

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Implementace simplexního rádia 450 MHz do zařízení VS67

Bc. Peter Böserle

Diplomová práce

2008

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací techniky v dopravě
Akademický rok: 2007/2008

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Peter BÖSERLE

Studijní program: N3708 Dopravní inženýrství a spoje

Studijní obor: Dopravní infrastruktura-Elektrotechnická zařízení
v dopravě

Název tématu: Implementace simplexního rádia 450 MHz do zařízení
VS67

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Navrhněte a realizujte komunikační protokol, který bude zprostředkovávat komunikaci mezi simplexním rádiem 450 MHz a vozidlovou soupravou VS67.

Osnova diplomové práce:

- Seznámení s radiostanicí VS67
- Rozbor a popis komunikace po sběrnici RS485
- Návrh komunikačního protokolu
- Programová realizace v jazyku C
- Testování funkčnosti programu

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

Seznam doporučené literatury:

- Svoboda, Jaroslav :Telekomunikační technika – 1. díl, BEN 2002
- Vlach Jaroslav : Řízení a vizualizace technologických procesů 2002
- Vlach Jaroslav, Vlachová Viktorie : Počítačová rozhraní 2000
- Katalogové listy a dokumentace T - CZ, a. s.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jiří Motl
TC-Z a.s. Pardubice

Datum zadání diplomové práce:

26. února 2008

Termín odevzdání diplomové práce:

4. června 2008



prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.
děkan

L.S.



prof. Ing. Vladimír Schejbal, CSc.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 27. února 2008

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji panu Ing. Jiřímu Motlovi, vedoucímu mé diplomové práce, panu Ing. Milanovi Škorvagovi a panu Ing. Petrovi Bažantovi za cenné rady a připomínky, které mi poskytli v průběhu jejího zpracování.

Mé poděkování patří také rodině za všestrannou podporu při dosavadním studiu.

SOUHRN

Diplomová práce se zabývá návrhem a realizací komunikačního protokolu, který zprostředkovává komunikaci mezi vozidlovou soupravou VS67 firmy T–CZ, a. s. a simplexním rádiem 450 MHz. Software je navržen pro operační systém Linux.

V úvodní části je popsána charakteristika rádiového spojení používaného v železniční dopravě v ČR. Druhá a třetí část diplomové práce obsahují základní informace o vozidlové soupravě VS67 a sériové sběrnici RS485. Následující části se zabývají návrhem komunikačního protokolu, realizací zkušebního softwaru a vyhodnocením výsledků diplomové práce.

KLÍČOVÁ SLOVA

komunikační protokol; sériový přenos; sériová sběrnice RS485; vozidlová souprava VS67; GSM–R.

TITLE

The implementation of simplex radio 450 MHz into equipment VS67

ABSTRACT

The diploma thesis deals with proposal and realization of communications protocol for communication between locomotive cab radio VS67 of T–CZ and simplex radio 450 MHz. The software is proposed for Linux operating system.

There are basic information of radio communication used in railway traffic in Czech Republic described in the first part. Second and third part of thesis contains basic information about locomotive cab radio VS67 and serial bus RS485. Proposal, realization of communications protocol and evaluation of thesis results follow in the next parts.

KEYWORDS

communications protocol; serial transmission; serial bus RS485; locomotive cab radio VS67; GSM–R.

OBSAH

ÚVOD	- 9 -
1 CHARAKTERISTIKA RÁDIOVÉHO SPOJENÍ DO JEDOUČÍHO VLAKU	- 11 -
1.1 TERMINOLOGIE	- 11 -
1.2 DKS – DRÁŽNÍ KOMUNIKAČNÍ SYSTÉM	- 13 -
1.3 TRS – TRAŤOVÝ RÁDIOVÝ SYSTÉM.....	- 14 -
1.4 GSM–R.....	- 16 -
1.4.1 Obecná charakteristika GSM–R.....	- 16 -
1.4.2 GSM–R v ERTMS	- 16 -
1.4.3 Priorita GSM–R.....	- 17 -
1.4.4 Služby GSM–R.....	- 17 -
1.4.5 Specifické drážní funkce GSM–R.....	- 18 -
2 VOZIDLOVÁ SOUPRAVA VS67	- 19 -
2.1 OBECNÝ POPIS	- 19 -
2.2 ZÁKLADNÍ ČÁSTI ZAŘÍZENÍ VS67	- 21 -
2.3 BLOKOVÉ SCHÉMA VS67	- 22 -
2.4 BLOK LOGIKY VL67	- 23 -
2.4.1 Popis funkce VL67	- 24 -
3 SBĚRNICE RS485.....	- 25 -
3.1 POPIS SBĚRNICE	- 25 -
3.2 PŘENOS DAT.....	- 25 -
3.3 HARDWAROVÁ REALIZACE KOMUNIKACE	- 26 -
3.3.1 Zabezpečení přenosu dat proti poruchám.....	- 27 -
4 VLASTNOSTI DATOVÝCH PŘENOSŮ	- 28 -
4.1 TYPY PŘENOSŮ	- 28 -
4.1.1 Paralelní přenos	- 28 -
4.1.2 Sériový přenos	- 28 -
4.1.3 Synchronizace.....	- 28 -
4.1.4 Asynchronní sériový přenos.....	- 29 -
4.1.5 Sériový arytmičtý přenos	- 29 -
4.1.6 Sériový synchronní přenos.....	- 30 -
4.2 METODY PŘÍSTUPU NA SBĚRNICI.....	- 31 -
4.2.1 Periodická metoda.....	- 31 -
4.2.2 Neperiodická metoda	- 31 -
4.3 ZABEZPEČENÍ DAT PŘI PŘENOSECH.....	- 31 -
4.3.1 Parita.....	- 32 -
4.3.2 Kontrolní součet	- 33 -
4.3.3 CRC kód.....	- 33 -
4.4 KOMUNIKAČNÍ PROTOKOL.....	- 33 -
4.4.1 ISO/OSI referenční model	- 34 -
4.4.2 Protokoly v sériových přenozech.....	- 35 -
5 NÁVRH KOMUNIKAČNÍHO PROTOKOLU.....	- 36 -
5.1 SPECIFIKACE NAVRHOVANÉHO PROTOKOLU	- 36 -
5.1.1 Požadavky na vlastnosti vyvíjeného protokolu	- 37 -

5.1.2	Výběr metody přístupu na sběrnici	- 37 -
5.1.3	Přenosová rychlost.....	- 37 -
5.1.4	Základní sekvence protokolu.....	- 38 -
5.1.5	Interakce mezi RS485 a připojenými zařízeními	- 38 -
5.1.6	Zjednodušený formát zprávy	- 39 -
5.1.7	Základní formát zprávy.....	- 40 -
5.1.8	Obecný příkazový rám	- 40 -
5.1.9	Adresa.....	- 40 -
5.1.10	Konečný formát přenášených zpráv	- 41 -
5.1.11	Adresové a datové byty.....	- 41 -
5.1.12	Délka zprávy	- 41 -
5.1.13	Připojení a odpojení zařízení ke sběrnici.....	- 41 -
5.1.14	Konečný příkazový rám.....	- 42 -
5.1.15	Struktura adresového a datového bytu.....	- 42 -
5.1.16	Slot.....	- 43 -
5.1.17	Synchronizační byte	- 43 -
5.1.18	Kontrolní součet	- 44 -
5.1.19	Potvrzení o příjmu	- 44 -
5.1.20	Příposlech	- 45 -
5.1.21	Neurčitý stav na lince	- 45 -
5.1.22	Doba ustálení linky.....	- 45 -
5.1.23	Kolize	- 46 -
5.1.24	Přístup na sběrnici.....	- 46 -
5.1.25	Doba spánku	- 46 -
5.1.26	Komunikace	- 47 -
5.1.27	Rozhodování	- 49 -
6	PROGRAMOVÁ REALIZACE	- 50 -
6.1	HARDWAROVÉ PROSTŘEDKY	- 50 -
6.1.1	Modul MSM586SEN/SEV.....	- 50 -
6.1.2	Signály používané ve specifikaci RS232.....	- 51 -
6.1.3	Registry a porty RS232	- 51 -
6.2	SOFTWAREOVÉ PROSTŘEDKY.....	- 55 -
6.2.1	Vlákna a roury v operačním systému LINUX.....	- 55 -
6.2.2	Proces	- 55 -
6.2.3	Vlákno	- 55 -
6.2.4	Roura	- 56 -
6.3	NÁVRH PROGRAMU.....	- 58 -
6.3.1	Příjem dat ze simplexního rádia	- 58 -
6.3.2	Vysílání dat do simplexního rádia	- 58 -
6.4	REALIZACE PROGRAMU.....	- 62 -
6.5	POPIS PROGRAMU	- 62 -
6.5.1	Příjem dat ze simplexního rádia	- 62 -
6.5.2	Posílání dat do simplexního rádia	- 63 -
6.5.3	Testování funkčnosti aplikace	- 63 -
	ZÁVĚR	- 64 -
	SEZNAM OBRÁZKŮ	- 65 -
	SEZNAM TABULEK	- 66 -

SEZNAM ZKRATEK.....	- 67 -
SEZNAM PŘÍLOH.....	- 70 -
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	- 71 -

ÚVOD

Zvýšení bezpečnosti a kvality provozu na tratích Českých drah vyžadovaly a dodnes vyžadují spolehlivý radiokomunikační systém. Zajištění hlasové komunikace, přenos povelových informací a hlášení velkou měrou přispívají k bezpečnosti v železniční dopravě. Včasně varování jedoucího vlaku o hrozícím nebezpečí dispečerem nebo výpravčím může zabránit velkým materiálovým škodám a ztrátám na lidských životech.

V důsledku dopravních nehod pronikly počátkem 90. let na tratě ČD různí evropští a tuzemští výrobci rádiových sítí. Hledalo se vhodné systémové řešení pro celou síť ČD s tím, že ideální by byl tuzemský radiokomunikační systém, respektující mezinárodní doporučení UIC 751-3 a řešící kompatibilitu spojení na jiných evropských tratích. V první polovině 90. let TESLA Pardubice započala ve spolupráci s uživatelem, Českými drahami, vývoj radiokomunikačního systému, označovaného jako systém TRS, traťový rádiový systém.

Systém TRS byl neustále modernizován a rozšiřován o další funkce dle technických možností zařízení a především požadavků ČD. Výrobu zařízení v roce 1997 převzala T-CZ a. s., která pokračuje v generálních dodávkách, vývoji a koncepčním rozvoji tohoto tuzemského systému pro ČD dodnes.

Rádiové spojení na trati je realizováno tzv. stuhovým pokrytím tratě rádiovým signálem. V této studii se pohybuje lokomotiva vybavená mobilní soupravou radiostanic. Tato souprava je složena z duplexní radiostanice, simplexní radiostanice a ovládacích pracovišť na obou koncích lokomotivy.

Strojvedoucí má dvě možnosti spojení s výpravčím nebo s dispečerem ve stanici. Jednak za jízdy duplexním rádiovým kanálem po staze, jednak ve stanici pomocí duplexní nebo simplexní radiostanice.

Vozidlová souprava VS67 je univerzální zařízení firmy T-CZ, a.s., které splňuje požadavky na spojení v digitálních rádiových sítích. Může pracovat v drážním komunikačním systému (DKS), v traťovém rádiovém systému (TRS) nebo v globálním systému mobilní komunikace pro železniční aplikace, GSM-R.

Vozidlová souprava VS67 vznikla modernizací původních radiostanic. Tím ovšem také vyvstal požadavek na vývoj nového komunikačního protokolu, který má zajistit komunikaci mezi původními a inovovanými částmi radiostanice.

Náplní této diplomové práce je navrhnout a zrealizovat komunikační protokol, který umožní zprostředkovávat komunikaci mezi simplexním rádiem 450 MHz a vozidlovou soupravou VS67.

1 CHARAKTERISTIKA RÁDIOVÉHO SPOJENÍ DO JEDOUCÍHO VLAKU

1.1 Terminologie

Úvodem je nutné objasnit několik pojmů vyskytujících se dále v textu:

- Simplexní rádiový provoz a přenos dat :
 - a) Rádiový provoz probíhá obousměrně na jednom kmitočtu. Vysílat však může současně pouze jeden účastník.
 - b) Přenos dat probíhá na jedné lince pouze v jednom směru (jeden vysílač a jeden přijímač).
- Poloduplexní rádiový provoz a přenos dat
 - a) Rádiový provoz probíhá obousměrně na dvou kmitočtech, přičemž na každém kmitočtu se komunikuje v jednom směru, ale vysílat může vždy jen jeden z účastníků (jako simplex).
 - b) Přenos dat probíhá obousměrně přes jednu a tutéž linku, ale vysílat může současně pouze jeden vysílač (generátor signálu či ovladač sběrnice).
- Duplexní rádiový provoz a přenos dat
 - a) Rádiový provoz probíhá obousměrně na dvou kmitočtech, přičemž na každém kmitočtu se komunikuje v jednom směru a dva účastníci mohou vysílat současně.
 - b) Přenos dat probíhá obousměrně, současně po dvou linkách, přičemž každá linka je využita pro jeden směr.
- Generální volba – jednosměrný přenos řeči pro všechny hnací vozidla na traťovém úseku od dispečera nebo od výpravčího v dosahu jeho základnové radiostanice.
- GPS (Global Positioning Systém) – systém satelitní navigace a lokalizace umožňující určit velmi přesně polohu a rychlost v reálném čase.

- GSM – (Global System for Mobile communications) globální systém pro mobilní komunikaci.
- GSM–R (Global System for Mobile Communication for Railway) – komunikační systém pro hlasové i datové služby,
- Interoperabilita – systém obsahující soubor požadavků umožňující provoz mezi různými železničními správami.
- Kmitočtová čtveřice – mezinárodně dohodnuté duplexní komunikační kanály v pásmu 450 MHz s duplexním odstupem $10 \text{ MHz} \pm 50 \text{ kHz}$ dle UIC 751-3.
- Modulace GMSK (Gaussian minimum shift keying) modulace datovým signálem tvarovaným gaussovskou dolní propustí.
- Nouzové volání – prioritní volání (tísňové) z lokomotivy, doprovázené nouzovým signálem nebo od výpravčího bez priority v případě obsazené sítě.
- Priorita volání – přednost volání pro výpravčího nebo dispečera při obsazené síti.
- Retranslace – aktivace základnové radiostanice do retranslačního režimu v případě nouzového volání nebo pro případ semiduplexního spojení v dosahu jedné základnové radiostanice pro případ spojení mezi strojevodoucími.
- Rutinní informace – kódem předávaný povel od dispečera nebo výpravčího nebo hlášení ve směru od strojevodoucího.
- SELECTIC – historický, v České republice místy dodnes používaný systém. Jmenuje se podle bývalého výrobce radiostanic TESLA SELECTIC.
- Stuhová síť – uspořádání základnových radiostanic podél dopravní komunikace řízených z jednoho pracoviště.
- UIC – Union International de Chemin de Fer, Mezinárodní železniční unie – nejvýznamnější mezinárodní železniční organizace, založená v roce

1922, se sídlem v Paříži. Cílem je vytváření vhodných podmínek pro výstavbu a provoz železnic.

1.2 DKS – Drážní komunikační systém

Drážní komunikační systém DKS je systémová platforma umožňující provozování drážních aplikací v souvislosti s provozem vozidel na trati. Oblast využití systému DKS zahrnuje:

- funkci komunikačního prostředku s možností vazby na zabezpečovací prostředky vlaku
- řízení provozu vlakové dopravy
- sledování polohy vozidel

Systém DKS postihuje oblast verbální komunikace v plné provozní potřebě i možnost začlenění rádiového systému do řídicích a informačních technologií používaných v současné době u ČD, a tím získání operativního i provozně výhledového přehledu o železničním provozu na daných tratích .

DKS je koncipován i z hlediska určité možnosti zajištění bezpečnosti železničního provozu, která je využitelná zejména na tratích nižší provozní kategorie a to ve spolupráci s legislativními pravidly používanými na těchto tratích.

Vozidlová část, umožňuje svou koncepcí plynulý přechod od dříve používaných analogových systémů k digitálním plnohodnotným využitím starších analogových rádiových zařízení v pásmu 160 a 450 MHz, u ČD v minulých letech zavedených. Drážní komunikační systém DKS je systém, který svou provázaností na mobilní straně se systémem TRS a simplexní sítí 160 MHz umožňuje komplexní řešení problematiky rádiového spojení na tratích všech provozních kategorií. V případě potřeby přenosu dat nabízí DKS otevřené rozhraní pro přenos těchto dat [2].

Systém DKS využívá pro svůj provoz síť GSM veřejného operátora alternativně síť drážního provozovatele GSM–R. Systém DKS vzhledem ke své koncepci využívání sítě GSM veřejného operátora je závislý na pokrytí příslušné lokality nebo trati signálem GSM základnových radiostanic. Pro datové přenosy se u mobilních prostředků využívá datové spojení s využitím technologie GPRS. U dispečerských

stanic lze využít připojení na aplikační server DKS pomocí GPRS nebo pevným připojením.

