

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta Elektrotechnická

Katedra telekomunikační techniky

Převaděč radioamatérské služby v systému D-STAR

Diplomová práce

Vedoucí práce: Ing. Pavel Troller, CSc.,

Student: Bc. Petr Kolář

Květen 2018

Anotace

Předmětem této práce je navrhnout a zkonstruovat prototyp zařízení schopného samostatně realizovat funkci převaděče nebo rádiového přístupového bodu (hotspot) v radioamatérské službě D-STAR. Toto zařízení by mělo být ovladatelné malou klávesnicí a zobrazovačem.

Anotation

The aim of this work is to design and construct a prototype of a device independently able to perform the function of a converter or radio access point (hotspot) in D-STAR radio amateur service. It should be controlled with a small keyboard and display.

Poděkování

Chtěl bych poděkovat své přítelkyni za poskytnutou podporu a trpělivost při tvorbě této práce. Stejně tak děkuji i vedoucímu této práce za velmi potřebné připomínky a rady.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci Převaděč radioamatérské služby v systému D-STAR vypracoval samostatně a použil k tomu pouze literaturu, kterou uvádím v seznamu přiloženém k diplomové práci.

Nemám námitky proti půjčování, zveřejnění a dalšímu využití práce, pokud s tím bude souhlasit katedra telekomunikační techniky FEL ČVUT v Praze.

V Praze dne

Podpis studenta

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Kolář** Jméno: **Petr** Osobní číslo: **340019**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávací katedra/ústav: **Katedra telekomunikační techniky**
Studijní program: **Komunikace, multimédia a elektronika**
Studijní obor: **Komunikační systémy**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Převaděč radioamatérské služby v systému D-STAR

Název diplomové práce anglicky:

D-Star system ham radio repeater

Pokyny pro vypracování:

Navrhněte a zkonstruujte prototyp zařízení, které bude schopno realizovat funkci samostatně pracujícího převaděče nebo radiového přístupového bodu (hotspot) do systému D-Star.
Zařízení bude ovladatelné prostřednictvím malé klávesnice a zobrazovače a bude vybaveno obecným rozhraním pro připojení simplexní nebo duplexní radiostanice a síťovým rozhraním.
Využijte existující otevřené programové vybavení a doprogramujte části pro obsluhu specifických částí zařízení (klávesnice, zobrazovač atd.)

Seznam doporučené literatury:

- [1] Schell, B.: D-Star for Beginners, BlueHouseBooks 2015. ISBN: 1-51141-509-6.
- [2] Lafreniere, B.: Nifty E-Z Guide to D-Star Operation, Nifty Ham Accessories 2012.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Pavel Troller, CSc., katedra telekomunikační techniky FEL

Jméno a pracoviště druhého(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **03.03.2017**

Termín odevzdání diplomové práce: **26.05.2017**

Platnost zadání diplomové práce: **30.09.2018**

Ing. Pavel Troller, CSc.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací.
Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Obsah

| | |
|--------------------------------------|----|
| Anotace | 3 |
| Poděkování | 5 |
| Prohlášení | 7 |
| Obsah | 11 |
| 1. Úvod | 13 |
| 2. Teorie | 15 |
| 2.1 Struktura systému D-Star | 15 |
| 2.2 Registrace a použití v ČR | 16 |
| 2.3 Protokol D-STAR | 17 |
| 2.3.1 Přenos hlasu | 17 |
| 2.3.2 Přenos dat | 19 |
| 2.3.3 Pátevní komunikace | 19 |
| 2.4 AMBE kodek | 19 |
| 3. Konstrukce zařízení | 21 |
| 3.1 Raspberry Pi | 22 |
| 3.2 LCD displej | 23 |
| 3.3 Klávesnice | 23 |
| 4. Programové vybavení | 24 |
| 4.1 Raspbian a Maryland D-Star | 24 |
| 4.2 Uživatelské menu | 26 |
| 4.3 Vytvořené knihovny a třídy | 29 |
| 4.3.1 Třída Write | 29 |
| 4.3.2 Třída LCD | 29 |
| 4.3.3 Třída Keypad | 30 |
| 4.3.4 Třída BackUp | 30 |
| 4.3.5 Třída LoadValues | 30 |
| 4.3.6 Třída Validation | 31 |
| 4.3.7 Třída Description | 31 |
| 4.3.8 Třída Save | 31 |
| 5. Závěr | 32 |
| Použitá literatura | 33 |
| Obsah CD | 34 |

1. Úvod

Systém D-STAR, přesněji řečeno otevřený protokol D-STAR, je první digitální protokol pro radioamatérské použití (Digital-Smart Technologies for Amateur Radio). Byl publikován po tříletém výzkumu v roce 2001 japonskou neziskovou radioamatérskou organizací (Japan Amateur Radio League). Otevřený je, neboť může být implementován kýmkoliv, jak na komerční bázi, tak na bázi doma vytvořeného vybavení a programů.[1]

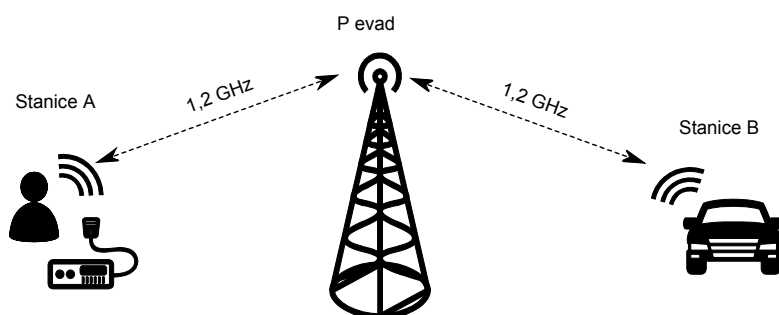
Od roku 2003 je navíc podporován a vyvíjen japonskou společností ICOM incorporated, která následně roku 2004 vydala i první komerčně prodávané zařízení, přijímač IC-2200H. I to je důvod proč se tento protokol v radioamatérském světě velmi rychle uchytil.[1]

Z výše zmíněného, jsem si pro tuto práci dal za úkol navrhnout zařízení schopné vykonávat samostatně funkci převaděče nebo rádiového přístupového bodu v tomto systému. V dalších kapitolách stručně popíšu klíčové vlastnosti a topologii systému D-STAR a následně v praktické (převažující) části pak konstrukci takového zařízení, výběr komponent, ovládacích prvků a následně jejich programové vybavení uživatelským rozhraním.

