

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 27. ledna 2017

Podpis:

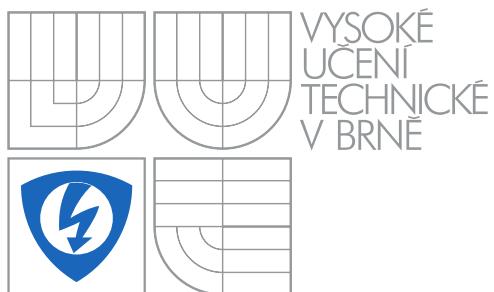
Poděkování

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.



Jihomoravský kraj



FAKULTA
ELEKTROTECHNIKY
A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

Anotace

Cílem této práce je navrhnout a sestavit chytrou zásuvku, která se ovládá pomocí 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 it can switch resistive loads up to a current 10 A. My work includes a technical documentation, description of the manufacturing process and the product itself.

Keywords

GSM; text message; IQRF; relay

Obsah

Úvod	3
1 Návrh hardware	5
1.1 Chytrá zásuvka	5
1.1.1 Bezdrátový modul IQRF DCTR-72DAT	6
1.1.2 Blokové schéma	8
1.1.3 Obvodové schéma	9
1.1.4 Výkres plošného spoje a rozložení součástek	10
1.1.5 Rozpiska součástek	11
1.2 Brána	11
1.2.1 Raspberry Pi 2 model B	13
1.2.2 Blokové schéma brány	14
2 Návrh software	15
2.1 Chytrá zásuvka	15
2.1.1 Operační systém IQRF OS	15
2.1.2 Protokol IQRF DPA	16
2.2 Brána	17
2.2.1 AT příkazy	17
3 Použitá vývojová prostředí	19
4 Technické parametry	20
4.1 Chytrá zásuvka	20
4.2 Brána	20
Závěr	21

Seznam použitých zkratek	24
Seznam použité literatury	24
Seznam obrázků	26
Seznam tabulek	26

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[11], 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[10], je zdířka fáze umístěna vpravo nikoliv vlevo jako v České republice[9]. Proto navržené řešení obsahuje i druhé relé pro spínání nulového vodiče.

Pro řešení zadání projektu jsem se rozhodl použít technologie 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.



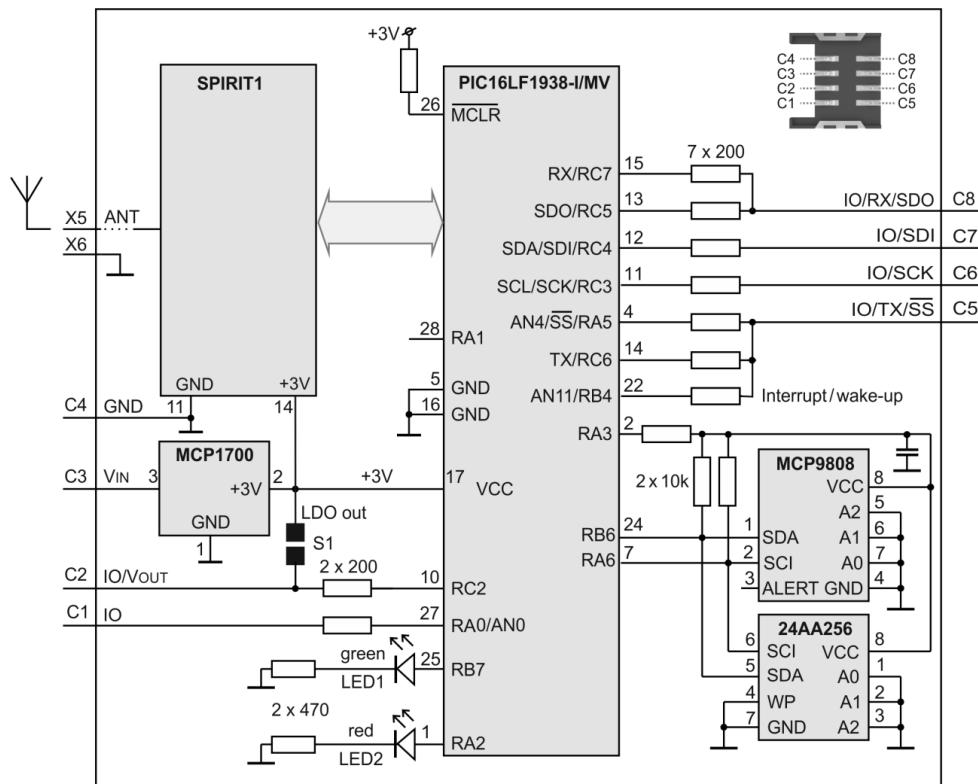
Obrázek 1: Fotografie bezdrátového modulu

