

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Dálkové ovládání domácích spotřebičů mobilním telefonem

Autor: Roman Ondráček

Škola: Gymnázium Boskovice, příspěvková organizace

Kraj: Jihomoravský

Obor: 10. Elektrotechnika, elektronika a telekomunikace

Boskovice 2017

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Dálkové ovládání domácích spotřebičů mobilním telefonem

The remote control of home
appliances via a mobile phone

Autor: Roman Ondráček

Škola: Gymnázium Boskovice, příspěvková organizace

Kraj: Jihomoravský

Školitel: prof. Ing. Václav Říčný, CSc.

Obor: 10. Elektrotechnika, elektronika a telekomunikace

Boskovice 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že svou práci na téma Dálkové ovládání domácích spotřebičů mobilním telefonem jsem vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Václava Říčného, CSc. a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Dále prohlašuji, že tištěná i elektronická verze práce SOČ jsou shodné a nemám závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a změně některých zákonů (autorský zákon) v platném změní.

V Boskovicích dne 3. února 2017

Podpis:

Poděkování

Děkuji svému školiteli prof. Ing. Václavu Říčnému CSc. za obětavou pomoc a podnětné připomínky, které mi během práce poskytoval.
Tato práce byla provedena za finanční podpory Jihomoravského kraje.



FAKULTA
ELEKTROTECHNIKY
A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

Anotace

Cílem této práce je navrhnout a sestavit chytrou zásuvku, která se ovládá pomocí SMS a která může spínat odporovou zátěž až 10 A. Součástí mé práce je technická dokumentace výrobku, popis postupu výroby a samotný výrobek.

Klíčová slova

GSM; SMS; IQRF; relé

Annotation

The goal of this work is to design and build a smart power socket, which is controlled by a text message and which can switch resistive loads up to current 10 A. My work includes technical documentation, a description of the manufacturing process and the product itself.

Keywords

GSM; text message; IQRF; relay

Obsah

| | |
|---|-----------|
| Úvod | 2 |
| 1 Návrh hardware | 3 |
| 1.1 Chytrá zásuvka | 3 |
| 1.1.1 Bezdrátový modul IQRF DCTR-72DAT | 4 |
| 1.1.2 Blokové schéma | 6 |
| 1.1.3 Obvodové schéma | 7 |
| 1.1.4 Výkres plošného spoje a rozložení součástek | 8 |
| 1.1.5 Rozpisca součástek | 9 |
| 1.2 Brána | 10 |
| 1.2.1 Raspberry Pi 2 model B | 11 |
| 1.2.2 Blokové schéma brány | 12 |
| 1.2.3 Rozpisca součástek | 12 |
| 2 Návrh software | 13 |
| 2.1 Komunikace | 13 |
| 2.2 Chytrá zásuvka | 14 |
| 2.2.1 Vývojové prostředí IQRF IDE | 14 |
| 2.2.2 Operační systém IQRF OS | 15 |
| 2.2.3 Protokol IQRF DPA | 16 |
| 2.3 Brána | 17 |
| 2.3.1 AT příkazy | 18 |
| 3 Technické parametry | 20 |
| 3.1 Chytrá zásuvka | 20 |
| 3.2 Brána | 20 |
| Závěr | 21 |
| Seznam použitých zkratek | 23 |
| Seznam použité literatury | 23 |

Seznam obrázků **25**

Seznam tabulek **25**

Úvod

V posledních létech je ve středu pozornosti tzv. Internet věcí (IoT) a chytrá domácnost. Na trhu jsou nabízeny chytré zásuvky, které však obvykle ovládány na kratší vzdálenosti a nenabízejí možnost pohodlně a bezpečně je ovládat vzdáleně pomocí mobilního telefonu.

Obvykle jsou tyto chytré zásuvky ovládány pomocí komunikace WiFi, která používá kmitočtové pásmo 2,4 GHz. Tato frekvence je hlavně ve městech hodně zarušená, protože se používá i pro přenosy jiných dat[1]. A proto většinou tyto chytré zásuvky lze ovládat pouze v místní síti (LAN). Tento projekt má tedy umožnit ovládat tyto zásuvky (a tedy i elektrické spotřebiče v nich zapojené) z libovolné vzdálenosti. Navržený systém dálkového ovládání pomocí mobilního telefonu by měl, kromě vlastního ovládání, zabezpečit i přenos informace uživateli o aktuálním stavu zásuvky. Cílem projektu je tedy návrh takové dálkově ovládané chytré zásuvky, její realizace a ověření funkčního vzorku.

Většina chytrých zásuvek obsahuje pouze jedno relé[13], protože musí se povinně spínat fáze (spínání nulového vodiče je nepovinné). To přináší problém, protože například ve Francii, kde se stejně jako v České republice použita zásuvka typu E[12], je zdířka fáze umístěna vpravo nikoliv vlevo jako v České republice[11]. Proto navržené řešení obsahuje i druhé relé pro spínání nulového vodiče.

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

1 Návrh hardware

1.1 Chytrá zásuvka

Chytrá zásuvka je napájena ze sítě pomocí modulového spínaného zdroje do desky plošných spojů MEAN WELL IRM-02-5, který má výstupní napětí 5 V a maximální výstupní proud je 400 mA.

Chytrá zásuvka je řízena bezdrátovým modulem IQRF DCTR-72DAT, který spíná SMD unipolární tranzistory N-MOSFET BSS138. Ty spínají které spínají cívky dvou relé (jedno je použito pro spínání fáze a druhé relé je použito pro spínání nulového vodiče) OMRON G5Q-1A4-EU.

Při rozepnutí proudu v cívce relé vzniká vlivem její indukčnosti napěťová špička, která může zničit spínací tranzistor. Proražení tranzistoru lze zabránit diodou paralelně zapojenou k relé, která při rozepnutí relé uzavře obvod kolem indukčnosti. Použil jsem usměrňovací diodu 1N4007. Abych zabránil jiskření na kontaktech relé, jsem použil varistor MOV SR PASSIVES VAR10-250.

1.1.1 Bezdrátový modul IQRF DCTR-72DAT

V chytré zásuvce jsem použil bezdrátový modul IQRF DCTR-72DAT, který rovněž vyrábí česká firma MICRORISC s.r.o., která sídlí v Jičíně. Plošný spoj modulu má podobné rozměry jako SIM karta, proto je pro jeho připojení s deskou plošných spojů použit konektor pro SIM karty.



