

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV POČÍTAČOVÝCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF COMPUTER SYSTEMS

BEZDRÁTOVÉ OBDII-BLUETOOTH ROZHRANÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

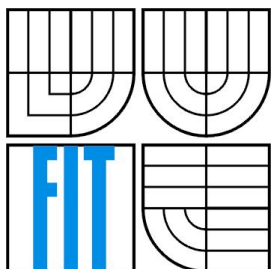
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAN BEZDÍČEK

BRNO 2011



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV POČÍTAČOVÝCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF COMPUTER SYSTEMS

BEZDRÁTOVÉ OBDII-BLUETOOTH ROZHRANÍ

WIRELESS OBDII-BLUETOOTH INTERFACE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAN BEZDÍČEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. PAVEL BARTOŠ

BRNO 2011

Zadání

1. Seznamte se automobilovým diagnostickým rozhraním OBD-II a rozhraním Bluetooth.
2. Navrhněte rozhraní s obvodem ELM327 pro diagnostiku vozidla, který umožní bezdrátově diagnostikovat vozidlo přes rozhraní Bluetooth.
3. Navržené rozhraní prakticky realizujte.
4. Zajistěte správnou funkci s dostupnými diagnostickými programy na PC nebo navrhněte a implementujte vlastní programové prostředky, které umožní alespoň základní diagnostiku vozidla.
5. Vytvořené rozhraní otestujte a vyhodnoťte výsledky.

Abstrakt

Cílem práce bylo navrhnout OBDII rozhraní komunikující s počítačem pomocí technologie Bluetooth. Vyrobené zařízení umožňuje bezdrátově diagnostikovat vozidla vybavená konektorem OBDII využívající libovolný, ze všech pěti standardem OBDII podporovaných, komunikačních protokolů. Komunikace se zařízením pomocí PC je možná a dále popisována jak pomocí specializovaného softwaru, tak pomocí jednoduchých příkazů pomocí terminálu. Jádrem celého zařízení je čip ELM327, který je pro tuto činnost přímo určen, a průmyslový Bluetooth modul. Vytvořené diagnostické rozhraní bylo otestováno a je schopno korektně zobrazovat hodnoty senzorů vozidla i pracovat s registrem závad.

Abstract

The goal of this bachelor's thesis was to design an OBDII interface, which would have been able to communicate with a PC through Bluetooth interface. Designed wireless interface is able to diagnose all OBDII equipped vehicles, but the vehicles have to communicate by some of the supported protocols. It is possible to communicate with a vehicle using a software application or by simple commands in data terminal as well. Main parts of the device are a proprietary ELM327 microcontroller and an industrial Bluetooth module. The built-up device has been tested and it is able to display right values of vehicle sensors and to operate diagnostic trouble codes as well.

Klíčová slova

OBD II, diagnostika, Bluetooth, ELM327, rozhraní, bezdrátový, komunikace, protokol, monitorování, řídicí jednotka, ECU, MIL, kontrolka závad, kódy závad

Keywords

On Board Diagnostics, diagnostics, Bluetooth, ELM327, interface, wireless, communication, protocol, monitoring, control unit, ECU, MIL, Malfunction Indicator Lamp, trouble codes

Citace

Bezdíček Jan: Bezdrátové OBDII-Bluetooth rozhraní, bakalářská práce, Brno, FIT VUT v Brně, 2011

Bezdrátové OBDII-Bluetooth rozhraní

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením pana Ing. Pavla Bartoše.

Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

.....

Jan Bezdíček
18. května 2011

Poděkování

Tímto děkuji za vedení a odbornou podporu při tvorbě této bakalářské práce vedoucímu panu Ing. Pavlu Bartošovi a FIT VUT v Brně za zapůjčení měřících přístrojů.

© Jan Bezdíček, 2011

Tato práce vznikla jako školní dílo na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě informačních technologií. Práce je chráněna autorským zákonem a její užití bez udělení oprávnění autorem je nezákonné, s výjimkou zákonem definovaných případů.

Obsah

Obsah	3
1 Úvod.....	5
1.1 Kdy použít diagnostiku.....	5
1.2 Historie systémů pro diagnostiku	6
1.3 Budoucnost automobilové diagnostiky.....	6
2 Rozhraní Bluetooth	7
2.1 Historie a vznik.....	7
2.2 Princip komunikace	8
2.3 Popis použitého Bluetooth modulu a jeho využití v zařízení	9
2.4 Konfigurace modulu	11
2.5 Reset Bluetooth modulu	12
2.6 Konfigurace Bluetooth modulu pomocí programu SPA Toolbox	14
2.6.1 Záložka Basic Settings.....	16
2.6.2 Záložka Security	17
2.6.3 Záložka Server.....	17
2.6.4 Záložka Client.....	18
2.6.5 Záložka Serial	19
2.6.6 Záložka Optimalization.....	19
2.6.7 Záložka Misc	20
2.6.8 Záložka User Defines.....	20
3 Rozhraní OBDII.....	21
3.1 Protokoly rozhraní OBDII	22
3.2 Data přenášená přes OBD.....	23
3.3 Komunikace s rozhraním OBDII.....	23
4 Návrh rozhraní	25
4.1 Napájecí napětí	25
4.2 Komunikační rozhraní čipu ELM327	28
4.2.1 Rozhraní CAN	28
4.2.2 Rozhraní ISO	28
4.2.3 Rozhraní J1850	29
4.3 Bluetooth modul	30
5 Zpracování dat na PC a testování.....	32
5.1 Komunikace s čipem ELM327 pomocí AT příkazů.....	32
5.2 Softwarové prostředky pro diagnostiku vozidla	35

5.2.1	Diagnostika vozidla pomocí softwaru „ScanXL ELM“	35
6	Závěr	39

1 Úvod

S nástupem elektronikou řízených automobilových motorů se začalo objevovat mnoho poruch, které se vyskytovaly například jen v určitých situacích, proto při stojícím vozidle bylo velmi těžké určit závadu. Tudíž byla snaha už při prvním výskytu poruchy tuto poruchu zaznamenat pro její pozdější identifikování. Později pro rozvoj OBD (On-board diagnostics) systémů také velkým dílem přispěly organizace, jako byla například EPA (Environmental Protection Agency), které se snažily o snížení emisí automobilů, k čemu jim měly právě palubní diagnostiky a dokonalejší řídicí jednotky automobilů pomoci.

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

I přes skutečnost, že od prvního osazení automobilu nástroji pro diagnostiku uplynulo více jak 40 let, problematika automobilové diagnostiky se dostává do popředí až nyní. Toto je způsobeno masivním vývojem elektroniky za posledních pár let, který neméně postihl i automobilový průmysl.

Díky zavedenému standardu OBDII je možné pomocí jednoho univerzálního skenovacího nástroje diagnostikovat drtivou většinu současných moderních aut. Tímto rozhraním se budeme v této práci zabývat, přičemž pro připojení k vyhodnocujícímu počítači je použito Bluetooth rozhraní verze 2.0. Toto rozhraní nám, díky svému dosahu až 150 m a dostačující rychlosti až 921,6 kB/s, zprostředkovává velmi pohodlnou komunikaci s diagnostikovaným vozidlem [2].

1.1 Kdy použít diagnostiku

Diagnostikovat vozidlo je vhodné při pocítění nestandardního chování vozidla, především pak ihned po rozsvícení kontrolky závad na palubní desce viz obr. č. 1.1.



Obr. č. 1.1 Používané kontrolky závad

U evropských aut je nejčastěji používaná ta třetí z nich.

Diagnostikováním vozidla nedochází k jeho opotřebení, ani žádným jiným nežádoucím dějům, proto je možné vozidlo diagnostikovat kdykoliv bez rizika dalších následků. Taktéž po výměně motorového dílu nebo různého čidla vozidla by se měl pomocí diagnostiky vymazat registr případných chyb, které byly způsobeny vadným čidlem.

1.2 Historie systémů pro diagnostiku

Prvním vozidlem vybaveným palubním počítačem, který dokázal skenovat základní údaje, byl už v roce 1969 Volkswagen Typ 3 [3]. Později, v roce 1975, se palubní počítače začaly rozšiřovat a to také díky potřebě v reálném čase monitorovat a ladit přicházející systém vstřikování paliva. Stále ale neexistovala žádná norma, která by definovala, jak jsou data monitorována nebo dále reprezentována. Až v roce 1980 americká firma General Motors, což je v době psaní této práce druhá největší automobilová továrna na světě, definovala protokol ALDL (assembly line diagnostic line), který byl ovšem určen pouze pro využití na výrobní lince [1]. Vlastníci těchto vozů ale také mohli odhalit skrytou závadu a to pomocí kontrolky MIL, která v případě závady „vyblikávala“ její kód.

Tento odstavec byl převzat z [4]. Koncem 90. let kalifornská společnost CARB (California Air Resources Board) bojující za čistější ovzduší prosadila zákon vyžadující, že všechna nová vozidla prodávaná v Kalifornii musí mít alespoň základní řídicí jednotku umožňující diagnostiku. Toto diagnostické rozhraní bylo později označeno jako OBD-I. V roce 1988 společenství automobilových inženýrů SAE (Society of Automotive Engineers) standardizovalo konektor určený pro diagnostiku i využívané signály a označili jej jako rozhraní OBDII. Od roku 1996 toto rozhraní musí povinně obsahovat všechna nová auta prodávaná na území Kalifornie. V Evropě tato povinnost byla zavedena až později a to konkrétně v roce 2001 pro benzínová auta a v roce 2003 pro naftová auta a konektor byl zde označen jako EOBD. Ve Spojených státech Amerických byl tento zákon zaveden až v roce 2008, stejně tak i v Číně.

1.3 Budoucnost automobilové diagnostiky

Díky masivnímu rozmachu elektroniky za posledních pár let se jí do vozidel vestavuje stále více. Navíc v důsledku vyčerpávání ropných nalezišť je snaha přejít na alternativní pohon. Nejvhodnějším alternativním palivem se zdá být energie nám nejbližší a to elektrická. Z toho vyplývá, že vozidla budou vybavena stále více a více elektronikou a s tím budou stoupat i nároky na její diagnostiku.

2 Rozhraní Bluetooth

Pro bezdrátovou komunikaci zařízení s vyhodnocovací stanicí je použito rozhraní Bluetooth. Toto rozhraní je naprosto ideální pro tento typ použití i disponuje dostatečnou rychlostí, neboť rychlost komunikace je omezena rychlostí rozhraní OBD-II a rychlostí zpracování dat mikročipem a to na zhruba 500 kb/s. I přes skutečnost, že dosah komunikace pomocí Bluetooth technologie bývá řádově desítky metrů, je tato hodnota dostačující, protože diagnostika auta se provádí s přímým kontaktem s vozidlem i v případě výskytu chyby za provozu, protože tato chyba se uloží do řídicí jednotky vozidla a později je diagnostikou načtena. Problematikou bezdrátové komunikace se zabývá například článek [5], který byl publikován ve vědeckém časopise Elektrotechnika.

2.1 Historie a vznik

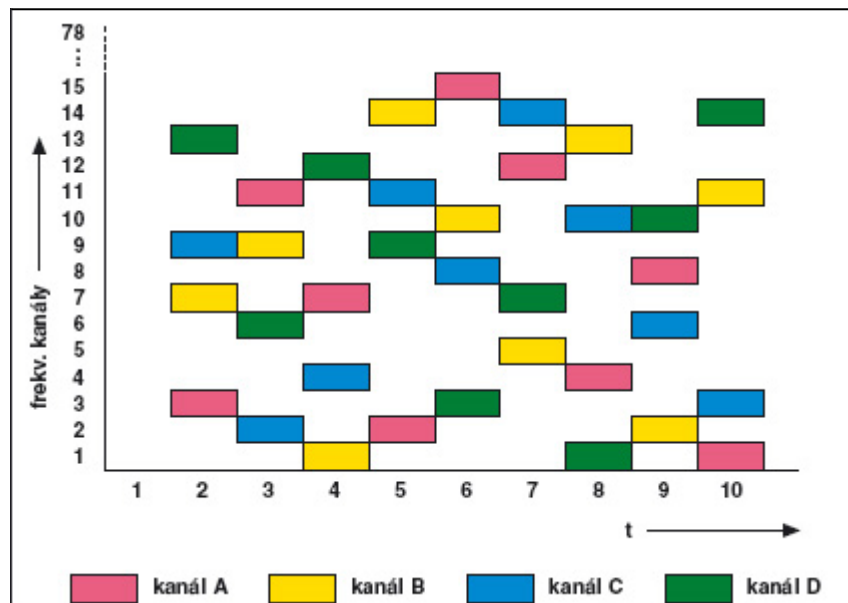
Tato podkapitola byla převzata z [6]. Technologie Bluetooth je relativně nová. V roce 1998 byla firmami IBM, Toshiba, Intel, Ericsson a Nokia založena skupina BSIG (Bluetooth Special Interest Group), jejímž cílem bylo vytvořit standard pro jednoduchou a energeticky nenáročnou bezdrátovou komunikaci jako náhradu za drátové sériové rozhraní RS-232. V roce 1999 se jim to podařilo a tato technologie byla označena jako Bluetooth verze 1.0a. Ještě téhož roku byla vydána verze 1.0b, ale obě tyto verze obsahovaly řadu nepřesností a chyb, které odstranila až v roce 2001 verze 1.1, která je již reálně použitelná pro komerčně prodávané produkty. Později byla technologie Bluetooth přepracována a v roce 2003 se objevila její verze 1.2. Další verzí byla v roce 2004 verze 2.0, která byla rozšířena o technologii EDR (Enhanced Data Rate) umožňující komunikovat vyšší komunikační rychlostí. Tato verze je v současné době nejčastěji používána. Rozhraní Bluetooth se dále ubírá směrem dosahovat vyšších rychlostí a urychlovat celý proces komunikace zařízení viz tab. č. 2.1. Nejnovější představenou verzí Bluetooth je verze 4.0, ve které už přenos může probíhat šifrovaně metodou AES-128.

Verze	Rychlost přenosu dat [Mbits/s]	Poznámka	Datum uvedení
1.2	1		11/2003
2.0	3	+ funkce EDR	11/2004
3.0	24	+ funkce HS (High Speed)	4/2009
4.0	24	+ podpora šifrování AES-128	6/2010

Tab. č. 2.1 Přenosové rychlosti podle standardů [7]

2.2 Princip komunikace

Bluetooth zařízení pracují v nelicencovaném ISM pásmu 2,4 GHz tj. na frekvenci 2,402 GHz až 2,480 GHz. Toto pásmo je rozděleno na 72 kanálů s odstupem 1MHz. Ve stejném frekvenčním pásmu pracují i různá další zařízení jako jsou například bezdrátové WiFi sítě, nebo třeba i mikrovlnné trouby. Aby se zamezilo vzájemnému rušení různých přístrojů na stejné frekvenci, využívá se metody FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum), jejíž princip je založen na velmi časté změně frekvence několikrát za sekundu typicky 1600krát za sekundu viz obr. č. 2.1.