Systém je možné provozovat u různých poskytovatelů služeb GSM operujících v ČR a případná změna poskytovatele služeb není vázána na změnu hardwaru a softwaru systému. Podmínkou výběru operátora je dostatečné pokrytí inkriminovaných lokalit signálem a základní standart služeb, který musí být pro DKS v dané lokalitě k dispozici [2].

1.3 TRS – Traťový rádiový systém

Traťový rádiový systém je vyvinut pro České dráhy, respektuje jejich specifické požadavky a je určen pro vytvoření stuhové rádiové sítě, která umožňuje bezdrátové spojení mezi pohyblivým objektem (lokomotivou – strojvůdcem) a pevným účastníkem (dispečerem, výpravčím) [3].

Technický popis:

- Rádiové spojení ve stuhové síti je realizováno v pásmech:
- 450 MHz jako plně duplexní pro spojení po celém úseku.
- 160 MHz jako simplexní spojení pro technologické procesy v prostorách nádraží.

Spojení se uskutečňuje na mezinárodně koordinovaných kmitočtových čtveřicích v pásmu 450 MHz dle doporučení UIC 751–3 a OSŽD 875/1 a tím je zabezpečena kompatibilita základního (mezinárodního) provozu s jinými systémy tj.:

- navázání hovorového spojení
- generální volba mobilních zařízení
- vysílání signálu NOUZE od mobilních zařízení

V pásmu 160 MHz je spojení realizováno na kanálech přidělených ČD.

Traťový rádiový systém umožňuje komunikaci s dispečerem, případně s výpravčím prostřednictvím dočasně vyčleněné základnové radiostanice ze stuhové sítě. K jednotlivým základnovým radiostanicím lze připojit až tři pracoviště výpravčích.

Základnová radiostanice a ovládací pracoviště výpravčího může pracovat jako samostatný rádiový bod (ostrůvek) [3].

Traťový rádiový systém je složen z dílčích zařízení:

1. Mobilní zařízení

- Lokomotivní souprava VS47

2. Stacionární zařízení

- Základnová radiostanice ZR47
- Pracoviště dispečera (výpravčího) obsahující:
 - ovládací blok ZL47
 - ovládací skříňku ZO47
- Traťový rozbočovač ZX47
- Přepojovač linek výpravčího ZV47
- Směrová radiostanice SR47

3. Vyhodnocení záznamu

- Zařízení pro vyhodnocení záznamu XX47

Systém umožňuje:

- Duplexní spojení dispečer – strojvedoucí: hovor, rutinní hlášení.
- Duplexní spojení výpravčí – strojvedoucí: hovor, rutinní hlášení. Základnová radiostanice je vyčleněna po dobu spojení ze stuhové sítě.
- Semiduplexní spojení mezi strojvedoucími retranslací v dosahu základnové radiostanice, selektivní volbu, identifikaci, rutinní informace.
- Dálkové zastavení vlaku selektivně nebo všech vlaků ve stuhovém úseku od dispečera a stejně tak od výpravčího v dosahu vyčleněné základnové radiostanice.
- Dálkovou automatickou diagnostiku základnových radiostanic.
- Záznam dispečerského spojení i spojení výpravčího na zvolené záznamové zařízení.

- Rekonstrukci spojení pomocí zařízení pro vyhodnocení záznamu [3].

1.4 GSM–R

1.4.1 Obecná charakteristika GSM–R

GSM–R (Global System for Mobile Communication for Railway), tedy globální systém mobilní komunikace pro železniční aplikace, zajišťuje potřebnou interoperabilitu a kompatibilitu v oblasti rádiové komunikace na tratích evropského konvenčního železničního systému dle specifikace TSI CCS (technické specifikace interoperability v oblasti řízení a zabezpečení).

Systém GSM–R sestává z části infrastrukturní a části mobilní oddělené vzdušným prostředím, na kterém probíhá komunikace na tzv. rádiovém rozhraní [4].

- Mobilní část systému je představována přenosnými a vozidlovými radiostanicemi uživatele.
- Vlastní infrastrukturní část systému je možno rozdělit na dvě základní části:

a) Síťová a spínací část s vybavením pro správu a dohled nad systémem a pro připojení na okolní telekomunikační síť.

b) Rádiová část, kterou tvoří jednotlivé kontroléry základnových radiostanic a jednotlivé skupiny řízených základnových radiostanic rozmístěných podél tratí a oblastí zajišťující vlastní pokrytí rádiovým signálem [4].

1.4.2 GSM–R v ERTMS

GSM–R tvoří základní prvek projektu ERTMS.

Projekt ERTMS – (European Rail Traffic Management System) v sobě integruje základní komponenty a systémy, jejichž hlavním cílem je vytvořit podmínky pro zajištění technické interoperability v evropské železniční síti [4].

Projekt ERTMS proto pokrývá následující oblasti:

- Komunikace – projekt EIRENE – European Integrated Railway radio Enhanced Network v jehož rámci byly vytvořeny funkční a systémové specifikace jednotného rádiového systému (GSM–R).

- Zabezpečení – projekt ETCS (European Train Control System) specifikující evropský vlakový zabezpečovač a zajišťující interoperabilitu v oblasti zabezpečovací techniky.
- Řízení – ETML (European Traffic Management Layer) – část systému ERTMS řešící řízení provozu na evropských koridorech z nadnárodního hlediska.
- Provoz – jednotné provozní předpisy pro nové systémy komunikace, zabezpečení a řízení jízd vlaku – projekt EOR (European Operational Rules).

1.4.3 Priorita GSM–R

Prioritou GSM–R je zajistit maximální dostupnost a spolehlivost hlasového a datového přenosu, přičemž základnové stanice se svým umístěním snaží pokrýt jen omezené území v těsném okolí železniční tratě. Typické pro buňky GSM–R je velké vzájemné překrytí, které dosahuje až polovinu plochy buňky. Důvodem je snaha zajistit spolehlivé obslužení mobilní stanice v každém místě tratě. V případě selhání jedné z buněk nebude díky již zmiňovanému překrytí sousedními buňkami nijak ohrožena komunikace mezi vlakem a vlakovým dispečerem. Systém GSM–R je navržen pro rychlosti přes $350 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (GSM je navrženo do rychlosti $250 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) [5].

1.4.4 Služby GSM–R

GSM–R poskytuje následující služby:

Přenosové služby GSM

- Hlasová komunikace
- Klasické datové přenosy
- Paketové datové přenosy
- SMS

Specifické drážní funkce

- Adresování závislé na poloze
- Funkční adresování
- Nouzová volání
- Režim přímého spojení
- Režim posunu

1.4.5 Specifické drážní funkce GSM–R

Adresování závislé na poloze umožňuje dynamicky směřovat volání podle momentální polohy účastníka sítě GSM–R.

Funkční adresování umožňuje volat zvoleného účastníka sítě GSM–R podle jeho momentální funkce v systému řízení drážní dopravy pomocí jeho funkčního čísla přiřazeného ke klasickému telefonnímu číslu účastníka.

Režim posunu je speciálním druhem skupinového hovoru, při kterém je jednotlivým uživatelům akusticky indikována nepřerušenosť hlasového spojení s ostatními účastníky posunu v dané skupině, která je předem definována v systému GSM–R.

Rozšířené hlasové služby představují doplnění hlasových služeb poskytovaných původní specifikací GSM zejména v oblasti priorit a upřednostnění hovorů a v oblasti skupinových hovorů.

Skupinová volání představují novou třídu skupinových volání a další rozšíření původní GSM specifikace, která poskytovala hlasová volání pouze typu point-to-point. U obou typů skupinových volání se jedná o simplexní hlasové spojení, přičemž základní odlišnost mezi typem VGCS a VBS je v možnosti změny směru komunikace (změny řečníka) v rámci sestavené hlasové skupiny.

Volání typu VGCS (obousměrné volání) – v první fázi je řečníkem iniciátor skupinového volání, v další fázi hovoru je pak možno v rámci hlasové skupiny předávat funkci řečníka na libovolného člena skupiny, přičemž ostatní účastníci skupiny jsou v roli posluchače.

Volání typu VBS (jednosměrné volání) – řečníkem hlasové skupiny je iniciátor skupinového volání a není možno funkci řečníka v rámci skupiny předávat [4].

2 VOZIDLOVÁ SOUPRAVA VS67

2.1 Obecný popis

Vozidlová souprava VS67 firmy T-CZ, a.s. je výsledkem inovace původních radiostanic na úroveň univerzálního zařízení splňující požadavky na spojení v digitálních rádiových sítích.

VS67 je 4 systémová lokomotivní souprava, která jako mobilní část drážního komunikačního systému DKS zajišťuje hlasové a datové spojení v sítích GSM a GSM-R, duplexní spojení ve stuhové síti dispečera nebo výpravčího v kmitočtovém pásmu 450 MHz a simplexní spojení s jinými lokomotivami a s účastníky na trati v kmitočtovém pásmu 160 MHz. Souprava tedy může pracovat v systému TRS, DKS, nebo GSM-R. Součástí lokomotivní soupravy je modul GPS pro lokalizaci polohy vozidla.

VS67 je koncipována jako multiprocessorový systém, jehož jednotlivé klíčové části mají vlastní řídicí mikropočítač a pracují do značné míry autonomně na základě řídicích informací posílaných ze skříňky logiky. Ke spojení skříňky logiky s jednotlivými částmi sestavy VS67 slouží sériové rozhraní, které odpovídá specifikaci RS485 a pracuje s přenosovou rychlostí 2 400 baudů. Mezi VL67 a ovládacími skříňkami VO67 se komunikuje přenosovou rychlostí 19 200 Bd s vlastním protokolem.

Organizace spojení ve stuhové síti odpovídá doporučení UIC751-3 a tím zabezpečuje kompatibilitu základního provozu s jinými systémy (navázání hovorového spojení, generální volbu, vyslání signálu nouze). Kromě této systémové signalizace lze v duplexní síti přenášet:

- do vlaku pomocí selektivní volby (šestimístné číslo vlaku) různé povely od dispečera nebo výpravčího,
- z vlaku k dispečerovi nebo výpravčímu různá sdělení.

V dosahu jedné základnové radiostanice může VS67 pracovat v otevřené semiduplexní síti pomocí retranslace touto základnovou radiostanicí. Na tratích bez stuhové sítě může VS67 pracovat v otevřené semiduplexní síti.

V simplexní síti je možné zvolit jeden z 99 kanálů a pracovat v otevřené síti bez selektivní volby nebo v síti SELECTIC. Provoz duplexní sítě má přednost před provozem v simplexní síti [6].

V režimech GSM a GSM-R lze volat dispečera, příslušného výpravčího či účastníka jízdy. Pro spojení s dispečerem nebo výpravčím je použit základnový terminál GSM, respektive GSM-R na jejich pracovištích. Lze též přijímat příkazy včetně dálkového zastavení vlaku STOP a přijímat a odesílat SMS. Modul GPS lokalizuje polohu vozidla, která může být odeslána a zobrazena na základnové soupravě ZS67 na pracovišti dispečera nebo výpravčího.

Blok logiky VL67, zajišťuje komunikaci v GSM režimech a spojení s VL47 pro komunikaci v TRS. Tím je umožněn strojvůdci bez větší změny v ovládní přejezd z trati vybavené stuhovou sítí TRS na trať, kde je komunikace provozována rádiovou sítí GSM ať už veřejným operátorem nebo GSM-R v rámci digitálního komunikačního systému DKS [6].

Možnosti komunikace VS67:

TRS

- duplexní spojení v pásmu 450 MHz systému TRS
- simplexní spojení v pásmu 160 MHz
- příjem hlášení a povelů od dispečera nebo výpravčího
- odesílání hlášení dispečerovi nebo výpravčímu

DKS

- hlasové spojení s ostatními účastníky v síti GSM (veřejný operátor)
- datový přenos zpráv přes GPRS
- komunikaci v pásmu 160 MHz
- lokalizaci vozidla prostřednictvím GPS
- přenos polohy vozidla k řídicímu dispečerovi
- satelitní navigace GPS

GSM–R

- hlasové spojení s ostatními účastníky v síti GSM–R
- datový přenos zpráv v GSM–R
- komunikaci v pásmu 160 MHz
- lokalizaci vozidla prostřednictvím GPS
- přenos polohy vozidla k řídicímu dispečerovi
- satelitní navigace GPS
- funkční nastavení sítě GSM–R (priorita volání atd.)

Dálkové zastavení vlaku, tzv. adresný a generální stop, je umožněno ve všech třech uvedených režimech komunikace [6].

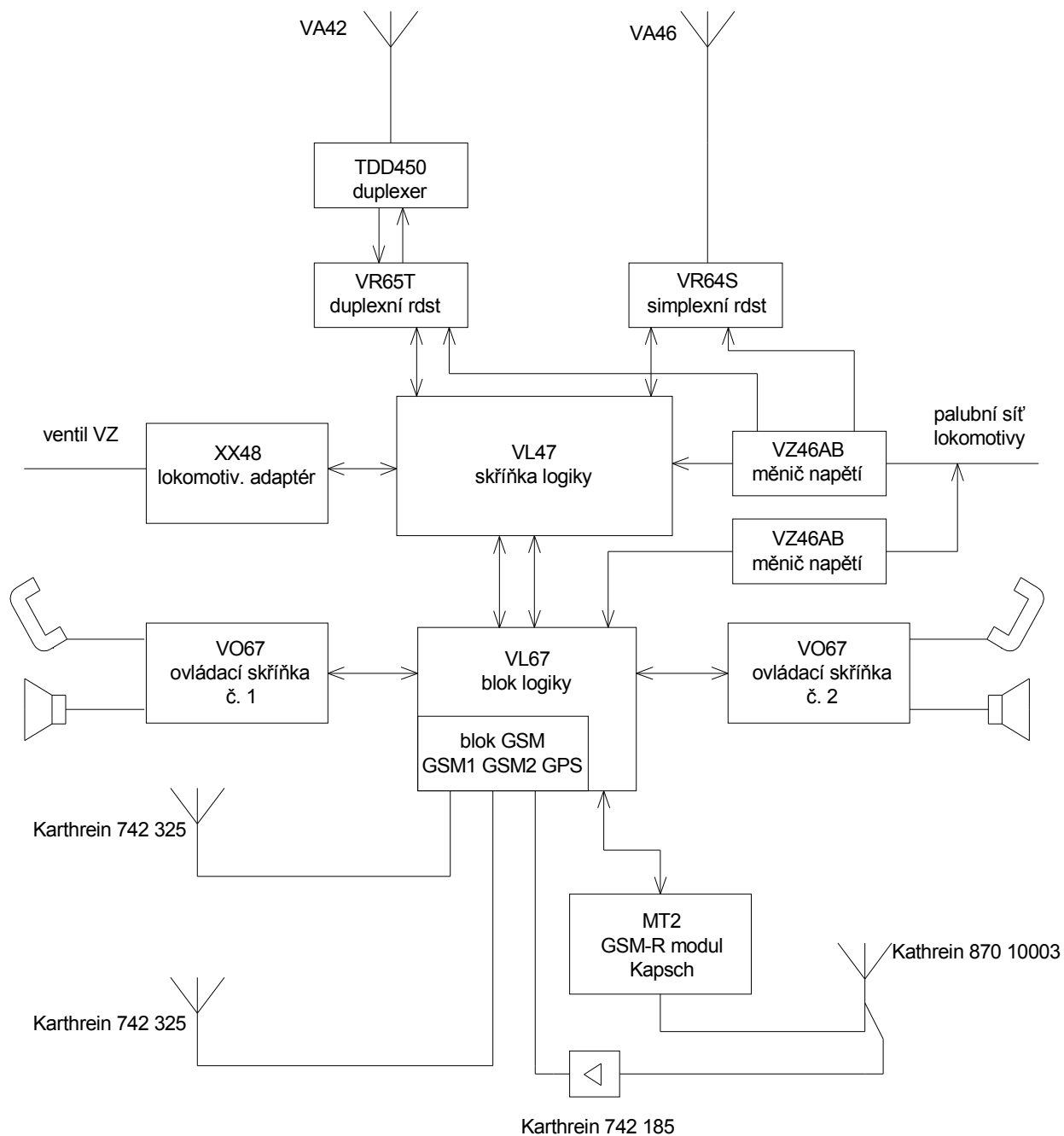
2.2 Základní části zařízení VS67

Lokomotivní souprava VS67 v plné konfiguraci je složena z dílčích zařízení:

VO67	Ovládací skříňka
VL67	Blok logiky (včetně GSM bloku a GPS)
MT2	GSM–R modul Kapsch
VL47	Skříňka logiky
VR65T	Duplexní radiostanice
VR64S	Simplexní radiostanice
VZ46AB nebo VZ46C	Měniče napětí, typ podle palubního napětí drážního vozidla
XX48	Lokomotivní adaptér pro vlakové zastavení
TDD450	Duplexer
VA42	Anténa (pro pásmo 450MHz)
VA46	Anténa (pro pásmo 160MHz)
Kathrein 742 325	Anténa GSM
Kathrein 870 10003	Anténa GSM/GPS

Tab. 2.1 – Základní části zařízení VS67

2.3 Blokové schéma VS67



Obr. 2.1 – Blokové schéma VS67

2.4 Blok logiky VL67

Blok logiky VL67 je díl soupravy VS67, což je obchodní název pro soupravu VS47 s GSM doplňky, který zprostředkovává komunikaci mezi díly dosavadní lokomotivní soupravy VS47 a novými ovládacími skříňkami VO67 (zapojen mezi VL47 a VO67).

