

Univerzita Pardubice

Dopravní fakulta Jana Pernera

Diagnostika nákladních vozidel pomocí převodníku

Pierre Litvák

Bakalářská práce

2014

Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 29. 5. 2014

Pierre Litvák

Poděkování

Rád bych poděkoval mému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Václavu Lenochovi a konzultantovi panu Ing. Zdeňku Maškovi, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost a odbornou pomoc, rodině za podporu a důvěru ve mě vloženou, zejména pak bratrovi, mému kamarádovi Filipovi za pozitivní myšlenky a netradiční náhled na svět, spolužákům za výbornou spolupráci. V neposlední řadě bych dále poděkoval všem pracovníkům KEEZ DFJP za ochotu a pomoc po celou dobu mého studia.

Anotace

Bakalářská práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části je popsána automobilová diagnostika, komunikace na sběrnici CAN, převodník STN1110 a vývojové prostředí LabVIEW. V praktické části je cílem této bakalářské práce vypracovat návrh převodníku dle doporučeného schématu výrobcem a na základě tohoto návrhu vytvořit přípravek, kterým bude možno sledovat komunikaci na sběrnici CAN v nákladních vozidlech, na kterých se dnes používá pro komunikaci protokol SAE J1939. Dalším krokem pak je vytvoření obslužného programu ve vývojovém prostředí LabVIEW, ve kterém bude možno zadat některé požadované sledované veličiny například otáčky motoru, zatížení motoru, teplotu atd., a posléze je monitorovat v čase. Dále bude možno pomocí programu vyčíst paměť závad.

Klíčová slova

Diagnostika, OBD, SAE J1939, CAN, převodník, LabVIEW

Title

Diagnosis of truck by the use of interpreter

Annotation

Bachelor thesis is dividing into the theoretical part and into the practical part. In the theoretical part is described automobile diagnostic, communication at CAN bus, interpreter STN1110 and development environment Lab VIEW. The object of practical part of this bachelor thesis is to devise interpreter based on scheme recommended from manufacturer and then create product, which allows scan communication at CAN bus in truck, where is current using for communication a protocol SAE J1939. Next step is making a program in development environment LabVIEW. In this program will be possible to enter some required monitored quantities for example engine RPM, engine load, temperature etc. and then monitor it over time. Next function of this program will be diagnostic trouble codes.

Keywords

Diagnosis, OBD, SAE J1939, CAN, interpreter, LabVIEW

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pierre Litvák**
Osobní číslo: **D11353**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Dopravní infrastruktura: Elektrotechnická zařízení v dopravě**
Název tématu: **Diagnostika nákladních vozidel pomocí převodníku**
Zadávající katedra: **Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací techniky v dopravě**

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

1. Stavba komunikačního převodníku
2. Protokol J1939
3. Komunikace s převodníkem
4. Monitoring komunikace J1939 na nákladním voze

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

- [1] Firemní literatura National Instruments na www.ni.com
- [2] Havlíček Josef, Vlach Jaroslav, Vlach Martin, Vlachová Viktorie, Začínáme s LabVIEW, BEN - technická literatura, 248 s., vydání 1. české, ISBN / EAN 978-80-7300-245-9/9788073002459
- [3] STN1110: Multiprotocol OBD to UART Interpreter IC
<http://www.obdsol.com/stn1110/>
- [4] A comprehensible guide to J1939, Greenfield Copperhill Technologies Corporation, c2008 xi, 113 s.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Václav Lenoč

Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací
techniky v dopravě

Datum zadání bakalářské práce:

26. listopadu 2013

Termín odevzdání bakalářské práce:

30. května 2014



prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.
děkan

L.S.



doc. Ing. Jindřich Doleček, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 21. února 2014

OBSAH

Seznam použitých zkratk	9
1. Úvod	10
Teoretická část	12
2. Automobilová diagnostika	12
2.1. OBD	14
2.2. EOBD	15
2.3. Diagnostické testery	17
3. CAN BUS	19
3.1. Fyzická vrstva	20
4. Komunikační protokol SAE J1939	22
4.1. Obecné vlastnosti	22
4.1.1 Fyzická vrstva	23
4.1.2 Linková vrstva	24
4.1.3 Síťová vrstva	25
4.1.4 Aplikační vrstva	27
Praktická část	30
5. Hardware	30
5.1. STN1110	30
5.1.1 Parametry STN1110	30
5.1.2 Komunikace s STN1110	31
5.1.3 Porovnání STN1110 a ELM327	32
5.2. FTDI FT232RL	33
5.2.1 Základní vlastnosti	33
5.3. CAN transceiver MCP2551	33
5.4. Realizace desky plošného spoje	34
5.5. Simulace sběrnice CAN	35

6. Software	36
6.1. LabVIEW	36
6.1.1 Čelní panel	36
6.1.2 Blokový diagram.....	37
6.2. Výsledný program.....	38
6.2.1 Popis programu	38
7. Závěr	42
Příloha A	43
Příloha B	44
Příloha C	49
Příloha D	49
Seznam obrázků.....	50
Seznam použité literatury	51

Seznam použitých zkratk

OBD	On Board Diagnostic
MIL	Malfunction Indicator Light
EOBD	European On Board Diagnostic
CO	Oxid uhelnatý
HC	Souhrnné označení pro uhlovodíky
NOx	Souhrnné označení pro oxidy dusíku
SAE	Society of Automotive Engineers
ISO	International Standards Organization
OSI	Open System Interconnection
ECU	Electronic Control Unit
FIFO	First In First Out
CAN	Control Area Network
PGN	Parameter Group Number
SMD	Surface Mount Device
SPN	Suspect Parameter Number
DM	Diagnostic Messages
FMI	Failure Mode Identifier
OC	Occurrence Count
CM	Conversion Method

1. Úvod

V automobilovém průmyslu došlo počátkem 90. let 20. století v souvislosti se vstupem informačních technologií a výpočetní techniky do života společnosti k prudkému nástupu elektroniky do vývoje a montáže automobilů, a to jak osobních, tak i nákladních a speciálních. Elektronika zaváděná do výrobků v automobilovém průmyslu slouží zejména k optimalizaci jednotlivých funkcí vozidel, ať již důležitých z hlediska funkčních vlastností (funkce motoru, podvozku, tlumičů, brzdového systému atd.), tak i zvyšujících pohodlí a jízdní komfort (např. centrální zamykání, vyhřívání sedaček, klimatizace, parkovací automaty, rozsvěcování a zhasínání světel apod.). U nákladních vozidel, užitkových vozů, autobusů, přívěsů, návěsů, traktorů, jeřábů, bagrů a dalších mechanismů dále funkce související se speciální činností těchto strojů. Mozkem současných vozidel jsou elektronické řídicí jednotky (ECU – Electronic Control Unit), které mají na starost elektronickou komunikaci v automobilu. Jedná se o počítače, které jsou za pomoci řady čidel schopny zaznamenávat a vyhodnocovat veškerá data přicházející z jednotlivých segmentů vozu. Ke vzájemné vnitřní komunikaci sítě čidel a senzorů řídicích jednotek se využívají sériové sběrnice. Dnes nejpoužívanější je sériová sběrnice CAN (Controller Area Network). Součástí řídicích jednotek je také software, jehož obsahem je datový vzor pro řízení jednotlivých funkcí vozidla.

Elektronika, kterou jsou dnes osobní i nákladní motorová vozidla vybavována, zásadním způsobem zvýšila množství funkcí a schopností automobilů. Složitost elektronických systémů má však za následek obtížné zjišťování závad bez příslušného vybavení. Elektronické řídicí jednotky jsou proto vybavovány pamětí chyb, do které se ukládají veškeré informace o provozu a případných závadách.

Ke zjišťování závad a chyb v provozu osobních i nákladních automobilů dochází pomocí speciálních diagnostických přístrojů. Tímto způsobem lze nejen zjistit veškeré informace o případných závadách, číst hodnoty či údaje z jednotlivých senzorů, ale i provádět různé změny nastavení. K diagnostice elektronické řídicí jednotky dochází připojením diagnostického přístroje k vozidlu prostřednictvím zásuvky. Zpočátku každý výrobce osazoval vozidla vlastními zásuvkami a používal k diagnostice i svůj software, který nebyl volně přístupný a zdrojové kódy vlastnil jen výrobce nebo specializované značkové servisny. Na každou značku vozidla tak bylo nutné zakoupit zvláštní diagnostický přístroj. Postupně se

tato sféra sjednocovala a po roce 1996 již výrobci v USA vybavují vozidla zásuvkou OBD-II (On Board Diagnostic). V Evropě dochází k tomuto sjednocení až po roce 2000 (EOBD) u benzínových motorů, po roce 2004 u naftových motorů u osobních vozidel a od roku 2007 u naftových motorů nákladních automobilů. Rovněž tak se na konci 90. let 20. století, ve snaze snižovat náklady na vývoj ECU a provoz diagnostických zařízení, začaly standardizovat diagnostické protokoly a sjednocovat formy diagnostiky.

U nákladních automobilů, traktorů, zemědělských strojů, manipulačních vozíků, bagrů, jeřábů či jiné stavební techniky dochází v rámci sjednocování diagnostických forem k využití sběrnice CAN podle specifikačního protokolu SAE J1939. Specifické podmínky, ve kterých tato vozidla pracují (prašnost, vlhkost, chvění, nárazy apod.), si vynutily zavedení standardů, při jejichž implementaci je zajištěna spolehlivá funkce všech zařízení po dobu životnosti příslušných strojů.

Teoretická část

Teoretická část bakalářské práce se zabývá problematikou z oblasti automobilové diagnostiky, sběrnice CAN a komunikačního protokolu SAE J1939, přičemž dané teoretické podklady jsou důležitou základnou pro následnou realizaci praktické činnosti.

2. Automobilová diagnostika

„Automobilová diagnostika je cílený postup, který vede k odhalení závady na motorovém vozidle nebo k nastavení či změnám konfigurací jednotlivých zařízení.“¹

A) Sériová diagnostika

„Sériová neboli vnitřní diagnostika je komunikace s řídicí jednotkou pomocí zařízení k tomu určených, umožňující čtení chybových hlášek (světelným kódem nebo datovými proudy), diagnózu sledováním hodnot měřených a zprostředkovaných samotnou řídicí jednotkou nebo její programování (mazání naučených hodnot základní nastavení apod.).“²

Sériovou diagnostikou lze kontrolovat většinu elektronických systémů na vozidle (např. řízení motoru, řízení převodovky, komfortní systémy...).

Moderní řídicí jednotky umožňují provést i tzv. test akčních členů. Lze testovat buď všechny testovatelné komponenty postupně v naprogramované sekvenci, nebo lze vybrat i jen jednu komponentu. Při testu se ověřuje funkčnost testovaných akčních členů. Celý proces testování zajišťuje řídicí jednotka. Na konci testu vypíše stav této komponenty. Některé komponenty lze během testu kontrolovat i sluchově nebo vizuálně, takto lze testovat relé, ventily, elektromotory atd.

Pomocí sériové diagnostiky je možné sledovat různé hodnoty v čase. Jedná se zejména o hodnoty, které měří řídicí jednotka pro přesné dávkování paliva (teplota, množství nasávaného vzduchu, otáčky ...), ale i o hodnoty jako je předstih zážehu, délka vstřiku, korekční dávky paliva..., které jsou výsledkem výpočtů na základě změřených dat. Aktuální skutečné hodnoty lze porovnávat s hodnotami požadovanými řídicí jednotkou. Výčet těchto

¹ Vlček, F.: *Diagnostika motorových vozidel*. 2006. Str. 1

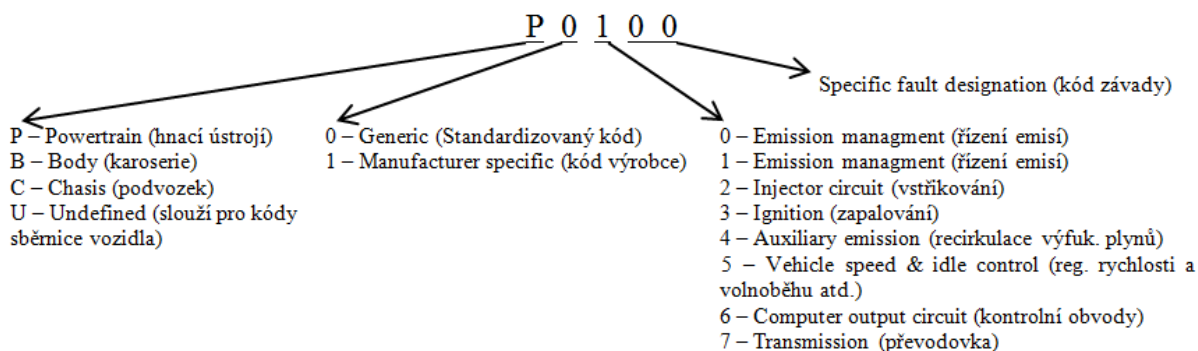
² Vlček, F.: *Diagnostika motorových vozidel*. 2006. Str. 1

hodnot však neprobíhá příliš rychle (obvykle asi 0,5s-1s) a hodnoty jsou většinou zaokrouhlovány na celá čísla. Pro základní představu o funkčnosti komponent je rychlost vyčítání často dostatečná.

Mezi další funkce sériové diagnostiky patří zobrazení informací o řídicí jednotce (objednací číslo, výrobce atd.), případně zobrazení VIN vozidla. Dále pak je možno pomocí sériové diagnostiky konfigurovat mnoho parametrů: reset servisních intervalů, někdy lze přenastavit i počet km do další prohlídky, přizpůsobení nastavení pro konkrétního uživatele atd.

