

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Brno, 2019

Bc. Juraj Tuchyňa



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

## ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

## BEZDRÁTOVÝ PŘENOS DIAGNOSTICKÝCH DAT Z AUTOMOBILU

WIRELESS TRANSMISSION OF DIAGNOSTIC DATA FROM THE VEHICLE

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Juraj Tuchyňa

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Ondřej Krajsa, Ph.D.

BRNO 2019



# Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor **Telekomunikační a informační technika**

Ústav telekomunikací

**Student:** Bc. Juraj Tuchyňa

**ID:** 173767

**Ročník:** 2

**Akademický rok:** 2018/19

## NÁZEV TÉMATU:

### Bezdrátový přenos diagnostických dat z automobilu

## POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Navrhněte a realizujte zařízení pro bezdrátový přenos diagnostických dat z automobilu se záznamem polohy. Data budou uložena na externím serveru. Proveďte analýzu používaných protokolů a možnost přenosu dat do sítě Internet. Jako komunikační rozhraní využijte WiFi a mobilní síť.

## DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] BAEK, Sung-Hyun a Jong-Wook JANG. Implementation of integrated OBD-II connector with external network. Information Systems [online]. Elsevier, 2015, 50, 69-75 [cit. 2018-09-21]. DOI: 10.1016/j.is.2014.06.011. ISSN 0306-4379.

[2] MALEKIAN, Reza, Ntefeng Ruth MOLOISANE, Lakshmi NAIR, B. T. MAHARAJ a Uche A. K. CHUDE-OKONKWO. Design and Implementation of a Wireless OBD II Fleet Management System. Sensors Journal, IEEE [online]. USA: IEEE, 2017, 17(4), 1154-1164 [cit. 2018-09-21]. DOI: 10.1109/JSEN.2016.2631542. ISSN 1530-437X.

**Termín zadání:** 1.2.2019

**Termín odevzdání:** 16.5.2019

**Vedoucí práce:** Ing. Ondřej Krajsa, Ph.D.

**Konzultant:**

**prof. Ing. Jiří Mišurec, CSc.**  
*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.

## **Abstrakt**

Cieľom tejto práce je teoretická analýza používaných protokolov v súčasnom štandarde motorových vozidiel OBD II. Taktiež spracovanie diagnostických dát a ich následná interpretácia. V rámci práce navrhujeme zariadenie pre bezdrôtový prenos diagnostických dát z automobilu prostredníctvom siete Internet a analyzujeme možnosti prenosu do tejto siete. Spracované dáta budeme následne ukladať na vzdialenom externom serveri. Toto zariadenie následne prakticky skonštruujeme a programovo oživíme.

## **Kľúčové slová**

diagnostika automobilov, OBD II, protokoly, prenos dát, GSM, Internet, radiaca jednotka

## **Abstract**

The main purpose of this project is to analyse used protocols in vehicles available under the OBD II specifications. In the project we will also focus on processing diagnostic data. We will design device for vehicle diagnostic. This device will be able to send processed data on external web server via Internet network. Obtained data will be saved on data server. Building of functional receiver will be the major part of master's thesis.

## **Key words**

vehicle diagnostic, OBD II, protocols, data transfer, GSM, Internet, ECU

TUCHYŇA, Juraj. Bezdrátový přenos diagnostických dat z automobilu [online]. Brno, 2019 [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/118161>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav telekomunikací. Vedoucí práce Ondřej Krajsa.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma „Bezdrátový přenos diagnostických dat z automobilu“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce 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 diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne 17.05.2019

podpis autora

Výzkum popsáný v této diplomové práci byl realizován v laboratořích podpořených projektem Centrum sensorických, informačních a komunikačních systémů (SIX); registrační číslo CZ.1.05/2.1.00/03.0072, operačního programu Výzkum a vývoj pro inovace.

## **POĎAKOVANIE**

Rád by som poďakoval vedúcemu diplomovej práce pánovi Ing. Ondrejovi Krajsovi, Ph.D. za odborné vedenie, konzultácie, trpezlivosť a podnetné návrhy k práci.

Brno 17. máj 2019

podpis autora



# OBSAH

Úvod.....	13
<b>Materiál a metodika.....</b>	<b>14</b>
<b>1 Charakteristika štandardu OBD II.....</b>	<b>15</b>
1.1 Zapojenie a rozmiestnenie pinov OBD II konektora.....	16
1.2 Chybové hlásenia.....	17
1.2.1 Štruktúra chybových kódov.....	20
1.2.2 Formát chybových kódov.....	21
<b>2 Komunikačné zbernice a protokoly automobilov.....</b>	<b>23</b>
<b>3 Zbernica CAN-BUS.....</b>	<b>25</b>
3.1 Fyzická vrstva.....	26
3.2 Analýza napät'ových úrovní.....	27
3.3 Linková vrstva.....	28
3.4 Dátový rámec CAN protokolu.....	29
<b>4 Zbernica SAE J1850.....</b>	<b>32</b>
4.1 Porovnanie šírkových modulácií.....	34
4.2 Dátový rámec protokolu SAE J1850.....	35
<b>5 Zbernica LIN.....</b>	<b>36</b>
5.1 Rámec správy zbernice LIN.....	38
<b>6 Plánovaný návrh diagnostického zariadenia.....</b>	<b>39</b>
6.1 Možnosť prenosu dát do siete Internet.....	40

<b>7 Praktická realizácia.....</b>	<b>42</b>
7.1.1 Funkčné bloky – komunikačný obvod ELM327P.....	43
7.1.2 Funkčné bloky – modul SIM808.....	45
7.1.3 Funkčné bloky – WiFi modul ESP8266.....	47
7.1.4 Funkčné bloky – mikrokontrolér ATMEGA 2560.....	49
7.1.5 Funkčné bloky – USB prevodník FT321XS.....	50
7.1.6 Funkčné bloky – Stabilizátor napätia LM22676.....	52
7.2 Zdrojový kód a ukladanie dát na web server.....	53
<b>8 Konštrukčné vyhotovenie.....</b>	<b>55</b>
8.1 Cenová kalkulácia zariadenia.....	56
<b>Záver.....</b>	<b>59</b>
<b>Literatúra.....</b>	<b>61</b>
<b>Zoznam skratiek.....</b>	<b>63</b>
<b>Zoznam príloh.....</b>	<b>65</b>

## ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. č. 1 16 pinový OBD II konektor vozidla Škoda Octavia.....	15
Obr. č. 2 Rozmiestnenie pinov OBD II konektora.....	16
Obr. č. 3 Typy chybových signalizácií riadiacej jednotky motora.....	19
Obr. č. 4 Formát chybového kódu DTC podľa OBD II štandardu.....	22
Obr. č. 5 Porovnanie počtu použitých vodičov pri CAN-BUS zbernici.....	23
Obr. č. 6 Napäťové úrovne vodičov CAN-BUS zbernice.....	27
Obr. č. 7 Princíp Bit Stuffingu pri kódovaní CAN – BUS.....	29
Obr. č. 8 Kompletná štruktúra dátového poľa CAN protokolu.....	29
Obr. č. 9 Reprézntácia logických hodnôt v aktívnom stave.....	33
Obr. č. 10 Reprézntácia logických hodnôt v pasívnom stave.....	34
Obr. č. 11 Polia dátového rámcu protokolu SAE J1850.....	35
Obr. č. 12 Usporiadanie prvkov typu master a slave na zbernici LIN.....	37
Obr. č. 13 Rámec správy MASTER prvku zbernice LIN.....	38
Obr. č. 14 Rámec správy SLAVE prvku zbernice LIN.....	38
Obr. č. 15 Bloková schéma bezdrôtového diagnostického zariadenia.....	39
Obr. č. 16 Zapojenie pinov modulu SIM 808.....	41
Obr. č. 17 Schéma zapojenia komunikačnej časti s obvodom ELM327.....	43
Obr. č. 18 Schéma zapojenia modulu SIM808.....	46
Obr. č. 19 Schéma zapojenia bezdrôtového modulu ESP8266.....	48

Obr. č. 20 Schéma zapojenia mikrokontroléra ATMEGA 2560.....	49
Obr. č. 21 Schéma zapojenia prevodníka FT231XS.....	51
Obr. č. 22 Schéma zapojenia napáťového stabilizátora LM22676.....	52
Obr. č. 23 Vývojový diagram zdrojového kódu mikrokontroléra.....	53
Obr. č. 24 Ukážka vyhotovenia a osadenia dosky plošného spoja.....	55

## **ZOZNAM TABULIEK**

Tab. č. 1 Očíslované usporiadanie jednotlivých pinov OBD II rozhrania.....	16
Tab. č. 2 Využitie protokolov jednotlivých výrobcov motorových vozidiel....	17
Tab. č. 3 Maximálna prenosová rýchlosť zbernice CAN-BUS.....	26
Tab. č. 4 Doporučené prenosové rýchlosti na zbernici LIN.....	37
Tab. č. 5 Porovnanie parametrov dkomunikačných modulov SIMTec.....	41
Tab. č. 6 Súpis a cenová kalkulácia súčiastok.....	57

## Úvod

V súčasnosti môžeme konštatovať, že automobilový priemysel patrí k pomerne dynamicky rozvíjajúcemu sa odvetviu. Už dávno neplatia fámy z minulosti, ktoré vytvárali v podvedomí u väčšiny populácie obraz názoru, že vozidlá sú len „kopa železa a plastov“. Tento fakt vyvracia najmä skutočnosť, že dnes už aj človek netechnického zamerania si je vedomý veľkej hustoty integrácie elektroniky nielen vo výrobnjej sfére automobilového priemyslu ale aj v samostatných automobiloch, pokiaľ sa bavíme o novodobých moderných vozidlách.

Avšak, postupne s enormne rozvíjajúcou sa implementáciou elektroniky vo vozidlách, nastával otázka kontroly a riadenia týchto systémov. Zvyšovaním zastúpenia elektronických systémov v automobile sa zvyšuje aj ich celková náročnosť a zložitosť. V takomto prípade môžeme usúdiť, že aj pravdepodobnosť rizika poruchy v týchto systémoch sa zvyšuje. Toto potenciálne riziko poruchy je potrebné vedieť nejakým spôsobom kontrolovať. Z tohto dôvodu začali jednotliví výrobcovia motorových vozidiel začiatkom 90.rokov 20-teho storočia implementovať možnosť diagnostiky elektronických systémov vozidiel pri servisných úkonoch. Na začiatkoch rozmachu presadzovania elektroniky v automobiloch vznikali prvé elektronické systémy, ktoré zabezpečovali manažment chodu motoru, inak nazývané riadiaca jednotka motora. Tento progres bol dôvodom zavedenia palubnej diagnostiky v automobilovom priemysle. Z počiatku mala palubná diagnostika jednoduché opodstatnenie a to pomocou nej vedieť kontrolovať a vyhodnocovať aktuálne merané a hodnoty. Jednotliví výrobcovia začali vyvíjať a používať vlastné proprietárne protokoly, ktoré mali vlastný štandard. Z týchto protokolov postupne vznikali ďalšie verzie. Toto bola veľká nevýhoda pre servisné strediská, ktoré sa špecializovali na opravy a údržbu rôznych typov značiek vozidiel, z dôvodu nutnosti potreby vlastniť diagnostické zariadenie pre každého výrobcu jednotlivo.

O pár rokov neskôr začalo postupne dochádzať ku zjednoteniu formátu a príkazov týchto protokolov, čo viedlo aj k znižovaniu zložitosti a nákladov pri vývoji. Vznikol tak jednotný a ucelený súbor pravidiel a noriem označovaný pod pojmom On Board Diagnostic, v skratke známe pod pojmom OBD.

V súčasnej dobe sú vozidlá vybavené nielen elektronikou riadenia motora, ale aj mnohými ďalšími systémami, ktoré zabezpečujú ďalšie komfortné funkcie vozidla. Tieto elektronické riadiace systémy nielen rozširujú možnosti automobilov, ale takisto podporujú množstvo ďalších užitočných funkcií ako napríklad elektronické určenie prípadnej poruchy.

## **Materiál a metodika**

Cieľom tejto práce je priblíženie a oboznámenie sa s problematikou ohľadom načítania a následného spracovania diagnostických dát z automobilov širokej verejnosti. Prácu sme si rozdelili na 2 časti :

1. Zhromaždenie a štúdium materiálov za účelom získania potrebných informácií o danej problematike. Následná analýza jednotlivých protokolov používaných výrobcami motorových vozidiel rôznych značiek. Na záver zrealizujeme návrh praktického zariadenia, čo je predmetom semestrálnej práce.
2. Praktická realizácia, zostrojenie a programové oživenie prototypu funkčného zariadenia pre vyčítanie diagnostických dát z vozidla a následný bezdrôtový prenos dát do siete Internet.

V rámci praktickej realizácie funkčného prototypu použijeme zariadenie Arduino MEGA 2560, ktoré bude prepojené jednotlivými perifériami pre ovládanie a komunikáciu celého systému. Bezdrôtová komunikácia bude realizovaná prostredníctvom GSM/GPRS modulu SIM900a. Celé zariadenie bude prenášať diagnostické dáta získané z motorovej riadiacej jednotky prostredníctvom siete Internet a následne získané hodnoty ukladať na server. Ostatné periférie budú prepojené pomocou kontaktného poľa. Po úspešnom oživení zariadenia zhotovíme návrh plošného spoja, ktorý osadíme, oživíme a uložíme do montážnej krabičky.

# 1 Charakteristika štandardu OBD II

Z hľadiska zjednotenia požiadaviek na pripojenie, komunikačné protokoly a zbernice sa zaviedla norma, ktorú definuje názov pod pojmom On Board Diagnostic II, v praxi označovaná pod skratkou OBD II. Vývoj tohto štandardu iniciovala Americká organizácia EPA, ktorá presadila skutočnosť, že všetky osobné a menšie nákladné vozidlá vyrobené po roku 1996 musia spĺňať túto normu pri predaji na trhu v Spojených štátoch amerických. Následne toto rozhodnutie prijala aj Európska únia niekedy po roku 2000. Avšak tu sa stretáme s označením pod skratkou E-OBD II (European On Board Diagnostic II). Táto norma bola vyvinutá za účelom kontroly a získavania diagnostických dát akéhokoľvek vozidla, týkajúcich sa chodu motora a jeho spaľovania a s tým spojené emisie výfukových plynov motorových vozidiel.

Štandard OBD II je definovaný normami J1850, J1962, ďalej normou ISO9141 a 15765, na ktoré sa zameriame podrobnejšie v jednotlivých kapitolách. Veľmi dôležitý štandard OBD II je SAE J1962. Túto normu vyvinula spoločnosť automobilových inžinierov (Society of Automotive Engineers). Táto norma nám definuje a typizuje konkrétny konektor normy OBD II, ktorým je vybavené každé vozidlo po roku výroby 1996. Jedná sa typizovanú diagnostickú prípojku, ktorú tvorí 16 pinov. Táto diagnostická prípojka je umiestnená v interiéri každého vozidla ľahko prístupná z miesta vodiča. Na túto diagnostickú zásuvku môže byť pripojené diagnostické zariadenie, ktoré spĺňa tieto normy. Výhodou je, že môžeme použiť jedno diagnostické zariadenie pre rôzne značky motorových vozidiel. Po pripojení zariadenia do 16 pinového konektora vozidla zariadenie rozpozná o aký typ protokolu ide. Štandardizovaný 16 pinový OBD II konektor vozidla je znázornený na obrázku nižšie [1].

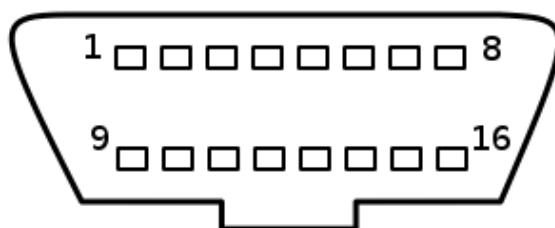


Obr. č. 1 16 pinový OBD II konektor vozidla Škoda Octavia



## 1.1 Zapojenie a rozmiestnenie pinov OBD II konektora

Na obrázku číslo 2 je znázornený diagram OBD II 16 pinového konektora spolu s popisom usporiadania a zapojenia jednotlivých pinov tohto konektora. Tento konektor a jeho zapojenie je zjednotené vo všetkých motorových vozidlách v Európskej únii po roku 2000.



Obr. č. 2 Rozmiestnenie pinov OBD II konektora [2]

V tabuľke číslo 1 je vzostupne spracovaný prehľad zapojenia jednotlivých vodičov štandardizovaného OBD II rozhrania.

Tab. č. 1 Očíslované usporiadanie jednotlivých pinov OBD II rozhrania

Pin číslo	Popis	Pin číslo	Popis
1	nešpecifikované	9	nešpecifikované
2	SAE J1850 (V)PWM BUS +	10	SAE J1850 PWM BUS -
3	nešpecifikované	11	nešpecifikované
4	Uzemnenie kostry GND	12	nešpecifikované
5	Uzemnenie signálov GND	13	nešpecifikované
6	ISO 15765 CAN Bus High	14	ISO 15765 CAN Bus Low
7	ISO 9141 K-line	15	ISO 9141 L-line
8	nešpecifikované	16	Napájanie +12V

Na pin číslo 16 je privedené trvalé napájanie z baterky vozidla, teda +12V a to aj po vypnutí zapalovania vozidla. Ďalej vodiče číslo 1, 3, 8, 9, 11, 12, 13 označené ako

nešpecifikované sú „rezervované“ pre jednotlivých výrobcov motorových vozidiel pre ich vlastné potreby. Zvyčajne pomocou nich si jednotlivé koncerny riešia proprietárnu komunikáciu, ktorá je doplnková.

Piny 4 a 5 sú ukostrovacie piny. Rozdiel medzi nimi tvorí fakt, že pin číslo 4 je napriamo ukostrený so šasami vozidla, teda na negatívny pól autobatérie, kdežto uzemnenie pre komunikáciu (pin číslo 5) s riadiacimi jednotkami je navrhnuté tak, aby bolo galvanicky oddelené od samotnej kostry vozidla. Je to najmä z dôvodu možného výskytu rušiacich elementov (zákmitov), ktoré môžu vznikajúť samotnými zariadeniami a súčiastkami v aute, ako napríklad alternátorom, rádiom alebo rôznymi vysokonapäťovými spínacími prvkami. Avšak aj napriek tomuto členeniu, mnoho automobiliek a výrobcov diagnostických zariadení z dôvodu šetrenia výrobných nákladov tieto dva piny premostí navzájom, či už na strane vozidla (napr. Ford, koncern Hyundai/Kia) alebo na strane konektora prípojky diagnostického zariadenia, takže ich účel stráca opodstatnenie. U popredných značiek prémiových výrobcov vozidiel (napr. Audi, Bmw, Mercedes) sa naopak môžeme spoľahnúť na hierarchiu zapojenia [24].