Základní varianta obsahuje řídicí počítač, desku pro zpracování audio signálů a desku napájení.

Vnitřní uspořádání je takové, že dovoluje doplnění dalších modulů bez potřeby složité mechanické přestavby. Po doplnění příslušných modulů je schopen blok logiky zajišťovat funkci soupravy i v systémech GSM nebo GSM–R.

Provedení VL67 se liší v počtu a druhu uvnitř instalovaných modulů.

Označení	QN 087 01 Modul PC MSM586	QN 280 959 Deska audio TRS/GSM	QN 280 960 Deska napájení	QN 087 02 Modul GSM data	QN 087 03 Modul GSM audio	QN 280 961 Modul GPS
QN 380 129	X	X	X			
QN 380 130	X	X	X	X	X	X
QN 380 131	X	X	X			
QN 380 132	X	X	X			X
QN 380 133	X	X	X	X		X
QN 380 134						

Tab. 2.2 – Přehled provedení VL67

- QN 380 129 – standardní provedení dodávané s VS47, pouze TRS, po upgradu SW je možné připojení GSM–R modulu
- QN 380 130 – plně vybavená verze
- QN 380 131 – základní verze umožňující připojení GSM–R modulu, neobsahuje GSM a GPS moduly

- QN 380 132 – verze pro funkci lokalizace vozidla bez GSM audio funkcí s přenosem GPS dat pomocí externího GSM – data modulu, umožňuje připojení GSM–R modulu
- QN 380 133 – verze pro funkci lokalizace vozidla bez GSM audio funkcí s přenosem GPS dat pomocí vestavěného modulu, umožňuje připojení GSM–R modulu

Blok logiky a na něj připojené ovládací skříňky VO67 jsou napájeny (vždy jen jediná) napětím +13,2 V z měniče stejného typu, který je použit pro dané vozidlo v základních rámech soupravy VS47. Oba měniče jsou napojeny na tentýž přívod z palubní sítě vozidla.

2.4.1 Popis funkce VL67

Řídící počítač řídí ovládací skříňku VO67, jejíž displej a klávesnice vytváří rozhraní pro vzájemnou komunikaci s uživatelem. Při komunikaci se skříňkou logiky VL47 se řídící počítač jeví jako původní ovládací skříňka VO47.

V systému TRS jsou blokem logiky převáděny informace mezi ovládacími skříňkami VO67 a skříňkou logiky VL47 soupravy TRS tak, aby bylo dosaženo úplné funkce dle definice systému TRS.

Pro práci v systému GSM–R tak, aby byly splněny požadavky EIRENE musí být připojen 8 W GSM–R modul. Blok logiky zpracovává informace zadané nebo požadované obsluhou přes VO67 a pomocí GSM–R modulu jsou data odesílána nebo přijímána přes drážní GSM–R síť.

V síti veřejného operátora GSM blok logiky umožňuje dle výbavy operátora komunikaci, přenos dat přes GPRS nebo EDGE a funkci hlasového spojení.

Modul přijímače GPS funguje zcela nezávisle a má za úkol trvale poskytovat řídicímu programu informace o skutečné poloze vozidla. Data o poloze mohou být přenášena a ukládána na aplikační server, odkud si je může řídicí pracovník stáhnout a použít pro další účely.

Řídící systém je postaven na operačním systému Linux, další uživatelské rozšíření je možné nainstalováním příslušné uživatelské aplikace.

Bližší tech. spec. jsou uvedeny v příloze č. 1, blokové schéma pak v příloze č. 2.

3 SBĚRNICE RS485

3.1 Popis sběrnice

RS485 je průmyslová sběrnice využívající se pro sériovou asynchronní komunikaci v systémech pro řízení a přenos dat. RS485 umožňuje připojení více zařízení na jedno signálové vedení, tzv. vícebodovou komunikaci.

RS485 se uplatňuje především při přenosu malých objemů dat (jednotky až stovky kilobitů za sekundu) na větší vzdálenosti. Linky mohou být vedeny až na vzdálenost 1 200 m a lze je větvit. RS485 umožňuje obousměrné připojení až 32 zařízení (při použití vysokoodporových vstupů lze počet připojených zařízení rozšířit na 256) – jedná se o tzv. poloduplexní komunikaci. Připojení je realizováno prostřednictvím jednoho páru vodičů (kroucená dvoulinka) a jedná se o tzv. symetrické vedení. Kroucená dvoulinka vykazuje velmi dobré vlastnosti při interakci vodičů dvoulinky s jejím okolím. Konstrukční provedení snižuje vliv rušících napětí indukovaných do vodičů RS485 z vnějších rušivých elektromagnetických polí a také snižuje úroveň vyzařování z dvoulinky do okolí.

3.2 Přenos dat

Data jsou přenášena diferencially, tzn. signál, přenášený po kroucené dvoulince, je vyjádřen rozdílem potenciálů obou vodičů. Pokud je signál aktivní, na prvním vodiči je kladné napětí a na druhém vodiči záporné napětí. Je-li signál neaktivní, je tomu naopak. Přenos pomocí rozdílového napětí eliminuje vliv naindukovaného rušivého napětí vztaženého k nulovému potenciálu (zem), protože se na obou vodičích naindukují prakticky stejná velikost napětí.

Při přenosu dat se využívají 7–mi nebo 8–mi bitové rámce se start bitem a jedním nebo dvěma stop bity, případně s paritním bitem. RS485 používá diferenční vysílače s alternujícím napětím v rozsahu 0 V až 5 V. Invertovaný vodič je označován písmenem A, neinvertovaný vodič je označován písmenem B. Vodiče A a B jsou vysílačem buzeny v protifázi a přijímačem je vyhodnocován jejich napěťový rozdíl. Napěťový rozdíl A – B reprezentuje stav log. 1, stav log. 0 reprezentuje rozdíl B – A.

RS485 existuje ve dvou variantách:

a) Jednoduchá kroucená dvoulinka – všechna zařízení jsou připojena na jednu kroucenou dvoulinku. Každé zařízení (včetně Master) tedy musí mít třístavový budič. Komunikace probíhá po tomtéž vedení v obou směrech a proto je nutné softwarově ošetřit případné kolize, tedy zabránit současnému vysílání dvou zařízení na linku.

b) Dvojitá kroucená dvoulinka – v tomto zapojení je posílání dat od zařízení Slave k zařízení Master zprostředkováno pomocí druhé kroucené dvoulinky a proto zařízení Master nemusí obsahovat třístavový výstup. Jelikož se jedná o vícebodovou komunikaci, je nutné upravit u Master zařízení software tak, aby bylo možné obesílat všechna Slave zařízení dotazovacími pakety. Při větších objemech dat se tímto řešením zvýší datová propustnost.

Norma EIA–RS485 (ISO 8482) specifikuje fyzickou vrstvu sítě používající přenos dat prostřednictvím rozdílového napětí mezi dvěma vodiči. Fyzickou vrstvou je myšlena 1. vrstva modelu vrstevové síťové architektury (OSI). Podporuje fyzickou komunikaci a aktivuje a udržuje fyzické spoje. Norma definuje dále např. vstupní impedanci RS485 obvodů, rozdíl zemního potenciálu mezi různými zařízeními nebo např. maximální napěťový rozsah na vstupu přijímače (součet alternujícího signálového napětí a rozdílu zemních potenciálů). Norma také definuje velikost zkratového proudu mezi vodiči A a B, nebo proti zemi atd. [7].

3.3 Hardwarová realizace komunikace

Aby vysílač a přijímač pracovaly korektně, je nutné mezi uzemněním jednotlivých zařízení vytvořit zpětnou signálovou cestu. Realizaci můžeme provést uzemněním každého zařízení nebo pomocí třetího vodiče. U druhé možnosti je nutné do série zapojit rezistory, které slouží k zamezení vzniku nežádoucích proudů. Tyto vznikají z rozdílů zemních potenciálů.

Korektní zakončení vedení je důležité k eliminaci odrazů signálu na jeho koncích. Dalšími důvody jsou definování úrovně signálu na vedení a podmínka minimálního zatížení vysílače. Teoreticky správné je na konce vedení připojit rezistory o hodnotě shodné s impedancí vedení. Prakticky však nejsme schopni určit, které zařízení připojené na sběrnici je v daném momentě ve funkci vysílače a které ve funkci přijímače. Toto lze řešit připojením rezistoru s odporem $100\ \Omega$ na oba konce vedení.

Kvůli třístavovým výstupům, která mají všechna připojená zařízení, nastávají při každé změně komunikujícího zařízení nebo směru toku dat situace, kdy na vedení kvůli terminačním rezistorům není definován žádný stav, tzn. že $V_{ab} < 200$ mV (např. pokud jsou všechny vysílače uvedeny do stavu vysoké impedance). Hodnoty terminačních rezistorů stanovíme tak, abychom mohli na jedno vedení připojit maximální počet zařízení (32) se vstupní impedancí 12 k Ω . Zmiňované dva rezistory umístíme na konec kabelu (např. jako součást posledního zařízení na vedení) [7].

Tato možnost řešení je však možná pro rychlosti přenosu v desítkách kBd a za předpokladu správného provedení vedení. V praxi toto často splněno není a zakončení tak pouze snižuje úroveň signálu a tím i odolnost proti poruchám. Z tohoto důvodu je vhodné volit hodnotu ukončovacího rezistoru větší (do 1 000 Ω).

3.3.1 Zabezpečení přenosu dat proti poruchám

V systémech řízených sběrnic s přepínáním vysílač/přijímač bývají často dlouhé periody času, kdy je sběrnice v neaktivním stavu. Tento tzv. stav pasivní linky nastává odpojením všech vysílačů od linky a nastavením jejich výstupů do třetího stavu, do stavu vysoké impedance. Během pasivity linky není napětí na lince definované, tzn. je pohyblivé a neurčité. Následkem toho by přijímač (přijímače) mohl být náhodně a tedy v zásadě chybně překlápen do stavu log. 1 či log. 0 v závislosti na přítomnosti šumu a polaritě plovoucích linek.

Přitom je nežádoucí, aby obvody následující za přijímačem mohly vyhodnocovat poruchy jako platné informace. Přijímač by měl být schopen takovou situaci detekovat. Navíc je nutné chránit přijímač před takovými stavy na lince, protože kromě toho, že bývají příčinou chybného zpracování dat, mohou způsobit poškození přijímače [7].

Metody, které můžeme použít jako prevenci před vznikem těchto stavů jsou dvě: první z nich je použití systému přednastavovacích rezistorů, druhou je programové řešení s použitím komunikačního protokolu. Ve většině případů se přednost dává programově řešeným protokolům.

4 VLASTNOSTI DATOVÝCH PŘENOSŮ

4.1 Typy přenosů

Pro přenos informací se obecně používají dva způsoby:

- Paralelní přenos
- Sériový přenos

4.1.1 Paralelní přenos

Při paralelním přenosu se signálové prvky téhož datového proudu přenáší mezi vysílačem a přijímačem současně. K přenosu je zapotřebí příslušný počet souběžných (paralelních) vodičů. Paralelní přenosy se zpravidla používají pro přenos informace na kratší vzdálenosti, tzn. desítky metrů [8].

4.1.2 Sériový přenos

U sériového přenosu se signálové prvky téhož datového proudu přenáší mezi vysílačem a přijímačem sériově. Data jsou posílána postupně, bit po bitu. Zpravidla se jako první přenáší nejméně významný bit, jako poslední pak nejvíce významný bit. Nejmenší skupina dat přenášená sériově má obvykle rozsah 7 nebo 8 bitů a je označována jako znak (character). Sériový přenos dat se používá pro přenos informace na dlouhé vzdálenosti, tzn. stovky metrů [8].

4.1.3 Synchronizace

Každý bit je přenášen v rámci určitého bitového intervalu, tzn. přenos bitu není okamžitý, ale trvá určitou dobu (bitový interval). Přenášená data reprezentuje stav signálu během bitového intervalu. Příjemce vyhodnocuje stav přenášeného signálu v rámci bitového intervalu, přičemž rozhodující je okamžik vyhodnocení signálu. Na jeho základě se poté usuzuje, jaká data jsou přenášena.

Při přenosu informace je proto nutné u přijímače zajistit správné vyhodnocení okamžiků platnosti jednotlivých značek generovaných vysílačem. V opačném případě by docházelo k chybné interpretaci přenášených dat a k chybě. Přijímač a vysílač proto musí být vzájemně časově sladěny (synchronizovány) [8].

4.1.4 Asynchronní sériový přenos

Tento druh přenosu postrádá jakoukoliv synchronizaci. U asynchronního přenosu musí být začátek i konec každého bitového intervalu explicitně vyznačen, tzn. příjemci musí být sděleno, kdy začíná a kdy končí každý jednotlivý bitový interval. Interval nemá konstantní délku, tzn. jednotlivé bitové intervaly mohou trvat různě dlouho a při přenosu informace tedy nemusí být konstantní ani výsledná přenosová rychlost.

Nevýhodou asynchronního sériového přenosu je, že k realizaci jsou nutné tři stavy přenášeného signálu (neboli tzv. tříhodnotová logika). Dva stavy vyjadřují přenášenou binární hodnotu, třetí stav je potřebný pro vymezení začátku a konce bitového intervalu [10].

4.1.5 Sériový arytmičtý přenos

Přenos jednotlivých znaků u tohoto typu přenosu je asynchronní, přenos uvnitř jednoho znaku však probíhá synchronně.

Při arytmičtém sériovém přenosu není udržována synchronizace časových základů příjemce i odesílatele trvale, nýbrž jen na krátké časové intervaly, ve kterých se přenáší malé skupiny bitů. Vysílač a přijímač nemají společný hodinový signál, který by vymezoval intervaly platnosti značek. Přijímač však musí být schopen podle vhodného příznaku rozpoznat, kdy jednotlivý znak začíná. Přijímač i vysílač obsahují své vlastní hodiny, dostatečně přesné, aby se po fázovém zasynchronizování mohly po několik značkových intervalů považovat za izochronní (izochronní přenos dat je přenos s garantovanou rychlostí toku dat a s konstantním zpožděním, bez korekce chyb a opětovného zasílání dat) [10].

Tímto příznakem je tzv. start bit, kterým začíná každý asynchronně přenášený znak. Přijímač současně využívá start bit k nastavení své časové základny a tím ke správnému určení časového okamžiku, v němž poté vyhodnocuje stav následujících datových bitů [9].

Za datovými bity zpravidla následuje jeden tzv. paritní bit a dále stop bit. Stop bit v sobě nenesou žádnou informaci a jeho délka obvykle odpovídá délce jednoho nebo dvou datových bitů. Smyslem stop bitu je zajistit určitý minimální odstup mezi

jednotlivými znaky – vyslání následujícího znaku může začít nejdříve po odvysílání celého předchozího znaku, tedy včetně jeho stop bitu.

4.1.6 Sériový synchronní přenos

U synchronního sériového přenosu je synchronizace mezi přijímačem a vysílačem udržována po celou dobu datového přenosu. Synchronizaci je třeba udržovat průběžně, tzn. je nutné seřizovat generátory hodinového pulzu přijímače během celého přenosu.

Synchronizaci lze vyřešit několika způsoby:

- prostřednictvím samostatného synchronizačního signálu
- prostřednictvím redundantního kódování, tzn. zahrnutím časového signálu do kódování jednotlivých bitů.
- synchronizací z dat

Synchronní přenos dat zabezpečuje přenos dat konstantní přenosovou rychlostí, která je však omezena nejpomalejším zařízením na přijímací straně. Při synchronním přenosu jsou obvykle přenášeny celé bloky znaků. Datové bity jednotlivých znaků přitom následují těsně po sobě, bez časových odstupů. Začátek bloku je indikován jedním nebo několika speciálními synchronizačními znaky (tzv. znaky SYN), jejichž hlavním smyslem je pomoci příjemci přesně stanovit časové okamžiky, ve kterých má vyhodnocovat jednotlivé datové bity. Blok znaků je opět zakončen synchronizačními znaky, které mohou (ale nemusí) být nepřetržitě vysílány až do začátku následujícího datového bloku. Synchronní přenos je realizován pomocí izochronního signálu. Komunikační kanál je taktován společným hodinovým signálem (vedeným zvlášť nebo obsaženém v datovém signálu), který vymezuje intervaly platnosti jednotlivých značek [10].

Synchronní přenos je obecně rychlejší než asynchronní, neboť není zatížen režii připadající na start bity a stop bity. Jeho technická a programová realizace však bývá složitější než u přenosu asynchronního. Synchronní přenos se nejčastěji používá u bitově orientovaných protokolů, kde se informace seskupuje do rámců. V datových komunikacích se používá zejména pro přenos větších objemů dat [10].

