



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

## ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

## VESTAVNÝ SYSTÉM S KOMUNIKAČNÍM ROZHRANÍM NFC A WI-FI

EMBEDDED SYSTEM WITH COMMUNICATION INTERFACE NFC AND WI-FI

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

**Bc. Loránt Bugár**

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

**Ing. Karel Horák, Ph.D.**

**BRNO 2016**



# Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor **Kybernetika, automatizace a měření**  
Ústav automatizace a měřicí techniky

**Student:** Bc. Loránt Bugár

**ID:** 145975

**Ročník:** 2

**Akademický rok:** 2015/16

**NÁZEV TÉMATU:**

## **Vestavný systém s komunikačním rozhraním NFC a Wi-Fi**

**POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:**

Cílem práce je vytvořit a zrealizovat univerzální vestavný informační systém, který bude vybaven mikrokontrolérem, komunikačním rozhraním Wi-Fi a NFC a lokálním ukládáním dat. Systém bude napájen bateriově.

- 1) Proveďte návrh struktury systému a vyberte vhodné komponenty. Srovnjte více možností.
- 2) Navrhněte způsob bateriového napájení zařízení, minimalizujte odběr zařízení.
- 3) Navrhněte desku plošných spojů a systém realizujte.
- 4) Vytvořte programové vybavení pro mikrokontrolér, realizující obsluhu periférií, komunikačních a napájecích obvodů.
- 5) Implementujte komunikační protokoly a vyhodnoťte vlastnosti použitých rozhraní NFC a Wi-Fi, proveďte základní měření rychlosti, spolehlivosti, dosahu a spotřeby těchto rozhraní.
- 6) Vytvořte programové vybavení pro interakci se systémem a proveďte vyhodnocení.

**DOPORUČENÁ LITERATURA:**

KURNIAWAN, A.: Near Field Communication (NFC) for Embedded Applications. PE Press, 2015. 50 pages. ASIN B014NSUXXS.

**Termín zadání:** 8.2.2016

**Termín odevzdání:** 16.5.2016

**Vedoucí práce:** Ing. Karel Horák, Ph.D.

**Konzultant diplomové práce:**

**doc. Ing. Václav Jirsík, CSc., předseda oborové rady**

**UPOZORNĚNÍ:**

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

## **Abstrakt**

Diplomová práca sa zaoberá návrhom systému s komunikačným rozhraním NFC a Wi-Fi. Stanovuje dva základné ciele. Prvým cieľom je vytvorenie zariadenia, ktoré je schopné na lokálne ukladanie a na následné posielanie dát cez NFC rozhranie. Druhým cieľom je využitie zariadenia ako meracej stanici pre rôznych fyzikálnych veličín. Za účelom splnenia druhého cieľa je využívaná technológia IoT. Technológia IoT je schopná na vizualizáciu dát v reálnom čase a na prístupnosť dát cez internet. Výsledkom práce je univerzálny nástroj, ktorý obsahuje najpopulárnejšie zbernice ako sú napr. I2C, SPI a ktorý je schopný spracovávať nameraných dát digitálnych, analógových a bezdrôtových senzorov.

## **Kľúčové slová**

ESP8266, Wi-Fi modul, 18B20, PN532, NFC, RFID, Emulácia kariet, Nabíjačka, Li-Ion, IoT, RTOS, RTC, OLED, RS230, RS232, Freeboard, IFTTT, LDO, BQ2057, NTC, Arduino, Arduino IDE

## **Abstract**

This master's thesis deals with communication system design via the NFC and Wi-Fi interface. The thesis has two basic goals. The first goal is to create a device that is capable of storing of data and its subsequent transfer via the NFC interface. The second aim is to utilize this device for measuring various physical variables. The IoT technology is employed to fulfill the aforementioned goal. IoT technology is capable of visualizing data in real time and make them accessible via the Internet. The result of this work is an universal device, that contains the most popular communication interfaces, such as I2C, SPI and that is capable of processing measurement data from digital, analogue, and wireless sensors.

## **Keywords**

ESP8266, Wi-Fi modul, 18B20, PN532, NFC, RFID, Emulation cards, Charger, Li-Ion, IoT, RTOS, RTC, OLED, RS230, RS232, Freeboard, IFTTT, LDO, BQ2057, NTC, Arduino, Arduino IDE

### **Bibliografická citace:**

BUGÁR, L. Vestavný systém s komunikačním rozhraním NFC a Wi-Fi. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2016. 89s. Vedoucí diplomové práce Ing. Karel Horák, Ph.D..

## **Prohlášení**

„Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma Vestavný systém s komunikačním rozhraním NFC a Wi-Fi jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne: **16. května 2016**

.....  
podpis autora

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Karlovi Horákovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne: **16. května 2016**

.....  
podpis autora

# Obsah

1	Úvod.....	9
1.1	Popis práce.....	9
2	Teoretický rozbor.....	12
2.1	Technológia NFC.....	12
2.1.1	Technické špecifikácie NFC a RFID.....	12
2.2	Technológia Wi-Fi.....	17
2.2.1	Wi-Fi režimy.....	19
2.2.2	Bezpečnosť v sieti Wi-Fi.....	20
2.3	IOT technológia.....	21
2.3.1	História.....	21
2.3.2	Vývoj.....	22
2.4	Možné riešenia zadania.....	25
2.4.1	Využitie v projekte jednodoskové počítače.....	27
2.4.2	Vlastne navrhovaná doska plošných spojov.....	30
2.4.3	Vlastne navrhovaná DPS s využitím Wi-Fi modulu.....	31
3	Vlastné riešenie.....	33
3.1	Napájací a nabíjací obvod zariadenia.....	34
3.2	Wi-Fi modul ESP8266.....	40
3.3	Komunikácia pomocou USB-UART prevodníkom.....	44
3.4	NFC modul s čipom PN532.....	46
3.5	Využitie Displeja.....	47
3.6	Teplotný senzor 18B20.....	47
3.7	Expander MCP23017.....	49
3.8	Hodiny reálneho času.....	50
3.9	Návrh DPS.....	51
4	Algoritmus.....	53
4.1	Klient program na operačný systém MS Windows.....	53
4.2	Firmware zariadenia ESP8266.....	55
4.2.1	Vlákno 1 – Obsluha Wi-Fi pripojenia.....	57
4.2.2	Vlákno 2 – Obsluha NFC modulu.....	58
4.2.3	Vlákno 3 – Obsluha teplomera.....	60
4.2.4	Vlákno 4 – Merania napätia akumulátora.....	61
4.2.5	Vlákno 5 – Obsluha klienta.....	62

4.2.6	Vlákno 6 – Riadenie displeja .....	63
4.3	Využívanie technológiu IoT pomocou cloud serveru .....	64
5	Experimentálne meranie .....	67
5.1	Meranie teplôt pomocou senzoru 18b20 .....	67
5.2	Meranie napätia pomocou ESP8266 .....	69
5.3	Merania spoľahlivosti ESP8266 Wi-Fi modulu .....	71
5.4	Meranie dosahu ESP8266 Wi-Fi modulu.....	72
5.5	Meranie NFC modulu .....	74
6	Záver.....	75



# 1 ÚVOD

V dnešnej dobe sa informácie šíria oveľa rýchlejším spôsobom ako to bolo v prechádzajúcom období. Za tento jav môžeme ďakovať dynamickému vývoju technológií. Informácie môžeme získať kdekoľvek a kedykoľvek vďaka internetu a tomu, že môžeme byť neustále pripojení – online. Naše zariadenia v čoraz väčšej miere využívajú internet. Inteligentnou interpretáciou našich návykov sa snažia vyšší komfort pri ich používaní.

Účelom navrhovaného zariadenia je uľahčiť život tým, že sa nám snaží podať užitočné informácie. Projekt vypísala spoločnosť URC-Systems. URC-Systems je česká spoločnosť, ktorá má za cieľ realizovať komplexné riešenie náročných požiadaviek zákazníka pre oblasť informačnej a komunikačnej infraštruktúry Polície ČR a elektronického boja jednotiek Armády ČR.

Spoločnosť potrebuje taký nástroj, do ktorého je možné ukladať informácie a následne ich môžu zákazníci alebo partneri spoločnosti ľahko získať. Tieto informácie môžu byť napr. URL adresy webových stránok, informácie, ktoré uľahčujú prihlasovanie na sieť, harmonogram konferencií alebo iné komplexnejšie dáta. Prvá časť diplomovej práce je venovaná riešeniu komunikačného rozhrania. Na vyriešenie komunikácie bola zvolená technológia NFC.

Druhá časť práce sa zaoberá vytvorením zariadenia, ktoré sa dá využívať na meranie rôznych fyzikálnych veličín, na ukladanie a poprípade na prenos nameraných dát. V diplomovej práci bude táto požiadavka vyriešená a prispôbená novým trendom internetu IoT (internet vecí), pričom všetky informácie a jednotlivé merania budú uložené aj na karte SD.

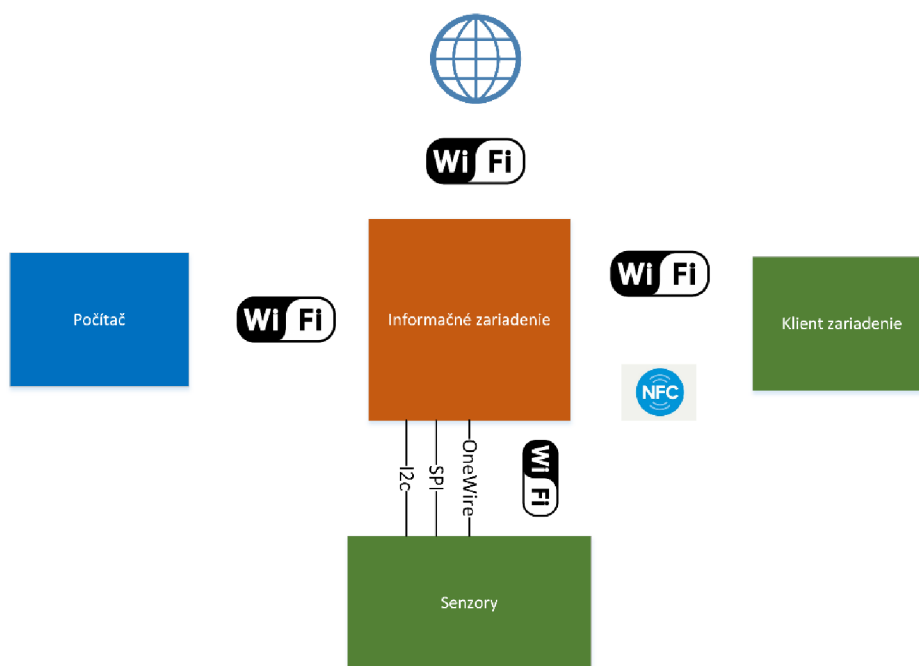
Diplomová práca je rozdelená do 4 hlavných častí. Prvá časť práce je teoretický rozbor, v ktorom sú popísané základné technológie, ktoré bezprostredne súvisia s realizáciou projektu. Po skúmaní jednotlivých technológií a možností riešenia je predstavené vlastné riešenie. V časti, ktorá je venovaná vlastnému riešeniu sú uvedené jednotlivé komponenty zariadenia a návrhy plošných spojov. Tretia časť záverečnej práce obsahuje popis jednotlivých algoritmov. Posledná časť sa zaoberá testovaním niektorých komponentov (testovanie teplomera, meranie dosahu Wi-Fi siete, meranie dosahu NFC zariadenia, meranie napätia).

## 1.1 Popis práce

Diplomová práca sa zaoberá s vývojom zariadenia, ktoré môže informovať ľudí o rôznych udalostiach pomocou technológie NFC a súčasne automaticky zdieľa informácie. Zariadenie je vlastne univerzálny informačný systém pre špeciálne účely a súčasne aj systémy pre záznam dát v jednom. Celý systém sa skladá z dvoch hlavných častí: z programu na operačný systém MS Windows, s ktorým nahrávame dáta do zariadenia a z

informačného terminálu, v ktorom je zabudovaný Wi-Fi prijímač, NFC modul a OLED displej. Informačný terminál je schopný komunikovať so zariadeniami, ktoré sú kompatibilné s NFC.

Na zariadení sa nachádzajú senzory, ktoré reprezentujú druhé využitie zariadenia. Druhé využitie je záznam dát. Zariadenie uloží dáta namerané pomocou senzorov, umožňuje ich pripojenie na zbernici I2C, SPI, OneWire a na A/D prevodník. V zariadení je zabudované Wi-Fi rozhranie, preto je možné naň pripojiť Wi-Fi senzory alebo Wi-Fi meracie stanice. Dáta nielen uloží, ale poskytne nám aj možnosť nastaviť režim IoT, ktorý jednotlivé namerané hodnoty posiela na vopred definovaný server, kde ich môže ukladať alebo vizualizovať. Na zariadení sa ešte nachádza 6 digitálnych vývodov, ktoré sa dajú použiť ako vstup ale aj ako výstup. Nachádzajú sa tu aj 2 vývody, ktoré sú galvanicky oddelené od celého systému. Keď má terminál prístup na internet, umožňuje nám nastavenie automatického zdieľania informácií cez populárne sociálne siete ako sú napr. Twitter, Facebook alebo Google+. Pre zdieľanie nasledujúcich informácií sa využije tiež IoT server.

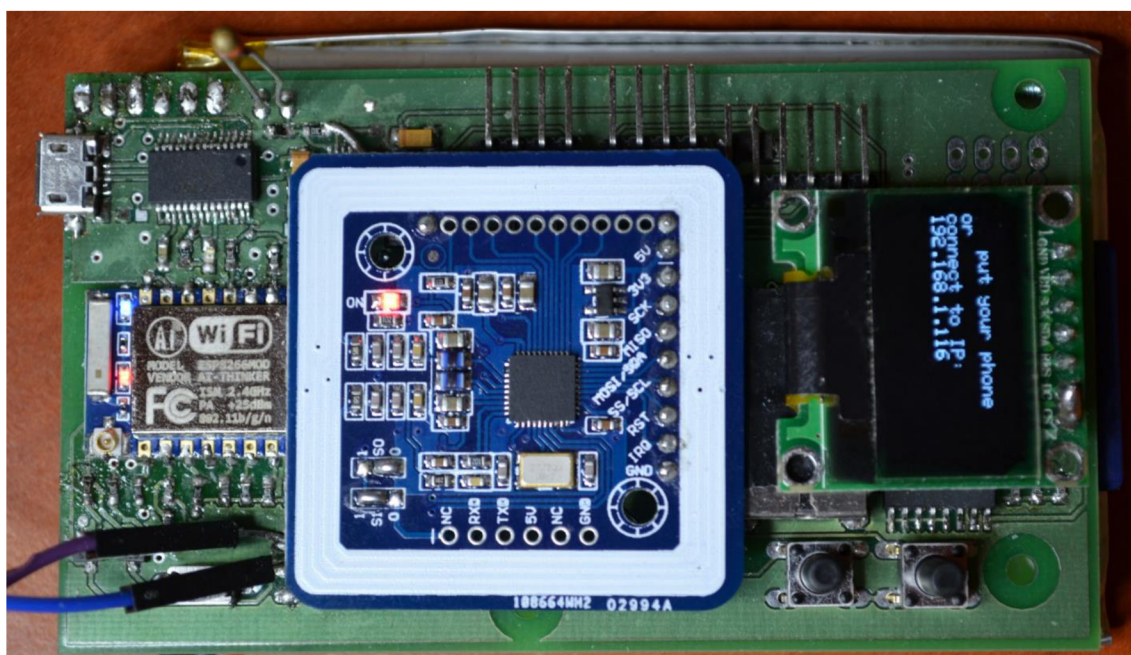


Obrázok č. 1: Funkčnosť zariadenia.

Funkčnosť zariadenia je znázornená na obrázku č.1. Počítač sa cez Wi-Fi rozhranie môže pripojiť na zariadenie a nahrávať informácie. Prijaté dáta sú v zariadení uložené na karte SD. Cez rozhranie NFC vysiela upravené informácie a pomocou NFC čítačky alebo zariadením s NFC kompatibilitou môžeme uložené dáta vyčítať. Systém má aj malý grafický OLED displej pre signalizáciu užitočných informácií.

Zhrnutie:

- posiela informácie cez NFC,
- informácie ukladá na SD kartu,
- informácie poskytuje aj pomocou displeja,
- využije IoT služby,
- zdieľa informácie na sociálnych sieťach,
- meranie teploty,
- história teploty,
- meranie napätia akumulátora pomocou A/D prevodníka,
- meranie zrýchlenia pomocou gyroskopu,
- web server na sledovanie rôznych informácií.



Obrázok č. 2: Výsledné zariadenie.

## 2 TEORETICKÝ ROZBOR

V tejto časti práce sú popísané základné technológie, ktoré súvisia s realizáciou projektu. Po skúmaní jednotlivých technológií sú rozoberané možnosti riešenia, s ktorými by sa dalo projekt vyhotovovať.

### 2.1 Technológia NFC

NFC (**Near field communication**) je krátkodosahová bezdrôtová komunikácia medzi elektronickými zariadeniami na krátku vzdialenosť (1 cm - 10 cm). Jej využitie sa v bežnom živote neustále rozširuje vďaka tomu, že môže urýchliť každodenné činnosti človeka (napr. bezkontaktná platba v obchode pomocou smartfónu). Technológia funguje na podobnom princípe ako technológia RFID (štandard ISO/IEC 14443), jej výhodou je ale schopnosť pre obojsmernú komunikáciu. NFC je spätne kompatibilná s štandardom RFID. Tým je kompatibilná aj s existujúcou bezkontaktnou infraštruktúrou pre verejné použitie, prepravu a platby. NFC je určená primárne na použitie v mobilných komunikačných zariadeniach [\[1\]](#).

Technológiu využívajú hlavne na bezkontaktnú identifikáciu alebo na bezkontaktnú platbu. Je to preto lebo technológia má hranice, je celkom pomalá v porovnaní ostatnými modernými technológiami a schopný komunikovať maximálne do 10 cm vzdialenosti od vysielča. Oproti technológii ako Wi-Fi alebo Bluetooth, extrémne rýchlo navazuje komunikáciu a preto ju často používajú na uľahčenie pripojenia na Bluetooth alebo na Wi-Fi sieť. NFC sa dá použiť aj na prenos dát. V tomto projekte nikdy nebude vysieláč posielat veľké množstva dát a preto pomalšia rýchlosť NFC technológie nebude nápadná. Jediným problémom, ktorý nám môže nastať môže byť to, že lacnejšie inteligentné telefóny nie sú vybavené NFC čítačkou.

#### 2.1.1 Technické špecifikácie NFC a RFID

Aby sa vedeli porozumieť technológii NFC, najprv je potrebné si ujasniť technológiu RFID. Technológia NFC je vlastne nadstavbou - vylepšovaním technológii RFID.

##### Technické špecifikácie RFID

Výraz RFID vzniklo z anglickej skratky Radio Frequency Identification. Jedná sa o rádiovú frekvenčnú identifikáciu, ktorá sa dnes používa predovšetkým pre identifikáciu osôb, označovanie tovaru a ochranu proti jeho krádeži. RFID transportéry sú tvorené veľkou cievkou, kondenzátorom a obvodom. Pri priložení k RFID čítačke, čítačka indukuje napätie na cievke RFID transportéru a kondenzátor nabije. Energia z kondenzátora stačí

na napájanie RFID obvodu, ktorý odosiela v sebe uložené dáta. RFID čipy môžu byť aj programovateľné, tie sa ale v praxi kvôli vysokej cene často nepoužívajú. Hlavným obmedzením RFID technológií je jednocestná komunikácia [3].

RFID delíme podľa :

- frekvenčného pásma,
- podľa napájania,
- použítí.

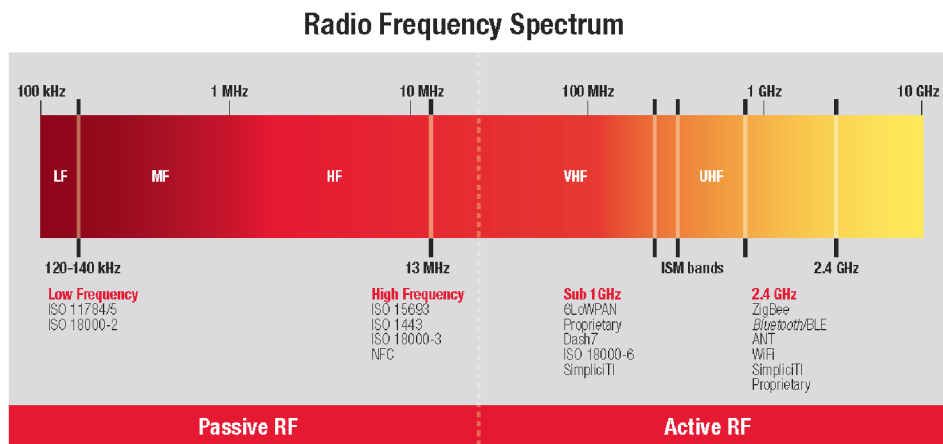
Podľa frekvenčného pásma rozoznávame nižšie uvedené systémy.

**Nízkofrekvenčné RFID systémy (LF)** – od 125 kHz do 134 kHz. Najčastejšie 125 kHz. Slúžia na malé vzdialenosti (< 0,5 m). Využívajú sa hlavne v bezkontaktných systémoch napr. na kontrolu dochádzky. Rozširovali sa preto, lebo prevádzkové náklady na zariadenie sú minimálne. Ich nákupná cena je relatívne vysoká kvôli drahej antény z medi, ktorá zabezpečuje nízku frekvenciu [3].

**Vysokofrekvenčné RFID systémy (HF)** – najčastejšie 13,56 MHz. Najčastejšie sa využívajú pri pasívnych transportéroch na sledovanie pohybu výrobkov a pohybu osôb. Tuto frekvenciu požívajú aj v technológii NFC [3].

**Ultra vysokofrekvenčné RFID systémy (UHF)** – od 868 do 915 MHz. Najčastejšie sa využívajú pri aktívnych transportéroch na sledovanie paliet alebo balíkov. V Japonsku nie sú povolené, v EU je možné používať frekvenciu 868 MHz, v USA až 915 MHz. Komunikáciu umožňujú do 3 m [3].

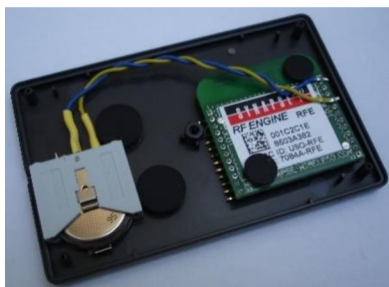
**Mikrovlnné RFID systémy** – od 2,45 GHz do 5,8 GHz. Používajú sa pre elektronické poplatkové systémy. Využívajú aktívne transportéry. Majú veľkú čítací rýchlosť na veľké vzdialenosti (10 - 100m) [3].



Obrázok č. 3: Prehľad rádiového spektra. [4]

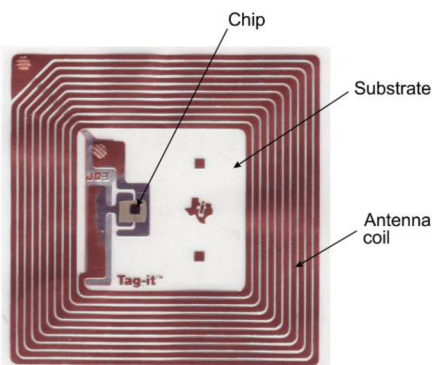
Podľa napájania rozlišujeme aktívne a pasívne RFID systémy.

**Aktívne RFID systémy** - Druh transportéru, ktorý obsahuje vlastný zdroj elektrickej energie v podobe batérie pre napájanie mikročipu. Často sa kombinujú s rôznymi fyzikálnymi senzormi a tak sa dajú používať aj na zber dáta. Sú schopný pracovať bez dosahu čítacieho zariadenia. Využívajú najčastejšie na lokalizáciu objektu. Ich nevýhodou je relatívne vysoká cena a kratší životnosť, ktorá je závislá na zdroji energie.



Obrázok č. 4: Aktívne RFID zariadenie. [5]

**Pasívne RFID systémy** - Druh transportéru, ktorý neobsahuje vlastný zdroj elektrickej energie. Energiu získajú z elektromagnetického poľa, čo vyžaruje čítacie zariadenie. Tieto RFID transportéry kvôli nízkej cene sú oveľa bežnejšie než aktívne. Komunikujú ale len na malé vzdialenosti, od pár centimetrov do 1 m. Používajú sa ako náhrada čiarových kódov.

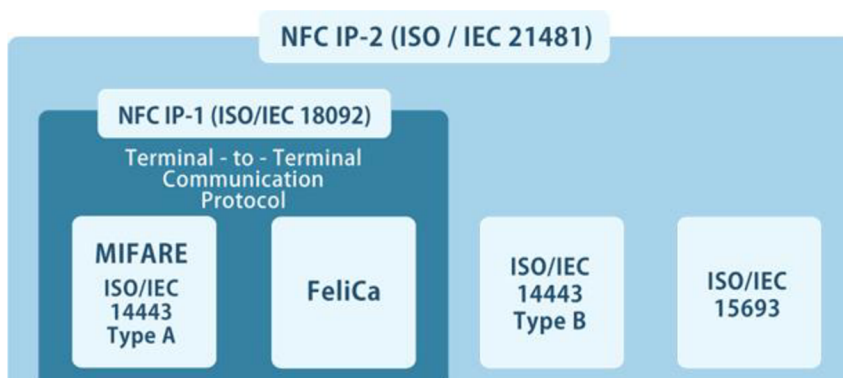


Obrázok č. 5: Ukážka RFID tagu. [6]

Podľa použitia môžu mať RFID transportéry rôznu veľkosť, formu alebo môžu byť odolné voči teplotám, vlhkosti, poprípade môže mať rôznu mechanickú odolnosť.

## Technické špecifikácie NFC

Výhodou technológií NFC od technológii RFID tkvie v tom, že NFC umožňuje obojsmernú komunikáciu medzi zariadeniami. NFC je sada štandardov, ktorá definuje bezdrôtovú technológiu na krátke vzdialenosti medzi dvoma zariadeniami. NFC je založená na štandarde ISO 14443 A a B. Táto norma reguluje HF (13,56 MHz) frekvenčné pásmo, ktoré pre zariadenie s názvom Proximity RFID zaručuje vysokú bezpečnosť na krátky dosah (max. 10 cm). Norma reguluje prevádzku bezkontaktných kariet a čítačiek s cieľom zabezpečenia kompatibility (identifikácia, platba, verejná doprava a riadenie prístupu). Norma je rozdelená na 4 časti. Jednotlivé časti popisujú fyzikálne vlastnosti, rádiových vln, výkon vysielateľa, inicializáciu, kolízie styku (anti-collision) a prenosový protokol. Ako bolo už spomenuté v kapitole 3.2.1 RFID tiež obsahuje štandard ISO / IEC 14443 a preto NFC je spätne kompatibilné s RFID.



Obrázok č. 6: Prehľad NFC štandardov. [7]

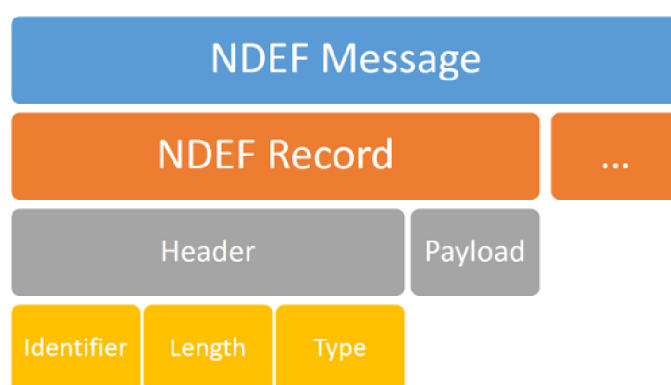
**Režim prenosu** - RFID slúžilo len na posielanie identifikačného čísla alebo na posielanie rôznych informácií o výrobku. NFC je viacúčelové zariadenie, ktorý umožňuje posielat' a prijímať akýchkoľvek dáta. Aby nám NFC zodpovedalo požiadavkám podporuje nasledujúce 3 režimy:

**Režim čítania a zápisu (Read, Write)**– Režim, s ktorým sa dá nahrávať alebo vyčítať informácie z rôznych transportérov. Transportér môže byť aktívny, ale aj pasívny. Podporuje štandard NFC IP-1 a NFC IP-2. Transportéry v tomto režime nemôžu obsahovať citlivé dáta, lebo nie je možné ich šifrovať.

**Režim Peer to Peer(P2P)** - umožňuje obojsmernú komunikáciu (half-duplex). V danom okamžiku komunikácia môže byť iba jednosmerná ale smer komunikácií sa môže rýchlo striedať. Tento režim je štandardný P2P režim, ktorý využíva protokol TCP/IP ako u počítačových sietí. Podmienkou používania protokolu P2P je, že obidve zariadenia musia byť aktívne po celom dobe komunikácií a aby podporili NFC IP-1 štandard.

