

Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava

Univerzitní studijní programy

**Laboratorní model automobilové komunikační sběrnice
FlexRay**

**Laboratory model of FlexRay automotive communication
bus**

Student:

Jan Raszka

Vedoucí práce:

Ing. Petr Šimoník, Ph. D.

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Univerzitní studijní programy
Katedra elektroniky

Zadání bakalářské práce

Student: **Jan Raszka**
Studijní program: B3943 Mechatronika
Studijní obor: 3906R007 Automobilová elektronika
Téma: **Laboratorní model automobilové komunikační sběrnice FlexRay**
Laboratory model of FlexRay automotive communication bus
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Na základě doporučení vedoucího diplomové práce vypracujte teoretickou část konkrétně popisující vlastnosti a principy sběrnice FlexRay (vlastnosti, fyzická vrstva, linková vrstva, hardwarové řešení)
2. Dle instrukcí vedoucího a na základě řešení bodu 1, navrhnete a realizujete laboratorní model FlexRay bus.
3. S využitím dostupných hardwarových a softwarových prostředků pro analýzu FlexRay bus vyřešte sledování a zaznamenávání datové komunikace.
4. Demonstrujete funkční model FlexRay bus.

Seznam doporučené odborné literatury:

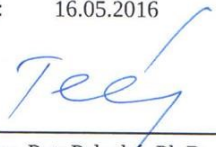
VLK, F.: Elektronické systémy motorových vozidel 1, 2. Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, Brno 2002, ISBN 80-238-7282-6
VLK, F.: Elektrická zařízení motorových vozidel. Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, Brno 2005, ISBN 80-239-3718-9
ŠTĚRBA, P.: Elektrotechnika a elektronika automobilů. Computer press, Praha, 2004
ERJAVEC, J.: Automotive Technology: A Systems Approach, 4th Edition, USA 2004, Thomson Learning, 1401 str., ISBN 1-4018-4831-1
RIBBENS, B., W.: Understanding Automotive Electronics, Sixth Edition, USA 2003, Elsevier Science, 480 str., ISBN 0-7506-7599-3
BOSCH technické brožury, žluté sešity 1996-2013

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Šimoník, Ph.D.**

Datum zadání: 20.10.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016



doc. Ing. Petr Palacký, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Petr Noskiewič, CSc.
prorektor pro studium

VYSOKÁ ŠKOLA BAŇSKÁ
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
706 03 Ostrava-Poruba
17. listopadu 15/2172

Místopřísežné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Petra Šimoníka, Ph. D. a uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne: 19. 5. 2016

.....
Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- Jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního § 60 - školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že bakalářské práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo - bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které bylo VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženo (až do jejich skutečné výše).
- Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne: 19. 5. 2016

.....
Podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce: Raszka Jan

Adresa trvalého pobytu autora práce: K Hájence 1745, Šenov, 739 34

Poděkování

Na tomto místě bych rád ze srdce chtěl poděkovat mému vedoucímu bakalářské práce Ing. Petru Šimoníku, Ph. D. za jeho cenné rady.

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je detailní popis automobilové komunikační sběrnice FlexRay. Dalším úkolem práce je návrh a realizace laboratorního modelu FlexRay bus. Dále pomocí dostupných analyzačních prostředků zaznamenávat komunikační vedení sběrnice a nakonec vytvořit vhodnou laboratorní úlohu.

Klíčová slova

FlexRay, řízení po drátu, komunikační sběrnice, telegrafní rovnice, fyzické vedení, analýza komunikační sběrnice

Abstract

The aim of this thesis is a detailed description of the FlexRay automotive communication bus . Another part of this work is configuration and following implementation of laboratory model FlexRay bus. The last part is using the available data retrieved from communication bus line to create the suitable laboratory task.

Key words

FlexRay, Drive by wire, communication bus, telegraph equation, design of wiring, analysis of communication bus

Seznam zkratk

ŘJ Elektronická řídicí jednotka motoru

Bus Sběrnice

ECU Elektronický systém

BP Plus sběrnice

BM Mínus sběrnice

CPU Procesor

DPS Deska plošného spoje

Obsah

1	Úvod	9
2	Srovnání sběrnic pro automobilní aplikace	10
3	Standart FlexRay (teoretická část)	10
3.1	Obecný popis sběrnice	10
3.2	FlexRay a OSI model	10
3.2.1	Vrstvy	11
3.3	Fyzická vrstva	11
3.3.1	Vedení	11
3.3.2	Konektory	12
3.3.3	Elektrické signály	12
3.3.4	Terminace	13
3.3.5	Architektura FlexRay bus	14
3.3.6	Topologie sítě	15
3.4	Linková vrstva	17
3.4.1	Formát rámce	17
3.4.2	Komunikační cyklus	19
3.4.3	Statický segment	21
3.4.4	Dynamický segment	22
3.4.5	Symbolové okno	23
3.4.6	Klidový stav	24
3.5	Wake-up cluster	24
3.6	Start-up cluster	24
4	Návrh vedení (Praktická část)	24
4.1	OSI model	24
4.2	Telegrafní rovnice	25
4.3	Zamezení rušení na sběrnici	25
4.4	Výpočet parametrů krouceného dvojitého vodiče:	26
4.5	Výpočet odporů pro různé délky vedení	27
4.6	ESD ochrana	28
4.7	Fyzická realizace náhradního vedení	29
4.8	Analýza FlexRay bus	30
4.8.1	Převodník FlexCard USB-M	30
4.8.2	Software Caromee	31
4.8.3	Analýza komunikační sběrnice FlexRay na silničním vozidle	34
4.9	Měření náhradního vedení na demonstračním panelu	36
5	Závěr	39
6	Seznam použité literatury	40
7	Seznam příloh	41

1 Úvod

U silničních vozidel jsou komunikační sběrnice velice aktuální. S postupným vývojem elektronických systémů je kladen stále větší důraz na rychlejší komunikaci mezi systémy v automobilu, spolehlivost, odolnost proti rušení, úspore vodičů a větším přenosu dat. Tyto možnosti sběrnice FlexRay nabízí, jelikož pracuje s vysokou přenosovou rychlostí odpovídající rychlosti Ethernetu, spolehlivostí, odolností vůči poruchám systému a deterministickému přístupu. Tyto parametry nám umožňují zlepšení aktivní bezpečnosti nejen cestujících, ale také chodců či možnost ovládní silničního vozidla bez řidiče. Sběrnice FlexRay má plně nahradit mechanické spojení spojením elektrickým. Pro efektivní využití komunikační sběrnice je nutné znát celkově jeho princip.

V první části práce detailně popisuje sběrnici FlexRay, která by měla posloužit k pochopení celé problematiky a zachytit nejpodstatnější věci od fyzické vrstvy až po rozbor rámce.

Druhá část je praktická, zde je uvedena realizace fyzického vedení, která bude sloužit pro laboratorní úlohy společně s návrhem laboratorního protokolu, který je vypracovaný v deskách bakalářské práce.

2 Srovnání sběrnic pro automobilové aplikace

Tabulka č. 1 Srovnání sběrnic [1,2]

	LIN	CAN-BUS	FlexRay
Přenosová rychlost	2500 až 19200 bit/s	10 až 10 000 kbit/s	až 20 Mbit/s (pro oba kanály)
Délka vedení	až 40 m (pro max. rychlost)	až 40 m (pro max. rychlost)	24 m (mezi uzly)
Typ komunikace	Single Master - Multiple Slave	Multimaster	Multimaster
Metoda komunikace	UART (pomocí jednoho vodiče)	CSMA	TDMA nebo FTDMA
Časový přístup k médiu	Nedeterministický	Nedeterministický	Deterministický
Délka užitečných dat	8 Bajtů	8 Bajtů	254 Bajtů

3 Standart FlexRay (teoretická část)

3.1 Obecný popis sběrnice

V roce 1999 byl představen typ sběrnice za jehož zrodem stály automobilky Daimler - Chrysler a BMW. Jako zajímavost, téhož roku byla představena také sběrnice LIN. Cílem těchto dvou automobilek bylo vytvořit sběrnici, která bude mít spolehlivý přenos dat s velkou přenosovou rychlostí pro systém X by Wire. Hlavní myšlenky systému X by Wire je odstranit mechanické vazby, např. mezi volantem a nápravou, kde musí být zaručena bezkompromisní spolehlivost komunikace. [1]

3.2 FlexRay a OSI model

Standart FlexRay je v souladu s OSI modelem, který dle normy ISO (International Standards Organization) slouží jako obecný model definující vzájemnou komunikaci. Tento model definuje celkově 7 vrstev, avšak Standart FlexRay používá pouze 4 vrstvy: fyzickou vrstvu, linkovou (datovou) vrstvu, prezentační vrstvu a aplikační vrstvu. Pro teoretický rozbor bude vyšetřována pouze fyzická a linková vrstva. Struktura OSI modelu na obrázku č. 1. [3]

7. Aplikační vrstva
6. Prezentační vrstva
5. Relační vrstva
4. Transportní
3. Síťová vrstva
2. Linková vrstva
1. Fyzická vrstva

Obrázek č. 1 OSI model

3.2.1 Vrstvy

1. Fyzická vrstva - slouží k fyzickému propojení s hardwarem.
2. Linková vrstva - adresování pomocí MAC adres.
3. Síťová vrstva - adresování napříč sítěmi.
4. Transportní vrstva - k přenosu dat mezi dvěma body.
5. Relační vrstva - slouží k řízení přenosů na transportní vrstvě.
6. Prezentační vrstva - slouží jako překladač pro aplikace ze získaných dat.
7. Aplikační vrstva - umožňuje aplikacím přístup k datům z vrstvy nižší.

3.3 Fyzická vrstva

Fyzická vrstva je nejnižší z celé hierarchie a zároveň první. Tvoří základ celé komunikace, neboli propojení a přenos signálu mezi dvěma prvky. Dále upravuje napěťové úrovně přenosů, popřípadě fyzické vlastnosti. Její samotnou podstatou je přeměnit data z vyšší vrstvy na daný druh média. [4]

3.3.1 Vedení

Dle normy se uvažují jen parametry, nikoliv přesný typ vodičů. Používají se nestíněné vodiče za dodržení určitých podmínek, které jsou uvedené v tabulce č. 2.