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 GMSK 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 zacyklení 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 hardwareovou 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.

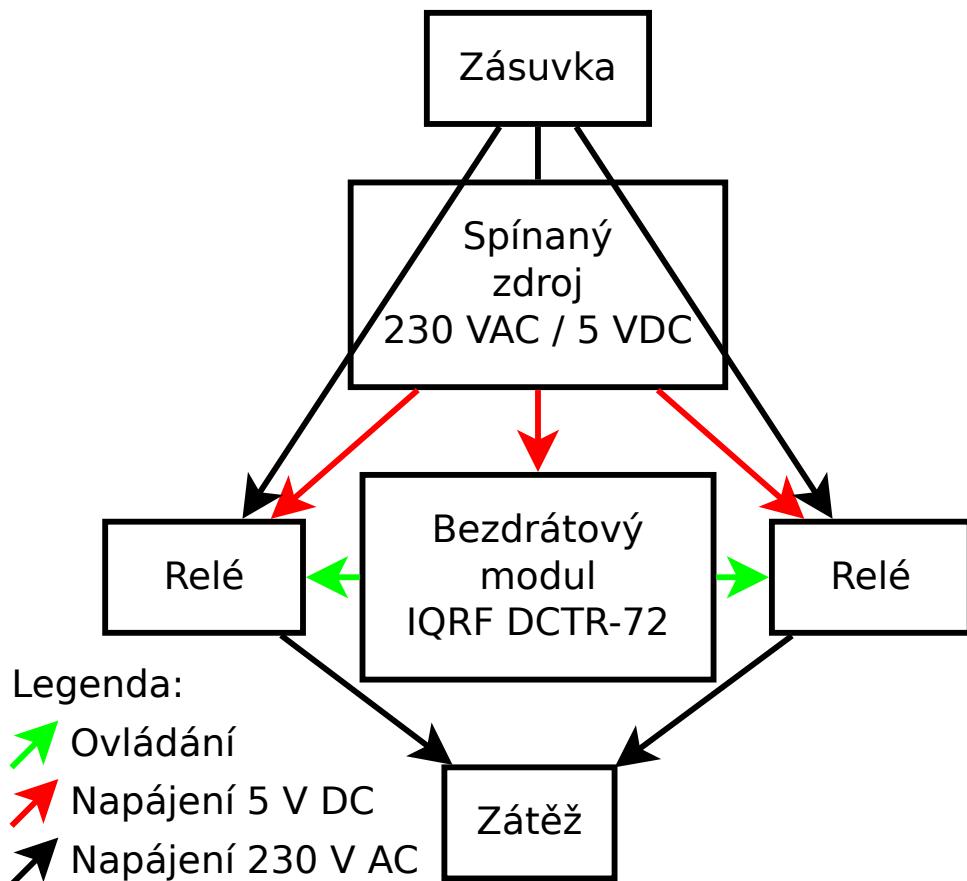


Obrázek 2: Zjednodušené schéma bezdrátového modulu

Přestože je v integrovaném obvodu řídící radiovou komunikaci hardwareová 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.

