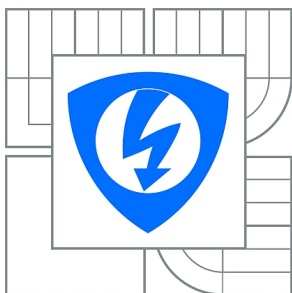


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNologiÍ
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

DIAGNOSTIKA MODERNÍCH ŘÍDÍCÍCH JEDNOTEK MOTORŮ

DIAGNOSTICS OF MODERN CAR CONTROL UNITS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

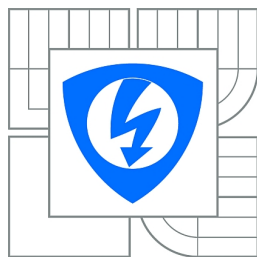
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. MARTIN SLÍŽ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. ALEŠ PROKEŠ, Ph.D.

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav radioelektroniky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Elektronika a sdělovací technika

Student: Bc. Martin Slíž

ID: 83250

Ročník: 2

Akademický rok: 2012/2013

NÁZEV TÉMATU:

Diagnostika moderních řídicích jednotek motorů

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

V rámci dostupných informací se seznámte s koncepcemi současných řídicích jednotek motorů různých výrobců. Zaměřte se především na jednotky řady EDC používané koncernem VW. Prostudujte protokoly pro komunikaci v rámci vozidla i pro komunikaci s externími zařízeními a dále prostudujte možnosti analýzy a případně modifikace uložených dat v jednotce. Navrhněte vlastní hardwarovou realizaci rozhraní pro komunikaci jednotky s PC (převodník USB/CAN, podpora OBD, apod.) a realizujte jej v podobě funkčního vzorku. Ověřte funkčnost komunikace a ve vhodném programovacím prostředí vytvořte jednoduché softwarové rozhraní pro základní diagnostiku řídicích jednotek.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] NAVET, N. and SIMON-LION, F. Automotive Embedded Systems Handbook (Industrial Information Technology). New York: CRC Press, 2008.

[2] VALDORF, J. and GESSNER, W. Advanced Microsystems for Automotive Applications 2006. Springer, 2006.

Termín zadání: 11.2.2013

Termín odevzdání: 24.5.2013

Vedoucí práce: prof. Ing. Aleš Prokeš, Ph.D.

Konzultanti diplomové práce:

prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

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

ABSTRAKT

Tématem této diplomové práce je návrh a realizace rozhraní pro komunikaci s moderními řídicími jednotkami řady EDC. Práce se věnuje úvodu do světa automobilové diagnostiky, rozboru komunikačních protokolů a pravidel pro přenos zpráv. Větší část je věnována rozboru sběrnice CAN a k ní příslušejícím protokolům. Výstupem této práce je návrh a realizace komunikačního zařízení pro diagnostiku řídicích jednotek řady EDC.

KLÍČOVÁ SLOVA

CAN, ISO 11898, ISO 15765, tester, řídicí jednotka, EDC

ABSTRACT

The topic of this thesis is the design and implementation of an interface for communication with modern electronic control units of EDC group. The work is devoted to an introduction to the world of automotive diagnostics, analysis of communication protocols and rules for transmitting messages. The greater part is devoted to the analysis of the CAN bus belonging protocols. The outcome of this work is the design and implementation of a communication device for diagnostics of electronic control units of EDC group.

KEYWORDS

CAN, ISO 11898, ISO 15765, tester, electronic control unit, EDC

SLÍŽ, M. *Diagnostika moderních řídicích jednotek motorů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2013. 76 s. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Aleš Prokeš, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma „Diagnostika moderních řídicích jednotek motorů“ 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

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu diplomové práce prof. ing. Aleši Prokešovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat ing. Jáchymu Vackovi za poskytnuté zázemí při tvorbě praktické části této práce.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

Obsah

Seznam obrázků	3
Seznam tabulek	4
1 Úvod	5
2 Diagnostika	7
2.1 Úvod	7
2.2 Popis	7
2.4 Standard OBD	8
2.4.1 Standard EOBD	10
2.4.2 Readinesscode	11
2.4.3 OBD – podporované protokoly	11
2.4.4 Chybové kódy DTC (Diagnostic Trouble Codes)	12
3 Komunikace	14
3.1 Úvod	14
3.2 Protokoly ISO 9141, ISO 142230	14
3.2.1 Inicializace	15
3.2.2 Zpracování chyb	17
3.2.3 Prvotní výměna dat	19
3.2.4 Adresovací byty	20
3.2.5 Datová kolize	20
3.3 Sběrnice CAN (Controller Area Network)	21
3.3.1 Historie	22
3.3.2 Princip přenosu dat	23
3.3.3 Přenos dat pomocí protokolů	24
3.3.4 Gateway	25
3.3.5 Zpracování dat	26
3.3.6 Výměna informací	27
3.4 Key Word Protocol 71	27
3.5 Key Word Protocol 1281	27
3.6 Protokoly TP 1.4, TP 1.6	27
3.7 Protokol TP 2.0	27
3.7.1 Druhy zpráv	28
3.8 X-by-wire	30
3.9 FlexRay	31
3.10 Protokoly TTP/A a TTP/C	32
3.11 LIN protokol	32

3.12 TTCAN	33
3.13 Protokol MOST	33
4 Systém Edc	34
4.1 Úvod	35
4.2 Historie	35
4.3 Popis systému	36
4.4 Užívané systémy EDC	36
5 Řídící jednotky	39
5.1 Úvod	39
5.2 Obecně	39
5.3 Funkce ECU	39
5.4 Software.....	41
5.6 Hardware	41
5.7 Mikrokontrolér	43
5.8 Signály	44
5.9 Typy vyráběných řídících jednotek	45
5.9.1 Řídící jednotky firmy Bosch	45
5.9.2 Řídící jednotky firmy Siemens	49
5.9.3 Řídící jednotky firmy Magneti Marelli	49
6 Praktická část	50
6.1 Úvod	50
6.2 Návrh hardwarové části	52
6.2.1 Mikrokontrolér	52
6.2.2 Kontrolér CAN	53
6.2.3 Transceiver TJA1050	57
6.2.4 Napájecí obvody	58
6.2.5 Deska plošného spoje	58
6.2.6 Displej	58
6.3 Softwarová realizace	63
6.3.1 Aplikace pro STC90C53RC	63
6.4 Praktická část – měření.....	67
7 Závěr.....	69
Seznam použité literatury	70
Seznam zkratk.....	72
Seznam příloh.....	73
Příloha P1	74

Seznam obrázků

Obr. 1. Diagnostický komunikační model	8
Obr. 2. Struktura pinů konektoru DLC – J1962. Převzato z [24].	9
Obr. 3 a). Struktura pinů konektoru LT VW	10
Obr. 3 b). Struktura pinů konektoru „2x2“	10
Obr. 4. Datová sběrnice normy ISO 9141	15
Obr. 5. Inicializační sekvence normy ISO 9141 s 5-ti baudovou inicializací	15
Obr. 6. Ukázka vzniku kolize u normy ISO 14230 mezi rychlou a 5 -ti baudovou inicializací	18
Obr. 7. Datový rámec normy ISO 14230	19
Obr. 8. Datový rámec normy ISO 9141	19
Obr. 9. Klasické uspořádání komunikační sítě ve vozidle	21
Obr. 10. Uspořádání komunikační sítě ve vozidle za použití sběrnice CAN	21
Obr. 11. Schéma prvotního použití sběrnice normy ISO 15765-4.....	22
Obr. 12. Princip zapojení sběrnice normy ISO 15765 -4 CAN	23
Obr. 13. Zakončovací odpory datové sběrnice normy ISO 15765-4 CAN	24
Obr. 14. Datový rámec normy ISO 15765 -4 CAN	24
Obr. 15. Způsoby uspořádání vnitřní sítě vozidla, a) s jednou řídicí jednotkou, b) s více řídicími jednotkami, c) s použitím sběrnice CAN	26
Obr. 16. Subsystem systému x-by-wire – steer-by-wire. Převzato z [25]	30
Obr. 17. Datový rámec protokolu FlexRay	31
Obr. 18. Datový rámec protokolu LIN	33
Obr. 19. Přehled popisovaných protokolů podle období vzniku, rychlosti komunikace a nákladnosti realizace (čím větší plocha bodu, tím větší náklady)	34
Obr. 20. Schéma systému Common Rail. Převzato z [26].	37
Obr. 21. připojení sběrnic k řídicí jednotce	39
Obr. 22. Ukázka využití termografie při zkoumání tepelných vlastností DPS. Převzato z [27].	42
Obr. 23. Blokové schéma řídicí jednotky	44
Obr. 24. Obecné blokové schéma testeru	50
Obr. 25. Blokové schéma testeru	52
Obr. 26. Blokové schéma procesoru STC90C53RC	53
Obr. 27. Blokové schéma MCP2515	55
Obr. 28. Vývojový diagram odeslání zprávy MCP2515	56
Obr. 29. Funkční schéma obvodu TJA1050	57
Obr. 30. LCD displej MC0802A-SYL/H	58
Obr. 31. Schéma zapojení testeru	59
Obr. 32. Deska plošného spoje – pohled zdola.....	61
Obr. 33. Deska plošného spoje – pohled shora.....	61
Obr. 34. Osazení desky plošného spoje součástkami	62
Obr. 35. Schéma propojovacího obvodu pro komunikaci mezi PC a STC90C53RC	63
Obr. 36. PrintScreen main menu programu STC -ISP.exe	63
Obr. 37. Analogie mezi různými komunikačními jazyky	64
Obr. 38. Naměřené průběhy oscilačních obvodů.	67
Obr. 39. Naměřené hodnoty pro kanály CAN H a CAN L při umělé zátěži 120 Ω	67
Obr. 40. Naměřené hodnoty pro kanály CAN H a CAN L při pokusu o inicializaci přímo na voze Škoda Octavia 1.9TDi, rok výroby 2006.	68

Seznam tabulek

Tab. 1. Tabulka využití pinů konektoru DLC – J1962	9
Tab. 2. Formát zprávy „vysílání“	28
Tab. 3. Popis polí zprávy „vysílání“	28
Tab. 4. Formát zprávy „nastavení kanálu“	28
Tab. 5. Popis polí zprávy „nastavení kanálu“	29
Tab. 6. Formát zprávy „parametry kanálu“ délky 1 b yte	29
Tab. 7. Formát zprávy „parametry kanálu“ délky 6 b ytů	29
Tab. 8. Popis polí zprávy „parametry kanálu“	29
Tab. 9. Formát zprávy „přenos dat“	30
Tab. 10. Popis polí zprávy „přenos dat“	30
Tab. 11. Tabulka SPI příkazů MCP2515	54
Tab. 12. Seznam použitých součástek	60
Tab. 13. Tabulka datových typů pro jazyky C a 8051C	64
Tab. 14. Paměťové typy jazyka 8051C	65
Tab. 15. Ukázková tabulka pole „Array“	65

1 Úvod

Když v roce 1897 objevil anglický fyzik J.J. Thomson existenci elektronu a elektřina začala dostávat stále jasnější podobu, asi ještě nevěděl, že téhož roku byl německým vynálezcem Rudolfem Dieselem představen vysokotlaký spalovací motor se sam očním zážehem. Každý z nich v té době zastupoval jinou část vědeckého světa a jistě je ani nenapadlo, že jejich vynálezy budou, ani ne o sto let později, pracovat ruku v ruce jako jeden celek. Průmyslová revoluce měla za následek to, že elektřina, elektrotechnika a elektronika se dostaly do veškerých sfér lidského působení, a výjimkou není ani automobilový průmysl, který elektronice vděčí za nemalý pokrok, který během posledních několika dekád prodělal. Elektronika ve vozech přešla z pozice pouhých spotřebičů (světla, stírače, klaksony, atd.) přes řízení chodu samotného motoru (systémy EDC, DDE, DME, atd.) až k vlastní diagnostice vozidla a řízení komfortních systémů a zařízení (ABS, ESP, GPS, atd.).

Nedílnou součástí lidské průmyslové činnosti na zemi je i tvorba emisí, které mají negativní vliv na podnebí, atmosféru a živé organismy. Již v polovině minulého století se ekologové, znepokojeni průmyslovou revolucí, začali strachovat o zachování stávajících podmínek na zemi i pro další generace. Postupně se ve všech sférách průmyslu začaly vytvářet různé dohody, závazky a později i zákony (Kjótský protokol, Rámcová úmluva, Montrealský protokol, emisní povolenky), které začaly omezovat jednotlivé oblasti průmyslu v produkci emisí, ať už to byly továrny, železniční a lodní doprava, v poslední době i letecká doprava, různé zpracovatelské závody, ale hlavně, v této práci nejdůležitější, automobilový průmysl. Z hlediska emise škodlivých plynů jsou nejčastěji zmiňovány vznětové motory, po nich následují zážehové motory s pohonem na benzin. Za velmi ekologické můžeme z tohoto pohledu považovat zážehové motory s pohonem na LPG (Liquefied Petroleum Gas – zkapalněný ropný plyn) a pohon CNG (Compressed Natural Gas – stlačený zemní plyn). Ekologii jakkoliv nenarušujícími vozidly jsou vozidla s plně elektrickým pohonem, ta však prozatím zaujímají jen velmi malou část z celé této kategorie.

Pohonné jednotky vozidel – motory, ač se to tak laickému pozorovateli nemusí zdát, jsou jednou z nejlépe kontrolovaných, emise vytvářejících komponent. Obecným principem, který zaručí nejmenší objem emisí, je co nejvyšší možná účinnost spalování. K tomu, abychom dosáhli této účinnosti, musíme zajistit kvalitní palivo s minimem příměsí, zajistit dostatečný přísun kyslíku a ideální poměr mezi množstvím paliva a vzduchu (stechiometrický poměr). V případě vznětových motorů mluvíme o emisích oxidu dusného a pevných částic, které nás nejvíce trápí. Proto byl, konkrétně u koncernu Volkswagen, vyvinut systém EDC, který zajišťuje co nejvyšší účinnost spalování nejvyšší možnou mírou kontroly a řízení motoru; to má za následek snížení spotřeby paliva, zvýšení výkonu a zajištění vyššího komfortu, například snížením hladiny hluku motoru nebo zmenšením otřesů. EDC systém reaguje v reálném čase na okamžité změny podmínek provozu a zajišťuje motoru ideální provozní podmínky. Vozidla se vznětovým i zážehovým motorem musejí splňovat požadavky

předepsané normami OBD, resp. EOBD. Splnění těchto norem má za následek snižování negativních dopadů provozu motorů na životní prostředí.

Tato diplomová práce se zabývá diagnostikou moderních řídicích jednotek řady EDC koncernu Volkswagen. Součástí práce je rozbor používaných komunikačních protokolů, popis užívaných řídicích jednotek systému EDC a manipulace s uloženými daty. Výstupem této diplomové práce je návrh a realizace hardwarového rozhraní spolu s realizací jednoduchého softwarového rozhraní pro základní diagnostiku řídicích jednotek.

2 Diagnostika

2.1 Úvod

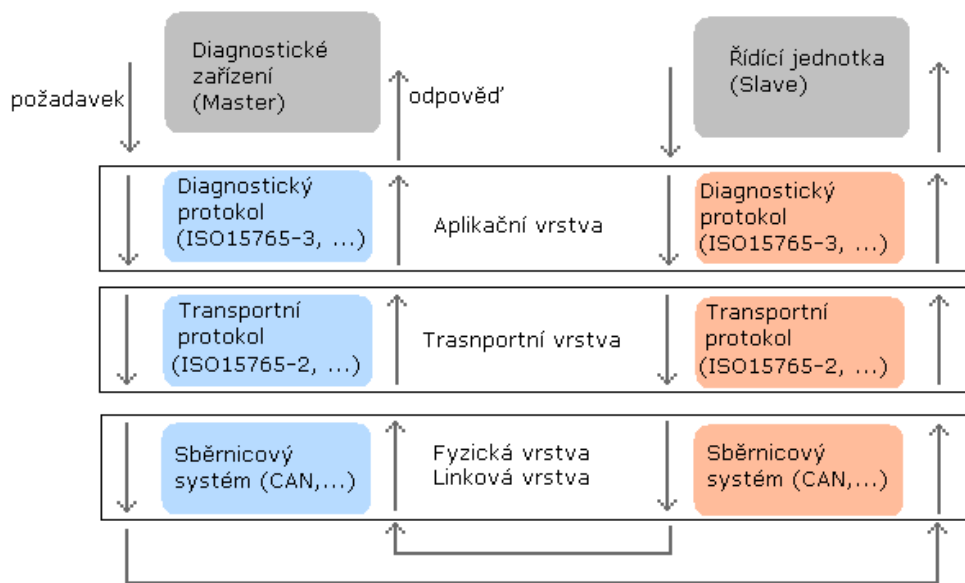
Co se vůbec pod pojmem automobilová diagnostika skrývá? Jde o soubor metod a postupů, jakými se zjišťuje stav vnitřní sítě vozidla, řídicích modulů, senzorů a akčních členů. Pomocí diagnostiky je možné určit chybně pracující zařízení, podmínky, za jakých došlo ke vzniku nesprávné funkce, a určit metodiku vedoucí k odstranění této chyby. Vlastní diagnostika, která je součástí vnitřní sítě vozidla, sleduje hodnoty pracovních signálů, porovnává je s teoretickými předpoklady a určuje, zda je jejich funkce správná. Kontrolou vstupních a výstupních signálů dochází ke zjišťování případné chyby signálu vysílaného z řídicí jednotky nebo chyby akčních členů. Dalším způsobem diagnostiky je zjišťování stavu komunikační sítě, která prochází kontrolou z důvodu možného zkratu, studeného spoje nebo přerušení.

