VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

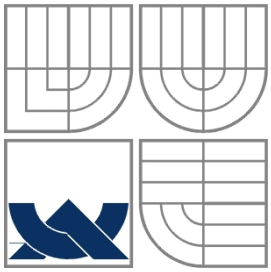
FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

NÁVRH A REALIZACE BEZDRÁTOVÉHO INTERFACE OBDII-XBEE

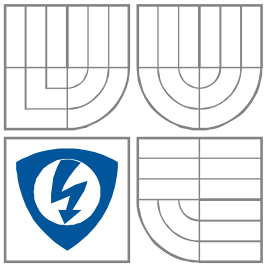
DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE Bc. MARTIN ZATLOUKAL
AUTHOR

BRNO, 2010



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

NÁVRH A REALIZACE BEZDRÁTOVÉHO INTERFACE OBDII-XBee

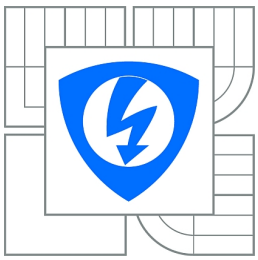
DESIGN AND REALIZATION OF WIRELESS INTERFACE OBDII-XBee

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE — Bc. Martin Zatloukal
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — Ing. Jan Prokopec, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO, 2010



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav radioelektroniky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Elektronika a sdělovací technika

Student:	Bc. Martin Zatloukal	***ID:***	77758
Ročník:	2	***Akademický rok:***	2009/2010

NÁZEV TÉMATU:

Návrh a realizace bezdrátového interface ODBII-XBee

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Prostudujte možnosti realizace bezdrátového interface ODBII-XBee s obvodem ELM327 jako bezdrátový interface pro diagnostiku vozidla. Přijímač bude mít stejnou hardwarovou realizaci.

Navrhněte přijímač, který bude obsahovat buď LCD display nebo rozšiřte navržený přijímač o vhodný typ komunikačního rozhraní a vytvořte řídící software pro zobrazení diagnostických informací z vozidla na PC.

Realizujte navržený hardware, případně software. Dbejte zásad konstrukce přenosných zařízení. Vytvořte podrobnou dokumentaci.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] ZigBee Alliance. Dostupné na WWW: http://www.zigbee.org/en/index.asp

[2] PRASAD, R., DENEIRE, L. From WPAN's to Personal Networks: Technologies and Applications. Boston: Artech House, 2006. ISBN: 1-58053-826-6

Termín zadání:	8.2.2010	***Termín odevzdání:***	21.5.2010

Vedoucí práce: Ing. Jan Prokopec, Ph.D.

prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida
Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

LICENČNÍ SMLOUVA
POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Bc. Martin Zatloukal
Bytem: Bzenecká 8, Brno, 628 00
Narozen/a (datum a místo): 18.září 1985 v Boskovicích

(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

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

Čl. 1

Specifikace školního díla

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

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

   Název VŠKP: Návrh a realizace bezdrátového interface OBDII-XBee
   Vedoucí/ školitel VŠKP: Ing. Jan Prokopec, Ph.D..
   Ústav: Ústav radioelektroniky
   Datum obhajoby VŠKP: _____

   VŠKP odevzdal autor nabyvateli*:

   ☒ v tištěné formě – počet exemplářů: 2
   ☒ v elektronické formě – počet exemplářů: 2

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.

3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.

4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

* hodící se zaškrtněte

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizovaní výpisů, opisů a rozmnoženin.

2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.

3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti

   ☒ ihned po uzavření této smlouvy
   ☐ 1 rok po uzavření této smlouvy
   ☐ 3 roky po uzavření této smlouvy
   ☐ 5 let po uzavření této smlouvy
   ☐ 10 let po uzavření této smlouvy
   (z důvodu utajení v něm obsažených informací)

4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/ 1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.

2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.

3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísni a za nápadně nevýhodných podmínek.

4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne: 21. května 2010

…….. ……

Nabyvatel Autor

Abstrakt

Tato diplomová práce popisuje možnosti využití komunikačního protokolu ZigBee a integrovaného elektronického obvodu ELM 327 v realizaci univerzálního diagnostického zařízení pracujícího dle standardů OBDII, využitelného ke kontrole všech elektronických systémů automobilu. Dále se zabývá návrhem a realizací potřebných elektronických zařízení a modulů, sestavením řídicího software a pokusnými měřeními těchto zařízení v reálném provozu.

V první části práce jsou připomenuty základní vlastnosti a parametry OBDII. Následuje pojednání o možnostech využití OBDII a jsou nastíněny možné způsoby jeho realizace. Dále se práce věnuje rozboru vlastností systému ZigBee se zaměřením na obvody XBee a jejich využití pro datové přenosy. Pojednání pokračuje uvedením parametrů elektronických obvodů z produkce firmy ELM Electronics a nastíněním možností jejich využití dle zadání práce.

Druhá část práce pojednává o návrhu elektronických obvodů tohoto systému, sestavení schématu zapojení a podkladů pro výrobu DPS. Zahrnuta je rovněž fyzická realizace a její odladění při uvedení do provozu.

Závěr práce je věnován praktickým měřením na skutečných automobilech a zlepšení využitelnosti systému za přispění vhodných diagnostických programů zajišťujících automatickou komunikaci s použitými obvody.

Abstract

This master's thesis describes possibilities of usage of ZigBee communication protocol and integrated circuit ELM 327 in problem of realization universal diagnostic device, running by OBDII communication standards, which can be used to monitor function of all car´s electronic systems. Thesis also deals with design and realization of necessary electro technical devices and modules followed by compilation of control software and experimental measurements of these devices in real traffic flow.

In the first part of project, there are reminded some basic features and parameters of OBDII, followed by description of ways how to use OBDII and adumbrating how to realize universal diagnostic system. The analysis of ZigBee system focused on XBee circuits follows. Construction, ways of data transfer and possibilities of controlling are described. Integrated circuits produced by ELM Electronics Company are introduced and possibilities of usage ELM 327 are described as requested by main task.

Second part talks about designing of electronic circuits of this system, assembling schematic diagram and designing sources for production of PCB. Physical realization of these circuits and its first start is also included.

Thesis finishes by dealing with practical experiences and measurements using real vehicles. This part talks also about means to improve system by several software solutions to reach more effective functioning of created device.

Klíčová slova

OBDII, ZigBee, XBee, MaxStream, ELM 327, ELM Electronics, PIC18F248, XPort, Lantronix, diagnostické zařízení, AT mód, API mód, transparentní mód, paket, datový tok, Terminal, rámec, vysílání, komunikace, CAN, pulzně šířková modulace, pulzně šířková modulace s proměnnou šířkou pulzu.

Keywords

OBDII, ZigBee, XBee, MaxStream, ELM 327, ELM Electronics, PIC18F248, XPort, Lantronix, diagnostic system, AT mode, API mode, Transparent mode, packet, data flow, Terminal, frame, broadcasting, communication, CAN, Pulse Width Modulation, Variable Pulse Width Modulation.

ZATLOUKAL, M. *Návrh a realizace bezdrátového interface OBDII-XBee*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav radioelektroniky, 2010. 54 s. Diplomová práce. Vedoucí práce: ing. Jan Prokopec, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma Návrh a realizace bezdrátového interface OBDII-XBee jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího semestrálního projektu a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 21. května 2010 .....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Janu Prokopcovi, Ph.D. a vedoucímu projektu Car2X z oddělení Zvláštní projekty elektrostrategie a výzkumu ve Škoda Auto, Michalu Slavíkovi, za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne 21. května 2010 .....
podpis autora

Obsah:

SEZNAM OBRÁZKŮ **2**
SEZNAM TABULEK **4**
ÚVOD **5**
1. VÝCHOZÍ POZNATKY **5**
1.1. Úvod do OBDII 5
1.2. Přínos OBDII 6
1.3. OBDII Specifikace 6
1.4. Shrnutí poznatků OBDII 8
1.5. ZigBee 8
1.6. Funkce ZigBee zařízení 8
1.7. ZigBee - důležité vlastnosti 8
1.8. XBee 11
1.9. Nastavení čipu XBee 12
1.9.1. AT mód 12
1.9.2. API mód 13
1.9.3. Transparentní mód 13
1.9.4. Paketování 13
1.9.5. Datový tok 13
1.10. Nastavení XBee v X-CTU 14
1.11. Shrnutí poznatků XBee 17
1.12. ELM 327 17
1.13. Shrnutí poznatků ELM 327 20
2. REALIZACE SYSTÉMU **21**
2.1. Blokové schéma 21
2.2. Transmitter 22
2.3. Receiver 24
2.4. Zapojení systému 27
2.5. Diagnostika automobilu 29
3. VÝBĚR SW **32**
3.1. OBDPros Scantool 32
3.2. OBD-DIAG 33
3.3. Car Diagnostic Center 2009 34
3.4. OBD 2007 34
3.5. PCMSCAN 35
3.6. ScanMaster-ELM 37
4. ZÁVĚR **38**
Literatura **41**
Seznam symbolů a zkratek **42**
Seznam příloh **44**

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1: Rozmístění a specifikace pinů na OBDII / diagnostickém konektoru. (převzato z [7]) 7
Obr. 1.2: Realizace OBD-II konektoru v automobilu (vlevo) a diagnostický přístroj VAS5052 (vpravo) (převzato z [8]) 7
Obr. 1.3: Systémy pro přenos dat. (převzato z [2]) 9
Obr. 1.4: Topologické modely sítí. (převzato z [2]) 10
Obr. 1.5: Struktura rámce. (převzato z [2]) 10
Obr. 1.6: Komunikace dvou zařízení v režimu beacon-enabled. (převzato z [2]) 11
Obr. 1.7: Vývojové prostředí Xbee. (převzato z [3]) 11
Obr. 1.8: Syntaxe zasílání AT příkazů. (převzato z [3]) 12
Obr. 1.9: Příklad složení API rámce. (převzato z [3]) 13
Obr. 1.10: Blokové schéma datového toku. (převzato z [3]) 14
Obr. 1.11: Úvodní karta X-CTU, ověření typu modulu a firmware. (převzato z [1]) 14
Obr. 1.12: Nastavení parametrů čipu a možnosti X-CTU (převzato z [1]) 16
Obr. 1.13: Komunikace čipů pomocí PC 16
Obr. 1.14: Blokové schéma obvodu MCP2551 firmy Microchip (převzato z [12]) 21
Obr. 2.1: Blokové schéma navrhovaného komunikačního řetězce 21
Obr. 2.2 Blokové schéma vysílací části 22
Obr. 2.3: Schéma zapojení vysílací části 23
Obr. 2.4: DPS vysílací části 24
Obr. 2.5: Blokové schéma přijímací části 24
Obr. 2.6: Schéma zapojení přijímací části 25
Obr. 2.7: DPS přijímací části 26
Obr. 2.8: DPS přijímací části – šablona 1:1 27
Obr. 2.9: Záznam prvního zapojení přípravku; A - napájení 9VDC; 27
Obr. 2.10: Sestavení vysílací části 28
Obr. 2.11: Navázání spojení s ELM327 28
Obr. 2.12: Měření na voze Peugeot 306 Cabriolet 2.0 16V Platinum 29
Obr. 2.13: Kontrola teploty chladicí kapaliny a otáček motoru 30
Obr. 2.14: Měření na voze Renault Mégane Grandtour 1.6 16V Sportway 31
Obr. 2.15: Testované vozy Lincoln Town Car 32
Obr. 3.1: OBDPros Scantool 33
Obr. 3.2: OBD-DIAG 34

Obr. 3.3: Car Diagnostic Center 2009 34
Obr. 3.4: OBD 2007 - identifikace vozu a ukazatele aktuálního stavu 35
Obr. 3.5: PCMSCAN - připojení a práce s daty 37
Obr. 3.6: ScanMaster-ELM - připojení a měření vybraných veličin 38
Obr. 4.1: Výsledný produkt 40

SEZNAM TABULEK

Tab. 1.1: Specifikace signálů na jednotlivých pinech OBDII / diagnostického konektoru. (převzato z [9]) 7

Tab. 1.2: Zapojení pinů v diagnostické zásuvce podle komunikačního standardu. 8

Tab. 1.3: Parametry modulů XBee. (převzato z [3]) 12

Tab. 2.1: ELM 327 Set Protocol Commands 30

Tab. 2.2: SAE J1979 diagnostic test modes 31

ÚVOD

Tato práce pojednává, o návrhu bezdrátového rozhraní pro OBDII za použití technologie ZigBee, resp. XBee. V počáteční části budou objasněny klíčové pojmy jako OBDII, ZigBee, XBee, ELM 327 a dále specifikovány vlastnosti a možnosti těchto zařízení a standardů. Dále budou nastíněny možné způsoby jejich využití. Následuje rozbor využití XBee v OBDII a specifikace postupu při realizaci interface. Budou stanoveny základní principy funkce a požadavky na sestavení hardware. Součástí bude rovněž návrh zapojení celého systému včetně schématu a podkladů pro výrobu DPS. Systém bude fyzicky realizován a použit pro zachytávání diagnostických dat v automobilu. V závěrečné části práce budou zmíněny možnosti užití tohoto systému v praxi a jeho doplnění vhodným programovým vybavením.

1. VÝCHOZÍ POZNATKY

V úvodní kapitole dopodrobna specifikujeme vlastnosti jednotlivých klíčových součástí našeho systému jako je OBDII, ZigBee, XBee a ELM327 a stanovíme požadavky na jejich činnost v rámci výsledného celku. Na základě zde uvedených informací pak bude postupováno v průběhu celého řešení problematiky bezdrátového interface OBDII-XBee.

1.1. Úvod do OBDII

OBDII, nebo-li On-Board Diagnostic System II, je diagnostický systém používaný v současné době ve většině osobních a lehkých nákladních automobilů. Tento systém začal být vyvíjen v druhé polovině minulého století v USA, kdy automobiloví výrobci začínali používat pro kontrolu, řízení a diagnostikování poruch motoru automobilu elektrické signály. Později byly primitivní elektronické systémy zdokonaleny a představeny jako OBDII, standardizovaný komunikační protokol vhodný pro monitorování chování a funkce motorů, později také všech automobilových elektronických součástí.

Vývoj OBD začal již v 70. letech minulého století. Prvořadým cílem tehdy bylo začít řešit problémy se smogem v L.A. Ve městě přeplněném osobními automobily začala být situace, zapříčiněná provozem špatně spalujících motorů, již neúnosná a vyžadovala okamžité řešení v podobě systému, který by dokázal odhalit nesprávně fungující, porouchané a tím ovzduší znečišťující motory automobilů. Tento vývoj pak byl významně podpořen a urychlen legislativou státu Kalifornie (USA), která striktně vyžadovala systémy kontroly emisí na všech automobilech vyrobených od roku 1966. Od roku 1968 pak rozšířila federální vláda tento požadavek na celé území USA. V roce 1970 byla založena agentura EPA (Enviromental Protection Agency), jejímž úkolem je kontrolovat plnění emisních norem a stanovování požadavků na složení výfukových plynů pro výrobce automobilů. V této době však každý výrobce používal pro diagnostiku* svou vlastní technologii a kontrolní signály. Jednotná pravidla do této oblasti přinesla až SAE (Society of Automotive Engineers), která v roce 1988 standardizovala jednotný konektor a sadu diagnostických testovacích signálů. Tento systém byl pak nadále rozšiřován a vyvíjen pod dozorem SAE až do doby, než byl oficiálně uznán EPA a CARB (California Air Resources Board) a pod označením OBDII od 1.1.1996 implementován do všech vyráběných osobních automobilů. Od roku 1996 je tedy již každý americký automobil vybaven plně kompatibilním systémem charakteristickým diagnostickým

konektorem OBDII a je možno provádět kontrolu správné funkce motoru nejen v servisním středisku ale i například přímo na silnici při policejní kontrole a to za pomoci univerzálního čtecího zařízení. O několik let později získal tento systém oblibu také v evropských zemích a od roku 2000 je možné stejným univerzálním systémem diagnostikovat zážehové motory a od roku 2003 vznětové motory osobních automobilů vyrobených v Evropě. Od roku 2005 je tento diagnostický systém standardizován i u nákladních automobilů. Výroba podobného zařízení, avšak mnohem sofistikovanějšího, je cílem tohoto projektu.

* Zde je diagnostikou automobilu myšleno jednoduché sledování správného chodu motoru a složení výfukových plynů, na rozdíl od v současné době zažitého významu tohoto pojmu.

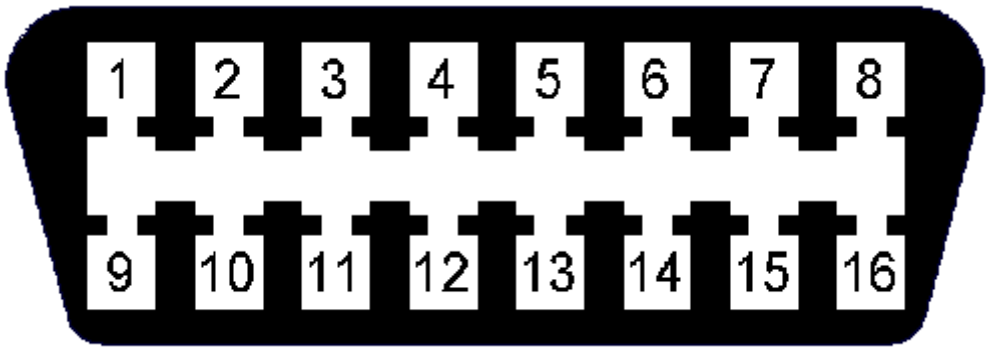
1.2. Přínos OBDII

Projekt OBDII byl od prvopočátku zaměřen na snížení škodlivých a nežádoucích látek ve výfukových plynech automobilů a na efektivnější využívání paliva za účelem snížení spotřeby a tím pádem zvýšení dojezdu automobilu. Vznikem takovéhoto systému, tedy systému kontrolujícího emise automobilu, bylo umožněno stanovení jasných pravidel pro výrobce a uživatele automobilů. Jednoduchým způsobem tak může být kontrolováno dodržování emisních limitů, které jsou výrobci povinni zajistit po celou dobu životnosti automobilu.

1.3. OBDII Specifikace

V současné době se na trhu objevují čtyři hlavní hardwarové mutace protokolu OBDII. Nejvýznamnější z nich, protokol založený na normě ISO 9141, využívají všichni evropští výrobci, většina asijských výrobců a Chrysler do roku 2004. General Motors (GM) využívá normu SAE J1850 VPW (Variable Pulse Width Modulation), Ford Motors Company se drží protokolu vycházejícího z normy SAE J1850 PWM (Pulse Width Modulation). Relativní novinkou v této skupině je pak rozhraní CAN (Controller Area Network) vycházející z normy ISO 15765 (od roku 2005 používaná verze ISO 15765-4). Právě rozhraní CAN je z pohledu současné diagnostiky automobilů nejzajímavější a jeho používání je velmi oblíbené, v automobilech evropské produkce od roku 2004, americké od roku 2008 dokonce povinné. Diagnostický konektor, jehož vlastnosti jsou specifikovány normou SAE 1962, která mimo jiné udává počet pinů 16 a umístění v interiéru automobilu maximálně 50 cm od volantu je zobrazen na obrázcích *Obr.1.1* a *Obr.1.2*. Diagnostický konektor musí být dle uvedené normy snadno přístupný. Z fyzické realizace konektoru, resp. jeho zapojených a nezapojených pinů, je pak již na první pohled patrné, do které skupiny systém náleží, neboli kterou z norem americká/evropská je definována fyzická komunikační vrstva použitého OBDII protokolu.