Zapojenie pinov 2, 6, 7, 10, 14, 15 definujú konkrétne tri protokoly (SAE J1850, ISO 15765, ISO 9141). Využitie samotných protokolov je odlišné v závislosti na výrobcovi automobilu. Najpoužívanejším protokolom pri diagnostike v automobilovom priemysle v súčasnosti je ISO 9141. Prehľad niektorých automobiliek, ktoré používajú vyčlenené protokoly sú zobrazené v tabuľke číslo 2.

Tab. č. 2 Využitie protokolov jednotlivých výrobcov motorových vozidiel

<b>Protokol</b>		
<b>SAE J1850</b>	<b>ISO 15765</b>	<b>ISO 9141</b>
Ford, Mazda, Chevrolet, Jeep, Isuzu, Pontiac, Cadillac, Buick, Oldsmobile, Saturn, Mercury, GMC	Audi, BMW, Citroen, Fiat, Honda, Hyundai, Jaguar, Kia, Land Rover, Mercedes, Mitsubishi, Nissan, Skoda, Renault, Peugeot	Alfa Romeo, Audi, Bentley, Bmw, Jaguar, Fiat, Honda, KIA, Land Rover, Mini, Mercedes, Opel, Porsche, Renault, Toyota, Volvo

V tejto tabuľke nie sú samozrejme uvedení všetci výrobcovia motorových vozidiel, ale len zopár z nich. V tabuľke číslo 2 si môžeme všimnúť, že niektoré vozidlá sú duplicitne uvedené v kolónke pre použitý protokol ISO 15765 a zároveň aj v kolónke protokolu ISO 9141. Toto duplicitné zobrazenie je zámerné, pretože protokol ISO 9141 približne od roku 2008 postupne nahradzuje nový protokol ISO 15765 ktorý komunikuje prostredníctvom CAN BUS zbernice [25].

## 1.2 Chybové hlásenia

V tejto kapitole si charakterizujeme a rozčleníme jednotlivé chybové hlásenia OBD štandardu a ich chybové kódy. V prípade ak riadiaca jednotka motora vo vozidle vyhodnotí nejaký signál zo sensoriky vozidla ako nesprávny, prípadne odchyľujúci sa od referenčných hodnôt, uloží tento stav ako chybové hlásenie v podobe chybového kódu. Toto chybové hlásenie sa uloží do EEPROM pamäte (najčastejšie používané z rodiny Microchip 93Cxx alebo STMicroelectronics 950xx) riadiacej jednotky motora.

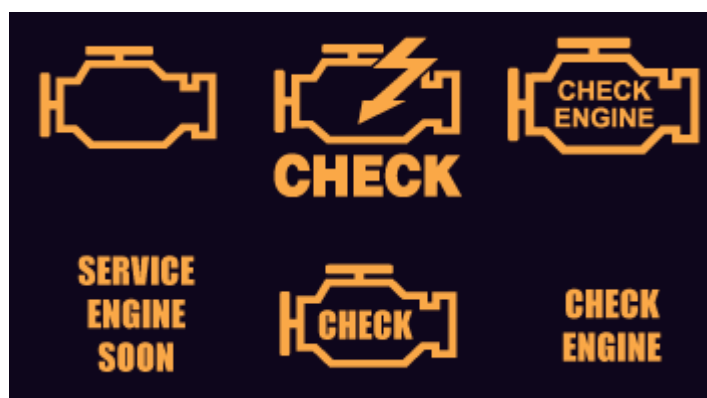
V závislosti od charakteru chybového hlásenia, chybový kód ostane uložený v riadiacej jednotke motora do najbližšieho naštartovania, prípadne pokiaľ jednotka vyhodnotí, že sa jedná o vážnejší problém, chybové hlásenie uloží do pamäte EEPROM na neobmedzený čas. Podľa typu chybového hlásenia a jeho celkovej vážnosti nakoľko môže ovplyvniť riadenie motorickej časti vozidla, emisií, prípadne iných funkcií motorového vozidla je tento jav sprevádzaný rozsvietením indikačnej kontrolky MIL (Malfunction Indicator Lamp) na palubnej doske vozidla. Tento kontrolný ukazateľ v prístrojovej doske má vo väčšine Európskych vozidlách tvar motora a býva indikovaný oranžovou farbou.

Kontrolný ukazateľ MIL má informačný charakter pre vodiča motorového vozidla, pretože pomocou neho nezistíme aký konkrétny typ chybového hlásenia bol uložený do pamäte riadiacej jednotky. Avšak pomocou signalizácie tejto kontrolky môžeme predurčiť, či sa jedná o chybové hlásenie dočasné alebo trvalé.

V prípade ak ide o jednorázovú nezrovnalosť riadiacej elektroniky v nameraných a vyhodnotených dátach za určitých podmienok, riadiaca jednotka uloží túto chybu v podobe chybového kódu do pamäte EEPROM ako dočasnú chybu.

Riadiaca jednotka motora signalizuje tento problém rozblíkaním varovnej kontrolky poruchy motora MIL. Táto kontrolka ostane blikať do najbližšieho naštartovania motora a pokiaľ sa daná nezrovnalosť neprejaví, kontrolka zhasne. Avšak ak nastane prípad, že riadiaca elektronika motora zaznamená konkrétny problém viackrát za určitých podmienok, vyhodnotí túto závalu ako trvalú v podobe chybového kódu. Riadiaca jednotka motora signalizuje tento problém trvalým rozsvietením varovnej kontrolky motora MIL oranžovou farbou. V takomto prípade varovná signalizácia MIL nezhasne ani po opätovnom naštartovaní motora ako v prípade dočasnej chyby, ale je nutné túto chybu vymazať diagnostickým zariadením, za predpokladu, že príčina chybového hlásenia bola odstránená.

Na obrázku číslo 3 je znázornených celkom šesť typov varovných signalizácií MIL. V Európskych vozidlách sa najčastejšie stretne s piktogramom znázorňujúcim motorové ústrojenstvo, avšak niektoré automobilky používajú priamo signalizáciu nápisom CHECK ENGINE, prípadne SERVICE ENGINE SOON. S týmto typom signalizácie poruchy sa môžeme skôr stretnúť u amerických výrobcov vozidiel.



Obr. č. 3 Typy chybových signalizácií riadiacej jednotky motora [4]

V prípade, že riadiaca jednotka motora vyhodnotí chybu a dôjde k rozsvieteniu varovnej kontrolky MIL na palubnej doske v závislosti na závažnosti chybového kódu môže ovplyvniť následný chod motora.

## **1.2.1 Štruktúra chybových kódov**

Ako sme už spomenuli, ak dôjde k vyhodnoteniu chybového stavu riadiacou jednotkou motora, uloží toto hlásenie v podobe chybového kódu do pamäte riadiacej jednotky EEPROM. Na základe tohto chybového kódu môžeme potom bližšie špecifikovať potencionálny problém s využitím príslušného diagnostického zariadenia.

Tieto chybové kódy, sú v praxi často krát označované pod skratkou DTC (Diagnostic Trouble Codes). Celkovo je vyhradených okolo 13000 chybových hlásení. Dostupnosť a použitie týchto chybových kódov závisí od výrobcu a takisto aj od výbavy motorového vozidla. Každý chybový kód reprezentuje konkrétnu závalu vo vozidle. Pokiaľ riadiaca jednotka rozpozna problém, vyhodnotí ho a následne uloží do pamäte závad pod konkrétnym chybovým kódom. Túto databázu chybových hlásení má riadiaca jednotka uloženú v pamäti FLASH. Najčastejšie sa používajú pamäte od výrobcu AMD, typu AM29F200 (256kB), AM29F400 (512kB) alebo AM29F800 (1024kB).

Databázu chybových kódov má v sebe implementovanú každé diagnostické zariadenie s funkcionalitou čítania chybových kódov DTC. Na rozdiel od databázy uloženej v pamäti FLASH v riadiacej jednotke, ktorá disponuje len samotnými chybovými hláseniami, diagnostické zariadenia disponujú aj s takzvaným prekladom chybových kódov. To znamená, že vo výsledku výstupom z diagnostického zariadenia je chybový kód spolu s jeho charakteristikou k čomu sa tento chybový kód vzťahuje. Je to z toho dôvodu, aby sa servisným pracovníkom uľahčila práca s analýzou diagnostikovaných chybových hlásení. V opačnom prípade by sa museli tieto chyby manuálne vyhľadávať v servisných príručkách a rôznych protokoloch ako tomu bolo v minulosti.

## 1.2.2 Formát chybových kódov

V praxi sa chybový kód skladá z piatich znakov. Z toho prvý znak tvorí písmeno a ďalšie štyri znaky tvorí štvorčíslicie. Prvý znak charakterizuje systém, v ktorom sa daná porucha vyskytla. Celkovo sa bavíme o štyroch kategóriách, ktoré definujú chybové kódy začiatočným znakom B, C, P a U.

- **Kategória B** – definuje chybové hlásenia, ktoré sa týkajú najmä oblasti pre vodiča a spolucestujúcich. Označenie plynie z anglického názvu „Body“. Túto skupinu tvoria predovšetkým rôzne jazdné asistenty, komfortné funkcie posádky vozidla a bezpečnostné prvky.
- **Kategória C** – definuje chybové hlásenia, ktoré sa týkajú najmä oblasti pre riadenie vozidla. Označenie plynie z anglického názvu „Chassis“. Túto skupinu tvoria predovšetkým mechanické prvky ako napríklad aktívny podvozok, pneumatické pruženie, brzdový systém, posilňovač riadenia alebo pohon všetkých štyroch kolies vozidla.
- **Kategória P** – definuje chybové hlásenia, ktoré sa týkajú najmä pohonného ústrojenstva vozidla. Označenie plynie z anglického názvu „Powertrain“. Táto skupina zahŕňa chybové hlášky súvisiace s motorom a jeho komponentov, ako i napríklad s automatickou prevodovkou.
- **Kategória U** – definuje chybové hlásenia, ktoré súvisia s problémom pri komunikácii prostredníctvom zbernice motorového vozidla. V angličtine reprezentuje táto skratka označenie pod pojmom „Network & Vehicle Integration“

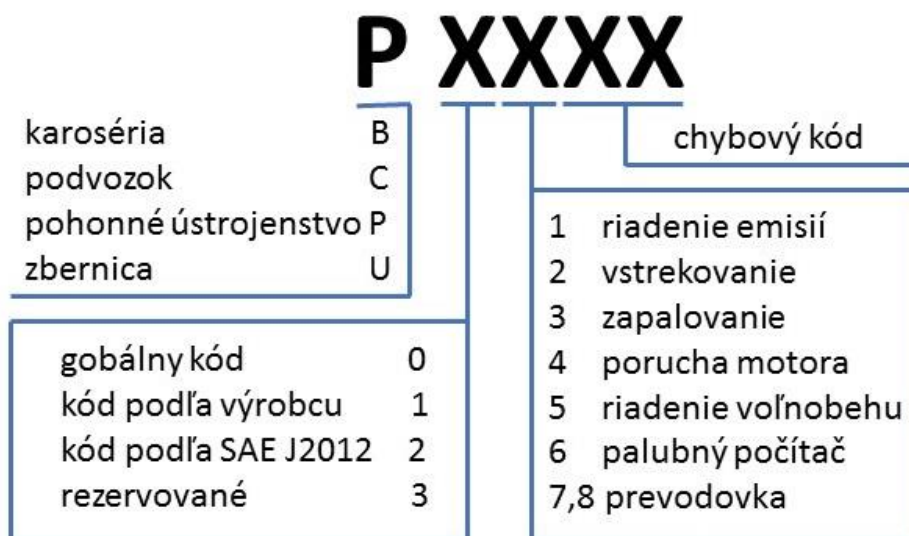
Prvá číslica chybového kódu nám definuje či ide o chybový kód špecifikovaný výrobcom vozidla alebo sa jedná o všeobecné chybové hlásenie.

Chybový kód začínajúci číslicou „0“ je globálny. To znamená, že túto sériu chybových hlásení využívajú všetci výrobcovia vozidiel, ktorý uplatňujú štandard OBD2. Chybové kódy riadiacej jednotky motora, ktoré začínajú číslicou „1“ reprezentujú výrobcom špecifikované servisné kódy. To znamená, že tieto chybové kódy sú špecifické pre každého výrobcu vozidla zvlášť.

Chybové hlásenia začínajúce číslicou „2“ sú definované podľa štandardu SAE J2012 a vozidlá približne od roku výroby 2012 musia dodržiavať tento štandard. Chybové kódy začínajúce číslicou „3“ sú zatiaľ rezervované pre štandard SAE J2012.

Druhá číslica chybového kódu nám definuje oblasť manažmentu motorickej časti vozidla, v ktorej došlo k poruche. Táto číslica môže nadobúdať hodnoty od 1 po 8, kde číslo 1 znamená poruchu pri regulácii emisií, číslo 2 poruchu na vstrekovacom systéme, číslo 3 poruchu na zapalovaní, číslo 4 poruchu bezprostredne súvisiacu s motorom, číslo 5 poruchu pri riadení voľnobežných otáčok, číslo 6 poruchu na palubnom počítači, číslo 7 a 8 poruchu na prevodovke vozidla [4].

Posledné dvojčíslenie päťznakového chybového kódu je tvorené už samotným chybovým kódom v závislosti na jeho charaktere.



Obr. č. 4 Formát chybového kódu DTC podľa OBD II štandardu [4]

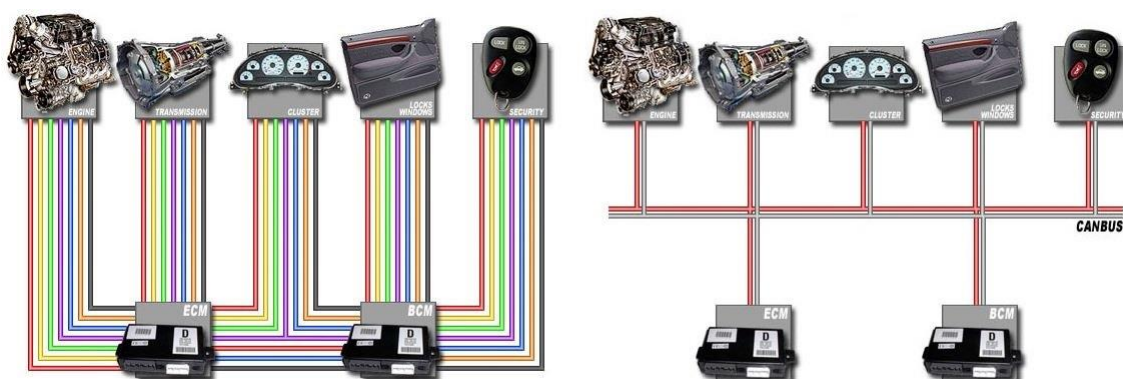
Na obrázku číslo 4 je zobrazený stručný prehľad formátu chybových kódov podľa štandardu OBDII v konečnom stave, ktoré vyčítavame prostredníctvom diagnostického zariadenia.

## 2 Komunikačné zbernice a protokoly automobilov

V ďalšej časti si rozčleníme najčastejšie používané zbernice a v nich implementované protokoly v automobilovom priemysle. V súčasných automobiloch riadi elektronika takmer všetky funkcie. Vozidlá sú vybavené nielen riadiacimi jednotkami pre chod motora, ale napríklad aj pre funkciu brzdového systému ABS, elektronickej stabilizácie vozidla, riadenia airbagov, komfortných funkcií, zabezpečenia vozidla i dokonca aj pre multimediálne systémy.

Z dôvodu spoľahlivosti, je celý tento systém riadenia decentralizovaný. To znamená, že pre jednotlivé okruhy systémov vozidla sú určené konkrétne riadiace moduly. V prípade ak dôjde k nejakej poruche alebo k znefunkčneniu jednej časti systému, ostatné časti môžu ďalej bezproblémovo fungovať. Práve toto je výhoda decentralizovanej architektúry tohto systému.

Samozrejme, pre správnu vzájomnú komunikáciu jednotlivých riadiacich jednotiek, musí byť celý tento systém vzájomne prepojený. Jednou z možností by bolo prepojiť riadiace jednotky vzájomne pomocou vedení, avšak to by znamenalo pomerne veľké množstvo káblového vedenia a celkovo by takýto spôsob prepojenia bol značne chaotický a komplikovaný na prípadné servisné úkony. Z tohto hľadiska sa pre vzájomnú synchronizáciu a komunikáciu jednotlivých systémov vozidla využíva prepojenie pomocou zberníc.



Obr. č. 5 Porovnanie počtu použitých vodičov pri CAN-BUS zbernici [5]



Výhodou zbernicového prepojenia riadiacich modulov vozidla je prehľadnosť, spoľahlivosť a v konečnom dôsledku aj jednoduchosť. Hlavnou opodstatnenou výhodou komunikácie medzi riadiacimi jednotkami pomocou zbernice je značný úbytok káblových vedení, ktoré sa prejavujú v neposlednom rade aj na cene. Na obrázku číslo 5 je tento rozdiel ilustrovaný pri použití CAN-BUS zbernice, kde vidíme minimalizáciu použitých vodičov pre komunikáciu medzi jednotlivými riadiacimi komponentami.

Veľký počet popredných výrobcov motorových vozidiel si vyvinul vlastné zbernice v spolupráci so sesterskými firmami. Pri koncernových značkách vozidiel (napr. AUDI, SEAT, SKODA, VW, PORSCHE) sa stretneme so zjednoteným štandardom použitých zbernic v týchto vozidlách. Medzi nekonzernovými vozidlami sa tieto zbernice líšia topológiou zapojenia, fyzickou vrstvou a v neposlednom rade použitými komunikačnými protokolmi. Práve tento fakt spôsobuje, vzájomnú nekompabilitu jednotlivých riadiacich jednotiek a senzorových prvkov medzi vozidlami a takisto napríklad použitie diagnostického zariadenia, ktoré je určené pre konkrétnu značku vozidla, prípadne koncern [5].

### 3 Zbernica CAN-BUS

V tejto kapitole si podrobne charakterizujeme zbernicu v praxi označovanú pod skratkou CAN-BUS. Neskrátený názov tejto zbernice je Controller Area Network – Bitserielle Universelle Schnittstelle. Jedná sa o multiplexný protokol sériovej komunikácie, ktorý sa používa v lokálnej sieti.

Vývoj CAN-BUS zbernice začal v roku 1983 za účelom použitia v automobilovom priemysle. Na vývoji sa podieľala firma Bosch v spolupráci s firmou Intel. Oficiálne predstavenie zbernice týmito firmami bolo v roku 1987. Prvé reálne nasadenie tejto zbernice v praxi vykonala automobilka značky Mercedes Benz v roku 1992 v spolupráci s firmou Philips, ktorá vôbec ako prvá začala výrobu CAN-BUS kontrolérov. V roku 1993 bola zbernica CAN-BUS štandardizovaná ako protokol ISO 11898 s medzinárodnou platnosťou (ČSN EN 50325). Neskôr po roku 2000 sa využitie tejto zbernice rozšírilo aj medzi ostatné značky motorových vozidiel.