4.2 Metody přístupu na sběrnici

Existují dvě základní metody přístupu na sběrnici:

- Periodická
- Neperiodická

4.2.1 Periodická metoda

Při periodické metodě je sběrnice přidělována postupně všem oprávněným zařízením v přesně definovaných časových intervalech. Centrální (master) stanice se pravidelně dotazuje všech podřízených (slave) stanic, jestli mají data k odeslání. Pokud ano, dotyčná stanice data odešle. Nemá-li data k odeslání, odpoví pouze potvrzovacím paketem nebo vůbec na dotaz nereaguje. Tento způsob přístupu na sběrnici se také označuje jako centrální přidělování (pooling).

4.2.2 Neperiodická metoda

Při neperiodické metodě, tedy v systémech, kde master stanice nemá prioritní funkci, můžeme použít metodu náhodného přístupu ALOHA. Kterákoliv stanice vysílá data bez ohledu na stav přenosového kanálu. V případě, že dojde ke kolizi (stanice neobdrží potvrzení o doručení), vysílání se opakuje. Tato metoda nevyužívá detekci stavu přenosového kanálu. U RS485 však přijímače mohou vyhodnocovat stav kanálu, a to neustále. To lze využít u přístupové metody ALOHA doplněné o detekci stavu kanálu. V tomto případě stanice zahájí vysílání pouze tehdy, kdy přenosový kanál nepřenáší žádná data.

4.3 Zabezpečení dat při přenosech

Při přenosech dat může docházet k chybám, v jejichž důsledku může příjemce chybně vyhodnotit příchozí data. Jednou z metod zabezpečení datového přenosu a předcházení vzniku chyb je použití tzv. bezpečnostních kódů.

Použití bezpečnostních kódů obecně znamená větší objem přenášených dat, výrazně se však prodlužuje doba, kdy dojde k neopravitelné chybě. Základní myšlenkou použití bezpečnostních kódů je transformace původních znaků podle přesně definovaných pravidel na znaky jiného typu. Takto upravená data jsou

příjemcem převedena zpět do jejich původního tvaru. Pokud příjemce přijme znak, který při daných pravidlech transformace neodpovídá relevantnímu znaku, může tento znak oprávněně považovat za chybně přenesený [9].

Obecně lze bezpečnostní kódy rozdělit na:

- detekční kódy – umožňují pouze vyhodnotit, že přijatý znak je chybný.
- samoopravné kódy – kromě detekce chyby umožňují i opravu chybně přeneseného znaku

4.3.1 Parita

Nejjednodušším způsobem zabezpečení znaku je přidání jednoho bitu k datovým bitům tak, aby celkový počet jedniček v odeslaném znaku byl lichý, popř. sudý:

- sudá parita – paritní bit je nastaven tak, aby celkový počet bitů nastavených do log. 1 byl sudý
- lichá parita – paritní bit je nastaven tak, aby celkový počet bitů nastavených do log. 1 byl lichý

Parita dokáže detekovat chybu v lichém počtu bitů. Chyby v sudém počtu bitů se z pohledu parity vzájemně ruší a nejsou tedy rozpoznány. V praxi se paritním bitem doplňují především malé skupiny bitů, kde pravděpodobnost výskytu chyby je malá (použití je možné např. u arytmičského přenosu).

V případě přenosu větších datových bloků (rámců, popř. paketů) může být parita použita dvěma různými způsoby (popř. současně):

- příčná parita – každý byte (slovo) v přenášeném bloku je opatřen vlastním paritním bitem
- podélná parita – jedním paritním bitem jsou zabezpečeny "stejnolehlé" bity ve všech bytech, resp. slovech přenášeného bloku.

Obě varianty parity umožňují detekovat, ve které části přenášeného bloku k chybě došlo. V případě příčné parity lze zjistit, ve kterém byte (slově) přenášeného bloku k chybě došlo, v případě podélné parity, ve které skupině "stejnolehlých" bitů [11].

4.3.2 Kontrolní součet

Další metodou zabezpečení proti poruchám může být kontrolní součet (checksum) hodnot přenášených dat. Vysílací i přijímací strana vypočtou kontrolní součet stejným postupem, což zajistí teoreticky stejný výsledek. Vysílač pak součet vyšle jako závěrečnou část zprávy a přijímač porovná oba součty – vypočítaný a přijatý. V případě neshody nevyšle potvrzení o příjmu.

Kontrolní součet se typicky provádí jako součet modulo 28 nebo modulo 216, tj. výsledkem je kontrolní součet o délce jednoho nebo dvou bytů.

Kontrolní součet lze vyhodnocovat průběžně při přijímání jednotlivých znaků bloku, tzn. každý nově přijatý znak se přičítá ke stávajícímu mezisoučtu. Kontrolní součet je účinnější než parita [9].

4.3.3 CRC kód

Nejúčinnější formu zabezpečení bloku dat představuje použití tzv. cyklických kódů – CRC (Cyclic Redundancy Check). Při CRC kódování je z vysílané zprávy nejprve vytvořen cyklický kód výpočtem CRC polynomu. CRC kód (16 popř. 32 bitů) je poté přidán ke zprávě a po přijetí zprávy je CRC oddělen od znaků zprávy a zkontrolován. Zabezpečení pomocí šestnáctibitového cyklického kódu dokáže spolehlivě odhalit všechny chyby až v šestnácti po sobě jdoucích bitech, chyby ve větším počtu bitů lze odhalit s přesností na 99,9984 %. Pokud se tedy oba údaje shodují, lze přenesený blok s vysokou pravděpodobností považovat za správný [8].

4.4 Komunikační protokol

Komunikační protokol je formální popis sady pravidel pro komunikaci mezi dvěma (popř. více) zařízeními, obecně tedy mezi vysílačem a přijímačem. Tato sada pravidel definuje postupy a parametry, které se používají při vysílání a příjmu dat (např. definice formátů dat, kontrola chyb, atd).

4.4.1 ISO/OSI referenční model

Aby bylo možné dosáhnout určité univerzálnosti při vývoji komunikačních prostředků, je v distribuovaných systémech řízení nutné pro vzájemnou komunikaci používat jisté zásady.

Prostřednictvím organizace OSI (International Standard Organization) byla vytvořena norma IEEE 802, která v obecné formě určuje způsob komunikace mezi zařízeními od úrovně fyzického připojení až po způsob pohybu rámců v síti. Služby a protokoly specifikované v IEEE 802 pokrývají 2 nejnižší vrstvy ISO/OSI referenčního modelu, jenž se snaží poskytnout základnu pro vypracování norem pro účely propojování systémů. ISO/OSI model obsahuje sedm vrstev:

- fyzická vrstva
- linková vrstva
- síťová vrstva
- transportní vrstva
- relační vrstva
- prezentační vrstva
- aplikační vrstva

Dvě vrstvy používané pro většinu průmyslových sběrnic mají tyto funkce:

Fyzická vrstva specifikuje fyzickou komunikaci. Aktivuje, udržuje a deaktivuje fyzické spoje (např. komutovaný spoj) mezi koncovými systémy. Definuje veškeré elektrické a fyzikální vlastnosti zařízení, obsahuje rozložení pinů, napěťové úrovně a specifikuje vlastnosti kabelů. Dále stanovuje způsob přenosu log. 1 a log. 0 [9].

Hlavní funkce poskytované fyzickou vrstvou jsou:

- navazování a ukončování spojení s komunikačním médiem
- efektivní rozložení všech zdrojů mezi všechny uživatele
- modulace (konverze) digitálních dat na signály používané přenosovým médiem (A/D, D/A převodníky).

Linková vrstva (resp. spojová vrstva nebo vrstva datového spoje) určuje způsob předávání zpráv v síti. Má za úkol zajistit bezchybný přenos bloků dat (rozpoznání začátku a konce rámce i jeho jednotlivých částí). Zajišťuje signalizaci chyb vzniklých při přenosu (odesílateli potvrzuje přijetí bezchybně přenesených rámců, popř. vysílá požadavek na jejich opětovné vyslání) a rozhoduje, zda je sběrnice volná pro nový přenos dat [9].

4.4.2 Protokoly v sériových přenosech

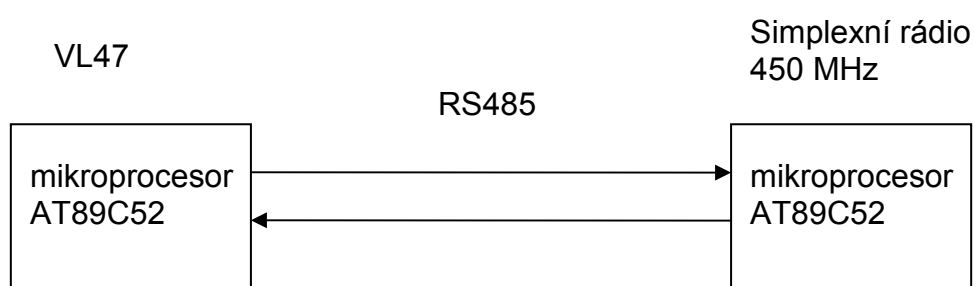
V dnešní době neexistuje standardní komunikační protokol pro komunikaci prostřednictvím sériové linky. V historii byla řada pokusů o jeho zavedení, žádný z nich se však neujal. Z tohoto důvodu existuje velké množství různých sériových protokolů, protože mnozí výrobci vyřešili absenci standardního protokolu vývojem svého vlastního.

Na základě výše uvedených zjištění bylo rozhodnuto pro vytvoření vlastního protokolu pro komunikaci po sériové lince.

5 NÁVRH KOMUNIKAČNÍHO PROTOKOLU

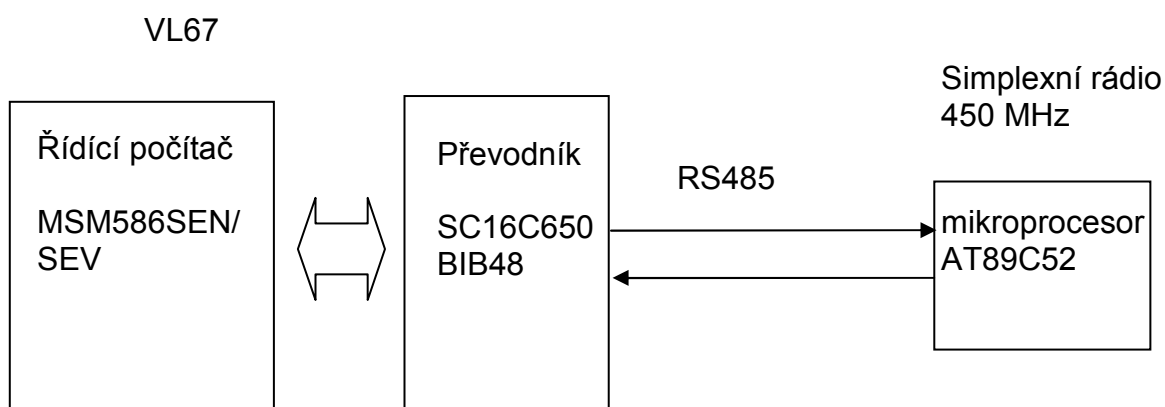
5.1 Specifikace navrhovaného protokolu

U původních radiostanic komunikaci mezi VS47 a simplexním rádiem 450 MHz zajišťovaly dva mikroprocesory AT89C52 firmy Atmel. Modernizací těchto stanic došlo k výměně původních ovládacích skříněk VO47 za nové VO67. K tomu bylo nutné do VS67 implementovat blok logiky VL67, který zprostředkovává komunikaci mezi díly původní lokomotivní soupravy VS47 a novými ovládacími skřínkami VO67.



Obr. 5.1 – Zjednodušené schéma komunikace u VS47

Blok logiky VL67 je zapojen mezi VL47 a VO67 a je tvořen řídicím počítačem (modul MSM586SEN/SEV) a pomocí sério/paralelního převodníku SC16C650BIB48 komunikuje s mikroprocesorem AT89C52. Vnitřní komunikace v řídicím počítači je zprostředkována pomocí ISA sběrnice (specifikace RS232).



Obr. 5.2 – Zjednodušené schéma komunikace u VS67

5.1.1 Požadavky na vlastnosti vyvíjeného protokolu

Protokol musí umožnit:

- připojení a komunikaci dvou zařízení na komunikační sběrnici
- zajistit bezchybný přenos celých bloků dat (rámců), správné rozpoznání jejich začátku a konce a také jejich jednotlivých částí.
- rozlišit význam přenášených dat
- kontrolu přenesených rámců pomocí některé z kontrolních metod.
- odesílateli potvrdit přijetí bezchybně přenesených rámců, v případě poškození rámců, musí být zajištěno jejich opětovné vyslání.

5.1.2 Výběr metody přístupu na sběrnici

Jelikož vysílací přístup do sběrnice může mít více jak jedno zařízení, můžeme problém přístupu řešit :

- synchronizací pomocí master zařízení, které postupně přiděluje sběrnici,
- pomocí protokolu náhodného přístupu.

Použitím periodické metody se výrazně usnadní a zjednoduší řešení komunikačního protokolu. Vzhledem k tomu, že se uvažuje použití sběrnice pro komunikaci mezi radiovými zařízeními, je použití periodické metody nevhodné. Periodické procesy se totiž mohou projevat jako parazitní frekvence v kmitočtovém spektru těchto zařízení.

Z tohoto důvodu bude použita metoda neperiodická a bezporuchový provoz bude zajištěn komunikačním protokolem náhodného přístupu.

Datový přenos bude zabezpečen metodou kontrolního součtu.

5.1.3 Přenosová rychlost

Komunikace mezi zařízeními by měla obecně proběhnout co nejrychleji. Přenosová rychlost se vyjadřuje počtem bitů přenesených za jednotku času. Její jednotkou je $\text{bit}\cdot\text{s}^{-1}$. Při dvoustavovém přenosu je tato jednotka ekvivalentní s jednotkou tzv. modulační rychlosti B_d (baud).

Rychlost přenosu byla stanovena 2 400 Bd vzhledem k přenosovým možnostem bloku logiky VL67.

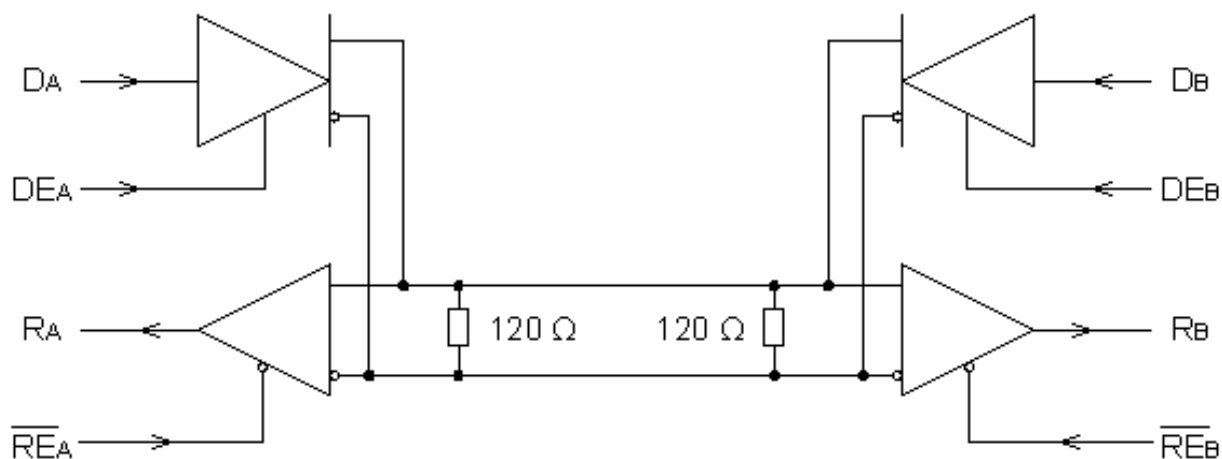
5.1.4 Základní sekvence protokolu

Typické sekvence protokolu jsou:

- vysílač žádá o přístup na sběrnici;
- řadič linky reaguje na žádost a dává výzvu, je-li sběrnice volná;
- vysílač obsadí linku a posílá data, kterým předchází adresa určení;
- přijímač vysílá potvrzení příjmu;
- vysílač přijímá potvrzení příjmu a uvolňuje sběrnici.

