



GYMNAZIUM BOSKOVICE

Gymnázium Boskovice,

příspěvková organizace

Palackého náměstí 222/1, Boskovice 680 11

# Měření a regulace teploty

## v domácnosti

Maturitní práce

**žák:** Roman Ondráček **vedoucí maturitní práce:**

**třída:** 4. C

Mgr. Petr Drahoš

**rok:** 2018

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem práci: Měření a regulace teploty v domácnosti vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Gymnázium Boskovice, příspěvková organizace má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

V Boskovicích dne 30. dubna 2018

Podpis:

## **Poděkování**

Děkuji svému vedoucímu práce Mgr. Petru Drahošovi za obětavou pomoc a podnětné připomínky, které mi během práce poskytoval.

Děkuji panu učiteli Mgr. Petru Mikuláškovi za pomoc s výrobou plošných spojů.

## **Anotace**

Cílem této práce je navrhnout a sestavit senzor teploty a zařízení, které bude teplotu regulovat. Součástí mé práce je technická dokumentace výrobku, popis postupu výroby a samotný výrobek.

## **Klíčová slova**

teploměr; IQRF; DPA; Internet věcí; PWM; ventilátor

## **Annotation**

The goal of this work is to design and build a thermometer and a device, which regulate a temperature. My work includes technical documentation, a description of the manufacturing process and the product itself.

## **Keywords**

thermometer; IQRF; DPA; Internet of things; PWM; fan

# Obsah

<b>Úvod</b>	<b>6</b>
<b>1 Návrh hardware</b>	<b>7</b>
1.1 PWM regulátor ventilátoru . . . . .	7
1.1.1 Bezdrátový modul IQRF TR-72DAT . . . . .	8
1.2 Senzor teploty a vlhkosti . . . . .	10
1.2.1 Mikrokontrolér Atmel ATmega328P . . . . .	11
1.2.2 Ethernetový řadič WIZnet W5100 . . . . .	12
1.2.3 Senzor Bosch BME280 . . . . .	13
1.3 Brána . . . . .	14
1.3.1 Raspberry Pi 3 model B . . . . .	14
<b>2 Návrh software</b>	<b>15</b>
2.1 Komunikace . . . . .	15
2.2 PWM regulátor ventilátoru . . . . .	15
2.2.1 Vývojové prostředí PlatformIO IDE . . . . .	15
2.3 Senzor teploty a vlhkosti . . . . .	16
2.3.1 Vývojové prostředí IQRF IDE . . . . .	16
2.3.2 Operační systém IQRF OS . . . . .	17
2.3.3 Protokol IQRF DPA . . . . .	18
2.4 Brána . . . . .	19
2.4.1 IQRF Gateway Daemon . . . . .	19
2.4.2 MQTT boker mosquitto . . . . .	19
2.4.3 Node-RED . . . . .	20
<b>3 Technické parametry</b>	<b>21</b>
3.1 PWM regulátor . . . . .	21
3.2 Senzor teploty . . . . .	21
3.3 Brána . . . . .	22
<b>Závěr</b>	<b>23</b>
<b>Seznam použitých zkratek</b>	<b>26</b>
<b>Seznam použité literatury</b>	<b>26</b>
<b>Seznam obrázků</b>	<b>28</b>
<b>Seznam tabulek</b>	<b>28</b>

# Úvod

V posledních létech je ve středu pozornosti tzv. Internet věcí (IoT), domácí automatizace a chytrá domácnost.

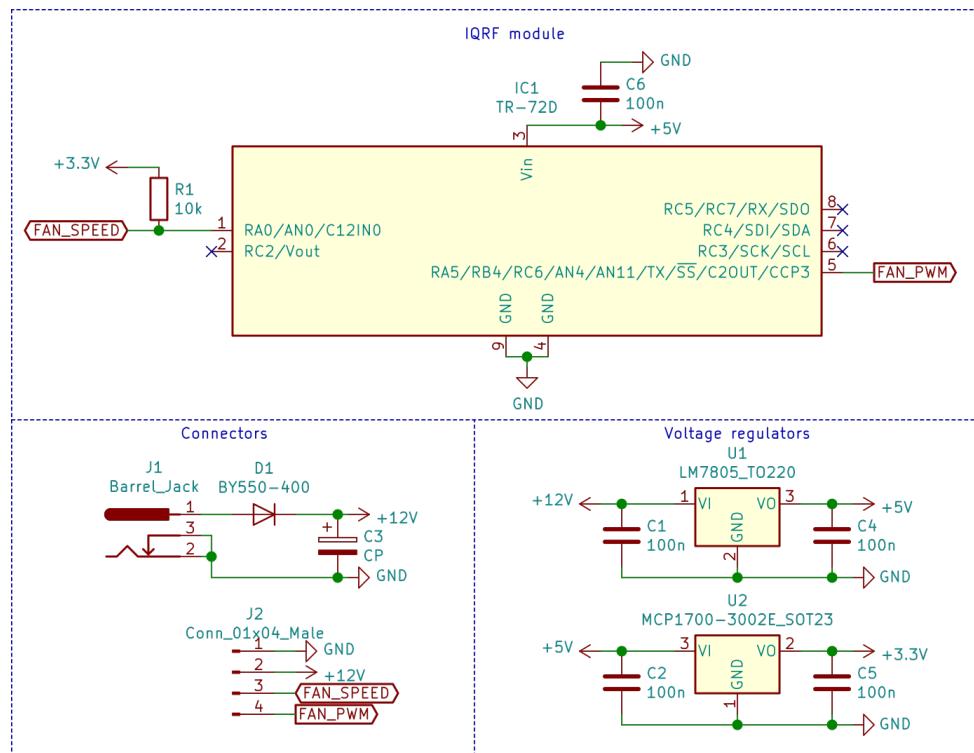
Většina komerčně dostupných senzorů teploty komunikuje proprietární protokoly, které značně omezují výběr dalších zařízení, které lze s daným senzorem použít a které často komunikace není zabezpečená.

Pro řešení zadání projektu jsem se rozhodl použít technologie IQRF a Ethernet. Je to technologie vyvinutá českou firmou IQRF Tech s.r.o., která se poměrně často používá ve světě internetu věcí a jiných systémů pro bezdrátový přenos malých objemů dat. Firma dává k dispozici relativně malé moduly, které je možno integrovat do konkrétních zákaznických řešení.

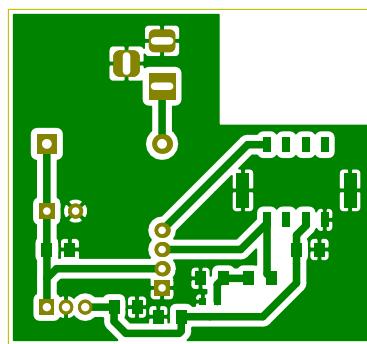
## 1 Návrh hardware

## 1.1 PWM regulátor ventilátoru

Pro svou funkčnost regulátor potřebuje 12 V napájecí spínaný zdroj, který dokáže dodat minimálně proud 1 A. Napětí 12 V je použito k napájení samotného ventilátoru. Dále zařízení obsahuje 5 V lineární napěťový regulátor LM7805, který slouží pro napájení bezdrátového modulu IQRF TR-72DAT.



Obrázek 1: Obvodové schéma regulátoru



Obrázek 2: Výkres plošného spoje regulátoru

### 1.1.1 Bezdrátový modul IQRF TR-72DAT

Pro komunikaci mezi bránou a regulátory jsem použil bezdrátový modul IQRF TR-72DAT, který rovněž vyrábí česká firma IQRF Tech s.r.o., která sídlí v Jičíně. Plošný spoj modulu má podobné rozměry jako SIM karta, proto je pro jeho připojení s deskou plošných spojů použit konektor pro SIM karty.