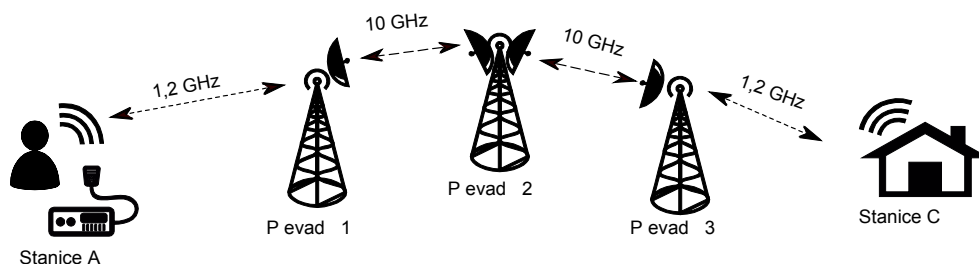
2. Teorie

2.1 Struktura systému D-Star

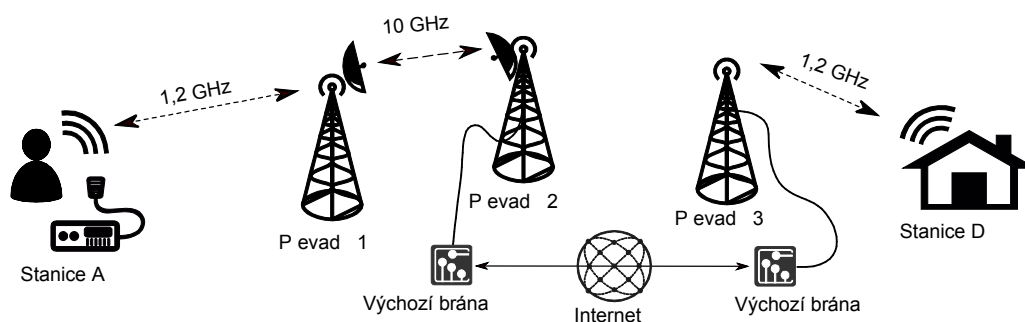
System se principiálně skládá z **uživatelské stanice**, **převaděče** (Repeater) a případně **výchozí brány** (Gateway). Ta je realizována formou softwaru přímo na převaděči a ten tak připojuje skrze internet k jiné výchozí bráně dalšího převaděče. Dvě zařízení spolu můžou napřímo komunikovat přes jeden převaděč ve stejné síti/lokalitě, případně přes dva převaděče v různých sítích/lokalitách. Také lze převaděč skrze výchozí bránu připojit do internetu. Všechny tyto tři základní možnosti použití D-Staru jsou znázorněny na následujících obrázcích.[1]



Obrázek 1 – D-STAR přímá komunikace skrze jeden převaděč.



Obrázek 2 – D-STAR komunikace skrze převaděče se zařízením v jiné lokalitě



Obr. 3 : D-STAR komunikace skrze výchozí brány a internet.

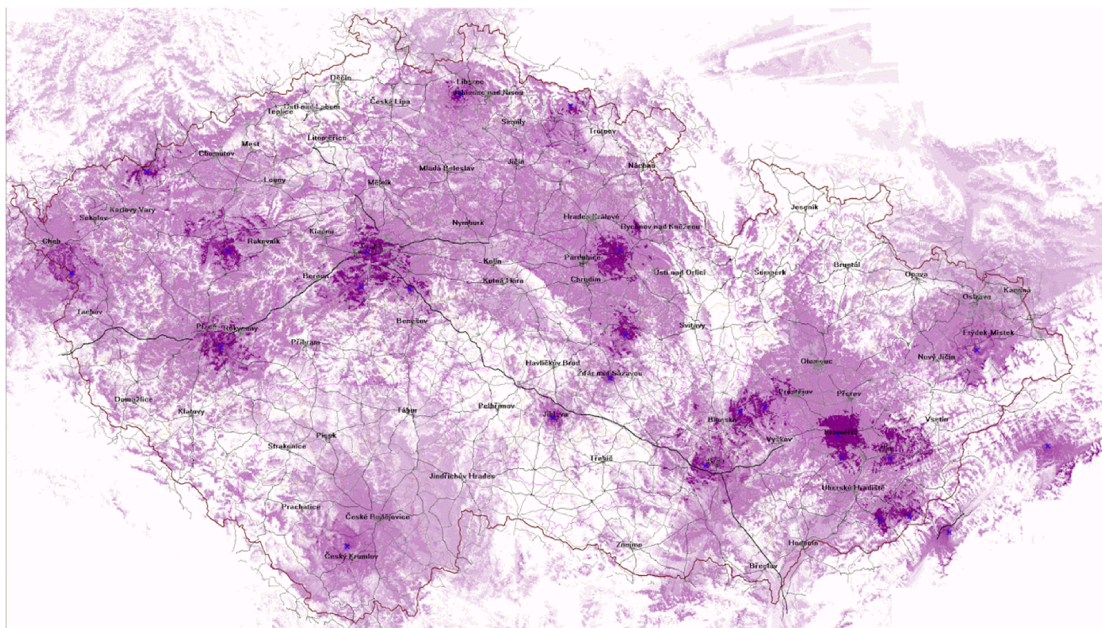
Alternativou pro zařízení převaděče je pak tzv. „Hotspot“ – přístupový bod, který pracuje podobně jako převaděč, akorát funguje v simplexním kmitočtu. To znamená, že oproti převaděči na jednom frekvenčním kanálu buď přijímá, nebo vysílá. Je vhodné ho použít na místech, kde není velká pravděpodobnost připojení většího množství uživatelů jako například na odlehlých místech, případně na pokrytí malého prostoru jako domácností, což byla původní myšlenka přístupových bodů. Z důvodu menší výpočetní náročnosti se ale ujali i na místech s větším pokrytím. Obsahují také software výchozí brány pro připojení k internetu.[1]

Posledním síťovým prvkem v systému D-Star je reflektor. Jedná se o uzel, do kterého jsou připojeni ostatní převaděče a přístupové body. Reflektor tak umožňuje připojení všech prvků do jedné národní sítě nebo skupiny. Jeho funkce je pak taková, že přijaté vysílání od jakéhokoliv převaděče vezme a přepošle všem ostatním. Každý reflektor má navíc tzv. moduly, které se označují písmeny A až Z. Je jich tedy 26. Ty si lze představit jako jednotlivé místnosti, ve kterých všichni připojení uživatelé slyší všechny ostatní pod daným reflektorem. Jednotlivé (většinou národní) reflektory pak komunikují i mezi sebou. [1]

2.2 Registrace a použití v ČR

Pro Českou Republiku je dostupný reflektor DCS019, jehož stav a připojené převaděče, přístupové body a jejich umístění je možné sledovat on-line [4]. Pro použití uživatelské stanice v systému D-Star je nutné stanici zaregistrovat. Bez registrace je možné komunikovat pouze lokálně na daném převaděči. Registrace se provádí přes systém CCS7 (Callsign Communication System). Což je volání stanice pomocí unikátního kódu DTMF (Dual Tone Multi Frequency). To v principu

funguje vysláním DTFM kódu volané stanice na připojený hotspot nebo převaděč. Ten se doptá do databáze připojených zařízení nazvané ircDDB (Internet-Relay-Chat Distributed DataBase), kde zjistí, u kterého převaděče se volané zařízení naposledy připojilo. Tato databáze je dostupná také on-line [4]. Následně je nastaveno spojení mezi příslušnými převaděči obou zařízení a to je udržováno, dokud nevyprší jeho časový limit, nebo není spojení uživatelsky ukončeno pomocí DTFM příkazu „A“ odeslaných jednou ze stanic.