5.1.5 Interakce mezi RS485 a připojenými zařízeními

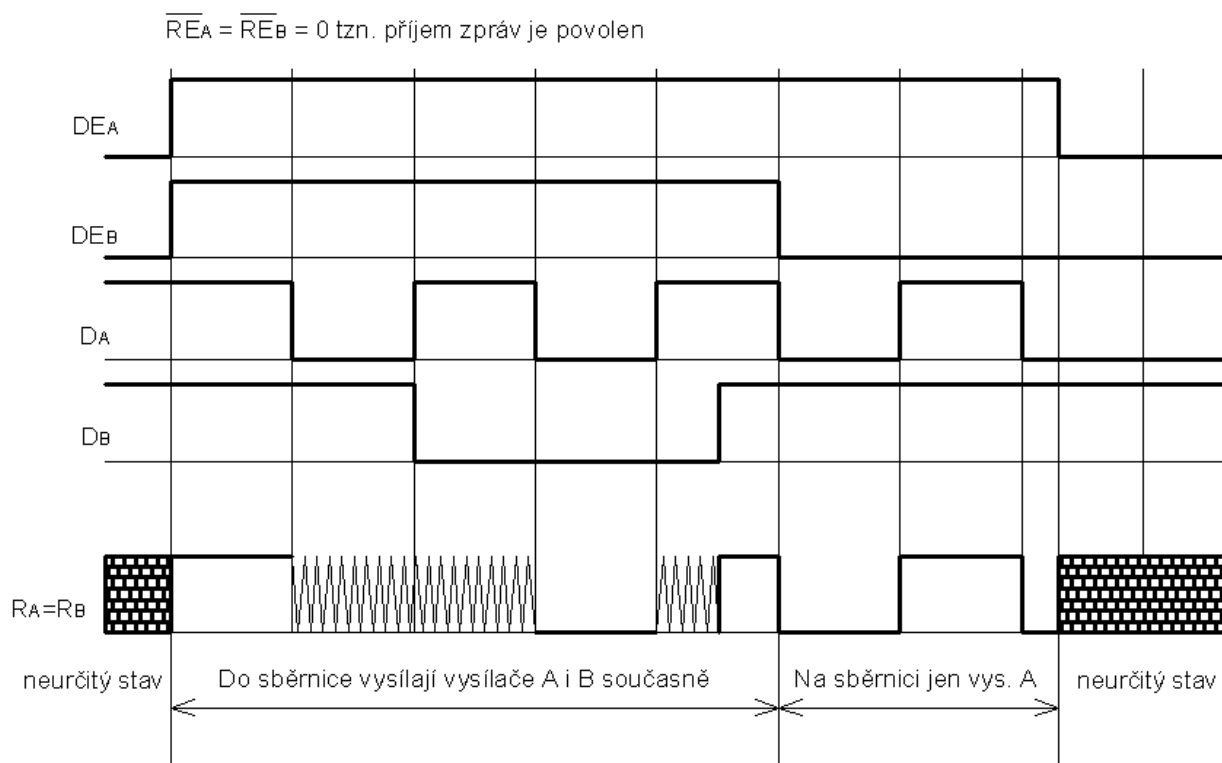
Jsou-li od rozhraní RS485 odpojeny všechny vysílače, linka je v neurčitěm stavu a může dojít k příjmu falešných dat (tzv. falešné zprávy).



Obr. 5.3 – Dvě zařízení připojená na sběrnici RS485

Jsou-li ke sběrnici připojeny dva (nebo více) vysílačů, může dojít ke kolizi a chybnému vyhodnocení vysílaných dat.

Pokud do sběrnice vysílají dva vysílače současně a každý z nich vysílá rozdílnou úroveň signálu, na straně přijímačů se objevuje kmitání, což může v konečném důsledku způsobit chyby při vyhodnocování dat sériovým rozhraním.



Obr. 5.4 – Stavy na sběrnici RS485

5.1.6 Zjednodušený formát zprávy

Na základě výše uvedených požadavků můžeme stanovit zjednodušený formát zprávy. Ten bude tvořen synchronizačním bytem (SB), adresou zařízení, blokem dat a kontrolním součtem (KS)



Obr. 5.5 – Zjednodušený formát zprávy

5.1.7 Základní formát zprávy

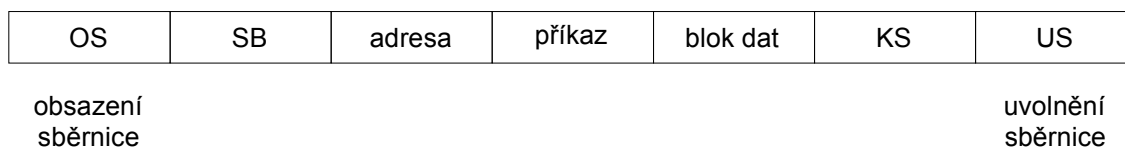
Jelikož přenášená data nebudou mít pokaždé stejný význam, formát zprávy je musí jistým způsobem definovat. To lze v tomto případě zajistit definováním příkazu ve formátu zprávy (viz. obr).



Obr. 5.6 – Základní formát zprávy

Nyní je tedy možné stanovit obecný příkazový rám protokolu (viz. obr. 5.7)

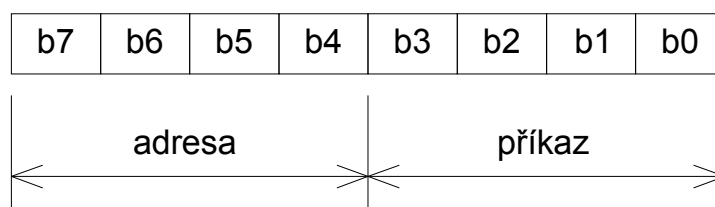
5.1.8 Obecný příkazový rám



Obr. 5.7 – Obecný příkazový rám

5.1.9 Adresa

Dle zjištěných informací ohledně parametrů hodnot adres i hodnot příkazů, lze s jistotou říci, že tyto nepřesáhnou v binární interpretaci délku čtyř bitů. Proto bylo rozhodnuto pro sloučení adresy zařízení a příkazu do jednoho bytu. Takto konfigurovaný byte, kde adrese zařízení i příkazu je vyčleněna jedna čtveřice bitů, budeme dále nazývat zkráceně „adresa.“ Blok dat nepřesáhne délku jednoho bytu.



Obr. 5.8 – Sloučení adresy zařízení a příkazu do jednoho bytu

5.1.10 Konečný formát přenášených zpráv

SB	adresa	data	KS
----	--------	------	----

Obr. 5.9 – Konečný formát přenášených zpráv

5.1.11 Adresové a datové byty

Zadavatelem diplomové práce byly stanoveny hodnoty adresových a datových bytů dle následující tabulky.

Adresa	Data	Význam
94 ₁₆	71 ₁₆	Nosná simplex
94 ₁₆	78 ₁₆	Zaklíčováno
95 ₁₆	71 ₁₆	Není nosná simplex
95 ₁₆	78 ₁₆	Odklíčováno
9a ₁₆	01 ₁₆	Reset simplexní stanice

Tab. 5.1 – Hodnoty adresových a datových bytů

5.1.12 Délka zprávy

Z výše uvedeného je tedy možné stanovit délku datového bloku pro všechny zprávy právě jeden byte. Délka zpráv bude tedy konstantní.

5.1.13 Připojení a odpojení zařízení ke sběrnici

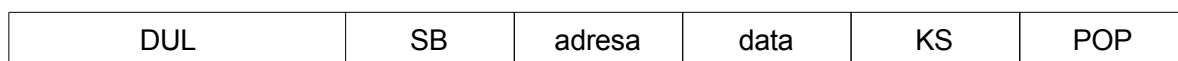
Připojení vysílače k pasivní lince, tj. jeho přechod ze stavu vysoké impedance do log. stavu daného datovým vstupem, trvá určitou dobu srovnatelnou s délkou zprávy. Po tuto dobu není korektní vysílat obsah zprávy a je nutno vyčkat ustálení linky. Tato doba bude označována jako DUL (doba ustálení linky).

Odpojení vysílače nezpůsobuje žádné komplikace a proto již nebude dále znázorněno.

5.1.14 Konečný příkazový rám

Příkazový rám obsahuje následující části:

- doba ustálení linky (DUL)
- synchronizační byte
- adresa
- data
- kontrolní součet
- potvrzení o příjmu

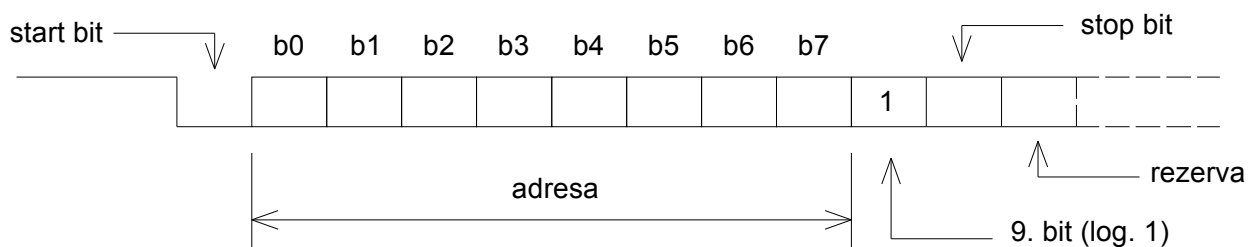


Obr. 5.10 – Konečný příkazový rám

5.1.15 Struktura adresového a datového bytu

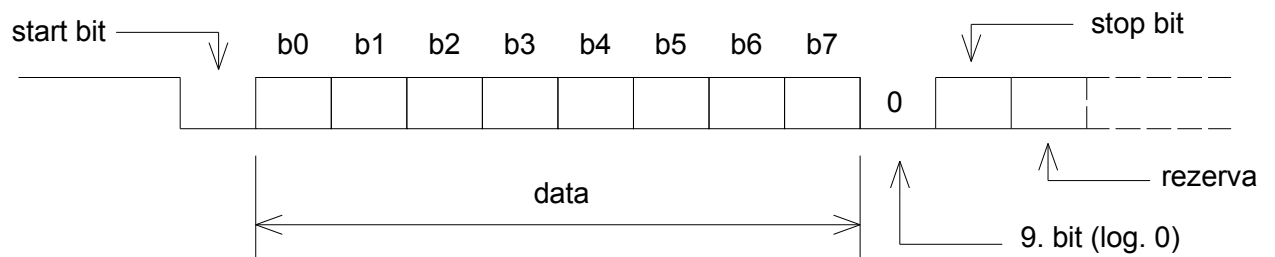
Jelikož jedno ze zařízení podílejících se na komunikaci obsahuje mikroprocesor AT89C52, je nutné přizpůsobit komunikační protokol především k jeho sériovému rozhraní a interním časovačům.

Byte, který bude mít devátý datový bit nastavený do log. 1, se bude nazývat adresový byte.



Obr. 5.11 – Adresový byte

Byte, který bude mít devátý datový bit nastavený do log. 0, se bude nazývat datový byte.



Obr. 5.12 – Datový byte

5.1.16 Slot

Slot je časový úsek trvání dvanácti bitů při dané přenosové rychlosti:

- 1 bit – start bit
- 8 bitů – přenášená data
- 1 bit – adresa/data
- 1 bit – stop bit
- 1 bit – časová rezerva nutná ke zpracování přijatého byteu do začátku dalšího slotu

Při přenosové rychlosti 2 400 Bd tedy bude délka trvání slotů

$$t_S = 12 / 2\,400 = 5 \text{ ms}$$

a čas zbývající ke zpracování přijatého bytu bude

$$t_B = 1 / 2\,400 \approx 417 \text{ } \mu\text{s}$$

5.1.17 Synchronizační byte

Hodnota synchronizačního bytu byla stanovena na 5A hexadecimálně. Vycházelo se z toho, že takovou hodnotu nebude mít žádný byte v příkazovém rámu na místě adresy. Devátý datový bit bude z komunikačních důvodů opět v log. 1.

Struktura bytu SB

- 1 bit – start bit
- 8 bitů – přenášená data (5A₁₆)

- 1 bit – log. 1, tzn. adresový byte
- 1 bit – stop bit
- 1 bit – časová rezerva nutná ke zpracování přijatého bytu do začátku dalšího slotu

5.1.18 Kontrolní součet

Kontrolní součet je součet hodnot adresy a dat, tzn. 2 bytů. Poněvadž za výsledek je brána jednobytová hodnota, lze také říci, že se jedná o součet modulo 256 (FF_{16}).

5.1.19 Potvrzení o příjmu

Potvrzení o příjmu (POP) provádí zařízení adresované do zařízení, které vyslalo zprávu (příkaz). Odpověď musí přijít do dvou časových slotů po příjmu kontrolní sumy. V případě, že se kontrolní součty (vypočtená a přijatá) neshodují, odpověď se nevysílá, ale odpovídající zařízení musí linku držet v log. 1 po dobu dvou slotů (odezva). Poté musí odpovídající zařízení uvést linku do nedefinovaného stavu a případně vyčkat na další činnost z druhé strany.

Pokud není odpověď vyslána, pak:

- a) kontrolní součty se neshodují
- b) zpráva byla přerušena
- c) nebylo na zprávu reflektováno

V tomto případě je nutné celou sekvenci příkazového rámu opakovat.

Při stanovení hodnoty potvrzovacího bytu se postupovalo obdobně, jako při návrhu SB. Zde byla stanovena hodnota A2 hexadecimálně. Devátý datový byte bude opět z komunikačních důvodů v log. 1 a potvrzení tak bude na úrovni datového bytu.

Struktura bytu POP

- 1 bit – start bit
- 8 bitů – přenášená data ($A2_{16}$)

- 1 bit – log. 1, tzn. adresový byte
- 1 bit – stop bit
- 1 bit – časová rezerva nutná ke zpracování přijatého bytu do začátku dalšího slotu

5.1.20 Příposlech

Příposlechem je označován příjem vlastních dat. Strana, která vysílá data může provádět vyhodnocování svých vlastních dat, což je využíváno ke kontrole vysílání. Přitom mohou nastat tyto situace:

- Příposlechem je přijat stejný byte, který byl vyslán
 - předpoklad správné funkce sběrnice;
- Přijata jsou jiná data, než byla vyslána
 - rušení na sběrnici;
 - kolize
- Nedojde k přerušení od sériového portu
 - rušení na sběrnici
 - kolize
 - fyzické porušení sběrnice.

5.1.21 Neurčitý stav na lince

Je to stav, kdy jsou vysílače všech zařízení připojených ke sběrnici RS485 v nedefinovaném stavu.

5.1.22 Doba ustálení linky

Připojení vysílače k pasivní lince, tj. jeho přechod ze stavu vysoké impedance do log. stavu daného datovým vstupem, trvá určitou dobu srovnatelnou s délkou zprávy. Po tuto dobu není korektní vysílat obsah zprávy a je nutno vyčkat ustálení linky. Testováním bylo zjištěno, že bezpečně vyhovuje doba potřebná k odeslání tří slotů. V protokolu bude uvedená sekvence příkazového rámu uváděna pod zkratkou DUL.

Struktura jednoho bytu DUL

- 1 bit – start bit
- 8 bitů – přenášená data (FF_{16})
- 1 bit – log. 1, tzn. adresový byte
- 1 bit – stop bit
- 1 bit – časová rezerva nutná ke zpracování přijatého bytu do začátku dalšího slotu

5.1.23 Kolize

Na sběrnici může dojít ke kolizi, jestliže jsou ke sběrnici v jednom okamžiku připojeny dva a více aktivních vysílačů. Kolizi lze zjistit příposlechem, tzn. pokud vysílač přijme jiný byte než vyslal, příp. pokud v době ustálení linky přijme adresový byte ještě před tím než data vyslal.

Uvažujeme-li na sběrnici RS485 zařízení A a zařízení B (signály R_A a R_B), mohou na lince nastat následující logické stavy. Z obr. 5.4 je zřejmé, že k rozkmitání linky může docházet v případě, kdy oba vysílače jsou v aktivním stavu a každý vysílá na sběrnici data opačné logické úrovně.

5.1.24 Přístup na sběrnici

Přístup na sběrnici zakázán mají všechna zařízení, která přijala individuální adresu jiného (cizího) zařízení.

Přístup na sběrnici povolen mají zařízení až po vyhodnocení stavu linky, tedy v případě, kdy na lince nevysílá žádné zařízení. Vyhodnocení probíhá po skončení tzv. doby spánku.

5.1.25 Doba spánku

Doba spánku je taková doba, kdy zařízení má zakázáno zahájit provoz jako vysílací strana a tedy nesmí obsadit sběrnici. Doba spánku musí nastat vždy po zjištění výše uvedených chybových stavů, popřípadě zjistí-li zařízení, že přijatá adresa nepatří jemu a že po jistou dobu bude linka obsazena.

Trvání doby spánku se bude lišit případ od případu, zásadní je však stanovit u každého zařízení jinou dobu trvání. Vychází-li se z toho, že ke zjištění chybového stavu, zejména kolize, dojde u všech zařízení současně, je žádoucí, aby povolení k zahájení vysílání došlo u každého zařízení v jinou dobu a to v rozmezí délek předpokládaných komunikací.

U jednotlivých zařízení tedy bude nutné určit celočíselné násobky těchto délek. Zařízení s nejvyšší prioritou bude přidělen nejnižší násobek této délky a u dalších v pořadí se bude zvyšovat o jedničku.

- VS67 – nejvyšší priorita
- Simplexní radiostanice – nižší priorita

5.1.26 Komunikace

V komunikaci začíná zařízení, které má přístup na sběrnici tím, že se připojí k lince RS485 a vyšle ve třech za sebou jdoucích slotech byte FF₁₆ (DUL). Příposlechem tyto byty může, ale nemusí zachytit.

V následujícím slotu zařízení vyšle synchronizační byte 5A₁₆ (SB). Tento byte je pro komunikaci závazný a proto již musí být neporušený zachycen příposlechem.