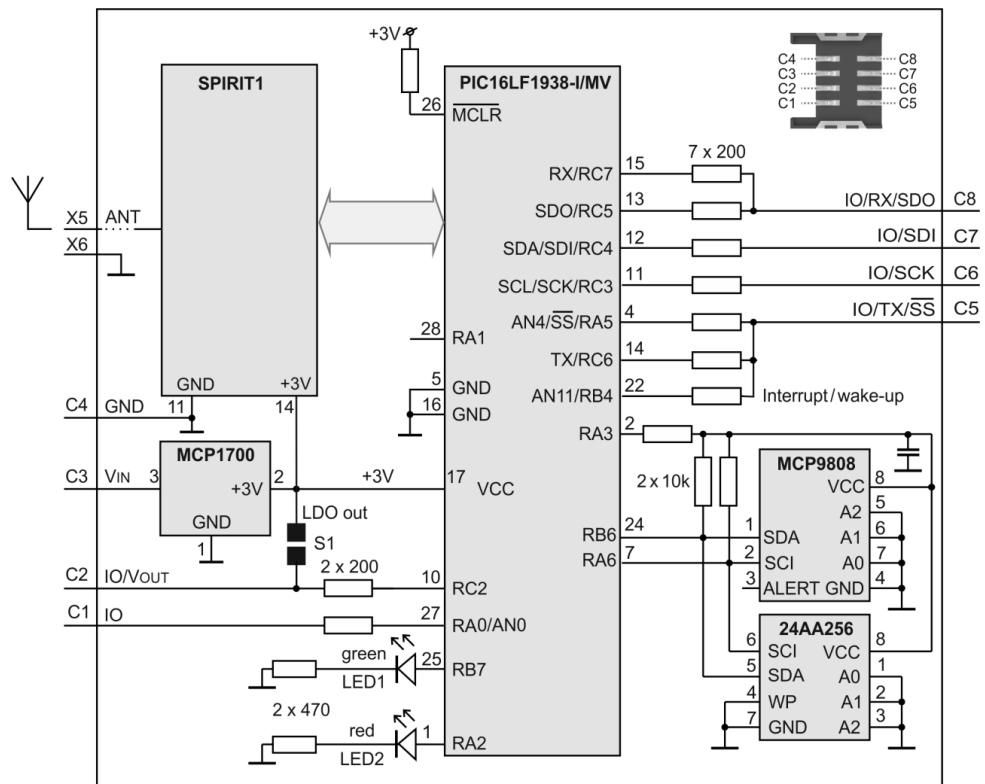
Obrázek 3: Fotografie bezdrátového modulu IQRF TR-72DAT

Modul může vysílat na bezlicenčních pásmech 916 MHz, která je určené pro Ameriku, a 868 MHz, určené pro zbytek světa. Vysílační výkon modulu je 12,5 mW, používá GFSK modulaci. Modul má integrovanou anténu na svém plošném spoji.

Pro komunikaci používá tzv. mesh neboli smíšenou topologii. Ta má výhody v robustnosti a v absenci centrálního prvku. Její nevýhodou je naopak potřebná ochrana proti zackylení a nutnost směrování provozu.

Modul lze napájet napětím 3,1 V až 5,5 V, protože obsahuje LDO napěťový stabilizátor Microchip MCP1700T-3002E/TT. Dále modul obsahuje mikrokontrolér Microchip PIC16LF1938. Ten užívá operační systém IQRF OS, který za uživatele zajišťuje komunikaci s integrovaným obvodem STMicroelectronics Spirit1. Tento obvod řídí bezdrátový datový přenos a má hardwarovou podporu blokové šifry AES-128. Operační systém dále ovládá integrované periferie (například digitální teploměr). IQRF DPA a uživatelská aplikace. Dále modul obsahuje digitální teploměr Microchip MCP9808E/MC.

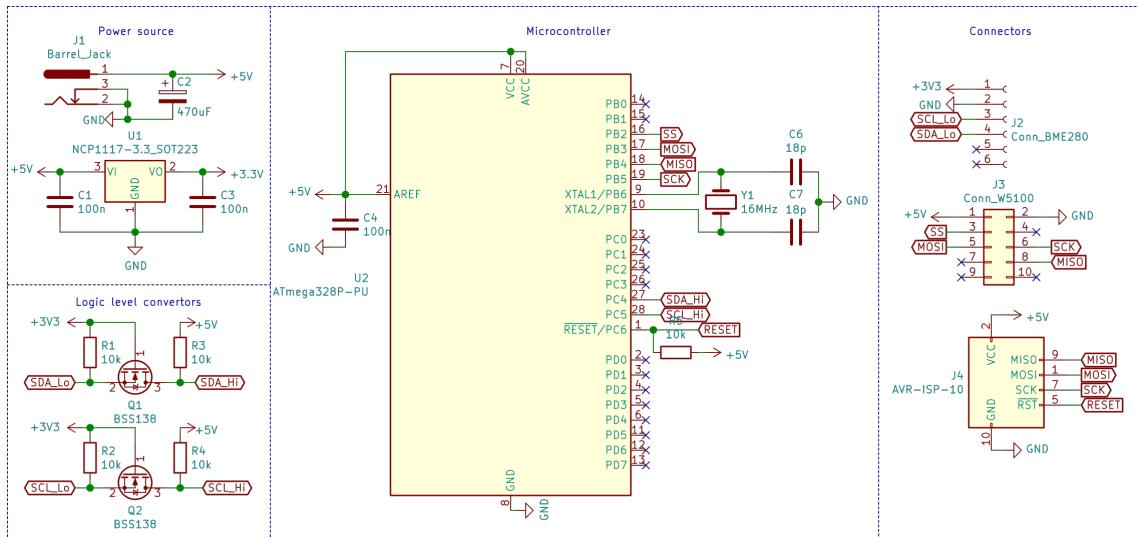
Microchip PIC16LF1938 je 8-bitový mikrokontrolér s architekturou PIC, která používá architekturu RISC, jenž má omezenou instruktážní sadu a rychlé vykonávání instrukcí. Flash paměť pro program má velikost 28 kB, paměť EEPROM má velikost 256 B a paměť SRAM má velikost 1 kB.



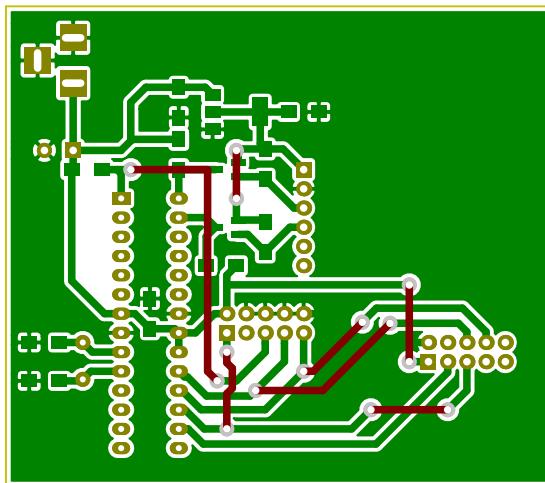
Obrázek 4: Zjednodušené schéma bezdrátového modulu IQRF TR-72DAT

## 1.2 Senzor teploty a vlhkosti

Pro svou funkčnost regulátor potřebuje 5 V napájecí spínaný zdroj, který dokáže dodat minimálně proud 1 A. Napětí 5 V je použito k napájení samotného mikrokontróluera. Dále zařízení obsahuje 3,3 V lineární LDO napěťový regulátor AMS1117, který slouží pro napájení ethernetového řadiče a senzoru.



