VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

FM PŘIJÍMAČ S DEKODÉREM RDS

FM RECEIVER WITH RDS-TMC DECODER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE MILAN ŠTOHANZL
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE Ing. JAN PROKOPEC, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2009

ŠTOHANZL, M. *FM přijímač s dekodérem RDS.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 27 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Prokopec, Ph.D.

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav radioelektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Elektronika a sdělovací technika

Student:	Milan Štohanzl	***ID:***	72797
Ročník:	3	***Akademický rok:***	2008/2009

NÁZEV TÉMATU:

FM přijímač s dekodérem RDS

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Prostudujte možnosti realizace FM přijímače s dekodérem zpráv RDS. Přijaté RDS zprávy budou zobrazovány na LCD displeji. Navrhněte komunikaci navrženého přijímače s PC a zobrazovaní zpráv na PC.

Navržené zapojení realizujte, vytvořte ovládácí software pro přijímač a PC, podrobně zpracujte dokumentaci.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] ISO 14819-1 Traffic and Traveler Information (TTI) – TTI messages via traffic message coding – Part 1. Coding Protocol for Radio Data Systém – Traffic Message Channel using ALERT-C

[2] ISO 14819-2 Traffic and Traveler Information (TTI) – TTI messages via traffic message coding – Part 2. Event and information codes for Radio Data System – Traffic Message Channel using ALERT-C

Termín zadání:	9.2.2009	***Termín odevzdání:***	5.6.2009

Vedoucí práce: Ing. Jan Prokopec, Ph.D.

prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida
Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práve třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma FM přijímač s dekodérem RDS jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 5. června 2009 .....

podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Prokopcovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne 5. června 2009 .....

podpis autora

ABSTRAKT

Systém RDS je určen k vysílání doplňkových informací pro VKV vysílače.

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukcí a popisem FM přijímače s dekodérem RDS dat. Práce pojednává o konkrétním zapojení obvodu a popisuje programy pro mikrokontroler a počítač. Dále poukazuje na možnosti úprav jednotlivých částí přijímače a programů.

KLÍČOVÁ SLOVA

RDS, dekodér, přijímač, mikrokontroler, program.

ABSTRACT

The system RDS is dedicated to broadcast an additional information for VKV transceivers.

This bachelor work is concerned with a construction and a description of FM receiver with RDS data decoder. The document disserts on concrete connection of a circuit and describes programs for microcontroler and computer. Further it shows possibilities of corrections of particular components of the receiver and the programs.

KEYWORDS

RDS, decoder, receiver, microcontroller, program.

Obsah

1 Úvod: 1
2 RDS: 1
2.1 Služby RDS: 1
2.2 Kódování RDS: 2
2.3 Kódování základního pásma: 2
2.3.1 Kód PI: 4
2.3.2 Kód PS: 4
2.3.3 Kód RT: 4
2.4 Dekódování modifikovaného zkráceného cyklického kódu: 5
3 Konstrukce přijímače: 6
3.1 Rádiový přijímač: 6
3.1.1 Funkce: 6
3.1.2 Obvodová realizace: 6
3.1.3 Vstupní rezonanční obvod: 8
3.1.4 Ladění rádiového přijímače: 9
3.2 RDS demodulátor: 10
3.2.1 Funkce: 10
3.2.2 Obvodová realizace: 10
3.3 Mikrokontroler: 11
3.3.1 Funkce: 11
3.3.2 Obvodová realizace: 11
3.4 Modul komunikace s PC (UART/USB): 12
3.4.1 Funkce: 12
3.4.2 Obvodová realizace: 12
3.5 Napájení: 13
3.6 Předlohy: 14
3.6.1 Osazovací plán: 14
3.6.2 Desky plošného spoje: 15
3.6.3 Seznam součástek: 16
4 Obslužný program pro mikrokontroler: 18
4.1 Myšlenka: 18
4.2 Specifikace: 18
4.3 Popis programu: 18
4.3.1 Inicializace (reset): 18
4.3.2 Hlavní program (main): 19
4.3.3 Obsluha přerušení (data): 19
4.3.4 Vyhodnocení a uložení bloků: 20
4.3.5 Zpracování dat (skupiny): 20
4.3.6 Podprogram PI_lcd: 20
4.3.7 Podprogram PI_sts: 21
4.3.8 Podprogram PI_snd: 21
4.3.9 Podprogram PS_lcd: 21
4.3.10 Podprogram PS_sts: 22
4.3.11 Podprogram PS_snd: 22
4.3.12 Podprogram RT_lcd: 22
4.3.13 Obsluha displeje: 22

4.3.14 Obsluha UART: 22
5 Obslužný program pro PC: 23
5.1 Specifikace: 23
5.2 Popis programu: 23
6 Závěr: 25

Seznam obrázků

Obr. 1. Spektrum signálu FM s RDS 2
Obr. 2. Struktura kódování základního pásma 3
Obr. 3. Formát zprávy a adresování 3
Obr. 4. Skupina A0 4
Obr. 5. Kontrolní matice zkráceného cyklického kódu použitá v přijímači 5
Obr. 6. Tabulka syndromů odpovídajících různým offsetovým slovům 5
Obr. 7. Schéma zapojení obvodu TDA 7000 7
Obr. 8. Zapojení vstupního rezonančního obvodu 8
Obr. 9. Zapojení ladícího rezonančního obvodu a obvodů pro ladění 9
Obr. 10. Zapojení RDS demodulátoru s TDA 7330B 10
Obr. 11. Časový diagram výstupních RDS dat a synchronizačního signálu 11
Obr. 12. Zapojení kontroléru ATm8 12
Obr. 13. Zapojení převodníku UART/USB 13
Obr. 14. Osazovací plán 14
Obr. 15. Předloha plošného spoje 15
Obr. 16. Předloha plošného spoje s rozlitou zemnící plochou 16
Obr. 17. Tabulka Build z programu AVR studio 4 18
Obr. 18. Zjednodušený vývojový diagram 19
Obr. 19. Posun rámce a načtení dat 20
Obr. 20. Rámec vysílaný s kódem PI 21
Obr. 21. Adresování znaků PS 21
Obr. 22. Rámec vysílaný s kódem PS 22
Obr. 23. Zobrazení dat v programu RDS Terminal 23
Obr. 24. Zobrazení dat v programu Hyper Terminal 24

1 Úvod:

Rádiový datový systém RDS je určený k použití v rozhlasovém vysílání v pásmu velmi krátkých vln (87,5 MHz až 108 MHz) s frekvenční modulací (FM), kterým jsou přenášeny monofonní i stereofonní programy.

Služby RDS zvyšují komfort obsluhy a rozšiřují využití rádiového přijímače jako zdroj informací, které neprobíhají ve vysílání akustickou formou. Mnoho těchto služeb je přímo určeno pro motoristy a jsou implementovány především v autorádiích.

Bakalářská práce je členěna do 6 kapitol. Kapitola 2 pojednává o službách RDS, způsobu kódování RDS a zobrazuje jeden typ skupiny jako příklad. Kapitola 3 popisuje zapojení jednotlivých částí obvodu. Kapitola 4 popisuje program pro mikrokontroler a kapitola 5 popisuje program pro počítač. Zhodnocení celé práce je v poslední kapitole, tedy v kapitole 6.

2 RDS:

2.1 Služby RDS:

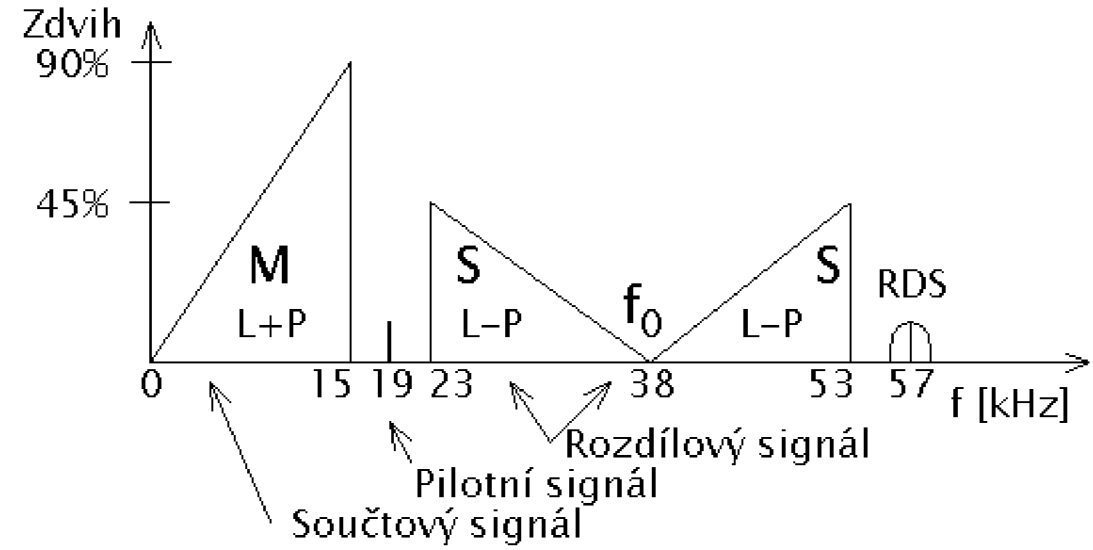
PI Identifikace programu (Program Identification) - Tento kód není určen pro přímé zobrazování, ale umožňuje přijímači rozlišovat mezi zeměmi a oblastmi, v nichž je daný program vysílán, a dále slouží k samotné identifikaci programu. Přijímač pak může automaticky vyhledat alternativní kmitočet v případě špatného příjmu právě naladěného programu. Podmínkou je přítomnost lepšího signálu mající shodný kód PI.
PS Název programu (Program Service) - Jedná se o text obsahující nejvýše 8 znaků, který je zobrazován, aby informoval uživatele přijímače o názvu přijímané stanice.
PTY Typ programu (Program Type) - Jedná se o číslo od 0 do 31, které specifikuje program. Čísla 0 až 9 jsou vyhrazena pro řečové programy (např. zprávy, informace, sport, atd.), čísla 10 až 30 pro hudební programy. Číslo 31 je vyhrazeno pro identifikaci výstrahy.
TP Identifikace dopravního programu (Traffic - Program identification) - Tento signál má povahu zapnuto/vypnuto a identifikuje na příjmači program hlášení pro motoristy.
TA Identifikace dopravního hlášení (Traffic - Announcement identification) - Stejně jako TP má i TA povahu zapnuto/vypnuto a identifikuje zda se vysílá hlášení pro motoristy. Tento signál se využívá ke krátkodobému přenastavení přijímače pro lepší poslech dopravních hlášení.
AF Seznam alternativních kmitočtů (Alternative Freguencies) - Dává informace o různých vysílačích přenášejících stejný program ve stejné oblasti nebo v blízkém okolí. To umožňuje přijímačům automatické přelaďování přijímačů na stejný program s lepším příjmem.
DI Identifikace dekodéru (Decoder identifikation) - Jedná se o přepínací signál identifikující provozní mód nebo jejich kombinace.
M/S Přepínač hudba/řeč (Music/Speech Switch) - Jde o dvoustavový signál určující, zda je vysílána hudba nebo řeč. Tento signál je vhodný pro přenastavování přijímačů (hlasitost) na optimální poslech hudby a řeči.
PIN Číslo programové položky (Program item number) - Tento kód má přijímačům a hlavně záznamovým zařízením umožnit reagování na určité programové položky, které uživatel musí předvolit.
RT Radiotext (Radiotext) - Slouží pro přenos krátkých textových zpráv. Tyto zprávy mohou být zobrazovány na displeji rádia.

TDC Transparentní datový kanál (Transparent Data Channel) – Tento datový kanál je určen pro přenos alfanumerických znaků určených pro zobrazování na displej přijímačů nebo jiného textu včetně mozaikové grafiky určených pro TV podobně jako teletext.
CT Přesný čas a datum (Clock-Time and Date) - Přenáší informace o čase v UTC a datum podle modifikovaného juliánského kalendáře. V přijímači se tato informace zobrazuje buď přímo, nebo se převádí do místní podoby.
RP Rádiový paging (Radio Paging) - Jednosměrný systém předávání až 18 znakové alfanumerické zprávy konkrétnímu uživateli RDS. Tyto zprávy mohou být zachyceny a zpracovány pouze na speciálním přijímači, který je k tomu určen. [2]

2.2 Kódování RDS:

Datové signály RDS se přenášejí tak, aby přijímače, které je neumí zpracovávat, nebyly ovlivněny. Data se kódují diferenciálním kódováním a jsou přenášeny modulací DSB rychlostí 1187,5 bit/s. RDS data se modulují na subnosné. Ta je třetí harmonickou pilotního kmitočtu, tedy na 57 kHz. Subnosná je potlačena. Pevným fázovým vztahem s pilotním kmitočtem se zabraňuje případnému rušení stereofonního signálu.

Na obrázku 1 vidíme monofonní signál označený M. Tento signál zpracovávají monofonní radiové přijímače. Na 19 kHz vidíme pilotní signál. Ten se používá pro demodulaci stereofonního signálu (pro obnovu nosné), který je ve spektru rozmístěn od 23 do 53 kHz se středním kmitočtem 38 kHz. RDS signál je ve spektru obsažen v okolí 57 kHz. Jak již bylo uvedeno, je subnosná potlačena a v dekodéru RDS se musí obnovit.