**Režim Emulácia kariet** – Tento režim slúži na to, aby NFC zariadenie sa mohlo správať tak ako keby bola bezkontaktná karta napr. Mifare. NFC zariadenia, ktoré emulujú kariet sa správajú ako pasívna NFC alebo RFID karta. Komunikáciu začne čítacie zariadenie. Pri využití režimu zariadenie pre čítačku sa bude zdať ako bezkontaktná platobná karta alebo vstupenka či akejkolvek autorizačná karta.

NDEF (NFC Data Exchange Format) – NFC používa vyššie uvedené režimy na prenos dát. Okrem režimu bol vytvorený aj nový štandard na prenos dát. NDEF definuje formát zapuzdrenie správ pre výmenu informácií medzi NFC zariadeniami. Výhodou NDEF štandardu je, že umožňuje posielat' akékoľvek dáta.



Obrázok č. 7: Prehľad NDEF správy. [8]

NDEF formát je znázornený na obrázku č. 7. Správa NDEF sa skladá z jedného alebo z viacerých záznamov (records). Limit pre množstvo záznamov nie je stanovené, určuje to aplikácia. Aby systém vedel, kde správa začína a kde skončí používa označenie MB (Message Begin) a ME (Message End) . Minimálna dĺžka správ je aspoň jeden záznam, kde sú nastavené MB a ME.

NDEF záznam sa skladá z:

- Hlavička (Header), ktorá zahrnuje v sebe nasledujúce časti:
  - Identifier - identifikátor správy,
  - Length (dĺžka Payloadu) - dĺžka užitočných dát. Dá sa nastaviť na veľkosť 32 bit alebo na 8 bit. Keď veľkosť je nulová, užitočné dáta neposiela,
  - Type - označuje typ dát, ktoré sú v Payloadu. Typ dát je definovaný pomocou TNF ( Typ Meno Formát poľa),
- Payloadu - pole pre užitočné dáta aplikácie (napr. URL, text, atď.) [8] [9] [10] [11].



## 2.2 Technológia Wi-Fi

Wi-Fi je daný štandard, ktorý vyvinul firma IEEE na bezdrôtovú komunikáciu medzi zariadeniami a na vytvorenie bezdrôtovej lokálnej siete. Je založený na špecifikácii IEEE 802.11. Zariadenia využívajú bezlicenčné mikrovlnné pásmo 2,4 GHz a 5 GHz. Z tohto dôvodu používateľ nepotrebuje súhlas od miestnych úradov ako v prípade paketových rádiových systémov [12].

Najčastejšie štandardy:

Tabuľka č. 1: Porovnanie IEEE štandardov. [12]

IEEE Špecifikácia	Rok výdaju	Frekvenčné pásmo (GHz)	Rýchlosť (Mbit/s)	dosah INDOOR (m)	dosah OUTDOOR (m)	kompatibilita
802.11	1997	2.4	1	20	100	-
802.11a	1999	5	54	35	12	a
802.11b	1999	2.4	11	38	140	b
802.11g	2003	2.4	54	38	140	b,g
802.11n	2009	2.4/5	600	70	250	b,g,n
802.11ac	2013	5	6930	140	350	a,b,g,n,ac

Výhody Wi-Fi zariadenia:

- bezkáblové vybudovanie LAN, ktoré znižuje nákladov na vybudovanie a rozširovanie siete,
- najrozšírenejšia bezdrôtová komunikácia, ktorá pracuje rovnako všade okolo sveta,
- vysoká bezpečnosť,
- väčšia šírka pásma v prípade zariadenia fungujúca v 5 GHz frekvenčnom pásme.

Nevýhody Wi-Fi zariadenia:

- limitovaný výkon,
- pomerne nízky dosah,
- u 2,4 GHz rušenie z iných zdrojov (napr. bluetooth, iné bezdrôtové zariadenie, mikrovlnné rúry),
- u 5 GHz vznikajú kvôli menšie vlnovej dĺžky. Tieto vlnové dĺžky spôsobujú ľahšiu absorpciu signálov v pevných predmetoch (napr. stena),
- najpoužívanější kryptovací štandard (WEP) je ľahko prelomiteľný.

## Wi-Fi antény

Z Wi - Fi antén rozoznávame nasledujúci typy :

- všesmerové (omni-directional),
- sektorové (semi-directional),
- úzko smerové (highly-directional).

Jednotlivé antény slúžia na špecifické používanie napr. všesmerové antény sa najčastejšie používajú na Wi-Fi routeroch.

Zvýšenie veľkosti antény a tým jeho zisku nemusí znamenať lepšie pokrytie oblasti. V najčastejších prípadoch to znamená iba zvýšenie dosahu. U všesmerovej antény menší zisk znamená väčšie pokrytie okolo antény, ale pritom menší dosah. Čím vyšší je zisk antény, tým bude užší pokrytie oblasti, ale dosah sa zvýši.

Ako príklad môžeme uviesť vybavenie viacposchodovej budovy Wi-Fi zariadením. Predpokladáme, že zariadenie bude umiestnené na prízemí. V prípade používania menšie ziskové antény je možné pokryť viac poschodí (Wi-Fi sieť je ľahko prípustné aj z 2-3 poschodí). Vybavenie s vyšší ziskovou anténou znamená silnejší pokrytie na prízemí, ale slabý signál na ostatných poschodiach.

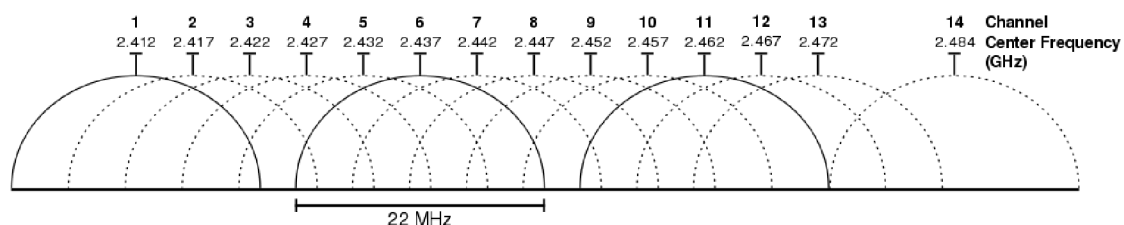
5 GHz pásmo sa najčastejšie používa pomocou smerovej antény pri priamej viditeľnosti.

Sila Wi-Fi signálu je udávaná v miliWattoch (mW) a v decibel nad miliwattoch (dBm). Jednotka dBm reprezentuje citlivosť prijímača, čo je merateľná sila signálu. Vysielač výkon sa udáva v miliwattoch. Decibely vyjadrujú vzťah k jednému miliwattov výkonu (0 dBm - 1 mW, 10 dBm - 10 mW, 13 dBm - 20 mW). Každý 3 dBm nárast znamená dvojnásobnú hodnotu v miliwattoch. Povolený vysielač výkon v EU pre pásmo 2,4 GHz je 100 mW, v USA je 300 mW. Pri 5GHz pásma v EU povolený výkon je 30 až 1 000 mW, ale táto hodnota závisí na frekvencii [\[13\]](#) [\[14\]](#) [\[15\]](#).

Tabuľka č. 2: Porovnanie Wi-Fi rýchlosti. [\[13\]](#) [\[15\]](#)

802.11a		802.11b		802.11g		802.11n	
citlivosť [dBm]	Rýchlosť [Mb/s]	citlivosť [dBm]	Rýchlosť [Mb/s]	citlivosť [dBm]	Rýchlosť [Mb/s]	citlivosť [dBm]	Rýchlosť [Mb/s]
-85	11	-74	54	-74	54	-64	72.2
-88	5.5	-82	36	-82	36	-65	65
-89	2	-91	12	-91	12	-66	57.7
-92	1	-92	6	-92	6	-70	43.3
-	-	-	-	-	-	-74	28.9
-	-	-	-	-	-	-77	21.7
-	-	-	-	-	-	-79	14.4
-	-	-	-	-	-	-82	7.2

V skutočnosti 2,4GHz a 5 GHz pásma pokrývajú mnohým širšiu frekvenciu. Rozsah šírky pásma 2,4 GHz je od 2,412 GHz do 2,472 GHz, čo je rozdelený na 14 kanálov po 5 MHz. Medzi 13 a 14 kanálom je rozdiel už iba 12 MHz. Jeden kanál zakryje 22 MHz frekvenciu okolo daného kanálu ( vid'. Obrázok č. 8 ) [13] [15].



Obrázok č. 8: Znárodnenie Wi-Fi kanálov. [16]

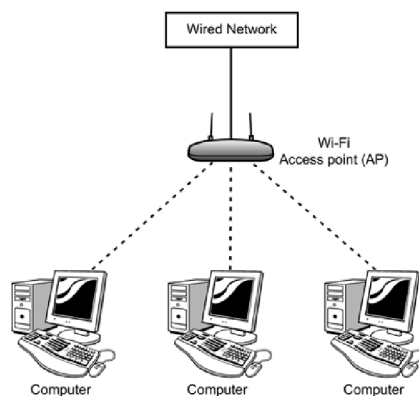
Rozdelenie pásma 5 GHz je oveľa väčšie. Frekvenčný rozsah pásma je 520 MHz ( od 5,18 do 5,70 GHz) čo je rozdelenie na 19 kanálov po 20 MHz.

## 2.2.1 Wi-Fi režimy

### Režim infraštruktúry

Hlavná časť režimu Wi-Fi infraštruktúry je zariadenie, ktoré obsahuje rozhranie Wi-Fi a taktiež umožňuje aj drôtové pripojenie. Zariadenie musí spájať rádiovú bezdrôtovú sieť s drôtovou sieťou. Tieto zariadenia môžu mať rôznych tvarov a rôzne rozhranie, ktoré sú prispôbavé podľa používania napr. Wi-Fi router, USB Wi-Fi modul, alebo Wi-Fi modul pre mikrokontroléry. Všetky uzly, ktoré sú pripojené k AP musia mať vlastný identifikátor (SSID) a rovnaké autorizačné parametre (vid'. Obrázok č. 9). Ako príklad môžeme uviesť, že počítač, ktorý má vlastné Wi-Fi zariadenie a pripojuje sa na AP, a AP pomocou kábla sa pripojuje ďalej na sieť.

Existujú aj také prípady, kedy káblová technológia nie je umožnená. V tomto prípade pomocou AP sa dá vytvoriť iba lokálnu sieť (prístup na internet nie je možný, ale pomocou kombinovania 3G modulu a Wi-Fi AP je možné ho zabezpečiť) [17].

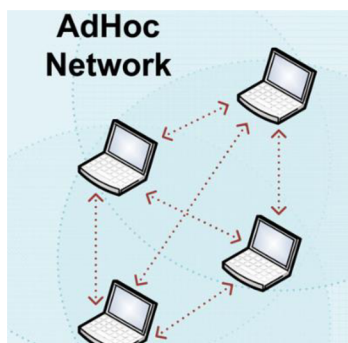


Obrázok č. 9: Wi-Fi infraštruktúra pomocou AP. [18]

**Prístupový bod (AP)** - zariadenie, ktoré vytvorí Wi-Fi sieť. Na AP sa pripojuje zariadenie (smartfón, počítač) najčastejšie v režime klient. Zaisťuje v sieti spojenie bezdrôtovej siete s drôtovou sieťou. Prístupový bod môže komunikovať s ďalšími prístupovými bodmi, ktoré sú v dosahu. Tento režim sa volá bridge.

**Klient** – zariadenie, ktoré sa pripojuje na prístupový bod

Ad hoc - nevyžaduje AP, ale zariadenia sú bezdrôtovo pripojené medzi sebou a priamo komunikujú.



Obrázok č. 10: Znáznornenie AdHoc siete. [19]

## 2.2.2 Bezpečnosť v sieti Wi-Fi

**WEP** – Prvé zabezpečenie Wi-Fi siete (od roku 1999). Cieľom vytvorenia bola rovnaká ochrana, ako pri drôtových sieťach. Wi-Fi siete sa dajú ale ľahko odpočúvať a nie je nutné fyzické pripojenie k sieti. WEP už nie je použiteľná pre ochranu v sieti, lebo od roku 2005 sa ju dá prelomiť s rôznymi nástrojmi za cca. 3 minúty [12] [20].

**WPA1** – Vylepšenie WEP zabezpečenia. Kvôli tomu, že sa jedná len o softwarové vylepšenie, zariadenia používajúce WEP sa dajú aktualizovať bez výmeny zariadenia. Do ochrany bol pridaný TKIP šifrovací algoritmus [\[12\]](#) [\[20\]](#).

**WPA PSK** – Používa zdieľanie kľúča PSK (Pre-shared key), čo sa skladá minimálne z 8 maximálne z 63 znakov a využíva šifrovanie TKIP algoritmus [\[12\]](#) [\[20\]](#).

**WPA2** – Od 2006 zariadenie s označením Wi-Fi podporujú WPA2 zabezpečenie. Zabezpečenie definuje nový algoritmus AES, ktorý je robustnejší od TKIP. Dĺžka šifrovacieho kľúča môže byť 128, 192 a 256 bitov. Do dneška nebolo zaznamenané prelomenie bezpečnosti WPA2 [\[12\]](#) [\[20\]](#).

**WPA2 personal** – Používa zdieľanie kľúča PSK (Pre-shared key), čo sa skladá minimálne z 8 maximálne z 63 znakov a využíva šifrovanie TKIP alebo AES algoritmus [\[12\]](#) [\[20\]](#).

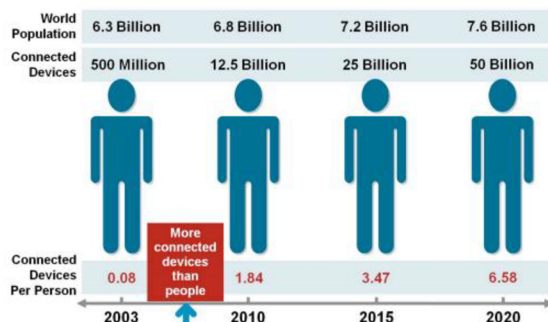
## 2.3 IOT technológia

Skratka IOT sa vzťahuje na anglický výraz „internet of things“, ktorý po slovensky znamená „Internet vecí“. V dnešnej dobe tento pojem je veľmi často používaný v oblasti informatiky a v komunikačných technológiách. IoT je sieť prepojených objektov. Každý z tých objektov má svoje identifikačné číslo, pomocou ktorého je možné ľahko identifikovať jednotlivé zariadenia. Táto sieť je definovaná v štandardizovaných komunikačných protokoloch, ktoré umožňujú zdieľanie, výmenu dát a informácií. Po analýze dát je možné ich použiť na rôzne služby a na interakciu so systémom, napr. ovládanie vecí z diaľky, sledovanie rôznych javov pomocou senzorov. Tieto prepojenia sú bezdrôtové, najčastejšie LTE, Wi-Fi alebo Bluetooth. Stručne napísane, fyzické a virtuálne zariadenia môžu vymeniť medzi sebou dáta pomocou internetu [\[21\]](#).

### 2.3.1 História

Pojem IoT sa prvýkrát používalo v prezentácii Keina Ashtona v roku 1999. Jeho prezentácia bola o tom, že všetky dostupné dáta na internete sú „ľudské tvorby“. Podľa Ashtonov názoru by bolo efektnejšie si vytvoriť také zariadenia, ktoré i bez ľudských interakcií sú schopné generovať dáta napr. pomocou rôznych senzorov, a tak poskytnúť vzácne informácie (napr. monitorovanie teplôt z diaľky).

Podľa odhadov spoločnosti Cisco medzi rokmi 2008 a 2009 počet pripojených zariadení na internetu prekonal svetovú populáciu, čo znamenalo dobrý podklad na vybudovanie technológii IoT.



Obrázok č. 11: Znáznornenie predpokladu IoT zariadenia. [22]

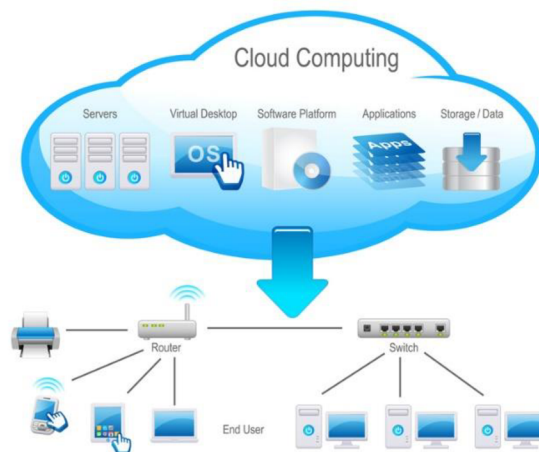
Predpokladá sa, že v roku 2020 bude do internetu pripojené približne 50 miliárd zariadenie. Je možné očakávať, že v budúcnosti v Európe najviac peňažných prostriedkov bude investovaný do oblasti IoT na monitorovanie nákladnej dopravy, domácnosti, prevádzky priemyselnej výroby.

### 2.3.2 Vývoj

Vývoj technológii IoT sa vyvíja v dvoch hlavných smeroch. Prvý smer je IoT zariadenie pre priemyselné účely a druhý je spotrebiteľské IoT zariadenie.

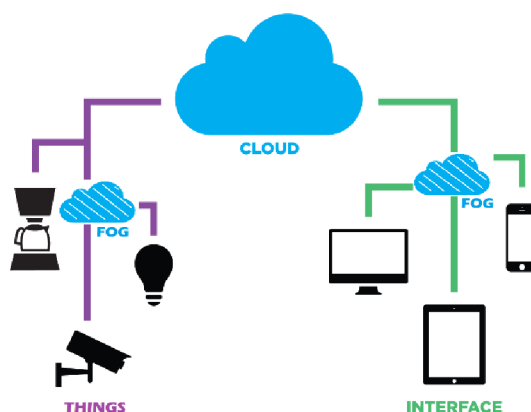
Pomocou technológii IoT by sa mohlo v priemysle zjednodušiť veľa služieb. V dnešné dobe najväčšie spoločnosti na komunikáciu medzi zariadeniami používajú M2M technológiu. Je pravdou, že aj táto technológia je schopná na komunikáciu bez príspevku človeka, ale technológia IoT navyše umožňuje jednotlivé dáta analyzovať. Analýza dát prebieha pomocou cloud computingu.

Cloud computing poskytuje služby alebo programy cez server, ktoré sú dostupné z internetu. Výhodou Cloud computingu je že užívatelia môžu použiť výpočtový výkon servera alebo programy na serveru bez nutnosti zakúpenia [23].



Obrázok č. 12: Znáozornenie funkcionality Cloud computingu. [24]

Cloud computing má tú nevýhodu, že pri systémoch, ktoré pracujú a potrebujú analýzu dát v reálnom čase, posielanie dát na cloud server je neakceptovateľný. Nahrávanie dát a prijatie výsledkov analýzy trvá hodne času, čo také systémy nemôžu dovoliť. Tie systémy využívajú tzv. Fog computing. Zariadenia spolu komunikujú medzi sebou, dáta sú lokálne spracovávané a úlohou cloud computingu je len doplnenie služieb. Táto štruktúra sa volá Fog computing.



Obrázok č. 13: Znáozornenie Fog computingu. [25]

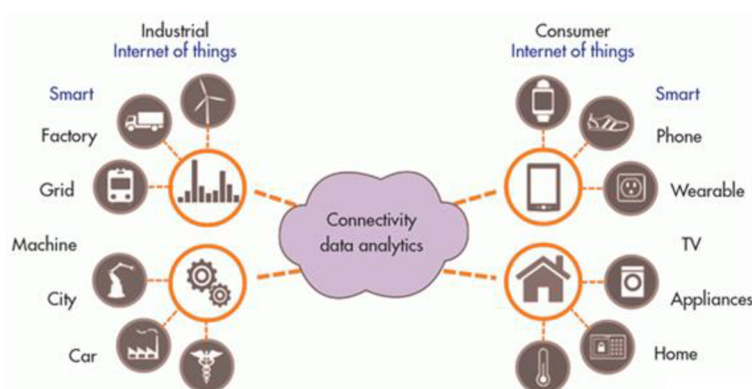
IoT zariadenia v priemyselnom (IIoT) segmente by mohli výrazne znížiť prevádzkové náklady, zvýšiť efektivitu pracovného postupu, zabezpečovať vyššie bezpečnostné pracovné podmienky a mnoho ďalších. Ako je možné vidieť na obrázku č. 14, technológia IoT má široké spektrum používania, od spoločností až k zdravotníctvu [26].

IoT technológiu sa dá uplatniť aj v domácnostiach na bežné užívanie. V domácnostiach IoT je zameraná na ovládanie a sledovanie stavov spotrebičov. Pri využívaní elektrických zariadení (napr. TV, chladnička) by mala uľahčiť a zjednodušiť život pomocou automatizácie jednotlivých činností.

Požiadavky na IoT zariadenie sú:

- získavanie dát,
- uloženie dát,
- analýza dát,
- zdieľanie výsledku.

Najväčšie problémy, ktoré sa týkajú IoT zariadenia sú kompatibilita a bezpečnosť. Problémy s kompatibilitou vznikajú kvôli neaplikovaniu jednotných štandardov. Zariadenia a senzory majú často rozličné dátové modely alebo rozličné spôsoby komunikácií, čo obťažuje spoluprácu medzi zariadeniami využívajúcich technológiu IoT. Druhý najväčší problém zariadenia súvisí s bezpečnosťou. Dáta môžu byť často citlivé. IoT zariadenia preto musia využívať rôzne bezpečnostné funkcie, šifrovanie, digitálne podpisy atď. od koncových uzlov aj pri prenose dát. Nevýhodou týchto bezpečnostných opatrností je komplikovanie celej infraštruktúry IoT zariadenia [26] [28][29].



Obrázok č. 14: Použitie IoT technológia. [69]

## M2M

„Technológia M2M spája všetky prvky akejkoľvek siete, počítače, mobilné telefóny a ďalšie zariadenia spolu s ich perifériami do jedného automatizovaného a súčasne manažovaného celku. Výrazne sa tým zjednoduší zber dát z akéhokoľvek miesta na svete, ich zdieľanie, sledovanie pohybu a stavu sledovaných objektov a ich vzdialenú správu. Všetky údaje následne integruje do komplexných dát a poskytuje sa tak ucelené a



prehľadné informácie pre zodpovedných a riadiacich pracovníkov, priemysel i štátnu správu“ [27].

## 2.4 Možné riešenia zadania

K riešeniam projektov, kde je potrebné poskladať alebo navrhovať hardvér, môžeme pristupovať z rôznych pohľadov. V dnešnej dobe máme oveľa viac možností ako bolo predtým. Poznáme veľa výrobcov komponentov od najstarších a najväčších ako sú napr. Atmel, STm, alebo Microchip, k malým čínskym výrobcom. Niektorí čínsky výrobcovia vyrábajú klony na základe výrobkov veľkých firiem. Tieto čínske výrobky sú prispôsobené na rôzne špecifické účely a často sú i lepšie a cenovo výhodnejšie ako originálne.

Pred návrhom hardvéru sa musíme rozhodnúť, akú cestu si zvoliť. Hľadáme odpovede na nasledujúce otázky:

- Aký výkon potrebujeme?
- Budeme napájať z akumulátora?
- Chceme vyrobiť vlastný plošný spoj?
- Koľko výstupov potrebujeme?
- Aké hardvérové rozhranie potrebujeme ?
- Čo je potrebné pre programovanie?
- V akom prostredí budeme programovať?
- Koľko stojí realizácia výsledného riešenia?

Tie otázky môžeme skladať do nekonečna. Ako už bolo spomenuté, existujú rôzne technické pohľady, z ktorých vyberieme jeden konkrétny, na ktorý sa budeme sústrediť. Keď potrebujeme, aby bol projekt robustnejší a ľahko vylepšiteľný, je najlepšie používať jednodoskový počítač, čo v dnešnej dobe je najnovším trendom. Výkon jednodoskových počítačov (napr. Raspberry Pi alebo Intel Edison) je tak vysoký, že umožňuje bezproblémové nainštalovanie rôznych operačných systémov a využitie výhod, ktoré poskytujú. Ako príklad môžeme uviesť bežne používaný operačný systém Linux.

Keď si chceme vytvoriť menší projekt, máme možnosť si vybrať samotné procesory, alebo jednoduchšie embedded dosky. Na embedded doskách sú už vopred nachystané všetky potrebné komponenty, ako napäťové stabilizátory, kryštál, ochrana a sú vyvedené výstupy popřípade signalizačné LED diódy. Máme možnosť si vybrať z 8 bitových a z 32 bitových procesorov. Jednotlivé procesory môžu byť zamerané na šetrenie energie, na veľký výpočtový výkon alebo na priemysel.

Pre programovanie mikrokontrolérov výrobcovia vydávajú programátor. Nákup programátora predstavuje najľahšiu a pritom i najefektívnejšiu cestu programovania, pretože môžeme využiť celý Flash v čipe. Na druhej strane je táto voľba najnákladnejšia, napr. na programovanie procesorov od Microchip PIC je potrebné si zakúpiť takzvaný PICKIT programátor. Nákupná cena programátora sa pohybuje okolo 100 €.

U AVR môžeme použiť AVR-ISP programátor a Microchip PICKIT (vid'. Obrázok č. 15) alebo v prípade, keď na počítači je paralelný port dá sa využiť aj paralelný programátor.



Obrázok č. 15: Na pravej strane AVR-ISP programátor, na ľavej strane PICKit 3 programátor pre PIC.  
[30] [71]

Aby nebolo potrebné používať programátor od výrobcu, alebo si vytvoriť zapojenia pre naprogramovanie mikrokontrolér, môžeme využiť mikrokontrolér s bootloaderom.

Bootloader je malý program, ktorý pri zapnutí a pri resete začne bežať. Jeho hlavnou funkciou je, aby čakal na pripojenie počítača a komunikáciu špeciálnej aplikácie. Najčastejšie tie zariadenie majú USB – UART prevodník a využívajú hardvérový UART z mikrokontroléra na komunikáciu, alebo majú vlastný hardvérový USB. U Arduino používajú pred mikrokontrolérom ešte jeden 8 bitový mikroprocesor ATmega 16U4. ATmega 16U4 má 8 kB pamäť na ukladanie bootloaderu a vytvorí USB 2.0 rozhranie. Sú rôzne bootloadery na Arduino podľa toho, v akom procesore budú a podľa toho sa zmení aj ich veľkosť, najväčší je cca. 2kB. Po pripojení Arduino do počítača bootloader čaká na software Arduino IDE.

Pre nahrávanie nového firmwaru existujú softwary na počítači, ktoré kompilujú program a posielajú ďalej pre bootloader. Bootloader skompilovaný program zapíše do pamäte mikrokontroléra. Takto stačí USB kábel na naprogramovanie Arduino a programovanie je komfortnejšie. Podmienkou nahrávania nového firmwaru je, že processor už obsahuje bootloader. Na trhu sa dajú kúpiť mikrokontroléry s vopred nahratým bootloaderom a aj bez bootloaderu.

U Raspberry Pi a u ostatných jednodoskových počítačov bootolader je súčasťou operačného systému a je nakopírovaný najčastejšie na kartu SD alebo na USB kľuč. Programy sú písané priamo v operačnom systéme.

Aby sme sa mohli správne rozhodovať, ktorou cestou sa vyberieme je potrebné si vytvoriť pár variant riešení, ktoré môžu byť nasledujúce:

- Varianta 1 – jednodoskový počítač,
- Varianta 2 – vlastná navrhovaná doska plošných spojov,
- Varianta 3 – ESP8266 Wi-Fi modul.

### 2.4.1 Využitie v projekte jednodoskové počítače

Na danú problematiku môžeme použiť jednodoskový počítač, na ktorom beží operačný systém a má veľa možností na budúce rozširovanie.

#### Raspberry Pi 2

Raspberry Pi [31] je jednodoskový počítač vo veľkosti kreditnej karty. Základom počítača je SoC od spoločnosti Boardcom, ktorý obsahuje procesor ARM1176JZF, ARM Cortex – A6 alebo ARM Cortex -A7. K tomu môže obsahovať 256 MB, 512 MB alebo 1 GB pamäti RAM. Vďaka priateľskej cene a vysokému výkonu modely Raspberry Pi sú najpopulárnejšie embedded systémy na trhu. Oba typy obsahujú grafický procesor. Hardware je tak výkonný, že umožňuje bezproblémové nainštalovanie a spustenie operačného systému ARM GNU/Linux, takisto špeciálnu verziu operačného systému Windows 10. Má 40 I/O portu (niektoré sa dajú použiť len na rozširovacie moduly), 4 USB porty a podporuje najpopulárnejšie protokoly ako SPI, I2C [31].

Vzniklo veľa neoficiálnych, ale i oficiálnych modulov na rozširovanie, ktoré umožňujú pripojiť kameru, komunikáciu cez RS232 a veľa ďalších.

Raspberry Pi je veľmi komplexný počítač, ktorý sa dá použiť v širokej oblasti elektroniky, kvôli flexibilita a vysokému výkonu.