Obrázek 1: Fotografie bezdrátového modulu

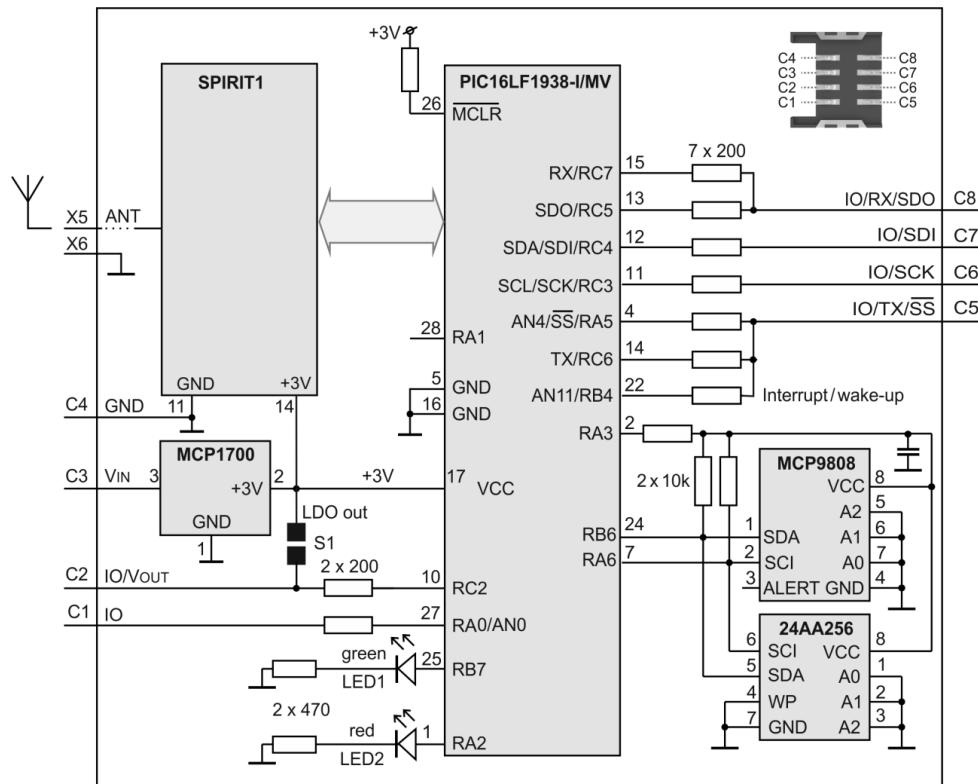
Modul může vysílat na bezlicenčních pásmech 916 MHz, která je určené pro Ameriku, a 868 MHz, určené pro zbytek světa. Vysílací výkon modulu je 12,5 mW, používá GFSK modulaci. Modul má integrovanou anténu na svém plošném spoji.

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

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

digitální teploměr Microchip MCP9808E/MC.

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

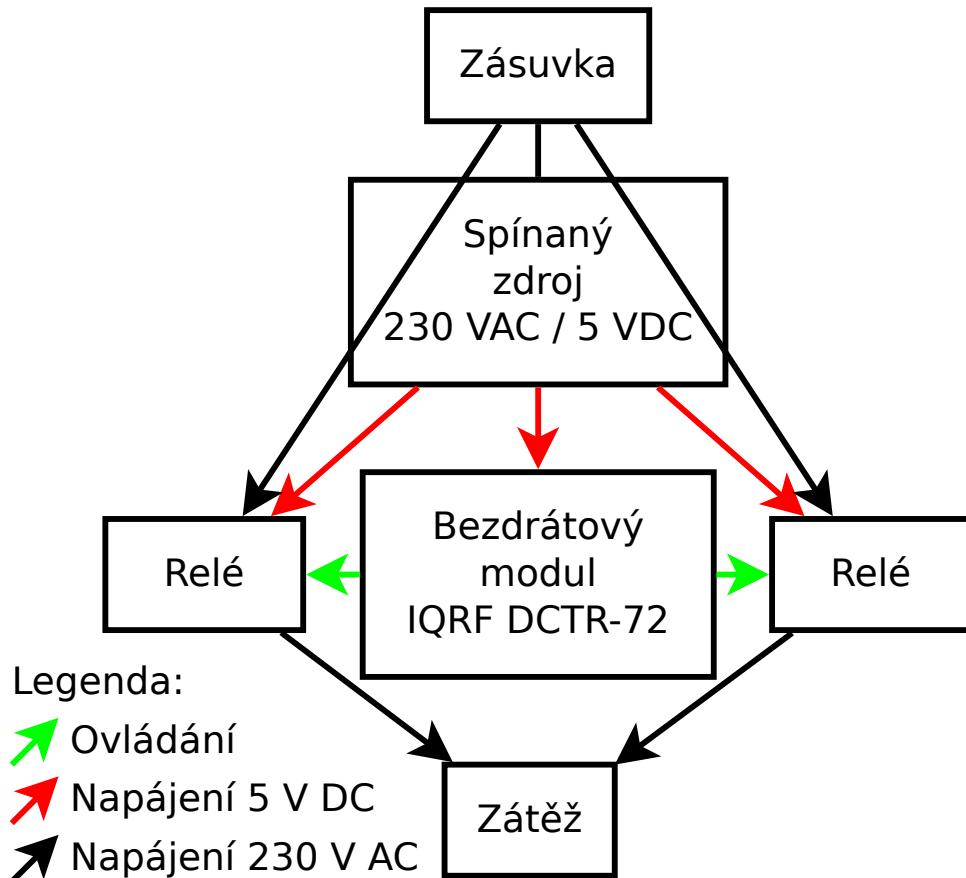


Obrázek 2: Zjednodušené schéma bezdrátového modulu

Přestože je v integrovaném obvodu řídící radiovou komunikaci hardwarová podpora šifry AES-128, tak podpora této šifry není v IQRF OS ještě implementována a místo ní se používá upravená bloková šifra XTEA, která je však méně bezpečná. Bloková šifra AES-128 bude implementovaná v IQRF OS ve verzi 4.0, která má vyjít v prvním čtvrtletí roku 2017.