Tabulka č. 2 Parametry kabeláže

Značení	Popis	Minimální hodnota	Maximální hodnota
Z_0	Diferenciální impedance	80 Ω	110 Ω
T_0	Zpoždění na lince	3,4 ns/m	10 ns/m

3.3.2 Konektory

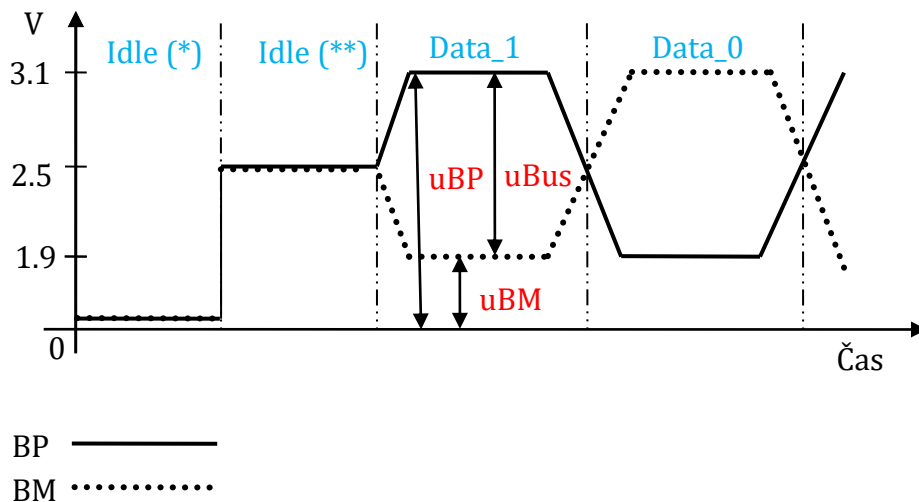
Zde se také neuvádí přesný typ konektorů, avšak musí být splněny následující parametry dle tabulky č. 3.

Tabulka č. 3 Parametry konektorů

Značení	Popis	Minimální hodnota	Maximální hodnota
$R_{dc\text{contact}}$	Odpor kontaktu	-	50 m Ω
Z	Impedance konektoru	70 Ω	200 Ω

3.3.3 Elektrické signály

Na sběrnici se vyskytují 4 možné stavy: Data_0, Data_1 a Idle(*), Idle(**). [2]



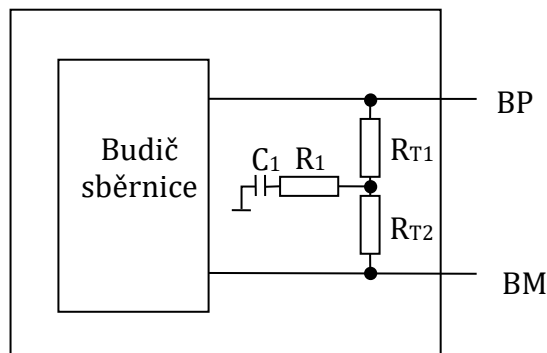
Obrázek č. 2 Elektrické signály

- Když je sběrnice ve stavu Idle(*), tak neprochází skrz vedení BP a BM žádný proud a budič sběrnice orientuje oba kanály vůči zemi.
- Když je sběrnice ve stavu Idle(**), tak opět neprochází žádný proud skrz vedení BP a BM, avšak jsou připojené na napětí 2.5 V.
- Stav Data_1 nám reprezentuje logickou 1. Budič sběrnice nám zvýší ze stavu Idle(**) napětí o 600 mV na vedení BP a sníží na vedení BM napětí o 600 mV. Diferenciální napětí je 1.2 V.

- Stav Data_0 nám reprezentuje logickou 0. Zde nastává opačný případ, kdy budič sběrnice nám zvýší ze stavu Idle(**) napětí o 600 mV na vedení BM a sníží na vedení BP napětí o 600 mV. Diferenciální napětí je -1.2 V.[3]

3.3.4 Terminace

Nejjednodušší variantou je přidání rezistorů mezi diferenciální piny sběrnice, avšak je doporučeno tento rezistor rozdělit na 2 rezistory a mezi ně paralelně umístit rezistor a kondenzátor. Příklad je uveden na obrázku č. 3 včetně tabulky č. 4.

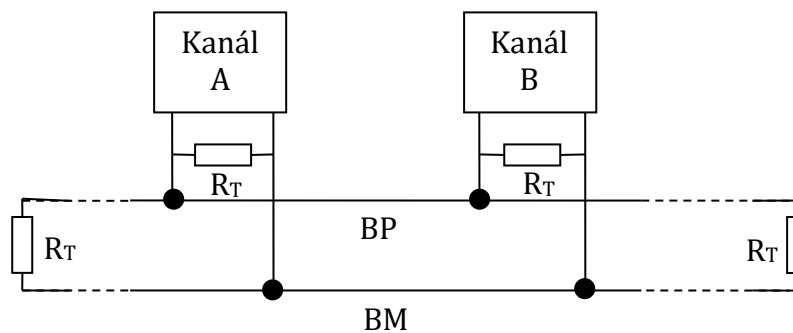


Obrázek č. 3 Zapojení terminace

Tabulka č. 4 Parametry terminace

Značení	Popis	Hodnota
R_{T1}	1. rezistor pro terminaci	$Z_0/2$
R_{T2}	2. rezistor pro terminaci	$Z_0/2$
R_1	Rezistor	5Ω
C_1	Kondenzátor	$4,7 \text{ nF}$

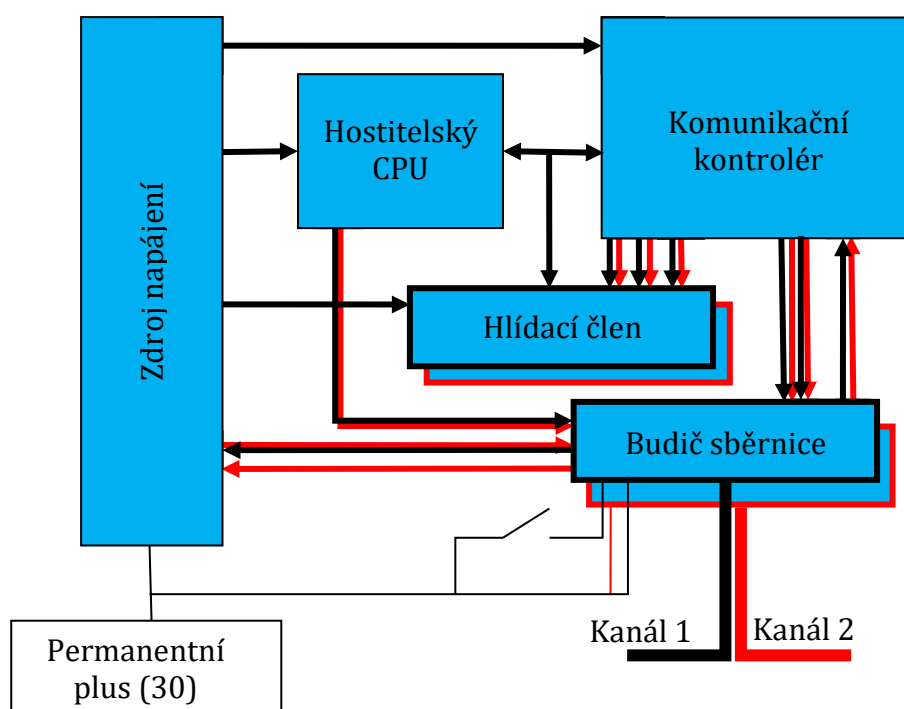
Zapojení terminací se také používá na koncích vedení BP a BM, jak je znázorněno na obrázku č. 4. [2]



Obrázek č. 4 Zapojení terminace na vedení [3]

3.3.5 Architektura FlexRay bus

Sběrnice FlexRay se skládá z kontrolní a řídicí části. Kontrolní část obsahuje hostitelský CPU a komunikační kontrolér a řídicí část obsahuje hlídací člen a budič sběrnice (volitelný). Budič sběrnice fyzicky připojuje komunikační kontrolér na sběrnici a hlídací člen má na starosti přístup ke sběrnici. Hostitelský CPU informuje hlídací člen, který časový slot bude přidělen komunikačnímu kontroléru. Potom hlídací člen umožní komunikačnímu kontroléru přenášet data v těchto časových slotech a povolí budič sběrnice. Jestliže hlídací člen detekuje mezeru v načasování, tak se odpojí od kanálů.



Obrázek č. 5 Architektura FlexRay bus

3.3.5.1 Komunikační kontrolér (Communication controller)

Funkce:

- Obsahuje interface pro spojení s hostitelským CPU
- Implementuje jádra protokolu.
- Řídí výměny zpráv pomocí bufferu.
- Synchronizuje na globální časovou základnu sítě.
- Umožňuje zbuzení spící sítě "Wake up" a startování sítě "Start-up".
- Podporuje zasílání a příjem symbolů včetně řízení přístupu na médium.
- Error management.
- Funkce pro diagnostiku sítě.

3.3.5.2 Hlídací člen (Bus guardian)

Funkce:

- Chrání časové sloty (proti neoprávněnému přístupu kontroléru).
- Chrání funkčnost sítě.
- Detekuje chyby.
- Kontroluje obsah v časové doméně.