2.2 Popis

Základní popis chyby v systému je následující: Za chybně fungující zařízení je považováno to, u kterého jsou hodnoty dat, která zařízení vysílá, mimo rámec předepsaných a tolerovaných hodnot, nebo to zařízení, které vyšle signál a tento signál není koncovému zařízení (akčnímu členu, řídicí jednotce) doručen v předepsaném časovém úseku, nebo signál není doručen vůbec. Chyba se v systému uchovává do té doby, dokud není diagnostickým zařízením vymazána nebo nahrazena jinou alternativní funkcí. V případě, že se chyba v následujících cyklech již vůbec nevyskytuje, je vymazána autodiagnostickým systémem vozidla bez vnějšího zásahu. K diagnostice může být užito několika základních nástrojů. Autodiagnostika, což je systém vlastní kontroly uvnitř sítě vozidla, dále jsou to ruční známskenovací zařízení, která jsou schopna chyby zjistit a následně vymazat paměť chyb, nebo systémové a servisní testery, které jsou schopny úprav nebo změn v programu řídicí jednotky.

2.3 Diagnostický komunikační model

Podle referenčního modelu ISO/OSI, je rozdělení úkolů v komunikaci mezi diagnostickým zařízením a řídicí jednotkou popsáno na obrázku. Diagnostický protokol popisuje aplikační vrstvy. Tato aplikační vrstva nyní představuje jednotlivé možné servisní služby, jako je například čtení závad. Pokud se diagnostická zpráva nevejde do jedné zprávy, dojde k rozdělení přenosového protokolu, a po té bude odpovídající diagnostická zpráva rozdělena vysílačem do několika zpráv. Sběrníkový systém sám o sobě, pomocí datové vrstvy a fyzické vrstvy odešle tuto zprávu.



Obr. 1. Diagnostický komunikační model

2.4 Standard OBD

Standard OBD vznikl ve Spojených Státech jako reakce na stále se zvyšující množství skleníkových plynů v atmosféře. Tento standard má zabezpečit snížení emisí motorů a přispět tím k ochraně ovzduší. Počátek vzniku tohoto standardu se datuje k období 70. let minulého století - to se standard nazýval OBD, v roce 1985 se objevila další generace s označením OBDII, v Evropě pak EOBD.

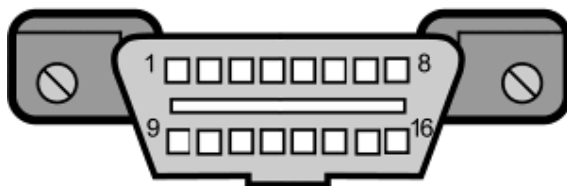
Diagnostika OBDII je vyžadována u všech automobilů a lehkých nákladních vozidel vyrobených po roce 1996. OBDII je sada specifikací pro sledování a podávání zpráv o emisích motoru a sledování výkonu motoru moderních vozidel. Základním důvodem vzniku, jak již bylo zmíněno, je kontrola emisí. V tomto případě je pro nás nejdůležitější kontrolovat škodlivé látky jako oxid uhelnatý, oxidy dusíku a uhlovodíky, ale jejich měření v průběhu jízdy je v současné době nemožné. Proto se vychází z předpokladu, že nejnižší emise jsou v případě, že motor funguje bez poruchy, stejně jako všechny jeho součásti. V případě jakékoliv poruchy může dojít ke změně podmínek pro spalování, a tím ke zhoršení emisních hodnot. Z tohoto důvodu se kontrolují všechny součásti vozidla a jejich nesprávná funkce nebo dokonce poškození je ihned hlášeno.

OBDII poskytuje přístup k mnoha údajům z řídicí jednotky vozidla a nabízí cenný zdroj informací při řešení potíží uvnitř vozu. Norma SAE J1979 definuje metodu pro zadávání různých diagnostických dat a seznam standardních parametrů, které mohou být k dispozici od řídicí jednotky. Různé parametry, které jsou k dispozici, mají vlastní identifikaci "parameter identification number" nebo PID, které jsou definovány normou J1979. Konektor OBDII je konstruován jako 16-ti pinový, kde piny označené 4 a 5 jsou pro spojení se zemí a piny 16 a

12 jsou určeny k napájení z akumulátoru vozidla. Při zavedení standardu OBD ještě nebyly specifikovány tzv. DTC kódy. K zavedení došlo až u standardu OBDII, kdy byly nejenom specifikovány DTC kódy, ale i s nimi související testy, které slouží k určení emisních vlastností vozidla. Standard OBDIII přidává další náležitosti spojené s regulací, ty jsou však zatím ve fázi vývoje.

Je-li v palubním systému vozidla zjištěna diagnostickým systémem závada, je této závadě přiřazen odpovídající DTC kód. Tato závada je uložena a ve stejný čas je závada signalizována palubním počítačem. Rozhraní OBDII poskytuje možnost pro údržbu, servis a opravu chyb. Diagnostické zařízení je schopno kódy DTC načíst a navrhnout vhodné postupy k řešení těchto závad.

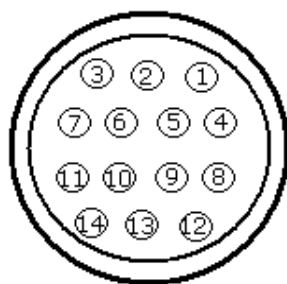
OBDII specifikace stanovuje standardizované rozhraní hardwaru, konektor o 16ti pinech (ve dvou řadách po osmi pinech) označený jako konektor J1962. Na rozdíl od konektoru standardu OBDI, který může být umístěn kdekoliv ve vozidle, je normou OBDII určeno, že konektor má být umístěn uvnitř vozu na straně řidiče. Pokud hovoříme o konektorech, musíme se zmínit také o konektoru LT VW, který vznikl na základě spolupráce koncernu Mercedes Benz a Volkswagen. Umísťován byl do prostoru řidiče pod palubní desku. Zhruba do roku 1995 byl ve vozech koncernu VW užíván i konektor o dvou zásuvkách, kde každá měla 2 piny, tzv. „konektor 2x2“.



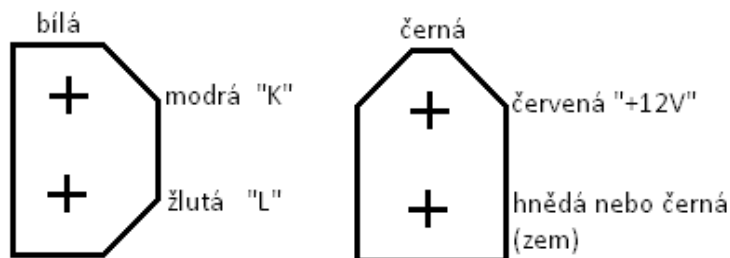
Obr. 2. Struktura pinů konektoru DLC – J1962. Převzato z [24].

Číslo PINu	Signál	Popis
2	J1850 Bus+	
4	CGND	kostra
5	SGND	kostra
6	CAN High	J-2284
7	ISO 9141-2 K-LINE	Tx/RX
10	J1850 Bus-	
14	CAN Low	J-2284
15	ISO 9141-2 L-LINE	Tx/Rx
16	+12v	napáň z baterie vozidla

Tab. 1. Tabulka využití pinů konektoru DLC – J1962



Obr 3 a). Struktura pinů konektoru LT VW



Obr. 3 b). Struktura pinů konektoru „2x2“

2.4.1 Standard EOBD

EOBD znamená European On Board Diagnostic je obdobou amerického standardu OBD, a je ve většině shodný s americkým standardem OBD. Ke změnám dochází pouze v legislativní části, kdy se musí najít kompromis mezi zákony Spojených Států a zákony Evropské Unie. Další možná odlišnost může být v tom, jaké součásti vozidla jsou systémem sledovány, avšak základní princip je vždy stejný. EOBD se v Evropě zavádí počínaje rokem 2000 a prvotně slouží pro zážehové a poté pro vznětové motory.

Požadavky na OBD, EOBD

- načítání a ukládání dat
- lehce přístupná diagnostická zásuvka, která podléhá normě
- optická informace řidiči v případě špatné funkce komponent
- kontrola veškerých částí, které se podílejí na tvorbě výfukových plynů
- při poškození součástí zajištění informací o provozních podmínkách, při kterých vznikla závada
- ochrana katalyzátoru
- používání standardizovaných chybových kódů

2.4.2 Readinesscode

EOBD stejně jako OBD průběžně kontroluje stav všech součástí, které se podílejí na vzniku a složení výfukových plynů. To se děje proto, aby bylo možné zjistit špatnou funkci součástí, i když tato není právě používána, a bylo možné závadu včas odstranit. Aby bylo možné ověřit, že tato kontrola, autodiagnostika proběhla v pořádku, používá se tzv. readinesscode. Jde o osmimístné číslo, které hodnotí testy diagnostikovaných systémů. Stav diagnostiky: 0 – diagnostika proběhla v pořádku, 1- diagnostika zařízení nebyla ukončena (přerušení, neprovedena, nedokončena)

2.4.3 OBD – podporované protokoly

Existuje pět protokolů, které jsou v souladu s použitím OBDII rozhraní. Každý tento protokol využívá jinou cestu – sadu pinů konektoru J1962. Tento konektor je ve zjednodušeném popisu označován jako konektor OBD II. Každý výrobce, v závislosti na použitém protokolu, udává i způsob připojení skrze konektor J1962. Jednotlivá připojení budou popsána v následujících odstavcích.

Protokol 9141-2

Tento protokol zajišťuje komunikaci přenosovou rychlostí 10,4kbaud. Primárně je užíván u vozidel Chrysler a u evropských a asijských vozidel.

PIN7: K-line

PIN15:L-line (volitelný)

Délka zprávy je omezena na 12 bytů včetně CRC. Napětí logické úrovně „1“ je dané napětím baterie vozidla.

Protokol ISO 14230 KWP2000 (Key Word Protocol 2000)

Protokol používá většina evropských a asijských výrobců vozidel, Alfa Romeo, Audi, BMW, Citroen, Fiat, Honda, Hyundai, Jaguar (X300, XK), Jeep od roku 2004, Kia, Land Rover, Mazda, Mercedes, Mitsubishi, Nissan, Peugeot, Renault, Saab, Škoda, Subaru, Toyota, Vauxhall, Volkswagen (VW) od roku 2001, Volvo do roku 2004.

PIN7: K-line

PIN15: L-line (volitelný)

Fyzická vrstva je shodná s ISO 9141-2. Přenosová rychlost 1,2 až 10,4 kBd. Zpráva může obsahovat až 255 bytů v datovém poli.

Protokol ISO 15765 CAN (podrobněji bude popsán v další kapitole)

Rychlost přenosu je 250 nebo 500kbit/sec.

PIN6: CAN high

PIN14:CAN low

Protokol SAE J1850 PWM

Jedná se o protokol užívaný společností Ford Motor.

PIN2:Bus-

PIN10:Bus+

Napětí logické úrovně „1“ je +5V. Délka zprávy je omezena na 12 b ytů včetně CRC. Využívá "Carrier Sense Multiple Access with Non-Destructive Arbitration"(CSMA/NDA)

Protokol SAE J1850 VPW

Přenosová rychlost je 10.4 nebo 41.6kbaud. Protokoly jsou využívány společností General Motors.

PIN2: Bus+

Úroveň logické „1“ je +7V. Kritická mez rozhodování je 3.5V. Délka zprávy je omezena na 12 bytů včetně CRC. Využívá CSMA/NDA.

2.4.4 Chybové kódy DTC (Diagnostic Trouble Codes)

Nezbytnou součástí schváleného standardu OBDII (stejně jako EOBD) je i seznam a přesný popis tzv. chybových kódů. Ty mají jasně definovanou strukturu, která je zakotvená v normě SAE J2012. Kód obsahuje pět znaků dělených do čtyř polí, významy těchto polí jsou popsány níže:

První znak zprávy:

P- powertrain (hnací soustava)

B-body (karoserie)

U-undefined (nedefinované)

C-chassis (podvozek)

Druhý znak zprávy:

0- kódy předepsané normou SAE J2012

1- kódy specifikované výrobcem pro přídavné systémy

Třetí sada znaků:

0 celý systém

1 měření vzduchu a paliva

2 měření vzduchu a paliva

3 zapalování

4 pomocná regulace emisí

5 rychlost vozidla a otáčky motoru

6 výpočetní a výstupní signály

7 systém přenosu síly – převodový systém

8 systém přenosu síly – převodový systém

9 řídicí moduly, vstupní a výstupní signály

Poslední, 4. sada určuje jednotlivé komponenty a systémy.

Rozmezí je od 00 do 99

Příklad chybového kódu:“ **P0116**“ - tento kód udává informaci o překročení limitu teploty chladicí kapaliny motoru. V případě zjištění chyby dle DTC je toto uloženo v paměti chyb a signalizováno kontrolkou „Check Engine Control“. Součástí informace o poruše je také informace o podmínkách, za kterých závada vznikla (otáčky motoru, teplota motoru), četnost vzniku (častá závada, zřídka se vyskytující závada) a druh závady (chyba napájení, přerušení vedení). Závady, které mají přímý vliv na velikost emisí jsou popsány kódy, které jsou přímo určeny zákonem (jedná se o výše zmíněné kódy předepsané normou SAE J2012).

3 Komunikace

3.1 Úvod

Již jsme se zmínili o hardwarovém vybavení vozidla. Nyní se budeme zabývat způsobem, jakým mezi sebou komunikují řídicí jednotky (sít' vozidla) a diagnostická zařízení. Jedná se totiž o dvě rozdílná zařízení, která mají různá pravidla pro komunikaci.

Organizace Society of Automotive Engineers určuje čtyři kategorie komunikačních sítí ve vozidlech:

Třída A, nízká rychlost (méně než 10kB / s) pro doplňkové funkce, jako je zábava.

Třída B, střední rychlost (mezi 10 a 125kB / s) pro obecný přenos informací.

Třída C, vysoká rychlost (větší než 125kB / s) pro řízení v reálném čase, jako je ovládání trakce, break-by-wire, atd.

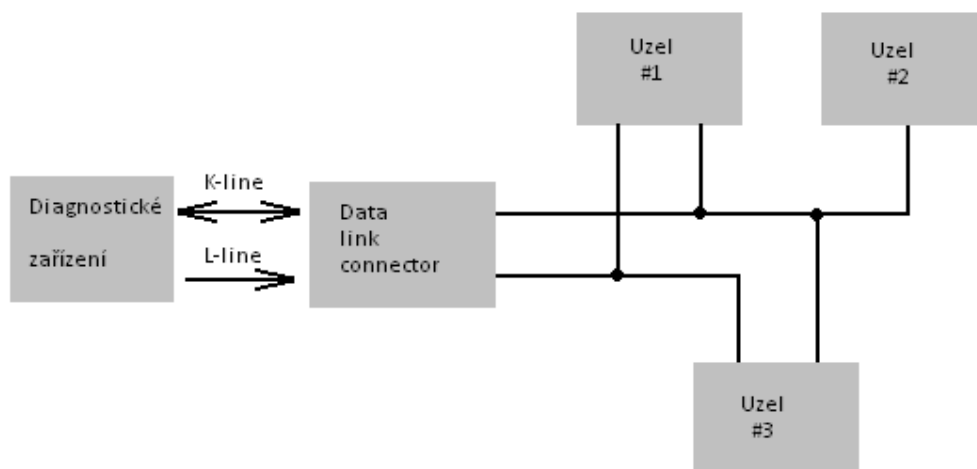
Třída D, nejvyšší rychlost (vyšší než 1 Mb/s).