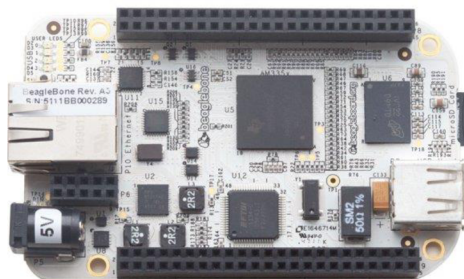


Obrázok č. 16: Raspberry PI 2. [31]

#### Beagle bone

BeagleBone [32] je alternatíva Raspberry Pi od spoločnosti Texas Instrument's. Využíva procesor ARM Cortex – A8. Od Raspberry Pi sa líši v tom, že má oveľa viac vstupov a

výstupov. Tie výhody je možné využiť pri väčších projektoch, kde je potrebný veľký výpočtový výkon, komplexnosť a veľa vývodov. Taktiež má aj grafický procesor a vďaka tomu cez mikro HDMI port umožňuje pripojenia displeja až do rozlíšenia 1280x1024 [32].



Obrázok č. 17: BeagleBone. [32]

Tabuľka č. 3: Porovnanie BeagleBone a Raspberry Pi 2. [31] [32]

	<b>BeagleBone</b>	<b>Raspberry Pi</b>
<b>Procesor</b>	1GHz ARM Cortex A8	700MHz ARM Cortex A7
<b>RAM</b>	512 MB @ 400 MHz	1 GB @ 400 MHz
<b>Pamet'</b>	2 GB	SD
<b>Napájanie</b>	5 V @ 210-460 mA	5 V @ 150 -350 mA
<b>GPIO</b>	65	40
<b>Periferiá</b>	USB, mini USB, Ethernet	2USB, 1Micro USB, Ethernet, RPI camera
<b>Suma</b>	45 e	34e

### Intel Edison

Intel Edison [33] je najmenší mikropočítač na svete. Má v sebe 32 bitový Intel Atom procesor, ktorý je taktovaný na 500 MHz a Arduino kompatibilný Quark x1000 tiež 32 bitový procesor taktovaný na 100 MHz. Má 4 GB ukladací priestor a 1 GB RAM, 40 vstupov a výstupov, duál-band Bluetooth, Wi-Fi a to všetko vo veľkosti karty SD [33].



Obrázok č. 18: Intel Edison. [33]

## Arduino

Arduino [34] je druhá najpopulárnejšia embedded platforma. Napriek tomu, že nemá taký veľký výkon ako Raspberry Pi na menšie projekty je vhodný.

Typy Arduina:

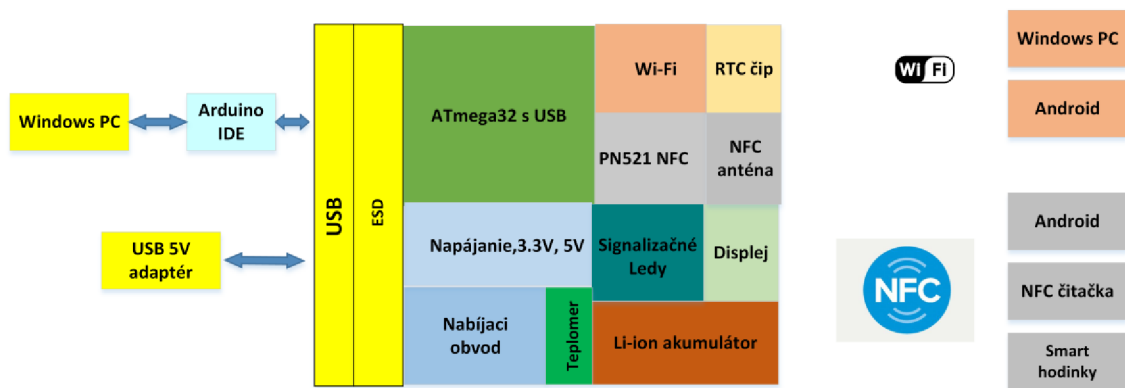
- **Arduino uno** – vyrábajú sa 3 varianty. Základné typy majú 8 bitový procesor ATmega8. Najstaršie majú 16 kB Flash pamäte, novšie majú 32 kB. Procesory majú všetky periférie, ktoré by boli potrebné na tento projekt, ale samotný čip je zastaralý,
- **Arduino Due** - využíva ARM Cortex M3, 32 bitový procesor, ktorý je taktovaný na 84 MHz, 100MIPS,
- **Arduino MEGA** - má zabudovanú Atmega 2560 8-bitový procesor, ktorý obsahuje 53 vstupov/výstupov. Na tento projekt by nebol využiteľný a kvôli veľkosti by bol aj zbytočné,
- **Arduino Zero** - Cortex M0 je novšia verzia s 32 bitovým procesorom,
- **Arduino YUN, Leonardo, micro** - tie arduiná používajú novší procesor Atmega 32u4, ktorý má tú výhodu, že má USB perifériu hneď v čipe. Tak sa dá ušetriť s komponentami a veľkosťou. Vývody sú vyvedené na kraj plošného spoja a sú tak navrhované, aby boli kompatibilné s rôznymi modulmi, senzormi. Arduino YUN sa líšia v tom, že má v sebe zabudované Wi-Fi rozhranie, ale je to skôr nevýhoda ako výhoda lebo cenovo je oveľa drahší, než konkurenčné modely alebo základný Arduino s kombinovaným Wi-Fi modulom.

Je nespočítateľne mnoho typov embeded systémov. Existujú aj menej populárnejšie modely ako sú Cubieboard, apc rock, A13 OlinuXino, hackberry atď.

Na tento projekt by bol najvhodnejší Arduino s procesorom Atmega 32u4, lebo je kompaktný a nie je zbytočne veľký. Jedným základným cieľom projektu je čo najmenšia veľkosť hotovej dosky plošného spoja. Z tohto dôvodu zakúpené hotové riešenie ako Arduino alebo Raspberry Pi by neboli vhodné, lebo na každom sú komponenty a vývody, ktoré nebudú používané a zoberú veľa miesta.

## 2.4.2 Vlastne navrhovaná doska plošných spojov

Ďalšia možnosť je vytvorenie vlastnej dosky plošného spoja na tie isté účely. Zariadenie by malo byť čo najlacnejšie, ale pritom mať aj kvalitné komponenty. Procesor podľa predchádzajúcej kapitoly bol zvolený Atmega32. Tento procesor je kompatibilný s Arduino IDE rozhraním. Je k dispozícii veľmi veľa knihozní, čo dosť uľahčuje prácu. Na procesor existuje hotový bootloader a vďaka tomu sa dá programovať, debugovať cez USB. Atmega32 má zabudované USB rozhranie, a kvôli tomu nie je potrebné riešiť zvlášť sériovú emuláciu alebo inú variantu komunikácie s počítačom. Štruktúra systému je znázornená na obrázku č.19. Hlavnými časťami zariadenia sú USB vstup, mikrokontrolér a rôzne komunikačné zariadenia vrátane nabíjacieho obvodu.



Obrázok č. 19: Bloková schéma vlastného DPS s mikrokontrolérom ATmega32.

Časť USB slúži na bežnú komunikáciu medzi počítačom a mikrokontrolérom. Pomocou USB portu sa dá nahrávať program (firmware), používať debugger pomocou USB rozhrania na mikrokontroléru. Ďalej USB slúži aj na nabíjanie akumulátora, predpokladanou štandardnou nabíjačkou 5V/1 A, alebo väčšou. Cez USB sa dá tiež nabíjať pomocou počítača.

Zariadenie má zabudovaný automatický nabíjací obvod na akumulátor Lítium - Polymer. Napätie z akumulátora stabilizuje a prispôsobuje LDO. Mikrokontrolér má hardvérové USB rozhranie, kvôli čomu nie sú potrebné medzi USB portom a mikrokontrolérom iné integrované obvody. Na mikrokontrolér je napojený Wi-Fi modul, čo slúži na bezdrôtovú komunikáciu s počítačom. Typy Wi-Fi modulu sú rozobrané v kapitole 3.1.3. Komunikácia využije protokol TCP/IP. Server je zariadenie s Wi-Fi modulom, klientom je počítač. Na počítači je špeciálna aplikácia, s ktorou sa dá konfigurovať a komunikovať s Wi-Fi modulom a zároveň i mikrokontrolérom. NFC slúži na bezdrôtovú komunikáciu s Android inteligentným telefónom a NFC čítačkou, alebo inteligentnou hodinkou.

Zariadenie má v sebe zabudovanú anténu na NFC prenos. Na prijímanie dát je potrebné nainštalovať špeciálny software, ktorý dáta usporiada.

Zariadenie má vstup na OLED displej a užitočné informácie poskytuje aj tam.

### 2.4.3 Vlastne navrhovaná DPS s využitím Wi-Fi modulu

ESP8266 [35] je Wi-Fi modul od čínskeho výrobcu Espressif. Umožňuje pripojenie Wi-Fi sieť. Je to samotný SoC s integrovaním TCP/IP stackom. ESP8266 modul je vopred naprogramovaný a nastavený. Ovláda sa s AT príkazmi cez UART. ESP8266 je veľmi efektívna doska s veľkou komunitou.

Jeho zaujímavosťou je to, že s vhodným kompilátorom sa do jeho pamäti dá nahrávať vlastný program, ktorý sa dá aj spustiť, a preto je možné zanedbať samotný mikrokontrolér a teoreticky stačí použiť len Wi-Fi modul.

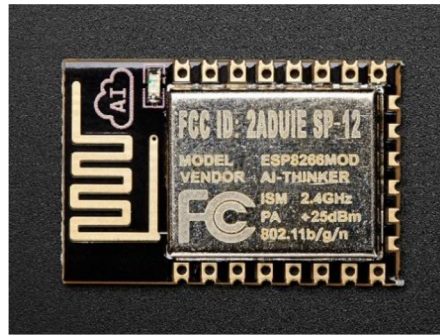
ESP8266 má v sebe 32bitový 80 MHz procesor s externou QSPI Flash pamäťou, čo môže byť od 512 KB do 4 MB. Povoľuje štandard IEEE 802.11 b/g/n Wi-Fi a má rozhranie SPI, I2C a UART. Vytvorili z toho rôzne varianty v bezkonkurenčnej cene. Základný model má len RX, TX na UART a dva I/O porty. Čip ľahko užíva aj SPI, AD prevodník, I2C a má aj PWM výstup, preto vznikli rôzne firmware, ktoré umožňujú rozšíriť využitie Wi-Fi modulu [35].

Tabuľka č. 4: Parametry Wi-Fi modulu ESP8266.

Procesor	I/O porty	ROM	Rozhranie
32bit, 80 MHz	16	512 kB - 4MB	UART, I2C, SPI, A/D, PWM

Najnovšie trendy sú IoT zariadenie (Internet of Think) a ESP8266 hrá vtom dôležitú rolu kvôli univerzálnosti (viac vid'. v kapitole 2.4). Wi-Fi modul sa dá použiť na veľmi veľa účelov, ale ESP8266 ponúka oveľa viac. Vydali k tomu SDK, ktorým sa dá vytvoriť vlastný firmware. Vďaka veľkej komunite vyvinuli spôsob ako ešte rozšíriť funkčnosť Wi-Fi modulu, a to tým, že sa dá priamo do ESP8266 nahráť vlastný kód pomocou Arduino IDE čo umožňuje kompatibilitu aj s Arduino knihovňami. Takto získame veľmi malý programovateľný mikrokontrolér s Wi-Fi rozhraním. Spotreba v pohotovostnom režime je menej ako 1 mW.

Celý systém je uložený na 1 Flash čip. Nahrávané programy nezmenia systémové súbory vďaka čomu môžeme použiť na ukladanie programy a konfigurácie.



Obrázok č. 20 : ESP8266. [36]

Sú aj iní výrobcovia, ktorí ponúkajú rovnaké služby, ale najväčšiu popularitu má ES8266 kvôli cene.

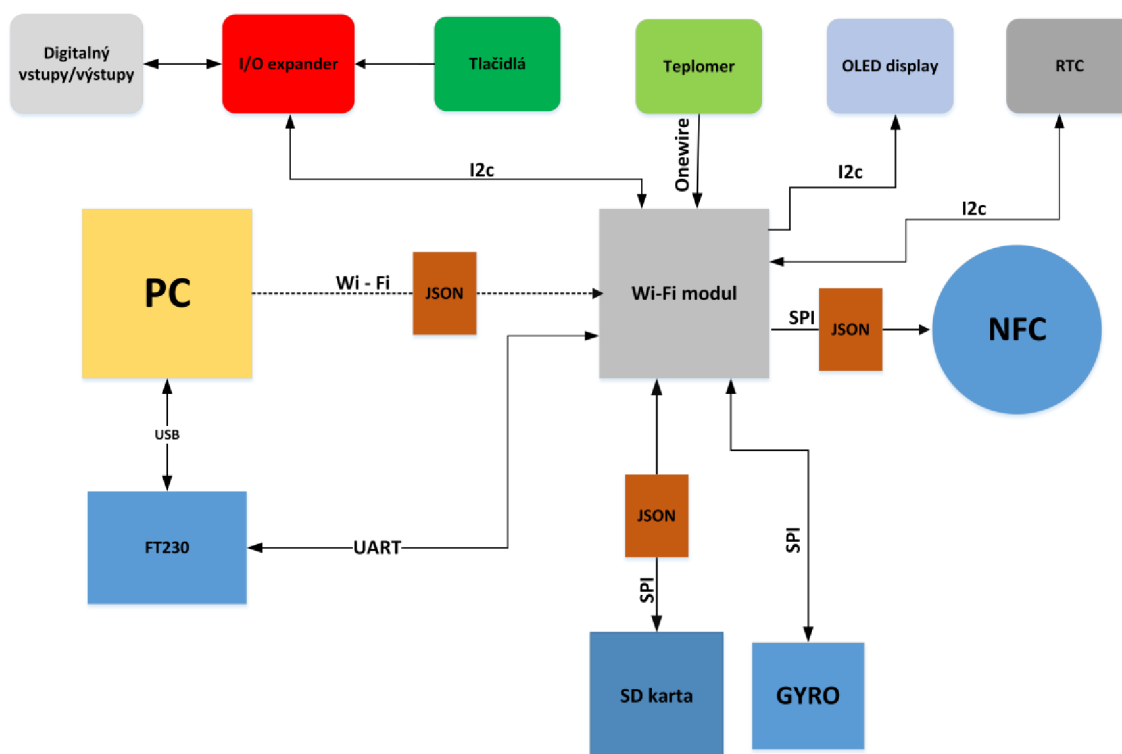
Tabuľka č. 5: Porovnanie bežných Wi-Fi modulov. [37]

	WiFly Shield	Wifi Shield	Huzzah CC3000	ESP-01	ESP-12	Huzzah ESP8266
Company	Sparkfun	Arduino.cc	Adafruit	Espressif	Espressif	Adafruit
Wifi Chip/Module	RN-131C	HDG204	CC3000	ESP8266	ESP8266	ESP8266
Wifi Standards	802.11 b/g	802.11 b/g	802.11 b/g	802.11 b/g/n	802.11 b/g/n	802.11 b/g/n
Packets	TCP and UDP	TCP and UDP	TCP and UDP	TCP and UDP	TCP and UDP	TCP and UDP
Modes	Client & Server	Client & Server	Client & Server	Client & Server	Client & Server	Client & Server
Concurrent Sockets	?	4	4	5	5	5
Access Point Mode	Yes	Unclear	No	P2P, Soft-AP	P2P, Soft-AP	P2P, Soft-AP
Size	Arduino Shield 66 x 53mm	Arduino Shield 66 x 53 mm	26.22 x 40.45 x 2.95mm (Note 1)	21 x 11 mm	24 x 16 mm	25 x 38 mm
Interface	SPI	SPI	SPI	TTL Serial	TTL Serial	TTL Serial
Encryption	up to WPA2-PSK	up to WPA2-PSK	up to WPA2-PSK	up to WPA2-PSK	up to WPA2-PSK	up to WPA2-PSK
Sleep Current	4 uA	?	?	<10 uA	<10 uA	Note 4
Transmit Current	210 mA (max)	~210 mA	350 mA	215 mA (typ)	215 mA (typ)	Note 4
Receive Current	40 mA	?	?	~60 mA	~60 mA	Note 4
Digital Pins	10	0	0	2	9	9
Analog Pins	8	0	0	0	1	1
Other Pins	SPI	0	0	0	0 (E variant adds more)	0
Programmable Microcontroller	No	Yes	No	Yes	Yes	Yes
Misc Features		Micro SD	2 antenna variants			
Cost (US dollars)	\$69.95	\$84.95	\$34.95	\$2.75 to \$6.95 (Note 2)	\$3.37 to \$6.95 (Note 3)	\$9.95



### 3 VLASTNÉ RIEŠENIE

Vo výslednom návrhu bola zvolená varianta 4 - ESP8266. Táto cesta bola zvolená hlavne preto, lebo týmto spôsobom je možné vynechať mikrokontrolér a môžeme použiť samotný Wi-Fi modul ako mikrokontrolér, čo je úspornejšie z hľadiska spotreby. ESP8266 v porovnaní s bežnými mikrokontrolérmi môže zabezpečiť podobný výkon (32 bit, 80 MHz). Výsledné zariadenie bude kompaktnějšíe, aj cenovo výhodnejšie. Nevýhodou je menšie množstvo vývodov. Z tohto dôvodu je potrebné si všetky zariadenia zvoliť tak, aby sa dalo s nimi komunikovať pomocou zbernice I2C alebo SPI.



Obrázok č. 21: Bloková schéma zariadenia pomocou ESP8266.

Hardware sa skladá z vyššie uvedených častí.

Hlavnou časťou celého návrhu je Wi-Fi modul ESP8266, ktorý ovláda komunikáciu cez SPI zbernicu čipu NFC, kartu SD, gyroskop. Pomocou zbernice I2C je ovládaný expander, OLED displej a RTC. Pomocou protokolu OneWire komunikuje aj s teplomerom. ESP8266 má hardvérový UART, ktorý je využívaný na komunikáciu s počítačom cez USB kábel typu mikro USB. Aby bola zaručená kompatibilita medzi USB konektorom a UART zbernicou, je pridaný USB-UART prevodník od firmy FTDI.

USB rozhranie slúži na debugovanie, na nahrávanie softwaru do Wi-Fi modulu a aj cez USB sa dá nabíjať akumulátor zariadenia.

ESP8266 obsahuje A/D prevodník, ktorý je využívaný na meranie napätia akumulátora. Pomocou expanderu je riadený gyroskop, vstupy na dvoch mikrospínačoch, 2 programovateľné výstupy s optočlenom a 6 digitálnych vstupov/výstupov.

Displej slúži na signalizáciu a ukazuje najdôležitejšie informácie pre užívateľa. V skrytom menu sa dajú nastavovať a sledovať senzory a komponenty zariadenia. V menu zobrazuje stav akumulátora, aktuálny stav Wi-Fi siete a teplotu. Ďalej umožňuje vypnúť či zapnúť Wi-Fi časť modulu a NFC, jednotlivé senzory a výstupy.

Informácie, ktoré posiela počítač na ESP8266 sa automaticky uložia na kartu SD ako záloha. Po vypnutí nie je potrebné tieto údaje znova posielať, ESP8266 ich automaticky načíta z SD karty. Na SD kartu ukladá aj históriu dát, zapamätá si posledných 10 nahraných balíkov dát. Každú minútu nameria teplotu a napätie akumulátora. Namerané dáta z teplomera a napätie akumulátora sa raz za hodinu uložia na kartu SD.

Gyroskop bol implementovaný do zariadenia preto, aby pomáhal znížiť spotrebu. Gyroskop sleduje javy, kedy má zariadenie zobudiť a uspať. V tejto časti práce gyroskop nie je využívaný. Nebol implementovaný do software a nie je osadený na DPS, ale kvôli budúceho rozšíreniu a kompletizovaniu je navrhnutý na DPS a počíta sa s ním i pri výpočte spotreby zariadenia.

### **3.1 Napájací a nabíjací obvod zariadenia**

Celý systém je napájaný pomocou akumulátora. Je potrebné vyriešiť problematiku nabíjania a napájania. Aby bola zabezpečená čo najväčšia výdrž akumulátora, je potrebné si uvedomiť pár vlastností príslušného akumulátora a komponentov. Potrebujeme vhodne zvoliť kapacitu akumulátora, ktorá by mala byť podľa možnosti čo najväčšia. Pri zvolení komponentov je potrebné uvažovať, že systém bude napájaný z akumulátora. Kvôli tomu je nutné si zvoliť komponenty s čo najmenšou spotrebou a efektívnejšími úspornými režimami. Pri písaní softwaru musíme používať techniky pre úsporu energie ako je napr. využitie hardvérového prerušenia, využitie spánkových módov senzorov a procesora, obmedzenie komunikácie.

Pri zvolení napájacej časti zariadenia je nutné vopred vypočítať spotrebu súčiastok a podľa toho si zvoliť napájací obvod. Zariadenie je napájané z akumulátora. Napätie akumulátora pri používaní môže klesať, preto je potrebné použiť stabilizačný obvod. Stabilizátor napätia je integrovaný obvod, ktorý udržiava konštantné napätie na výstupe pri zmene vstupného napätia alebo záťažového prúdu.

Stabilizátory môžu byť s konštantným alebo nastaviteľným napätím. V projekte boli súčiastky vybrané tak, aby sa ich potrebné napätie zrovnalo. Vďaka tomu stačí len jeden stabilizátor napätia s konštantným napätím, ale s väčším záťažovým prúdom.

Aby bol stabilizátor čo najvhodnejší pre dané účely, je potrebné si zvoliť podľa parametrov :

- **veľkosť vstupného a výstupného napätia**, ktoré je potrebné zvoliť podľa akumulátora a podľa súčiastok v zariadení. Rozsah vstupného napätia udáva, aké je minimum a maximum napätia, čím dokáže správne stabilizovať stabilizátor. Vstupné napätie musí byť vždy väčšie, ako výstupné. Rozdiel medzi vstupným a výstupným napätím je ďalšia kľúčová vlastnosť stabilizátora, čo je uvedené v katalógu danej súčiastky,
- **prúdovú zaťažiteľnosť**, čo je katalógová hodnota stabilizátora a udáva maximálny dovolený výkon na stabilizujúci prvok (stabilizátory obvykle obsahujú integrovanú prúdovú poistku),
- **úbytok napätia**, čo udáva rozdiel medzi vstupným a výstupným napätím. Sú rôzne typy stabilizátorov, u ktorých sa tento parameter výrazne mení. Štandardne u jednoduchých stabilizátorov je úbytok napätia okolo 1 V až 3 V. Sú špeciálne, takzvané Low-Drop stabilizátory, ktoré majú rádovo menší úbytok okolo 250 - 500 mV a
- **cenu**, čo sa môže pohybovať v intervale 1 až 10 € podľa používaného druhu stabilizátora.

V tomto projekte sú súčiastky vybrané tak, aby každá mala 3.3 V a podľa toho bol vybraný jej stabilizátor.

Aby bola zabezpečená čo najmenšia spotreba, bol zvolený taký regulátor, ktorý podľa katalógovej hodnoty vykazuje najmenší úbytok napätia.

Tabuľka č. 6: Spotreba jednotlivých komponentov.

Zariadenie	I max	I sleep
NFC	20 mA	80 uA
FT230	8 mA	125 uA
Teplomer	1 mA	750 nA
Gyroskop	6 mA	150 nA

Tabuľka č. 7: Spotreba modulu ESP8266 v rôznych režimoch.

Režim	I
Tx 802.11b	170 mA
Tx 802.11g	140 mA
Tx 802.11n	120 mA
Rx 802.11b	50 mA
Rx 802.11g	56 mA
Rx 802.11n	56 mA
Modem-Sleep	15 mA
Light-Sleep	0.5 mA
Deep-Sleep	10 uA
Power OFF	0.5 uA

Tabuľka č. 8: Spotreba karty SD.

Režim	I [mA]
Čítanie	50 - 200
Zápis	50 - 200
Sleep	0.1

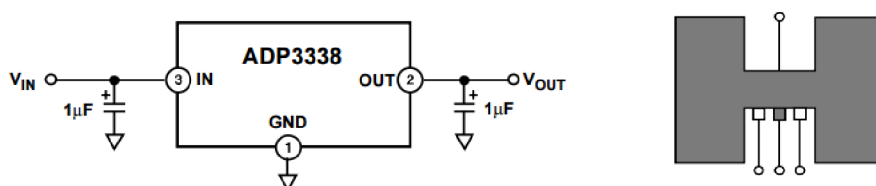
Zaťažiteľnosť je užitočný parameter stabilizátora, ale bez toho, aby sa dali vedieť spotreby jednotlivých zariadení, sa nedá rozhodnúť. V tabuľke č.4 a č.5 a č.6 sú znázornené spotreby Wi-Fi modulu a karty SD. Ostatné zariadenia v zapojení majú spotrebu maximálne 35 mA. V najhoršom prípade môžu mať zariadenia celkovú spotrebu 415 mA. Aby stabilizátor nebol zaťažovaný maximálnym povoleným prúdom a aby ostala aj rezerva na budúce rozšírenie bol zvolený 1 A stabilizátor.

Tabuľka č. 9: Porovnanie LDO stabilizátorov.

Výrobca	Meno	I <sub>max</sub> [A]	U <sub>out</sub> [V]	U <sub>lowdrop</sub> (pri 1A) [mV]	cena [Kč]
ON Semiconductor	NCP1117	1.1	3.3	800	8
<b>ANALOG DEVICES</b>	<b>ADP3338AK CZ</b>	<b>1</b>	<b>3.3</b>	<b>190</b>	<b>65</b>
Micrel	MIC2940A	1.2	3.3	450	53
STMicroelectronics	LDF33PT	1	3.3	500	38
DiodesZetex	AP7361	1	3.3	500	9

V projekte bol zvolený LDO stabilizátor napätia od výrobcu Analog devices ADP3338. Maximálna prúdová zaťažiteľnosť podľa katalógu je 1A, úbytok napätia stabilizátora pri 1A je len 190 mV. Vstupné napätie môže byť od 2.7 V do 8 V. Najčastejšie tento typ stabilizátorov sa používa v notebookoch, MP3 prehrávačoch a u ostatných zariadení

s akumulátorom, lebo vykazuje veľmi malú spotrebu a má relatívne malú veľkosť. Pre používanie je potrebné pridať kondenzátor, podľa katalógu na vstup i na výstup aspoň 1  $\mu\text{F}$ . Integrovaný obvod je ošetrený tepelnou ochranou. Nad  $160^{\circ}\text{C}$  stabilizátor prepne do ochranného režimu a výstupný prúd bude obmedzený. Integrovaný obvod je v puzdre SOT-23 a takisto ako u SMD bežných súčiastok sa nedá na to pripevniť chladič. Kvôli tomu okolo stabilizátora je vytvorená väčšia medzová plocha na DPS, čo umožňuje dosiahnuť lepšiu disipáciu tepla.



Obrázok č. 22: Zapojenie LDO stabilizátora a chladiča pre SMD komponenty podľa katalógu. [38]

Nabíjací obvod je potrebné vybrať podľa parametrov akumulátora, ktoré budú používané vo výslednom zariadení.

Najdôležitejšie parametre akumulátora na ktoré bude zvolená nabíjačka sú nasledujúce:

- typ akumulátora,
- napätie,
- kapacita.

### Typ akumulátora

Každý typ akumulátorov je potrebné nabíjať s inou charakteristikou a dodržať iné podmienky ako teplotný rozsah alebo minimálna a maximálna hranica napätia článku. Do malých zariadení sa najčastejšie používajú Li-ion alebo Li-Po akumulátory kvôli životnosti a kvôli veľmi vysokej hustote energie. Nabíjačku je potreba zvoliť tak, aby podporovala zvolený typ akumulátora.

### Napätie

Je potrebné vopred zvoliť koľko článkový akumulátor bude v zariadení a podľa toho potrebnú nabíjačku a prispôbiť na to napájací obvod. Jeden článok Li-Po akumulátora má 3.7 V, ale napr. u NiMH akumulátor len 1.2 V.