3.3.5.3 Budič sběrnice (Bus driver)

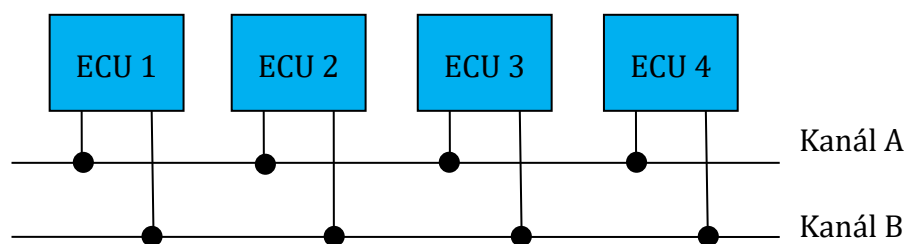
Funkce:

- Vysílá a přijímá data ze sběrnice.
- Protí vnějšímu rušení zajišťuje odolnost dat.
- Kontrola napětí jednotky.
- Detekce Wake-up clusteru na médiu. [5]

3.3.6 Topologie sítě

3.3.6.1 Bod - bod (Point to point)

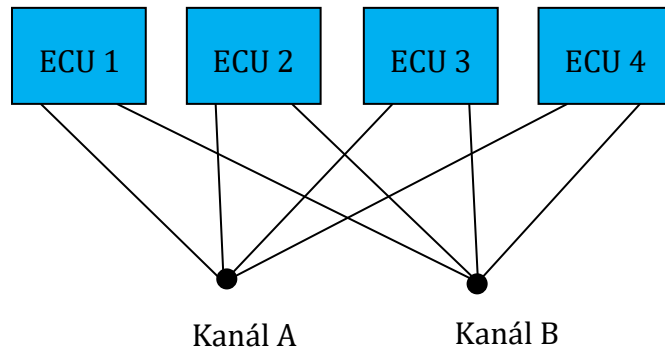
Nejjednodušší typ zapojení. Vzdálenost mezi dvěma uzly, nesmí přesáhnout délku 24 metrů a maximálně 22 uzlů na jednom kanálu. Toto zapojení je podobné jako u CAN sběrnice. Elektronický systém, dále jen ECU, může být připojen ke kanálu A i B nebo může být připojen pouze k jednomu ze dvou kanálů, jak je znázorněno na obrázku č. 6



Obrázek č. 6 Bod - bod

3.3.6.2 Pasivní hvězda (Passive star)

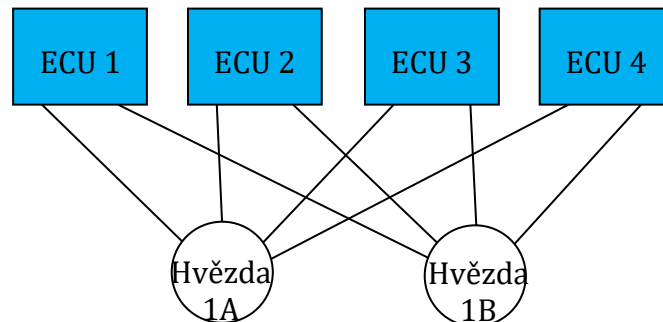
Používá se při zapojení více než dvou elektronických systémů. Všechny ECU na kanálu jsou sdruženy do jediného bodu, přičemž každý kanál A i B bude mít své vlastní zapojení do pasivní hvězdy. Stejně jako u zapojení Bod - bod, vzdálenost mezi libovolnými dvěma uzly na kanálu nesmí být vyšší než 24 metrů a počet uzlů nesmí překročit počet 22. Příklad zapojení pasivní hvězdy je zobrazeno na obrázku č. 7



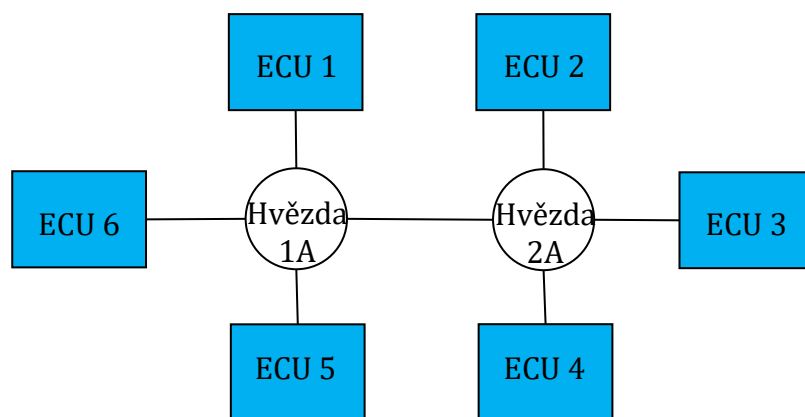
Obrázek č. 7 Pasivní hvězda

3.3.6.3 Aktivní hvězda (Active star)

Používá se zde zapojení Bod - bod mezi ECU a vazební hvězdou. Je-li přijat datový tok na jedné hvězdě, tak je automaticky poslán na další hvězdu. Vazební hvězda má vysílací i přijímací obvod pro každý kanál, přičemž kanál A i B jsou od sebe elektronicky odděleny, což je výhodné při zkratu, kdy porucha se omezí jen na jeden kanál. Je zde opět maximální délka 24 metrů. Existují zde 2 typy zapojení. První zapojení sdružuje oba kanály do hvězdy, viz. obrázek č. 8. Druhý typ je zapojen do kaskády, viz. obrázek č. 9.



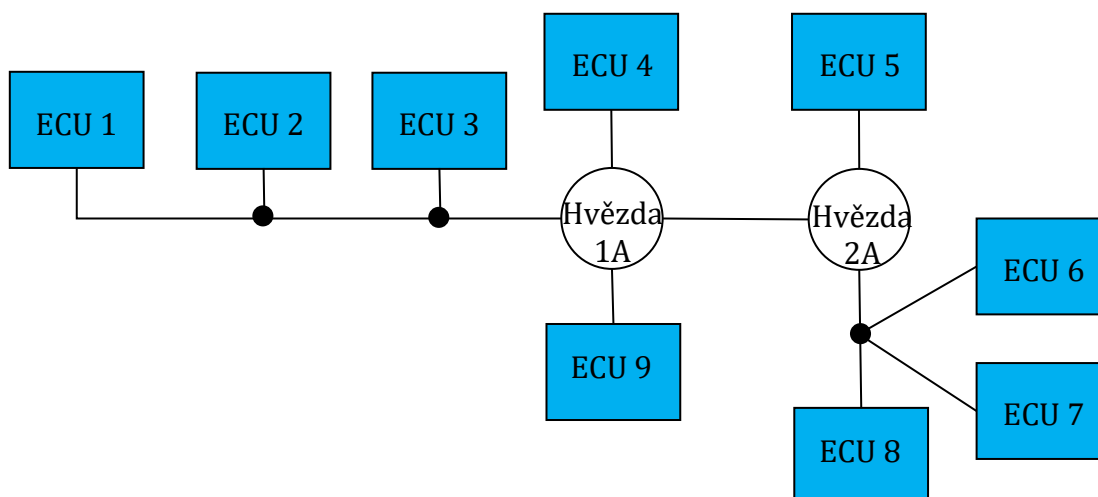
Obrázek č. 8 Pasivní zapojení do hvězdy



Obrázek č. 9 Pasivní zapojení do kaskády

3.3.6.4 Hybridní zapojení

Může být kombinací všech výše uvedených typů zapojení. Existuje nespočet variant, které lze realizovat. Musí být brán zřetel na limity jednotlivých typů zapojení, jako je maximální délka a počet uzlů na jednotlivých kanálech. Uvedený typ zapojení je znázorněn na obrázku č. 10.



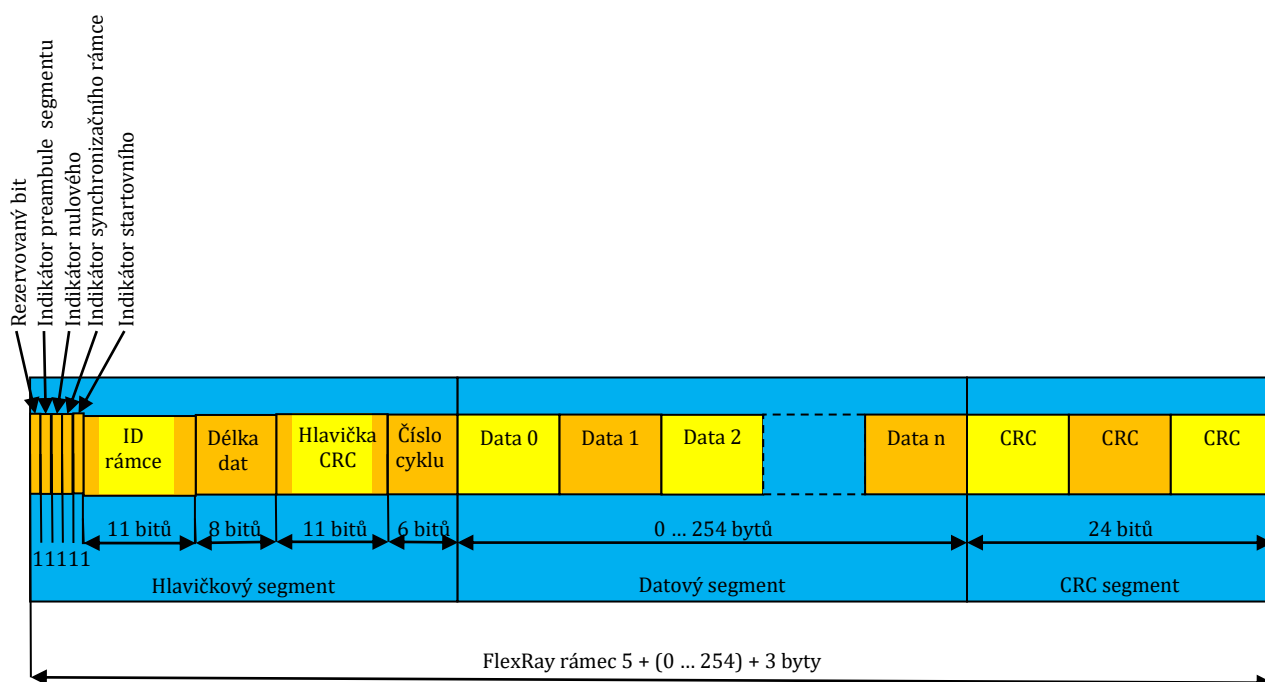
Obrázek č. 10 Hybridní zapojení [3]

3.4 Linková vrstva

Je umístěna hned za fyzickou vrstvou a má za úkol získaná data z fyzické vrstvy uspořádat do logických celků, neboli řečeno do rámce. Díky tomu dokáže provádět kontrolu, popřípadě opravovat chyby při přenosu. [4]

3.4.1 Formát rámce

Rámec se skládá ze tří částí: hlavičkový segment, datový segment a CRC segment. V každém časovém slotu může být jen jeden rámec, který je ještě před vstupem na fyzickou vrstvu zakódován. Jeho způsob zakódování se určuje podle typu segmentu, zdali se jedná o statický či dynamický segment. Formát rámce je zobrazen na obrázku č. 11.



