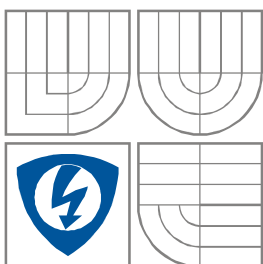


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

DEKODÉR ZPRÁV RDS

RDS MESSAGES DECODER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Martin Šipula

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Jan Prokopec, Ph.D.

BRNO, 2008

LICENČNÍ SMLOUVA

POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Martin Šipula
Bytem: Pod Paluchem 538, Karolinka, 756 05
Narozen/a (datum a místo): 21. května 1985 ve Vsetíně

(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
se sídlem Údolní 53, Brno, 602 00
jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:
prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida, předseda rady oboru Elektronika a sdělovací technika
(dále jen „nabyvatel“)

Čl. 1

Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

- ☐ disertační práce
- ☐ diplomová práce
- ☐ bakalářská práce
- ☐ jiná práce, jejíž druh je specifikován jako
(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Dekodér zpráv RDS
Vedoucí/ školitel VŠKP: Ing. Jan Prokopec, Ph.D.
Ústav: Ústav radioelektroniky
Datum obhajoby VŠKP: _____

VŠKP odevzdal autor nabyvateli*:

- ☐ v tištěné formě – počet exemplářů:
- ☐ v elektronické formě – počet exemplářů:

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

* hodící se zaškrtněte

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ☐ ihned po uzavření této smlouvy
 - ☐ 1 rok po uzavření této smlouvy
 - ☐ 3 roky po uzavření této smlouvy
 - ☐ 5 let po uzavření této smlouvy
 - ☐ 10 let po uzavření této smlouvy
(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/ 1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne:

.....
Nabyvatel

.....
Autor

Anotace

Tato práce se podrobně zabývá rádiovým datovým systémem RDS. Jsou zde vysvětleny základní principy fungování systému a jeho využití. Součástí práce je i návrh dekodéru zpráv RDS a jeho praktická realizace.

Abstract

This project engages in detailed description of radio data system (RDS). It explains basic principles of system's functions and its usage. Part of this project is also proposal of message decoder and its implementation.

Klíčová slova

RDS, rádiový datový systém, dekodér

Keywords

RDS, radio data system, decoder

ŠÍPULA, M. *Dekodér zpráv RDS*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 49 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Prokopec, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Dekodér zpráv 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

.....
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

.....
podpis autora

Obsah

1. Úvod.....	8
2. Základní poznatky o RDS.....	8
2.1 Historie	8
2.2 Technologie vysílání a přenosu	9
2.3 Kódování základního pásma RDS.....	10
2.4 Skupiny a obsah přenášených dat.....	12
3. Služby RDS	14
3.1 Identifikace programu (PI)	14
3.2 Název programu (PS)	16
3.3 Alternativní frekvence (AF)	16
3.4 Typ programu (PTY)	17
3.5 Dopravní vysílání (TP)	19
3.6 Dopravní zprávy (TA).....	19
3.7 Informace o jiných sítích (EON)	20
3.8 Textové informace (RT)	22
3.9 Datum a čas (CT)	22
3.10 Rádioový paging (RP).....	23
3.11 Služba dopravních informací (TMC)	24
3.12 Další služby RDS (DI, M/S, PIN, IH, TDC).....	26
3.12.1 Informace dekodéru (DI)	26
3.12.2 Přepínač hudba/řeč (M/S)	27
3.12.3 Kód programu (PIN)	27
3.12.4 Informace pro vysílajícího (IH)	28
3.12.5 Transparentní datový kanál (TDC)	28
4. Návrh dekodéru RDS.....	29
5. Praktická realizace dekodéru RDS.....	31
5.1 Schéma a popis zapojení	31
5.2 Program a jeho funkce.....	33
6. Závěr	34
Použitá literatura	36
Seznam použitých zkratk a symbolů	37
Seznam obrázků	38
Seznam tabulek	38
Přílohy	39

1. Úvod

V oblasti rádiových přijímačů se již několik let vyskytuje technologie zvaná RDS. Zkratka vznikla z anglického Radio Data System, což je v českém překladu rádiový datový systém. Jde o přenos digitálních informací, které se vysílají spolu s rozhlasovým vysíláním v pásmu velmi krátkých vln. Díky technologii RDS můžeme snadno získat mnoho důležitých informací nejen jako domácí posluchači rádia, ale především jako řidiči na cestách.

Tato práce se zabývá základními principy přenosu, kódováním vysílaných dat a službami RDS. Tyto poznatky budou aplikovány na návrh dekodéru zpráv RDS, který bude využívat moderní aktivní prvky, poskytující značnou úsporu výrobních nákladů. Součástí práce je i praktická realizace dekodéru RDS, který bude schopen dekódovat data z vysílání a zobrazit některé základní služby RDS na displeji. Další vlastností dekodéru bude možnost připojení k osobnímu počítači za pomoci sériového rozhraní. Přes toto rozhraní a běžně dostupné aplikace bude možnost sledovat i další služby RDS, které se na displeji nebudou zobrazovat. V neposlední řadě lze využít sériové rozhraní k měření a ověření teoretických předpokladů.

2. Základní poznatky o RDS

2.1 Historie

První přenos dat pomocí pásma VKV s cílem poskytnout další informace posluchačům se začal používat v 70. letech minulého století. Byl to systém ARI a u jeho vzniku stála firma Blaupunkt a německá rozhlasová stanice ARD.

Systém ARI umožňoval přidružením dodatečné nosné frekvence k rozhlasovému vysílání přijímači identifikovat ty stanice, které vysílaly dopravní zpravodajství (řidič byl informován rozsvícením ikony na panelu autorádia). V případě, že stanice právě vysílala dopravní informace, tak se změnila charakteristika přidružené nosné a řidič byl o zpravodajství informován krátkou znělkou, poté mohl např. zvýšit hlasitost rádia. V dalších letech byl tento systém postupně nahrazen novým „modernějším“ standardem RDS [4].

Počátky technologie RDS, jak ji známe ze současné doby, se začaly objevovat v 80. letech 20. století. Technologie byla vyvinuta díky spolupráci Evropské vysílací unie. Norma se s postupem času vyvíjela a byla upravována, další verze byly vydány v 90. letech 20. století a změny pokračovaly i po roce 2000. Poslední českou normou, která je stále v platnosti, je norma ČSN EN 62106. Její obsah je totožný s mezinárodní normou IEC 62106:2000.

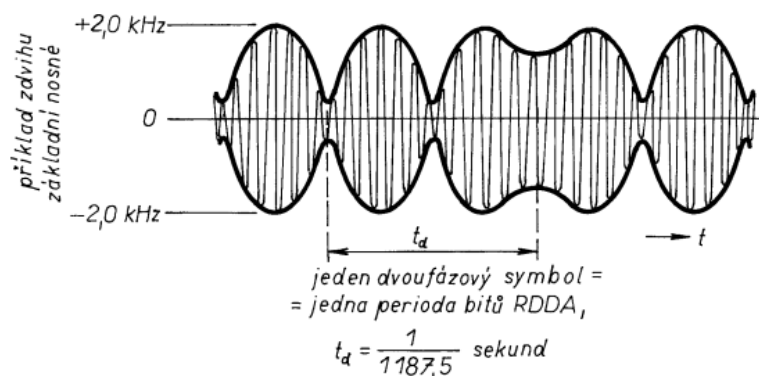
Důvodem stále nových norem nebyla změna základní podstaty přenosu dat, ale byly upravovány jednotlivé služby a uskutečnilo se několik změn ve verzích těchto služeb.

Technologie RDS se nejvíce šířila v Evropě a severní Americe [1]. Dnes je natolik rozšířena, že ji používá většina rozhlasových stanic po celém světě a v oblasti rádiových přijímačů ji lze považovat za standard.

2.2 Technologie vysílání a přenosu

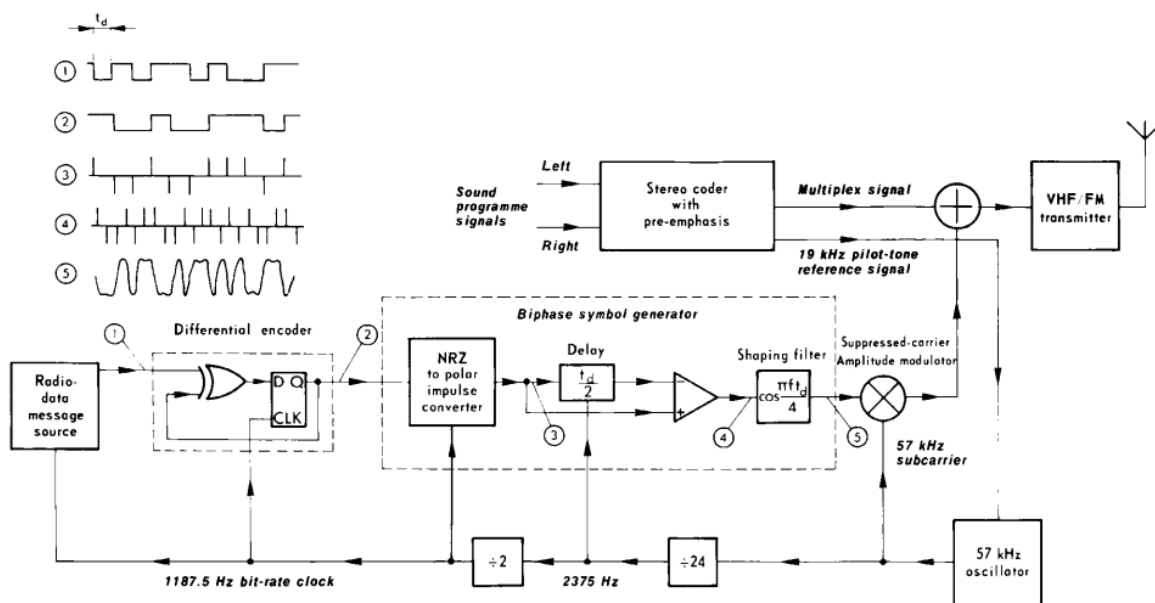
Systém RDS je navržen pro využití u rozhlasových stanic vysílajících v pásmu velmi krátkých vln (rozsahu kmitočtů 87,5 MHz – 108 MHz). Data RDS jsou přenášena na subnosné frekvenci 57 kHz, což je trojnásobek pilotního kmitočtu stereofonního signálu (19 kHz).

Subnosná frekvence 57 kHz se přidává ke stereofonnímu multiplexu na vstupu modulační vysílače VKV, je modulována tvarovým signálem, který je dvoufázově kódován datovými signály jednotlivých bitů RDS. Vlastní subnosná frekvence je při této modulaci potlačena. Vznikne tak jedna forma dvoufázového klíčování fázovým postupem (modulace PSK) s fázovým zdvihem 90°. Tvar rádiového datového signálu 57 kHz na výstupu kodéru vysílače je znázorněn na obr. 2.1 [2].

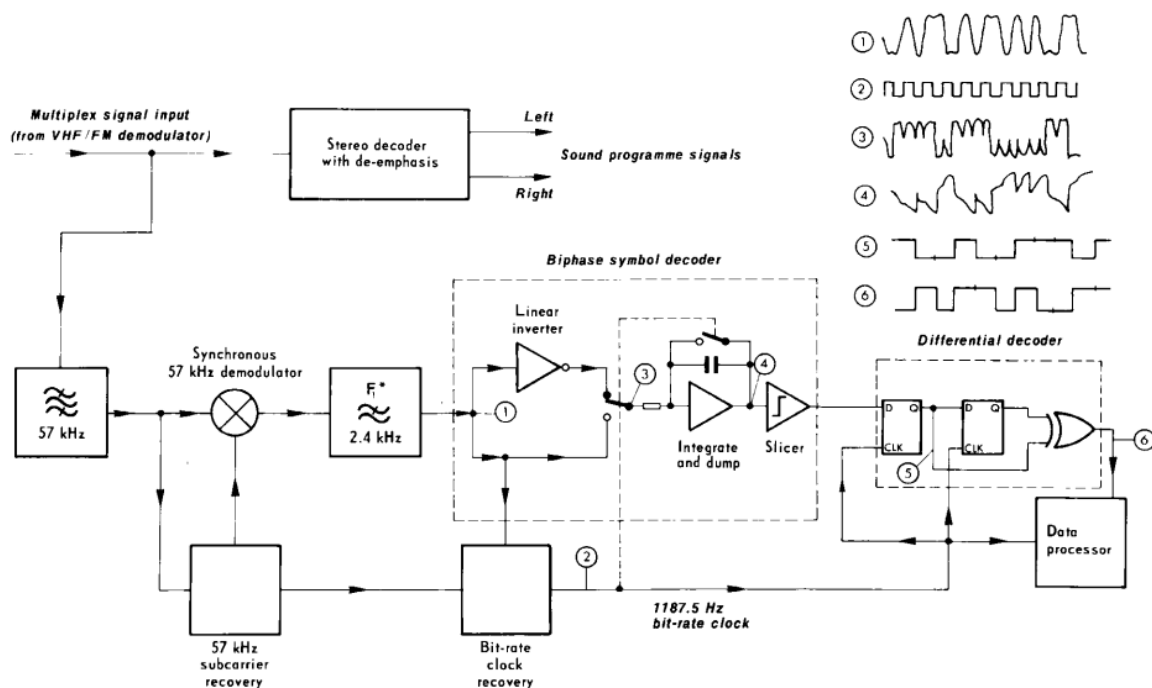


Obr. 2.1 Datový signál 57 kHz na výstupu kodéru RDS u vysílače, resp. přijímaný signál RDS na výstupu filtru 57 kHz demodulátoru RDS v přijímači. Převzato z [3].

Všechna data RDS jsou vysílána sériově s rychlostí přenosu 1187,5 bitů/s. Demodulátor RDS v přijímači musí nejprve odfiltrovat z multiplexního signálu kmitočty v okolí 57 kHz a obnovit původní subnosnou frekvenci. Ta je nutná k synchronní demulaci datových signálů, které jsou vyhodnoceny ve dvoufázovém dekodéru symbolu. Zde je také získána informace k obnovení původního bitového taktu 1187,5 Hz. Následující diferenciální dekodér vytvoří z každého zachyceného symbolu logickou hodnotu 0 nebo 1 dat RDS tak, jak byly zavedeny do kodéru na vysílači. Přenos dat je synchronní s impulzy bitového taktu, není nijak vymezen začátek a konec přenosu. Tyto informace musí odvodit datový procesor, kterým je informace RDS vyhodnocována. Zakódováním každého bitu RDS jako dvoufázového symbolu se zmenší výkon datového signálu v okolí subnosné 57 kHz a zamezí se tím rušení stereofonního signálu rozhlasového vysílání přenosem dat RDS [3].



Obr. 2.2 Blokový diagram kódování dat RDS na vysílači. Převzato z [2].



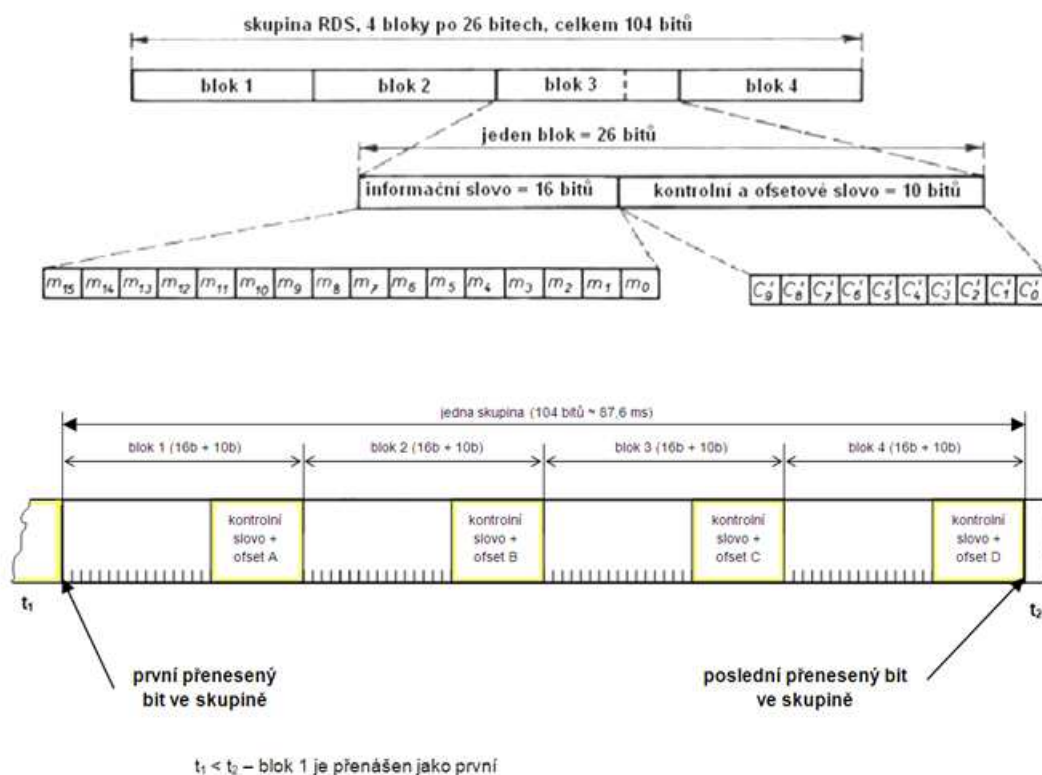
Obr. 2.3 Blokový diagram dekódování dat RDS v přijímači. Převzato z [2].