## Kapacita

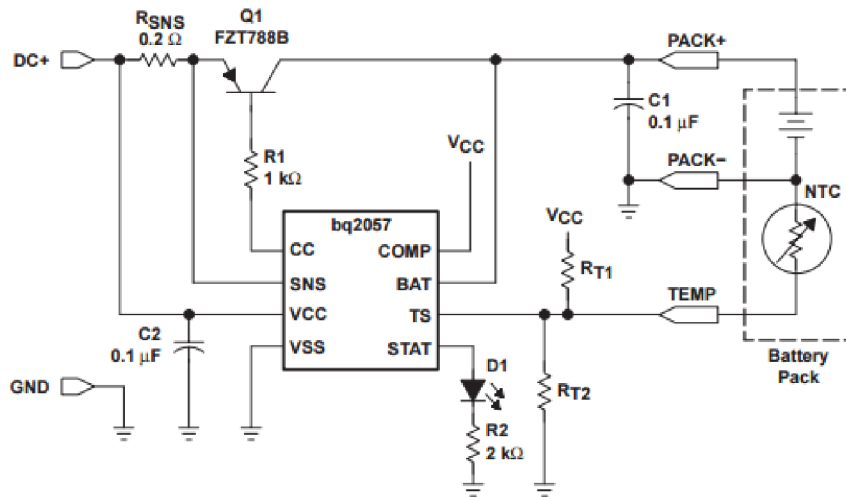
Tento parameter udáva, koľko prúdu dokáže akumulátor za hodinu odovzdať. Samozrejme čím väčšia je kapacita, tým je aj väčšia výdrž zariadenia akumulátora. Čím je väčšia kapacita, tým sa zvýši aj veľkosť a hmotnosť akumulátora. Kapacita akumulátora z hľadiska nabíjačky udáva, koľko času bude potrebné, aby nabíjačka nabila akumulátor. Výrobcovia akumulátora udávajú aj to, koľko je maximálny prúd, ktorým sa dá nabíjať akumulátor a podľa toho je potrebné zvoliť alebo nastaviť nabíjací prúd. Maximálny prúd nabíjania závisí i na napájacom zdroji nabíjačky. Malé a nositeľné zariadenia najčastejšie nabíjajú cez USB port. Zariadenia ako notebooky, power banky sú stále vybavené len USB 2.0 a tie dokazujú odovzdať podľa štandardu maximálne 2A. Najčastejšie adaptéry na mobilné telefóny sú schopné odovzdať len 2A. Z tohto dôvodu aj toto zariadenie je prispôbené na nabíjania akumulátora s 2A prúdom. Porovnanie akumulátorov je v tabuľke č.8.

Tabuľka č. 10: Porovnanie technológií akumulátorov. [39]

Specifications	Lead-Acid	NiCd	NiMH	Li-Ion		
				Cobalt	Manganese	Phosphate
Specific energy density (Wh/kg)	30 – 50	45 – 80	60 – 120	150 – 190	100 – 135	90 – 120
Internal resistance (mΩ/V)	<8.3	17 – 33	33 – 50	21 – 42	6.6 – 20	7.6 – 15.0
Cycle life (80% discharge)	200 – 300	1,000	300 – 500	500 – 1,000	500 – 1,000	1,000 – 2,000
Fast-charge time (hrs.)	8 – 16	1 typical	2 – 4	2 – 4	1 or less	1 or less
Overcharge tolerance	High	Moderate	Low	Low	Low	Low
Self-discharge/month (room temp.)	5 – 15%	20%	30%	<5%	<5%	<5%
Cell voltage	2.0	1.2	1.2	3.6	3.8	3.3
Charge cutoff voltage (V/cell)	2.40 (2.25 float)	Full charge indicated by voltage signature	Full charge indicated by voltage signature	4.2	4.2	3.6
Discharge cutoff volts (V/cell, 1C*)	1.75	1	1	2.5 – 3.0	2.5 – 3.0	2.8
Peak load current**	5C	20C	5C	> 3C	> 30C	> 30C
Peak load current* (best result)	0.2C	1C	0.5C	<1C	< 10C	< 10C
Charge temperature	-20 – 50°C	0 – 45°C	0 – 45°C	0 – 45°C	0 – 45°C	0 – 45°C
Discharge temperature	-20 – 50°C	-20 – 65°C	-20 – 65°C	-20 – 60°C	-20 – 60°C	-20 – 60°C
Maintenance requirement	3 – 6 months (equalization)	30 – 60 days (discharge)	60 – 90 days (discharge)	None	None	None
Safety requirements	Thermally stable	Thermally stable, fuses common		Protection circuit mandatory		
Time durability				>10 years	>10 years	>10 years
In use since	1881	1950	1990	1991	1996	1999
Toxicity	High	High	Low	Low	Low	Low

Z predošlého rozboru vyplýva, že na toto zariadenie je najvhodnejší akumulátor Li-ion alebo Li-Po s čo najväčšou kapacitou. Boli zvolené dva 1 článkové Li-Po akumulátory. Každý článok má kapacitu 4A. Zariadenie v bežnom použití vykazuje spotrebu medzi 100 a 150 mA. Teoretická výdrž akumulátora by mala byť okolo 53 hodín, ale akumulátor v skutočnosti nedokáže dodať maximálnu kapacitu a po danom čase a kvôli teplote sa zhoršujú jej parametre. Požadovaná výdrž akumulátora je 24 hodín, čo hravo splnía aj dvojnásobne.

Podľa parametrov bol zvolený BQ2057TTS od výrobcu Texas Instruments. Nabíjací integrovaný obvod vytvorili práve pre nabíjanie nositeľných spotrebičov, preto vie aj extra funkcie ako sledovanie teploty akumulátora alebo automatický spánkový režim [40].



Obrázok č. 23: Zapojenie nabíjací IC podľa katalógu. [40, s. 7]

Pri návrhu nabíjacieho obvodu parametre komponentov boli používané podľa katalógu. Aby sa dalo využiť funkciu nabíjačky na sledovanie teploty akumulátora, je potreba pripojiť k tomu NTC alebo PTC termistor. Na základe odporu termistora zvolíme 2 rezistory pre nastavenia pracovného bodu termistoru. Bol používaný 10 kohm NTC termistor.

Výpočet  $R_{T1}$  a  $R_{T2}$  :

$$R_{T1} = \frac{5 * R_{TH} * R_{TC}}{3 * (R_{TC} - R_{TH})} \quad (1)$$

$$R_{T2} = \frac{5 * R_{TH} * R_{TC}}{(2 * R_{TC}) - (7 * R_{TH})} \quad (2)$$

$R_{TH}$  a  $R_{TC}$  môžeme vyčítať z katalógu NTC.  $R_{TH}$  je odpor pri teplote 100 °C a  $R_{TC}$  je odpor pri - 40 °C.

Tabuľka č. 11: Parametre NTC termistoru. [41]

Skupina	NTC	
Provedení	Vývodové	
R(Tx)	10K	Ohm
Tx	25	°C
Tmin	-40	°C
Tmax	150	°C
R(T1)/R(Tx)	33,21	Ohm
T1	-40	°C
R(T2)/R(Tx)	0,6773	Ohm
T2	100	°C
TK(Tx)	4,37	ppm/°C
Pouzdro	disk 3,3 x RM 2,5	

$$R(T1) = R_{TC}$$

$$R_{TC} = 33.21 * R_{TX}$$

$$R_{TC} = 33.21 * 10\ 000$$

$$R_{TC} = 332.1\ kohm$$

$$R(T2) = R_{TH}$$

$$R_{TH} = 0.6773 * R_{TX}$$

$$R_{TH} = 0.6773 * 10\ 000$$

$$R_{TH} = 6.6\ kohm$$

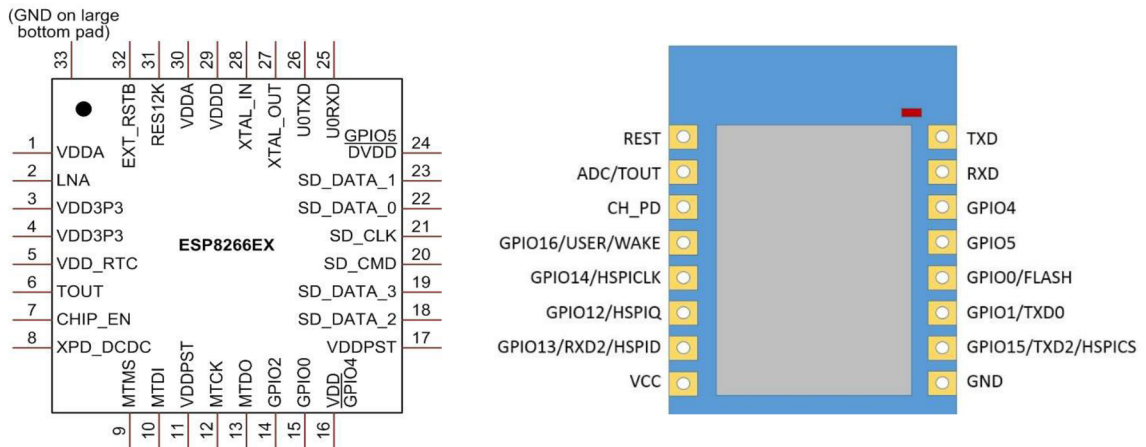
$$R_{T1} = \frac{5 * 6.6 * 332.1}{3 * (332.1 - 6.6)} = 11.22\ kohm \approx 12\ kohm$$

$$R_{T2} = \frac{5 * R_{TH} * R_{TC}}{(2 * 332.1) - (7 * 6.6)} = 17.73\ kohm \approx 18\ kohm$$

## 3.2 Wi-Fi modul ESP8266

ESP8266 je mnohostranný výrobok na vytvorenie Wi-Fi siete hlavne pre IoT zariadenie. Pôvodne funguje v UART režime. Na komunikáciu a konfiguráciu je možné použiť UART rozhranie so štandardnými AT príkazmi. V druhom režime môžeme vhodným kompilátorom kompilovať a nahrávať do pamäte program, čo dokáže spustiť. Také vývojové prostredie, ktoré obsahuje kompilátor je napr. Arduino IDE alebo Eclipse. Po nakonfigurovaní vývojové prostredie pomocou USB-UART prevodníku rozpozná ESP8266 a umožňuje nahrávanie programov a prípadne debugovanie.



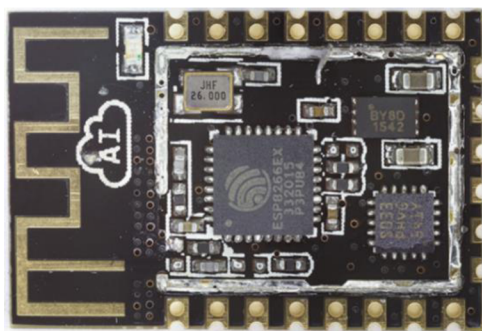


Obrázok č. 24: Vývody ESP8266. [42][43]

Pre prepínanie režimov sú použité 2 vývody, GPIO15 a GPIO0. Obidva vývody vyžadujú napojenie na GND. V prípade nahrávania programu do zariadenia. Miesto odkiaľ bootuje systém môžeme zvoliť s digitálnym vstupom GPIO15. Keď GPIO15 nie je nikam napojený alebo je napojený na 3.3 V (logická úroveň 1), vtedy zariadenie spustí pôvodný file systém. Wi-Fi modul je možné ovládať s AT príkazmi pomocou UART zbernice. Keď GPIO15 pripojíme na GND, vtedy ESP8266 prepne do druhého režimu a bootuje zo špeciálnej časti pamäte, kam je možný nahrávať vlastný program. Keď táto časť pamäti obsahuje program tak program sa spustí a pritom paralelne beží aj vlastný operačný systém zariadenia, ktorý ovláda pôvodné služby (Wi-Fi). Pomocou GPIO0 môžeme zvoliť režim, ktorý povolí nahrávať program do Flash pamäte. Keď GPIO0 pripojíme na GND pomocou vývojového prostredia môžeme nahráť vlastný program. Nahrávanie prebieha cez UART zbernicu. V opačnom prípade ESP8266 nahrávanie nedovolí.

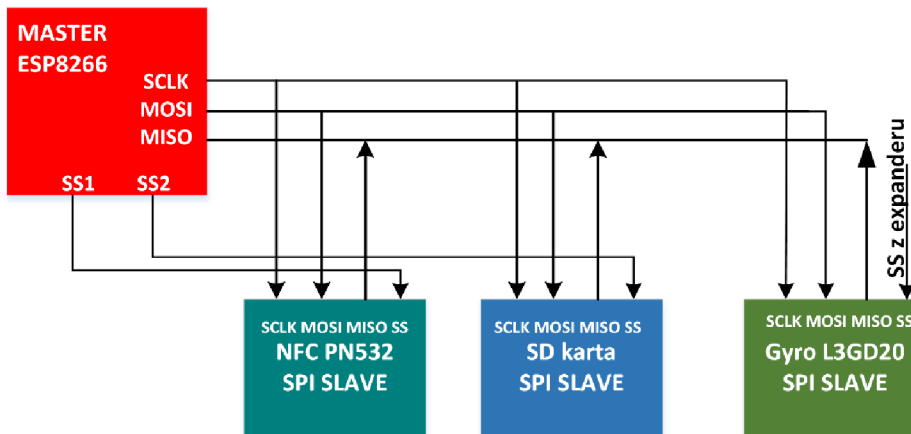


Obrázok č. 25: File štruktúra QFLASH čipu na ESP8266.



Obrázok č. 26: Reálny vzhľad modulu ESP8266. [44]

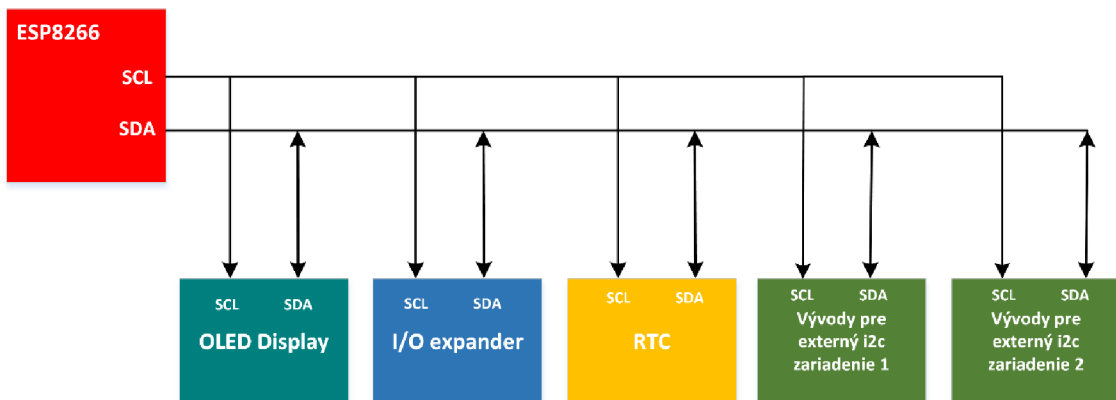
ESP8266 obsahuje dedikovanú hardwarovú SPI zbernicu na vývodoch GPIO 14, GPIO 13, GPIO 12. Vývod GPIO14 slúži na generovanie hodinových signálov (SCLK), GPIO13 je master výstup a slave vstup (MOSI) a GPIO12 je master vstup a slave výstup (MISO). Na SPI zbernicu je napojený NFC čip a karta SD. Na vývody SPI je potrebné pridať pull-up rezistory.



Obrázok č. 27: Bloková schéma zapojenia SPI zbernice s komponentami.

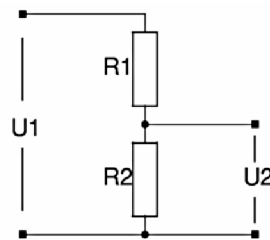
Na module je využívané aj I2C rozhranie. Pôvodne na GPIO5 generuje hodiny a GPIO4 sú dáta ale ľahko sa dajú vývody prekonfigurovať a preto v projekte GPIO4 poskytuje hodiny a GPIO2 je využívaný na dáta. Na vývody SCL a SDA tiež je potrebné pridať pull up rezistory. Na I2C je napojený displej a expander.

Na DPS sú pridané ešte dva vývody na I2C, aby sa dal na to pripojiť akýkoľvek senzor alebo iné zariadenie, ktoré podporuje I2C zbernicu. Na modul sa dá maximálne pripojiť 64 rôznych zariadení.



Obrázok č. 28: Bloková schéma zapojenia I2C zbernice s komponentami.

ESP8266 modul obsahuje jeden interný 10bitový A/D prevodník, ktorý je v projekte využívaný na meranie napätia akumulátora. Podľa katalógu maximálne vstupné napätie prevodníka je 1 V. Plne nabité Li-Po akumulátory môžu dosiahnuť až 4.3 V, preto je potrebné napätie prispôbiť na maximálnu hodnotu 1 V. Existuje veľa spôsobov ako vytvoriť interval napätia medzi 0 - 1 V z napätia 0 – 4.3 V. Najjednoduchším spôsobom je používanie napäťového deliča. Meranie prostredníctvom napäťového deliča nebude tak presné ako keby bol používaný napr. operačný zosilňovač. V našom prípade vznikajúca nepresnosť nehrá veľkú rolu a spôsob s operačným zosilňovačom by bola oveľa komplikovanejšia. Namerané hodnoty pomocou A/D prevodníka sú priemerované a v každej hodine sa ukladajú na kartu SD.



Obrázok č. 29: Napäťový delič. [45]

$$U_{vstup\ max} = 4.3\ V, U_{výstup\ max} = 1\ V$$

$$U_{výstup} = \frac{U_{vstup} * R2}{R1 + R2} \quad [V] \quad (3)$$

$$U_{výstup} = \frac{4.3 * 10\ 000}{33\ 000 + 10\ 000} \quad [V]$$

$$1 = \frac{4.3 * R2}{R1 + R2}$$

$$R1 = 33\ k\Omega \quad R2 = 10\ k\Omega$$

$$I = \frac{U_{vstup}}{R1 + R2} = \frac{4.3}{33\ 000 + 10\ 000} = \mathbf{100\ uA}$$

$$R1 = 3.3\ M\Omega \quad R2 = 1\ M\Omega$$

$$I = \frac{U_{vstup}}{R1 + R2} = \frac{4.3}{3300000 + 1000000} = \mathbf{1\ uA}$$

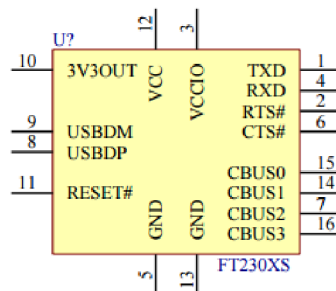
Po výpočte napäťového deliča a po výpočte spotreby je zrejmé, že čím väčšie odpory sú zvolené, tým menší prúd bude pretekať v obvode. V prvej konfigurácii prúd obvodu je

100 uA, čo je pomerne veľa. Z tohto dôvodu boli zvolené o dve rady väčšie rezistory napäťového deliča, vďaka čomu prúd klesol na max. 1uA pri vstupnom napätí 4,3 V.

### 3.3 Komunikácia pomocou USB-UART prevodníkom

Keď je nutné ES8266 debugovať alebo len nahráť nový firmware, je potrebné k tomu pripojiť počítač cez UART zbernicu. Najpraktickejší spôsob pripojenia počítača je priame využitie toho istého konektora, na ktorom sa nabíja zariadenie. Tento spôsob umožňuje programovanie pri nabíjaní alebo debugovanie firmwaru. Aby bola zaručená kompatibilita, potrebujeme prevodník medzi USB a UART protokolom.

Na trhu existuje mnoho výrobcov ako napríklad Silicon labs alebo FTDI, ktoré poskytujú rôzne typy USB-UART prevodníkov. Pôvodná myšlienka je ale rovnaká u každých. Od Silicon Labs môžeme voliť napr. typ CP2102. Tento typ má tú nevýhodu, že sa vyrába len v QFN puzdre, ktorý je z jednej strany dobrý, pretože je malý (5 mm x 5 mm), ale pri ručnom spájkovaní nie je komplikovaný.

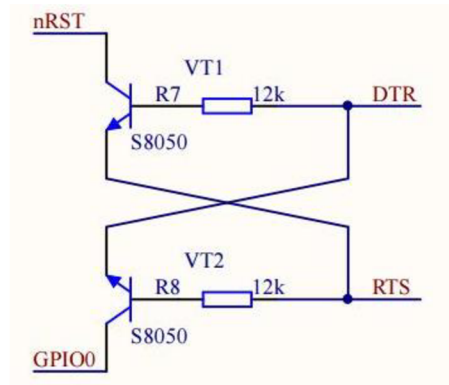


Obrázok č. 30: Vývody USB-UART prevodníku FT230. [46]

Najlepšia voľba by bola využitie čipov od výrobcu FTDI, lebo FTDI čipy majú dobrú kompatibilitu s každým operačným systémom a len zriedkavo sa objavia problémy s ovládačom.

FTDI poskytuje rôznych druhov čipov na USB-UART prevodník. Jednotlivé verzie sa rozlišujú iba v tom, že okrem základných funkcií obsahujú aj rôzne rozšírené funkcie. Keď zariadenie bude využívané iba na prevod signálu, vtedy je najlepšia voľba FT230, ktorý má navyše 4 konfigurovateľných vývodov. Celé zariadenie môžeme nakonfigurovať pomocou dedikovaného programu. Daný program bol stiahnutý z webovej stránky spoločnosti FTDI. Pri vyvinutí prvých dvoch verzií zariadenia kvôli malým rozmerom a malému počtu využívaných komponentov bol použitý FT230. V tretej verzii zariadenia FT230 bol vymenený na FT232. Pred nahrávaním nového firmwaru je potrebné reštartovať Wi-Fi modul a GPIO0 vývod nastaviť na logickú nulu, aby modul pracoval

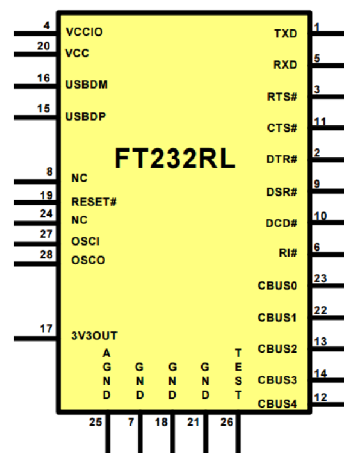
v režimu, ktorý umožňuje nahrávať nový firmware do pamäti. Aby táto funkcia bola automatizovaná musíme využiť vývody RTS a DTR z rozhrania RS232, čo nie je možné dosiahnuť s FT230 čipom lebo obsahuje len RTS vývod. Preto bol zvolený v projekte FT232, čo je rozšírená verzia FT230 čipu. Má tie isté výhody ako FT230 a navyše je rozšírený s vývodmi : DTR, DSR, DCD.



Obrázok č. 31: Schéma automatického reštartovania modulu ESP8266. [47]

Na obrázku č. 31 je vidieť zapojenie funkcie automatického reštartovania do režimu nahrávania. Zapojenie vyvinula firma NodeMCU. Firma predáva vývojové balíky, ktoré obsahujú ESP8266 a zapojenie automatického reštartovania do režimu nahrávania.

FT232 je prispôbená na 3.3 V, ale je možné napájať aj z 5 V. VCCIO vývod slúži na napájanie výstupov. Keď sú výstupy aktívne, v tom prípade sa napätie na VCCIO pripojí na výstupy. 3V3OUT je vnútorný LDO stabilizátor, ktorého sa dá zaťažiť maximálne 50 mA prúdom a má výstupné napätie 3.3 V. 3V3OUT sa dá použiť na napájanie VCCIO vývodov [48].



Obrázok č. 32: Vývody USB-UART prevodníku FT232. [48]

USBDM a USBDP vstupy slúžia na pripojenie dátového kábla USB konektora. Na pripojenie UART rozhrania slúži RXD vstup a TXD výstup, kde RXD prijíma a TXD posiela informácie. Ostatné vývody sú potrebné pre rozhranie RS232. Dva vývody sú využívané na auto reset funkciu, z ktorých jeden je RTS. RTS v rozhraní RS232 signalizuje druhému zaradeniu, že má poslať dáta. Druhý vývod je DTR, ktorý v rozhraní RS232 má úlohu signalizovať druhej strane, že zariadenie je pripravená na komunikáciu. CBUS 0-4 sú konfigurovateľné vývody napr. pre uspávací režim alebo pre signalizačné LED diódy.

### 3.4 NFC modul s čipom PN532

Pri vyberaní NFC modulu nemáme veľa možností. NFC čipy rozdeľujeme podľa podporovaných štandardov. Jednotlivé štandardy sú popísané v teoretickom rozbere (viď. kapitola č. 2.1). NFC čipy sa dajú vybrať aj podľa komunikačných rozhraní ako I2C, SPI, UART.

V projekte bol zvolený NFC modul s mikroprocesorom PN532 od spoločnosti PHILIPS. Bolo vybrané hotové riešenie, lebo hotové moduly sú dosť malé a majú aj integrovanú anténu. Nakúpený modul je i cenovo výhodnejší ako vytvorenie vlastného riešenia NFC časti - nákup komponentov by bolo z nákladnejší. V tomto prípade pri návrhu plošných spojov stačí navrhnuť konektor pre NFC modul. PN532 poskytuje najrozšírenejšie komunikačné zbernice - I2C, SPI, HSU a obsahuje aj výstup na prerušenie. NFC modul s mikroprocesorom PN532 umožňuje čítanie a zápis so štandardou ISO 14443A/MIFARE, FeliCa, 14443B. Umožňuje emuláciu kariet a aj P2P komunikáciu. Pracuje na frekvencii 13,56 MHz, tak zachová spätnú kompatibilitu s RFID rozhraním a umožňuje komunikovať aj v pasívnom, aj aktívnom režime [49].

V projekte Wi-Fi modul bude komunikovať NFC modulom cez SPI zbernicu. NFC modul bude pracovať v režime emulácia kariet, preto sa NFC modul bude zdať pre NFC čítačke ako NFC karta (viď. kapitola č. 2.1).

Moduly, ktoré používajú mikroprocesor PN532 sú najrozšírenejšie a dajú sa kúpiť v rôznych veľkostiach a tvaroch. V projekte bol zvolený čo najmenší modul (viď. Obrázok č. 34).



Obrázok č. 33: PN532 NFC moduly. [49]

### 3.5 Využitie Displeja

Pri návrhu systému na signalizáciu stavov celého zariadenia a na poskytovanie rôznych užitočných informácií v prvej verzii boli využívané LED diódy. Po prvej verzii sa zistilo, že LED diódy nie sú úplne vhodné, lebo neposkytujú veľa informácií a na prvý pohľad ich blikanie je to dosť mátauce. Z tohto dôvodu do výsledného riešenia bol pridaný displej. Displej môže byť kritickou časťou zariadenia, lebo bežné displeje vykazujú veľmi veľkú spotrebu. Je potrebné doladiť spotrebu pomocou nastavenia jasnosti alebo ďalšou možnosťou šetrenia energie je automatické vypnutie a zapnutie displeja. Tieto ošetrenia ale znížia komfort a komplikujú odovzdanie informácie [50].

V projekte bola vybraná varianta displeja s najmenšou spotrebou a s najmenšou veľkosťou. Pri výbere bol odskúšaný grafický čierne biely LCD s 84x48 pixelov a Oled 128x64 pixelov. Z katalógu a z testu bolo zrejmé, že Oled displej má oveľa menšiu spotrebu, čo je aj teoreticky dané, lebo Oled displej nepotrebuje podsvietenie. Preto vo výslednom zariadení bol používaný displej s technológiou OLED vo veľkosti 0,96". Displej je grafický s monochromatickými farbami a je ho možné riadiť pomocou zbernice I2C a SPI. Napájanie displeja je možné od 3.3V do 5V.



Obrázok č. 34: 0.96 OLED displej. [51]

Displej umožňuje signalizáciu rôznych udalostí. Na hlavnej obrazovke je vypísaná IP adresa zariadenia, aby sa dala využiť služba vizualizácie nameraných dát. V ďalšom menu sa nachádzajú rôzne nastavenia ako zapnúť alebo vypnúť Wi-Fi časť zariadenia, NFC alebo jednotlivé senzory. Je možné sledovať aktuálny stav akumulátora a kvalitu Wi-Fi signálu (viac v kapitole 4.2.6).

### 3.6 Teplotný senzor 18B20

Za účelom demonštrovania funkcie logovanie nameraných dát bol zvolený teplomer. Pri výbere teplomera si musíme vymedziť základné vlastnosti zariadenia, ktoré sú dôležité

z hľadiska správneho zapojenia a správneho merania. Z hľadiska zapojenia si môžeme vybrať zo sensorov, ktoré majú výstup analógový alebo digitálny. Analógový výstup nie je vhodný lebo na Wi-Fi module z A/D prevodníka je k dispozícii iba jeden. Aby sa dal na systém pripojiť analógový teplomer, bolo by potrebné pridať navyše I2C externý A/D prevodník, čo by tiež nebolo vhodným riešením. Preto bol zvolený teplomer s digitálnym výstupom. Druhá požiadavka na vlastnosť sa týka púzdra teplomera. Je potrebné, aby sa dal umiestiť senzor von z krabice. Táto požiadavka je dôležitá preto, lebo Wi-Fi modul a LDO regulátor môže zahrievať a namerané teploty môžu byť skreslené. Pre elimináciu skreslenia nameraných teplôt je potrebné umiestiť teplomer čo najďalej od komponentov, ktoré môžu zahrievať.