Obrázek č.11 Formát rámce

Hlavičkový segment:

Jeho velikost je 5 bajtů.

- **Rezervovaný bit**
Pro budoucí rozšíření sběrnice
- **Indikátor preamble segmentu**
Indikuje přítomnost "network managementu" na začátku přenášených dat, jestliže je vysílán rámec statického segmentu. Je-li ale vysílán rámec dynamického segmentu, tak počátek dat má význam jako ID zprávy.
- **Indikátor nulového rámce**
Naznačuje, je-li slot obsazen a znemožňuje tak přístup na sběrnici jinému zařízení s hlídacím členem. V podstatě slouží jako ochranný prvek.
- **Indikátor synchronizačního rámce**
Udává, zda-li má být použit rámec k synchronizaci časových sítí, které jeho ID schvalují. Maximální počet rámců je omezen na 15. Může být vysílán pouze ve statickém segmentu současně na obou kanálech.
- **Indikátor startovacího rámce**
Je používán pouze s indikátorem synchronizačního rámce, nikdy sám. Zpravidla říká, že rámec musí být používán k rozběhnutí sítě, na které neběží komunikace nebo synchronizace.

- **ID rámce**
Obsahuje číslo slotu, ve kterém je rámec vysílán. Jeho rozsah je od 1 do 2047.
- **Délka dat**
Určuje velikost datového segmentu.
- **CRC**
Slouží k detekci chybného obsahu dat. Procesor si musí spočítat z každého rámce neměnicí hlavičku a vložit spolu s dalšími údaji do registru komunikačního kontroléru.
- **Číslo cyklu**
K identifikaci cyklu, v němž je rámec posílán. Jeho rozsah je od 0 do 63. Je potřebný k tomu, aby proces s nízkými požadavky neobsadil místo v každém cyklu statického slotu, ale jen v každém n-tém cyklu. Je zde také možnost nastavit filtr cyklů pro příjem a vysílání.

Datový segment:

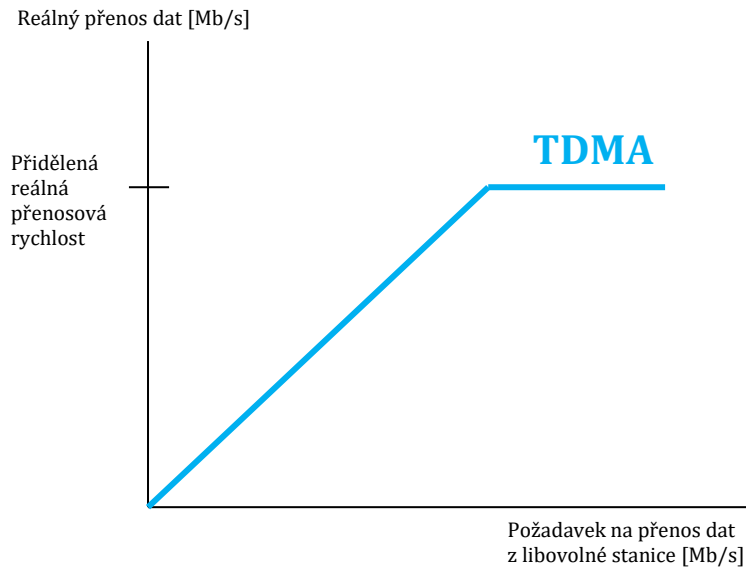
Přenáší data za předpokladu, že je rámec platný. Jeho velikost je v rozmezí od 0 do 254 bajtů dat. Tyto bajty jsou označeny číselně, počínaje od Data 0 až po Data n. Pro rámec přenášený ve statickém segmentu zabírá prvních 0 až 12 bajtů pro network management. Pro rámec přenášený v dynamickém segmentu zabírá první 2 bajty pro ID zprávu.

CRC segment:

Detekuje chybný segment v rámci. Jeho velikost je 24 bitů. Obsahuje CRC vypočtené hodnoty, které byly vypočítány hostitelským CPU pro všechny pole v hlavičkovém a datovém segmentu. [5]

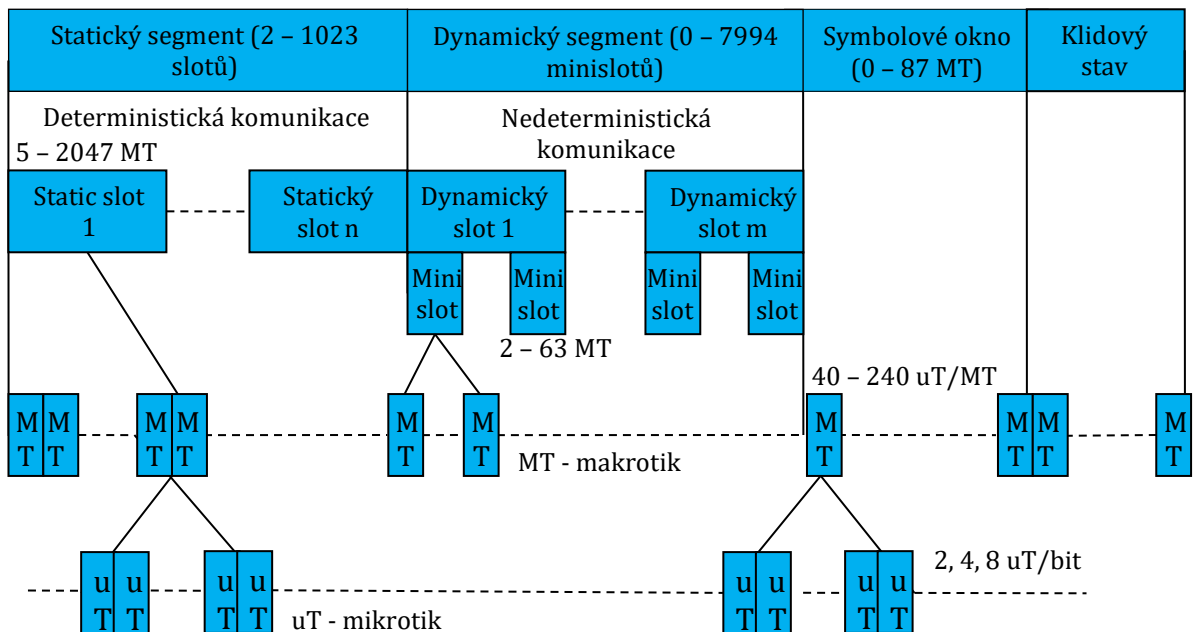
3.4.2 Komunikační cyklus

U standartu FlexRay se využívá metoda TDMA (time division multiple access), neboli vícenásobný přístup s časovým dělením. Znamená to rozdělení kanálů na časové úseky, které jsou přiděleny účastníkům nebo jejich podfunkcím. Ti mohou je poslouchat nebo odebírat z něj data. Struktura TDMA je ze 4 komunikačních cyklů, tyto cykly se periodicky opakují na sběrnici a mají konstantní dobu trvání. [2]



Obrázek č. 11 Závislost reálné přenosové rychlosti na požadovaném přenosu dat [5]

K měření času na sběrnici se využívá globální jednotka 1 MT (makrotik), který je skládán z celistvého počtu mikrotiků. Délka mikrotiku je závislá na krystalu (lokální generátor). Uvažované délky mikrotiku jsou 12,5; 25; 50 ns, přičemž jeden mikrotik je přibližně roven maximálně čtyř násobku vzorkovací periody. Komunikační cyklus je na obrázku č. 12.

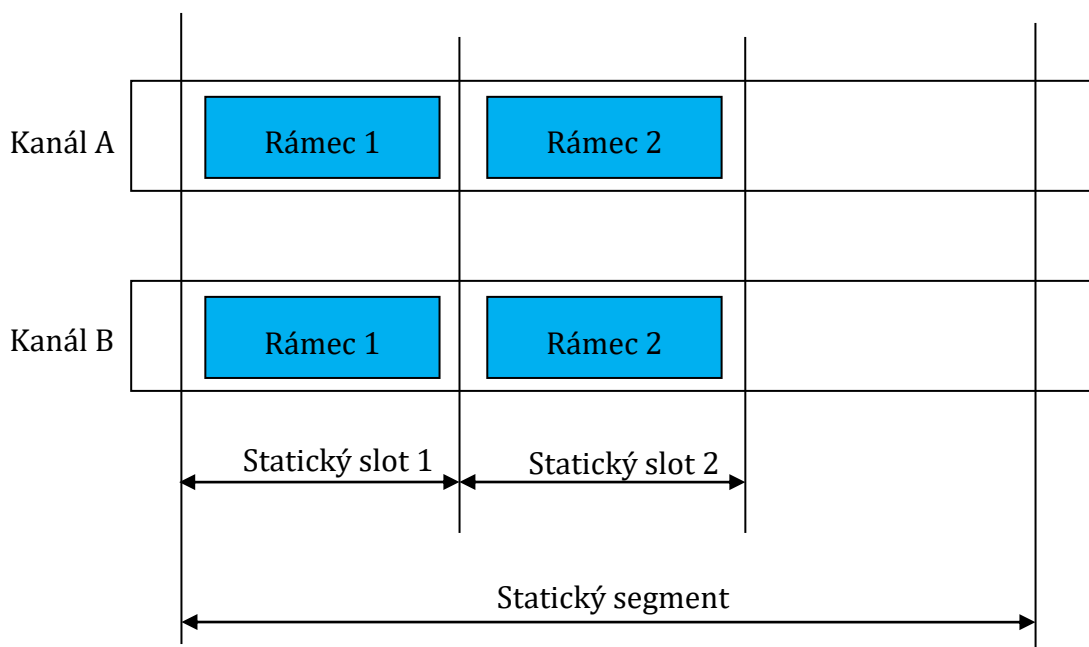


Obrázek č. 12 Komunikační cyklus

3.4.3 Statický segment

Bývá rozdělen do 2 až 1023 časových slotů v jednotkách makrotik s konstantní předem definovanou délkou. Aby designér mohl navrhnout ideální parametry pro danou aplikaci, je umožněno volit počet slotů a jejich délku jako globální konstantu, která je známá pro všechny ECU sítě již před startem sítě. [2]

Běží-li více procesů najednou ve statickém segmentu, lze předávat data jiným jednotkám. První způsob je alokovat příslušný počet těchto slotů pro dané procesy daného vysílače. Tento případ se používá tehdy, pokud předávané data přesahují svým objemem do jednoho statického časového slotu. Druhou možností je, nastane-li nám opačný případ, kdy předávané data nevyužijí plně statické časové sloty. Jelikož v jednotce je více procesů, tak lze přidělený časový slot multiplexovat mezi procesy. Nelze ale multiplexovat procesy z jiných jednotek do jednoho časového slotu. Statický segment je na obrázku č. 13. [5]



Obrázek č. 13 Struktura statického segmentu [3]

Zakódovaný rámec se skládá z:

- TSS (Transmission Start Sequence)

Má v sobě zakomponované budiče sběrnice pro příjem a vysílání, rovněž ovládá hradlové pole. Je složen z 3 až 15 bitů. Na začátku je ve stavu příjem, při detekci úkonu je ovládajícím hradlovým polem přepnut a po ukončení úkonu zase přepnut do stavu příjem, aby byla zajištěná správná funkce aktivní hvězdy, která je připravená na další rámec.