1.1.2 Blokové schéma

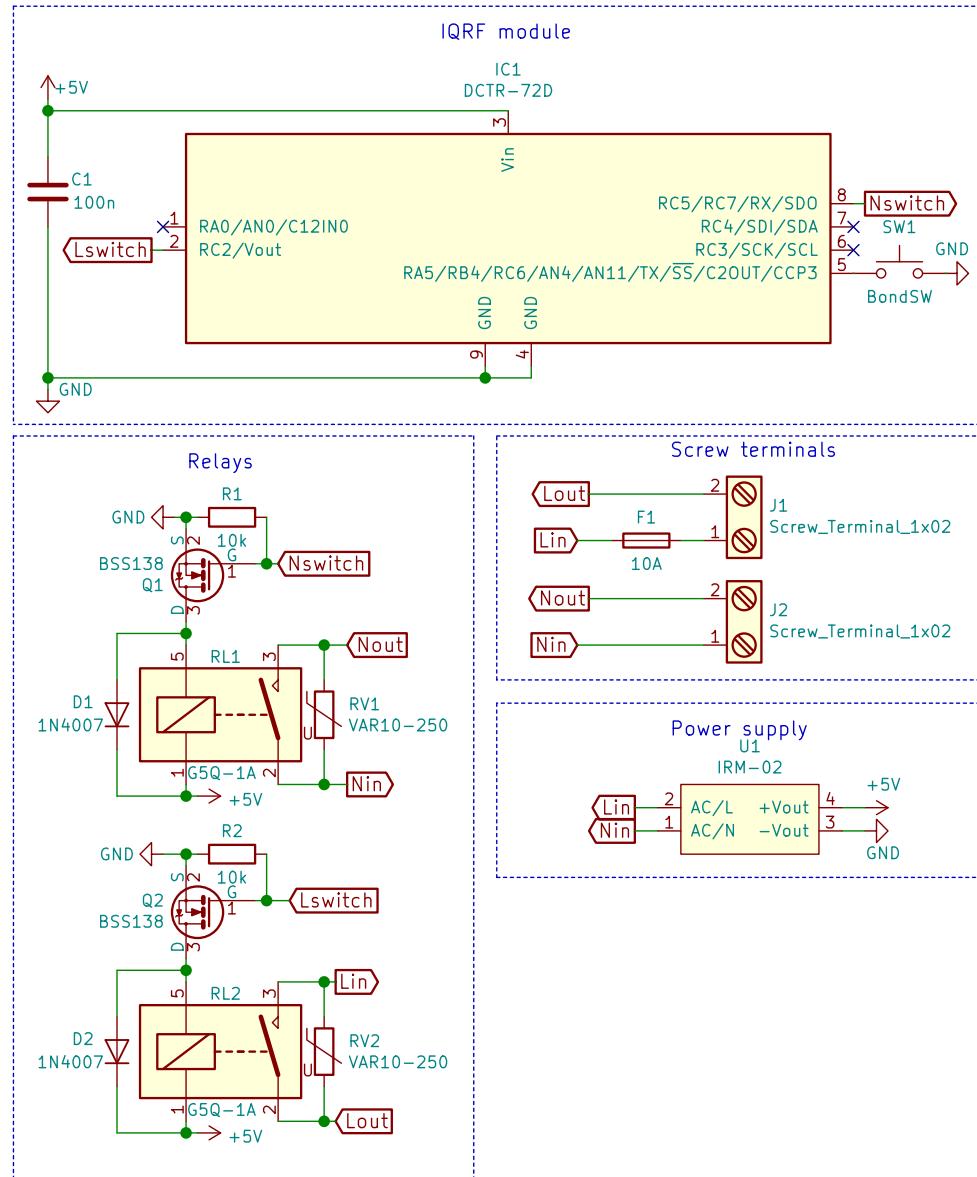
Na obrázku č. 3 se nachází blokové schéma chytré zásuvky, které popisuje její zapojení. Obrázek byl vytvořený v open-source programu Dia[12].