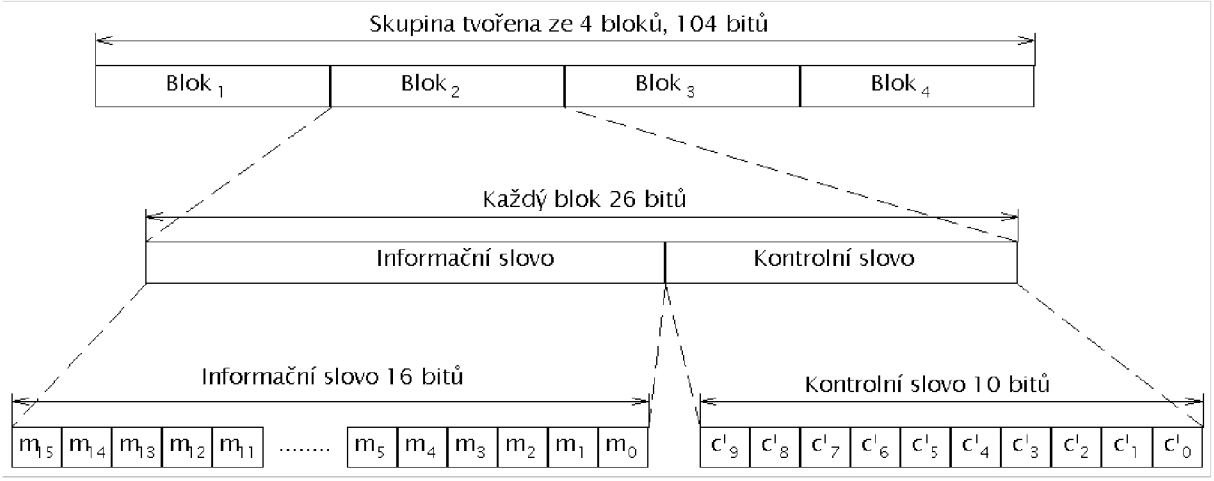
Obr. 1. Spektrum signálu FM s RDS

2.3 Kódování základního pásma:

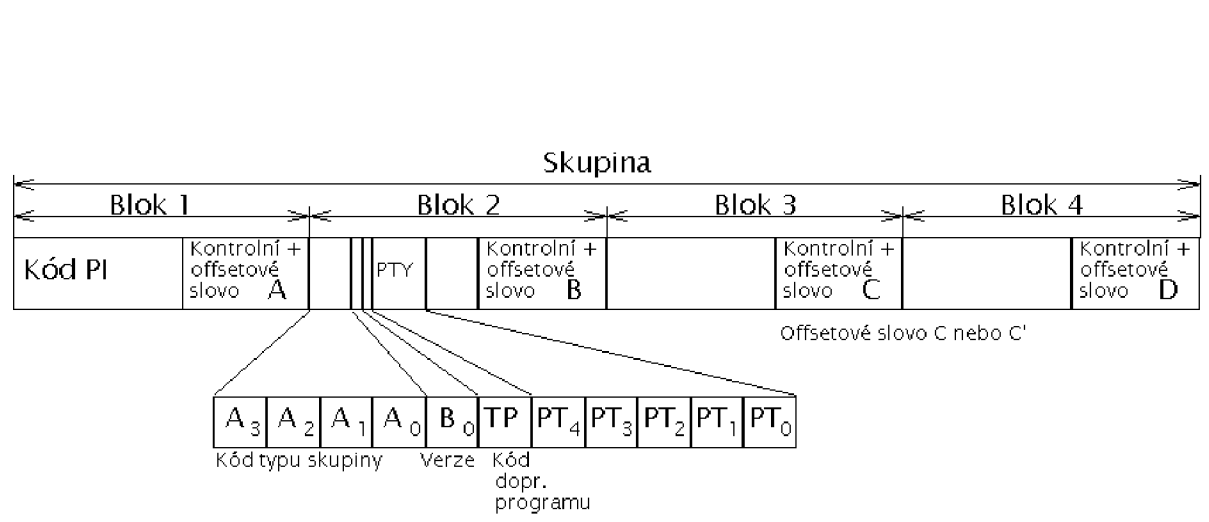
Obrázek 2 ukazuje strukturu kódování základního pásma. Největším prvkem je skupina tvořena 104 bity. Každá skupina je rozdělena do 4 bloků po 26 bitech. Každý blok obsahuje informační slovo, 16 bitů a kontrolní slovo tvořené 10 bity.

Data se vysílají od MSB (nejvýznamnějšího bitu s váhou 2^{15}) m_{15} po LSB (nejméně významný bit s váhou 2^0) m_0. To platí nejen pro všechna informační slova, ale i pro kontrolní slova, binární čísla a hodnoty binárních adres.

Přenos dat je plně synchronní a mezi skupinami nebo bloky nejsou prodlevy. [2] [3] [14]



Obr. 2. Struktura kódování základního pásma



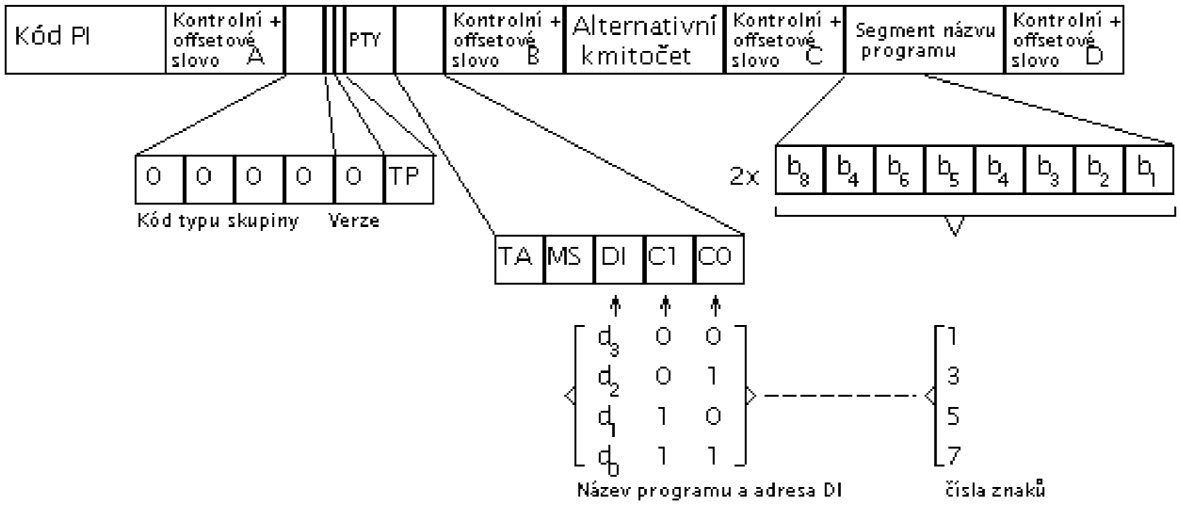
Obr. 3. Formát zprávy a adresování

Obrázek 3 zobrazuje obecný formát jedné skupiny. První blok každé skupiny obsahuje kód PI (viz 2.3.1) a ke kontrolnímu slovu je přičteno offsetové slovo A. Druhý blok obsahuje 4 bity kódu typu skupiny (A_3 – A_0), dále jeden bit verze skupiny (0= verze A, 1= verze B) a 5 bitů kódu typu programu PTY. Je zakončen kontrolním slovem s offsetovým slovem B. Bloky 3 a 4 obsahují další data, o jejichž povaze rozhoduje typ skupiny a verze skupiny (prvních 5 bitů druhého bloku). Blok 3 může být zakončen kontrolním slovem s offsetovým slovem C nebo C'. Offsetové slovo C' se používá v případě skupin typu B. V takovém případě blok 3 obsahuje kód PI stejně jako blok 1. Blok 4 je zakončen kontrolním slovem s offsetovým slovem D.

Je tedy zřejmé, že první čtyři bity druhého bloku každé skupiny specifikují použití této skupiny a musejí být dešifrovány, aby bylo zřejmé, jaké informace přijímač dostává. Tyto čtyři bity identifikují šestnáct různých skupin a bit B_0 určuje verzi skupiny (verze A nebo B). Verze B je specifická nejen bitem B0, ale i offsetovým slovem C' ve třetím bloku. V takovém bloku je vysílán vždy kód PI stejně jako v bloku prvním.

Obrázek 4 zobrazuje skupinu A0. Tato skupina v sobě nese kód PI (blok 1), alternativní frekvenci vysílané stanice (blok 3) a segment názvu programu (blok 4). Blok 2

obsahuje informace o skupině, dále o tom, zda je vysílaná hudba nebo řeč (bit MS), zda je vysílané dopravní zpravodajství (bit TP), a bity určující adresu segmentu DI.



Obr. 4. Skupina A0

Skupina B0 by se od A0 lišila ve druhém bloku pouze v pátém bitu (bit verze) a ve třetím bloku by obsahovala místo AF kód PI a kontrolní slovo s přičteným offsetem typu C'. Taková skupina se vysílá u lokálních vysílačů, které nevysílají na jiných frekvencích. [2] [3]

2.3.1 Kód PI:

Kód PI je vysílán v každé skupině v prvním bloku dat. Je tvořen 16 ti – bity a běžně se udává v hexadecimální podobě. První čtveřice bitů nese informaci o zemi, ve které je vysílač umístěn. Pro ČR je to hodnota 2.

2.3.2 Kód PS:

V bloku 4 skupiny A0 (i B0) jsou vysílány dva znaky z kódu názvu programu. Umístění přenášených znaků v názvu se řeší přenesením adresy v bloku B. Jak je naznačeno na obrázku 4, je adresa prvního znaku je vyjádřena hodnotou 0. Adresa třetího znaku hodnotou 1. Adresa pátého znaku je vyjádřena hodnotou 2 a adresa sedmého znaku hodnotou 3.

2.3.3 Kód RT:

V blocích 3 a 4 skupiny A2 jsou vysílány celkem 4 znaky z kódu radiotextu. Jejich umístění v celém textu se řeší přenesením adresy v bloku B podobně jako u PS kódu. Adresa prvního znaku je vyjádřena hodnotou 0, adresa pátého znaku hodnotou 1, adresa devátého znaku hodnotou 2, atd.

2.4 Dekódování modifikovaného zkráceného cyklického kódu:

Podle [3] je při příjmu dat **v** syndrom **s** vypočítaný podle vztahu:

$$\vec{s} = \vec{v} \cdot \vec{H} \tag{1}$$

H je kontrolní matice a je zobrazena na obrázku 5.

$$\begin{vmatrix}
1000000000 \\
0100000000 \\
0010000000 \\
0001000000 \\
0000100000 \\
0000010000 \\
0000001000 \\
0000000100 \\
0000000010 \\
0000000001 \\
1011011100 \\
0101101110 \\
0010110111 \\
1010000111 \\
1110011111 \\
1100010011 \\
1101010101 \\
1101110110 \\
0110111011 \\
1000000001 \\
1111011100 \\
0111101110 \\
0011110111 \\
1010100111 \\
1110001111 \\
1100011011
\end{vmatrix}$$

Obr. 5. Kontrolní matice zkráceného cyklického kódu použitá v přijímači

Syndromy odpovídající různým offsetovým slovům jsou na obrázku 6.

Offset	Offset word $d_9, d_8, d_7, \ldots d_0$	Syndrome $S_9, S_8, S_7, \ldots S_0$
A	0011111100	1111011000
B	0110011000	1111010100
C	0101101000	1001011100
C'	1101010000	1111001100
D	0110110100	1001011000

Obr. 6. Tabulka syndromů odpovídajících různým offsetovým slovům

3 Konstrukce přijímače:

Samotné zařízení se skládá z několika odlišných bloků majících různou funkci.

3.1 Rádiový přijímač:

3.1.1 Funkce:

Tato část zařízení zpracovává vysokofrekvenční signál (r.f. input) přijímaný z antény, vybírá konkrétní kanál a signál převádí do takové podoby, aby jej mohl zpracovat RDS demodulátor (a. f. output). Tento signál dále obsahuje nízkofrekvenční monofonní signál a složky, které mohou být zpracovány pomocí stereodekodéru.

Možnosti realizace této části zařízení jsou velmi rozmanité. Od zapojení skládajícího se z diskrétních součástek přes použití integrovaných obvodů, které obsahují určité části, po použití integrovaných obvodů, které obsahují skoro celé rádio a vyžadují minimum externích součástek. Využití takového obvodu je nejsnazším a v mnohých případech i nejlevnějším řešením.