Řídicí jednotka zaznamenává chybová hlášení, což umožňuje výrazně rychlejší odhalení závady. Nutno však připomenout, že chybové hlášky nelze brát jako evangelium, ale pouze jako vodítko, kde by případná porucha mohla být. Chybová hláška je výsledkem řady událostí, které vyvolá určitá závada mnohdy mechanického rázu, což má za následek například zkreslení signálu, a na tuto chybu teprve reaguje elektronika. Stejný chybový signál může mít mnoho příčin, a proto naprogramovat jednotku, aby přesně určila závadu, je velmi obtížné. V mnoha případech jsou proto chybové hlášky nepřesné, ale alespoň pomohou rychle zúžit okruh hledání. Dále je nutno aplikovat tzv. paralelní diagnostiku, která je stručně rozebrána v následujícím bodě.

Strukturu chybové hlášky zachycuje obr. č. 2.1. Tyto kódy však není potřeba znát nazpaměť, protože při vyčtení závady se mimo tohoto kódu vypíše i stručný popis, čeho se chybová hláška týká.



Obr. č. 2.1 – struktura chybové hlášky. Zdroj [21], [22]

Starší systémy používaly pro diagnostiku kontrolku, která po otočení klíčku do polohy II začala blikat kód. Počet bliknutí vyjadřovalo číslici z čísla kódu. Za každou číslici následovala krátká pauza. Celý kód se poté vyhledával v seznamu chybových kódů od výrobce.

B) Paralelní diagnostika

Do oblasti paralelní neboli vnější diagnostiky řadíme měření signálů pomocí osciloskopů, měření odporů, případně i úrovní napětí pomocí multimetru, měření emisí, ale i například metodické vyměňování dílů v dané části systému, které by mohly stát za závadou, kdy nelze zcela přesně určit, který z dílů je vadný.

Tato bakalářská práce je však zaměřena zejména na vnitřní diagnostiku, proto se vnější diagnostikou již nebudeme dále zabírat.

2.1. OBD

Potřeba zavést nějaké opatření na kontrolu složení výfukových plynů vznikla v 80. letech v USA, konkrétně ve státě Kalifornie, jelikož kvůli velmi velké hustotě vozidel bylo ovzduší silně znečištěno. Proto byl zaveden systém OBD I (**O**n **B**oard **D**iagnostic), což je v podstatě soubor norem pro sjednocení kontroly chodu motoru. Tento systém byl koncipován tak, že jsou kontrolovány všechny elektrické součástky, které mají vliv na složení výfukových plynů. V případě, že nastala závada, řidič byl upozorněn pomocí kontrolky motoru – tzv. MIL (**M**alfunction **I**ndicator **L**ight) – obr. č. 2.2.



Obr. č. 2.2 – kontrolka MIL. Přejato z http://ww2.justanswer.com/uploads/hybridownertech/2011-11-10_123048_mil_pic..jpg (19. 5. 2014)

Od roku 1996 je v USA v platnosti nový systém, tzv. OBD II, který vychází z předchozího systému OBD I a ve kterém je účinnost kontroly složení výfukových plynů zlepšena, jelikož jsou kontrolovány nejen elektrické komponenty, ale i procesy, které jsou určující pro emise vozidla. Systém kontroluje zejména funkčnost katalyzátoru (pomocí

dvojice lambda sond) a palivové soustavy. Při výskytu závady je řidič opět upozorněn prostřednictvím kontrolky MIL.

Barva kontrolky MIL může být žlutá nebo oranžová. Po otočení klíčku do polohy II se musí rozsvítit, aby se vyloučila manipulace. Po nastartování by měla zhasnout, což značí, že systém je OK. Pokud kontrolka trvale svítí, pak je na vozidle závada, která způsobuje zhoršení emisí o 1,5 násobku mezní hodnoty, nebo se dvakrát po sobě vyskytla závada, která nemá přímý vliv na emise. Další stav kontrolky je blikání, jež signalizuje, že katalyzátor je v přímém ohrožení, řidič by měl zastavit vozidlo a vypnout motor.

Kontrolka zhasne, pokud byla vymazána paměť závad nebo byl na delší dobu odpojen akumulátor. Tímto způsobem se však závada neopraví a po chvíli provozu se kontrolka opět rozsvítí. Kontrolka také zhasne, pokud se závada, která rozsvícení kontrolky vyvolala, neobjeví ve 3 po sobě následujících jízdách, při kterých byla závada původně zaznamenána.

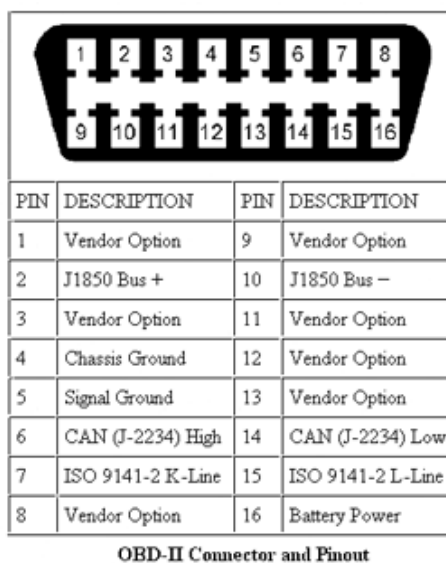
2.2. EOBD

EOBD (European On Board Diagnostic) je evropskou obdobou systému OBD II z USA, ze kterého také přímo vychází. V Evropě byla zavedena v roce 2000. Od roku 2001 tuto normu musí splňovat všechna nově vyrobená vozidla se zážehovými motory. Od roku 2003 pak všechna nově vyrobená vozidla se vznětovým motorem, a od roku 2007 všechna nákladní vozidla.³

Cílem EOBD je přímé měření škodlivých plynů CO, HC, NO_x v průběhu jízdy. Vychází se z logického předpokladu, že pokud budou všechny systémy ovlivňující emise v pořádku, pak bude celková produkce emisí nižší. Tyto díly jsou sledovány pomocí palubní diagnostiky a v případě poruchy je tato zapsána do paměti závad v řídicí jednotce. Chybové kódy jsou standardizovány pro všechna vozidla. Každé vozidlo je vybaveno normovanou 16 pinovou zásuvkou, která se musí nacházet v dosahu z místa řidiče. Vyčtení paměti závad je umožněno z jakéhokoliv diagnostického testeru, který lze připojit k této zásuvce. Součástí závady jsou i tzv. Freeze frame, které zachycují, v jakém režimu vznikla závada, což napomáhá při jejím hledání. Zachycují se tyto údaje: rychlost vozidla, zatížení motoru,

³ Vlček, F.: Diagnostika motorových vozidel. 2006. Str. 128-129

otáčky motoru, teplota chladicí kapaliny, tlak v sání, adaptační hodnoty délky vstřiku paliva, lambda regulace aktivní/neaktivní.



OBD-II Connector and Pinout

Obr. č. 2.3 – standardizovaná zásuvka OBD II. Přejato z [26]

Níže je uveden přehled emisních limitů z norem EURO1 – EURO6 u nákladních vozidel (tabulka č. 2.1). Za povšimnutí stojí, že emisní limity jsou u nákladních vozidel vztaženy k výkonu motoru. U osobních automobilů platí stejné emisní limity jak pro výkonné sportovní vozy, tak i pro běžný vůz.

	Platnost od	Testovací cyklus	CO [g/kWh]	HC [g/kWh]	Nox [g/kWh]	PM [g/kWh]	Kouřivost [m-1]
Euro 1	1992 < 85kW	ECE R-49	4,5	1,1	8	0,612	
	1992 > 85kW		4,5	1,1	8	0,36	
Euro 2	1996/10		4	1,1	7	0,15	
Euro 3	2000/10	ESC & ELR	2,1	0,66	5	0,1	0,8
Euro 4	2005/10		1,5	0,46	3,5	0,02	0,5
Euro 5	2008/10		1,5	0,46	2	0,02	0,5
Euro 6	2013/01		1,5	0,13	0,5	0,01	

Tabulka č. 2.1 – přehled limitů EURO1 – EURO6 pro těžká nákladní vozidla a autobusy. Přejato z Mašek, Z.:

Měření emisí. PDF prezentace

„Shrnutí obecných rysů EOBD:

- monitorování dílů relevantních pro emise
- monitorování vynechávání motoru
- monitorování lambda sond
- monitorování palivového systému
- monitorování účinnosti katalyzátoru
- monitorování recirkulace spalin
- monitorování vhnění přídavného vzduchu
- řízení kontrolky emisí (MIL) a chybové paměti
- indikace dat chybového prostředí tj. provozních podmínek (freeze frame data)
- indikace diagnostické připravenosti (readiness code P1000)
- standardizovaný výstup provozních dat (otáčky, teplota atd.)
- standardizované označení/zkratky dílů a systémů (SAE J1930)
- standardizované chybové kódy pro všechny výrobce (kódy „P0“ a „P1“, SAE J2012)
- standardizovaná komunikace s diagnostickým zařízením (SAE J1850)
- normovaná 16pólová diagnostická přípojka (DLC = Data Link Connector) přístrojové desky (SAE J1962)
- indikace poruchy obvyklým diagnostickým přípravkem (SAE J1978)
- normování obsah protokolu (J1979)
- uzávěr palivové nádrže klíčkem zapalování (uzávěr musí být v otevřeném stavu spojen plastovým páskem s karoserií).“⁴

2.3. Diagnostické testery

Diagnostické testery lze rozdělit do dvou hlavních skupin. Jednou skupinou jsou testery, které si vytváří každá značka speciálně pro svá vozidla. Druhou skupinou jsou multidiagnostické testery, které jsou schopné se spojit s více značkami vozidel. Mnohdy však nejsou schopné provést veškeré funkce, které umožňují testery pro konkrétní značku. Výrobou těchto multidiagnostik se zabývá například firma Bosch, která pro diagnostiku nákladních vozidel nabízí produkt KTS 800 Truck (obr. č. 2.4). Orientační cena této diagnostiky se pohybuje okolo 200 000 Kč (květen 2014).

⁴ Vlk, F.: Diagnostika motorových vozidel. 2006. Str. 129-130

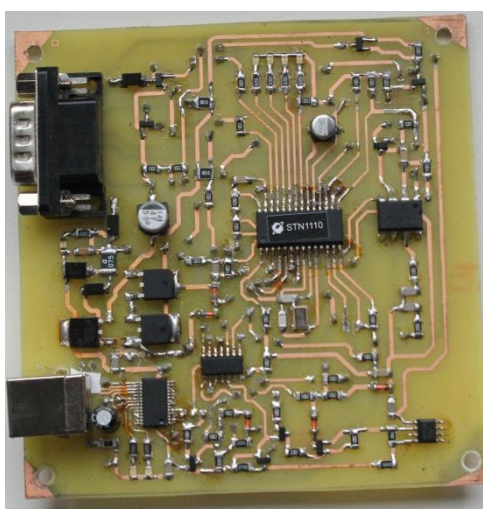


KTS 800 Truck: DCU 130 a modul KTS Truck

Obr. č. 2.4 – KTS 800 Truck. Přejato z <http://aa.bosch.cz/download/automobilova-diagnostika/prospekt-kts-truck.pdf> (20. 5. 2014)

Obě tyto skupiny testerů jsou schopné provádět operace definované normou EOBD teoreticky na jakémkoliv vozidle, nicméně ne vždy toto platí.

Tester, jehož výroba je součástí praktické části této bakalářské práce, je z hardwarového hlediska schopen provádět operace pouze definované normou EOBD. To znamená, vyčítání a mazání paměti závad, monitorování zpráv na sběrnici, předávání informací o funkčnosti komponent mající vliv na emise. Tento výrobek je zachycen na obr. č. 2.5.



Obr. č. 2.5 – hotový výrobek.

3. CAN BUS

V této kapitole budou nastíněny pouze základní vlastnosti a princip sběrnice a protokolu CAN, jelikož protokol J1939, který se používá pro komunikaci v nákladních vozidlech, vychází z protokolu CAN.

Datová sběrnice CAN je tvořena kroucenou dvoulinkou (vodiče CAN_L a CAN_H). Sběrnice je ukončena dvěma rezistory zabraňujícími odrazům, které by zkreslovaly nové signály. Na sběrnici jsou připojeny jednotky, které musí obsahovat řadič a budič (vysílač a přijímač) CAN sběrnice.

„Řadič CAN obdrží od mikrokontroléru (komunikující zařízení) data, která mají být odeslána. Řadič je připravuje a předává na vysílač CAN. Současně od vysílače dostává řadič od vysílače přijímaná data sejmutá z vedení datové sběrnice, které připraví pro mikrokontrolér. Řadič CAN realizuje linkovou vrstvu protokolu CAN.