Tabuľka č. 12: Parametre porovnávaných digitálnych teplomerov. [\[52\]](#)[\[53\]](#)[\[54\]](#)

Meno	HIH-6120-021-001	DH22	<b>18b20</b>
Firma	Honeywell	Aosong Electronics Co	<b>Maxim</b>
Presnosť [°C]	1	0.5	<b>0.5</b>
Resolution [bit]	14	16	<b>12</b>
Min teplota [°C]	-25	-40	<b>-10</b>
Max teplota [°C]	85	80	<b>85</b>
Spotreba [mA]	0.65	1	<b>1</b>
Púzdro	SIP	špeciálny	<b>TO-92</b>
Typ komunikácie	I2C	OneWire	<b>OneWire</b>
Cena [kč]	393	60	<b>102</b>

DH22 teplomer nie je vyhovujúci, lebo puzdro senzoru je trikrát väčšie než u ostatných sensorov. Najvýhodnejší senzor ponúka spoločnosť Honeywell, lebo tento typ vykazuje najnižšiu spotrebu a využije komunikáciu cez I2C zbernicu. Z nákladového hľadiska tento senzor je ale 4x drahší ako sú ostatné. Bol teda vybraný teplomer od spoločnosti Maxim, model 18b20. Teplomer využíva jedno vývodovú zbernicu Onewire. Onewire zbernica bola implementovaná do Wi-Fi modulu. Takto zariadenie je univerzálnejšie, lebo tak ako na I2C, na Onewire sa tiež dá napojiť viac snímačov.

Aby zariadenie mohol pracovať v aktívnom režime potrebuje 3 vodiče: VCC, GND a výstup. Rozsah meraných teplôt je od -55 do +125 °C s presnosťou +/- 0,5 °C. Zariadenie môže pracovať aj v parazitnom režime. V takom režime sa prvý napájací vývod nepoužíva a na výstupný vodiča je potrebné pridať pull up rezistor.



### 3.7 Expander MCP23017

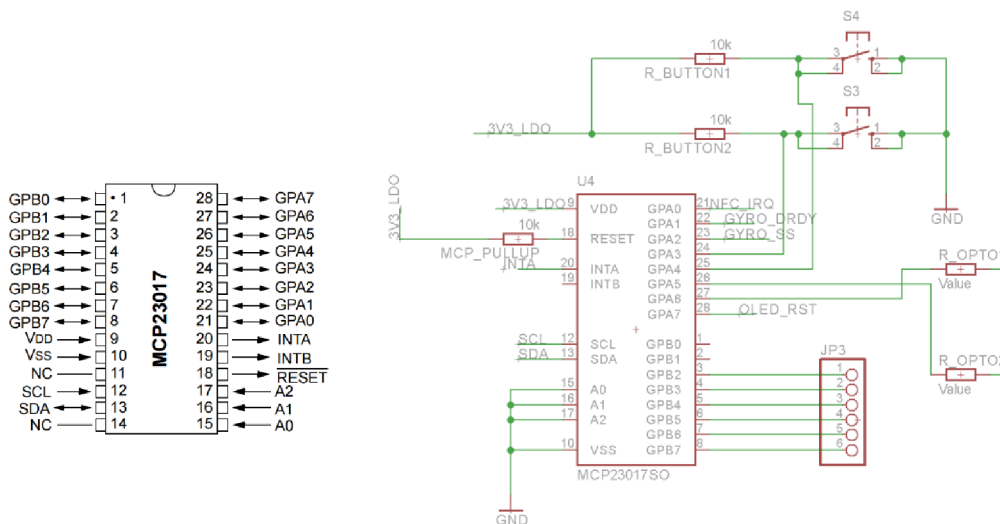
Expander je integrovaný obvod, ktorým sa dajú vytvoriť pomocné vstupy a výstupy pre systémy. Ovláda sa pomocou I2C zbernice. Zariadenie je používané na vytvorenie digitálnych vstupov a výstupov.

Tabuľka č. 13: Parametre porovnávaných expandérov. [55][56][57][58]

Meno	PCF8574AN	PCF8574T	MCP23017	MAX7311AUG
Vyrobca	TI	NXP	Microchip	MAXIM
Počet portu	8	8	16	16
Rozhranie	I2C , SMBus	I2C	I2C	I2C
Púzdro	PDIP	SOIC	SSOP	TSSOP
Sleep režim [uA]	10	2.5	1	2.9
Cena [kč]	35	31	30	180

Pri výbere komponentov sú možnosti ohraňované, lebo jednotlivé verzie sa od rôznych výrobcov líšia len v počtu bitu a v type púzdra. Vo výslednom riešení bola zvolená najpopulárnejšia varianta od Microchip MCP23017.

Štyri porty sú konfigurované ako vstupy, z ktorých 2 tlačidlá sú používané na pohybovanie v menu na displeji, jeden vstup slúži pre NFC prerušenie a jeden pre prerušenie gyroskopu. Štyri porty sú nadefinované ako výstupy, jeden pre reset vstupu displeja, druhý pre gyroskop CS vstup a 2 výstupy sú používané pre optočlen, s ktorým sú vytvorené programovateľné výstupy.



Obrázok č. 35: Vývody expandéru MCP23017 a používané zapojenie. [59]

### 3.8 Hodiny reálneho času

Hodiny reálneho času, ďalej len RTC obvod (real-time clock) je obvod, ktorý zachová dátum a čas aj po vypnutí zariadenia, aj po vybití batérie zariadenia. Bežné RTC obvody majú problémy s teplotou. Teplota okolí môže ovplyvniť frekvenciu oscilátora, ktorý spôsobuje časový posun. Približne činí to 5-10 minút mesačne. V projekte nie je podstatná vysoká presnosť času, lebo zariadenie má prístup k internetu a pomocou takzvaného NTP protokolu môže získať prístupný čas a dátum od časového serveru. RTC obvod je potrebné pridať do návrhu preto, lebo ak nie je k dispozícii prístup na internet, vtedy by chýbali časové hodnoty pri meraní a uložení dát získaných od senzorov. Do tohoto projektu by stačilo M41T56M6F od výrobcu STm, ktorý má relatívne malé puzdro a je aj cenovo výhodný [60].

Napriek tomu, že požiadavky na presnosť nie sú vysoké, bol používaný RTC obvod od Maxim Integrated DS3231, čo obsahuje veľmi presný RTC s teplotne kompenzovaným oscilátorom a s integrovanom kryštálom. Jeho nevýhodami sú veľkosť puzdra a cena, ale kvôli dostupnosti na trhu bol vybraný tento produkt.

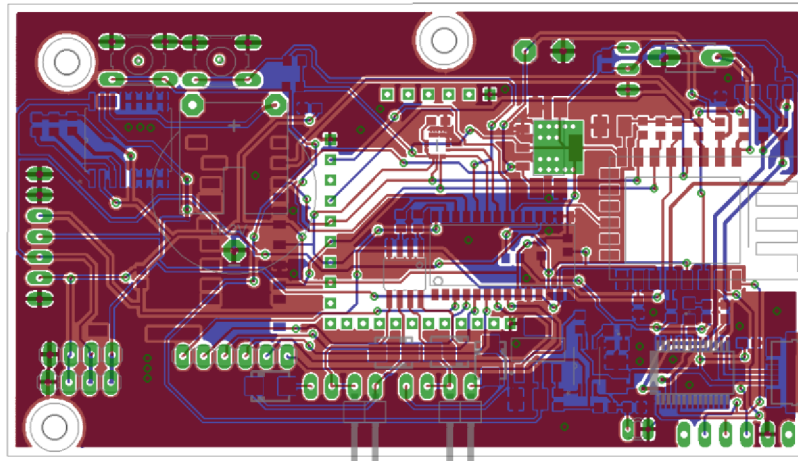
Tabuľka č. 14: Parametre porovnávaných RTC čipov. [61][62][63][64][65]

Výrobca	TEXAS INSTRUMENTS	NXP	STm	MAXIM	MICRO CRYSTAL
Typ	bq32000	PCF8593 T	M41T56M6 F	DS3231S N	RV-3029
Kryštál	externý	externý	externý	interný	interný
Púzdro	SOIC	SOIC	SO8	WSOIC	SON 10-pin
I <sub>batt</sub> [uA]	1	1	0.45	0.85	0.8
Cena [Kč]	40	108	30	190	229

RTC obvod je napájaný samostatným akumulátorom. DS3231 už obsahuje v sebe kryštál a ostatné potrebné komponenty, preto pre funkčnosť nepotrebuje žiadne komponenty navyše. Je pravda, že nevýhodou čipu je jeho puzdro WSOIC, ale pri používaní iného RTC obvodu s externými komponentami by sme potrebovali skoro rovnaké miesto na DPS.

### 3.9 Návrh DPS

Návrh dosky plošných spojov bol vytvorený v programe Eagle 7.4. Schéma zapojenia sa nachádza v prílohe (viď. Príloha A) Výsledná doska plošných spojov je znázornená na obrázku č. 36.



Obrázok č. 36: Navrhovaný DPS v Cadsoft Eagle.

Pri návrhu zapojenia boli prihliadnuté katalógy daných komponentov. Výrobcovia v katalógoch zverejnia základné zapojenia a hodnoty súčiastok, ktoré sú nevyhnutné pre ožiovovanie jednotlivých komponentov.

Pri návrhu DPS je potrebné dať pozor na logické usporiadanie komponentov hlavne preto, aby USB konektor bol na kraji zariadenia. Pod Wi-Fi modulom by malo byť čo najmenej vodičov a komponentov, aby nezatiel anténu a aby aj ostatné komponenty mali dosť miest a rozumné usporiadanie.



Obrázok č. 37: Jednotlivé verzie zariadenia, na pravej strane prvá, na ľavej strane posledná

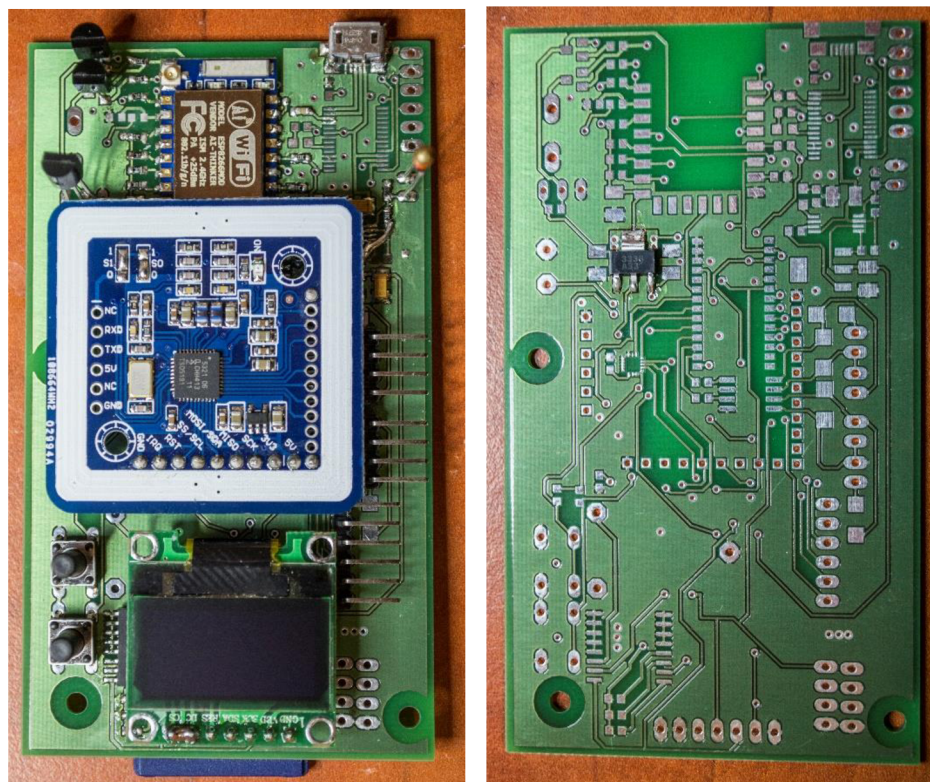
Pri návrhu plošných spojov boli vytvorené 4 revízie. Jednotlivé revízie sú viditeľné na obrázku č. 37.

Prvá verzia DPS sa nachádza na ľavej strane obrázka. Obsahoval rôzne chyby, ktoré vznikli pri návrhu, napr. nedalo sa na tom použiť USB-UART prevodník. Táto verzia neobsahovala ani displej a ešte používala RS230, ktorý bol vymenený na RS232RT v tretej verzii.

Druhá verzia bola prvým funkčným modelom, ktorá už umožnila nahrávanie a spustenie programu do Wi-Fi modulu. Bohužiaľ ale navrhovaný DPS obsahoval komponenty, ktoré neboli dostupné na českom trhu (navrhované komponenty v požadovanom puzdre) a ich dovoz zo zahraničia by bol časovo náročný a veľmi nákladný.

Tretia verzia DPS už neobsahovalo žiadne návrhové chyby. Objavila sa ale chyba pri oživovaní displeja. Keď na SPI zbernicu boli pridané iné zariadenie napr. senzor, displej nefungoval správne. V tejto verzii na SPI zbernicu bol napojený aj NFC modul, aj displej, ktoré nemohli súčasne pracovať.

V štvrtej verzii táto chyba je vyriešená napojením displeja na I2C. Táto verzia je už plne funkčná a navyše obsahuje aj RTC obvod s malým akumulátorom. Veľkosť finálnej DPS je 55,3 mm x 97,2 mm (viď. Obrázok č. 38).



Obrázok č. 38: Výsledný oživovaný DPS a samotný DPS bez komponentov.

## 4 ALGORITMUS

Programové vybavenie zariadenia sa skladá z viacerých častí. Hlavnou časťou je firmware priamo v zariadení, ktoré riadi celé zariadenie. V zariadení sa ešte nachádza webová stránka pre vizualizáciu rôznych schopností zariadenia ako napr. monitorovanie nameraných hodnôt zo senzorov. Zariadenie je schopné pracovať v režime IoT, kedy vytvorí interakcie s predom definovanými cloudovými servermi. Tieto servery sú používané na uloženie a vizualizáciu nameraných hodnôt.

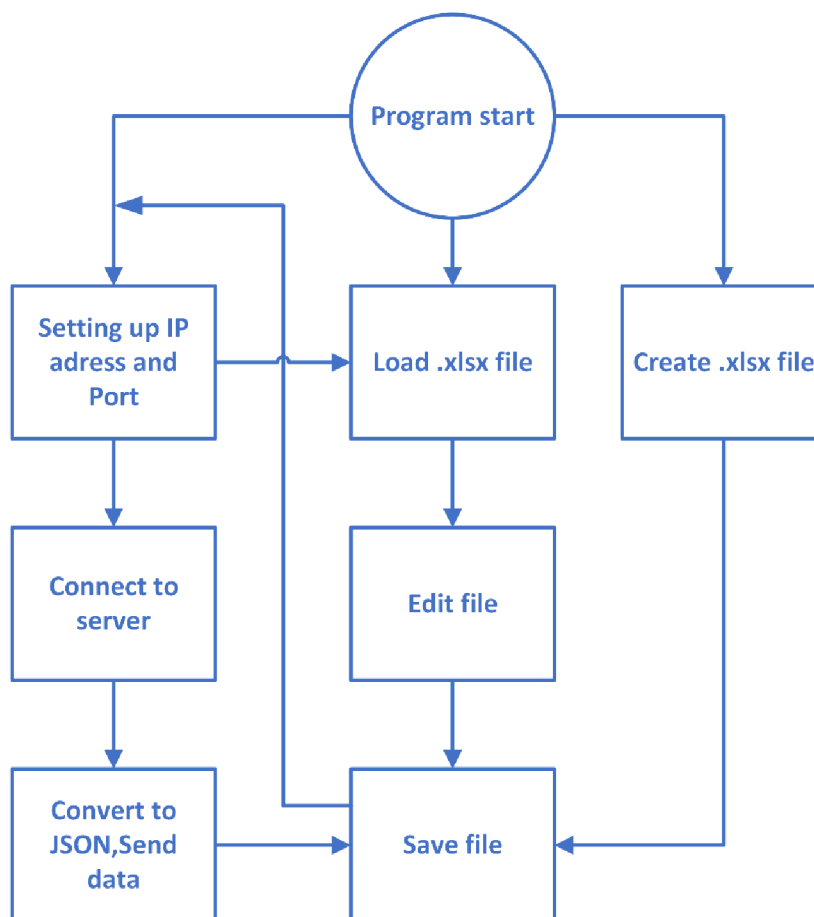
Druhá časť programového vybavenia je aplikácia na operačný systém Microsoft Windows. Táto časť slúži na využitie NFC časti systému. Týmto programom sa dajú posielat' bezdrôtovo rôzne informácie pre zariadenie. Zariadenie informácie uloží a užívatelia sú schopní tieto informácie vyčítať cez NFC.

### 4.1 Klient program na operačný systém MS Windows

Základný program bol vytvorený na operačný systém Windows. Program je napísaný vo vývojovom prostredí Microsoft Visual Studio 2015 v jazyku C++. Program má za úlohu naplniť terminál informáciami. Počítač, na ktorom beží program, má byť nevyhnutne v sieti, v ktorej je pripojený aj terminál. V budúcnosti bude sieť nastavená pomocou Port Forwarding tak, aby nezáležalo na tom, v ktorej sieti sa terminál nachádza (bude stačiť len vedieť IP adresu zariadenia). Základná testovacia verzia slúži na posielanie a prijímanie dát medzi terminálom a počítačom. Je využívaná TCP/IP komunikácia medzi počítačom a zariadením. Do programu môžeme zadať IP adresu zariadenia a port. Program sa skúsi pripojiť k zariadeniu. Zariadenie je server a počítač, na ktorom beží program je klient. Po pripojení, v servery sú zastavené všetky vlákna a beží len jeden, ktorý je zodpovedný za TCP/IP komunikáciu a za uloženie dát. Viac o programe v zariadení je napísané v kapitole 4.2.

V programe môžeme otvoriť súbory s formátom .xlsx. Zariadenie je pripravené pre bežných užívateľov a preto je dôležité zabezpečenie čo najjednoduchšieho ovládania. Súbor .xlsx využije aj program MS Excel, ktorý je prístupný skoro v každom počítači so štandardným vybavením. Tento program umožňuje jednoduché vytvorenie požadovaných informácií.

Vo navrhovanom programe sa dajú editovať už vopred načítané súbory. Je možné vytvoriť aj nový .xlsx súbor a uložiť ho bez nutnosti používania programu MS Excel. Je možné vybrať základné typy informácií (napr. harmonogram, vizitka, reklama), aby vizualizácia bola prispôbená danému formátu.

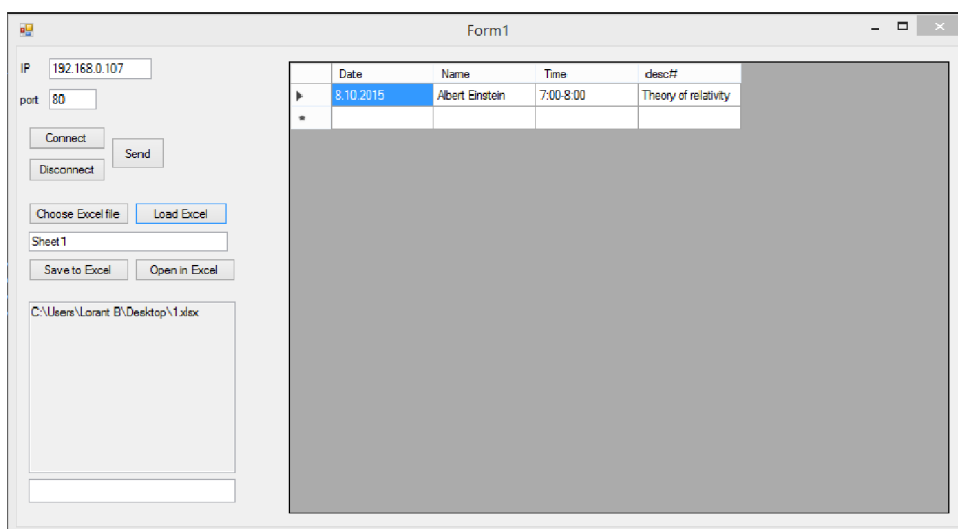


Obrázok č. 39: Diagram používania klientského programu.

Po vytvorení alebo načítavaní vhodných dát pre poslanie stačí tlačíť gombík „Send“. Po stlačení program prekonvertuje dáta na formát JSON. Výhodami formátu JSON sú napr. redukovanie množstva posielaných zbytočných informácií alebo štandardizácia formátu dát, čo výrazne uľahčuje prácu s dátami. JSON dáta automaticky uloží aj na miestnom počítači. V programe sa ešte nachádza signalizačný terminál, kde software vypisuje užitočné informácie ako napr. úspešné pripojenie na server alebo cestu načítaných a uložených súborov.

Program má teda nasledujúce hlavné funkcie :

- pripojenie na terminál cez zadanú IP adresu a portu pomocou protokolu TCP/IP,
- načítanie a vytvorenie tabuľky,
- konvertovanie tabuľky na JSON formát,
- poslanie dát,
- signalizácia stavov.



Obrázok č. 40: GUI klientského programu.

## 4.2 Firmware zariadenia ESP8266

Firmware bol písaný v programe Arduino IDE. Arduino IDE sa po verzii 1.6 stalo univerzálnym strojom. Bol rozšírený novými funkciami. Také rozšírenie je napr. board management, pomocí ktorého sa dá vyhľadať a integrovať do programu nadstavby na iné embedded systémy a vývojové dosky. Týmto spôsobom sa dá ľahko kompilovať a nahrávať do nich programy pomocí Arduino IDE.

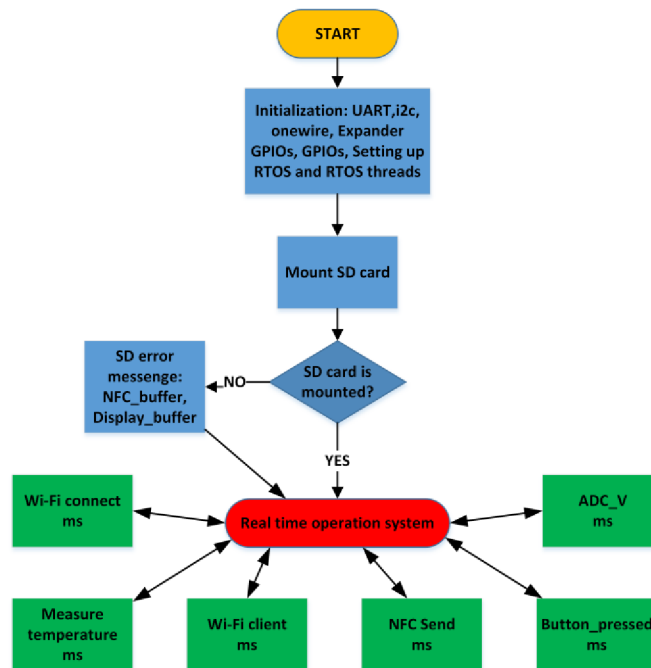
V tomto projekte používaný Wi-Fi modul bol vyskúšaný s tromi populárnymi vývojovými prostrediami ako sú Eclipse, MS Visual Studio a Arduino IDE. Do tých vývojových prostredí je možné stiahnuť a nainštalovať nadstavby, aby dokázali kompilovať kód pre ESP8266. Z tých programov sa dá kompilovaný firmware nahrávať do zariadenia pomocou USB-UART prevodníku.

Bohužiaľ nadstavby na ESP8266 sú ešte vo vývojovej fáze a nie sú optimalizované, resp. obsahujú nedostatky. U vývojových prostredí Eclipse a MS Visual Studio kompilátory generovali výrazne väčšie programy. Preto bol používaný na kompilovanie firmware v programe Arduino IDE.

V nastaveniach je možné vybrať typ puzdra Wi-Fi modulu. Na module sa nachádza QFLASH pamäť, ktorej veľkosť je potrebné tiež nastaviť (modul sa ponúka na trhu v rôznych pamäťových veľkostiach od 512 kb do 4 Mb). Ďalším nastavitelným parametrom je využitie automatického reštartovania (viac v kapitole. 3.3). Ďalej je ešte potrebné nastaviť rýchlosť a port komunikácie pre USB-UART prevodník s Wi-Fi modulom.

Firmware vo Wi-Fi modulu je rozdelený na viac častí. V prvej časti sú inicializácie a konfigurácie rozhrania ako sú UART, I2C, SPI a Onewire. Na koniec inicializácie je spustený operačný systém reálneho času (RTOS) [76], ktorý riadi úlohy zariadenia.

Bol používaný ArduinoThread RTOS, ktorý bol napísaný pre Arduino. RTOS je používaný na naplánovanie úloh s pevným časom medzi behy. RTOS pomáha udržiavať, organizovať a uľahčiť využívanie viacerých úloh. Riadenie NFC modulu, meranie senzorov, výpis na displej a aj ostatné úlohy sú rozdelené do viac vlákien. Podľa potreby jednotlivé vlákna sú cyklicky alebo jednorazovo zavolané.

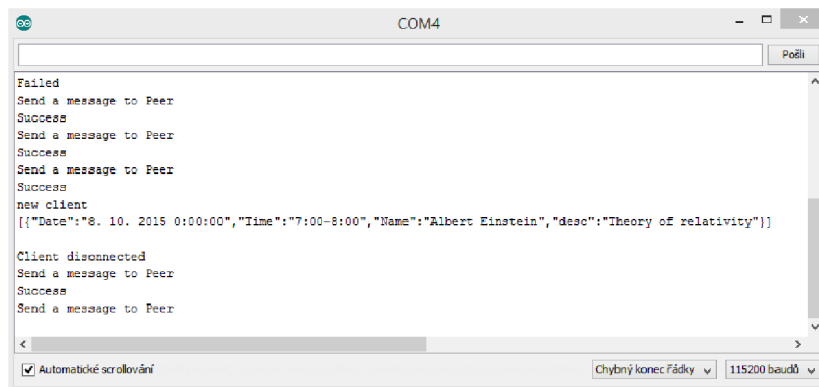


Obrázok č. 41: Vývojový diagram pre znázornenie funkčnosti RTOS v ESP8266.

Hlavné funkcie programu:

- vyhľadanie a pripojenie na Wi-Fi sieť,
- riadenie SPI zbernice,
- prijímanie a posielanie informácií pomocou TCP/IP protokolu,
- uloženie JSON dát na kartu SD,
- riadenie NFC zariadenia,
- riadenie displeja,
- komunikácia s teplomerom
- meranie napätia akumulátora,
- posielanie nameraných dát na cloud server,
- vytvorenie Webservera,
- komunikácia s klientom,
- uloženie nameraných dát na kartu SD.





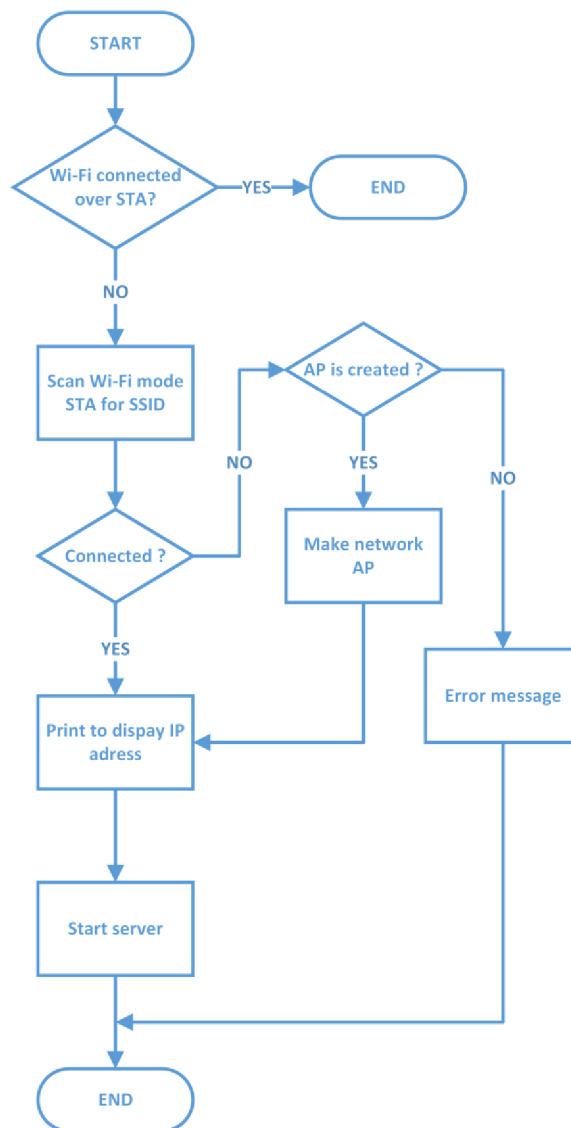
Obrázok č. 42: Okno z Arduino IDE pre debugovanie.

## 4.2.1 Vlákno 1 – Obsluha Wi-Fi pripojenia

Prvé vlákno ovláda Wi-Fi pripojenie zariadenia. Wi-Fi modul umožňuje používať v troch módoch, prvý je STA (Station), druhý je AP (Access Point) a tretí je kombinovanie STA a AP. V STA režime modul umožňuje pripojenie na AP, v režime AP modul vytvorí sám Wi-Fi sieť, na ktorú sa dá pripojiť. V režime STA-AP je možné pripojiť na AP, ale modul vytvorí tiež vlastný AP.