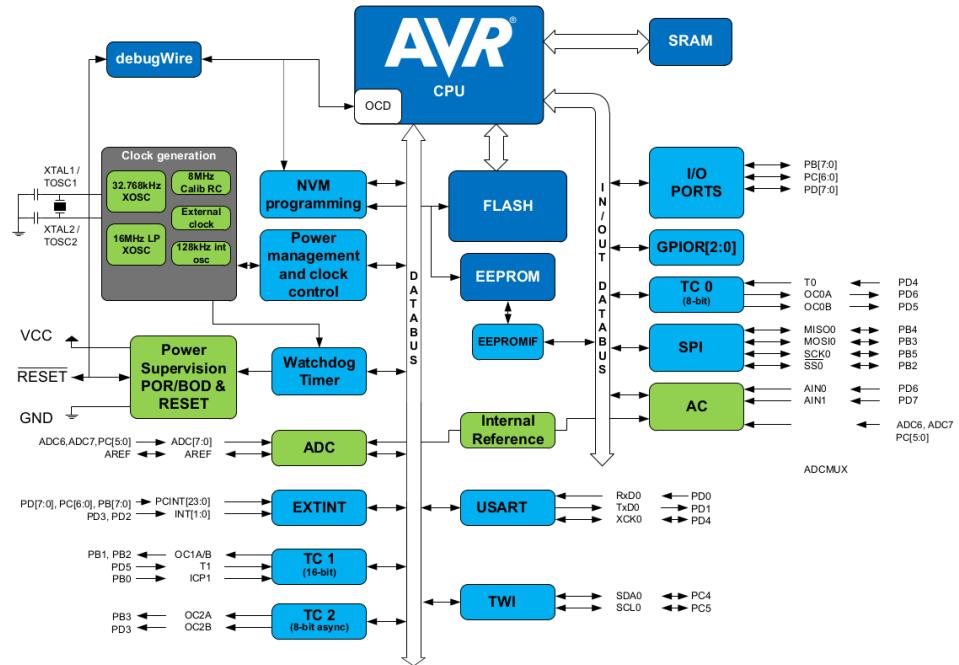
Obrázek 5: Obvodové schéma senzoru teploty



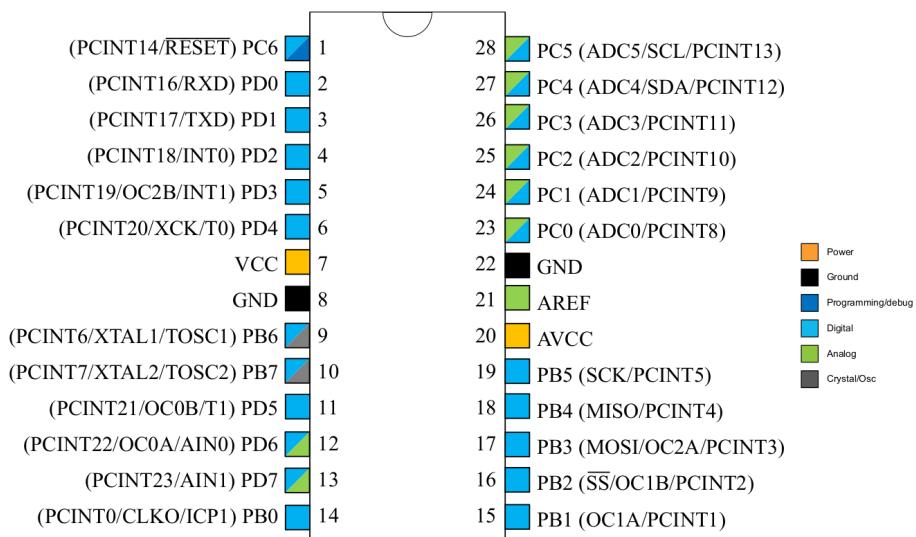
Obrázek 6: Výkres plošného spoje senzoru teploty

### 1.2.1 Mikrokontrolér Atmel ATmega328P

Jako řídící mikrokontrolér jsem zvolil Atmel ATmega328P, který běží na frekvenci 16 MHz. Jedná se o 8-bitový mikrokontrolér s architekturou AVR, která používá architekturu RISC, jenž má omezenou instruktážní sadu a rychlé vykonávání instrukcí. Flash paměť pro program má velikost 32 kB, paměť EEPROM má velikost 1 kB a paměť SRAM má velikost 2 kB. Má 23 programovatelných vstupních a výstupních pinů. Některé piny jsou určeny pro speciální použití jako je A/D převodník, analogový komparátor, UART, SPI, I<sup>2</sup>C, PWM, časovač/čítač nebo přerušení (IRQ).



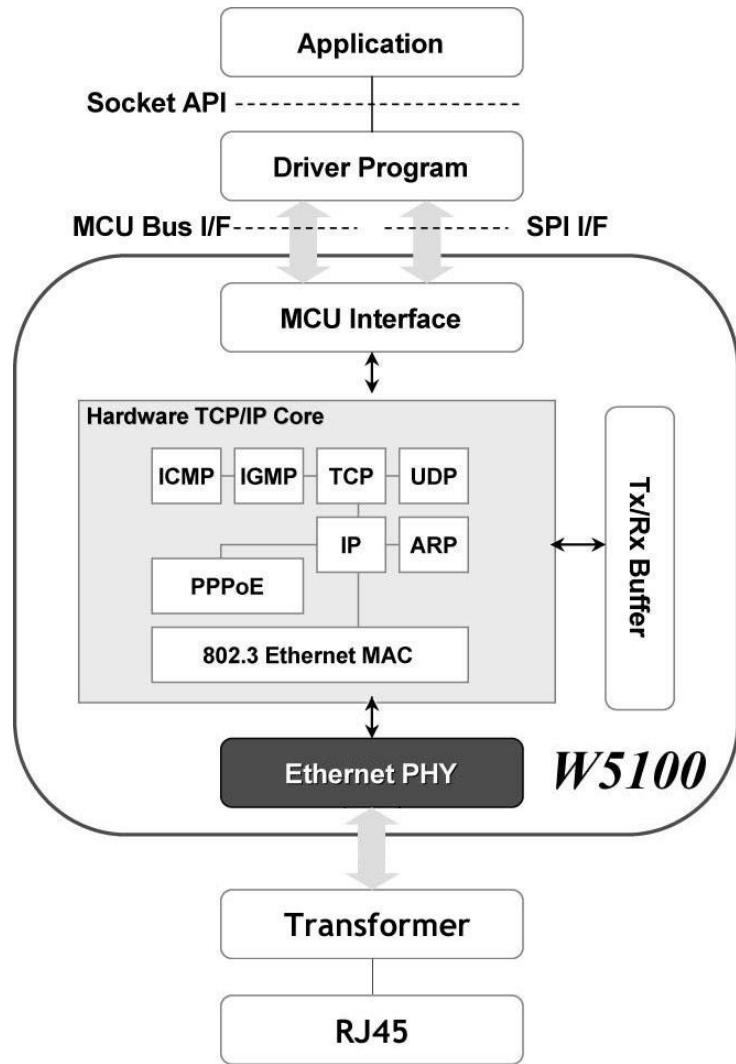
Obrázek 7: Blokové schéma mikrokontroléru ATmega328P



Obrázek 8: Popis vývodů mikrokontroléru ATmega328P v pouzdru DIP-28

### 1.2.2 Ethernetový řadič WIZnet W5100

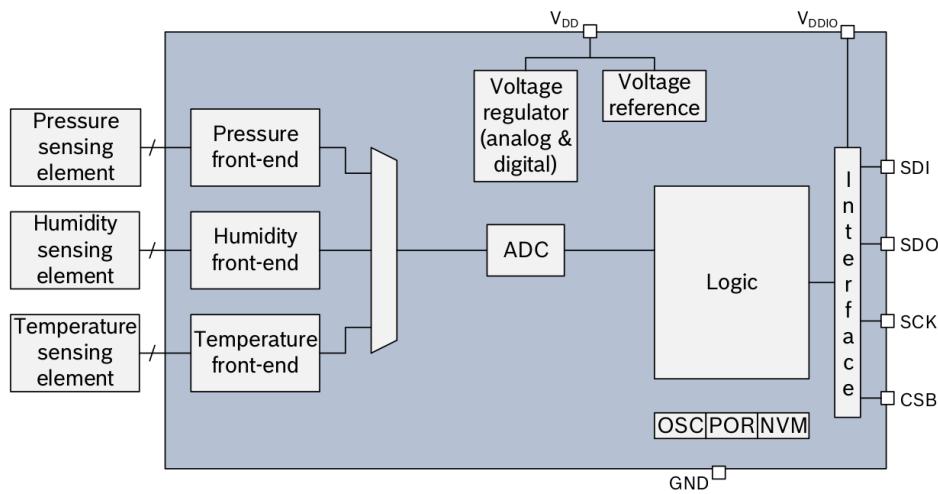
Pro komunikaci mezi bránou a senzorem je použit Ethernet. Protože samotný mikrokontrolér neobsahuje řadič pro komunikaci přes Ethernet, je použit externí řadič WIZnet 5100. Tento řadič komunikuje s mikrokontrolérem po sběrnici SPI. Řadič obsahuje hardwarovou implementaci protokolů IPv4, ICMP, TCP a UDP. Řadič je napájen 3,3 V a je kompatibilní s 5 V logickou úrovní mikrokontroléru. Protože řadič je vyráběn pouze v pouzdře LQFP-80, které je téměř nemožné v domácích podmínkách osadit, je použit hotový modul.