1.1.2 Blokové schéma

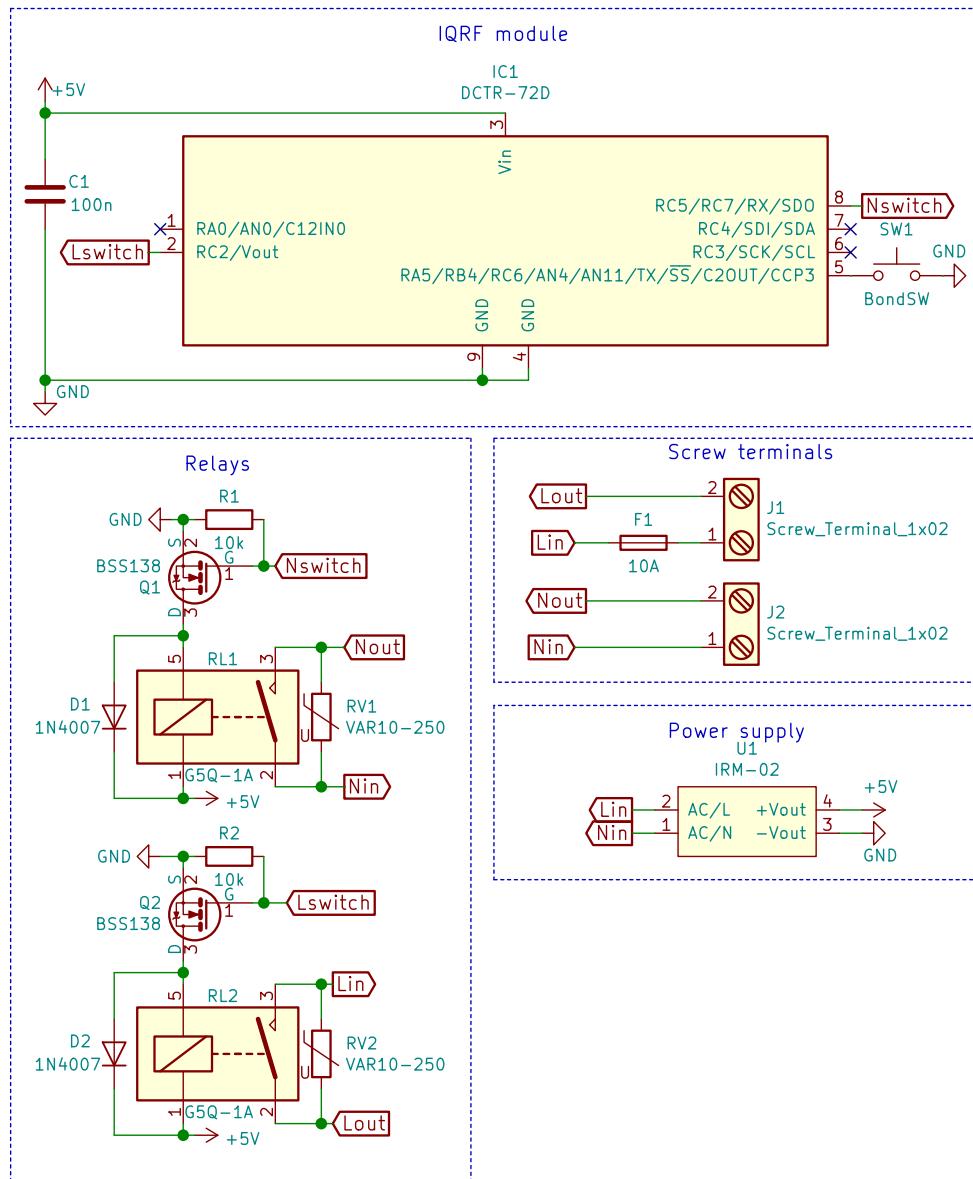
Na obrázku č. 3 se nachází blokové schéma chytré zásuvky, které popisuje její zapojení. Obrázek byl vytvořený v open-source programu Dia[14].



Obrázek 3: Blokové schéma chytré zásuvky

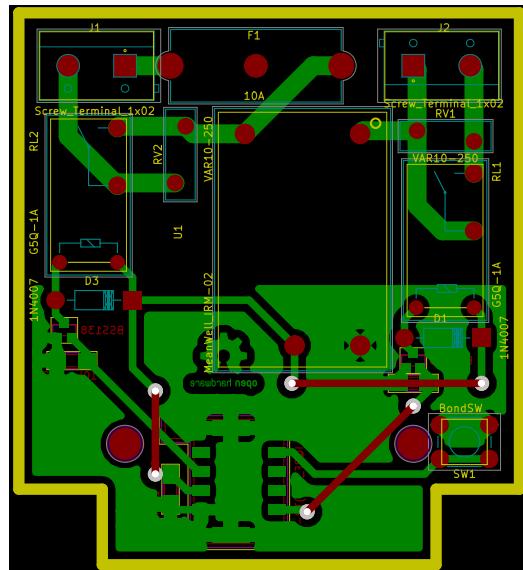
1.1.3 Obvodové schéma

Na obrázku č. 4 se nachází obvodové schéma chytré zásuvky. Obrázek je vytvořen v open-source programu KiCad[15].

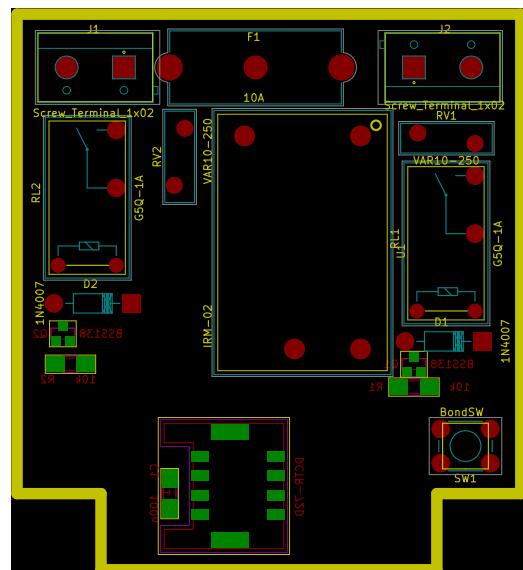


Obrázek 4: Obvodové schéma chytré zásuvky

1.1.4 Výkres plošného spoje a rozložení součástek



Obrázek 5: Výkres plošného spoje chytré zásuvky



Obrázek 6: Rozložení součástek na desce plošného spoje chytré zásuvky

1.1.5 Rozpiska součástek

| Značka | Jméno součástky |
|----------|---|
| | Krabička COMBIPLAST CP-Z-27/B |
| C1 | Keramický SMD 1206 kondenzátor 100 nF |
| D1, D2 | Dioda 1N4007 |
| F1 | Tavná keramická pojistka 10 A 250 VAC |
| IC1 | Bezdrátový modul IQRF DCTR-72DAT |
| | Konektoru IQRF KON-SIM-01 pro IC1 |
| J1, J2 | Svorkovnice do DPS DEGSON DG300-7.5-02P |
| Q1, Q2 | N-MOSFET BSS138 |
| R1, R2 | Rezistor SMD 1206 10 kΩ |
| RL1, RL2 | Relé OMRON G5Q-1A4-EU 5VDC |
| RV1, RV2 | MOV varistor SR PASSIVES VAR10-250 |
| D3, SW1 | Mikrospínač HIGHLY PB6141FL-13 |
| U1 | Spínaný zdroj MEAN WELL IRM-02-5 |