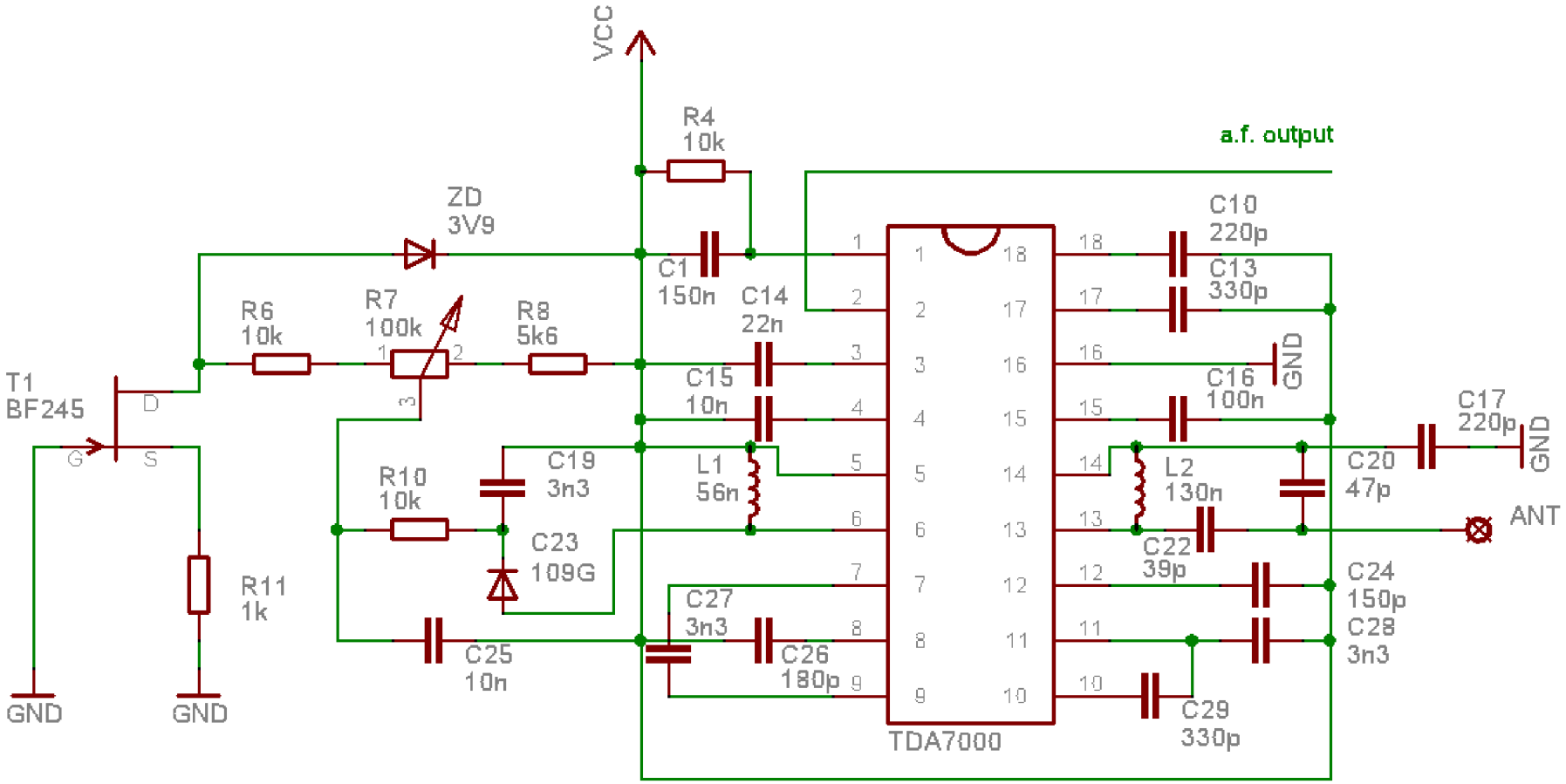
3.1.2 Obvodová realizace:

FM přijímač je realizován pomocí integrovaného obvodu TDA 7000.

Integrovaný obvod obsahuje vstupní vysokofrekvenční obvod, směšovač, místní oscilátor, obvod kmitočtového závěsu s mezifrekvenčním kmitočtem 70 kHz. Dále obsahuje mezifrekvenční zesilovač, omezovač, fázový demodulátor a umlčovač šumu. Umlčovač šumu umožňuje vyloučit z příjmu příliš slabé signály znehodnocené šumem. Umlčovač šumu je v této aplikaci aktivován (připojení vývodu č. 1 přes paralelní kombinaci R_4 a C_9 k napájecímu napětí).

Externí součástky důležité pro správnou činnost obvodu jsou kondenzátory C_9, C_{10}, C_{13}, C_{14}, C_{15}, C_{16}, C_{24}, C_{26}, C_{27}, C_{28}, C_{29} spolu s rezistorem R_4. Hodnoty těchto součástek jsou pevně stanoveny výrobcem obvodu TDA 7000. [7]

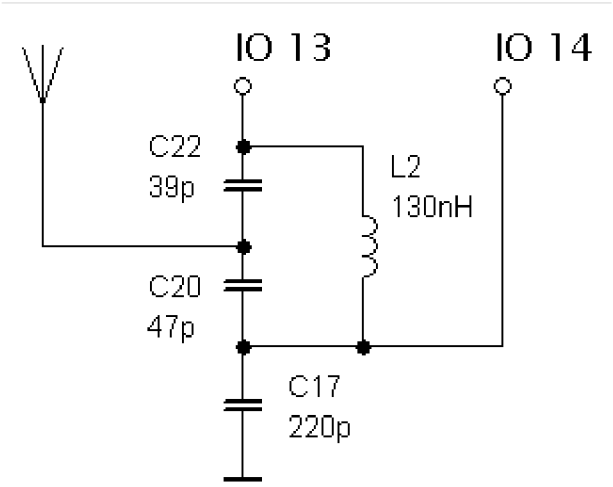
Protože u této aplikace není požadován výstup pro odposlech nízkofrekvenčního signálu, není připojen obvod deemfáze (pro aplikaci s obvodem TDA 7000 je časová konstanta obvodu deemfáze 40 μs).



Obr. 7. Schéma zapojení obvodu TDA 7000

3.1.3 Vstupní rezonanční obvod:

Neladěná drátová anténa je k obvodu připojena přes paralelní rezonanční obvod L_2, C_{20}, C_{22} přes vazbu s rozdělenou kapacitou.



Obr. 8. Zapojení vstupního rezonančního obvodu

Požadavky na tento rezonanční obvod jsou:
Šířka pásma:

$$B = \frac{f_{FMh} - f_{FMd}}{2} = \frac{108 \cdot 10^6 - 87{,}5 \cdot 10^6}{2} = 10{,}25 \quad MHz \tag{2}$$

Rezonanční kmitočet:

$$f_0 = f_{FMd} + B = 87{,}5 \cdot 10^6 + 10{,}25 \cdot 10^6 = 97{,}75 \quad MHz \tag{3}$$

Jakost:

$$Q = \frac{f_0}{B} = \frac{97{,}75 \cdot 10^6}{10{,}25 \cdot 10^6} = 9{,}5 \tag{4}$$

Rezonanční kmitočet pro příslušné hodnoty součástek:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2 \frac{C_{22}C_{20}}{C_{22} + C_{20}}}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{130 \cdot 10^{-9} \frac{39 \cdot 10^{-12} \cdot 47 \cdot 10^{-12}}{39 \cdot 10^{-12} + 47 \cdot 10^{-12}}}} = 95{,}6 \quad MHz \tag{5}$$

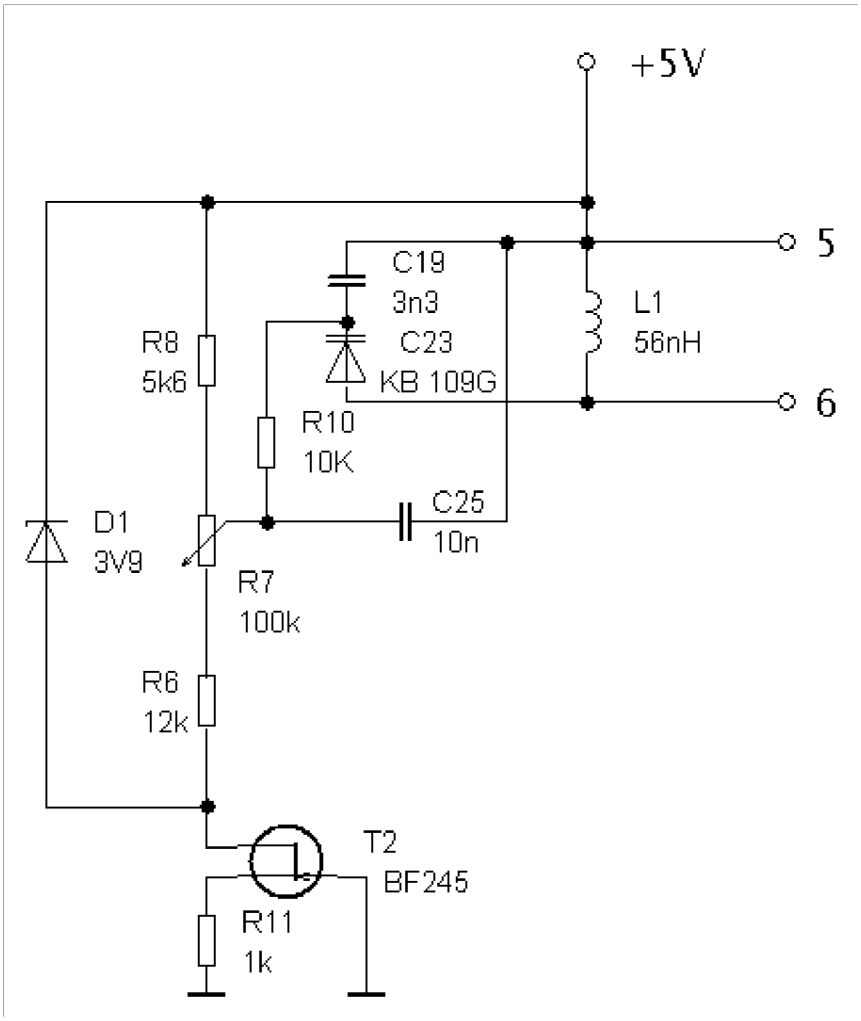
Reálná hodnota rezonančního kmitočtu je s ohledem na kapacitu spojů a konstrukci cívky trochu jiná. Dá se snadno upravit zásahem do konstrukce cívky. Mírným roztažením závitů dojde ke snížení indukčnosti cívky a tím vzroste hodnota rezonančního kmitočtu a naopak. Cívka L_2 (tři a půl závitu) je konstruována jako samonosná, navinutá na průměru

5 mm z vodiče o průměru 0,6 mm. Tyto hodnoty jsou stanoveny experimentálně, aby vyhověly požadované indukčnosti a jakosti cívky.

Kondenzátor C_{17} vytváří sériový rezonanční obvod a uzemňuje kmitočty, které nechceme přijímat.

3.1.4 Ladění rádiového přijímače:

Přelaďování přijímače se provádí pomocí paralelního rezonančního obvodu tvořeného cívkou L_1, kondenzátorem C_{19} a proměnnou kapacitou C_{23} tvořenou varicapem.



Obr. 9. Zapojení ladícího rezonančního obvodu a obvodů pro ladění

Napětí pro přelaďování varicapu se je stabilizováno pomocí Zenerovy diody D_1. Paralelně k diodě je připojena sériová kombinace rezistorů R_8 a potenciometrů R_7 a R_6. Potenciometrem se přelaďuje celé FM pásmo, a aby bylo nastavování frekvence a tím i výběr přijímané stanice přesnější, je použít více-otáčkový potenciometrický trimr. Rezistory R_6 a R_8 určují dolní a horní hranici napětí nastavitelného na potenciometru a tím i horní a dolní kmitočet rezonančního obvodu. Hodnota těchto rezistorů je stanovena experimentálně. Rezistor R_{11} je pracovní rezistor pro zenerovu diodu D_1. Spolu s tranzistorem T_1 tvoří zdroj proudu. Rezistor R_{10} a kondenzátor C_{25} jsou do obvodu zapojeny pro správnou činnost varicapu. Cívka L_1 je stejně jako L_2 vzduchová, samonosná navinutá na průměru 5 mm, vodičem o průměru 0,8 mm a je tvořena dvěma a půl závity.

Radiový přijímač je napájen centrálním napětím 5V.