Obrázek 9: Blokové schéma ethernetového řadiče WIZnet W5100

### 1.2.3 Senzor Bosch BME280

Jako senzor teploty jsem zvolil Bosch BME280, který kromě teploty měří také relativní vlhkost a atmosferický tlak. Mikrokontrolér může se senzorem komunikovat po sběrnici I<sup>2</sup>C nebo SPI. Zvolil jsem komunikaci po sběrnici I<sup>2</sup>C, protože po sběrnici SPI již komunikuje ethernetový řadič. Senzor je napájen 3,3 V a je kompatibilní pouze s 3,3 V logickou úrovní, proto musí být použit převodník logických úrovní, který se skládá z N-MOSFET tranzistoru BSS138 a dvou pull-up resistorů. Protože senzor je vyráběn pouze v LGA pouzdře, které je téměř nemožné v domácích podmínkách osadit, je použit hotový modul.



Obrázek 10: Blokové schéma senzoru Bosch BME280

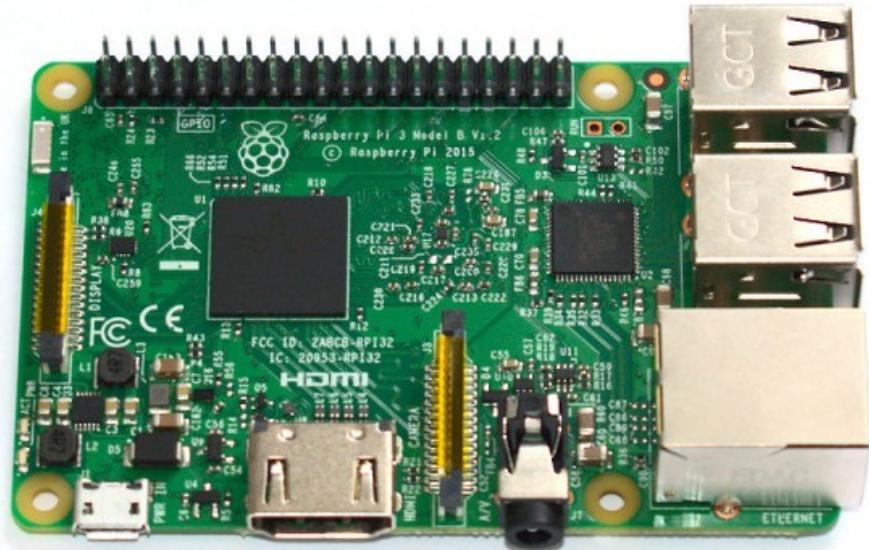
## 1.3 Brána

Jako bránu jsem použil jednodeskový počítač Raspberry Pi 3 model B. Bezdrátový modul IQRF TR-72DAT je k bráně připojen přes sběrnici SPI pomocí adaptéru IQRF KON-RASP-01. Brána se napájí pomocí externího spínaného zdroje s microUSB konektorem, který má výstupní napětí 5 V a maximální výstupní proud 2 A.

### 1.3.1 Raspberry Pi 3 model B

Raspberry Pi 3 model B je jednodeskový počítač, který má rozměry podobné kreditní kartě. Tento počítač obsahuje:

- čtyřjádrový ARM Cortex-A53 Broadcom BCM2837,
- 1 GB operační paměti RAM,
- čtyři USB 2.0 porty
- port RJ45 pro 100 Mb síťovou kartu,
- slot pro microSD kartu,
- HDMI výstup,
- 40 GPIO pinů, na kterých jsou vyvedeny sběrnice SPI, I<sup>2</sup>C, USART.



Obrázek 11: Fotografie jednodeskového počítače Raspberry Pi 3 model B

## 2 Návrh software

### 2.1 Komunikace

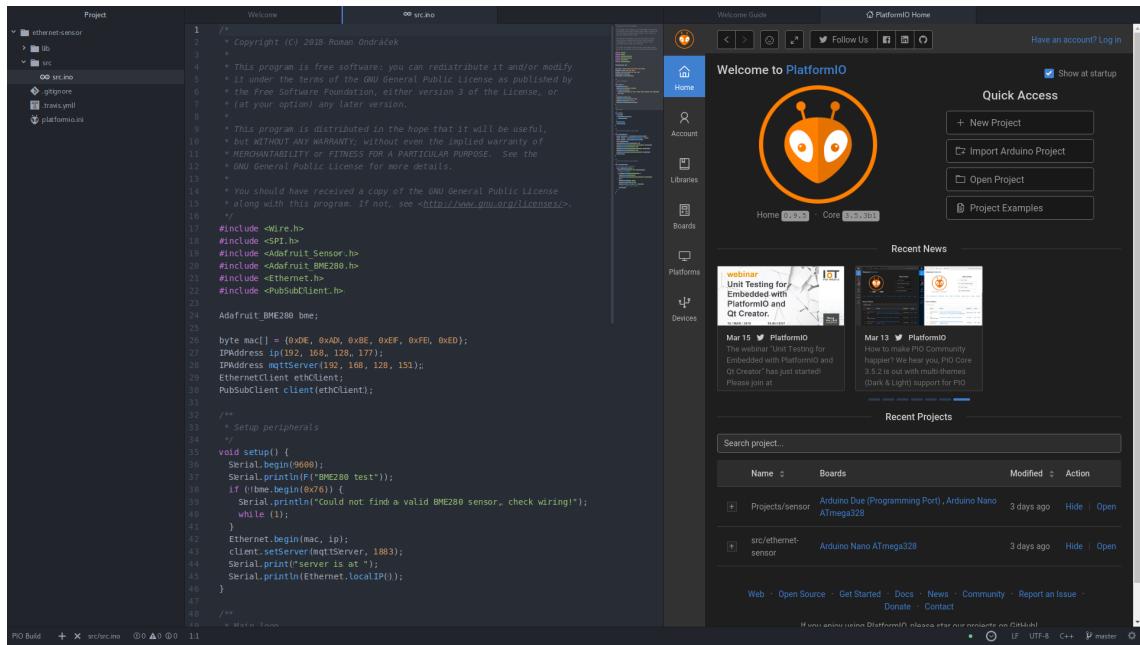
Pro komunikaci mezi jednotlivými uzly sítě IQRF je použit protokol IQMESH, ve kterém jsou data šifrována. Pro komunikaci regulátoru s bránou jsem použil protokol MQTT.

### 2.2 PWM regulátor ventilátoru

Software regulátoru je napsán v C++ s použitím platformy Arduino. Největší výhodou této platformy je velká uživatelská základna a dostupnost knihoven pro různé periferie. Software byl napsán ve vývojovém prostředí PlatformIO IDE[21], které je založeno na textovém editoru Atom[15] a řeší za uživatele stažení knihoven, na kterých projekt závisí.

#### 2.2.1 Vývojové prostředí PlatformIO IDE

Vývojové prostředí PlatformIO IDE je založeno na open-source textovém editoru Atom, který je vyvíjen společností GitHub. Tento editor je rozšířen o nástroje pro vývoj aplikací pro embedded zařízení (např. Arduino, ESP32). PlatformIO je open-source nástroj, který se stará o závislosti jednotlivých projektů a knihoven. Tento nástroj je napsán ve skriptovacím jazyce Python.