3.2 Protokoly ISO 9141, ISO 142230

Existují dvě specifikace ISO, které popisují, jak uskutečnit komunikaci ve standardu OBD mezi vozidlem a diagnostickým zařízením. Ke komunikaci dochází po tzv. K -line. Existuje několik specifikací podle norem ISO a SAE, ale pouze následující dva dokumenty jsou ty, z kterých ostatní principy vycházejí. Jedná se o normy:

- ISO 9141-2
- ISO 14230

Protokol ISO 9141-2 - tento protokol je primárně užíván ve vozidlech vyráběných v Evropě. V různých modifikacích se používal například i ve Spojených Státech pro vozidla se zpětnovazebním benzinovým řídicím systémem. Protokoly ISO 9141 užívají ke komunikaci sběrnici nazývanou K-line. K-line zajišťuje obousměrnou komunikaci mezi diagnostickým zařízením a řídicí jednotkou vozidla. Sběrnice L -line, která není nutnou součástí systému, je používána k jednosměrné komunikaci od diagnostického zařízení k řídicí jednotce. Tento protokol byl poprvé představen v roce 1994. Jeho poslední požití se vztahuje k vozidlům modelového roku 2006.



Obr. 4. Datová sběrnice normy ISO 9141

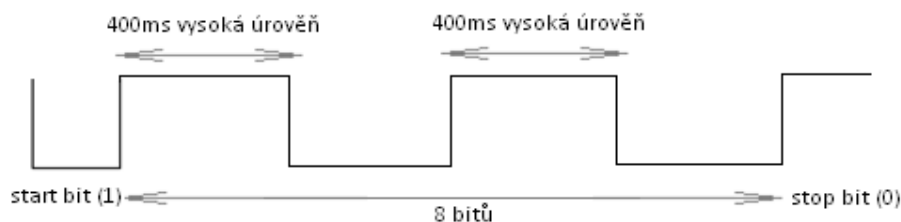
Norma ISO 14230 je také známá jako Keyword Protocol 2000 nebo KWP, jde o novější verzi protokolu 9141-2. Termín KWP je užíván jako obecný název, v případě potřeby bližší specifikace se užívá termín ISO 14230. Fyzická vrstva je definována normou ISO 14230-1. Diagnostickým zařízením se rozumí výpočetní zařízení, které je připojeno k vnitřní síti vozidla skrze konektor SAE J1962, který je používán ke shromažďování dat OBD. Protokol ISO 9141-2 byl představen v roce 2000. Tento protokol se po roce 2007 přestal užívat.

3.2.1 Inicializace

Podle výše uvedených norem existují tři základní způsoby, jak zajistit komunikaci asynchronně synchronní komunikací – komunikace pomocí protokolů. Všechny tyto protokoly pracují s daty v hexadecimální podobě. Jsou jimi:

- 1) ISO 9141 s 5ti-baudovou inicializací
- 2) ISO 14230 s 5ti-baudovou inicializací
- 3) ISO 14230 s rychlou inicializací

1) **ISO 9141** s 5ti-baudovou inicializací spouští svou inicializační sekvenci testerem vysílajícím adresu \$33 rychlostí 5 bitů za sekundu a vypadá takto:



Obr. 5. Inicializační sekvence normy ISO 9141 s 5-ti baudovou inicializací

Celkový vysílací čas pro určení adresy trvá dvě sekundy. Po ověření adresy ve vozidle (řídící jednotkou), v době známé jako W1, která je v rozmezí od 20 do 300 ms, vozidlo odpovídá synchronizačním bytem 55 a informuje tester o nové přenosové rychlosti, která je 10.4 kb/s. Řídící jednotka poté vyčkává na čas označený jako W2, který je v rozmezí 5 a 20 ms. Tento čas slouží k rekonfiguraci na novou rychlost přenosu, poté vozidlo vyšle dva klíčové byty. Tyto klíčové byty musí být hodnot 08 08, nebo 94 94 a jsou odděleny dobou označenou jako W3, která je v rozmezí 0 až 20 ms. Po přijetí klíčových bytů diagnostické zařízení vyčkává na čas W4, který je v rozmezí od 25 do 50 ms, a pak invertuje klíčový byte #2 a odešle jej diagnostickému zřízení jako zprávu „připraveno ke komunikaci“. Tím končí inicializační sekvence.

2) **KWP 5ti-baudová** inicializace vypadá obdobně jako u ISO 9141 5-baudové inicializace pouze s výjimkou klíčových bytů odeslaných z řídící jednotky k diagnostickému zařízení. Existuje 19 různých klíčových bytových sad definovaných pro KWP, jejichž tvar je 8F xx, kde xx popisuje formát záhlaví, které má být použito. Avšak pouze 4 z nich (8F E9, 8F 6B, 8F 6D, a 8F EF) jsou povoleny pro OBD komunikace podle normy ISO 14230-4. Norma také říká, že pouze sada E9 8F má být použita mezi diagnostickým zařízením a vozidlem, bez ohledu na to, který ze 4 validních klíčových bytů byl od vozidla přijat. To znamená, že u všech zpráv se používají tři byty záhlaví, žádné jiné délky záhlaví se nepoužívají, stejně tak se používá stejné časování, jako u normy předchozí. Tímto končí inicializační sekvence. Výše popsané postupy jsou jedinými odlišnostmi od předchozí normy.

3) **KWP s rychlou inicializací** je zcela odlišný proces od ostatních. Proces nezahrnuje žádnou 5ti-baudovou komunikaci a pracuje výhradně s rychlostí přenosu 10.4kb/s. Inicializační sekvence začíná "wake-up" pokynem, který je přenášen z diagnostického zařízení do vozidla. Tento pokyn je 50 ms dlouhý a bezprostředně po něm následuje informace „StartCommunication“ z řídící jednotky k diagnostickému zařízení. Vozidlo by poté mělo reagovat odpovědí. Zpráva s požadavkem o „StartCommunication“ se skládá z bytového rámce, cílové adresy, zdrojové adresy a servisního ID. Pro správnou komunikaci v rámci OBD je nutné, aby formát bytu byl C1, cílová adresa \$33, zdrojová adresa (diagnostické zařízení) je F1, a požadavek „StartCommunication“ má ID označení 81. „StartCommunication“ zpráva:

C1 33 F1 81 66

kde poslední dvojčíslí 66 je kontrolní součet. Mezi stavy "Wake-up" a „StartCommunication“ není dovolena žádná jiná komunikace. První reakce vozidla je „StartCommunication kladná odpověď“. „StartCommunication“ rámec je složen z formátu bytu, cílové adresy, zdrojové adresy, servisního ID, a navíc z klíčového bytu. Formát bytu je definován v SAE J1979 jako - 10 LL LLLLb - kde LL LLLL je délka datových bytů ve zprávě. V tomto příkladu - \$ 83 = 10 00 0011b - což znamená, že délka datových bytů je 00 0011b nebo 3 datové byty. Tento přehled také definuje, že existuje nejvýše 7 datových bytů, tedy, rozsah formátu bytu je mezi \$81 and \$87. Cílová adresa je F1 (diagnostické zařízení),

zdrojová adresa je součástí odpovědi (10 v tomto případě), „StartCommunication“ odpoví servisním ID, což je C1. Kladná odpověď na „StartCommunication“ vypadá takto:

83 F1 10 C1 yy zz cs

Kde yy zz jsou klíčové byty, jak už bylo popsáno dříve a cs je kontrolní součet. Správná reakce vozidla, která je zde popsána, musí být přijata dříve, než jakákoliv další zpráva.

Tímto končí inicializační sekvence. Jak je patrné, tato inicializační sekvence je značně odlišná od předchozích sekvencí norem ISO 9141 s 5ti-baudovou inicializací a ISO 14230 s 5ti-baudovou inicializací.

Oddělení a rozlišení tří základních protokolů musí být při inicializaci zcela jasné, jinak nemusí být komunikace vůbec navázána. Klíčové byty jsou naprosto nezbytné jako rozlišovací znaky během 5ti-baudových inicializačních pokusů pro zjištění přítomnosti protokolů ISO 9141 nebo ISO 14230. Vzhledem k využití klíčových bytů pro rozlišení stačí pouze jediná 5ti-baudová přenosová inicializační sekvence, aby došlo ke zjištění používaného protokolu. To umožňuje urychlit proces inicializace.

Neexistuje předepsané pořadí, ve kterém se zjišťuje protokol používaný řídicí jednotkou.

Jinými slovy, dotazy na jednotlivé protokoly se vytvářejí nepravidelně. Norma SAE J1978 říká, že zjišťování protokolů se může provádět v jakémkoliv pořadí. Nicméně, SAE J1978 udává příklad zjišťování komunikačních protokolů následovně:

J1850 PWM

J1850 VPW

ISO 9141-2

ISO 14230-4

ISO 15765-4

3.2.2 Zpracování chyb

Některé testery zkoušejí komunikaci KWP s rychlou inicializací dříve, než kombinovanou inicializací ISO 9141/KWP 5ti-baudovou přenosovou inicializační sekvencí, ale dělají chybu, jelikož vysílají 5-ti baudovou inicializační sekvenci příliš brzy po pokusu rychlé inicializace KWP. To vede k následujícímu selhání inicializace:

Jakmile se hodnota linky K-line dostane na nejnižší úroveň pro „wake-up“ po vzoru KWP rychlé inicializace, každá řídicí jednotka, která bude momentálně připojena, se bude pokoušet přechíst a ověřit 5ti-baudovou přenosovou adresu nebo přechíst a potvrdit povel

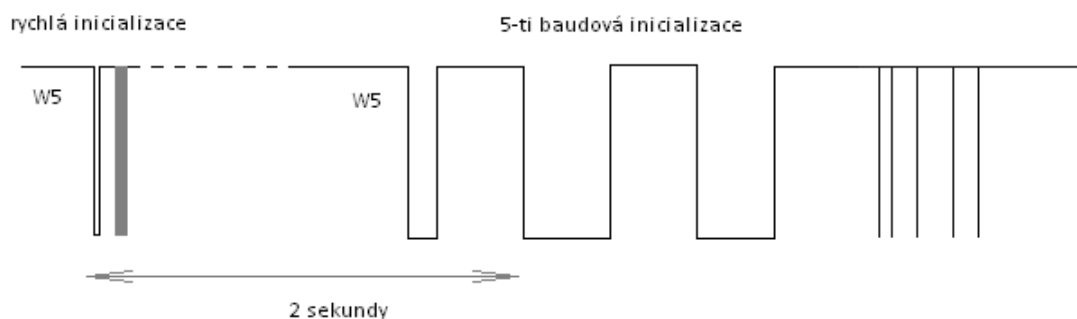
„StartCommunication“. Pokud ve stavu pulled-low dochází k dotazu na KWP rychlou inicializaci a vozidlo ve skutečnosti používá ISO 9141 5-ti baudovou přenosovou inicializaci, dojde k tomu, že řídicí jednotka potřebuje další 2 sekundy + čas W1 k ověření adres, než si uvědomí, že šlo o neplatnou inicializaci. Pokud diagnostické zařízení bude stále sledovat tento neúspěšný pokus o inicializaci před koncem doby kontroly adresy (2 sekundy) + W1

období ověřování (300 ms) + W5 čekání diagnostického zařízení (300 ms), nebude řídicí jednotka připravena přijmout tento pokus o komunikaci a selže.

Zde jsou doporučené metody pro úspěšnou realizaci inicializace:

1) Nejprve se pokusit o 5ti-baudovou přenosovou inicializaci, po které následuje pokus o KWP rychlou inicializaci. To zaručuje, že zůstane zachováno správné časování.

2) Pokus o KWP rychlou inicializaci. V případě neúspěchu je důležité zajistit, aby uplynul čas 2,6 vteřiny (300 ms čas W1, 300 ms W5 a 2 vteřiny ověřování adresy) od posledního přenosu v KWP - před začátkem pokusu o 5ti-baudovou inicializační sekvenci. Mnoho řídicích jednotek bylo navrženo na základě normy ISO 9141 před zavedení KWP. V závislosti na použitém hardwaru nebo softwaru tyto řídicí jednotky vyčkávají na celé 5ti-baudové adresy, které mají být obdrženy, to však zabírá místo v časovém diagramu. Následující diagram ukazuje KWP rychlou inicializaci, po které následuje příliš brzo 5ti-baudová inicializace.

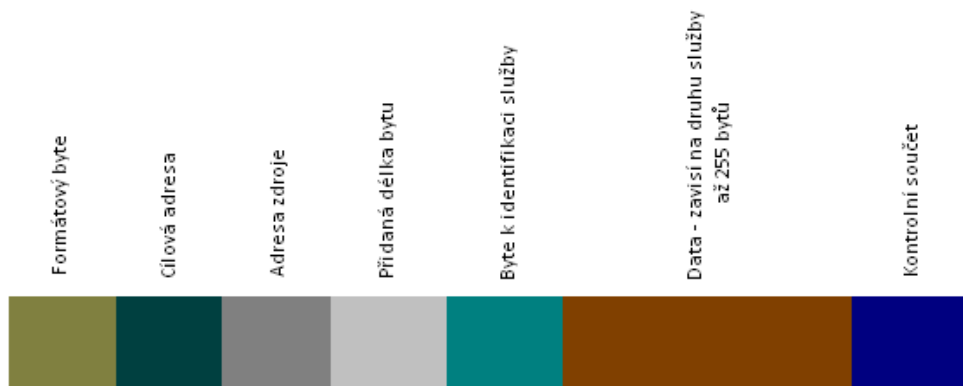


Obr. 6. Ukázka vzniku kolize u normy ISO 14230 mezi rychlou a 5 -ti baudovou inicializací

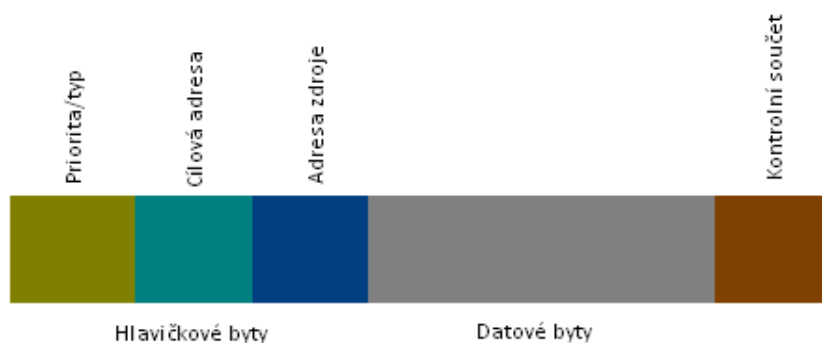
Pokud je příjemcem sekvence řídicí jednotka komunikující dle ISO 9141, dojde k rozpoznání chyby inicializace po 2 sekundách (jak je uvedeno výše). Řídicí jednotka v tomto případě detekuje nesprávnou adresu, bude resetována a bude vyčkávat na novou inicializační adresu z diagnostického zařízení. Jak je vidět na obrázku č.6, tester je nyní již v průběhu provádění K-line 5ti-baudové inicializace. Řídicí jednotka rozpozná další možnosti pokusu o inicializaci a dojde k restartování komunikace. Pokud se bude chybná situace opakovat, dojde opět k jejímu restartování. Když tester dokončí odesílání adres a nebude žádná odezva od řídicí jednotky, bude to informace pro diagnostické zařízení, že došlo k ukončení pokusu o 5ti-baudovou inicializaci. V takovémto případě komunikace nezabere nikdy tolik potřebného času. Proto, i když se diagnostické zařízení pokouší o KWP rychlou inicializaci, měla by si obsluha uvědomovat, že jednotka pracující dle ISO 9141 může být celé 2 sekundy zaneprázdněna přenášením 5ti-baudové informace o adrese + dobou nutnou k ověření (čas W1) + časem určeným pro čekání diagnostického zařízení (čas W5) před pokusem o novou inicializační sekvenci. K dalšímu inicializačnímu pokusu může tedy dojít až za dobu 2,6 sekundy.

Část 13.1 normy ISO 9141-2 nazvaná „Zpracování chyb - inicializace“ a část 6.1 normy ISO 14230-2 „Zpracování chyb - StartCommunication Service“- obě tyto části přesně popisují, jak by se měla řídicí jednotka vozidla a diagnostické zařízení chovat v případě detekce chyby. Je také doporučeno, že při pokusu o následnou inicializaci má být časová prodleva 3PMAX

(trojnásobek součtu časů), a to proto, aby bylo jisté, že všechna zařízení ukončila období určená ke komunikaci a nezačala žádná další komunikace.