Obr.4 – Pokrytí převaděči v ČR aktuální k 11.9.2015. Převzato z [3]

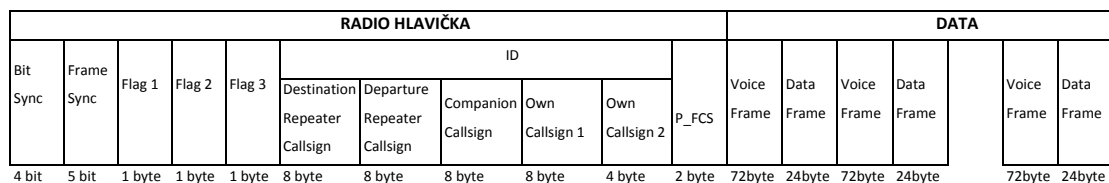
2.3 Protokol D-STAR

D-Star definuje přenos hlasu (DV – Digital Voice) a přenos dat (DD - Digital Data). V poslední řadě definuje i páteřní spojení mezi jednotlivými převaděči.

2.3.1 Přenos hlasu

Přenos hlasu je poloduplexní a je přenášený maximální rychlostí 4,8 kbps v pásmech 2m (VHF 144-146 MHz), 70cm (UHF 420-450 MHz) a 23cm (1,23 GHz). Přenáší se digitalizovaný audio signál, ale podporovány jsou i krátké datové zprávy. Přenášené jsou synchronně kvůli udržení kvality přenášeného hlasu. Datové zprávy jsou vkládány do audio obsahu. Použité modulace jsou

GMSK, QPSK a 4FSK. Pro kódování hlasu je použit AMBE(2020) kodek konvertující hlasový signál na 2,4 kbps s kontrolou chyb FEC (Forward Error Correction). Struktura DV paketu je na obrázku níže.[2]



Obr.5 – Digital Voice (DV) paket

Kde v hlavičce paketu je:

BitSync je opakovaný 64-bitový výraz. Pro modulace GMSK je 1010 a pro QPSK je 1001.

Frame Sync je 15-ti bitový výraz (111011001010000) pro synchronizaci rámce.

Flag 1 Nejvýznamnější bit (MSB) označuje, jestli se jedná o VD nebo DD paket. Další pak jestli komunikace přichází skrze repeater, nebo je přímo od jiného zařízení, jestli existuje přerušování komunikace, jestli paket obsahuje užitečný hlasový signál a priority paket. Poslední tři pak rozlišují stav paketu (resend, Auto reply, ACK flag, No reply, control flag, no information)

Flag 2 je určen pro budoucí využití. Jeho horní čtyři bity definují ID flag, který bude fungovat jako deskriptor paketu/dat a spodní pak M flag, který bude sloužit pro účely výrobců zařízení, data vysílajících.

Flag 3 bude sloužit ke kontrole verzí protokolů a softwaru použitých v koncových zařízeních.

Destination repeater Callsign obsahuje osm ASCII znaků, definujících při volání mimo lokální reflektor cílovou stanicí -volací znak.

Departure repeater Callsign je osmiznakový ASCII identifikátor volající stanice.

Companion Callsign je nastaven volací znak volané stanice.

Own Callsign 1 je volací znak volající stanice.

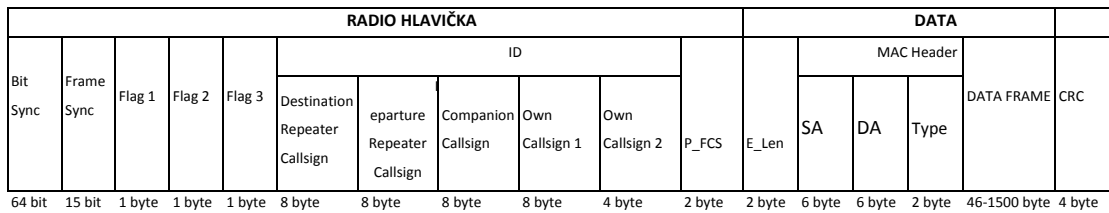
Own Callsign 2 obsahuje další znaky za lomítkem předchozího identifikátoru

P_FCS je kontrolní součet hlavičky.

Datová část paketu obsahuje 72-bitový rámeček hlasového signálu odpovídající rámci 20ms zakódovaného AMBE kodekem (viz. Kapitola 2.4). Datový rámeček pak 24 bitů dat, po nichž následuje další blok hlasového signálu.[2]

2.3.2 Přenos dat

Komunikace je simplexní a data jsou přenášeny rychlostí 128 kb/s pouze v pásmu 23cm (1,23GHz). Maximální šířka použitého pásma je 150 kHz a používá se opět modulace GMSK, QPSK a 4FSK. Struktura DD paketu je na obrázku níže.[2]

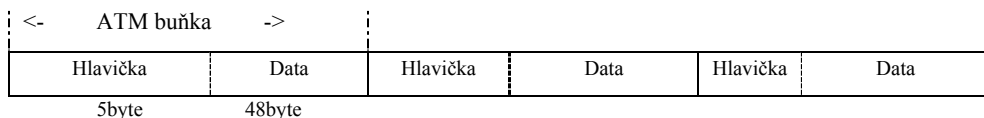


Obr. 6 – Digital Data (DD) paket

Hlavička paketu je stejná jako u DV paketu. Datová část paketu je strukturována jako ethernet paket. FCS je pak kontrolní součet této datové části paketu.[2]

2.3.3 Páteřní komunikace

Tato komunikace je plně duplexní. Data se multiplexují do rámců podle protokolu ATM (Asynchronous Transfer Mode) který rozděluje přenášený signál na rámce s pevnou délkou. (53 bytů; 48 bytů dat a 5 bytů záhlaví) [2]