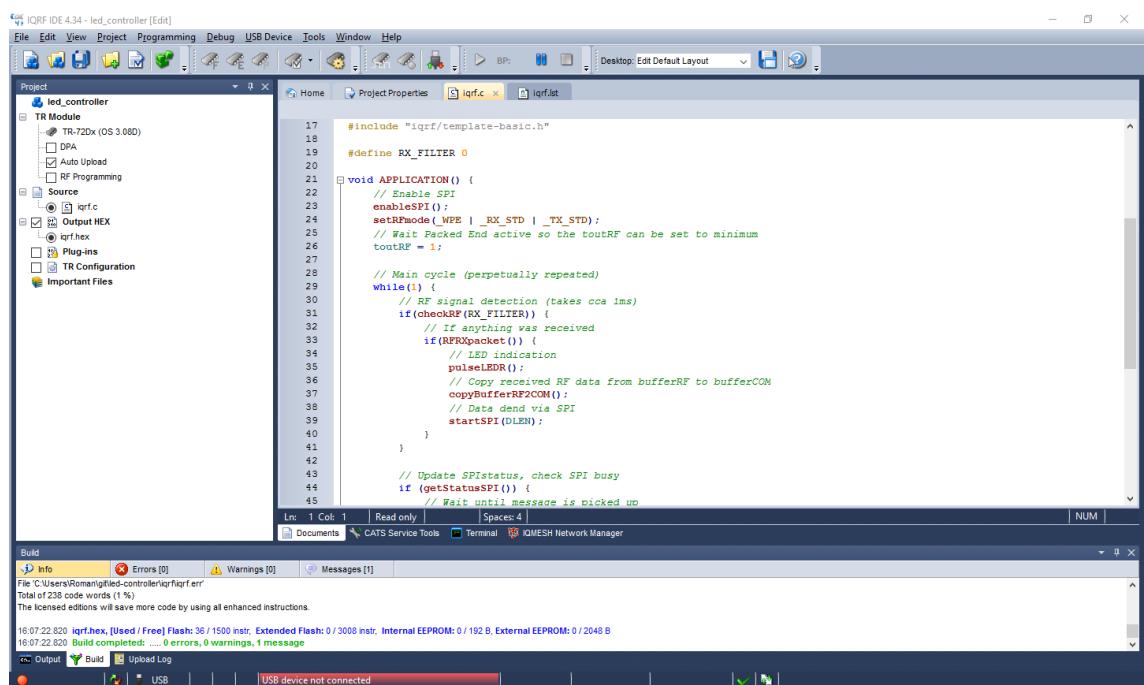
Obrázek 12: Vývojové prostředí PlatformIO IDE

## 2.3 Senzor teploty a vlhkosti

Software senzoru je napsán v programovacím jazyce C. Software byl napsán ve vývojovém prostředí IQRF IDE[2].

### 2.3.1 Vývojové prostředí IQRF IDE

IQRF IDE[2] je zdarma stažitelné vývojové prostředí, které je určené pro vývoj aplikací pro bezdrátové moduly IQRF. Toto vývojové prostředí je pouze pro operační systém Microsoft Windows. Uživatelé operačního systému Apple OS X nebo libovolné linuxové distribuce nemohou vyvijet software pro tyto bezdrátové moduly. IQRF IDE používá kompilátor CC5X C Compiler[16].

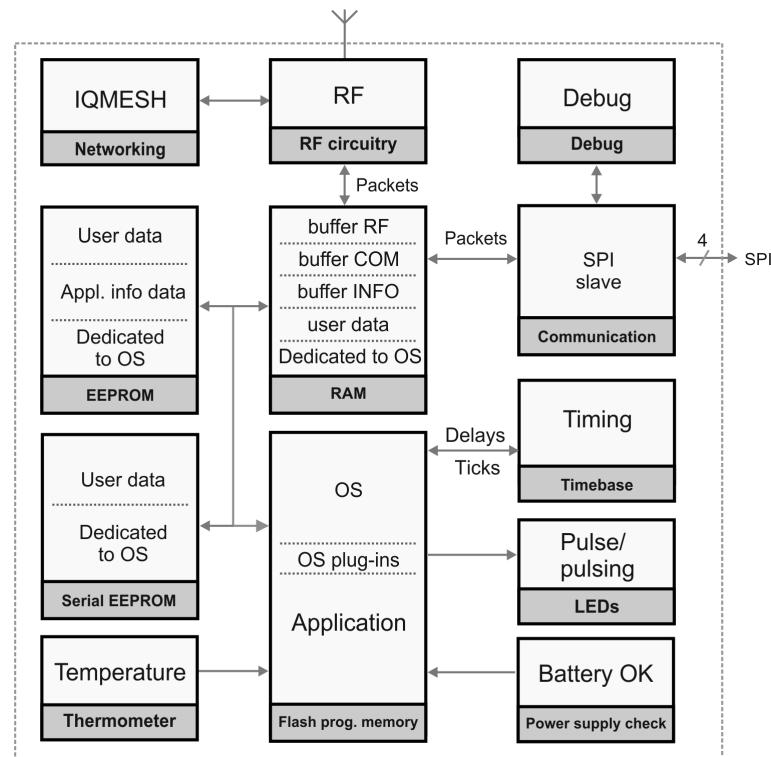


Obrázek 13: Vývojové prostředí IQRF IDE

### 2.3.2 Operační systém IQRF OS

IQRF OS[3] je operační systém určený pro bezdrátové moduly IQRF, pomocí kterého může uživatel jednoduše:

- ovládat rádiovou komunikaci,
- ovládat komunikaci v mesh síti,
- komunikovat s periferiemi přes sběrnice SPI, USART, I<sup>2</sup>C,
- pracovat s pamětí RAM, EEPROM,
- inicializovat GPIO,
- spínat GPIO,
- číst logické hodnoty z GPIO,
- spínat integrované LED diody,
- generovat PWM na výstupním pinu,
- číst hodnoty z analogově digitálního převodníku,
- číst teplotu z integrovaného teplotního senzoru.



Obrázek 14: Blokové schéma operačního systému IQRF OS

### 2.3.3 Protokol IQRF DPA

IQRF DPA[5] je vrstva nad IQRF OS, která se stará o protokol komunikace IQRF bezdrátových modulů. IQRF DPA má pevně danou strukturu paketů, která je uvedena v tabulce č. 1. Centrální prvek v IQRF mesh síti se jmenuje koordinátor, který je umístěn v bráně. Koordinátor má se své paměti EEPROM uložené informace o dalších bezdrátových modulech, se kterými má komunikovat. Pokud koordinátor přijme data od bezdrátového modulu, jehož informace nemá uložené v EEPROM paměti, pak data ignoruje. Při vytváření sítě se ve vývojovém prostředí nastavují symetrické šifrovací klíče pro šifrování komunikace pomocí symetrické šifry AES-128.

Paket pro nastavení střídy PWM signálu o frekvenci 1 kHz je uveden v tabulce č. 2 a paket pro vyčtení hodnoty z analogově digitálního převodníku je uveden v tabulce č. 3.

NADR	PNUM	PCMD	HWPID	DATA
sítová adresa	číslo periferie	příkaz	HWP identifikátor	data

Tabulka 1: Schéma paketu IQRF DPA

NADR	PNUM	PCMD	HWPID	Prescaler	Period	Duty
0x04	0x20	0x00	0xFFFF	0x02	0x7D	střída

Tabulka 2: Schéma paketu pro nastavení střídy (0x00-0x80) PWM signálu

NADR	PNUM	PCMD	HWPID
0x04	0x21	0x00	0xFF

Tabulka 3: Schéma paketu pro vyčtení hodnoty z ADC

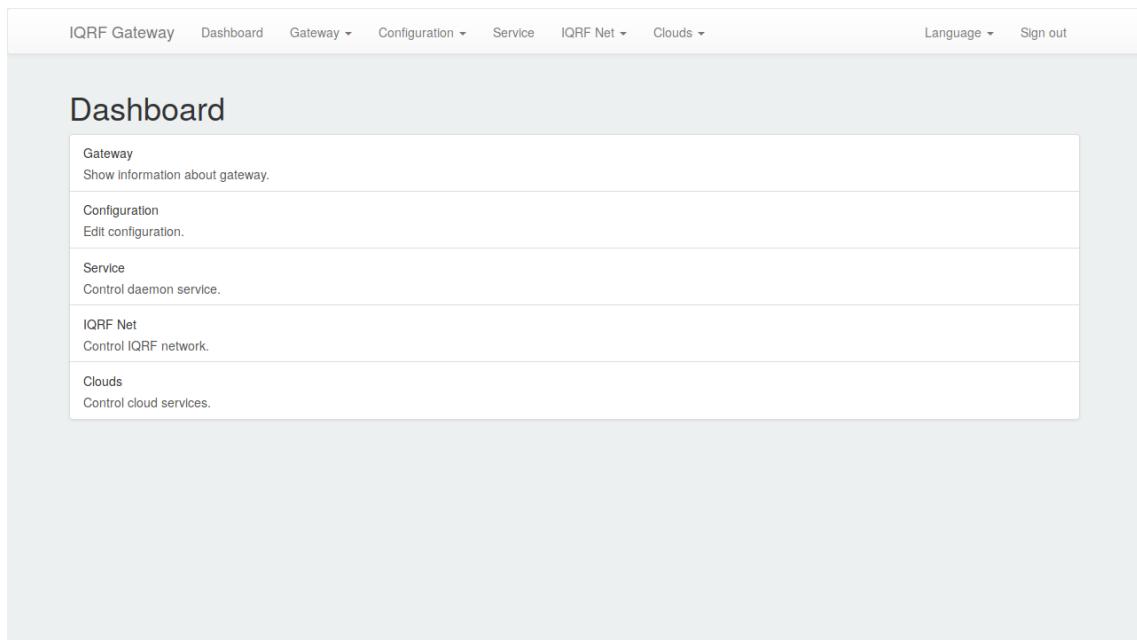
## 2.4 Brána

V bráně běží linuxová distribuce Raspbian, což je speciálně upravená linuxová distribuce pro jednodeskový počítač Raspberry Pi. Tato linuxová distribuce je odvozená od linuxové distribuce Debian, která je jedna z nejpoužívanějších linuxových distribucích.