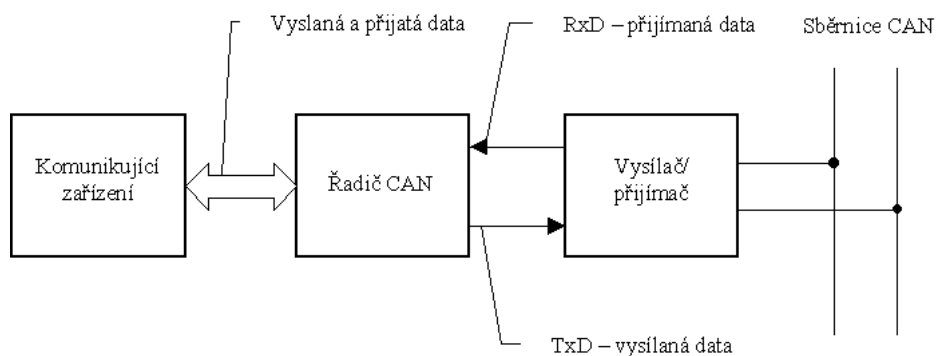
Vysílač a přijímač CAN tvoří budič CAN. Ten převádí data řadiče CAN na elektrické signály sběrnice a naopak přijímá signály, které mění na data řadiče. Realizuje tak fyzickou vrstvu protokolu CAN.“⁵

Princip funkce

„Data vycházejí z mikrokontroléru do řadiče. Řadič je připraví a předá do vysílače, který je přemění na sériové elektrické signály a pošle je do datové sběrnice. Elektrické signály jsou přijímány a vyhodnocovány jinými přijímači (vysílači), které jsou napojeny na datové vedení (sběrnici). Jsou-li vyslána data i z jiného vysílače, budou na sběrnici vyslána data s vyšší prioritou. Řídící jednotky po přijetí dat zkontrolují jejich důležitost. Jsou-li pro jejich činnost potřebná, zpracují je, v opačném případě na ně nereagují.“⁶

⁵ Gregora, S., Mašek, Z.: *Mechanické a mechatronické systémy v konstrukci silničních vozidel*. 2008. Str. 208

⁶ Gregora, S., Mašek, Z.: *Mechanické a mechatronické systémy v konstrukci silničních vozidel*. 2008. Str. 208



Obr. č. 3.1 – schéma jednoho uzlu na sběrnici CAN. Přejato z <http://akce.fs.vsb.cz/1998/asr98/Sbornik/janda/janda.htm> (13. 5. 2014)

Sériový komunikační protokol CAN je rozdělen do tří vrstev. Fyzické, transportní a objektové. Transportní a objektová vrstva tvoří dohromady linkovou vrstvu. Toto rozdělení vychází z modelu ISO/OSI, což je popsáno v další kapitole.

„Objektová vrstva má za úkol nalezení zprávy, která má být vyslána. Dále rozhoduje o tom, které zprávy, přijaté transportní vrstvou, mají být použity (filtrování zpráv). Poskytuje rozhraní aplikační vrstvě.

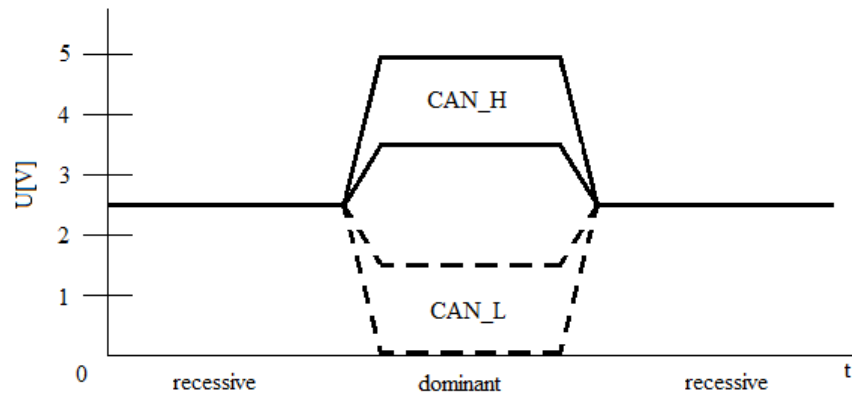
Transportní vrstva má na starosti především přenosový protokol. Jedná se o řízení rámců, kontrolu chyb, signalizace chyb apod. Uvnitř transportní vrstvy je rozhodnuto, zda je sběrnice volná pro nový přenos dat či naopak pro jejich příjem.“⁷

3.1. Fyzická vrstva

Na sběrnici se mohou vyskytnout dva stavy – dominant (aktivní stav) a recessive (pasivní stav), přičemž dominant je reprezentován logickou 0 a recessive logickou 1. Jakým způsobem se těchto stavů dosáhne, není přesně stanoveno, ale vždy musí být dodrženo, že pokud všechny uzly vysílají recessive, na sběrnici je stav recessive. Pokud alespoň jeden uzel vysílá dominant, na sběrnici je stav dominant, je tedy realizován logický součet.

Často se používá diferenciální sběrnice dle normy ISO 11898, kdy jsou stavy recessive a dominant rozdílem napětí mezi CAN_L a CAN_H. Pokud je velikost rozdílového napětí 0V, odpovídá to stavu recessive, rozdílové napětí 2-5V je definováno jako stav dominant. Tento princip dobře zachycuje obr. č. 3.2.

⁷ Gregora, S., Mašek, Z.: *Mechanické a mechatronické systémy v konstrukci silničních vozidel*. 2008. Str. 209



Obr. č. 3.2 – princip diferenciální sběrnice. Přejato z [14]. Str. 210

Teoreticky lze na sběrnici připojit neomezený počet uzlů. Pro zachování vlastností je však doporučené maximum 30 uzlů. Maximální přenosová rychlost je 1Mbit/s, což platí při délce sběrnice do 40m. S větší vzdáleností rychlost klesá. Při délce sběrnice 1,34 km je maximální rychlost 50kbit/s.

4. Komunikační protokol SAE J1939

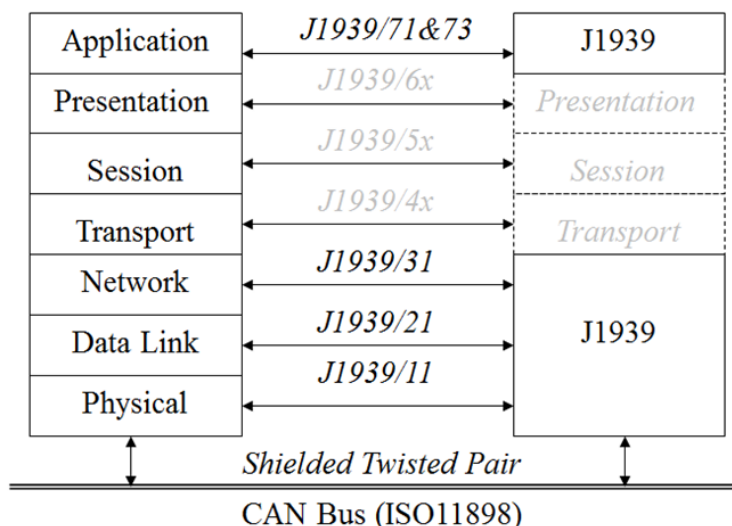
Komunikační protokol SAE J1939 byl vyvinut a standardizován skupinou SAE (Society of Automotive Engineers). Vznikl v roce 1995. Používá se pro sériovou komunikaci s řídicími jednotkami dieselových motorů v těžkých vozidlech (nákladní automobily, autobusy, zemědělské/stavební stroje, dieselelektrické lokomotivy, armádní vozidla). Protokol J1939 lze použít i v případě komunikace mezi tažným vozidlem a návěsem.

„Standard SAE J1939 definuje:

- aplikační použití
- způsob komunikace mezi ECU
- formát dat
- sjednocené diagnostické rozhraní.“⁸

4.1. Obecné vlastnosti

Protokol J1939 je založen na modelu ISO/OSI (Open System Organization), ale neobsahuje vrstvy 4, 5 a 6, tedy transportní, relační, prezentační, což dobře zachycuje obr. č. 4.1.



Obr. č. 4.1 – vrstvy protokolu J1939. Přejato z Mašek, Z.: Komunikační protokol SAE J1939. Str. 8.

⁸ Mašek, Z.: Komunikační protokol SAE J1939. Str. 7

Mezi obecné vlastnosti patří:

- „komunikace typu Multi-Master, tedy každá připojená jednotka může řídit komunikaci na sběrnici.
- přenos probíhá po sběrnici CAN
- Plug and Play připojování ECU (**E**lectronic **C**ontrol **U**nit) do sítě.
- automatické přiřazení adresy ECU při startu sítě
- rozdělení dat do více zpráv, pokud jsou data delší než 8B (max. 1785B)
- používá 29- bit identifikátor (CAN 2.0B)
- rychlost 250kbit/s
- přenos údajů v tzv. skupinách parametrů (PGN – **P**arameter **G**roup **N**umber)⁹

4.1.1 Fyzická vrstva

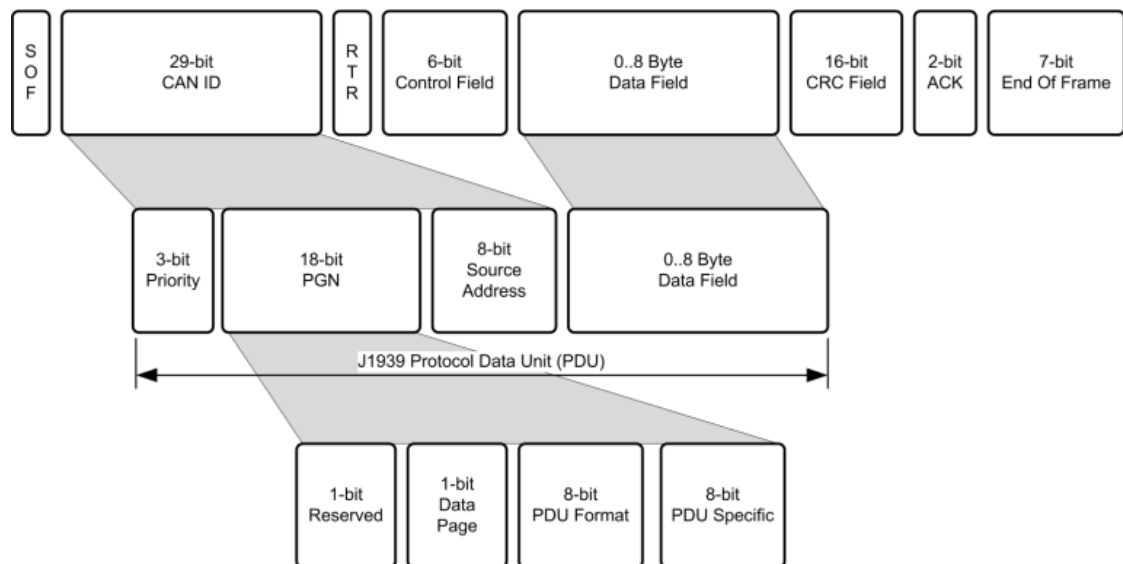
Přenos zpráv probíhá po stíněné nebo nestíněné kroucené dvoulince. Délka sběrnice by měla být maximálně 40m a maximální počet připojených uzlů 30. Přenosová rychlost je 250kbit/s, při maximálním zatížení sběrnice lze přenést 1850 zpráv za sekundu. Přenos zpráv je periodický, perioda je od 5ms do 5s.

⁹ Mašek, Z.: *Komunikační protokol SAE J1939*. Str. 7

4.1.2 Linková vrstva

Linková vrstva popisuje strukturu CAN datových rámců, transportní protokol pro přenos zpráv obsahujících více než 8B a rozdělení skupin parametrů do tzv. PGN.

Formát zprávy vystihuje následující obrázek:



Obr. č. 4.2 – Formát zprávy protokolu J1939. Přejato z Mašek, Z.: Komunikační protokol SAE J1939. Str. 17

Priorita zprávy se skládá ze 3 bitů. Hodnota 000 je nejvyšší priorita, naopak 111 je nejnižší priorita.

Z výše uvedeného obrázku č. 4.2 je patrné, že PGN tvoří více částí. První bit je rezervován pro možné budoucí využití. Bit data page je momentálně vždy 0, další strana je pro možné budoucí použití. Následuje PDU (**P**rotocol **D**ata **U**nit) Format a PDU Specific.

Pokud PDU Format má hodnotu nižší než 240, pak se v bajtu PDU Specific nachází cílová adresa (PDU1 Format). Hodnota 255 v PDU Specific znamená, že zpráva je pro všechny jednotky. V případě, že je v bajtu PDU Format hodnota 240 – 255 (PDU2 Format), pak PDU Specific slouží jako tzv. Group extension (rozšíření skupiny). Maximální počet PGN je pak tedy 8672.

$$2 \times (240 + 16 \times 256) = 8672$$

2 – možnost dvou stran (bit data page)

240 – PDU1 Format

16 x 256 – PDU2 Format (16 možností v bytu PDU Format a 256 možností v bytu PDU Specific)

	PDU Format	PDU Specific	Způsob komunikace
PDU1 Format	0 – 239 (0x00 – 0xEF)	Destination Address	Peer-to-Peer
PDU2 Format	240 – 255 (0xF0 – 0xFF)	Group Extension	Broadcasting

Tabulka č. 4.1 – Shrnutí PGN. Přejato z Mašek, Z.: *Komunikační protokol SAE J1939*. Str. 26

Počet přenášených datových bajtů je většinou 8. V případě, že jsou některé bajty nevyužité a nenesou žádnou informaci, je jejich hodnota 0xFF. Pokud je potřeba v jedné zprávě přenést více jak 8 bajtů, je rozdělena do více zpráv. Jedna zpráva může obsahovat maximálně 1785B. Přenos takové zprávy zajišťuje transportní protokol.

4.1.3 Síťová vrstva

Moderní vozidla jsou vybavena množstvím jednotek, ne všechny však mezi sebou potřebují neustále komunikovat, a proto se jednotlivá zařízení rozdělují do podsítí podle příbuznosti. Jakým způsobem mají být tyto podsítě spojeny je definováno v normě SAE J1939/31.

Podsítě se spojují nejčastěji pomocí mostu (bridge) nebo brány (gateway). Tyto prvky transformují podstatné zprávy pro jednu podsít' z jiné podsítě.