Obr. 7. Datový rámec normy ISO 14230



Obr. 8. Datový rámec normy ISO 9141

3.2.3 Prvotní výměna dat

Je nutné si uvědomit, že všechny výše uvedené popisy popisují kompletní inicializační sekvenci pro každý protokol. Další následná komunikace po inicializaci začíná přenášet datové dotazy a datové odpovědi, nejedná se již o část inicializace. Tyto datové dotazy obecně začínají jako Service 1 PID 00 dotaz pro řídicí jednotkou podporované informace. Požadavek Service 1 PID 00 následuje po každé úspěšné 5ti-baud inicializaci, musí být v souladu s příslušnou normou a musí mít správné záhlaví ve vztahu k zodpovídaným datům vozidla.

Pro klíčové byty řídicí jednotky 08 08 nebo 94 94 je jediná správná Service 1 PID 00 odpověď tato:

68 6A F1 01 00 C4

Pro klíčové byty řídicí jednotky (8F E9, 8F 6B, 8F 6D, and 8F EF) je jediná správná odpověď Service 1 PID 00 odpověď tato:

Je známo, že někteří výrobci mají určité odlišnosti, co se popsaných metod týká. To vede k tomu, že diagnostické zařízení komunikuje "mimo předepsaný rámec" standardně předepsaných metod, ale i přes to je schopno úspěšně zajistit komunikaci mezi řídicí jednotkou a diagnostickým zařízením. Tyto pokusy „mimo předepsaný rámec“ by se však měly používat až po vyčerpání metod, které jsou předepsané normami. Pro KWP rychlou inicializaci je po dotazu Service 1 PID 00 jediná možná odpověď od řídicí jednotky „StartCommunication kladná odpověď“. Pokud tato odpověď nepříjde, znamená to, že komunikace selhala.

3.2.4 Adresovací byty

Hodnoty fyzických adres uvnitř vozidla nejsou předepsány ani normou ISO 9141 ani ISO 14230. Tato část se týká zejména modelů vozidel, která používají 5ti -badové komunikační protokoly. Příloha A normy ISO 14230 -2 „fyzické adresy“ udává, že „Adresy jsou určovány výrobcí vozidel“ spolu s normou ISO 9141, která definuje, jak má adresovací byte vypadat. Pro vozidla komunikující dle ISO 14230 s rychlou inicializací platí příloha B normy ISO 14230-2: „Adresy mohou být stejné jako u vozidel s 5ti-baudovou inicializací nebo mají být v souladu s SAE J2178, částí 1“. J2178 je standard pro síťovou komunikaci J1850 třídy B. Z tohoto důvodu by diagnostická zařízení dle normy J1850 neměla očekávat, že konkrétní adresy řídicí jednotky budou stejné i u jiných vozidel. Například některá vozidla běžně používají označení \$10 jako adresu řídicí jednotky, ale existuje mnoho vozidel, která označení \$10 využívají pro označení jiných zařízení.

3.2.5 Datová kolize

Ke kolizi dat může dojít během normální komunikace skrze K -line. Tyto případy jsou vzácné a jsou jednoduše řešitelné. Když nastane kolize dat, řídicí jednotka rozhodne o způsobu řešení podle normy SAE 950041. V případě, že dojde ke zjištění chyby v příjmu zprávy, diagnostické zařízení jednoduše opakuje naposledy vyslaný požadavek. Na toto reaguje řídicí jednotka tím, že zašle správnou odpověď, odtud může komunikace pokračovat dále.

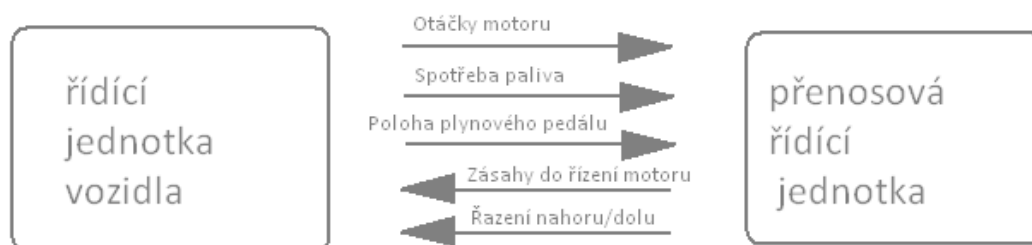
3.3 Sběrnice CAN (Controller Area Network)

Vývoj sběrnice CAN, nebo ISO 15765-4 byl podnícen požadavkem na vyšší objem přenášených dat mezi jednotlivými zařízeními ve vozidle. Počet elektrických a elektronických zařízení se každým rokem zvyšuje. Tato skutečnost je dána zvyšujícími se počty komfortních zařízení, regulačních zařízení a různých kontrolních komponent. Fyzická vrstva je definována normou ISO 11898-2 High speed a normou 11898-3 pro Low speed.

Existují dvě varianty přenosu dat:

- Každé zařízení přenáší data po metalickém vedení vlastní soustavou vodičů. Data různého charakteru mají různé vodiče. Z toho plyne nutnost velkého počtu kabelových svazků. Mimo zvýšený náklad na instalaci takových svazků vodičů je zde i zvýšená možnost poruchy.
- Mezi jednotlivými zařízeními jsou data veškerého typu vyměňována maximálně po jednom páru vodičů. Výhodou je přehlednější a spolehlivější instalace.

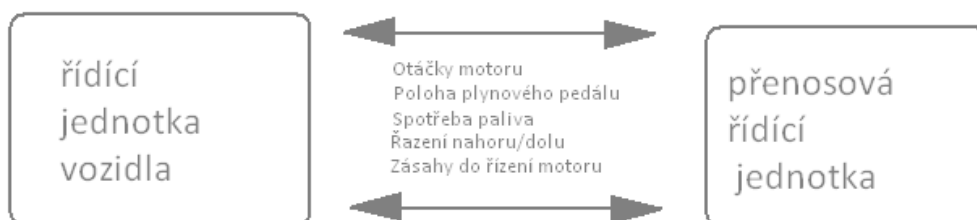
a) Klasické uspořádání komunikační sítě ve vozidle:



Obr. 9. Klasické uspořádání komunikační sítě ve vozidle

Tímto způsobem je možno přenášet pouze určité množství informací. Každá informace má svou vlastní přenosovou trasu.

b) Uspořádání komunikační sítě za použití sběrnice CAN:

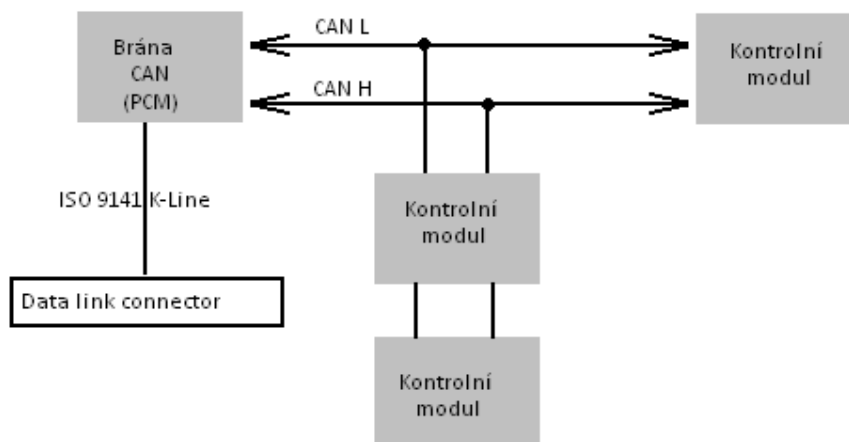


Obr. 10. Uspořádání komunikační sítě ve vozidle za použití sběrnice CAN

Výhodou je možnost výměny velkého objemu dat, ke komunikaci je použito pouze dvou vodičů, bez ohledu na počet propojených kontrolních modulů.

3.3.1 Historie

Komunikační protokol CAN byl vyvinut firmou Bosch v roce 1980 a poprvé byl použit v roce 1991 u vozidla Mercedes Benz třídy S k uskutečnění komunikace uvnitř vozidla. Praxe byla taková, že vnitřní síť komunikovala pomocí protokolu CAN, ale pro komunikaci s diagnostickým zařízením muselo dojít k překladi do protokolu dle normy ISO 9141. Vůbec poprvé byla sběrnice CAN u vozidel Volkswagen použita u modelového roku 1997, u tohoto modelu byla přenosová rychlost 62,5 kb/s. V následujícím roce 1998 byla u modelů Golf a Passat představena sběrnice CAN s přenosovou rychlostí 500 kB/s. V roce 2000 byl jako součást CAN sběrnice představen tzv. blok měřených hodnot „Gateway“ (přístrojový panel), ve kterém byly uloženy veškeré příčiny závad a stav komunikace jednotlivých modulů připojených na sběrnici CAN, jednalo se o vozy Golf a Passat.



Obr. 11. Schéma prvotního použití sběrnice normy **ISO 15765-4**

CAN - datová sběrnice spojuje jednotlivé řídicí moduly vozidla a spojuje je v jeden integrovaný celek. Řídicí jednotka má více relevantních informací díky tomu, že je informována o celkovém stavu systému. Může po té efektivněji řídit jednotlivé funkce.

Součástmi systému jsou:

- Řídicí jednotka motoru (ECM)
- Řídicí jednotka ESP
- Řídicí jednotka převodovky
- Kontrolní modul řízení (TCM)
- Kontrolní modul ABS (w/EDL)
- Centrální řídicí modul
- Řídicí modul dveří

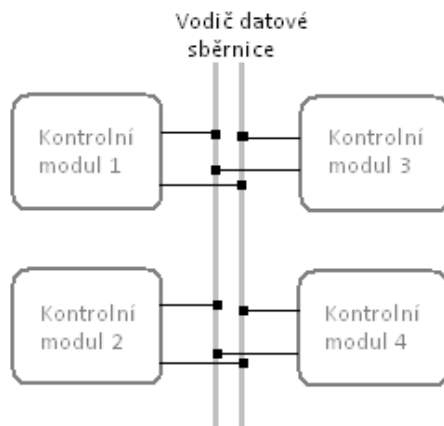
Výhody datové sběrnice:

- Pokud je datový protokol rozšířen o další informace, je nutná pouze změna software
- Nízká míra chybovosti díky neustálému ověřování vysílané informace a díky kontrolním modulům
- Méně senzorů a signálového vedení díky vícenásobnému použití senzorů signálu
- Mezi řídicími jednotkami je možný vysokorychlostní datový přenos
- Méně nutného místa pro instalaci z důvodu menších kontrolních modulů (konektory s menším počtem pinů)
- CAN sběrnice je v souladu s mezinárodními normami, a proto usnadňuje výměnu dat mezi řídicími jednotkami různých značek.

3.3.2 Princip přenosu dat

Přenos dat po sběrnici CAN je velmi podobný například telefonnímu hovoru. Jeden účastník (řídicí jednotka) mluví – vysílá data skrze elektrickou síť a zároveň druhý účastník naslouchá – přijímá data.

Přenášená data budou srozumitelná pro kontrolní moduly, kterým je informace určena, ostatní moduly budou vysílání ignorovat.



Obr. 12. Princip zapojení sběrnice normy ISO 15765-4 CAN

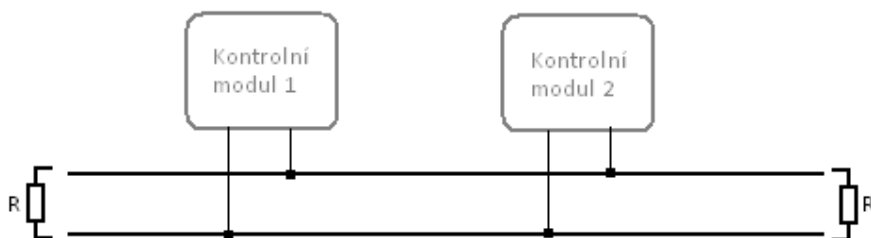
Součásti datové sběrnice CAN

CAN sběrnice obsahuje řídicí jednotku a vysílač/přijímač (transciever), dvojí zakončení datové linky a dvě datové linky. Kromě datových linek jsou všechny komponenty umístěny v ovládacích prvcích modulů.

Úkoly jednotlivých komponent jsou:

Řídicí jednotka přijímá data z mikrokontroléru, který je integrován v kontrolním modulu. Stejným způsobem, ale opačnou cestou řídicí jednotka postupuje při příjmu dat z vysílače, kdy data zpracuje a vyšle do mikrokontroléru.

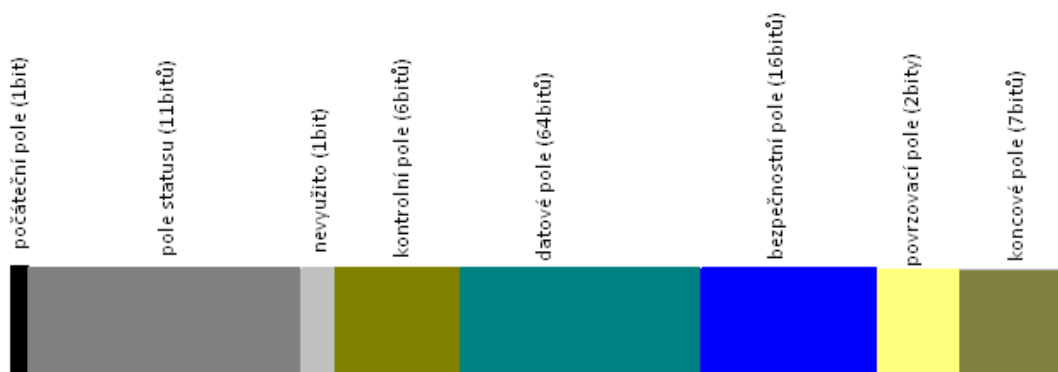
CAN transciever je integrovaný vysílač/přijímač. Převádí přijatá data z řídicí jednotky a posílá je skrze datovou linku. Stejně postupuje transciever v případě opačné cesty dat. **K zakončení datové** sběrnice slouží rezistory. Zabraňují tomu, aby se data, která byla odeslána, odrazila a byl přijímán jejich odraz - to by mělo za následek poškození dat. Datové sběrnice jsou obousměrné a jsou označovány jako CAN -low and CAN-high.



Obr. 13. Zakončovací odpory datové sběrnice normy ISO 15765-4 CAN

3.3.3 Přenos dat pomocí protokolů

CAN komunikuje pomocí dvou formátů protokolů, tyto protokoly se mění pouze v délce identifikátorů, které mají buď 11bitů (standardní formát CAN 2.0A) nebo 29 bitů (rozšířený formát CAN 2.0B). Protokoly v sobě zahrnují dlouhý řetězec bitů. Číslo bitu a jeho velikost závisí na velikosti datového pole. Diagram znázorňuje uspořádání údajů ve standardním protokolu CAN. Každé komunikaci předchází stav „IDLE“, klidový stav, kdy má sběrnice recesivní charakter. Počátek komunikace je iniciován nadřazeným bitem a připravuje k přenosu všechny stanice. Zaslání protokolu je iniciováno zasláním rámce „Data Frame“, to je postup, kdy vyslání iniciuje vysílač, ale může nastat i situace, že přijímací stanice bude protokol vyžadovat, takže jako odpověď o d vysílací stanice dostane „Remote Frame“. V případě chyby při přenosu dat dojde k vyslání chybového rámce „Error Frame“, což je sled šesti nadřazených bitů, na základě tohoto dojde k přerušení komunikace. V případě, že je nutné nejdříve zpracovat předchozí sdělení, je vyslán tzv. rámec indukující přeplnění „Overload Frame“.



Obr. 14. Datový rámec normy ISO 15765-4 CAN

Počáteční pole

Označuje začátek protokolu. Byte o hodnotě přibližně 2,5 nebo 5,0 V (v závislosti na

systému) je poslán přes CAN High Line a byte s hodnotou 0 voltů je poslán přes CAN Low Line.

Stavové pole

Toto pole definuje úroveň priority dat daného protokolu. Pokud například dva řídicí moduly chtějí poslat svůj datový protokol současně, řídicí modul dá přednost tomu s vyšší prioritou.

Kontrolní pole

Zobrazuje objem informace obsažené v datovém poli. Toto pole umožňuje každému přijímači zkontrolovat, zda obdržel stejný objem informace, který do něj byl umístěn. Jeho součástí je byte zvaný IDE (Identifier Extension Bit), slouží k odlišení standardního formátu protokolu (hodnota "0") od rozšířeného (hodnota „1“). Další čtyři bity nesou informaci o počtu datových bytů v poli Data Field.

Datové oblast

Informace z tohoto pole je určena ostatním kontrolním modulům. Maximální délka pole je 8 bytů, jedno datové pole může přenášet informaci více signálů.