Z obrázku *Obr.1.1* a tabulky *Tab.1.1* je patrné, že například v evropské variantě fyzické vrstvy (dle evropské normy ISO 9141) budou v konektoru osazeny piny č. 7 a 15 a naopak chybět budou piny č. 2 nebo 10. Snadnější orientaci v tomto problému napomáhá tabulka *Tab.1.2*. Přestože existují čtyři různé protokoly elektrického zapojení, sada povelů je pevně dána normou SAE J1979. Tímto je tedy zaručena kompatibilita všech zařízení. OBDII signály pak mohou být pozorovány pomocí PC za použití vhodného software (např. AutoTap nebo VAG Com) nebo pomocí přídavného elektronického zařízení specializovaného pouze na čtení dat z OBDII. A právě na konstrukci takto popsaného systému, tedy zařízení specializovaného na vyhodnocování signálů z OBDII je zaměřena tato práce, viz *Obr.1.2*.



Obr. 1.1: Rozmístění a specifikace pinů na OBDII / diagnostickém konektoru. (převzato z [7])

Tab. 1.1: Specifikace signálů na jednotlivých pinech OBDII / diagnostického konektoru. (převzato z [9])

Pin 2	J1850 PWM Bus + nebo J1850 VPW Bus
Pin 4	kostra vozidla
Pin 5	komunikační kostra
Pin 6	CAN-Bus High (J2284)
Pin 7	komunikační linka K-line (ISO 9141-2)
Pin 10	J1850 PWM Bus -
Pin 14	CAN-Bus Low (J2284)
Pin 15	inicializační linka L-line nebo 2. K-line (ISO 9141-2)
Pin 16	palubní napětí +12V

Obr. 1.2: Realizace OBD-II konektoru v automobilu (vlevo) a diagnostický přístroj VAS5052 (vpravo) (převzato z [8])

Tab. 1.2: Zapojení pinů v diagnostické zásuvce podle komunikačního standardu. (převzato z [9])

ISO9141-2	4)kostra, 5)komunikační kostra, 7)K-Line, 15)L-Line/2.K-Line*, 16)+12V
ISO14230	4)kostra, 5)komunikační kostra, 7)K-Line, 15)2.K-Line*, 16)+12V
J1850 VPW	2)Bus, 4)kostra, 5)komunikační kostra, 16)+12V (pin 10 není zapojen)
J1850 PWM	2)Bus+, 4)kostra, 5)komunikační kostra, 10)Bus- 16)+12V
CAN BUS (J2284)	4)kostra, 5)komunikační kostra, 6)CAN-Bus High 16)+12V

1.4. Shrnutí poznatků OBDII

Tato kapitola objasnila klíčový pojem OBDII. Byla stručně zmíněna historie tohoto systému a to, jakým způsobem byl vyvíjen. Bylo ukázáno, že OBDII je rozsáhlejší systém, zastřešující více komunikačních standardů. Jsou to standardy SAE J1850 PWM, SAE J1850 VPW, ISO9141 a ISO15765 (CAN). V další práci tedy bude zapotřebí zabývat se každou z těchto norem zvlášť při vytváření funkčního systému diagnostiky. Každá norma pak bude v textu označována samostatně. V případě, budeme-li pojednávat o systému jako celku a/nebo o fyzické realizaci HW konektoru, bude používáno pojmu OBDII, případně OBDII konektor.

1.5. ZigBee

Máme již přehled o tom, podle jakých norem bude vyvíjené zařízení komunikovat s automobilem. V této kapitole se posuneme ještě o krok dále a popíšeme, jakým způsobem dojde k požadovanému bezdrátovému přenosu dat z čtečky OBDII zásuvky do vyhodnocovacího zařízení. Bude zde pojednáno jak o zvoleném bezdrátovém standardu, tak o možnosti realizace spojení.

Pojem XBee, uvedený v zadání, je obchodním názvem bezdrátových komunikačních zařízení, nebo lépe modulů či čipů produkovaných firmou MaxStream. Tyto čipy jsou schopny přenášet libovolná data sestavená do podoby sériových paketů za použití bezdrátového komunikačního protokolu známého pod označením 802.15.4 nebo také ZigBee. O vlastnostech a možnostech konkrétních typů obvodů z produkce fy. MaxStream bude pojednáno později.

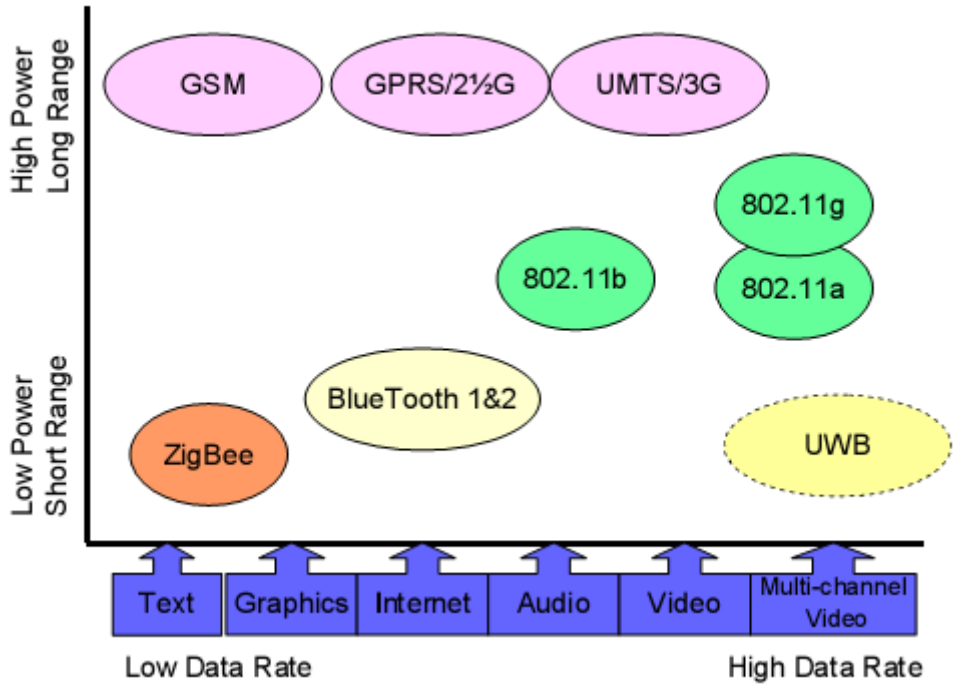
1.6. Funkce ZigBee zařízení

Přestože se tato zařízení objevila na světovém trhu poměrně nedávno, byla již o nich vypracována spousta materiálů, hodnocení a podrobných charakteristik. V tomto místě budou pouze stručně shrnuty nejdůležitější poznatky, a parametry, kterými se liší od podobných zařízení a možnosti využití se zaměřením na navrhovaný systém. Konkrétní specifikace a vlastnosti čipů XBee budou popsány v další kapitole.

1.7. ZigBee - důležité vlastnosti

Technologie ZigBee je založena na přenosu dat v bezlicenčním ISM (Industrial, Scientific and Medical) rádiovém pásmu, tedy v pásmu volně přístupném veřejnosti pro vysílání i příjem dat a to bez potřeby licence. Základní celoevropskou podmínkou možnosti vysílání v tomto pásmu je zajistit, aby vyzářený výkon nepřesáhl 100mW. V ISM pásmu pracuje mnoho komunikačních zařízení příbuzných se ZigBee, jako například WiFi nebo

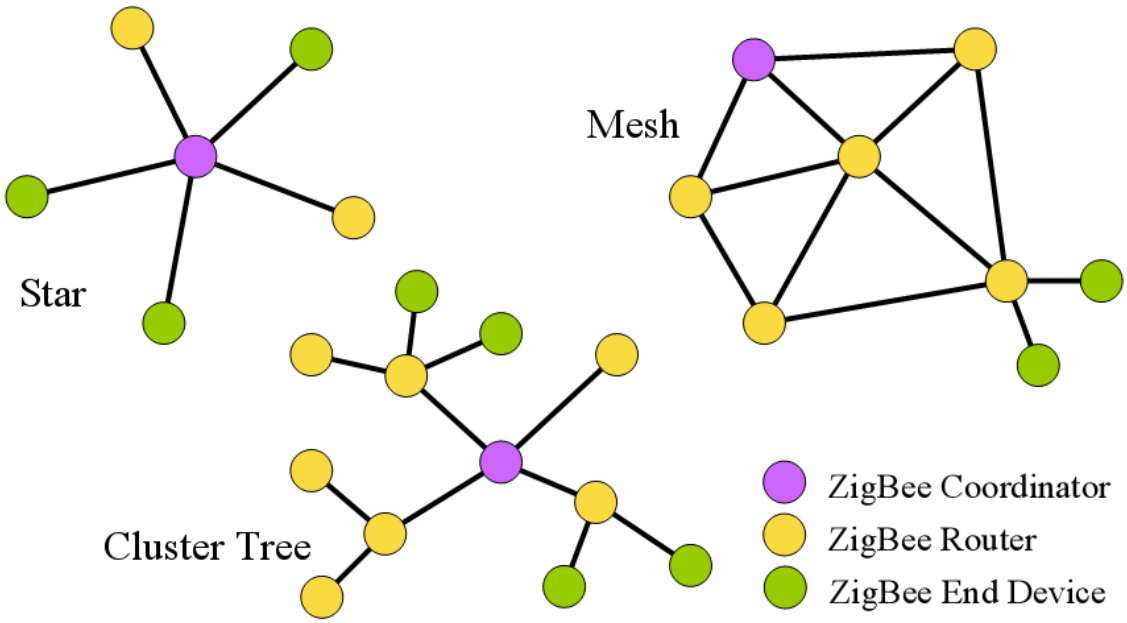
Bluetooth. Pro přehled o využití ISM pásma je uveden názorný graf na *Obr.1.3*. ZigBee pak dále předpokládá přenos dat poměrně nízkou rychlostí, jednoduchým zařízením s nízkým příkonem s malým dosahem. Tato technologie očekává uplatnění například v bateriově poháněných zařízeních nenáročných na přenosovou rychlost, což navrhovaná bezdrátová diagnostika bezpochyby splňuje.



Obr. 1.3: Systémy pro přenos dat. (převzato z [2])

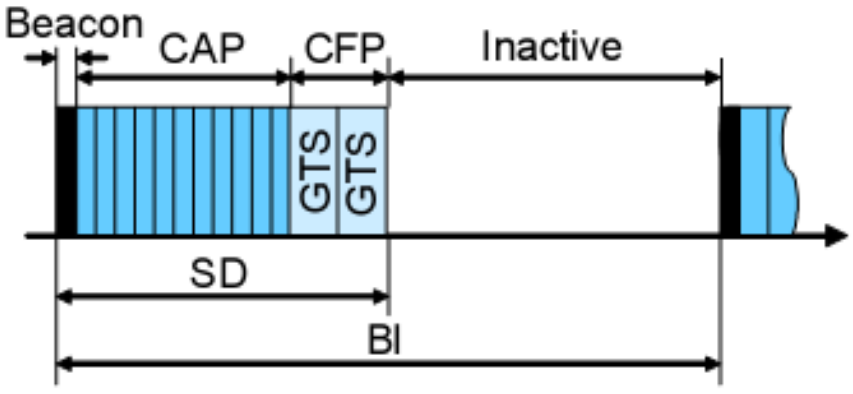
V porovnání s již dobře známým zařízením Bluetooth má ZigBee o poznání větší dosah, a to 10 – 75 m (bez přídavného zesilovače), ale nižší přenosovou rychlost. Maximální rychlosti 250kb/s dosahuje na kmitočtu 2,4GHz. Dále je možné zařízení použít v Evropě na kmitočtu 868MHz s přenosem 20kb/s, proti přenosové rychlosti Bluetooth (1Mb/s) to není moc, ale zařízení ZigBee vyniká velmi nízkou spotřebou energie. Navíc vypnuté zařízení ZigBee se dokáže aktivovat a přijmout data již za 15ms zatímco zařízení Bluetooth to trvá asi 3s. Další výhodou ZigBee je schopnost vytvářet různé typy sítí za účasti různých zařízení a to až s 254 členy oproti 8 u Bluetooth.

Z obrázku *Obr.1.4* je patrné že síť tvoří dva druhy zařízení. Jsou to plnohodnotná zařízení (FFD) a zařízení s omezenými funkcemi (RFD). Každá síť pak musí obsahovat minimálně jedno zařízení FFD, které se tak ujme role síťového koordinátora (PAN coordinator). Zařízení RFD jsou používána převážně v jednoduchých aplikacích bez zvláštních nároků na množství přenášených dat a kvůli své omezené funkci mohou komunikovat pouze se zařízeními FFD, zatímco FFD komunikují jak s RFD tak s FFD.

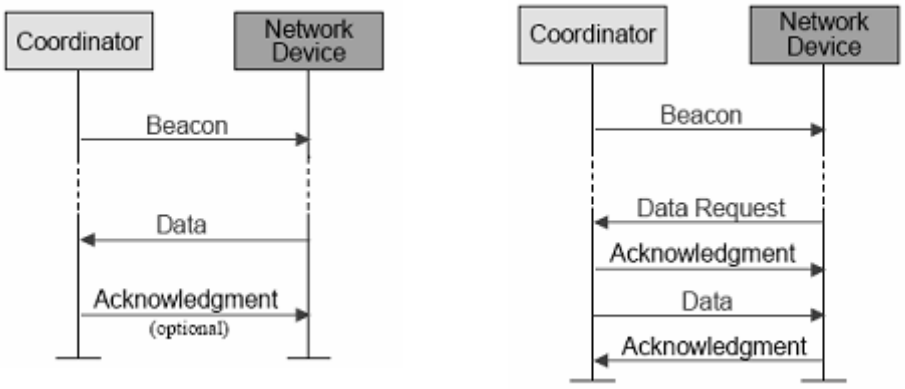


Obr. 1.4: Topologické modely sítí. (převzato z [2])

Zařízení komunikují většinou pomocí rámců (superframe structure). Ten má vždy 2 části a to aktivní a pasivní. Na počátku aktivní části zařízení vyšle pomocný signál, který slouží mimo jiné k synchronizaci obou zařízení, následuje CAP (contention access period) a dále CFP (contention free period) obsahující GTS (guaranteed time slots) pro odesílání dat. Tuto strukturu zachycuje obrázek *Obr.1.5*. V druhé části trvání rámce je zařízení v neaktivním stavu, tedy čeká na příjem dat, a v této chvíli může být zařízení uvedeno do režimu nízké spotřeby. Celá komunikace dvou zařízení pak může probíhat podle schématu na *Obr.1.6*.



Obr. 1.5: Struktura rámce. (převzato z [2])



Obr. 1.6: Komunikace dvou zařízení v režimu beacon-enabled. (převzato z [2])

1.8. XBee

Nyní se zaměříme na samotné hardwarové zařízení z produkce firmy MaxStream, jak je zadáním požadováno. Na trhu jsou uvedeny moduly nazvané X-Bee™ a X-BeePro™, jejichž parametry jsou specifikovány v tabulce *Tab. 1.3*. Tyto moduly jsou vyráběny v provedení s integrovanou nebo prutovou anténou nebo anténním konektorem a jsou použitelné v mnoha módech v závislosti na zvoleném firmware. Vybrat si tedy můžeme buď mód samotného standardu 802.15.4, jeho nadstavbu ZigBee nebo různé firemní vylepšení označené XBee. Zároveň jsou vyráběna vývojová zařízení pro tyto moduly v různých sestavách dle náročnosti uživatele a počtu obsažených modulů, např.:

- XBee Professional Developer Kit, viz *Obr.1.7*
- XBee-PRO Starter Kit
- XBee Starter Kit

Obr. 1.7: Vývojové prostředí Xbee. (převzato z [3])

Uvedené čipy je možno snadno naprogramovat na funkci dle konkrétních požadavků a to několika různými způsoby, v závislosti na tom, máme-li k dispozici PC, mikrokontrolér nebo předpokládáme samostatnou činnost čipu. O tomto problému pojednávají následující podkapitoly.

Tab. 1.3: Parametry modulů XBee. (převzato z [3])

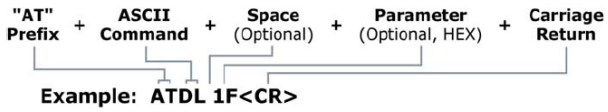
	XBEE™	XBEE-PRO™
Frekvence	ISM 2,4GHz	
Dosah – zástavba	do 30m*	do 100m*
Dosah - přímá viditelnost	do 100m*	do 1.6km*
Vysílaný výkon	1mW (0 dBm)	60mW (18dBm)** 100mW EIRP**
Přenosová rychlost RF	250kbps	
Přenos. metoda/modulace	DSSS/QPSK	
Citlivost	-92dBm	-100dBm
Napájecí napětí	2.8 – 3.4V	
Typický proud (při 3.3V)		
TX	45mA	215mA (při 18dBm)
RX	50mA	55mA
hibernate	<10uA (při 3.0V)	
sleep	<50uA (při 3.0V)	
pracovní režimy	pohotovostní, vysílací, přijímací a konfigurační	
režimy přenosu dat	transparentní a API mód	
podporované topologie sítí	point-to-point, point-to-multipoint, peer-to-peer, mesh	
počet přep. kanálů	16	12
počet uzlů	65535/ kanál	
rozměry	(2.438cm x 2.761cm)	(2.438cm x 3.294cm)
teplotní prac. rozsah	-40°C až 85°C	
typ antény	SMD, prutová, U.FL konektor	

1.9. Nastavení čipu XBee

Pro správnou funkci vysílače/přijímače je zapotřebí nejen vytvoření řídicího programu, ale i správné nastavení parametrů vysílacího obvodu. V tomto ohledu má čip XBee fy. MaxStream výhodu, neboť nabízí několik způsobů nastavení požadovaných parametrů a několik možností provozu (módů). Dle zvoleného módu pak dokáže pracovat v nejrůznějších situacích a funkcích, řízen jak pomocí procesoru, tak třeba i pomocí PC. Dále popíšeme jednotlivé módy a pokusíme se osvětlit základní rozdíly mezi nimi.

1.9.1. AT mód

Je nejvhodnější pro manuální ovládání zařízení připojeného přímo k PC pomocí klávesnice. Odtud je možno snadno zadávat příkazy dle souboru AT příkazů a okamžitě tak měnit nastavení a vlastnosti síťového uzlu. Syntaxe ovládání uzlu pomocí AT příkazů pak může probíhat například tak, jak je vidět na obrázku *Obr.1.8.*

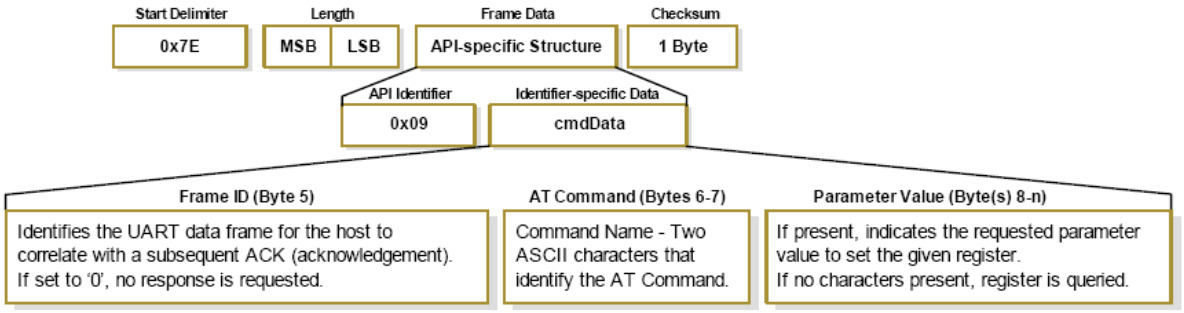


Obr. 1.8: Syntaxe zasílání AT příkazů. (převzato z [3])

Způsob řízení čipu pomocí AT příkazů je tedy přehledný a snadný, vylučuje však automatické ovládání. Naše zařízení je navrženo tak, aby bylo schopné samostatného chodu bez závislosti na okolí, proto tento mód nebudeme využívat.