3.2 RDS demodulátor:

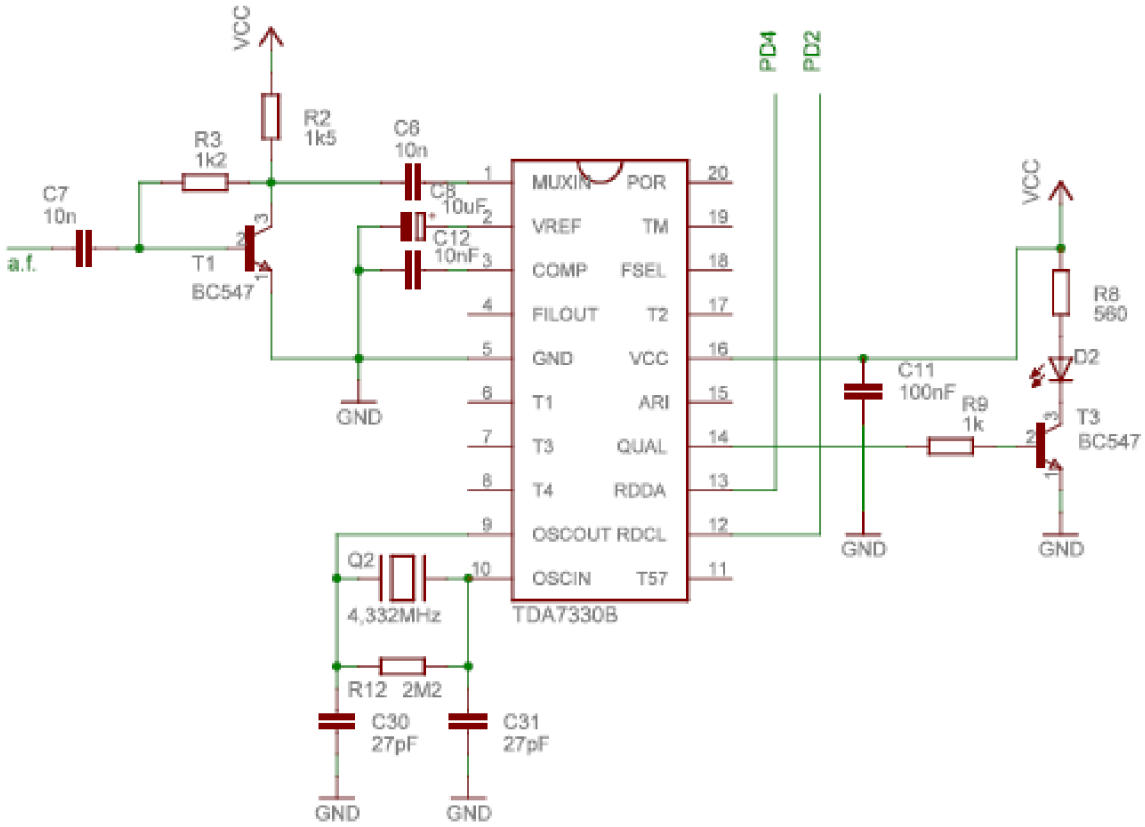
3.2.1 Funkce:

Tato část zařízení má za úkol vybrat z a.f. -signálu část obsahující RDS data a ta převést do digitální podoby. Existuje mnoho integrovaných obvodů, které zastávají tuto činnost s minimálními požadavky na externí součástky. Všechny mnou zkoumané integrované obvody pro svoji činnost potřebují vstupní oddělovací kondenzátor, dále kondenzátor pro udržování referenčního napětí a vhodně zapojený krystal rezonující na frekvenci 4,332 MHz. Některé obvody mohou používat i krystal pracující na dvounásobné frekvenci 8,664 MHz.

Obvody obsahují na svém vstupu pásmovou propust osmého řádu se středním kmitočtem 57 kHz pro přesný výběr RDS signálu. Některé obvody obsahují i antialiasingový filtr, dále komparátor, smyčku PLL, bifázový detektor a rozdílový detektor. Výstupem z obvodů jsou RDS data jako sériový rámec (viz úvod) a časový signál 1,1875 kHz. Tyto obvody jsou navrženy a konstruovány tak, aby se daly snadno použít bez jakékoliv předchozí znalosti modulování RDS dat.

3.2.2 Obvodová realizace:

Pro tuto aplikaci jsem zvolil integrovaný obvod TDA 7330B jehož zapojení je na obrázku 10.

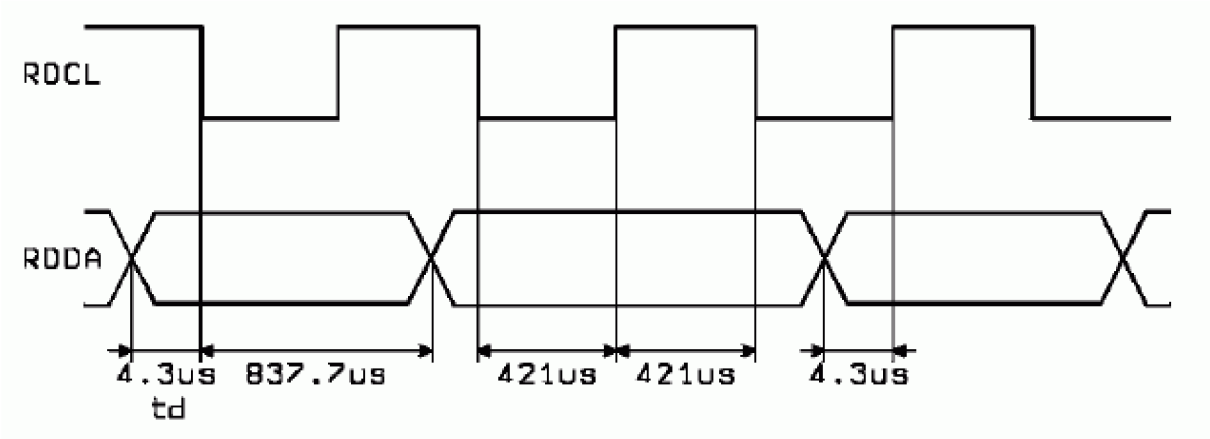


Obr. 10. Zapojení RDS demodulátoru s TDA 7330B

Signál od radiové části (a.f.) je zesílen tranzistorem T_1 a přiváděn na vývod č.1 (MPXIN) přes oddělovací kondenzátor C_6 o hodnotě 10 nF. K vývodu č. 2 (V_{ref}) je připojen elektrolytický kondenzátor C_8 o kapacitě 10 μF, který slouží vnitřnímu zdroji referenčního napětí. K vývodu č. 3 (COMP) je připojen kondenzátor C_{12} o hodnotě 10 nF. Mezi vývody č. 9 a 10 je připojen krystal rezonující na frekvenci 4,332 MHz, rezistor R_{12} o hodnotě 2,2 MΩ

a kondenzátory C_{30} a C_{31}, každý o kapacitě 27 pF. Hodinový signál krystalu obvod využívá pro vnitřní oscilátor, ze kterého se signál odvozuje jak pro vstupní filtr, tak i pro smyčku PLL a odvození výstupního synchronizačního signálu (RDCL).

Výstupní data se vysílají jako sériový rámec na vývodu č. 13 (RDDA) a jsou synchronizovány časovým signálem RDCL (vývod č. 12) o frekvenci 1187,5 Hz, jak je vidět na obrázku 11. [5]



Obr. 11. Časový diagram výstupních RDS dat a synchronizačního signálu

Vývod č. 14, označovaný jako Qual, indikuje kvalitu zpracovávaného signálu. Je-li signál dostatečně kvalitní, objeví se na tomto vývodu vysoká úroveň. Byl záměr využít indikace QUAL během ladění přijímače k určení, zda je přijímač naladěn. V praxi dochází ke změně indikace kvality signálu velmi rychle a úroveň signálu Qual indikovaná LED diodou D_2 se jeví jako pulzně šířkově modulovaný signál. I přesto se dá přijímač vyladit pouhým sledováním jasu diody D_2, ale pro snadnější naladění je vhodné odposlouchávat monofonní složku přijímaného signálu. (Je zapotřebí externího zesilovače a reproduktoru.)

RDS demodulátor je napájen centrálním napětím 5V. V těsné blízkosti napájecího vývodu č. 16 je blokovací kondenzátor C_3 s hodnotou 100 nF.

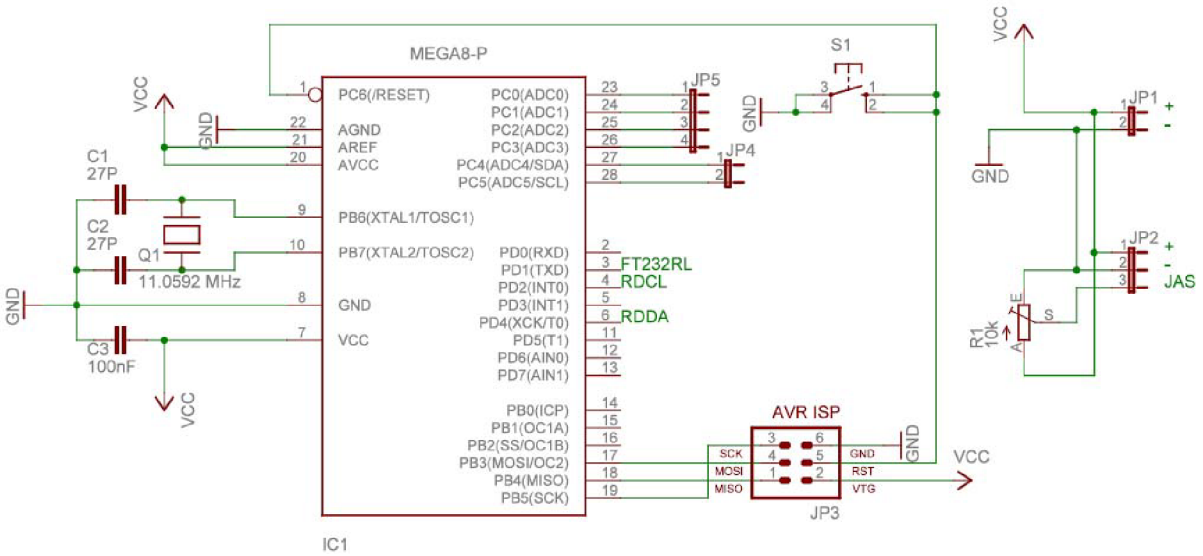
3.3 Mikrokontroler:

3.3.1 Funkce:

Požadavkem na zařízení je zobrazovat přijímaná RDS data na LCD display a dále vysílat tato data na PC. O tyto činnosti se stará mikrokontroler. Pro komunikaci s PC bylo vhodné využít takový obvod, který obsahuje sběrnici UART, pro příjem RDS dat je zapotřebí jeden vstupně výstupní pin (pro signál RDDA) a jeden pin s možností vyvolání vnějšího přerušení (RDCL). Pro obsluhu LCD displeje pak minimálně 4 datové piny a 2 řídící piny (RS a E).

3.3.2 Obvodová realizace:

Pro aplikaci byl zvolen mikrokontroler ATmega8. Tento obvod obsahuje požadované piny, dále obsahuje piny s podporou SPI sběrnice (MISO, MOSI a SCK). Ty jsou vyvedeny na lištu JP_3 spolu s pinem RESET tak, aby umožnily programování obvodu přímo v zařízení.



Obr. 12. Zapojení kontroléru ATm8

Lišta JP_5 je připojena na piny PC0:3 a zajišťuje přenos dat na LCD, lišta JP_4 je připojena k pinům PC4 a PC5. Tyto piny zajišťují řídící bity pro obsluhu LCD.

Lišta JP_1 a JP_2 spolu s trimrem R_1 slouží pro napájení LCD a natavování jasu.

Piny portu D jsou využity pro příjem RDS dat (RDDA na pin PD4, RDCL na pin PD2). Piny PD0 (RXD) a PD1 (TXD) jsou použity jako UART a jsou připojeny k modulu převodníku UART/USB. Pro komunikaci byl zvolen rámec skládající se z 8 datových bitů a jednoho stop bitu. Rychlost komunikace 57600 baud.

Hodnota krystalu pro oscilátor mikrokontroleru byla zvolena 11,0592 MHz. Tato hodnota je dostatečná s ohledem na rychlost příjmu RDS dat a jejich zpracování. Také je vhodná pro odvození přenosové rychlosti sběrnice UART. [8]

Mikrokontroler je napájen centrálním napětím 5V. V těsné blízkosti napájecího vývodu kontroléru je blokovací kondenzátor C_3 s hodnotou 100 nF.

Tlačítko S_1 slouží k restartování mikrokontroleru.

3.4 Modul komunikace s PC (UART/USB):

3.4.1 Funkce:

Jak bylo zmíněno v kapitole 3.3.1, je ke komunikaci s PC a mikrokontroléru použita sběrnice UART. Ta obsahuje signály Tx (vysílač) a Rx (přijímač). Často se tyto signály převádějí na úroveň RS 232 a připojují k PC přes sériový port. Modernějším způsobem je použití převodníku pro USB sběrnici.