Obrázek 3: Blokové schéma chytré zásuvky

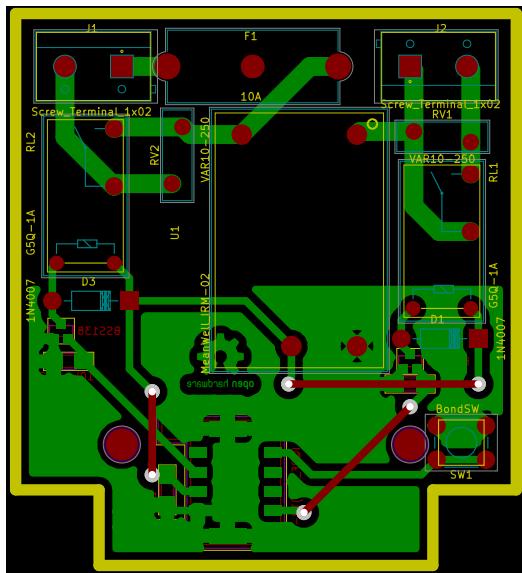
1.1.3 Obvodové schéma

Na obrázku č. 4 se nachází obvodové schéma chytré zásuvky. Obrázek je vytvořen v open-source programu KiCad[13].

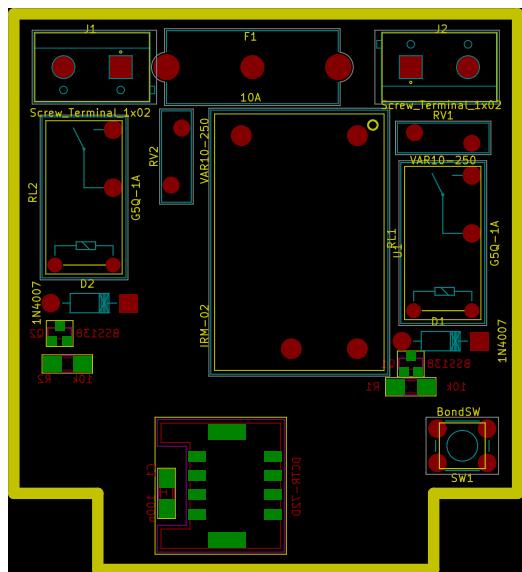


Obrázek 4: Obvodové schéma chytré zásuvky

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
SW1	Mikrospínač THT 6×6 mm
U1	Spínaný zdroj MEAN WELL IRM-02-5