Příklad rozdělení sítí v automobilu:

- „Síť hnacího řetězce: motor, převodovka, retardéry, tachograf, palubní deska, imobilizér, ABS/ASR, elektronicky řízené brzdy, stabilizační systém...
- Síť (sítě) doplňkových zařízení: ovládání světel, klimatizace, centrální zamykání, ovládání dveří a informační panely (autobusy), pérování, automatické stěrače, ovládání oken, polohování sedaček, GPS navigace, ...“¹⁰

Příklad rozvržení sítě na nákladních automobilech je vložen do Přílohy A.

¹⁰ Kořínek, F.: *Návrh analyzátoru sběrnice CAN pro nákladní automobily*. 2007. Str. 16

Sít'ový management

Každá funkce (Controller Application = CA), kterou jednotka vykonává (jedna jednotka může mít více funkcí) musí mít svoji unikátní adresu v síti. Zařízení však musí svoji adresu před jejím použitím registrovat na sběrnici, tzv. Address Claiming Procedure.

Registrace probíhá tak, že po připojení na sběrnici jednotka vyšle svoji adresu (defaultně přiřazenou) a jméno (NAME) a čeká po určitý čas. „Pokud nezjistí konflikt s jinou CA, tak může adresu použít a zahájit běžnou komunikaci.“¹¹ V případě, že je adresa již používána, adresu získá ta jednotka, která má vyšší prioritu, druhá jednotka se musí pokusit získat jinou volnou adresu. Je k dispozici 256 adres.

- 0 – 253 (Adresy vyhrazené pro ECU)
- 254 (Žádná adresa – používá se při připojení jednotky při získávání adresy)
- 255 (Globální adresa)

„Preferované adresy jsou standardizovány SAE

- Např. motor má adresu 0, převodovka adresu 3, atd.“¹²

Jméno je 64 bitové číslo, které určuje, jaký účel plní funkce řídicí jednotky na dané adrese. Součástí jména je např.:

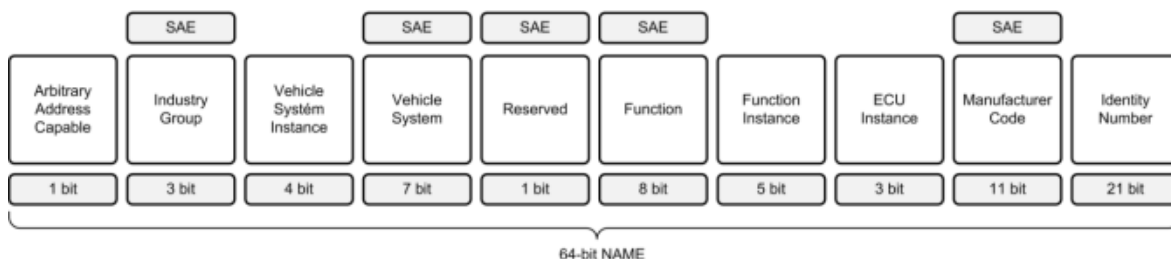
- „Typ vozidla, např. tahač, návěs, secí stroj
- Funkce, např. řízení motoru, brzd apod.
- Atd.“¹³

¹¹ Mašek, Z.: *Komunikační protokol SAE J1939*. Str. 37

¹² Mašek, Z.: *Komunikační protokol SAE J1939*. Str. 34

¹³ Mašek, Z.: *Komunikační protokol SAE J1939*. Str. 36

Již bylo řečeno, adresu získá jednotka s vyšší prioritou. Priorita se určuje právě podle NAME, kdy nižší číselná hodnota NAME znamená vyšší prioritu. Následující obrázek ukazuje strukturu jména. Části označené SAE znamenají, že jsou standardizovány.



Obr. č. 4.3 – struktura jména. Přejato z Mašek, Z.: *Komunikační protokol SAE J1939*. Str. 36.

4.1.4 Aplikační vrstva

Aplikační vrstva je rozdělena do dvou norem: J1939/71 (Vehicle Application Layer) a J1939/73 (Application Layer - Diagnostic).

A) J1939/71 Vehicle Application Layer

Tato norma definuje parametry zpráv. Jednotlivé parametry (veličiny) mají vymezeny následující atributy:

- „SPN = Suspect Parameter Number (ID veličiny)
- Délka (v bitech)
- Typ (Stavová/měřená)
- Fyzické rozlišení (způsob přepočtu na fyzikální hodnotu)
- Rozsah platnosti (min. a max. hodnota)¹⁴

Parametry jsou sdružovány do skupin (PGN – Parameter Group Number), což umožňuje lepší využití sběrnice. Do skupin jsou sdružovány veličiny podobného typu (teploty, tlaky), s podobnými aktualizacími časy (např. 20ms), případně z jednoho subsystému (např. převodovky).

¹⁴ Mašek, Z.: *Komunikační protokol SAE J1939*. Str. 11

Příklad PGN

PGN 65170	Engine Information	- EI	
Transmission Repetition Rate:	100 ms		
Data Length:	8		
Extended Data Page:	0		
Data Page:	0		
PDU Format:	254		
PDU Specific:	146	PGN Supporting Information:	
Default Priority:	7		
Parameter Group Number:	65170	(0xFE92)	
Start Position	Length	Parameter Name	SPN
1	1 byte	Engine Pre-filter Oil Pressure	1208
2-3	2 bytes	Engine Exhaust Gas Pressure	1209
4	1 byte	Engine Fuel Rack Position	1210
5-6	2 bytes	Engine Gas Mass Flow Rate 1	1241
7-8	2 bytes	Instantaneous Estimated Brake Power	1242

Obr. č. 4.4 – příklad PGN. Přejato z normy SAE J1939/71. Str. 582.

Příklad SPN

SPN 1208	Engine Pre-filter Oil Pressure		
Gage pressure of the engine oil before the oil reaches the oil filter.			
Data Length:	1 byte		
Resolution:	4 kPa/bit, 0 offset		
Data Range:	0 to 1000 kPa	Operational Range:	same as data range
Type:	Measured		
Supporting information:			
PGN reference:	65170		

Obr. č. 4.5 – příklad SPN. Přejato z normy SAE J1939/71. Str. 162.

B) J1939/73 Application Layer – Diagnostic

V této normě je vymezeno monitorování stavu komponent ve vozidle, vyčítání/mazání paměti závad.

Diagnostické zprávy se přenášejí pomocí DM (**D**iagnostic **M**essages) DM1 – DM52. Ne všechny tyto zprávy jsou výrobcí povinni implementovat do řídicích jednotek.

Součástí DM je DTC (Diagnostic Trouble Code) – kód chyb, který se skládá ze 4 částí:

- “Suspect Parameter Number (SPN) – 19bit (parametr, kterého se to týká)
- Failure Mode Identifier (FMI) – 5 bit (typ chyby, např. hodnota mimo běžný rozsah)

- Occurrence Count (OC) – 7 bit (počet výskytů chyby)
- SPN Conversion Method (CM) – 1 bit (určuje pořadí bajtů SPN ve zprávě)¹⁵

Každá DM zpráva má přidělené PGN a každá řídicí jednotka, resp. její funkce, může vysílat DM. Zprávy jsou buď periodicky vysílány s frekvencí 1Hz nebo na vyžádání jiné jednotky.

¹⁵ Mašek, Z.: *Komunikační protokol SAE J1939*. Str. 41

Praktická část

Praktická část bakalářské práce se zabývá vlastní výrobou diagnostického testeru a vytvořením programu pro monitorování zpráv protokolu J1939. V kapitole 5. bude nejprve popsán hardware, tedy zásadní součástky, které byly použity k výrobě převodníku, a také konkrétní postup realizace výroby desky plošného spoje. V kapitole 6. je stručně shrnuto vývojové prostředí LabVIEW, v němž je sestaven výsledný program sloužící k interpretaci zpráv na sběrnici vozidla, a také uveden popis programu samotného.

5. Hardware

V této kapitole budou stručně popsány hlavní čipy, tedy převodník zpráv z vozidla na přenos přes UART STN1110 a FTDI FT232RL, který převádí komunikaci z USB na UART, a krátce i CAN transceiver MPC2551. Dále návrh a proces výroby desky plošného spoje. V závěru pak průběh simulace sběrnice CAN.

5.1. STN1110



Obr. č. 5.1. – STN1110 v různém provedení. Přejato z [15]

5.1.1 Parametry STN1110

- Založen na 16 bitovém procesoru PIC24HJ128GP502.
- Vykonává až 40M instrukcí za sekundu.
- 128 kB flash paměti.
- 8 kB RAM paměti.
- Rychlost komunikace po sériové lince 38bps – 10Mbps.

STN1110 podporuje všechny OBD II protokoly, včetně protokolu J1939 pro těžké stroje a nákladní vozidla. Zároveň automaticky detekuje používaný protokol.

Přehled podporovaných protokolů

- ISO 15765-4 (CAN)
- ISO 14230-4 (Keyword protocol)
- ISO 9141-2 (Asijská, Evropská vozidla a vozidla automobilky Chrysler)
- SAE J1850 VPW (vozidla General Motors)
- SAE J1850 PWM (vozidla Ford)
- ISO 15765
- ISO 11898
- SAE J1939

5.1.2 Komunikace s STN1110

Komunikace probíhá po sériové lince. Nastavení je následující:

- Jako výchozí rychlost je nastavena 9600 bps. Rychlost lze softwarově změnit.
- Přenos 8 datových bitů.
- 1 stop bit.
- Žádný paritní bit.
- Žádné navazování spojení.
- Jako výchozí konečný znak je odřádkování (0x0D).

Při připojení na napájení STN1110 pošle následující tučně vytištěnou úvodní zprávu:

ELM327 v1.3a

>

Před zahájením další komunikace je doporučeno vyčkat na znak >. Sada příkazů pro STN1110 je obdobná jako pro ELM327. Příkazy lze nalézt v datasheetu, který je ke stažení na stránkách obdsol.com.

5.1.3 Porovnání STN1110 a ELM327

Jelikož měl vyráběný převodník původně obsahovat čip ELM327, který je založený na 8 bitovém procesoru PIC18F2580, ale čip STN1110 se ukázal jako celkově výhodnější, tato podkapitola ve stručnosti ukazuje rozdíly mezi oběma čipy. Nejdůležitější výhodou čipu STN1110 pro tuto aplikaci je zejména rozšířená sada příkazů pro monitorování komunikace protokolu J1939.

Hlavní rozdíly zachycuje následující tabulka:

	ELM327 v1.4	STN1110
Base microcontroller	PIC18F2580	PIC24HJ128GP502
Architecture	8-bit	16-bit
Processing speed	4 MIPS	40 MIPS
Flash (ROM)	32 KB	128 KB
RAM	1.5 KB	8 KB
Pin count	28	28
Available packages	PDIP, SOIC	PDIP, SOIC, QFN
Supply voltage range	4.5 to 5.5V	3.0 to 3.6V ¹
Supports all OBD-II protocols	yes	yes
ELM327 command set	yes	yes
Enhanced "ST" command set	no	yes
Firmware upgradeable	no	yes
Large OBD message memory buffer	no	yes
Low power mode	yes	yes
Supported UART baud rates	9600 bps to 500 kbps	38 bps to 10 Mbps
OBD message filtering	basic	advanced
Price each, for 1000 units	\$24	\$10
Price each, high volume	\$19	\$4.95

*Tabulka č. 5.1 – rozdíly mezi ELM327 a STN1110. Přejato z
http://www.obdsol.com/downloads/stn1110_vs_elm327.pdf (19. 5. 2014)*

5.2. FTDI FT232RL



Obr. č. 5.2 – čip FT232RL. Přejato z <https://solarbotics.com/product/17211/> (19. 5. 2014)

5.2.1 Základní vlastnosti

FTDI FT232RL slouží jako převodník z USB na asynchronní sériový přenos. Umožňuje přenos 7-8 datových bitů, 1-2 stop bity. Dále umožňuje sudou, lichou, případně žádnou paritu. Přenosová rychlost je nastavitelná od 300bps do 1Mbps. Čip FT232RL splňuje požadované vlastnosti pro komunikaci s STN1110.

Čip FT232RL obsahuje 256 bajtový buffer typu FIFO pro příjem a 128 bajtový buffer taktéž typu FIFO pro odesílání. Výhodou tohoto čipu je interní 12MHz krystal, což zjednodušuje zapojení a šetří místo na desce.

5.3. CAN transceiver MCP2551

CAN transceiver MCP2551 je vysokorychlostní CAN přijímač/vysílač s podporou přenosové rychlosti až 1Mb/s a s vysokou odolností proti šumu. Slouží jako rozhraní mezi STN1110 a sběrnici CAN ve vozidle, převádí diferenciální úrovně na 5V logiku. Dokáže detekovat chybu, kdy je na sběrnici permanentně stav dominant (zkrat na kostru).



Obr. č. 5.3 – MCP2551. Přejato z <http://www.gme.cz/mcp2551-i-p-p433-300> (26. 5. 2014)

5.4. Realizace desky plošného spoje

Celý plošný spoj byl navrhován v programu Eagle 6.5.0. Jelikož se jedná o volnou licenci je omezen maximální rozměr plošného spoje na 100x80 mm. Deska je navržena dvojvrstvě, přičemž součástky jsou na svrchní straně. Většina součástek je typu SMD (Surface Mount Device). Rezistory a keramické kondenzátory jsou voleny v pouzdru 1206, tranzistory v pouzdru SOT23. Čip STN1110 knihovny Eaglu neobsahovaly a jelikož se nepodařilo takovou knihovnu nalézt ani na internetu, bylo potřeba tuto součástku celou vytvořit. Spodní vrstva slouží pouze pro vodivé cesty a je využita z toho důvodu, že by bylo velmi obtížné při tak velkém počtu součástek vše pospojovat na jedné vrstvě.