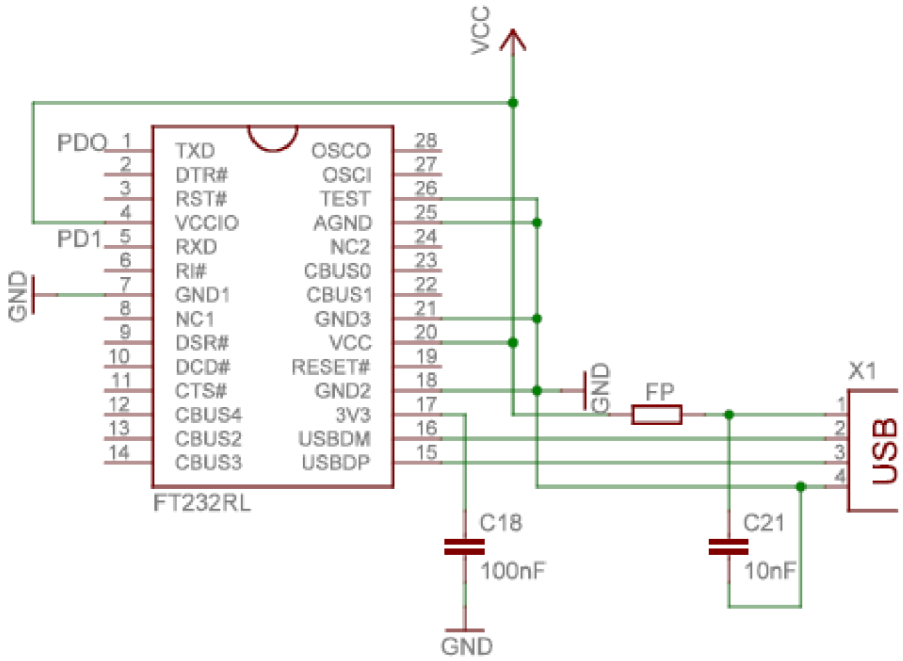
3.4.2 Obvodová realizace:

Pro aplikaci byl vybrán integrovaný obvod firmy FTDI s označením FT232RL. Tento obvod zajišťuje přímý převod dat mezi USB sběrnicí a sběrnicí typu UART. Systém umožňuje dva různé druhy zpracování dat v PC podle toho, které ovladače se nainstalují. Ovladače D2XX se používají pro přímé spojení s USB. Ovladače VCP vytvoří virtuální COM port v počítači. Data se pak mohou zpracovávat tak, jako by přicházela přes sériovou linku COM port.

Schéma zapojení převodníku je zobrazeno na obrázku 13. Signál TxD (vysílač dat) je připojen k mikrokontroleru na vývod PD0 (na RxD) a signál RxD (přijímač dat) je připojen k mikrokontroleru na vývod PD1 (na TxD) Vývody USBDM a USBDP (datové vývody USB)

jsou připojeny ke konektoru USB. Kondenzátory C_{18} a C_{21} jsou dle doporučení výrobce. Feritová perla je nahrazena tlumivkou 100 µH. [10]

Obvod FT232RL obsahuje vnitřní EEPROM paměť, která je programovatelná přes USB sběrnici přímo v zařízení pomocí programu MProg. V EEPROM byla změněna hodnota maximálního proudového odběru z USB sběrnice na hodnotu 250 mA a položka PRODUCT DESCRIPTION na RDS decoder. Ostatní hodnoty nebyly měněny. [16]



Obr. 13. Zapojení převodníku UART/USB

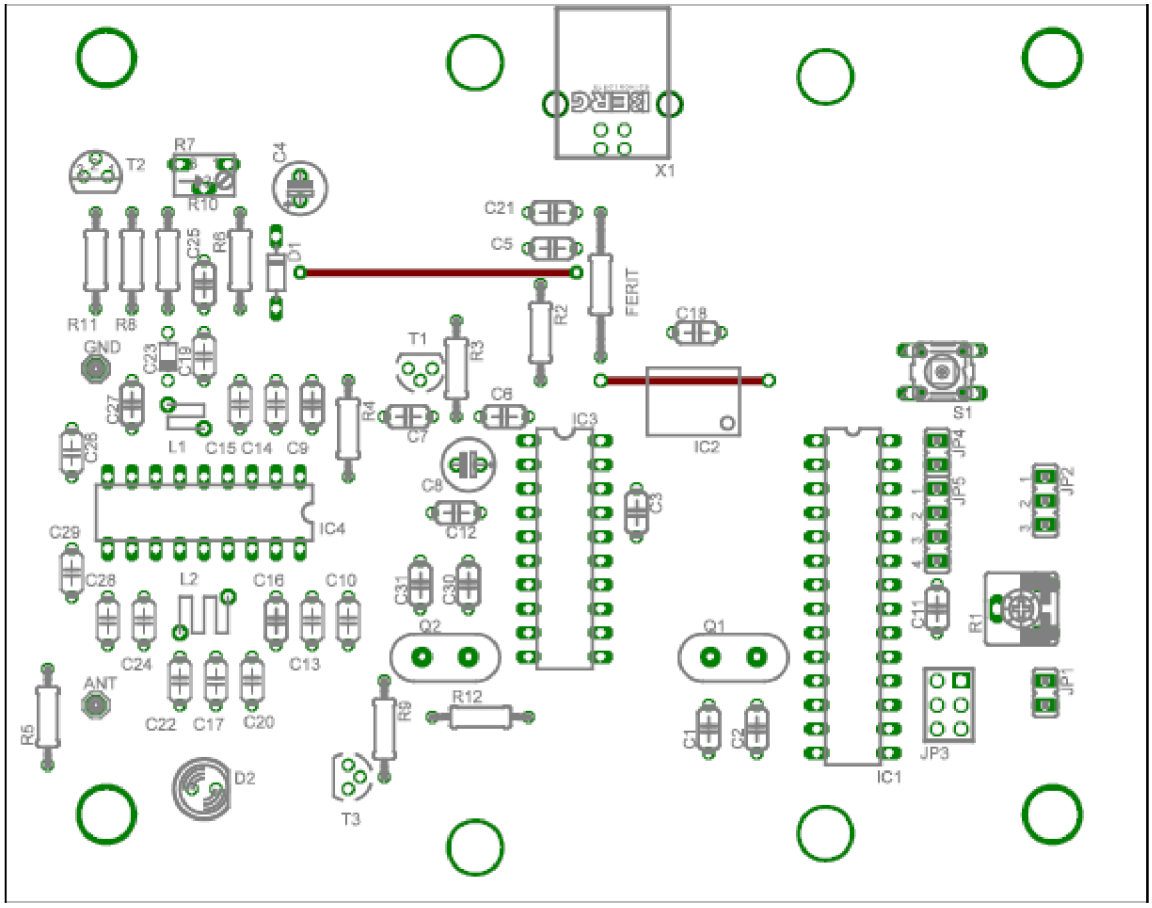
3.5 Napájení:

Celé zařízení je napájeno pomocí USB sběrnice a to napětím 5V. Napájecí napětí je blokováno svitkovým kondenzátorem C_{21}. Vstupní filtr zařízení je tvořen Tlumivkou TL_1 (ta nahrazuje feritovou perlu) a kondenzátorem C_4 a C_5. Dále jsou u některých integrovaných obvodů rozmístěny blokovací kondenzátory (v těsné blízkosti napájecích pinů) o hodnotě 100 nF.

Naměřený proudový odběr zařízení se pohyboval okolo 33 mA. Tato hodnota je pouze orientační a při připojování zařízení k napájení dochází k výrazně vyšším proudovým odběrům (krátkodobým) vlivem nenabitých kapacit zapojených v zařízení.

3.6 Předlohy:

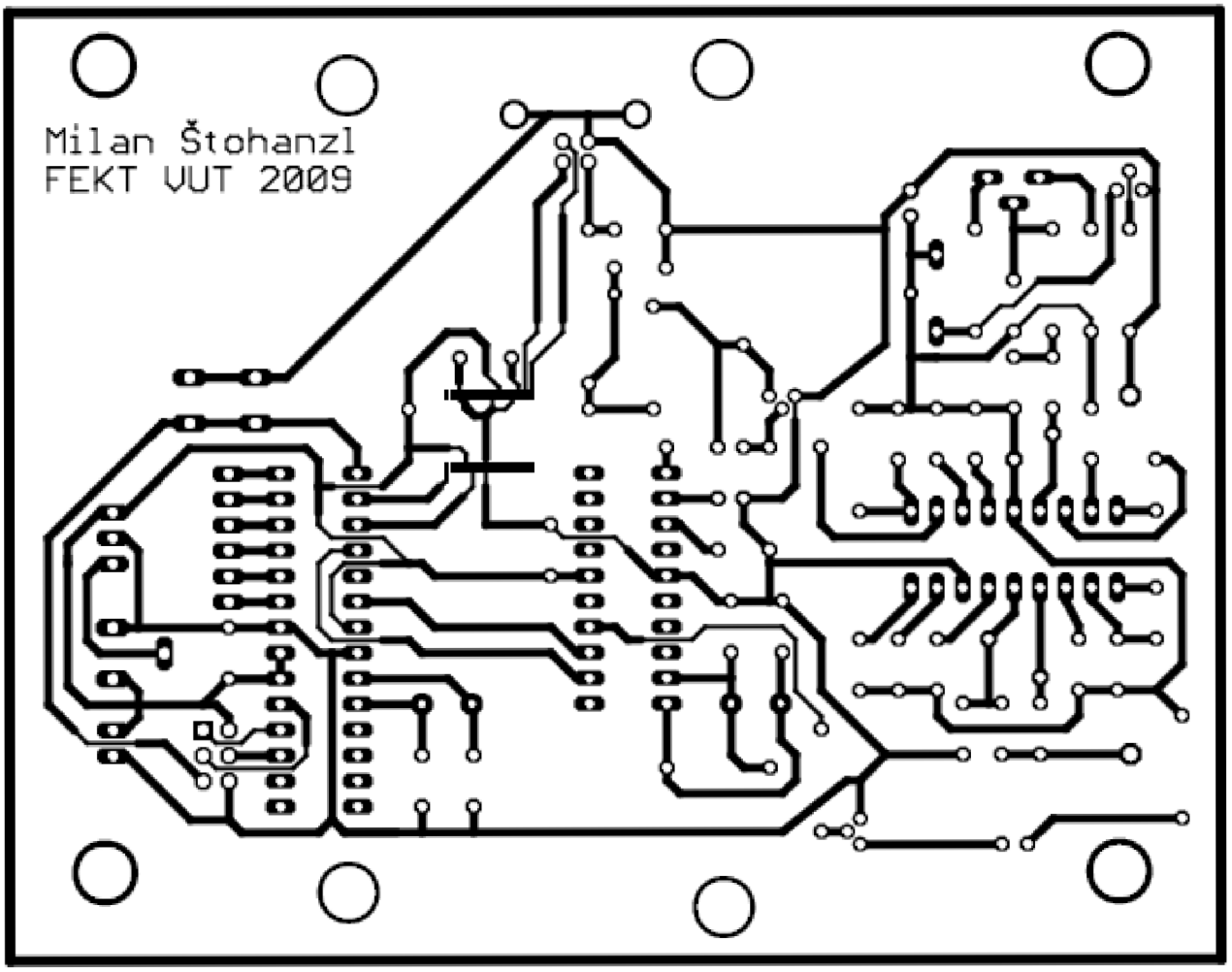
3.6.1 Osazovací plán:



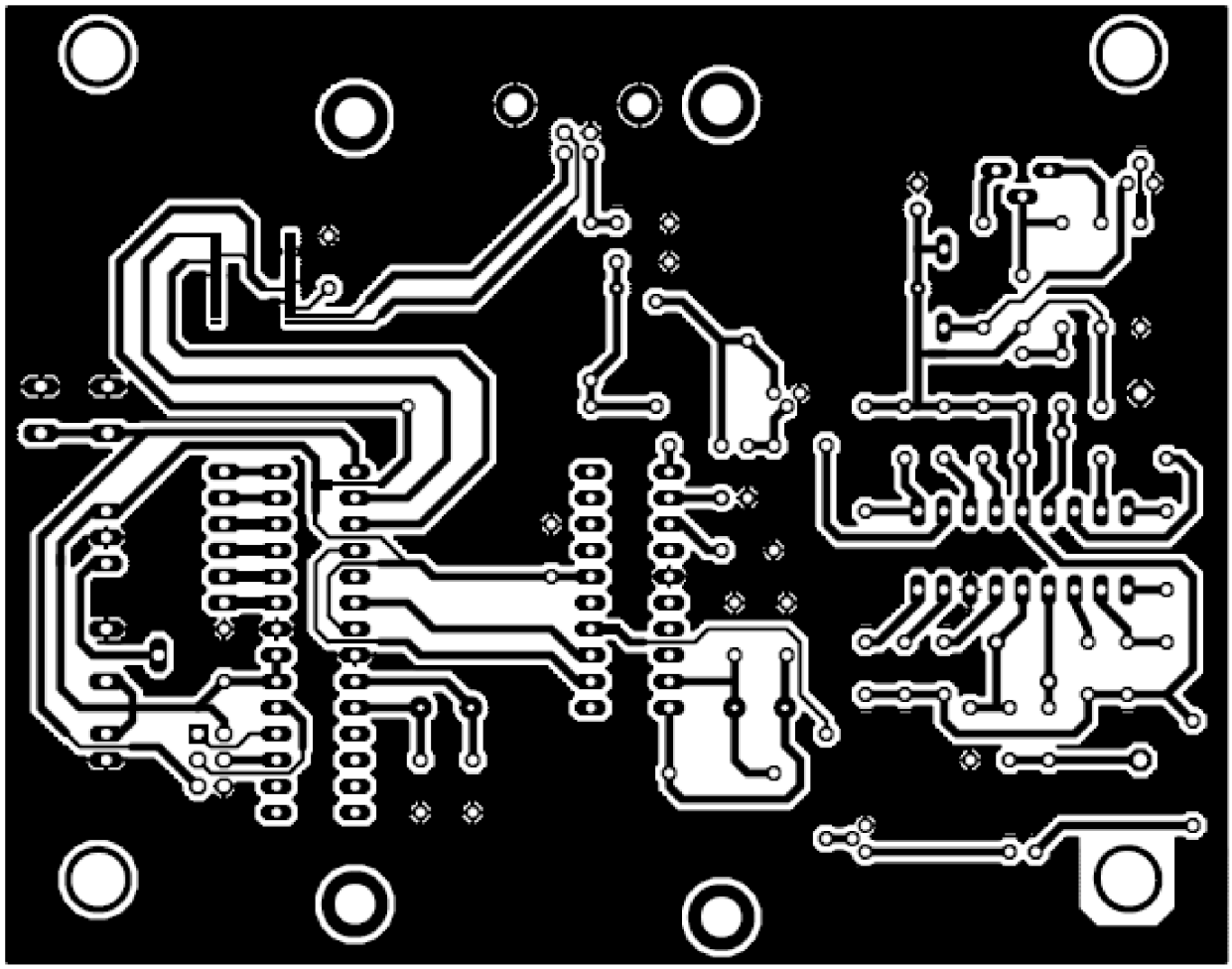
Obr. 14. Osazovací plán

Obvod označený IC2 (FT232RL) je osazen ze strany spojů. Místo feritové perly je osazena tlumivka 100 uH