Program najprv zistí, či zariadenie je už pripojené na Wi-Fi sieť alebo nie. Keď je už pripojené, tak zistí v akom režime je pripojené. V prípade, ak je zariadenie pripojené na Wi-Fi sieť a je v režime STA, vlákno hneď skončí. Táto časť bola zavedená preto, lebo program potrebuje vedieť status pripojenia, lebo vlákno ovláda odpojenie a pripojenie na novú sieť, a keby nevedel status pripojenia tak pri každom spustení vlákna (každý 100 sekundy ) by odpojilo zo siete a pripojilo by znova na tú istú alebo na inú sieť.

Keď modul ešte nie je pripojený na žiadnu sieť, v tom prípade vyhľadá, aké siete sú k dispozícii. V programe sú nadefinované SSID a heslá, na ktoré siete môže pripojiť. Po skenovaní prejde zoznam nájdených sietí a pozrie sa, ktoré SSID siete sa nachádzajú v nadefinovanom zozname. Keď nájde SSID, ktorá je aj v zozname skúsi sa pripojiť. Keď sa podarilo pripojiť na sieť, vypíše na displej vlastnú IP adresu v sieti a spustí Webserver. Keď sa pripojenie nepodarilo v režime STA, skontroluje či v AP móde už vytvoril sieť alebo nie. Keď nevytvoril, tak prepne do režimu AP. Začne sám vysielat' Wi-Fi a na displej vypíše IP adresu lokálnej siete.



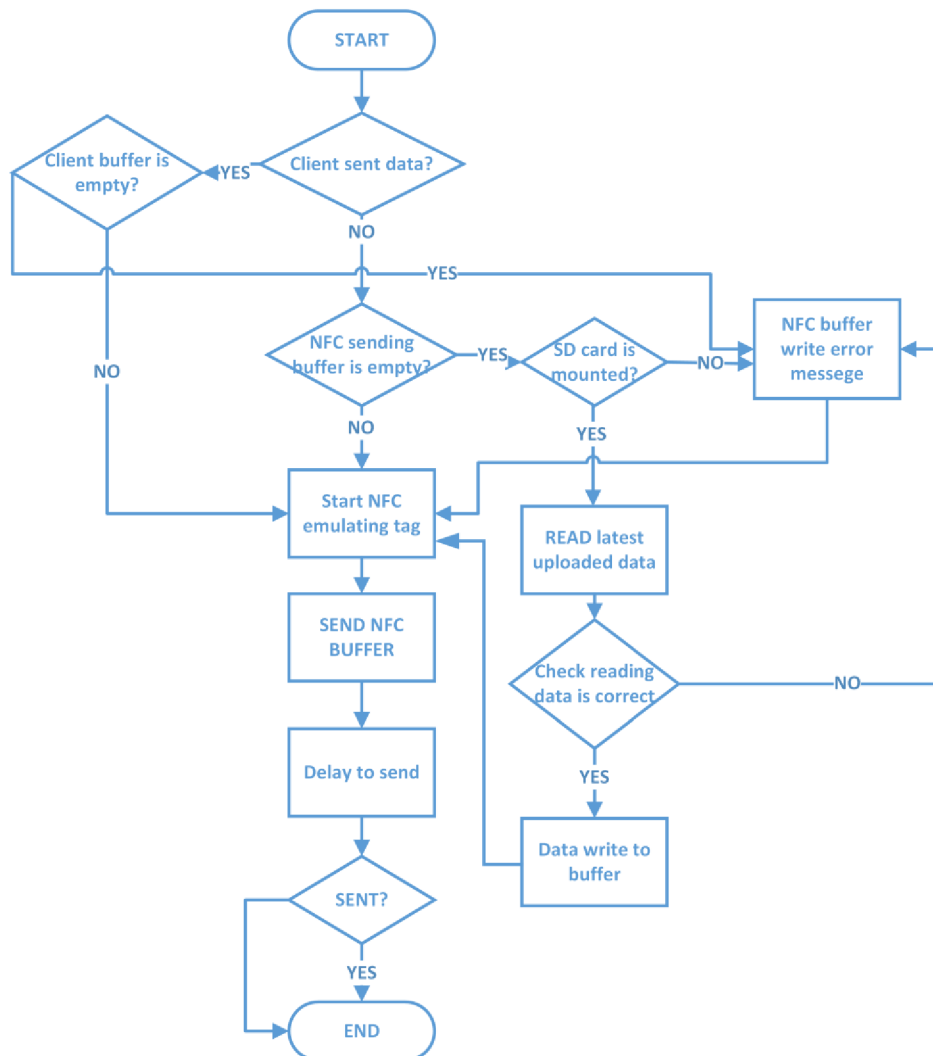
Obrázok č. 43: Vývojový diagram vlákna pre obsluhu Wi-Fi pripojenia.

## 4.2.2 Vlákno 2 – Obsluha NFC modulu

Druhé vlákno slúži na poslanie dát cez rozhranie NFC pre zariadenie kompatibilné s NFC. Zariadenie v prvom kroku kontroluje, či je klientsky program pripojený k Wi-Fi modulu, ak áno či posielá dáta alebo nie. Keď nie, v tom prípade zariadenie kontroluje či karta SD je k dispozícii alebo nie. V prípade dostupnosti karty SD načíta naposledy uložené dáta, ktoré posielal klientsky program. Ďalším krokom vlákna je kontrolovanie prístupnosti a úspešného načítania dát. Keď kontrola prebieha úspešne, v tom prípade NFC buffer sa naplní dátami a zavolá funkciu pre poslanie dát cez NFC. Keď dáta nie sú v poriadku

alebo karta SD nie je prístupná, v tom prípade NFC buffer sa naplní chybovým kódom a zavolá funkciu pre poslanie dát cez NFC.

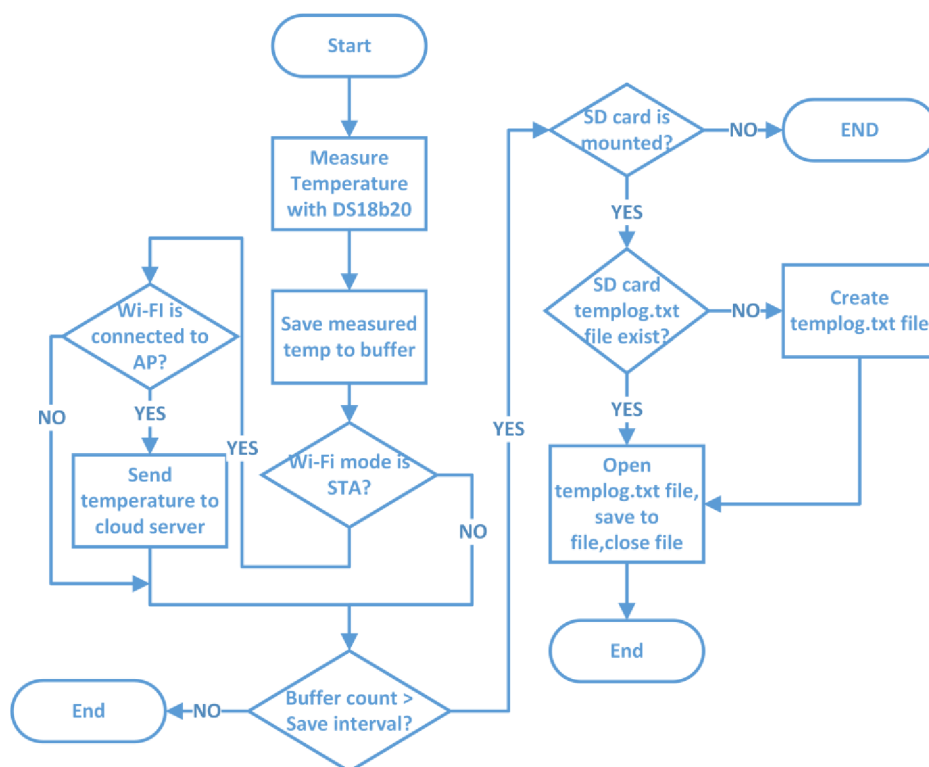
Keď klientsky program posiela do zariadenia dáta, v tom prípade po skončení komunikácie sa NFC buffer naplní s posielanými dátami. Vlákno je zavolané v každej sekunde. Po každom ďalšom zavolaní stačí len poďiavať, či klient poslal dáta od posledného vypnutia zariadenia alebo nie. Keď áno, v tom prípade vlákno znova zavolá funkciu pre poslanie dát cez NFC (NFC buffer je už naplnený s tými dátami). Keď klientsky program ešte nič neposielal, vtedy je potrebné kontrolovať, či z karty SD od posledného vypnutia zariadenia boli už načítané dáta a keď áno, tak tiež stačí len zavolať funkciu pre poslanie dát cez NFC.



Obrázok č. 44: Vývojový diagram vlákna pre obsluhu NFC modulu.

### 4.2.3 Vlákno 3 – Obsluha teplomera

Ďalšie vlákno slúži pre ovládanie teplomera a uloženie nameraných dát. V prvej časti programu je zavolaná knihovňa, ktorá pomocou rozhrania OneWire komunikuje so senzorom a načíta teplotu. Teplotu uloží do preddefinovaného globálneho bufferu. Program skontroluje, v akom režime pracuje Wi-Fi časť modulu. Keď pracuje v režime STA a je aj pripojený na Wi-Fi sa predpokladá, že je k dispozícii aj prístup na internet. V tomto vlákne teplota sa posiela na cloudový server ktorý je popísaný v kapitole 4.3. Druhá časť programu sleduje, koľkokrát bola teplota nameraná. Keď je počet nameraných teplôt vyšší než preddefinovaná hranica, namerané teploty uloží na kartu SD. Pôvodne po každých 60. meraniach buffer uloží namerané teploty na kartu SD v formáte string. Najprv skontroluje prístupnosť karty SD. Keď je karta SD prístupná, v tom prípade skontroluje či už existuje templog.txt súbor alebo nie. Keď súbor existuje otvorí a uloží namerané dáta. Keď sa žiadny súbor nenájde, zariadenie vytvorí nový súbor a uloží do neho namerané dáta. Toto vlákno je predvolané v každých 60 sekúnd.



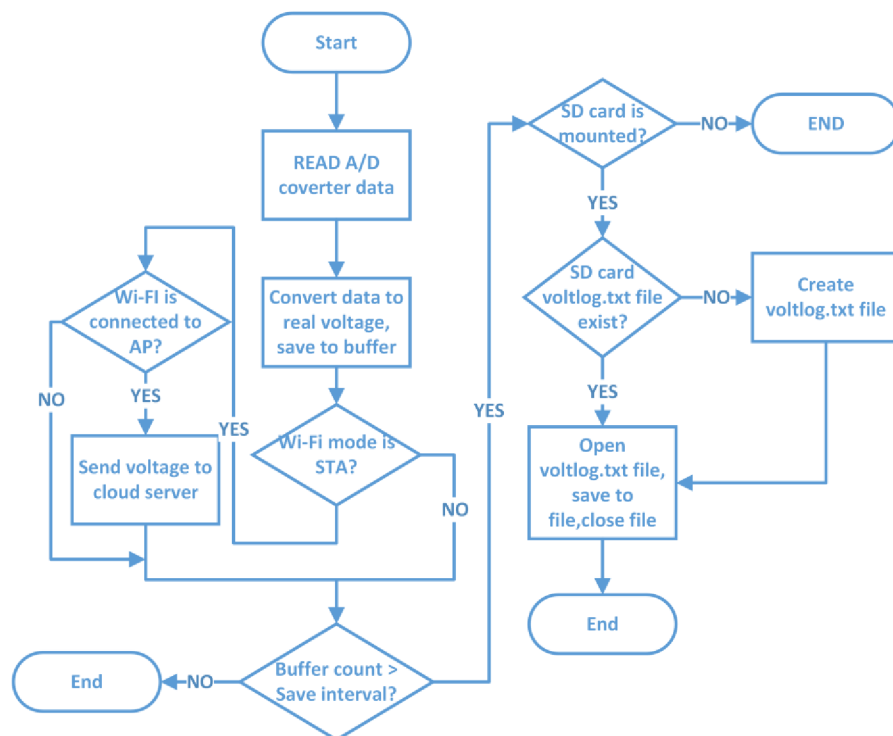
Obrázok č. 45: Vývojový diagram vlákna pre obsluhu teplomera.

## 4.2.4 Vlákno 4 – Merania napätia akumulátora

Vlákno slúži na meranie napätie akumulátora pomocou A/D prevodníka. Fungovanie vlákna od spracovávaní dát je v podstate podobné ako vlákno na meranie teploty. Vlákno najprv načíta hodnotu z A/D prevodníka. U ESP8266 na A/D prevodník je možné pripojiť maximálne 1V, preto pred prevodníkom je pripojený napäťový delič, ktorý napätie od akumulátora prispôsobuje k prevodníku (viac vid'. v kapitole 3.1).

Kvôli tomu, že vo Wi-Fi module je 10 bitový A/D prevodník, veľkosť napätia je prevedená na číslo od 0 do 1023. Aby sa dalo získať naspäť reálnu veľkosť napätia akumulátora, je potrebné vedieť pomer napäťového deliča a referenčné napätie. Po prepočte program uloží do globálneho bufferu už reálne napätie. Tu tiež skontroluje ako pri vlákne na obsluhu teplomera, že v akom režime pracuje Wi-Fi časť modulu. Keď pracuje v režime STA a je aj pripojený na Wi-Fi sa predpokladá, že je k dispozícii aj prístup na internet. V tomto vlákne napätie sa posiela na cloudový server ktorý je popísaný v kapitole 4.3.

Druhá časť programu sleduje, koľkokrát bola napätie nameraná. Keď je počet nameraných napätí vyšší než preddefinovaná hranica, namerané napätie uloží na kartu SD. Pôvodne po každých 60. meraniach buffer uloží namerané napätia na kartu SD v formáte string. Najprv skontroluje prístupnosť karty SD. Keď je karta SD prístupná, v tom prípade skontroluje či už existuje voltlog.txt súbor alebo nie. Keď súbor existuje otvorí a uloží namerané dáta. Keď sa žiadny súbor nenájde, zariadenie vytvorí nový súbor a uloží do neho namerané dáta. Toto vlákno je zavolané v každých 60 sekúnd.



Obrázok č. 46: Vývojový diagram vlákna pre meranie napätia pomocou A/D prevodníka.

## 4.2.5 Vlákno 5 – Obsluha klienta

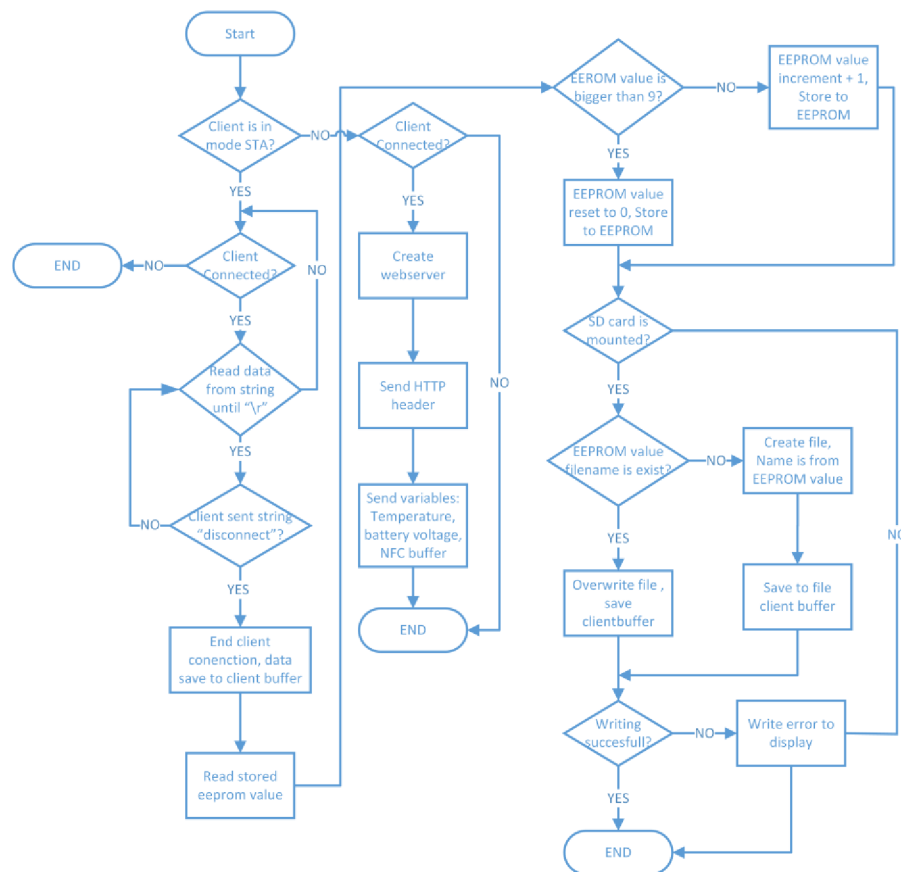
Ďalšie vlákno slúži na vyčítanie a uloženie počítačom posielaných informácií do vlastného bufferu. V bufferu uložené informácie za účelom zálohovania sa uložia na kartu SD a zariadenie súčasne zavolá vlákno pre posielanie uložených informácií cez NFC. Stručne povedane vlákno slúži na sledovanie pripojenia klienta a na získavanie informácií z počítača.

V prvom kroku vlákno kontroluje v akom režime je Wi-Fi pripojenie. Keď Wi-Fi modul je v režime STA a je pripojený na AP, pravidelne sleduje pripojenie klienta. Klient na Wi-Fi modul pripojí a posiela informácie pomocou klientskeho programu (viď. kapitola 4.1).

Program klientom posielané informácie načíta do znaku „/r“. Dáta sú posielané a uložené vo formáte JSON. Po načítavaní dát vznikne charakterový reťazec. Program prejde načítaný reťazec a na konci reťazca hľadá výraz „disconnect“. Keď program nenájde výraz „disconnect“, v tom prípade celý proces začína znova. Zistí sa, či je ešte klient pripojený a keď áno od klienta prijaté dáta načíta. V prípade, že na konci reťazca sa objavuje výraz „disconnect“ klient sa odpojí a posielané dáta uloží do globálneho bufferu klienta.

Ďalším krokom vlákna je kontrola prítomnosti karty SD a uložení dát. V EEPROM pamäti je uložené meno súboru, ktorý bol naposledy uložený na kartu SD. Mená jednotlivých súborov môžu mať čísla od 0 do 9. Program vyčíta z EEPROM pamäti číslo, ktoré reprezentuje meno súboru. Keď je číslo väčšie ako 9, v tom prípade v EEPROM pamäti sa vynuluje. Keď číslo nie je väčšie ako 9 inkrementuje číslo v EEPROM pamäti. Po načítavaní a uložení súborového mena program zistí, či je karta SD k dispozícii. Keď áno, v tom prípade vyhľadá súbor podľa mena z EEPROM pamäti. Keď nájde súbor s rovnakým menom, otvorí ho, vymaže jeho obsah a zapíše do neho nové od klienta získané dáta. Keď na karte SD nenachádza súbor podľa mena z EEPROM pamäti, zariadenie vytvorí súbor a uloží do neho dáta posielané od klienta. Nakoniec kontroluje úspešné uloženie dát a zatvorí súbor.

Keď po kontrolovaní Wi-Fi pripojenia Wi-Fi modul pracuje v režime AP, zariadenie samo vytvorí sieť, na ktorú sa dá pripojiť s bežnými Wi-Fi zariadeniami. Na rozdiel od STA režimu AP režim po pripojení klienta nečaká na prijatie klientskych dát, ale spustí Webserver. Keď klient zadá do webového prehliadača IP adresu zariadenia a načíta webovú stránku, klient môže monitorovať meranie senzorov.



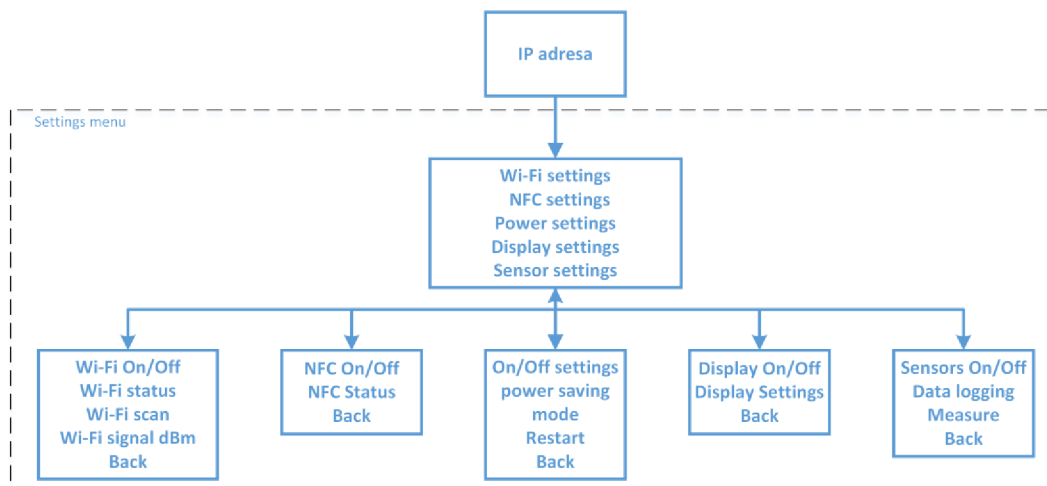
Obrázok č. 47: Vývojový diagram vlákna pre obsluhu klienta.

## 4.2.6 Vlákno 6 – Riadenie displeja

Na riadenie displeja je taktiež používané vlákno. Vlákno v pravidelných intervaloch kontroluje stav tlačidiel nachádzajúcich sa na zariadení. Tlačidlá slúžia na pohybovanie v menu a pre nastavenie niektorých parametrov zariadenia.

Pôvodne displej ukazuje len IP adresu zariadenia. Keď sú obe tlačidlá stlačené naraz, zariadenie prepne do režimu nastavenia. Štruktúra menu je znázornená na obrázku č. 48. V prvom podmenu sú okruhy pre nastavenie Wi-Fi, NFC, riadenie spotreby, nastavenie displeja a nastavenie senzorov.

Po prepnutí do režimu nastavenia jedno tlačidlo slúži na funkciu „OK“ a druhé na funkciu „ďalej“. Po stlačení tlačidla „OK“ program postupuje do ďalšej vrstvy v menu. Pri stlačení tlačidla „ďalej“ kurzor sa pohybuje o jeden riadok nižšie. Keď už nie je ďalší riadok, v tom prípade kurzor skočí naspäť na prvý riadok.

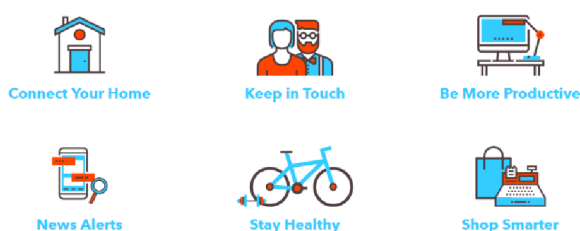


Obrázok č. 48: Znáznornení menu struktury displeja.

### 4.3 Využívanie technológiu IoT pomocou cloud serveru

V poslednom čase vznikli služby, ktoré ako cieľ stanovili zjednodušenie a popularizáciu používania IoT technológií. Niektoré služby zjednodušujú prácu so senzormi napr. tým, že vizualizujú namerané dáta. Iné služby umožňujú rozšírené použitie Internetu, napr. pripojením zariadení s rôznymi sociálnymi sieťami.

Jednou zo najpopulárnejších služieb je IFTTT (if this then that). S IFTTT serverom sa dá ľahko vytvoriť interakcie s rôznymi webovými stránkami a s rôznymi službami. Napr. je možné vytvoriť spoluprácu medzi IoT zariadením a Facebookom, Instagramom, Gmailom, Dropboxom a ešte viac než 300 službou Internetu. Jednotlivé interakcie sa dajú aj kombinovať.



Obrázok č. 49: Skupiny pre IFTTT službov. [72]

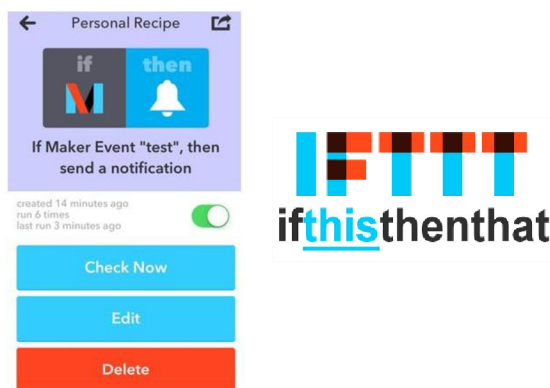
Jednou v projekte poskytnutých služieb je zdieľanie predom daného textu na Facebook v rôznych časových intervaloch. Takú službu bez technológií IoT by bolo dosť obťažné si vytvoriť. Po registrácii na Webovú stránku IFTTT.com, každý dostane vlastné identifikačné číslo (tzv. YOUKEY). Po vytvorení profilu z menu sa dajú vybrať



požadované interakcie, napr. je možné nastaviť reakciu na text. Keď klient posiela na server predom nastavený text a jeho identifikačné číslo, IFTTT server vykonáva predom nadefinované úlohy. Pre dosiahnutie tejto funkcie je potrebné si pripojiť na IFTTT server pod portom 80 pomocou ESP8266 a poslať príkaz:

„GET /trigger/test/with/key/YOURKEY HTTP/1.1\r\n“

Na miesto „test“ môže prísť ľubovoľný text, ktorý bol definovaný na IFTTT serveru a namiesto „YOURKEY“ je potreba pridať vlastné identifikačné číslo [74] [75].



Obrázok č. 50: Ukážka funkčnosti IFTTT a logo IFTTT. [73]

The image is a screenshot of the 'DATASOURCE' configuration screen in the Freeboard.io interface. It has a dark background with white text. At the top, it says 'A datasource for connecting to things at dweet.io.' Below this are several input fields: 'TYPE' is set to 'Dweet.io', 'NAME' is 'ESP8266-14578954aa8a5e', and 'THING NAME' is '14578954aa8a5e'. There is a 'KEY' field which is currently empty. Below the 'KEY' field, there is a note: 'If the thing is not looked, you can ignore this field'. At the bottom left, there is a 'SHOW FULL PAYLOAD' toggle set to 'NO'. Below this, there is another note: 'If on, gives access to the full Dweet payload (used to obtain timestamp). If not, only the Content object is captured'. A 'SAVE' button is located at the bottom right.

Obrázok č. 51: Ukážka nastavenia Freeboard.io.

Ďalšia služba čo bola vyskúšaná je Freeboard.io. Tento server nie je tak univerzálny ako IFTTT, ale je vyladený na sledovanie nameraných dát od senzorov, ktoré sú vizualizované v reálnom čase. Po registrácii je možné vytvoriť vizualizáciu tzv. „Dashboard“. Pre používanie je nutné vytvoriť na stránku dweet.io profil, ktorý je prepojené s Freeboard.io webstránkou. Pri vytvorení sa zadáva meno, ktoré reprezentuje identifikačné číslo užívateľa a meno, ktoré reprezentuje senzorové hodnoty.

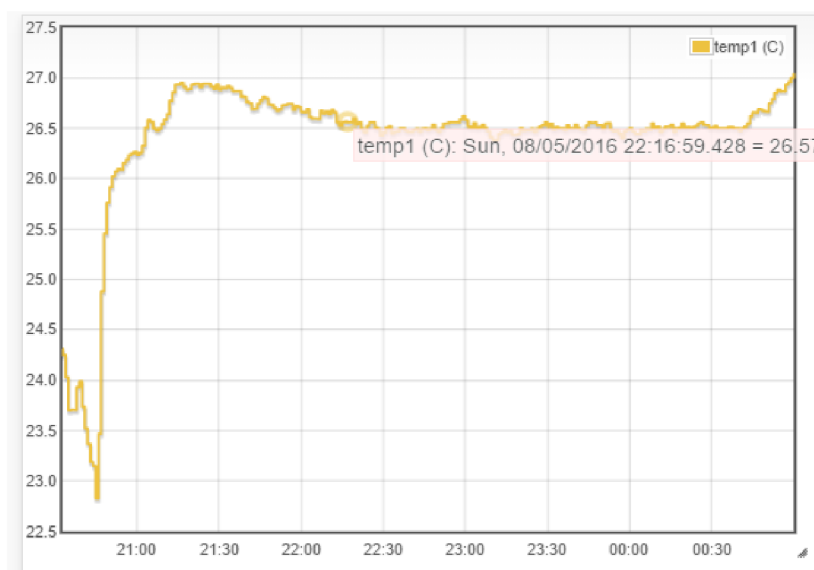
Pre dosiahnutie tejto funkcie je potrebné si pripojiť na dweet.io server pod portom 80 pomocou ESP8266 a poslať príkaz:

„GET /dweet/for/14578954aa8a5e?temperature=" + String(temp) + "&Voltage=" + String(voltage) + " HTTP/1.1\r\n" + "Host: " + "dweet.io" + "\r\n" + "Connection: close\r\n\r\n“,

kde „14578954aa8a5e“ reprezentuje užívateľa, „temperature=“ a „&Voltage=“ jednotlivé hodnoty teploty a napätia. Po vytvorení „dweet“ na stránku dweet.io, na stránku Freeboard.io stačí len vyplniť formulár a pridať meno užívateľa spolu s menom senzoru, ktoré boli vytvorené na stránke (viď. Obrázok č. 51). Po nastavení sa dá pridať vizuálne efekty pre zobrazenie hodnôt sensorov (viď. Obrázok č. 52).