2.3 Kódování základního pásma RDS

Formát přenosu informací RDS spočívá ve využití zkráceného cyklického kódu, který je možné s velkou spolehlivostí zajistit proti chybám. Největší prvek struktury má název „skupina“ a obsahuje 104 bitů. Každá skupina se skládá ze 4 bloků po 26 bitech (viz obr 2.4). Každý blok obsahuje informační slovo o délce

10 bitů. Kontrolní slovo slouží k zabezpečení přenosu proti chybám a k rozlišení, o který blok se v přijímané sekvenci dat jedná. Matematická operace vytvoření kontrolního slova je podrobně vysvětlena v literatuře [2]. Zjednodušeně lze říct, že kontrolní slovo je vypočítáno z obsahu bitů informačního slova předem definovaným algoritmem spočívajícím v násobení a dělení a k výsledku této operace je přičteno ještě tzv. ofsetové slovo 10 bitů, které je pro každý ze čtyř bloků ve skupině různé a které je na obou stranách přenosu RDS známé. Inverzní matematickou operací se všemi přijatými 26 bity na přijímači je možné vypočítat ofsetové slovo z jakékoliv přijaté sekvence 26 bitů a porovnat se známými ofsetovými slovy. Jsou-li obě slova totožná, byl právě zachycen jeden blok skupiny RDS. Celý postup výpočtu a obsah ofsetových slov je volen tak, aby s velkou pravděpodobností (až 99,8%) nemohl být vypočten nesprávný výsledek a tím chybně určeny načtené bloky [3].

Ofsetové slovo je pro blok 1, blok 2 a blok 4 vždy stejné. Pro blok 3 máme dvě ofsetové slova – tzv. *ofset C* a *ofset C'*. *Ofset C* je vysílán ve skupinách „A“ a *ofset C'* ve skupinách „B“. Cílem tohoto rozdělení je rychlejší získání kódu PI i bez potřeby dalších skupin. Kód PI je popsán v kapitole 3.1.



Obr. 2.4 Struktura přenášených skupin

Aby mohl být správně dekodován obsah jednotlivých bloků, resp. skupin, musí být datový procesor přijímače schopen nalézt začátek a konec bloků a skupin v nepřetržitém toku datového přenosu bitů RDS, musí být nalezena bloková a skupinová synchronizace celého přenosu. Blok je určen tehdy, je-li po zachycení posledního bitu z 26 vypočteno správné ofsetové slovo příslušné jednomu ze čtyř bloků. Skupinové synchronizace bude dosaženo tehdy, jestliže přijímač

zasynchronizuje další blok vždy po načtení a odpočítání následujících 26 bitů. Z posloupnosti alespoň dvou po sobě následujících správně určených ofsetových slov dekodér odvodí začátek skupiny RDS, a to s velkou spolehlivostí i tehdy, když v některé další 26bitové skupině nastane chyba v přenosu některých bitů. Je-li nalezena synchronizace přenosu, je možné načíst obsah informačních bitů jednotlivých bloků a vyhodnotit požadované funkce RDS [3].

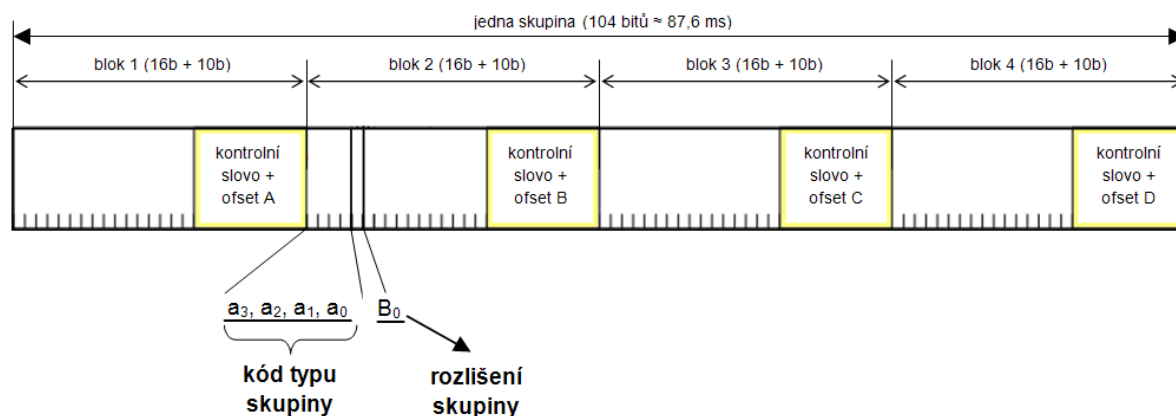
2.4 Skupiny a obsah přenášených dat

Základem pro identifikaci přenášených dat je tzv. kód typu skupiny. Je to 4bitový kód, který se nachází pouze v bloku 2 a jeho pozice je vždy stejná (viz obr. 2.5). Při desítkovém vyjádření jde o hodnoty 0-15. Další důležitá informace je přenášena 1bitově (B_0) a jde o rozlišení skupiny, které je označováno jako A nebo B.

Podle typu skupiny lze jednoznačně identifikovat přenášená data. Každá skupina má totiž přesně definované oblasti, ve kterých je přenášen předem daný typ informací. Hodnoty binárního kódu a typ služeb je podrobně znázorněn v tabulce (viz tab. 2.1).

Základem všech skupin jsou tyto služby a informace: PI, Typ skupiny, PTY a TP. Nejsou tedy uvedeny v tabulce 2.1.

Pokud je v popisu služby uvedeno „open data“, jde o bloky s libovolným datovým obsahem, který si určí vysílající strana. Pokud je v popisu služby uvedeno „transparent data“, jde o data s možností dalšího zpracování i na straně uživatele – např. v PC.



Obr. 2.5 Umístění bitů pro „kód typu skupiny“ ve skupině

Tab. 2.1 Skupiny a obsah přenášených dat

Typ skupiny	Binární kód					Popis
	a ₃	a ₂	a ₁	a ₀	B ₀	
0A	0	0	0	0	0	Základní info – TA, M/S, DI, AF, PS
0B	0	0	0	0	1	Základní info – TA, M/S, DI, PI, PS
1A	0	0	0	1	0	pomalé značkovací kódy, PIN
1B	0	0	0	1	1	PI, PIN
2A	0	0	1	0	0	RT
2B	0	0	1	0	1	PI, RT
3A	0	0	1	1	0	open data
3B	0	0	1	1	1	PI, open data
4A	0	1	0	0	0	CT
4B	0	1	0	0	1	PI, open data
5A	0	1	0	1	0	transparent data
5B	0	1	0	1	1	PI, transparent data
6A	0	1	1	0	0	open data
6B	0	1	1	0	1	PI, open data
7A	0	1	1	1	0	RP
7B	0	1	1	1	1	PI, RP
8A	1	0	0	0	0	TMC
8B	1	0	0	0	1	PI, open data
9A	1	0	0	1	0	EWS – systém varování
9B	1	0	0	1	1	PI, open data
10A	1	0	1	0	0	PTYN
10B	1	0	1	0	1	PI, open data
11A	1	0	1	1	0	open data
11B	1	0	1	1	1	PI, open data
12A	1	1	0	0	0	open data
12B	1	1	0	0	1	PI, open data
13A	1	1	0	1	0	RP nebo open data
13B	1	1	0	1	1	PI, open data
14A	1	1	1	0	0	EON
14B	1	1	1	0	1	EON
15A	1	1	1	1	0	pouze RBDS – US verze RDS
15B	1	1	1	1	1	rychlé základní kódy – TA, M/S, DI

3. Služby RDS

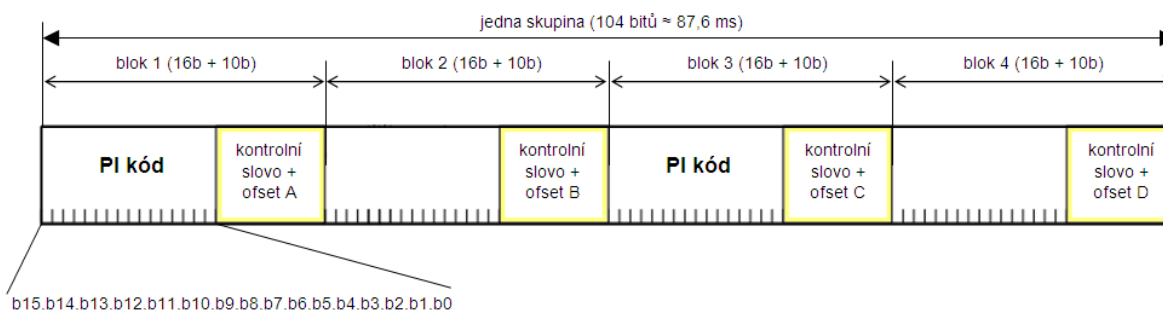
Technologie RDS přinesla posluchačům rozhlasu širokou nabídku doplňkových služeb. Tyto informace často nejsou vůbec vázány ke konkrétní rozhlasové stanici, kterou právě posloucháme a dokonce mohou sloužit i lidem, kteří rozhlas vůbec neposlouchají. Jako příklad lze uvést datové informace vysílané přes RDS, které slouží pro GPS navigace. V následující kapitole se postupně seznámíme s podrobnostmi jednotlivých služeb.

3.1 Identifikace programu (PI)

Je to jedinečný 16bitový kód rozhlasové stanice (viz obr. 3.1). Kód není zobrazován na displeji (pro běžné posluchače není důležitý), ale slouží přijímači k jednoznačné identifikaci stanice a pomáhá tak při přeladování na alternativní frekvence (AF).

Tato služba patří mezi základní přenášené informace v síti RDS. Důležitost tohoto kódu lze odvodit i ze struktury vysílaných bloků. Kód je totiž vysílán v prvním bloku při začátku každé 104bitové skupiny, tzn. ve všech 16 typech skupin A i B. Dále se může objevit v bloku 3, avšak záleží na typu vysílané skupiny – jako příklad lze uvést vynechání při nevyužití alternativních frekvencí (skupina 0B) nebo vynechání radiotextu (skupina 2B). Při využití služby EON bývá kód PI používán pro přenos jedinečného kódu jiné stanice - kód PI se objevuje i v dalších blocích než je uvedeno - více v kapitole 3.7.

Vzhledem k tomu, že dochází k překrývání VKV pásma přes hranice jednotlivých států a mohl by vzniknout problém s jednoznačnou identifikací rozhlasové stanice, byly v normách rozděleny takzvané „národní kódy“ (viz obr. 3.2). Jde o přidělení prvního čísla nebo písmene PI kódu pro každý stát. Pro ČR byl zvolen kód „2“. Proto všechny české stanice vysílající na našem území mají jako první číslo v kódu PI „2“. Např. pro Český rozhlas 1 (Radiožurnál) je vyhrazen kód 232F. Státy nebo oblasti, které jsou od sebe vzdáleny na dostatečnou vzdálenost a není proto technicky možné přijímat rozhlas v pásmu VKV mají stejné kódy. S ČR tak sdílí kód „2“ ještě Kypr, Estonsko, Irsko a Alžírsko.



Obr. 3.1 Umístění bitů pro identifikaci programu (PI) ve skupině



Obr. 3.2 Mapa Evropy s vyznačením oblastí států a přidělených kódů PI. Převzato z literatury [2].

Kód PI je určen podle následujících hodnot:

Bity b15 – b12: kód země – viz obr. 3.2

Bity b11 – b8:

I: (International)	Stanice vysílá i v jiných zemích.
N: (National)	Stanice vysílá na celém území státu.
S: (Supra-regional)	Stanice vysílá v několika regionech, na více místech státu.
R1 – R12: (Regional)	Stanice je dostupná místně nebo v regionu, může mít více frekvencí.
L: (Local)	Stanice je celou dobu vysílána na jedné frekvenci a místně.

Tab. 3.1 Význam bitů b11 – b8 pro kód PI

kód	L	I	N	S	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12
HEX	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F

Bity b7 – b0:

soustava hodnota

DEC.....00

HEX.....00

– nevyužívá se

soustava hodnota

DEC.....01 – 255

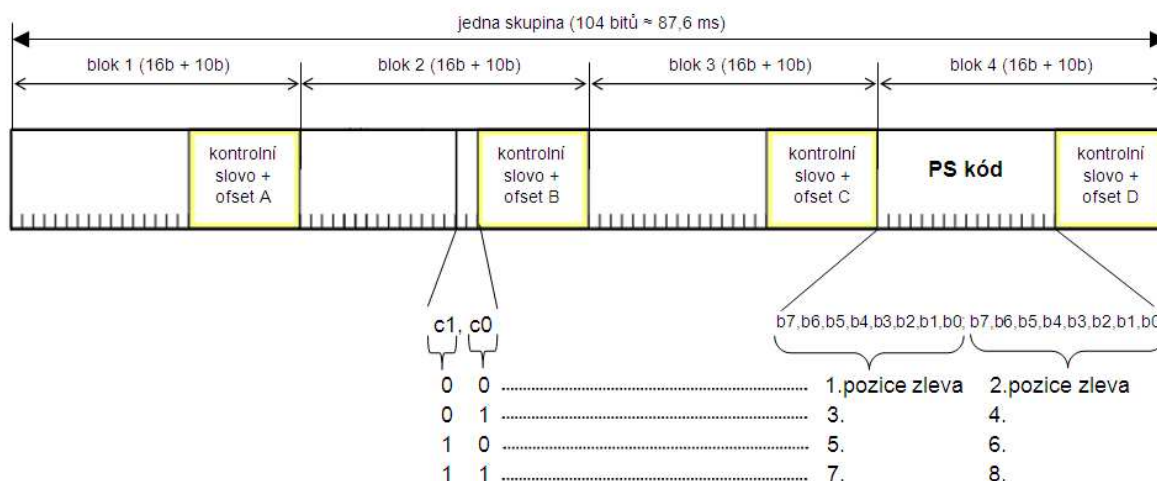
HEX.....01 – FF

– v jednotlivých zemích je kód systematicky přidělován mezi rozhlasové stanice

3.2 Název programu (PS)

Jde o název rozhlasové stanice nebo též identifikaci programu. Maximální délka je omezena na 8 znaků ze sady ISO 646, avšak levnější přijímače jsou schopny zobrazovat jen základní znaky. Tato služba patří mezi základní přenášené informace v síti RDS, název rozhlasové stanice se posluchačům zobrazuje na displeji. V normě [2] je zakázáno šířit prostřednictvím kódu PS dynamické informace. Jedinou výjimkou je změna ve vysílání, která takovou změnu vyžaduje. Norma nestanovuje žádné sankce, proto řada provozovatelů rozhlasového vysílání dynamické texty využívá. Jako dynamické texty místo statického názvu stanice jsou nejčastěji zobrazovány názvy hraných skladeb. Pro tyto informace však byl primárně určen radiotext (RT), který podporuje dlouhé dynamické texty.

Každý znak, který je později zobrazen na displeji, je v tabulce znaků ISO 646 kódován pomocí 8 bitů. V jedné skupině lze přenést pouze 16 bitů, tedy 2 znaky. Abychom jsme mohli spolehlivě dekódovat celý název stanice, musíme obdržet minimálně 4 skupiny – může to být skupina 0A nebo skupina 0B. V těchto skupinách se informace nachází v bloku 4 (viz obr. 3.3). Další potřebná informace, kterou musíme obdržet je 2bitový kód obsahující pozici znaku. Tato informace je umístěna rovněž ve skupinách 0A a 0B a to na konci druhého bloku. Služba PS může být přenášena v rámci sítě EON - více v kapitole 3.7.