3.6.2 Desky plošného spoje:



Obr. 15. Předloha plošného spoje



Obr. 16. Předloha plošného spoje s rozlitou zemnící plochou

3.6.3 Seznam součástek:

R_1	10k	CA6V	trim	C_1	33p	C050-024X044	
R_2	1k5	0207/10		C_2	33p	C050-024X044	
R_3	1k2	0207/10		C_3	100n	C050-024X044	
R_4	10k	0207/10		C_4	4,7u/10V	E2,5-6	
R_5	560	0207/10		C_5	100n	C050-024X044	
R_6	10k	0207/10		C_6	10n	C050-024X044	
R_7	100k	B64W	trim	C_7	10n	C050-024X044	
R_8	5k6	0207/10		C_8	10u/10V	E2,5-6	
R_9	1k	0207/10		C_9	150n	C050-024X045	svitkový
R_{10}	10k	0207/10		C_{10}	220p	C050-024X044	
R_{11}	820	0207/10		C_{11}	100n	C050-024X044	
R_{12}	2M2	0207/10		C_{12}	10n	C050-024X044	

Q_1	11.0592MHz	QHC-49		C_{13}	330p	C050-024X044	
Q_2	4.332MHz	QHC-49		C_{14}	22n	C050-024X044	
T_1	BC547	TO-92		C_{15}	10n	C050-024X044	
T_2	BF245	TO-92		C_{16}	100n	C050-024X044	
T_3	BC547	TO-92		C_{17}	220p	C050-024X044	
D_1	3V9		zenerova	C_{18}	100n	C050-024X044	
D_2	LED	5mm	zelená	C_{19}	3n3	C050-024X044	
L_1	56nH			C_{20}	47p	C050-024X044	
L_2	130nH			C_{21}	10u	C050-024X045	svitkový
ANT				C_{22}	39p	C050-024X044	
X_1	USB-B	zásuvka		C_{23}	109G		varicap
FERIT	100uH		cívka	C_{24}	150p	C050-024X044	
IC_1	Atmega 8	DIL 28	16PU	C_{25}	10n	C050-024X044	
IC_2	FT232RL	SSOT28		C_{26}	3n3	C050-024X044	
IC_3	TDA7330B	DIL 20		C_{27}	180p	C050-024X044	
IC_4	TDA7000	DIL18		C_{28}	3n3	C050-024X044	
	DIL 28		patice	C_{29}	330p	C050-024X044	
	DIL 20		patice	C_{30}	27p	C050-024X044	
	DIL 18		patice	C_{31}	27p	C050-024X044	
LCD	MC1602E	2x16					
S1			tlačítko				
JP_1		2					
JP_2		3					
JP_3		2x3	ML6E				
$JP_{4,5}$		6					

4 Obslužný program pro mikrokontroler:

4.1 Myšlenka:

Jak bylo popsáno v 3.2.2, je doba mezi příchodem datových bitů 842 µs. Během této doby musí být určena a uložena úroveň aktuálního datového bitu (RDDA) a v případě přijetí 26 bitů je ještě před příchodem následujícího vypočten a zkontrolován syndrom. V případě, že se jedná o platný blok, jsou z něj vybrána potřebná data a uložena do paměti SRAM. V opačném případě se čeká na příchod nového bitu a nejstarší bit se zapomene.

Frekvence hodinového signálu mikrokontroleru je 11,0592 MHz. Perioda hodinového cyklu je tedy kolem 90 ns. Za 842 µs zvládne mikrokontroler přes 9300 jedno-cyklových instrukcí a je tedy možné zpracovávat data tak, jak přicházejí.

4.2 Specifikace:

Program byl vytvořen v jazyce symbolických adres assembler ve vývojovém prostředí AVR Studio 4.

Program zabírá 14,5% v paměti programu a využívá 2% paměti SRAM pro data. Využívá 13 pracovních registrů (10 s možností přímého zápisu proměnné) z celkového počtu 31. Je tedy možné jej do budoucna rozšiřovat při zachování stávajícího zapojení.

```
-------------------------------------------------------------
[.cseg] 0x000000 0x00049a   1178      0   1178    8192  14.4%
[.dseg] 0x000060 0x000074      0     20     20    1024   2.0%
[.eseg] 0x000000 0x000000      0      0      0     512   0.0%

Assembly complete, 0 errors. 0 warnings
```

Obr. 17. Tabulka Build z programu AVR studio 4

4.3 Popis programu:

Vlastní program se skládá z části, která zajišťuje příjem dat, zasynchronizování a zpracování vstupních dat (levá část obrázku 18), a z části, která tato data dále zpracovává, vypisuje na LCD displej a odesílá do PC (pravá část obrázku 18).

4.3.1 Inicializace (reset):

Po připojení napájecího napětí se provede inicializace mikrokontroleru. Ta obsahuje nastavení ukazatele na zásobník pro ukládání návratových adres. Dále definování úrovně pro vyvolání vnějšího přerušení INT0. Toto přerušení je vyvolávané sestupnou hranou synchronizačního signálu RDCL (viz obr. 11). Nastavení portu D jako vstupní port (příjem dat), nastavení portu C jako výstupní port (Obsluha LCD). Inicializaci UART kde je nastavena přenosová rychlost 57600 Baud/s, povoleno vysílání a nastaven formát přenášeného rámce (8 datových bitů, jeden stop bit). Inicializaci LCD, která je tvořena definovanou posloupností podle [9]. Jedná se o nastavení 4 bitové komunikace, definování počtu řádků, zapnutí kurzoru, nastavení směru výpisu dat a celá sekvence je ukončena instrukcí pro smazání displeje.

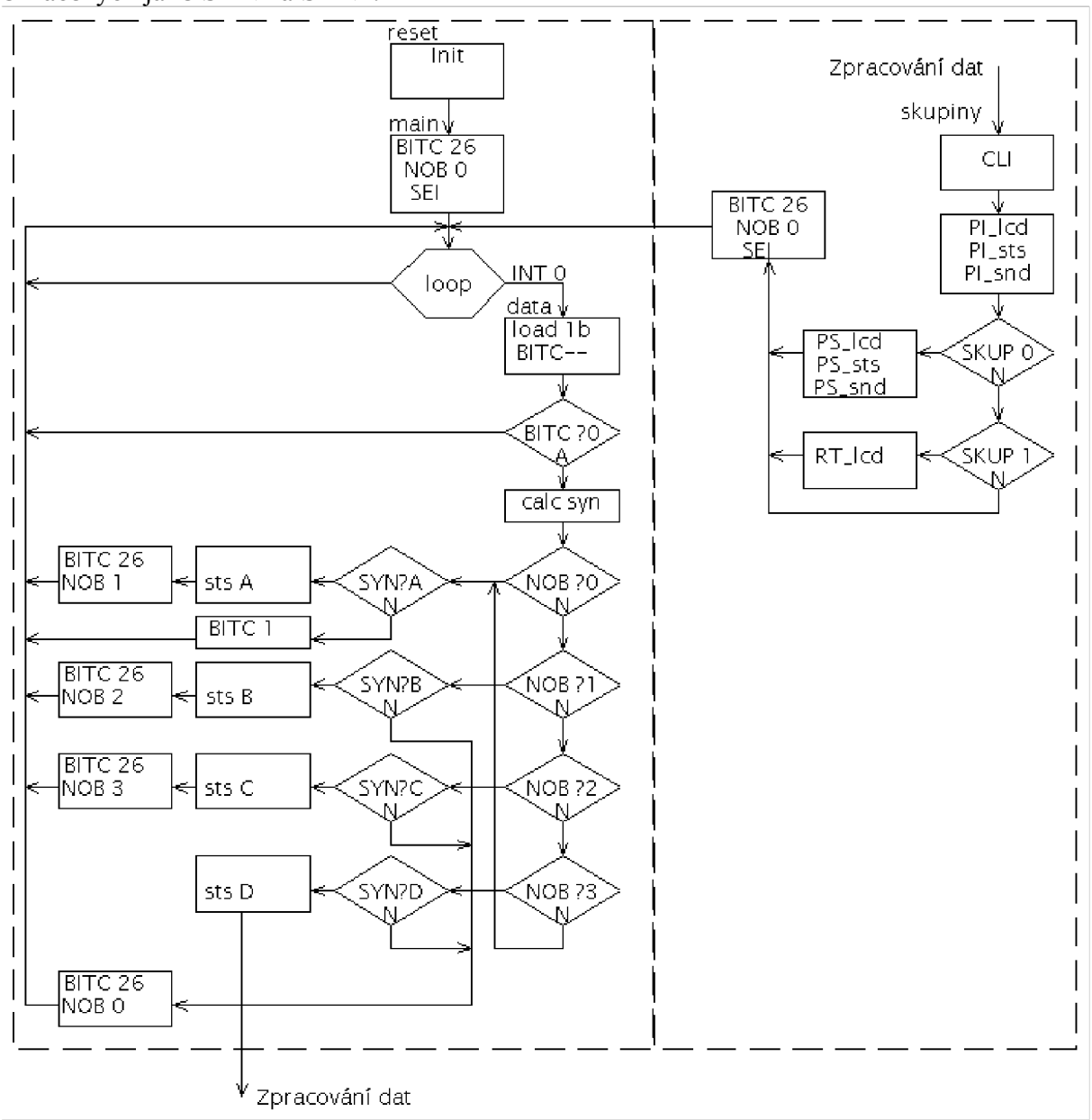
4.3.2 Hlavní program (main):

Hlavní program obsahuje počáteční nastavení hodnoty registru bitového čítače BITC na 26 a registru počtu přijatých bitů NOB na hodnotu nula. Je zakončen nekonečnou smyčkou, kde program setrvává až do příchodu přerušení.

4.3.3 Obsluha přerušení (data):

Během obsluhy přerušení je zkoumána úroveň signálu RDDA. Příznakový bit *Carry* se vymaže (nastaví se na „0“). V případě, že je signál RDDA roven „1“ nastaví se příznakový bit *Carry* na „1“. Pomocí funkce *rol* se tento bit posune do datového registru DAT3 na pozici LSB. MSB bit se posune do registru DAT2 na pozici LSB. Takto se bity posouvají přes registry DAT3:0. Po načtení bitu se sníží hodnota bitového čítače BITC a zkontroluje se, zda již bylo přijato 26 bitů (BITC je v takovém případě roven nule). Pokud bylo přijato méně než 26 bitů, končí obsluha přerušení a program se vrací do nekonečné smyčky. V případě, že bylo přijato 26 bitů, dochází k výpočtu syndromu.

Syndrom je vypočítán podle 2.4 a je uložen do samostatného registrového páru označených jako SYN0 a SYN1.

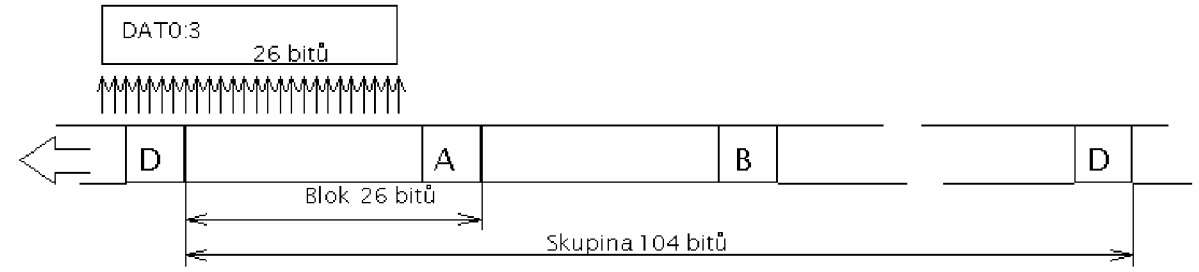


Obr. 18. Zjednodušený vývojový diagram

4.3.4 Vyhodnocení a uložení bloků:

Po vypočtení syndromu se rozhodne, zda již byl v předchozím cyklu některý blok uložen, či nikoliv.