Návrh probíhal na základě doporučeného schématu v datasheetu výrobce čipu STN1110 a FT232RL, volně stažitelného schématu a tutoriálu na stránkách sparkfun.com.

Výroba desky plošného spoje probíhala fotocestou, kdy se na pausovací papír vytisknou vodivé cesty. Tento papír se následně přiloží na fotocupřexit, přičemž je velmi důležité, aby obě vrstvy na sebe dobře navazovaly, a nechá se asi 2,5 minuty osvětlovat ultrafialovým světlem. Poté se deska nechá vyvolat v 1,5% roztoku hydroxidu sodného, dokud se neodstraní fotoemulze z osvětlených míst. Následně se deska opláchne pod tekoucí vodou a ponoří se do roztoku pro leptání. Roztok je tvořen kyselinou chlorovodíkovou, peroxidem vodíku a vodou. Roztokem je nutno pohybovat, aby se odplavila odleptaná měď a nebránila dalšímu leptání. Je nezbytné, aby se deska vyjmula z roztoku dříve, než se začnou odleptávat i neosvícené části.

Jelikož napájení je realizováno ze sítě automobilu, bylo potřeba přerušit spojení mezi pinem 17 na čipu FT232RL, jehož výstupem je napětí 3,3V, a zbytkem desky, aby v případě, že bude USB zapojeno a kabel na zásuvku OBD odpojen, nedocházelo k napájení čipu STN1110 přes čip FT232RL, který by toto proudově nevydržel. Chyba byla odhalena ještě před ožíváním.

Schéma zapojení a návrh desky plošného spoje je součástí Přílohy B.

5.5. Simulace sběrnice CAN

Při testování výrobku byl přehráván záznam z jízdy nákladního vozidla pomocí přípravku Elbas UCINT II 00302336. Pro správnou funkci vyrobeného zařízení je nutno nastavit několik parametrů:

- Vyšší přenosovou rychlost, než je defaultně nastaveno, jinak je při monitorování všech zpráv rychle zaplněn buffer a monitorování skončí. Buffer se přestává zaplňovat až při rychlostech okolo 900kbps. Pro nastavení rychlosti slouží příkaz ST BR XX, kde XX je nastavovaná rychlost. Podrobný postup pro nastavení rychlosti je popsán v datasheetu k ELM327 v1.3 (str. 48-49).
- Komunikační protokol J1939 – příkaz AT TP A.
- Dobu čekání na sledovanou zprávu na maximální (cca 1,05s) – příkaz AT ST FF.
- Nastavení STN1110 do tichého monitorování – příkaz AT CSM0.

Po nastavení těchto parametrů lze snadno příkazem AT MA monitorovat celou komunikaci na sběrnici. Příkazem AT H1 se bude zobrazovat i hlavička zprávy, jejíž součástí je priorita, PGN a zdrojová adresa zprávy.

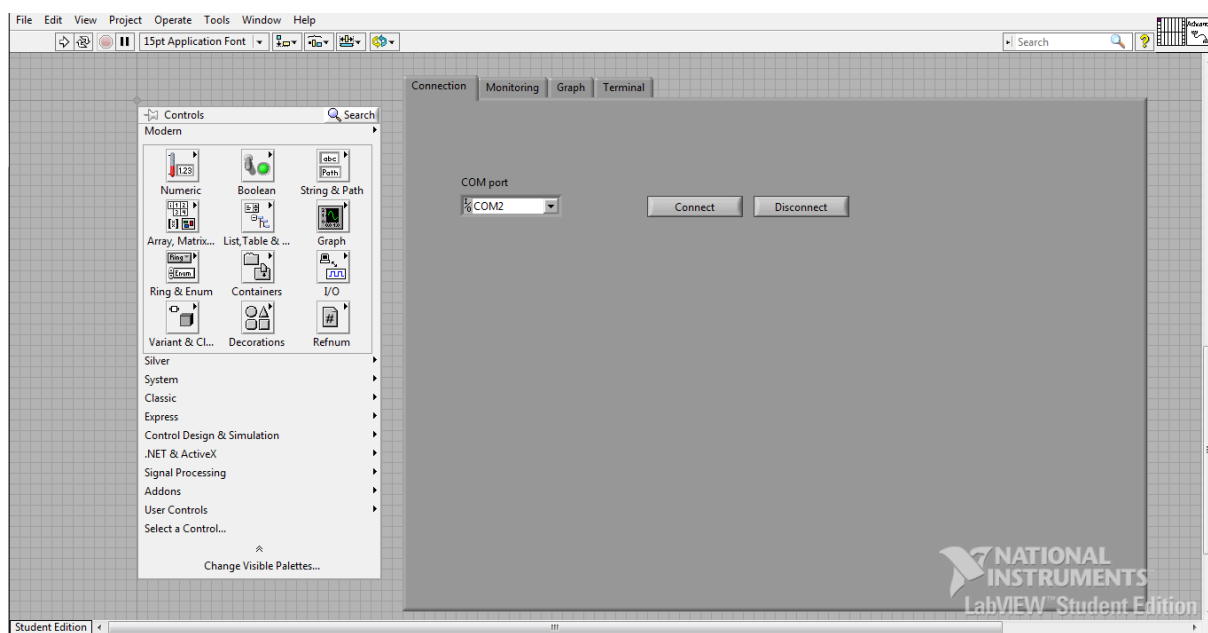
6. Software

6.1. LabVIEW

„LabVIEW je zkratkou pro **L**aboratory **V**irtual **I**nstrument **E**ngineering **W**orkbench. Jedná se o moderní výkonný systém speciálně vhodný pro programování komunikace osobního počítače s různými periferními zařízeními, zejména s měřicími přístroji.“¹⁶

Vývojové prostředí LabVIEW od společnosti National Instruments, bylo patentováno touto organizací v roce 1990. Vývojové prostředí pracuje s grafickým jazykem G. Kód programu je tedy vytvářen pomocí grafických objektů, které se propojují vodiči. Tímto způsobem se vytvoří blokový diagram. Koncovka souboru, ve kterém je obsažen kód, je *.VI, jelikož program se nazývá Virtual Instrument (virtuální nástroj).

6.1.1 Čelní panel



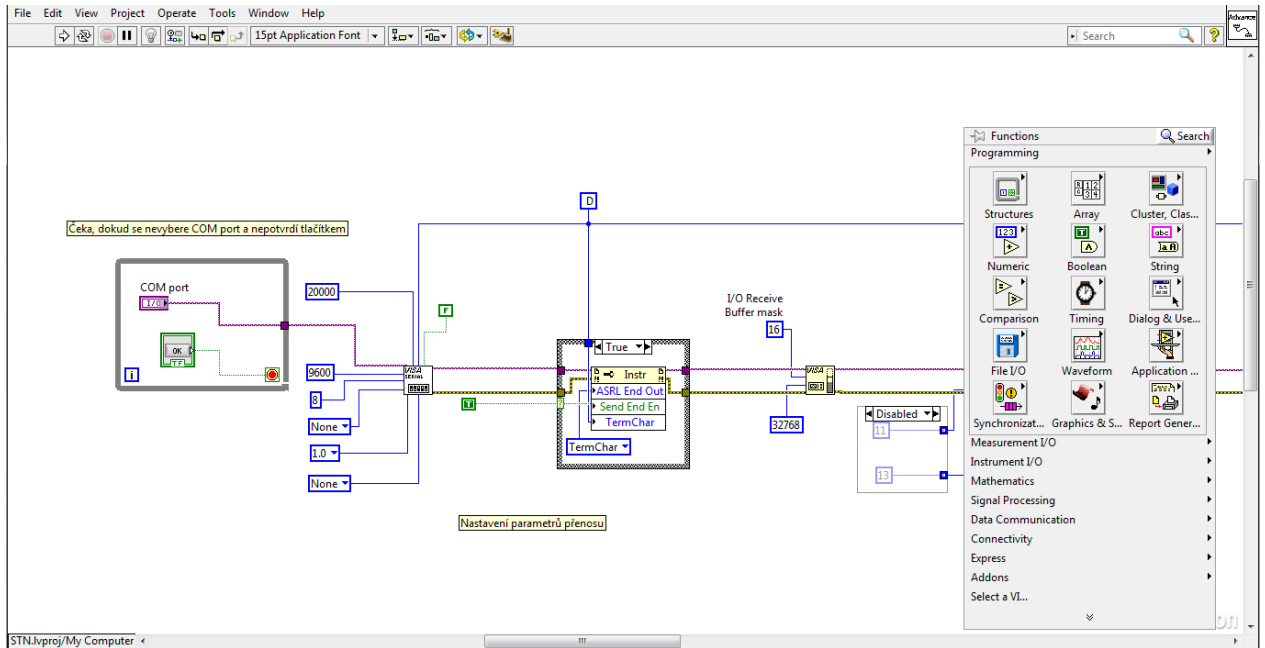
Obr. č. 6.1 – čelní panel.

Zde se vytváří uživatelské prostředí programu. LabVIEW pro tyto účely nabízí velmi mnoho indikátorů (tabulky, grafy...) a ovládacích prvků (přepínače, tlačítka, posuvné stupnice...). Nabídka prvků se zobrazí po kliknutí pravým tlačítkem myši kdekoliv na čelním

¹⁶ Čermák, M.: *Moderní měřicí systémy*. 2003. Str. 3

panelu. Po přidání těchto prvků se zároveň vytvoří jejich ekvivalent na kartě Blokového diagramu. Tyto prvky a jejich ekvivalenty jsou spolu neodlučitelně spojeny. Dojde-li tedy ke smazání prvku na jedné kartě, bude smazán i na druhé.

6.1.2 Blokový diagram



Obr. č. 6.2 – blokový diagram.

Na této kartě blokového diagramu ve vývojovém prostředí LabVIEW znázorněném na obrázku č. 6.2 se vytváří program. Jednotlivé komponenty jsou spojovány pomocí vodičů, které přenáší informace mezi jednotlivými prvky. Barva těchto vodičů závisí na tom, jaký typ zpráv přenáší. Zelená je pro booleovský typ, modrá pro integer, růžová string atd. Zároveň pokud se jedná o přenos pole, je vodič o něco širší. V LabVIEW se setkáváme s tzv. Data flow, což znamená, že pokud 2 nebo více bloků programu mají k dispozici v jeden okamžik všechna data potřebná pro výpočet hodnoty na výstup, nelze přesně určit, který z těchto bloků se vykoná jako první, s čímž se např. v jazyce C nesetkáváme, jelikož se program vykonává postupně od shora dolů (opomeneme-li příkaz goto).

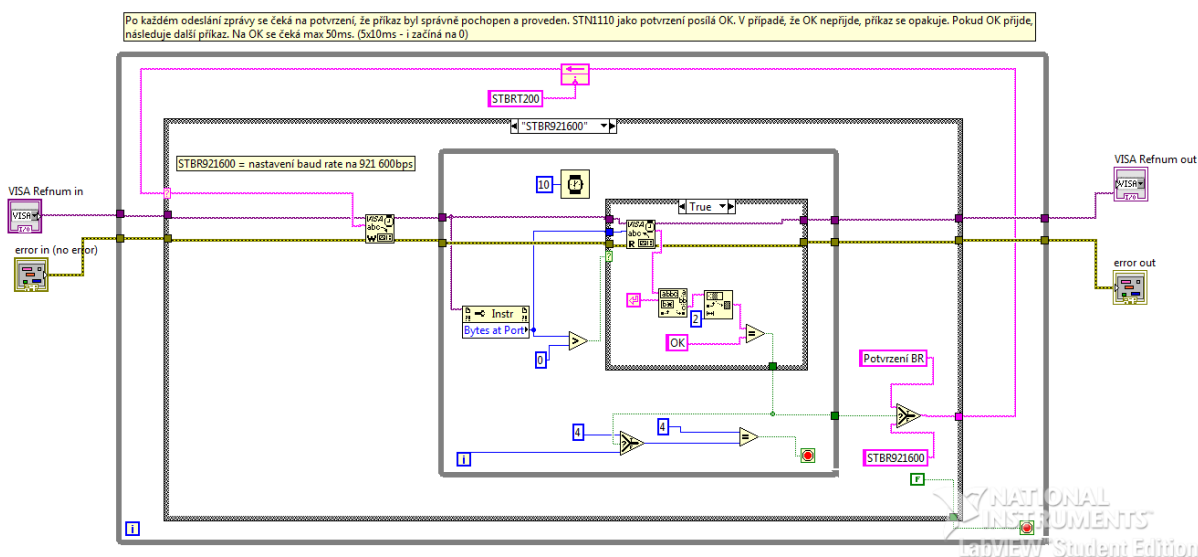
V LabVIEW jde velmi snadno sdružovat části programu do podprogramů, tzv. SubVI. Stačí pouze označit vybranou část programu a v záložce Edit kliknout na Create SubVI. Toto opatření výrazně zpřehlední celý program, jelikož se z podprogramu vytvoří jedna komponenta s danými vstupy a výstupy. Dvojitým kliknutím na tuto komponentu se v dalším okně zobrazí program, který je pod ní schovaný.

6.2. Výsledný program

Hlavní část programu, tedy sériová komunikace mezi počítačem a zařízením, je přejata z příkladů, které jsou součástí instalace vývojového prostředí LabVIEW. Jako základ je zde použit příklad nesoucí název Advance Serial Write and Read.