### 2.4.1 IQRF Gateway Daemon

Pro komunikaci s IQRF sítí je použit IQRF Gateway Daemon[9], což je open source software pod licencí Apache License 2.0 vyvýjený firmou IQRF Tech s.r.o., který obstarává komunikaci mezi IQRF sítí a MQTT brokerem. Tento software je napsán v programovacím jazyku C++. Konfigurační soubory jsou psány ve formátu JSON.

Pro uživatelsky přívětivou konfiguraci IQRF Gateway Daemonu jsem vytvořil webovou aplikaci[10], která je napsaná ve skriptovacím jazyce PHP s použitím českého frameworku Nette[11].



Obrázek 15: Výchozí stránka IQRF Gateway Daemon webapp

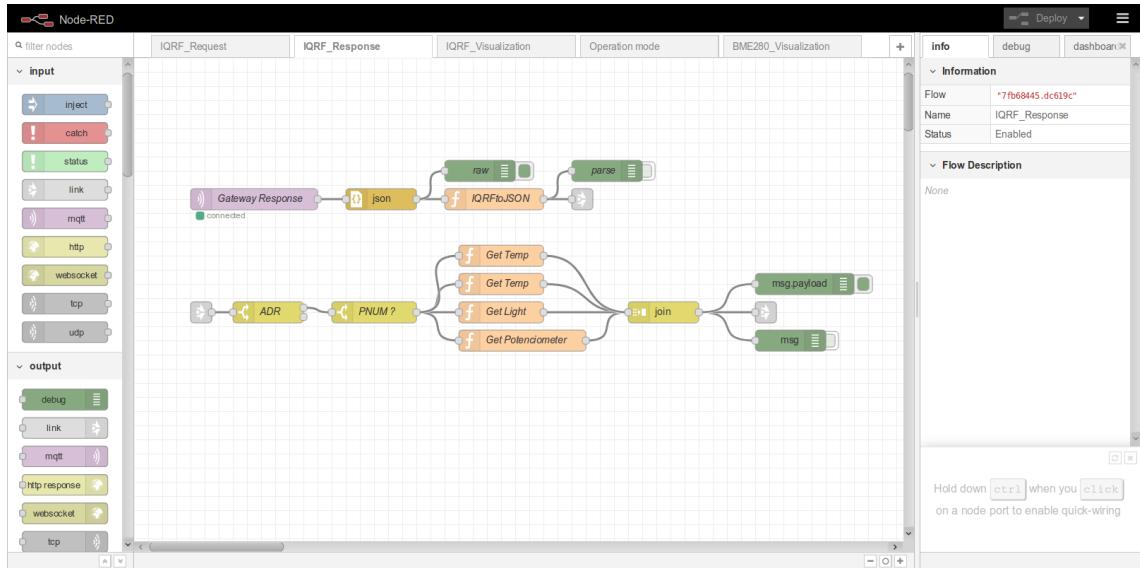
### 2.4.2 MQTT boker mosquitto

Jako MQTT broker jsem použil open-source software mosquitto[19], který je vyvíjen společností Eclipse v programovacím jazyce C. Obsahuje klientskou i serverovou část. Implementuje standardy MQTT 3.1 a MQTT 3.1.1.

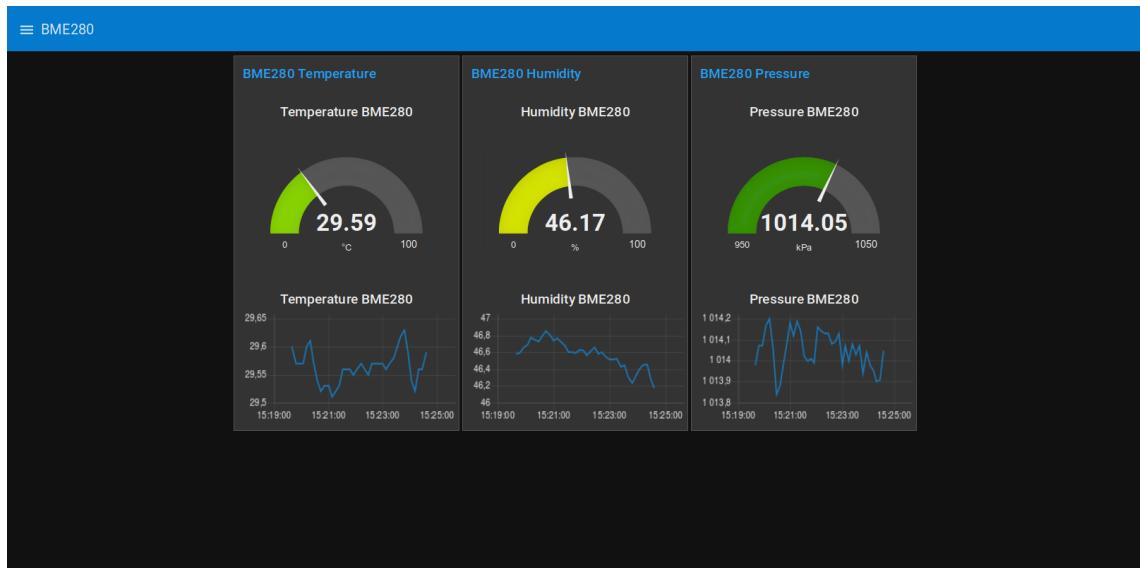
### 2.4.3 Node-RED

Pro zpracování a vizualizaci dat jsem zvolil nástroj Node-RED[20], což je open-source software původně vyvíjený společností IBM, který má za úkol usnadnění připojení zařízení do Internetu - tzv. IoT. Tento nástroj je napsán v skriptovacím jazyce JavaScript s použitím frameworku Node.js.

Program vytvořený v Node-REDu se skládá z bloků, které jsou rozděleny na vstupní bloky, výstupní bloky, funkční bloky, atd.



Obrázek 16: Webové vývojové prodtředí Node-REDu



Obrázek 17: Node-RED Dashboard s grafy

### 3 Technické parametry

#### 3.1 PWM regulátor

Technické parametry	
Rozměry	4,8×4,8×3 cm
Elektrické parametry	
Napájecí napětí	12 V DC
Typická spotřeba	méně než 0,5 W
Maximální spínatelný proud	1 A
Ostatní parametry	
Přenos dat	bezdrátově na frekvenci 868 MHz
Protokol	IQRF DPA

Tabulka 4: Parametry PWM regulátoru

#### 3.2 Senzor teploty

Technické parametry	
Rozměry	4,8×4,8×3 cm
Elektrické parametry	
Napájecí napětí	5 V DC
Typická spotřeba	méně než 2 W
Ostatní parametry	
Přenos dat	10 Mb Ethernet
Protokol	MQTT