Bezpečnostní pole (CRC)

Toto pole zjišťuje poruchy v přenosu pomocí kontrolního slova součtu rámce. Velikost rámce je 15 bytů.

Potvrzovací pole (ACK)

Přijímač v tomto poli potvrzuje vysílači, že obdržel všechna data v pořádku. Pokud je detekována chyba, přijímač to oznámí vysílači tohoto protokolu, který protokol zašle znovu.

Koncové pole

Toto pole označuje konec protokolu. Je to poslední možnost, kdy může být zjištěna chyba a může být opakován přenos. Skládá se ze sedmi recesivních bytů.

Rychlost přenosu dat

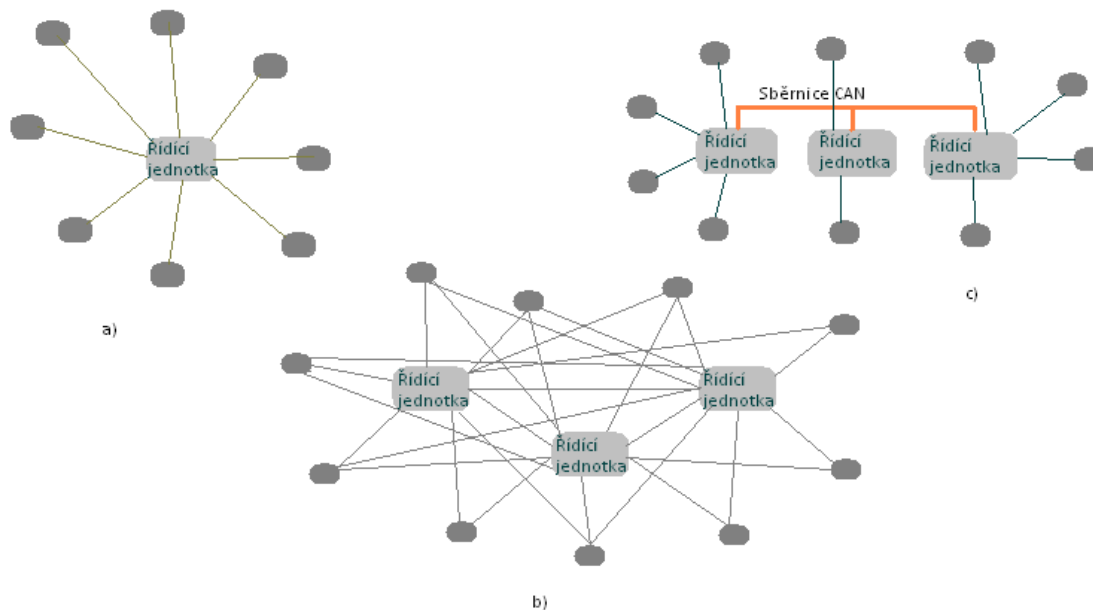
Koncern Volkswagen využívá několik variant sběrnice CAN. První sběrnice komunikovala přenosovou rychlostí 62,5 kb/s. Další řada již poskytovala možnost komunikace rychlostí 500 kb/s. Další sběrnici byla CAN sběrnice pohonné jednotky s rychlostí 500 kb/s. Tato sběrnice se využívá u všech nově vyrobených vozidel. V roce 2000 bylo započato používání datové sběrnice o rychlosti 100 kb/s, a byla použita u komfortních systémů a informatiky.

V současné době je možné po sběrnici CAN komunikovat až rychlostí 1Mb/s.

3.3.4 Gateway

Přímé propojení datových sběrnic CAN komfortního systému/informatiky a CAN hnacího ústrojí není možné, jelikož každá sběrnice pracuje s různými napěťovými úrovněmi a má jinak uspořádané odpory. Dalším důvodem jsou odlišné přenosové rychlosti, což má za následek nemožnost vyhodnocení signálů. Mezi těmito sběrnici je provedeno přizpůsobení pomocí tzv. GateWay. Gateway může být umístěno v řídicí jednotce, v přístrojovém panelu nebo v jednotce palubní sítě. Slouží jako diagnostické zařízení, protože díky připojení ke sběrnici CAN má přístup ke všem informacím. U starších modelů vozidel je diagnostika načítána přes vedení K-line, u novějších se provádí po datové sběrnici CAN.

Možnosti uspořádání vnitřní sítě vozidla



Obr. 15. Způsoby uspořádání vnitřní sítě vozidla, a) s jednou řídicí jednotkou, b) s více řídicími jednotkami, c) s použitím sběrnice CAN

3.3.5 Zpracování dat

CAN sběrnice je nezávislý systém vozu určený pro elektronické systémy a pracuje jako datová linka určená k výměně informací mezi řídicími jednotkami. Vzhledem ke své konstrukci pracuje systém s vysokým stupněm vnitřního zabezpečení. Když dojde k závadě, jsou informace o ní uloženy hlavně v paměti poruch řídicí jednotky a je možné je načíst pomocí diagnostického zařízení.

- řídicí jednotky obsahují vlastní diagnostické funkce, podle kterých systém dokáže detekovat chyby spojené se sběrnici CAN.
- po načtení dojde ke zpřístupnění databáze závad pro diagnostické zařízení
- po té, co jsou chyby načteny a nejsou již žádné další chyby detekovány, systém nabídne jejich nápravu. Řídicí jednotka motoru musí být restartována z důvodu opětovného načtení paměti závad.
- základním předpokladem je, že vozidlo ve stavu „CAN bus OK“ nebude detekovat žádnou chybu v žádném provozním režimu.
- k určení chyby a jejímu napravení je nutná výborná znalost systému pracujícím na sběrnici CAN.

3.3.6 Výměna informací

Výměna informací je prováděna v podobě zprávy. Každá řídicí jednotka může odesílat nebo přijímat zprávy. Zpráva obsahuje fyzikální hodnoty, jako jsou například otáčky motoru (ot/min), ty jsou v tomto případě prezentovány binární hodnotou. Například: otáčky motoru 1800 ot/min jsou v binárním kódu reprezentovány jako 00010101. Před odesláním je binární hodnota převedena do sériové datového toku. Datový tok je odeslán přes vodič TX k transceiveru. Transceiver převede datový tok na hodnoty napětí, které jsou pak odesílány přes CAN sběrnici. V přijímacím procesu jsou hodnoty napětí převedeny zpět do datového toku a vyslány po lince RX k řídicí jednotce. Řídicí jednotka pak převede sériové binární hodnoty zpět do zpráv. Např.: hodnota 00010101 je převedena zpět na otáčky motoru 1800 ot/min. Odeslanou zprávu může přijmout jakákoli řídicí jednotka.

3.4 Key Word Protocol 71

Jde o protokol, který byl používán pro komunikaci řídicích jednotek Bosch v rozmezí let 1995 – 2003, respektive u některých modelů až do roku 2007.

3.5 Key Word Protocol 1281

Tento protokol komunikuje po tzv. blocích. Komunikace probíhá střídavě mezi testerem a řídicí jednotkou, kdy prvotní navázání komunikace je ze strany řídicí jednotky. Jedná se o protokol aplikační vrstvy. Protokol komunikuje pomocí K-line (norma ISO 9141) nebo skrze CAN 2.0A. Je kompatibilní s protokolem KW 71.

3.6 Protokoly TP 1.4, TP 1.6

Jsou to transportní protokoly koncernu Volkswagen. Jedná se o protokoly komunikující cestou „sběrnice K-line - CAN sběrnice - Gateway - Diagnostické zařízení“, tudíž komunikuje v rámci řídicích jednotek vozidla, ale při komunikaci s vnějšími zařízeními se neuplatňuje, jelikož pro tuto komunikaci je určeno rozhraní Gateway, které tvoří spojení mezi všemi komunikačními systémy vozidla, tudíž je k diagnostice nejvhodnější.

3.7 Protokol TP 2.0

CAN umožňuje přenášet datové pakety s užitečnou informací až 8 bytů, v případě posílání zprávy delších než 8 bytů je nezbytné použít transportní protokol. Například dle standardu OBD-II je využíván protokol ISO 15765-2. Volkswagen však ve svých vozidlech používá

svůj vlastní přenosový protokol, známý jako VW TP 2.0. VW TP 2.0 je velmi podobný protokolu TP 1.6, který byl používán dříve a v některých parametrech jsou tyto protokoly naprosto totožné. Standardně je informačním obsahem protokolu TP 2.0 zpráva aplikační vrstvy, definovaná normami ISO 14230-3 a Keyword Protocol 2000 (KWP2000).

3.7.1 Druhy zpráv

TP 2.0 začíná fungovat po otevření datových kanálů mezi dvěma komunikujícími zařízeními. Jakmile je kanál otevřen, mohou být pakety mezi těmito zařízeními vyměňovány. Protokol TP 2.0 používá čtyři druhy zpráv - vysílání, nastavení kanálu, parametry k analu a přenos dat.

a) Vysílání

Vysílání má pevnou délku 7 bytů. V případě ztráty paketů je zpráva poslána 5 krát.

číslo bytu	0	1	2	3	4	5	6
Popis	Dest	Opcode	KWP data			Resp req	Resp req

Tab. 2. Formát zprávy „vysílání“

Pole	Popis					
Dest	Logická adresa cílového modulu 0x01 pro řídicí jednotku					
Opcode	0x23	vysílání - žádost				
	0x24	Vysílání - odpověď				
KWP data	KWP2000 SID a parametry					
Resp req	0x00		očekávaná odpověď			
	0x55 nebo 0xAA		nečekaná odp.			

Tab. 3. Popis polí zprávy „vysílání“

b) Nastavení kanálu

Zpráva nastavení kanálu má pevnou délku 7 bytů. Používá se k nastavení datového kanálu mezi dvěma moduly. Žádost o nastavení kanálu by měla být odeslána z CAN ID 0x200 a odpověď bude odeslána s CAN ID 0x200 + bude obsahovat logickou adresu cílového modulu. Po tomto sdělení pak dojde k použití domluveného CAN ID, který byl sjednán během nastavení kanálu.

číslo bytu	0	1	2	3	4	5	6
popis	Dest	Opcode	RX ID	V/RX pref	TX ID	V/TX pref	Resp req

Tab. 4. Formát zprávy „nastavení kanálu“

Pole	Popis		
Dest	Logická adresa cílového modulu 0x01 pro řídicí jednotku		
Opcode	0xC0	nastavení žádosti	
	oXD0	kladná odpověď	
	0xD6...0xD8	záporná odpověď	
RX ID	určuje koncovému modulu, kterému CAN ID naslouchá		
RX pref	RX ID předpona		
TX ID	Určuje koncovému modulu, ze kterého CAN ID přijímá		
TX pref	TX ID předpona		
V	0x0	CAN ID je správné	
	0x1	CAN ID je nesprávné	
App	Typ aplikace		

Tab. 5. Popis polí zprávy „nastavení kanálu“

c) Parametry kanálu

Zpráva o parametrech kanálu má délku 1 nebo 6 bytů. Používá se k nastavení parametrů pro otevřený kanál.

číslo bytu	0
popis	Opcode

Tab. 6. Formát zprávy „parametry kanálu“ délky 1 byte

číslo bytu	0	1	2	3	4	5
popis	Opcode	BS	T1	T2	T3	T4

Tab. 7. Formát zprávy „parametry kanálu“ délky 6 bytů

Pole	Popis	
Opcode	0xA0	Parametry žádosti, určeny příjemce zprávy (6 b ytů)
	0xA1	Parametry odpovědi, určeny pro původce zprávy (6b ytů)
	0xA3	Test kanálu, odpověď má stejné parametry odpovědi. K udržení otevřeného kanálu (1byte)
	0xA4	Přerušení, přijímač zruší veškerá data přijatá od posledního ACK (1b yte)
	0xA8	Odpojení, kanál již není dále otevřen, příjemce by měl odpovědět také odpojením (1b yte)
BS	Velikost bloku, počet paketů k odeslání před očekávanou ACK odpovědí.	
T1	Parametr načasování 1, doba čekání na ACK. T1 by neměla být vyšší, než 4*T3	
T2	Parametr načasování 2, vždy hodnota 0xFF	
T3	Parametr načasování 3, interval mezi dvěma pakety	
T4	Parametr načasování 4, vždy hodnota 0xFF	

Tab. 8. Popis polí zprávy „parametry kanálu“

d) Přenos dat

Zpráva přenosu dat má délku 2-8 bytů. Používá se pro přenos aktuálních dat / užitečných bytů.

číslo bytu	0	1	2	3	4	5	6	7
popis	Op/Seq	Payload						

Tab. 9. Formát zprávy „přenos dat“

Pole	Popis	
Op	0x0	čekání na ACK, následuje více paketů
	0x1	čekání na ACK, toto je poslední paket
	0x2	Nečeká na ACK, následuje více paketů
	0x3	Nečeká na ACK, toto je poslední paket
	0xB	ACK, připraven pro další paket
	0x9	ACK, není připraven pro další paket
Seq	číslo sekvence, narůstá až do hodnoty 0xF a po té zpátky k 0x0	
Payload	KWP2000 data. První dva byty prvního paketu obsahují informaci o délce zprávy	

Tab. 10. Popis polí zprávy „přenos dat“

3.8 X-by-wire

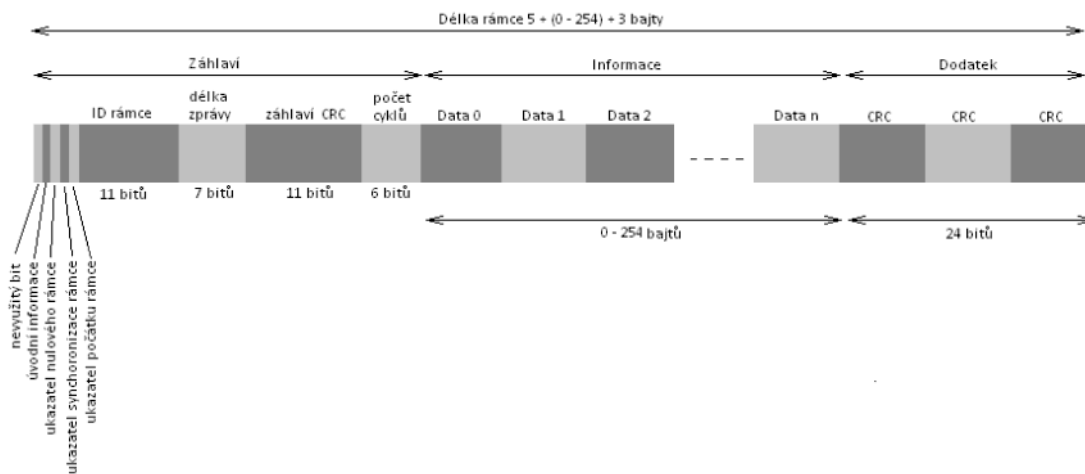
Standard X-by-wire je myšlenka, jejíž snahou je nahradit mechanické a hydraulické systémy vozidla jinými, spolehlivějšími systémy pracujícími na základě elektromechanického, nebo elektro-mechanicko-hydraulického principu. Cílem je nahradit stávající mechanismy řízení, přenosu síly, tlumení atd. jinými, lépe kontrolovatelnými a přesnějšími systémy, výsledkem mají být systémy zvané „intelligentní podvozek vozidla“. Mimo jiné jde o snahu vozidlo ještě více zabezpečit, ale také zajistit jeho lepší jízdní vlastnosti a pohodlí. Na komunikační systém, který je nedílnou součástí tohoto systému X-by-wire jsou kladeny velké nároky, a to jak z pohledu objemu přenášených dat, rychlosti odezvy ale hlavně spolehlivosti. Systém se skládá z několika částí, steer-by-wire (systém řízení), throttle-by-wire (ovládání motoru) a break-by-wire (brzdový systém).



Obr. 16. Subsystém systému x-by-wire – steer-by-wire. Převzato z [25]

3.9 FlexRay

Vývoj tohoto standard začal už v roce 2000 ve spolupráci firem BMW, Motorola, Philips, Volkswagen, Bosch a DaimlerChrysler. Poprvé byl FlexRay upřesněn a více přiblížen veřejnosti 30. Června 2004 s označením FlexRay04. Spolehlivější verze pro použití v bezpečnostních systémech byla představena 7.12.2006 a prvním nositelem bylo vozidlo firmy BMW, model X5. Největšího rozmachu se FlexRay dočkal rokem 2010 a v letech následujících. Maximální přenosová rychlost je 10Mb/s.



Obr. 17. Datový rámec protokolu FlexRay

ID rámce; je číslo slotu (1 – 2047), jde o číslo, které je každému slotu vlastní a v rámci kanálu se nemůže opakovat.