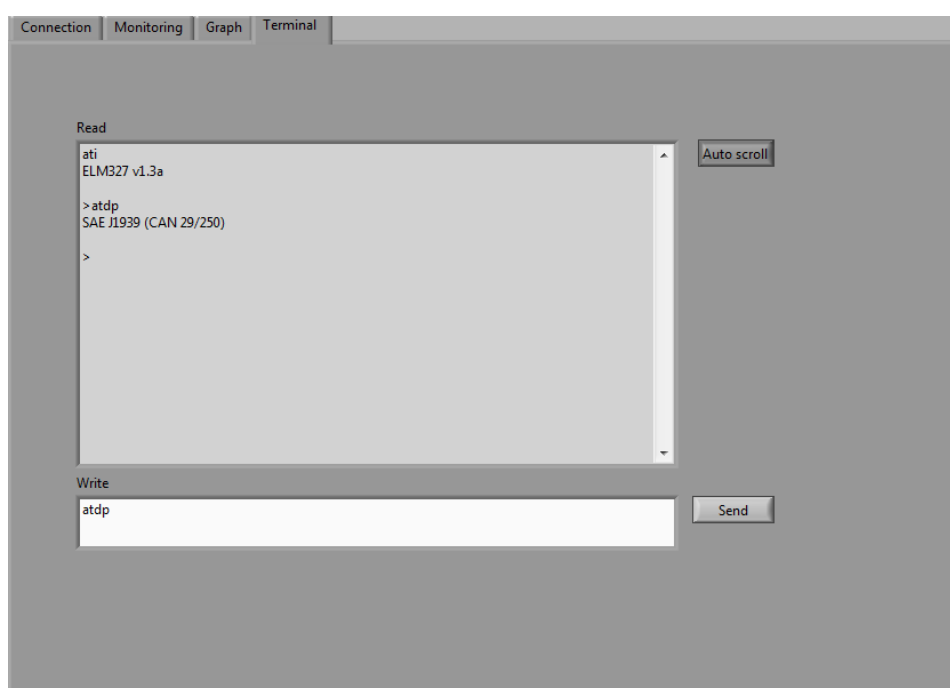
6.2.1 Popis programu

Při spuštění programu probíhá nastavení parametrů přenosu. Většina parametrů, jako například zakončovací znak, počet stop bitů, parita atd., je nastavena jako konstanta. Uživatel musí nastavit pouze port, na kterém má zařízení připojené. Po potvrzení výběru portu tlačítkem Connect program pokračuje v nastavení čipu STN1110 na vyšší přenosovou rychlost – 921 600bps (v případě, že se programu nepodaří změnit rychlost, resetuje zařízení a proces se opakuje), nastaví se protokol J1939, zapne se zobrazování hlaviček zpráv, prodlouží se doba čekání na zprávu až na 1,05s. Po tomto nastavení se program dotáže, zda chce uživatel zapnout režim tichého monitorování (zaškrtnout ano v případě, že se jedná o simulované přehrávání záznamu). Část zdrojového kódu tohoto nastavení je součástí obr. č. 6.3. Konkrétně se jedná o nastavení přenosové rychlosti. Program odešle příkaz STBR921600 a čeká na potvrzení slovem OK od STN1110. Pokud je OK přijato, program pokračuje přenastavením vlastní přenosové rychlosti a odesláním znaku odřádkování s novou rychlostí, což v případě, že vše proběhne správně, STN1110 opět potvrdí OK.

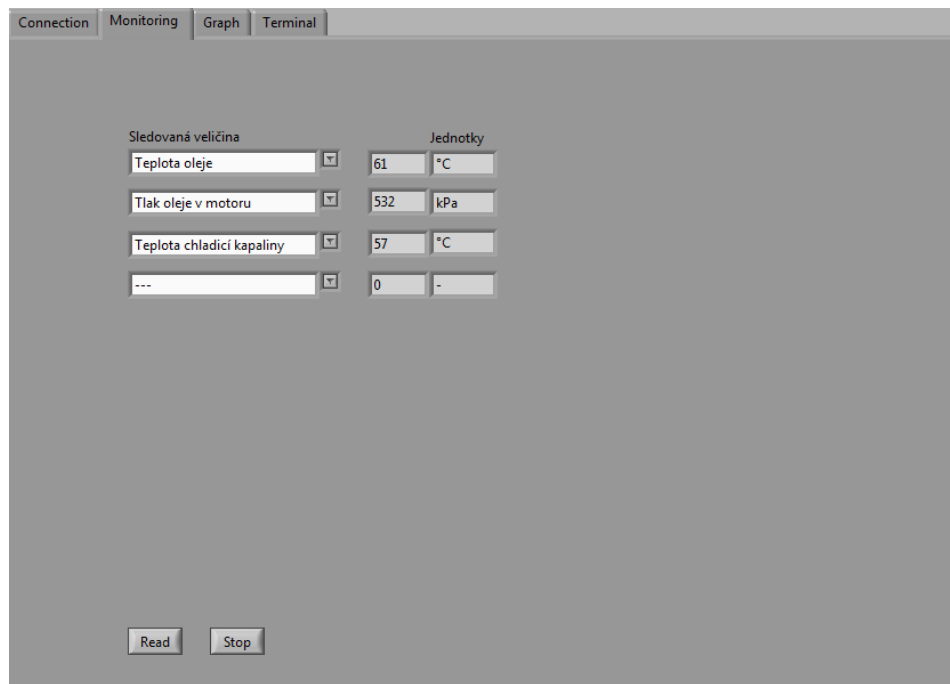


Obr. č. 6.3 - zdrojový kód pro nastavení přenosové rychlosti.

Po dokončení nastavení program pokračuje do while smyčky, kde se nachází hlavní část programu. Je zde vytvořeno komunikační rozhraní pro manuální zadávání příkazů (karta Terminal – obr. č. 6.4). Příkazy pro STN1110 lze nalézt v datasheetu k tomuto čipu, případně v datasheetu k čipu ELM327, jelikož jsou si oba čipy velmi podobné a podporují stejnou sadu příkazů. Dále je zde definováno klíčování zpráv v případě monitorování veličin (karta Monitoring – obr. č. 6.5). Veličinu určenou ke sledování lze vybrat pomocí rozbalovací šipky. K výběru je 15 veličin, například otáčky motoru, rychlost, teplota oleje, tlak oleje atd. Sledování vybraných veličin se zahájí stisknutím tlačítka Read. Sledované veličiny lze měnit i v průběhu monitorování.

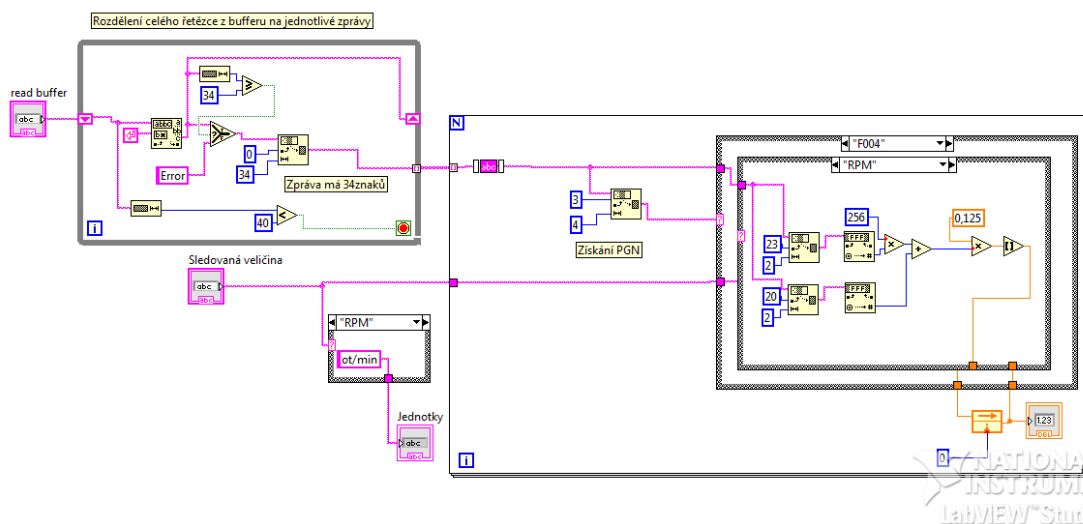


Obr. č. 6.4 – karta Terminal.



Obr. č. 6.5 – karta Monitoring.

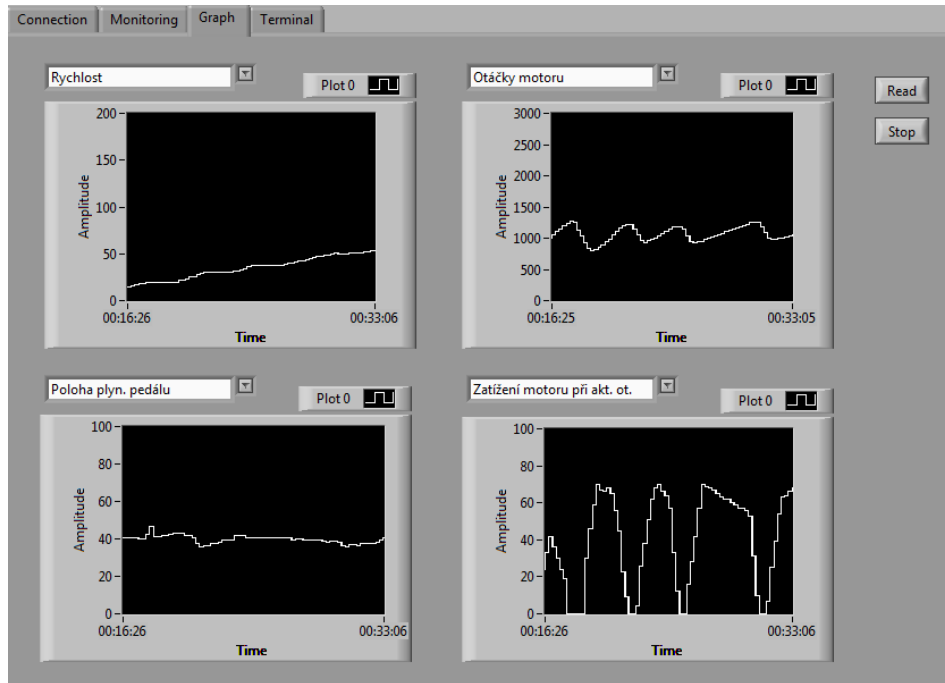
Klíčování zpráv probíhá pomocí dvou case struktur (obr. č. 6.6). Využívá se PGN, které určuje obsah zprávy. Pokud je veličina vybrána uživatelem obsahem zprávy, ze zprávy se vyjmou potřebná data a provede se přepočít definovaný v normě SAE J1939/71.



Obr. č. 6.6 – třídění příchozích zpráv.

K dispozici je dále karta Graph (obr. č. 6.7), kde je možné sledovat průběh jednotlivých veličin v čase. Algoritmus pro získávání a přepočít hodnot je shodný se zobrazeným na obrázku č. 6.6. Výsledné hodnoty však nejsou vypisovány do kolonky k tomu určené, ale do grafu, což je pro diagnostiku správnosti funkce komponent ve vozidle často mnohem více

vypovídající než měnící se skupina čísel. Výběr veličin ke sledování se provádí obdobně jako na kartě Monitoring, přičemž je zajištěna automatická změna měřítka osy Y pro každou veličinu.



Obr. č. 6.7 – karta Graph.

7. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout a sestavit diagnostický tester na nákladní automobily, kde se dnes pro komunikaci výhradně používá protokol J1939. Dále pak vytvořit program pro monitorování této komunikace.

Výroba desky plošného spoje proběhla úspěšně, vodivé cesty se podařilo dobře vyleptat a nebylo tak potřeba žádných větších zásahů pro jejich úpravu. Nezbytné však bylo přerušit spojení mezi 3,3V v obvodu čipu FTDI FT232RL a zbytkem desky, aby v případě, že nebude připojeno napájení, nebyla do čipu STN1110 dodávána energie právě přes pin čipu FTDI, který by tak velký odběr proudu nevydržel. Při testování rozsahu možného napájecího napětí (napětí v palubní síti automobilu kolísá) bylo zjištěno, že při napětí okolo 29V dochází k častému kolísání kaskády stabilizovaného napětí, přestože jsou všechny lineární regulátory proudově dimenzovány na 500mA. Během provozu však odběr proudu nikdy nepřesáhnul 100mA. Při napětích nižších než zhruba 29V, až do 12V, nebyla pozorována žádná další chyba. Po hardwarové stránce výrobek pracuje podle očekávání.

Komunikace s převodníkem STN1110 byla úspěšně navázána, nicméně poté bylo potřeba správně nastavit parametry, aby bylo možné sledovat komunikaci na sběrnici CAN, což se po důkladném pročtení datasheetu povedlo.

Výsledný program byl vytvořen ve vývojovém prostředí LabVIEW. Po vybrání portu, na kterém je zařízení umístěno se automaticky nastaví veškeré parametry komunikace nutné pro správné monitorování zpráv protokolu J1939. V uživatelském prostředí jsou na výběr čtyři záložky. Záložky Monitoring a Graph slouží k monitorování měřených veličin v nákladním vozidle. Na záložce Monitoring jsou aktuální hodnoty zobrazené v číselné podobě a na záložce lze sledovat jejich průběh v čase. Je možno sledovat až 4 veličiny zároveň. Na výběr jich je celkem 15 (např.: otáčky motoru, rychlost vozidla, teplota chladicí kapaliny, plnicí tlak atd.). Další funkce programu se nachází na záložce Terminal, kde je vytvořeno prostředí pro manuální zadávání příkazů čipu STN1110. Sadu příkazů podporovaných tímto čipem lze nalézt v datasheetu.