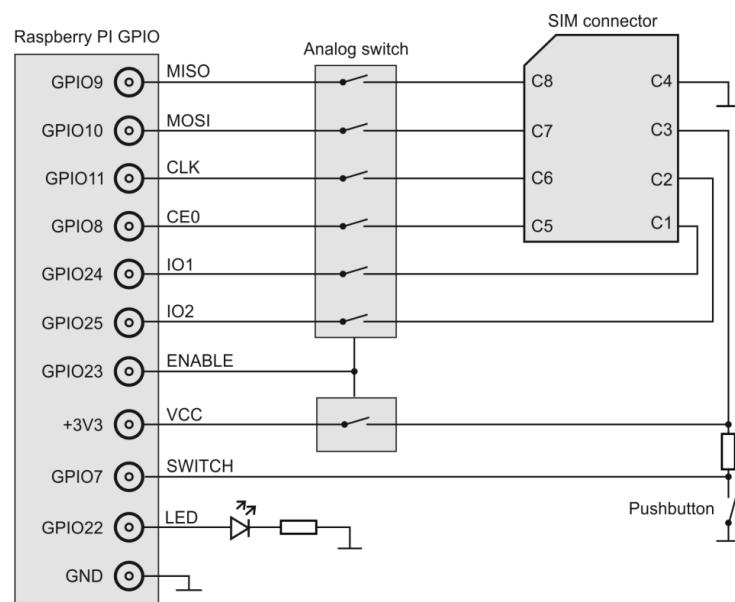
Tabulka 1: Rozpiska součástek chytré zásuvky

1.2 Brána

Pro bránu jsem použil linuxový jednodeskový počítač Raspberry Pi 2 model B. Bezdrátový modul IQRF DCTR-72DAT je k bráně připojen přes sběrnici SPI pomocí adaptéru IQRF KON-RASP-01. Pro komunikaci s GSM sítí lze použít USB GSM/3G modem (například Huawei E3131) nebo starší mobilní telefon (například Samsung Star II nebo Samsung Galaxy Gio). Brána se napájí pomocí externího spínaného zdroje s microUSB konektorem, který má výstupní napětí 5 V a maximální výstupní proud 2 A.



Obrázek 7: Fotografie adaptéru IQRF KON-RASP-01

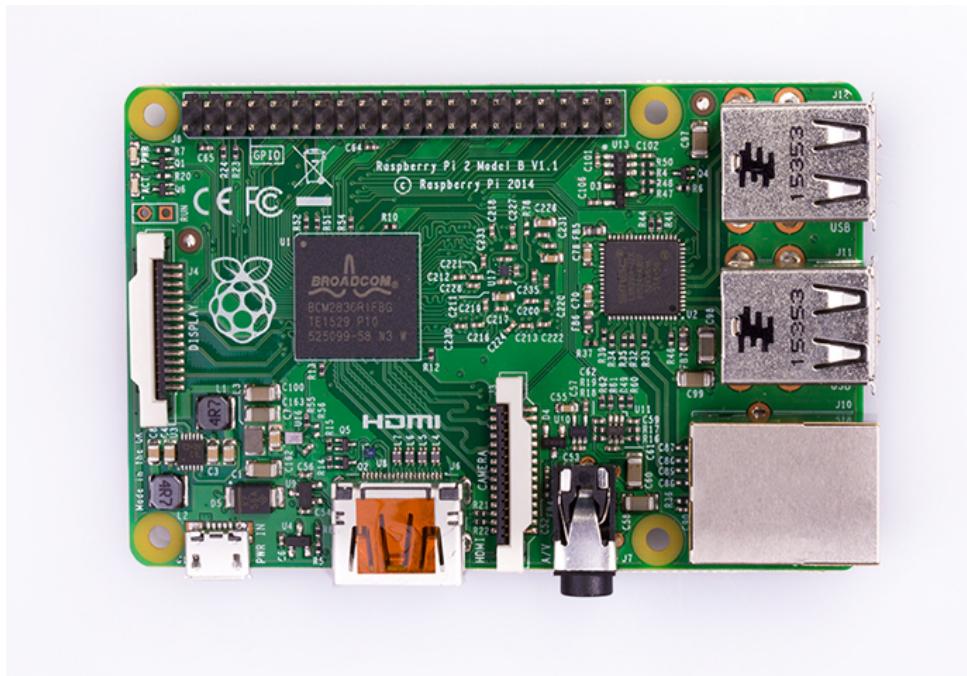


Obrázek 8: Zjednodušené schéma adaptéru IQRF KON-RASP-01

1.2.1 Raspberry Pi 2 model B

Raspberry Pi 2 model B je jednodeskový počítač, který má rozměry podobné kreditní kartě. Tento počítač obsahuje:

- čtyřjádrový ARM Cortex-A7 Broadcom BCM2836,
- 1 GB operační paměti RAM,
- čtyři USB 2.0 porty
- port RJ45 pro 100 Mb síťovou kartu,
- slot pro microSD kartu,
- HDMI výstup,
- 40 GPIO pinů, na kterých jsou vyvedeny sběrnice SPI, I2C, USART.

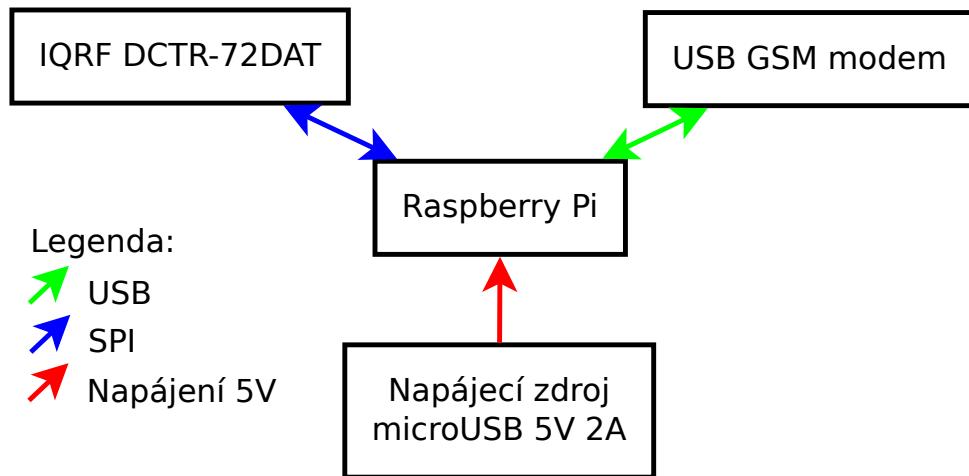


Obrázek 9: Fotografie jednodeskového počítače Raspberry Pi 2 model B

1.2.2 Blokové schéma brány

Na obrázku č. 7 se nachází blokové schéma brány, které popisuje její zapojení.