Obr. 3.3 Umístění bitů pro název programu (PS) ve skupině

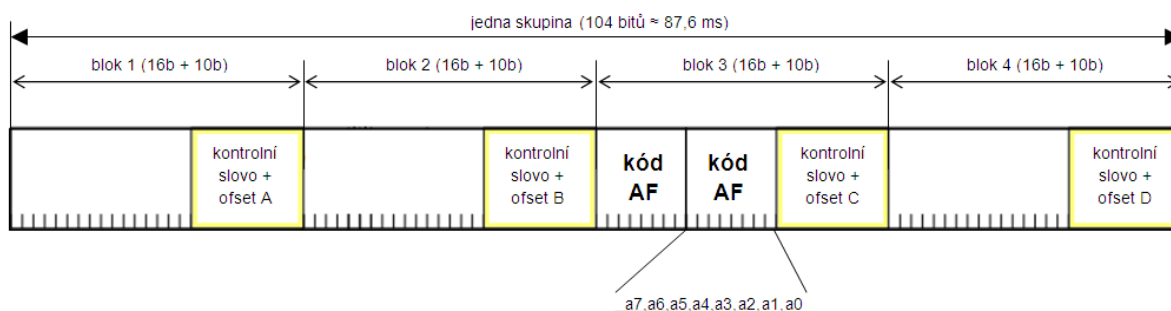
3.3 Alternativní frekvence (AF)

Služba nesoucí informace o alternativních kmitočtech stanice. Jak již z názvu vyplývá, jde o další kmitočty stejné rozhlasové stanice. Pokud rozhlasová stanice danou funkci podporuje a zároveň se nacházíme v dosahu více vysílačů, rozhlasový přijímač automaticky přeladí na nejsilnější frekvenci. Tuto službu využijí převážně motoristé, díky ní totiž nemusí stále hledat nejsilnější stanici ručním laděním, vše zvládne přijímač automaticky.

Data pro funkci AF najdeme pouze ve skupině 0A, bloku 3 (viz obr. 3.4). Funkce AF využívá 8 bitů, které říkají, na jaké další frekvenci stanice vysílá. Je zde

zaneseno i označení, s jakým množstvím alternativních frekvencí budeme pracovat nebo jaké data pro nastavení budou vysílána (viz tab. 3.2). Např. pod číslem 1–204 najdeme konkrétní kmitočet, na kterém daná stanice vysílá. Alternativní frekvence lze vysílat ve dvou režimech, záměrně uvádím pouze jednu variantu, u které lze vysílat maximálně 25 alternativních kmitočtů. Tak vysoký počet lze totiž považovat za dostatečný a tento typ přenosu za nejvíce využívaný.

Služba AF může být přenášena i v rámci sítě EON - více v kapitole 3.7.



Obr. 3.4 Umístění bitů pro alternativní frekvence (AF) ve skupině

Tab. 3.2 Význam vysílaných bitů pro službu AF

Dekadické číslo	Binární kód $a_7 - a_0$	Význam kódu
0	0000 0000	nevyužito
1	0000 0001	87,6 MHz
2	0000 0010	87,7 MHz
:	:	:
:	:	:
204	1100 1100	107,9 MHz
205	1100 1101	kód pro plnění
224	1110 0000	neexistuje AF
225	1110 0001	následuje 1 alternativní frekv.
:	:	:
249	1111 1001	následuje 25 alternativních frekv.

3.4 Typ programu (PTY)

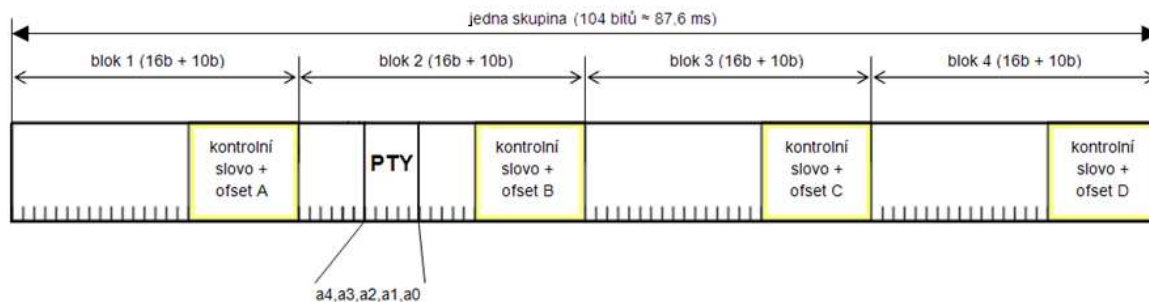
Tato služba umožňuje zařadit program stanice do předem definované skupiny. Program je zařazen do jedné z 31 možných variant (viz tab. 3.3). Díky této funkci lze vyhledat rozhlasovou stanici podle žánru. Podmínkou samozřejmě zůstává podpora služby PTY ze strany rozhlasové stanice. Ačkoliv je na výběr téměř 30 různých žánrů, můžeme se setkat s tím, že stanice nemění kód PTY a tím omezuje posluchače při snadném vyhledávání.

Kód PTY je 5bitový a je přenášen ve všech skupinách. Jeho umístění je neměnné. Je umístěn v bloku 2 (viz obr. 3.5). Patří do kategorie základních služeb.

PTY může být přenášen v rámci sítě EON - více v kapitole 3.7.

Tab. 3.3 Kategorie služby PTY pro zařazení vysílaného programu

Pořadové číslo	Binární kód a_4 - a_0	Typ programu	Zobrazená kategorie
0	00000	není definován	není
1	00001	zprávy	news
2	00010	současné události	affairs
3	00011	informace	info
4	00100	sport	sport
5	00101	vzdělávání	educate
6	00110	drama	drama
7	00111	kultura	culture
8	01000	věda	science
9	01001	různé	varied
10	01010	populární muzika	pop m
11	01011	rocková muzika	rock m
12	01100	poslechová muzika	easy m
13	01101	pohodová klasika	light m
14	01110	klasická hudba	classics
15	01111	ostatní hudba	other m
16	10000	počasí	weather
17	10001	ekonomika	finance
18	10010	program pro děti	children
19	10011	sociální záležitosti	social
20	10100	náboženství	religion
21	10101	telefon	phone in
22	10110	cestování	travel
23	10111	volný čas	leisure
24	11000	jazz	jazz
25	11001	lidová hudba	country
26	11010	národní hudba	national m
27	11011	staré hity	oldies
28	11100	folková muzika	folk m
29	11101	dokument	document
30	11110	test	test
31	11111	poplach	alarm!



Obr. 3.5 Umístění bitů pro typ programu (PTY) ve skupině

3.5 Dopravní vysílání (TP)

Jedná se o identifikaci programu, který vysílá dopravní informace. Při příjmu stanice podporující službu TP jsou posluchači informováni na displeji přijímače – nejčastější formou je symbol TP.

TP kód je pouze 1bitový a je umístěn vždy na stejné pozici u všech 16 skupin A i B (viz obr. 3.6).

Se službou TP je úzce spojena i služba Dopravní zprávy (TA). Další podrobnosti jsou proto uvedeny v kapitole 3.6.

TP kód může být přenášen v rámci sítě EON - více v kapitole 3.7.

3.6 Dopravní zprávy (TA)

Je to signál, že některá z rozhlasových stanic právě vysílá dopravní informace. Po zachycení tohoto signálu může nastat několik situací, záleží na nastavení přijímače:

- okamžité zastavení přehrávání jiného audio zdroje – např. vypnutí kazety nebo hudebního CD a přepnutí na stanici, kde se právě vysílají dopravní informace.
- přepnutí na stanici, kde se právě vysílají dopravní informace i když je přijímač ve funkci Mute (snížená hlasitost na minimum). Může dojít i ke změně hlasitosti z jiné přednastavené hodnoty.
- přeladění ze současné stanice na jinou, která právě vysílá dopravní informace (v souladu s tab. 3.4)
- nemusí nastat žádná změna

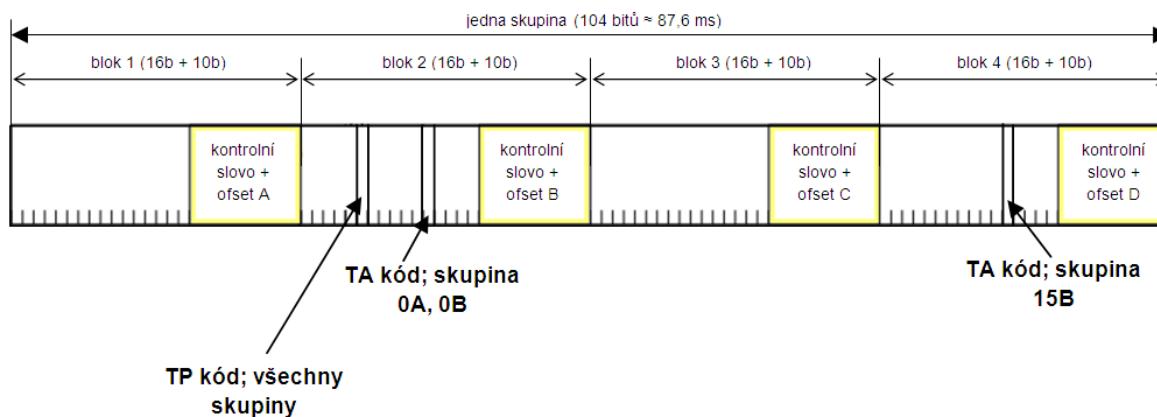
Po skončení dopravního hlášení se přijímač vrátí do stavu před dopravním hlášením – opět zapne kazetu, hudební CD, ztlumí audio apod. Některé přijímače mají možnost přednastavení hlasitosti pro tuto funkci nebo jsou schopny při počátku vysílání kódu TA začít nahrávat dopravní informace.

Tab. 3.4 Binární kód služeb TP a TA a jejich význam

Dopravní vysílání (TP)	Dopravní zprávy (TA)	Použití
0	0	Dopravní informace nejsou přenášeny a to ani pomocí EON.
0	1	Program nese informace o jiné síti, která podporuje dopravní informace. Je využívána služba EON.
1	0	Program podporuje dopravní hlášení a současně může přijímat dopravní informace z jiné sítě prostřednictvím EON.
1	1	Právě je vysíláno dopravní zpravodajství.

TA kód je vždy 1bitový. Je vysílán v bloku 2 ve skupinách 0A, 0B (viz obr. 3.6).

V souvislosti s využitím funkce EON bývá kód TA přenášen také v dalších skupinách. Ve skupině 14A je využit blok 3, který se v dané skupině označuje za tzv. informační blok a v něm je přenášen i kód TA. Ve skupině 14B je kód TA přenášen v bloku 2, avšak na jiné pozici než ve skupině 0A. Ve skupině 15B je kód TA přenášen v bloku 2 a bloku 4. Pozice v bloku jsou identické, tzn. bit TA je umístěn na stejné pozici jako u skupin 0A a 0B. Při využití služby EON nese kód TA informace o jiné stanici - více v kapitole 3.7.



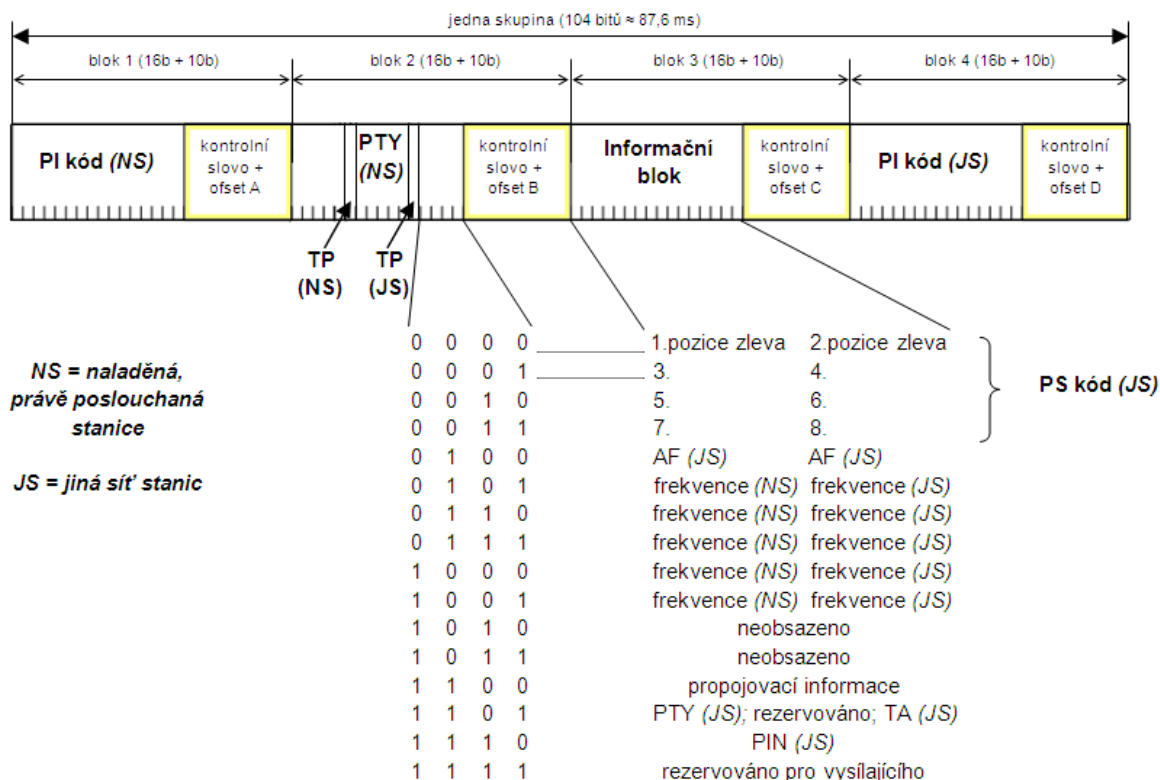
Obr. 3.6 Umístění bitů pro dopravní zprávy (TA) a dopravní vysílání (TP) ve skupině

3.7 Informace o jiných sítích (EON)

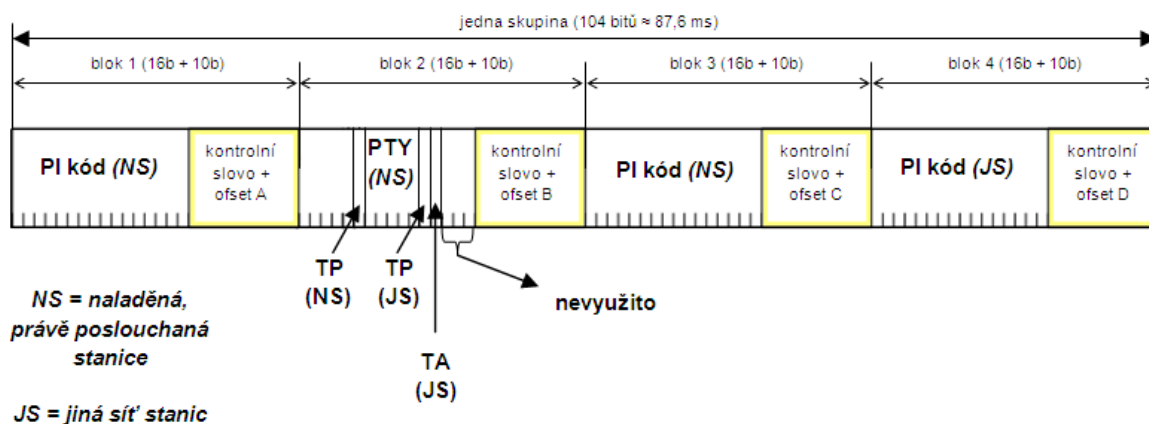
Tato služba poskytuje informace o dalších rozhlasových stanicích. Funkce EON nabízí přenos několika kódů, z těch hlavních jde o PI, AF, PS, PTY, TA, TP.

Díky technologii EON je možné propojit více stanic v jednu síť, např. spojit celostátní stanici s regionální apod. V praxi bývá nejčastěji doplňkovou službu pro stanice, které nemají vlastní dopravní informace. V ČR vysílání EON podporuje např. ČRo 3 (Vltava). Tato stanice nabízí svým posluchačům dopravní informace ze stanice ČRo 1 (Radiožurnál).

Služba EON je vysílána ve skupině 14A a 14B. Ve skupině 14A je přenesena většina potřebných informací (viz obr. 3.7). Ve skupině 14B jde jen o služby PI, TP a TA (viz obr. 3.8).