1.9.2. API mód

API mód (Application Programming Interface) je vhodné využít, předpokládáme-li automatické řízení systému. V tomto módu využívá XBee speciálních rámců vysílaných řídicím členem. Tyto rámce jsou přiváděny na běžný datový vstup, místo užitečných dat však obsahují řídicí informace (mj. AT příkazy) jak ukazuje *Obr.1.9*. Nevýhoda tohoto módu je v náročnosti na procesor, resp. řídicí program, který je velmi složitý a nepřehledný. Toto řízení bude tedy vhodné spíše pro profesionální systémy a rozlehlé sítě.



Obr. 1.9: Příklad složení API rámce. (převzato z [3])

1.9.3. Transparentní mód

V transparentním módu je ovládání čipu z hlediska složitosti řídicího programu, nároků na procesor a přenos řídicích dat ze všech módů nejjednodušší. XBee zařízení v transparentním módu se navenek jeví jako náhražka sériové linky, tzn., že všechna data přijatá na vstup obvodu jsou paketována a rádiově vysílána. Výjimkou je stav, kdy na určitou dobu (možno nastavit) vstoupíme do AT módu zadáním příkazu „+++“. Zde je možno zadat AT příkaz pro okamžitou změnu některého parametru vysílače. Po uplynutí nastavené doby zařízení opět aktivuje transparentní mód. V tomto módu jsme oživili své zařízení, neboť v této aplikaci není zapotřebí za běhu měnit vlastnosti přenosové cesty. Čipy je možné jednou nastavit a v této konfiguraci neomezeně dlouho používat.

1.9.4. Paketování

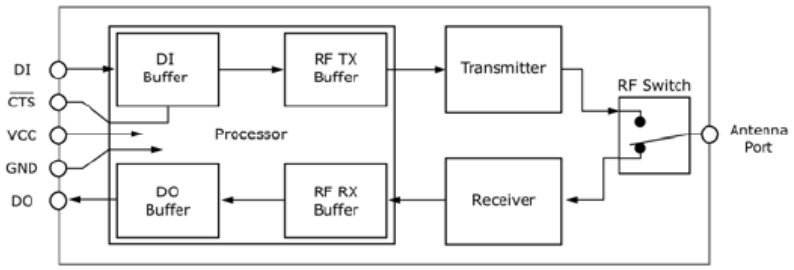
XBee v transparentním módu pracuje takovým způsobem, že všechna příchozí data jsou řazena ve vstupním bufferu, dokud není vyvoláno paketování. To může být způsobeno dosažením časového limitu, po který nepřibyla do vstupního bufferu žádná další data (parametr RO – možno nastavit), naplněním kapacity paketu nebo zadáním příkazové sekvence GT + CC + GT.

1.9.5. Datový tok

Jak ukazuje *Obr.1.10*, existuje model vysílání a přijímání dat, z něhož je patrná funkce vysílacího čipu. Sériová data jsou, shromažďována v DI (Data In) Bufferu. Přiblíží-li se jeho naplnění, aktivuje se signalizace na pinu CTS (Clear To Send Flow Control). Externí procesor tak pozná, že dochází prostor v paketu a přestane posílat data. Následuje paketování, řazení do fronty v RF TX Bufferu a rádiový přenos paketů, načež CTS signalizuje uvolnění DI Bufferu a schopnost přijímat data od externího procesoru.

Přijímací část čipu funguje obdobným způsobem. Data jsou po rádiovém přenosu a úspěšném přijetí shromažďována v RF RX Bufferu, a po dekódování uchovávána v DO (Data Out) Bufferu, odkud jsou externím procesorem vyčítána. Dojde-li ke zbrzdění vyčítání dat a tím k přetečení DO Bufferu, každá další přijatá data jsou ztracena. DO Buffer můžeme

hardwarově ovládat pomocí pinu RTS (Request To Send Flow Control), jehož nulovou úrovní můžeme pozastavit data v DO Bufferu.

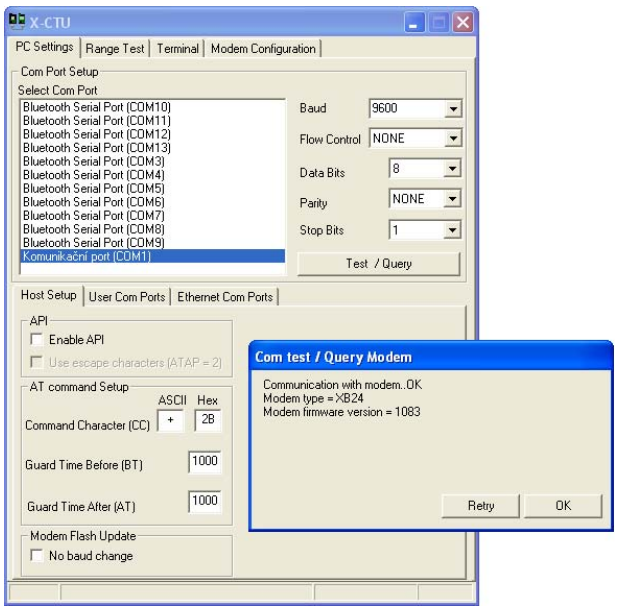


Obr. 1.10: Blokové schéma datového toku. (převzato z [3])

Přepínač v poslední části schématu slouží ke střídavému připojování vstupního a výstupního dílu ke společné přijímací / vysílací anténě.

1.10. Nastavení XBee v X-CTU

Abychom tedy nemuseli vytvářet složitý a jednoúčelový řídicí program, nastavíme parametry vysílacího XBee čipu pomocí PC a výrobcem nabízené vývojové desky. K tomu účelu můžeme využít software X-CTU dodávaný k XBee čipům firmou MaxStream. Tento program, jak je možno vidět na *Obr.1.11*, je velmi jednoduchý s intuitivním ovládáním, takže by neměl být problém se v nastavování vyznat a provést je správně a přesně dle požadovaných vlastností.



Obr. 1.11: Úvodní karta X-CTU, ověření typu modulu a firmware. (převzato z [1])

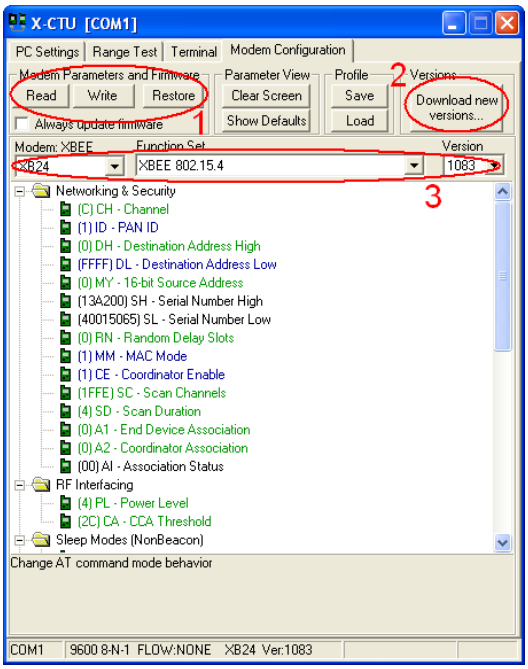
Po spuštění programu, kontroly spojení s čipem a přepnutí na kartu „Modem Configuration“ pak máme možnost nastavovat tyto parametry:

CH – Channel – nastavení používaného kanálu – nastavuji kanál C
ID – PAN ID – identifikační číslo sítě – rozsah 0-0xFFFF; nastavuji hodnotu 1
DH – Destination Adress High – horních 32 bitů 64bitové cílové adresy, nastavuji 0
DL – Destination Adress Low – spodních 32 bitů 64bitové cílové adresy, nastavuji 0xFFFF
(broadcast address for PAN) – nastavuji jen u zařízení typu Coordinator vzhledem k uvažované topologii sítě.
MY – 16bitová zdrojová adresa – možno i nepoužít – nastavuji 0
SH – Serial Number High – pouze čtení
SL – Serial Number Low – pouze čtení
RN – Random Delay Slots – nastavuji 0
MM – MAC Mode – umožňuje aktivovat MaxStream hlavičku v paketech nebo nastavit čistě 802.15.4 s nebo bez ACK – nastavuji 802.15.4 NO ACKS
CE – Coordinator Enable – mění coordinator / end device – nastavuji coordinator
PL – Power Level – nastavuji 4 - HIGHEST
SM – Sleep Mode – nastavuji 0 - NO SLEEP
BD – Interface Data Rate – nastavuji 5 - 38400 (důvodem je nastavení čipu ELM327)
RO – Packetization Timeout – nastavuji 0
D7 – DIO7 Configuration – nastavuji CTS Flow Control - DISABLED
D6 – DIO6 Configuration – nastavuji RTS Flow Control - DISABLED
D5 – DIO5 Configuration – nastavuji 1 - ASSOCIATED INDICATOR
P0 – PWM0 Configuration – nastavuji 0 - DISABLED
AP – API Enable – nastavuji 0 - API DISABLED

Ostatní parametry ponecháme beze změny, jak byly nastaveny výrobcem. Průběh nastavování parametrů ukazuje *Obr.1.12*.

Zda skutečně dochází ke komunikaci dvou, výše popsaným způsobem nastavených, čipů, možno ověřit pomocí dvou PC a dvou vývojových desek dodávaných jako příslušenství firmou MaxStream. Jeden z čipů nastavíme jako Coordinator (informační LED na vývojové desce bliká s f=1Hz) a druhý jako End Device (informační LED bliká s f=2Hz). Pro kontrolu spojení využijeme již zmíněný software X-CTU, a sice záložku „Terminal“. Obě zařízení se po zapnutí napájení automaticky spárují podle postupu stanoveného protokolem (postup párování je rozebrán výše). Nyní už můžeme sledovat datové přenosy. Odeslaná data jsou v okně „Terminal“ zobrazena modře, přijatá červeně, jak je patrné z *Obr.1.13*.

V programu X-CTU v záložce „Terminal“ dále můžeme, kromě posílání textu nebo připojování paketů, nastavit dodatečně i některé vlastnosti čipu pomocí AT příkazů v dočasně aktivovaném AT módu. Ten vyvoláme implicitně kombinací „+++“ a po vrácení OK ze systému můžeme zadat patřičný příkaz dle syntaxe uvedené výše. Po uplynutí doby, kterou je rovněž možno nastavit (CT – AT Command Mode Timeout) dojde k samočinnému ukončení AT módu a přechodu zpět do Transparentního módu. Karta „Terminal“ dále umožňuje zobrazit odesílané / přijímané znaky v hexadecimálním vyjádření, viz tlačítko Show Hex, jak je rovněž patrné na *Obr.1.12.* Tímto jsou tedy čipy XBee připraveny k použití v části projektu obnášející bezdrátovou komunikaci.



Obr. 1.12: Nastavení parametrů čipu a možnosti X-CTU (převzato z [1])
1: načtení / uložení / obnovení nastavení
2: možnost získat aktuální firmware pomocí Internetu
3: informace o typu produktu, protokolu a aktuálním firmware

Obr. 1.13: Komunikace čipů pomocí PC

1.11. Shrnutí poznatků XBee

V této a předešlé kapitole byly dopodrobna rozebrány vlastnosti čipů XBee a nastíněny způsoby jejich využívání. Krom naprostých základů zde byly uvedeny i rozšiřující poznatky, vycházející z autorových zkušeností a dřívějších poznatků o těchto obvodech. Podstatným závěrem těchto kapitol je fakt, že funkce čipů XBee již byla prakticky vyzkoušena a s jejich použitím v projektu by neměly být problémy. Většinu aktivity tak můžeme soustředit na poznávání a výzkum vlastností a možností ostatních obvodů a souvisejících částí navrhovaného systému.

1.12. ELM 327

V následující kapitole bude pojednáno o elektronickém obvodu ELM 327. Nejprve bude popsán vývoj tohoto obvodu, následovat bude jeho specifikace a na závěr kapitoly bude pojednáno o možnostech využití obvodu pro tento projekt.

Integrované obvody kanadské firmy ELM Electronics začaly být uváděny na trh v polovině devadesátých let minulého století. Původně se jednalo o produkci čipů pro elektroamatéry a z různých oblastí elektrotechniky, mimo jiné i z oboru automobilové elektroniky. A právě na čipy určené pro OBD se nyní zaměříme.

Nejstarším a nejjednodušším čipem byl ELM 320. Tento čip, určený převážně pro diagnostiku automobilů severoamerické produkce je jednoduchý 8-pinový převodník signálů komunikačního standardu PWM na ASCII znaky interpretovatelné osobním počítačem pomocí RS232. Tento převodník je schopen překládat pouze signály standardu J1850 PWM 41,6KHz. Jak již bylo výše zmíněno, jedná se o standard běžně užívaný Ford Motor Company. Zaměření právě na tento standard dělá z ELM 320 užitečnou pomůcku, nicméně z hlediska univerzálního použití je ELM 320 nezajímavý. Obvod ELM 322 je pak obdobou obvodu ELM 320 s rozdílem, že je stavěn na míru komunikačnímu standardu J1850 VPW 10.4KHz, využívanému převážně General Motors a Daimler Chrysler. Opět tedy jednoduché jednoúčelové zařízení postrádající možnost univerzálního použití. ELM 323 je 14pinový obvod schopný převádět na rozhraní RS232 signály dle norem ISO 9141 a ISO 14230 (KWP2000). Tímto je předurčen k použití v evropském prostředí, nicméně doposud se jedná o pokusný obvod, u nějž není zaručena správná funkce u všech typů automobilů. Další v řadě obvodů stojí již zmíněný ELM 327. Tento 28-pinový obvod je ve skutečnosti obvod PIC18F248 z produkce firmy Microchip. Jedná se o běžně dostupný obvod, doplněný softwarem od ELM Electronics. Tento software je samostatně nedostupný a je chráněn proti vyčtení z čipu. Tím cena zmíněného obvodu naroste asi desetinásobně a zároveň klesne jeho dostupnost. ELM 327 sdružuje funkce všech výše popsaných obvodů. Na linku RS232 je schopen převést signály standardů ISO 15765-4 (CAN), SAE J1850 PWM, SAE J1850 VPW, ISO 9141-2, ISO 14230-4 a SAE J1939. Tedy obsluhuje všechny výše uvedené normy a navíc ještě další, o nichž není možné se v rozsahu této práce zmiňovat. Ve skutečnosti však není vše tak snadné, jak je uváděno v dokumentaci, a pro převod signálů CAN bude zapotřebí využít dalšího obvodu specializovaného právě na tuto komunikační normu. Obvod ELM 327 celkem podporuje 12 norem, RS232 baud rate až 500Kbps, je schopný automaticky rozeznat používaný protokol a je plně ovladatelný pomocí AT příkazů.

Posledním členem ELM OBD rodiny je ELM 328. Tento čip je elektricky identický s čipem ELM 327, avšak odstraňuje jednu jeho softwarovou nevýhodu. Jedná se o to, že do čipu ELM 327 je možno nahrát 12-ti místný číselný identifikační kód, který zapříčiní nevpuštění do systému, nebo zamítnutí komunikačních služeb při neshodě tohoto kódu

s protější stranou. Tuto zdánlivou nevýhodu pro náš účel obvod ELM 328 odstraňuje, jelikož v tomto obvodu je možno identifikační kód přepisovat. Obvod ELM 328 je však navržen pouze pro vývojové účely a není schopen přeposílat OBD data. Tímto tedy rovněž odpadá možnost jej využít pro projekt OBD-II komunikátoru. V projektu tedy využijeme obvod ELM 327, zaslaný přímo od výrobce z Kanady. Jedině takto je možné opatřit čip, ve kterém není nahrán žádný identifikační kód a zároveň je plně funkční. V mnoha případech se totiž již stalo, že v Německu výhodně koupený ELM 327 se nakonec ukázal jako zakódovaný na určitý komerční software a že kopie těchto obvodů levně prodávané v Číně, mají k základní kvalitě a správné funkci dost daleko.

Jelikož není možno vložit náhled obvodu a blokové schéma typického zapojení, aniž by došlo k porušení zákazu kopírování katalogových listů ze strany ELM Electronics. Pokusím se alespoň o slovní popis možností obvodu se zaměřením na jednotlivé piny.

(pin1) MCLR Logická úroveň low na pinu MCLR trvající déle než 2 mikrosekundy zapříčiní reset obvodu. V případě nevyužití funkce přivedeme na tento vstup úroveň high.

(pin2) Vmeasure Je analogový vstup používaný k měření napětí od 0 do 5V. Na něj navazuje ve vnitřní struktuře obvodu A/D převodník předávající data dále do Command and Protocol Interpreter. Je tedy důležité zajistit, aby napětí na pinu 2 nevybočilo z uvedeného napěťového rozsahu. Pokud se rozhodneme vstup nepoužít, připojíme jej k V_{DD} a V_{SS}. Tímto postupem zabráníme nechtěnému poškození A/D převodníku, a tedy i obvodu.

(pin3) J1850 Volts Je výstup použitelný pro kontrolu napájení výstupu J1850 Bus+. Zde se objeví úroveň high v případě požadavku na napětí o jmenovité úrovni 8V potřebné pro J1850 VPW nebo úroveň low v případě požadavku na napětí o jmenovité úrovni 5V pro případ J1850 PWM. Pokud nebudeme tuto funkci využívat, ponecháme vývod nezapojený.

(pin4) J1850 Bus+ Aktivní výstup používaný k uvedení J1850 Bus+ Line na aktivní úroveň.

(pin5) Memory je vstupní pin řídící předvolený stav paměťového nastavení. Pokud přivedeme úroveň high na tento pin během startu nebo resetu obvodu, paměťová funkce bude ve výchozím stavu povolena. V případě úrovně low během výše popsané aktivity bude tato funkce primárně zakázána. Paměť je možno kdykoliv povolit či zakázat použitím příkazů AT M1 a AT M0.

(pin6) Baud Rate Tento vstup je určen pro řízení baud rate na interface RS232. Pokud je na tomto pinu úroveň high během startu nebo resetu obvodu, baud rate bude nastaven na 38400, případně na baud rate nastavený pomocí příkazu PP 0C. V případě úrovně low během startu nebo resetu obvodu, bude baud rate vždy nastaven na 9600.

(pin7) LFmode Jedná se o vstupní pin používaný k výběru přednastaveného linkového (linefeed) módu, který bude použit po startu nebo resetu obvodu. Pokud je na úrovni high, pak přednastavené zprávy posílané obvodem budou ukončené jak znakem nového řádku (carriage return), tak znakem pro linefeed. Pokud bude tento vstup na úrovni low, k ukončení dojde pouze pomocí carriage return. Tato funkce pak může být kdykoliv měněna pomocí příkazů AT L1 a AT L0.

(pin8) V_{SS} Pin sloužící pro připojení napětí.

(pin9+10) XT1 + XT2 Jsou piny určené k připojení 4MHz krystalového oscilátoru k obvodu. Přídavné kondenzátory o hodnotě 27pF budou použity dle požadavků krystalu a připojeny mezi každý z těchto pinů a V_{SS}.