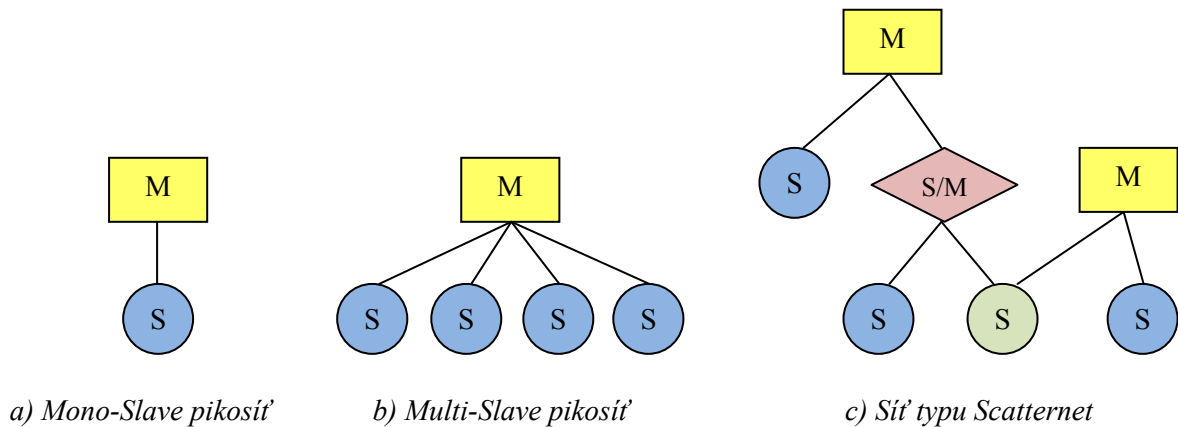
Obr. č. 2.1 Metoda přepínání frekvencí se čtyřmi přístroji s kanály A až D [8]

Ve srovnání Bluetooth s technologií WiFi je hlavní rozdíl v tom, že WiFi síť pracuje v modelu ISO/OSI na linkové vrstvě, zatímco Bluetooth pracuje až na vrstvě aplikační. To znamená, že Bluetooth zařízení musí implementovat všechny protokoly, které má podporovat. Proto je výroba Bluetooth zařízení složitější, ale o to jednodušší je potom jeho softwarová obsluha. Stejně jako WiFi tak i Bluetooth používá Ad-hoc připojení, tj. komunikaci mezi sebou pouze dvou zařízení pracujících v módu Master a Slave. Zařízení pracující v režimu Master řídí komunikaci. Používané topologie sítě Bluetooth jsou zobrazeny na obr. č. 2.2.

Rozlišujeme 3 základní architektury. [6]

- Pokud je v síti pouze zařízení Master, jedná se o pikosíť.
- Pokud je v síti právě jedno zařízení typu Master a právě jedno zařízení typu Slave, jedná se o pikosíť v Mono Slave módu.
- Pokud je v síti právě jedno zařízení typu Master a maximálně 7 zařízení Slave, jedná se o Multi-Slave pikosíť. Další zařízení typu Slave se mohou připojit, ale pouze v pasivním „zaparkovaném“ režimu.

- Spojením více pikosítí získáme síť označovanou jako Scatternet. V této síti může být jedno zařízení zároveň typu Master i Slave. Stejně tak může být zařízení v módu Slave zároveň ve více pikosítích.



Obr. č. 2.2 Topologie sítí Bluetooth

Nejčastěji používanými topologiemi jsou Mono-Slave a Multi-Slave.

Samotné navázání spojení mezi zařízením Slave a Master pak probíhá tak, že zařízení Slave vyhledá požadované zařízení Master, zjistí jeho adresu a vyšle požadavek o navázání spojení. Stanice Master v pravidelných intervalech vysílá informace o svoji existenci, pomocí kterých ji mohou ostatní zařízení identifikovat a kontaktovat. Po přihlášení zařízení typu Slave do sítě mu Master přiřadí třibitovou adresu, kterou pak používají pro komunikaci v pikosíti. Velikost této adresy omezuje maximální počet aktivních Slave zařízení v jedné pikosíti na 7.

Bluetooth zařízení se vyrábí ve třech základních třídách, které určují jejich výkon viz tab. č. 2.2.

Třída	Maximální výkon [mW] / [dBm]	Dosah na přímou viditelnost [m]
1	100 / 20	100
2	2,5 / 4	10
3	1 / 0	1

Tab. č. 2.2 Rozdělení zařízení podle výkonnosti [9]

2.3 Popis použitého Bluetooth modulu a jeho využití v zařízení

V popisovaném zařízení je použit Bluetooth modul OEMSPA312 od firmy ConnectBlue. Jedná se o průmyslový Bluetooth Serial Port Adapter což znamená, že k činnosti modulu stačí pouze napájení a není potřeba žádná další řídicí logika. Proto tyto moduly mohou být připojeny a komunikovat přímo přes sériovou linku s dalšími zařízeními. Běžná Bluetooth zařízení používaná v PC obsahují pouze

vysokofrekvenční část, proto je potřeba podpora operačního systému, ve kterém musí být příslušné ovladače řídicí Bluetooth zařízení. Naproti tomu Bluetooth Serial Port Adapter obsahuje vlastní mikrokontrolér, který poskytuje počítačovým aplikacím přístup k protokolům bezdrátové sítě Bluetooth a řídí celý modul.

<u>Standard</u>	Typ bezdrátového spojení:	Bluetooth
	Verze:	2.0
<u>Vysílací část</u>	Anténa:	Interní/Externí – použita interní
	Výstupní výkon:	7dBm/5mW
	Třída:	Class 1
	Dosah:	10 – 200 m
<u>Rozhraní</u>	UART Logic level 3V:	Ano
	RS232	Ano
	RS422/485	Pouze při použití externího převodníku
	Řízení toku:	CTS/RTS nebo žádné
	Min. modulační rychlost:	300k
	Max. modulační rychlost:	921,6k
<u>Programové vlastnosti</u>	Podpora AT příkazů:	Ano
	Max. počet připojených zařízení:	1/3/7 – podle verze FW
	Zabezpečení:	Ano
	Řízení datových toků QoS:	Ano
<u>Firmware</u>	Mono-Slave pikosít':	Ano
	Multi-Slave pikosít':	Pouze po aktualizaci FW
<u>Napájení</u>	Napájecí napětí:	3,0 – 6,0 V
	Min. spotřeba:	1,0 mA
	Spotřeba při průměrném provozu:	17 mA
	Max. spotřeba:	70 mA
<u>Mechanické vlastnosti</u>	Teplotní rozsah:	-30°C až +85°C
	Rozměry:	23 x 36 x 2,4 mm

Tab. č. 2.3 Technické informace modulu OEMSPA312 [2]

Po správném nakonfigurování modulu pak stačí k modulu připojit napájení a přímo přes sériovou linku odesílat data na zařízení připojené přes Bluetooth rozhraní.

2.4 Konfigurace modulu

V základním nastavení modulu je povolena konfigurace pouze přes linku RS232, ale lze povolit i konfiguraci „přes vzduch“ z jiného Bluetooth zařízení. Samotná konfigurace modulu se provádí buď přes terminál zadáváním AT příkazů, nebo lze využít aplikaci Serial Port Adapter Toolbox.

Konfiguraci modulu jsme prováděli pomocí softwaru Serial Port Adapter Toolbox, dále jen „SPA Toolbox“. Jedná se o program dodávaný zdarma výrobcem použitého Bluetooth modulu a slouží k jeho jednodušší konfiguraci. Konfigurace probíhá v grafickém rozhraní a program zvolené možnosti automaticky převádí na AT příkazy a posílá je do modulu. Použitému modulu je povolena konfigurace přes Bluetooth, proto se v případě nutnosti stačí pouze připojit k síti viz tab. č. 2.4 a poté v programu SPA Toolbox nakonfigurovat připojení viz tab. č. 2.5. Práce s programem SPA toolbox je popsána v kapitole 2.6.

Síť:	OBDII – On Board Diagnostics
PIN:	btmodul

Tab. č. 2.4 Údaje pro připojení k síti

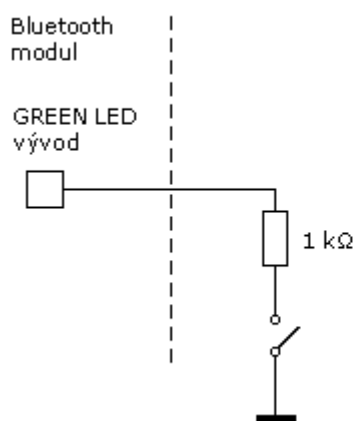
Rychlost:	38400
Počet bitů:	8
Parita:	Žádná
Stop bit:	1
Řízení toku:	žádné
PIN:	0
Konfigurace přes Bluetooth:	povolena

Tab. č. 2.5 Nastavení modulu v zařízení

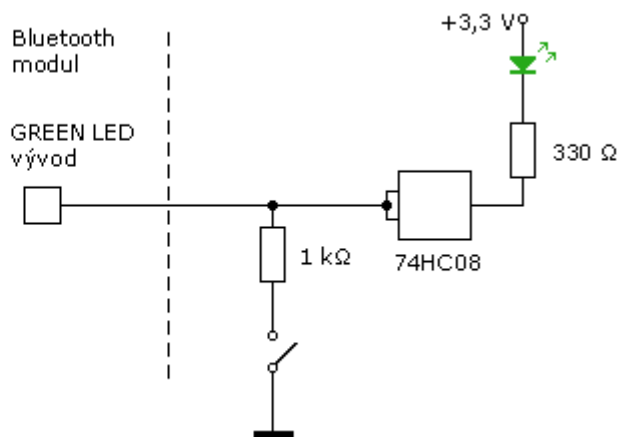
V případě zapomenutí nastavení modulu, příp. nastavení některých hodnot tak, že je nemožné se k modulu připojit, je možné provést reset celého modulu. Postup resetování modulu je popsán v kapitole 2.5.

2.5 Reset Bluetooth modulu

Tento odstavec byl převzat z [10]. Jestliže není známé nastavení sériové linky, nebo byla změněna výchozí „escape sekvence“, nelze se přes sériovou linku spojit s modulem a nastavení změnit. V tomto případě, je nutné resetovat modul a nastavit ho tak na tovární hodnoty. Po přivedení napájení modul po dobu 500 ms testuje stav vývodu „GREEN LED“. Je-li po tuto dobu tento vývod uzemněn, dojde k resetu nastavení sériové linky na tovární hodnoty a k resetu „escape sekvence“ na „//“.



Obr. č. 2.3 Reset nastavení sériové linky

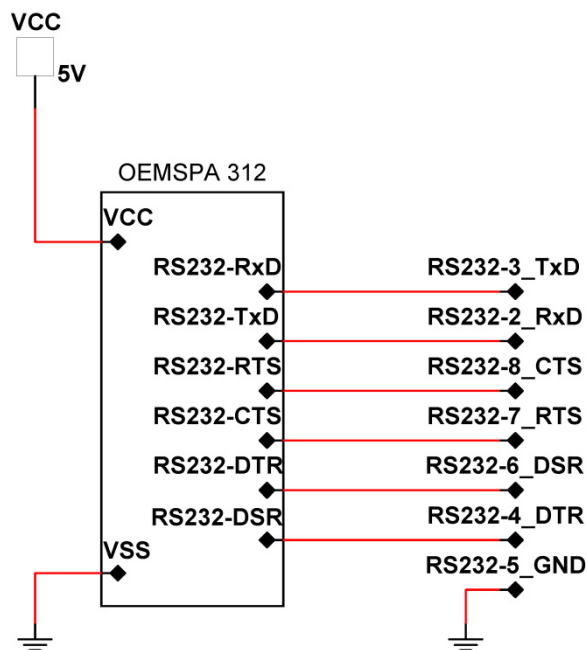


Obr. č. 2.4 Varianta zapojení v případě trvalé možnosti resetu sériové linky při současně připojené GREEN LED

Pokud je v aplikaci potřeba mít možnost resetu sériové linky a současně je trvale připojena GREEN LED, je nutné LED oddělit vysokoimpedančním bufferem, např. 74HC08 (obr. č. 2.4), jinak by proud tekoucí přes LED diodu nedovolil dosažení logické úrovně L na výstupu GREEN LED.

Uvedení modulu do továrního nastavení lze i pomocí AT příkazu „AT&F“ [11].

V základním nastavení je modulu zakázána konfigurace přes Bluetooth a je možná pouze přes sériové RS232 rozhraní. Základní schéma zapojení, přes které je možné modul připojit a nakonfigurovat, je zobrazeno na obr. č. 2.5.



Obr. č. 2.5 Schéma propojení BT modulu s rozhraním RS232

Jedná se o základní propojení modulu s rozhraním RS232 využívající hardwarové řízení toku. Popis jednotlivých pinů je uveden v tab. č. 2.6. Po připojení lze v programu SPA Toolbox v záložce „Misc“ povolit konfiguraci přes Bluetooth viz kapitola 2.6.7.

<u>HDR2X10 – Bluetooth modul</u>		<u>RS232 - Female</u>	
Číslo pinu	Označení/Význam	Číslo pinu	Označení/Význam
1	VCC/Ground	1	CD/Carrier Detect
2		2	RxD/Receive Data
3	VCC/Power	3	TxD/Transmit Data
4		4	DTR/Data Terminal Ready
5	CTS/Clear To Send	5	GND
6	TxD/Transmit Data	6	DSR/Data Set Ready
7	RTS/Request To Send	7	RTS/Request To Send
8	RxD/Receive Data	8	CTS/Clear To Send
9	DTR/Data Terminal Ready	9	RI/Ring Indicator
10	DSR/Data Set Ready		

Tab. č. 2.6 Popis konektorů Bluetooth modulu a rozhraní RS232 [12][13]

Pro připojení je potřeba v programu SPA Toolbox nastavit hodnoty podle nastavení modulu, zvláště pak komunikační rychlost a způsob řízení toku. Tovární nastavení modulu je v tab. č. 2.7.