Ostatní – monitorující účastníci jsou připraveni zpracovat jen dva druhy bytů: s hodnotou FF₁₆ nebo 5A₁₆; ostatní hodnoty mají za následek nastavení do základního stavu. Přejme-li zařízení byte o hodnotě 5A₁₆, bude dále očekávat, že v příštím slotu dojde k přijetí adresy. Přejme-li zařízení byte o hodnotě FF₁₆, v dalším slotu bude očekávat byte 5A₁₆ či opět FF₁₆. Ten však může být přijat pouze třikrát. Dojde-li k přijetí bytu s hodnotou FF₁₆ po čtvrté za sebou, bude to bráno jako nahodilý jev s následkem nastavení do základního stavu.

Ve svém následujícím slotu vyšle vysílající zařízení adresový byte. Adresa musí být zachycena neporušená příposlechem. Zařízení, která v minulém slotu přijala synchronizační byte, očekávají nyní přijetí adresy buď své nebo cizí, což musí umět rozlišit. Pak mohou nastat tyto situace:

- Je to adresa právě tohoto účastníka, v příštím slotu bude očekáván datový byte.

- Je to cizí adresa. Zařízení se uvede do doby spánku, aby nemohlo narušit započatou komunikaci.
- Přijatý byte není adresou žádného z účastníků, popřípadě je to potvrzení odpovědi (POP). Následuje doba spánku.
- Nepřišlo nic (ztráta adresy). Buď adresa nebyla vyslána a pak je možné ji přijmout v dalším slotu (slotech) nebo nebyla zachycena. Zařízení bude z tohoto stavu vyvedeno až přijetím ACK a přejde do doby spánku.

Vysílající zařízení vyšle v dalším slotu datový byte a spočítá kontrolní součet, který dočasně uloží. Datový byte musí být připslechnut v pořádku.

Na zařízení, které po přijetí své adresy očekává datový byte, mohou nastat tyto případy:

- Datový byte je v pořádku. Spočítá se kontrolní součet a dočasně uloží.
- Datový byte není v pořádku. Podezření na srážku či rušení na sběrnici. Následuje doba spánku.
- Nepřišlo nic. Následuje doba spánku.

V dalším slotu vyšle vysílající zařízení kontrolní součet. Na zařízení, které očekává kontrolní součet (KS), mohou nastat tyto případy:

- Součet přijatý je stejný jako součet vypočítaný. V tento okamžik se přijímající zařízení připojuje vysílačem k lince.
- Součet přijatý se nerovná součtu vypočítanému. Podezření na srážku či rušení na sběrnici. Následuje doba spánku.
- Nepřišlo nic. Následuje doba spánku.

V následujícím slotu se zařízení, které vyslalo zprávu, odpojuje od linky. Nyní je očekáváno potvrzení přijímajícího (POP). Toto zařízení se nesmí odpojit od linky dříve, než se připojí zařízení zprávu přijímající, jinak dojde k „rozhoupání“ linky podobně jako na počátku komunikace. Protokol správné přepnutí zajišťuje.

Po úspěšném vyhodnocení KS zařízení přijímající zprávu vysílá potvrzení POP, což je byte o hodnotě A2₁₆. Vyslané POP musí úspěšně připslechnout.

Mohou nastat tyto možnosti:

- POP přijato v pořádku. V tuto chvíli je vyslaná zpráva považována za úspěšně přijatou.
- POP bylo přijato porušené. Bráno jako kolize.
- POP nebylo přijato. Zařízení začne opakovat vysílání zprávy.

Počet opakování zpráv musí být omezen, aby nedocházelo k zacyklení a zahlcení linky v případě vážnější poruchy či fyzického odpojení zařízení apod.

5.1.27 Rozhodování

Vysílající zařízení zjistí kolizi v těchto případech:

- Příposlechem zjistí, že některý z bytů není shodný s tím, který byl vyslán;
- Některý z vyslaných bytů nebude příposlechem přijat, což znamená, že byte se na sběrnici „ztratil.“

V případě zjištění kolize je třeba:

- Okamžitě odpojit vysílač od sběrnice.
- Uvést se do spánku na dobu n – násobku příkazového rámu, přičemž u VS67 (nejvyšší priorita) a simplexního rádia bude $n = 0, 1$.

Stav doby spánku, nikoliv však právo zařízení zahájit komunikaci, může být předčasně ukončen přijetím synchronizačního bytu $5A_{16}$ event. bytu FF_{16} (DUL).

6 PROGRAMOVÁ REALIZACE

6.1 Hardwarové prostředky

6.1.1 Modul MSM586SEN/SEV

Komunikaci u obou zařízení po hardwarové stránce zajišťuje modul MSM586SEN/SEV firmy MICROSPACE [12].

Použitý modul MSM586 obsahuje součásti kompatibilní se standardem PC – AT:

- CPU ELAN520 133 MHz, BIOS ROM, paměť SODIMM, časovače, DMA, hodiny reálného času s CMOS – RAM a další.

Externí rozhraní:

- PC/104 embedded BUS – pro kartu Compact Flash typ 1
- LAN Ethernet
- LCD/VGA
- sériové porty COM1 – COM4
- paralelní port LPT1
- ATAIDE (pro pevný disk)
- pro zvukový výstup
- pro klávesnici AT nebo PS/2
- pro myš PS/2
- pro disketovou mechaniku

Pro realizaci komunikace mezi simplexním rádiem a VS67 je využit přídavný sériový port COM6 s bází 0x360 modulu MSM586SEN/SEV. Tento sériový kanál umožňuje řídit přenos dat (přepínat směr) po sběrnici RS485. Signály sériového portu jsou kompatibilní se specifikací RS232C.

6.1.2 Signály používané ve specifikaci RS232

- TxD (Transmit Data) – Vysílání dat Tx
- RxD (Read Data) – Příjem dat Rx
- RTS (Request To Send) – Požadavek o vyslání dat
- CTS (Clear To Send) – Potvrzení požadavku RTS
- DSR (Data Set Ready) – Modem připraven ke komunikaci s terminálem
- DCD (Data Carrier detect) – Detekce nosné (detekce inform. signálu)
- GND (Ground) – Signální zem
- DTR (Data Terminal Ready) – Datový terminál připraven
- RI (Ring indication) – Indikace vyzvánění

6.1.3 Registry a porty RS232

Při sériové komunikaci u RS232 se využívají následující registry [13]:

- THR – vysílací vyrovnávací registr
- TR – vysílací registr
- RBR – přijímací vyrovnávací registr
- LCR – registr řízení linky
- LSR – registr stavu linky
- MCR – registr řízení modemu
- MSR – registr stavu modemu
- IER – registr povolení přerušení
- IIR – registr identifikace přerušení
- IMR – registr maskování přerušení

Všechny registry jsou jednobytové. Bit 0 je nejméně významný bit, bit 7 je nejvíce významný bit. Adresování každého z registrů je specifikováno jako adresa báze portu (BASE) zvětšená o konstantu (číselná hodnota).

- BASE+0 má dvě funkce, které se odlišují bitem DLAB (7. bit 3. registru, tzn. BASE+3)

DLAB = 1 – registr obsahuje dolní byte dělitele baud generátoru (DLL – R/W). Horní byte baud generátoru je uložen v 1. registru obvodu – viz popis 1. registru, tzn. BASE+1.

DLAB = 0 – registr při zápisu (THR – W) slouží jako vysílací registr linky TxD (znak k odeslání). Při čtení (RBR – R) slouží jako přijímací registr linky RxD (přijatý znak).

- BASE+1 (ISR – Interrupt Status Register) Má dvě funkce, které se odlišují bitem DLAB (7. bit BASE+3)

DLAB = 1 – registr obsahuje horní byte dělitele baud generátoru (DLM – R/W). Dolní byte je uložen v 0. registru obvodu, tzn. BASE+0. Baud generátor umožňuje nastavit přenosovou rychlost. Např. pro rychlost 2400 Bd musí být v horní byteu dělitele baud generátoru zapsána 0x0h a v dolním byteu dělitele baud generátoru hodnota 0x48h.

DLAB = 0 – registr povolení přerušení (IER).

- bit 0: přerušení od přijatého znaku
- bit 1: přerušení po odvysílání znaku
- bit 2: přerušení od stavu linky (error, break)
- bit 3: přerušení od stavu modemu (CTS, DSR, RI, CD)

- BASE+2 (FCR – FIFO Control Register) identifikace přerušení, řízení FIFO

Zápis (řídící registr fronty)

- bit 0: povolení FIFO
- bit 1: reset přijímací fronty
- bit 2: reset vysílací fronty
- bity 6,7: velikost fronty

Čtení (identifikace přerušení)

- bit 0: 1 – není přerušení, 0 – viz. bity 1,2
- bity 1,2: příčina (změna stavu modemu, vysílání, příjem, změna stavu linky)

- BASE+3 (LCR – Line Control Register) řízení linky

Čtení/Zápis

- Bity 0 a 1: Určují počet bitů, které budou v každém znaku přenášeny.
- Bit 2: Určuje počet STOP bitů, které budou doplněny při přenosu znaku (příjímač kontroluje pouze první STOP bit, bez ohledu na to kolik STOP bitů je vybráno).
- Bit 3: Povolení parity. Když je v log. 1 pak je paritní bit generován (odesílaná data) a kontrolován (přijímaná data). V log. 0 se paritní bit negeneruje a nekontroluje.
- Bit 4: Sudá parita se generuje v log. 1, lichá parita se generuje v log. 0 (parita musí být předcházejícím bitem povolena).
- Bit 5: Povolení trvalé parity.
- Bit 6: Bit povolení zastavení.
- Bit 7: DLAB bit v log. 1 – registry 0 a 1 obsahují R/W hodnotu děličky baud generátoru, DLAB bit v log. 0 – registr 0 obsahuje přijatá data (RBR – R) a data k odeslání (THR – W), registr 1 obsahuje hodnoty IER

- BASE+4 (MCR – Modem Control Register) řízení modemu

- bit 0: aktivace DTR (1= aktivní, 0 = neaktivní)
- bit 1: aktivace RTS (1= aktivní, 0 = neaktivní)
- bit 2: aktivace OUT1
- bit 3: aktivace OUT2 (nutné pro funkci přerušení v PC)

- BASE+5 – (LSR – Line Status Register) řízení linky

Čtení

- bit 0: data připravena (DR). Bit je nastaven do log. 1 kdykoliv je linkou přijat kompletní znak (tento je zapsán v RBR – 0. registr, tzn. BASE+0). Bit se vynuluje po přečtení registru RBR.
- bit 1: indikace ztracení znaku (OE). Tento bit je nastaven do log. 1 vždy, když je v RBR zapsán nový přijatý znak, aniž by byl předchozí přečten. Bit se vystaví do log. 0 přečtením registru LSR.
- bit 2: indikace chyby parity (PE). Tento bit je nastaven do log. 1 vždy, když detekovaná parita v přijatém znaku neodpovídá nastavené paritě. Bit se vystaví do log. 0 přečtením registru LSR.
- bit 3: indikace neplatného STOP bitu (FE). Tento bit je nastaven do log. 1 vždy, když poslední bit za datovým popř. paritním bitem v přijímaném znaku je log. 0. Bit se vystaví do log. 0 přečtením registru LSR.
- bit 4: indikace zastavení linky (BI). Tento bit je nastaven do log. 1 vždy, když je na lince detekována úroveň log. 0 déle, než by odpovídalo přenosu celého znaku, to jest START bitu + datových bitů + parity + STOP bitů. Bit se vystaví do log. 0 přečtením registru LSR.
- bit 5: indikace vyprázdnění vysílacího registru (THRE). Tento bit je nastaven do log. 1 vždy, když je obsah vysílacího registru (THR) přesunut do posuvného registru vysílače (TSR). Je nastaven do log. 0 zapsáním hodnoty do THR.
- bit 6: indikace vyprázdnění vysílače (TEMT). Tento bit je nastaven do log. 1 vždy, když je vysílací registr (THR) i posuvný registr vysílače (TSR) prázdný. Je nastaven do log. 0 kdykoliv THR nebo TSR obsahují nezpracovaný znak.

- BASE+ 6 – stav linek

Čtení

- bit 0: DCTS – změna stavu CTS
- bit 1: DDSR – změna stavu DSR
- bit 2: TERI – vzestupná hrana RI
- bit 3: DDCD – změna stavu DCD (RLSD)
- bit 4: CTS – stav CTS
- bit 5: DSR – stav DSR
- bit 6: RI – stav RI
- bit 7: DCD – stav DCD (RLSD)

- BASE+ 7 – dočasný datový registr

Registry jsou v programu nastavovány metodou zvanou maskování bitů.

6.2 Softwarové prostředky

6.2.1 Vlákna a roury v operačním systému LINUX

Jelikož v programu budou využita vlákna a roury, považuji za nutné uvést jejich základní charakteristiku.

6.2.2 Proces

Jako proces je v systému chápán souhrn kódu programu, dat programu, zásobníku, údajů o procesem otevřených souborech, a také informací ohledně zpracování signálů. Tyto informace má každý proces vlastní (privátní) a nemůže je sdílet s jiným procesem, kromě datových oblastí [1].

6.2.3 Vlákno

Vlákno (thread) v informatice označuje vlákno výpočtu, tedy posloupnost po sobě jdoucích operací. Každá spuštěná aplikace má alespoň jeden proces a každý proces má alespoň jedno vlákno, ve kterém počítá. Dříve platilo, že proces měl jen jedno vlákno. Dnes je stále více programů multithreadových, tedy uvnitř jednoho procesu (a

v jednom adresovém prostoru, tedy se sdílenou pamětí) může zároveň běžet více vláken.

Jako vlákno si můžeme představit takový proces, který obsahuje kód vlákna a zásobník, vše ostatní je sdíleno s ostatními vlákny téhož procesu. Vlákno je tedy podmnožinou procesu a proces může vlastnit několik vláken. Vlákno samo o sobě v systému existovat nemůže, musí k němu vždy existovat proces, se kterým sdílí všechna data, otevřené soubory, zpracování signálů apod. [1].

Pro implementaci vláken existují tyto modely:

- one-to-one – Implementace je provedena na úrovni jádra. Každé vlákno je pro jádro samostatný proces, plánovač procesů nečiní rozdíl mezi vláknem a procesem. Nevýhodou tohoto modelu může být velká režie při přepínání vláken.
- many-to-one – Implementace je provedena na úrovni uživatele, program si sám implementuje vlákna a řídí všechny procesy s tím spojené. Jádro o vláknech v procesech nemá žádné informace. Tento model se nehodí pro víceprocesorové systémy, protože vlákna nemohou běžet zároveň (každé na jiném procesoru), jeden proces nelze nechat vykonávat na dvou procesorech. Výhodou může být malá režie přepínání vláken.
- many-to-many – Implementace provedena na úrovni jádra i uživatele. Tento model eliminuje nevýhody předchozích implementací (velká režie při přepínání procesů, souběžně nemůže běžet více vláken).

V Linuxu je použit model první. Nevýhoda velké režie v podstatě není, protože přepínání procesů je v Linuxu implementováno velmi efektivně. Pro tvorbu procesů a vláken se v Linuxu používá volání jádra.

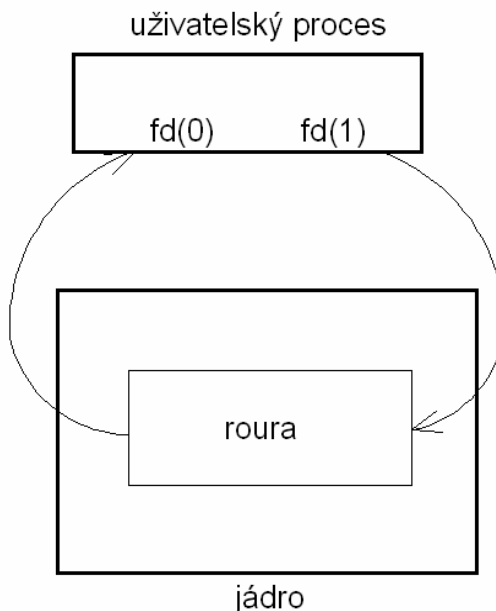
6.2.4 Roura

Roura (pipeline) je nástroj, který v Linuxu umožňuje propojovat standardní proudy procesů, takže standardní výstup jednoho procesu zapisuje přímo do vstupu dalšího procesu [1].

Jsou podporovány všemi typy unixů za těchto omezujících podmínek:

- Jedná se o poloviční duplex. Data putují jen jedním směrem.

- Mohou být použity pouze v případě, že procesy mají společného předchůdce.



Obr. 6.1 – Zobrazení unixové roury

Pojmenovaná roura (named pipeline) rozšiřuje koncept obecné roury a je to jedna z metod meziprocesové komunikace. Klasická roura je bezejmenná, protože je vytvořena automaticky a běží pouze po dobu běhu procesů. Pojmenovaná roura je trvalá a uživatel ji musí vytvořit a po použití odstranit [1].

