

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 Říčního, 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 znění.

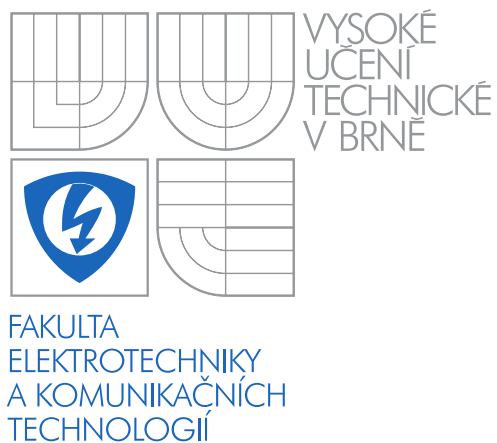
V Boskovicích dne 24. ledna 2017

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.



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	8
1 Návrh hardware	10
1.1 Chytrá zásuvka	10
1.1.1 Bezdrátový modul IQRf DCTR-72DAT	11
1.1.2 Blokové schéma	13
1.1.3 Obvodové schéma	14
1.1.4 Výkres plošného spoje a rozložení součástek	15
1.1.5 Rozpiska součástek	16
1.2 Brána	16
1.2.1 Raspberry Pi 2 model B	18
1.2.2 Blokové schéma brány	19
2 Návrh software	20
2.1 Chytrá zásuvka	20
2.1.1 IQRf OS	20
2.1.2 IQRf DPA	20
2.2 Brána	21
2.2.1 AT příkazy	21
3 Použitá vývojová prostředí	23
4 Technické parametry	24
4.1 Chytrá zásuvka	24
4.2 Brána	24
Závěr	25

Seznam použitých zkratek	28
Seznam použité literatury	28
Seznam obrázků	30
Seznam tabulek	30

Úvod

V posledních letech 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 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 rozeptnutí 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 rozeptnutí 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.



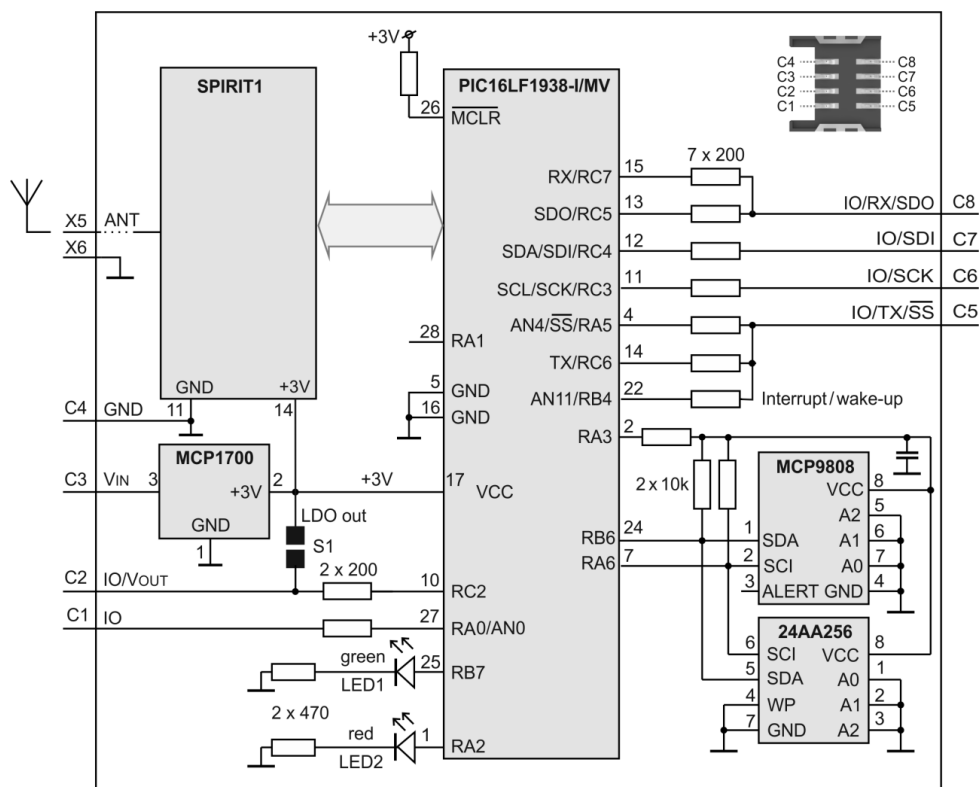
Obrázek 1: Fotografie bezdrátového modulu

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 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.