Obr. 3.7 Umístění bitů pro informace o jiných sítích (EON) ve skupině 14A



Obr. 3.8 Umístění bitů pro informace o jiných sítích (EON) ve skupině 14B

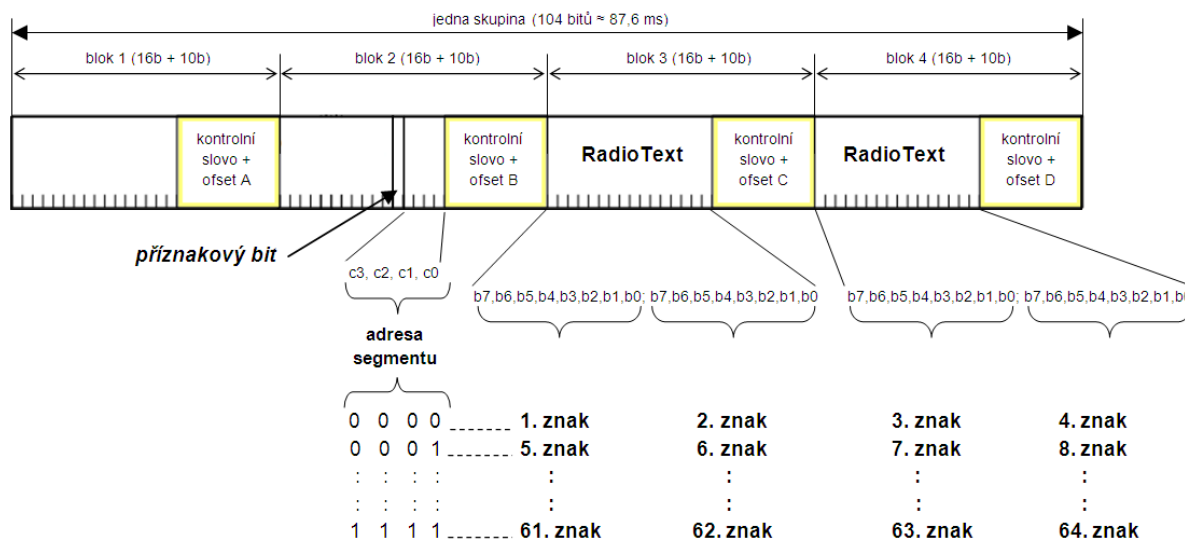
3.8 Textové informace (RT)

Služba umožňující přenášet krátké textové informace. Tyto informace slouží převážně posluchačům u domácích (nepřenosných) přijímačů. Pro autorádia bývá tato funkce vypnuta z důvodů bezpečnosti – pohybující text na displeji přijímače údajně může ovlivňovat pozornost řidičů.

Služba RT neboli RadioText je krátký běžící text, který má informovat např. o programové nabídce rozhlasové stanice, ale podle zkušeností z ČR je nejčastěji používán pro reklamní slogany apod. Bývá využíván i pro zobrazení webové adresy rozhlasové stanice nebo telefonu přímo do studia. Rozhlasové stanice často „obchází“ blokování radiotextu u autorádií tím, že delší texty (např. názvy právě hrané skladby) vysílají místo názvu stanice, tedy v režimu PS. Radiotext, stejně jako služba PS, používá znaky ze sady ISO 646, avšak levnější přijímače jsou schopny zobrazovat jen některé z nich.

Pro přenos kódu RT se využívá skupina 2A nebo 2B. Ve skupině 2A je využíván blok 3 a blok 4 (viz obr. 3.9). Lze přenášet maximálně 64 znaků, které se zobrazí na displeji. Znaky jsou postupně načteny do paměti přístroje a pak jsou dynamicky zobrazovány ve smyčce – s opakováním. Pokud však dojde ke změně bitu z 0 na 1v tzv. příznaku, bude celý text smazán a dojde k novému načtení.

Skupina 2B pracuje podobně jako 2A, ale dokáže přenášet jen 32 znaků. Je to způsobeno tím, že používá jen blok 4 a v bloku 3 je přenášen kód PI. I skupina 2B používá příznakový bit pro změnu údajů. Je využita i stejná adresa segmentu s tím rozdílem, že 0000 udává první a druhý znak, 0001 pak třetí a čtvrtý atd.

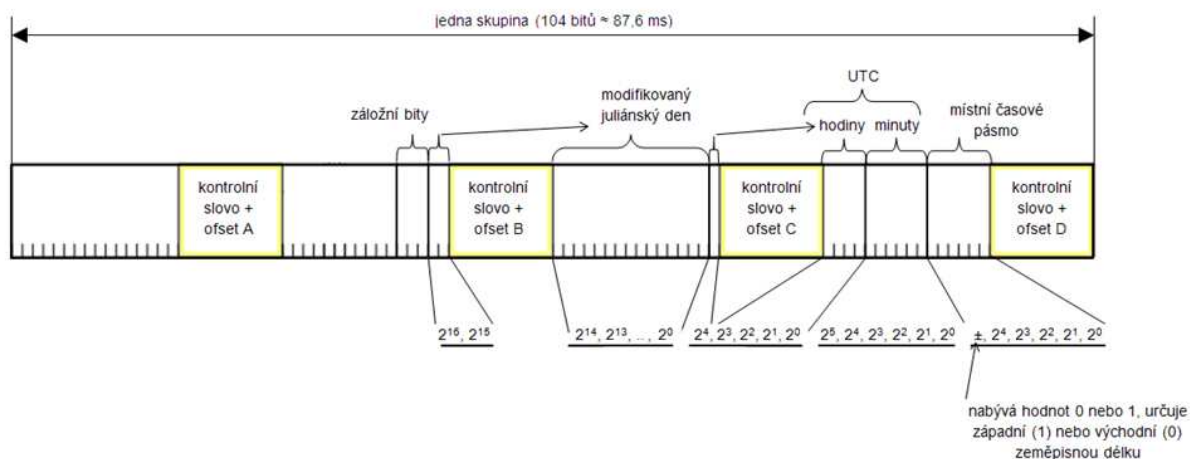


Obr. 3.9 Umístění bitů pro textové informace (RT) ve skupině

3.9 Datum a čas (CT)

Služba zobrazí datum a čas. Tyto informace jsou vždy přesné a jsou proto využívány i pro nastavení hodin přijímače bez nutnosti cokoli manuálně nastavovat.

Funkce přesného data a času se vysílá pouze ve skupině 4A. Je využit blok 2, blok 3 a blok 4 (viz obr. 3.10). Pro jednoznačné určení časového pásma je vyhrazen 6bitový kód. Na obr. 3.10 vidíme, že označení bitů $\pm$ určuje západní zeměpisnou šířku (tzv. záporná kompenzace) nebo východní zeměpisnou šířku (tzv. kladná kompenzace). Ostatní bity po převedení do desítkové soustavy vyjadřují počet půlhodin. Znamená to tedy, že např. kód 000100 vyjadřuje časové pásmo pro ČR. Díky tomu lze správně nastavit čas pro každou oblast, jelikož další údaj (hodiny, minuty) je uveden v tzv. koordinovaném světovém čase – UTC.



Obr. 3.10 Umístění bitů pro datum a čas (CT) ve skupině

Minuty jsou přenášeny pomocí 6bitů, v desítkové soustavě nabývají hodnot 0–59. Hodiny jsou přenášeny pomocí 5bitů a v desítkové soustavě nabývají hodnot 0–23. U hodin i minut tedy není plně využit bitový kód, z důvodu potřebného rozsahu v desítkové soustavě.

Přenos dat pro den, měsíc a rok se nachází v bloku 2 a bloku 3. Je zde 17 bitů přenesen tzv. Modifikovaný juliánský den (MJD). V desítkové soustavě to znamená, že může nabývat hodnot 0–99999. Rozdělení je předem dané a proto lze jednoduše dekódovat všechny potřebné informace.

MJD je vyjádřen v desítkové soustavě. Např. pro datum 1. 1. 1990 je v MJD stanovena hodnota 47905, pro datum 1. 1. 2100 hodnota 88082. Z uvedeného vyplývá, že 17bitový kód pro přenos kódu RT přestane dostačovat v pondělí 18. srpna 2132, jelikož toto datum je již vyjádřeno číslem 100000. Stále jsou však v záloze další 3 bity, které se v současnosti nevyužívají (spíše než záloha jsou bity nevyužitý zbytek, současný rozsah pro vyjádření data je nadmíru dostačující).

3.10 Rádiový paging (RP)

Službu lze využít pro jednosměrný přenos delších textových zpráv. Pro příjem těchto textových zpráv neslouží rádiový přijímač pro rozhlasové stanice, ale speciální

kapesní přijímač. Posílání zpráv jde vždy přes operátora, který síť provozuje. Služby jsou zpoplatněny.

V ČR je služba RDS pagingu šířena pomocí vysílačů českého rozhlasu, který má s výjimkou hornatých oblastí kvalitní pokrytí po celé republice, což je velká výhoda. Paging existuje nejen v síti RDS, ale i tzv. ERMES. Nevýhodou ERMESu je malé pokrytí (u nás pouze Praha), ale oproti pagingu přes RDS nabízí např. delší zprávy. Detaily provozu a podmínek služby RT v ČR lze nalézt v literatuře [7].

Služba rádiového pagingu (RDS i ERMES) si najde své uživatele i dnes, kdy statisticky připadá na každého obyvatele ČR více než jeden mobilní telefon. Je to sice jen jednosměrná služba, což znamená, že zprávy jde pouze přijímat. Nelze na ně přes pager odpovědět. Ovšem hlavní výhodou pagingu je:

- zařízení pro paging neobsahují vysílač a lze je použít i v prostředí, kde je mobilní telefon zakázán (nemocnice apod.)
- v jeden čas lze poslat stejnou zprávu obrovské skupině účastníků
- primitivní ovládání přijímače, což je vhodné pro technicky méně zdatné uživatele
- výdrž baterie až několik měsíců
- vzdálená kontrola zařízení (např. serverů)

Paging je přenášen ve skupině 7A, v posledních 5 bitech bloku 2 jsou přenášeny bity pro adresaci. V bloku 3 a 4 již samotné data pro službu. RP se vyskytuje i ve skupině 1A a to v části pro tzv. pomalé značkovací kódy. Zde je však přenášena malá část informací.

Přes RDS RP lze přenášet zprávy s délkou do 80 znaků. Pagingová síť může být rozdělena až na 100 sítí, přičemž každá může mít 0-9999 účastníků. Celkem tedy 1 milion čísel [2].

3.11 Služba dopravních informací (TMC)

Prostřednictvím tohoto kanálu lze doručovat zakódované dopravní zprávy, které mohou být v automobilech interpretovány v rodném jazyce řidiče. Přitom nezáleží, v jaké zemi se právě nachází. Toho šlo docílit díky standardnímu protokolu pro přenos informací. Tento protokol je nazýván ALERT. Přenášená data obsahují informace zakódované v souladu s protokolem ALERT-C pro události a lokalizaci. Zakódovaná informace je přijata a interpretována speciálním přijímačem. Veškeré zprávy řidiči poskytne systém hlasově nebo jako obrazovou informaci.

ALERT-C definuje dvě kategorie informací - základní informační položka a volitelná informační položka. Základní položky jsou zpravidla přítomny ve všech zprávách, zatímco volitelné mohou být přidány tam, kde je to nutné [5].

Zprávy jsou přenášeny ve skupině 8A, bloku 2, bloku 3 a bloku 4 (viz obr. 3.12). ALERT-C předpokládá, že periodické opakování zpráv bude doplněno

okamžitým opakováním každé skupiny při vysílání. Každá skupina musí být vysílána minimálně dvakrát po sobě, předtím než je vysílána další skupina. Doporučuje se, aby skupiny byly akceptovány jako platné pouze potom, co byly přijaty dvě bit po bitu identické kopie téže skupiny (kromě indexu kontinuity).

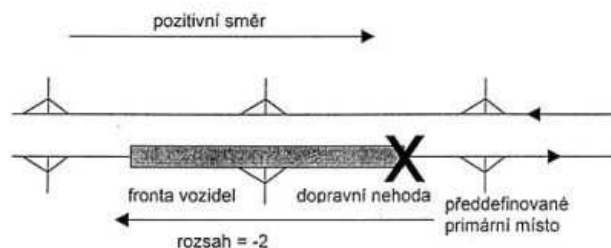
Příklad opakování více skupinových zpráv (zpráva A obsahuje tři skupiny – A1, A2, A3 a zpráva B dvě skupiny – B1, B2):

A1A1A1A2A2A2A3A3A3B1B1B1B2B2B2

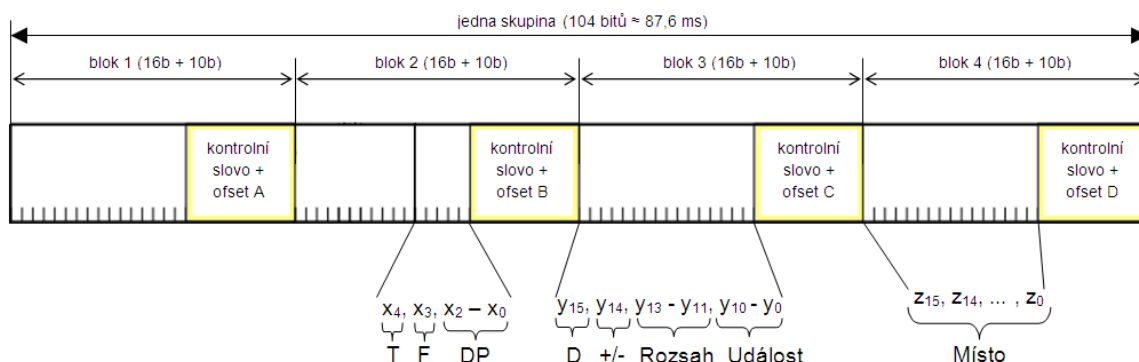
Mezi bezprostřední opakování mohou vstupovat jiné skupiny RDS, avšak v žádném případě nesmí vstoupit jakákoli jiná skupina typu 8A.

Standardní TMC zprávy obsahují následující položky [5]:

- **Místo (bity $z_{15} - z_0$)** - oblast, úsek nebo bod, kde se vyskytl problém. V případě, že dekodér obdrží zprávu TMC s odkazem na místo, které není obsaženo v jeho databázi, neposkytne žádný výstup pro řidiče.
- **Událost (bity $y_{10} - y_0$)** - popis používaných událostí je uveden v literatuře [6].
- **Směr a rozsah (bity $y_{14} - y_{11}$)** - tyto informace identifikují směr a rozsah události. Směr se identifikuje jedním bitem (negativní/pozitivní), a to podle směru šíření události. Jako referenční se bere předdefinovaný směr komunikace. Rozsah – je definován pomocí tří bitů a identifikuje řetězec až sedmi kroků prostřednictvím přilehlých (sousedních) definovaných míst TMC. Poslední krok v řetězci definuje sekundární místo, které spolu s primárním rámuje událost (viz obr. 3.11). Ovlivňuje-li událost jen jedno místo TMC, rozsah se rovná nule. V případech, kdy událost ovlivňuje více než sedm přilehlých bodových míst, měla by být popsána na úsekové úrovni.
- **Trvání (3 bity)** - kód doby trvání umožňuje osm stupňů očekávané doby trvání problému. Interpretace kódu doby trvání závisí na povaze události, jak je definováno v [6]. U jedno skupinových zpráv je doba trvání základní položkou, zakódovanou v předem přiděleném 3bitovém poli. U více skupinových zpráv je doba trvání volitelnou položkou a je zde možné rovněž definovat detailněji doby skončení událostí. Existuje-li nejistota pokud jde o dobu trvání, doporučuje se u jedno skupinových zpráv použít kód 0 (žádné explicitní doba trvání se neuvádí). U více skupinových zpráv není kód 0 povolen.
- **Doporučení objížděky (1 bit)** - bit objížděky je obsažen jen v jedno skupinových zprávách. Udává, zda se řidičům doporučuje vyhledat a sledovat nějakou alternativní trasu. Zprávy jsou definovány: 0 – žádná objížděka nedoporučena; 1 – řidičům se doporučuje v případě možnosti vyhnout se dané oblasti. U více skupinových zpráv je definován řídicí kód mající stejný účinek jako bit objížděky. V případě předdefinovaných objízdných tras mohou být udány řidičům.



Obr. 3.11 Znázornění směru a rozsahu při určování události. Převzato z [5].