Tabulka 5: Parametry senzoru teploty

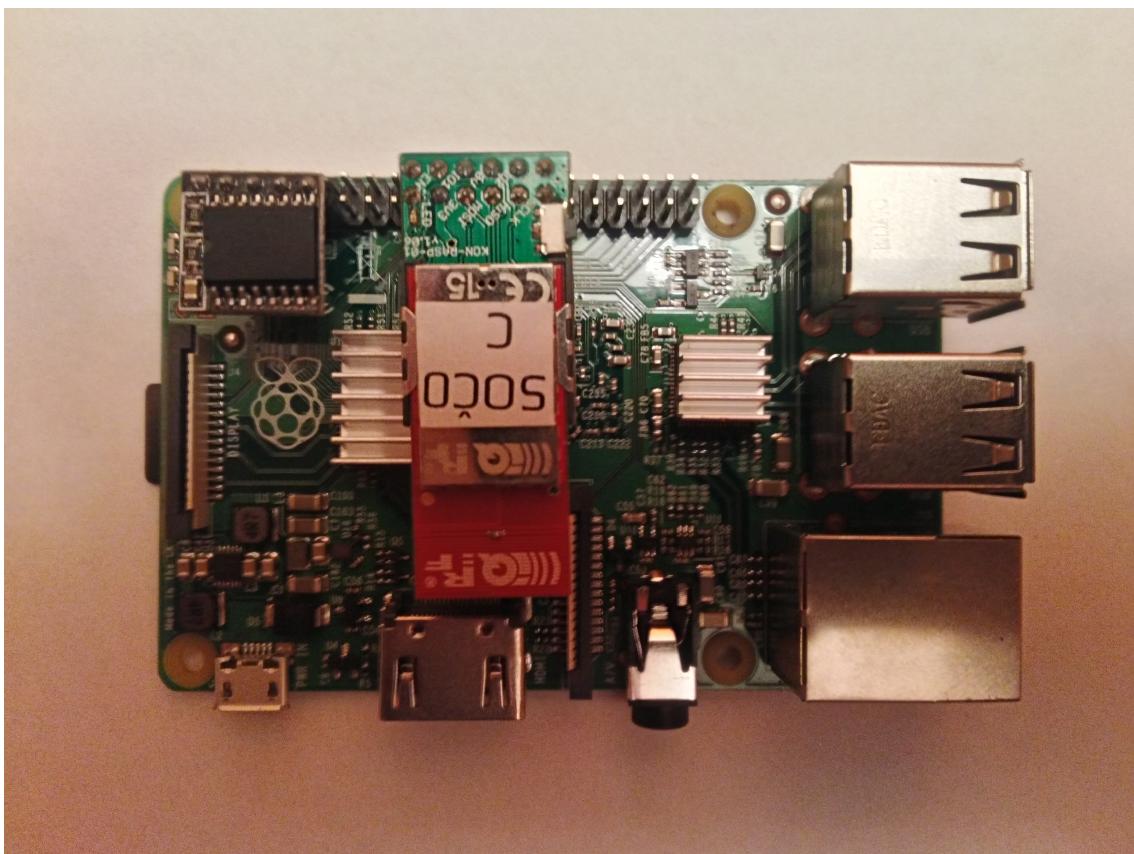
### 3.3 Brána

Technické parametry	
Rozměry	7×12×4,5 cm
Elektrické parametry	
Napájecí napětí	5 V DC
Typická spotřeba	6 W

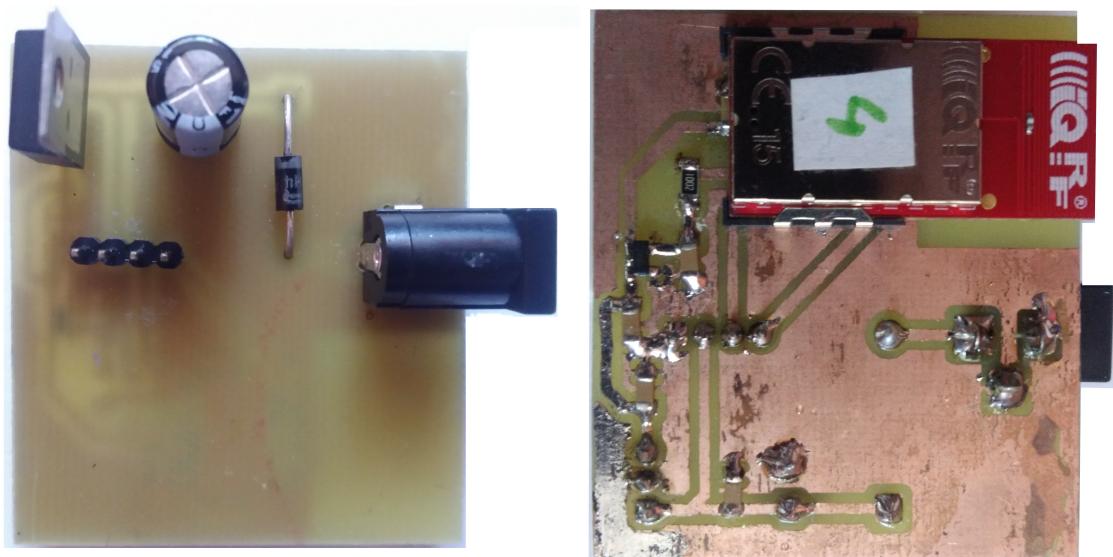
Tabulka 6: Parametry brány

## Závěr

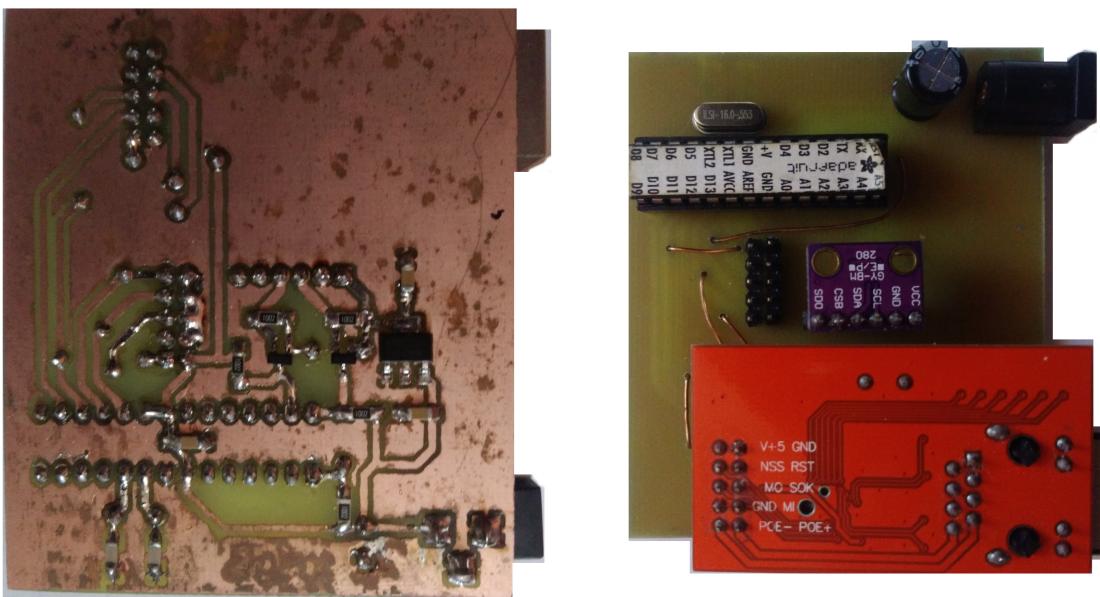
Navržený systém měření a regulace teploty v domácnosti byl navržen a realizován ve formě funkčního vzorku. Na obrázcích č. 18, č. 19 a č. 20 jsou fotografie funkčních vzorků brány, PWM regulátoru ventilátoru a senzoru. Vzhledem k charakteru a univerzalitě řešení systém lze v budoucnosti rozšířit o další zařízení.