(pin11) VPW In Jedná se o aktivní vstup pro J1850 VPW datový signál. V klidovém stavu by měl být vztažen k úrovni low. Tento vstup nevyžaduje žádný přídavný zesilovač.

(pin12) ISO In Aktivní vstup pro datový signál dle ISO 9141 a ISO 14230. Tento je odvozen od K Line a v době nečinnosti by měl být vztažen k úrovni high. Opět nejsou zapotřebí žádné přídavné zesilovače.

(pin13) PWM In Je aktivní vstup pro datový signál dle J1850 PWM. V době nečinnosti bude vztažen k úrovni high. Jak již bylo zmíněno výše, není zapotřebí přídavných zesilovačů signálu před tímto vstupem.

(pin14) J1850 Bus- Je aktivní výstup používaný pro uvedení J1850 Bus- Line na aktivní úroveň pro použití v J1850 PWM . V případě nevyužití výstupu bude ponechán nezapojený.

(pin15) RTS neboli Request To Send. Tento vstup může být využit k přerušení probíhajícího OBD procesu v případě poslání nového příkazu. V normálním režimu je tento pin na úrovni high. Potřebujeme-li přerušit probíhající komunikaci z výše uvedeného důvodu, přivedeme na vstup úroveň low trvající do doby, než pin 16 (Busy Line) oznámí konec zaneprázdnění linky.

(pin16) Busy Aktivní výstup signalizuje okamžitý stav obvodu. Úroveň low symbolizuje připravenost procesoru na příjem ASCII znaků nebo příkazů. High úroveň pak znamená, momentální aktivitu obvodu, vykonávání procesů.

(pin17) RS232Tx Výstup pro vysílání RS232 dat.

(pin18) RS232Rx Vstup pro příjem RS232 dat.

(pin19) V_{SS} Pin sloužící pro připojení napětí.

(pin20) V_{DD} Kladný napájecí pól. Tento bod by měl vždy být na nejvyšší kladné hodnotě napětí z celého obvodu. Tento pin je rovněž interně spojen

s napájením funkce reset mikroprocesoru, tudíž není zapotřebí přivádět vnější reset signál.

(pin21+22) ISO K + ISO L Jsou signály používané k uvedení sběrnic ISO 9141 a ISO 14230 na aktivní úroveň. V případě nevyužití L Line, bude pin 22 ponechán nezapojený.

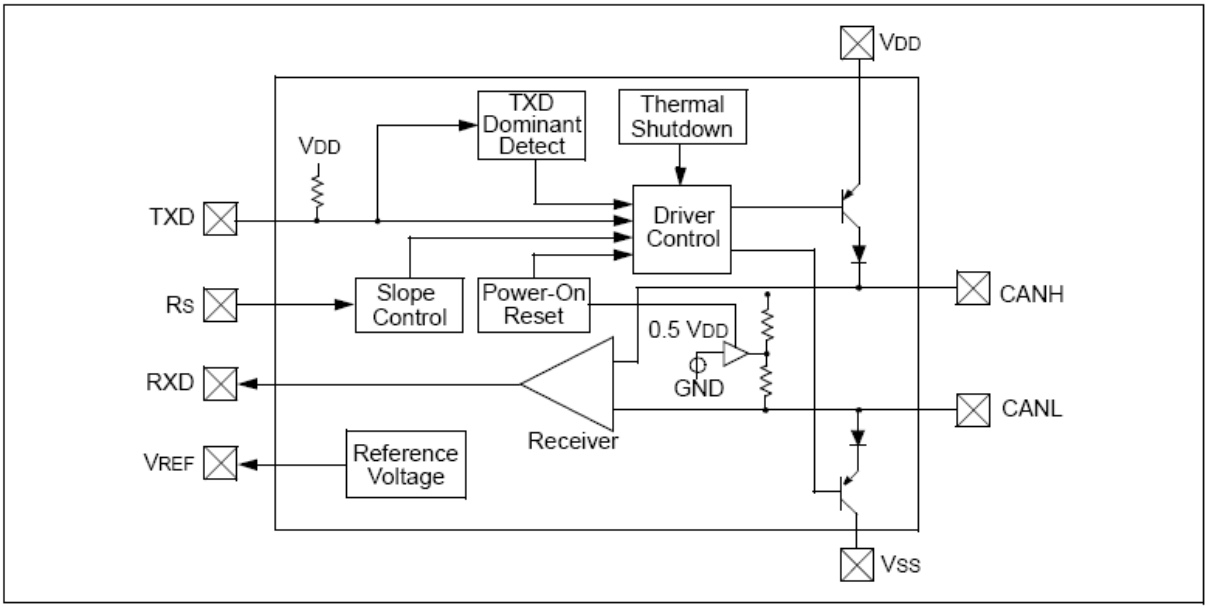
(pin23+24) CAN Tx + CAN Rx Jsou signály pro rozhraní CAN. Tyto musí být propojeny s CAN transceiverem. V případě nevyužití bude pin 24 spojen s úrovní V_{DD}.

(pin25) RS232 Rx LED
(pin26) RS232 Tx LED
(pin27) OBD Rx LED
(pin28) OBD Tx LED

Úroveň těchto výstupů je v nečinném stavu high. V případě vysílání nebo přijímání dat příslušným kanálem je úroveň změněna na low. Výstupní piny 25 – 28 jsou připraveny pro přímé řízení LED za použití předřadného odporu, případně k propojení s jinými logickými obvody. Nepoužité piny budou ponechány nezapojené.

1.13. Shrnutí poznatků ELM 327

V předchozích podkapitolách bylo pojednáno o integrovaném obvodu ELM 327. Byly uvedeny informace, které sice přesahují rozsah této práce, avšak jsou podstatné k pochopení problematiky v širších souvislostech. Důležitým závěrem vyplývajícím z této kapitoly je tedy fakt, že obvod ELM 327 sestávající z čipu PIC18F248 a ELM software sdružuje funkce jednotlivých jeho předchůdců a umožňuje tak univerzální použití pro různé komunikační protokoly. Data, prostřednictvím OBD-II protokolů získaná, pak převádí na podobu RS232 pro možnost jejich přenosu a zpracování. Zde je však třeba zdůraznit, že přestože obvod disponuje piny pro CAN, není možno jej pro toto rozhraní použít bez asistence přídavných obvodů, v textu označených jako transceiver. Výrobce uvádí ve vzorovém zapojení ve svém katalogu doplnění těchto pinů obvodem MCP2551 z produkce firmy Microchip, který pak tvoří převodník mezi skutečným CAN rozhraním a ELM 327. Jeho bloková struktura je patrná na obrázku *Obr.1.14*. Zmíněný obvod je jistě možné nahradit i obvodem jiného výrobce, nicméně ve své zásilce z Kanady jsem automaticky obdržel přímo MCP2551.



Obr. 1.14: Blokové schéma obvodu MCP2551 firmy Microchip (převzato z [12])

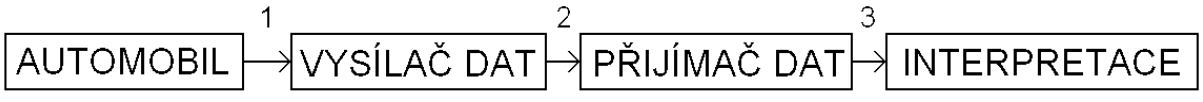
2. REALIZACE SYSTÉMU

V této kapitole bude pojednáno o postupu řešení ZigBee komunikace mezi OBDII a PC, možnostech zapojení, sestavení schématu a DPS na základě výše popsaných skutečností.

Má-li zařízení pracovat dle zadání, případně přinést nějakou další funkci nad rámec tohoto zadání, musí nutně sestávat ze dvou odlišných částí, které se postupně pokusíme navrhnout. První částí, kterou můžeme pracovně označit jako Transmitter, bude jakýsi most mezi OBDII a ZigBee. Toto zařízení bude obsahovat OBDII konektor, kterým bude připojeno přímo k diagnostické zásuvce automobilu, dále pak naši klíčovou součástku, ELM 327 s podpůrnými obvody a nakonec ZigBee vysílač nahrazující sériový kabel „drátových" diagnostik. Druhou částí, pracovně nazvanou Receiver bude most mezi ZigBee a PC, přičemž bude možno využít různých rozhraní, jednak pro zachytávání dat z OBDII, jednak pro ovládání celé přenosové cesty, včetně ELM obvodu. Je tedy patrné, že spojení bude možno sestavit obousměrně, nikoliv jen jednosměrně, jak by se mohlo zdát z terminologie „Transmitter – Receiver". Toto pracovní označení spíše poukazuje na směr toku užitečných diagnostických dat.

2.1. Blokové schéma

Celý návrh započneme stanovením blokového schématu, které nám bude oporou v dalším členění spoje. Nejobecnější schéma přípravku znázorňuje obrázek *Obr.2.1*. Toto schéma popisuje strukturu celého projektu.



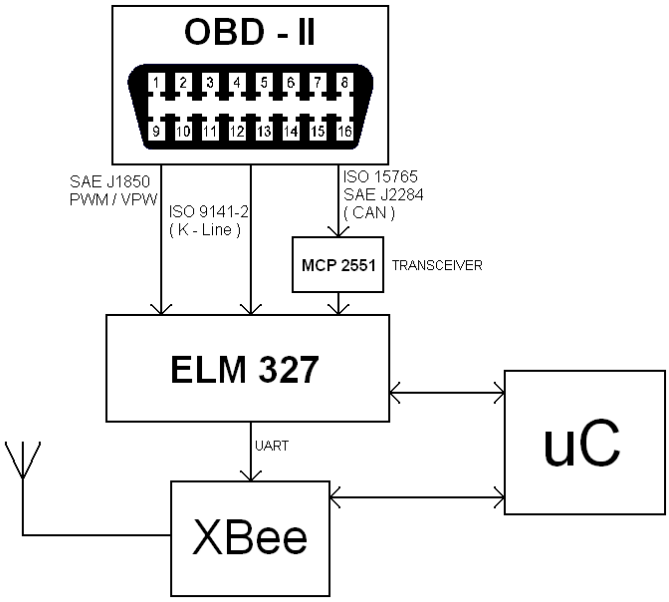
Obr. 2.1: Blokové schéma navrhovaného komunikačního řetězce

Ve schématu má pole s názvem automobil význam vozidla, které bude diagnostikováno, vysílač dat znázorňuje zařízení výše popsané jako Transmitter, přijímač dat odpovídá součásti Receiver a blok interpretace obstará PC a řídicí software. Čísly označené přechody mezi jednotlivými bloky pak mohou mít takovouto strukturu:

1. Přechod mezi automobilem a Transmitterem bude realizován pomocí OBDII konektoru;
2. Vysílač dat a přijímač dat propojí prostředí ZigBee, přesněji Xbee, jak je požadováno zadáním.
3. Mezi přijímačem dat a interpretací v PC mohou data projít různými kanály. K použití se nabízí například RS232, USB nebo Ethernet. Právě v této části se můžeme pokusit přinést rozšíření systému nad rámec zadání.

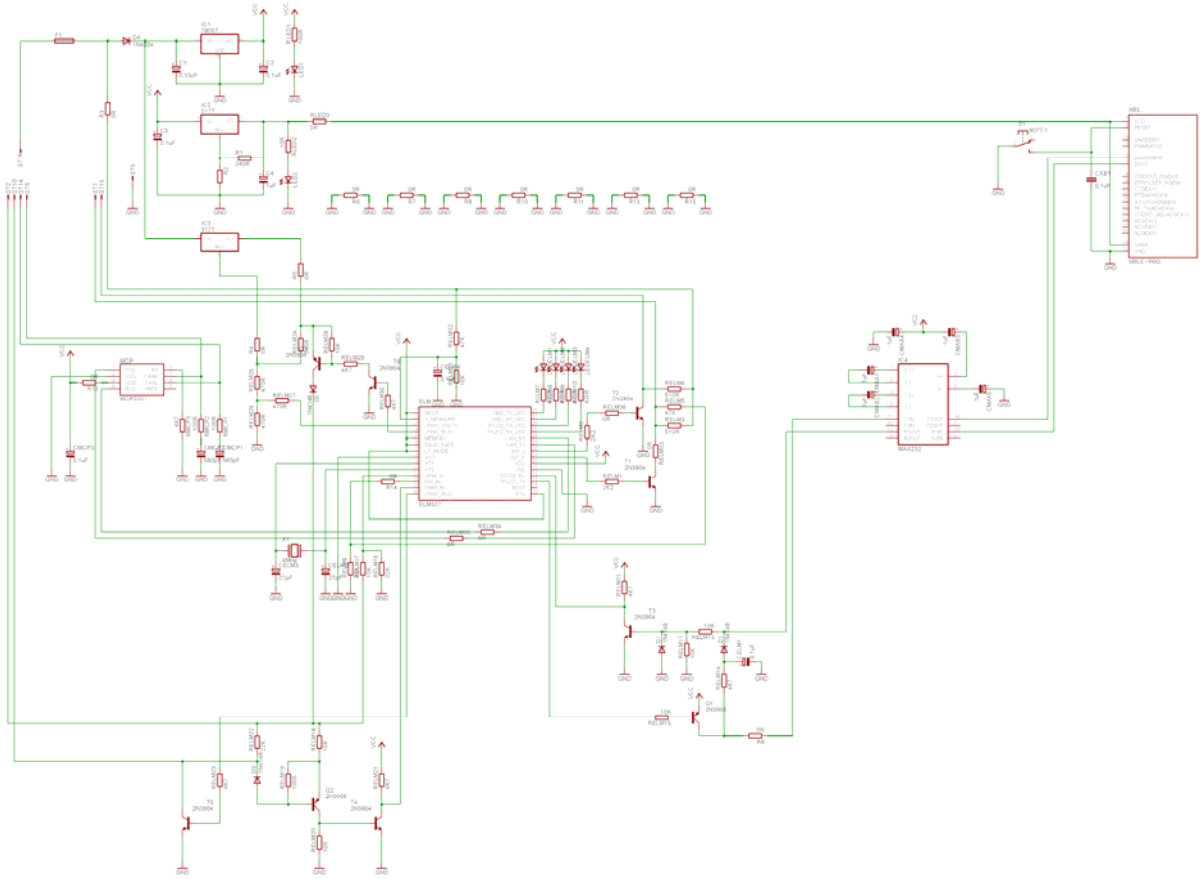
2.2. Transmitter

Neboli vysílač dat z blokového schématu bude rovněž sestávat z několika částí, jak již bylo předesláno výše. Při jeho sestavení bude výhodné držet se blokového schématu vysílače, které ukazuje *Obr.2.2*.



Obr. 2.2 Blokové schéma vysílací části

Vstupem tohoto bloku je OBDII konektor. Zde na jednotlivých pinech získáme jak potřebné datové signály všech norem, tak napájecí napětí pro celé zařízení. O převod signálů na sériová data typu UART se postará obvod ELM 327 za přispění převodníku MCP 2551 označeného jako transceiver. Tato data jsou již kompatibilní s čipem XBee, který bude v našem přípravku fungovat jako bezdrátová náhrada sériové linky. Veškerá činnost může být navíc kontrolována mikrokontrolérem. Jeho přítomnost však pro správnou funkci systému není klíčová a proto bude v prvotní pokusné verzi řešení vynechán, jak ukazuje schéma zapojení na *Obr.2.3*.

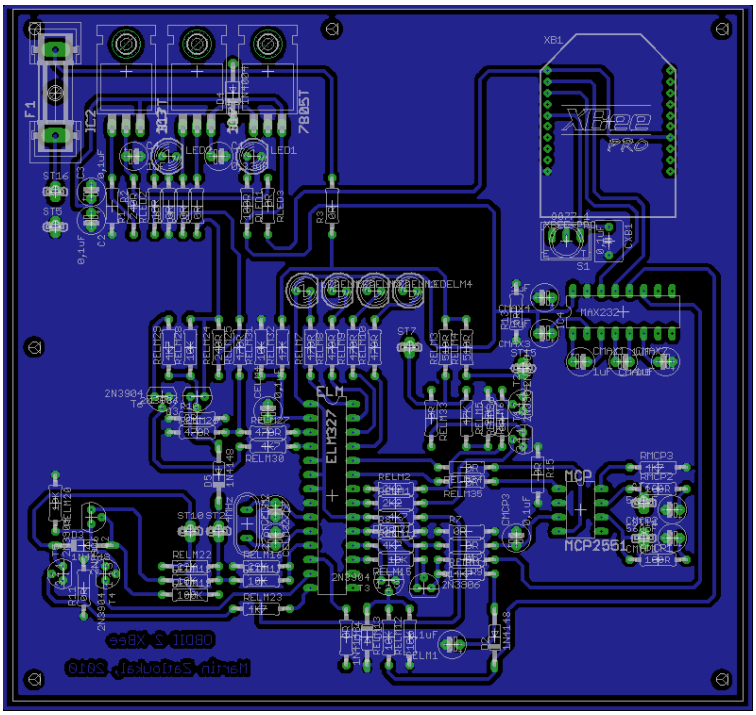


Obr. 2.3: Schéma zapojení vysílací části

Schéma zapojení pak dále rozvádí některé detaily, které v blokovém diagramu nejsou uvedeny. V horní části schématu zcela vlevo je patrný OBDII konektor, resp. vstupní piny signálů z OBDII. Napravo od tohoto konektoru jsou napájecí obvody. Je zde počítáno s napájením z palubní sítě automobilu a toto napětí je pak upraveno pomocí stabilizátorů napětí na 5V a 3.3V, jelikož každý čip vyžaduje jiné napájení. Uprostřed schématu je umístěn obvod ELM 327, jehož výstup je veden přes převodník úrovní (vpravo) k vysílacímu čipu XBee (zcela vpravo). Vlevo s ním sousedí obvod MCP 2551 převádějící signály typu CAN na sériová data, jimž ELM rozumí.

Je patrné, že i při vynechání mikrokontroléru, je schéma zapojení dosti rozsáhlé a výsledný produkt bude nepraktický svými rozměry. Pokud bude však správně pracovat, předpokládá se použití součástek v provedení SMD a umístění celého zapojení do konektoru OBDII. Prozatím máme k dispozici návrh DPS o rozměrech asi 130*140mm. Je to minimální dosažitelný rozměr za použití jednostranné desky při maximálně přehledném uspořádání součástek za účelem usnadnění měření na hotovém přípravku.

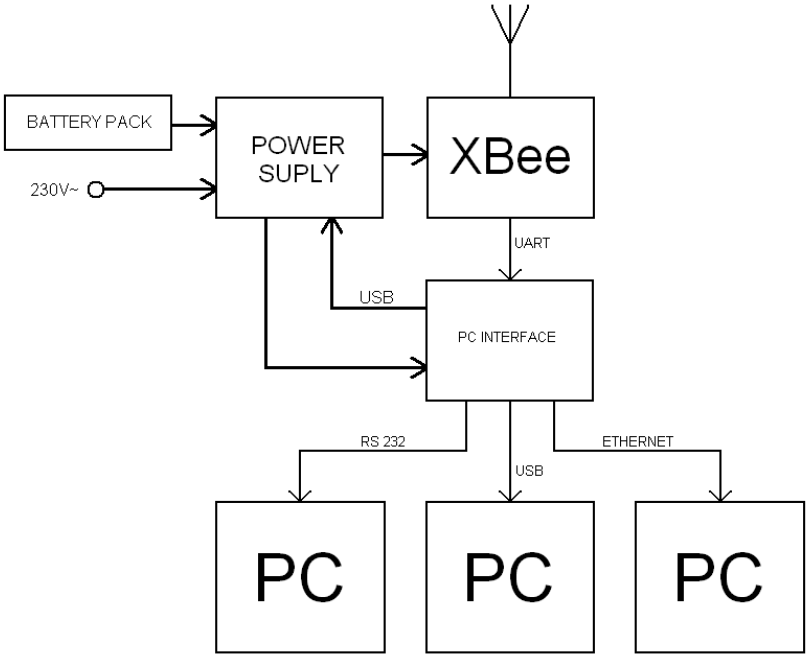
Na DPS viz *Obr.2.4,* jsou rozeznatelné bloky obvodů pro napájení v levé horní části, zpracování signálu v centrální části a vsup/výstup dat vpravo nahoře.