V případě, že je NOB roven nule (žádný blok ještě nebyl přijat), dojde k porovnání vypočítaného syndromu s hodnotou syndromu pro blok A. V případě, že vypočítaný syndrom odpovídá syndromu pro blok A, uloží se datové bity z tohoto bloku do paměti SRAM, nastaví se hodnota BITC na 26 (příjem nového bloku) a NOB na jedna (jeden uložený blok) a program se vrací z obsluhy přerušení. V opačném případě se nastaví hodnota BITC na jedna (to zajistí příjem pouze jednoho bitu před výpočtem nového syndromu) a program se vrací z obsluhy přerušení.



Obr. 19. Posun rámce a načtení dat

V případě, že je NOB různý od nuly dojde ke kontrole vypočítaného syndromu se syndromem předpokládaného bloku. Pokud syndrom odpovídá, je příslušný blok uložen do paměti SRAM. V opačném případě dojde k vynulování počtu přijatých bloku a k nastavení příjmu zcela nového bloku. Z toho vyplývá, že k uložení jedné skupiny dojde pouze tehdy, jsou-li po sobě přijaty 4 platné bloky (od bloku A do D) s platnými syndromy.

4.3.5 Zpracování dat (skupiny):

Po uložení celé skupiny dojde k jejímu vyhodnocení a zpracování. V této části programu dojde k zakázání přerušení, protože obsahuje komunikaci s LCD displejem a není možné projít celé zpracování před příchodem nového bitu RDDA. Je tedy zřejmé, že přijímač ztrácí synchronizaci.

V první části dojde k vyhodnocení bloku A, který obsahuje kód PI. Podprogram Pi_lcd převede kód PI na hexadecimální vyjádření a vypíše jej na LCD displej. Podprogram Pi_sts uloží kód PI v hexadecimálním vyjádření do paměti SRAM. Podprogram Pi_snd načte kód PI z paměti SRAM a doplní jej o záhlaví a prázdné znaky tak, aby mohl být odvysílán přes UART do PC a tam snadno vyhodnocen.

Dále dojde k určení skupiny. Jak bylo popsáno v 2.3, je tato informace obsažena v bloku B. Přijímač zpracovává dále pouze skupiny typu 0 (obsahující kód PS) a 1 (obsahující kód RT). Podprogram Ps_lcd načte a upraví adresu znaků, nastaví kurzor displeje na příslušné místo a vypíše kód PS obsažený v bloku D. Podprogram Ps_sts uloží kód do paměti SRAM a podprogram Ps_sts tato data doplní o záhlaví a odvysílá přes sběrnici UART do počítače. Podprogram Rt_lcd načte a upraví adresu znaků, nastaví kurzor displeje na příslušné místo a vypíše kód RT obsažený v blocích C a D na displej.

Po dokončení zpracování skupiny dojde k nastavení registrů BITC a NOB do podoby jako při inicializaci, dojde k povolení přerušení a návratu do nekonečné smyčky. Program se tedy snaží zasynchronizovat a přijmout novou skupinu.

4.3.6 Podprogram PI_lcd:

Tento podprogram má za úkol vyjádřit dvoubajtový kód PI v hexadecimální podobě a vypsat jej na LCD displej. Ještě předtím je nastaven kurzor displeje na první řádek, nultou

pozici, a je vypsána sekvence PI:. Dále dojde k načtení prvního bajtu bloku A z paměti SRAM, dojde k záměně nibblů a je zavolán podprogram *cislo*.

Ten vybere nižší nibbl bitů ze zpracovávaného bajtu a odečte hodnotu 10. V případě, že výsledkem této matematické operace je nezáporné číslo (bit Carry není nastaven), je potřeba hodnotu bitů vyjádřit jako písmeno A, B, C, D, nebo F. To se provede odečtením a přičtením příslušných konstant tak, aby data odpovídala znaku ASCII tabulky. Poté může být znak vypsán na displej a podprogram *cilslo* je ukončen. V opačném případě je hodnota bitů vyjádřena číslicí 0-9. I zde je potřeba upravit hodnotu bitů, aby odpovídaly znaku ASCII tabulky, přičtením příslušné hodnoty. Poté může být znak vypsán na displej a podprogram *cilslo* je ukončen.

Dále je opět načten první bajt bloku A z paměti SRAM a je zavolán podprogram *cislo*. Tím dojde ke zpracování nižšího nibblu z vyššího bajtu a jeho vypsání.

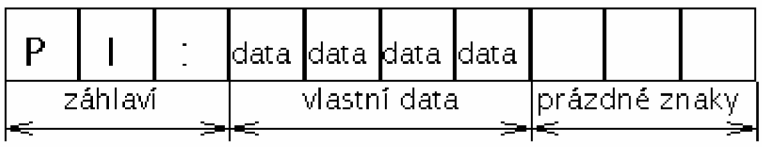
Tento proces je proveden i pro nižší bajt bloku A.

4.3.7 Podprogram PI_sts:

Podobně jako podprogram PI_lcd postupně načte uložený blok A a vyjádří hodnotu bajtů v hexadecimální podobě. Data však nevypisuje, ale ukládá je zpět do paměti SRAM na předem alokované místo.

4.3.8 Podprogram PI_snd:

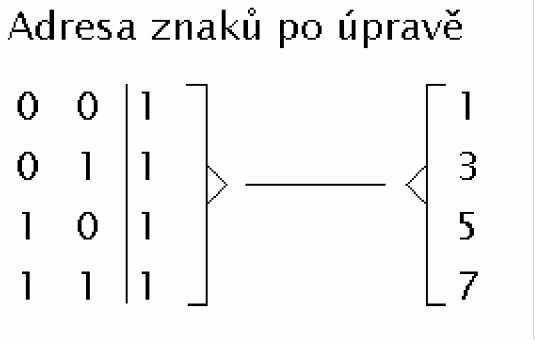
Podprogram PI_snd odvysílá přes sběrnici UART data připravená z podprogramu PI_sts. Data jsou doplněna o záhlaví a prázdné znaky a jsou odvysílána jako rámec deseti znaků. Podoba rámce je zvolena s ohledem možnosti jeho zobrazení v PC pomocí programu Hyper Terminal a speciálně vytvořeného programu RDS Terminal. Podoba rámce je na obrázku 20.



Obr. 20. Rámec vysílaný s kódem PI

4.3.9 Podprogram PS_lcd:

Tento podprogram vypisuje na LCD displej kód PS. Jak bylo vysvětleno v 2.3.2, jsou znaky kódu PS obsažený v bloku D a adresa znaků je obsažena v bloku B. Podprogram načte z paměti SRAM bajt bloku B, který obsahuje adresu znaků, a vybere pouze příslušné bity. Protože adresa znaků obsažených v bloku D je jiná než dekadická hodnota adresy z bloku B, je zapotřebí ji upravit. Úprava spočívá v přidání „1“ na pozici LSB. To je provedeno pomocí funkce *rol* za předpokladu, že byl nastaven bit *Carry*.



Obr. 21. Adresování znaků PS

Na obrázku 21 je vidět dvojice bitů před čarou reprezentující původní adresu znaků. Vzniklá trojice bitů pak reprezentuje skutečnou adresu znaků kódu PS.

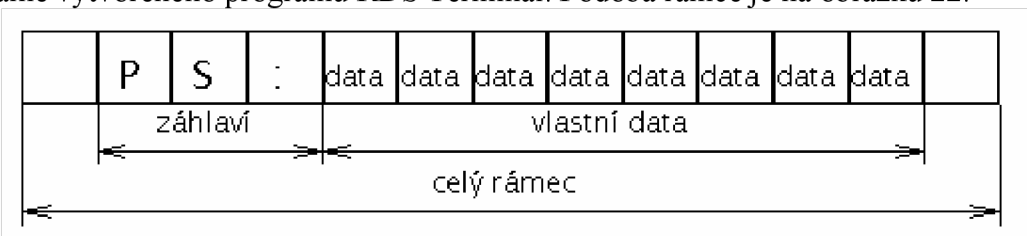
K takto upravené hodnotě je přičtena konstanta tak, aby adresa odpovídala správné pozici kurzoru displeje. Poté dojde k výpisu příslušné dvojice znaků.

4.3.10 Podprogram PS_sts:

Podprogram PS_sts stejně jako podprogram PS_lcd upravuje adresu znaků kódu PS. Tuto adresu využívá k určení adresy pro uložení kódu PS do paměti SRAM.

4.3.11 Podprogram PS_snd:

Podobně jako podprogram PI_snd odvysílá přes sběrnici UART data připravená z podprogramu PS_sts. Data jsou odvysílána jako rámec třinácti znaků. Podoba rámce je zvolena s ohledem možnosti jeho zobrazení v PC pomocí programu Hyper Terminal a speciálně vytvořeného programu RDS Terminal. Podoba rámce je na obrázku 22.



Obr. 22. Rámec vysílaný s kódem PS

4.3.12 Podprogram RT_lcd:

Podprogram RT_lcd podobně jako podprogram PS_lcd upravuje adresu znaků kódu RT tak aby znaky mohly být vypisovány na LCD displej. Binární hodnota adresy je upravena přidáním „0“ na pozici LSB a následně přidáním „1“ na pozici LSB. Dále je adresa upravena tak aby byly znaky vypisovány na druhý řádek LCD displeje.

4.3.13 Obsluha displeje:

Podprogram odesílající instrukci na LCD displej je nazván *lcd_i*. Hodnota instrukce musí být před jeho zavoláním uložena v registru TEMP. V podprogramu je využit ještě jeden pracovní registr s názvem LCDT. Do tohoto registru je uložena hodnota $f0_h$ a v následující instrukci se provede logický součin mezi registrem LCDT a TEMP, výsledek je uložen v registru LCDT. Tím byl vybrán vyšší nibbl představující odesílanou instrukci. Tento nibbl je pomocí funkce *swap* přesunut na dolní pozici bitů a odeslán na port C. Poté se zajistí, aby signál RS byl na úrovni „0“ (data představují instrukci). Je zavolán podprogram *enable*, který nastaví signál E do úrovně „1“, počká 6 strojových cyklů a nastaví signál E do „0“ a opět počká několik strojových cyklů. Poté se vrací běh programu zpět. Do registru LCDT je uložena hodnota $0f_h$ a opět se provede logický součin mezi registry LCDT a TEMP. Tím je vybrán nižší nibl představující instrukci. Tento nibbl je opět odeslána na port C. Poté se opět zajistí, aby byl signál RS v „0“, a zavolá se podprogram *enable*. Po odvysílání celé instrukce se ještě zajišťuje, aby řadič displeje stihl data zpracovat, zpoždění představující přibližně 5 ms. Toto zpoždění nesmí být vynecháno.

Podprogram odesílající data na LCD displej je nazván *lcd_d*. Jeho výkon je totožný s podprogramem pro odeslání instrukce, který byl popsán výše, až na výjimku nastavení úrovně signálu RS. Pro odeslání dat je signál RS nastavován na úroveň „1“.

4.3.14 Obsluha UART:

Podprogram zajišťující odeslání dat přes sběrnici UART je nazván *vysilej*. Data, která mají být odeslány, musejí bát před zavoláním tohoto podprogramu uložena v registru TEMP.

Po zavolání podprogramu se kontroluje, zda je zda je registr UDR volný. V případě, že ne, kontroluje se znovu. V případě, že ano, je obsah registru TEMP překopírován do registru UDR. Tím dojde k odeslání dat přes UART.

5 Obslužný program pro PC:

5.1 Specifikace:

Program je vytvořen v jazyce delphi za pomoci vývojového prostředí Borland Delphi 6.136. Samostatný exe soubor je pojmenován RDS Terminal.exe a má velikost okolo 400 kB.

5.2 Popis programu:

Program využívá knihovny Serial pro obsluhu sériové linky.

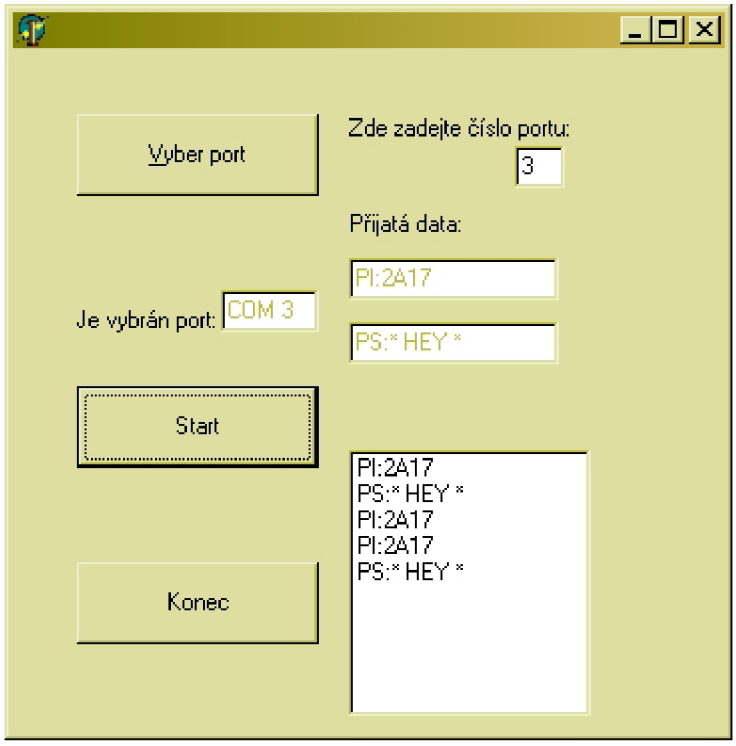
Uživatelem je zvoleno číslo portu, které je zadávané po políčka Edit1 a potvrzeno kliknutím na tlačítko Button1 (Vyber port). Číslo portu je uloženo do proměnné *nop* typu integer. Číslo zvoleného portu se objeví v Edit2. Poté je automaticky zvolený port otevřen.