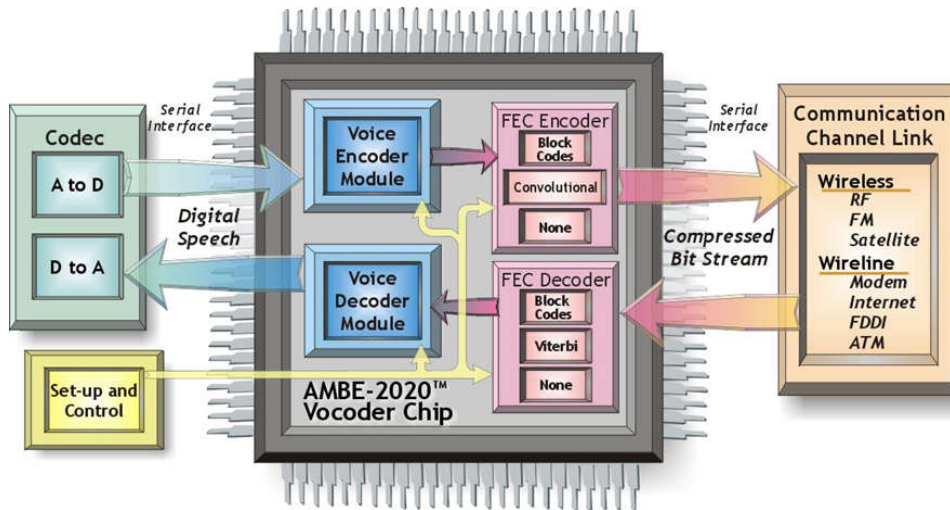


Obr. 7 – ATM paket

2.4 AMBE kodek

Pro D-Star byl definován AMBE kodek [2]. Jako jeden z mála totiž nabízí uspokojivý přenos řeči při toku 2,4 kbit/s. S přidáním signálem FEC (forward error correction) pro kontrolu správnosti přenášeného signálu pak 3,6 kbit/s.

Pro použití byl přímo vybrán čip AMBE-2020™ od firmy DVSI. To je poloduplexní čip kódující řeč podle touto firmou patentovaného algoritmu. Oficiální cena čipu ke Květnu 2018 je 20 USD. Blokové schéma čipu je na obrázku.



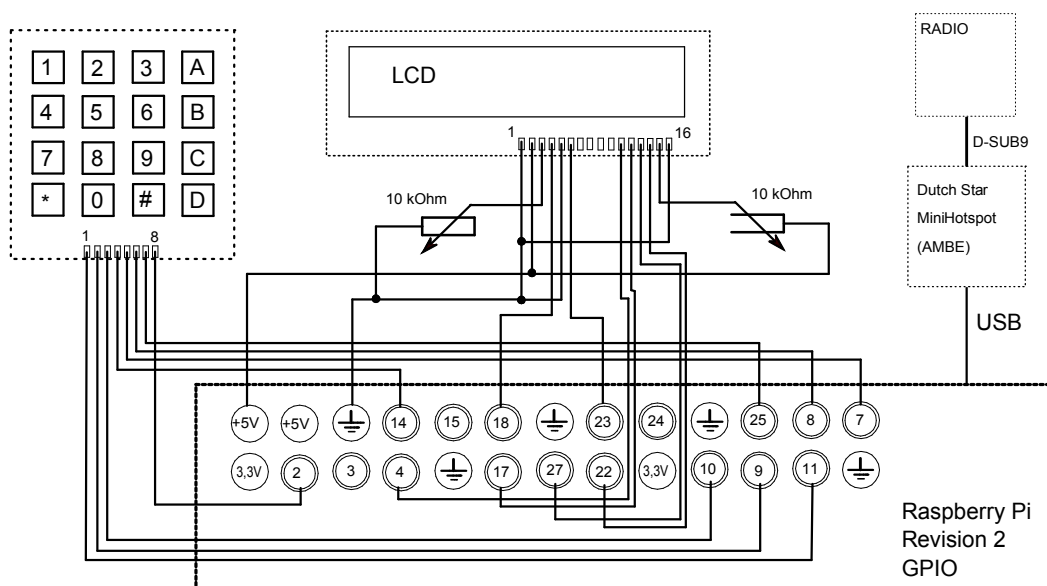
Obr. 8 – Blokové schéma AMBE-2020™. Převzato z [5]

3. Konstrukce zařízení

Jako nejvhodnější kombinaci pro konstrukci zařízení tak, aby bylo pokud možno co nejmenší, jsem jako základ vybral minipočítač Raspberry. Jeho výhodou mimo velikosti je pak volně dostupná distribuce Raspbian - GNU/LINUX systém odvozený z distribuce Debian, právě pro zařízení Raspberry. Nakonec pak i možnost dalšího vybavení zařízení pomocí jeho GPIO (General-purpose input/output) vstupů a výstupů.

Zařízení bude vybaveno malým LCD displejem o velikosti 16x2 znaků. Větší displej by sice poskytoval větší komfort při programování uživatelského rozhraní, ale nutně by zvětšil rozměry zařízení. Ovládání bude realizováno pomocí klávesnice 4x4 znaky, která kromě abecedy a číslic poskytuje i čtyři speciální znaky A až D, které je vhodné použít pro jednotlivé příkazy v uživatelském prostředí.

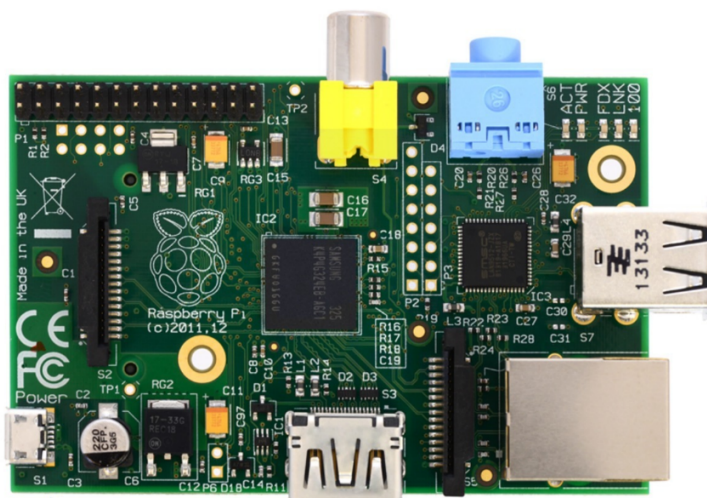
Poslední nutnou součástí zařízení je vlastní minihotspot vyrobený firmou DUTCH*Star pro radioamatérské nadšence, obsahující právě potřebný AMBE kodek. Ten se připojí k Raspberry přes rozhraní USB. K němu se následně přes konektor D-SUB9 připojí radiostanice. Celé schéma zapojení je vidět na obrázku 9.



Obr. 9 – Blokové schéma.

3.1 Raspberry Pi

Pro konstrukci jsem vybral zařízení Raspberry Pi model B, revize 2 (viz obr. 10). V levém horním rohu je vidět 26 GPIO pinů použitých ke komunikaci s LCD a klávesnicí. Existují dva způsoby číslování a to podle čísla pinů (BOARD numbering) a podle čísel datových pinů (BCM – Broadcom numbering). Tento typ se pak uvádí při práci s piny v knihovně RPi.GPIO (Viz. Kapitola 4.1) V mojí práci používám výhradně číslování BCM, podle kterého jsou očíslovány PINy také na obrázku 9. Zařízení zavádí operační systém z SD karty a je napájeno přes konektor mikroUSB.