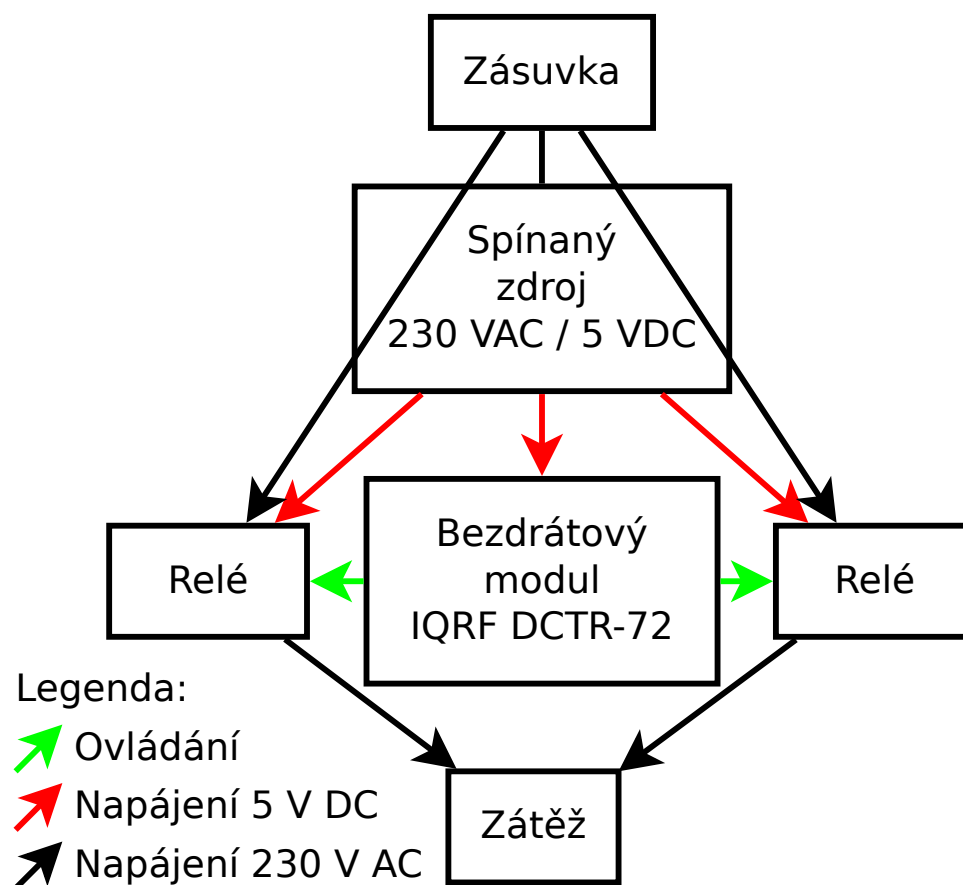


Obrázek 2: Zjednodušené schéma bezdrátového modulu

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.