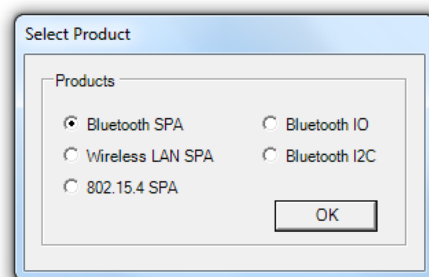
Rychlost:	57600
Počet bitů:	8
Parita:	Žádná
Stop bit:	1
Řízení toku:	Hardwarově CTS/RTS
PIN:	0
Konfigurace přes Bluetooth:	Zakázána

Tab. č. 2.7 Tovární hodnoty modulu

2.6 Konfigurace Bluetooth modulu pomocí programu SPA Toolbox

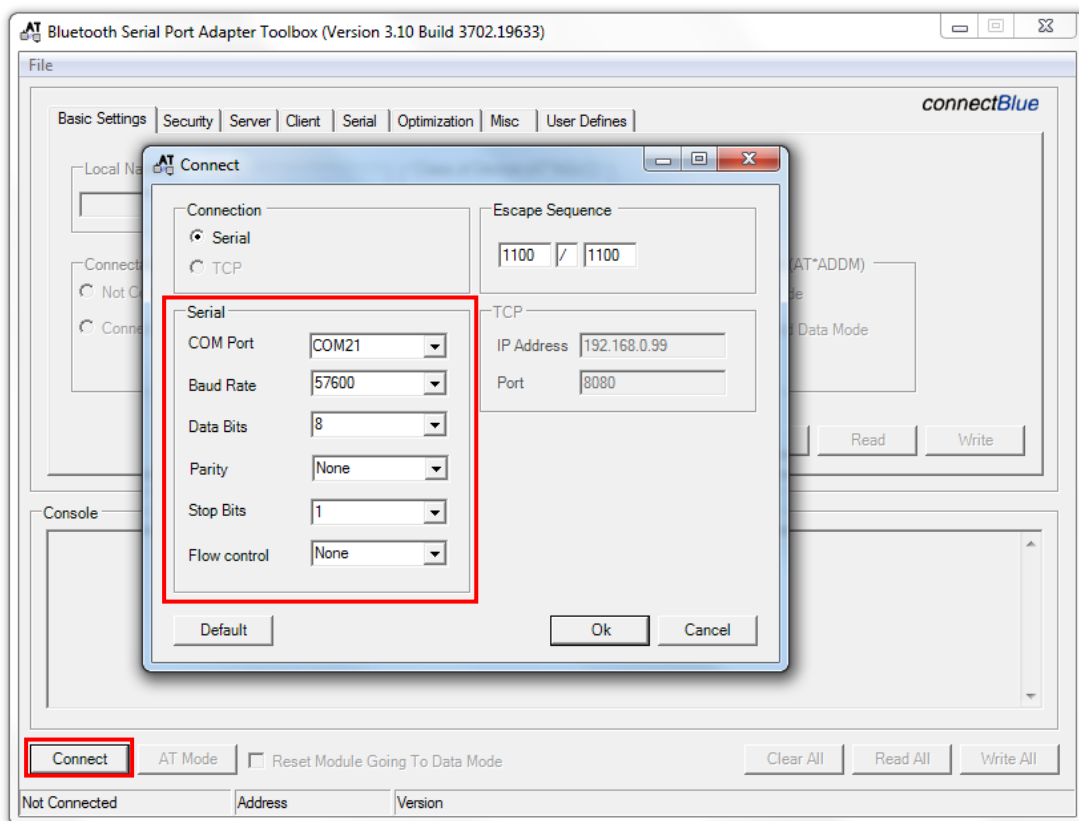
Program slouží jako grafická nadstavba pro zadávání AT příkazů i jako samostatný terminál. V době psaní této práce je k dispozici verze 3.10, kterou lze, po bezplatném zaregistrování a následném přihlášení na stránkách výrobce modulu www.connectblue.com, zdarma stáhnout.

Po spuštění jsme vyzváni k výběru komunikujícího zařízení viz obr. č. 2.6. Vybereme „Bluetooth SPA“.



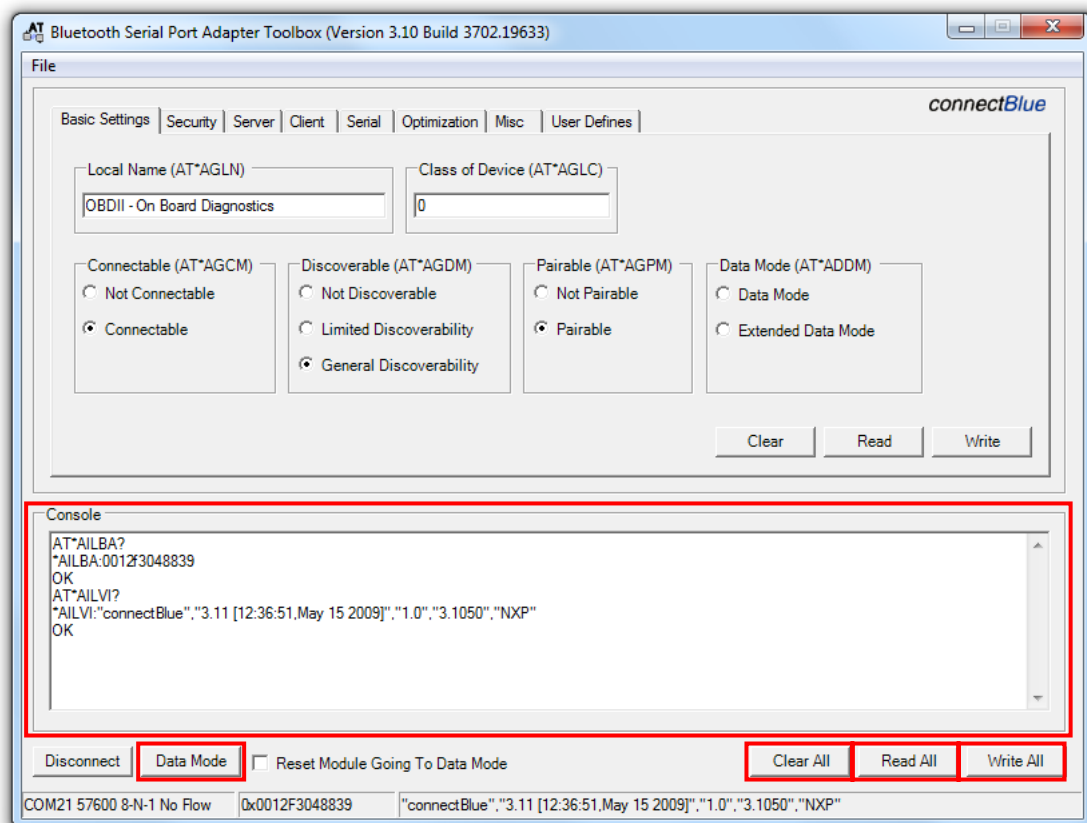
Obr. č. 2.6 Výběr zařízení

Pro připojení k modulu klikneme na tlačítko „Connect“ a zadáme správné jméno portu a jeho nastavení. V případě připojení „přes vzduch“ pomocí Bluetooth je potřeba se nejprve k zařízení připojit pomocí operačního systému, který pro toto zařízení vytvoří virtuální port. Tudíž výběrem portu vybíráme i způsob připojení.



Obr. č. 2.7 Připojení k modulu

Po navázání spojení se modul připojí v datovém režimu. V tomto režimu nelze měnit žádná nastavení. Data vkládaná do konzolového okna jsou přenášena ze sériového rozhraní na Bluetooth rozhraní a vice versa. Pro přístup k nastavení je nutno se přepnout do AT módu poklepnáním na tlačítko „AT Mode“. Přepnutí zpět do datového módu se provede opětovným stiskem tlačítka „AT Mode“, které nyní zobrazuje text „Data Mode“. Jakmile zařízení vstoupí do AT módu, vypíše se do konzole informace o adrese a verzi modulu. Nyní je zařízení připraveno ke konfiguraci.



Obr. č. 2.8 Hlavní okno programu SPA Toolbox 3.10

Nyní můžeme použít 3 základní tlačítka:

- Clear – pro vyčištění grafického rozhraní od hodnot
- Read – pro uložení aktuálních hodnot ze zařízení
- Write – pro uložení nastavených hodnot

a jejich rozšíření Clear All, Read All a Write All pro práci se všemi záložkami zároveň.

2.6.1 Záložka Basic Settings

Tato záložka obsahuje nastavení základního chování viz tab. č. 2.8.

Local Name - jméno zařízení, pod kterým ho vidí ostatní zařízení

Class of Device- používáno vzdálenými zařízeními pro identifikaci o jaký typ zařízení se jedná (PC, mobile, phone, ...)

Connectable - povoleno pokud vzdálené zařízení může navázat spojení

Discoverable - povoleno pokud vzdálené zařízení může toto zařízení najít během vyhledávání

Pairable - povolení vzdálenému zařízení se s tímto zařízením spárovat; párování je vyžadováno při navazování spojení, pokud se využívá zabezpečení

Název	Hodnota
Local Name	OBDDII – On Board Diagnostics
Class of Device	0
Connectable	Ano
Discoverable	Ano
Pairable	Ano

Tab. č. 2.8 Nastavení záložky Basic Settings

2.6.2 Záložka Security

Umožňuje zakázat či povolit a nakonfigurovat zabezpečení přenosu viz tab. č. 2.9. Je možné zde nastavit oba typy podporovaného zabezpečení BT 2.0 a BT 2.1 +EDR. Pro ještě vyšší stupeň zabezpečení je možné v záložce „Basic Settings“ zakázat viditelnost tohoto zařízení ostatním zařízeními a tím zamezit jeho vyhledání. Příp. ještě zakázat spárování zařízení.

Název	Hodnota
Security Mode	disabled
Pin Code BT 2.0	btmodul
Pin Code BT 2.1	nepoužito
Bond	nepoužito

Tab. č. 2.9 Nastavení záložky Security

2.6.3 Záložka Server

Server (Master) je zařízení, které přijímá spojení od ostatních zařízení (jiných Bluetooth modulů typu klient (Slave)). Zařízení typu Master může sestavit a zahájit spojení s jiným zařízením, vyhledávat další zařízení, nebo přijmout spojení od jiných zařízení. Nastavení je uvedeno v tab. č. 2.10.

Server Profile - nastavení podporovaných profilů

Master/Slave Switch Policy - umožňuje, aby si zařízení vyžádalo vždy stav Master; pokud to není nutné, měla by být tato možnost zakázána

Wireless Multidrop - slouží pro tvorbu sítě typu Scatternet

Název	Hodnota
Server Profile	SPP – Serióál Port Profile
Master/Slave Switch Policy	Don't Care

Tab. č. 2.10 Nastavení záložky Server

2.6.4 Záložka Client

Klient (Slave) je zařízení, které sestavuje spojení k vzdálenému zařízení (zařízení typu Master). Zařízení tohoto typu může navázat spojení s jiným zařízením, vyhledávat další zařízení, přijmout spojení od jiných zařízení. Tento typ spojení se v popisovaném zařízení nepoužívá, proto hodnoty zůstanou nenastaveny viz tab. č. 2.11.

<u>Client Profile</u>	- nastavení podporovaných profilů
<u>Number of Remote Peers</u>	- nastavení maximálního počtu současně probíhajících spojení; pro síť typu point-to-point bude 1
<u>Remote Peer</u>	- detailní nastavení spojení (connect_scheme)
<u>Peer Id</u>	- pořadové číslo vzdáleného zařízení; v případě sítě point-to-point bude 0
<u>Address</u>	- adresa daná z výroby druhého Bluetooth zařízení skládající se z 12 alfanumerických znaků; pokud neznáme adresu druhého zařízení, lze ji zjistit pomocí funkce Device Discover nebo Inquiry
<u>Name</u>	- jméno druhého Bluetooth zařízení; použitelné pouze při použití volby „Connect to name“, v opačném případě nechte prázdné
<u>Connect on Data</u>	- v případě objevení jakýkoliv dat na sériové lince se modul pokusí navázat spojení
<u>Allways Connected</u>	- modul udržuje stálé spojení s druhým Bluetooth zařízením (je-li dostupné)
<u>External Connect</u>	- modul se pokusí o spojení s druhým modulem až po přivedení externího signálu
<u>Connect to Name</u>	- modul se pokusí navázat spojení se zařízením uvedeného jména v kolonce „Name“; uvedené jméno může obsahovat pouze část jména vzdáleného zařízení
<u>Search For and Select Remote Peer</u>	- vyhledávání Bluetooth zařízení
<u>Device Discovery</u>	- provede vyhledání všech viditelných zařízení v dosahu a vypíše jejich jméno, adresu a třídu
<u>Inquiry</u>	- provede vyhledání všech viditelných zařízení v dosahu a vypíše jejich adresu a třídu
<u>Wireless Multidrop</u>	- musí být povoleno pokud je povoleno více jak jedno vzdálené zařízení

Název	Hodnota
Client Profile	None
Number of Remote Peers	0
Všechny ostatní hodnoty	nenastaveno

Tab. č. 2.11 Nastavení záložky Client

2.6.5 Záložka Serial

Zde můžeme provést konfiguraci sériového spojení a „escape sekvence“ viz tab. č. 2.12.

Serial Settings - nastavení parametrů sériového spojení

- Baud Rate - rychlost přenosu
- Data Bits - počet datových bitů
- Parity - použitá parita
- Stop Bits - logická hodnota ukončovacího bitu
- Flow Ctrl - řízení toku

Serail Interface Type - typ použitého rozhraní

Escape Timing - časování ukončovací sekvence

Escape Char - změna „escape sekvence“ na zadanou hodnotu

Název	Hodnota
Baud Rate	38400
Data Bits	8
Parity	None
Stop Bits	1
Flow Ctrl	None
Seriál Interface Type	RS232
Escape Timing – Time Before	1000
Escape Timing – Time After	1000

Tab. č. 2.12 Nastavení záložky Serial

2.6.6 Záložka Optimization

Příkazy pro optimalizaci chování modulu pro specifické použití. Obsahuje nastavení pro výkon, režimy spotřeby apod. Pro většinu aplikací je dostačující tovární nastavení této záložky, ale mohou se objevit případy, kdy jsou tyto specifikace vyžadovány.

Pro naše využití není potřeba tyto parametry specifikovat a všechny hodnoty zůstávají na továrních hodnotách viz tab. č. 2.13.

Název	Hodnota
Link Policy	0 – default
Parameter	0 – Ignore
Max Output Power	255
Power Mode	Sleep (default)
Feature Mask	1

Tab. č. 2.13 Nastavení záložky Optimization

2.6.7 Záložka Misc

Obsahuje nastavení pro různorodé funkce, jako jsou například watchdog, povolení konfigurace „přes vzduch“ apod. Použité nastavení je uvedeno v tab. č. 2.14.