Obr.10 – Raspberry Pi, model B, revision 2

| | |
|-------------|--|
| Procesor | ARM11-BCM2835, 1 core, 700MHz |
| RAM | 512 MB |
| konektivita | 2xUSB, LAN, VGA, HDMI, 3.5 mm audio, SD karta |
| Napájení | mikroUSB |

tab.1 – charakteristika a rozhraní

3.2 LCD displej

Použil jsem alfanumerický displej 16x2 znaku, se základním řadičem HD44780 a modrým podsvícením. Displeje s tímto řadičem jsou vůbec nejrozšířenější a lze je zakoupit řádově do stokoruny. Vývody č. 3, resp, 15 jsou přes 10kΩ potenciometr vyvedeny na zem, resp. Napájení +5V a ovládá se jimi kontrast a intenzita podsvícení displeje. Vývod Rs přepíná zápis instrukcí a dat. Vývod E je pro hodinový signál, kterým inicializujeme displej. Vývod R/W slouží pro případné čtení displeje. V tomto případě je tedy uzemněn. Komunikace s displejem může fungovat buď s připojenou 8-bitovou, nebo 4-bitovou datovou sběrnicí. V mém případě kvůli úspoře datových vodičů použiji pouze čtyři datové vodiče. Při této komunikaci jsou data nebo instrukce vždy vyslány na dvakrát. Nejprve se na vývody DB4 až DB7 vyšle horní polovina bytu, následně se pošle kladný pulz E, data se vyčtou, aby se následně vyslala druhá polovina bytu a další pulz E. Řadič obsahuje paměť CG RAM obsahující tabulku znaků a paměť DD RAM pro držení obsahu displeje. Dále pak dvě tabulky – tabulku ASCII znaků pro daný datový byte a tabulku instrukcí pro instrukční byte. Jednotlivé typy a velikosti paměti se můžou v různých provedeních lišit. V mém případě k displeji nebyl k dispozici technický list, avšak otestováním jsem zjistil funkčnost podle typicky dohledatelné tabulky ASCII pro tento řadič. V tabulce 2 je pak i tabulka instrukcí, kterou jsem použil. [7]

Tab. 2 –

| Konektor | Název | Funkce |
|----------|---------|-------------------------|
| 1 | Vss | GND |
| 2 | Vcc | napájení +5V |
| 3 | Vee, V0 | nastavení kontrastu |
| 4 | RS | 0 - instrukce, 1 - data |
| 5 | R/W | 0 - zápis, 1 - čtení |
| 6 | E | hodinový |
| 7 | DB0 | data 0 |
| 8 | DB1 | data 1 |
| 9 | DB2 | data 2 |
| 10 | DB3 | data 3 |
| 11 | DB4 | data 4 |
| 12 | DB5 | data 5 |
| 13 | DB6 | data 6 |
| 14 | DB7 | data 7 |
| 15 | LED+ | anoda |
| 16 | LED- | katoda |

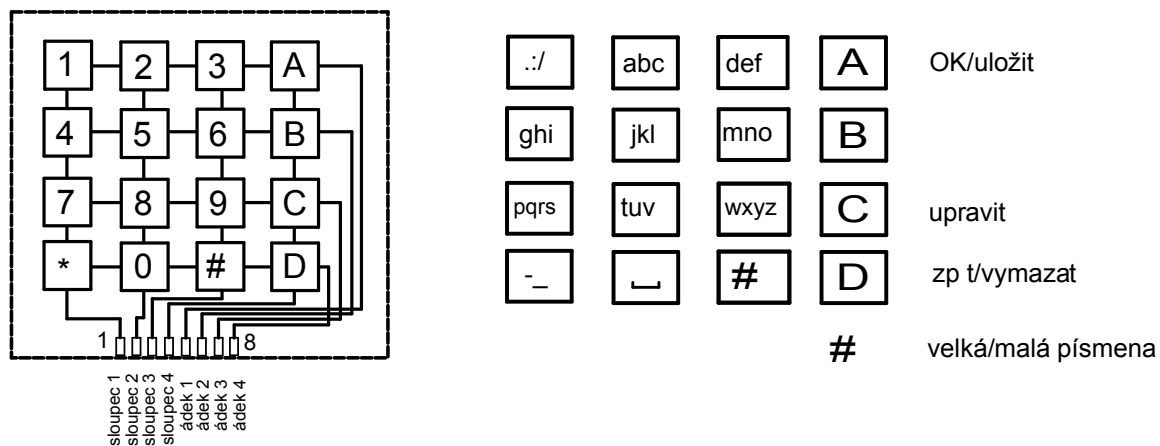
konektory LCD s řadičem HD44780 a

| Instrukce | Kód instrukce | | | | | | | | | |
|---|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | Rs | R/W | DB7 | DB6 | DB5 | DB4 | DB3 | DB2 | DB1 | DB0 |
| Smaž displej(Clear Display) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Návrat kurzoru (Cursor At Home) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | - |
| Nastavení módu vstupu dat (Entry Mode Set) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | ID | SH |
| Nastavení módu displeje Display On/Off Control) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | D | C | B |
| Nastavení posouvání (Cursor or Display Shift) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | SC | RL | - | - |
| Nastavení funkce (Function Set) | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | DL | N | F | - | - |
| Nastavení adresy v paměti CGRAM (Set CGRAM Address) | 0 | 0 | 0 | 1 | AC5 | AC4 | AC3 | AC2 | AC1 | AC0 |
| Nastavení adresy v paměti DDRAM (Set DDRAM address) | 0 | 0 | 1 | AC6 | AC5 | AC4 | AC3 | AC2 | AC1 | AC0 |
| Čtení příznaku BF a adresy (Read Busy Flag and Address) | 0 | 1 | BF | AC6 | AC5 | AC4 | AC3 | AC2 | AC1 | AC0 |
| Zápis dat do RAM (Write Data to RAM) | 1 | 0 | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
| Čtení dat z RAM (Read Data from RAM) | 1 | 1 | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |

jeho instrukce

3.3 Klávesnice

K psaní jsem vybral jednoduchou klávesnici 4x4 znaky, zapojenou dle obrázku 9. Opět nebyl k dispozici žádný popis, tedy jsem měřením zjistil funkčnost dle obrázku níže. Zároveň zde uvádím vybranou konfiguraci kláves při psaní a pohybu v uživatelském menu.