Příloha A

Příklad rozvržení sítě na nákladních automobilech. Přejato z normy SAE J1939/31. Str. 7.

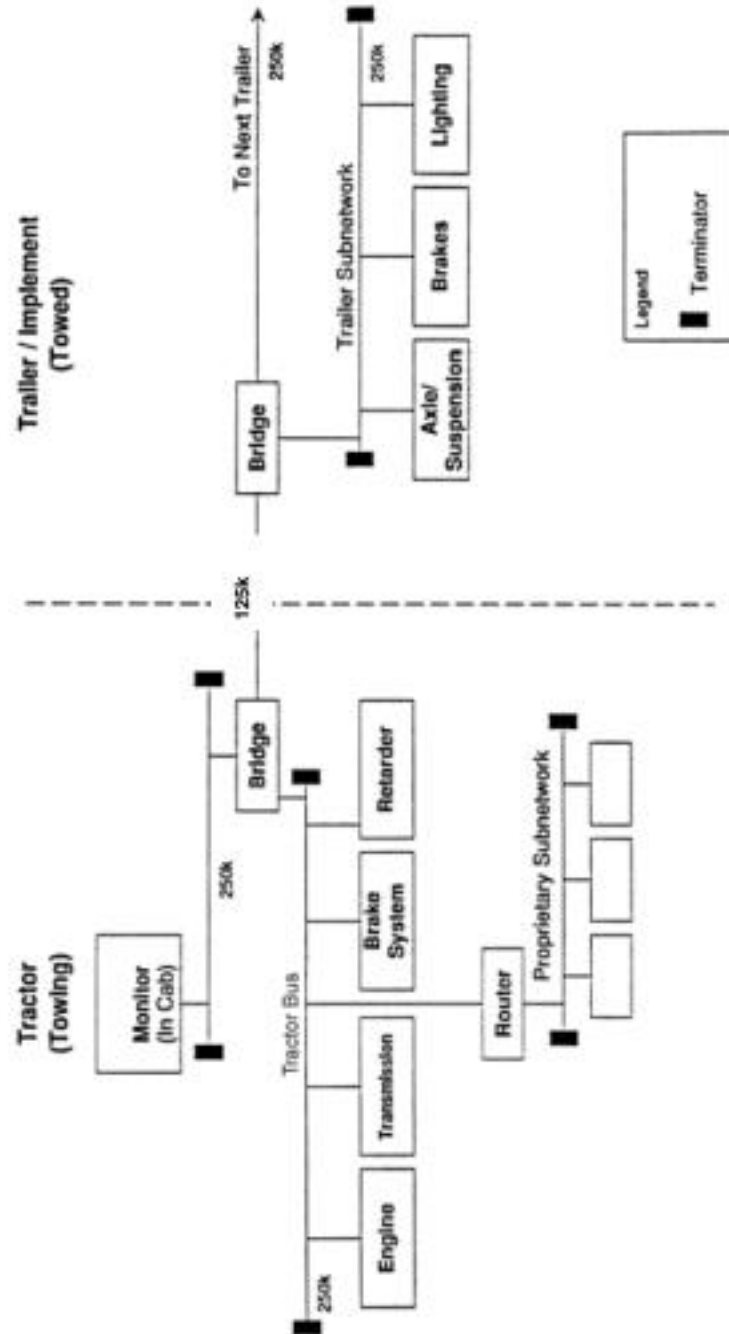
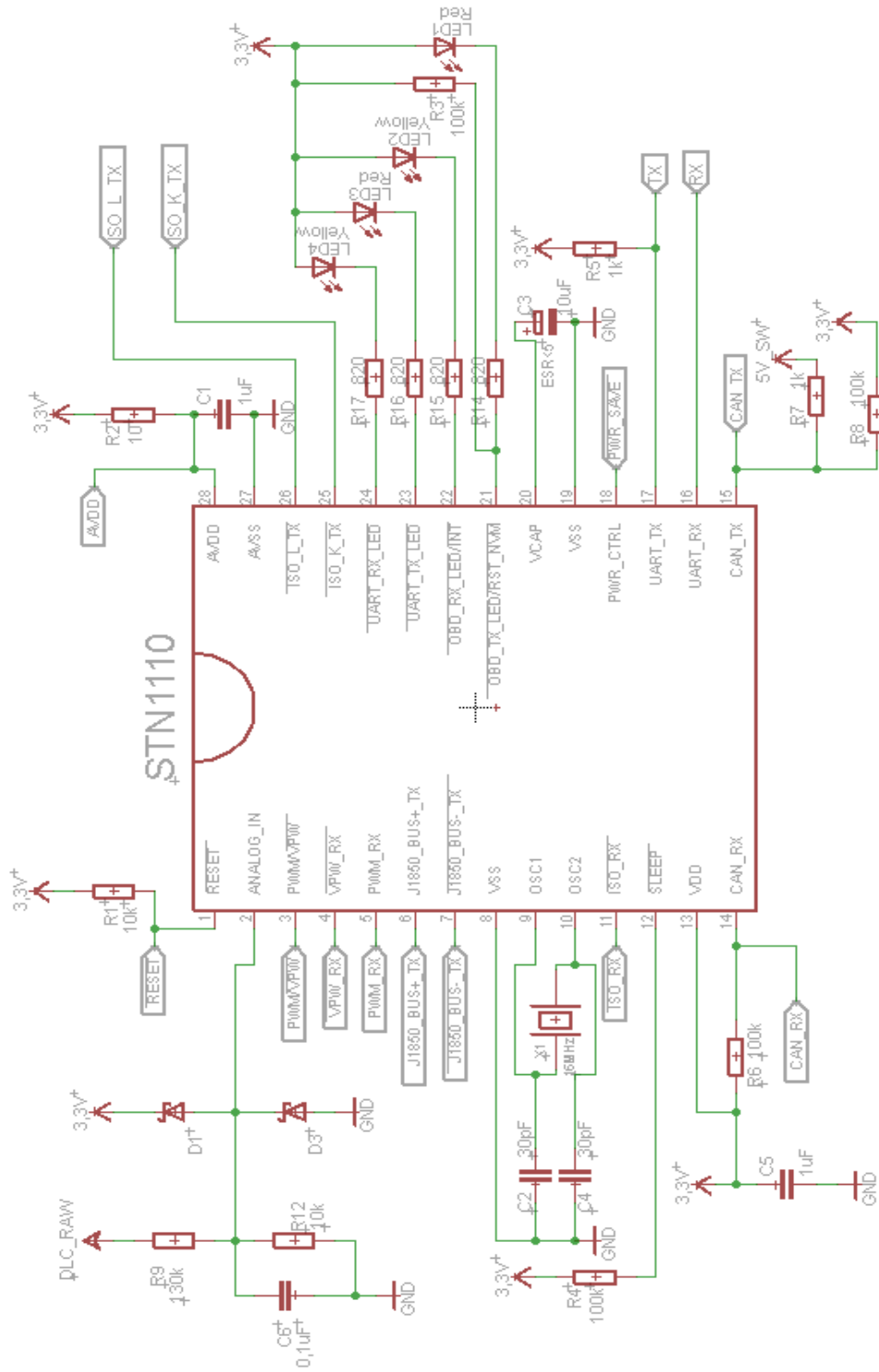


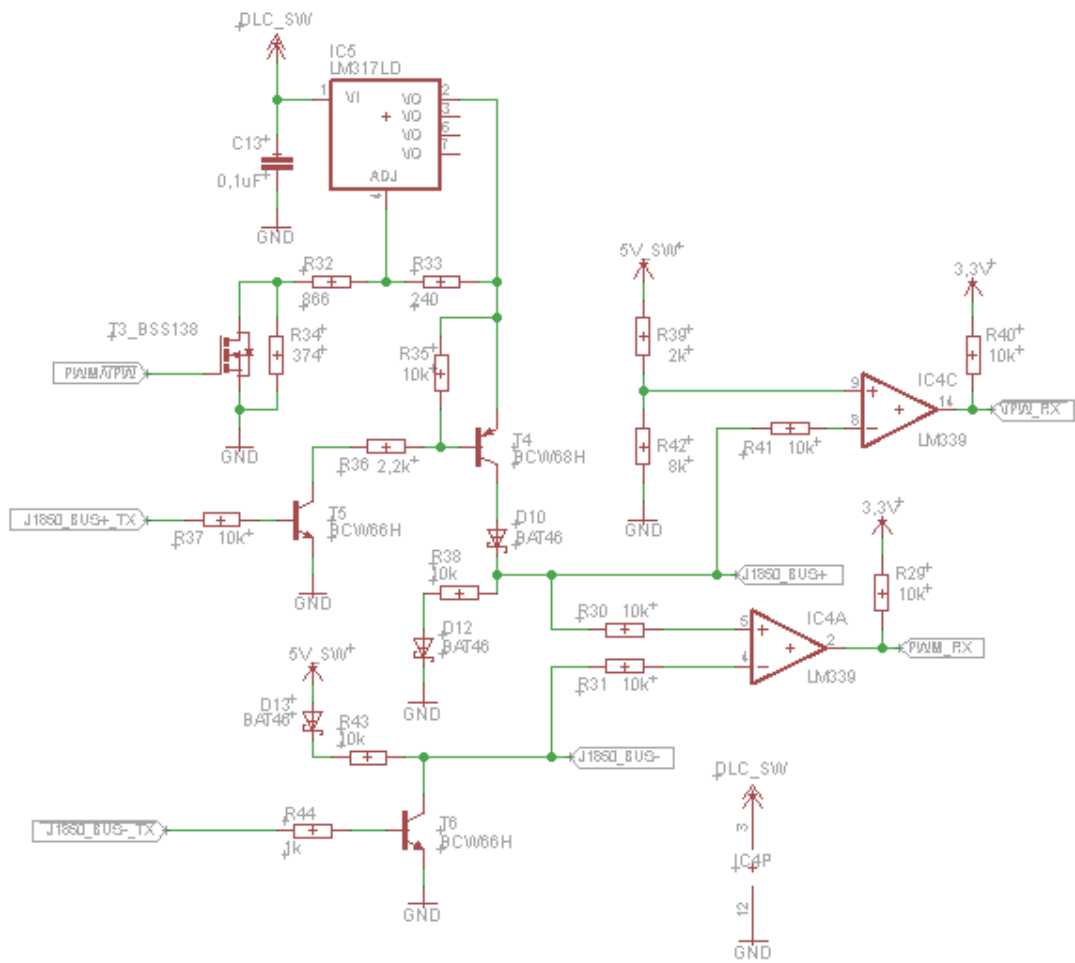
FIGURE 1—TYPICAL SAE J1939 VEHICLE NETWORK FOR TRUCK AND BUS

Příloha B

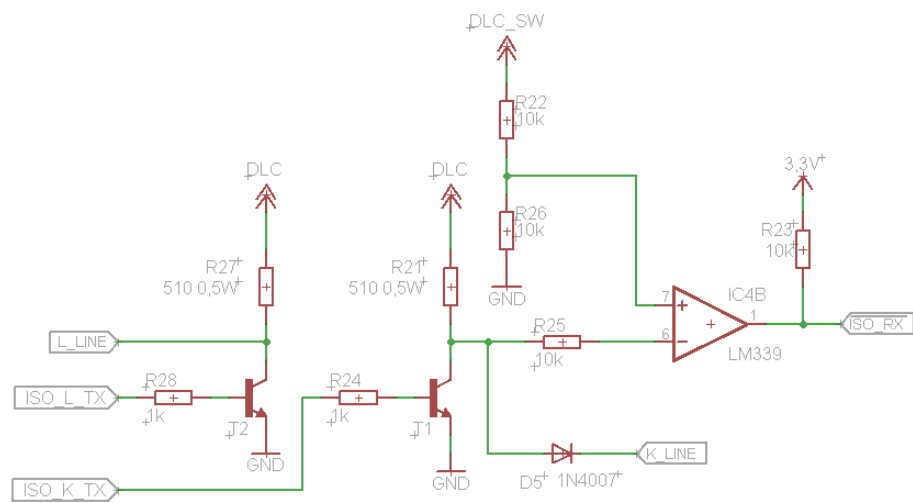
Schéma zapojení diagnostického testeru, jehož výroba byla součástí praktické části bakalářské práce.