<u>Allow Configuration over Air</u>	- umožnění konfigurace modulu přes Bluetooth rozhraní
<u>DTR/DSR Mode</u>	- rozšířené nastavení pro řízení toku „Data Terminal Ready“ a „Data Set Ready“
<u>Watchdog</u>	- hlídání bezproblémového provozu modulu; po uplynutí nastaveného časového limitu se provede reset
<u>Write Timeout</u>	- doba pro odezvu při zápisu
<u>Connect Timeout</u>	- maximální doba připojování k zařízení
<u>Inactivity Timeout</u>	- maximální doba nečinnosti

Název	Hodnota
Allow configuration over Air	Enable
Watchdog – Write Timeout	0
Watchdog – Connect Timeout	0
Inactivity Timeout	0
DTR (output) Active	At Start
DSR (input) Active	Ignored

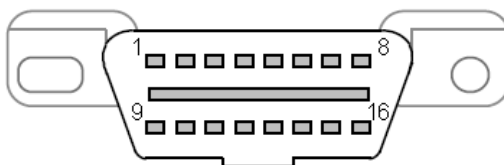
Tab. č. 2.14 Nastavení záložky Misc

2.6.8 Záložka User Defines

V této záložce je možné přiřadit 5 tlačítkům různé AT příkazy k urychlení přístupu k nim. Definované příkazy jsou uloženy v nastavení programu, nikoliv v samotném modulu. Pokud je zapsáno více příkazů k jednomu tlačítku, musí být odděleny znaky „<LF>“. Zápis pomocí AT příkazů je možné najít v dokumentu [11].

3 Rozhraní OBDII

OBDII (On-Board Diagnostics) je rozhraní pro komunikaci motorových vozidel s diagnostickými zařízeními. Toto rozhraní je od roku 1988 standardizováno jako 16pinový konektor J1962, přičemž ve vozidle je konektor typu samice zobrazený na obr. č. 3.1. Tento konektor musí být umístěn v kabině vozidla a musí být jednoduše přístupný ze sedadla řidiče. Nejčastěji bývá konektor umístěn na spodní části palubní desky, nebo v blízkosti popelníku. V současné době má rozhraní OBDII mnoho verzí, jako je například označení EOBD (Europe On-Board Diagnostics) používané v Evropě, EOBD2 (Enhanced OBD) což je pouze marketingový výraz, nebo označení JOBD, které se používá pro vozidla prodávaná v Japonsku. Nicméně všechny tyto verze musí podporovat standard OBDII a být schopny přes něj komunikovat.



Obr. č. 3.1 konektor J1962 OBDII

Číslo pinu	Funkce	Číslo pinu	Funkce
1	Rezervováno pro výrobce	9	
2	J1850 Bus + (PWM, VPW)	10	J1850 Bus – (PWM)
3		11	
4	Kostra	12	
5*	Baterie -	13	
6	CAN-H	14	CAN-L
7	ISO-K	15	ISO-L
8		16	Baterie +

Tab. č. 3.1 Význam jednotlivých pinů konektoru J1962

[14] *Pozn. pin 5 slouží jako záporný pól (zem). Zároveň přítomnost tohoto pinu v konektoru udává, že vozidlo plně podporuje OBDII. Vozidla, která plně nepodporují rozhraní OBDII tento pin nemají, ale přesto v některých případech je možné je diagnostikovat stejně, jako by OBDII podporovaly. V tomto zařízení jsou piny 4 a 5 vzájemně propojeny kvůli možnosti diagnostikovat i vozidla ne plně kompatibilní s OBDII.

3.1 Protokoly rozhraní OBDII

Rozhraní OBDII umožňuje komunikaci přes 5 protokolů zobrazených v tab. č. 3.2. Většina vozidel komunikuje pouze přes jeden určitý protokol. Každý protokol má vyhrazené konkrétní piny v konektoru, přes které komunikuje. Rozpoznání protokolu lze pak provést zjištěním využitých pinů.

Označení	Rychlost	Používané piny
SAE J1850 PWM	41,6 kB/s	2, 10
SAE J1850 VPW	10,4/41,6 kB/s	2
ISO 9141-2	10,4 kBaud	7, 15
ISO 14230 KWP2000	1,2 až 10,4 kBaud	7, 15
ISO 15765 CAN	250 až 500 kbit/s	6, 14
SAE J1939 CAN	250 až 500 kbit/s	6, 14

Tab. č. 3.2 Přehled současných protokolů standardu OBDII

SAE J1850 PWM - Tento protokol je založený na pulzně šířkové modulaci (Pulse-width modulation). Délka zpráv u tohoto protokolu je omezena na 12 bytů včetně CRC. Hodnota napětí v úrovni H je +5 V. Jako standard jej používá Ford Motor Company.

SAE J1850 VPW - Komunikace s proměnnou šířkou pulsu (Variable Pulse-width). Stejně jako u předchozího protokolu i zde je omezení maximální délky odesílané zprávy na 12 bytů včetně CRC kontroly. Horní úroveň napětí v tomto případě je +7 V a středová hodnota pak +3,5 V. Tento protokol je standardem General Motors.

ISO 9141-2 - Komunikace přes tento protokol je podobná komunikaci přes protokol RS232 s tím rozdílem, že komunikace probíhá na jedné obousměrné lince bez dalšího ustanovení spojení. Komunikace je sériová asynchronní o rychlosti 10,4 kBaud. Opět je zde omezení maximální délky zprávy na 12 bytů. Tento protokol je primárně použit pro evropská a asijská vozidla a vozidla Chrysler.

ISO 14230 KWP2000 - Využívá protokol „Keyword Protocol 2000“, který má fyzickou vrstvu stejnou jako protokol ISO 9141-2. Na rozdíl od předchozích protokolů, pro datovou část zprávy tohoto protokolu je vyhrazeno pouze 8 bytů.

ISO 15765 CAN - Jedná se o nejmodernější používaný protokol definovaný firmou Bosch pro automobilní a průmyslové použití. Na rozdíl od předchozích protokolů je tento protokol hojně používán i mimo automobilní průmysl. Tímto protokolem jsou od roku 2008 povinně vybavena všechna vozidla prodávaná na americkém trhu.

3.2 Data přenášená přes OBD

Přes rozhraní OBDII jsme schopni vyčíst kódy závad, které se ukládají v řídicí jednotce během jízdy, tyto kódy vymazat, nebo sledovat hodnoty čidel v reálném čase.

Řídicí jednotky osazené v moderních automobilech dynamicky řídí celý chod motoru. To znamená, že během jízdy sledují stav jednotlivých komponent motoru a podle jejich funkce a opotřebení přizpůsobují nastavení akčních členů. Například při poruše zařízení, která nejsou klíčová pro chod motoru, si řídicí jednotka tento stav uloží do své paměti závad a snaží se tomuto stavu přizpůsobit neakceptováním hodnot z pokaženého čidla. Po připojení vozidla k diagnostickému zařízení je tato chyba neustále uložena v registru závad, a proto může být diagnostickým zařízením přečtena a zobrazena. Po následné výměně poruchové části by se tato paměť závad měla pomocí diagnostického přípravku vymazat, aby vozidlo opět začalo akceptovat hodnoty vyměněné části pro řízení chodu vozidla.

3.3 Komunikace s rozhraním OBDII

Pro komunikaci s jednotlivými protokoly rozhraní OBDII se v dnešní době používají výhradně mikrokontroléry. Nejznámějšími z nich jsou mikrokontroléry firmy Elm Electronics řady ELM32x. V tomto zařízení je použit mikrokontrolér ELM327, který dokáže komunikovat všemi, rozhraním OBDII podporovanými, protokoly. Mikrokontrolér ELM327, viz tab. č. 3.3, po zaslání příkazu přes sériové rozhraní tento příkaz zpracuje a v případě, že se jedná o výzvu ke komunikaci s vozidlem, tento příkaz automaticky převede na vozidlem využívaný protokol, příkaz odešle a čeká na odpověď vozidla. Po získání odpovědi tuto odpověď opět zpracuje a přes sériové rozhraní vrátí v čitelném formátu. Z toho vyplývá, že pro komunikaci nepotřebujeme znalosti kódování všech protokolů vozidel, ale stačí nám znát pouze jednoduché tzv. AT příkazy, které budeme zasílat na ELM327. Těchto AT příkazů je celá řada. Kompletní výpis všech AT příkazů je obsažen v příloze č. 3, jejich detailní popis v [15].

Samotná komunikace s vozidlem je pak popsána v kapitole 5.1 a zobrazena na obr. č. 5.1.

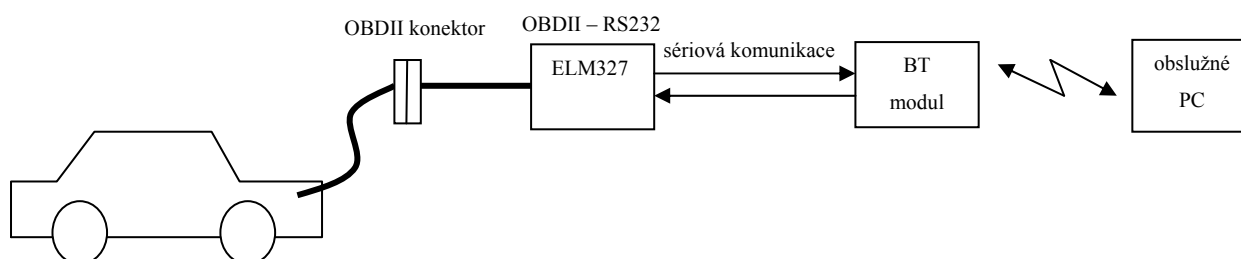
Vlastnost	Hodnota
Napájecí napětí	4,5 až 5,5 V
Pracovní teplota	-40 °C až +85 °C
Rychlost A/D převodu	9 ms
Vstupní log. úroveň L	< 0,8 V
Vstupní log. úroveň H	> 3,0 V
Výstupní log. úroveň L	0,3 V
Výstupní log. úroveň H	4,4 V
Odběr proudu *	12 mA

Tab. č. 3.3 Vlastnosti mikrokontroléru ELM327 [15]

** Jedná se o průměrný odběr proudu mikrokontroléru ELM327 bez připojených periférií.*

4 Návrh rozhraní

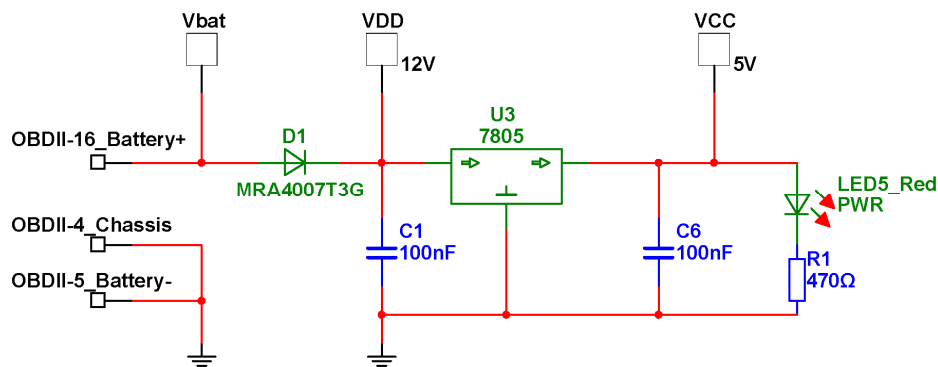
Jádrem celého zařízení je čip ELM327 v1.4b založený na mikročipu PIC18F2480 firmy Microchip Technology Inc., který slouží jako převodník mezi vozidlem s libovolným podporovaným protokolem a sériovým rozhraním a zajišťuje komunikaci s vozidlem. Na obr. č. 4.1 je zobrazeno blokové schéma rozhraní. Celkové elektrotechnické schéma zapojení je poté uvedeno v příloze č. 2.



Obr. č. 4.1 Blokové schéma

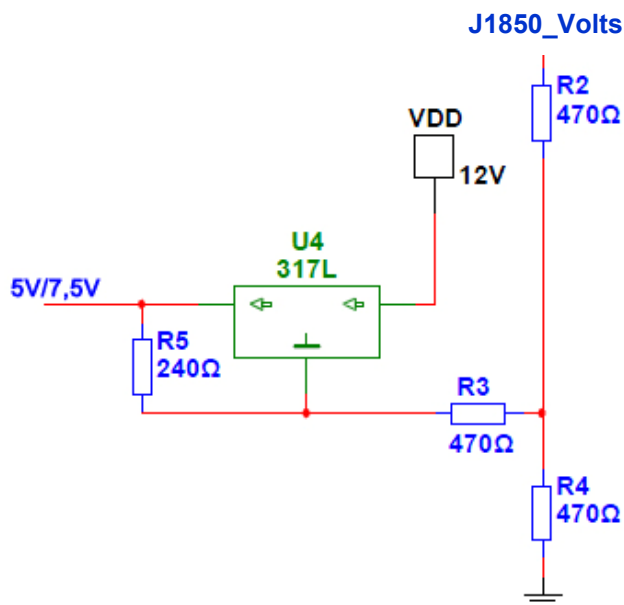
4.1 Napájecí napětí

Obvod je napájen z palubní sítě vozidla a vyžaduje minimální napětí 9 V. Vzhledem k faktu, že zařízení může být použito i v nákladních automobilech či autobusech, může být vstupní napětí až 24 V. Toto napětí je dále stabilizováno na 5 V stabilizátorem 7805 a používáno pro napájení komponent obvodu viz obr. č. 4.2. Místo 100 mA stabilizátoru byl použit 1 A stabilizátor, protože toto napětí slouží i pro napájení Bluetooth modulu, který může mít ve špičkách odběr až 270 mA, a také proto, že rozhraní CAN je nízkoimpedanční síť a při použití pouze 100 mA stabilizátoru by při komunikaci mohlo docházet k přehřívání stabilizátoru a poklesu napětí, což by způsobilo resetování obvodu a vyvolání chyby typu „LV RESET“. Napájení obvodu je signalizováno rozsvícením diody LED5.