- Pojmenovaná roura, často označovaná jako fronta FIFO (First In – First Out; fronta typu první dovnitř, první ven) má charakter obecného souboru. Jeden program do roury zapisuje a druhý z ní čte. Pokud zkusí některý proces z roury číst, bude zablokován, dokud se jiný proces nepokusí do roury zapisovat, a naopak. Až oba procesy přistoupí k rouře ve stejnou dobu, teprve pak data protečou rourou, aniž by se přitom ukládala na disk.

V Linuxu se standardně FIFO používá pro:

- Předávání dat z jednoho příkazu druhému bez vytváření dočasných souborů.
- Client – server aplikace.

Podrobnější informace viz [1].

6.3 Návrh programu

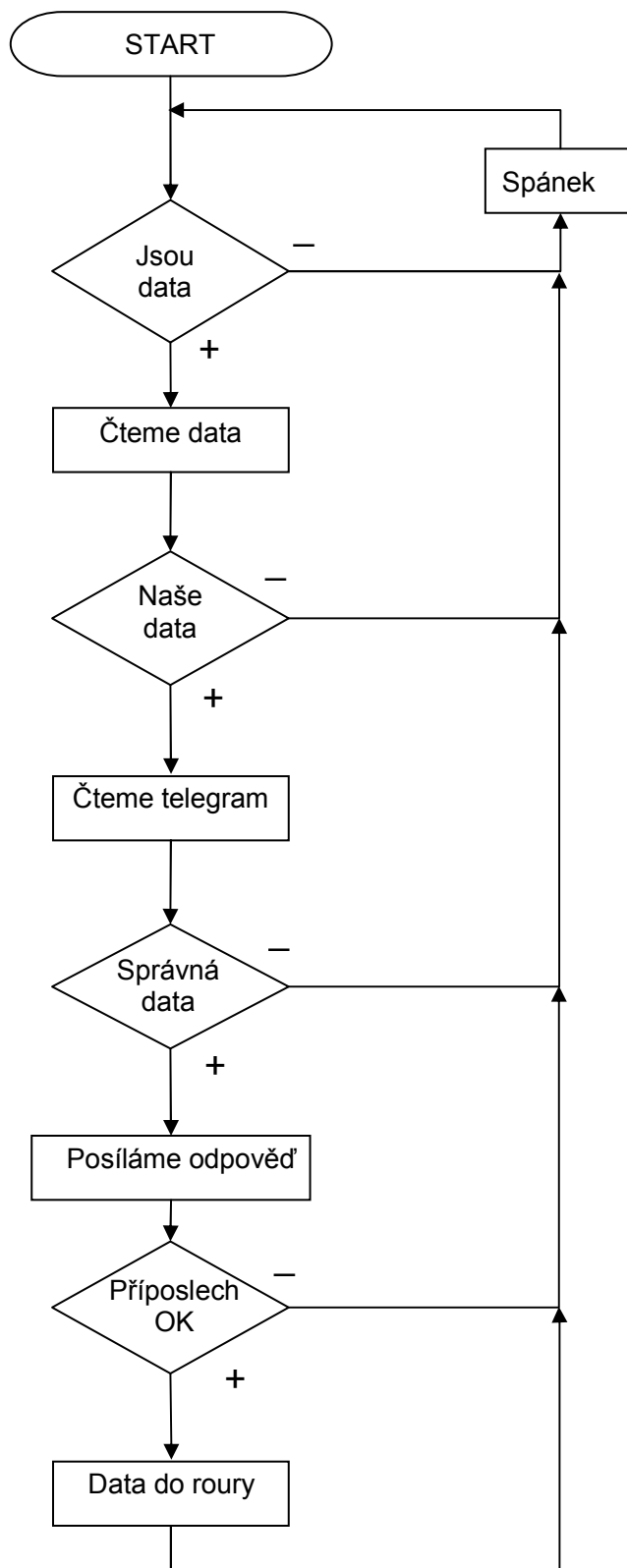
Navrhovaný program bude umožňovat příjem dat ze simplexního rádia a také vysílání dat do simplexního rádia. Princip příjmu a vysílání dat je znázorněn v blokových schématech na obr. 6.2, obr. 6.3 a obr. 6.4.

6.3.1 Příjem dat ze simplexního rádia

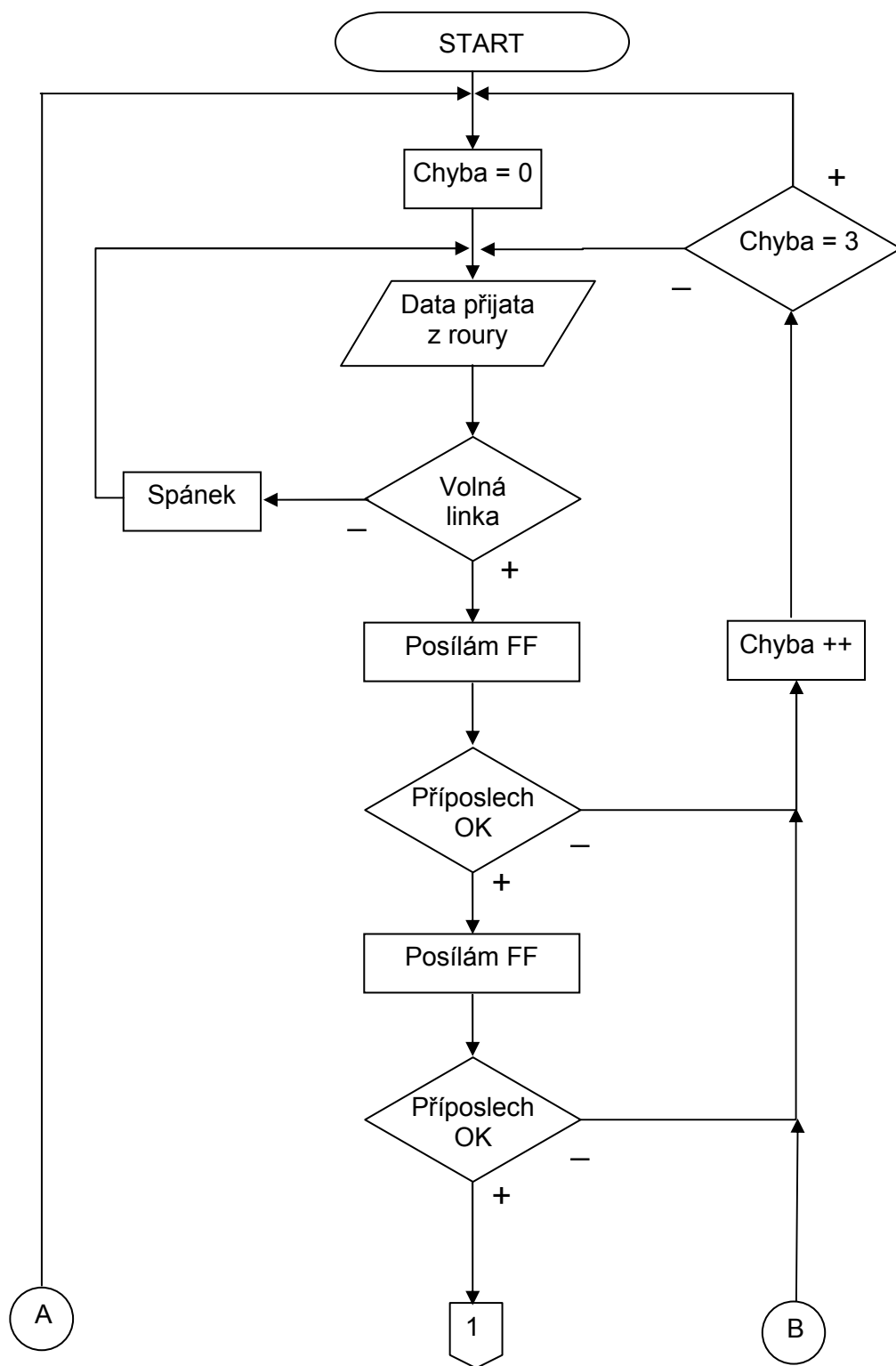
Pokud jsou data od vysílače k dispozici, jsou načítána. Pokud nejsou k dispozici, následuje doba spánku. Načtená data jsou dále testována; pokud jsou určena pro aktuální přijímač, pokračuje se ve vyhodnocování telegramu, pokud jsou to cizí data, následuje doba spánku a program se vrací na začátek. Pokud proběhlo správné vyhodnocení dat (tzn. kontrolní součet je v pořádku), odpovíme vysílači zasláním potvrzovacího znaku. Ten však musíme správně načíst příposlechem. Pokud ano, posíláme vyhodnocená data do roury.

6.3.2 Vysílání dat do simplexního rádia

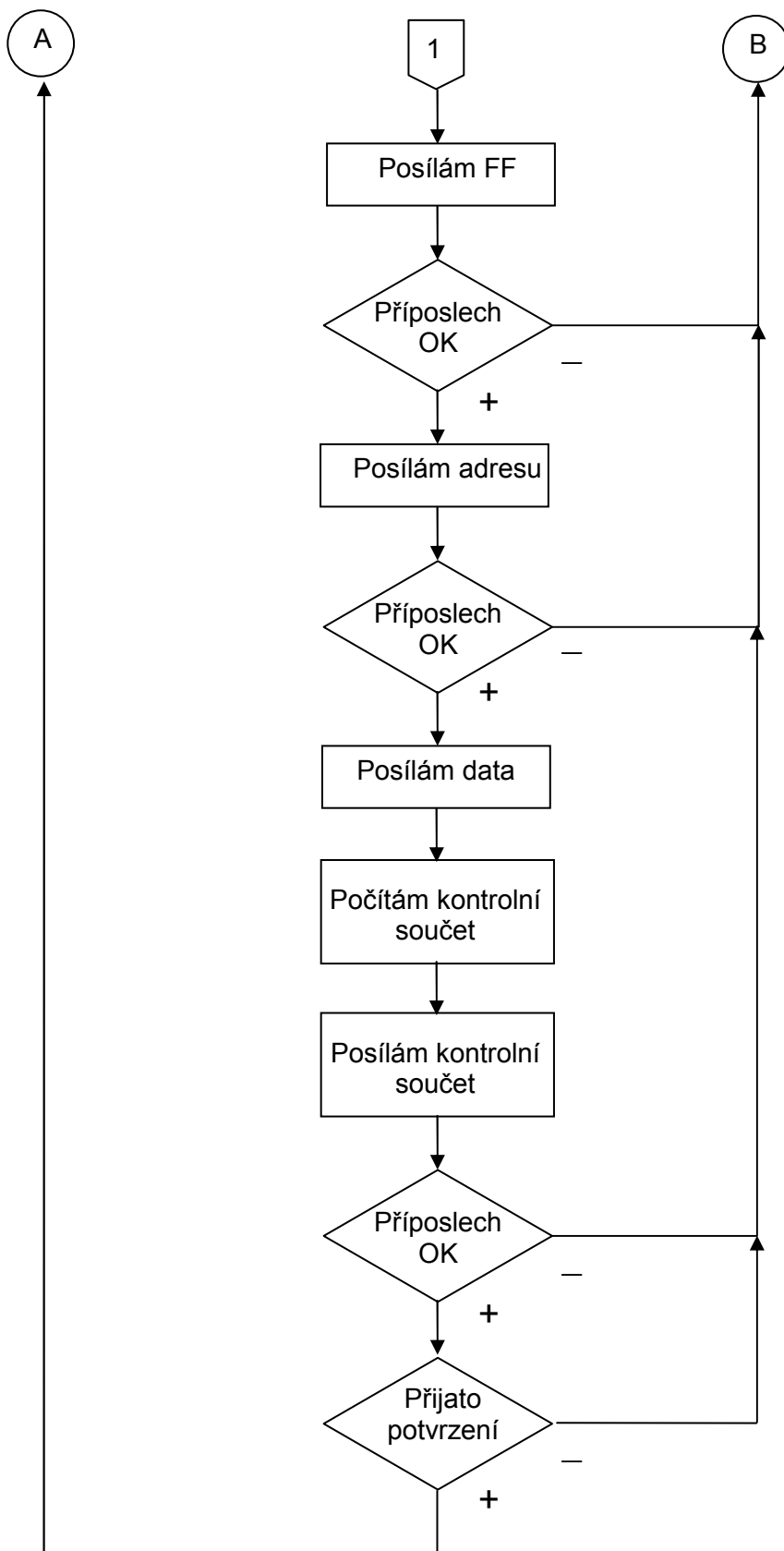
Pokud jsou k dispozici data pro vysílání (příjem dat z roury), čekáme až se uvolní přenosová linka. Pokud je linka volná, posíláme 1. FF₁₆ byte. Pokud není správně příposlechnut, je inkrementován příznak chyby o jedničku. Pokud je počet vyhodnocených chyb roven hodnotě tři, (to platí kdekoliv dále v této části programu) následuje skok na začátek programu. Pokud je počet vyhodnocených chyb menší než tři, následuje vyhodnocování, zda je linka volná. Takto posíláme i druhý a třetí FF₁₆ byte, adresový byte a datový byte. Poté je spočítán kontrolní součet a ten je také odeslán a vyhodnocován příposlechem. Poté se vyhodnocuje, zda přišlo potvrzení přijetí datového rámce od přijímače. Pokud potvrzení nepřišlo, je inkrementován příznak chyby o jedničku. Pokud potvrzení přišlo, následuje skok na začátek programu.



Obr. 6.2 – Příjem dat ze simplexního rádia



Obr. 6.3 – Vysílání dat do simplexního rádia – 1.část



Obr. 6.4 – Vysílání dat do simplexního rádia – 2.část

6.4 Realizace programu

Program byl vytvořen metodou modulárního programování ve vývojovém prostředí pro jazyk C, Dev-C++ v. 4.9.9.2.

Modul se fyzicky skládá ze dvou souborů:

- hlavičkový soubor Data.h
- zdrojový soubor Vrs.c

Hlavičkový soubor Data.h obsahuje seznam používaných knihoven, deklarace vláknů, konstant, vstupních datových zásobníků, deklarace portů nutných pro řízení komunikace po sběrnici RS485 a definice globálních proměnných a prototypů veřejných funkcí.

Zdrojový soubor Vrs.c obsahuje samotný program.

6.5 Popis programu

V hlavní smyčce programu Main zdrojového souboru Vrs.c nejprve dojde k vymazání zásobníku FIFO a spuštění funkce `f_setcom()`. Pomocí této funkce nejprve zpřístupníme potřebné porty nutné k řízení komunikace po sběrnici a deaktivujeme budicí linku. V hlavní smyčce dále vytvoříme vlákno a rouru, pomocí kterých budeme načítat příchozí data ze simplexního rádia.

6.5.1 Příjem dat ze simplexního rádia

V hlavní smyčce je dále spuštěna tzv. nekonečná smyčka v jejíž první části se načítají a vyhodnocují data vysílaná simplexním rádiem. Ve smyčce tedy nejprve dojde k inicializaci funkce `f_cti_VL()`. Tato funkce ověří, zda je v zásobníku uložen znak a načte jej. Pokud se jedná o SB (synchronizační byte), spustí se funkce `f_ctidata`, v opačném případě se program vrací zpět do nekonečné smyčky, kde následuje programová část zajišťující posílání dat do simplexního rádia.

Funkce `f_ctidata` načítá znaky ze zásobníku a pomocí funkce `vyhledani_ramce`, kterou obsahuje, vyhledává nadefinované rámce. Pokud je v zásobníku nalezen platný rámec, spustí se funkce `send_ack`. Funkce načítá znaky, dokud přicházejí

data. Reaguje pouze na SB (skokem na `f_cti_data`) a na byte `FF16` (příznak vyhodnocení bytu `FF16` je inkrementován o jedničku). Pokud již data nepřicházejí nebo byl vyhodnocen byt `FF16`, vyšle se k simplexnímu rádiu potvrzení o přijetí rámece. Současně se potvrzení kontroluje příposlechem a při shodě jsou data (rámece) vyhodnocena za platná a poslána rourou. V opačném případě se program vrátí do nekonečné smyčky a pokračuje posíláním dat do simplexního rádia.

6.5.2 Posílání dat do simplexního rádia

Jak již bylo zmíněno v předešlé kapitole, programová část zajišťující posílání dat do simplexního rádia následuje, pokud ve funkci `f_cti_VL()` nedošlo k vyhodnocení příchozího znaku jako SB (synchronizační byte). Nejprve je vyhodnoceno, zda jsou v rouře data k odeslání. Pokud ano, je spuštěna funkce `send_VL`, která zjišťuje, zda se na sběrnici vysílá. Pokud ano, vyhodnocuje jednotlivé znaky do doby, kdy jsou data přijata a současně není vyhodnocen 1. byte `FF16`. Pokud je vyhodnocen SB, spustí se funkce `cti_data` a následuje část programu popsána v předešlé kapitole. Pokud se vyhodnotí jakýkoliv jiný znak, následuje doba spánku. Pokud nejsou data přijata nebo je načten 1. byte `FF16`, následuje posílání jednotlivých znaků rámece, výpočet kontrolního součtu a jeho zaslání a čekání na potvrzení. Veškeré posílané znaky jsou kontrolovány příposlechem. Pokud je potvrzeno přijetí rámece, následuje skok do nekonečné smyčky v hlavní smyčce programu. Následuje skok na začátek nekonečné smyčky, tedy spuštění funkce `f_cti_VL()`. Opět tedy začíná část programu zajišťující příjem dat ze simplexního rádia.