- **FSS** (Frame Start Sequence)

Slouží pro synchronizaci vzorkovače bitů od přijímače. Reprezentuje začátek rámce.

- **BSS** (Byte Start Sequence)

Používá se pro další sekvenci 8 bitů k synchronizaci přijímače. Těchto 8 bitů dat jsou k přenosu připraveného rámce, který se vysílá zároveň s BSS.

- **FES** (Frame End Sequence)

Ukončuje vysílání rámce pro přijímací stranu, popřípadě pro aktivní hvězdu.

- **CID** (Channel Idle Delimiter)

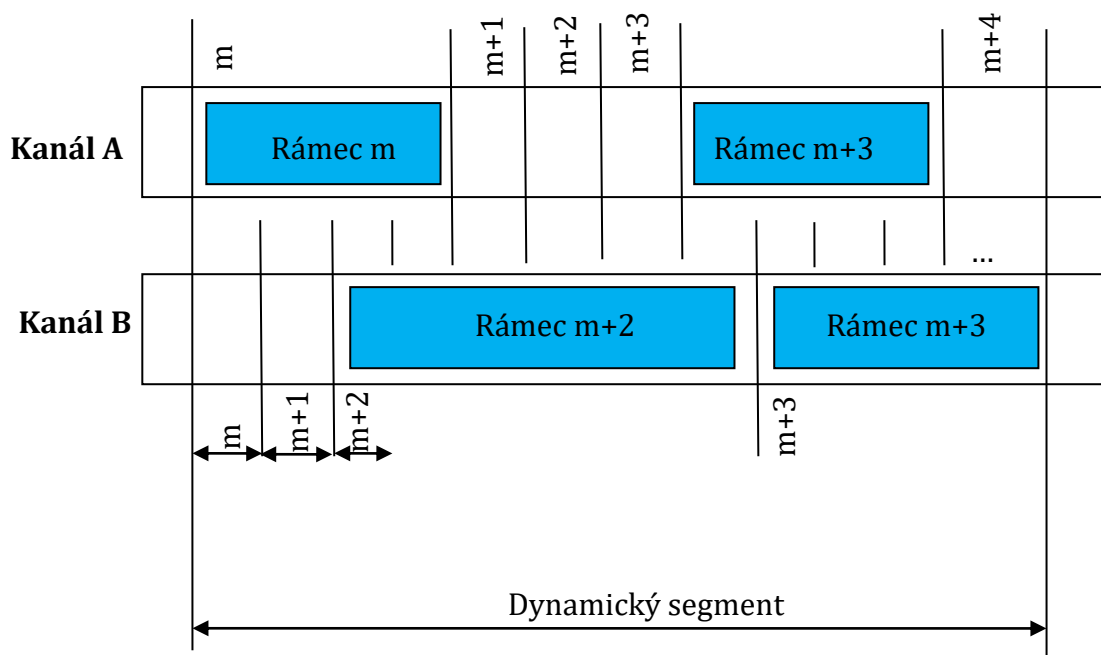
Následuje ihned za FES a identifikuje nám konec komunikačního elementu. Jeho velikost je 11 bitů na úrovni high.

- **Channel Idle**

Pásmo, které slouží pro umístění rámců do statických slotů, které jdou po sobě. Je umístěn na začátku i konci statického slotu.

3.4.4 Dynamický segment

Bývá rozdělen do dynamických časových slotů, avšak počet statických a dynamických slotů nemůže přesáhnout hodnotu 2047. Na rozdíl od statického slotu má dynamický slot variabilní délku. Tento dynamický slot se skládá z minislotů, jejichž počet může být od 0 do 7986. Jelikož má tento systém variabilní délku dynamických slotů, tak umístění počátku přiděleného slotu závisí na obsazení předchozích slotů. Dalším rozdílem oproti statickému segmentu je, že dynamický slot na obou kanálech A i B nemusí začínat ve shodný čas. Ve stejný čas se může zaslat rámeček z různých stanic. Dynamický segment je zobrazen na obrázku č. 14. [5]



Obrázek č.14 Struktura dynamického segmentu [2]

Zakódovaný rámec se skládá ze stejných stavů jako statický segment, avšak obsahuje navíc na konci stav DTS:

- **DTS** (Dynamic Trailing Sequence)

Sekvence trvající do konce minislottů. Používá se z důvodu, aby ostatní stanice nezaznamenávali stav bez komunikace.

3.4.5 Symbolové okno

Existují 3 možné symboly:

- **CAS** (Collision Avoidance Symbol)

Využívání při startování sítě stanicí ColdStart.

- **MTS** (Media Access Test Symbol)

Bývá využíván všemi stanicemi při běhu clusteru. Podle interního stavu komunikačního kontroléru se rozhoduje, o jaký stav jde, jelikož se MTS od CAS vůbec neliší v kódování.

- **TSS** (Transmission Start Sequence)

Je složen z 3 až 15 bitů, které jsou v logické nule. Používán k zajištění správné funkce aktivních hvězd.

3.4.6 Klidový stav

Jinak řečeno Network IdleTime, představuje poslední část každého komunikačního cyklu. Je zde aplikovaná korekce časové lokální základny, kdy se klidový stav zkrátí nebo prodlouží o určitý počet makrotiků. Bez prováděné korekce by klidový stav obsahoval zbývající počet makrotiků cyklu.

3.5 Wake-up cluster

FlexRay bus budí cluster vnější událostí. Jako minimální požadavek se uvažuje, že všechny ovladače sběrnice jsou pod napájením. Další požadavek je, aby alespoň jedna stanice byla schopna reagovat na vnější události, jelikož po detekci události musí být schopna zaslat požadavek po sběrnici ostatní ovladačům připojených na síť. Aby neohrozila komunikaci, tak provádí přisposlech na médiu. Mimo to, že wake-up cluster nesmí vysílat, když je prováděna komunikace, ale také nesmí být vysílána na obou kanálech současně. Wake-up symbol je složen z logické nuly a má délku 60 bitů a neaktivní čas délky 180 bitů. To platí pouze pro 10 Mb/s.

3.6 Start-up cluster

Fáze Start-up je prováděna na obou kanálech současně. Předtím než je proveden start-up fáze v clusteru, musejí být připojení účastníci a musejí být nakonfigurováni na parametry příslušné sítě a role, které budou mít v síti. Tyto role jsou ColdStart Node, Sync Node, Normal Mode. ColdStart Node se Sync Node mají synchronizační funkci po startu sítě, přičemž počet synchronizačních stanic je omezen na 15. ColdStart Node ze všeho nejdřív monitoruje stav sítě, pakliže neidentifikuje žádnou komunikaci nebo symbol CAS, tak začne provádět inicializaci (Leading ColdStart Node). V opačném případě se integruje do clusteru (Following ColdStart Node). [5]

4 Návrh vedení (Praktická část)

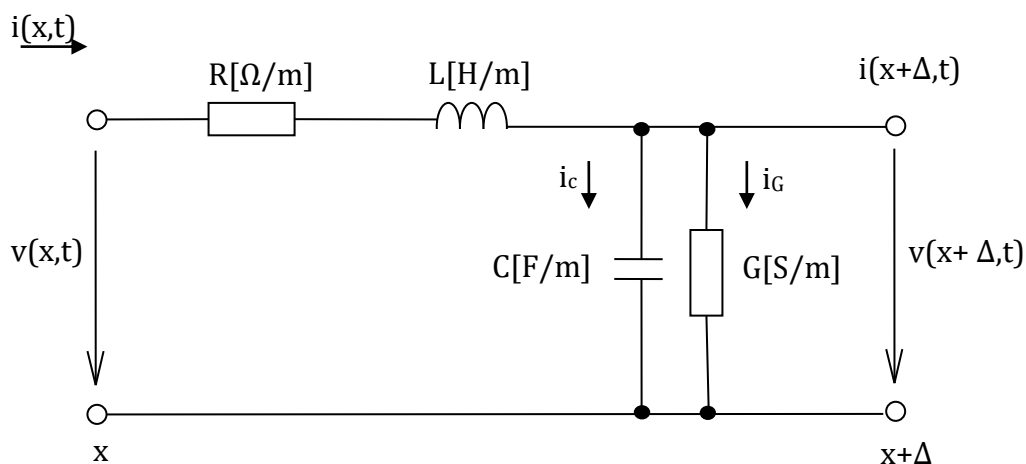
Má praktická část se zabývá návrhem náhradního vedení pro sběrnici FlexRay, kdy se vytvořili 3 obvody a každý z nich nahrazuje vodiče o různé délce.

4.1 OSI model

Při návrhu se vychází z fyzické vrstvy referenčního komunikačního OSI modelu, která udává parametry vedení uvedené v teoretické části bakalářské práce.

4.2 Telegrafní rovnice

Pro fyzický návrh experimentálního modelu se vychází z telegrafické rovnice, které popisuje přenos signálu po vedení, které má své charakteristické veličiny. Tyto veličiny jsou měřitelné, avšak já je určil analyticky. Mezi tyto veličiny patří kapacita a indukčnost, které jsou závislé na prostorovém uspořádání vodičů, dále to je odpor vodiče a svod, který je z důsledku nedokonalosti v izolaci. [6] Sekundární parametry vedení pro nás nejsou důležité.