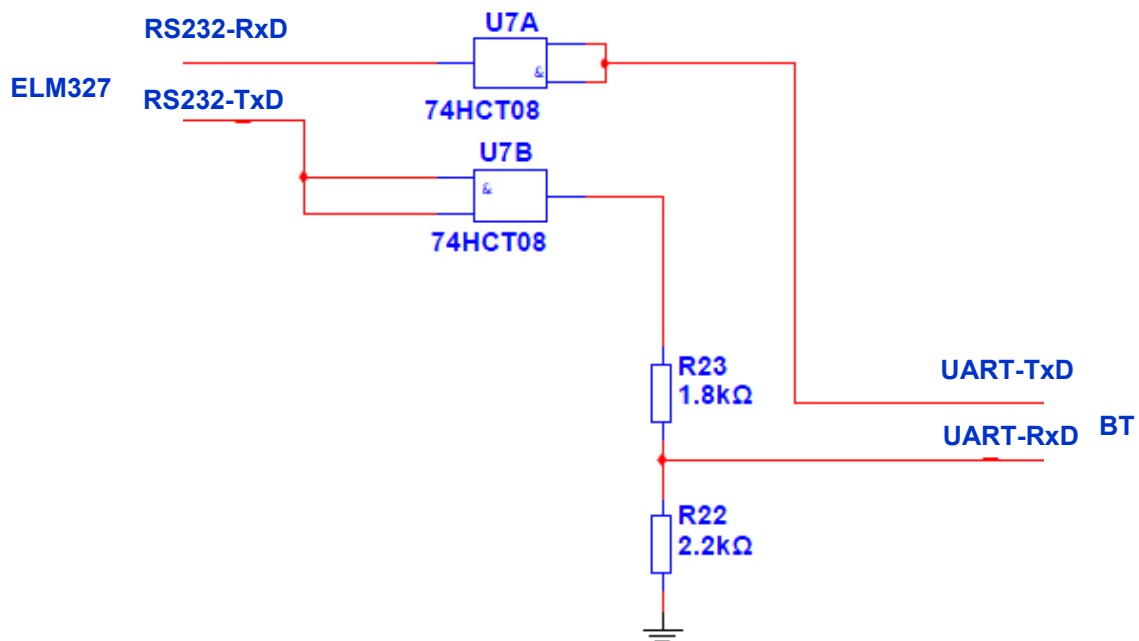
Obr. č. 4.2 Stabilizace napětí

Vzhledem k tomu, že komunikace protokoly PWM a VPW probíhá přes společné rozhraní J1850 a oba tyto protokoly pracují s různými napěťovými hodnotami, je třeba napájení sběrnice měnit podle používaného protokolu. Řešení je nastíněno na obr. č. 4.3. Protokol PWM vyžaduje napájecí napětí 5 V, zatímco protokol VPW vyžaduje 8 V. Napětí je stabilizováno stabilizátorem LM317, který je nastavován pinem č. 3 čipu ELM327. Výsledné napětí je potom 5 V a 7,5 V.



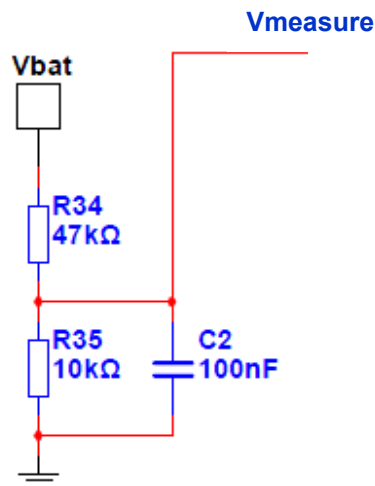
Obr. č. 4.3 Přepínání napětí 5V/7,5V rozhraní J1850

Napájení Bluetooth modulu je 5 V, ale samotný modul obsahuje stabilizátor na napětí 3,3V, které slouží pro napájení jeho vlastních obvodů. Proto při UART komunikaci mezi čipem ELM327, který pracuje s napětím 5 V a Bluetooth modulem pracujícím s napětím 3,3V je nutné použít převodník logických úrovní zobrazený na obr. č. 4.4.



Obr. č. 4.4 Převodník logických úrovní 5V/3,3V

Čip ELM327 je vybaven funkcí měření napětí, proto byl obvod doplněn o jednoduchý dělič napětí snižující napětí na bezpečnou hodnotu a kondenzátorem pro eliminaci šumu umožňující měřit napětí v palubní síti vozidla viz obr. č. 4.5. Z výroby je přesnost měření nastavena na asi 2%, ale lze ji konfigurací čipu zvýšit.



Obr. č. 4.5 Měření napětí palubní sítě

Mikročip obsahuje i techniky pro snížení odběru proudu v době, kdy není využíván, ale vzhledem k tomu, že obvod je napájen z palubní sítě vozidla, která představuje velmi tvrdý zdroj jak v případě napájení alternátorem, tak v případě napájení akumulátorem, a slouží pouze pro krátkodobé připojení v řádu několika minut, není v obvodu použita žádná technika pro přechod do režimu snížené spotřeby, neboť není nutná.

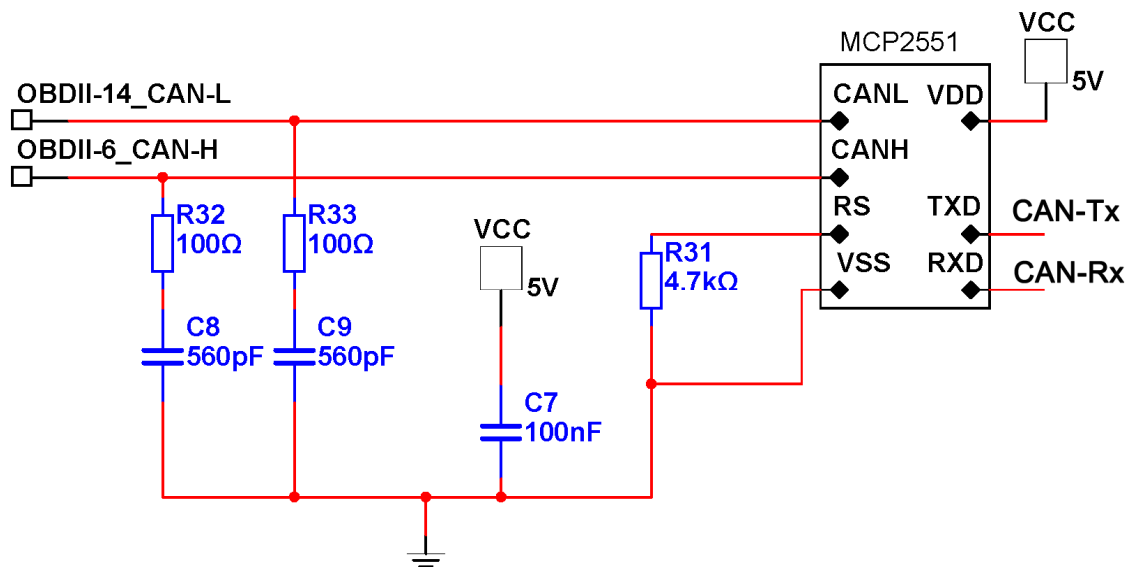
4.2 Komunikační rozhraní čipu ELM327

Mikročip ELM327 dokáže komunikovat se všemi čtyřmi OBDII rozhraními a zároveň slouží jako most pro přístup ze sériové UART sběrnice ke všem rozhraním jednotným způsobem. Pro vizuální kontrolu přenosu dat mezi automobilem a čipem ELM327 slouží LED diody LED1 pro indikaci odesílání dat do vozidla a LED2 pro indikaci přijímání dat z vozidla. V následujících kapitolách budou jednotlivá rozhraní detailně popsána.

4.2.1 Rozhraní CAN

Pro komunikaci s rozhraním CAN je použit vysokorychlostní CAN transceiver MCP2551 s vysokou odolností proti šumu, který je vhodný i pro vozidla s 24V palubní sítí. Jeho zapojení je zobrazeno na obr. č. 4.6. Právě díky jeho vlastnostem je vhodné jej použít namísto vytváření rozhraní z diskretních součástek.

Přes rozhraní CAN komunikují protokoly: * ISO 15765-4 CAN
* SAE J1939 CAN

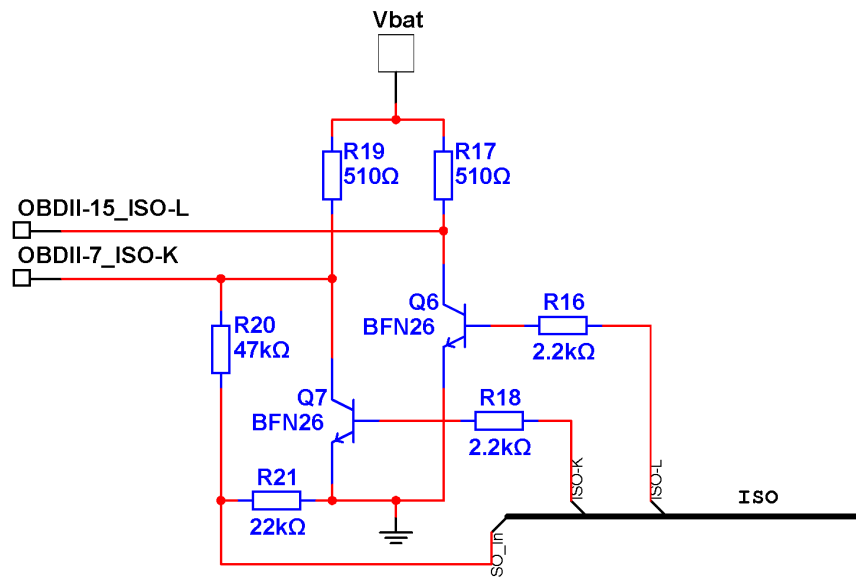


Obr. č. 4.6 Rozhraní CAN

4.2.2 Rozhraní ISO

Toto rozhraní poskytuje podle standardu 2 výstupní signály, ale u některých vozidel je použit pouze jeden signál a signál ISO-L zůstává nevyužit. ELM327 řídí oba výstupy přes NPN tranzistory Q6 a Q7 s pull-up rezistory připojenými k jejich kolektorům. Příjem dat potom probíhá signálem ISO-K, jehož napětí je sníženo odporovým děličem. V případě nízkého napětí okolo 9 V v palubní síti automobilu je možné, že nepůjde navázat spojení s vozidlem. V takovémto případě je nutné zvýšit hodnotu rezistoru R21 na 33 kΩ a více. Komunikační rozhraní ISO je zobrazeno na obr. č. 4.7.

Přes rozhraní ISO komunikují protokoly: * ISO 9141-2
 * ISO 14230-4 KWP



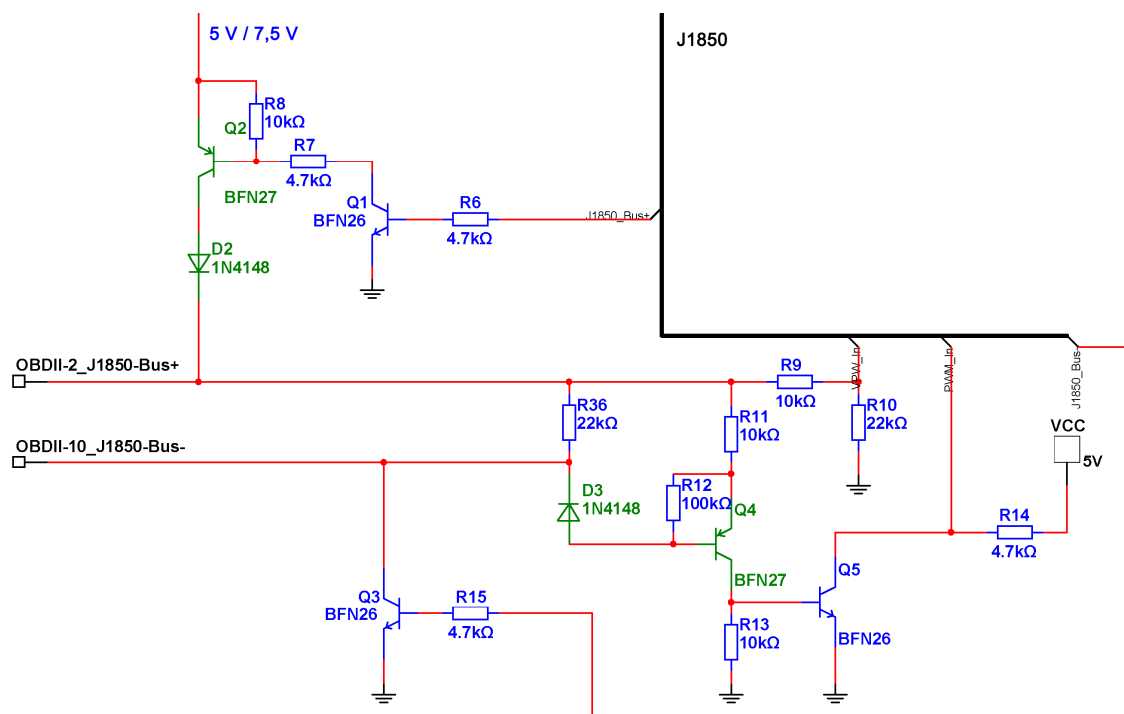
Obr. č. 4.7 Rozhraní ISO

4.2.3 Rozhraní J1850

Rozhraní se skládá z části napájející sběrnici, která v tomto případě poskytuje napětí 5 V nebo 7,5 V v závislosti na používaném protokolu viz obr. č. 4.3, a z části zajišťující příjem a zpracování signálu. V obou případech je výstupní signál Bus+ řízen tranzistorem Q1 a Q2, které jsou otvírány ELM327 pinem č. 4 a výstupní signál Bus- řízen tranzistorem Q3.

Vstup VPW je připojen pouze přes odporový dělič. PWM vstup je trochu odlišný, protože je potřeba převést diferenční vstup na kladný. K tomu slouží tranzistor Q4, který je zapojen jako rozdílový zesilovač. Sériové spojení tranzistoru Q4 a diody D3 nastavuje prahové napětí na zhruba 1 V (kvůli imunitě vůči šumu), zatímco rezistor R11 omezuje protékající proud a rezistor R12 udržuje tranzistor Q4 uzavřen dokud dioda D3 nezačne propouštět napětí. Rezistor R36 slouží k rychlejšímu uzavření tranzistoru Q4 v určitých situacích. Použití tohoto rezistoru není nutné, ale může být nápomocen při komunikaci s vysokokapacitním VPW rozhráním, které nutí pracovat ELM327 v režimu pro protokol PWM a jsou generovány chyby typu „BUS ERROR“. Kompletní elektrotechnické schéma zapojení rozhraní J1850 je zobrazeno na obr. č. 4.8.