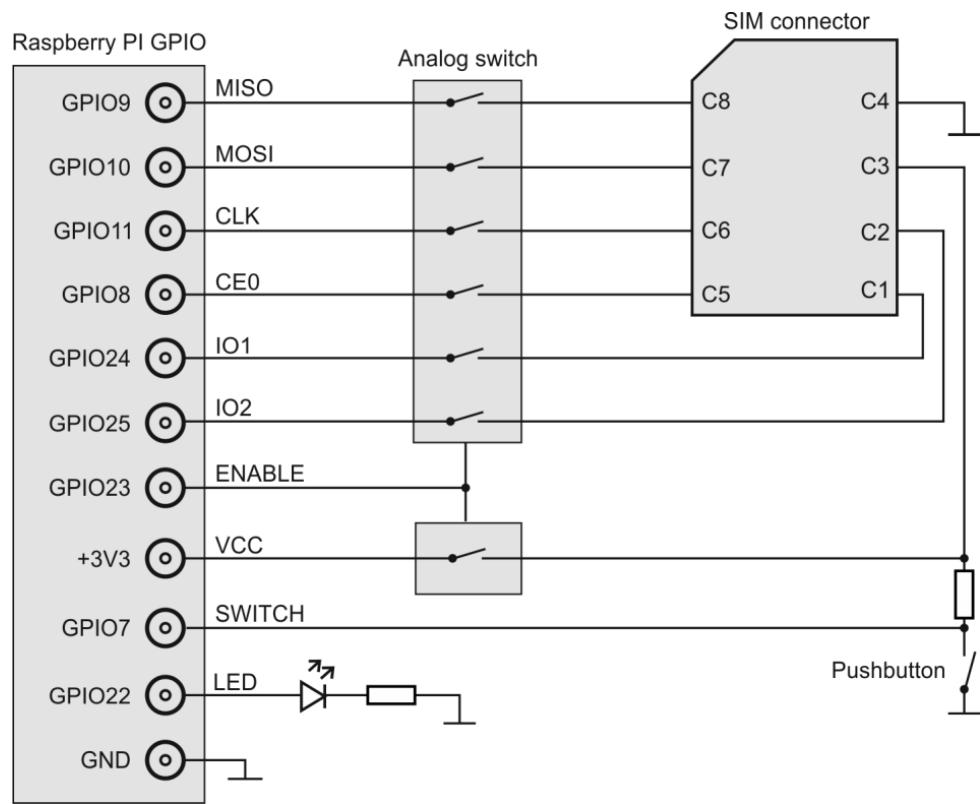
Tabulka 1: Rozpiska součástek chytré zásuvky

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 adaptéra 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:

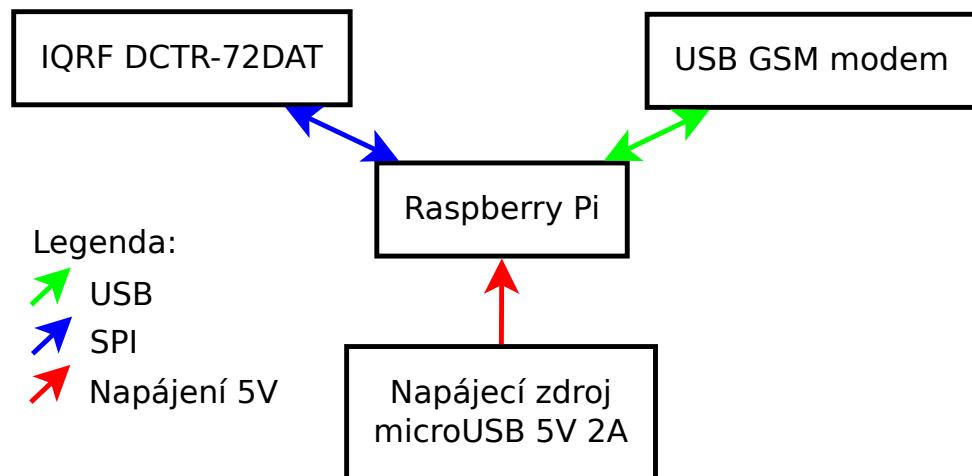
- čtyřjádrový ARM Cortex-A7 Broadcom BCM2836,
- 1 GB operační paměti RAM,
- čtyři USB 2.0 porty
- Ethernet port pro 100 Mb síťovou kartu,
- microSD slot,
- HDMI výstup,
- 40 GPIO pinů, na kterých jsou vyvedeny sběrnice SPI, I2C, USART.



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[12].