Obr. 3.12 Umístění bitů pro službu dopravních informací (TMC) ve skupině

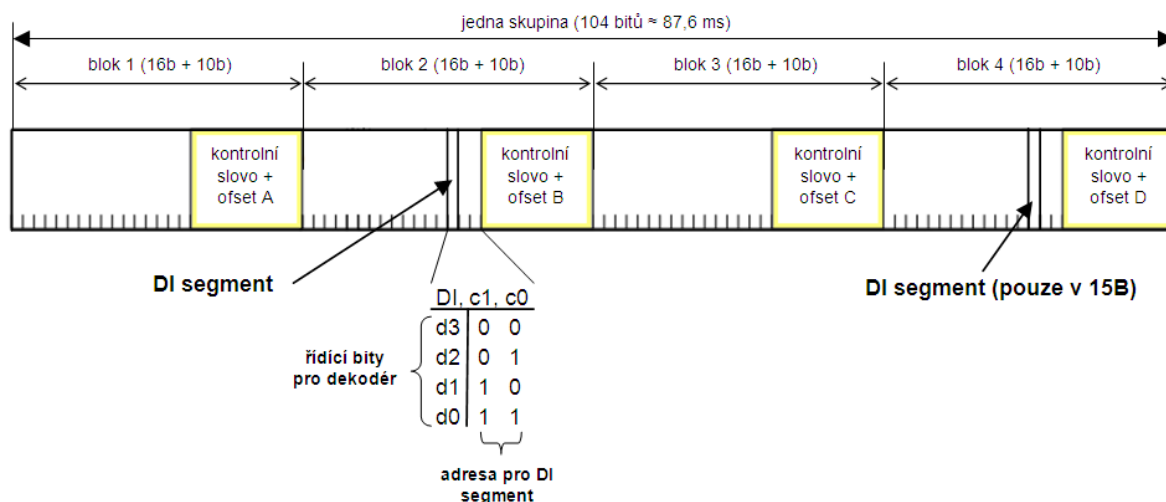
3.12 Další služby RDS (DI, M/S, PIN, IH, TDC)

3.12.1 Informace dekodéru (DI)

Služba slouží pro potřeby dekodéru. Je to 4bitový kód, který je přenášén postupně pomocí 1 bitu. Význam jednotlivých bitů je uveden v tab. 3.5. Jako adresace slouží adresový kód služby PS. Kód DI je přenášén ve skupině 0A, 0B v bloku 2 a ve skupině 15B v bloku 2 a bloku 4 (viz obr. 3.13).

Tab. 3.5 Význam bitů $d_0 - d_3$ pro kód DI

Nastavení	Význam
Bit d_0 nastaven na 0	Mono
Bit d_0 nastaven na 1	Stereo
Bit d_1 nastaven na 0	artificial head
Bit d_1 nastaven na 1	not artificial head
Bit d_2 nastaven na 0	bez komprimace
Bit d_2 nastaven na 1	komprimace
Bit d_3 nastaven na 0	statické PTY
Bit d_3 nastaven na 1	dynamické PTY, i pro stanice přes EON

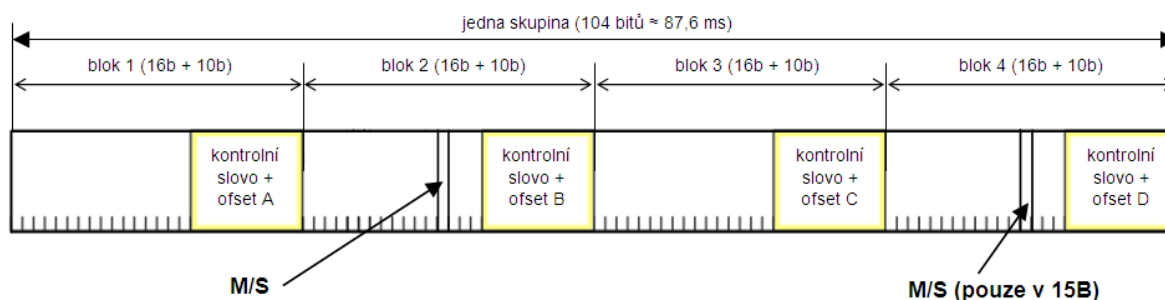


Obr. 3.13 Umístění bitů pro informace dekodéru (DI) ve skupině

3.12.2 Přepínač hudba/řeč (M/S)

Služba signalizuje informaci o tom, zda je vysílána hudba nebo řeč. Příjímač tak může nastavit jinou hlasitost pro oba režimy. Je to výhodné pro vyrovnání hlasitosti v přechodech mezi hudbou a mluveným slovem.

Služba M/S je jednobitový kód. Pro řeč je vyhrazena 0 a pro hudbu 1. Pokud poskytovatel tento kód nevysílá, je jako výchozí nastavena 1. Kód je vysílán ve skupině 0A, 0B a to v bloku 2. Ve skupině 15B v blocích 2 a 4 (viz obr. 3.14).

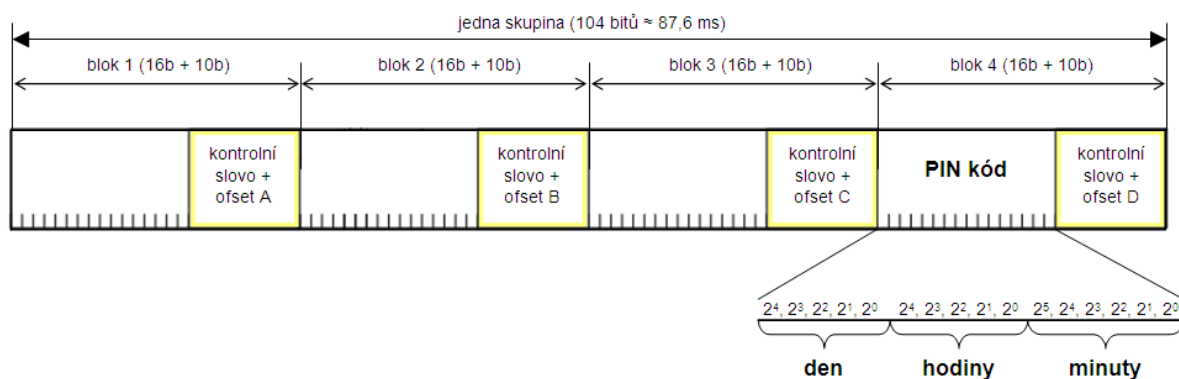


Obr. 3.14 Umístění bitů pro přepínač hudba/řeč (M/S) ve skupině

3.12.3 Kód programu (PIN)

Služba umožňuje přijímačům reagovat na vysílané pořady, např. tím, že je bude nahrávat. Je to obdoba kódu VPS používaného v televizním vysílání.

Kód je vysílán ve skupině 1A, 1B a to v bloku 4 (viz obr. 3.15). Je přenášen i v síti EON – více v kapitole 3.7. Pokud není přijat platný kód PIN, jsou data ignorována.



Obr. 3.15 Umístění bitů pro kód programu (PIN) ve skupině

3.12.4 Informace pro vysílajícího (IH)

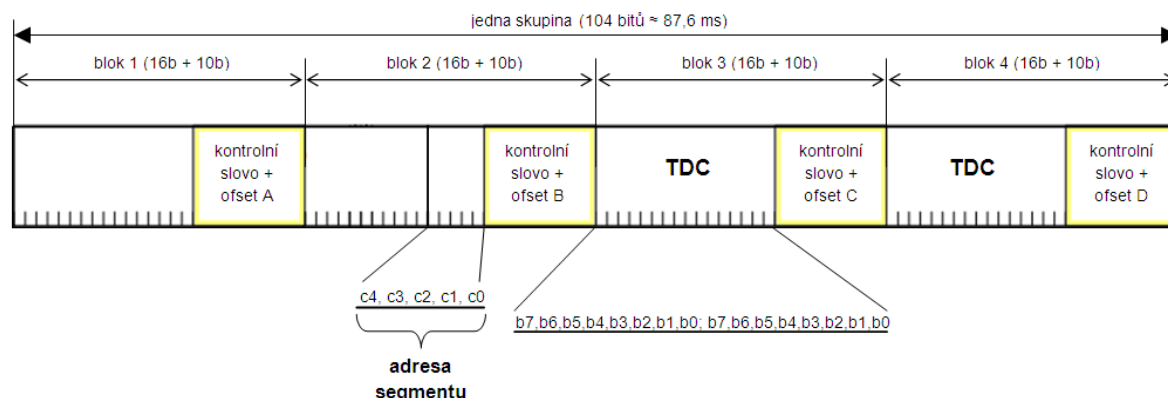
Služba neslouží uživatelům, ale vysílajícímu. Příjmače RDS pro běžné spotřebitele tento kód zcela ignorují.

Kódy jsou přenášeny ve skupině 6A nebo 6B, ale podle tab. 2.1 lze najít ještě celou řadu skupin, kde je obsah určen pouze vysílajícímu. Tyto neveřejné data jsou označeny jako „open data“ a jejich obsah si určuje vysílající strana.

3.12.5 Transparentní datový kanál (TDC)

Tento přenosový kanál může být využit pro přenos alfanumerických znaků, včetně jednoduché mozaikové grafiky, nebo pro přenos dat.

Je přenášén ve skupině 5A, bloku 2, bloku 3 a bloku 4. Dále ve skupině 5B, ale jen v blocích 2 a 4. Pro adresaci slouží bity $c_4 - c_0$, data jsou přeneseny pomocí bitů $b_7 - b_0$ (viz obr. 3.16).



Obr. 3.16 Umístění bitů pro transparentní datový kanál (TDC) ve skupině

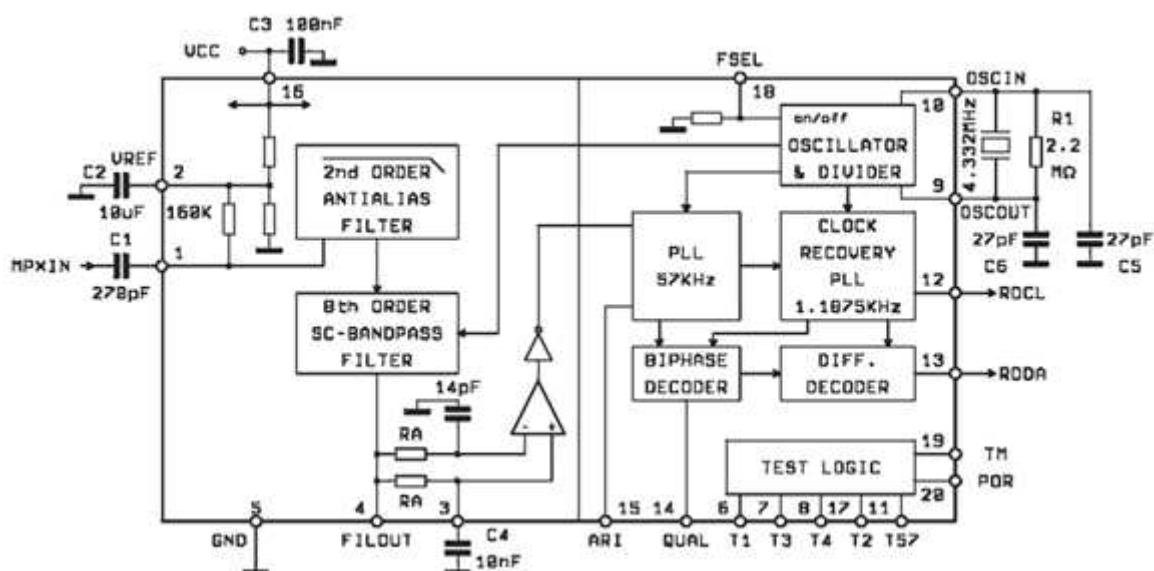
4. Návrh dekodéru RDS

Dekodér RDS lze bezpochyby realizovat více způsoby. Avšak v dnešní době, kdy jsou běžně dostupné integrované obvody, je standardem řešit zapojení s jejich využitím.

Systém RDS lze právem považovat za již běžnou službu rozhlasu a funkci rádiových přijímačů. Vzhledem k potřebě implementace systému pro obrovské množství zařízení, byly navrženy přímo pro tyto účely integrované obvody. Tyto integrované obvody jsou schopné z vysílání demodulovat přenášené datové signály RDS. Výstupem těchto IO je řada datových výstupů, které lze při dekódování využít.

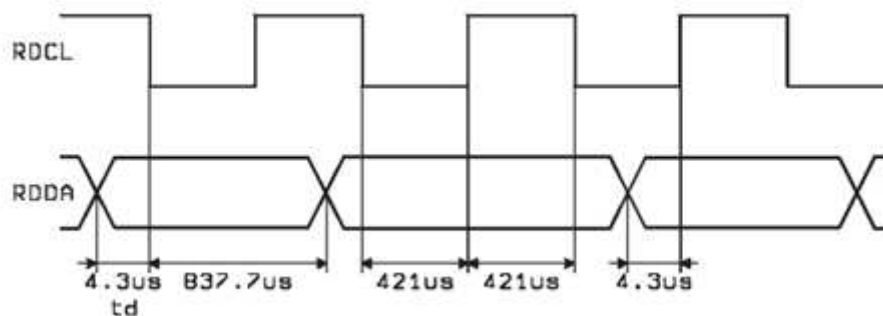
Při návrhu bylo možné použít IO SAA6579 nebo IO TDA 7330B. Oba typy IO jsou navrženy s ohledem na minimální počet vnějších součástek. Při rozhodování o volbě obvodu tedy nemusíme brát v potaz požadavek na malý počet součástek. Prvně jmenovaný IO je dostupný v pouzdru pro povrchovou montáž, což je vhodné zejména pro miniaturní přijímače rozhlasu, to ovšem není náš případ. Nabízí se i IO TDA 7330BD, rovněž pro povrchovou montáž. Pro naše účely však není důležité hledisko rozměru, budeme proto využívat obvod TDA 7330B.

Na obr. 4.1 vidíme blokové uspořádání TDA 7330B a připojení součástek z doporučeného zapojení. Vstup *MPXIN* slouží pro připojení signálu z demodulátoru FM přijímače VKV. Důležitým prvkem v zapojení je přesný krystal 4,332 MHz, bez kterého by nebylo možné přesně generovat hodinový signál a data. Pro informaci o kvalitě signálu lze využít výstup *QUAL*, na kterém se při kvalitním signálu objeví logická 1. Dalším indikátorem může být výstup *ARI*, který při přítomném signálu ARI nebo RDS + ARI poskytuje logickou 1. Naopak při pouhém RDS je v log. 0. V nedefinované úrovni se nachází tehdy, pokud se nevyskytují žádné signály.



Obr. 4.1 Blokové schéma integrovaného obvodu TDA 7330B. Převzato z [12].

V našem případě jsou nejdůležitější výstupy *RDCL* a *RDDA*. Je to hodinový a datový signál, který slouží pro další zpracování, jehož cílem je dekodovat a zobrazit nebo jinak využít přenášené signály. Příklad průběhu datových signálů je znázorněn na obr. 4.2 – data *RDDA* jsou platná vždy po změně signálu *RDCL*. Na obr. 4.2 je zobrazen skluz taktu, ke kterému dojde při příjmu nekvalitního signálu na vstupu TDA7330B.



Obr. 4.2 Časový průběh datových signálů z výstupu obvodu TDA 7330B.
Převzato z [12].

Při návrhu dekodéru byla věnována pozornost na případné další využití. Proto na rozdíl od integrovaných dekodérů v přijímačích VKV modul dekodéru RDS obsahuje sériové rozhraní pro připojení k osobnímu počítači. V tomto případě je širší možnost využití získaných dat, jelikož pro zpracování v PC již nejsme omezeni malým displejem ani mikropočítačem. Lze tak realizovat celou řadu dodatečných měření a testování, dekódování prakticky všech služeb RDS atd. Pro dekódování dat v PC existuje řada programů.

Obvod TDA7330B poskytuje datové signály *RDDA* a *RDCL* v úrovni TTL (tzn. 0-5V) z čehož plyne nutnost použití převodníku pro sériovou sběrnici RS-232 (na straně PC). Existuje celá řada firem a tím i obvodů, které zajistí převod úrovní. Nevýhodou je ovšem vyšší cena a složitější realizace plošného spoje. V našem případě byla zvolena a v praxi odzkoušena metoda pomocí kondenzátorů. Jeden elektrolytický kondenzátor je sériově připojen mezi *RDDA* a RS-232 DSR (Cannon9, pin 6) a druhý elektrolytický kondenzátor je sériově připojen mezi *RDCL* a RS-232 RI (Cannon9, pin 9). Oba kondenzátory jsou zapojeny záporným pólem k RS-232. Zem demodulátoru RDS je připojena přímo na RS-232 (Cannon9, pin 5).