6.5.3 Testování funkčnosti aplikace

Vytvořený software byl v průběhu vývoje průběžně testován a v závěrečné fázi odzkoušen na reálném zařízení ve vývojovém oddělení firmy T-CZ a. s. Testování funkčnosti proběhlo úspěšně jak v případě komunikace ve směru VS67 → simplexní rádio 450 Mhz, tak i ve směru simplexní rádio 450 Mhz → VS67, kdy se podařilo navázat spojení mezi oběma zařízeními. Navržený protokol je funkční.

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo navrhnout a zrealizovat komunikační protokol, který umožní zprostředkovávat komunikaci mezi simplexním rádiem 450 MHz a vozidlovou soupravou VS67.

V úvodní části je popsána charakteristika rádiového spojení používaného v železniční dopravě v ČR. Druhá a třetí část diplomové práce obsahují základní informace o vozidlové soupravě VS67 a sériové sběrnici RS485. Následující části se zabývají návrhem komunikačního protokolu, realizací zkušebního softwaru a vyhodnocením výsledků diplomové práce.

Při návrhu komunikačního protokolu byly nejprve definovány jeho základní parametry, jako např. metoda přístupu na sběrnici, přenosová rychlost, formát zprávy, struktura příkazového rámu, apod. Definována byla také základní pravidla komunikace protokolu.

Následovaly návrh programu a realizace softwarové části diplomové práce. Program byl vytvořen metodou modulárního programování ve vývojovém prostředí pro jazyk C, Dev-C++ v. 4.9.9.2. Modul se skládá ze dvou souborů: z hlavičkového souboru Data.h a zdrojového souboru Vrs.c.

Vytvořený software byl v průběhu vývoje průběžně testován a v závěrečné fázi odzkoušen na reálném zařízení ve vývojovém oddělení firmy T-CZ, a. s. Testování funkčnosti proběhlo úspěšně a to jak v případě komunikace ve směru „VS67 → simplexní rádio 450 Mhz“, tak i ve směru „simplexní rádio 450 Mhz →VS67“, kdy se podařilo navázat spojení mezi oběma zařízeními.

Navržený protokol je tedy funkční a cíl diplomové práce byl splněn.

SEZNAM OBRÁZKŮ

OBR. 2.1 – BLOKOVÉ SCHÉMA VS67	- 22 -
OBR. 5.1 – ZJEDNODUŠENÉ SCHÉMA KOMUNIKACE U VS47	- 36 -
OBR. 5.2 – ZJEDNODUŠENÉ SCHÉMA KOMUNIKACE U VS67	- 36 -
OBR. 5.3 – DVĚ ZAŘÍZENÍ PŘIPOJENÁ NA SBĚRNICI RS485	- 38 -
OBR. 5.4 – STAVY NA SBĚRNICI RS485	- 39 -
OBR. 5.5 – ZJEDNODUŠENÝ FORMÁT ZPRÁVY	- 39 -
OBR. 5.6 – ZÁKLADNÍ FORMÁT ZPRÁVY	- 40 -
OBR. 5.7 – OBECNÝ PŘÍKAZOVÝ RÁM	- 40 -
OBR. 5.8 – SLOUČENÍ ADRESY ZAŘÍZENÍ A PŘÍKAZU DO JEDNOHO BYTU	- 40 -
OBR. 5.9 – KONEČNÝ FORMÁT PŘENÁŠENÝCH ZPRÁV	- 41 -
OBR. 5.10 – KONEČNÝ PŘÍKAZOVÝ RÁM	- 42 -
OBR. 5.11 – ADRESOVÝ BYTE	- 42 -
OBR. 5.12 – DATOVÝ BYTE	- 43 -
OBR. 6.1 – ZOBRAZENÍ UNIXOVÉ ROURY	- 57 -
OBR. 6.2 – PŘÍJEM DAT ZE SIMPLEXNÍHO RÁDIA	- 59 -
OBR. 6.3 – VYSÍLÁNÍ DAT DO SIMPLEXNÍHO RÁDIA – 1.ČÁST	- 60 -
OBR. 6.4 – VYSÍLÁNÍ DAT DO SIMPLEXNÍHO RÁDIA – 2.ČÁST	- 61 -

SEZNAM TABULEK

TAB. 2.1 – ZÁKLADNÍ ČÁSTI ZAŘÍZENÍ VS67	- 22 -
TAB. 2.2 – PŘEHLED PROVEDENÍ VL67	- 23 -
TAB. 5.1 – HODNOTY ADRESOVÝCH A DATOVÝCH BYTŮ	- 41 -

SEZNAM ZKRATEK

ALOHA	Protokol s náhodným přístupem na sběrnici.
CRC	(Cyclic Redundancy Check) cyklický kód.
ČD	České dráhy.
DKS	Drážní komunikační systém.
DUL	Doba ustálení linky.
EDGE	(Enhanced Data Rates for GSM Evolution) digitální přenos dat s komutací paketů užívaný v mobilních sítích.
EIA-RS485	Norma specifikuje vlastnosti přenosových médií v mnoha-bodových komunikačních sítích.
EIRENE	(European Integrated Railway radio Enhanced Network) projekt stanovující funkční a systémové specifikace jednotného rádiového systému (GSM-R).
EOR	(European Operational Rules) jednotné provozní předpisy pro nové systémy komunikace, zabezpečení a řízení jízdy vlaku.
ERTMS	(European Rail Traffic Management System) integruje základní komponenty a systémy pro zajištění technické interoperability v evropské železniční síti.
ETCS	(European Train Control System) specifikace evropského vlakového zabezpečovače a zajištění interoperability v oblasti zabezpečovací techniky.
ETML	(European Traffic Management Layer) část systému ERTMS řešící řízení provozu na evropských koridorech z nadnárodního hlediska.
FIFO	(First In – First Out) pojmenovaná roura, fronta typu první dovnitř, první ven.
GPRS	(General Packet Radio Service) mobilní datová služba přístupná pro uživatele GSM mobilních telefonů.

GPS	(Global Positioning System) polohový družicový systém
GSM	(Global System for Mobile communications) globální systém pro mobilní komunikaci.
GSM-R	(Global System for Mobile Communication for Railway) komunikační systém pro hlasové i datové služby v železniční dopravě.
IEEE	(The Institute of Electrical and Electronics Engineers) organizace, která sdružuje přes 350 000 elektroinženýrů a informatiků z cca 150 zemí
ISO/OSI	(International Standards Organization/Open System Interconnection) referenční komunikační model, který rozděluje vzájemnou komunikaci mezi počítači do sedmi souvisejících vrstev.
KS	Kontrolní součet.
MT2	Modul GSM-R/GSM.
OSŽD	Mezinárodní Organizace pro spolupráci železnic.
POP	Potvrzení o přijetí.
RS232	Sériová sběrnice RS232.
RS485	Sériová sběrnice RS485.
SB	Synchronizační byte.
SMS	(Short Message Service) služba pro posílání krátkých textových zpráv.
SR47	Směrová radiostanice.
TDD450	Duplexer.
TRS	Traťový rádiový systém.
TSI CCS	(Technical Specification for Interoperability Control-Command and Signalling) technické specifikace interoperability v oblasti řízení a zabezpečení.

UIC	(Union International de Chemin de Fer) mezinárodní železniční unie.
VA42	Anténa pro pásmo 450MHz.
VA46	Anténa pro pásmo 160 MHz.
VBS	Oběžníkové volání.
VGCS	Skupinové volání.
VL47	Skříňka logiky vozidlové soupravy VS47.
VL67	Skříňka logiky vozidlové soupravy VS67.
VO67	Ovládací skříňka vozidlové soupravy VS67.
VR64S	Simplexní radiostanice.
VR65T	Duplexní radiostanice.
VS47	Vozidlová souprava VS47.
VS67	Vozidlová souprava VS67.
VZ46AB nebo VZ46C	Měniče napětí.
XX47 nebo XX48	Lokomotivní adaptér pro vlakové zastavení.
ZL47	Ovládací blok pracoviště dispečera (výpravčího).
ZR47	Základnová radiostanice.
ZS67	Základnová souprava.
ZV47	Přepojovač linek výpravčího.
ZX47	Traťový rozbočovač.

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA Č. 1 – TECHNICKÁ SPECIFIKACE VL67

PŘÍLOHA Č. 2 – BLOKOVÉ SCHÉMA VL67

PŘÍLOHA Č. 3 – BLOKOVÉ SCHÉMA MODULU MSM586SEN/SEV

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] STONES, Richard, MATTHEW, Neil. Linux – *začínáme programovat*.
1. vydání. Computer Press 2000, Praha 4 ISBN 80 – 7226 – 307 – 2. 898 s.
- [2] informace o DKS. Dostupné na WWW
<http://www.tcz.cz/cz/radiokomunikace/dks.html>
- [3] informace o TRS. Dostupné na WWW
<http://www.tcz.cz/cz/radiokomunikace/trs.html>
- [4] informace o GSM–R. Dostupné na WWW
<http://www.cd rail.cz/VTS/CLANKY/vts20/>
- [5] informace o GSM–R. Dostupné na WWW
<http://www.mobilmania.cz/>
- [6] informace o VS67. Dostupné na WWW
<http://www.tcz.cz/cz/radiokomunikace/vs67.html>
- [7] informace o RS485. Dostupné na WWW
<http://hw.cz/docs/rs485/rs485.html>
- [8] informace o datových přenosech. Dostupné na WWW
<http://www.earchiv.cz/a91/a140c110.php3>
- [9] informace o datových přenosech. Dostupné na WWW
<http://pc-site.owebu.cz>
- [10] informace o typech přenosu. Dostupné na WWW
<http://www.fit.vutbr.cz/study/DP/rpfile.php?id=5370>
- [11] informace o zabezpečení dat. Dostupné na WWW
<http://www.earchiv.cz/b05/b1200001.php3>
- [12] informace o MSM586SEN/SEV. Dostupné na WWW
<http://www.digitallogic.com/>

Příloha č. 1

Technická specifikace VL67

Technické parametry rádiového rozhraní GSM (platí pro varianty s GSM moduly popř. při připojení GSM-R modulu):

Kmitočtové pásmo – E-GSM 900	voz. příj. 925 ÷ 960 MHz voz. vys. 880 ÷ 915 MHz
Kmitočtové pásmo – GSM 1800	voz. příj. 1805 ÷ 1880 MHz voz. vys. 1710 ÷ 1785 MHz
Kmitočtové pásmo – GSM-R	voz. příj. 921 ÷ 925 MHz voz. vys. 876 ÷ 880 MHz
Duplexní odstup – E-GSM 900	45 MHz
Duplexní odstup – GSM 1 800	95 MHz
Duplexní odstup – GSM-R	45 MHz
Rozestup nosných GSM	200 kHz
Multiplex, duplex	TDMA/FDMA, FDD
Modulace	GMSK
<i>Modul GSM-R/GSM-PC104 Pracovní frekvence E-GSM 900, GSM 1 800, GSM-R</i>	
VF výkon v pásmu E-GSM 900	Class 4 (2 W)
VF výkon v pásmu GSM 1 800	Class 1 (1 W)
VF výkon v pásmu GSM-R	Class 4 (2 W)
Citlivost	typ. – 105 dBm
<i>Modul GSM-R/GSM – MT2 Pracovní frekvence E-GSM 900, GSM-R</i>	
VF výkon modulu MT2 v pásmu GSM-R	Class 2 (8 W)
VF výkon modulu MT2 v pásmu E	GSM 900 Class 2 (8 W)
Citlivost	< 104 dBm

Příloha č. 1

Technická specifikace VL67

Technické parametry rádiového rozhraní GPS (platí pro varianty s GPS modulem).

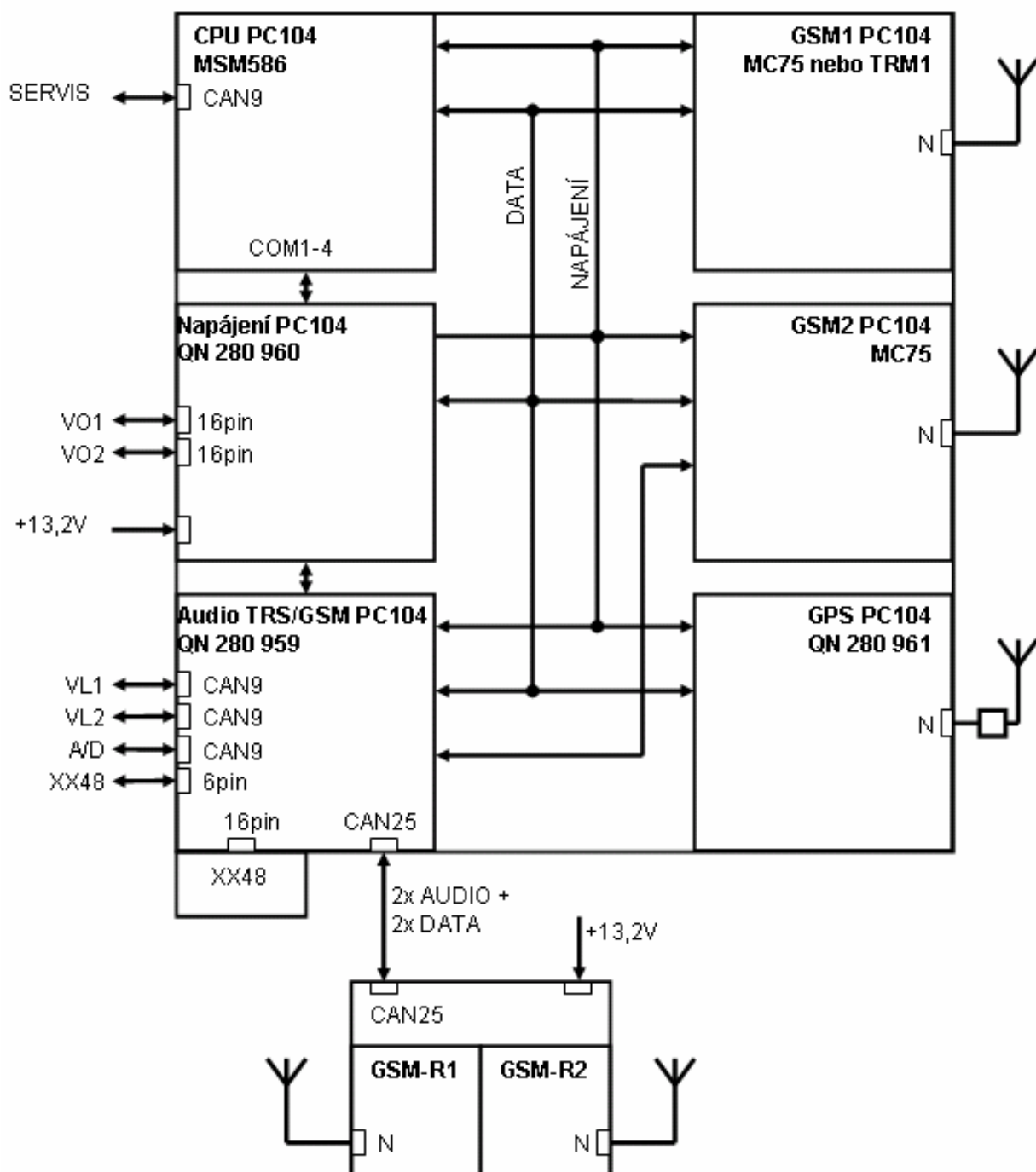
Počet kanálů	16
Citlivost (doporučuje se předzesilovač)	lepší než - 140 dBm
Přesnost	2,5m CEP*
Opakování údajů	1/1s
Doba náběhu	max. 34s

* Circular Error Probable (CEP) – střední kvadratická chyba, chyba 50 %. Chyba je definována kruhem o poloměru, kam zapadá 50 % všech jednotlivých měření GPS přijímače.

Technické parametry rádiového rozhraní TRS.

Kmitočtové pásmo – duplex	voz. příj. 467,4 ÷ 468,3 MHz voz. vys. 457,4 ÷ 458,3 MHz
Kmitočtové pásmo – ovládaný duplex	voz. příj. 467,4 ÷ 468,45 MHz voz. vys. 457,4 ÷ 458,45 MHz
Kmitočtové pásmo – simplex	150,050 ÷ 158,375 MHz
Obsazené skupiny vf kanálů duplex	č. 60 – 67 a 70 – 79 dle UIC 751 – 3, pásmo A
Duplexní odstup	10 MHz ± 50 kHz
Ovládaný duplex	kanály 9 – 51 dle UIC
Kanály simplex	100 kanálů dle specifikace ČD
Kanálový rastr	25 kHz
Max. kmitočtový zdvih	±5 kHz
Impedance vf části	50 Ω
Vysokofrekvenční rušení (EMC)	dle ČSN EN 50155 bod 10.2.8, třída FS1

Blokové schéma VL67



Blokové schéma modulu MSM586SEN/SEV