Pri vývoji zbernice CAN-BUS si obe firmy stanovili podmienky, ktoré boli špecifikované najmä úsporou káblových vedení, čo viedlo k zníženiu nákladov pri implementácii tejto zbernice v praxi, ďalej deklarovanie prenosovej rýchlosti pri komunikácii prostredníctvom tejto zbernice, cenová dostupnosť kontrolérov, spoľahlivosť ako aj odolnosť voči rušeniu zapríčinenému okolitými javmi v prostredí [6].

Táto zbernica sa dá použiť všade tam, kde potrebujeme zaistiť komunikáciu minimálne dvoch prípadne viac rovnocenných riadiacich prvkov. Výhodou systémov používajúcich zbernicu CAN-BUS je možnosť použiteľnosti a následnej kompatibility rôznych prvkov medzi rôznymi výrobcami. Jej výhodou je flexibilita a prípadná škálovateľnosť. To znamená, že v prípade potreby výrobcu sa dajú pomerne jednoducho dopĺňať a konfigurovať ďalšie systémy vozidla, ktoré zväčša tvoria príplatkovú výbavu. V súčasných vozidlách sú pomocou tejto zbernice prepojené všetky systémy a riadiace časti vozidla. V moderných vozidlách býva táto zbernica implementovaná viacnásobne, v závislosti od funkcie konkrétnych systémov.

Pre príklad, systémy riadiace funkcie ako protišmykový systém ABS, elektronickú stabilizáciu vozidla ESP či tempomat majú požiadavku medzi sebou čo najrýchlejšie komunikovať, vymieňať dáta zo sensorických prvkov a následne ich spracovávať. Čas v tomto prípade hrá pomerne dôležitý faktor a funkcie týchto systémov sú závislé aj od prenosovej rýchlosti. Z toho dôvodu sú tieto systémy prepojené zväčša pomocou CAN-BUS zbernice s rýchlejšou prenosovou rýchlosťou, ktorá sa pohybuje okolo 1Mbit/s. Naopak komfortné systémy vozidla, ako napríklad centrálné zamykanie, sťahovanie okien, sklápanie spätných zrkadiel, dovieranie dverí, automatická klimatizácia, atď. nepotrebujú pre svoju funkciu rýchlu výmenu dát a preto sú prepojené okruhom zbernice s nižšou prenosovou rýchlosťou.

### 3.1 Fyzická vrstva

Na fyzickej vrstve je zbernica CAN-BUS tvorená dvojvodičovým krúteným vedením. Jeden vodič je označovaný ako CAN-BUS H a druhý ako CAN-BUS L. Medzi týmito dvoma vodičmi je rezistencia o úrovni približne 120 Ohmov. Na toto vedenie zbernice môže byť pripojených až 2032 uzlov. Maximálna dĺžka vedenia zbernice je 1km. Od vzdialenosti vedenia takisto súvisí aj možná prenosová rýchlosť, ktorá môže nadobúdať hodnoty od 10kb/s až po 1Mb/s. V nasledujúcej tabuľke číslo 3 si môžeme všimnúť závislosť maximálnej prenosovej rýchlosti od samotnej dĺžky vedenia zbernice CAN-BUS [6].

Tab. č. 3 Závislosť maximálnej prenosovej rýchlosti od dĺžky zbernice CAN-BUS

Dĺžka zbernice	1000 m	500 m	100 m	40 m
Max. prenosová rýchlosť	50 kbit/s	100 kbit/s	500 kbit/s	1Mbit/s

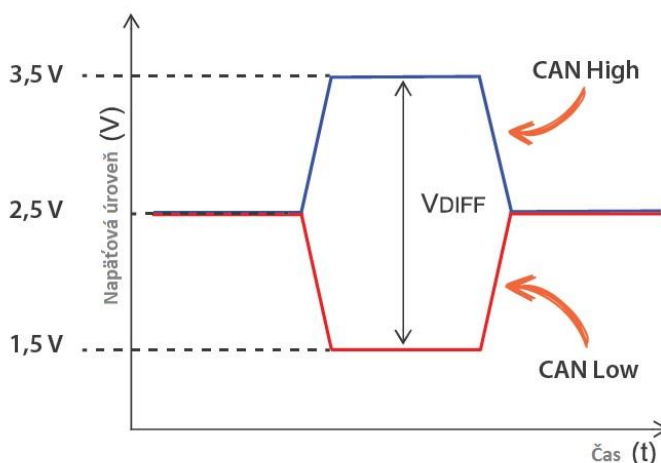
Rozlišujeme dva druhy zberníc :

- Full CAN – podporuje konfiguráciu pre príjem aj vysielanie správ, správy sú odovzdávané automaticky, výhodou je malé zaťaženie procesora, nevýhodou je obmedzený počet spracovaných správ [8]

- Basic CAN – kontrolér má len jeden buffer pre príjem, procesor zabezpečuje výmenu správ, výhodou je takmer neobmedzený počet spracovaných správ, nevýhodou je veľké zaťaženie procesora [8]

Zbernica CAN-BUS rozlišuje celkom dva stavy – aktívny a pasívny. Aktívny režim je inak charakterizovaný ako dominantný stav a pasívny režim je charakterizovaný ako recesívny stav. Dominantný stav je reprezentovaný logickou hodnotou 0 a recesívny stav je reprezentovaný logickou hodnotou 1 [7].

Napät'ová úroveň medzi vodičmi CAN-BUS H a CAN-BUS L je v dominantom stave rozdielna. Na vodiči CAN-BUS H môže dosahovať napät'ové hodnoty v rozpätí 3,5V – 5V/DC a na vodiči CAN-BUS L môže dosahovať napät'ové hodnoty v rozsahu 0V – 1,5V/DC. V recesívnom stave je napät'ová úroveň na oboch vodičov rovnaká.



Obr. č. 6 Napät'ové úrovne vodičov CAN-BUS zbernice [7]

### 3.2 Analýza napät'ových úrovní

Tento fakt, sme overili aj praktickým meraním pomocou digitálneho osciloskopu Hantek DSO5102P. Meranie potvrdilo vyššie spomínané teoretické hodnoty s malou odchýlkou, ktorá bola spôsobená nepresnosťou merania na strane osciloskopu.

Výsledok merania sme z digitálneho osciloskopu vyexportovali na obrázok, ktorý je zobrazený v prílohách ako „PRÍLOHA B“.

Na prílohovom obrázku sú zachytené signály z oboch vodičov zbernice CAN-BUS, na ktorých sa vyskytujú oba stavy (dominantný a recesívny). Signál, ktorý je zobrazený na kanále jeden (CH1) je znázornený žltou farbou a zachytáva komunikáciu, ktorá prebieha na vodiči CAN-BUS High. Signál z vodiča CAN-BUS Low je zachytený modrou farbou na kanále dva (CH2). V recesívnom stave je podľa merania napät'ový rozdiel medzi týmito dvoma vodičmi 0,1V a celková hodnota napätia voči signálovému uzemneniu je cca 2,5V/DC. V prípade ak nastane aktívny stav, tak je napät'ový rozdiel medzi vodičom CAN-BUS High a CAN-BUS Low 2,2V, čo odpovedá napät'ovej úrovni na vodiči CAN-BUS H 3,5V/DC a na vodiči CAN-BUS L 1,5V/DC.

### **3.3 Linková vrstva**

Na tejto vrstve je implementovaná kontrola prístupu k médiu a obsahuje aj podvrstvu pre riadenie datového spojenia. Protokol CAN využíva kódovanie bez návratu k nule, teda NRZ (None Return To Zero). Komunikácia po CAN-BUS zbernici funguje na princípe FIFO (First In First Out). Ak nastane prípad, že dva prvky v sieti začnú vysielat' súčasne, nastane kolízia. Táto kolízia je riešená princípom určovania priority a funguje tak, že každý vysielací prvok na zbernici kontroluje hodnotu prioritného bitu v správa s hodnotou prioritného bitu svojej správy a ak zistí pri porovnávaní nezgodu, ktorá by viedla ku kolízií preruší odosielanie správy a opakuje ho neskôr.

Keďže zbernica CAN-BUS využíva kódovanie bez návratu k nule (NRZ), jednou z požiadaviek je aj zaistenie synchronizácie v prípade, že sa na zbernici nachádza jeden logický stav dlhšiu dobu. Tohto docielime použitím takzvanej techniky „Bit Stuffing“. Princíp Bit Stuffingu spočíva v tom, že po určitom intervale rovnakých logických úrovní bitových hodnôt sa vloží za nich inverzný bit. V našom prípade sa inverzný bit vkladá po piatich rovnakých bitových hodnotách. Pre jednoduchšiu predstavu je využitie „Bit Stuffingu“ pri kódovaní pre CAN-BUS zbernicu znázornený na obrázku číslo 7.



- **Stavové pole rámca** – má za úlohu určovanie priority v prípade ak dôjde ku kolízií pri vysielaní dvoch prvkov na zbernici súčasne. V stavovom poli je uložená hodnota priority, teda paket s vyššou prioritou má prednosť. Dĺžka stavového poľa je 11 bitov.
- **Riadiace pole** – obsahuje informácie o dátach obsiahnutých v dátovom poli. Je tvorené RTR bitom v ktorom je uložená hodnota či sa jedná o dátovú alebo riadiacu správu. V prípade dátovej správy je bit nastavený na logickú úroveň 0, teda dominantný stav a v prípade riadiacej správy je RTR bit recesívny, teda jeho logická úroveň bude 1. Bit IDE určuje či ide o štandardný alebo rozšírený dátový rámec. Bit RESERVED je vyhradený pre vyššie verzie CAN protokolu. Údaj o dĺžke dát v dátovej oblasti je obsiahnutý vo 4-bitovom poli. Dokopy má celé riadiace pole dĺžku 7 bitov.
- **Dátové pole** – obsahuje samotné dáta, ktoré sú prenášané. Môže mať veľkosť 1 až 8 bajtov, podľa množstva prenášaných údajov.
- **Kontrolné pole CRC** – zabezpečuje kontrolný mechanizmus správnosti prenášaných údajov. Princíp tejto kontroly spočíva v tom, že na základe jednotlivých bitov v dátovom rámci CAN protokolu sa vopred spočíta kontrolná suma týchto bitov stanoveným cyklickým kódom, najčastejšie za použitia nerozložiteľného polynómu. Pre kontrolný mechanizmus je v tomto poli vyhradených celkom 15 bitov, ktoré zväčšujú celkovú dĺžku dátového rámca CAN protokolu, avšak takisto zvyšujú jeho spoľahlivosť.
- **Potvrdzovacie pole** – slúži na potvrdzovanie prijatých dát príjemcom (acknowledge). Je tvorené dvoma bitmi ACK slot a ACK delimiter. Úlohou potvrdzovacieho poľa je signalizácia zo strany príjemcu, ktorý prijal dáta v korektnom stave. Ak je správa úspešne prijatá, tak ACK bit ma logickú úroveň 0, teda je v dominantnom stave. ACK bit býva nastavený v recesívnom stave.
- **Ukončovacie pole** – v tomto poli dochádza k potvrdeniu dátového protokolu vyslanej alebo prijatej správy. Ukončovacie pole má dĺžku 7 bitov. V prípade chyby, dôjde k prerušeniu a celý prenos týchto siedmych polí začne odznova.

Záverom tejto kapitoly zhrnieme pozitívne ako i negatívne vlastnosti CAN-BUS zbernice. Medzi pozitíva CAN protokolu patrí :

- pomerne vysoká spoľahivosť, na základe použitia viacerých kontrolných mechanizmov a s tým súvisiace zabezpečenie komunikácie
- riadenie prístupu s detekciou kolízie CSMA/CD na prenosové médium s využitím prioritného prístupu, ktorý zabezpečuje prioritné doručenie významných dát
- členenie prijatých identifikátorov dát
- pomerne vysoká prenosová rýchlosť, až 1Mbit/s pri použití prenosového média typu UTP, STP do vzdialenosti cca. 40m
- časté inovácie, s ktorými súvisí neustály vývoj v automobilovom priemysle
- relatívna dostupnosť kontrolérov podporujúcich tento typ protokolu

Avšak z pohľadu množstva prenesených dát, ktoré môžu tvoriť maximálne 8B v rámci jednej správy alebo počítačovej konfigurácie, ktorá je oproti iným zberniciam v automobilovom priemysle zložitejšia, môžeme hovoriť aj ako o nevýhodách.



## 4 Zbernica SAE J1850

V tejto kapitole si charakterizujeme zbernicu SAE J1850, ktorá bola istú dobu takisto používaná v automobiloch. Zbernica SAE J1850 bola predstavená v roku 1994 v Amerike. V súčasnosti sa vo vozidlách na našom kontinente už neimplementuje, no i napriek tomuto faktu je táto zbernica stále zahrnutá v štandarde OBDII. So zbernicou sa môžeme stále stretnúť najmä u starších modelov vozidiel značky Ford, ktorá dávnejšie používala tento komunikačný protokol vo svojich vozidlách prioritne. Avšak na americkom trhu je pomerne rozšírená aj na nových vozidlách. Táto zbernica je štandardizovaná americkou komorou automobilových inžinierov SAE (Society of Automotive Engineers).

Zbernica SAE J1850 sa radí do kategórie zberníc B. Do tejto kategórie (B) sa radia všetky automobilové zbernice komunikujúce prenosovými rýchlosťami v rozsahu od 10kbit/s až 125kbit/s. Radíme sem multiplexné komunikačné systémy, ktoré prenášajú svoje dáta medzi prvkami siete navzájom. Táto trieda sa nevyznačuje extrémnou spoľahlivosťou, čo je aj jeden z dôvodov upustenia od tejto zbernice [11].

Zbernicu SAE J1850 členíme na tri kategórie :

- **Trieda A** – je charakterizovaná prenosovými rýchlosťami, ktoré neprevyšujú rýchlosť 10kbit/s
- **Trieda B** – je charakterizovaná prenosovými rýchlosťami, ktoré neprevyšujú rýchlosť 100kbit/s
- **Trieda C** – je charakterizovaná prenosovými rýchlosťami, ktoré neprevyšujú rýchlosť 1Mbit/s

Trieda B sa navyše vyznačuje aj rozdielom v použití prenosového média. Táto trieda môže používať pre komunikáciu ako prenosové médium dvojvodičové metalické vedenie a takisto aj jednovodičové metalické prenosové médium.

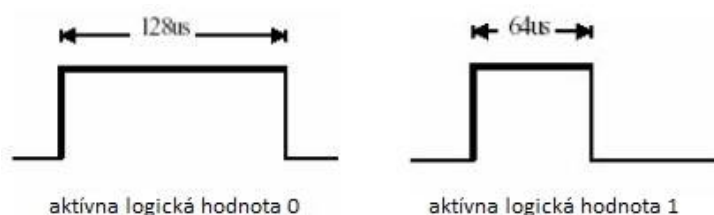
Pri komunikácii pomocou dvojvodičového metalického prenosového média sa využíva prenosová rýchlosť 41,6kbit/s s využitím impulznej šírkového modulácie PWM (Pulse Width Modulation) s diferenčnými signálmi na oboch vodičoch.

V prípade použitia jednovodičového metalického prenosového média sa prenosová rýchlosť pohybuje na úrovni 10,4kbit/s a využíva sa modulácia s premennou šírkou impulzov VPWM (Variable Pulse Width Modulation). Maximálna dĺžka jednovodičového metalického prenosového vedenia môže dosahovať až 35 m a maximálny počet prvkov, ktoré môžu byť k vedeniu pripojené je 32.

Rozsah napät'ových úrovní na zbernici SAE J1850 sa pohybuje v rozmedzí od 0V po 20V. Na rozdiel od zbernice CAN-BUS, v tomto prípade logické hodnoty tvoria tzv. bitové symboly a nie bity. V prípade jednovodičovej zbernice, časová doba bitového symbolu môže trvať 64 $\mu$ S alebo 128 $\mu$ S. Logická hodnota High sa pohybuje v napät'ovom rozsahu od 4,25V až po 20V. Logická hodnota Low sa pohybuje v napät'ovom rozsahu od 0V až po 3,5 V.

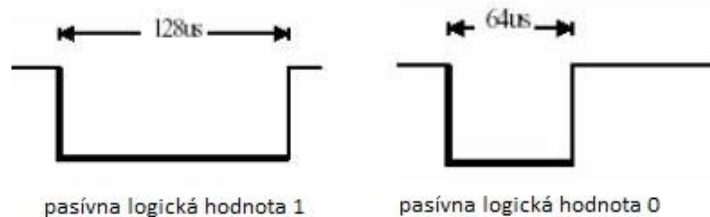
V prípade, že nejaký prvok pripojený k zbernici SAE J1850 chce vysielat' dáta, nastaví na zbernici logickú hodnotu High, v opačnom prípade ak žiadny prvok nevysielal dáta, na zbernici je nastavená logická hodnota Low. Zbernica SAE J1850 využíva systém kódovania bez návratu k nule, teda NRZ.

Zbernica SAE J1850 rozlišuje 2 spôsoby vyjadrovania logických hodnôt a to aktívne a pasívne. V aktívnom stave je logická hodnota 1 vyjadrená symbolom s napät'ovou úrovní High trvajúcou 64 $\mu$ S a logická hodnota 0 je vyjadrená symbolom s napät'ovou úrovní Low, ktorá trvá 128 $\mu$ S.



Obr. č. 9 Reprézentácia logických hodnôt v aktívnom stave

V pasívnom stave je logická hodnota 1 reprezentovaná symbolom s napät'ovou úrovní Low, ktorá trvá 128 $\mu$ S a naopak logická hodnota 0 je reprezentovaná symbolom s napät'ovou úrovní Low, ktorá trvá 64 $\mu$ S.



Obr. č. 10 Reprezentácia logických hodnôt v pasívnom stave

Porovnanie aktívnych a pasívnych logických hodnôt je znázornené na obrázkoch s číslami 9 a 10 [12].

#### 4.1 Porovnanie šírkových modulácií

Tieto teoretické predpoklady sme znova overili aj praktickým meraním na viacerých vozidlách značky Ford. Meranie sme praktizovali na oboch variantách, ktoré využívajú rozdielny spôsob modulácie pomocou digitálneho osciloskopu značky Hantek DSO5102P.

V prílohách práce je na obrázku s názvom „PRÍLOHA C“ zachytená komunikácia na dvojvodičovom vedení zbernice SAE J1850 s využitím impulznej šírkovej modulácie PWM. Na kanál 1 je privedený signál BUS+ a na kanál 2 BUS-. Oba tieto signály sme merali cez OBD II diagnostickú zásuvku, pri komunikácii s diagnostickým rozhraním.

V prílohe na obrázku s názvom „PRÍLOHA D“ je zachytená komunikácia na jednovodičovom vedení zbernice SAE J1850 s moduláciou, ktorá využíva premennú šírku impulzov VPWM. Na kanál 1 je privedený signál z VPWM BUS+, ktorý bol zaznamenaný pri komunikácii s diagnostickým zariadením prostredníctvom diagnostického konektora OBDII.