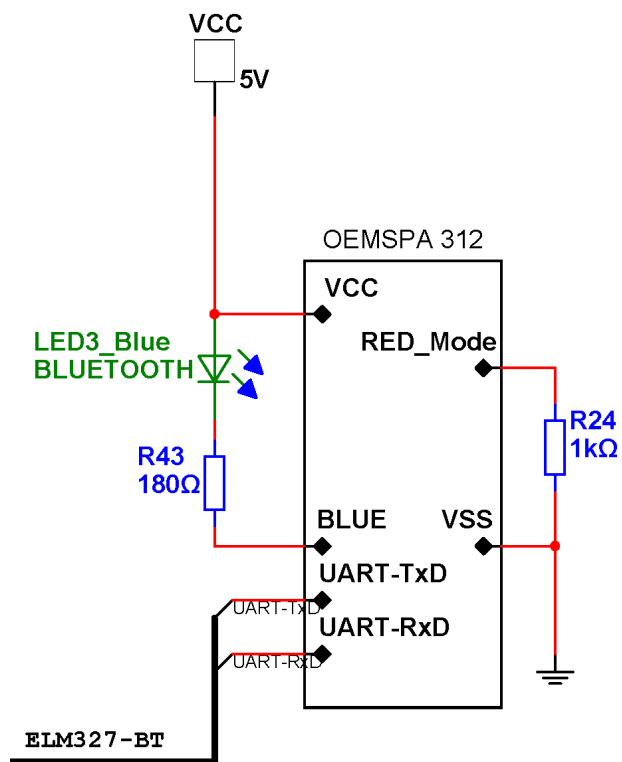
Přes rozhraní J1850 komunikují protokoly: * SAE J1850 PWM
 * SAE J1850 VPW



Obr. č. 4.8 Rozhraní J1850

4.3 Bluetooth modul

Bluetooth modul již obsahuje všechny potřebné součástky pro jeho provoz včetně vlastního stabilizátoru napětí na 3,3 V a výstupu na rozhraní UART. Napájecí napětí modulu je 5 V, ale vzhledem k jiným logickým úrovním používaným v modulu (3,3 V) a v ELM327 (5 V) je nutné použít převodník logických úrovní, viz obr. č. 4.4. Mimo tohoto převodníku je pro komunikaci potřeba ještě přes rezistor R24 uzemnit vývod č. 11, čímž se provede nastavení komunikace přes rozhraní UART a ne přes rozhraní RS232, které modul také obsahuje. Modul je doplněn o LED diodu LED3 poskytující nám informaci o aktuálním spojení probíhajícím na Bluetooth rozhraní. Zapojení modulu je zobrazeno na obr. č. 4.9.



Obr. č. 4.9 Zapojení Bluetooth modulu

5 Zpracování dat na PC a testování

Pro zahájení komunikace s vozidlem stačí pouze připojit se v počítači přes Bluetooth zařízení k OBDII rozhraní a správně jej nakonfigurovat viz. tab. č. 2.4 a tab. č. 2.5. Tím je spojení navázáno a OBDII rozhraní čeká na řídicí příkazy. Ty zasiláme pomocí libovolného terminálu. Pro testování byl v této práci použit nástroj „HyperTerminál“, který je součástí Windows XP. V případě používání Windows Vista a vyšších je tento program nutné stáhnout, nebo jednoduše zkopírovat z Windows XP. Zpracování dat na PC je prováděno pomocí programu „ScanXL ELM“, který zcela zastihuje komunikaci s čipem, proto zde uvedu pouze základní práci s AT příkazy.

5.1 Komunikace s čipem ELM327 pomocí AT příkazů

AT příkazy nerozlišují velká a malá písmena, stejně tak ignorují mezery a bílé znaky. Proto zadání „At Z“ je stejné jako zadání „atz“. Výběr používané varianty záleží na Vás, jejich tvar nemá vliv na funkci ani na výkonnost a rychlost zpracování. Očekávání zadání příkazu je zobrazováno znakem „>“ a jeho potvrzení prováděno stiskem klávesy „Return“. Pokud při psaní příkazu čip do 20 sekund neobdrží jeho potvrzení, nebo příkazu nerozumí, vrátí znak „?“.

Po připojení modulu je vhodné provést reset modulu zadáním

AT Z

Pokud je komunikace s čipem v pořádku, odpoví zprávou nesoucí jeho název a verzi

ELM327 v1.4b

Nyní již chceme komunikovat s vozidlem. Pokud neznáme protokol používaný vozidlem, nebo chceme zařízení používat i v jiných vozidlech, zadáme volbu pro automatické hledání protokolu

AT SP 0

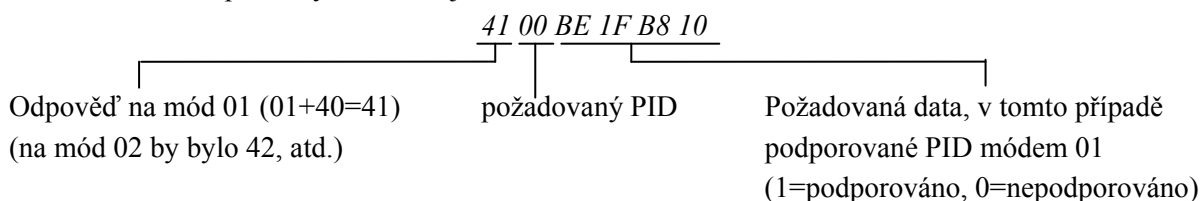
Komunikaci vyzkoušíme vyžádáním podporovaných parametrů PID* módu** 01

01 00

**Pozn. PID (Parameter identification) jsou identifikátory parametrů, jako jsou například teplota vody, otáčky a mnoho dalších. Tyto parametry jsou uvedeny v dokumentech standardů, jako jsou např. SAE J1979 nebo ISO 15031-5 a mohou být také definovány samotnými výrobci automobilů.*

***Pozn. standard SAE J1979 současně definuje 10 možných diagnostických módů (01 – zobrazení aktuálních hodnot, 02 – zobrazení uložených hodnot, 03 – zobrazení tabulky závad, 04 – vymazání tabulky závad, ...). Vozidla nemusí podporovat všechny módy a všechny parametry PID.*

Nejprve obdržíme zprávu „SEARCHING...“ značící, že probíhá hledání protokolu, poté bychom měli obdržet řadu čísel podobných následujícím



Nyní je již spojení s automobilem navázáno. Komunikující protokol zobrazíme zadáním

AT DP

Při komunikaci přes protokol PWM nám bude zobrazena zpráva

AUTO, SAE J1850 PWM

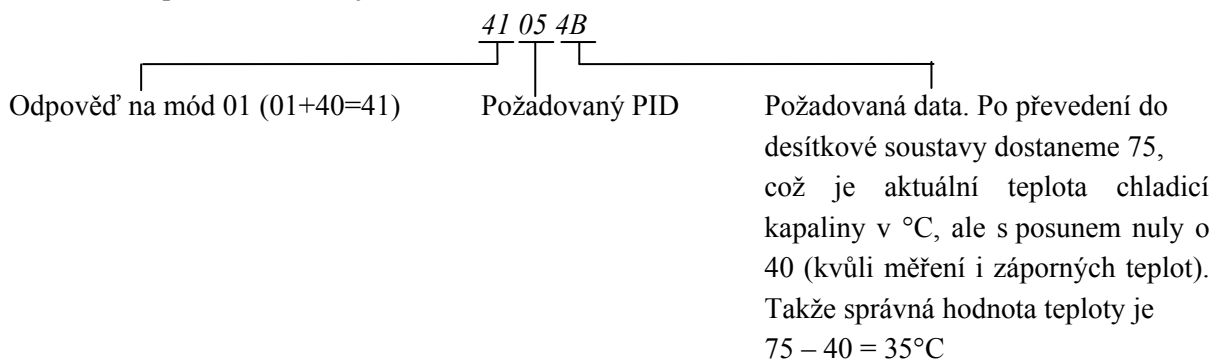
Hodnota AUTO zde značí, že je tento protokol nastaven automaticky a při odpojení, příp. restartu modulu je nutné protokol vyhledat znovu.

Následující ukázka zobrazuje postup při získávání aktuální teploty chladicí kapaliny motoru vozidla FORD Mondeo MKII využívající PWM protokol. Je nutné, aby testované vozidlo podporovalo tento PID, jinak obdržíme zprávu typu „NO DATA“.

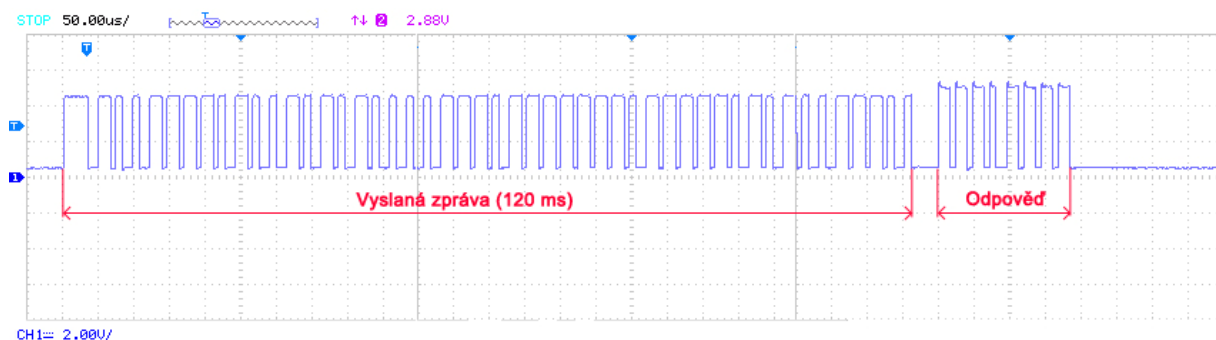
Vyžádání hodnoty PIDu číslo 05, módu 01 provedeme jednoduše příkazem

01 05

Obdržíme odpověď v následujícím tvaru



Graf na obr. č. 5.1 zobrazuje komunikaci přes OBDII rozhraní. ELM327 vyšle zprávu délky 120 ms a poté čeká určitou dobu (typicky 200 ms) na odpověď. Komunikace je modulována do PWM s napěťovými úrovněmi 0-5 V.

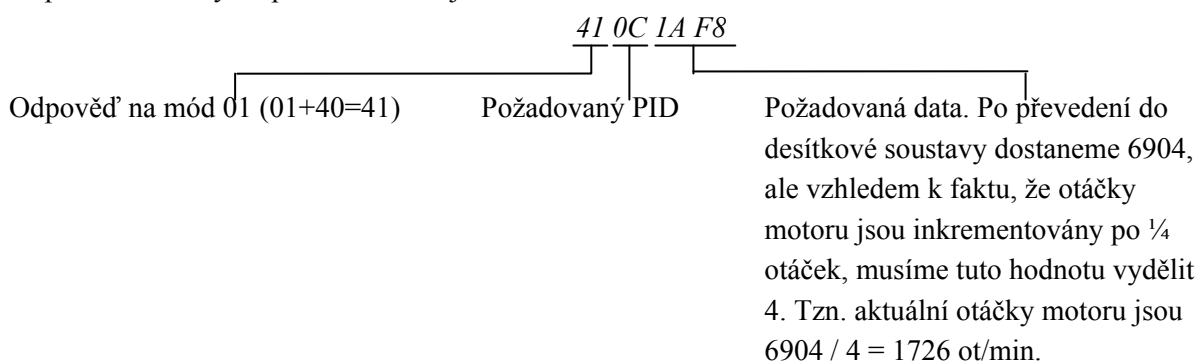


Obr. č. 5.1 Komunikace přes rozhraní OBDII protokolem PWM (dotaz na teplotu chladicí kapaliny)

Obdobným způsobem probíhá zjištění například aktuálních otáček motoru. Aktuální hodnota otáček je přístupná v módu 01 pod PID č. 0C.

01 0C

Odpověď může být například následující



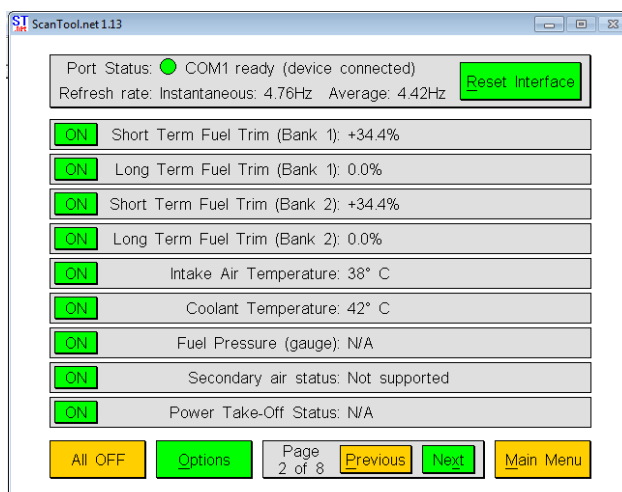
Vyžádání informace o napětí v palubní síti vozidla lze provést příkazem

AT RV

Odpověď potom udává aktuální hodnotu napájecího napětí s výrobcem danou přesností 2%. Tuto přesnost lze změnit nastavením vnitřní kalibrační konstanty mikrokontroléru ELM327 viz příloha č. 3, příp. [15].