Obrázek byl vytvořený v open-source programu Dia[14].



Obrázek 10: Blokové schéma brány

1.2.3 Rozpiska součástek

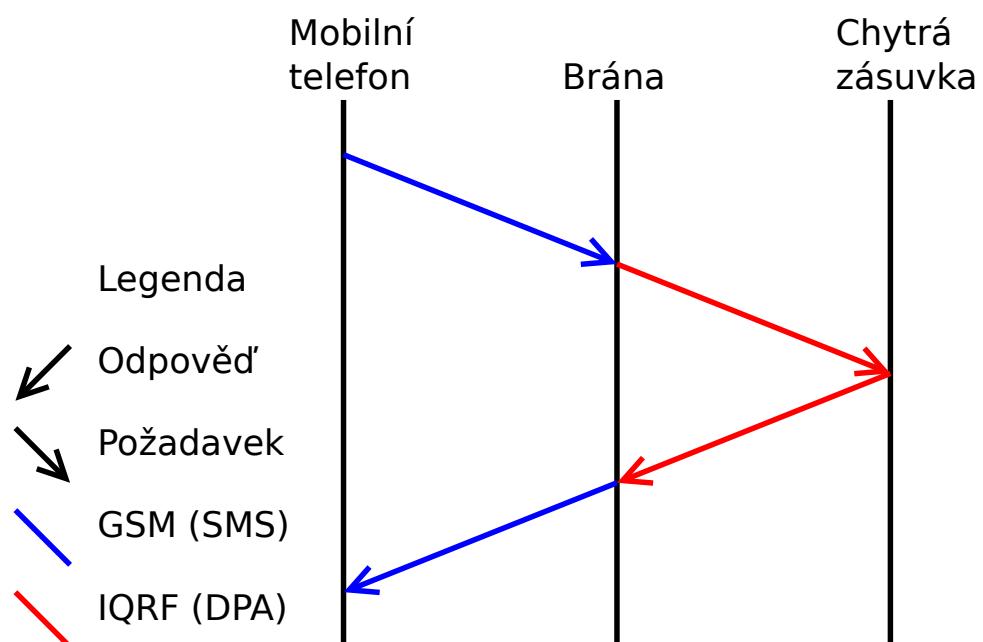
| Jméno součástky |
|----------------------------------|
| Raspberry Pi 2 model B |
| adaptér IQRF KON-RASP-01 |
| bezdrátový modul IQRF DCTR-72DAT |

Tabulka 2: Rozpiska součástek brány

2 Návrh software

2.1 Komunikace

Mobilní telefon komunikuje s bránou pomocí zpráv SMS. Brána SMS zprávu zpracuje a pokud je zpráva validní, tak pošle požadavek na chytrou zásuvku přes bezdrátový modul IQRF. Chytrá zásuvka vrátí svůj stav bráně, která poté informuje uživatele, zda byla akce úspěšná.



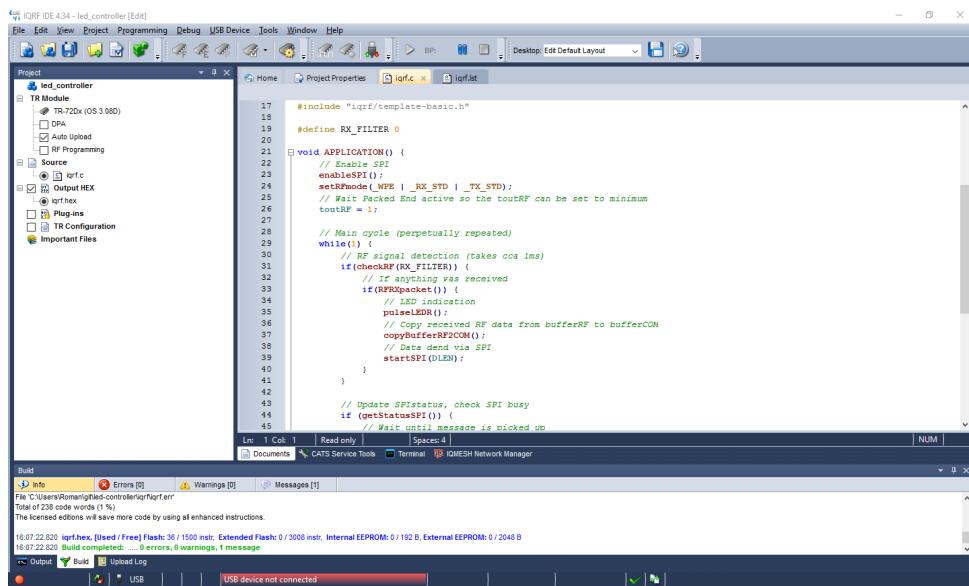
Obrázek 11: Zjednodušené schéma komunikace

2.2 Chytrá zásuvka

Software chytré zásuvky je psán v programovacím jazyce C. Software byl napsán ve vývojovém prostředí IQRF IDE[3].

2.2.1 Vývojové prostředí IQRF IDE

IQRF IDE[3] je zdarma stažitelné vývojové prostředí, které je určené pro vývoj aplikací pro bezdrátové moduly IQRF. Toto vývojové prostředí je pouze pro operační systém Microsoft Windows. Uživatelé operačního systému Apple OS X nebo libovolné linuxové distribuce nemohou využít software pro tyto bezdrátové moduly. IQRF IDE používá kompilátor CC5X C Compiler[16].