Obrázok č. 52: Ukázka funkčnosti Freeboard.io servera pri meraní teplôt a napätia.



Obrázok č. 53: Ukázka funkčnosti iot.colud servera pri meraní teplôt.

## 5 EXPERIMENTÁLNE MERANIE

Táto kapitola obsahuje meranie spoľahlivosti Wi-Fi siete a meranie dosahu Wi-Fi signálu najprv v budove, potom vo voľnom priestore. Ďalej je otestovaný maximálna vzdialenosť NFC modulu, na ktorej je ešte možné posielat' dáta. Teplotný senzor a meranie napätia pomocou A/D prevodníka sa porovnávajú s multimetrom Metex M385OD.

### 5.1 Meranie teplôt pomocou senzoru 18b20

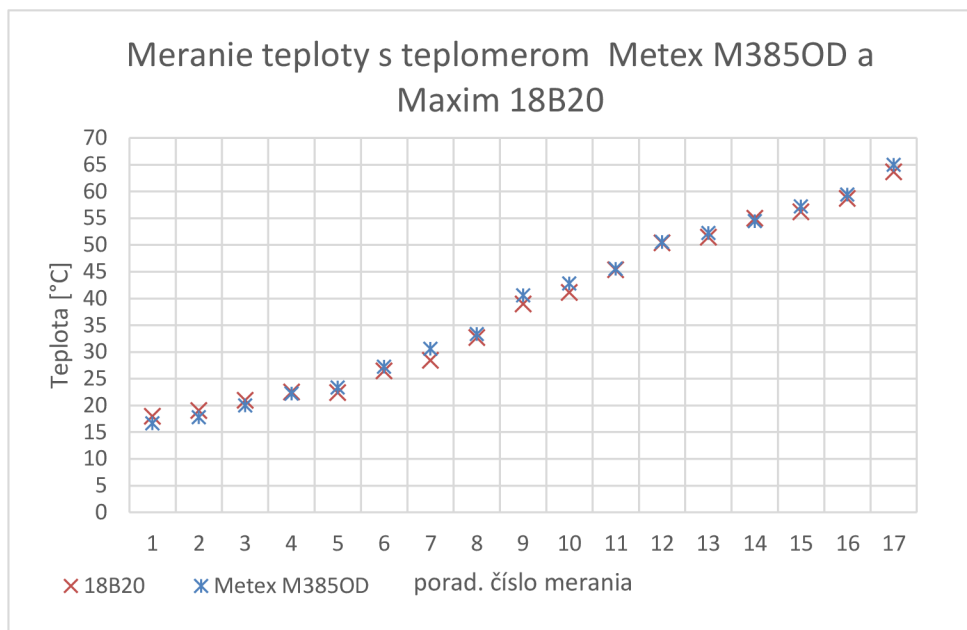
Na overenie správneho merania teploty sa porovnávalo multimeter Metex M385OD v režimu teplomer s teplomerom 18B20. Pri porovnávaní nemôžeme určiť ani jeden zo zariadení ako referenčné. Z tohto dôvodu sa porovnávala korelácia dvoch teplôt.

Meranie prebiehalo tak, že obidve senzory boli ponorené do nádoby plnej studenej vody. Voda bola zohrievaná postupne s rovnou intenzitou a hodnoty nameraných teplôt boli zaznamenávané (viď. Graf. č. 1).

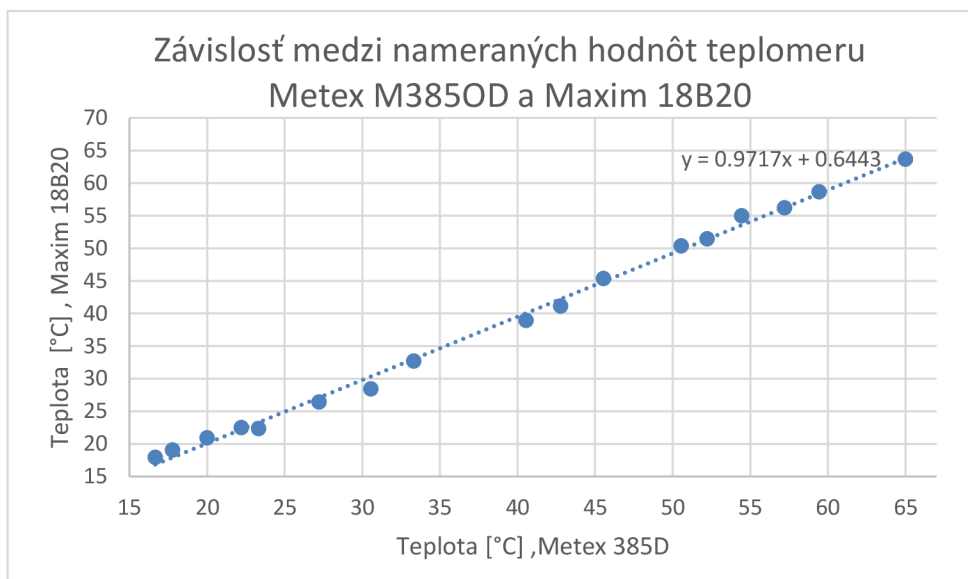
Závislosť medzi nameranými hodnotami znázorňuje Graf. č. 2. Na osu x sú vynesené hodnoty z multimetru Metex M385OD a na osu Y hodnoty zo senzoru 18B20. Keď rozdiely medzi nameranými hodnotami sú relatívne malé, v tom prípade body na korelačnom grafe by dávali lineárnu krivku. Čím je väčší rozdiel medzi nameranými teplotami, tým vzdialenejšie ležia body od fiktívnej lineárnej krivky.

„Korelácia je vysoká, ak sa dá meranými bodmi v rovine metódou najmenších štvorcov "dobro preložiť" priamka. Táto priamka sa nazýva regresná priamka. Metóda najmenších štvorcov znamená, že súčet umocnených vzdialeností meraných bodov od regresnej priamky je najmenší možný“ [66].

Korelačný koeficient z nameraných hodnôt bol vypočítaný pomocou Excelu príkazom „CORREL()“. Vo výsledku korelačný koeficient dosahuje 0.9982, z čoho vyplýva, že namerané hodnoty silne korelujú [66].



Graf. č 1: Meranie teploty pomocou Metex 385D a pomocou Maxim 18B20.



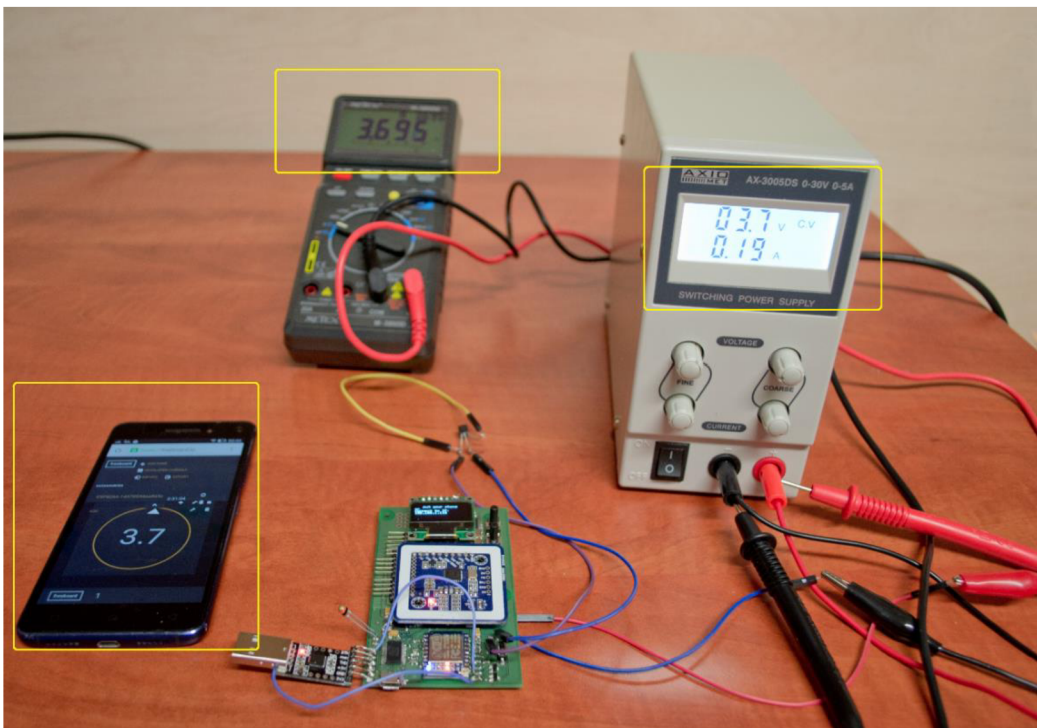
Graf. č 2: Korelácia nameraných teplôt od Metex 385D a Maxim 18B20.

## 5.2 Meranie napätia pomocou ESP8266

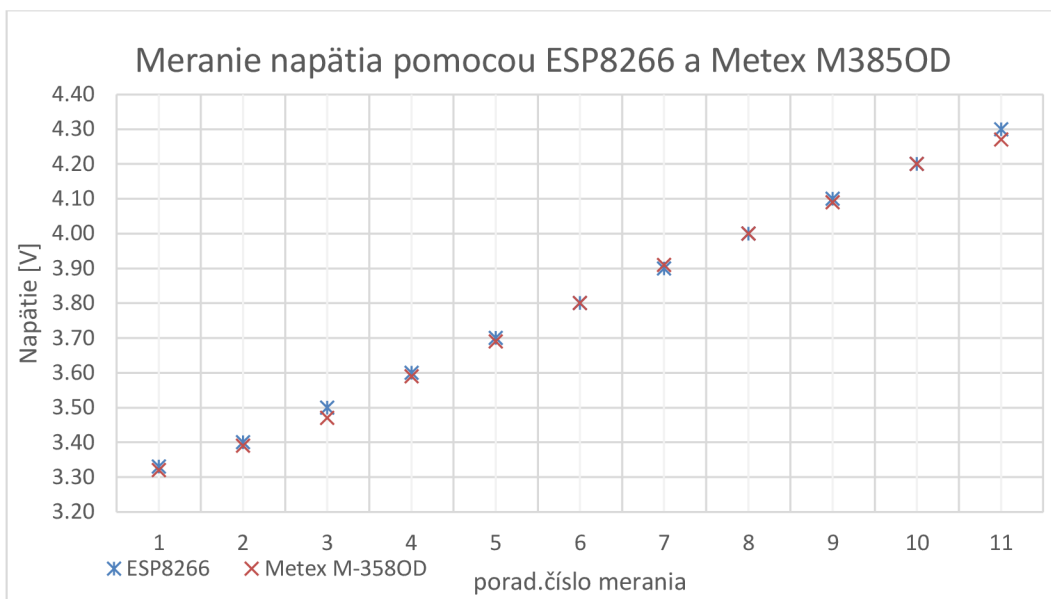
Na overenie správneho merania napätia sa porovnávalo multimeter Metex M385OD s ESP8266, ktorý na meranie napätia využije 10bitový A/D prevodník (viď. kapitola 3.2). Namerané hodnoty od ESP8266 sú odosielané na cloud server (je používaný Freeboard.io), ktorý vizualizuje dáta na webovej stránke. Webová stránka je zobrazená pomocou smartfónu.

Meranie je zobrazené na obrázku č. 54. Meranie prebiehalo tak, že na miesto akumulátora zariadenia bol pridaný laboratórny zdroj, ktorý má za účel simulovať zmeny napätia akumulátora. Napätie bolo nastavené od 3,3 V až do 4,3 V postupne po 0,1 V a jednotlivé hodnoty od ESP8266 a Metex M385OD boli zaznamenané. Namerané hodnoty sú vynesené do grafu č. 3.

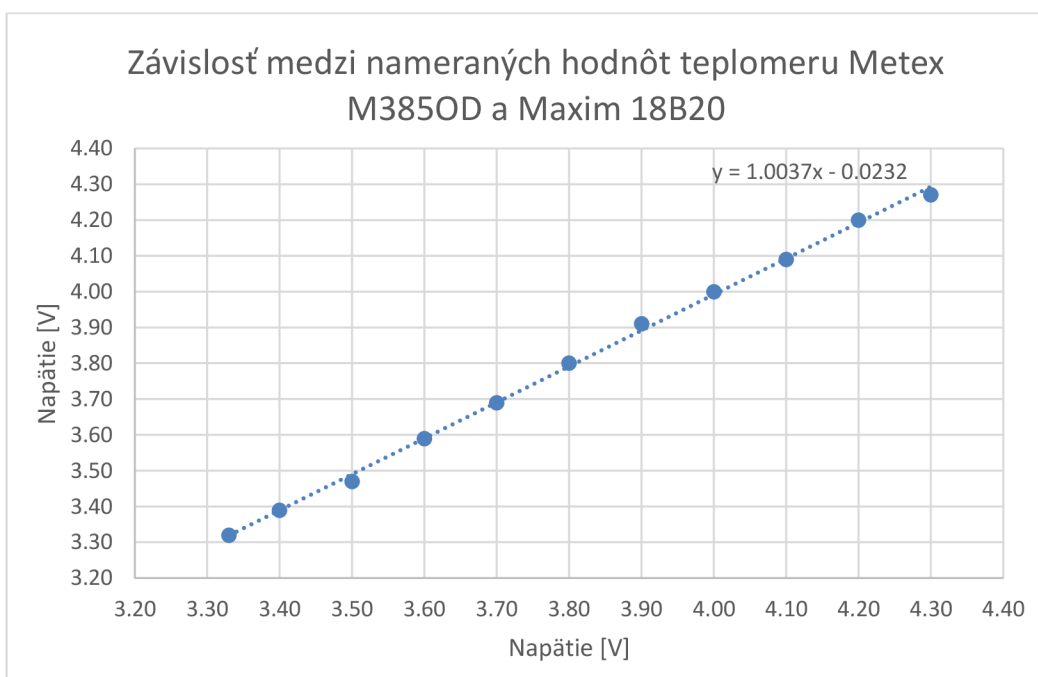
Po nameraní hodnôt napätia postup bol taký istý ako pri meraní teploty (viď. kapitola 5.1). Na znázornenie závislosti nameraných hodnôt bol vytvorený graf č. 4. Na osu x sú vynesené hodnoty napätia získané od Metex M385OD a na osu Y hodnoty napätia získané od ESP8266. Korelačný koeficient v prípade napätia vyšlo na 0.9993, z čoho sa vyplýva, že namerané hodnoty silne korelujú.



Obrázok č. 54: Meranie napätia pomocou ESP8266 a Metex M385OD; testovanie a posielanie dát na cloud server.



Graf. č 3: Meranie napätia pomocou ESP8266 a Metex 385OD.



Graf. č 4: Korelácia nameraných napätí od Metex 385D a Maxim 18B20.

### 5.3 Merania spoľahlivosti ESP8266 Wi-Fi modulu

Na meranie spoľahlivosti Wi-Fi siete bol používaný príkazový riadok (Command Line Interface), ktorý je súčasťou operačného systému MS Windows. Meranie bolo rozdelené na dva kroky.

V prvom kroku bola vytvorená lokálna sieť pomocou Wi-Fi routera, na ktorý bol pripojený Wi-Fi modul v režime STA a jeden počítač. Z počítača bol pomocou príkazového riadku pingovaný Wi-Fi modul. Po ukončení činnosti ping príkazový riadok vypíše dĺžku odozvy v milisekundách vrátane štatistický súhrn.

V príkazovom riadku príkaz na vykonávanie ping bolo: „ping -l 32 192.168.4.1 -t“

-l veľkosť – parameter, ktorý udáva veľkosť pakety.

192.168.4.1 – IP adresa zariadenia, ktorá bude pingovaná

„-t“ - základne bez voliteľného parametru „-t“ počítač vykonáva len 4 cyklické pingovanie a ich vyhodnotí. Keď je pridaný voliteľný parameter „-t“ funkcia ping sa koná cyklicky dovtedy, kým to užívateľ nezastavuje.

V prvom meraní počítač posielal 25 689 paketov, z čoho dostal naspäť 25 674 paketov. 15 paketov vôbec nedostal alebo dostal naspäť po časového limitu. Strata paketov môže byť spôsobená mnohými faktormi, ktoré sa najčastejšie týkajú. Tieto faktory v prípade Wi-Fi rozhrania sú napr. zhoršenie kvality signálu, zahodenie paketov kvôli zahlteniu siete alebo poškodené pakety zamietnuté počas prenosu. Strata paketov nemusí znamenať vždycky problém. Ak oneskorenie a strata paketov je pomerne malá, v tom prípade nemá žiadne negatívne vplyvy.

Samozrejme existujú protokoly ako napr. TCP, ktoré zaisťujú spoľahlivé doručovanie paketov a s ktorými sa dá eliminovať občasné straty. V tomto meraní strata paketov je 0,05 %, čo je zanedbateľné. Program, ktorý vytvorí interakcie so zariadením komunikuje s protokolom TCP, lebo pri horších podmienkach (napr. slabý Wi-Fi signál) strata paketov môže dosiahnuť oveľa väčšie percentá.

V druhom meraní počítač bol pripojený priamo na ESP8266 Wi-Fi modul. Počítač posielal 34 240 paketov, z čoho dostal naspäť 34 239 paketov. Iba jeden paket strácal v sieti, čo je zanedbateľné. Následky sú popísané vyššie.

```

Command Prompt
Reply from 192.168.1.116: bytes=32 time=3ms TTL=255
Reply from 192.168.1.116: bytes=32 time=3ms TTL=255
Reply from 192.168.1.116: bytes=32 time=3ms TTL=255
Reply from 192.168.1.116: bytes=32 time=2ms TTL=255
Reply from 192.168.1.116: bytes=32 time=6ms TTL=255
Reply from 192.168.1.116: bytes=32 time=2ms TTL=255
Reply from 192.168.1.116: bytes=32 time=2ms TTL=255
Reply from 192.168.1.116: bytes=32 time=3ms TTL=255
Reply from 192.168.1.116: bytes=32 time=2ms TTL=255
Reply from 192.168.1.116: bytes=32 time=2ms TTL=255
Reply from 192.168.1.116: bytes=32 time=2ms TTL=255
Reply from 192.168.1.116: bytes=32 time=5ms TTL=255
Reply from 192.168.1.116: bytes=32 time=98ms TTL=255
Reply from 192.168.1.116: bytes=32 time=16ms TTL=255
Reply from 192.168.1.116: bytes=32 time=24ms TTL=255
Reply from 192.168.1.116: bytes=32 time=37ms TTL=255
Reply from 192.168.1.116: bytes=32 time=3ms TTL=255
Reply from 192.168.1.116: bytes=32 time=6ms TTL=255
Reply from 192.168.1.116: bytes=32 time=2ms TTL=255
Reply from 192.168.1.116: bytes=32 time=12ms TTL=255

Ping statistics for 192.168.1.116:
    Packets: Sent = 25689, Received = 25674, Lost = 15 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 448ms, Average = 5ms
Control-C
^C
C:\Users\bugar33>

Command Prompt
Reply from 192.168.4.1: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 192.168.4.1: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 192.168.4.1: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 192.168.4.1: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 192.168.4.1: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 192.168.4.1: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 192.168.4.1: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 192.168.4.1: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 192.168.4.1: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 192.168.4.1: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 192.168.4.1: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 192.168.4.1: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 192.168.4.1: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 192.168.4.1: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 192.168.4.1: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 192.168.4.1: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 192.168.4.1: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 192.168.4.1: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 192.168.4.1: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 192.168.4.1: bytes=32 time=1ms TTL=255

Ping statistics for 192.168.4.1:
    Packets: Sent = 34240, Received = 34239, Lost = 1 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 144ms, Average = 3ms
Control-C
^C
C:\Users\loran>

```

Obrázok č. 55: Testovanie spoľahlivosti a stability Wi-Fi pripojenia. Na pravej strane sa dá vidieť meranie, keď medzi počítačom a zariadením bol router. Na ľavej strane sa dá vidieť meranie, keď zariadenie bol pripojené bezdrôtovo priamo na počítač.

## 5.4 Meranie dosahu ESP8266 Wi-Fi modulu

Pri odhadu dosahu Wi-Fi signálu dorazíme na veľké problémy. Dosah Wi-Fi signálu závisí na mnoho parametroch ako sú napr.:

- citlivosť prijímača,
- výkon vysielača,
- typ antény,
- útlm prostredia.

Prijímací citlivosť Wi-Fi zariadenia u jednotlivých typoch sa líši. V technických údajoch výrobcovia udávajú hodnoty pri jednotlivých prenosových rýchlostiach. V prípade prijímanie dát ESP8266 potrebuje aspoň -91 dbm silu signálu čo je 7,94-10 mW. V tomto prípade je možné vytvoriť komunikáciu s rýchlosťou 11 Mb/s. Pri zvýšení výkonu signálu na -75 dbm čo je 3,16-8 mW je možné vytvoriť komunikáciu s rýchlosťou 54 Mb/s. Musíme si ale uvedomiť, že komunikácia nie je jednosmerná a preto závisí aj na výkone spätnej komunikácie. ESP8266 v režimu 802,11b umožňuje posielat' dáta +20 dbm výkonom, čo je 100mW. Výkon čo potrebuje prijímač druhej strany tiež udáva výrobca daného zariadenia [67].

Sila signálu zníži útlm kábla, konektory ale najväčší útlm má prostredie. Teoretické výsledky útlmu vzduchu priemerne platia aj v praxi pri priamej viditeľnosti.



$$\text{Útlm} = 32,4 + 20 \log(\text{frekvencia (MHz)}) + 20 \log(\text{vzdialenosť (km)}) \quad [67]$$

Tabuľka č. 15: Útlm podľa vzdialenosti. [67]

Vzdialenosť [m]	50	100	200	300	500	600	1000	1500	2000	3000	4000
Útlm [dB]	-74	-80	-86	-90	-94	-96	-100	-103	-106	-109	-112

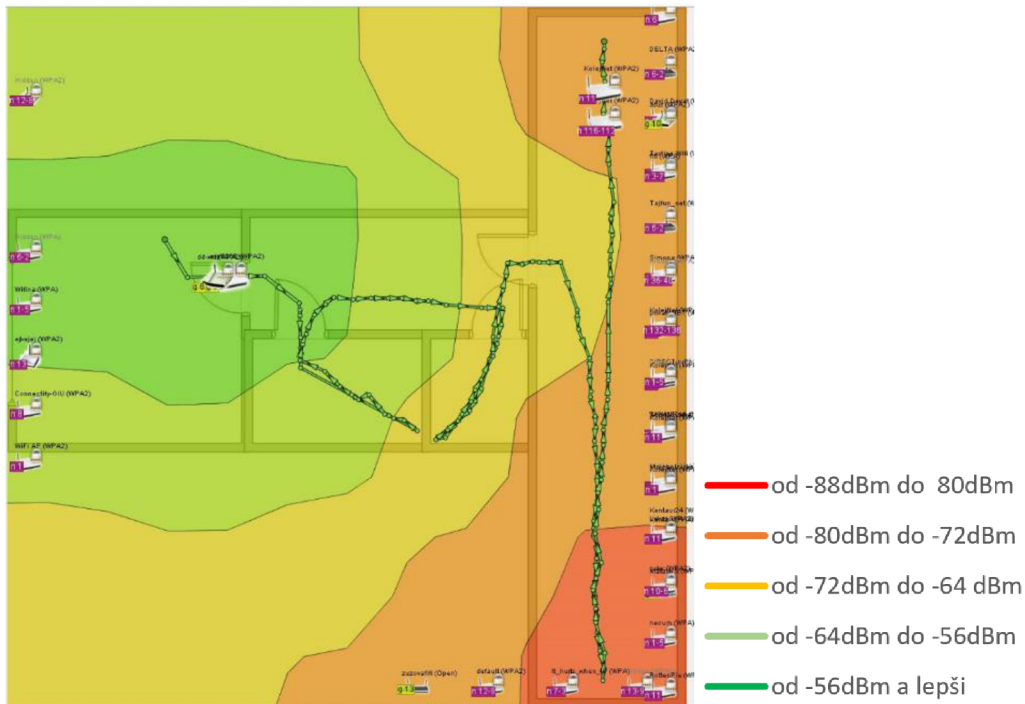
Tabuľka č. 16: Wi-Fi parametry zariadenia ESP8266. [68]

Categories	Items	Values	
WiFi Paramters	Certificates	FCC/CE/TELEC/SRRC	
	WiFi Protocols	802.11 b/g/n	
	Frequency Range	2.4G-2.5G (2400M-2483.5M)	
	Tx Power		802.11 b: +20 dBm
			802.11 g: +17 dBm
			802.11 n: +14 dBm
	Rx Sensitivity		802.11 b: -91 dbm (11 Mbps)
		802.11 g: -75 dbm (54 Mbps)	
		802.11 n: -72 dbm (MCS7)	

Vo voľne dostupnom programe Ekahau Heatmapper v danom prostredí sa dajú odskúšať a vizualizovať reálne sily signálov. Do programu boli načítané vnútorné rozloženie izieb v budove a odhadové veľkosti prostredia. Po spustení programu bolo potreba pohybovať v prostredí a program zaznamenával veľkosti signálov a vykreslil to na obrázok, ktorý je uvedený na obrázku č. 57.

Výsledná mapa, ktorá ukazuje aká je kvalita signálu jednotlivých miestnostiach je len odhadová. Malé zmeny v prostredí ako sú napr. otvorenie okna alebo dvere môžu mapu úplne zmeniť.

Pri teste vo vonkajšom prostredí, kde bola priama viditeľnosť, zariadenie dokázalo naviazať spojenie od diaľky 320 m.



Obrázok č. 56: Meranie kvality Wi-Fi signálu pomocou programu Ekahau Heatmapper.

## 5.5 Meranie NFC modulu

U merania modulu NFC bol navrhovaný test na odskúšanie dosahu. Test bol navrhovaný preto, aby sa dalo zistiť, zariadenie maximálne z akého vzdialenosti je schopné naviazať stabilné spojenie a odosielať dáta. Meranie rýchlosti posielaných dát nemá cenu, lebo NFC nie je určené na poslanie veľkého množstva dát. V projekte poslanie dát cez NFC má hranicu 1800 byte (1800 znakov), čo je relatívne málo.

Naviazanie spojenia pomocou NFC má teoretické hranice do 10 cm, čo závisí na veľkosti antény a na režime NFC zariadenia (aktívny alebo pasívny). Toto zariadenie bolo schopné naviazať spojenie maximálne do 1,20 cm.

## 6 ZÁVER

Hlavným cieľom diplomovej práce bolo vytvorenie univerzálneho zariadenia, ktoré slúži na ukladanie a prenos dát cez NFC rozhranie a súčasne na komunikáciu cez Wi-Fi rozhranie. Prenášané dáta môžu byť napr. URL adresy webových stránok, informácie, ktoré uľahčujú prihlasovanie na sieť, harmonogram konferencií alebo aj iné komplexnejšie dáta.

Popri využívaní vytvoreného zariadenia na komunikačné účely je možné ho využívať aj na meranie rôznych fyzikálnych veličín. Zo zariadenia vznikla univerzálna meracia stanica, na ktorú sa dajú pripojiť senzory s najčastejšími zbernicami ako I2C, SPI a OneWire. Senzory sa dajú pripojiť aj inými spôsobmi, napr. pomocou využitia A/D prevodníka alebo cez Wi-Fi rozhranie.

Pri zhotovení projektu bolo potrebné mať na zreteli, že zariadenie je napájané cez akumulátor. Kvôli zníženiu spotreby boli použité komponenty s čo najmenšou spotrebou energie a pri programovaní boli navrhované funkcie, ktoré tiež napomáhajú vo vytvorení energeticky úsporného zariadenia. Prvou veľkou záťažou pri návrhu výsledného riešenia bolo vybranie komponentov, ktoré vyhovujú stanoveným požiadavkám. V prvej časti práce sú popísané rôzne možnosti riešenia, ako by bolo možné riešiť daný projekt. Vo výsledku bola zvolená celkom netradičná cesta. V zariadení je využívaný Wi-Fi modul, ktorý slúži i ako riadiaca jednotka celého systému. Využívaný Wi-Fi modul je ESP8266, ktorý po modifikáciu firmware umožňuje do vlastnej pamäte nahrávať a spúšťať programy. K Wi-Fi modulu bol vybraný vhodný kompilátor, s ktorým sa dajú najefektívnejším spôsobom kompilovať programy na ESP8266. Po vyskúšaní rôznych kompilátorov bolo zvolené vývojové prostredie Arduino IDE s nadstavbou, ktorá umožňuje Wi-Fi modul využiť tak, ako by bol Arduino. ESP8266 bol nakúpený v takom puzdre, kde všetky vývody sú vyvedené na kraj. Takým spôsobom sa dá Wi-Fi modul využiť ako mikrokontroler. Wi-Fi modul bol nakonfigurovaný tak, aby bol vhodný pre univerzálnu komunikáciu.