5.2 Softwarové prostředky pro diagnostiku vozidla

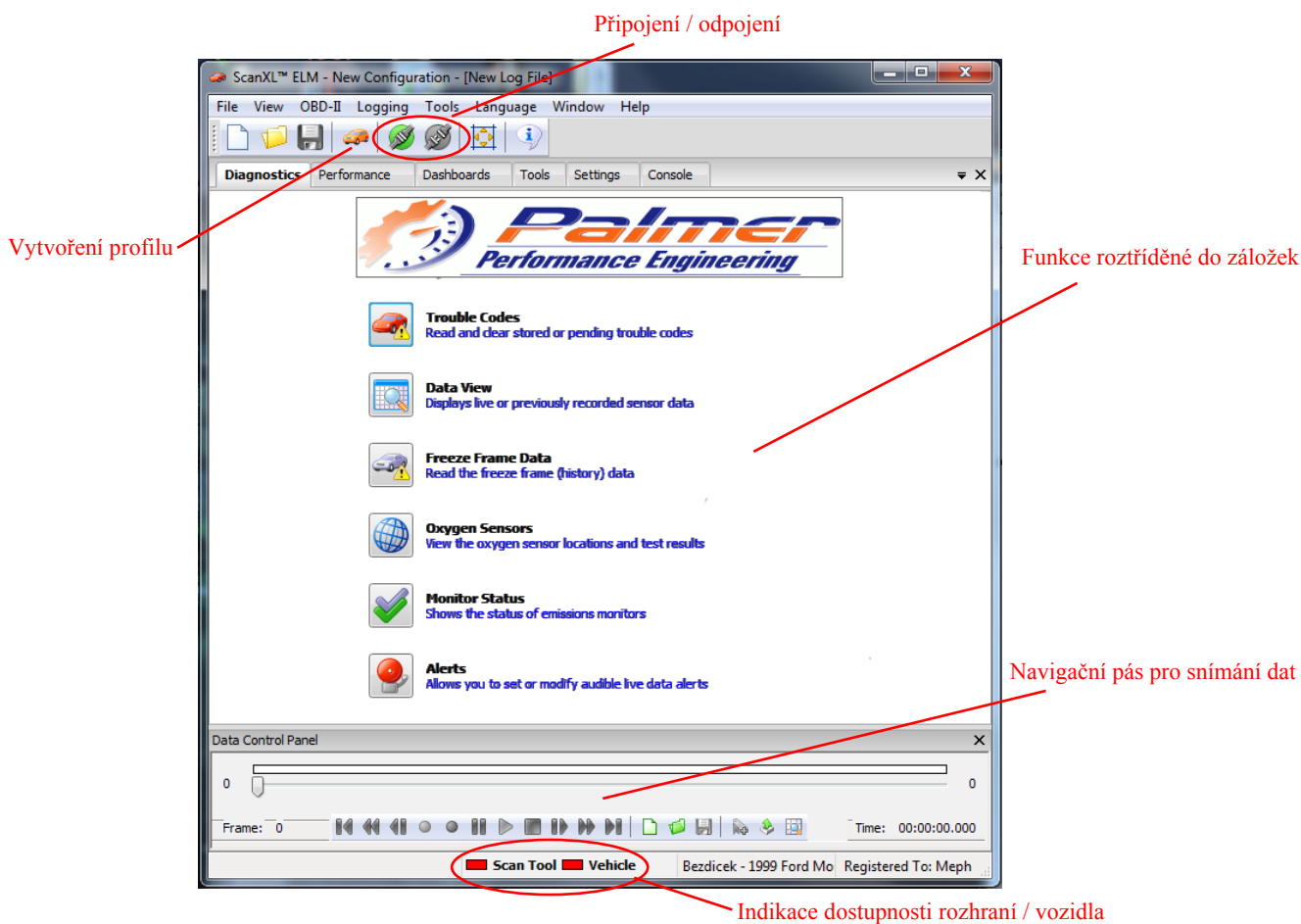
Pro operační systém Windows je nepřehledné množství diagnostických programů umožňujících komunikovat s vozidlem přes grafické rozhraní bez znalosti AT příkazů. Z volně dostupných programů je to například „wOBD“, který lze zdarma stáhnout z webu výrobce (www.obd2crazy.com). V současné době je to již 5 let od jeho poslední aktualizace, proto není zcela aktuální, ale pro základní diagnostiku dostačuje. O mnoho lépe je na tom program firmy „Palmer Performance“ (www.palmerperformance.com) „PCMScan“, případně jeho placená verze „ScanXL ELM“. Z volně dostupných programů bych ještě zmínil starší program s funkcí omezenou pouze na základní úkoly, jako jsou sledování aktuálních hodnot čidel a vyčtení chybových kódů „Scantool.net 1.13“ zobrazený na obr. č. 5.2. Z komerčních programů dále pak například „OBDWiz“ (www.scantool.net). Pro systém Linux lze použít například program FreeDiag (www.freeddiag.sourceforge.net). Při tvorbě této práce bylo hlavní testování prováděno programem „ScanXL ELM“ potažmo „PCMScan“.



Obr. č. 5.2 Jednoduché rozhraní programu „ScanTool.net 1.13“

5.2.1 Diagnostika vozidla pomocí softwaru „ScanXL ELM“

Tato kapitola popisuje diagnostiku vozidla pomocí programu „ScanXL ELM“. Tento program je vyvíjen firmou Palmer Performance, ve zkušební verzi je zdarma a z testovaných programů se jevil jako nejlépe zpracovaný. Základní okno programu je zobrazeno a popsáno na obr. č. 5.3.



Obr. č. 5.3 Okno programu ScanXL

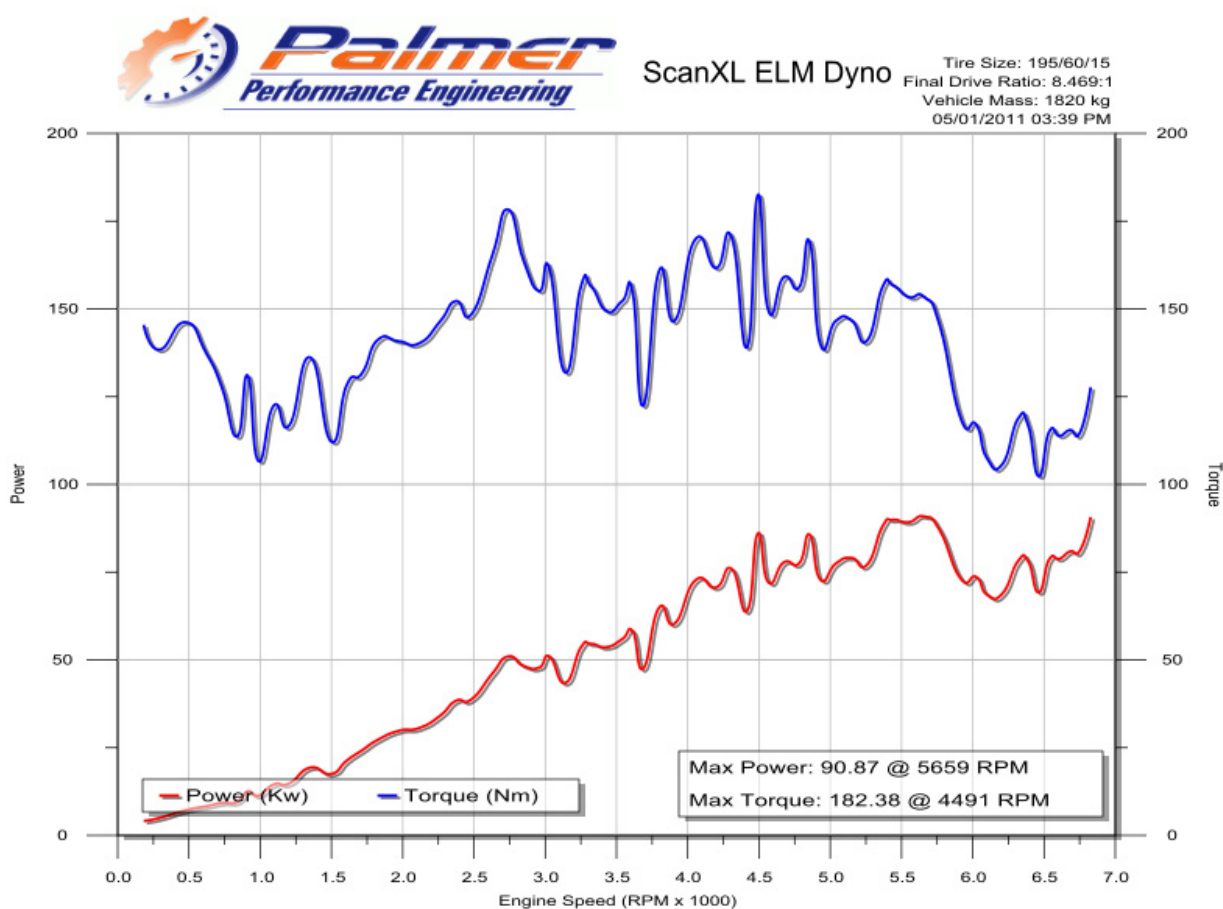
Po spuštění programu je nejprve nutné vytvořit profil auta. Při vyváření profilu není nutné znát jakékoliv informace o autě, zadané hodnoty jsou pouze informativní. Po vytvoření profilu a připojení komunikačního rozhraní se kliknutím na příslušné tlačítko můžeme připojit k vozidlu. Program automaticky nastaví komunikační port, na kterém poté provede vyhledání protokolu používaným konkrétním vozidlem. Po navázání spojení s čipem ELM327 program postupně zasílá příkazy pro zvyšování komunikační rychlosti až k nalezení maxima. Při testech byla obvykle nastavována rychlost 115 200 baudů. Nyní již máme ustanovené spojení a můžeme libovolně komunikovat s vozidlem. Záložka Diagnostics nám umožňuje například vyčistit chybové kódy z řídicí jednotky vozidla, zobrazit jejich detaily a následně s nimi provádět operace jako je například jejich vymazání z paměti. Z dalších funkcí tato záložka nabízí monitorování emisí, stav lambda sondy nebo zobrazení hodnot monitorovaných čidel. Systém monitoruje pouze vybraná čidla. Konfigurace čidel je prováděna v záložce Settings pod volbou PID Config. Program podporuje celkem 289 čidel, přičemž testované vozidlo z nich podporovalo pouze 48.

Rychlost komunikace s vozidlem nedosahuje takových hodnot, aby bylo možné přenášet hodnoty všech čidel v reálném čase. Proto jsou jednotlivá čidla doplněna o nastavení priority. Například teplota chladicí kapaliny se nemění skokově, proto je vhodné ji nastavit nejnižší prioritu.

Můžeme zde i nastavovat zobrazování výstrah při překročení určité hodnoty či dosažení určitého stavu konkrétního čidla.

Záložka Performance obsahuje nástroje pro měření výkonu vozidla. Jedním z nich je nástroj Drag Strip, který po spuštění zobrazí závodní semafor, který odstartuje měření vzdálenosti ¼ míle. Z naměřených hodnot je pak vypočítána doba, za kterou tuto vzdálenost vozidlo ujelo i maximální a průměrná rychlost.

Dalším nástrojem je nástroj pro měření výkonnostní křivky. Po zadání údajů nutných k výpočtu, jako jsou rozměry použitých pneumatik a hmotnost je nutné provést tzv. Final Drive Ratio, což je vlastně určení převodového poměru. Tento výpočet se provede automaticky, kdy vozidlo musí jet konstantní rychlostí 50 – 60 km/h s zařazeným rychlostním stupněm, při kterém bude později měření prováděno. Po zadání a výpočtu všech potřebných hodnot je samotné měření prováděno tak, že vozidlo stojí na místě, spustí se měření a bez řazení (stále je zařazena rychlost použita při měření Final Drive Ratio) se vozidlo co nejrychleji rozjede až do omezovače otáček. Po skončení testu je výsledkem graf podobný tomu na obr. č. 5.4.



Obr. č. 5.4 Změřená výkonnostní křivka

Graf uvedený na obr. č. 5.4 zobrazuje změřený průběh výkonu a točivého momentu na vozidle Ford Mondeo 1.8 MkII. Toto vozidlo má výrobcem udávaný maximální výkon 85 kW při 5750 ot/min a kroučící moment 160 Nm při 4400 ot/min. Měřením jsme došli k výkonu 90,87 kW při 5659 ot/min a kroučicímu momentu 182,38 Nm při 4491 ot/min. I když se změřené hodnoty od hodnot daných výrobcem příliš neliší, je třeba brát toto měření s rezervou, protože díky nemožnosti přesného určení hmotnosti vozidla byl výpočet prováděn pouze s odhadovanou hmotností danou výrobcem

vozidla. Pro přesnější změření výkonnostní křivky vozidla je nutné použít motorovou brzdu, která je k tomuto měření přímo určena.

Funkce jako jsou zobrazení stavu budíků na palubní desce, zobrazování hodnot v tabulkách, nebo vynášení naměřených hodnot do grafu jsou v tomto programu samozřejmostí, viz obr. č. 5.5.



Obr. č. 5.5 Zobrazení hodnot čidel v grafickém rozhraní programu ScanXL

6 Závěr

Cílem práce bylo navrhnout rozhraní s obvodem ELM327 pro bezdrátovou diagnostiku vozidla přes rozhraní Bluetooth. Tento návrh je popsán v kapitole 4, která se podrobně zaměřuje na všechny části obvodu. Návrh je zaměřen na možnost komunikace přes všechny rozhraní OBDII podporované protokoly. Naopak při návrhu nebyl kladen důraz na režimy snížené spotřeby, protože díky napájení zařízení automobilovým alternátorem potažmo akumulátorem s vysokou kapacitou nejsou tyto režimy vyžadovány. Při návrhu se vyskytl problém při použití tranzistorů Q1 až Q7 s příliš vysokou parazitní kapacitou, která ovlivňovala průběh signálu do takové míry, že nebylo možné navázat spojení s vozidlem. Nahrazením zmíněných tranzistorů jinými typy byl problém vyřešen. Dalším měřením bylo zjištěno, že použitý 100 mA stabilizátor U3 78L05 je nedostačující a bylo nutné jej nahradit za 1 A stabilizátor 7805.

Zařízení bylo prakticky realizováno a otestováno s dostupnými diagnostickými programy na PC. Výsledná podoba zařízení je zobrazena v příloze č. 1. I přes důkladné měření a testování zařízení je možné, že v některých výjimečných situacích se nepodaří navázat spojení s vozidlem. Tento fakt je způsoben možnou rozdílností jednotlivých palubních sítí automobilů. U těchto sítí se mohou projevit nežádoucí vlastnosti, jako jsou například odchýlení napěťových úrovní, parazitní kapacita, či parazitní odpor. Pro eliminaci tohoto problému by bylo nutné provést testování na mnohem více vozidlech.

Popis testování a zpracování dat je uveden v kapitole 5. Pro testování zařízení byl použit benzínový automobil Ford Mondeo z roku 1999 využívající protokol J1850 PWM. Druhým testovaným vozidlem byla Škoda Fábia z roku 2001 využívající protokol ISO 9141-2. U tohoto vozidla byla z registru závad vyčtena chyba P0130. Tato chyba signalizuje špatnou lambda sondu a byla potvrzena a opravena ve značkovém servise Škoda.

Další vývoj tohoto zařízení by se ubíral směrem k vytvoření kvalitního diagnostického programu pro PC, případně i pro PDA zařízení s operačním systémem Windows Phone 7 či jiném a k doplnění zařízení o podporu režimu snížené spotřeby.