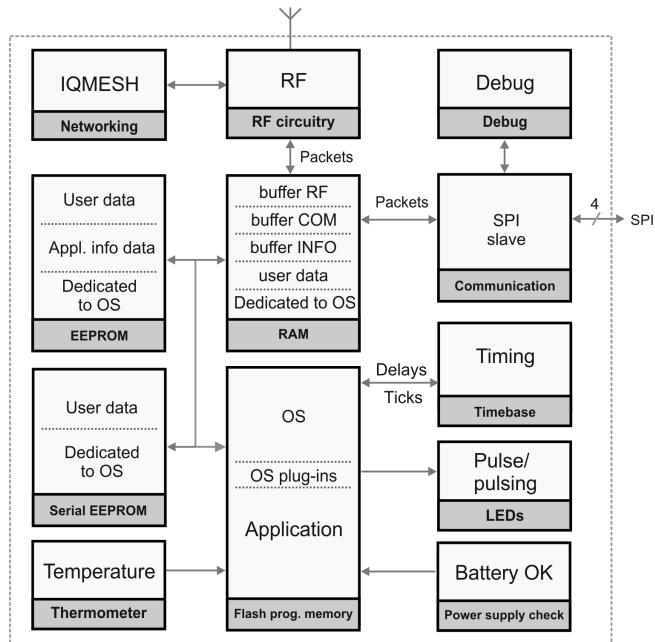


Obrázek 12: Vývojové prostředí IQRF IDE

2.2.2 Operační systém IQRF OS

IQRF OS[4] je operační systém určený pro bezdrátové moduly IQRF, pomocí kterého uživatel jednoduše:

- ovládat rádiovou komunikaci,
- ovládat komunikaci v mesh síti,
- komunikovat s periferiemi přes sběrnice SPI, USART, I2C,
- pracovat s pamětími RAM, EEPROM,
- inicializovat GPIO,
- spínat GPIO,
- číst logické hodnoty z GPIO,
- spínat integrované LED diody,
- generovat PWM na výstupním pinu,
- číst hodnoty z analogově digitálního převodníku,
- číst teplotu z integrovaného teplotního senzoru.



Obrázek 13: Blokové schéma operačního systému IQRF OS

2.2.3 Protokol IQRF DPA

IQRF DPA[6] je vrstva nad IQRF OS, která se stará o protokol komunikace IQRF bezdrátových modulů. IQRF DPA má pevně danou strukturu paketů, která je uvedena v tabulce č. 3. Centrální prvek v IQRF mesh síti se jmenuje koordinátor, který je umístěn v bráně. Koordinátor má se své paměti EEPROM uložené informace o dalších bezdrátových modulech, se kterými má komunikovat. Pokud koordinátor přijme data od bezdrátového modulu, jehož informace nemá uložené v EEPROM paměti, pak data ignoruje.

| NADR | PNUM | PCMD | HWPID | DATA |
|---------------|-----------------|--------|-------------------|------|
| siťová adresa | číslo periferie | příkaz | HWP identifikátor | data |

Tabulka 3: Schéma paketu IQRF DPA

2.3 Brána

V bráně běží linuxová distribuce Raspbian, což je speciálně upravená linuxová distribuce pro jednodeskový počítač Raspberry Pi. Tato linuxová distribuce je odvozená od linuxové distribuce Debian, která je jedna z nejpoužívanějších linuxových distribucích. Software brány je psán v skriptovacím jazyce Python. Abych si byl jistý, že všechny komponenty softwaru brány fungují, vytvořil jsem pomocí nástroje unittest psal unit testy, které testují důležité komponenty (například čtení konfiguračního souboru).

Konfigurační soubor softwaru brány je psán v datovém formátu YAML. V dalším odstavci je uveden ukázkový konfigurační soubor.

```
1  gsm:  
2      enabled: true  
3      interface: uart  
4      interfaces:  
5          uart:  
6              port: "/dev/ttyUSB0"  
7              baudRate: 9600  
8          pin: false  
9  
10     iqrf:  
11         enabled: true  
12         interface: spi  
13         interfaces:  
14             spi:  
15                 port: "/dev/spidev0.0"  
16             cdc:  
17                 port: "/dev/ttyACM0"
```

2.3.1 AT příkazy

AT příkazy jsou příkazy, které se používají pro komunikaci s GSM modemem. Dříve se AT příkazům říkalo Hayesovy příkazy (vymyslel je Dennis Hayes pro svůj Hayes Smartmodem 300). Pojmenování AT příkazy vzniklo podle slova **ATtention**, což v češtině znamená pozor, upozornit.

Základní AT příkaz je příkaz *AT*, který odpoví OK, pokud je vše v pořádku. Příkaz *ATI* vypisuje informace o modemu (například výrobce a model). Pomocí příkazu *AT+CMGF=1* lze nastavit textový ASCII přenos dat.

Pokud je SIM karta chráněna PIN kódem, pak je možno ji odemknout pomocí příkazu *AT+CPIN=PIN-SIM-KARTY* a poté pomocí příkazu *AT+CPIN?* ověřit, zda byl zadán správný PIN kód.

Pomocí příkazu *AT+CMGL="ALL"* jsou každou sekundu přečteny všechny SMS zprávy, které jsou uloženy na SIM kartě. Odpověď vypadá takto:

+CMGL: číslo SMS zprávy, "stav zprávy (přečteno/nepřečteno)", "telefoniční číslo odesílatele", "datum a čas přijetí SMS zprávy"

Text

OK. Pomocí příkazu *AT+CMGS="telefoniční číslo příjemce"*

Text <26>¹ se pak odešle SMS zpráva.

Pomocí příkazu *ATD+420123456789;* se „vytočí“ telefoniční číslo +420123456789.

Následně je pomocí příkazu *AT+CHUP* ukončeno spojení.

¹<26> zastupuje ASCII znak Substitute

| Příkaz | Popis |
|--------------------------------------|---------------------------------------|
| AT | Základní AT příkaz |
| ATI | Vypíše informace o modemu |
| AT+CPIN=1234 | Odemkne SIM kartu pomocí PINu 1234 |
| AT+CPIN? | Odpoví, jestliže je PIN v pořádku |
| AT+CMGF=1 | Nastavení textového ASCII přenosu dat |
| AT+CMGL="ALL" | Přečte všechny SMS zprávy |
| AT+CMGS="telefoniční číslo příjemce" | Odeslání SMS zprávy |
| ATD+420123456789; | Vytočí číslo +420123456789 |
| AT+CHUP | Zavěšení hovoru (spojení) |

Tabulka 4: Seznam použitych AT příkazů

3 Technické parametry

3.1 Chytrá zásuvka

| Technické parametry | |
|----------------------------|---------------------------------|
| Rozměry | 7×12×4,5 cm |
| Hmotnost | x g |
| Elektrické parametry | |
| Napájecí napětí | 90 V až 250 V AC |
| Maximální odběr proudu | 400 mA |
| Maximální spínatelný proud | 10 A |
| Ostatní parametry | |
| Přenos dat | bezdrátově na frekvenci 868 MHz |
| Protokol | IQRF DPA |