Délka informace (zprávy); jde o 16 bitových slov v datové části, musí být stejné pro všechny zprávy ve statickém segmentu protokolu.

Záhlaví CRC; detekce chyb v záhlaví (optimální polynom pro 20 bitů).

Počet cyklů; číslo současného cyklu, zjišťuje se sudý nebo lichý cyklus.

Data; 0 – 254 bytů (musí být stejný pro všechny statické rámce).

CRC dodatekový segment; HD = 6, až 248 užitečných bytů; HD = 4, až 508 užitečných bytů

Výhody

- jednoduchá řešení v kritických situacích v případě řízení X-by-wire
- statický segment zaručuje dodržování předepsaných časů a odolnost vůči chybám
- dynamické segmenty poskytují flexibilitu pro různé druhy přenášených zpráv
- za jeho vznikem stojí velcí a kvalitní výrobci
- je flexibilní

Nevýhody

- vcelku nový protokol
- pro absolutní bezchybnost a vyřešení všech praktických problémů je nutná praxe v provozu

Ostatní

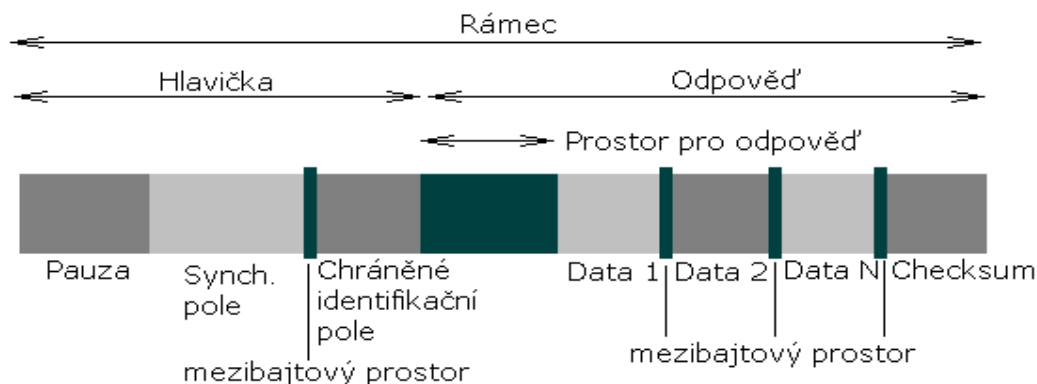
- nezahrnuje kompletní servis u různých systémových architektur
- poskytuje sice flexibilitu pro různé architektury řízených systémů, avšak není tolik odolný proti chybám, které v nich mohou vzniknout

3.10 Protokoly TTP/A a TTP/C

Oba protokoly používají Time-Division Multiple Access (TDMA), aby došlo ke snížení kolizí. TTP/C je zkratka pro Time Triggered Protocol (časem spouštěný protokol), pracuje v reálném čase. Jde o deterministický protokol určený pro třídu C, která je definována normou SAE. TTP/C může používat a řídit vyšší přenosové rychlosti, než CAN. Princip časového spuštění je popsán sběrníkovou architekturou pro bezpečnost kritických vestavěných systémů. TTP je "spouštěn časem", takže jde o protiklad "událostí spouštěných" protokolů CAN, z tohoto důvodu musejí mít všechny uzly v síti pojem o reálném čase, a to prostřednictvím přesně synchronizovaných hodin. Všechny aktivity jsou prováděny v určitých časech nebo po určité době, na rozdíl od standardu CAN, kdy je standard CSMA řízen pomocí vnějších událostí. K dispozici je také levnější verze, nazvaná TTP /A, pro normou SAE definovanou třídu A. U této verze jde také o TDMA přístup s master-slave architekturou. Tento protokol může být použit pro větvení několika snímačů z jednoho TTP/C uzlu. TTP/A je určen pro nízkonákladové systémy, kdy k realizaci postačují standardní rozhraní UART a 8-mi bitové kontroléry.

3.11 LIN protokol

Lin (Local Interconnect Network) protokol má dvě verze, 1.0 z roku 1999 a 2.0 z roku 2003. Cílem LIN protokolu bylo být levnější, než nízko -rychlostní CAN, toho však bylo dosaženo jen částečně. LIN protokol podporuje nízko -rychlostní asynchronní přenos, který poskytuje rychlost přenosu dat až 20kb/s. Je to komunikační síť, která komunikuje po jediném vodiči a je implementována pomocí UART/SCI rozhraní uvnitř mikrokontrolérů. Síť LIN používá master-slave architekturu. Zařízení označené jako Master odešle rámce záhlaví a zařízení Slave LIN reaguje odesláním rámce. Skládá se z jednoho hlavního uzlu a několika podřízených uzlů. Uzel Master provádí hlavní úlohy, uzel slave úkoly ostatní. Rámec LIN se skládá z rámce záhlaví a odezvy. Hlavička obsahuje identifikátor odpovědi. Jeden slave uzel reaguje na identifikátor a přenáší rámec odpovědi, několik podřízených uzlů v reakci na uvedené názvy tyto odpovědi identifikuje a přijímá jejich rámce. Reakce se skládá z datového pole a pole kontrolního součtu.



Obr. 18. Datový rámec protokolu LIN

3.12 TTCAN

Jedná se o časové řízený CAN protokol. TTCAN protokol je definovaný normou ISO 11898-4 a je vyšší vrstvou protokolu CAN datového spojení, který je zase definován normou ISO 11898-1. TTCAN může používat fyzické vrstvy určené pro CAN, které jsou definovány normou ISO 11898-2. Časem spouštěná komunikace zajišťuje, že veškeré aktivity jsou vyžadovány po uplynutí daného časového úseku. V komunikaci, která je řízena časem jsou všechny časové body systému definovány již během vývoje. Tyto systémy řízené časem jsou ideální pro aplikace, u kterých má datový přenos periodicky se opakující povahu.

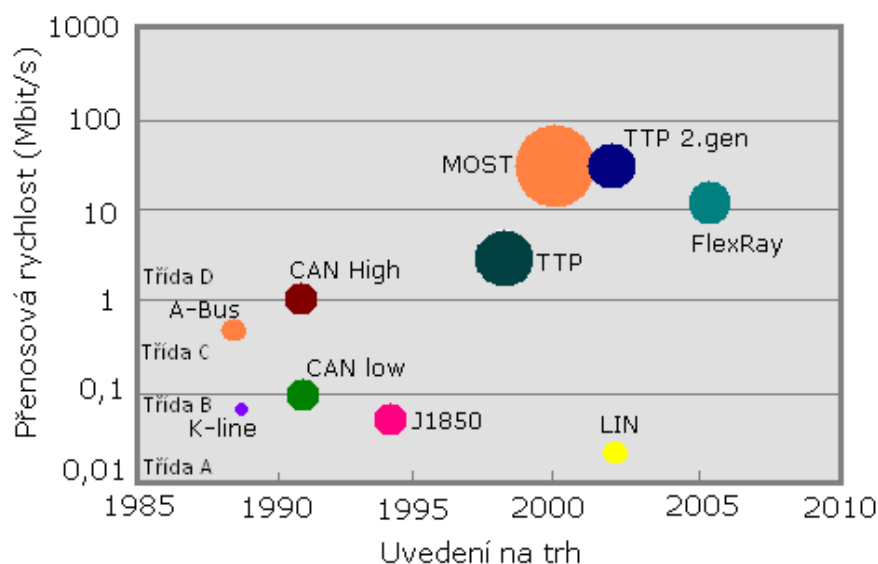
TTCAN výhody

TTCAN poskytuje prostředky pro časový rozvrh zasílání CAN protokolů v časem řízeném systému stejně dobře, jako jsou protokoly CAN zasílány u systémů řízených událostmi. U vozidel je přenos dat řízený buď událostí (např. změna teploty chladícího okruhu) nebo časem (např. stav brzdového systému). Aby nebylo nutné vyvinout dva různé síťové systémy definované normou ISO, byl vyvinut systém na principu protokolu TTCAN. Protokol TTCAN je realizován jako součást software ve vyšší vrstvě CAN. To je důvod, proč mohou být v síti CAN přenášeny jak časem, tak událostí spouštěné protokoly. Rámce přenášených zpráv není nutné upravovat pro jednotlivé protokoly. Účastníci sítě TTCAN si vybírají svou zprávu podle jejího identifikátoru. Jakmile dojde k rozpoznání prvního bitu daného rámce (Start Of Frame – SOF), časově příslušná jednotka se aktivuje a je synchronizována.

3.13 Protokol MOST

MOST (Most Oriented Systems Protocol) jde o vysokorychlostní standard, používaný pro přenos dat multimediálních sítí uvnitř vozidel. Síť standardu MOST, která má obvykle architekturu Kruhu, může obsahovat až 64 zařízení, které se dají vzhledem k použití Plug & Play protokolů snadno odebrat nebo přidat. Vzhledem k ideálním topologickým podmínkám

mohou být uspořádány do hvězdy a nebo do dvojité kruhové topologie, kdy mohou být využity pro bezpečnostní systémy. V celé šířce pásma je k dispozici pro datový přenos (synchronní přenos dat) a přenos paketových dat (asynchronní přenos dat) zhruba 23Mb. Toto je rozděleno do 60 fyzických kanálů, které může uživatel vybrat a nakonfigurovat. Standard MOST nabízí řadu služeb a mechanismů pro přidělování fyzických kanálů. Standard MOST podporuje až 15 nekomprimovaných stereofonních audio kanálů v CD kvalitě nebo až 15 MPEG1 kanálů pro přenos audio-video. Nicméně stále není možné přenášet datový tok nekomprimovaných videí s vysokým rozlišením.



Obr. 19. Přehled popisovaných protokolů podle období vzniku, rychlosti komunikace a nákladnosti realizace (čím větší plocha bodu, tím větší náklady)

4 Systém EDC

4.1 Úvod

Tato diplomová práce se zabývá diagnostikou dieselových vozidel koncernu Volkswagen, která využívají systém EDC (Electronic Diesel Control). Pro úplnost si v následující kapitole tento systém představíme od jeho vzniku, vývoje až po systémy, které jsou využívány dnes, zmíníme se o základních principech jejich funkcí.

4.2 Historie

Pokud chceme systému EDC porozumět, musíme se vydat do období vzniku samotného dieselového motoru. Tak se stalo v roce 1897, kdy Rudolf Diesel představil vůbec první vznětový motor. Pro činnost tohoto motoru bylo nutné dopravit do válce palivo pod vysokým tlakem - to byla jedna z podmínek, tzv. samovznícení, odtud vznikl alternativní název vznětové motory. Doprava paliva do válce pod vysokým tlakem se uskutečňovala pomocí vzduchového kompresoru. Nutnost přítomnosti těžkého a na spotřebu energie náročného kompresoru však znemožňovala užívat motor pro potřeby automobilového průmyslu. Tato velká nevýhoda byla odstraněna Robertem Boschem, který pro vysokotlaký vstřík využil rotačního čerpadla a otevřel tak vznětovému motoru dveře do světa automobilového průmyslu. V roce 1927 začala sériová výroba vstříkovačích čerpadel a vstříkovačích trysek. Ty se používaly nejprve pro nákladní vozidla a až v roce 1936 byl systém aplikován u osobních vozidel. Během druhé světové války se experimentovalo s použitím vznětových motorů v oblasti letectví, tato skutečnost však paradoxně na pomohla ke zlepšení vlastností benzinových leteckých motorů a vznětové byly pro tento směr vývoje zavrženy. V roce 1975 bylo Boschem představeno první rotační čerpadlo s axiálním pístem. Rokem 1986 se začala psát historie systému EDC, jelikož bylo firmou Bosch představeno rotační čerpadlo s elektronicky regulovaným vstřikem určeným pro zážehové motory. Elektronická regulace poskytovala řadu výhod. Mechanické systémy a obvody, které do té doby řídily dieselové motory sice tuto práci plnily kvalitně, avšak elektronická regulace má mnoho výhod, dokáže okamžitě reagovat na změnu podmínek, porovnávat stávající hodnoty s hodnotami teoretickými a přizpůsobovat během okamžiku celý systém novým podmínkám. Další výhodou je to, že mechanické systémy řízení se časem opotřebují a tím se mění i účinek regulace. Tuto časem vznikající odchylku není možné odstranit jinak, než nákladnou výměnou nebo opravou. Elektronickou regulací tato nevýhoda mizí. Řadové vstříkovačské čerpadlo podlehlo také modernizaci a rokem 1987 se elektromechanickou regulací mohlo chlubit i toto čerpadlo. V roce 1993 bylo představeno elektronicky řízené řadové čerpadlo se zdvihovými šoupátky. V roce 1994 byly uvedeny řídicí jednotky systému Pumpe -Düse-Einheit. Poznávacím znamením tohoto systému je fakt, že každý válec má svůj vlastní

výtlačný píst a vstřikovací trysku. Sériově používané radiální čerpadlo s magneticky řízenými ventily spatřilo světlo technického světa rokem 1996. Nejnovější systém se nazývá Common Rail a jedná se o systém vysokotlakého vstřikování paliva za pomoci vysokotlakého zásobníku paliva – Common Rail. Tento systém se v praxi začal užívat v roce 1997. Současný systém EDC není zaměřen na řízení pouze chodu motoru, jak tomu bylo dříve, ale pole jeho působnosti se přesunulo do celého systému vozidla, ať už jde o řízení jízdních vlastností nebo komfortu, kdy se celý tento proces děje na základě výměny dat mezi jednotlivými systémy vozidla (EGS, ESP, ASR atd.). Systém EDC reflektuje v plném rozsahu požadavky diagnostické normy OBD, resp. EOBD.

4.3 Popis systému

Systém EDC se skládá ze tří základních částí: **řídící jednotka, akční členy, snímače a čidla**. Systém vznikl na základě potřeby jemnější a přesnější potřeby řízení zážehového motoru. Důvodů bylo hned několik: tento systém zefektivňuje funkci vznětového motoru, kdy pomocí senzorů, čidel a regulačních komponent kontroluje a řídí jeho chod, čímž dochází ke zvýšení účinnosti spalování, snížení spotřeby, zvýšení výkonu. Důsledkem tohoto řízení motoru je snížení výfukových a hlukových emisí, jejichž kontrola a omezování jsou nutné v globálním boji o dodržování emisních limitů škodlivých látek. Jedním z kroků zvýšení efektivity vznětových motorů byl přechod od nepřímého systému vstřikování (IDI – indirect injection) k systému přímého vstřiku (DI – direct injection). Díky přímému vstřikování došlo k podstatnému snížení ztrát při přenosu paliva mezi palivovou nádrží a spalovacím prostorem.

V závislosti na zmíněných požadavcích je nutné regulovat následující:

- startovací množství paliva (závislé na teplotě)
- regulace volnoběžných otáček
- kontrola recirkulace spalin
- zajištění vysokých vstřikovacích tlaků
- úpravy vstřikování tzv. předstřikem nebo dodatečným vstřikováním
- řízení rychlosti jízdy
- přesné načasování vstřiku paliva s minimálními tolerancemi
- každý provozní stav vozidla má předepsané vstřikovací veličiny (množství paliva, počátek vstřiku, plnicí tlak)

4.4 Užívané systémy EDC

Systém EDC s řadovým vstřikovacím čerpadlem

Jedná se o systém, který byl používán u dieselových motorů v počáteční etapě jejich vývoje. Tento systém měl na každý válec jedno vstřikovací čerpadlo, které bylo poháněno přes převodový systém rozvodů motoru. Cesta paliva vedla přes vysokotlaký rozvod až ke vstřikovačům. U moderních vozidel se tento systém již neuvádí, vytvářejí tlak až 1300 barů.

Systém EDC s rotačním vstřikovacím čerpadlem s axiálním pístem řízeným hranou (VE-EDC), Systém EDC s rotačním čerpadlem s axiálním nebo radiálním pístem řízený elektromagnetickým ventilem (VE-MV, VR)

Nevýhodou těchto systémů je, že počátky vstřiku i tlaky jsou ve všech válcích motoru stejné, není možné ke vstřikům přistupovat individuálně podle okamžité potřeby regulace. Tlak dosažitelný těmito systémy jsou 750 barů – 900barů.