1.1.2 Blokové schéma

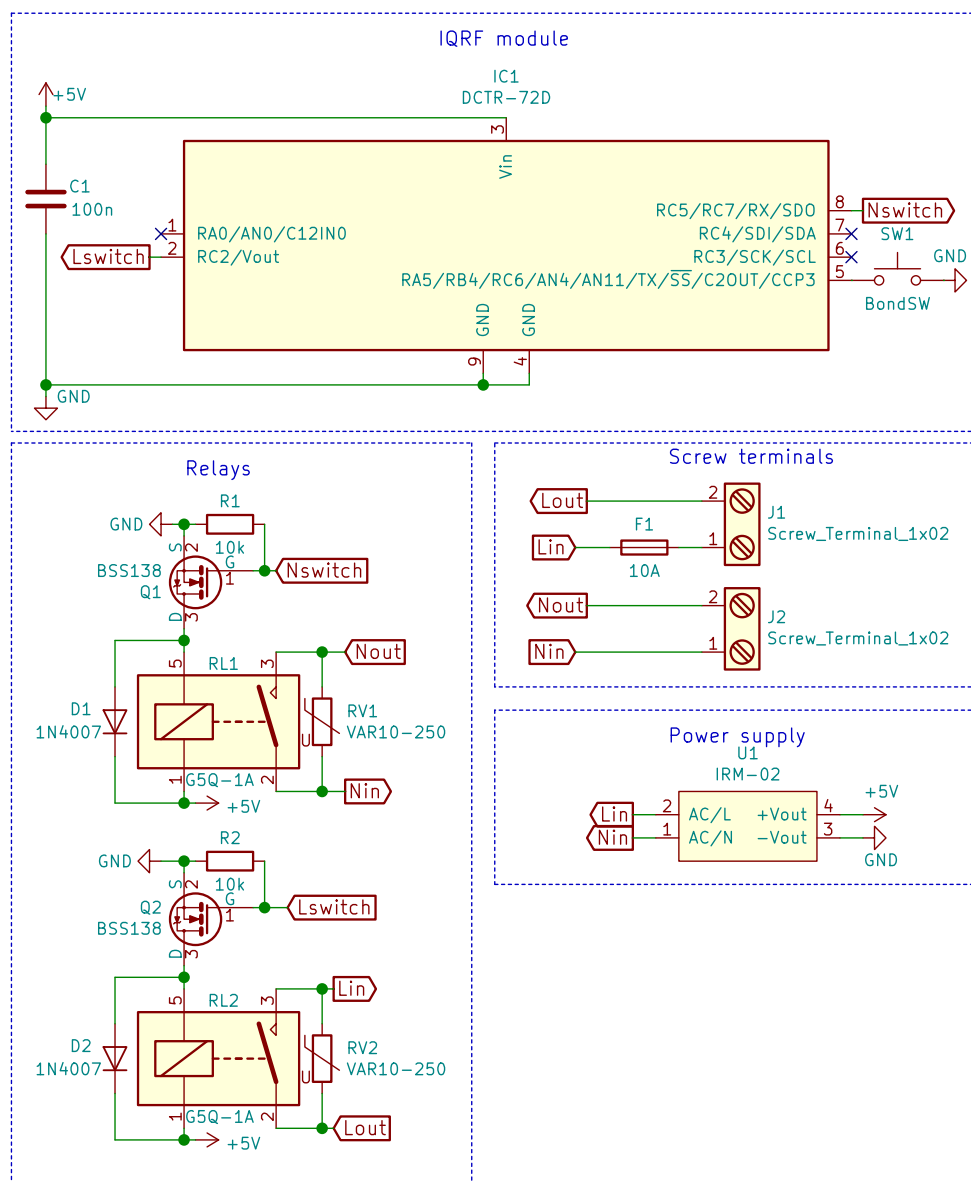
Na obrázku č. 3 se nachází blokové schéma chytré zásuvky, které popisuje její zapojení. Obrázek byl vytvořený v open-source programu Dia[12].