Obr. 11 – Zapojení klávesnice

4. Programové vybavení

4.1 Raspbian a Maryland D-Star

Pro programovou kontrolu přístupového bodu jsem využil prověřený image organizace Maryland D-Star dostupný zde [6]. Jedná se o Raspbian Wheezy 3.18.11+. Image je nutné nahrát na SD kartu a z ní spustit Raspberry Pi. Je možné také využít ssh přístup přes lokální síť. Pak je nutné použít heslo “maryland-dstar”. Po prvním přihlášení je potřeba aktualizovat systém a instalační balíčky. To se provede v konzoli příkazem “sudo apt-get upgrade”.

Dále je nutné nakonfigurovat program výchozí brány a převaděče, který je v této distribuci již obsažen. Toto je nutné provádět přes uživatelské rozhraní klávesnice a LCD displeje tak, aby bylo možné zařízení využívat bez připojení externího monitoru a klávesnice.

Rozhraní budu programovat jazykem Python 2.7 v integrovaném vývojovém prostředí IDLE. To je šířené ve standardní instalaci Pythonu, která už je součástí Raspbianu. Oficiální knihovnu pro programování GPIO stáhnou v konzoli příkazem “sudo apt-get install rpi.gpio”.

Konfigurační soubor pro výchozí bránu je uložen v “/etc/gateway/ircddbgateway” a pro převaděč pak v “/etc/dstarrepeater_1/dstarrepeater_Repeater-1”.

Pro spuštění program po startu raspberry jsem využil nástroj pro automatizované pouštění aplikací Cron. Ten je již ve staženém obrazu obsažen. K jeho editaci použiji příkaz “crontab -e”. Do tabulky cronu pak přidám řádek níže

```
@reboot sh /home/DiplomovaPrace/launcher.sh  
>/home/pi/DiplomovaPrace/logs/cr$
```

To zajistí spuštění skriptu launcher.sh hned při startu systému a logování do složky logs. Následně je potřeba vytvořit skript launcher.sh viz níže.

```
#!/bin/sh  
#launcher.sh  
#D/Star Project  
  
sudo python /home/pi/DiplomovaPrace/HotspotTerminal.py
```

Soubor HotspotTerminal.py je hlavní skript programu, vytvořený nekonečnou smyčkou “while”. Z ní jsou následně při vstupu uživatele volány další vnořené smyčky a případně zavolány metody zvolené uživatelem.

4.2 Konfigurace převaděče a Výchozí brány

Nejdříve nastavíme konfiguraci pro vytvořený převaděč/přístupový bod. Ta je v menu Settings->Repeater. Níže je seznam položek tak, jak jsou uvedeny v menu Settings. Jejich nastavení je i popsáno v návodu pro Maryland D-Star.[6]

Callsign – volací značka uživatele v systému CSS7. O její vydání je nutné zažádat přes centrální systém na adrese <http://www.dstargateway.org>.

Bandwith – šířka pásma. Lze volit mezi pásmy UHF (0,3-3 GHz, cca 70cm) a VHF (30-300 MHz, cca 2m). Ty jsou voleny hodnotami „B“ pro 70cm a „C“ pro 2m. Konkrétní hodnoty záleží na zvolené radiostanici.

Gateway – zde se nastaví opět volací značka

Mode – dovoluje hodnoty “Simplex”, “Duplex”, “Gateway”, “RX Only”, “TX Only”, nebo “TX and RX”. V případě přístupového bodu je nutno zvolit Simplex.

Ack – potvrzení nastavíme na status.

Restrict – On/Off je možnost připojení ostatních zařízení v síti.

RPT1 Validation – On/Off, je standardní nastavení D-Star opakovačů a v případě hodnoty Off povoluje zařízením v simplexním módu přístup do repeateru. Nastavíme na Off.

DTMF Blanking – On/Off, je vysílání kódu tónové volby nebo jejich odfiltrování (připojení uživatelé je neuslyší).

Error Reply – On/Off, nastavíme na „On“. Jedná se o zasílání zprávy na připojenou radiostanici v případě, kdy probíhá neplatný přenos. V této zprávě jsou pak obsaženy údaje o opakovači.

Beacon Message – jedná se o identifikační zprávu opakovače zasílanou programem výchozí brány, pokud je opakovač nečinný. Zasílá se každých 15 minut.

Beacon Voice – volba nastavení hlasu a identifikační zprávy.

Language – nastavení jazyka u hlasu identifikační zprávy. Nastavíme na hodnotu 9 (English-US)

Modem Type – podporovány jsou tyto typy modemů: DVAP, DVMEGA, DV-RPTR V1, DV-RPTR V2, DV-RPTR V3, GMSK Modem, Sound Card, a Split. V našem případě zvolíme možnost DVMEGA.

Modem Variant – Nastavíme stejně jako u pásma převaděče. „0“ pro 70cm, „1“ pro 2m a „2“ pro 70cm + 2m.

Frequency – Nastavíme podle radiostanice.

Tx Delay – Nastavení zpoždění pro radiostanici v milisekundách.

Power – Vysílaný výkon v procentech.

Control – On/Off, nastavení možnosti vzdáleného ovládání. Pokud je zapnuto, je potřeba nastavit hodnoty RPT1 a RPT2 níže.

RPT1 Callsign - nastavit na RPTRCTLX, kde by měla odpovídat hodnota X, hodnotě pásma nastaveného výše.

RPT2 Callsign - nastavit volací znak následovaný písmenem G na osmé pozici (pro Gateway).

Pro výchozí bránu je pak potřeba nastavit:

Type – nastavíme na „Hotspot“.

Callsign – volací značka

Band – nastavíme stejně jako u převaděče

Type – nastavíme na „Homebrew“.

Address – jako výchozí 127.0.0.1

Port - 20011

Reflector – pro Českou Republiku slouží reflektor DCS019

Module – označuje kanál reflektoru. Volitelně nastavíme hodnotu ze seznamu online dostupných [4]

Frequency – Nastavíme stejně jako u převaděče

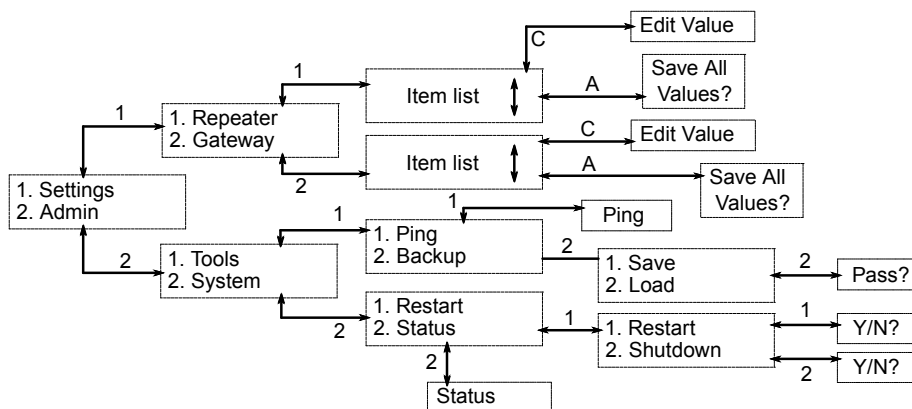
IrcDDB – 0 pro „Disabled“ a 1 pro „Enabled“. Nastavíme na „Enabled“.