Obrázek č. 15 Obecný model homogenního vedení [6]

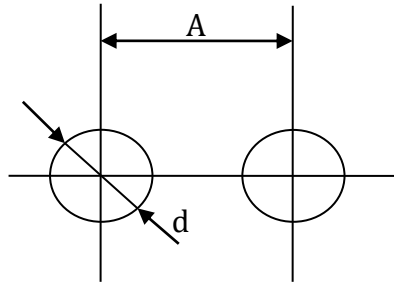
Pro další návrh fyzického vedení se bude uvažovat nehomogenní vedení vzhledem k nehomogenitě dielektrika, jelikož je potřeba vybrat materiál izolace dvou vodičů, popřípadě vzduchová mezera, abychom mohli určit efektivní relativní permitivitu pro daný materiál.

4.3 Zamezení rušení na sběrnici

Pro nerušený přenos je předpoklad zásadně dodržovat délky vedení a zavedení terminací. Jelikož dochází k rušení vnějšími elektromagnetickými poli, tak pro jeho snížení se používá zkroucení vodičů. Oba vodiče vedou stejný signál s opačnou hodnotou, tím pádem sběrnice vede diferenciální signál. Význam teorie zkroucených vodičů spočívá v tom, že okamžitý součet napětí na obou vodičích je konstantní a možná rušení způsobená například působením magnetického pole alternátoru jsou navzájem eliminována.



Obrázek č. 16 Kroucený dvojité vodič



Obrázek č.17 Parametry krouceného dvojitého vodiče [7]

4.4 Výpočet parametrů krouceného dvojitého vodiče:

Výpočet měrné indukčnosti pro metr vedení:

Pro další výpočty parametrů vedení je nutné znát relativní permeabilitu, která charakterizuje magnetické vlastnosti látek. Relativní permeabilita je bezrozměrné číslo a je definovaná vztahem:

$$\mu_r = 1 + x_m \quad (1)$$

U dnešních silničních vozidel pro sériovou komunikaci pomocí sběrnice se používá jemně laněný měděný drát, pro svou dobrou vodivost a velký teplotní rozsah, jehož hodnota odpovídá konstantě 0,99999. Tato hodnota závisí na čistotě materiálu. Měď patří mezi látky diamagnetické. [8]

$$x_m < 0; \mu_r < 1$$

$$L = 0,4\mu_r \left(2,3 \log \left(\frac{2A}{d} \right) + 0,25 \right) \quad (2)$$

$$L = 0,4 \cdot 0,99999 \left(2,3 \log \left(\frac{2 \cdot 1,62 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-3}} \right) + 0,25 \right) = 0,569 \left[\frac{\mu H}{m} \right]$$

Kde:

A ...vzdálenost mezi osami dvou vodičů,

d ...průměr vodiče [7],

X_m ...relativní susceptibilita.

Při výpočtu měrné indukčnosti se zanedbává vzduchová mezera mezi dvěma vodiči.

Výpočet měrné kapacity pro metr vedení:

Pro výpočet měrné kapacity je nutné znát relativní permitivitu. Vybírám materiál izolace polyetylen, zkratka PE, který je znám svou dobrou teplotní odolností od procházejícího proudu. Pro polyetylen je určena konstanta 2,16, která byla měřena při frekvenci 107 – 1010 Hz. [9] Relativní permitivita je definovaná vztahem:

$$\varepsilon_r = \frac{C}{C_0} \quad (3)$$

$$\varepsilon_{ef} = 0,8\varepsilon_r = 0,8 \cdot 2,16 = 1,728 \quad (4)$$

$$C = 12,1 \frac{\varepsilon_{ef}}{\log\left(\frac{2A}{d}\right)} = 12,1 \frac{1,728}{\log\left(\frac{2 \cdot 1,62 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-3}}\right)} = 40,953 \left[\frac{pF}{m}\right] \quad (5)$$

Kde:

ε_{ef} ...efektivní relativní permitivita [7],

C ...kapacita kondenzátoru vyplněného dielektrikem,

C_0 ...kapacita stejného kondenzátoru ve vakuu.

Pro výpočet měrné kapacity se homogenizuje pro jedno dielektrikum, aby se mohla zvolit hodnota permitivity a následně se pomocí přepočtu na efektivní relativní permitivitu mohlo uvažovat o nehomogenitě dielektrika.

Výpočet impedance:

$$Z = \frac{276}{\sqrt{\varepsilon_r}} \log\left(\frac{2A}{d}\right) = \frac{276}{\sqrt{2,16}} \log\left(\frac{2 \cdot 1,62 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-3}}\right) = 95,877 [\Omega] \quad [7],(6)$$

4.5 Výpočet odporů pro různé délky vedení

Hodnota měrného odporu závisí nejen na složení materiálu, ale také na mechanickém a tepelném zpracování. Jak již bylo dříve zmíněno materiál vodiče je měď, jehož měrný odpor odpovídá hodnotě konstantě 1,75 $\mu\Omega\text{cm}$. Tato hodnota byla změřena při 20 °C [10].

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha t) \quad (7)$$

Kde:

ρ ...měrný odpor,

α teplotní koeficient odporu,

t ...teplota ve stupních Celsia.

Pro realizaci 3 různě dlouhých vedení byly zvoleny 3 různé délky o délce 10,100 a 300 metrů.

Výpočet rezistoru pro 10 metrů dlouhé vedení:

$$R = \rho \frac{l}{S} = 0,0175 \frac{10}{0,61} = 0,287 [\Omega] \quad (8)$$

Kde:

l ...délka vedení,

S ... průřez vodiče.

Výpočet rezistoru pro 100 metrů dlouhé vedení:

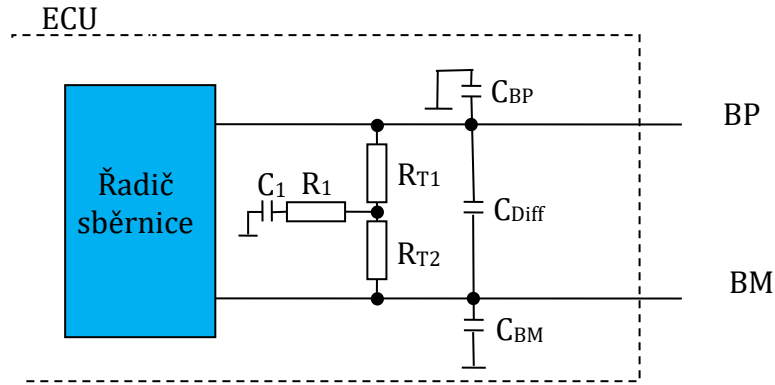
$$R = \rho \frac{l}{S} = 0,0175 \frac{100}{0,61} = 2,87 [\Omega]$$

Výpočet rezistoru pro 300 metrů dlouhé vedení:

$$R = \rho \frac{l}{S} = 0,0175 \frac{300}{0,61} = 8,6 [\Omega]$$

4.6 ESD ochrana

Neboli Electrostatic discharge, je antistatická ochrana, která má za následek odstranit statický náboj, který by v praxi mohl způsobovat problém. Jeho realizace je pomocí kondenzátorů, které se umístí mezi vedení BP a BM, jak je znázorněno na obrázku č. 18.



Obrázek č. 18 ESD ochrana

Tabulka č. 5 Parametry ESD ochrany [11]

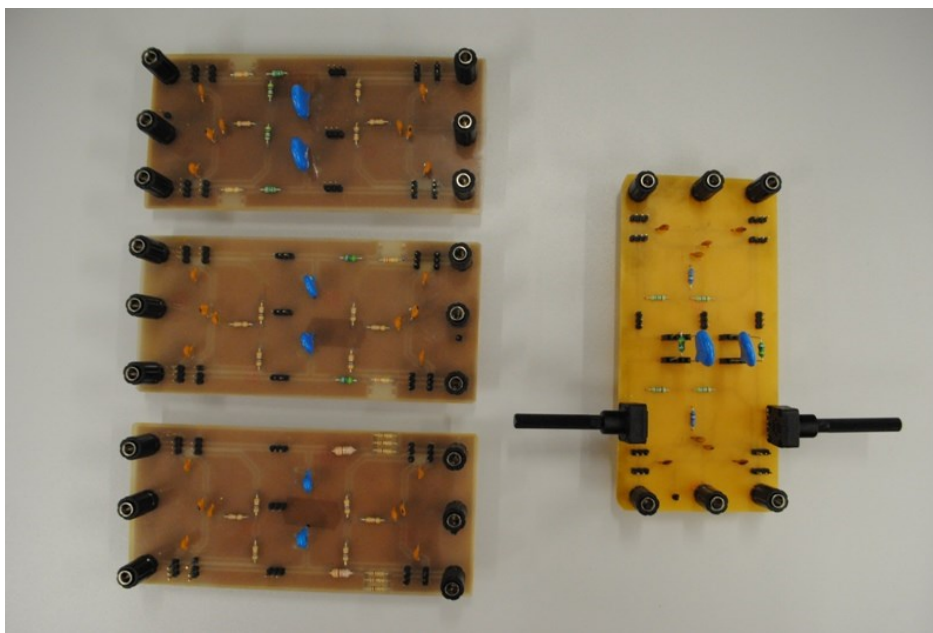
Značení	Popis	Hodnota
C_{BP}	Kondenzátor mezi BP a GND	>50 pF
C_{diff}	Diferenciální vstupní kapacita ECU	>40 pF
C_{BM}	Kondenzátor mezi BM a GND	>50 pF

ESD a terminace bývá ve většině případů součástí ECU a komunikačních sběrnic. Pro laboratorní úlohy je však z důvodu prevence realizována na laboratorním modelu.

4.7 Fyzická realizace náhradního vedení

Jak už bylo zmíněno, byly realizované různé délky vedení a jedna DPS s proměnnou délkou vedení realizovaná pomocí potenciometru a možností vložení cívky a kapacity do patice. Zároveň byla na každé DPS v rámci ochrany připojených zařízení realizována terminace a EDS ochrana, které lze připojit na vedení pomocí jumperu. Pro snadnost měření parametrů vedení jsou na DPS vyvedeny oboustranné kolíky.