Obrázek 3: Blokové schéma chytré zásuvky

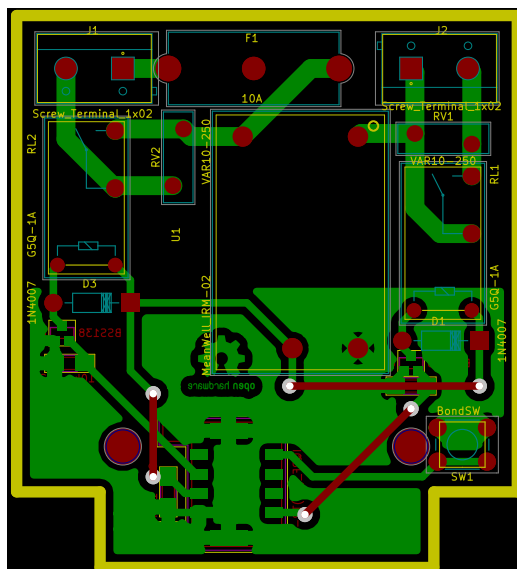
1.1.3 Obvodové schéma

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

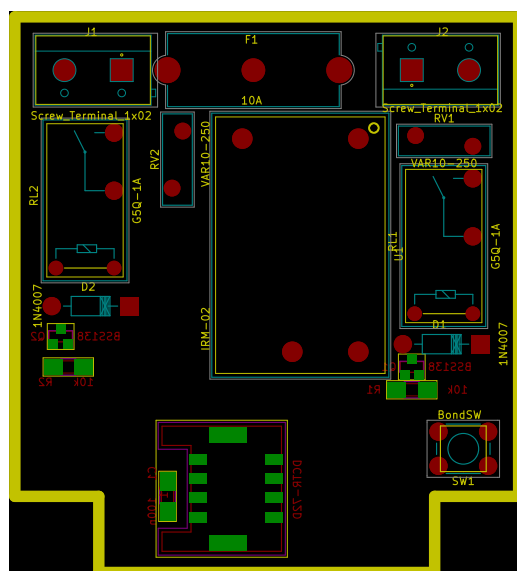


Obrázek 4: Obvodové schéma chytré zásuvky

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

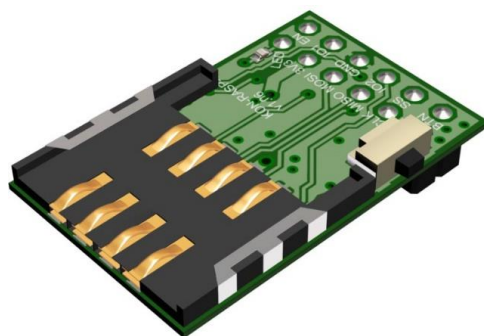
1.1.5 Rozpiska součástek

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 k Ω
RL1, RL2	Relé OMRON G5Q-1A4-EU 5VDC
RV1, RV2	MOV varistor SR PASSIVES VAR10-250
SW1	Mikrospínač THT 6 \times 6 mm
U1	Spínaný zdroj MEAN WELL IRM-02-5

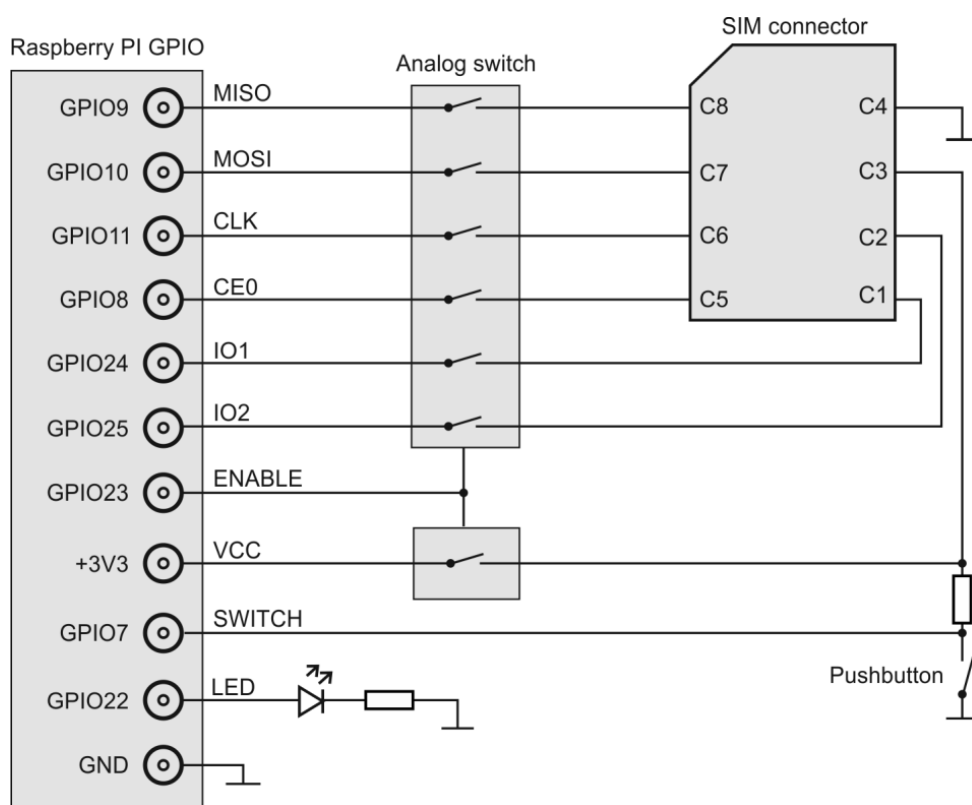
Tabulka 1: Rozpiska součástek chytré zásuvky

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 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