Při kliknutí na tlačítko Button3 (Start) se zkontroluje, zda již na port nějaká data dorazila. V případě, že ano, jsou tato data načtena do proměnné *pole*. Dále je zkoumáno záhlaví přijatých dat. Podle záhlaví se vyhodnotí, zda se jedná o kód PI (ten je vypsán do Edit3) nebo PS (vypsán do Edit4). Dále jsou data vypsána do ListBox1, který představuje historii přijatých dat.

Tlačítko Button2 (Konec) slouží pro ukončení programu.

Na obrázku 23 je zobrazen Program RDS Terminal. Je zřejmé, že v době pořízení obrázku byl přijat třikrát kód PI a dvakrát kód PS.

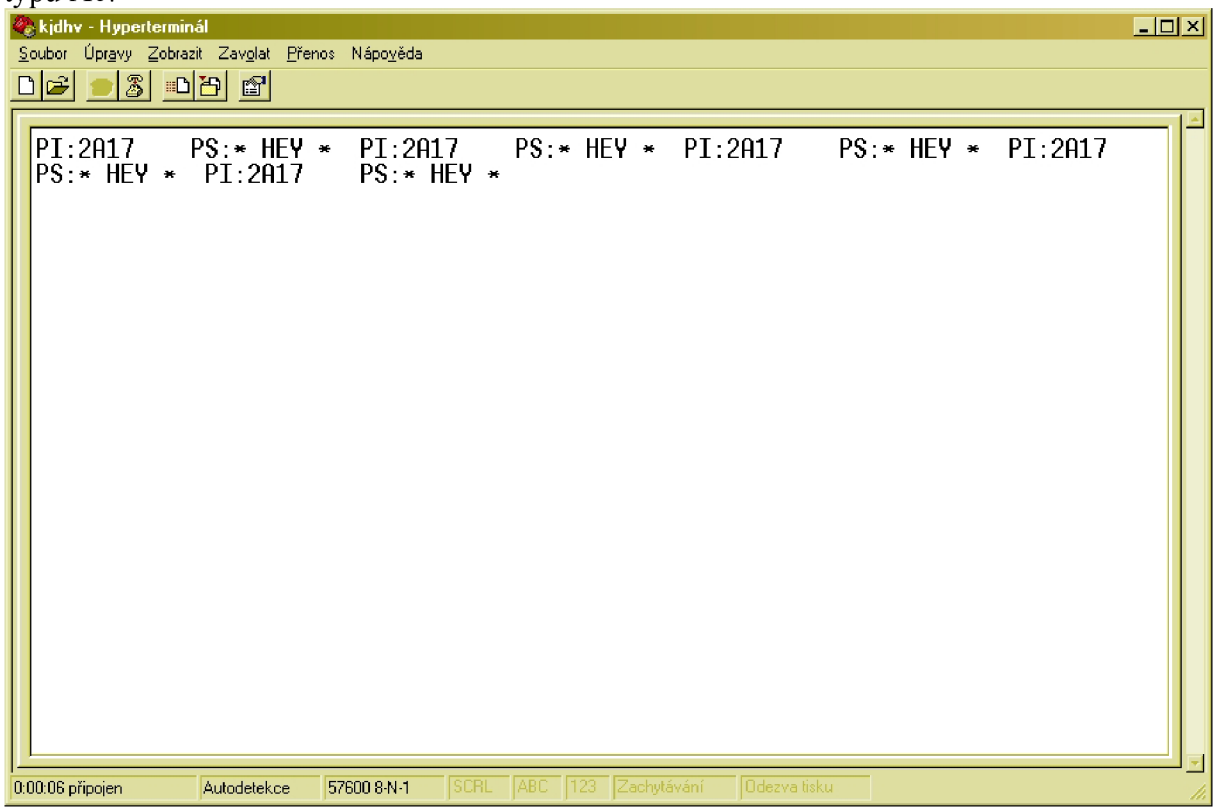
Nejnovější verze programu RDS Terminal obsahuje položku MainMenu1. Položka Start obsahuje stejné funkce jako tlačítka, položka Nápověda obsahuje nový formulář s nápovědou.



Obr. 23. Zobrazení dat v programu RDS Terminal

Jak bylo uvedeno v 4.3.8 a 4.3.11 je formát odesílaných dat do PC volen tak, aby data byla čitelná i programu Hyper Terminal. Příklad takového zobrazení je na obrázku 24.

Během pořizování tohoto obrázku bylo za 6 vteřin přijato a vyhodnoceno 6 skupin typu A0.



Obr. 24. Zobrazení dat v programu Hyper Terminal

6 Závěr:

Zařízení FM přijímače s dekodérem RDS zpráv bylo sestaveno a jsou vytvořený obslužné programy pro mikrokontroler a PC dle zadání.

Realizace FM přijímače:

Volba neladěné drátové antény se s ohledem na vyhodnocení činnosti přijímače zdá jako nepříliš vhodné řešení. Přijímač je schopný zpracovávat RDS zprávy pouze za předpokladu, že je umístěn v místech s velmi silným signálem. Bylo by vhodné přijímač doplnit o možnost přizpůsobeného připojení koaxiálního vedení od anténní soustavy s anténou pro příjem VKV vysílačů.

Další problémy s kvalitou přijímaného signálu způsobuje obvod FT232RL. Ten během své činnosti způsobuje rušení a silně ovlivňuje kvalitu přijímaného signálu. Možnosti řešení tohoto problému jsou různé. Nejjednodušším řešením by bylo přesunout integrovaný obvod včetně USB konektoru co nejdále od radiové a signálové části zařízení a použití oddělených zemí pro signálovou a digitální část. Po analýze spektra rušivého signálu by se dalo uvažovat o uložení obvodu do stínícího krytu. Další možností by bylo požít předlohu plošného spoje z obrázku 16 kde je rozprostřena zemnící plocha. Jednotlivé navržené možnosti by bylo vhodné prozkoumat a vybrat takovou kombinaci, která by s ohledem na charakter zařízení vyhovovala.

V projektu, který předcházel této práci, byl pro indikaci vyladění přijímače zvolen signál od RDS demodulátoru označený QUAL. S využitím signálu QUAL bylo také počítáno pro vyvolání vnějšího přerušení u mikrokontroleru a tím zahájení příjmu dat. Tento signál ve skutečnosti mění svoji úroveň tak rychle, že lze pouze odhadem z jasu signalizační diody předpokládat kvalitu vstupního signálu. Pro jednoznačné naladění přijímače je dobré připojit k výstupu a.f. zesilovač, a tím odposlouchávat monofonní složku přijímaného signálu. Konstrukce přijímače nepředpokládá připojování zesilovače k výstupu a.f., není zde tedy žádný konektor. Dalším způsobem jak docílit naladění přijímače je velmi pomalým přelaďováním a současným sledováním LCD displeje. V případě že přijímač vyhodnotí vstupní data jako správná, vypíše je na displej. Velmi pomalé přelaďování celého VKV pásma je však velmi zdlouhavé.

Oproti projektu je mezi FM přijímač a dekodér RDS připojen jednostupňový tranzistorový zesilovač. Zesílení signálu před demodulací se projevilo jako výrazné zlepšení jeho kvality a tím i kvantity správně vyhodnocených dat.

Tlačítko S1 připojené na vývod RESET mikrokontroleru bylo využíváno převážně v době, kdy byl odlaďován program pro obsluhu mikrokontroleru. Při běžném provozu není potřeba mikrokontroler resetovat ani při jeho přeladění na jinou přijímanou stanici. Data vypsaná na LCD displeji se postupně přepíší nově přijatými. Tlačítko S1 resetuje pouze mikrokontroler, a protože ten během inicializační části znovu inicializuje již zapnutý a zinicializovaný LCD displej, dojde k chybě v řadiči LCD displeje a ten znovu inicializuje pouze jeden řádek displeje.

Obslužný program pro mikrokontroler:

Program je vytvořen tak, že po zasynchronizování přijme jednu skupinu RDS dat a poté data zpracovává. Během zpracování dat přijímač ztrácí synchronizaci, kterou musí později opět získat, aby mohl přijmout novou skupinu. Toto řešení vzniklo jako kompromis mezi kvalitou a stálostí vstupních dat a kvantitou přijímaných zpráv. Program načte skupinu pouze tehdy, přijme-li po sobě 104 nepoškozených bitů. Aby mohl být program upraven tak, že by přijal více skupin a až později je vyhodnotil (program by neztrácel synchronizaci tak často), musel by přijmout n*104 nepoškozených bitů, kde n představuje počet skupin.

V takovém případě by bylo efektivnější vložit do programu další části, které by využívaly opravných schopností modifikovaného cyklického kódu a v případě přijetí poškozeného bitu jej opravit.

Další možností velkého zefektivnění výkonu programu by bylo zajistit, aby program neztrácel synchronizaci během zpracování dat. Celé vyhodnocení dat se může provést ještě před příchodem nového bitu. Problém nastává v případě, kdy jsou data odesílána přes sběrnici UART, a to nejistotou času, za kterou budou data odeslána (viz 4.3.14). Další prodlevu v oblasti zpracování dat způsobuje obsluha LCD displeje. Po odeslání každé instrukce nebo dat na displej je volána smyčka se zpožděním představující přibližně 5 ms. Během této doby je program zatížen pouze zpožďovací smyčkou a ignoruje asi 6 bitů vstupního signálu. Protože nelze toto zpoždění vynechat, dalo by se nahradit tím, že by výkon programu pokračoval v obsluze vstupních dat a vnitřní časovač by určil dobu, po jaké by se výkon programu mohl vrátit k další části obsluhy displeje.

Při finálním testování přípravku na různých stanicích byla odhalena chyba ve výpisu radiotextu. Program nekontroluje, zda se vypisovaný text vejde na LDC displej, nebo ne. To v určitých chvílích způsobuje chybu, kdy není text vypisován mimo rozsah displeje, ale je vypisován na první řádek do oblasti, kde je vypisován PI a PS kód. Program je sice vytvořen, aby v takovém případě v dalším cyklu opět tato chybná data přepsal správnými, ale místo, kde je mezera mezi PI a PS, zůstane chybné. Nejjednodušším řešení se nabízí toto místo vždy po výpisu kódu PI přepsat mezerou. Program by musel být doplněn následujícím způsobem:

```
lds TEMP,AL         ;načtení nižšího bajtu kódu PI
rcall cislo
ldi TEMP,' '        ;načtení znaku mezery
rcall lcd_d         ;výpis mezery za PI kód
ret
```

Složitějším řešením by bylo načíst kód radiotextu do vnitřní SRAM paměti procesoru a vypisovat jej na LCD displej jako běžící text.

Obslužný program pro počítač:

Tento program zobrazuje přijatá RDS data (kód PI a PS). Program pracuje s knihovnou Seriál a pro aktualizaci přijímaných dat je zapotřebí kliknout na tlačítko Start. Formát rámců dat odesílaných ze zařízení do počítače je záměrně volen tak, aby data mohla být zobrazena i v programu Hyper Terminal, který je součástí MS Windows.

Během oživování a odlaďování zařízení bylo zjištěno i pár nepřesností na vysílací straně. Byla odhalena celá řada nepřesně vysílaných údajů u některých stanic. Častým jevem je, že dochází k vysílání neaktuálních alternativních kmitočtu v kódu AF, a proto tato data nejsou ve výsledném programu zpracována. Dále dochází u některých stanic k chybnému vysílání kódu PS, který by měl být neměnný v čase.

Seznam použité literatury:

[1] Prokeš, A.: Rádiové přijímače a vysílače. VUT. Brno 2005

[2] ČSN EN 50067 (367050) Specifikace rádiového datového systému (RDS) pro rozhlasové vysílání VHF/FM v kmitočtovém pásmu od 87,5 MHz do 108,0 MHz. Praha 1999

[3] National radio systems committee: United States RBDS standard. W. DC. 1998

[4] Matoušek, D.: Udělej si z PC v Delphi-1.díl. BEN. Praha 2003

[5] Datasheet obvodu TDA7330B. STMicroelectronics 1999

[6] Datasheet obvodu TDA7332. STMicroelectronics 1999

[7] Datasheet obvodu TDA7000. Philips 1992

[8] Datasheet obvodu Atmega8. Atmel 2004

[9] Datasheet řadiče S6A0069 pro LCD displej. Samsung 200

[10] Datasheet obvodu FT323R. Future Technology Device International Ltd. 2005

[11] Uživatelská příručka modulu UMS3. ASIX s.r.o. 2007

[12] Katalogové listy GM elektronic

[13] Katalogové listy GES elektronice

[14] http://www.poupa.cz/rds/

[15] http://www.pira.cz/rds/

[16] http://www.ftdichip.com/

[17] http://www.radiotv.cz/radio/

[18] http://www.radiohey.cz/brno/