Literatura

- [1] VLK, František. *Diagnostika motorových vozidel*. Brno : Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006. 444 s. ISBN 80-239-7064-X.
- [2] ConnectBlue AB. *Product Brief OEMSPA312/332*. Malmö : ConnectBlue AB, 2006. 2 s. Dostupné na Internetu: <<http://www.connectblue.com/products/bluetooth-products/bluetooth-modules/bluetooth-module-oemspa312332/>>.
- [3] PROBST, Charles. *Bosch Fuel Injection and Engine Management*. místo vydání neznámé : Robert Bentley Publishers, 1991. 224 s, ISBN 0-8376-0300-5.
- [4] CARB. *Air Resource Board* [online]. 2011 [cit. 22. 4. 2011]. Dostupné na Internetu: <www.arb.ca.gov>.
- [5] HOŠEK, Jiří. Přehled moderních bezdrátových digitálních komunikačních systémů. *Elektrorevue*. 17. 2. 2010, 2010, 8, s. 1-17. ISSN 1213-1539.
- [6] ČEPIČKA, David. Základy technologie Bluetooth: původ a rozsah funkcí. *PC World* [online]. 10. 2. 2009 [cit. 22. 4. 2011]. Dostupné na Internetu: <<http://pcworld.cz/hardware/Zaklady-technologie-Bluetooth-puvod-a-rozsah-funkci-6635>>.
- [7] HÁJEK, Jan. Standard Bluetooth: vývoj, princip a možnosti využití. *Automatizace*. duben 2005, 48, 4, s. 264. ISSN 0005-125X.
- [8] Bluetooth SIG. Specification: Adopted Documents. *The Official Bluetooth SIG Members Website* [online]. 2011 [cit. 22. 4. 2011]. Dostupné na Internetu: <<https://www.bluetooth.org/Technical/Specifications/adopted.htm>>.
- [9] Bluetooth SIG. The Official Bluetooth® Technology Web Site. *The Official Bluetooth® Technology Web Site* [online]. 2011 [cit. 22. 4. 2011]. Dostupné na Internetu: <www.bluetooth.com>.
- [10] Spezial Electronic. Reset nastavení sériové linky Bluetooth modulu. *Spezial Electronic* [online]. 2011 [cit. 22. 4. 2011]. Dostupné na Internetu: <<http://www.spezial.cz/apps/reset-nastaveni-seriove-linky-rs232-bluetooth-modulu-uvedeni-do-default-stavu.html>>.
- [11] ConnectBlue AB. *Bluetooth Serial Port Adapter AT Commands*. Malmö : ConnectBlue AB, 2010. 50 s. Dostupné na Internetu: <<http://www.connectblue.com/products/bluetooth-products/bluetooth-modules/bluetooth-module-oemspa312332/>>.
- [12] ConnectBlue AB. *OEM Serial Port Adapter cB-0902, Electrical and Mechanical Datasheet*. Malmö : ConnectBlue AB, 2007. 58 s. Dostupné na Internetu: <<http://www.connectblue.com/products/bluetooth-products/bluetooth-modules/bluetooth-module-oemspa312332/>>.
- [13] STRANGIO, Christopher. The RS232 Standard. *CAMI Research Inc.* [online]. 2006 [cit. 22. 4. 2011]. Dostupné na Internetu: <http://www.camiresearch.com/Data_Com_Basics/RS232_standard.html>.
- [14] SAE J1962. *Diagnostic Connector Equivalent to ISO/DIS*. USA : SAE International, 2001. 211 s.
- [15] Elm Electronics. *ELM327 data sheet*. místo vydání neznámé : Elm Electronics, 2010. 76 s. Dostupné na Internetu: <<http://www.elmelectronics.com/obdic.html#ELM327>>

Seznam použitých zkratk

OBD – On Board Diagnostics (palubní diagnostika)

BT – Bluetooth

SPA – Serial Port Adapter

Seznam příloh

Příloha 1. Výsledné zařízení

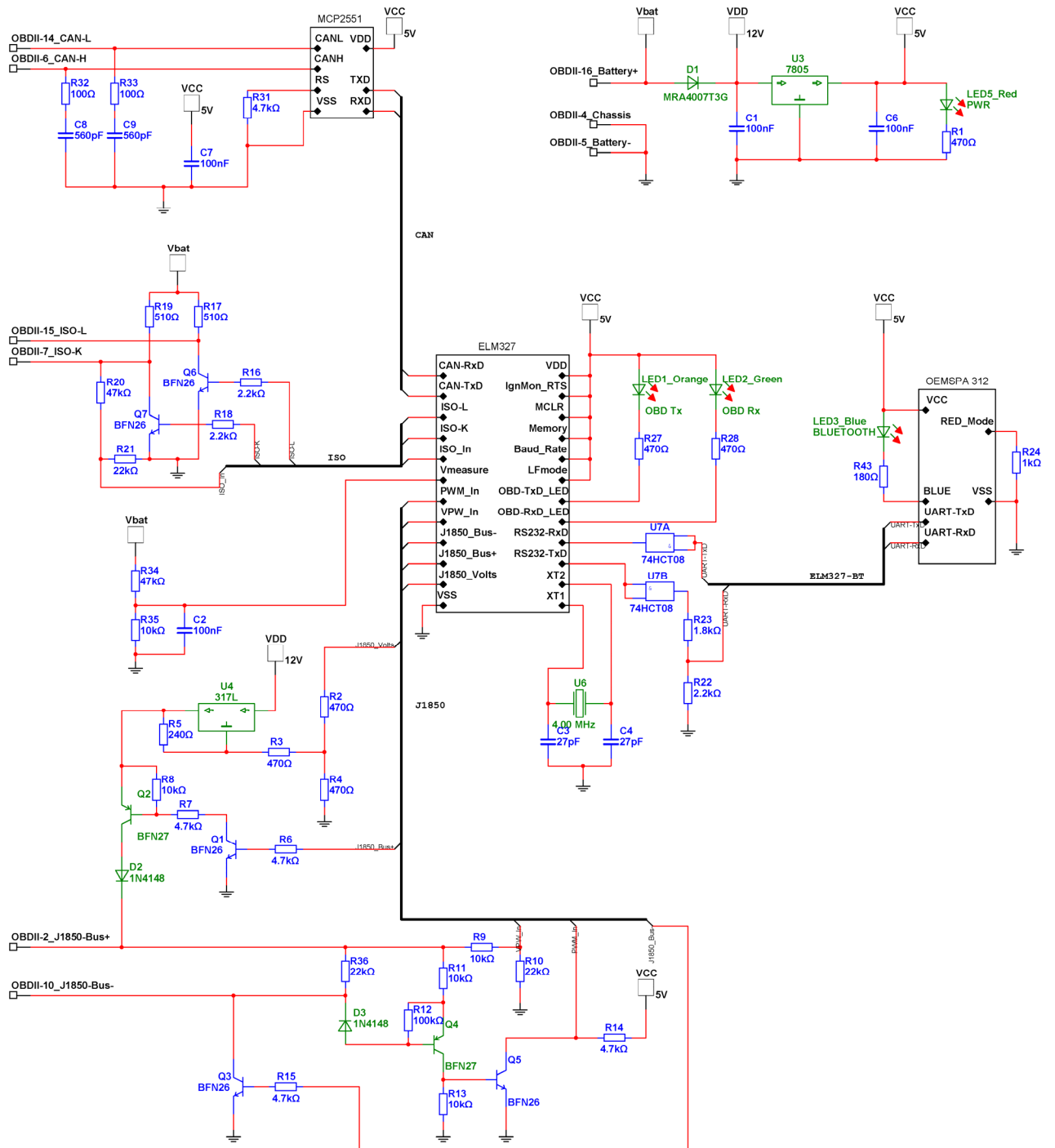
Příloha 2. Elektrotechnické schéma zapojení

Příloha 3. Seznam AT příkazů pro komunikaci s čipem ELM327

Příloha 1. Výsledné zařízení



Příloha 2. Elektrotechnické schéma zapojení



Version in which the command first appeared...

version	Command	Description	Group
1.0	@1	display the device description	General
1.3	@2	display the device identifier	General
1.3	@3 cccccccccc	store the device identifier	General
1.0	<CR>	repeat the last command	General
1.0	AL	Allow Long (>7 byte) messages	OBD
1.2	AR	Automatic Receive	OBD
1.2	AT0	Adaptive Timing Off	OBD
1.2	AT1	Adaptive Timing Auto1	OBD
1.2	AT2	Adaptive Timing Auto2	OBD
1.0	BD	perform a Buffer Dump	OBD
1.0	BI	Bypass the Initialization sequence	OBD
1.2	BRD hh	try Baud rate Divisor hh	General
1.2	BRT hh	set Baud Rate handshake Timeout	General
1.0	CAF0	CAN Automatic Formatting Off	CAN
1.0	CAF1	CAN Automatic Formatting On	CAN
1.4	CEA	turn off CAN Extended Addressing	CAN
1.4	CEA hh	use CAN Extended Address hh	CAN
1.0	CF hh hh hh hh	set the ID Filter to hhhhhhhh	CAN
1.0	CF hhh	set the ID Filter to hhh	CAN
1.0	CFC0	CAN Flow Control Off	CAN
1.0	CFC1	CAN Flow Control On	CAN
1.0	CM hh hh hh hh	set the ID Mask to hhhhhhhh	CAN
1.0	CM hhh	set the ID Mask to hhh	CAN
1.0	CP hh	set CAN Priority (only for 29 bit)	CAN
1.4b	CRA	reset CAN Receive Address filters	CAN
1.3	CRA hhh	set CAN Receive Address to hhh	CAN
1.3	CRA hhhhhhhh	set CAN Receive Address to hhhhhhhh	CAN
1.0	CS	show the CAN Status	CAN
1.4b	CSM0	CAN Silent Mode Off	CAN
1.4b	CSM1	CAN Silent Mode On	CAN
1.0	CV dddd	Calibrate the Voltage to dd.dd volts	Volts
1.4	CV 0000	Restore CV value to factory setting	Volts
1.0	D	set all to Defaults	General
1.3	D0	display of the DLC Off	CAN
1.3	D1	display of the DLC On	CAN

Version in which the command first appeared...

version	Command	Description	Group
1.2	DM1	(J1939) Monitor for DM1 messages	J1939
1.0	DP	Describe the current Protocol	OBD
1.0	DPN	Describe the Protocol by Number	OBD
1.0	E0	Echo Off	General
1.0	E1	Echo On	General
1.1	FC SD [1-5 bytes]	Flow Control Set Data to [...]	CAN
1.1	FC SH hh hh hh hh	Flow Control Set the Header to hhhhhhhh	CAN
1.1	FC SH hhh	Flow Control Set the Header to hhh	CAN
1.1	FC SM h	Flow Control Set the Mode to h	CAN
1.3a	FE	Forget Events	General
1.4	FI	perform a Fast Initiation	ISO
1.0	H0	Headers Off	OBD
1.0	H1	Headers On	OBD
1.0	I	Print the ID	General
1.0	IB 10	set the ISO Baud rate to 10400	ISO
1.4	IB 48	set the ISO Baud rate to 4800	ISO
1.0	IB 96	set the ISO Baud rate to 9600	ISO
1.2	IFR H	IFR value from Header	J1850
1.2	IFR S	IFR value from Source	J1850
1.2	IFR0	IFRs Off	J1850
1.2	IFR1	IFRs Auto	J1850
1.2	IFR2	IFRs On	J1850
1.4	IGN	read the IgnMon input level	Other
1.2	IIA hh	set the ISO (slow) Init Address to hh	ISO
1.3	JE	use J1939 Elm data format	J1939
1.4b	JHF0	J1939 Header Formatting Off	J1939
1.4b	JHF1	J1939 Header Formatting On	J1939
1.3	JS	use J1939 SAE data format	J1939
1.4b	JTM1	set the J1939 Timer Multiplier to 1x	J1939
1.4b	JTM5	set the J1939 Timer Multiplier to 5x	J1939
1.3	KW	display the Key Words	ISO
1.2	KW0	Key Word checking Off	ISO
1.2	KW1	Key Word checking On	ISO
1.0	L0	Linefeeds Off	General
1.0	L1	Linefeeds On	General

Version in which the command first appeared...

version	Command	Description	Group
1.4	LP	go to Low Power mode	General
1.0	M0	Memory Off	General
1.0	M1	Memory On	General
1.0	MA	Monitor All	OBD
1.2	MP hhhh	(J1939) Monitor for PGN hhhh	J1939
1.4b	MP hhhh n	(J1939) Monitor for PGN hhhh, get n messages	J1939
1.3	MP hhhhhh	(J1939) Monitor for PGN hhhhhh	J1939
1.4b	MP hhhhhh n	(J1939) Monitor for PGN hhhhhh, get n messages	J1939
1.0	MR hh	Monitor for Receiver = hh	OBD
1.0	MT hh	Monitor for Transmitter = hh	OBD
1.0	NL	Normal Length (7 byte) messages	OBD
1.4	PB xx yy	set Protocol B options and baud rate	CAN
1.0	PC	Protocol Close	OBD
1.1	PP FF OFF	all Prog Parameters Off	PPs
1.1	PP FF ON	all Prog Parameters On	PPs
1.1	PP xx OFF	disable Prog Parameter xx	PPs
1.1	PP xx ON	enable Prog Parameter xx	PPs
1.1	PP xx SV yy	for PP xx, Set the Value to yy	PPs
1.1	PPS	print a PP Summary	PPs
1.0	R0	Responses Off	OBD
1.0	R1	Responses On	OBD
1.3	RA hh	set the Receive Address to hh	OBD
1.4	RD	Read the stored Data	General
1.3	RTR	send an RTR message	CAN
1.0	RV	Read the Voltage	Volts
1.3	S0	printing of Spaces Off	OBD
1.3	S1	printing of Spaces On	OBD
1.4	SD hh	Store Data byte hh	General
1.0	SH xx yy zz	Set Header	OBD
1.0	SH yzz	Set Header	OBD
1.4	SI	perform a Slow Initiation	ISO
1.0	SP Ah	Set Protocol to Auto, h and save it	OBD
1.0	SP h	Set Protocol to h and save it	OBD
1.3	SP 00	Set Protocol to Auto and save it	OBD
1.2	SR hh	Set the Receive address to hh	OBD

Version in which the command first appeared...

version	Command	Description	Group
1.4	SS	set Standard Search order (J1978)	OBD
1.0	ST hh	Set Timeout to hh x 4 msec	OBD
1.0	SW hh	Set Wakeup interval to hh x 20 msec	ISO
1.4	TA hh	set Tester Address to hh	OBD
1.0	TP Ah	Try Protocol h with Auto search	OBD
1.0	TP h	Try Protocol h	OBD
1.3	V0	use of Variable DLC Off	CAN
1.3	V1	use of Variable DLC On	CAN
1.2	WM [1-6 bytes]	Set the Wakeup Message	ISO
1.0	WM xxyyzzaa	set the Wakeup Message to xxyyzzaa	ISO
1.0	WM xxyyzzaabb	set the Wakeup Message to xxyyzaabb	ISO
1.0	WM xxyyzaabbcc	set the Wakeup Message to xxyyzaabbcc	ISO
1.0	WS	Warm Start	General
1.0	Z	reset all	General