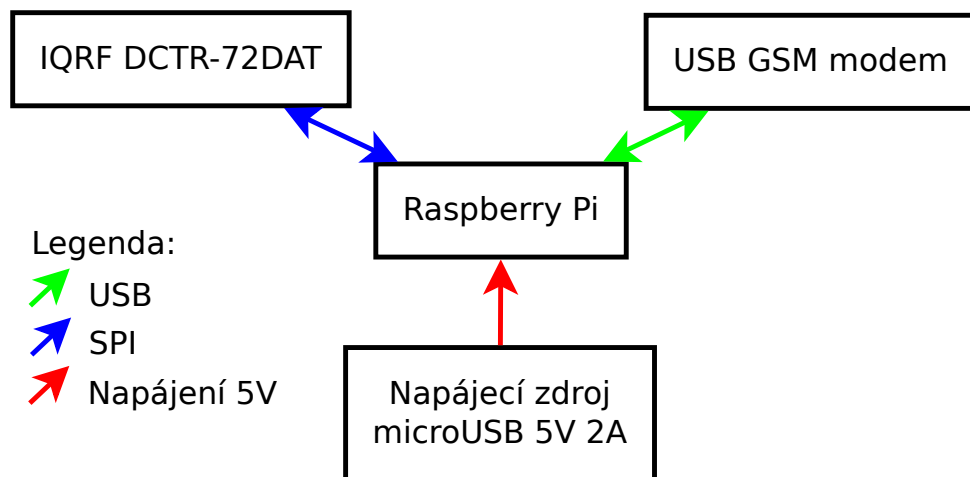
Raspberry Pi 2 model B je jednodeskový počítač, který má rozměry podobné kreditní kartě. Tento počítač obsahuje:

- čtyřjádrový ARM Cortex-A7 Broadcom BCM2836, který pracuje na frekvenci 900 MHz,
- 1 GB operační paměti RAM,
- čtyři USB 2.0 porty
- Ethernet port pro 100 Mb síťovou kartu,
- microSD slot,
- HDMI výstup,
- 40 GPIO pinů,
- sběrnice SPI, I2C, USART.

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 9: Blokové schéma brány

2 Návrh software

2.1 Chytrá zásuvka

Software chytré zásuvky je psán v programovacím jazyce C. Pro práci s periferiemi bezdrátového modulu je použita sada funkcí IQRF OS.

2.1.1 IQRF OS

IQRF OS je sada funkcí psaná v programovacím jazyce C, které může uživatel ze svého programu volat pomocí hlavičkových souborů IQRF-functions.h, IQRF-macros.h, IQRF-memory.h a template-basic.h. Tyto funkce řídí komunikaci s integrovaným obvodem, který se stará o rádiovou komunikaci, o komunikaci v mesh síti, o komunikaci přes sběrnici SPI, o práci s pamětmi RAM, EEPROM, o čtení hodnot z integrovaného teplotního senzoru, o čtení hodnot z analogově digitálního převodníku, o generování PWM výstupu, o inicializaci vstupních a výstupních vývodů mikrokontroléru, o čtení hodnot z vstupních vývodů mikrokontroléru, o spínání výstupních pinů mikrokontroléru a o správu LED diod, které jsou integrovány v bezdrátovém modulu.

2.1.2 IQRF DPA

IQRF DPA 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 distribucí. 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 JSON. 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 **AT**tention, 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 odemknu 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* zavěším 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 vyvíjet 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

Výsledkem této práce je funkční chytrá zásuvka, která splňuje veškeré požadavky.

Seznam použitých zkratek

AES

Advanced Encryption Standard,
12

ARM

Acorn RISC Machine, *17*
Advanced RISC Machine, *17*

DPA

Direct Peripheral Access, *12*

DPS

Deska plošných spojů, *16*

GPIO

General-purpose input/output,
17

GSM

Global System for Mobile Com-
munications, *16*

GSMK

Gaussian minimum shift key-
ing, *11*

I2C

Inter-Integrated Circuit, *17*

LAN

Local area network, *8*

LDO

Low-dropout, *11*

MOV

Metal Oxide Varistor, *10*

N-MOSFET

N-Channel metal–oxide–semiconductor
field-effect transistor, *10*

OS

Operating system, *12*
Operační systém, *12*

RAM

Random-access memory, *17*

SIM

Subscriber identity module, *11*

SMD

Surface-mounted device, *10*

SPI

Serial Peripheral Interface, *16*,
17

USART

Universal Synchronous / Asyn-
chronous Receiver and Transmit-
ter, *17*

USB

Universal Serial Bus, *16*

XTEA

eXtended Tiny Encryption Al-
gorithm, *12*

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	11
2	Zjednodušené schéma bezdrátového modulu	12
3	Blokové schéma chytré zásuvky	13
4	Obvodové schéma chytré zásuvky	14
5	Výkres plošného spoje chytré zásuvky	15
6	Rozložení součástek na desce plošného spoje chytré zásuvky .	15
7	Fotografie adaptéru IQRF KON-RASP-01	17
8	Zjednodušené schéma adaptéru IQRF KON-RASP-01	17
9	Blokové schéma brány	19

Seznam tabulek

1	Rozpiska součástek chytré zásuvky	16
2	Seznam použitých AT příkazů	22
3	Parametry chytré zásuvky	24
4	Parametry brány	24