Hostname – Jako výchozí nastaveno „rr.openquad.net“

Username – Nastavíme volací značku

4.3 Uživatelské menu

Vzhledem k velikosti LCD displeje který má pouze dva řádky, jsem se snažil udělat menu co nejjednodušší. Je to vhodné i pro snadnou obsluhu zařízení. Topologie menu je znázorněna na obrázku 12. Do nadřazeného menu se lze vrátit klávesou „D“. Pouze při editaci položek se pouze potvrzuje klávesou „A“. Pokud ale není celý seznam položek uložen, drží se nová konfigurace v paměti pouze do restartu systému.



Obr. 12 – Rozvržení menu

Při výběru „Settings“ je možné zvolit buď konfiguraci výchozí, brány nebo převaděče (v našem případě přístupového bodu). Následně jsou načteny jednotlivé položky nastavení s jejich popisem. V položkovém listu se lze pohybovat šipkami nahoru (klávesa „2“) nebo dolů (klávesa „8“). Každou jednotlivou položku je možné upravit zmáčknutím klávesy „C“. Po jejím upravení je nutné hodnotu potvrdit (klávesa „A“). Tím se vrátíme do seznamu položek a upravená hodnota je zkontrolována. Kontrola probíhá pouze syntakticky, ale ne obsahově. Pokud hodnotu není možné uložit, zobrazí se za hodnotou znak „NA“. V tomto případě při opakovaném zmáčknutí klávesy „A“-uložit, se zobrazí chybová hláška s nemožností hodnoty uložit. Ty se do restartu programu pouze drží v pracovní paměti, ale je možné je znovu upravit.

V druhé části nastavení jsou hlavně nástroje pro jednoduchou práci se zařízením. Je zde možnost „Ping“ po které je uživatel vyzván k zadání adresy. Po potvrzení klávesou „A“ se vrátí, zdali zadaný server je dostupný nebo ne.

Stav připojení je pak možné sledovat zvolením možnosti status. Ta kombinací příkazů „tail“ a „grep“ načte posledních pár řádků příslušného logu a vyhledá v nich pomocí klíčových slov status zařízení. Možnosti zobrazeného výstupu jsou „down“ a „running“.

Další možností je obnovit konfigurační soubory ze zálohy, případně zálohu uložit. Načtení zálohy se potvrzuje volbou uživatele Y/N, zatímco pro uložení zálohy je potřeba zadat heslo „666“. To je pouze bezpečnostní opatření proti ztrátě nebo znehodnocení konfiguračních souborů.

A nakonec je možné restartovat nebo vypnout systém. Restart systému je také nutné provést v případě změn konfigurace, kvůli restartu výchozí brány a převaděče. Toho lze jednodušeji docílit restartem systému, při němž se tyto služby také restartují.

4.4 Vytvořené knihovny a třídy

Uživatelské rozhraní jsem se snažil naprogramovat objektově za použití tříd a jejich metod. Zde níže uvádím jejich seznam a stručný popis. Jejich výskyt v menu lze pak vidět v předchozí kapitole 4.2. Detailní zdrojové kódy jsou na přiloženém CD.

4.4.1 Třída Write

Má pouze jednu funkci „writing()“, která je jednou ze stěžejních funkcí používaných při všech vstupech uživatele. Používá zároveň třídy „Keypad“ pro vyčtení znaku z klávesnice a LCD pro jeho propsání na displej. Nemá žádný vstup, pouze dvě proměnné (seznamy) třídy a to velkou a malou abecedu spolu s číslicemi a speciálními znaky. Na začátku cyklu „while“ se zkontroluje proměnná „starttime“, která funguje jako čítač doby mezi jednotlivými zmáčknutími klávesy. Ta je při začátku nastavená na „None“. Pokud je větší než jedna vteřina, posune kurzor psaní na další pozici a znovu nastaví „starttime“ na „None“. Následně se vyčítá hodnota klávesy. Její hodnota se postupně porovná se všemi znaky z klávesnice. Pokud je u některého znaku nalezena shoda, nastartuje se čítač. Hodnota proměnné „occurence“ se zvýší o jedna a nastaví se hodnota „tempDigit“ na příslušný znak. Poté buď průběhem cyklu „while“ uplyne jedna vteřina a kurzor se posune o jednu pozici dále, zmáčkne se stejná klávesa do časového limitu –zvýšení „occurence“ o jedna, nebo jiná klávesa. V tom případě nesouhlasí hodnota „tempDigit“ a ihned se vyčte znak a posune kurzor. Samotné vyčítání znaku funguje tak, že má každá klávesa definovanou pozici

v abecedě. Výsledný znak je pak dán součtem této pozice a hodnoty proměnné „occurrence“. Po každém nalezení shody vyčteného znaku z klávesnice, je zavoláno počkání funkcí „time.sleep()“ na dvě desetiny vteřiny. Tato doba zaručuje, že se při jednom zmáčknutí klávesy „neprotočí“ hned několik příslušných znaků kláves. Pro případný lepší uživatelský komfort při psaní lze upravovat tyto použité doby čekání programu funkcí „time.sleep()“.

4.4.2 Třída LCD

Princip této metody vychází z popisu displeje v kapitole 3.2. Hlavními funkcemi použitými v mém projektu jsou „clear()“, „setCursor()“, „enableDisplay()“, „setCursor()“ a „message()“. Všechny tyto třídy používají metodu „write8()“ pro zápis 8-bitového čísla na displej. Toto číslo může reprezentovat ASCII znak, pokud je hodnota na vývodu „Rs“ logická jedna, nebo příkaz pokud je logická nula. Při použití pouze čtyř datových vodičů se samotný zápis provádí ve dvou cyklech. Bitovým posunem zapisované hodnoty nastavíme nejdříve čtyři nejvyšší bity na datové vodiče. Pak zavoláme funkci „enable()“, což je kladný pulz o délce jedné mikrosekundy, který zajistí jejich přečtení řadičem. Následně to samé opakujeme i pro nižší čtyři bity.

4.4.3 Třída Keypad

Na začátku třídy je definována matice KEYPAD obsahující znaky kláves (0-9, *, #, A-D). Poté jsou definovány datové PINy GPIO připojené podle obrázku 9. Piny jsou číslovány pomocí GPIO.setmode(GPIO.BCM). Následně je volána funkce „getKey()“ také pracující s knihovnou RPi.GPIO. Ta nejdříve všechny datové piny připojené na sloupce nastaví jako výstupy a vynuluje. Řádky pak nastaví na vstupy. Posléze se cyklem „for“ zjistí, na který sloupec se propíše logická nula. Pokud se nepropíše na žádný, nebyla zmáčknuta žádná klávesa. Pokud ano, nastaví se sloupec na vstupy a pouze nalezený řádek na výstup s logickou jedna. Následně se stejným způsobem vyhledá, na kterém sloupci je nalezena logická jedna. V tom okamžiku známe souřadnice a z předem definované matice zjistíme výsledný znak, který je návratovou hodnotou. Pokud není klávesa zmáčknuta, vrací se hodnota „None“.