Tabulka 5: Parametry chytré zásuvky

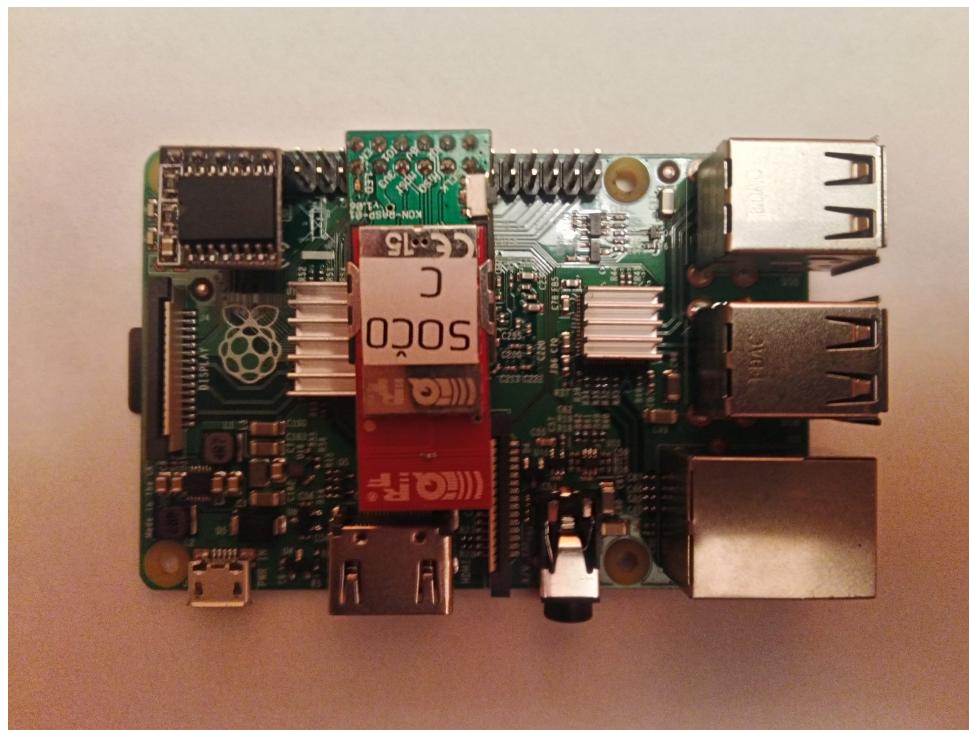
3.2 Brána

| Technické parametry | |
|------------------------|-------------|
| Rozměry | 7×12×4,5 cm |
| Hmotnost | x g |
| Elektrické parametry | |
| Napájecí napětí | 5 V DC |
| Maximální odběr proudu | 2 A |

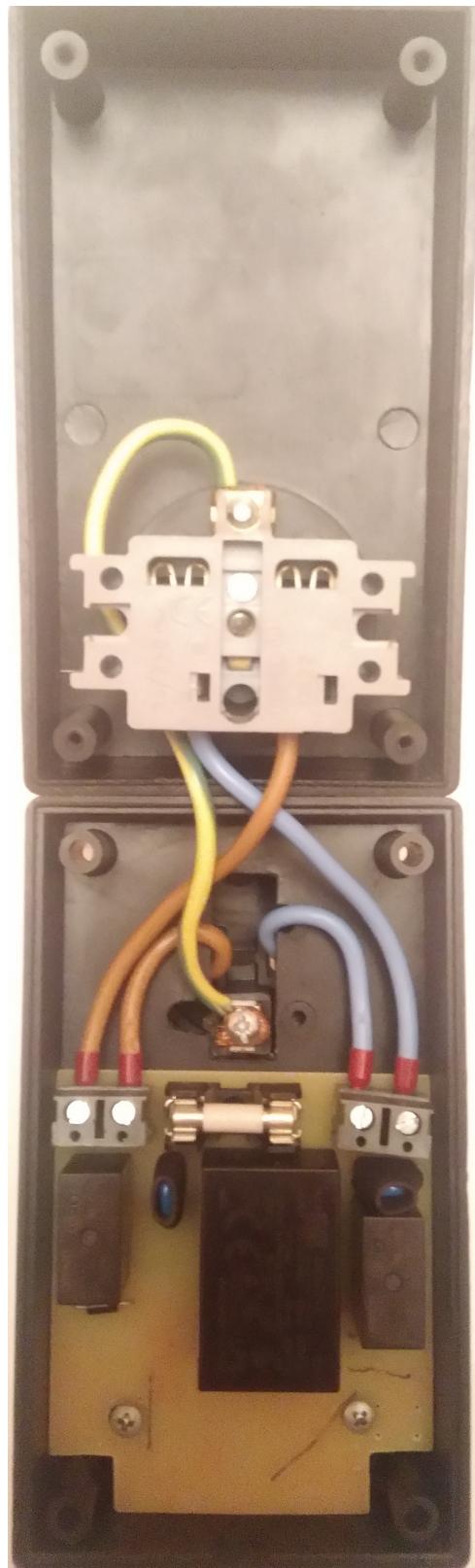
Tabulka 6: Parametry brány

Závěr

Navržený systém dálkového ovládání elektrických spotřebičů byl navržen a realizován ve formě funkčního vzorku. Na obrázcích č. 14 a 15 jsou fotografie funkčního vzorku chytré zásuvky a brány. Funkce chytré zásuvky i celého systému jejího dálkového ovládání pomocí GSM komunikace z mobilního telefonu vzdáleného uživatele byla ověřena a shledána plně funkční. Výsledkem tohoto projektu je tedy plně funkční chytrá zásuvka, která nejenže splňuje všechny požadavky zadání, ale v mnoha směrech je i rozšiřuje – například o zpětný přenos SMS informací vzdálenému uživateli o okamžitém stavu sepnutí/vypnutí zásuvky. Vzhledem k charakteru a univerzalitě řešení by systém v budoucnosti mohl umožnit i zpětný přenos dalších SMS informací (např. teplota v objektu) nebo ovládání přes Internet.