Obe tieto merania sme realizovali pomocou diagnostického zariadenia TEXA pri meraní tzv. „živých hodnôt“, konkrétne údaj o rýchlosti vozidla.

## 4.2 Dátový rámec protokolu SAE J1850

Na obrázku číslo 11 je blokovo znázornený dátový rámec protokolu SAE J1850. Jednotlivé polia rámca si stručne charakterizujeme nižšie pod obrázkom.

<b>IFS</b>	<b>SOF</b>	<b>Header</b>	<b>Data</b>	<b>CRC</b>	<b>EOD</b>	<b>NB</b>	<b>IFR</b>	<b>CRC</b>	<b>EOS</b>	<b>IFS</b>
------------	------------	---------------	-------------	------------	------------	-----------	------------	------------	------------	------------

Obr. č . 11 Polia dátového rámca protokolu SAE J1850

- **IFS** (Inter Frame Separation) – toto pole slúži na časovú synchronizáciu pri posielaní jednotlivých dátových rámcov po zbernici. Ohraničuje začiatok a koniec dátového rámca.
- **SOF** (Start of Frame Symbol) – každý dátový rámec protokolu SAE J1850 je definovaný začiatočným rámcovým symbolom o dĺžke 200 $\mu$ S.
- **Header** – v hlavičke sú obsiahnuté informácie ako typ správy, priorita či adresácia paketu.
- **Data** – obsahuje priamo prenášané dáta.
- **CRC** (Cyclic Redundancy Check) – cyklický kontrolný mechanizmus, ktorý overuje správnosť prenášaných údajov.
- **EOD** (End of Data Symbol) – jedná sa o dlhý pasívny symbol. Obsahujú v sebe dáta o potvrdení úspešného prenosu od odosielateľa.
- **NB** (Normalization Bit) – toto pole slúži na aktívne oddelenie pasívneho poľa EOD a IFR odpovede.
- **IFR** (In Frame Response) – slúži ako potvrdzovacie pole pre príjemcov na danej zbernici.
- **EOF** (End of Frame) – jedná sa o pasívny symbol o dĺžke 200 $\mu$ S, ktorý signalizuje koniec rámca. Slúži taktiež na časovú synchronizáciu medzi jednotlivými dátovými rámcami protokolu SAE J1850 pri kontinuálnom vysielaní.

## 5 Zbernica LIN

V tejto kapitole si definujeme zbernicu LIN, ktorá bola pomerne často používaná v automobiloch pred masovým nasadením CAN-BUS zbernice, hoci bola predstavená neskôr. Označenie LIN plynie z plného názvu Local Interconnect Network. Zbernica LIN bola prvý krát predstavená v roku 1999 Konzorciom LIN, ktoré zastupuje výrobcov automobilovej elektroniky. Prvé implementácie tejto zbernice začali v roku 2001.

Hlavným charakteristickým črtom tejto zbernice je pomerne vysoká spoľahlivosť pri podstatne nižších cenových nárokoch oproti CAN-BUS zbernici. Zbernica LIN sa radí do skupiny zberníc triedy A. Do tejto kategórie (A) sa radia všetky automobilové zbernice komunikujúce prenosovými rýchlosťami pod úroveň 20kbit/s. Uplatňuje sa tu multiplexovanie signálov, čo znamená možnosť komunikácie po jednom prenosovom médiu.

V dnešnej dobe sa už tak masovo nenasadzuje do automobilov, avšak stále sa s ňou môžeme stretnúť v automobilových systémoch, ktoré nevyžadujú vysokú odozvu pri riadení a s tým súvisiacu prenosovú rýchlosť, ako sú napríklad elektrické ovládanie okien, riadenie centrálného zamykania, zaklápanie spätných zrkadiel, atď.

Zbernica LIN funguje na princípe master-slave. To znamená, že na zbernici musí byť jeden prvok typu master a ostatné prvky typu slave. Prvok master potom riadi prístup a komunikáciu na ostatné prvky v sieti, definované ako slave. Dokopy môže byť na zbernicu pripojených celkom 64 podradených prvkov (slave). Jednotlivé prvky siete sú prepojené jednovodičovým prenosovým médiom. Nadradený prvok v sieti (master) riadi tok celej komunikácie na zbernici LIN. Nastavuje prenosovú rýchlosť, zabezpečuje synchronizáciu na zbernici, kontroluje prenos dát pomocou cyklického kontrolného súčtu (CRC). Nadradený prvok v sieti otvára komunikáciu s podradeným prvkom (slave) alebo ho uspáva. Podradený prvok (slave) v závislosti na prijatej správe buď začne vysielat' alebo prijímať dáta, prípade nereaguje vôbec [14].

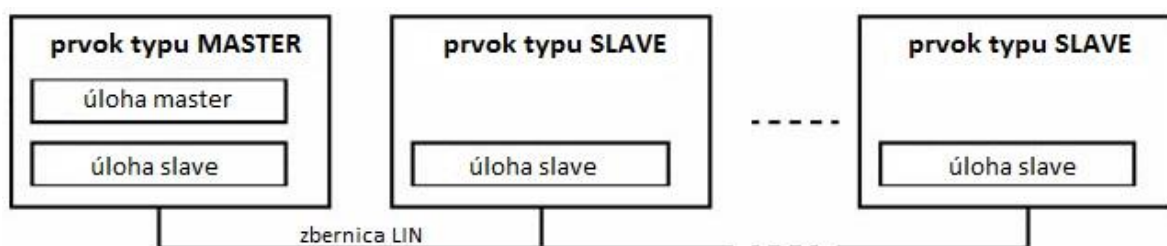
Maximálna prenosová rýchlosť, ktorej možno dosiahnuť na zbernici LIN je 20kbit/sek. Táto rýchlosť je uvedená pri maximálnej dĺžke vedenia zbernice a tou je 40m. Minimálna prenosová rýchlosť je 1kbit/sek, nižšie rýchlosti by mali za následok výpadky komunikácie.

Pri komunikácií prostredníctvom LIN zbernice sú v automobilovom priemysle odporúčané celkom dokopy tri prenosové rýchlosti. Je to z dôvodu zachovania jednoduchosti a kompatibility jednotlivých zariadení pri implementácií. Doporučené prenosové rýchlosti sú zaznačené v tabuľke číslo 4 [15].

Tab. č. 4 Doporučené prenosové rýchlosti pre komunikáciu na zbernici LIN

Pomalá rýchlosť	Stredná rýchlosť	Vysoká rýchlosť
2,4 kbit/s	9,6 kbit/s	19,2 kbit/s

Komunikácia na zbernici LIN prebieha spôsobom, že na zbernici je možný len jeden dátový tok v danom momente. To znamená, že zbernica LIN nepotrebuje riadiť réžiu ohľadom prístupu na médium. Riadiaci prvok typu master vyšle po zbernici rámec, v ktorom sa nachádza adresa prvku v sieti typu slave, ktorému má byť správa doručená. Následne podriadený prvok siete odpovedá na danú správu vyslaním rámca typu slave. V danom momente počas komunikácie nadradeného prvku siete typu master s podradeným prvkom siete typu slave ostatné podradené prvky nevysielaajú do zbernice žiadne dáta.



Obr. č. 12 Usporiadanie prvkov typu master a slave na zbernici LIN[13]

Na obrázku číslo 12 je znázornené blokové usporiadanie a pripojenie prvkov zbernice LIN k jednovodičovému prenosovému médiu.

## 5.1 Rámec správy zbernice LIN

V tejto kapitole si stručne charakterizujeme dva rámce správ zbernice LIN a ich polia. Z toho bude jeden rámec, ktorý spracováva nadradený prvok zbernice typu master a druhý rámec, ktorý spracováva podradený prvok zbernice typu slave.

Sync Break	Sync Field	Identifier	Data Field
------------	------------	------------	------------

Obr. č. 13 Rámec správy MASTER prvku zbernice LIN

- **Sync Break** – toto pole slúži na identifikáciu začiatku rámca. Tvorí ho najmenej 13 bitov.
- **Sync Field** – toto pole slúži na časovú synchronizáciu medzi master a slave uzlami zbernice. Je tvorené sekvenciou logických jednotiek a núl, ktoré sa po sebe opakujú.
- **Identifier** – slúži na identifikáciu obsahu správy, ktorú tvorí 6 bitov. Ďalšie 2 bity slúžia na kontrolu parity. Dokopy má teda toto pole dĺžku 8 bitov.
- **Data field** – toto pole môže mať premennú dĺžku (2, 4, 8B) v závislosti na objeme prenášaných dát.

Data Field	Cyclic Redundancy Check
------------	-------------------------

Obr. č. 14 Rámec správy SLAVE prvku zbernice LIN

- **Data Field** – toto pole môže mať variabilnú dĺžku v rozsahu 1 až 8B v závislosti na objeme prenášaných dát.
- **Cyclic Redundancy Check** – inak známe aj ako cyklické protichybové zabezpečenie, skrátene CRC. Toto pole tvorí dokopy 8 bitov.

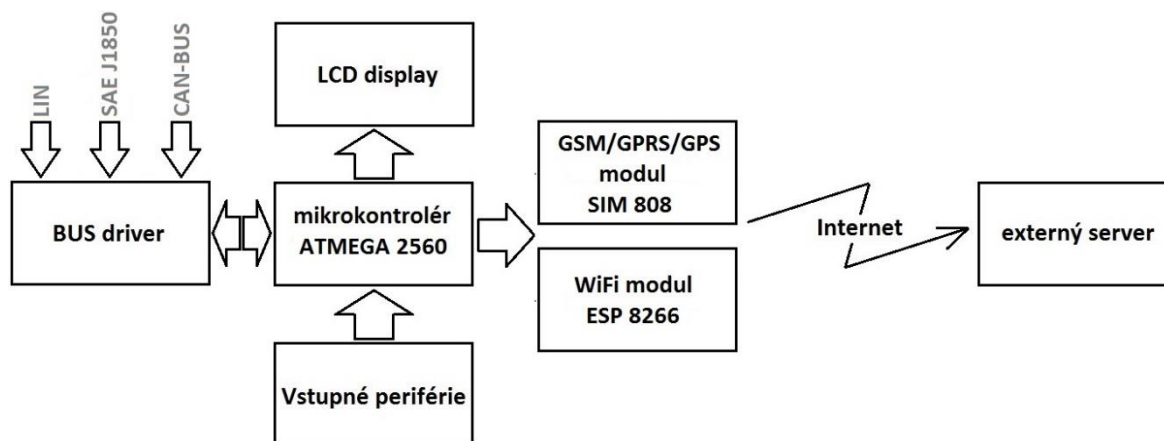
Zbernica LIN sa od iných typov zberníc líši tým, že ak dôjde k vyhodnoteniu chybné správy, považuje ju za neplatnú a tento štandard ďalej nešpecifikuje následnú opravu. Tá môže byť predmetom konkrétnej implementácie [13].

## 6 Plánovaný návrh diagnostického zariadenia

Doteraz sme sa venovali prevažne teoretickým poznatkom, ktoré boli nevyhnutné pre prípravu stavby zariadenia. V rámci semestrálnej práce sme pokusne zostrojili zapojenie s využitím programovateľného zariadenia Arduino UNO R3. Toto zapojenie sme následne programovo oživil. Výsledkom tohto zapojenia je overenie komunikácie s riadiacou jednotkou motora z vozidla Skoda Octavia a zber diagnostických údajov prostredníctvom CAN BUS zbernice. Získané hodnoty sme zobrazili na LCD display. Fotka funkčného zapojenia prototypu je priložená v prílohe pod názvom XXX.

Srdcom celého zapojenia bude mikrokontrolér z rodiny Atmel, konkrétne sa bude jednať o typ ATMEGA 2560. Voľba pre tohto výrobcu padla z dôvodu predchádzajúcich skúseností v iných projektoch.

Základné stavebné prvky zariadenia určeného pre bezdrôtový prenos diagnostických dát z motorových vozidiel sú znázornené v blokovom náčrte na obrázku číslo 11.



Obr. č. 15 Bloková schéma plánovaného bezdrôtového diagnostického zariadenia



## 6.1 Možnosť prenosu dát do siete Internet

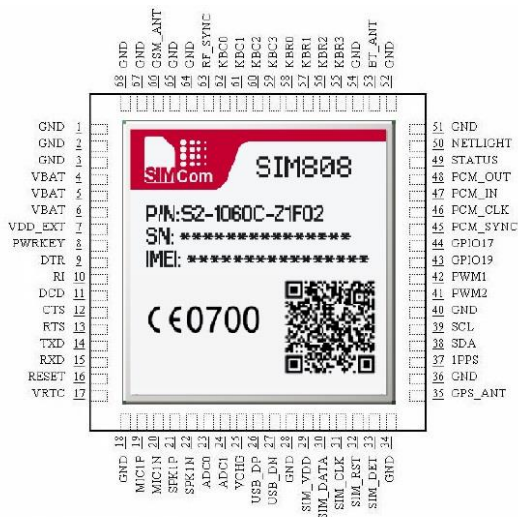
Jedným z cieľov práce je aby predmetné diagnostické zariadenie vedelo prenášať získané dáta z motorového vozidla prostredníctvom siete Internet. Tieto diagnostické dáta z motorového vozidla sa budú ďalej ukladať na externom serveri. Jednou z požiadaviek bolo taktiež zdieľanie údajov o polohe spolu s odosielanými dátami pomocou GPS súradníc.

V našom prípade, najjednoduchší spôsob ako prenášať dáta na externý server, prípadne úložisko je za pomoci využitia GSM modulu. V súčasnosti je na trhu veľa výrobcov, ktorí ponúkajú rôzne komunikačné moduly. Naše rozhodovacie kritéria sú najmä dostupnosť a parametre modulu, spôsob implementácie do zariadenia a cenová dostupnosť.

Nakoniec padlo rozhodnutie na modul od firmy SIMTec, Konkrétne sa jedná o modul s označením SIM 808. Výhodou tohto modulu je aj fakt, že má v sebe súčasne implementovaný GPS modul, ktorý dokáže operovať s presnosťou až na 2m, čo značne zjednodušuje celkový návrh, následnú výrobu dosky plošného spoja a v neposlednom rade aj cenovú reláciu kompletného zariadenia. Modul SIM 808 od firmy SIMTec je navrhnutý pre celosvetový trh a je osadený GSM/GPRS, GPS a Bluetooth modulom.

GSM/GPRS modul dokáže pracovať na nasledujúcich frekvenčných štandardoch 850, 900, 1800 a 1900MHz. GPRS modul podporuje kódovacie schémy CS1, CS2, CS3 a CS4. Výhodou modulu SIM 808 sú pomerne malé rozmery (24 x 24 x 2.6 mm), čo uľahčuje návrh samotnej konštrukcie zariadenia a nijakým spôsobom neovplyvňuje konštrukčné rozmery finálneho zariadenia. Komunikácia medzi modulom SIM 808 a mikrokontrolérom ATMEGA 2560 bude prebiehať cez rozhranie UART s využitím AT príkazov. Napájacie napätie GSM/GPRS/GPS modulu SIM 808 môže byť v rozsahu 3,4 – 4,4V/DC, čo spĺňa predpoklady pre našu implementáciu. Výrobca udáva, že kľudový odber prúdu v režime spánku modulu je maximálne 1mA s vypnutým GPS modulom. Tento fakt overíme neskôr, pri záverečnom meraní parametrov diagnostického zariadenia.

Na dole zobrazenom obrázku číslo 12 je uvedený popis 64 pinového GSM/GPRS/GPS modulu SIM 808 od firmy SIMTec. Tento modul sa vyrába v SMD prevedení.



Obr. č. 16 Zapojenie pinov modulu SIM 808 [16]

Pri výbere komunikačného modulu sme brali do úvahy najmä jeho parametre, cenovú reláciu a takisto aj dostupnosť. Na trhu je veľa dostupných modulov avšak modul SIMTec SIM808 sa javí z hľadiska parametrových pomerov pre našu prácu najpoužiteľnejším. Je to najmä z dôvodu, že tento modul má v sebe zabudovaný modul pre GPS, čo v našom prípade znamená, že nemusíme navrhovať komunikačnú časť pre sledovanie polohy čím v konečnom dôsledku takisto minimalizujeme rozmery finalného zariadenia.

Tab. č. 5 Porovnanie parametrov dostupných komunikačných modulov SIMTec

parametre/modul	<b>SIM 808</b>	<b>SIM 908</b>	<b>SIM 7600E</b>
štandard	2G	2G	4G
modul	GSM/GPS	GSM	GSM
výstupný výkon	2W	1W	2W
napájacie napätie	3,4 – 4,4 V/DC	3,2 – 4,5 V/DC	3,4 – 4.2 V/DC
cena	15,2 €	11 €	41 €

## 7 Praktická realizácia

V tejto časti práce sa budeme venovať praktickému návrhu a neskôr aj následnej realizácii zariadenia, ktoré bude schopné spracovávať a následne odosielať získané diagnostické dáta zo štandardu OBD II na vzdialený server pomocou siete Internet. Konceptcia zariadenia sa odvíja od blokového diagramu, ktorý je popísaný na obr. č. 15. V praktickej časti tejto práce sme využili skúsenosti z už predošlej bakalárskej práce a držali sa týchto podmienok. Pred zahájením samotného návrhu zariadenia sme si definovali počiatočné parametre, ktoré by malo prototypové zariadenie spĺňať.