DPS náhradního vedení:



Obrázek č.19 Realizovaná fyzická vedení

4.8 Analýza FlexRay bus

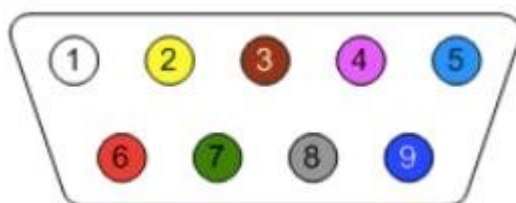
Analýza komunikační sběrnice se provede pomocí převodníku a příslušného softwaru, který je k dispozici.

4.8.1 Převodník FlexCard USB-M

FlexCard USB-M je flexibilní multisběrnicový nástroj pro monitorování, testování a simulaci. Tento nástroj obsahuje jeden FlexRay komunikační kontrolér s oběma kanály A i B a také přístup ke dvěma CAN High a jeden CAN Low. Přičemž fyzické vrstvy jsou již integrovány uvnitř zařízení. Všechny příchozí data jsou přenášena přes USB kanál do systémové paměti RAM a dočasně uložena do 2 MB vyrovnávací paměti pro příjem. Přenášená data se zapisují přímo do komunikačního kontroléru pro zajištění maximální výkonnosti. Má možnost nastartovat a synchronizovat FlexRay sběrnici tím, že dokáže poslat dva Cold-Start rámce v jediném cyklu.



Obrázek č. 20 Převodník FlexCard USB-M



Obrázek č.21 Konektor sériového portu pro sběrnici FlexRay

Tabulka č. 6 Osazení konektoru sériového portu [12]

Číslo pinu	Signál	Barva
1	Není připojen	
2	FlexRay BM pro kanál A	Yellow
3	GND	Red
4	FlexRay BM pro kanál B	Pink
5	Stínění	Blue
6	Není připojen	Red
7	FlexRay BP pro kanál A	Green
8	FlexRay BP pro kanál B	Grey
9	Není připojen	Blue

4.8.2 Software Caromee

Je to rozsáhlý software, který umožňuje monitoring, analýzu a simulaci různých sběrnic. Mezi tyto sběrnice patří LIN, MOST, CAN, FlexRay a také Ethernet.

Mezi hlavní funkce patří online měření, které je zároveň možné filtrovat popřípadě ukládat do souborů. Dále zobrazení signálů z naměřených zpráv, generování zpráv od různých sběrnic a ty dále posílat na HW kanál nebo do simulace. Existuje zde možnost vytvoření reportů do prezentací, možnost analýzy chyb jako jsou chyby zpráv či synchronizace. Tvorba vlastních obrazovek pro vytvoření přehledné analýzy. Software Caromee

používá jazyk Lua, kde pomocí skriptování je možnost psát vlastních skript. A jako poslední je zde topologie, kde pomocí grafických bloků (modulů), které se mezi sebou logicky propojí, sestavit analyzační systém.

Moduly:

Nabízí široké spektrum možností pro měření.

Popis jednotlivých modulů:

- **BusEvents**

Zachycuje nové informace, které přes tento modul procházejí, popřípadě je pouští dál. Tyto zprávy mohou být: CAN zprávy, LIN zprávy, MOST zprávy, FlexRay zprávy, komentované zprávy, K vedení nebo diagnostické zprávy.

Jeho hlavním úkolem je snížit datový tok pouze na požadovanou zprávu pomocí vhodně zvoleného filtrování. Je zaveden z toho důvodu, aby některé moduly nedostávaly informace, které mohou být nežádoucí.

- **Generator**

Jeho hlavním úkolem je generování zpráv pro různé typy sběrnic a posílat je do sběrnice. Můžeme vytvářet libovolný počet zpráv. Pomocí analyzátoru tyto zprávy mohou být zobrazeny a filtrovány.

- **HW channel**

Poskytuje přístup k různým kanálům měřicího zařízení. Jestliže přidáme plugin DLL od výrobce do softwaru CAROMEE, pak dostaneme přístup k novému zařízení. Každému modulu se přiděluje pouze jeden kanál měřicího zařízení, takže je popřípadě zapotřebí použít více modulů. Všechny kanály jsou však časově synchronizovány pomocí softwaru.

- **Logger**

Flex karta obsahuje speciální signály pro vysílání a přijímání, které se například používají pro aktivaci jiného měřicího zařízení na konkrétní akci. K dispozici je triggerovací podmínka, jejichž použití závisí na měřicím zařízení. Výstupní trigger je dostupný pouze pro sběrnici FlexRay, vstupní trigger bývá použit pro CAN sběrnici. Pro měření na FlexRay sběrnici je také důležité, zda se nachází v synchronním nebo asynchronním módu.

- **Message Counter**

Slouží jako jednoduchý čítač průtoku nebo k blokování v jednom směru, kdy zpráva může projít pouze zleva doprava.

- NetClient

Tento modul přijímá zprávy z TCP/IP a přidává je dál do jiných modulů.

- NetServer

Tento modul přijme všechny zprávy a posílá je přes TCP/IP do NetClient modulů. NetClient může být kdykoliv registrován, popřípadě ho lze vypnout. Zároveň také upravuje zprávu během provozu, aby se snížilo zatížení sítě.

- Online module

Jeho hlavním cílem je zpracování zpráv v různých formátech online, neboli v reálném čase a jejich následnou vizualizaci přes Analyzátor. Nejdříve by ale filtrování mělo být provedeno v CamoL, jelikož nemusí být předány analyzátoru, což bude mít za následek nesprávně zobrazená data.

- Replay module

Jeho hlavní činností je číst log soubory v různých formátech, k přípravě zprávy, které je v tomto souboru uložena a sdílet to s ostatními moduly. Lze načíst více log souborů současně s daty ve všech souborech do jednoho datového úložiště.

Při použití analyzátoru v uživatelském rozhraní, tak zprávy mohou být zobrazeny a filtrovány. Nastavení přerušovacích bodů je možné zastavit proces v libovolných polohách, to lze nastavit buď to v analyzátoru nebo v Replay modulu.

- Ring Buffer

Jeho hlavním cílem je aby byla k dispozici v bufferu zprávy předchozí historie. Jakmile je paměť naplněna, tak ta nejstarší zpráva je smazána. Je možné definovat, co bude považováno za událost, to je možné automaticky nebo manuálně.

- Script

Nabízí možnost spouštět v testovacím aplikačním prostředí. Programuje se v jazyce Lua.

- Sorter

Jeho hlavním úkolem je třídění zpráv s jejím odkazem na časovou stopu. K tomuto účelu musí být zprávy po určitou dobu v Bufferu a tak třídící algoritmus zavádí zpoždění. Tento modul je rozumné použít i tehdy, jsou-li zprávy z jediného měřicího zařízení.

- Statistic

Umožňuje zobrazení statistických údajů jako například počet zpráv, časový rozdíl atd. [13]

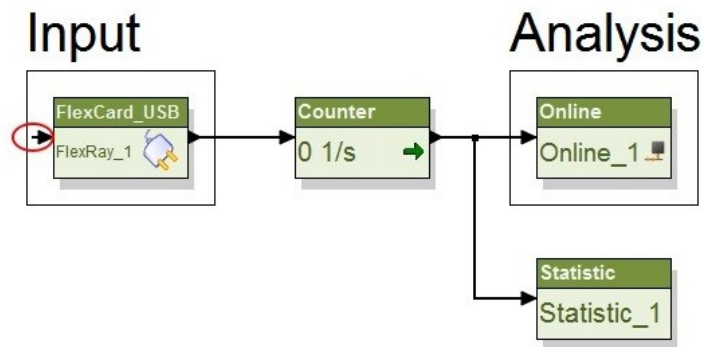
4.8.3 Analýza komunikační sběrnice FlexRay na silničním vozidle

Pro demonstraci analyzačních prostředků byl vybrán vůz BMW řady 5 (F10), roky výroby 2012, který je vybaven komunikační sběrnici FlexRay pro aktivní nastavování tlumičů během jízdy, které mají za úkol zvyšování komfortu cestujícím.



Obrázek č. 21 Měření v laboratoři

Sestavování modulu v softwaru Caromee pro jednoduchou online analýzu. Kdy vstup se nadefinoval pro sběrnici FlexRay, dále v sérii je Counter, který slouží jako jednoduchý čítač průtoku a jako výstup je samotný Online modul, který nám umožňuje analýzu v reálném čase. Paralelně s ním je modul Statistic, který umožňuje zobrazení statistických údajů.



Obrázek č. 22 Prostředí softwaru Caromee

Statistická zpráva zobrazuje celkový počet událostí, které proběhly během měření. Ve zprávě se zobrazují údaje z hlavičky segmentu jako indikátor preamble segmentu, indikátor nulového rámce, indikátor synchronizačního rámce, indikátor startovacího rámce. Dále je to údaj o platné komunikaci, syntaxových chybách a obsahové chyby.

	Value	Value/s	min [value/s]	max [value/s]
FlexRay_1	308754	2	1	6403
↳ IDs				
↳ Time difference				
↳ Events				
Payload preamble	56653			
Nullframe	112527			
Syncframe	73992			
Startupframe	77473			
Valid communica...	1721			
Syntax error	306137			
Content error	18817			
Busload [%]	0.0		0.0	0.0

Obrázek č. 23 Statistika v softwaru Caromee

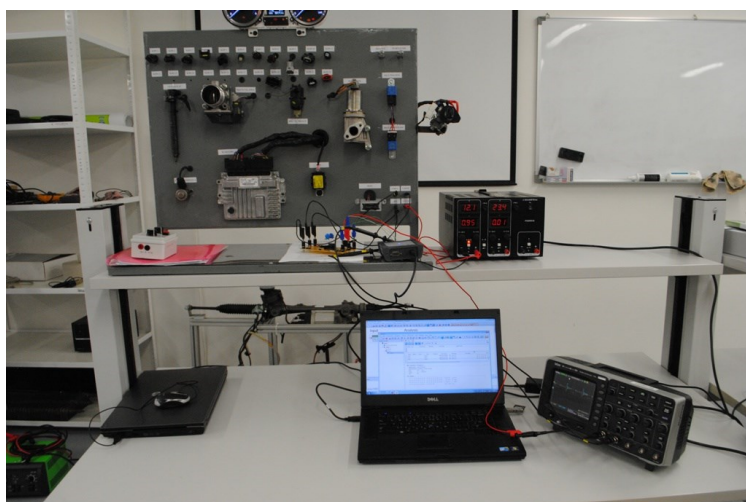
Analýza udává indexování, status, chyby, typ sběrnice, protokol, čas zprávy, zprávu a datové zatížení. Po rozkliknutí zprávy se zobrazí podrobnější údaje o zprávě, která udává, na jakém kanálu byla zpráva naměřena, ID časového slotu, přesný typ sběrnice, hlášení o zprávě a celou hodnotu datového zatížení.