Obrázek 10: Blokové schéma brány

2 Návrh software

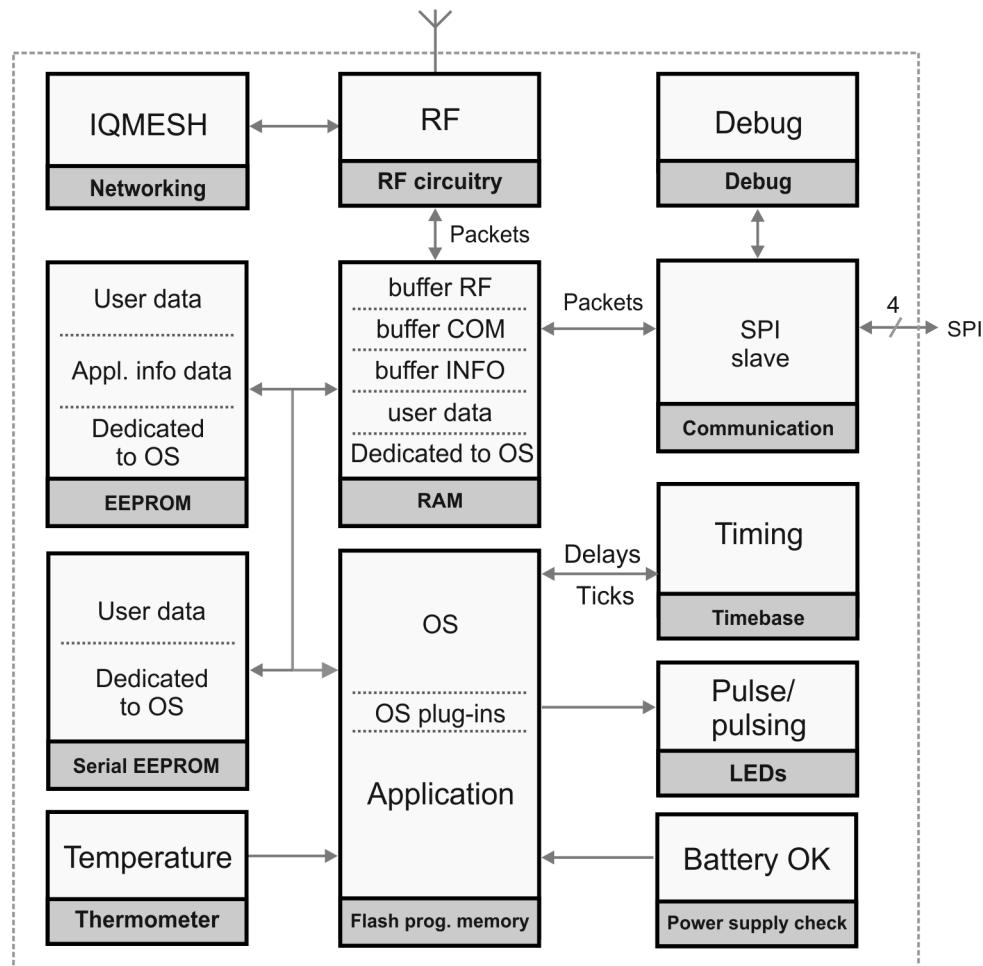
2.1 Chytrá zásuvka

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

2.1.1 Operační systém IQRF OS

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

- ovládat rádiovou komunikaci,
- ovládat komunikaci v mesh síti,
- komunikovat s periferiemi přes sběrnice SPI, U(S)ART, 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 11: Blokové schéma operačního systému IQRF OS

2.1.2 Protokol IQRF DPA

IQRF DPA[5] je vrstva nad IQRF OS, která se stará o protokol komunikace IQRF bezdrátových modulů. IQRF DPA má pevně danou strukturu paketů, která je uvedena v tabulce č. 2. 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.

2.2 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, tak 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.
A níže naleznete ukázkový konfigurační soubor.

2.2.1 AT příkazy

AT příkazy jsou sada příkazů, které se používají pro komunikaci s GSM modemem. Dříve se AT příkazům říkalo Hayesovy příkazy. AT příkazy vymyslel 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* nastavím textový ASCII přenos dat.

Pokud je SIM karta chráněna PIN kódem, tak SIM kartu odemknut pomocí příkazu *AT+CPIN=PIN-SIM-KARTY* a poté pomocí příkazu *AT+CPIN?* ověřím, zda byl zadán správný PIN kód.