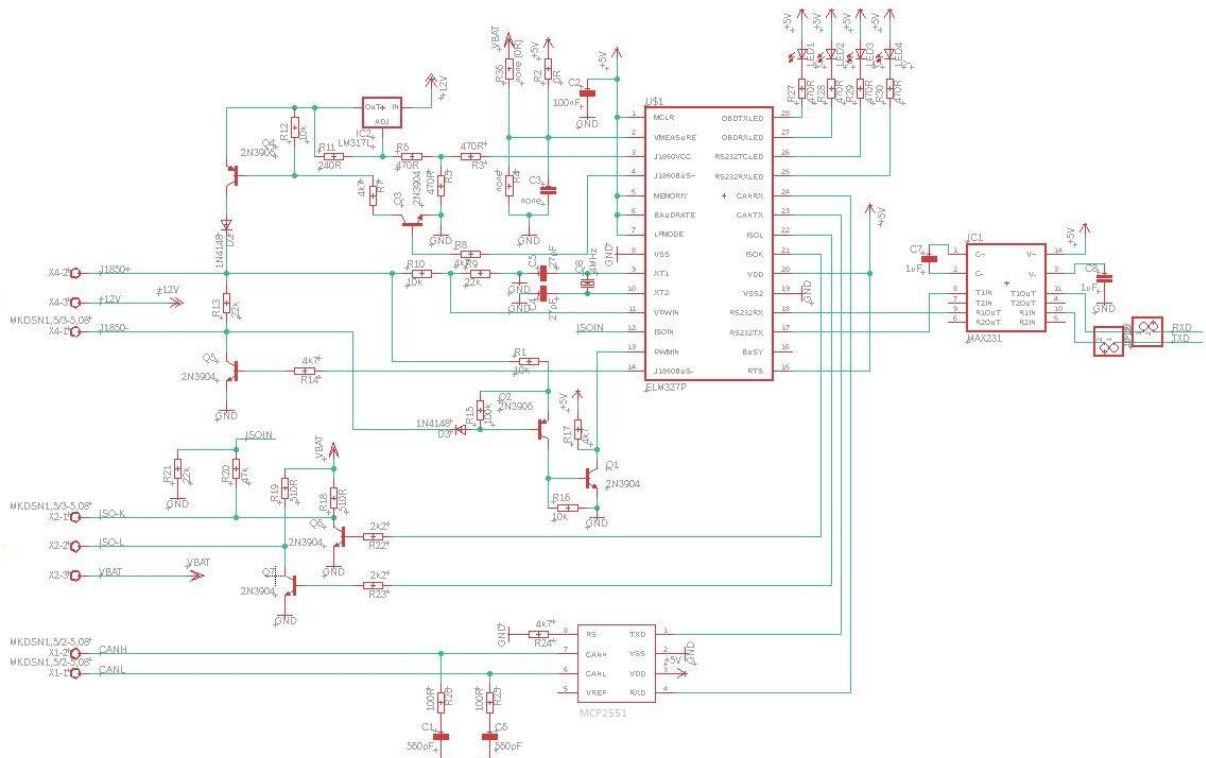
Medzi základné predpoklady, ktoré sme brali do úvahy pred samotnou realizáciou patrí kompaktnosť, dodržať prijateľné rozmery celého zariadenia, intuitívne ovládanie a v neposlednom rade aj dostupnosť konštrukčných súčiastok. Jednotlivé kroky a procesy návrhu tohto zariadenia až po komplexnú praktickú realizáciu si popíšeme v samotných kapitolách.

Pri realizácii návrhu schémy ako aj dosky plošného spoja budeme používať vývojové prostredie od spoločnosti Autodesk. Tento program je známy pod názvom EAGLE. Funkcionalitou program EAGLE konkuruje cenovo omnoho nedostupnejším komerčným programom. Vývojové prostredie obsahuje v užívateľskom rozhraní editor schématických nákresov a súčasne aj editor pre návrh dosky plošných spojov. Voľba použitia tohto programu padla preto, lebo distribútor ponúka nespoplatnenú verziu v prípade splnenia určitých podmienok, ako napríklad použitie pre študijné účely. Zároveň užívateľské prostredie programu EAGLE je pomerne intuitívne a zoznámili sme sa s ním už v predchádzajúcej bakalárskej práci. Voľne dostupná verzia tohto programu, ktorá je určená pre študentov má pri tvorbe plošného spoja obmedzenú veľkosť plochy na maximálne 80 cm<sup>2</sup> a takisto aj počet signálových vrstiev. Táto skutočnosť je pre nás zanedbateľná, keďže zariadenie, ktoré konštruujeme neprekračuje tieto medze. Budeme pracovať konkrétne s verziou programou EAGLE 9.2.2, ktorú sme stiahli zo stránky distribútora [17].

## 7.1.1 Funkčné bloky – komunikačný obvod ELM327P

V prvej časti návrhu sa bolo treba rozhodnúť akým spôsobom budeme čítať a spracovávať data zo štandardu OBD II. Možnosti je niekoľko. Po zvážení a porovnaní všetkých faktorov a parametrov ako napríklad zložitosť implementácie, spoľahlivosť, cenová dostupnosť sme sa rozhodli použiť komunikačný obvod od spoločnosti ELM Electronics.

Komunikačný obvod má továrenské označenie ELM327P. Nevýhodou tohto mikrokontroléru je, že jeho výrobca má momentálne na sklade len prevedenie v montážnom púzdre DIP-28, čo v dnešnej dobe znamená pomerne zastaralý spôsob prevedenia, avšak tento fakt nás po funkčnej stránke nijakým spôsobom neobmedzuje. Výrobca ELM Electronics použil pre svoj komunikačný obvod základ mikrokontroléru rodiny PIC od firmy Microchip Technology. Výhodou ELM327P je, že podporuje komunikáciu s využitím viacerých protokolov v automobilovom priemysle. Medzi podporované komunikačné protokoly patria aj protokoly štandardu OBD II, ktoré sme si charakterizovali v teoretickej časti práce.



Obr. č. 17 Schéma zapojenia komunikačnej časti s obvodom ELM327P

Schéma zapojenia komunikačnej časti s obvodom ELM327P je zobrazená na obr. č. 17. Toto zapojenie sa opiera o výrobcom udávané katalógové zapojenie. Výhodou komunikačného obvodu ELM327P je, že pre svoju funkciu potrebuje minimálne množstvo pasívnych elektrosúčiastok, kdeže výrobca ho navrhol tak, aby jeho implementácia bola podľa možností čo najjednoduchšia. Tento obvod riadi prístup a komunikáciu do štandardu OBD II. V súčasnosti je výrobcom ELM Electronics v obvode ELM327P implementované riešenie pre komunikáciu na celkom až ôsmich zberniciach. Jedná sa aj o zbernice využívané v nákladných vozidlách. Z tohto dôvodu je jeho použiteľnosť naozaj vysoká. Ďalšou výhodou obvodu je automatické rozpoznanie pripojenej zbernice k zariadeniu. To značne uľahčuje prácu pri následnej implementácii. Obvod je plne konfigurovateľný pomocou tzv. „AT“ príkazov [18].

Čo sa týka samotného zapojenia obvodu, tak ten je napájaný pomocou stabilizovaných 5V jednosmerného napájania (DC). ELM327P využíva externý časovač v podobe kryštálového oscilátora Q8 o hodnote 4MHz, ktorý je pripojený na piny XT1 a XT2. Vodiče zbernice LIN sú pripojené pomocou bipolárnych NPN tranzistorov 2N3904 na piny ISO L a ISO K. Vodiče zbernice SAE J1850 sú pripojené obdobne s využitím bipolárnych NPN tranzistorov 2N3904 na piny číslo 3 a 14 komunikačného obvodu. ELM327P využíva v prípade komunikácie prostredníctvom jednej z týchto dvoch zbernic palubné napätie vozidla ako napäťovú referenciu, ktorá je korigovaná stabilizovaným napäťovým regulátorom LM317. Komunikácia po zbernici CAN-BUS prebieha pomocou dvoch vodičov, ktoré sú nepriamo pripojené k obvodu ELM327P pomocou vysokorýchlostného CAN prevodníka MCP2551. Podobné typy prevodníkov sa používajú vo všetkých zariadeniach pripojených na zbernicu CAN-BUS, ktoré zabezpečujú prevod napäťových úrovní na zbernici medzi CAN kontrolérmi.

Komunikáciu medzi obvodom ELM327P a samotným mikrokontrolérom ATMEGA 2560 zabezpečuje multikanálový prevodník od spoločnosti MAXIM. Konkrétne sa jedná o model MAX231 a je osadený v DIP púzde.

Tento prevodník ma za úlohu konvertovať napät'ové signály rozhrania RS232 na strane komunikačného obvodu ELM327P medzi mikrokontrolérom ATMEGA 2560, ktorý je prepojený pomocou UART rozhrania. Prevodník MAX231 je zapojený podľa udávaných pokynov jeho výrobcu.

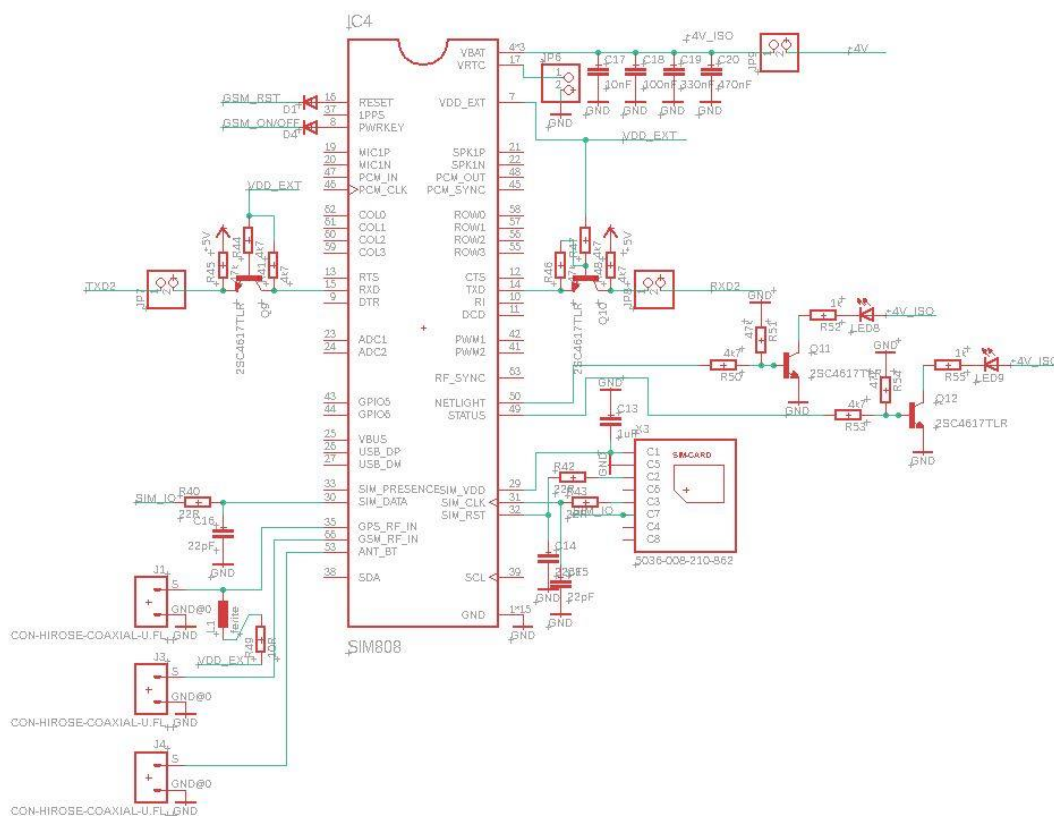
## **7.1.2 Funkčné bloky – modul SIM808**

V ďalšom kroku sme uvažovali ako prenášať získané diagnostické data z vozidla na externý server prostredníctvom siete Internet. Ako sme už v jednej z predošlých kapitol uviedli, rozhodnutie padlo modul od výrobcu firmy SIMTec, kde sme spomenuli aj dôvody, pre ktoré sme sa rozhodli siahnuť po tomto module. Jedná sa o štvorpásmový modul s označením SIM808, pracujúci na frekvenciách 850, 900, 1800 a 1900MHz.

Výhodou tohto modulu je fakt, že je v ňom súčasne integrovaný modul pre určovanie aktuálnej polohy – GPS. Z tohto dôvodu, nám odpadá starosť konštrukčne navrhovať samotnú časť pre určovanie polohy. Tento modul zároveň disponuje aj Bluetooth pripojením verzie 3.0, čo môže do budúcnosti značne zjednodušiť prípadné rozšírenie podpory pripojenia nášho zariadenia.

Konštrukčné vyhotovenie poskytuje výrobca modulu SIM808 v LCC púzdre. Jedná sa o 68 pinové prevedenie kompaktných rozmerov. Hmotnosť modulu je 4,8g. Modul SIM808 je plne konfigurovateľný pomocou „AT“ príkazov rovnako ako aj komunikačná časť s obvodom ELM327, čo v istej miere robí zdrojový kód viac prehľadnejším. Navyše podporuje aj rozšírené „AT“ príkazy jeho vlastným výrobcou. Tento modul komunikuje pomocou protokolu TCP/UDP čo takisto v značnej miere zjednodušuje celý proces programovania.

Konkrétne zapojenie celého modulu je možné vidieť na obr. č. 18. Výrobca modulu SIM808 implementoval do samotného čipu všetky potrebné periférie, takže v našom zapojení potrebuje pre svoju funkciu minimum súčiastok.



Obr. č. 18 Schéma zapojenia modulu SIM808 pre komunikáciu do siete Internet

Schéma zapojenia modulu SIM808 je v tomto prípade pomerne prehľadná, keďže v našom zapojení nevyužívame všetky funkcie tohto modulu. Modul SIM808 je napájaný pomocou stabilizovaného zdroja jednosmerným napájaním 4V/DC. Z modulu sú vyvedené na dosku plošného spoja celkom tri zdierky, ktoré slúžia na pripojenie antény pre určovanie polohy (GPS), mobilnú sieť (GSM), prípadne pre bezdrôtové pripojenie Bluetooth 3.0, s ktorým v našom prípade nebudeme pracovať. Komunikácia medzi mikrokontrolérom ATMEGA 2560 a modulom SIM prebieha pomocou asynchrónneho sériového rozhrania UART.

Inicializácia modulu SIM808 prebieha tak, že na vstupný pin číslo 8, ktorý je označený ako PWRKEY privedieme po dobu 1 sekundy logickú hodnotu 0. V prípade deaktivácie modulu SIM808 privedieme na tento pin logickú hodnotu 1 po dobu 1 sekundy. Ďalej je k modulu pripojená aj signalizácia stavov pomocou dvoch indikačných LED (light emitting diode). Signalizačná dioda LED9 informuje o stave inicializácie modulu SIM808 a signalizačná dioda LED8 o stave pripojenia k sieti mobilného operátora [19].

Pokiaľ je modul SIM808 v zapnutom stave signalizačná dióda LED9 intuitívne svieti trvalo na zeleno. Signalizačná dióda LED8 počas hľadania a pripájania k sieti mobilného operátora bliká v krátkych pol sekundových intervaloch. Po úspešnom pripojení bliká v trojsekundovom intervale. K modulu SIM808 sa pomocou výklopnej päťice pripája SIM karta vybraného poskytovateľa mobilných komunikácií. Pomocou adaptéra je možno pripojiť SIM karty všetkých rozmerov (MINI, MICRO, NANO).

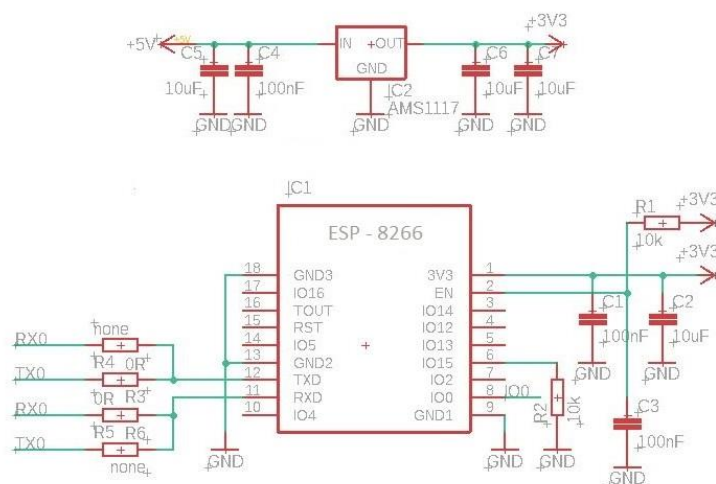
### **7.1.3 Funkčné bloky – WiFi modul ESP8266**

Jednou z podmienok zadania práce bola aj možnosť pripojenia zariadenia k sieti Internet pomocou, dnes už dobre známeho, bezdrôtového WiFi pripojenia. V súčasnosti je na trhu viacero možných alternatív, pomocou ktorých je možné tento krok realizovať. My sme sa rozhodli aj na základe pozitívnych predchádzajúcich skúseností siahnuť po osvedčenom module ESP8266, pretože ponúka pre naše použitie potrebné a kompletne WiFi sieťové riešenie. Tento modul vyrába čínska firma Espressif Systems v Šanghaji. S týmto faktom je spojená aj jeho priaznivá cena, čo bol taktiež rozhodujúci faktor pri výbere.

Medzi výhody tohto modulu možno taktiež zaradiť malé a kompaktné konštrukčné rozmery ako aj fakt, že súčasťou nášho konštrukčného prevedenia modulu ESP8266 je aj vstavaná anténa na doske plošného spoja, čo v neposlednom rade minimalizuje a šetrí miesto vo vnútri krabici celého zariadenia. Ďalej tento modul obsluhuje interný program pre komunikáciu cez sériovú linku pomocou už spomínaných AT príkazov. Modul ESP8266 má v sebe integrované šifrovanie a zabezpečenie bezdrôtového pripojenia typu WEP, TKIP, AES a WAPI. ESP8266 podporuje sieťový protokol 802.11 b/g/n. Výstupný výkon v režime 802.11 b je +19,5dBm. Veľkou výhodou tohto modulu je, že vyššie spomínané procesy bežia vo vnútri integrovaného nízkopríkonového 32-bitového RSIC procesora, ktorý má v kludovom režime priemerný odber max 50mA [20].



Tento fakt udávaný výrobcom sme si overili aj praktickým meraním. V našom prípade sa priemer pohyboval v kľudovom stave niekde okolo 50 – 60mA. V špičkách v pracovnom režime dosahoval odber maximálne 350mA pri napájanom napätí 3,3V/DC.



Obr. č. 19 Schéma zapojenia bezdrôtového sieťového modulu ESP8266

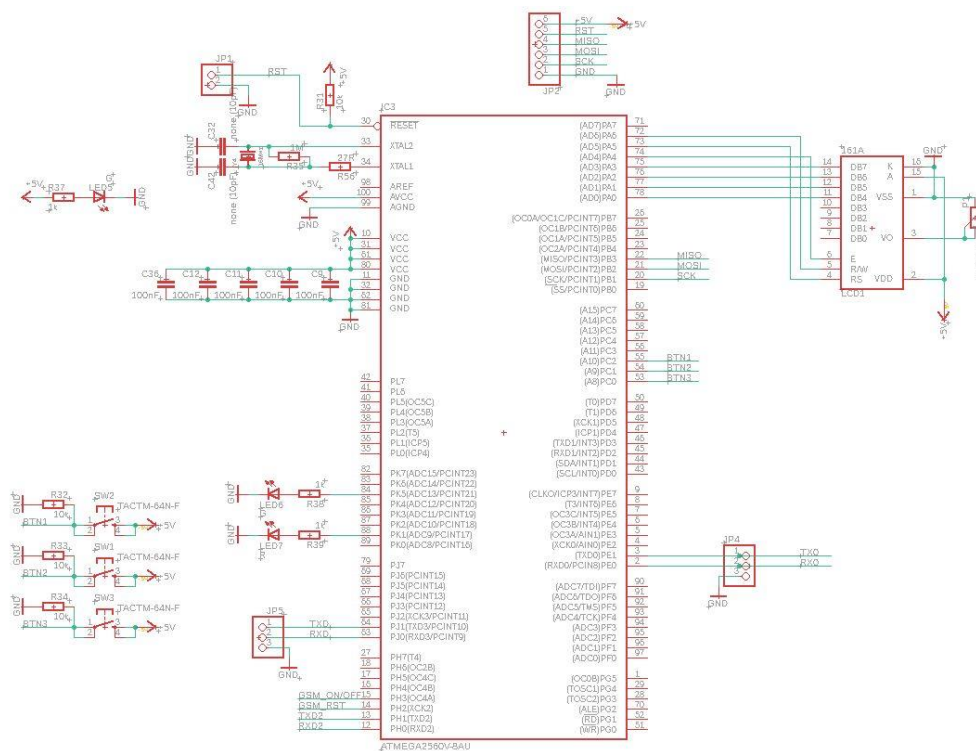
Na obr. č. 19 je zakreslená schéma zapojenia bezdrôtového sieťového modulu ESP8266. Tento modul k svojej funkčnosti potrebuje minimálne množstvo externých súčiastok, pretože výrobca implementoval všetko potrebné do samotného modulu, tak aby uľahčil prácu s ním.