4.4.4 Třída BackUp

Má metody „save()“ a „load()“. Metoda „save“ načte konfigurační soubory a následně je uloží na místo zálohy. Metoda „load()“ pak funguje obráceně, jen je před jejím voláním v hlavním programu vyžadováno zadání hesla. To je „666“. Pokud se zadá a potvrdí jiné heslo, záloha se nenačte a zobrazí se příslušná hláška.

4.4.5 Třída LoadValues

Tato třída slouží k načtení hodnot z konfiguračních souborů. Nejdříve jsou v ní vydefinovány seznamy „menu1“ a „menu2“. V nich jsou zobrazené názvy jednotlivých konfigurovaných položek. Posléze se načte celý konfigurační soubor po řádcích. Každou potřebnou hodnotu pak hledáme na konkrétním řádku za znakem „=“ a případně ořezáme znaky konce řádku „\n“. Na konci se vrací seznam hodnot dále zobrazených na displeji.

4.4.6 Třída Description

Tato třída má na starosti validaci hodnot zadaných uživatelem v nastavení převaděče a výchozí brány. Jejím vstupem je hodnota aktuálně zobrazené konfigurační položky a její pořadí. U té se pak provádí kontrola podmínkami „if-elif-else“ a nastavuje příznak. Tento příznak může mít tvar jednotky, významového slova pokud je v konfiguračním souboru pouze hodnota nula či jedna, nebo chybová hláška „NA“. Příznak se posléze vrací a ukládá na příslušnou pozici proměnné pojmenované „ErrDes“.

4.4.7 Třída Validation

Před samotným uložením uživatelem změněných hodnot se zavolá funkce „check()“, která zkontroluje celý uložený řetězec „ErrDes“, jestli neobsahuje výraz „NA“. Pokud ano vrátí se příznak podle něhož se podmínkou „if“ vyhodnotí následné neuložení hodnot a zobrazení chybové hlášky uživateli na LCD.

4.4.8 Třída Save

Hodnoty načtené pomocí třídy „LoadValues“ mohou být uživatelem upraveny. Dokud ale nejsou uloženy, drží se pouze v proměnné „saving()“. Jejich uložení zpět do konfiguračního souboru

probíhá právě metodou „saving()“, jejímž vstupem jsou tyto nově upravené hodnoty. Nejdříve opět využije třídu „LoadValues“ k načtení teď už starých hodnot. Následně načte tento konfigurační soubor po řádcích a v každém nahradí metodou „replace()“ starou hodnotu za novou. Výsledný soubor pak znovu uloží.

5 Závěr

Výsledkem mé práce je funkční prototyp zařízení pro ovládání a konfiguraci přístupového bodu do systému D-Star. Tím považuji hlavní úkol práce za splněný. Přesto zde vidím dva nedokončené body případně hodné další práce.

Zprvė zařízení není sestavené kompletně. A to z důvodu nutnosti umístění takového zařízení do odolné, odstíněné krabice. Ta by z tohoto důvodu měla být vodivá s otvorem na klávesnici a displej a pak také na výstup pro radiostanici (D-SUB9), síťový kabel (LAN) a napájecí konektor (mikroUSB). Při blízkosti vysílače by totiž zejména použité datové kabely naindukovaly proudy, které by přinejmenším rozházely stavy klopných obvodů uvnitř raspberry. Tuto konstrukci jsem z časových důvodů a chybějícího vybavení bohužel nestihl.

Dále pak jsem bohužel neověřil plnou funkčnost vytvořeného přístupového bodu. A to jak z důvodu výše zmíněného, tak kvůli tomu že nevlastním licenci pro radioamatérské vysílání v tomto systému. Ovšem při úvaze, že použitý systém Maryland D-Star je léty prověřený a používaný systém, je důležité že se kompletní zařízení podařilo sestavit a vybavit ovládáním přes malou klávesnici a displej s možností konfigurace systému a jeho funkčnost ověřit.

Díky použití objektově orientovaného přístupu při tvorbě uživatelského rozhraní je možné toto rozhraní nadále relativně jednoduše upravovat a rozšiřovat.

Použitá literatura

1. Japan Amateur Radio League: D-STAR System [online]. Copyright © 2004 [cit. 10.05.2018]. Dostupné z: http://www.jarl.org/Japanese/7_Technical/d-star/guideline.htm
2. D-STAR System: Technical Requirements for the Wireless System. Japan Amateur Radio League [online]. [cit. 2017-02-19]. Dostupné z: <http://www.jarl.com/d-star/shogen.pdf>
3. Dstar Česká Republika - D-STAR mapa pokrytí. Dstar Česká Republika - Úvodní stránka [online]. Copyright © MX2015 [cit. 11.05.2018]. Dostupné z: <http://d-star.cz/prevadece/118-d-star-mapa-pokryti.html>
4. XLX019 Reflector Multi-Dashboard. XLX019 Reflector Multi-Dashboard [online]. [cit. 11.05.2018]. Dostupné z: <http://dcs019.xreflector.net/index.php?show=repeaters>
5. Dstar Česká Republika - Základní princip digitálního přenosu řeči. Dstar Česká Republika - Úvodní stránka [online]. Copyright © [cit. 11.05.2018]. Dostupné z: <http://www.d-star.cz/d-star/digitalni-prenosy-hlasu-v-ham-pasmech/zakladni-princip-digitalniho-prenosu-rci.html>
6. Raspberry Pi Step-by-Step W3DHS Maryland D-Star. Maryland D-Star [online]. Dostupné z: <http://maryland-dstar.org/html/raspiberry.html>
7. ČVUT FEL – Praktika z mikroprocesorové techniky [online]. [cit. 15.05]. Dostupné z: <http://measure.feld.cvut.cz/groups/edu/pmt>

Obsah CD

```
HotSpotTerminal.py # hlavni program, pripadne upravit path
Launcher.sh
MojeKody
  -Write
    - Write.py
    - __init__.py
  -Validation
    - Validation.py
    - __init__.py
  -Save
    - Save.py
    - __init__.py
  -LoadValues
    - LoadValues.py
    - __init__.py
  -LCD
    - LCD.py
    - __init__.py
  -Keypad
    - Keypad.py
    - __init__.py
  -Description
    - Description.py
    - __init__.py
  -BackUp
    - BackUp.py
    - __init__.py
```