Obr. 2.4: DPS vysílací části

2.3. Receiver

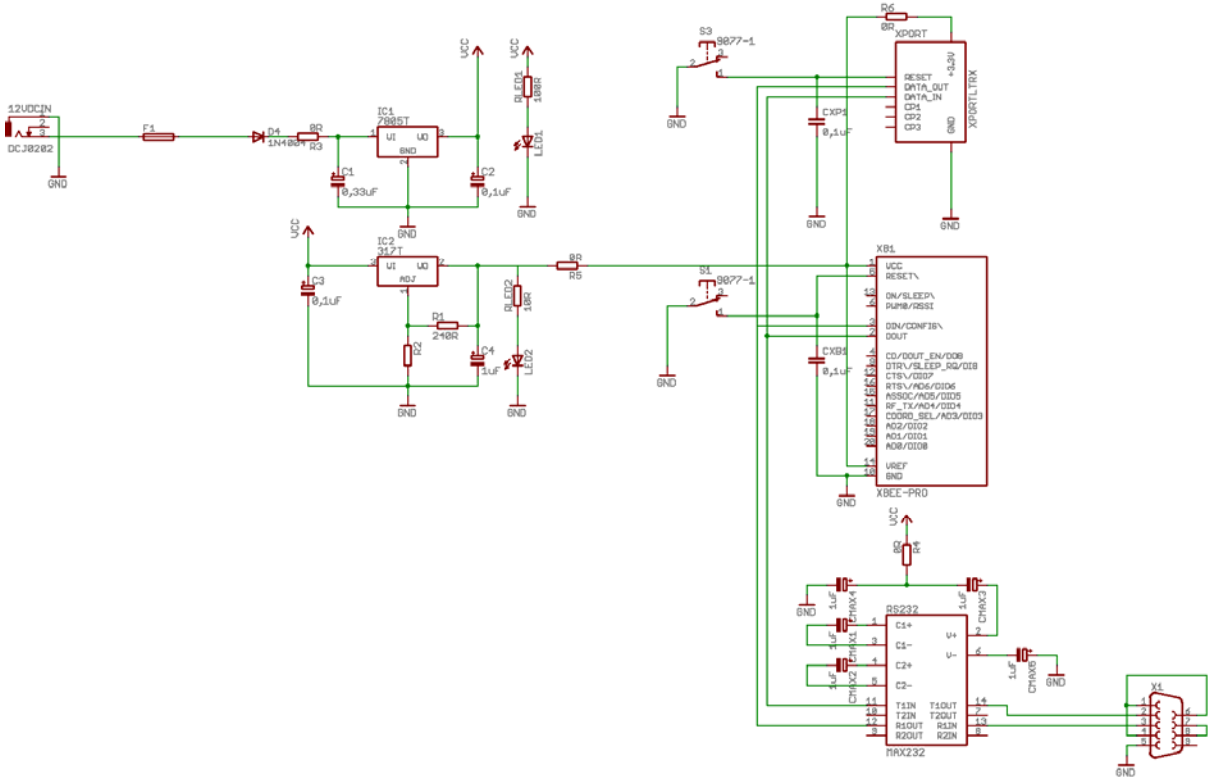
Návrh přijímače dat neboli Receiveru je ještě o poznání složitější. Tato část totiž nemá pevně dané požadavky a bude možno ji neustále upravovat či rozšiřovat. Základem pro utvoření prvotní představy bude blokové schéma z *Obr. 2.5:* Blokové schéma přijímací části. Z tohoto schématu je již zřejmá komplikovanost zamýšleného řešení.



Obr. *2.5: Blokové schéma přijímací části*

Data přijatá z automobilu a přeložená do sériové, a následně ZigBee podoby, jsou zachycována přijímačem XBee. Dalším blokem označeným jako PC interface, do něhož data vstupují, je soubor rozhraní potřebných pro spojení Receiveru s PC. Zde pravděpodobně užijeme již zmiňované obvody typu RS232 a konektor pro připojení, dále pak můžeme zabudovat převodník signálu na USB a připojení USB konektorem a pokud budeme chtít, aby naše zařízení bylo opravdu profesionální, použijeme i Ethernetové rozhraní s konektorem RJ45. Součástí zapojení bude rovněž řešení napájení. Zde již totiž není možno využít automobilové napájecí sítě (celý bezdrátový systém by tím ztratil význam). Blok power suply je zde něco jako manažer řízení napájení (power manager). Ve finální verzi produktu je na tomto místě očekáván obvod zajišťující využití různých zdrojů napájení. První možností je použití napájecí sítě o napětí 230VAC. Zařízení pak bude navíc doplněno o obvody transformace napětí a AC/DC měnič. To však může přinést rozměrovou, hmotnostní a v neposlední řadě také finanční nevýhodu. Řešením bude použití externího síťového adaptéru, jenž bude dodávat napětí např. 9VDC nebo 12VDC. Další napájecí možností je využití počítačového napětí z rozhraní USB. Tato možnost jistě přinese výhodu v případě použití přenosného PC, kdy není k dispozici síťová zásuvka. Ne vždy je však USB rozhraní připojeno, a právě tento případ bude mít za úkol hlídat power manager. Poslední možností pro všechny ostatní případy pak může být integrovaná baterie, která převezme úlohu napájení v případě nouze.

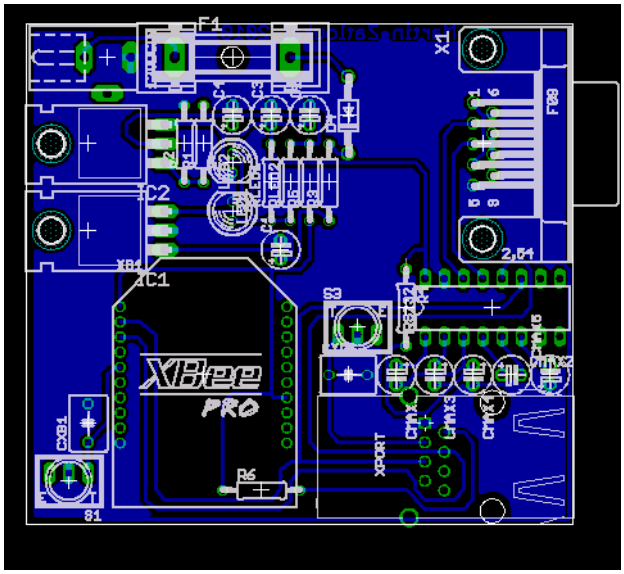
Prvotní pokusné zapojení má však za úkol ověřit správnou funkci zařízení a proto bude sestaveno co nejjednodušeji a bez použití nepodstatných obvodů. Jeho schéma je zachyceno obrázku *Obr. 2.6*.



Obr. 2.6: Schéma zapojení přijímací části

Pro jednoduchost je zvolena varianta s externím napájecím zdrojem připojeným přes konektor DC jack (zcela vlevo). Následují obvody úpravy napětí jako v případě Transmitteru (uprostřed) a samotná funkční část (vpravo). Jejím klíčovým článkem je obvod Xbee (vpravo uprostřed) jenž přijímá data z rádiového prostředí. Výstup je pak veden k MAX232 (vpravo dole) pro zajištění komunikace pomocí sériové linky a k součásti XPort (vpravo nahoře).

XPort je inovací v řešení a nebylo o tomto obvodu dosud pojednáno. Jde o součástku z produkce firmy Lantronix, která mimo jiné realizuje převod UART – Ethernet. Zajímavé je, že tato součástka podporuje protokoly TCP/IP, UDP/IP, DHCP, HTTP a mnoho dalších. Dále pak obsahuje vestavěný web server, flash paměť, 10/100 Mbit Ethernet a je možno ji konfigurovat přes webový prohlížeč. To vše je obsaženo v pouzdře konektoru RJ45. Je zřejmé, že použijeme-li tuto součástku pro náš přípravek, jeho možnosti se zmnohonásobí. Celý systém budeme moci ovládat ze vzdálených míst a diagnostiku vozu bude možné provádět například z jediného centralizovaného diagnostického pracoviště. Využití XPortu však bude finančně náročnější a bude zapotřebí tuto skutečnost náležitě projednat s investorem.

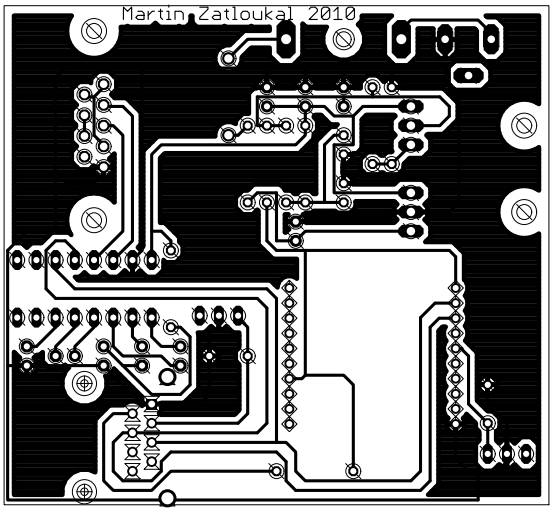


Obr. 2.7: DPS přijímací části

DPS vzniklou z tohoto schématu si můžeme prohlédnout na obrázku *Obr. 2.7*. Tento návrh se drží osvědčeného způsobu konstrukce DPS, kdy napájecí vstup a obvody úpravy napětí jsou situovány v levém horním rohu, signálový vstup je vlevo dole a pravá polovina DPS je vyhrazena výstupním konektorům, případně řídicím signálovým vstupům.

Napětí přiváděné do přípravku pomocí konektoru DC jack je dále upraveno stabilizátory na potřebné úrovně. Správnou funkci stabilizátorů budou signalizovat LED. Obvod XBee je připojen datovými a napájecími piny, pro případ nouze je zde resetovací tlačítko. Předpokládáme, že čip se bude připojovat již naprogramovaný (například v prostředí XBee Developer Kit) a jeho vlastnosti týkající se datové průchodnosti a vnitřního uspořádání nebude nutné v průběhu provozu měnit. Počítá se tedy pro začátek se síťovým uspořádáním point-to-point. Obvod MAX232 pak převádí napěťové úrovně signálů mezi XBee modulem a vstupně výstupním konektorem RS232. Modul XPort je umístěn v pravém dolním rohu desky

a je od něj očekáváno, že postupně převezme celý úkol sériového rozhraní a budeme pomocí něj schopni nejen posílat data, ale i ovládat celý systém.



Obr. 2.8: DPS přijímací části – šablona 1:1

Podle této kapitoly tedy sestavíme potřebný hardware sestávající ze zvou samostatných zapojení s DPS. Každá z těchto součástí vyžaduje řešení jiných problémů a jiný postup při doladění funkce celku. Dále pak již můžeme aplikovat poznatky z předcházejících kapitol a kromě běžných součástek můžeme DPS osadit předem připravenými čipy XBee a přistoupit k oživení přípravků.

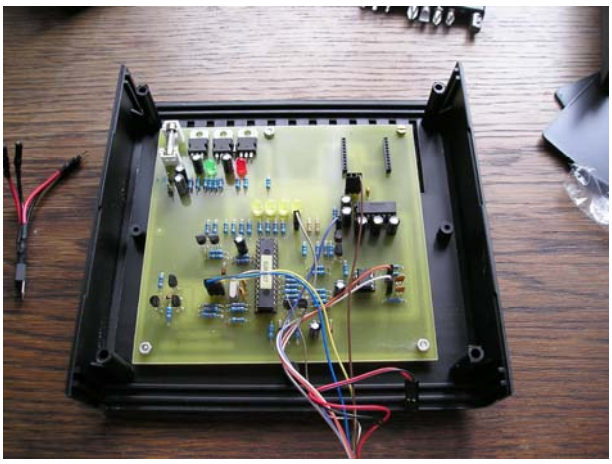
2.4. Zapojení systému

Na základě uvedených skutečností jsme tedy schopni sestavit fungující hardware a na něm následně zahájit přenos dat pomocí vhodného software.

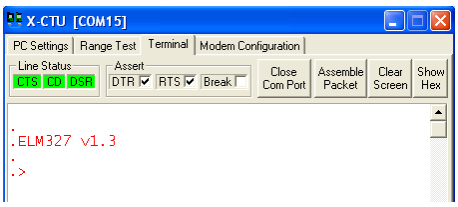
Obr. 2.9: Záznam prvního zapojení přípravku; A - napájení 9VDC; B - vysílací část; C,D - improvizované přijímače

V průběhu následující kapitoly již dokončíme hardwarovou část úlohy, přičemž si během procesu oživování systému povšimneme některých důležitých rysů a ve finále pojednáme o vhodném softwarovém řešení a provedeme první praktická měření na skutečném automobilu.

Vzhledem k tomu, že pracujeme s citlivým zařízením, které je zároveň velmi drahé, je nutno dbát zvýšené opatrnosti. Po otestování systému bez důležitých prvků můžeme přistoupit k připojení čipů XBee. Tyto je potřeba nastavit dle pojednání v kapitole XBee. Zároveň je zapotřebí pečlivě zkontrolovat nastavení těchto parametrů: Baud Rate = 38400, což vychází přímo ze zvoleného zapojení obvodu ELM327, konkrétně pinu 6 (Baud Rate), který jsme zapojili na vysokou úroveň, čímž jsme pevně vybrali uvedenou přenosovou rychlost, data bits = 8, parity = none a stop bits = 1. Jedině v tomto nastavení bude obvod ELM327 schopný zahájit komunikaci s PC pomocí bezdrátové přenosové cesty. Stejné parametry je zapotřebí nastavit v PC v programu X-CTU případně Terminal. Takto nastavené čipy XBee můžeme zapojit do obvodu. Na závěr připojíme samotný ELM327, přičemž dbáme na správnou konfiguraci pinu č. 15 (RTS), jenž by měl být pro snadnější zahájení komunikace vztažen k vysoké úrovni. Nyní již je možné připojit Receiver k PC pomocí sériové linky. Po připojení Transmitteru k napájecímu napětí dojde k probliknutí LEDELM3 a LEDELM4, což značí komunikaci ELM327 po sériové lince a v okně X-CTU záložce Terminal se objeví hlášení obvodu specifikující jeho aktuální verzi "ELM327 1.3a" a znak ">" oznamující připravenost obvodu přijímat instrukce. Můžeme ještě zkusit ELM327 dálkově restartovat příkazem ">AT Z" a výsledkem bude opět rozsvícení komunikaci indikujících LED a výpis stavu obvodu do okna Terminalu. Z uvedených poznatků je patrné, že tento příkaz projde bezdrátovým prostředím až k obvodu ELM327 a tento na něj bude reagovat. Pokud by však příkazu předcházela sekvence "+++" bude příkaz zachycen a vykonán nejbližším čipem XBee. Ověřili jsme tedy správnou funkci hardwaru a můžeme se přesunout k testovacímu vozu.



Obr. 2.10: Sestavení vysílací části



Obr. 2.11: Navázání spojení s ELM327

2.5. Diagnostika automobilu

Pro ověření funkce a kompatibility systému je zapotřebí vyzkoušet diagnostiku na různých vozech různých výrobců. Tímto postupem je rovněž možné ověřit dosud prezentované poznatky ohledně standardizovaného rozhraní OBDII.

Jako první testovací vůz byl zvolen **Peugeot 306 Cabriolet 2.0 16V Platinum** jako zástupce koncernu PSA Group; PSA Peugeot Citroën, z roku 1999. Automobil má snadno přístupný OBDII konektor přímo pod volantem, po zapojení diagnostiky můžeme pomocí AT příkazů, uvedených v příloze této práce, zadávaných do okna Terminal programu X-CTU, nastavit požadované parametry obvodu ELM327 pro zahájení komunikace s tímto typem vozu a pomocí OBD příkazů zobrazit základní hlášení stavu motoru. Vzhledem k tomu, že se jedná o evropský vůz z období 1996 - 1999, nemůžeme očekávat stoprocentně správnou funkci podle specifikace OBDII. I přesto se však podařilo zprovoznit jednoduchou komunikaci protokolem ISO 9141. Po bližším ohledání a demontáži konektoru je patrné, že v tomto modelu jsou zapojeny piny ISO-L a ISO-K, zatímco piny pro novější verzi evropského komunikačního protokolu CAN, tedy CAN-L a CAN-H zde chybí. Kompatibilitu se současným systémem jsme tedy nepotvrdili, nicméně bezdrátový diagnostický systém se s vozem spojil a došlo k získání užitečné informace, což bylo hlavním cílem tohoto projektu.

Obr. 2.12: Měření na voze Peugeot 306 Cabriolet 2.0 16V Platinum

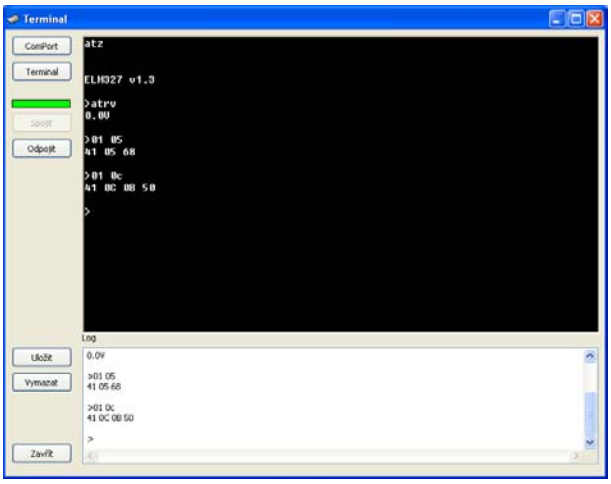
Nyní přistoupíme k diagnostice novějšího vozu **Renault Mégane Grandtour 1.6 16V Sportway** ze produkce Renault Group; Renault-Nissan Alliance, rok výroby 2005. U tohoto vozu můžeme ihned po připojení zjistit přítomnost sběrnice CAN, což odpovídá teoretickým předpokladům a podobně jako v prvním případě můžeme nastavit obvod ELM327 pomocí AT příkazů a dále získat zajímavá data přímo z řídicí jednotky pomocí OBD příkazů posílaných z PC. Základní OBD módy zobrazuje tabulka *Tab. 2.2:* SAE J1979 diagnostic test modes. Pomocí příkazů a následného výpočtu můžeme určit například teplotu chladící kapaliny a otáčky motoru takto:

V prvním kroku připojíme Transmitter k OBDII konektoru vozu a Receiver k PC. V programu X-CTU zvolíme možnost Test / Query a ověříme tím dostupnost čipů XBee. Následně je možno aktivovat sběrnici CAN spuštěním motoru (Ignition Button). Pomocí

příkazu "AT SP h" podle tabulky *Tab. 2.1:* ELM 327 Set Protocol Commands je možno nastavit komunikaci se sběrnicí.