Napájanie modulu je výrobcom stanovené na hodnote 3,3V/DC. Keďže v okruhu nášho zapojenia pracujeme so stabilizovaným jednosmerným napájaním o hodnote 5V, museli sme vyriešiť otázku napájania bezdrôtového sieťového modulu ESP8266. K tomuto účelu sme použili nízko napäťový stabilizátor výrobcu Advanced Monolithic Systems. Konkrétne sa jedná o stabilizátor s označením AMS1117 v SMD prevedení montážneho púzdra SOT-223. Tento nízkonapäťový stabilizátor dokáže pracovať so vstupným jednosmerným napájaním v rozsahu 4,5 – 7V. Toto napájanie stabilizuje na výstupe na hodnote 3,3V s presnosťou tolerancie 0,05V. Maximálny výstupný prúd, ktorý dokáže stabilizátor AMS1117 dodať je 0,8A čo v našom prípade plne postačuje [21].

## 7.1.4 Funkčné bloky – mikrokontrolér ATMEGA 2560

Popri návrhu predošlých funkčných blokových častí zariadenia, sme zároveň uvažovali aký typ mikrokontroléra zvolíme, keďže táto časť bude takzvaným mozgom celého zariadenia. Ako už bolo v práci spomenuté, pôjde o mikrokontrolér od výrobcu ATMEL. Pre výber mikrokontroléra od tohto výrobcu sme sa rozhodli, pretože už v predchádzajúcej bakalárskej práci sme s ním pracovali a neraz sme sa s ním stretli aj v rámci školských laboratórnych cvičení, kde sme pracovali s vývojovým prostredím Arduino, ktoré je postavené na rovnakej architektúre.

Pre naše použite sme zvolili mikrokontrolér, ktorý je typovo označovaný ako ATMEGA 2560. Dôvod výberu tohto konkrétneho typu bol najmä kvôli počtu potrebných logických vstupných a výstupných liniek. Čo sa týka montážneho prevedenia tohto mikrokontroléra, tak ATMEGA 2560 je dostupná v SMD montážnom púzdre s označením TQFP-100, ktoré sme aj použili.



Obr. č. 20 Schéma zapojenia mikrokontroléra ATMEGA 2560 a jeho komponentov

Na obr. č. 20 je zachytená schéma zapojenia mikrokontroléra ATMEGA 2560 aj s jeho komponentami. Jedná sa o typické zapojenia užívateľských periférií, ktorými sú LCD display a mikro tlačidlá, pomocou ktorých bude môcť oprávnený užívateľ konfigurovať konečné zariadenie.

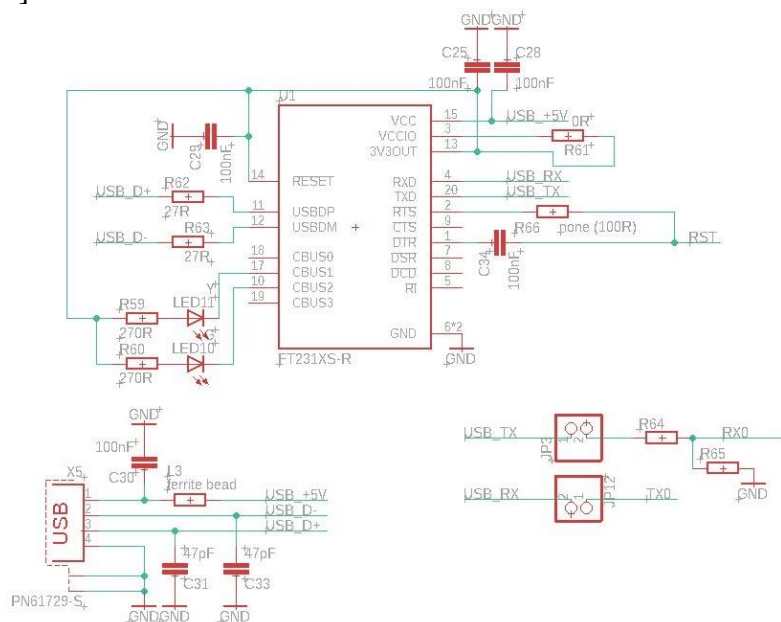
Ako zobrazovací prvok pre sprostredkovanie interakcie užívateľovi a následne možnej konfigurácii samotného zariadenia sme použili alfanumerický LCD display s označením EAW164B. Tento LCD display je štvorriadkový a na každom riadku dokáže zobrazit' celkom až šestnásť znakov. Výhodou tohto alfanumerického LCD displaya je, že má v sebe implementovaný radič HD44780, ktorý s ním značne uľahčuje prácu. Otočný trimer PT-10 slúži na korekciu kontrastu LCD displaya.

Pre ovládanie celého zariadenia sú na obr. č. 20 v schéme zapojenia navrhnuté celkom tri konfiguračné mikro tlačidlá označené ako SW1, SW2 a SW3. Mikrokontrolér ATMEGA 2560 využíva externý oscilátor pomocou použitia externého kryštálu o hodnote 16 MHz. Ďalej sú k mikrokontroléru ATMEGA 2560 pripojené celkom tri LED diódy, ktoré slúžia na signalizáciu stavov. K mikrokontroléru ATMEGA 2560 je pripojená päťica pre servisné nahranie firmwaru pomocou JTAGu. Samotné programovanie mikrokontroléra bude prebiehať pomocou implementovaného programátora, ktorý si popíšeme v nasledujúcej kapitole.

### **7.1.5 Funkčné bloky – USB prevodník FT231XS**

V tejto časti si popíšeme časť zapojenia celého zariadenia, ktoré slúži pre komfortný vývoj a nahrávanie programu do mikrokontroléra ATMEGA 2560. Rozhodnutie o doplnenie tohto zapojenia do celej konštrukcie zariadenia padlo najmä z dôvodu urýchlenia a takisto zjednodušenia pri samotnom vývoji a optimalizácii softwaru pre mikrokontrolér.

Výhodou tohto kroku je aj všestrannosť, keďže odpadá nutnosť programovania za pomoci špeciálneho programátora prostredníctvom JTAG zbernice. Pomerne jednoduchá schéma zapojenia tejto časti zariadenia je zobrazená na obr. č. 21 [22].



Obr. č. 21 Schéma zapojenia programátora s využitím USB prevodníka FT231XS

Koncepcia tohto zapojenia plynie z podstaty väčšiny komerčne dostupných profesionálnych programátorov. Fyzické programovanie mikrokontroléra ATMEGA 2560 nevyžaduje žiadne špeciálne nároky na hardware zapojenia. O celú funkciu sa stará prevodník od firmy Future Technology Devices International, Ltd. Presnejšie, jedná sa o USB prevodník pre asynchrónny prenos dát na rozhranie UART s katalógovým označením FT231XS. Rýchlosť prenosu prevodníka FT231XS je výrobcom deklarovaný na 3 Mbps a maximálny odber prúdu na 15 mA. Výrobca ponúka viacero montážnych prevedení prevodníka FT231XS. My sme zvolili SMD prevedenie v montážnom púzdre typu SSOP-20.

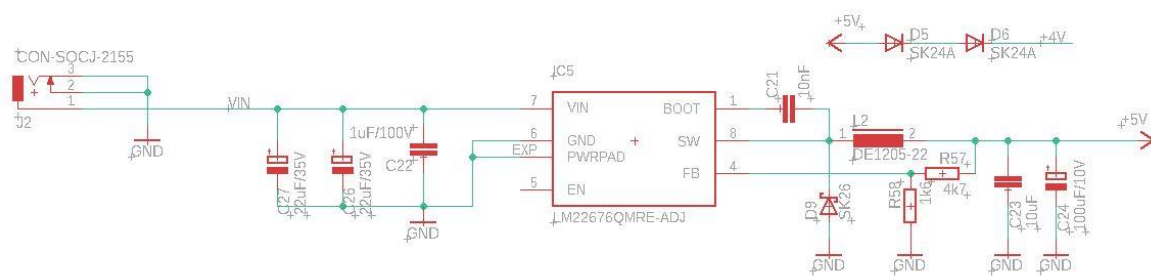
Celé zapojenie a hodnoty pasívnych súčiastok sa opiera o katalógové zapojenie, ktoré je doporučované samotným výrobcom FTDI. Mikrokontrolér ATMEGA 2560 je krížovo pripojený na programovacie piny pomocou liniek RX a TX. Pin DTR je pripojený pomocou oddelovacieho kondenzátora na RST pin mikrokontroléra ATMEGA 2560.

## 7.1.6 Funkčné bloky – Stabilizátor napätia LM22676

Popri realizácii návrhu zariadenia, sme museli dopredu myslieť na skutočnosť, s akým napájacím vnútorným napätím budeme pracovať. Podľa tejto skutočnosti sme museli prepočítať a nadimenzovať jednotlivé funkčné bloky a ich komponenty.

Automobily pracujú s jednosmerným pracovným napätím 12V, avšak toto napätie je len teoretické, pretože v skutočnosti sa toto pracovné napätie pohybuje v rozsahu od 11,5V v prípade nenaštartovaného vozidla až po 14,5V v prípade naštartovaného vozidla, ktoré je dobíjané alternátorom. Z tohto dôvodu bolo potrebné zvoliť spoľahlivý napäťový stabilizátor, ktorý zvládne pracovať v rozsahu týchto hodnôt a stabilizovať napájacie napätie presne na 5V pre okruh funkčných blokov nášho zariadenia.

Voľba padla na pomerne moderný a spoľahlivý napäťový stabilizátor od firmy TEXAS INSTRUMENTS, typovo označený ako LM22676QMRE, dodávaný v osempinovom montážnom púzdre PSOP-8 v prevedení SMD. Napäťový stabilizátor LM22676 v tomto prevedení značne zjednodušuje konečné zapojenie tým, že svojimi minimálnymi rozmermi šetrí miesto na doske plošného spoja čo sa v konečnom dôsledku odrazí aj na konštrukčných rozmeroch kompletneho zariadenia.



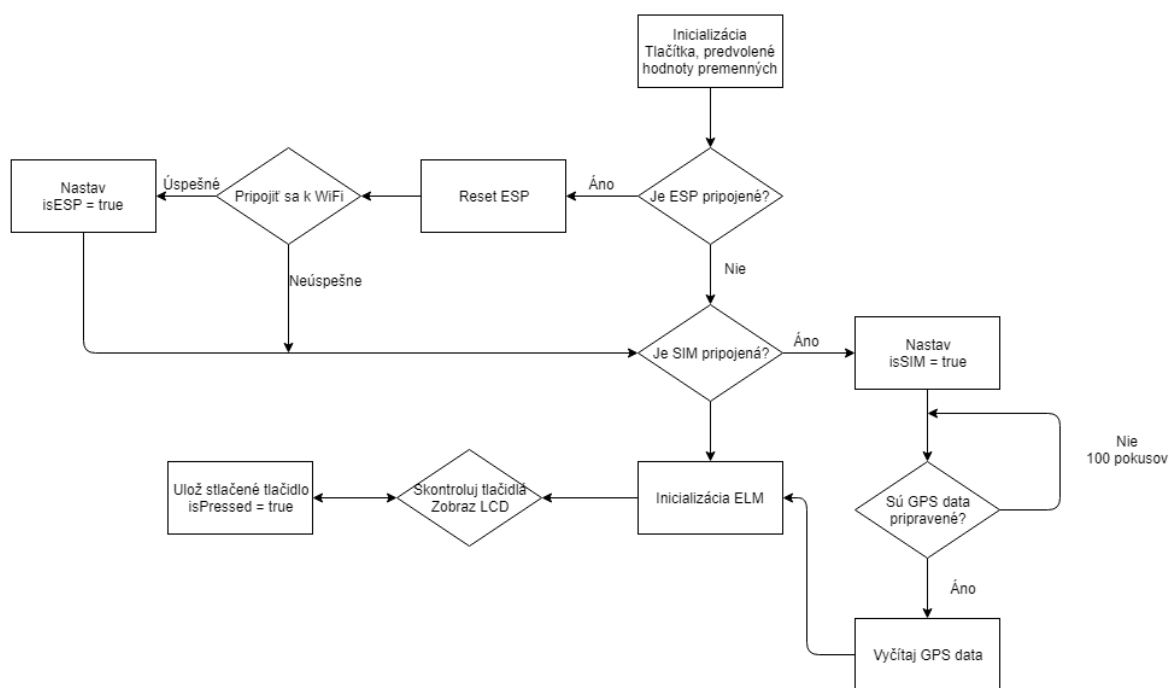
Obr. č. 22 Schéma zapojenia napäťového stabilizátora LM22676QMRE

Na obr. č. je zakreslené schematické zapojenie funkčného bloku napäťového stabilizátora s použitím LM22676QMRE.

Napät'ový stabilizátor LM22676 generuje na výstupe napájacie napätie 5V s presnosťou stabilizácie, ktorá je výrobcom udávaná v rozsahu 0,05V s maximálnym prúdovým zaťažením 3A pre toto montážne púzdro. Na vstup napät'ového stabilizátora môžeme priviesť jednosmerné napätie v rozsahu až 5 – 42V. Účinnosť napät'ového stabilizátora LM22676 je viac ako 90% a jeho maximálna pracovná teplota, do ktorej je prevádzky schopné je 125°C [23].

## 7.2 Zdrojový kód a ukladanie dát na web server

Zdrojový program mikrokontroléra ATMEGA 2560 pozostáva z hlavnej časti a viacerých knižníc. V hlavnej časti je implementovaný zdrojový kód pre inicializáciu a obsluhu jednotlivých komponentov. Pomocou knižníc sú implementované procedúry, ktoré obsluhujú jednotlivé časti zariadenia, ako napríklad LCD display, riadenie a komunikáciu s ELM modulom, WiFi modulom či SIM modulom s obsluhou GPS.



Obr. č. 23 Vývojový diagram zdrojového kódu mikrokontroléra ATMEGA 2560

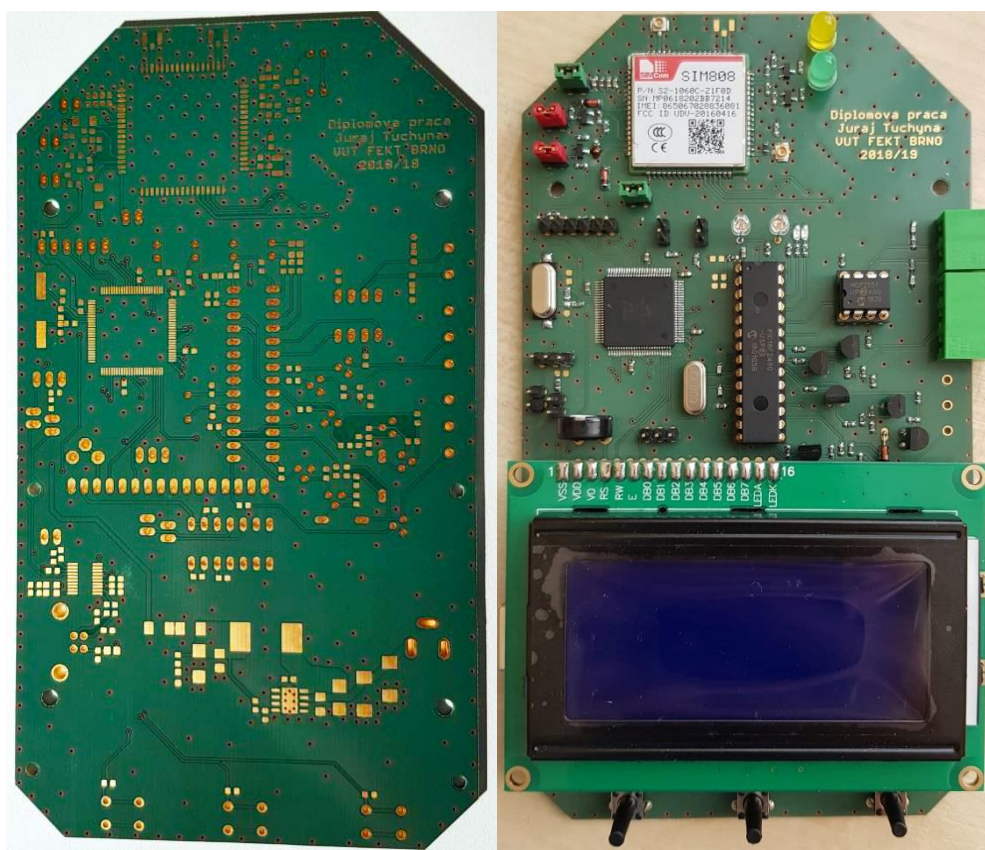
Na obr. č. 23 je znázornený zjednodušený vývojový diagram zdrojového kódu mikrokontroléra ATMEGA 2560. Program bol napísaný vo vývojovom prostredí ARDUINO IDE vo verzii 1.8.8. Komplexný a neskompilovaný zdrojový kód pre mikrokontrolér ATMEGA 2560 je priložený v elektronickej prílohe tejto práce.

Spracované dáta sa z komunikačného obvodu ELM327P následne posielajú a ukladajú prostredníctvom siete Internet pomocou HTTP protokolu na externý web server, ktorý využíva SQL relačnú databázu. Spracované data sú následne ukladané do, tzv. MySQL tabuľky. Ukladanie dát na serveri do databázy je riešené pomocou PHP skriptu.

## 8 Konštrukčné vyhotovenie

Po teoretickom návrhu schématickej časti zariadenia sme pristúpili k praktickej realizácii konštrukčného vyhotovenia. Celé zapojenie tvoria funkčné bloky, ktoré boli popísané v predchádzajúcej kapitole. Komplexná schéma zapojenia je priložená v prílohách na konci práce v papierovej aj elektronickej podobe.