Zapojení dekodéru RDS obsahuje displej jako je tomu u komerční verze dekodérů. Na displeji je možné zobrazovat jen některé základní kódy RDS (více v kapitole 5.2). Aby bylo možné data dekódovat a zobrazit na displeji, musí pro tyto účely dekodér RDS obsahovat vhodný obvod. Takovou funkci dokáže velmi spolehlivě zajistit mikrokontrolér. Mikrokontrolérů je dnes na trhu celá řada. Z hlediska potřebných portů, paměti, velikosti a ceny byl zvolen mikrokontrolér od firmy Atmel z řady ATtiny2313. Na jeho vstup jsou přivedeny datové výstupy obvodu 7330B, dále je důležité připojení krystalu a jako výstup je připojen maticový LCD displej, který bude pracovat v 4bitovém režimu. Všechno ostatní je již programová záležitost.

Pro zobrazení zpráv z dekodéru RDS je vhodné zvolit displej, který umožňuje současné zobrazení několika znaků.

Vzhledem k zvoleným součástkám bude celý obvod napájen stejnosměrným napětím 5V. Na desce bude osazen konektor pro napájení z univerzálních stejnosměrných zdrojů s ochranou proti přepólování a vhodný stabilizátor napětí.

5. Praktická realizace dekodéru RDS

Předcházející kapitoly byly věnovány teoretickým znalostem v oblasti přenosu dat v pásmu VKV a byly popsány jednotlivé funkce technologie RDS. Aby bylo naplněno zadání této práce, následující kapitola bude věnovaná praktické realizaci dekodéru zpráv RDS.

Dekodér je zhotoven jako plně funkční vzorek pro dekódování zpráv RDS. Není realizován jako doplněk pro konkrétní přijímač VKV, ale je vyroben univerzálně. Jeho využití je možné u jakéhokoliv přijímače VKV, u kterého je však předpokladem možnost připojení k výstupu koincidenčního nebo poměrového demodulátoru.

5.1 Schéma a popis zapojení

Na obr. 5.1 vidíme kompletní zapojení dekodéru RDS. Je zde využito integrovaného demodulátoru TDA7330B a mikrokontroléru ATtiny2313. Tyto IO obsahují většinu důležitých obvodů, takže je minimalizován celkový počet součástek.

Napájení celého obvodu je řešeno pomocí konektoru J1. Kladný pól ve středu konektoru, záporný pól na vnější straně konektoru. Doporučený rozsah stejnosměrného napájecího napětí $U = 8$ až $15V$. Napájecí proud $I < 700$ mA. Obvod demodulátoru je chráněn proti přepólování.

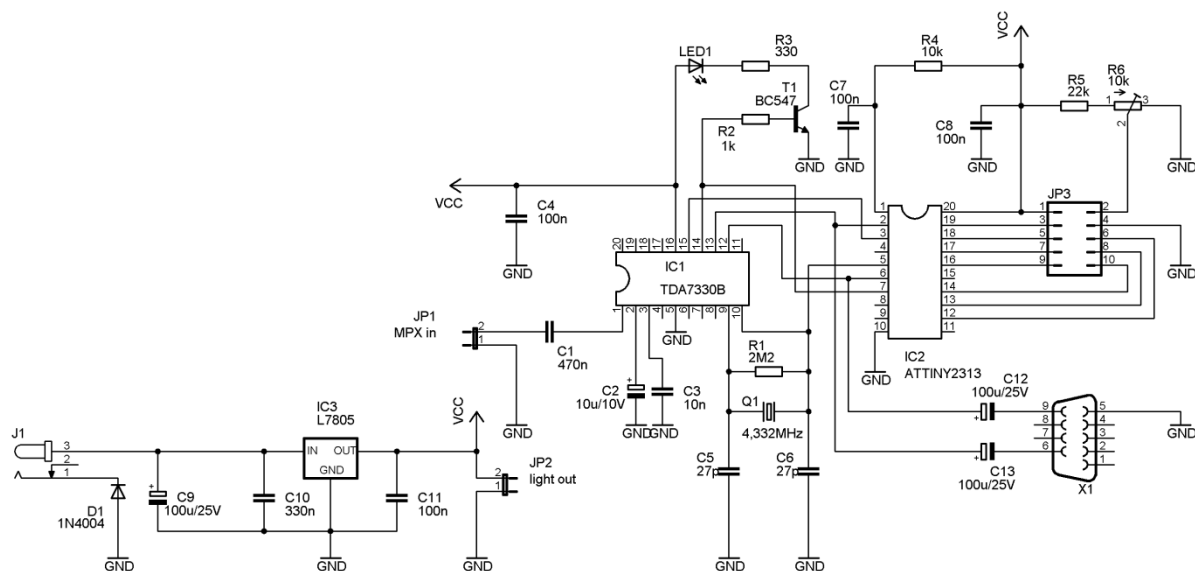
Aby dekodér správně pracoval, je nutné připojit kvalitní signál z detektoru přijímače VKV. Pro připojení vnějšího zdroje signálu – nf multiplexu, je určen konektor JP1. Minimální amplituda nf signálu je stanovena na 200mV. Stínění tohoto signálu patří na konektor JP1, pin 1. Z důvodů minimalizování nežádoucího rušení se doporučuje použít stíněný kabel malé délky.

Pro zobrazení zpráv z dekodéru je využit monochromatický maticový LCD displej s řadičem. Displej má 2 řádky a na každém z nich umožňuje zobrazit 16 znaků. Displej je na externí desce, propojení je realizováno plochým datovým kabelem a konektorem s označením JP3. Pokud bude zachován stejný typ displeje, jako je uvedeno v seznamu součástek, platí zapojení konektoru JP3 uvedené v tab. 5.1. Pokud se rozhodneme využít podsvícený displej, tak pro napájení lze využít konektor JP2, kladný pól je přiveden na pin 2, výstupní napětí je $U = 5V$, maximální odebíraný proud $I < 400$ mA. Jelikož použitý displej podporuje změnu kontrastu, byl pro tyto účely osazen na desku trimr R6.

Dekodér je navržen i pro dekódování zpráv, které nelze zobrazit na displeji. Proto bylo zapojení navrženo s konektorem pro sériovou komunikaci. Jedná

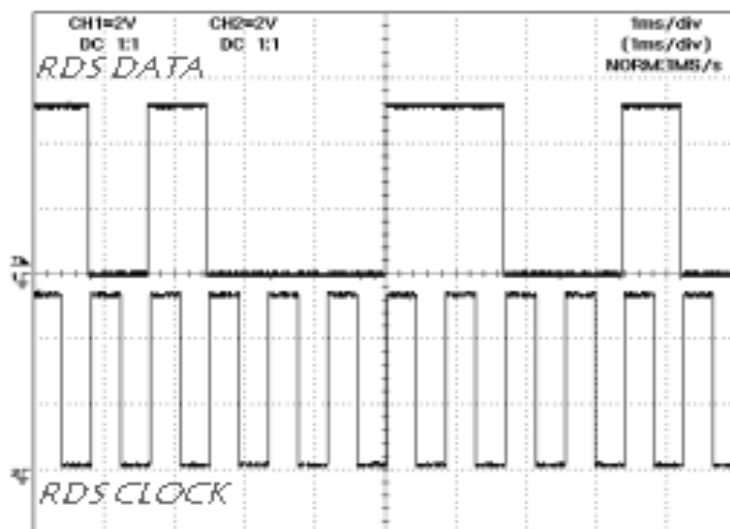
Pro zjištění, zda je přijímaný signál z přijímače VKV dostatečně kvalitní slouží LED1, která souvisle svítí pouze při dostatečně kvalitním signálu.

Konektor JP3	Displej
1	2
2	14
3	13
4	12
5	11
6	4
7	5
8	6
9	1
10	3



Dekodér je zhotoven na jednostranné desce plošných spojů. Schéma zapojení a deska plošných spojů jsou vytvořeny v programu Eagle. Integrované obvody jsou osazeny v precizních patičkách. Použití patic se doporučuje z mechanických důvodů,

aby nedošlo k znehodnocení integrovaných obvodů. Častá manipulace s IO se týká převážně mikrokontroléru, kde se předpokládá úprava software. Konektor JP3 je v provedení se „zámkem“, aby nedošlo k záměně vývodů a tím i možnému znehodnocení displeje. U ostatních konektorů není toto opatření nutné.



Obr. 5.2 Výstup signálů z TDA7330B

5.2 Program a jeho funkce

Po připojení dekodéru k napájení je zobrazena úvodní informace „RDS Dekoder“. Program čeká, až budou přijata dostatečně kvalitní data z demodulátoru. Po úspěšném načtení dat a jejich zpracování dojde k zobrazení služeb RDS, příklad je uveden na obr. 5.3.

Program dekodéru zpráv RDS umožňuje na displeji zobrazovat následující služby RDS:

- název programu (PS)
- dopravní vysílání (TP)
- dopravní zprávy (TA)
- identifikace programu (PI)
- textové informace (RT)

Jejich význam (kromě TP a TA – viz níže) je patrný i bez dalšího popisu.

Popis dopravních kódů TP a TA:

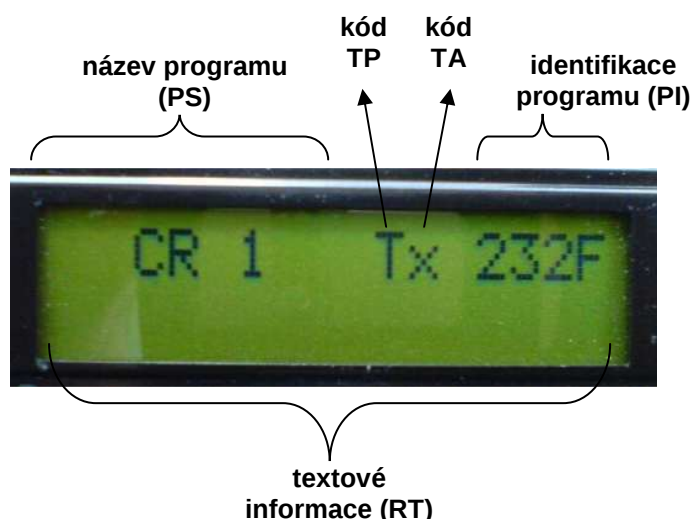
Kód TP: x = není podporována služba TP (bit TP = 0)
 T = je podporována služba TP (bit TP = 1)

Kód TA: x = není podporována služba TA (bit TA = 0)
 A = je podporována služba TA (bit TA = 1)

Další informace o významu dopravních kódů je možné najít v tab. 3.4.

Program pro obsluhu mikrokontroléru je vytvořen v programu AVR Studio od firmy Atmel. Pro naprogramování mikrokontroléru byl využit USB programátor rovněž od firmy Atmel.

Další podklady pro realizaci a program pro mikrokontrolér jsou uvedeny v příloze B.



Obr. 5.3 Umístění informací z dekodéru RDS na displeji

6. Závěr

Tato práce se zabývá problematikou přenosu informací pomocí rádiového datového systému, typem přenášených služeb a jejich využitím v rozhlasových přijímačích.

Po úvodním seznámení s historií přenosu datových zpráv pomocí rozhlasové sítě byl vysvětlen princip přenosu zpráv. V další části byly objasněny principy kódování na straně vysílače a dekódování dat v přijímači. Aby bylo možné chápat principy zpracování dat a následné rozmístění služeb ve skupinách, bylo nutné vysvětlit strukturu přenášených dat. Taktéž byly vysvětleny skupiny a jejich potřeba rozdělení na předem dané bloky s definovaným účelem a konkrétním typem vysílání.

Pozornost byla zaměřena především na jednotlivé služby RDS. Seznámili jsme se službou pro identifikaci programu, která díky jednoznačnému rozdělení oblastí umožňuje bezchybné fungování služby jako je např. vyhledání alternativních kmitočtů. Dále byla vysvětlena nejznámější služba RDS, která umožňuje okamžitou identifikaci názvu stanice prostřednictvím displeje přijímače. Vysvětlena byla rovněž služba typ programu, která slouží pro rozdělení stanic do žánrových kategorií. Samozřejmě byly popsány i služby týkající se dopravních zpráv, které lze díky systému ARI považovat za předchůdce datových zpráv RDS. Popsány byly i služby

pro přenos informací v jiných rozhlasových sítích, textové informace zvané RadioText a další méně známé služby. Nemohli jsme vynechat popis významné služby RDS-TMC, která slouží k zjištění průjezdnosti silnic a díky využití této technologie v navigačních přístrojích ji lze s výhodou použít pro dynamické navigování. V neposlední řadě je potřeba zmínit službu pro přenos rádiového pagingu, který má svůj význam i v době s masovým rozšířením mobilních telefonů.

Hlavním účelem práce bylo navržení a praktické sestavení dekodéru zpráv RDS. Při návrhu bylo nutné zvolit vhodné zapojení pro demodulaci dat. Následné zpracování mikrokontrolérem a zobrazení dat na displeji bylo doplněno o sériové rozhraní pro přenos dat pro dekódování v PC. Zpracování dat v PC totiž poskytuje více možností a díky tomu bylo možné ověřit celou řadu teoretických znalostí.

Na základě získaných poznatků vzniknul univerzální dekodér zpráv RDS schopný dekódovat název programu, dopravní hlášení, identifikaci programu a textové informace. Ostatní informace lze získat již zmíněným propojením s PC. Dekodér byl vyzkoušen s několika rádiovými přijímači a jeho funkce byla ve všech případech bezchybná. Jeho schopnost kvalitně dekódovat zprávy RDS je úzce spjata s kvalitou přijímače a kvalitou přijímaného signálu.

Vzhledem k tomu, že v současné době začíná v ČR probíhat digitalizace televizního vysílání a do budoucna se předpokládá i přechod na některou z variant digitálního rozhlasu, bude s postupem času vytlačováno analogové šíření rozhlasu a tím i technologie RDS. Digitální rozhlas přináší celou řadu výhod a obsahuje i doplňkové informace, které jsou shodné s řadou již dnes dostupných služeb RDS.

Použitá literatura

- [1] *Wikipedia* [online]. Wikimedia Foundation, Inc. [cit. 5. dubna 2008]. Dostupné na WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Radio_Data_System>.
- [2] EN50067. *Specification of the radio data system (RDS) for VHF/FM sound broadcasting in the frequency range from 87,5 to 108 MHz*. 1998.
- [3] ŠEDIVÝ, Jan. Univerzální modul 8051 a dekodér RDS pro přijímače FM. *Praktická elektronika*, 2000, č. 7.
- [4] *RDS-TMC v ČR* [online]. Central European Data Agency, a.s. [cit. 11. dubna 2008]. Dostupné na WWW: <<http://www.rds-tmc.cz/cz/historie.html>>.
- [5] *RDS-TMC v ČR* [online]. Central European Data Agency, a.s. [cit. 11. dubna 2008]. Dostupné na WWW: <http://www.rds-tmc.cz/cz/popis_systemu.html>.
- [6] ISO 14819. *Traffic and Traveller Information (TTI)*. 2003.
- [7] *Paging.cz efektivní mobilní komunikace* [online]. Multitone CZ s. r. o. [cit. 3. dubna 2008]. Dostupné na WWW: <<http://www.operator.cz/index.htm>>.
- [8] KOPITZ, D., MARKS, B. *RDS: The Radio Data System*. Boston: Artech House, ISBN 0-89006-744-9.
- [9] BENVENUTO, N., CHERUBINI, G. *Algorithms for Communications Systems and their Applications*. Chichester: John Wiley & Sons, 2002. 1200 stran. ISBN 0-470-84389-6.
- [10] ČSN EN 62106. *Specifikace rádiového datového systému (RDS) pro VHF/FM rozhlasové vysílání v kmitočtovém pásmu 87,5 MHz až 108,0 MHz*. 2002.
- [11] *Procesory AVR* [online]. Dostupné na WWW: <<http://www.micronics.de/>>.
- [12] TDA7330B – katalogový list firmy STMicroelectronics.
- [13] ATtiny2313 – katalogový list firmy Atmel.
- [14] PC1602L – katalogový list firmy POWER TIP.
- [15] Sada instrukcí pro programování procesorů Atmel.
- [16] *RDS decoder for Windows* [online]. Esslinger Data Engineering. [cit. 26. dubna 2008]. Dostupné z WWW: <<http://www.esslinger.de/rds/rdsdec.htm>>.
- [17] *RDS Forum* [online]. Dostupné z WWW: <<http://www.rds.org.uk/rds98/rds98.htm>>.