Teplotu chladicí kapaliny nyní vyvoláme příkazem ">01 05" dle tabulky OBD příkazů. Jedná se o PID 05 v módu 01. Ze získané odpovědi, například "41 05 68" vyčteme, že: 41 05 je odpověď na požadavek módu 01 s identifikací PID 05 a údaj 68 určuje požadovaný parametr. V desítkové soustavě se jedná o číslo 104. Po odečtení offsetu 40°C pro zobrazení záporných teplot získáváme skutečnou teplotu 64°C.

Při určení počtu otáček motoru za minutu postupujeme obdobným způsobem. Jedná se o PID 0C v módu 01 odeslaný řídicí jednotce ve formátu ">01 0C". Odpovědí budiž například údaj "41 0C 0B 50". Obdobně jako v předchozím případě 41 0C značí odpověď ŘJ na PID 0C v módu 01 a následují užitečná data "0B 50", nebo-li 2896 v desítkové soustavě. Jelikož jsou otáčky počítány po celočíselných násobcích jedné čtvrtiny otáčky, dostaneme 2896 / 4 = 724 otáček za minutu. Stejným způsobem pak můžeme pokračovat při zjišťování dalších zajímavých parametrů. Budeme pouze obměňovat příkazy módu a PID.



Obr. 2.13: Kontrola teploty chladicí kapaliny a otáček motoru

Tab. 2.1: ELM 327 Set Protocol Commands

0	Automatic	
1	SAE J1850 PWM	41.6 Kbaud
2	SAE J1850 VPW	10.4 Kbaud
3	ISO 1941-2	10.4 Kbaud
4	ISO 14230-4 KWP	10.4 Kbaud slow init
5	ISO 14230-4 KWP	10.4 Kbaud fast init
6	ISO 15765-4 CAN	11 bit ID, 500 Kbaud
7	ISO 15765-4 CAN	29 bit ID, 500 Kbaud
8	ISO 15765-4 CAN	11 bit ID, 250 Kbaud
9	ISO 15765-4 CAN	29 bit ID, 250 Kbaud
A	SAE J1939 CAN	29 bit ID, 250 Kbaud
B	USER1 CAN	11 bit ID, 125 Kbaud
C	USER2 CAN	11 bit ID, 50 Kbaud

Tab. 2.2: SAE J1979 diagnostic test modes

01	show current data
02	show freeze frame data
03	show diagnostic trouble codes
04	clear trouble codes and stored values
05	test results, oxygen sensors
06	test results, non-continuously monitored
07	show "pending" trouble codes
08	special control mode
09	request vehicle information

Obr. 2.14: Měření na voze Renault Mégane Grandtour 1.6 16V Sportway

Dalším testovaným vozem byl **Lincoln Town Car 4.6 Modular V8 Executive Series** (Ford Motors Company; Upgrade by Tri-State Coachworks resp. Viking Coachworks) z roku 1992, viz *Obr. 2.15:* Testované vozy Lincoln Town Car vlevo a vpravo. Na tomto voze je záhy po zběžné obhlídce diagnostických konektorů a servisní příručky patrné, že jsme se výběrem modelu trefili do období, kde vůbec nedošlo k implementaci žádného standardizovaného diagnostického rozhraní. Je zajímavé, že shodný model vozu byl vyráběn až do roku 1997, s estetickým faceliftem v roce 1995. Od této doby již byl vybavován standardizovaným diagnostickým systémem OBDII.

Opětovný pokus o potvrzení kompatibility systému s americkými vozy proběhl s modelem **Lincoln Town Car 4.6 Modular V8 Cartier** (Ford Motors Company; Upgrade by Tiffany Coachworks) vyrobeným v roce 1998, viz *Obr. 2.15:* Testované vozy Lincoln Town Car uprostřed. Zde nenastal žádný problém. Byla zjištěna plná kompatibilita a bezproblémový přenos diagnostických dat obdobným způsobem jako u vozu Renault Mégane Grandtour 1.6 16V Sportway.

Zjistili jsme tedy, že navržený systém funguje správně, avšak získávání údajů z automobilové sběrnice a jejich následná interpretace jsou relativně obtížným a časově náročným úkonem. Z tohoto pohledu by jistě bylo vhodné, aby náš systém pracoval alespoň do jisté míry samočinně a obsluha se tak mohla věnovat řešení závad automobilu namísto

sestavování sběrnicové komunikace. Pokusíme se tedy dále doplnit náš systém vhodným softwarem pro řešení rutinních komunikačních úkolů.

Obr. 2.15: Testované vozy Lincoln Town Car

3. VÝBĚR SW

Pokud se jedná o řízení komunikace PC s automobilem, resp. PC s ELM327 a ELM327 s automobilem, nějakým elegantním softwarovým způsobem, máme k dispozici dvě možnosti jak postupovat. První z nich je navrhnout vlastní řídicí software a implementovat v něm všechny potřebné poznatky a vědomosti. Takovýto software bude jistě plně kompatibilní s naším hardware, avšak jeho funkčnost bude omezena na konkrétní použití. Není totiž možné do jednoduchého programu obsáhnout všechna potřebná data, tím spíše že většina důležitých údajů se od výrobců automobilů získává jen velmi těžko. Zanedbáme-li tedy extrémní náročnost sestavení takovéhoto software na čas a lidské zdroje a vydáme-li se cestou nízkorozpočtového vytváření vlastní databáze poruch a tabulek varovných hlášení, které můžeme od konkrétního automobilu obdržet, výsledkem bude produkt nevykazující ani minimální známky možnosti univerzálního použití, což bude odporovat našemu zadání a zároveň omezovat systém natolik, že nebude možné jej využít v běžné praxi.

Druhou možností je převzetí již hotového programu a jeho implementace v našem systému. Bude-li se jednat o profesionální komerční verzi programu nebo snadno dostupný freeware záleží už jen na možnostech investora a požadavcích na grafické zpracování. Pátráním v onom freewarovém prostředí pak zjistíme, že vhodných programů je k dispozici velmi mnoho a tudíž si můžeme vybrat takový, který našemu účelu bude nejvíce vyhovovat.

3.1. OBDPros Scantool

Jak je již patrné z obrázku *Obr. 3.1* jedná se o velmi jednoduchý program vhodný ke čtení číselných parametrů kontrolovaného motoru a zjištění, případně vymazání chybových hlášení. Uživatelské rozhraní není graficky nijak přitažlivé avšak tento program by byl pro

náš systém vhodným řešením při předpokládaném použití v soukromé sféře, například v domácnosti při zběžné kontrole vlastního vozu. Při jeho ovládání zpočátku pouze nastavíme komunikační port PC, přenosovou rychlost a metrickou nebo US soustavu jednotek. Dále už stačí připojit testovaný automobil a můžeme číst výsledky měření.

Obr. 3.1: OBDPros Scantool

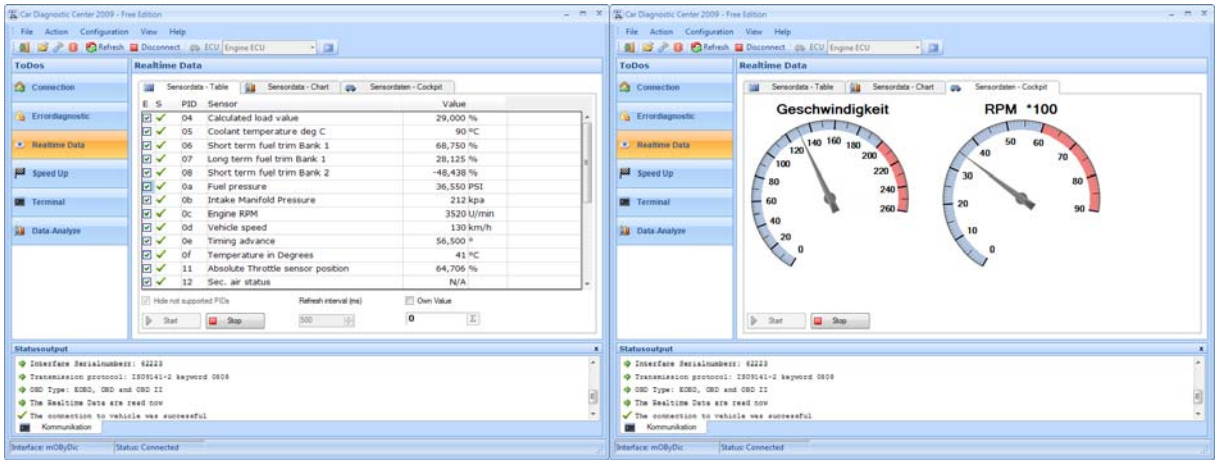
3.2. OBD-DIAG

Tento program je na rozdíl od výše popsaného graficky mnohem lépe zpracován, jak je patrné z obrázku *Obr. 3.2*. Jeho ovládání je rovněž velmi intuitivní a navíc přináší přehledné ukazatele sledovaných veličin, které nám umožňují pohodlně kontrolovat chod motoru i za jízdy, aniž by přitom docházelo k výrazně dlouhému upoutání pozornosti řidiče. Tímto je tedy program předurčen spíše k využití přímo ve voze. V součinnosti například s přídavným displejem může vhodně rozšířit řidičův přehled o aktuálních jízdních vlastnostech. Samozřejmě je zde možné kontrolovat aktuální hodnoty sledovaných parametrů v číselném formátu a zobrazovat chybová hlášení tak, jako v předchozím případě.

Obr. 3.2: OBD-DIAG

3.3. Car Diagnostic Center 2009

Program Car Diagnostic Center 2009 z dílny německých programátorů je proti předchozím programům mnohem složitější. Je to způsobeno tím, že nabízí mnohem více různých funkcí, jak ukazuje obrázek *Obr. 3.3*. Kromě toho, že program podporuje několik diagnostických systémů, umí zobrazit chybová hlášení a s nastavitelnou opakovací frekvencí kontrolovat jednotlivé diagnostické údaje (*Obr. 3.3 vlevo*), dokáže zpracovávat jednoduché grafy několika zajímavých veličin a také zachytit měření zrychlení vozu. Jedním ze zajímavých nápadů tvůrců je i implementace okna Terminal přímo do tohoto programu, což by mohlo přinést usnadnění práce při kontrole správné činnosti systému, nebo v případě potřeby manuálního ovládání či nastavování naší přenosové cesty, a to jak pro případ řízení obvodu ELM327, tak pro případ úpravy bezdrátového spojení v prostředí XBee. Nevýhodou však je skutečnost, že se nepodařilo zaručit přesnou kompatibilitu s naším hardware. Program Car Diagnostic Center 2009 je tedy možné použít pro vyzkoušení jednoduchých úkonů v oblasti zachytávání dat a zobrazení primitivních grafů, avšak jako primární software pro interface OBDII2XBee jej nelze doporučit.



Obr. 3.3: Car Diagnostic Center 2009

3.4. OBD 2007

Jedná se o velmi rozsáhlý a komplikovaný software. Při zacházení s tímto programem je již zapotřebí jisté míry zkušeností a jistě není vhodný pro běžného motoristu. Pokud se však zaměříme na prozkoumání jeho možností, zjistíme, že v mnoha ohledech bude velmi užitečný. Po spuštění se nejdříve objeví připojovací okno "Connection". Zde můžeme sledovat průběh připojení k automobilu a odhalit tak případné komunikační závady. Po zdárném zahájení komunikace může být v kartě "Connection Summary" sledováno přesné nastavení parametrů spojení. Nyní je zapotřebí nastavit sledovaná data, což uskutečníme v záložce "Supported Pids". Zde můžeme zaškrtnout položky, které nás zajímají nebo případně odpovídajícím tlačítkem zvolit pouze data potřebná k zobrazení na budíkových ukazatelích, nebo pouze data nutná k vyhodnocování parametrů palivové soustavy. V další kartě označené

"Read Vehicle Pids" pak přistoupíme k samotnému načítání dat dle předchozího nastavení. Výsledkem je tabulka hodnot víceméně podobná tabulkám z již popsaných programů. Pro lepší přehled můžeme zobrazit graficky velmi zdařilé ukazatele provozních parametrů v kartě "Dashboard". Tato funkce ukazatelů je podobná funkci programu OBD-DIAG. Na záložce "Fuel Analysis" na nás čeká dokonalý přehled o stavu palivového systému, kde můžeme dokonce volit mezi zobrazením metrických / US / UK jednotek. Všechna přijímaná data je možno navíc zobrazovat do grafu v záložce "Graphic Data". Funkci jednotlivých přídavných systémů automobilu pak snadno zkontrolujeme v "Readiness Status", případně můžeme jejich chybová hlášení nalézt v záložce "Trouble Codes" a "Freeze Frame Data". Tato funkce zobrazení chybových hlášení je rovněž podobná jako u výše popsaných programů. Stejně jako v programu Car Diagnostic Center 2009 můžeme provést měření zrychlení vozu, a to v kartě "Acceleration Test". Nechybí zde ani funkce "OBD Terminal", jejíž výhoda již byla zmíněna, a možnost identifikace vozu "Vehicle Information" . Dalším plusem OBD 2007 je karta "On Board Monitoring Tests" a pro vozy vybavené sběrnicí CAN její speciální verze "On Board Monitoring CAN vehicles", schopná zjišťovat údaje specifické pro CAN komunikační protokol. Všechny údaje získané během měření dokáže tento program ukládat a uchovat je tak pro pozdější využití, kdy se při jejich načtení ze souboru můžeme zaměřit na podrobnější analýzu.

Obr. 3.4: OBD 2007 - identifikace vozu a ukazatele aktuálního stavu

3.5. PCMSCAN

Zaměřením pozornosti na produkty firmy Palmer Performance Engineering, jako je například elegantní diagnostický software PCMSCAN se již dostáváme do komerční sféry poloprofesionálních programů. Tyto produkty mají výhodu v tom, že je výrobcem zaručena plná kompatibilita se všemi hardwarovými systémy založenými na ELM327 a zároveň naprostá univerzálnost použití programu. Podobné programy totiž obsahují kompletní databáze chybových kódů pro různé automobily, resp. pro různé motory a řídicí jednotky. Schopnosti a funkce komerčních programů jsou vždy pevně definovány a stoprocentně zaručeny. Tyto vlastnosti program PCMSCAN přímo předurčují k doporučení pro použití v OBDII2XBee, jelikož zajistí maximální využitelnost bezdrátové diagnostiky.

Program se ihned po spuštění automaticky spáruje s ELM327 a okamžitě můžeme začít kontrolovat stav vozu. K dispozici máme velké množství nástrojů rozdělených do několika záložek dle jejich významu. Po startu programu je automaticky otevřena záložka

"Diagnostics". Zde nalezneme nejdůležitější nástroje pro vyhodnocení základních parametrů. Tyto nástroje víceméně odpovídají svou funkcí nástrojům zmíněným v předcházejících kapitolách, proto jejich popisy nebudou příliš detailně rozváděny.

Jedná se o tyto položky:

Trouble Codes	- obstará výpis chybových hlášení
Data Wiew	- zobrazí zachytávaná data
Freeze Frame Data	- závady zjištěné při samočinné kontrole emisí
Oxygen Sensors	- výsledky testů vzduchového systému
Monitor Status	- stav emisních kontrolních systémů
Alerts	- možnost nastavení varování

Nadstandardní diagnostické nástroje pak objevíme na záložce "Performance", kde můžeme pomocí testu Dyno změřit výkon motoru a krouticí moment a v okně Drag Strip prozkoumat rychlost, zrychlení a čas na 400m dráze. Z těchto údajů je vypočítáváno mimo jiné zrychlení z 0 na 100 Km/h, rychlost po 100m a reakční doba motoru. Je zřejmé, že tento test bude naprosto nezajímavý například pro uživatele vozu Škoda Fabia 1.2 HTP, nicméně uživatelé sportovněji zaměřených vozů jistě ocení možnost srovnání výsledků z vlastního měření s výsledky udávanými výrobcem.

Kompletnímu zpracování a vyhodnocení získávaných dat se věnuje záložka "Dashboards", která nabízí například funkci Gauges, tedy zobrazení provozních parametrů motoru pomocí oblíbených ručkových ukazatelů. Dalšími možnostmi analýzy dat jsou: Graphs - velmi užitečné znázornění měřených veličin v přehledných grafech, Tables and Maps - profesionálně zaměřený nástroj pro zobrazování map provozních dat. Tyto údaje jsou využívány k vnitřnímu řízení chodu motoru a jsou zhusta sledovány tzv. chiptunery, jejichž snem je zmíněným údajům porozumět a následně je pozměnit za účelem zvýšení výkonu motoru. Nástroje DashXL a Classic Dashboard pak slouží k uživatelskému nastavení "pracovní plochy", kde je možno zvolit vlastní ručkové měřiče a grafy a jejich parametry pro sledování zvolených veličin. Veškeré průběhy je zde možno zaznamenávat a posléze z paměti znova vyvolat.

Přesuneme-li se na záložku "Tools" můžeme objevit další užitečné funkce jako jsou:

Console	- okno ukazující status programu PCMSCAN, zde najdeme chyby vzniklé při běhu programu, podrobnosti o používané licenci, načítání a nastavování OBD parametrů a zjišťování PID.
OBD-II Terminal	- zajistí funkci Terminal, jak již bylo několikrát zmíněno
Calculator	- užitečná mírně vědecká kalkulačka
Dashboard Editor	- zde si může uživatel sestavit vlastní pracovní plochu přesně dle svých potřeb
Script Editor	- možnost zápisu vlastních skriptů pro program
Plugin Manager	- dovoluje přidávání, odstraňování a úpravu vlastností plugins

A konečně se dostáváme k poslední záložce programu, "Settings", kde je možno pomocí OBDII Setting nastavit například vlastnosti spojení s automobilem. Pomocí Vehicle Info můžeme zjistit parametry vozu, jako VIN, rok výroby, výrobce, model, typ, registraci vozu, typ motoru a převodovky, hmotnost vozu a poznámky k úpravám a přestavbám automobilu. Funkce Owner Info nám pak dovoluje zaznamenat či přečíst údaje o vlastníkovi

vozu, jak jsou jméno, adresa, telefonní, faxové a e-mailové spojení případně nějaké zajímavé poznámky. V praxi může být tento prostor využíván pro záznam proběhlých či plánovaných servisních prohlídek atd.

Je patrné, že tento program splňuje více než jen základní očekávání a je možno jej doporučit pro doplnění hardwaru OBDII2XBee. Využití výsledného celku pak bude možné nalézt například na testovacích dráhách a okruzích při vývoji nových automobilových součástí, kde obsluha bude mít v reálném čase k dispozici aktuální data posílaná z vozu a může tak na základě jejich vyhodnocování udílet instrukce zkušebnímu jezdci za účelem efektivnějšího testování zvolených parametrů. Nebude tedy již zapotřebí čekat na ukončení sběru dat a jeho následné vyhodnocení. Takto můžeme dosáhnout velké časové a finanční úspory. Předpokladem ale bude prvotní investice do softwaru PCMSCAN.