Systém EDC Unit Injector (UIS) pro osobní vozidla (systém čerpadlo – tryska)

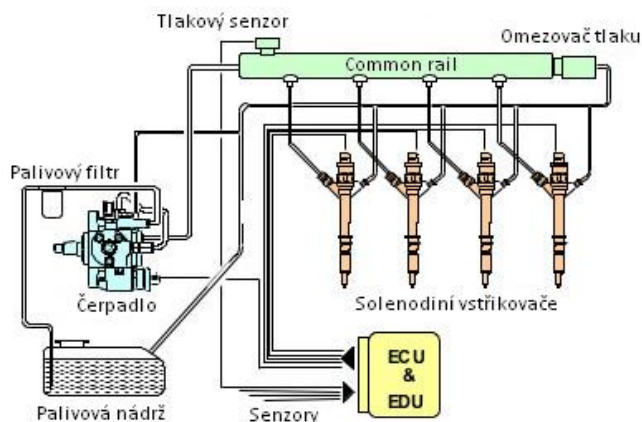
Základní myšlenkou tohoto systému bylo integrovat vstřikovací čerpadlo a vstřikovač do jednoho celku, který se nazývá injection unit nebo unit injector. Tento systém byl uveden na trh v roce 1994.

Systém Unit Injector (UIS) a systém Unit Pump (UPS) pro užitková vozidla (čerpadlo - vedení-tryska)

Systém UPS je blízce spjat se systémem UIS. Využívá se pouze pro užitková vozidla. Každý válec motoru má svou vlastní jednotku, tzv. Unit Pump, která je složena z vysokotlakého čerpadla s elektromagnetickým ventilem, vedení a vstřikovače. Tato koncepce umožňuje vytvoření velmi vysokých vstřikovacích tlaků až 2200 barů.

Systém EDC s vysokotlakým zásobníkem Common Rail (CR)

Tento systém má jednu základní odlišnost od ostatních, která spočívá ve vysokotlakém zásobníku paliva – Common Rail. Část, která zajišťuje vytvoření tlaku a vstřikovací část jsou u tohoto systému odděleny. Tento systém dovoluje přizpůsobit tlak vstřikovaného paliva provozním podmínkám a jeho zvláštností je, že tlak vstřikovaného paliva může být v průběhu vstřiku měněn. Tento systém se užívá od roku 1997, kdy bylo dosahováno tlaku 1350barů. Zavedení druhé generace systému Common Rail je spojeno s rokem 2001. Zde byl zvýšen tlak na 1600 barů a třetí řada, která nahradila solenoidové vstřikovače moderními piezo - vstřikovači se užívá od roku 2003. Principem 4. Generace z roku 2008 je hydraulicky zesilující vstřikovač, který umožňuje zvýše tlaku v zásobníku na hodnotu 2100 barů.



Obr. 20. Schéma systému Common Rail. Převzato z [26].

Regulační okruhy systému Bosch EDC

- regulace množství vstřikovaného paliva
- regulace recirkulace spalin
- regulace otáček (volnoběžných, přeběhových)
- úprava dodávky paliva při brzdění motorem
- regulace plnicího tlaku vzduchu
- úprava startovací dávky paliva
- řízení žhavení a vytápění motoru (předžhavení a dožhavení)
- řízení počátku vstřiku
- tlumení cukání vozidla
- řízení volnoběžného chodu motoru

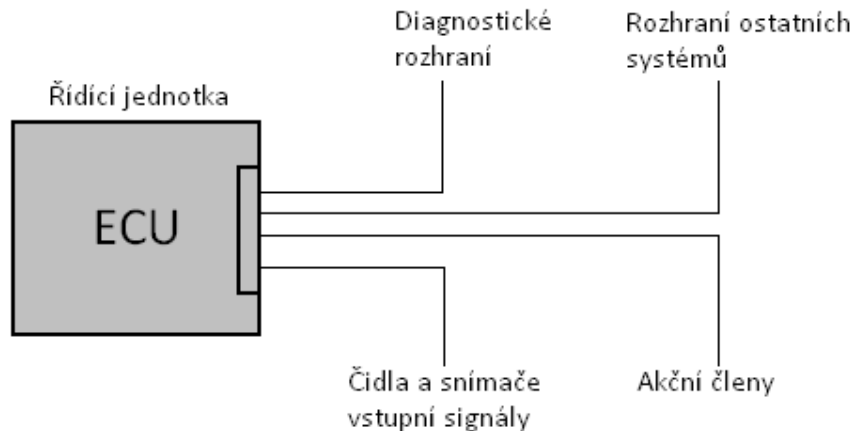
5 Řídící jednotky

5.1 Úvod

Řídící jednotka je z hlediska elektronické obsluhy vozu nejdůležitější součástí celého vozidla, řídí a reguluje funkce celého elektronického systému. Tento soubor funkcí klade na řídící jednotku velmi vysoké požadavky z hlediska spolehlivosti a kvality.

5.2 Obecně

Elektronická síť vozidla je složena z čidel, snímačů, řídicích jednotek a akčních členů. Snímače zjišťují provozní podmínky elektronického systému (teplotu chladicí kapaliny, atmosférický tlak, otáčky motoru). Úkolem čidel je snímat hodnoty nastavené řidičem pomocí panelů obsluhy (např. panel obsluhy klimatizace). Snímače a čidla poskytují informace, které jsou určeny pro zpracování řídící jednotkou, tato je zpracuje a vyhodnotí. Akční členy jsou součásti, které aktivně zasahují do chodu vozidla. Jsou to například ventily, zapalovací svíčky, apod., dochází zde k přeměně elektrického signálu na mechanickou veličinu.



Obr. 21. připojení sběrnic k řídící jednotce

5.3 Funkce ECU

Prioritním úkolem řídící jednotky je vyhodnocování vstupních signálů v přímé reakci na jejich hodnoty a regulovat akční členy tak, aby kontrolované systémy pracovaly v požadovaných mezích. Systém jako celek vykazuje určitou činnost, která vzniká působením mnoha jiných funkcí (např.: regulace teploty chladicí kapaliny, regulace na základě hodnot naměřených lambda sondou, regulace volnoběžných otáček apod.). Vývoj řídící jednotky je

dán na základě požadavku výrobce vozidla, jsou zadány popisy funkcí, které obsahují přesné informace o funkci řídicí jednotky. Soubor těchto dokumentů se nazývá specifické řešení.

Řídicí jednotka:

- přijímá informace od snímačů a data vyhodnocuje
- kontroluje stav vnitřní sítě vozidla (přerušení kabelů, vznik přechodových odporů)
- zjišťuje stav akčních členů z hlediska jejich funkce a věrohodnosti jejich dat

V případě poruchy nebo nalezené chyby jsou funkce řídicí jednotky následující:

- pokud dojde k nalezení chyby snímače, pak řídicí jednotka buď využije teoretické hodnoty, které má uloženy v paměti, nebo vyhodnocuje data z jiných snímačů, která jsou k zastoupení vyřazeného snímače vhodná, tyto chyby nejsou řidiči zobrazovány.
- v případě výpadku celého regulačního bloku je na tuto skutečnost již řidič upozorněn kontrolkou a řídicí jednotka sníží výkon motoru zmenšením dávky paliva.
- při natolik závažné poruše, kdy není možné reagovat na změnu polohy plynového pedálu nastaví řídicí jednotka zvýšené volnoběžné otáčky motoru (1400 ot/min), což zajistí plnou funkci posilovače řízení a brzdového systému a je možné bezpečné odstavení vozidla.
- v případě ztráty kontroly nad řízením chodu motoru řídicí jednotka okamžitě chod motoru zastaví.

Provozní stavy řídicí jednotky:

a) Přímé řízení chodu motoru - chod motoru je řízen v závislosti na aktuálních provozních podmínkách. Například množství vstřikovaného paliva je v průběhu cyklů měněno a upravováno.

b) Nepřímé řízení chodu motoru -používá se v případě poruchy nebo v případě příjmu nedůvěryhodných dat od snímačů. Při vstřikování paliva se používají hodnoty, které jsou uloženy v paměti výrobcem a nereflktují aktuální podmínky provozu.

Topologie sítě vozidla :

Lineární: Propojení více řídicích jednotek, které jsou na společné lineární sběrnici. Princip multi-master (více řídicích jednotek) je používám velmi často, toto umožňuje vysokou stabilitu se zvýšenou lokalizací chyby. Tento systém se používá u kontroly a řízení hnacího ústrojí a ostatních systémů sítě.

Kruh: Toto propojení umožňuje krátkou cestu v propojení více řídicích jednotek v sérii - kruhu. Informace prochází přes každou řídicí jednotku. Tento systém se používá u multimediální sítě. Multimediální systémy vyžadují velké objemy přenášených dat v krátkém časovém úseku. Chcete-li přenášet digitální televizní signál se stereo zvukem, vyžaduje toto rychlost přenosu dat kolem 6 Mb/s. MOST (Media Oriented Systems Transport) dokáže

přenášet data rychlostí až 23 Mb/s.

Hvězda: Propojení více řídicích jednotek, kdy jedna z nich je označena jako hlavní (master). Tento systém používá ke spuštění komunikačního protokolu princip master-slave. Náklady na vytvoření takové sítě jsou nižší, slouží k propojení sítě systémem on-off, jedná se například o sedadla, dveřní zámky, střešní okna, dešťové snímače a vnější zpětná zrcátka.

Požadavky na ECU

- práce v širokém rozsahu teplot ($-50^{\circ}+130^{\circ}$)
- odolnost vůči vlhkosti
- odolnost vůči vlivům okolí, chemickým (voda, olej, chladicí kapalina, palivo, sůl), mechanické (vibrace)
- stejná funkce při kolísání napětí akumulátoru (např. při velkém poklesu napětí při studeném startu, apod.)
- elektromagnetická odolnost (nesmí být ovlivnitelná elektromagnetickým polem, které je vytvořené jiným zařízením, stejně tak sama nesmí být zdrojem rušení pro okolí)

5.4 Software

Základním prvkem řídicí jednotky vozidla je mikrokontrolér, který zpracovává program, jenž je uložen v programové paměti. Funkce řídicí jednotky jsou zde uloženy v podobě programového kódu. Software je vytvořen na základě požadovaných funkcí jednotlivých systémů a v reakci na tyto požadavky je vytvořen program, který je v daném programovacím jazyce uložen do programové paměti řídicí jednotky. Při tomto procesu se využívá programovacích jazyků, nejčastěji programovacího jazyka „C“. Chování motoru není ovlivněno jenom samotným programem řídicí jednotky. Každý jeden vyrobený motor je specifický a je nutné k danému programu přiřadit i sadu dat, které budou tento motor specifikovat. Není totiž možné pro veškeré motory, byť stejného typu, vytvořit univerzální sadu dat. Mluvíme o datech, která jsou nezbytná např. pro předstih motoru, otáčky, točivý moment, spotřebu paliva a tvorbu emisí. Tato data jsou implementována až dodatečně a to v procesu aplikace.

5.6 Hardware

Elektronika si v současné době postupně nachází místo v téměř všech sférách lidského působení, nejenom je tomu i v automobilovém průmyslu. Na hardwarové řešení řídicí jednotky je kladeno mnoho požadavků, jako např.: spolehlivost, dlouhá životnost, co nejnižší náklady na vývoj, co nejmenší rozměry, malá spotřeba apod. Postup při vývoji hardwaru má několik stupňů.

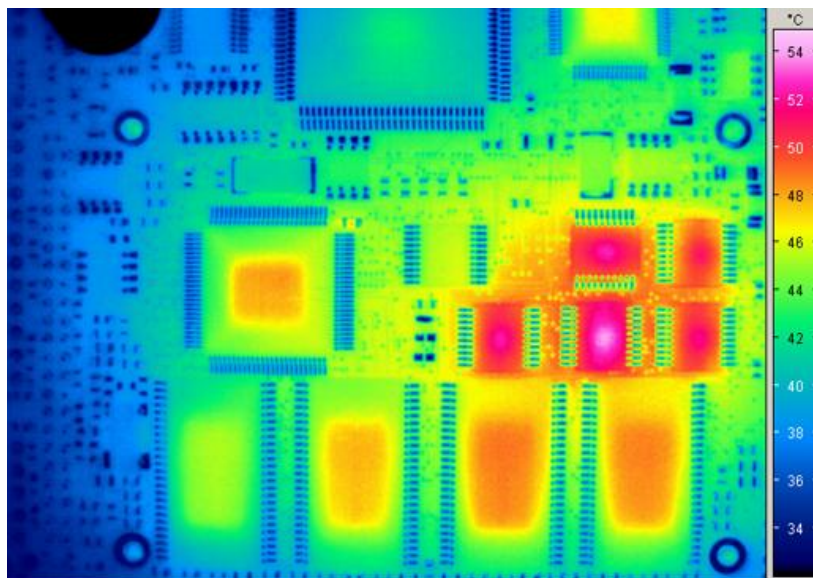
Stupeň I., jedná se o vzorek, jenže je vytvořen z již existující řídicí jednotky nižší řady, nebo na desce plošného spoje určené pro vývoj. Tento vzorek má pouze základní funkce, není určen pro dlouhodobé testování, pouze se používá pro předběžné testování a k ustavení návrhu.

Stupeň II., tento vzorek má již kompletní zapojení ke všem periferiím, testují se běžné funkce a je určen již k užití v prototypu vozidla.

Stupeň III., jedná se o vzorek, který již splňuje dané technické normy a je určen ke schválení podle daných norem. Tyto vzorky jsou již vyráběny sériovou výrobou, pokud je to možné. Tímto vzorkem se proces vývoje ukončuje.

Stupeň IV., jde o tzv. předvýrobní vzorek. Je vytvořen sériovou výrobou a je určen pro prototypy vozidel, která jsou testována v běžném provozu a mimo laboratorní podmínky. Diagnostika těchto vzorků se provádí pomocí sériových diagnostických postupů. Na těchto vzorcích je testována spolehlivost výrobního procesu.

Z hlediska teplotního zatížení desky plošného spoje v praxi je důležité, aby teplota jednotlivých komponent nepřesáhla dané meze a nedošlo tím k poškození desky. K tomuto napomáhá odvětví vývoje, které se nazývá termografie. V případě nesplnění teplotních rozmezí je důležité, aby kritická místa byla znovu přezkoumána a byly podniknuty kroky k uvedení do normálního stavu (zvýšení možnosti ventilace, snížení přechodových odporů, odvod tepla pomocí přídatných chladících komponent).



Obr. 22. Ukázka využití termografie při zkoumání tepelných vlastností DPS. Převzato z [27].

Velmi důležitou součástí vývoje hardwaru je i zkouška elektromagnetické kompatibility (EMC). Její nezbytnost je zřejmá, se stoupajícím počtem elektronických zařízení ve vozidle je nutné zajistit, aby se tato zařízení vzájemně neovlivňovala, nebo dokonce nevyřazovala z provozu. Nevýhodou této zkoušky je to, že relevantní výsledky může poskytnout až zkouška celého, kompletního vozidla, na kterém je již téměř ukončen vývoj, z tohoto důvodu se při nedodržení určitých mezí musejí měnit komponenty celku, který je

z hlediska vývoje téměř ukončen. Proto se zkoušky EMC provádějí, podle možností, již v průběhu vývoje a jsou doprovázeny počítačovými modely, které dávají teoretické informace o možných nedostacích.

5.7 Mikrokontrolér

Základem řídicích jednotek jsou tzv. mikrokontroléry. Jedná se o jednočipové počítače, které se používají pro regulaci nebo řízení procesů. Jde o programovatelnou součástku, která má všechny nezbytné součásti jako počítačový systém (CPU, programové paměť i, datové paměti, periferní součásti). Jsou součástí veškerých elektronických systémů, jejichž úkolem je regulace. Kontrolér je určen k provádění základních operací:

Manipulace s daty (Data – Processing)

Ukládání dat (Data – Storage)

Výměna dat s okolím (Data – Movement)

Kontrola událostí (Control – Mechanism)

Součásti mikrokontroléru

CPU – tzv. procesor je programovatelná součást hardwaru, jehož úkolem je práce s daty, provádí adresování dat a v závislosti na čase řídí logický průběh operací.

Paměť – je určena k ukládání dat a programových instrukcí. Pro proměnná data se užívá paměť RAM, pro programové instrukce a konstantní hodnoty se používají paměti ROM nebo PROM. Pro rychlé čtení a zápis se používají paměti, implementované přímo CPU, jedná se o tzv. Cache. ROM –jak už je patrné z názvu (Read Only Memory), paměť slouží ke čtení dat, která byla zadána výrobcem. Tato data není možné měnit. V případě nutnosti rozšíření tyto paměti je nutné využít další paměť, jelikož kapacita ROM paměti je omezena. Paměť RAM (Read Access Memory), slouží k uložení právě užívaných dat, jedná se o dynamickou paměť pro zápis a čtení. Pokud tato paměť, která je integrována v mikrokontroléru, již kapacitou nedostačuje, je možné přes datovou sběrnici připojit její rozšíření. Paměť EPROM (Erasable Programmable ROM) je programová paměť, k jejímuž vymazání se užívá ultrafialového světla. Tato paměť je po vymazání dat schopna nového zápisu. EEPROM – jde o paměť, která zachovává uložená data i přes ztrátu napájecího napětí. Toto zachování je velmi důležité pro zachování závad nalezených autodiagnostickým systémem, nebo například pro uchování dat nutných pro zabezpečení vozidla. Jde o elektricky mazatelnou variantu paměti EPROM, u které je možno vymazávat data po jednotlivých segmentech. Paměť Flash, (Flash-EPROM), jde o paměť, kterou je možno vymazat elektrickou cestou, tudíž není nutný zásah zvenčí jako u paměti EPROM.