Zariadenie poskytuje hardware na SPI zbernicu, I2C a UART. Tie zbernice sú využívané na komunikáciu s komponentmi zariadenia. Karta SD a NFC modul využije SPI zbernicu. Zbernicu I2C využije grafický displej OLED, Expander a RTC čip.

Ďalšou úlohou bolo využívanie zariadenia ako data logger senzorov. Táto časť využíva maximálny počet vývodov zariadenia. Pre demonštračné účely boli zvolené 2 typy merania, meranie teploty a napätia. Na meranie teploty bol využitý senzor od spoločnosti Maxim typu 18B20, ktorý komunikuje cez zbernicu OneWire. Na meranie napätia sa využíva A/D prevodník zariadenia. Aby sa dali pripojiť ďalšie senzory na zariadenie boli navrhované vývody na I2C a bol pridaný Expander, ktorý poskytuje 6 vývodov na vytvorenie digitálnych vstupov a výstupov a 2 vývody, ktoré sú galvanicky oddelené od celého zariadenia.

Software zariadenia je rozdelený na vlákna. V zariadení je používaný RTOS Arduino Thread, ktorý poskytuje naplánovanie úloh s pevným časom. Jednotlivé úlohy zariadenia sú rozdelené do vlákien a cyklicky alebo jednorazovo sú predvoliteľné podľa potreby.

Ďalšou potrebnou úlohou bola vizualizácia nameraných dát. Vizualizáciu môžeme dosiahnuť dvoma spôsobmi. Prvý spôsob je používanie Webservera, ktorý vytvorí webovú stránku. Na stránke sa dajú sledovať senzormi namerané dáta. Táto časť ale umožňuje len lokálne sledovanie dát. Kvôli tomu bola navrhnutá ďalšia funkcia, ktorá využíva možnosti technológii IoT. Namerané dáta sú poslané na rôzne IoT servery, kde sú ukladané a vizualizované pomocou služieb servera. S užívateľským menom a heslom sa dajú sledovať namerané hodnoty zariadenia z celého sveta.

V poslednej časti práce bola otestovaná funkčnosť zariadenia. Dosah Wi-Fi signálu splnil očakávanie. Spoľahlivosť komunikácie je tiež vyhovujúca, síce bola testovaná pri štandardných podmienkach. Keď zariadenie nemá prístupnú Wi-Fi sieť, vytvorí si sám AP. Ďalej bolo testované meranie teploty teplomerom a meranie napätia akumulátora. Získané hodnoty boli porovnávané s Metex M385OD multimetrom.

Výsledkom diplomovej práce je zariadenie, ktoré je oveľa komplexnejšie, než to bolo plánované v predbežných fázach projektu. Jedná sa o univerzálny systém tzn., že spektrum možností jeho využitia je veľmi široké. Z toho dôvodu nemôžeme tvrdiť, že možnosti využitia zariadenia popísané a realizované v rámci záverečnej práce sú konečné. V budúcnosti bude možné zariadenie ďalej vyvíjať a optimalizovať.

# Literatura

- [1] Near Field Communication. In: *Wikiwand* [online]. [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: [https://www.wikiwand.com/sk/Near\\_Field\\_Communication](https://www.wikiwand.com/sk/Near_Field_Communication)
- [2] RFID: Všetko, čo potrebujete vedieť o RFID. In: *Kodys* [online]. Slovensko: KODYS SLOVENSKO®, s.r.o. [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://www.kodys.sk/stranka/rfid>
- [3] RFID rendszerek csoportosítása a frekvencia alapján:. In: *IBCS Hungary* [online]. HU: BCS Hungary, 2005 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: [http://www.bcs.hu/letoltes.php?d\\_id=198](http://www.bcs.hu/letoltes.php?d_id=198)
- [4] Passive-rfid-tags-vs-active-rfid-tags. In: *Abr* [online]. US: AB&R [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://www.abr.com/passive-rfid-tags-vs-active-rfid-tags/>
- [5] Building An Active RFID People / Asset Tracking System With Mesh Networking. In: *Ns-tech.co* [online]. UK: Nicholas Skinner, 2010 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://www.ns-tech.co.uk/blog/2010/02/active-rfid-tracking-system/>
- [6] RFID. In: *Endtimestruth* [online]. US [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://endtimestruth.com/mark-of-the-beast/rfid/>
- [7] International Standards. In: *Nfc-world* [online]. JAPAN: Toppan Forms Co., Ltd. [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://www.nfc-world.com/en/about/03.html>
- [8] SUBTIL, Vitor. Writing Tag Content. In: *Packtpub* [online]. 2014 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: [www.packtpub.com](http://www.packtpub.com)
- [9] Chapter 4. Introducing NDEF. In: *Safaribooksonline* [online]. US: Safari Books Online [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <https://www.safaribooksonline.com/library/view/beginning-nfc/9781449324094/ch04.html>
- [10] POOLE, Ian. NDEF, NFC Data Exchange Format: notes and essential details about NFC NDEF, the near field communications data exchange format. In: *Radio-electronics* [online]. US: Adrio Communications Ltd [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://www.radio-electronics.com/info/wireless/nfc/nfc-near-field-communications-data-exchange-format-ndef.php>

- [11] TRČÁLEK, Antonín. Stačí přiložit: NFC a jeho využití v praxi. In: *Mobilmania* [online]. CZ, 2013 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: [http://www.mobilmania.cz/staci-prilozit-nfc-a-jeho-vyuziti-v-praxi/a-1325034/?mobiredir=0#utm\\_medium=selfpromo&utm\\_source=zive&utm\\_campaign=copylink](http://www.mobilmania.cz/staci-prilozit-nfc-a-jeho-vyuziti-v-praxi/a-1325034/?mobiredir=0#utm_medium=selfpromo&utm_source=zive&utm_campaign=copylink)
- [12] Wi-Fi. In: *Wikiwand* [online]. SK [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: <https://www.wikiwand.com/sk/Wi-Fi>
- [13] PROKOP, Mirek. Wi-Fi: Jak si zajistit velké pokrytí, rychlost a silný signál. In: *Zive* [online]. CZ, 2014 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://www.zive.cz/clanky/wi-fi-jak-si-zajistit-velke-pokryti-rychlost-a-silny-signal/anteny-a-jejich-nastaveni-deformace-a-ztrata-signalu-mereni/sc-3-a-172347-ch-90933/>
- [14] Wi-Fi - Dosah: .. zisky, útlumy, limity. In: *Ropacek* [online]. CZ: Ropáček, 2003 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://www.ropacek.cz/wifi/dosah.html>
- [15] BRAIN, MARSHALL, TRACY V. WILSON a BERNADETTE JOHNSON. How WiFi Works: What Is WiFi? In: *How Stuff works tech* [online]. [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://computer.howstuffworks.com/wireless-network1.htm>
- [16] LENDIO, Jamie. How to boost your Wi-Fi speed by choosing the right channel. In: *Extremetech* [online]. US: Ziff Davis, LLC., 2015 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://www.extremetech.com/computing/179344-how-to-boost-your-wifi-speed-by-choosing-the-right-channel>
- [17] Wireless network interface controller. In: *Wikiwand* [online]. [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: [https://www.wikiwand.com/en/Wireless\\_network\\_interface\\_controller](https://www.wikiwand.com/en/Wireless_network_interface_controller)
- [18] Understanding the Different Pieces of Hardware. In: *Etutorials* [online]. eTutorials.org [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://etutorials.org/Networking/beginners+guide+to+wi-fi+wireless+networking/Part+IV+Creating+a+Wi-Fi+Network/Chapter+13.+Buying+a+Wi-Fi+Access+Point+or+Router/Understanding+the+Different+Pieces+of+Hardware/>
- [19] C. ROSS, Andrew. Make Your Tablets and Smart Phones Smarter – Add Serial Capability for Seriously Remote Data. In: *Ecnmag* [online]. US: ECN, 2012 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://www.ecnmag.com/article/2012/02/make-your-tablets-and-smart-phones-smarter-%E2%80%93-add-serial-capability-seriously-remote-data>

- [20] Wi-Fi Security: Should You Use WPA2-AES, WPA2-TKIP, or Both? In: *Howtogeek* [online]. 2014 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.howtogeek.com/204697/wi-fi-security-should-you-use-wpa2-aes-wpa2-tkip-or-both/>
- [21] Internet věcí. In: *I2ot* [online]. CZ: Pavel Pohanka, 2015 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://i2ot.eu/internet-of-things/>
- [22] The Internet of Things: How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything. *Cisco* [online]. 2011, , 11 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://www.cisco.com/>
- [23] Cloud Computing. In: *Wikinvest* [online]. US, 2012 [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: [http://www.wikinvest.com/concept/Cloud\\_Computing](http://www.wikinvest.com/concept/Cloud_Computing)
- [24] Cloud Computing. *Gdv* [online]. Australia: GLOBAL DIGITAL VISION [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://www.gdv.com.au/cloud-computing.html>
- [25] JLAI. Foggy about “Fog Computing”? In: *Iot-labs* [online]. US: OnePress, 2016 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://iot-labs.com.my/2016/03/foggy-about-fog-computing/>
- [26] Industrial Internet of Things: Unleashing the Potential of Connected Products and Services. *Industry Agenda* [online]. 2015, , 35 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: [http://www3.weforum.org/docs/WEFUSA\\_IndustrialInternet\\_Report2015.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEFUSA_IndustrialInternet_Report2015.pdf)
- [27] Princíp M2M riešení. In: *Telekom: Princíp M2M riešení* [online]. SK: Slovak Telekom, a. s. [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <https://www.telekom.sk/biznis/m2m-riesenia>
- [28] VÁCLAVÍK, LUKÁŠ. Míříme do éry zettabajtů. Internet budou používat i krávy. In: *Cnews* [online]. CZ: cnews, 2011 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://www.cnews.cz/clanky/mirime-do-ery-zettabajtu-internet-budou-pouzivat-i-kravy>
- [29] BÁTKY, ZOLTÁN. Jövőkép: mi az a "dolgozók internete"? [infografika]. In: *Bitport* [online]. HUN: Bitport.hu Média Kft., 2011 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://bitport.hu/megoldasok/joevokep-mi-az-a-dolgozok-internete-infografika>

- [30] USBASP AVR Programmer [AC-PG-USBASP]. *Protostack* [online]. US: Protostack Pty Ltd, 2009 [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: [http://www.protostack.com/accessories/usbasp-avr-programmer/review?reviews\\_id=1](http://www.protostack.com/accessories/usbasp-avr-programmer/review?reviews_id=1)
- [31] PRODUCTS: RASPBERRY PI. *Raspberrypi* [online]. UK: RASPBERRY PI FOUNDATION, 2016 [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: <https://www.raspberrypi.org/products/>
- [32] BeagleBone. *Beagleboard* [online]. US: BeagleBoard.org Foundation, 2016 [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: <http://beagleboard.org/bone>
- [33] Intel® Edison Compute Module, Boards, and Kits. *Intel* [online]. USA: Intel®, 2015 [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: <http://www.intel.com/content/www/us/en/do-it-yourself/edison.html>
- [34] Arduino Products. *Arduino* [online]. 2016 [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: <https://www.arduino.cc/en/Main/Products>
- [35] WiFi Module - ESP8266. *Sparkfun* [online]. US: SparkFun Electronics®, 2015 [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: <https://www.sparkfun.com/products/13678>
- [36] ESP8266 SMT Module - ESP-12E. *Adafruit* [online]. Adafruit [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: <https://www.adafruit.com/products/2491>
- [37] IoT Wi-Fi Modules Comparison Table – ESP8266 vs CC3000 vs RN131 vs HDG204. In: *Cnx-software* [online]. US: cnxsoft, 2015 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://www.cnx-software.com/2015/06/15/iot-wi-fi-modules-comparison-table-esp8622-vs-cc3300-vs-rn131-vs-hdg204/>
- [38] *ADP3338: High Accuracy, Ultralow IQ, 1 A, anyCAP® Low Dropout Regulator* [online]. Analog Devices, 2005 [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADP3338.pdf>
- [39] RICHMOND, Randy. Lithium-Ion Batteries for Off-Grid Systems. In: *Homepower* [online]. US: Home Power Inc, 2013 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://www.homepower.com/articles/solar-electricity/equipment-products/lithium-ion-batteries-grid-systems>



- [40] bq2057, bq2057c, bq2057T, bq2057W: ADVANCED LINEAR CHARGE MANAGEMENT IC FOR SINGLE- AND TWO-CELL LITHIUM-ION AND LITHIUM-POLYMER. In: *Mouser* [online]. Texas Instruments, 2002 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.mouser.com/ds/2/405/bq2057t-452484.pdf>
- [41] Termistor NTC NTC 640-10K. *Gme* [online]. CZ: GM electronic, spol. s r. o. [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/termistor-ntc-ntc-640-10k-p118-042>
- [42] ESP8266EX Datasheet: Version 4.3. In: *Cdn-shop.adafruit* [online]. Espressif Systems, 2015 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: [https://cdn-shop.adafruit.com/product-files/2471/0A-ESP8266\\_\\_Datasheet\\_\\_EN\\_v4.3.pdf](https://cdn-shop.adafruit.com/product-files/2471/0A-ESP8266__Datasheet__EN_v4.3.pdf)
- [43] ESP-12 wifi module, pcb 안테나, ESP8266 장착. In: *Igotit.tistory* [online]. 2015 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://igotit.tistory.com/entry/ESP12-wifi-module-pcb-%EC%95%88%ED%85%8C%EB%82%98-ESP8266-%EC%9E%A5%EC%B0%A9>
- [44] , gandibowo. Esp8266-module-family: Modules. In: *Esp8266* [online]. gandibowo, 2016 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://www.esp8266.com/wiki/doku.php?id=esp8266-module-family>
- [45] Internal ADC - ESP8266. In: *Esp8266-projects* [online]. Blogger, 2015 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://www.esp8266-projects.com/2015/03/internal-adc-esp8266.html>
- [46] FT230X: (USB to BASIC UART IC). In: *Ftdichip* [online]. Future Technology Devices International Ltd., 2015 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: [http://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/ICs/DS\\_FT230X.pdf](http://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/ICs/DS_FT230X.pdf)
- [47] CHARLES. ESP8266 Reset and CH\_PD pins for FTDI auto reset. In: *Hallard* [online]. Blogger, 2015 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <https://hallard.me/esp8266-autoreset/>
- [48] FT230X: (USB to BASIC UART IC). In: *Ftdichip* [online]. Future Technology Devices International Ltd., 2015 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: [http://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/ICs/DS\\_FT230X.pdf](http://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/ICs/DS_FT230X.pdf)

- [49] Adafruit PN532 NFC/RFID Controller Shield for Arduino + Extras. *Adafruit* [online]. Adafruit [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: <https://www.adafruit.com/products/789>
- [50] Monochrome 0.96" 128x64 OLED graphic display. *Adafruit* [online]. Adafruit [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: <https://www.adafruit.com/products/326>
- [51] 0.96" 128\*64 OLED Display [IIC/SPI]. *Electrodragon* [online]. China: Electrodragon [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: <http://www.electrodragon.com/product/0-96-12864-oled-display-iicspi/#prettyPhoto>
- [52] Honeywell HumidIcon™: Digital Humidity/Temperature Sensors: HIH6130/6131 and HIH6120/6121 Series. In: *Farnell* [online]. Honeywell International Inc., 2012 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.farnell.com/datasheets/1627177.pdf>
- [53] Digital-output relative humidity & temperature sensor/module: DHT22 (DHT22 also named as AM2302). In: *Sparkfun* [online]. Aosong Electronics Co.,Ltd [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf>
- [54] DS18B20: Programmable Resolution 1-Wire® Digital Thermometer. In: *Gme* [online]. Dallas Semiconductor [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/img/cache/doc/530/067/ds18b20-datasheet-1.pdf>
- [55] PCF8574A Remote 8-Bit I/O Expander for I2C Bus. In: *Ti* [online]. Texas Instruments, 2001 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/pcf8574a.pdf>
- [56] PCF8574: Remote 8-bit I/O expander for I 2C-bus. In: *Nxp* [online]. NXP, 2002 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: [http://www.nxp.com/documents/data\\_sheet/PCF8574.pdf](http://www.nxp.com/documents/data_sheet/PCF8574.pdf)
- [57] MCP23017/MCP23S17: 16-Bit I/O Expander with Serial Interface. In: *Microchip* [online]. Microchip Technology Inc, 2007 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21952b.pdf>

- [58] Maxim Integrated. *Mouser* [online]. US: Mouser Electronics, Inc., 2016 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: [http://cz.mouser.com/maxim-integrated/?gclid=CjwKEAjwsMu5BRD7t57R1P2HwBgSjABrtj-RjKEVqs2\\_w3hR3dqUHYydOefa2GR4glvX3MeANpSe3xoCiGzw\\_wcB](http://cz.mouser.com/maxim-integrated/?gclid=CjwKEAjwsMu5BRD7t57R1P2HwBgSjABrtj-RjKEVqs2_w3hR3dqUHYydOefa2GR4glvX3MeANpSe3xoCiGzw_wcB)
- [59] MCP23017/MCP23S17: 16-Bit I/O Expander with Serial Interface. In: *Microchip* [online]. Microchip Technology Inc, 2007 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21952b.pdf>
- [60] HANDL, Antonín. *TUTORIÁL: UŽÍVÁNÍ HODIN REÁLNÉHO ČASU DS1307 A DS3231 S ARDUINEM* [online]. In: . CZ, 2015 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://arduino.cz/tutorial-uzivani-hodin-realneho-casu-ds1307-a-ds3231-s-arduino/>
- [61] Bq32000 Real-Time Clock (RTC). In: *Ti* [online]. Texas Instruments, 2008 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/bq32000.pdf>
- [62] PCF8593: Low power clock and calendar. In: *Nxp* [online]. NXP, 2010 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: [http://www.nxp.com/documents/data\\_sheet/PCF8593.pdf](http://www.nxp.com/documents/data_sheet/PCF8593.pdf)
- [63] M41T56: Serial real-time clock (RTC) with 56 bytes NVRAM. In: *Mouser* [online]. STMicroelectronics, 2011 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.mouser.com/ds/2/389/CD00001544-250053.pdf>
- [64] DS3231: Extremely Accurate I<sup>2</sup>C-Integrated RTC/TCXO/Crystal. *Maximintegrated* [online]. US: Maxim Integrated [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: <http://www.maximintegrated.com/en/products/digital/real-time-clocks/DS3231.html>
- [65] RV-3029-C2: Real Time Clock Module with I2C-Bus. In: *Microcrystal* [online]. Switzerland: Micro Crystal, 2012 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: [http://www.microcrystal.com/images/\\_PDF/5\\_Real-Time-Clock\\_RV/rv-3029-c2.pdf](http://www.microcrystal.com/images/_PDF/5_Real-Time-Clock_RV/rv-3029-c2.pdf)
- [66] Korelácie. In: *Fhvp.unipo* [online]. SK, 1999 [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: <http://www.fhvp.unipo.sk/cvt/statistika/stbasic2.htm>

- [67] , Plexo. Wi-Fi sítě - vše co jste kdy chtěli vědět 1/2. *Pctuning* [online]. CZ, 2008, , 2 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: [http://pctuning.tyden.cz/hardware/site-a-internet/11138-wi-fi\\_site-vse\\_co\\_jste\\_kdy\\_chteli\\_vedet\\_12?start=7](http://pctuning.tyden.cz/hardware/site-a-internet/11138-wi-fi_site-vse_co_jste_kdy_chteli_vedet_12?start=7)
- [68] *ESP8266EX Datasheet: Version 4.3* [online]. In: . Espressif Systems IOT Team, 2015, s. 31 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: [https://cdn-shop.adafruit.com/product-files/2471/0A-ESP8266\\_\\_Datasheet\\_\\_EN\\_v4.3.pdf](https://cdn-shop.adafruit.com/product-files/2471/0A-ESP8266__Datasheet__EN_v4.3.pdf)
- [69] Індустрія 4.0 – 4 Індустріальна Револуція. In: *Appau* [online]. Ukraine, 2011 [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: [http://appau.org.ua/Indusrty\\_4-0-4\\_Industry\\_revolution](http://appau.org.ua/Indusrty_4-0-4_Industry_revolution)
- [70] What is the best WiFi antenna for me? In: *Radiolabs* [online]. RadioLabs International Inc. [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.radiolabs.com/Articles/wifi-antenna.html>
- [71] PICKit 3 debug express: Description. Electrokit [online]. Sweden: Electrokit Sweden AB, 2016 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://www.electrokit.com/en/pickit-3-debug-express.46073>
- [72] Channels: IFTTT lets you create connections between the Channels below. *Ifittt* [online]. San Francisco, 2016 [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: <https://ifttt.com/channels>
- [73] Connect the apps you love: We connect your favorite apps, so they work best for you. *Ifittt* [online]. San Francisco, 2010 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <https://ifttt.com/>
- [74] #IoT made easy #ESP8266 and IFTTT (If This Then That) app. In: *Hackster* [online]. 2015 [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: <https://www.hackster.io/fablabeu/first-esp8266-and-ifttt-integration-69dc3d>
- [75] COSSEY, Emma. Ten Ways to Use IFTTT to Make Your Business More Efficient. In: *Business.yell* [online]. UK, 2015 [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: <https://business.yell.com/knowledge/ten-ways-use-ifttt-make-business-efficient/>
- [76] SEIDEL, Ivan. ArduinoThread. In: *Github* [online]. Brasil: Ivan Seidel, 2015 [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: <https://github.com/ivanseidel/ArduinoThread>

## Zoznam obrázkov

Obrázok č. 1: Funkčnosť zariadenia. ....	10
Obrázok č. 2: Výsledné zariadenie. ....	11
Obrázok č. 3: Prehľad rádiového spektra. ....	13
Obrázok č. 4: Aktívna RFID zariadenie. ....	14
Obrázok č. 5: Ukážka RFID tagu. ....	14
Obrázok č. 6: Prehľad NFC standardov. ....	15
Obrázok č. 7: Prehľad NDEF správy. ....	16
Obrázok č. 8: Znáznornenie Wi-Fi kanálov. ....	19
Obrázok č. 9: Wi-Fi infraštruktúra pomocou AP. ....	20
Obrázok č. 10: Znáznornenie AdHoc siete. ....	20
Obrázok č. 11: Znáznornenie predpokladu IoT zariadenia. ....	22
Obrázok č. 12: Znáznornenie funkcionality Cloud computingu. ....	23
Obrázok č. 13: Znáznornenie Fog computingu. ....	23
Obrázok č. 14: Použitie IoT technológia. ....	24
Obrázok č. 15: Na pravej strane AVR-ISP programátor, na ľavej strane PICkit 3 programátor pre PIC. ....	26
Obrázok č. 16: Raspberry PI 2. ....	27
Obrázok č. 17: BeagleBone. ....	28
Obrázok č. 18: Intel Edison. ....	28
Obrázok č. 19: Bloková schéma vlastného DPS s mikrokontrolérom ATmega32. ....	30
Obrázok č. 20 : ESP8266. ....	32
Obrázok č. 21: Bloková schéma zariadenia pomocou ESP8266. ....	33
Obrázok č. 22: Zapojenie LDO stabilizátora a chladiča pre SMD komponenty podľa katalógu. ....	37
Obrázok č. 23: Zapojenie nabíjací IC podľa katalógu. ....	39
Obrázok č. 24: Vývody ESP8266. ....	41
Obrázok č. 25: File štruktúra QFLASH čipu na ESP8266. ....	41
Obrázok č. 26: Reálny vzhľad modulu ESP8266. ....	41
Obrázok č. 27: Bloková schéma zapojenia SPI zbernice s komponentami. ....	42
Obrázok č. 28: Bloková schéma zapojenia I2C zbernice s komponentami. ....	42
Obrázok č. 29: Napät'ový delič. ....	43

Obrázok č. 30: Vývody USB-UART prevodníku FT230. ....	44
Obrázok č. 31: Schéma automatického reštartovania modulu ESP8266. ....	45
Obrázok č. 32: Vývody USB-UART prevodníku FT232. ....	45
Obrázok č. 33: PN532 NFC moduly. ....	46
Obrázok č. 34: 0.96 OLED displej. ....	47
Obrázok č. 35: Vývody expandéru MCP23017 a používané zapojenie. ....	49
Obrázok č. 36: Navrhovaný DPS v Cadsoft Eagle. ....	51
Obrázok č. 37: Jednotlivé verzie zariadenia, na pravej strane prvá, na ľavej strane posledná. ....	51
Obrázok č. 38: Výsledný oživovaný DPS a samotný DPS bez komponentov. ....	52
Obrázok č. 39: Diagram používania klientského programu. ....	54
Obrázok č. 40: GUI klientského programu. ....	55
Obrázok č. 41: Vývojový diagram pre znázornenie funkčnosti RTOS v ESP8266. ....	56
Obrázok č. 42: Okno z Arduino IDE pre debugovanie. ....	57
Obrázok č. 43: Vývojový diagram vlákna pre obsluhu Wi-Fi pripojenia. ....	58
Obrázok č. 44: Vývojový diagram vlákna pre obsluhu NFC modulu. ....	59
Obrázok č. 45: Vývojový diagram vlákna pre obsluhu teplomera. ....	60
Obrázok č. 46: Vývojový diagram vlákna pre meranie napätia pomocou A/D prevodníka. ....	61
Obrázok č. 47: Vývojový diagram vlákna pre obsluhu klienta. ....	63
Obrázok č. 48: Znázornení menu štruktúry displeja. ....	64
Obrázok č. 49: Skupiny pre IFTTT službov. ....	64
Obrázok č. 50: Ukážka funkčnosti IFTTT a logo IFTTT. ....	65
Obrázok č. 51: Ukážka nastavenia Freeboard.io. ....	65
Obrázok č. 52: Ukážka funkčnosti Freeboard.io servera pri meraní teplôt a napätia. ....	66
Obrázok č. 53: Ukážka funkčnosti iot.colud servera pri meraní teplôt. ....	66
Obrázok č. 54: Meranie napätia pomocou ESP8266 a Metex M385OD; testovanie a posielanie dát na cloud server. ....	69
Obrázok č. 55: Testovanie spoľahlivosti a stability Wi-Fi pripojenia. Na pravej strane sa dá vidieť meranie, keď medzi počítačom a zariadením bol router. Na ľavej strane sa dá vidieť meranie, keď zariadenie bol pripojený bezdrôtovo priamo na počítač. ....	72
Obrázok č. 56: Meranie kvality Wi-Fi signálu pomocou programu Ekahau Heatmapper. ....	74

## Zoznam tabuliek

Tabuľka č. 1: Porovnanie IEEE štandardov. ....	17
Tabuľka č. 2: Porovnanie Wi-Fi rýchlosti.....	18
Tabuľka č. 3: Porovnanie BeagleBone a Raspberry Pi 2. ....	28
Tabuľka č. 4: Parametre Wi-Fi modulu ESP8266. ....	31
Tabuľka č. 5: Porovnanie bežných Wi-Fi modulov .....	32
Tabuľka č. 6: Spotreba jednotlivých komponentov. ....	35
Tabuľka č. 7: Spotreba modulu ESP8266 v rôznych režimoch. ....	36
Tabuľka č. 8: Spotreba karty SD.....	36
Tabuľka č. 9: Porovnanie LDO stabilizátorov. ....	36
Tabuľka č. 10: Porovnanie technológií akumulátorov. ....	38
Tabuľka č. 11: Parametre NTC termistoru.....	40
Tabuľka č. 12: Parametre porovnaných digitálnych teplomerov. ....	48
Tabuľka č. 13: Parametre porovnaných expandérov.....	49
Tabuľka č. 14: Parametre porovnaných RTC čipov.....	50
Tabuľka č. 15: Útlm podľa vzdialenosti. ....	73
Tabuľka č. 16: Wi-Fi parametre zariadenia ESP8266. ....	73

## **Zoznam grafov**

Graf. č 1: Meranie teploty pomocou Metex 385D a pomocou Maxim 18B20. ....	68
Graf. č 2: Korelácia nameraných teplôt od Metex 385D a Maxim 18B20. ....	68
Graf. č 3: Meranie napätia pomocou ESP8266 a Metex 385OD. ....	70
Graf. č 4: Korelácia nameraných napätí od Metex 385D a Maxim 18B20. ....	70



# Zoznam príloh

**Príloha A** - Schéma zapojenia

**Príloha B** – CD : zdrojový kód, knihovne, schéma DPS, návrh DPS, Arduino IDE nadstavba

# Príloha A - Schéma zapojenia