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

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

Text

OK. Pomocí příkazu $AT+CMGS="telefonní číslo příjemce"$

Text <26> odešlu SMS zprávu.

Pomocí příkazu $ATD+420123456789$; vytočím telefonní číslo +420123456789.

Poté pomocí příkazu $AT+CHUP$ zavěsim hovor.

Příkaz	Popis
AT	Základní AT příkaz
ATI	Vypíše informace o modemu
AT+CPIN=1234	Odemkne SIM kartu pomocí PINu 1234
AT+CPIN?	Odpoví, zda-li je PIN v pořádku
AT+CMGF=1	Nastavíme testový ASCII přenos dat
AT+CMGL="ALL"	Přečte všechny SMS zprávy
AT+CMGS="telefonní číslo příjemce"	Odeslání SMS zprávy
ATD+420123456789;	Vytočí číslo +420123456789
AT+CHUP	Zavěšení hovoru

Tabulka 2: Seznam použitých AT příkazů

3 Použitá vývojová prostředí

Pro vybraný bezdrátový modul je pouze k dispozici zdarma stažitelné vývojové prostředí IQRF IDE, které je bohužel pouze pro operační systém Microsoft Windows. Uživatelé Apple OS X nebo libovolné linuxové distribuce nemohou vyvýjet software pro tyto bezdrátové moduly.

Software, který běží v bráně jsem psal v vývojovém prostředí Atom IDE, které je open-source a je multiplatformní.

4 Technické parametry

4.1 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 3: Parametry chytré zásuvky

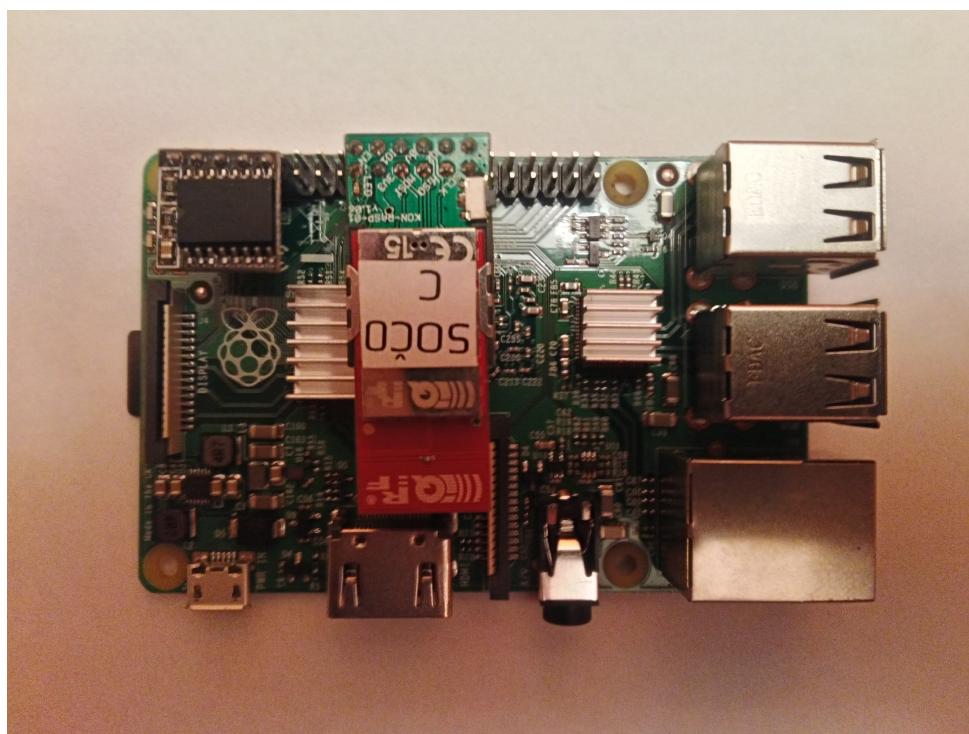
4.2 Brána

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

Tabulka 4: Parametry brány

Závěr

Navržený systém dálkového ovládání elektrických spotřebičů byl navržen a realizován ve formě funkčního vzorku. Na obrázcích č. 11 a 12 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).