Dosku plošného spoja sme navrhli vo vyššie spomínanom vývojovom prostredí EAGLE. Finálne rozmery obojstrannej dosky plošného spoja sú 89 x 159mm. Takto navrhnutú dosku plošného spoja sme si nechali vyrobiť na objednávku vo firme Gatema, ktorá má dlhoročné skúsenosti s výrobou dosiek tohto typu. Našu dosku plošného spoja sme si nechali vyrobiť s povrchovou úpravou, ktorá zahŕňa zelenú nespájkovateľnú masku a pozlátené osadzovacie plochy.



Obr. č. 24 Ukážka vyhotovenia (vľavo) a osadenia dosky plošného spoja (vpravo)



Na obr. č. 24 je možné vidieť ukážku neosadenej dosky plošného spoja v stave akom prišla z výroby. Vedľa na snímke je už ukážka plne osadenej dosky plošného spoja spolu s LCD displayom. V prílohách na konci práce je priložená fotografia finálneho zariadenia osadeného v konštrukčnej krabičke spolu s potlačou a signalizačnými LED.

Konfiguračné menu zariadenia je jednoduché a pomerne intuitívne. Zariadenie sa automaticky spustí po privedení jednosmerného napájania 12V do napájacej zdieľky. Po úvodnej inicializácii komunikačných obvodov, ktorá trvá približne 5 sekúnd je zariadenie pripravené na použitie. V hlavnom menu zariadenia máme na výber celkom štyri položky – merané hodnoty, chybové kódy, nastavenia a informácie o zariadení. V položke merané hodnoty môžeme voliť, ktoré parametre chceme spracovávať a následne odosielať na web server. Po rozkliknutí položky chybové kódy sa nám zobrazí stav chybových hlásení v riadiacej jednotke motora a prípadne čísla chybových hlásení vo formáte PXXXX, ktorý sme popísali v úvode práce. V položke nastavenia, máme možnosť zapnúť či sa ma odosielať spolu s meranými údajmi aj údaj o aktuálnej polohe, nastavenie WiFi pripojenia, stav GSM modulu a pripojenia k sieti Internet, prípadne „REFRESH“ interval, ktorý určuje frekvenciu odosielania dát na web server. Tento interval je udávaný v počte sekúnd. Položka informácie o zariadení obsahuje názov, meno a priezvisko autora a rok obhajoby práce. Stav jednotlivých komunikačných obvodov zariadenia je signalizovaný LED diódami na vrchnom paneli zariadenia.

## **8.1 Cenová kalkulácia zariadenia**

Pri samotnej konštrukcii zariadenia okrem komunikačného obvodu ELM327P nebol s dostupnosťou väčšiny súčiastok problém. Doska plošného spoja bola navrhnutá pre kombinované osadenie, z dôvodu nedostupnosti jednotnej platformy montážnych púzdiel samotných súčiastok. Pri osadzovaní sme použili súčiastky a obvody v SMD púzdre ako aj v klasickom DIP prevedení.

Väčšinu súčiastok ako i konštrukčnú krabicu sme zakúpili vo firme GME Electronics. Súpis a cenová kalkulácia súčiastok pri stavbe zariadenia je zhrnutý v nasledujúcej tabuľke. Niektoré komponenty sú není v tabuľke zahrnuté, z dôvodu vlastných skladových zásob.

Tab. č. 6 Súpis a cenová kalkulácia súčiastok

Súčiastka	Množstvo	Hodnota	Cena za kus	Cena celkom
rezistor	2	100 $\Omega$	0,05 €	0,10 €
rezistor	1	100 k $\Omega$	0,05 €	0,05 €
rezistor	1	10 $\Omega$	0,05 €	0,05 €
rezistor	8	10 k $\Omega$	0,05 €	0,40 €
rezistor	1	1 M $\Omega$	0,05 €	0,05 €
rezistor	5	1 k $\Omega$	0,05 €	0,25 €
rezistor	1	1,6 $\Omega$	0,05 €	0,05 €
rezistor	3	22 $\Omega$	0,05 €	0,15 €
rezistor	3	22 k $\Omega$	0,05 €	0,15 €
rezistor	1	240 $\Omega$	0,05 €	0,05 €
rezistor	2	270 $\Omega$	0,05 €	0,10 €
rezistor	3	27 $\Omega$	0,05 €	0,15 €
rezistor	2	2,7 k $\Omega$	0,05 €	0,10 €
rezistor	7	470 $\Omega$	0,05 €	0,35 €
rezistor	5	47 k $\Omega$	0,05 €	0,25 €
rezistor	12	4,7 k $\Omega$	0,05 €	0,60 €
rezistor	2	510 $\Omega$	0,05 €	0,10 €
keramický kondenzátor	13	100 nF	0,03 €	0,39 €
keramický kondenzátor	2	10 nF	0,03 €	0,06 €
keramický kondenzátor	1	10 $\mu$ F	0,03 €	0,03 €
keramický kondenzátor	3	1 $\mu$ F	0,03 €	0,09 €
keramický kondenzátor	2	27 pF	0,03 €	0,06 €
keramický kondenzátor	2	22 pF	0,03 €	0,06 €
keramický kondenzátor	1	330 nF	0,03 €	0,03 €
keramický kondenzátor	1	470 nF	0,03 €	0,03 €
keramický kondenzátor	2	47 pF	0,03 €	0,06 €
keramický kondenzátor	2	560 pF	0,03 €	0,06 €
elektrolytický kondenzátor	1	100 $\mu$ F/10V	0,06 €	0,06 €
elektrolytický kondenzátor	2	22 $\mu$ F/35V	0,06 €	0,12 €

dioda	2	MINIMELF	0,45 €	0,90 €
dioda	2	1N4148	0,20 €	0,40 €
dioda	2	SK24A	0,50 €	1,00 €
dioda	1	SK26	0,50 €	0,50 €
LED 5mm	5	zelená	0,22 €	1,10 €
LED 5mm	5	červená	0,22 €	1,10 €
LED 5mm	5	žltá	0,22 €	1,10 €
NPN tranzistor	5	2N3904	0,40 €	2,00 €
NPN tranzistor	4	2SC4617	0,06 €	0,24 €
PNP tranzistor	2	2N3906	0,45 €	0,90 €
trimer	1	10 kΩ	0,35 €	0,35 €
kryštál	1	16 MHz	0,35 €	0,35 €
kryštál	1	4 Mhz	0,40 €	0,40 €
LCD display	1	4x16 znakov	12,50 €	12,50 €
SIM modul	1	SIM808	22,00 €	22,00 €
mikrokontrolér	1	MEGA2560	17,00 €	17,00 €
ELM327	1	ELM327P	21,00 €	21,00 €
USB prevodník	1	FT231XS	6,00 €	6,00 €
napäťový regulátor	1	LM317	1,20 €	1,20 €
napäťový regulátor	1	LM22676	2,30 €	2,30 €
prevodník RS232 UART	1	MAX231	7,00 €	7,00 €
CAN driver	1	MCP2551	4,50 €	4,50 €
USB konektor	1	USB	0,50 €	0,50 €
mikrotlačidlo	3	switch	0,15 €	0,45 €
pätica pre SIM kartu	1	holder	9,20 €	9,20 €
napájací konektor	1	DC jack	0,80 €	0,80 €
konektor	3	SMT 50	0,30 €	0,90 €
konštrukčná krabica	1	box	4,50 €	4,50 €
			<b>CELKOM</b>	<b>124,19 €</b>

## Záver

Na základe tejto práce sa preukázalo, že v dnešnej dobe sú moderné vozidla z hľadiska integrácie elektronických systémov pomerne sofistikované. Vývoj týchto moderných elektronických systémov posúvajú technologické hranice komfortu a bezpečnosti neudržateľným tempom dopredu. Avšak ako to už býva, každá minca má dve strany. S neustálym zvyšovaním a zhusťovaním integrity elektronických systémov vozidla sa zvyšuje riziko poruchy týchto systémov. A práve z tohto dôvodu sa kladie silný dôraz na eventuálne zisťovanie porúch s možnosťou diagnostiky interných parametrov týchto elektronických systémov vozidla.

Práve tento fakt je veľkým opodstatnením zmyslu mojej práce a tou je návrh a realizácia diagnostického zariadenia s bezdrôtovým prenosom dát na externý server prostredníctvom siete Internet. Týmto zariadením sme schopný získavať interné dáta motorového vozidla z jednotky pre riadenie chodu motora, ako napríklad aktuálne údaje zo senzorovej časti vozidla, prípadne určiť poruchu systému na základe chybového hlásenia. Tieto získané parametre sa duálne zobrazujú ako na predmetnom zariadení, tak na externom serveri kde sa zároveň aj ukladajú spolu s údajom o aktuálnej polohe. Takéto zariadenie si môže nájsť uplatnenie v servisoch prípadne koncepcia zariadenia môže slúžiť ako logovacie zariadenie s možnosťou prenosu dát do siete Internet.

V rámci semestrálnej práce sme spravili analýzu používanej sady protokolov súčasného štandardu OBD II. Tento štandard sme v úvode práce detailne popísali. Spracovali sme aj možnosti prenosu získaných dát z diagnostického zariadenia do siete Internet. Následne sme úspešne otestovali čítanie dát zo senzoričky motorovej jednotky automobilu Škoda. Toto testovanie sme vykonávali na open source platforme Arduino. Fotka funkčnej koncepcie zariadenia pre komunikáciu s riadiacou jednotkou motora je v prílohe pod názvom „PRÍLOHA E“.

V druhej časti práce sme následne pristúpili ku samotnému návrhu zariadenia pre čítanie a spracovanie diagnostických dát z moderných automobilov, ktoré sa budú posielat' na web server pomocou pripojenia k sieti Internet s použitím WiFi alebo SIM modulu.

Ako prvé, sme navrhli koncepciu prototypového zariadenia, ktorá pozostáva z jednotlivých funkčných celkov. Komplexný schematický návrh prototypového zariadenia je priložený v papierovej ako i elektronickej podobe v prílohách pod názvom „PRÍLOHA A“. Na základe vytvorenej schémy, sme ďalej navrhli obojstranný plošný spoj, ktorý sme ručne osadili pomocou mikros pájkovačky.

V ďalšej fáze, sme sa zaoberali samotným oživovaním a programovaním mikrokontroléra. Program sme odlaďovali postupne. Najprv sme sfunkčnili časť zariadenia, ktorá ma na starosti spracovanie dát z automobilov. Následne sme oživilí komunikáciu do siete Internet pomocou WiFi modulu spolu s web serverom. Ako posledné sme pridali inicializáciu SIM modulu spolu so spracovaním dát o aktuálnej polohe.

V poslednom kroku sme zhotovené a oživené zariadenie osadili do konštrukčnej krabičky, ktorú sme rozmerovo prispôbili naším požiadavkám. Na prednú časť krabičky sme osadili LCD display, ovládacie tlačidlá, signalizačné LED diódy a zhotovili panel s potlačou. Z boku konštrukčnej krabičky sú vyvedené konektory pre pripojenie napájania, zbernice a USB konektor pre nahratie firmwaru do zariadenia.

Záverom môžeme konštatovať, že realizácia a konštrukcia komplexného zariadenia pre zber diagnostických dát z automobilov a následného odosielania na vzdialený server sa nám podarila. Zhotovený prototyp sme úspešne testovali na celkom troch vozidlách značky VW, BMW a HYUNDAI. Fotodokumentácia z testovania a takisto ukážka získaných dát, spracovaných na vzdialenom web serveri je k nahliadnutiu v prílohách práce. Nepochybne, je mnoho vecí, v ktorých by sa dalo zariadenie do budúca zdokonaľiť prípadne doplniť. Jednými z nich sú napríklad, komunikácia pomocou rozhrania Bluetooth, prípadne zapisovanie údajov na pamäťovú kartu.

Táto práca bola úspešne publikovaná aj na študentskej konferencii EEICT 2019, kde bola praktická demonštrácia funkcionality hotového prototypu následne ocenená priamo sponzorom firmy VALEO, ktorá patrí k popredným hráčom v súčasnom vývoji v automobilovom priemysle.

## Literatúra

- [1] TONY KIRM, Getting Started with OBD-II [online]. 17.08.2016 [cit. 05.10.2018]. Dostupné: < <https://learn.sparkfun.com/tutorials/getting-started-with-obd-ii/all> >
- [2] OBD II connection diagram in modern vehicles [online]. [cit. 19.10.2018]. Dostupné: <[http://www.wikiwand.com/en/On-board\\_diagnostics](http://www.wikiwand.com/en/On-board_diagnostics)>
- [3] Why is my check engine light on ? [online]. [cit. 08.10.2018]. Dostupné: <<https://www.saffordofwinchester.com/faqs/check-engine-light/>>
- [4] OBD II connection diagram in modern vehicles [online]. [cit. 10.10.2018]. Dostupné: < <https://www.obdautodoctor.com/scantool-garage/diagnostic-trouble-codes-explained> >
- [5] OBD II connection diagram in modern vehicles [online]. [cit. 27.10.2018]. Dostupné: <<https://canbuskits.com/what.php>>
- [6] TIMON ALFERINK, CAN-BUS [online]. 29.08.2017 [cit. 01.12.2018]. Dostupné: <<https://www.kmpdrivetrain.com/paddleshift/practical-tips-can-bus/>>
- [7] RADOSLAV BORTEL, CAN - Controller Area Network [online]. 21.02.2014 [cit. 01.12.2018]. Dostupné:< <http://noel.feld.cvut.cz/vyu/scs/prezentace2004/CAN> >
- [8] CAN Protocol Understanding [online]. [cit. 03.12.2018]. Dostupné: < <https://softwareengineering.stackexchange.com/questions/246374/can-protocol-understanding> >
- [9] CAN Bit Coding and Bit Stuffing [online]. [cit. 07.12.2018]. Dostupné: < <https://slideplayer.com/slide/10782447>>
- [10] CAN and CAN FD bus decoding [online]. [cit. 10.12.2018]. Dostupné: <<https://www.picotech.com/library/oscilloscopes/can-bus-serial/protocol-decoding> >
- [11] J1850 – Zbernica pre cestné a terénne vozidlá [online]. [cit. 12.12.2018]. Dostupné: < [https://data.kemt.fei.tuke.sk/LabVIEW/\\_materialy/Prednasky/Stare/prednaska%20o%20LIN%20a%20J1850.pdf](https://data.kemt.fei.tuke.sk/LabVIEW/_materialy/Prednasky/Stare/prednaska%20o%20LIN%20a%20J1850.pdf)>
- [12] LARRY DAVIS, J1850 BUS [online]. 18.07.2015 [cit. 14.12.2018]. Dostupné: < [http://www.interfacebus.com/Automotive\\_SAE\\_J1850\\_Bus.html](http://www.interfacebus.com/Automotive_SAE_J1850_Bus.html)>
- [13] IRJET, Implementation and validation of SAE J1850 [online]. 07.07.2017 [cit. 15.12.2018]. Dostupné:< <https://www.irjet.net/archives/V4/i7/IRJET-V4I791.pdf> >

- [14] LARRY DAVIS, LIN Bus Description [online]. 06.13.2015 [cit. 15.12.2018]. Dostupné: < [http://www.interfacebus.com/Automotive\\_SAE\\_J1850\\_Bus.html](http://www.interfacebus.com/Automotive_SAE_J1850_Bus.html)>
- [15] ING. TOMÁŠ SUTORÝ, LIN (Local Interconnect network) [online]. 10.03.2004 [cit. 20.03.2019]. Dostupné: < <http://www.elektrorevue.cz/clanky/04012/index.html> >
- [16] OBD II connection diagram in modern vehicles [online]. [cit. 15.12.2018]. Dostupné: < [https://cdnshop.adafruit.com/datasheets/SIM808\\_Hardware+Design\\_V1.00](https://cdnshop.adafruit.com/datasheets/SIM808_Hardware+Design_V1.00)>
- [17] JURAJ TUČYŇA, Příjem a dekodování meteorologických signálů [online]. 19.06.2017 [cit. 16.12.2018]. Dostupné: < [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=152429](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=152429)>
- [18] ELM327 OBD to RS232 Interpreter [online]. [cit. 21.03.2019]. Dostupné: < <https://www.elmelectronics.com/wp-content/uploads/2017/01/ELM327DS.pdf> >
- [19] SIM808 module [online]. [cit. 27.03.2019]. Dostupné: < <https://www.tme.eu/Document/f3c28c977bbaeda48f88a1b8bb1a2a89/SIMCom%20Module%20%20EVB%20Kit.pdf> >
- [20] ESP8226 Datasheet [online]. [cit. 03.04.2019]. Dostupné: < [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf) >
- [21] AMS1117 Low Power Voltage Regulator [online]. [cit. 15.04.2019]. Dostupné: < <https://www.digchip.com/datasheets/parts/datasheet/015/AMS1117.php> >
- [22] FT231X USB to Full UART IC [online]. [cit. 23.04.2019]. Dostupné: < [https://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/ICs/DS\\_FT231X.pdf](https://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/ICs/DS_FT231X.pdf)>
- [23] LM22676 Voltage Regulator [online]. [cit. 27.04.2019]. Dostupné: < <http://www.ti.com/document-viewer/LM22676/datasheet> >
- [24] BAEK, Sung-Hyun a Jong-Wook JANG. Implementation of integrated OBD-II connector with external network. Information Systems [online]. Elsevier, 2015, 50, 69-75 [cit. 2018-09-21]. DOI: 10.1016/j.is.2014.06.011. ISSN 0306-4379.
- [25] MALEKIAN, Reza, Ntefeng Ruth MOLOISANE, Lakshmi NAIR, B. T. MAHARAJ a Uche A. K. CHUDE-OKONKWO. Design and Implementation of a Wireless OBD II Fleet Management System. Sensors Journal, IEEE [online]. USA: IEEE, 2017, 17(4), 1154-1164 [cit. 2018-09-21]. DOI: 10.1109/JSEN.2016.2631542. ISSN 1530-437X.