Obrázek 18: Fotografie funkčního vzorku brány



Obrázek 19: Fotografie funkčního vzorku PWM regulátor ventilátoru



Obrázek 20: Fotografie funkčního vzorku senzoru teploty

# Seznam použitých zkratek

ADC	Analog-to-digital converter, 18 Analogově digitální převodník, 18
AES	Advanced Encryption Standard, 8
ARM	Acorn RISC Machine, 14 Advanced RISC Machine, 14
AVR	Alf and Vegard's RISC processor, 11
DC	Direct current, 21
DPA	Direct Peripheral Access, 8
EDA	Electronic design automation, 27
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory, 17
GFSK	Gaussian frequency-shift keying, 8
GPIO	General-purpose input/output, 14
HDMI	High-Definition Multimedia Interface, 14
HWP	Hardware profile, 18
I <sup>2</sup> C	Inter-Integrated Circuit, 11
ICMP	Internet Control Message Protocol, 12
IDE	Integrated Development Environment, 15
IoT	Internet of things, 6
IPv4	Internet Protocol version 4, 12
IRQ	Interrupt ReQuest, 11
ISM	Industrial, Scientific and Medical, 27
JSON	JavaScript Object Notation, 19
LDO	Low-dropout, 8
LED	Light-Emitting Diode, 17
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport, 15
PIC	Peripheral Interface Controller, 8
PWM	Pulse Width Modulation, 17
RAM	Random-access memory, 14, 17
RISC	Reduced instruction set computing, 8
SD	Secure Digital, 14
SIM	Subscriber identity module, 8
SPI	Serial Peripheral Interface, 14
SRAM	Static RAM, 8
TCP	Transmission Control Protocol, 12
UDP	User Datagram Protocol, 12
USART	Universal Synchronous / Asynchronous Receiver and Transmitter, 14

## Reference

- [1] Bosch Sensortec. BME280 Data sheet *Bosch Sensortec* [online]. Jičín, 2018 [cit. 2018-04-08].  
Dostupné z: <https://www.iqrf.org/technology/iqrf-ide>
- [2] IQRF Tech s.r.o. IQRF IDE *IQRF* [online]. Jičín, 2018 [cit. 2018-04-08].  
Dostupné z: <https://www.iqrf.org/technology/iqrf-ide>
- [3] IQRF Tech s.r.o. Operating system *IQRF* [online]. Jičín, 2018 [cit. 2018-04-08].  
Dostupné z: <https://www.iqrf.org/technology/operating-system>
- [4] IQRF Tech s.r.o. IQRF OS v4.02D User's guide for TR-7xD *IQRF* [online]. Jičín, 2017 [cit. 2018-04-08].  
Dostupné z: <http://www.iqrf.org/support/download&kat=35&ids=155>
- [5] IQRF Tech s.r.o. DPA *IQRF* [online]. Jičín, 2018 [cit. 2018-04-08].  
Dostupné z: <https://www.iqrf.org/technology/dpa>
- [6] IQRF Tech s.r.o. DPA Framework Technical guide v3.02 *IQRF* [online]. Jičín, 2017 [cit. 2018-04-08].  
Dostupné z: <http://www.iqrf.org/support/download&kat=35&ids=155>
- [7] IQRF Tech s.r.o. Datasheet (DC)TR-72D *IQRF* [online]. Jičín, 2017 [cit. 2018-04-08].  
Dostupné z: <http://iqrf.org/weben/downloads.php?id=337>
- [8] IQRF Tech s.r.o. User's guide KON-RASP-01 *IQRF* [online]. Jičín, 2015 [cit. 2018-04-08].  
Dostupné z: <http://www.iqrf.org/weben/downloads.php?id=412>
- [9] IQRF Tech s.r.o. IQRF Gateway Daemon *IQRF* [online]. Jičín, 2018 [cit. 2018-04-08].  
Dostupné z: <https://github.com/iqrfsdk/iqrf-daemon>
- [10] IQRF Tech s.r.o. IQRF Gateway Daemon webapp *IQRF* [online]. Jičín, 2018 [cit. 2018-04-08].  
Dostupné z: <https://github.com/iqrfsdk/iqrf-daemon-webapp>
- [11] Nette Foundation. Nette Framework *Nette* [online]. Praha, 2018 [cit. 2018-04-08].  
Dostupné z: <https://nette.org/>
- [12] Microchip. ATmega328/P AVR MCU with picoPower Technology Data Sheet *Microchip* [online]. 2018 [cit. 2018-04-08].  
Dostupné z: [http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/ATmega328\\_P%20AVR%20MCU%20with%20picoPower%20Technology%20Data%20Sheet%2040001984A.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/ATmega328_P%20AVR%20MCU%20with%20picoPower%20Technology%20Data%20Sheet%2040001984A.pdf)
- [13] Microchip. PIC16F1938 *PIC16F1938* [online]. 2017 [cit. 2018-04-08].  
Dostupné z: <http://www.microchip.com/wwwproducts/en/PIC16F1938>

- [14] Raspberry Pi Foundation. Raspberry Pi 3 Model B Specifications *Raspberry Pi* [online]. UK, 2018 [cit. 2018-04-08].  
Dostupné z: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>
- [15] GitHub. Atom *Atom* [online]. 2018 [cit. 2018-04-08].  
Dostupné z: <https://atom.io/>
- [16] B Knudsen Data. CC5X C Compiler *CC5X* [online]. Norsko, 2017 [cit. 2018-04-08].  
Dostupné z: <http://www.bknd.com/cc5x/>
- [17] Gnome. Dia *Dia* [online]. 2018 [cit. 2018-04-08].  
Dostupné z: <https://wiki.gnome.org/Apps/Dia>
- [18] KiCad EDA *KiCad EDA* [online]. 2018 [cit. 2018-04-08].  
Dostupné z: <http://kicad-pcb.org/>
- [19] Eclipse Foundation. Eclipse Mosquitto *Eclipse* [online]. 2018 [cit. 2018-04-08].  
Dostupné z: <https://mosquitto.org/>
- [20] Node-RED *Node-RED* [online]. 2018 [cit. 2018-04-08].  
Dostupné z: <https://nodered.org/>
- [21] PlatormIO. PlatformIO IDE *PlatformIO* [online]. 2018 [cit. 2018-04-08].  
Dostupné z: <https://platformio.org/platformio-ide>
- [22] Wikipedia. ISM Band *Wikipedia* [online]. [cit. 2018-04-08].  
Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/ISM\\_band](https://en.wikipedia.org/wiki/ISM_band)
- [23] Wikipedia. Node-RED *Wikipedia* [online]. [cit. 2018-04-08].  
Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Node-RED>
- [24] WIZnet Co., Inc. W5100 Datasheet *WIZnet* [online]. 2011 [cit. 2018-04-08].  
Dostupné z: [http://www.wiznet.io/wp-content/uploads/wiznethome/Chip/W5100/Document/W5100\\_Datasheet\\_v1.2.7.pdf](http://www.wiznet.io/wp-content/uploads/wiznethome/Chip/W5100/Document/W5100_Datasheet_v1.2.7.pdf)

## Seznam obrázků

1	Obvodové schéma regulátoru . . . . .	7
2	Výkres plošného spoje regulátoru . . . . .	7
3	Fotografie bezdrátového modulu IQRF TR-72DAT . . . . .	8
4	Zjednodušené schéma bezdrátového modulu IQRF TR-72DAT . . . . .	9
5	Obvodové schéma senzoru teploty . . . . .	10
6	Výkres plošného spoje senzoru teploty . . . . .	10
7	Blokové schéma mikrokontroléru ATmega328P . . . . .	11
8	Popis vývodů mikrokontroléru ATmega328P v pouzdru DIP-28 . . . . .	11
9	Blokové schéma ethernetového řadiče WIZnet W5100 . . . . .	12
10	Blokové schéma senzoru Bosch BME280 . . . . .	13
11	Fotografie jednodeskového počítače Raspberry Pi 3 model B . . . . .	14
12	Vývojové prostředí PlatformIO IDE . . . . .	15
13	Vývojové prostředí IQRF IDE . . . . .	16
14	Blokové schéma operačního systému IQRF OS . . . . .	17
15	Výchozí stránka IQRF Gateway Daemon webapp . . . . .	19
16	Webové vývojové prodtředí Node-REDu . . . . .	20
17	Node-RED Dashboard s grafy . . . . .	20
18	Fotografie funkčního vzorku brány . . . . .	23
19	Fotografie funkčního vzorku PWM regulátor ventilátoru . . . . .	24
20	Fotografie funkčního vzorku senzoru teploty . . . . .	24

## Seznam tabulek

1	Schéma paketu IQRF DPA . . . . .	18
2	Schéma paketu pro nastavení střídy (0x00-0x80) PWM signálu . . . . .	18
3	Schéma paketu pro vyčtení hodnoty z ADC . . . . .	18
4	Parametry PWM regulátoru . . . . .	21
5	Parametry senzoru teploty . . . . .	21
6	Parametry brány . . . . .	22