Index	Status	Error	Bus	Protocol	Time stamp	Message	Payload
308,737			FlexRay_1		00:05:43,006 196	FlexRay infor...	43 6F 6C 6C 69 73 69 6F 6E 20 41 ...
308,738			FlexRay_1		00:05:43,006 216	FlexRay infor...	43 6F 6C 6C 69 73 69 6F 6E 20 41 ...
308,739	⚠	Syntax error	FlexRay_1		00:05:43,006 731	A.000.63...	00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ...
308,740	⚠	Syntax error	FlexRay_1		00:05:43,011 056	A.000.62...	00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ...
308,741			FlexRay_1		00:05:43,011 068	FlexRay infor...	43 6F 6C 6C 69 73 69 6F 6E 20 41 ...
308,742			FlexRay_1		00:05:43,011 082	FlexRay infor...	43 6F 6C 6C 69 73 69 6F 6E 20 41 ...
308,743			FlexRay_1		00:05:43,011 102	FlexRay infor...	43 6F 6C 6C 69 73 69 6F 6E 20 41 ...
308,744			FlexRay_1		00:05:43,011 281	FlexRay infor...	43 6F 6C 6C 69 73 69 6F 6E 20 41 ...
308,745			FlexRay_1		00:05:43,011 293	FlexRay infor...	43 6F 6C 6C 69 73 69 6F 6E 20 41 ...
308,746			FlexRay_1		00:05:43,011 303	FlexRay infor...	43 6F 6C 6C 69 73 69 6F 6E 20 41 ...
308,747			FlexRay_1		00:05:43,011 322	FlexRay infor...	43 6F 6C 6C 69 73 69 6F 6E 20 41 ...
308,748			FlexRay_1		00:05:43,011 338	FlexRay infor...	43 6F 6C 6C 69 73 69 6F 6E 20 41 ...
308,749			FlexRay_1		00:05:43,011 356	FlexRay infor...	43 6F 6C 6C 69 73 69 6F 6E 20 41 ...
308,750			FlexRay_1		00:05:43,013 090	FlexRay infor...	43 6F 6C 6C 69 73 69 6F 6E 20 41 ...
308,751			FlexRay_1		00:05:43,013 128	FlexRay infor...	43 6F 6C 6C 69 73 69 6F 6E 20 41 ...
308,752			FlexRay_1		00:05:43,013 143	FlexRay infor...	43 6F 6C 6C 69 73 69 6F 6E 20 41 ...

Obrázek č. 24 Analýza v softwaru Caromee

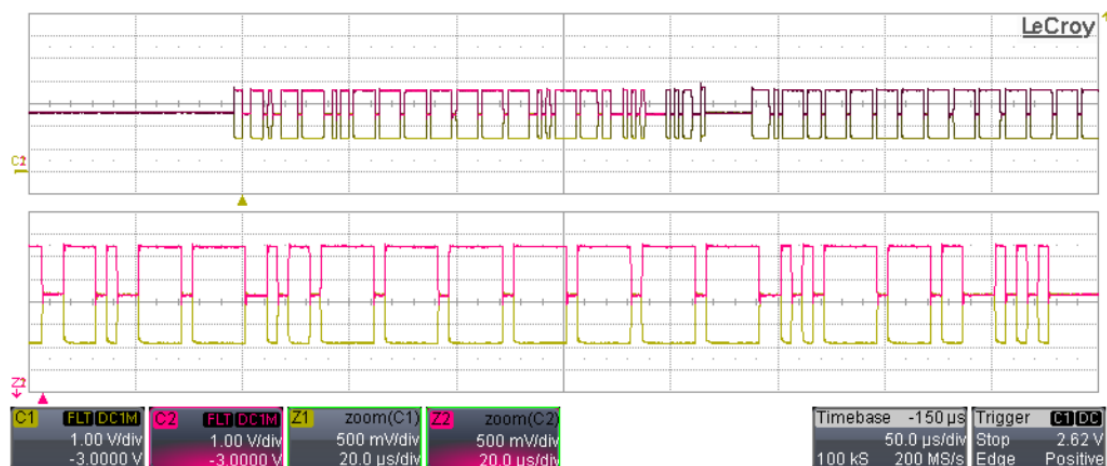
4.9 Měření náhradního vedení na demonstračním panelu

Demonstrace realizovaného náhradního vedení byla provedena na výukovém měřicím přípravku vozidla Hyundai, kde je komunikace pomocí CAN sběrnice. Průběh napětí sběrnice CAN vypadá podobně jako u sběrnice FlexRay, avšak má přibližně 10 krát nižší přenosovou rychlost. Maximální délka vedení pro maximální přenosovou rychlost je 40 metrů.



Obrázek č. 25 Měření na výukovém měřicím přípravku

První měření probíhalo bez realizovaných přípravku. Měření probíhalo na kanálech CAN High a CAN Low. Průběh napětí v čase je znázorněn na obrázku č. 26.



Obrázek č. 26 Průběh napětí sběrnice CAN

Další měření probíhalo na realizovaných přípravcích různé délky vedení. U prvního měření délky 10 metrů nebyla zaznamenána žádná změna, jelikož délky náhradního vedení splňuje limity dané sběrnici CAN i v případě sběrnice FlexRay by měla splňovat limit.



Obrázek č. 27 Průběh napětí sběrnice CAN na náhradním vedení délky 10 m

Pro měření delších vedení již docházelo ke zkreslení signálu, jelikož se překročily limity maximální délky vedení sběrnice.



Obrázek č. 28 Průběh napětí sběrnice CAN na náhradním vedení délky 100 m



Obrázek č. 29 Průběh napětí sběrnice CAN na náhradním vedení délky 300 m.

5 Závěr

V úvodu je detailně rozebrána teorii týkající se standartu FlexRay, které se následně ověřili v praktické části. Pomocí telegrafních rovnic a teorii o zkroucených vodičích byly zrealizovány 4 DPS, které budou sloužit pro laboratorní úlohy a její následné analýze. K dispozici byly analyzační prostředky, které bylo nutné v prvním kroku zprovoznit a následně pomocí manuálu pochopit zařízení. K odzkoušení analyzačních prostředků byl do laboratoře umístěno vozidlo, které využívá sběrnici FlexRay pro přenos informací mezi řídicí jednotky tlumičů každého kola, aby mohlo během jízdy aktivně nastavovat tuhost tlumičů pro zlepšení komfortu cestujících. Analyzátor dokázal podrobně rozebrat zprávu přenášenou pomocí sběrnice FlexRay. Měření probíhalo na kanálu A sběrnice.

Měření náhradního vedení probíhalo na demonstračním panelu, na kterém byly umístěné akční členy vznětového motoru vozidla Hyundai, včetně řídicí jednotky, která vysílala zprávu pomocí sběrnice CAN. Naměřený průběh napětí v čase začal být zkreslený od náhradního vedení 100 metrů, které již nesplňovalo limity dané vzdálenosti mezi uzly. To znamená, že všechna navržená měření potvrdila teoretické předpoklady.

Během řešení této bakalářské práce byly splněny všechny body zadání

6 Seznam použité literatury

- [1] Štěřba, P. - Čupera, J., Autoelektronika, Brno, 2010.
- [2] Bažant, L., Bakalářská práce - Digitální snímání obrazu a jeho přenosu pomocí sítě FlexRay, Brno: VUT, 2012.
- [3] Somers, B., Disseration – Investigation of a FlexRay – CAN gateway in the Implementation of Vehicle Speed Control, Waterford: Waterford Institute of Technology, 2009.
- [4] Forman, J., Bakalářská práce – Optimalizace bezdrátové sítě v lokalitě Nového města nad Metují, Brno: VUT, 2008.
- [5] Pokorný, V., Diplomová práce - Metody měření vybraných parametrů komunikačního standartu FlexRay a jejich implementace, Praha: ČVUT, 2007.
- [6] Továrek, T., Bakalářská práce – Telegrafní rovnice, Brno: VUT, 2010.
- [7] Chlebiš, P., Konstrukce elektronických zařízení. Ostrava, 2009. Prezentace VŠB-TU Ostrava.
- [8] ConVERTER, „Relativní permeabilita,“ [Online]. Available: <http://www.converter.cz/tabulky/relativni-permeabilita.htm>. [Přístup získán 25 Duben 2016].
- [9] ConVERTER, „Relativní permitivita,“ [Online]. Available: <http://www.converter.cz/tabulky/relativni-permitivita.htm>. [Přístup získán 25 Duben 2016].
- [10] ConVERTER, „Měrný odpor,“ [Online]. Available: <http://www.converter.cz/tabulky/merny-odpor.htm>. [Přístup získán 25 Duben 2016].
- [11] Technologies du Génie Électrique, „FlexRay Communications System Electric Physical Layer,“ [Online]. Available: http://www.tge.cmaisonneuve.qc.ca/barbaud/Références%20techniques/Protocoles%20à%20tranches%20de%20temps/FlexRay_Electrical_Physical_Layer_Application_Notes_V2.1_Rev.B.pdf. [Přístup získán 10 Května 2016].
- [12] FlexCard USB-M Instructions for Use, Göppingen: STAR ELECTRONICS GmbH & Co. KG, 2015.
- [13] Caromee-Users-Guide, Göppingen: Eberspächer Electronics GmbH & Co. KG, 2015.

7 Seznam příloh

Příloha č. 1 Dokumentace realizovaného laboratorního modelu

Příloha č. 2 Specifikace analyzačních prostředků

Příloha č. 3 Typová laboratorní úloha