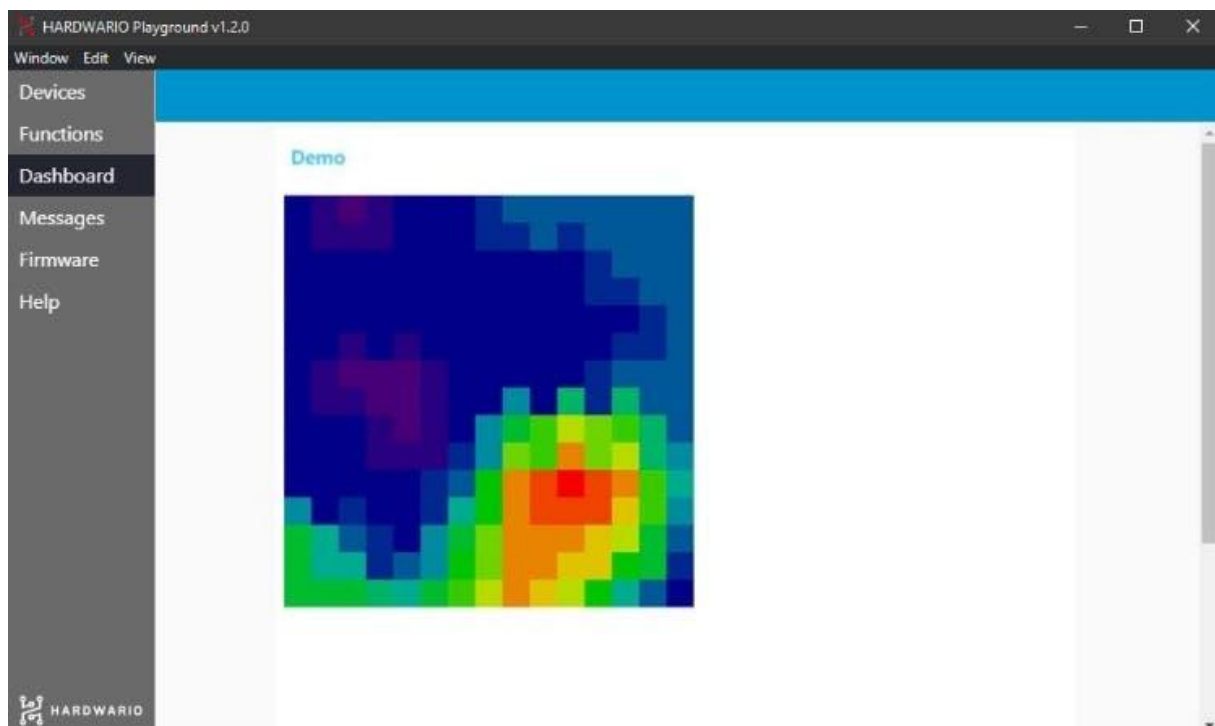
Infra sensor

Tyto sensory jsou velice podobné předchozím s rozdílem, že je možné přesně zjistit teplotu na jednotlivých segmentech sensoru. V době psaní práce a situace s Covid-19 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 sensory 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 sensoru, na kterém můžete vidět obrys obličeje nad senzorem.



Sensor svítivosti

Někdy také nazývaný LUX sensor podle jednotky, kterou sensor měří a to je jednotka intenzity svítivosti. Pomocí tohoto sensoru je možné ovládat například světla či stahování žaluzií. Při nižších hodnotách světla jsou během dne žaluzie vytaženy kvůli šetření elektrickou energií a naopak při silnějším slunečním svitu jsou žaluzie staženy z důvodu komfortu.



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.