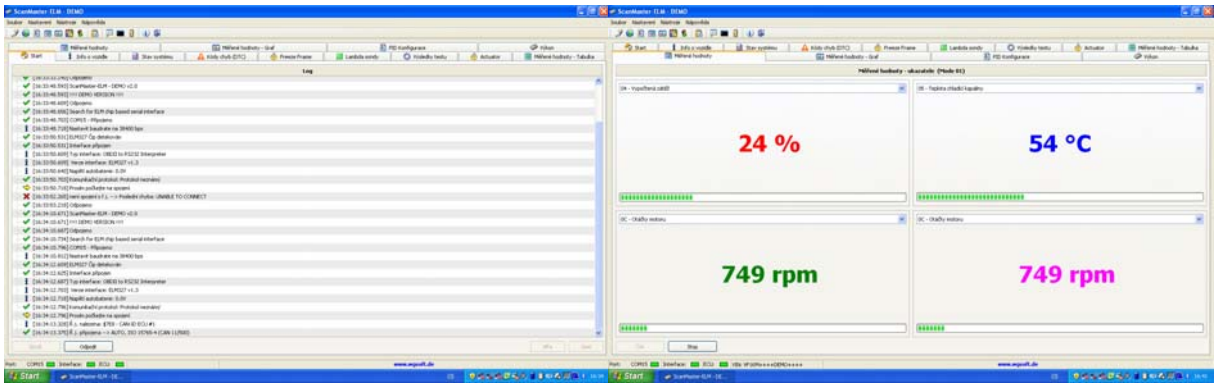
Obr. 3.5: PCMSCAN - připojení a práce s daty

3.6. ScanMaster-ELM

Jako poslední a zároveň v pokusných měřeních nejlépe osvědčený uvedeme program ScanMaster-ELM nabízený firmou WGSoft. Tento komerční program v sobě kombinuje výhody ostatních SW řešení. Je profesionálně zpracován a nabízí všechny užitečné funkce, navíc je navržen velmi přehledně a vyznačuje se intuitivním ovládáním, takže není problém se v něm rychle zorientovat a správně vyhodnotit získávaná data. Zajímavou vlastností ScanMaster-ELM je rovněž možnost nastavení jazykové verze dle požadavků uživatele. Mezi podporovanými jazyky nechybí ani čeština, což je po mnoha zkušenostech s anglicky a německy komunikujícími programy více než příjemné zjištění.

Po spuštění programu je rovnou zobrazena přihlašovací karta "Start", kde můžeme zadat příkaz ke spuštění komunikace s vozem. Celý průběh přihlašování je zde podrobně vypisován a díky tomu je možno ihned zjistit kde vznikla chyba v případě neúspěšného spojení. Ze získaných poznatků je pak možno zvolit správný postup při dolaďování vyvíjeného hardware. Další záložky jsou pak znázorněním diagnostických dat dle normou definovaných módů uvedených v tabulce *Tab. 2.2*. V záložce "Info o vozidle" tak najdeme specifikace vozu dle módu 09, funkci systému a rozpoznané řídicí jednotky dle módu 01 nalezneme v záložce "Stav systému", samozřejmě můžeme sledovat chybové kódy dle módů 03, 07 a 0A, Freeze Frame data dle módu 02, výsledky vyhodnocování plynů lambda sondou dle módu 05, testy módu 06 a 08. To vše je přehledně uspořádáno dle tematických kategorií. Dále následují záložky speciálních funkcí pro zvýšení přehlednosti sběru dat a jejich vyhodnocení. Měřené hodnoty mohou být zachycovány do tabulky pro uchování a pozdější

opětovné využití nebo mohou být přenášeny do přehledně zpracovaných grafů. V každém grafu máme možnost sledovat velké množství přednastavených veličin, jako například teplotu chladicí kapaliny, teplotu nasávaného vzduchu, zátěž motoru, předstih atd. z nichž můžeme samozřejmě vybírat i v průběhu zachytávání dat. V souvislosti s přehledností a uživatelským komfortem došli tvůrci až tak daleko, že lze v kartě zobrazení aktuálních hodnot měnit vlastnosti písma a číselných výsledků, tedy jejich velikost, styl a barvu. V záložce PID konfigurace pak máme k dispozici výpis všech možných PID a také zvýraznění PID aktuálně užívaných. Každou položku tohoto seznamu je rovněž možno modifikovat dle aktuálních potřeb uživatele, můžeme například nastavit systém jednotek u každé položky zvlášť, nebo definovat hraniční hodnoty pro zobrazované grafy atd. Na poslední záložce pak můžeme obdobně jako v předchozím případě podrobit automobil výkonovému testu, jehož výsledky nám přiblíží vlastnosti motoru týkající se dosažitelného zrychlení a krouticího momentu. Předpokladem jsou však alespoň základní znalosti o konstrukčních parametrech testovaného vozu. V případě zájmu zde můžeme také provést rychlostní test zaznamenávající dosaženou rychlost v přesně stanovených časových okamžicích. V horní liště nástrojů pak lze najít tlačítko pro spuštění okna Terminal nebo pro měření spotřeby paliva. Další funkce umožňují mimo jiné například nastavit grafické zpracování oken programu pomocí předem vytvořených barevných profilů (skiny).



Obr. 3.6: ScanMaster-ELM - připojení a měření vybraných veličin

4. ZÁVĚR

Tato práce řeší kompletní návrh systému zajišťujícího možnost diagnostiky libovolného automobilu vybaveného komunikačním rozhraním OBDII pomocí bezdrátového komunikačního standardu ZigBee v součinnosti s hardwarovým řešením XBee za využití univerzálního OBDII diagnostického čipu ELM327.

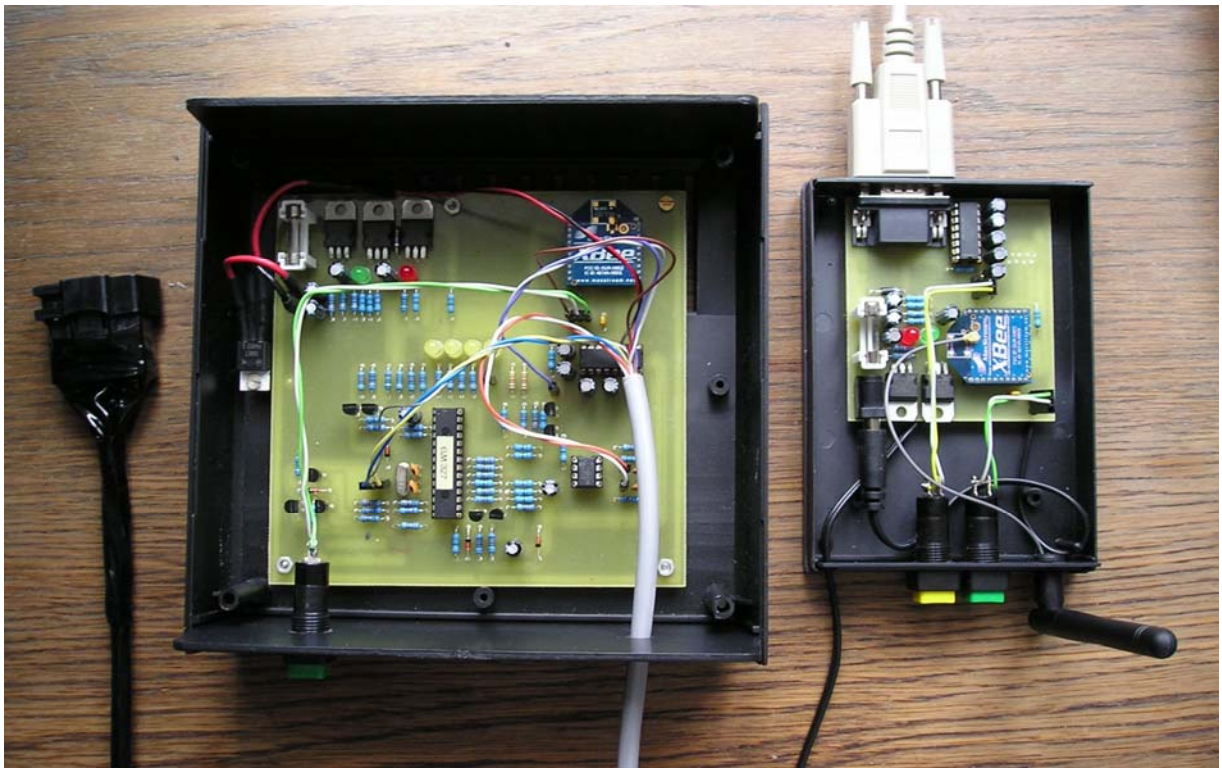
V úvodu práce jsme se seznámili s teoretickými informacemi o používaných součástech, objasnili princip jejich funkce a udali směr, kterým se při řešení projektu vydáme. Seznámili jsme se s diagnostickým komunikačním rozhraním OBDII a objasnili jsme princip jeho funkce, jakým způsobem dochází ke komunikaci, jaké jsou její druhy z pohledu použitých signálů a sběrnic. Dále jsme ukázali fyzickou realizaci používaných konektorů a popsali zapojení jednotlivých pinů konektoru s ohledem na používaný druh komunikace. Po sléze jsme připomenuli vlastnosti a možnosti komunikačního standardu ZigBee a jeho využití pojaté firmou MaxStream v podobě čipů XBee a XBeePro. Objasnili jsme způsob

komunikace čipů, způsob posílání užitečných dat a samozřejmě možnosti nastavení těchto obvodů, realizaci zmíněného nastavení pomocí MaxStream OEM modulů a ve výsledku i samotné zapojení čipů v navrhovaném systému OBDII2XBee. Z teoretického hlediska byl rovněž rozebrán obvod ELM327 dodávaný firmou ELM Electronics. Zjistili jsme, jak obvod ve skutečnosti vypadá, jaký význam mají jeho jednotlivé piny, dále pak jakým způsobem se dá obvod ovládat pomocí AT příkazů, jakým způsobem komunikuje s rozhraním OBDII, jaký problém může nastat v případě komunikace se sběrnicí CAN, jak jsou předávána data okolnímu prostředí, například do PC a jakým způsobem je zapotřebí postupovat při jeho praktickém využití.

Druhá část práce byla zaměřena na návrh a praktickou realizaci systému OBDII2XBee. Zde byla vytvořena bloková schémata jednotlivých součástí výsledného systému. Byla sestavena schémata zapojení dle těchto bloků a do těchto schémat byly zahrnuty klíčové součástky ELM327, XBee a XBeePro. Po úspěšném opatření těchto součástek byly navrhnuty a vyrobeny DPS. Tyto desky byly následně proměřeny a zkontrolovány proti chybám, osazeny zmíněnými obvody a aplikovány do plastových ochranných krytů za účelem minimalizace poškození elektronického systému při pokusném měření.

V poslední části byla zaměřena pozornost na praktická měření s vytvořeným bezdrátovým systémem, byly zjištěny výhody systému i nevýhody komunikace s vozem týkající se jejího řízení. Byly formulovány nové požadavky na vylepšení funkce a zefektivnění práce s OBDII2XBee. Na základě těchto nových požadavků bylo uskutečněno testování vhodných řídicích programů, které by mohly pomoci rozšířit využití systému. Důraz byl kladen na přehlednost programu, snadné ovládání, užitečné diagnostické a interpretační funkce a nástroje. Činnost všech těchto nástrojů zkoumaných programů byla podrobně nastudována a vždy byla ověřena vhodnost použití programu v součinnosti s realizovaným hardware.

Výsledkem této práce je tedy samostatně fungující zařízení, které dokáže z automobilové sběrnice získat potřebná data, tato bezdrátově přenést na kratší vzdálenost, opět je zachytit a interpretovat. Využití tohoto zařízení pak může být například v moderních autoservisech při zjišťování závad na voze nebo na testovacích okruzích při vývoji nových technologií. Do budoucna by bylo možné zaměřit se na rozšíření možností přijímače, například o ethernetové rozhraní, jak bylo v textu zmíněno a v návrhu DPS respektováno.



Obr. 4.1: Výsledný produkt

Literatura

[1] ZATLOUKAL, M. *Implementace ZigBee zařízení v automobilovém průmyslu*: Brno: FEKT VUT v Brně, 2008.

[2] Oficiální web ZigBee Alliance http://www.zigbee.org

[3] Hardware.cz, http://www.hw.cz

[4] MaxStream, Inc.: *XBee manual* a *X-CTU manual* dostupné na http://www.maxstream.net

[5] GES Electronics – elektronické součástky, katalogy, http://www.ges.cz

[6] GM Electronic – elektronické součástky, katalogy, http://www.gme.cz

[7] Wikipedie – otevřená encyklopedie, http://www.wikipedia.org

[8] The OBD II Home Page – web pojednávající o problematice OBD II, http://www.obdii.com

[9] http://www.obd.ec.cz – stránky dodavatele diagnostického příslušenství

[10] http://www.motordiag.cz – pojednání o diagnostice automobilů

[11] MicroController Pros Corporation – http://www.microcontrollershop.com

[12] ELM Electronics - http://www.elmelectronics.com

[13] Microchip - http://www.microchip.com

[14] Lantronix - http://www.lantronix.com

[15] Mp3car - http://www.mp3car.com

[16] Papouch - http://www.papouch.com

[17] Diagnostika - http://www.eshop-rychle.cz/diagnostika-cz

[18] OBDII - http://www.myscantool.com

[19] Převod jednotek - http://www.mathsisfun.com

[20] Renault - http://www.renault.com

[21] PSA Peugeot Citroën - http://www.psa-peugeot-citroen.com

[22] Manuály - http://safemanuals.com

[23] Palmer Performance Engineering - http://www.palmerperformance.com

[24] Informace o automobilech - http://magazin.auto.cz

[25] Prodejce diagnostického software - http://www.wgsoft.de

[26] Diagnostické systémy - http://auta-autobazary.profi-bazar.cz/diagnostika-servis-naradi

[27] Diagnostické systémy - http://www.obd-diag.de

[28] Diagnostické systémy - http://www.obdpros.com

[29] Diagnostické systémy - http://www.glmsoftware.com

[30] Diagnostický software - http://www.obdallinone.com

Seznam symbolů a zkratek

API	Application Programming Interface	Programové rozhraní aplikace
BT	Bluetooth	"modrozub" - bezdrátová technologie připojení periferií v ISM pásmu
CAN	Controller Area Network	Standard sběrnicové komunikace
CAP	Contention Access Period	Část komunikačního rámce
CARB	California Air Resources Board	Kalifornská rada pro nakládání s ovzduším
CE	Coordinator Enable	Volba typu uzlu
CFP	Contention Free Period	Část komunikačního rámce
CTS	Clear To Send	Příznak odesílání dat
DH	Destination Adress High	Část cílové adresy
DI	Data Input	Datový vstup
DL	Destination Adress Low	Část cílové adresy
DO	Data Output	Datový výstup
ED	End Device	Koncové zařízení
EPA	Enviromental Protection Agency	Agentura pro ochranu životního prostředí (USA)
FC	Flow Control	Kontrola datového toku
FFD	Full Function Device	Plně funkční zařízení
GM	General Motors	Koncern výrobců automobilů (USA)
GND	Ground	Uzemnění
GPRS	General Packet Radio System	Obecný paketový rádiový systém
GPS	Global Positioning System	Systém pro určování polohy
GSM	Global System for Mobile communications	Systém pro mobilní komunikace
GTS	Guaranteed Time Slots	Část komunikačního rámce
HW	Hardware	Hardware
CH	Channel	Kanál
IO	Integrovaný Obvod	
ISM	Industrial, Scientific, Medical band	Označení bezlicenčního rádiového pásma
LAN	Local Area Network	Místní síť
LED	Light Emitting Diode	Dioda vyzařující světlo
MM	MAC Mode	Typ funkce XBee zařízení
OBDII	On Board Diagnostic System II	Standard palubní diagnostiky motorových vozidel
OEM	Original Equipment Manufacturer	V případě software se termín používá pro variantu společného prodeje s vybraným hardware
PAN	Personal Area Network	Osobní síť
PC	Personal Computer	Osobní počítač
PL	Power Level	Výkonová úroveň
PWM	Pulse Width Modulation	Pulzně šířková modulace
RFD	Reduced Function Device	Zařízení s omezenou funkcí
RTS	Request To Send	Příznak požadavku na odeslání dat

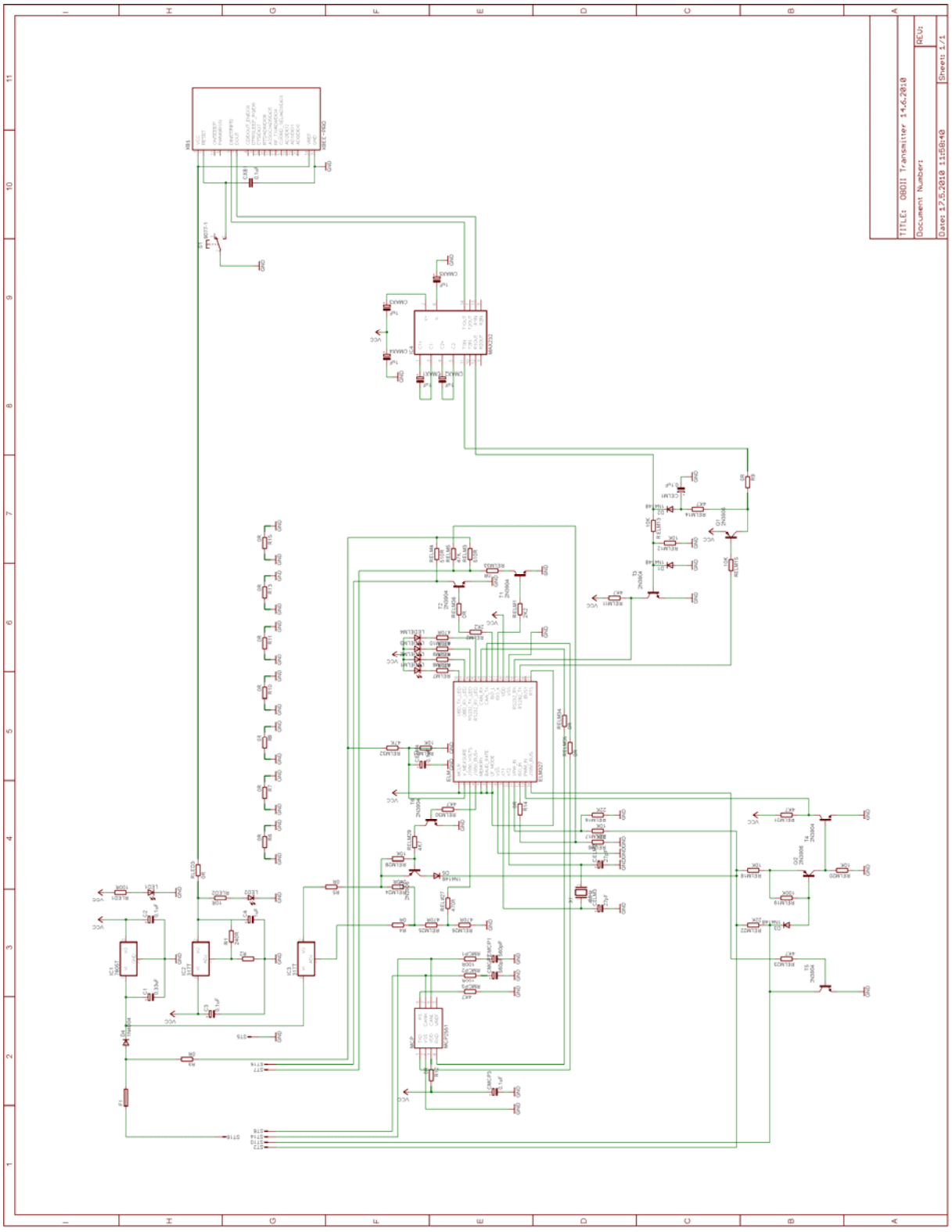
ŘJ	Controller Unit	Řídicí Jednotka
SAE	Society of Automotive Engineers	Sdružení automobilových výrobců (USA)
SM	Sleep Mode	Stav spánku
SW	Software	Programové vybavení
UMTS	Universal Mobile Telephone Standard	Nástupce mobilní sítě GSM umožňující rychlý přenos dat.
VPW	Variable Pusle Width	Proměnná šířka impulzů