Seznam použitých zkratek a symbolů

AF	Alternativní frekvence
ALERT	Protokol pro přenos dopravních zpráv
ARI	Rozhlasový informační systém pro řidiče
CT	Datum a čas
ČR	Česká republika
ČSN	Česká technická norma
DEC	Desítková číselná soustava
DI	Informace dekodéru
EBU	Evropská vysílací unie
EN	Evropská norma
EON	Informace o jiných sítích
ERMES	Evropský standard pro celoplošné pagingové systémy
GPS	Globální poziční systém
HEX	Šestnáctková číselná soustava
IEC	Mezinárodní elektrotechnický standard
IH	Informace pro vysílajícího
IO	Integrovaný obvod
ISO	Mezinárodní organizace pro standardizaci
M/S	Hudba/řeč
MJD	Modifikované juliánské datum
PC	Osobní počítač
PI	Identifikace programu
PIN	Kód programu
PS	Název programu
PTY	Typ programu
RDCL	Hodinový signál obvodu TDA7330B
RDDA	Datový signál obvodu TDA7330B
RDS	Rádiový datový systém
RP	Rádiový paging
RT	Textové informace
TA	Dopravní zprávy
TDC	Transparentní datový kanál
TP	Dopravní vysílání
US	Spojené státy americké
UTC	Koordinovaný světový čas
VKV	Velmi krátké vlny
VPS	Programovací systém videa
R [Ω]	Odpor
C [F]	Kapacita
U [V]	Elektrické napětí
I [A]	Elektrický proud
f [Hz]	Kmitočet

Seznam obrázků

Obr. 2.1 Datový signál 57 kHz na výstupu kodéru RDS u vysílače, resp. přijímaný signál RDS na výstupu filtru 57 kHz demodulátoru RDS v přijímači. Převzato z [3]. ..	9
Obr. 2.2 Blokový diagram kódování dat RDS na vysílači. Převzato z [2].	10
Obr. 2.3 Blokový diagram dekódování dat RDS v přijímači. Převzato z [2].	10
Obr. 2.4 Struktura přenášených skupin	11
Obr. 2.5 Umístění bitů pro „kód typu skupiny“ ve skupině	12
Obr. 3.1 Umístění bitů pro identifikaci programu (PI) ve skupině	14
Obr. 3.2 Mapa Evropy s vyznačením oblastí států a přidělených kódů PI. Převzato z literatury [2].	15
Obr. 3.3 Umístění bitů pro název programu (PS) ve skupině	16
Obr. 3.4 Umístění bitů pro alternativní frekvence (AF) ve skupině	17
Obr. 3.5 Umístění bitů pro typ programu (PTY) ve skupině	19
Obr. 3.6 Umístění bitů pro dopravní zprávy (TA) a dopravní vysílání (TP) ve skupině	20
Obr. 3.7 Umístění bitů pro informace o jiných sítích (EON) ve skupině 14A	21
Obr. 3.8 Umístění bitů pro informace o jiných sítích (EON) ve skupině 14B	21
Obr. 3.9 Umístění bitů pro textové informace (RT) ve skupině	22
Obr. 3.10 Umístění bitů pro datum a čas (CT) ve skupině	23
Obr. 3.11 Znázornění směru a rozsahu při určování události. Převzato z [5].	26
Obr. 3.12 Umístění bitů pro službu dopravních informací (TMC) ve skupině	26
Obr. 3.13 Umístění bitů pro informace dekodéru (DI) ve skupině	27
Obr. 3.14 Umístění bitů pro přepínač hudba/řeč (M/S) ve skupině	27
Obr. 3.15 Umístění bitů pro kód programu (PIN) ve skupině	28
Obr. 4.1 Blokové schéma integrovaného obvodu TDA 7330B. Převzato z [12].	29
Obr. 4.2 Časový průběh datových signálů z výstupu obvodu TDA 7330B. Převzato z [12].	30
Obr. 5.1 Schéma zapojení RDS dekodéru	32
Obr. 5.2 Výstup signálů z TDA7330B	33

Seznam tabulek

Tab. 2.1 Skupiny a obsah přenášených dat	13
Tab. 3.1 Význam bitů b11 – b8 pro kód PI	15
Tab. 3.2 Význam vysílaných bitů pro službu AF	17
Tab. 3.3 Kategorie služby PTY pro zařazení vysílaného programu	18
Tab. 3.4 Binární kód služeb TP a TA a jejich význam	20
Tab. 3.5 Význam bitů d ₀ – d ₃ pro kód DI	26
Tab. 5.1 Popis zapojení konektoru JP3 a displeje	32

Přílohy

Seznam příloh

- A. Program pro dekodér RDS
- B. Podklady pro realizaci dekodéru RDS

Poznámka: Zobrazená předloha pro výrobu plošného spoje a osazovací plán jsou pouze informativní a neodpovídají měřítku. Pro výrobu DPS slouží soubory navržené v programu Eagle, které jsou přiloženy k dokumentaci na CD.

A. Program pro dekodér RDS

;RDS Dekodér

.include "tn2313def.inc"

```
.equ    STACKTOP      =0x6F          ;vrchol pro ukazatel zásobníku
.equ    LCDOUT        =PORTB        ;LCD port B
.equ    LCDIN         =PINB         ;LCD pin B
.equ    LCDTRIS       =DDRB         ;tri-state port B
.equ    RDS_IN        =PIND         ;RDS port D
.equ    RDS_TRIS      =DDRD         ;tri-state port D
.equ    RDS_PORT      =PORTD        ;port D
.equ    E             =PB0          ;LCD-enable pin PB0
.equ    R_W           =PB1          ;LCD-čtení/zápis pin PB1
.equ    RS            =PB2          ;LCD-register select pin PB2
.equ    RDS_DATA      =PD0          ;RDDA-data z TDA pin PD0
.equ    RDS_CLOCK     =PD2          ;RDCL-hodiny z TDA pin PD2

.def    SCROLLPOS     =r14          ;rotace-pozice
.def    SCROLLCNT     =r15          ;rotace-čítač
.def    W             =r16          ;work-pracovní registr
.def    DATA         =r17          ;MSB
.def    DATA1        =r18
.def    DATA2        =r19          ;registr pro 26bitů-jeden blok
.def    DATA3        =r20          ;LSB
.def    SYN           =r21          ;CRC-registr 1
.def    SYN1          =r22          ;CRC-registr 2
.def    LEV           =r23          ;čítač přijatých platných bloků
.def    BITCNT        =r24          ;bitový čítač
.def    STAT          =r25          ;hlavní příznakový registr
                                   ;-Bit 0=nastavena při kontrole bitů,vymazání při synchr. bitech
                                   ;-Bit 1=pokud je skupina kompletní
                                   ;-Bit 2=radiotext 1=A, 0=B

.def    XX            =r26          ;registr pro zpoždění
.def    XY            =r27          ;registr pro zpoždění
.def    W2            =r28          ;work2-pracovní registr
.def    LCD_REG1      =r29          ;registr pro LCD

.dseg
.org    0x70              ;výchozí adresa
BLOK1a: .byte 1           ;čtyři 16bitové datové-
BLOK1b: .byte 1           ;bloky-rozděleny pro zprac.
BLOK2a: .byte 1
BLOK2b: .byte 1
BLOK3a: .byte 1
BLOK3b: .byte 1
BLOK4a: .byte 1
BLOK4b: .byte 1
PI1:    .byte 1           ;16bitový PI
PI2:    .byte 1
v_RadioText:.byte 64      ;64byte RT

.cseg
vector_Reset:    rjmp start      ;začátek programu
vector_INT0:     rjmp serialdata ;načtení sériových dat
vector_OC1:      rjmp scroll      ;přerušení rotace

;přerušení po 1 bitu-----
.org 0x0b
serialdata: clc                ;smaže carry
            sbic RDS_IN,RDS_DATA ;test bitu RDS data
            sec                ;pokud 1, nastav carry
            rol DATA3         ;posun bitů
            rol DATA2         ;posun bitů
            rol DATA1         ;posun bitů
            rol DATA          ;posun bitů
            sbrc STAT,0        ;pokud příznak, tak kontrola bitů
            rjmp calcrc
            dec BITCNT          ;čítač -1
            ldi w,0x00          ;čítač 0
            cpse BITCNT,W      ;výpočet příznaku
```

reti

```
;výpočet příznaku-----
calcrc:  ldi BITCNT,0x1a          ;znovu načtení čítače
        andi DATA,0x03         ;výpočet příznaku použitím dekód. matice 10x26
        mov SYN,DATA            ;přesun CRC
        mov SYN1,DATA1
s03:     sbrs DATA3,0           ;data-bit 0
        rjmp s13
        ldi W,0x1b
        eor SYN1,W
        ldi W,0x03
        eor SYN,W
s13:     sbrs DATA3,1           ;bit 1
        rjmp s23
        ldi W,0x8f
        eor SYN1,W
        ldi W,0x03
        eor SYN,W
s23:     sbrs DATA3,2           ;bit 2
        rjmp s43
        ldi W,0xa7
        eor SYN1,W
        ldi W,0x02
        eor SYN,W
s43:     sbrs DATA3,4           ;bit 4
        rjmp s53
        ldi W,0xee
        eor SYN1,W
        ldi W,0x01
        eor SYN,W
s53:     sbrs DATA3,5           ;bit 5
        rjmp s63
        ldi W,0xdc
        eor SYN1,W
        ldi W,0x03
        eor SYN,W
s63:     sbrs DATA3,6           ;bit 6
        rjmp s73
        ldi W,0x01
        eor SYN1,W
        ldi W,0x02
        eor SYN,W
s73:     sbrs DATA3,7           ;bit 7
        rjmp s02
        ldi W,0xbb
        eor SYN1,W
        ldi W,0x01
        eor SYN,W
s02:     sbrs DATA2,0           ;bit 8
        rjmp s12
        ldi W,0x76
        eor SYN1,W
        ldi W,0x03
        eor SYN,W
s12:     sbrs DATA2,1           ;bit 9
        rjmp s22
        ldi W,0x55
        eor SYN1,W
        ldi W,0x03
        eor SYN,W
s22:     sbrs DATA2,2           ;bit 10
        rjmp s32
        ldi W,0x13
        eor SYN1,W
        ldi W,0x03
        eor SYN,W
s32:     sbrs DATA2,3           ;bit 11
        rjmp s42
        ldi W,0x9f
        eor SYN1,W
        ldi W,0x03
        eor SYN,W
s42:     sbrs DATA2,4           ;bit 12
        rjmp s62
```

```

        ldi W,0x87
        eor SYN1,W
        ldi W,0x02
        eor SYN,W
s62:    sbrs DATA2,6                ;bit 14
        rjmp s72
        ldi W,0x6e
        eor SYN1,W
        ldi W,0x01
        eor SYN,W
s72:    sbrs DATA2,7                ;bit 15
        rjmp s33
        ldi W,0xdc
        eor SYN1,W
        ldi W,0x02
        eor SYN,W
s33:    ldi W,0xf7                ;bit 3
        sbrc DATA3,3
        eor SYN1,W
s52:    ldi W,0xb7                ;bit 13
        sbrc DATA2,5
        eor SYN1,W

;kontrola bloků-----
        cpi LEV,0x03
        breq Dcheck                ;kontrola bloku 4
        cpi LEV,0x02
        breq Ccheck                ;kontrola bloku 3
        cpi LEV,0x01
        breq Bcheck                ;kontrola bloku 2
Acheck: cpi SYN1,0xd8                ;kontrola bloku 1
        brne clrblok
        cpi SYN,0x03
        brne clrblok                ;vynechat při neplatnosti
        rcall rolldat
        sts BLOK1a,DATA1            ;uloží platný blok
        sts BLOK1b,DATA2
        cbr STAT,0b00000001
        inc LEV                    ;nastaví blok 1 jako platný
        reti
Bcheck: cpi SYN1,0xd4                ;kontrola bloku 2
        brne clrblok
        cpi SYN,0x03
        brne clrblok                ;vynechat při neplatnosti
        rcall rolldat
        sts BLOK2a,DATA1            ;uložení bloku 2
        sts BLOK2b,DATA2
        cbr STAT,0b00000001
        inc LEV                    ;zakáže kontrolu bitů
        inc LEV                    ;nastaví blok 2 jako platný
        reti
Ccheck: lds W,BLOK2a                ;kontrola bloku 3
        sbrc W,3                    ;kontrola bloku 3, skup. A nebo B
        rjmp Ccheck2
        cpi SYN1,0x5c                ;kontrola bloku 3A
        brne clrblok
        cpi SYN,0x02
        brne clrblok                ;vynechat při neplatnosti
        rcall rolldat
        sts BLOK3a,DATA1            ;uložení bloku 3A
        sts BLOK3b,DATA2
        cbr STAT,0b00000001
        inc LEV                    ;zakáže kontrolu bitů
        inc LEV                    ;nastaví blok 3B jako platný
        reti
Ccheck2: cpi SYN1,0xcc                ;kontrola bloku 3B
        brne clrblok
        cpi SYN,0x03
        brne clrblok                ;vynechat při neplatnosti
        rcall rolldat
        sts BLOK3a,DATA1            ;uložení bloku 3B
        sts BLOK3b,DATA2
        cbr STAT,0b00000001
        inc LEV                    ;zakáže kontrolu bitů
        inc LEV                    ;nastaví blok 3B jako platný
        reti
Dcheck: cpi SYN1,0x58                ;kontrola bloku 4
        brne clrblok

```

```

        cpi SYN,0x02
        brne clrblok                                ;vynechat při neplatnosti
        rcall rolldat
        sts BLOK4a,DATA1                            ;uložení bloku 4
        sts BLOK4b,DATA2
        cbr STAT,0b00000001                        ;nastaví blok 4 jako platný
        sbr STAT,0b000000010                      ;nastaví skupinu jako kompletně přijatou
        reti

clrblok:  clr LEV                                    ;všechny bloky neplatné
        sbr STAT,0b00000001                        ;začátek nové kontroly od bloku 1
        reti

;uspořádání bitů do dvou skupin (2 byte)-----
rolldat:  ror DATA                                ;rotace dokud
        ror DATA1                                ;16 bitů bez CRC
        ror DATA2                                ;nejsou uvnitř
        ror DATA                                ;data1,data2
        ror DATA1
        ror DATA2
        ret

;začátek po restartu-----
start:    ldi W,0b00010000
        out WDTCSR,W                                ;zákaz-watchdog
        ldi W,STACKTOP                            ;nastavení-stack pointer
        out SPL,W
        ldi W,0b10000000
        out ACSR,W                                ;zákaz ADC
        ldi W,0b11111111
        out LCDTRIS,W                            ;výstup PortB
        ldi W,0b11100000
        out RDS_TRIS,W                            ;vstup PD0,PD2
        ldi W,0b00000101
        ldi W,0b11111111
        out RDS_PORT,W                            ;povolení zastavení
        ldi W,0x00
        out TCCR0,W                                ;zákaz-časovač0
        out TCCR1A,W                                ;zákaz-časovač1-výstup
        ldi W,0b00001100                            ;předdělička 256
        out TCCR1B,W
        ldi W,0xec
        out TCNT1H,W
        ldi W,0x38
        out TCNT1L,W
        ldi W,0x13
        out OCR1AH,W
        ldi W,0xc8
        out OCR1AL,W                                ;500ms-porovnání výstupu
        ldi W,0b01000000
        out TIMSK,W                                ;přerušení, porovnání
        ldi W,0b00000011
        out MCUCR,W                                ;přerušení L->H v INTO
        ldi W,0b01000000
        out GIMSK,W                                ;povolení INTO
        cli                                          ;zákaz přerušení

;běžné nastavení pro LCD-----
display_init: ldi W,0b00110000
        out LCDOUT,W                                ;inicializace LCD
        sbi LCDOUT,E
        cbi LCDOUT,E
lcd_delay:  ldi XX,0x70                            ;zpoždění
        clr XY                                    ;4.332Mhz
loop:      dec XY
        brne loop
        dec XX
        brne loop
        ldi W,0x20                                ;4bitový režim
        out LCDOUT,W
        sbi LCDOUT,E
        cbi LCDOUT,E
        ldi W,disp_off                            ;vypnutí
        out LCDOUT,W
        sbi LCDOUT,E
        cbi LCDOUT,E