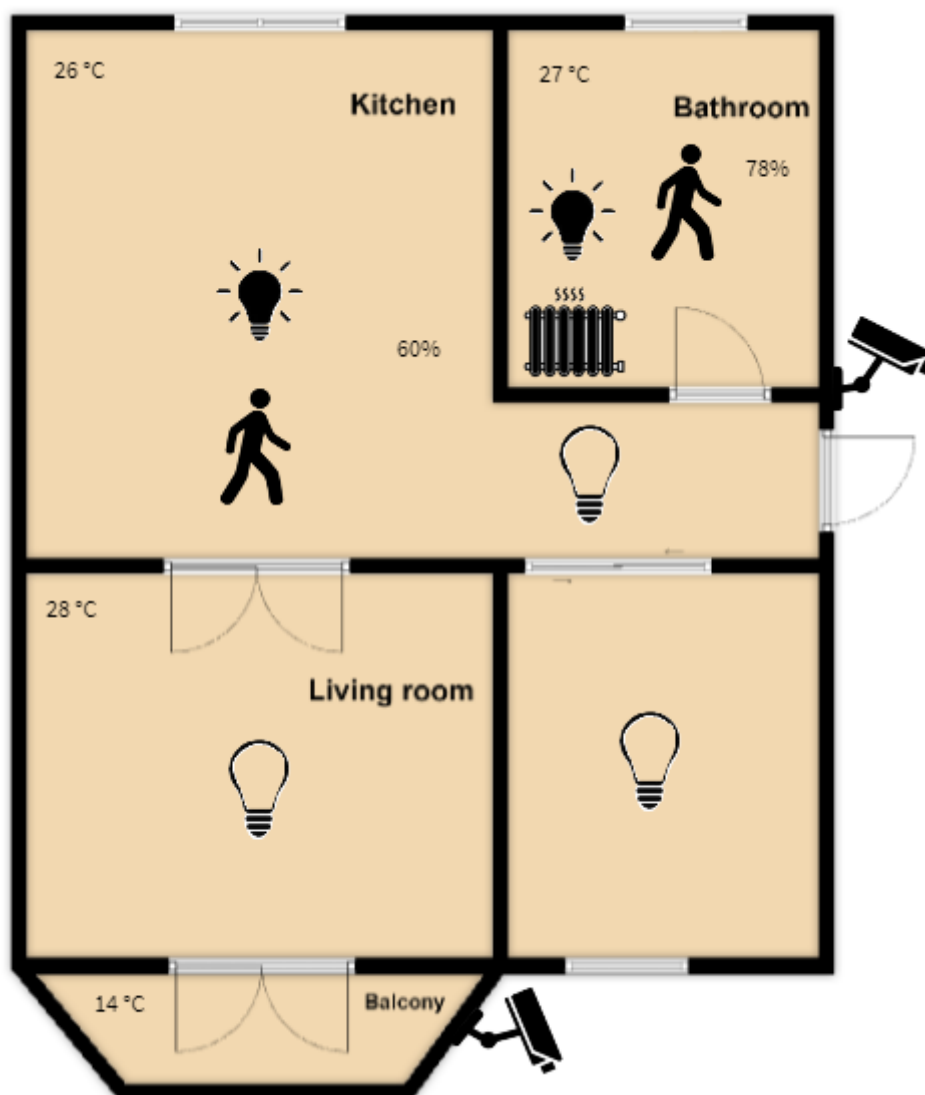
Hardwarové prvky a jejich využití v použitém systému

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
- Relé pro zapínání a vypínání kotle
- Teploměr pro orientační sběr teplot po domě
- Vlhkoměr pro zabránění vzniku plísní a případné pravidelné větrání
- Detektor CO2 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 ovládaný bzučák na vstupních dveřích

Je samozřejmě možné použít mnohem více prvků pro detekci několika dalších hodnot, některé z nich jsou zmíněny dříve u jednotlivých prvků.



Na obrázku můžete vidět přibližný náčrt bytu a několik sensorů reprezentovaných hodnotami několik ovládacích prvků reprezentovaných 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#. S ohledem na multiplatformnost bude využit buď framework Xamarin Forms či MAUI.

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

Zobrazení domu

V této části aplikace bude možno zakreslit plán domu a následně do něj vkládat hodnotová pole, spínače (aktualizovány v reálném čase), či kamery s možností přístupu k obrazu. Samozřejmě bude možné úpravy uložit, aby nebylo možné nějakým nedorozuměním přesunout či smazat nějaké součásti. V případě, že budou již dostupné nějaké plány v podobě náčrtu na předchozím obrázku, bude možné vložit přímo tento obrázek.



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.