## ZOZNAM SKRATIEK

OBD	On Board Diagnostic
E-OBD	European On Board Diagnostic
EPA	United States Environmental Protection Agency
SAE	Society of Automotive Engineers
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
MIL	Malfunction Indicator Lamp
DTC	Diagnostic Trouble Code
ESP	Electronic Stability Program
ABS	Anti-skid Braking System
ECU	Engine Control Unit
CAN	Controller Area Network
DC	Direct current
NRZ	None Return To Zero
FIFO	First In First Out
CRC	Cyclic Redundancy Checksum
ACK	Acknowledgement
CSMA/CD	Carrier-sense multiple access with collision detection
UTP	Unshielded twisted pair
STP	Shielded Twisted Pair
PWM	Pulse Width Modulation
VPWM	Variable Pulse Width Modulation



LIN	Local Interconnect Network
LCD	Liquid Crystal Display
GSM	Global System for Mobile communication
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System
SMD	Surface Mount Technology
DIP	Dual In-line Package

## ZOZNAM PRÍLOH

PRÍLOHA A: Schematický návrh zariadenia

PRÍLOHA B: Priebeh merania napät'ových úrovní zbernice CAN-BUS

PRÍLOHA C: Priebeh komunikácie na dvojvodičovom vedení zbernice SAE J1850 s PWM moduláciou

PRÍLOHA D: Priebeh komunikácie na jednovodičovom vedení zbernice SAE J1850 s VPWM moduláciou

PRÍLOHA E: Testovacie zariadenie na platforme Arduino

PRÍLOHA F: Navrhnutá doska plošného spoja

PRÍLOHA G: Zostrojený prototyp zariadenia

PRÍLOHA H: Testovanie funkčnosti na vozidle BMW F10 2014

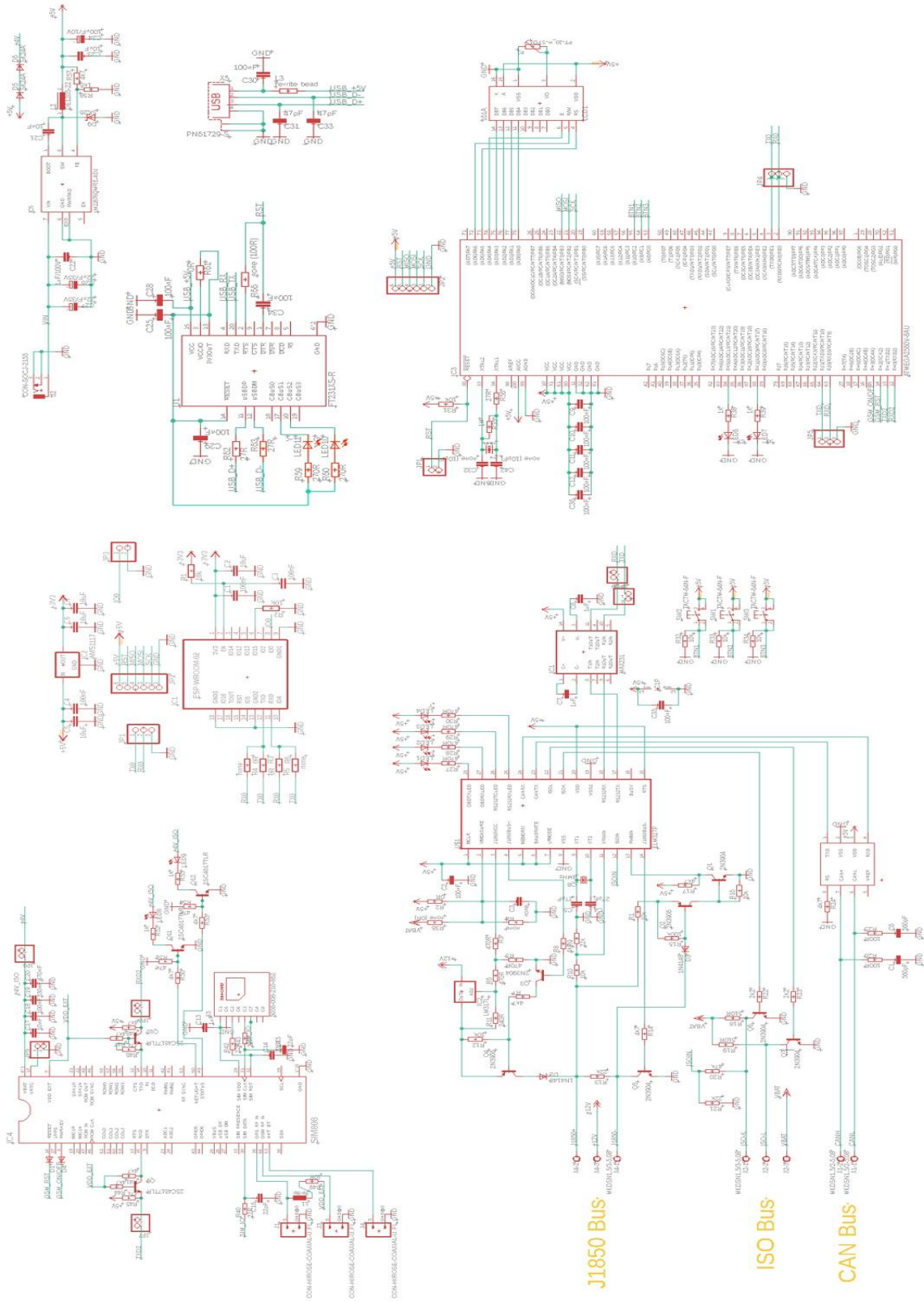
PRÍLOHA I: Testovanie funkčnosti na vozidle VW POLO 2012

PRÍLOHA J: Prijaté data na web serveri

PRÍLOHA K: Obsah CD

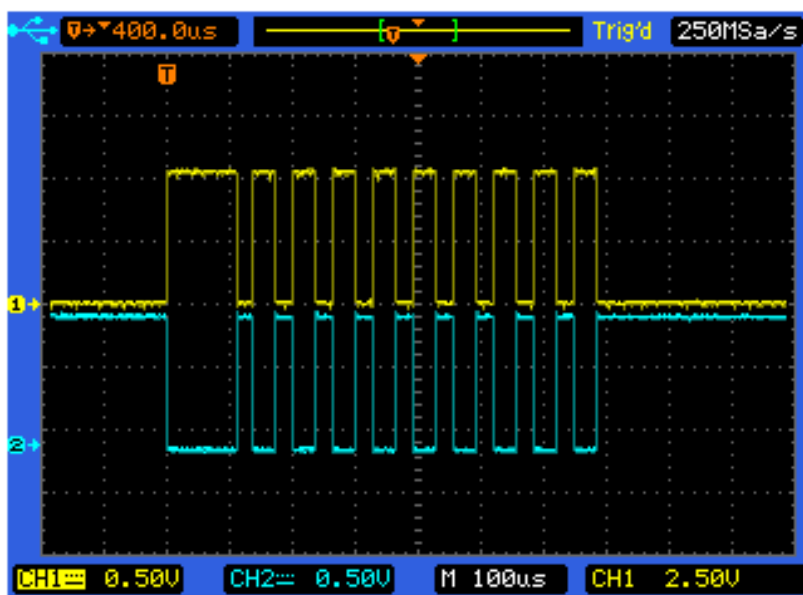
# PRÍLOHA A

## Schematický návrh zariadenia



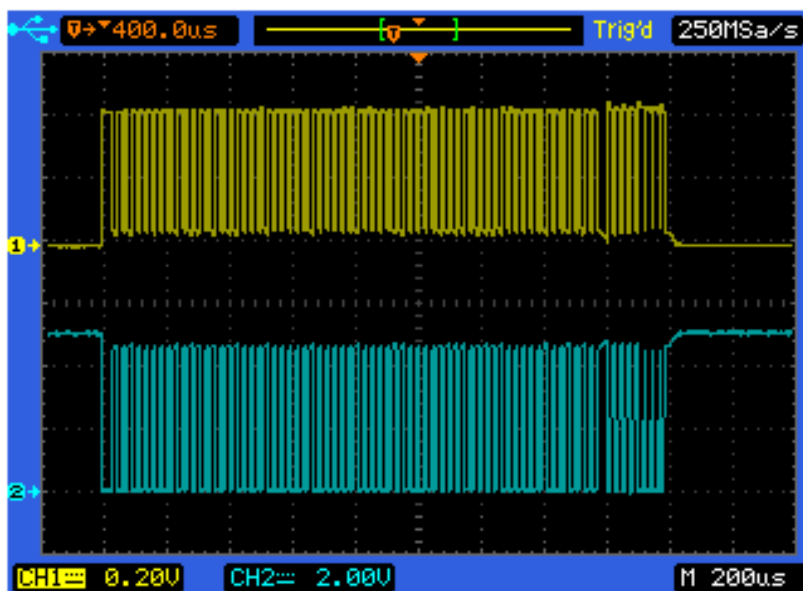
## PRÍLOHA B

Priebeh merania napätových úrovní zbernice CAN-BUS



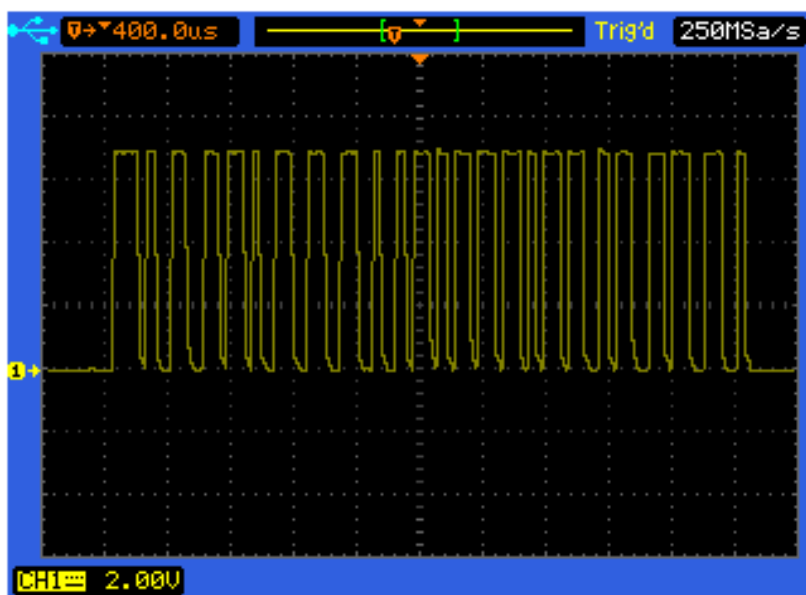
## PRÍLOHA C

Priebeh komunikácie na dvojvodičovom vedení zbernice SAE J1850 s PWM moduláciou



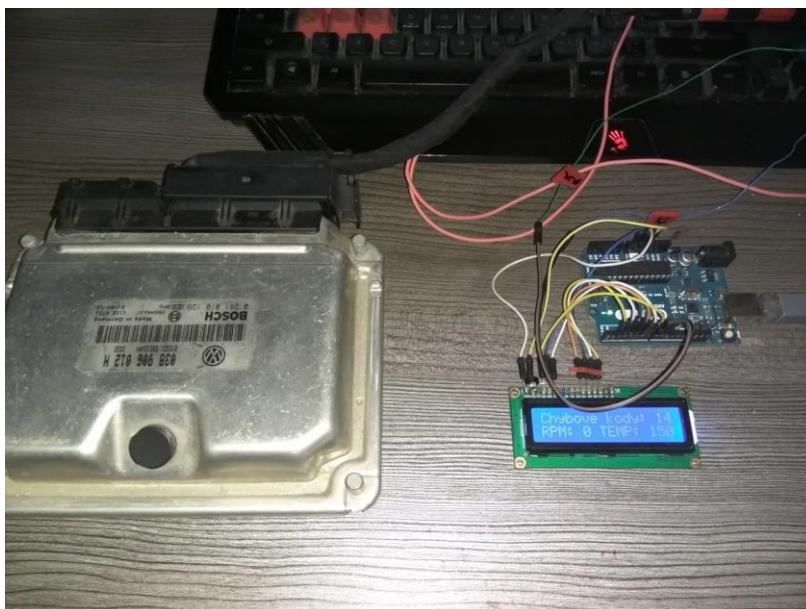
## PRÍLOHA D

Priebeh komunikácie na jednovodičovom vedení zbernice SAE J1850 s VPWM moduláciou



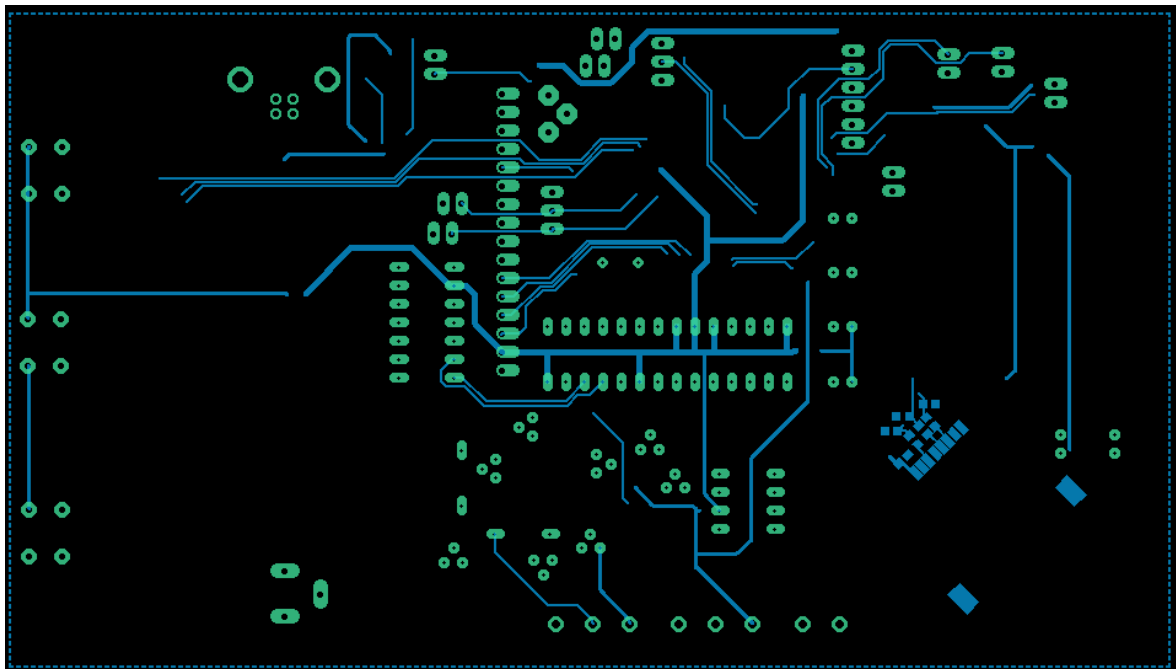
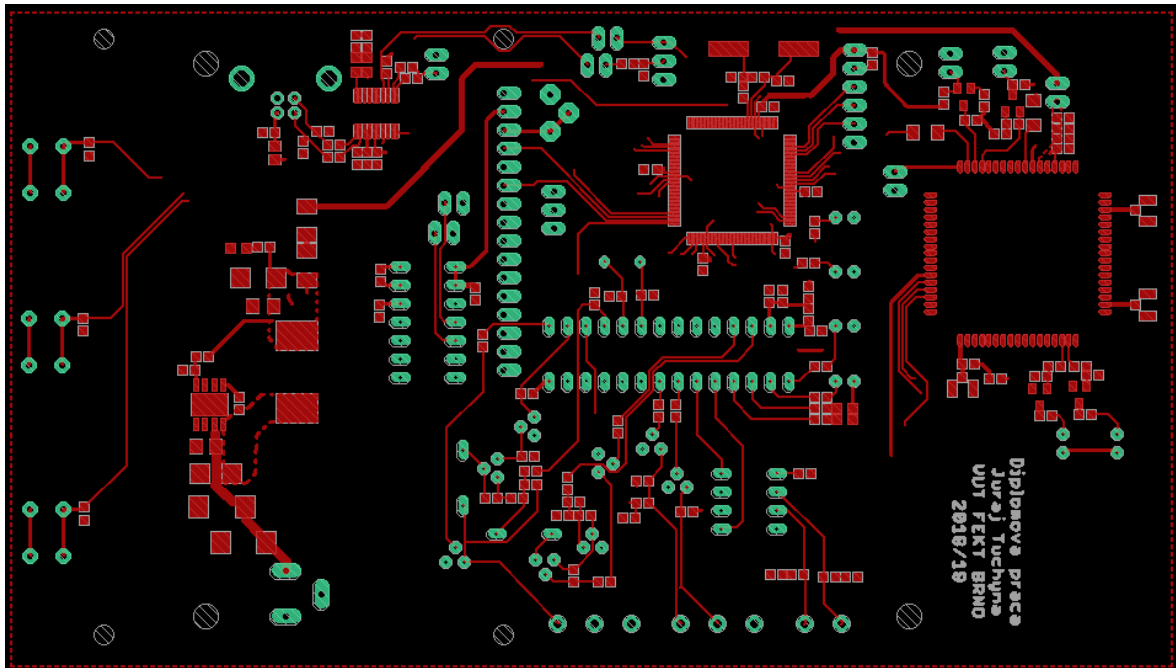
## PRÍLOHA E

Testovacie zariadenie na platforme Arduino



# PRÍLOHA F

Navrhnutá doska plošného spoja (vrchná a spodná strana)



## PRÍLOHA G

Zostrojený prototyp zariadenia



## PRÍLOHA H

Testovanie funkčnosti na vozidle BMW F10 2014




# PRÍLOHA I

Testovanie funkčnosti na vozidle VW POLO 2012



# PRÍLOHA J

Prijaté data na web serveri

11.3.2019 14:22:29 

Data								
Measured data								
Date	Time	RPM	Voltage	Temp	Speed	Pressure	Load	Air temp
7.4.2019	21:21:09	1925	14.40	88	140	1720	25	46
7.4.2019	21:20:57	1925	14.40	88	140	1710	25	46
7.4.2019	21:20:48	1925	14.40	88	140	1710	25	46
7.4.2019	21:20:36	1925	14.40	88	140	1710	20	46
7.4.2019	21:20:24	1925	14.40	87	140	1710	20	45
7.4.2019	21:20:15	1925	14.40	88	140	1720	25	45
7.4.2019	21:20:03	1925	14.40	88	140	1700	20	47
7.4.2019	21:19:54	1925	14.40	88	140	1720	25	47
7.4.2019	21:19:52	1925	14.40	88	140	1700	20	47
7.4.2019	21:19:31	1910	14.40	89	140	1740	20	47
7.4.2019	21:19:18	1910	14.40	89	140	1745	35	46
7.4.2019	21:19:06	1910	14.40	89	139	1750	40	46
7.4.2019	21:18:54	1780	14.40	89	128	2050	75	46
7.4.2019	21:18:42	1625	14.40	89	117	1870	60	45
7.4.2019	21:18:28	1650	14.40	89	117	1710	55	46
7.4.2019	21:18:14	1650	14.40	89	117	1600	35	46
7.4.2019	21:18:01	1650	14.40	89	117	1580	25	46
7.4.2019	21:17:50	1650	14.40	89	117	1600	30	46
7.4.2019	21:17:38	1650	14.40	89	117	1590	30	46



# PRÍLOHA K

## Obsah CD

- Schéma a návrh dosky plošného spoja v programe EAGLE
- Zdrojový kód pre mikrokontrolér ATMEGA 2560 a web server
- Priebeh merania napät'ových úrovní zbernice CAN-BUS
- Priebeh komunikácie na dvojvodičovom vedení zbernice SAE J1850 s PWM moduláciou
- Priebeh komunikácie na jednovodičovom vedení zbernice SAE J1850 s VPWM moduláciou
- Testovacie zariadenie na platforme Arduino
- Navrhnutá doska plošného spoja
- Zostrojený prototyp zariadenia
- Testovanie funkčnosti na vozidle BMW F10 2014
- Testovanie funkčnosti na vozidle VW POLO 2012
- Prijaté data na web serveri
- Elektronická verzia práce