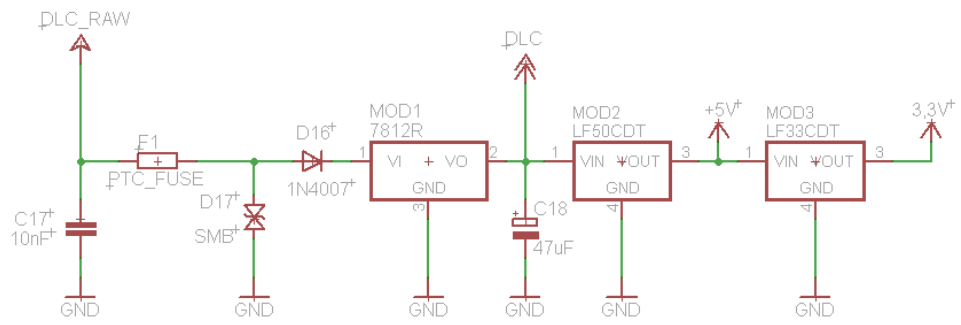
J1850 Transceiver



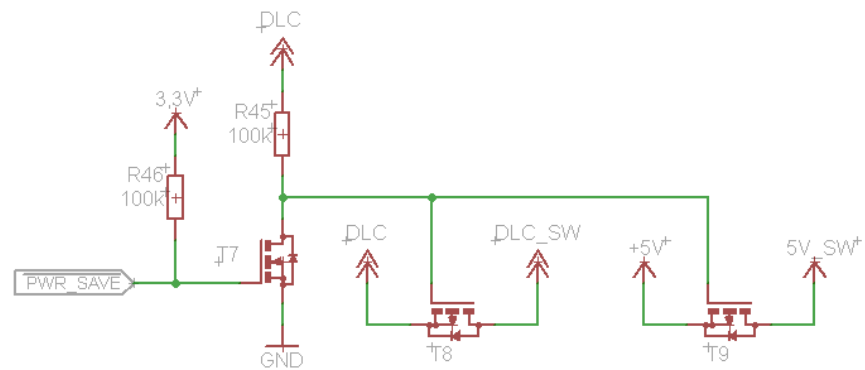
ISO Transceiver



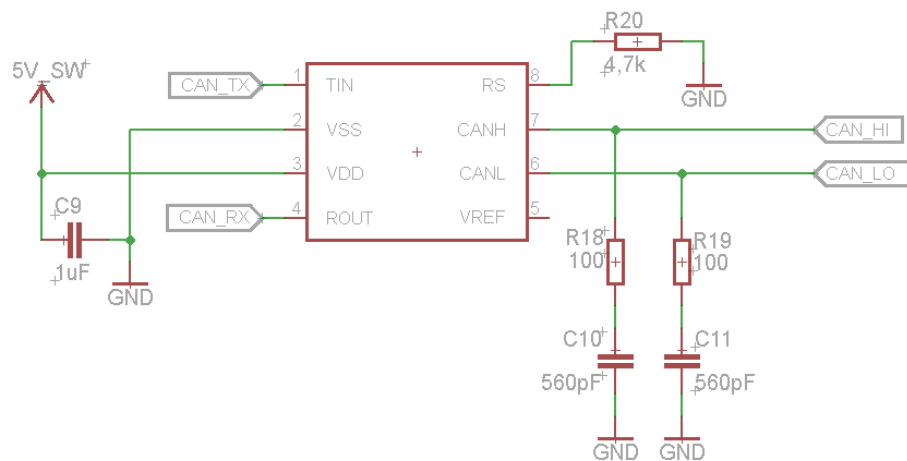
Power supplies



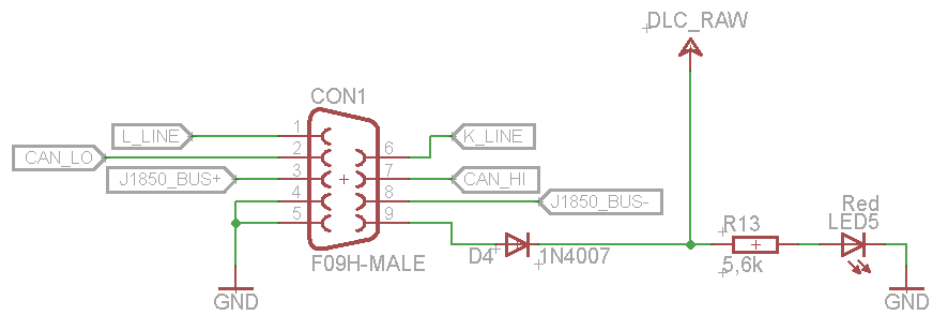
Power save



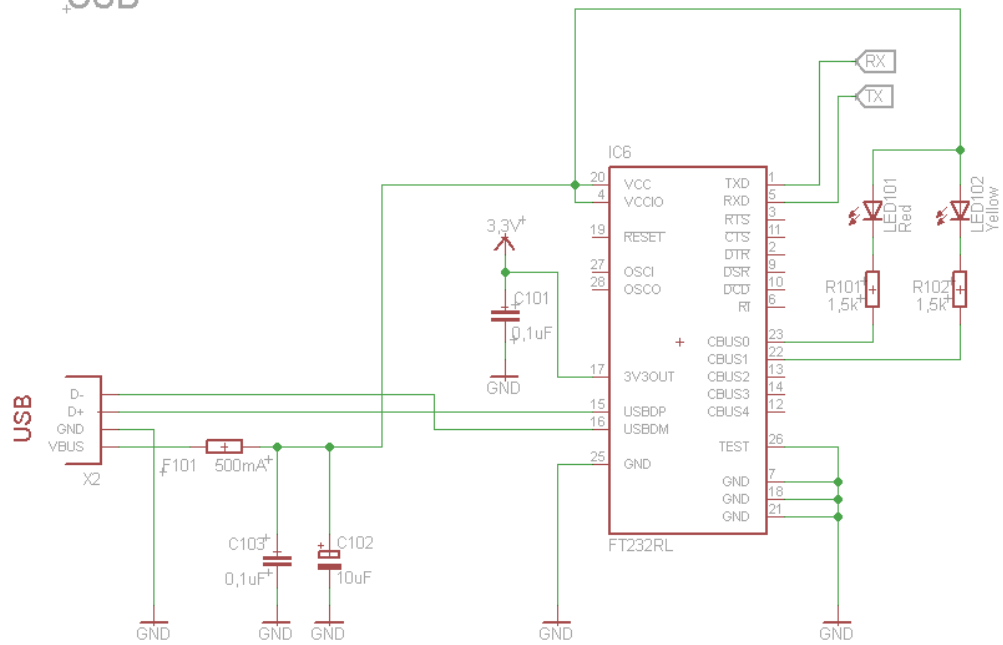
CAN Transceiver



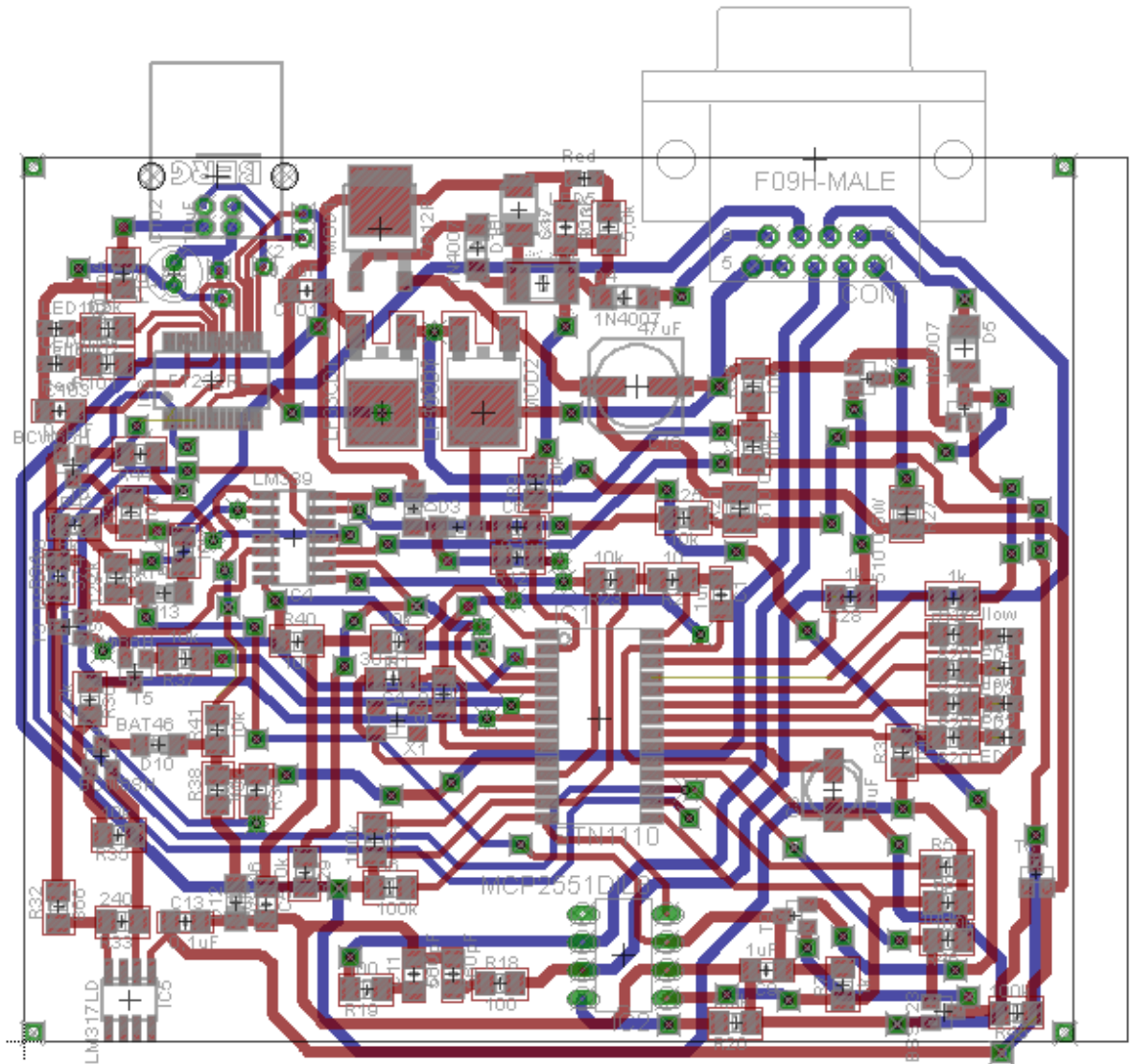
Port connector



USB



Návrh desky plošného spoje (modré objekty jsou na spodní straně desky, červené na svrchní).



Příloha C

Obsah přiloženého CD:

- datasheety k čipu STN1110
- zdrojový kód k programu ve verzi ve dvou verzích LabVIEW – v.11 a v.13

Příloha D

Vyrobený diagnostický tester v hliníkové krabičce.

Seznam obrázků

Obr. č. 2.1 – struktura chybové hlášky.	13
Obr. č. 2.2 – kontrolka MIL.	14
Obr. č. 2.3 – standardizovaná zásuvka OBD II.	16
Obr. č. 2.4 – KTS 800 Truck.	18
Obr. č. 2.5 – hotový výrobek.	18
Obr. č. 3.1 – schéma jednoho uzlu na sběrnici CAN.	20
Obr. č. 3.2 – princip diferenciální sběrnice.	21
Obr. č. 4.1 – vrstvy protokolu J1939.	22
Obr. č. 4.2 – Formát zprávy protokolu J1939.	24
Obr. č. 4.3 – struktura jména.	27
Obr. č. 4.4 – příklad PGN.	28
Obr. č. 4.5 – příklad SPN.	28
Obr. č. 5.1. – STN1110 v různém provedení.	30
Obr. č. 5.2 – čip FT232RL.	33
Obr. č. 5.3 – MCP2551.	33
Obr. č. 6.1 – čelní panel.	36
Obr. č. 6.2 – blokový diagram.	37
Obr. č. 6.3 - zdrojový kód pro nastavení přenosové rychlosti.	38
Obr. č. 6.4 – karta Terminal.	39
Obr. č. 6.5 – karta Monitoring.	40
Obr. č. 6.6 – třídění příchozích zpráv.	40
Obr. č. 6.7 – karta Graph.	41

Seznam použité literatury

- [1] Vlk, F.: *Diagnostika motorových vozidel*. Vlastním nákladem. Brno 2006. 444 s. ISBN 80-239-7064-X
- [2] Mašek, Z.: *Komunikační protokol SAE J1939*. PDF prezentace
- [3] Mašek, Z.: *Moderní elektronická diagnostika osobních vozidel*. PDF prezentace
- [4] Kořínek, F.: *Návrh analyzátoru sběrnice CAN pro nákladní automobily*. ČVUT Praha. 2007. Bakalářská práce
- [5] Kořínek, F.: *Analyzátor sběrnice CAN pro nákladní automobily*. ČVUT Praha. 2010. Diplomová práce
- [6] Čermák, M.: *Moderní měřicí systémy*. Masarykova univerzita Brno. 2003. Diplomová práce
- [7] Hajný, A.: *Aplikační protokoly CAN pro dieselelektrické lokomotivy*. PDF prezentace
- [8] Voss, W.: *Serial control and communications vehicle network*. PDF prezentace
- [9] Norma SAE J1939/11 – Physical Layer
- [10] Norma SAE J1939/21 – Data Link Layer
- [11] Norma SAE J1939/31 – Network Layer
- [12] Norma SAE J1939/71 – Vehicle Application Layer
- [13] Norma SAE J1939/73 – Application Layer – Diagnostic
- [14] Gregora, S., Mašek, Z.: *Mechanické a mechatronické systémy v konstrukci silničních vozidel*. Univerzita Pardubice. Pardubice 2008. ISBN 978-80-7395-082-8
- [15] Datasheet: STN1110
- [16] Datasheet: FT232RL
- [17] Datasheet: MCP2551
- [18] <http://www.obdsol.com/> (listopad 2013 – květen 2014)
- [19] <http://www.ni.com> (listopad 2013 – květen 2014)
- [20] <https://www.sparkfun.com/> (listopad 2013 – květen 2014)
- [21] <http://www.troublecodes.net/obd2/> (24. 4. 2014)
- [22] <http://www.obd-codes.com> (24. 4. 2014)
- [23] <http://www.hw.cz/produkty/prehled-can-sbernice.html> (13. 5. 2014)

[24] <http://akce.fs.vsb.cz/1998/asr98/Sbornik/janda/janda.htm> (13. 5. 2014)

[25] <http://www.elmelectronics.com/DSheets/ELM327DSF.pdf> (18. 5. 2014)

[26] <http://plxdevices.com/obd/> (18. 5. 2014)

[27] <http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en010405> (26. 5. 2014)