Obrázek 14: Fotografie funkčního vzorku brány



Obrázek 15: Fotografie funkčního vzorku chytré zásuvky

Seznam použitých zkratek

| | |
|---|---|
| AC | GSM |
| Alternating current, 20 | |
| AES | Global System for Mobile Communications, 10 |
| Advanced Encryption Standard, 4 | |
| ARM | Groupe SpécialMobile, 10 |
| Acorn RISC Machine, 11 | |
| Advanced RISC Machine, 11 | |
| ASCII | HDMI |
| American Standard Code for Information Interchange, 18 | High-Definition Multimedia Interface, 11 |
| DC | HWP |
| Direct current, 20 | Hardware profile, 16 |
| DPA | I2C |
| Direct Peripheral Access, 4 | Inter-Integrated Circuit, 11 |
| DPS | IDE |
| Deska plošných spojů, 9 | Integrated Development Environment, 14 |
| EDA | IoT |
| Electronic design automation, 24 | Internet of things, 2 |
| EEPROM | ISM |
| Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory, 15 | Industrial, Scientific and Medical, 23 |
| GFSK | LAN |
| Gaussian frequency-shift keying, 4 | Local area network, 2 |
| GPIO | LDO |
| General-purpose input/output, 11 | Low-dropout, 4 |
| LED | MOV |
| | Metal Oxide Varistor, 3 |

| | |
|---|---------------------------------------|
| N-MOSFET | XTEA |
| N-Channel metal–oxide–semiconductor field-effect transistor, 3 | eXtended Tiny Encryption Algorithm, 5 |
| OS | YAML |
| Operating system, 5 | YAML Ain’t Markup Language, 17 |
| Operační systém, 5 | |
| PWM | |
| Pulse Width Modulation, 15 | |
| RAM | |
| Random-access memory, 11, 15 | |
| RISC | |
| Reduced instruction set computing, 5 | |
| SD | |
| Secure Digital, 11 | |
| SIM | |
| Subscriber identity module, 4 | |
| SMD | |
| Surface-mounted device, 3 | |
| SMS | |
| Short message service, 13 | |
| SPI | |
| Serial Peripheral Interface, 10, 11 | |
| USART | |
| Universal Synchronous / Asynchronous Receiver and Transmitter, 11 | |
| USB | |
| Universal Serial Bus, 10 | |

Reference

- [1] Wikipedia. ISM Band *Wikipedia* [online]. [cit. 2016-01-08].
Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/ISM_band
- [2] Wikipedia. Hayes command set *Wikipedia* [online]. [cit. 2016-01-08].
Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Hayes_command_set
- [3] MICRORISC. IQRF IDE *IQRF* [online]. Jičín, 2016 [cit. 2017-01-09].
Dostupné z: <http://iqrf.org/technology/iqrf-ide>
- [4] MICRORISC. Operating system *IQRF* [online]. Jičín, 2016 [cit. 2017-01-09].
Dostupné z: <http://iqrf.org/technology/operating-system>
- [5] MICRORISC. IQRF OS v3.08D User's guide for TR-7xD *IQRF* [online].
Jičín, 2016 [cit. 2017-01-29].
Dostupné z: <http://www.iqrf.org/weben/downloads.php?id=155>
- [6] MICRORISC. DPA *IQRF* [online]. Jičín, 2016 [cit. 2017-01-09].
Dostupné z: <http://iqrf.org/technology/dpa>
- [7] MICRORISC. Datasheet (DC)TR-72D *IQRF* [online]. Jičín, 2016 [cit. 2017-01-09].
Dostupné z: <http://iqrf.org/weben/downloads.php?id=337>
- [8] MICRORISC. User's guide KON-RASP-01 *IQRF* [online]. Jičín, 2016 [cit. 2017-01-23].
Dostupné z: <http://www.iqrf.org/weben/downloads.php?id=412>
- [9] MICROCHIP. PIC16F1938 *PIC16F1938* [online]. 2017 [cit. 2017-01-29].
Dostupné z: <http://www.microchip.com/wwwproducts/en/PIC16F1938>
- [10] Jiri Bezstarosti. Tranzistor jako spínač *Robodoupě* [online]. 2012 [cit. 2017-01-09].
Dostupné z: <http://robodoupe.cz/2012/tranzistor-jako-spinac/>

- [11] Jaroslav Borovec. Fáze vlevo nebo vpravo, v čem tkví nebezpečí? *Elektrika.cz* [online]. 2009 [cit. 2017-01-09].
Dostupné z: <http://elektrika.cz/clanky/faze-vlevo-nebo-vpravo-v-cem-tkvi-nebezpeci>
- [12] Oldřich Mrázek. Přehled zásuvek používaných ve světě - Typ E *HW Server* [online]. 2009 [cit. 2017-01-09].
Dostupné z: <http://zasuvky.hw.cz/index2.php#E>
- [13] Brian Dipert. Teardown: WeMo Switch is highly integrated *EDN* [online]. 2015 [cit. 2017-01-09].
Dostupné z: <http://www.edn.com/design/consumer/4440797/Teardown--WeMo-Switch-is-highly-integrated>
- [14] Dia *Dia* [online]. [cit. 2017-01-19].
Dostupné z: <https://wiki.gnome.org/Apps/Dia/>
- [15] KiCad EDA *KiCad EDA* [online]. [cit. 2017-01-19].
Dostupné z: <http://kicad-pcb.org/>
- [16] B Knudsen Data. CC5X C Compiler *CC5X* [online]. Norsko, 2016 [cit. 2017-01-29].
Dostupné z: <http://www.bknd.com/cc5x/>

Seznam obrázků

| | | |
|----|--|----|
| 1 | Fotografie bezdrátového modulu | 4 |
| 2 | Zjednodušené schéma bezdrátového modulu | 5 |
| 3 | Blokové schéma chytré zásuvky | 6 |
| 4 | Obvodové schéma chytré zásuvky | 7 |
| 5 | Výkres plošného spoje chytré zásuvky | 8 |
| 6 | Rozložení součástek na desce plošného spoje chytré zásuvky | 8 |
| 7 | Fotografie adaptéra IQRF KON-RASP-01 | 10 |
| 8 | Zjednodušené schéma adaptéra IQRF KON-RASP-01 | 10 |
| 9 | Fotografie jednodeskového počítače Raspberry Pi 2 model B | 11 |
| 10 | Blokové schéma brány | 12 |
| 11 | Zjednodušené schéma komunikace | 13 |
| 12 | Vývojové prostředí IQRF IDE | 14 |
| 13 | Blokové schéma operačního systému IQRF OS | 15 |
| 14 | Fotografie funkčního vzorku brány | 21 |
| 15 | Fotografie funkčního vzorku chytré zásuvky | 22 |

Seznam tabulek

| | | |
|---|---|----|
| 1 | Rozpiska součástek chytré zásuvky | 9 |
| 2 | Rozpiska součástek brány | 12 |
| 3 | Schéma paketu IQRF DPA | 16 |
| 4 | Seznam použitých AT příkazů | 19 |
| 5 | Parametry chytré zásuvky | 20 |
| 6 | Parametry brány | 20 |