```

```

    ldi W, disp_on
    rcall LCDSend_Cmd          ;zapnutí
    ldi W, clr_disp
    rcall LCDSend_Cmd          ;mazání
    ldi W, entry_inc
    rcall LCDSend_Cmd          ;vstupní režim
    ldi W, 0x80 + 2
    rcall LCDSend_Cmd
    ldi ZH, high(2*Inittable)   ;načtení zprávy
    ldi ZL, low(2*Inittable)
    rcall disp_mess             ;výstup zprávy
    clr SCROLLCNT               ;vymaz. čítače pro rotaci
    ldi W, 0xcf
    mov SCROLLPOS, W            ;načtení pozice pro rotaci
    rcall clear_RT

;hlavní smyčka-----
mainloop: ldi BITCNT, 0x1a      ;načtení bitového čítače
    sei                          ;povolení přerušení
wait:     sbrc STAT, 1          ;čekání na dokončení skupiny
    rjmp groupcomp
    rjmp wait

;časovač1-přerušení-----
scroll:   cli
    mov W, SCROLLPOS
    rcall LCDSend_Cmd          ;nastaví kurzor LCD
    ldi W2, 16                 ;načte 16 znaků
    ldi XL, v_Radiotext
    ldi XH, v_Radiotext>>8     ;začátek RT
    add XL, SCROLLCNT          ;přidá offset
scroll_01: ldi W, X+
    rcall LCDSend_Char
    dec W2
    tst W2
    brne scroll_01
    ldi W, 0xc0
    cp SCROLLPOS, W
    breq scroll_02
    dec SCROLLPOS
    rjmp scroll_03              ;začátek rotace
scroll_02: inc SCROLLCNT
scroll_03: ldi W, 64
    cp SCROLLCNT, W
    brne endscroll
    clr SCROLLCNT
    ldi W, 0xcf
    mov SCROLLPOS, W
endscroll: reti

;vymazání paměti RT-----
clear_RT: ldi XL, v_Radiotext   ;smaže RT
    ldi XH, v_Radiotext>>8
    ldi W, ''
    ldi W2, 79

clear_RT2: st X+, W
    dec W2
    brne clear_RT2
    ret

;testování skupiny-----
groupcomp: cli                  ;zákaz glob. přerušení
    ldi W, 0x06
    rcall LCDSend_Cmd          ;adresa nových znaků
    cbr STAT, 0b00000010       ;smaže příznak pro kompletní skupinu
    clr LEV                     ;smaže čítač bloků
    lds W, BLOK1a
    lds W2, PI1                 ;srovná PI v SRAM s vysílaným PI
    cp W, W2
    brne newpi
    lds W, BLOK1b
    lds W2, PI2
    cp W, W2

```

```

brne newpi
rjmp testgroup           ;kontrola rovnosti PI, kdyžtak:

newpi: lds W,BLOK1a
      sts PI1,W           ;uloží nový PI
      LDS W,BLOK1b
      sts PI2,W
      ldi W,clr_disp      ;maže LCD
      rcall LCDSend_Cmd
      rcall clear_RT

testgroup: rcall show_pi
          lds W,BLOK2a
          andi W,0b11111000           ;kontrola skupiny 0A
          breq group0
          cpi W,0b00001000           ;0B
          brne group2a              ;nebo další skupina

;název programu (PS), dopravní info (TP,TA)-----
group0: lds W,BLOK2b           ;načtení bloku s adresou pro PS
      clc
      andi W,0b00000011         ;vyznačení adresy PS-
      rol W                     ;-jedna adresa pro dva znaky
      sbr W,0b10000000         ;určení pozice kurzoru
      rcall LCDSend_Cmd        ;nastaví kurzor LCD
      lds W,BLOK4a             ;načtení prvního znaku PS
      rcall LCDSend_Char       ;zobrazení prvního znaku PS
      lds W,BLOK4b             ;načtení druhého znaku PS
      rcall LCDSend_Char       ;zobrazení druhého znaku PS
      lds W,BLOK2b             ;načtení skupiny pro službu TA
      sbrc W,4                 ;kontrola bitu TA
      rjmp taset              ;pokud je 1, skoč na návěští
      ldi W,0b10001010         ;pokud je 0, určení pozice kurzoru
      rcall LCDSend_Cmd        ;nastaví LCD
      ldi W,'x'                ;x = není TA
      rcall LCDSend_Char       ;zobrazí "x" na LCD = není TA
check: lds W,BLOK2a             ;návrat z TA, načtení bloku pro TP
      sbrc W,2                 ;kontrola bitu TP
      rjmp tpset              ;pokud je 1, skoč na návěští
      ldi W,0b10001001         ;pokud je 0, určení pozice kurzoru
      rcall LCDSend_Cmd        ;nastaví LCD
      ldi W,'x'                ;x = není TP
      rcall LCDSend_Char       ;zobrazí "x" na LCD = není TP
      rjmp endgroup

taset: ldi W,0b10001010         ;určení pozice kurzoru
      rcall LCDSend_Cmd        ;nastaví LCD
      ldi W,'A'                ;A = je TA
      rcall LCDSend_Char       ;zobrazí "A" na LCD = je TA
      rjmp check

tpset: ldi W,0b10001001         ;určení pozice kurzoru
      rcall LCDSend_Cmd        ;nastaví LCD
      ldi W,'T'                ;T = je TP
      rcall LCDSend_Char       ;zobrazí "T" na LCD = je TP
      rjmp endgroup

;textové informace (RT),skupina 2A-----
group2a: lds W,BLOK2a
        andi W,0xf0
        cpi W,0x20             ;kontrola skupiny 2A
        brne endgroup         ;jinak další skupina
        lds W,BLOK2b           ;načtení bloku s adresou pro RT
        andi W,0x0f            ;vyznačení adresy RT-
        lsl W                  ;-jedna adresa pro 4 znaky
        lsl W                  ;posun
        mov W2,W
        ldi XL,v_Radiotext      ;uložení RT do SRAM
        ldi XH,v_Radiotext>>8
        add XL,W2
        lds W,BLOK3a           ;načtení prvního znaku RT
        st X+,W
        lds W,BLOK3b           ;načtení druhého znaku RT
        st X+,W

```

```

        lds W,BLOK4a                ;načtení třetího znaku RT
        st X+, W
        lds W,BLOK4b                ;načtení čtvrtého znaku RT
        st X+, W
        rjmp endgroup

;kontrola konce skupiny-----
endgroup: sei                      ;nastaví přerušení
        rjmp wait                  ;vrací se na smyčku

;zobrazení identifikace programu (PI)-----
show_pi: ldi W,0b10001011          ;určení pozice na displeji
        rcall LCDSend_Cmd          ;nastaví LCD
        ldi W, ''
        rcall LCDSend_Char         ;zobrazení znaku
        lds W, PI1
        swap W
        rcall bin2ascii
        lds W, PI1
        rcall bin2ascii
        lds W, PI2
        swap W
        rcall bin2ascii
        lds W, PI2
        rcall bin2ascii
        ret

bin2ascii: andi W, 0x0F
        cpi W, 10                  ;větší než 10?
        brcc bin2ascii_1
        subi W, 0xD0               ;převod ascii 0-9
        rjmp bin2ascii_2

bin2ascii_1: subi W, 0xC9           ;převod ascii A-F

bin2ascii_2: rcall LCDSend_Char     ;zobrazení znaku
        ret

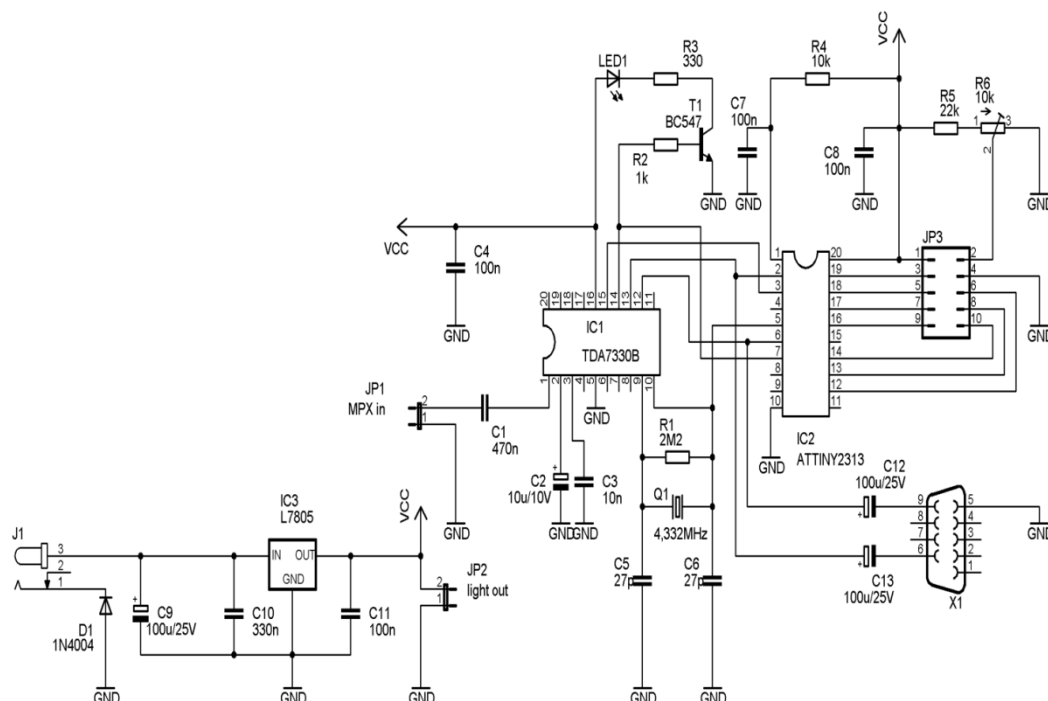
;displej, zpráva-----
.include "AVR_CLCD.ASM"           ;knihovna pro displej
;načtení úvodní zprávy
disp_mess: lpm                    ;načtení znaku
        tst r0                     ;kontrola konce zprávy
        breq end
        mov W,r0
        rcall LCDSend_Char         ;zobrazení znaku
        adiw ZL,1                  ;další znak
        rjmp disp_mess
end: ret

Inittable:
.db "Dekoder RDS",0              ;úvodní zpráva

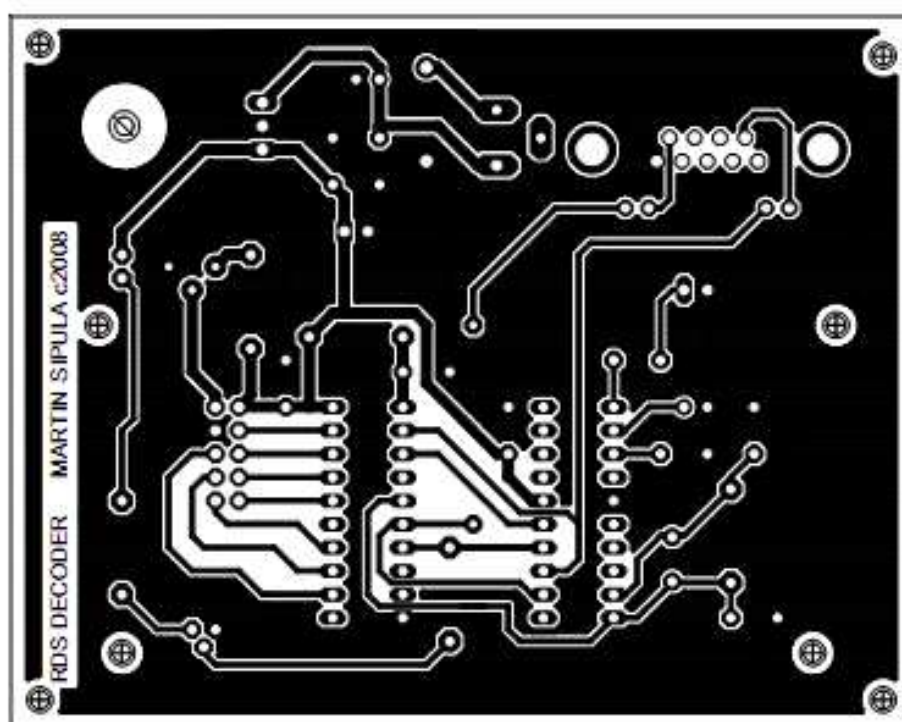
;KONEC-----

```

B. Podklady pro realizaci dekodéru RDS



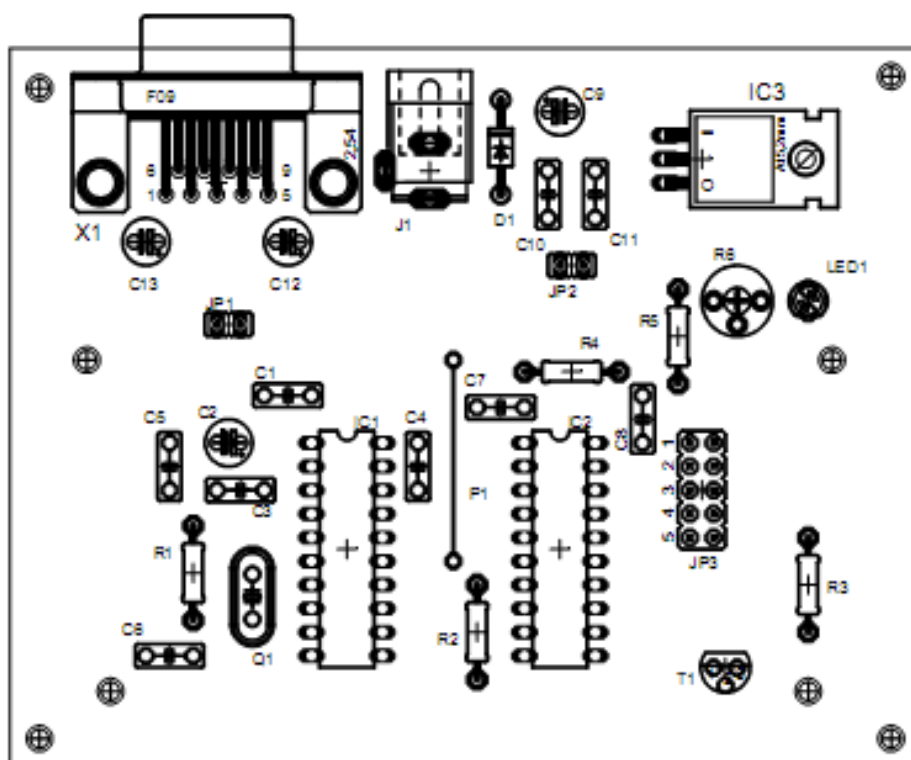
Obr. 1 Schéma zapojení dekodéru zpráv RDS



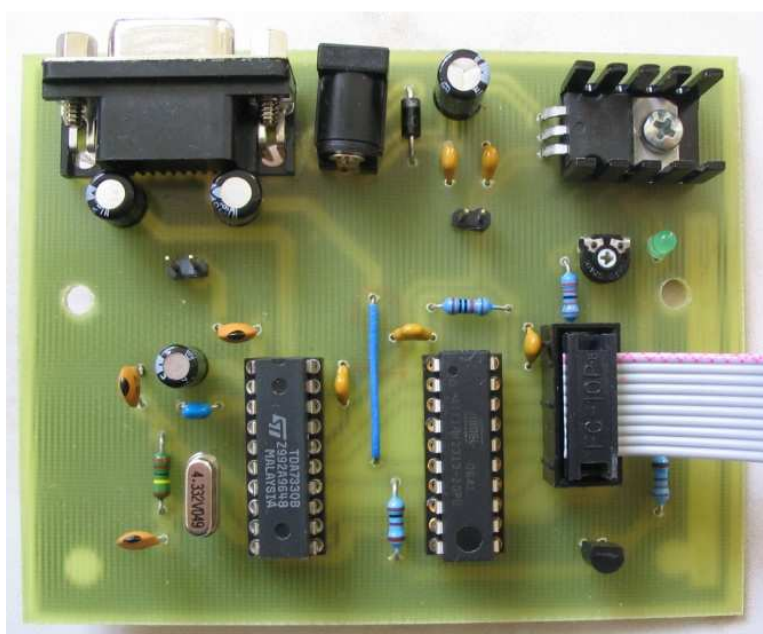
Obr. 2 Předloha pro výrobu plošného spoje RDS dekodéru

Tab. 1 Seznam součástek pro dekodér RDS

Označení	Hodnota
C1	470 nF
C2	10 uF/10V
C3	10 nF
C4, C7, C8, C11	100 nF
C5, C6	27 pF
C9, C12, C13	100 uF/25V
C10	330 nF
D1	1N4004
IC1	TDA7330B + precizní patice pro DIL20
IC2	ATTINY2313-20PU + precizní patice pro DIL20
IC3	L7805
R1	2,2 MΩ
R2	1 kΩ
R3	330 Ω
R4, R6	10 kΩ
R5	22 kΩ
T1	BC547
Q1	4,332 MHz
X1	konektor Cannon9
J1	vstup pro napájení dekodéru
JP1	vstup nf multiplexu
JP2	výstup napájení pro podsvícení displeje
LED1	LED 3MM
JP3	výstup pro displej
P1	drátová propojka



Obr. 3 Osazovací plán pro dekodér RDS



Obr. 4 Podhled na osazenou DPS dekodéru RDS