Obrázek 12: Fotografie funkčního vzorku brány

Seznam použitých zkratek

AES	LDO
Advanced Encryption Standard, 7	Low-dropout, 6
ARM	MOV
Acorn RISC Machine, 13	Metal Oxide Varistor, 5
Advanced RISC Machine, 13	N-MOSFET
DPA	N-Channel metal-oxide-semiconductor field-effect transistor, 5
Direct Peripheral Access, 7	OS
DPS	Operating system, 7
Deska plošných spojů, 11	Operační systém, 7
GPIO	RAM
General-purpose input/output, 13	Random-access memory, 13
GSM	SIM
Global System for Mobile Com- munications, 11	Subscriber identity module, 6
GSMK	SMD
Gaussian minimum shift key- ing, 6	Surface-mounted device, 5
I2C	SPI
Inter-Integrated Circuit, 13	Serial Peripheral Interface, 11, 13
LAN	USART
Local area network, 3	Universal Synchronous / Asyn- chronous Receiver and Transmit- ter, 13

USB

Universal Serial Bus, 11

XTEA

eXtended Tiny Encryption Al-
gorithm, 7

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. DPA *IQRF* [online]. Jičín, 2016 [cit. 2017-01-09].
Dostupné z: <http://iqrf.org/technology/dpa>
- [6] MICRORISC. Datasheet DCTR-72D *IQRF* [online]. Jičín, 2016 [cit. 2017-01-09].
Dostupné z: <http://iqrf.org/weben/downloads.php?id=337>
- [7] MICRORISC. Datasheet KON-RASP-01 *IQRF* [online]. Jičín, 2016 [cit. 2017-01-23].
Dostupné z: <http://www.iqrf.org/weben/downloads.php?id=412>
- [8] Jiri Bezstarosti. Tranzistor jako spínač *Robodoupě* [online]. 2012 [cit. 2017-01-09].
Dostupné z: <http://robodoupe.cz/2012/tranzistor-jako-spinac/>
- [9] Jaroslav Borovec. Fáze vlevo nebo vpravo, v čem tkví nebezpečí? *Eletrika.cz* [online]. 2009 [cit. 2017-01-09].

Dostupné z: <http://elektrika.cz/clanky/faze-vlevo-nebo-vpravo-v-cem-tkvi-nebezpeci>

- [10] 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>

- [11] 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>

- [12] Dia *Dia* [online]. [cit. 2017-01-19].

Dostupné z: <https://wiki.gnome.org/Apps/Dia/>

- [13] KiCad EDA *KiCad EDA* [online]. [cit. 2017-01-19].

Dostupné z: <http://kicad-pcb.org/>

Seznam obrázků

1	Fotografie bezdrátového modulu	6
2	Zjednodušené schéma bezdrátového modulu	7
3	Blokové schéma chytré zásuvky	8
4	Obvodové schéma chytré zásuvky	9
5	Výkres plošného spoje chytré zásuvky	10
6	Rozložení součástek na desce plošného spoje chytré zásuvky .	10
7	Fotografie adaptéra IQRF KON-RASP-01	12
8	Zjednodušené schéma adaptéra IQRF KON-RASP-01	12
9	Fotografie jednodeskového počítače Raspberry Pi 2 model B .	13
10	Blokové schéma brány	14
11	Blokové schéma operačního systému IQRF OS	16
12	Fotografie funkčního vzorku brány	21

Seznam tabulek

1	Rozpiska součástek chytré zásuvky	11
2	Seznam použitých AT příkazů	18
3	Parametry chytré zásuvky	20
4	Parametry brány	20