Seznam příloh

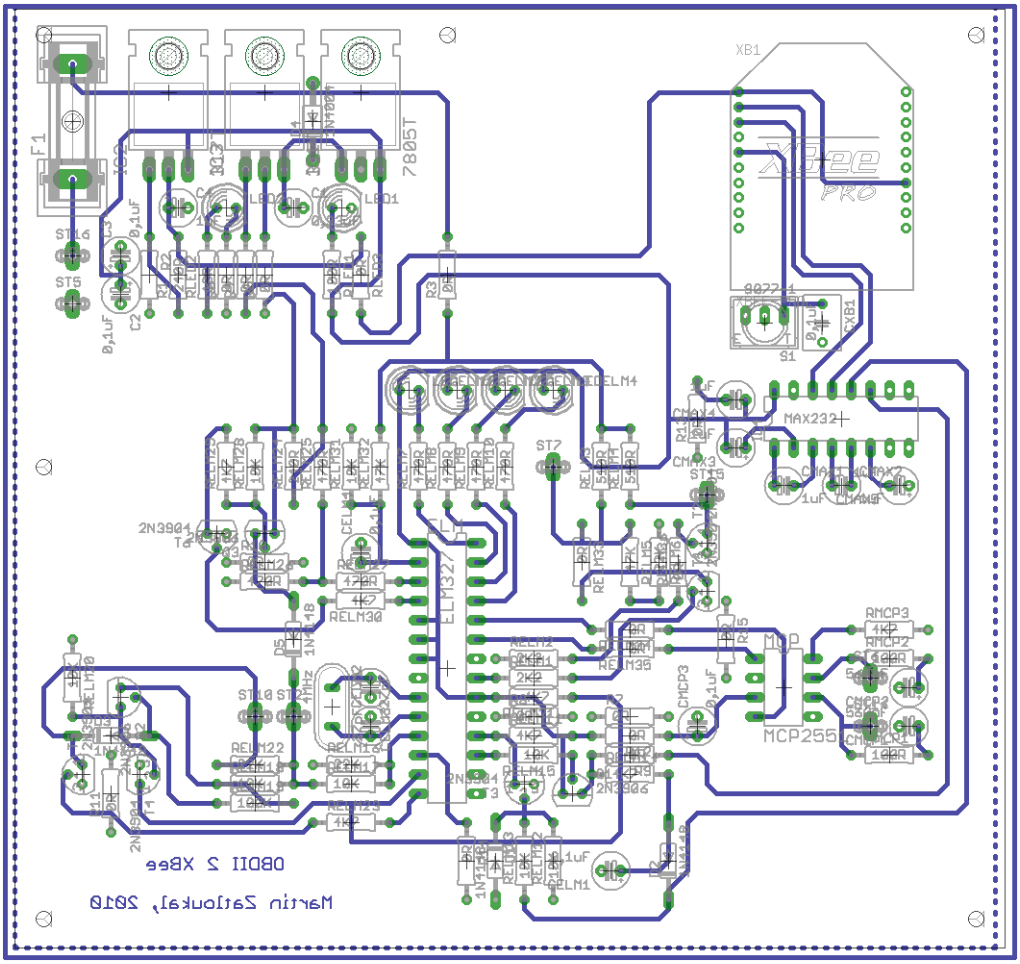
A Transmitter 45
A.1 Schéma zapojení 45
A.2 DPS 46
A.3 Partlist 47
B Receiver 49
B.1 Schéma zapojení 49
B.2 DPS 50
B.3 Šablona pro výrobu DPS 50
B.4 Partlist 51
C ELM 327 AT příkazy 52

A TRANSMITTER

A.1 Schéma zapojení



A.2 DPS


OBDII 2 XBee
Martin Zatloukal, 2012
XB1
MAX232
MCP2551
7805T
F1
ELM327

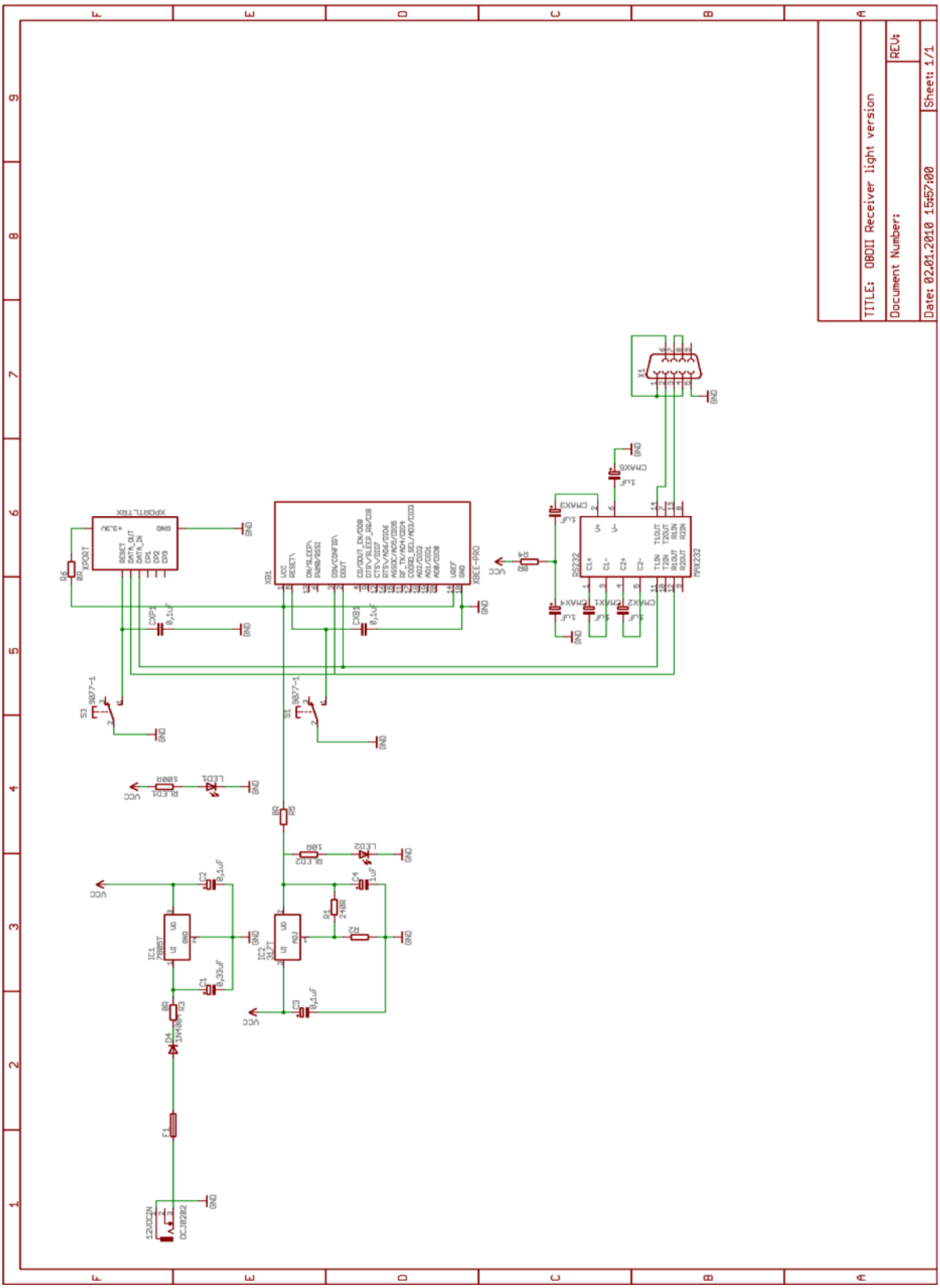
A.3 Partlist

Part	Value	Device	Package	Library	Sheet
C1	0,33uF	CPOL-EUE2.5-5	E2,5-5	rcl	1
C2	0,1uF	CPOL-EUE2.5-5	E2,5-5	rcl	1
C3	0,1uF	CPOL-EUE2.5-5	E2,5-5	rcl	1
C4	1uF	CPOL-EUE2.5-5	E2,5-5	rcl	1
CELM1	0,1uF	CPOL-EUE2.5-5	E2,5-5	rcl	1
CELM2	27pF	CPOL-EUE2.5-5	E2,5-5	rcl	1
CELM3	27pF	CPOL-EUE2.5-5	E2,5-5	rcl	1
CELM4	0,1uF	CPOL-EUE2.5-5	E2,5-5	rcl	1
CMAX1	1uF	CPOL-EUE2.5-5	E2,5-5	rcl	1
CMAX2	1uF	CPOL-EUE2.5-5	E2,5-5	rcl	1
CMAX3	1uF	CPOL-EUE2.5-5	E2,5-5	rcl	1
CMAX4	1uF	CPOL-EUE2.5-5	E2,5-5	rcl	1
CMAX5	1uF	CPOL-EUE2.5-5	E2,5-5	rcl	1
CMCP1	560pF	CPOL-EUE2.5-5	E2,5-5	rcl	1
CMCP2	560pF	CPOL-EUE2.5-5	E2,5-5	rcl	1
CMCP3	0,1uF	CPOL-EUE2.5-5	E2,5-5	rcl	1
CXB1	0,1uF	C-EU050-050X075	C050-050X075	rcl	1
D1	1N4148	1N4148	DO35-10	diode	1
D2	1N4148	1N4148	DO35-10	diode	1
D3	1N4148	1N4148	DO35-10	diode	1
D4	1N4004	1N4004	DO41-10	diode	1
D5	1N4148	1N4148	DO35-10	diode	1
ELM	ELM327	ELM327	DIL28-3	ELM327	1
F1		GSH15	GSH15	fuse	1
IC1	7805T	7805T	TO220H	linear	1
IC2	317T	317T	TO220H	linear	1
IC3	317T	317T	TO220H	linear	1
IC4	MAX232	MAX232	DIL16	maxim	1
LED1		LED5MM	LED5MM	led	1
LED2		LED5MM	LED5MM	led	1
LEDELM1		LED5MM	LED5MM	led	1
LEDELM2		LED5MM	LED5MM	led	1
LEDELM3		LED5MM	LED5MM	led	1
LEDELM4		LED5MM	LED5MM	led	1
MCP	MCP2551	MCP2551	DIL8	ELM327	1
OBDII-IN		MA08-2	MA08-2	con-lstb	1
Q1	2N3906	2N3906	TO92D	transistor-small-sig	1
Q2	2N3906	2N3906	TO92D	transistor-small-sig	1
Q3	2N3906	2N3906	TO92D	transistor-small-sig	1
R1	240R	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
R2		R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RELM1	2K2	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RELM2	2K2	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RELM3	510R	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RELM4	510R	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RELM5	47K	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RELM6	22K	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1

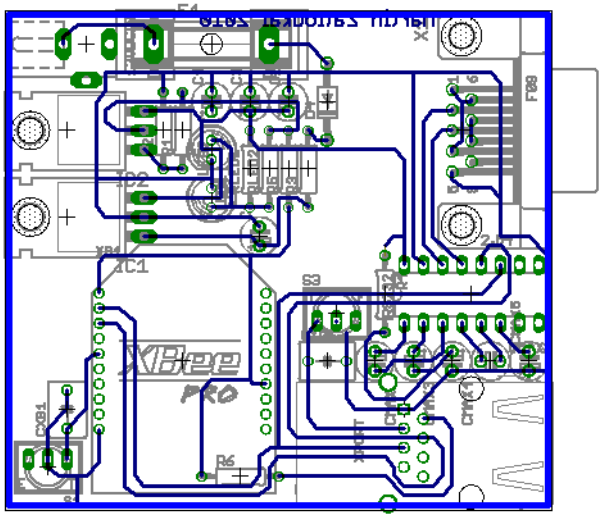
RELM7	470R	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RELM8	470R	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RELM9	470R	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RELM10	470R	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RELM11	4K7	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RELM12	10K	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RELM13	10K	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RELM14	4K7	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RELM15	10K	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RELM16	22K	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RELM17	10K	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RELM18	10K	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RELM19	100K	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RELM20	10K	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RELM21	4K7	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RELM22	22K	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RELM23	4K7	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RELM24	240R	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RELM25	470R	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RELM26	470R	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RELM27	470R	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RELM28	10K	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RELM29	4K7	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RELM30	4K7	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RELM31	10K	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RELM32	47K	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RLED1	100R	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RLED2	10R	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RMCP1	100R	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RMCP2	100R	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RMCP3	4K7	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
S1	9077-1	9077-1	9077-1	switch-misc	1
T1	2N3904	2N3904	TO92	transistor	1
T2	2N3904	2N3904	TO92	transistor	1
T3	2N3904	2N3904	TO92	transistor	1
T4	2N3904	2N3904	TO92	transistor	1
T5	2N3904	2N3904	TO92	transistor	1
T6	2N3904	2N3904	TO92	transistor	1
X1	4MHz	XTAL/S	QS	special	1
XB1	XBEE-PRO	XBEE-PRO	XBEE-PRO	maxstream	1

B RECEIVER

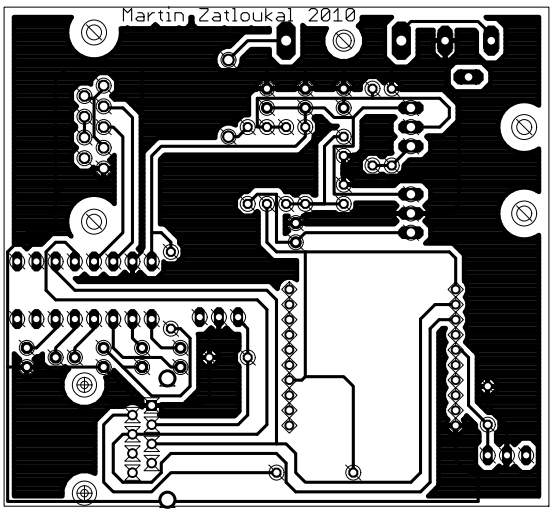
B.1 Schéma zapojení



B.2 DPS



B.3 Šablona pro výrobu DPS



B.4 Partlist

Part	Value	Device	Package	Library	Sheet
12VDCIN	DCJ0202	DCJ0202	DCJ0202	con-jack	1
C1	0,33uF	CPOL-EUE2.5-5	E2,5-5	rcl	1
C2	0,1uF	CPOL-EUE2.5-5	E2,5-5	rcl	1
C3	0,1uF	CPOL-EUE2.5-5	E2,5-5	rcl	1
C4	1uF	CPOL-EUE2.5-5	E2,5-5	rcl	1
CMAX1	1uF	CPOL-EUE2.5-5	E2,5-5	rcl	1
CMAX2	1uF	CPOL-EUE2.5-5	E2,5-5	rcl	1
CMAX3	1uF	CPOL-EUE2.5-5	E2,5-5	rcl	1
CMAX4	1uF	CPOL-EUE2.5-5	E2,5-5	rcl	1
CMAX5	1uF	CPOL-EUE2.5-5	E2,5-5	rcl	1
CXB1	0,1uF	C-EU050-050X075	C050-050X075	rcl	1
CXP1	0,1uF	C-EU050-050X075	C050-050X075	rcl	1
D4	1N4004	1N4004	DO41-10	diode	1
F1		GSH15	GSH15	fuse	1
IC1	7805T	7805T	TO220H	linear	1
IC2	317T	317T	TO220H	linear	1
LED1		LED5MM	LED5MM	led	1
LED2		LED5MM	LED5MM	led	1
R1	240R	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
R2		R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
R3	0R	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
R4	0R	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
R5	0R	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
R6	0R	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RLED1	100R	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RLED2	10R	R-EU_0207/10	0207/10	rcl	1
RS232	MAX232	MAX232	DIL16	maxim	1
S1	9077-1	9077-1	9077-1	switch-misc	1
S3	9077-1	9077-1	9077-1	switch-misc	1
X1		F09H	F09H	con-subd	1
XB1	XBEE-PRO	XBEE-PRO	XBEE-PRO	maxstream	1
XPORT	XPORTLTRX	XPORTLTRX	XPORT	xport	1

C ELM 327 AT PŘÍKAZY

General Commands

<CR>	repeat the last command
BRD hh	trv Baud Rate Divisor hh
BRT hh	set Baud Rate Timeout
D	set all to Defaults
E0, E1	Echo Off/On
FE	Forget Events
I	print the version ID
L0, L1	Linefeeds Off/On
M0, M1	Memory Off/On
WS	Warm Start (quick software reser)
Z	reset all
@1	display the device description
@2	display the device identifier
@3	store the device identifier

Programmable Parameter Commands

PP xx OFF	disable Prog Parameter xx
PP FF OFF	all Prog Parameters Off
PP xx ON	enable Prog Parameter xx
PP FF ON	all Prog Parameters On
PP xx SV yy	for PP xx, Set the Value to yy
PPS	print a PP Summary

Voltage Reading Commands

CV dddd	Calibrate the Voltage to dd.dd volts
RV	Read the Voltage

OBD Commands

AL	Allow Long (> byte) message
AR	Automatically Receive
AT0, 1, 2	Adaptive Timing Off. Auto1. Auto2
BD	perform a Buffer Dump

BI	Bypass the Inicialization sequence
DP	Descrive the current Protocol
DPN	Describe the Protocol by Number
H0, H1	Headers Off/On
MA	Monitor All
MR hh	Monitor for Receiver = hh
MT hh	Monitor fot Transmitter = hh
NL	Normal Length messages
PC	Protocol Close
R0, R1	Responses Off/On
RA hh	set the Receive Address to hh
S0, S1	printing of Spaces Off/On
SH xvz	Set Header to xvz
SH xxyyzz	Set Header to xxyyzz
SP h	Set Protocol to h and save it
SP Ah	Set Protocol to Auto, h and save it
SR hh	Set the Receive address to hh
ST hh	Set Timeout to hh x 4 msec
TP h	Try Protocol h
TP Ah	Try Protocol h with Auto search

J1850 Specific Commands

IFR0, 1, 2	IFRs Off/Auto/On
IFR H, S	IFR value from Header/Source

ISO Specific Commands

IB10	Set the ISO Baud rate to 10400
IB96	Set the ISO Baud rate to 9600
IIA hh	Set the ISO (slow) Init Address to hh
KW	display the Key Words
KW0, KW1	Key Word checking Off/On
SW hh	Set Wakeup interval to hh x 20 msec
WM [1-6 bytes]	Set the Wakeup Message

CAN Specific Commands

CAF0, CAF1	Automatic Formating Off/On
CF hhh	set the ID Filter to hhh
CF hhhhhhhh	set the ID Filter to hhhhhhhh
CFC0, CFC1	Flow Controls Off/On
CM hhh	set the ID Mask to hhh
CM hhhhhhhh	set the ID Mask to hhhhhhhh
CP hh	set CAN Priority to hh (29 bit)
CRA hhh	set CAN Receive Address to hhh
CRA hhhhhhhh	set the CAN Address to hhhhhhhh
CS	show the CAN Status counts
D0, D1	display of the DLC Ogg/On
FC SM h	Flow Control, Set the Mode to h
FC SH hhh	FC Set the Header to hhh
FC SH hhhhhhhh	FC Set the Header to hhhhhhhh
FC SD [1-5 bytes]	FC Set Data to [...]
RTR	send an RTR message
V0, V1	use of Variable DLC Off/On

J1939 CAN Specific Commands

DM1	Monitor for DM1 messages
JE	use J1939 Elm data format
JS	use J1939 SAE data format
MP hhhh	Monitor for PGN 0hhhh
MP hhhhhh	Monitor for PGN hhhhhh