Modul ASIC (Application Specific Integrated Circuit, neboli obvody vytvořené pro speciální aplikaci)

Tyto moduly byly navrženy z důvodu doplnění funkce mikrokontroléru, který v současné době již není schopen obsáhnout kompletní požadavky a nároky celé vnitřní sítě

vozidla. Tyto moduly jsou vyráběny stejnými postupy jako řídicí jednotky, jsou vybaveny přídatnými pamětmi a jsou schopny řízení pulzy PWM.

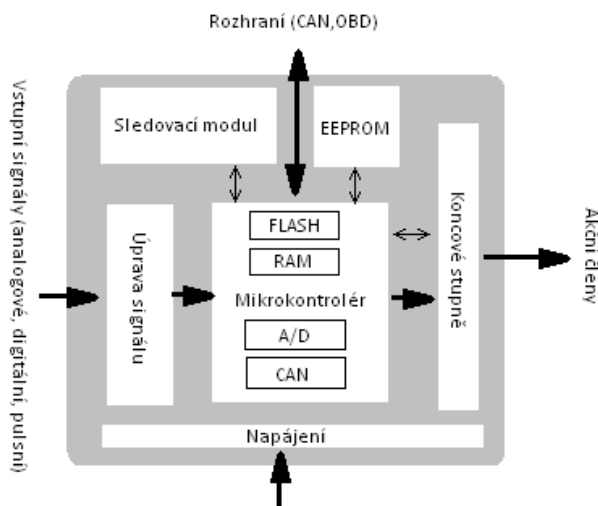
Periferie – slouží ke čtení dat z periferně připojených zařízení a následně na ně reaguje. Periferie jsou částečně programovatelné, ale pouze v omezené míře, určené k přizpůsobení požadované aplikace. Jednou z nejčastějších funkcí periferií je převod analogového signálu na digitální a opačně. Dalším možným použitím je použití čítače, který slouží k počítání impulsů popřípadě měření doby mezi různými událostmi. Pro tuto činnost se využívá standardizovaného rozhraní CAN.

Kontrolní modul – jedná se o obvod, který ve spolupráci s mikrokontrolérem tvoří dvojici vzájemně se kontrolujících komponent. Princip činnosti spočívá v komunikaci, kdy mezi těmito dvěma zařízeními neustále dochází k dotazování a odpovídání. Jakákoliv chyba jedné z komponent má za následek chybu v komunikaci. Při odhalení chyby -poruchy dochází k určení alternativního způsobu řešení.

5.8 Signály

Digitální signály, které jsou v palubní soustavě užívány jsou tzv. PWM signály, nebo - li signály pulzně šířkové modulace, kdy je přenášená informace skryta v šířce přenášeného impulsu. Tyto signály jsou využívány z toho důvodu, že je jimi možno řídit pracovní nastavení řízených členů (akční členy). Tyto signály jsou vhodné k plynulé regulaci. V případě, že mluvíme o členech, jejichž funkce je jenom zapnutí/vypnutí, využívá se k tomuto tzv. **Spínacích signálů** (např.: větrák chlazení přehřátého motoru).

Analogové signály, jsou vytvářeny čidly a snímači, převádějí se do digitální podoby pro další zpracování řídicí jednotkou. V opačném směru jsou vydávané povely v digitální formě převáděny výkonovými stupni do analogové podoby a určeny k regulaci a řízení.



Obr. 23. Blokové schéma řídicí jednotky

5.9 Typy vyráběných řídicích jednotek

Vyráběné řídicí jednotky se dělí podle výrobce a následně podle druhu použití. Mezi nejznámější výrobce řídicích jednotek vozidel patří vedle firem Bosch a Siemens i Magneti Marelli, Denso a Delphi. Předmětem řešení této práce jsou řídicí jednotky řady EDC firmy Bosch využívané koncernem Volkswagen, proto se těmto jednotkám budeme věnovat ve větší míře.

5.9.1 Řídicí jednotky firmy Bosch

Řídicí jednotky firmy Bosch jsou neodmyslitelně spjaty s automobilovým průmyslem již od počátku elektronické regulace vozidel. Tyto řídicí jednotky se podle jejich určení dělí na jednotky s označením MSA -Measurement System Analysis a EDC -Electronic Diesel Control (dost často se v literatuře uvádí kombinace obojího, např.: MSA EDC 15), které jsou určeny pro řízení dieselových motorů a jednotky ME (Motronic ECU) a MED (Motor Electronics Direct Injection), jejichž úkolem je řízení benzinových motorů. Jednotlivé řídicí jednotky, stejně jako jakékoliv jiné komponenty procházejí postupným vývojem a jednotlivé generace se od sebe liší. Řídicí jednotky procházejí modernizací hned z několika důvodů, jedním je zvyšování množství systémů, které je potřeba řídit, měřit a regulovat (dáno zvyšujícím se počtem systému ve vozidle). Dalším důvodem je ochrana softwaru řídicí jednotky, jelikož velmi mnoho uživatelů zasahuje do řídicí jednotky s úmyslem nahrání jiného softwaru, což se týká hlavně dieselových motorů a nebo z důvodu ochrany řídicí jednotky před narušením z důvodu krádeže vozidla.. Proto s postupným vývojem řídicích jednotek stoupá i jejich zabezpečení, v tomto ohledu jsou na vrcholu zabezpečení řídicí jednotky ECU EDC 17, avšak i u těchto jednotek došlo k nabourání některých funkcí a je možno je upravovat.

Historie dieselových řídicích jednotek firmy Bosch řady EDC

Řídicí jednotky firmy Bosch zabývající se řízením dieselových motorů mají svůj počátek v jednotkách MSA 6, které byly u dieselových motorů užívány od roku 1989, na ně začaly navazovat řídicí jednotky MSA 11, to se psal rok 1993. Jako první jednotky s označením EDC vznikly řídicí jednotky EDC 1.1.x až EDC 1.4. Řídicí jednotky EDC 1.4, byly osazovány do vozidel v letech 1997 až 2000. Neustálý vývoj elektroniky i vstřikovacích systémů měl za následek vznik řídicí jednotky EDC 15, která se využívala u vozidel vyráběných v letech 2000 až 2006. Další jednotkou v pořadí byla ECU EDC 16, kterou najdeme ve vozidlech s rokem výroby v rozmezí od 2003 až 2008. Nejmodernější jednotkou této řady je ECU EDC 17, která je ve vozidlech od roku výroby 2009 až doteď.

Typy dieselových řídicích jednotek firmy Bosch řady EDC.

Tyto jednotky nesou označení MSA nebo EDC, velmi často se objevuje tato označení zároveň.

Řídící jednotky systému vstřikování paliva MSA6 a MSA 11

(u vozidel od roku 1989)

Jedná se o první naftové řídící jednotky koncernu Volkswagen, které byly schopny pracovat s parametry nezbytnými ke kontrole vstřikování a emisí; jízdních předpokladů; tempomatu; zajištění proti krádeži; nouzového režimu; diagnostických chybových kódů - čtení se provádí pomocí Elit testovací jednotky nebo stanice Souriau 26A. Tyto jednotky komunikují pomocí protokolů KWP.

Řídící jednotka systému EDC 1.1.x až 1.4

Systém EDC 1.1.x má dvojici řídících jednotek, jednu s konektorem o 35 pinech, ta provádí řízení množství paliva vstřikovaného do válců, druhá s konektorem o 25 pinech řídí okamžik počátku vstřiku. U tohoto systému je jako snímač polohy regulační objímky použit potenciometr.

Řídící jednotka systému EDC 1.2.x ovládá plně elektronický systém vstřikování paliva.

Řídící jednotka zpracovává data ze snímačů, které jsou umístěny v motoru a v kabině vozidla. Pomocí těchto informací zajišťuje řídící jednotka vstřikování paliva pomocí akčních členů.

Řídící jednotka systému EDC 1.3.x je téměř shodná s řídící jednotkou systému 1.2.x.

Řídící jednotka systému EDC 1.4 se od předchozích variant liší ze softwarového hlediska hlavně novým protokolem diagnostiky a také tím, že program řídící jednotky je změněn tak, aby při závadě snímače otáček motoru motor zhasl a nebylo možné užití vozidla v nouzovém režimu. O této skutečnosti je uživatel informován pomocí kontrolky na palubové desce a tato závada je uložena do paměti závad. Tyto řídící jednotky jsou osazeny dvojicí flash eeprom pamětí PLCC 32. Jednotky této řady se vyznačovaly spolehlivostí, avšak měly nevýhodu, že nebylo možné aktualizovat software. Tyto jednotky komunikují pomocí protokolů KWP.

Řídící jednotka vstřikovacího systému EDC 15 (varianty EDC 15P -vstřikovací čerpadlo 1.4/1.9 TDi PD; 15V-vstřikovací čerpadlo 1,9/2,5 SDi/TDi; 15VM – s rotačním čerpadlem; atd.)

(u vozidel 2000 – 2006)

Oproti předchozím typům řídících jednotek je u této řady možné tzv. flash programování řídící jednotky motoru. Jako novinky v regulaci se objevují hmotnostní průtokoměr vzduchu s integrovaným teplotním čidlem nasávaného vzduchu, upravená jednotka čerpadla, předeřhřivací systém s vlastní diagnostikou ve spojení s novým předeřhřivacím relé. Je vylepšen vstřikovací systém, který vytváří vysoké vstřikovací tlaky, aby bylo palivo rozprašováno velmi jemně. Také je třeba, aby bylo přesně kontrolováno a řízeno množství a doba vstřiku paliva. Zmiňované jednotky obsahují flash paměť TSOP44 29F400. Používaly se u vozidel Audi, VW, Škoda a Seat. Tyto jednotky komunikují pomocí protokolů KWP.

Řídící jednotka vstřikovacího systému EDC 16 (varianty EDC 16U1 -pumpe dusse 1.9/2.0/2.5 TDi/PD; 16U3x-pumpe dusse 1.9/2.0/2.5 TDi/PD; 16UCP3x -common rail 2.0/2.7/3.0 TDi CR; atd.)

(u vozidel 2003 – 2008)

Vyšší generace řídících jednotek oproti EDC15, pro vozy Audi, VW, Škoda a Seat. Jednotky obsahují paměti flash a eeprom a procesor Motorola. První řada EDC 16U1 je považována za velmi nespolehlivou. Problémem této jednotky byla ve ztrátě komunikace s vozidlem a z toho plynoucích problémů spojených se startováním. Řada EDC 16U34 je menším provedením, která je spolehlivě fungující jednotkou, u které je možné software aktualizovat a není nutná výměna hardware. K plnému programování je však nutné BDN rozhraní. Systém EDC 16 měl svou premiéru u motorů V10 TDI a R5 TDI. Zvyšující se nároky na dieselové motory v oblasti komfortu, spotřeby paliva, výfukových emisí a jízdních vlastnostech znamenal větší složitost hardwaru i softwaru. Tohoto bylo dosaženo především díky zlepšenému zpracování výkonu řídící jednotky motoru a novému způsobu zpracování signálů systému. Bosch EDC 16 je točivým momentem řízený systém motoru, který je aplikován u dieselových motorů vůbec poprvé. Stejně jako v případě benzinových motorů, i u EDC 16 systému jsou shromažďovány všechny momentové nároky, vyhodnocovány a koordinovány v řídící jednotce motoru. Hlavní výhodou je možnost přizpůsobení mezi jednotlivými systémy vozidla (řízení motoru, brzdový systém, automatická převodovka, klimatizace, atd.). Systém EDC 16 je navržen tak, aby byl schopen pracovat s jednou nebo dvěma řídícími jednotkami (J623, J624). Použití té či oné varianty je závislé na počtu válců v motoru. V případě použití jedné řídící jednotky je tato jednotka schopna plně zajistit všechny požadované funkce. V případě použití dvojice řídících jednotek řídí každá jednotka jednu řadu válců motoru a zajišťuje základní funkce (řízení vstřikování a recirkulace výfukových plynů). Informace z periférií jsou nejprve přijaty řídící jednotkou 1 (J623) a po té jsou, přes CAN sběrnici, odeslány řídící jednotce 2 (J624). Obě řídící jednotky jsou totožné, pouze mají jiné číslo. Tyto řídící jednotky není po naprogramování již možno zaměnit. Tyto jednotky komunikují pomocí protokolů KWP a CAN.

Jednotka vstřikovacího systému EDC 17 (EDC 17U1 - common rail)

(u vozidel 2009 - nyní)

Tyto řídící jednotky jsou osazeny procesory Tricore, jsou užívány hlavně pro vozy VW, ale i BMW, Mercedes a jiné značky. U těchto jednotek je jedním z požadavků výrobců zamezit neodborným zásahům uživatele do software. Výhodou je možnost opravy řídící jednotky pomocí zálohy software. Systém Bosch EDC17 byl vyvinut na základě požadavku pro zvýšený dohled nad spalováním, široké pole uplatnění ve světě automobilismu a příprava pro standardizaci Autosar (Automotive Open System Architecture). Koncepce řízení motoru EDC 17 byla představena firmou Bosch již v roce 2006. Řídící jednotky tohoto systému jsou připraveny pro vyšší výpočetní náročnost a mají zvýšený rozsah funkcí, které mohou být využity v rámci zvláštních požadavků. Díky těmto vlastnostem jsou tyto jednotky využívány u širokého rozsahu typů vozidel s rozdílnou motorizací a výbavou. Kromě řízení načasování a množství vstřiku, recirkulace spalin, atp. jsou předmětem řízení například filtr pevných částic, nebo kontrola systémů zajišťujících snížení hladiny oxidů dusíku. V případě potřeby reguluje

vstřiky pro každý válec zvlášť, to má za následek dodržování požadovaných emisních limitů. Tyto funkce jsou základním předpokladem pro zajištění moderních spalovacích procesů, zvaných jako „částečně homogenní spalování“. Tyto jednotky komunikují pomocí protokolů KWP a CAN.

Typy benzinových řídicích jednotek firmy Bosch

Tyto jednotky jsou označovány jako ME (Motronic ECU) nebo MED (Motronic Electronic throttle Direct injection), další čísla určují verzi (např.: ME7 – verze 7) a úroveň vývoje (např.: ME7 5.10). Varianty řídicích jednotek korespondují s označením vstřikovacích systémů (např.: ME7, ME7.5, MED7, MED 9.1, MED 17. 5 apod.). Jednotky komunikují pomocí protokolů KWP a CAN.

Jednotka vstřikovacího systému ME7 (varianty ME7.01, atd.)

(u vozidel od roku 1999)

Řídicí jednotky systému Motronic mají integrovaným systémem ETC (Electronic Throttle Control). Bosch ME7 využívá dva 16bitové procesory Infineon. Data jsou uložena na jedné 16bitové PSOP flash paměti se 44piny. Systém ME7, stejně jako řídicí jednotky tohoto systému byl poprvé představen u vozidel Audi a Volvo v roce 1999. V roce 2002 došlo k renovaci systému a i samotných řídicích jednotek na verzi ME7.01. Hardware tohoto systému byl několikrát revitalizován a velikost paměti P ROM byla aktualizována nejméně třikrát. V roce 2005 byla zvýšena rychlost komunikace sítě cca na dvojnásobek díky použití sběrnice CAN. Tyto jednotky komunikují pomocí protokolů KWP a CAN.

Jednotka vstřikovacího systému ME9

(u vozidel od roku 2000)

Řídicí jednotky jsou téměř shodné s jednotkami řady ME7, taktéž prošly v roce 2005 změnou v podobě sběrnice CAN a zvýšením rychlosti komunikace. První uvedení bylo u vozidel Volvo. Tyto jednotky komunikují pomocí protokolů KWP a CAN.

Jednotka vstřikovacího systému M7

(u vozidel od roku 1999)

Řídicí jednotky systému Motronic s regulací volnoběžných otáček.

Jednotka vstřikovacího systému MED 7 - 7.5

(u vozidel 2001-2005)

Řídicí jednotky systému Motronic pro vozidla GDi (Gasoline Direct injection). Koncepce vychází z řídicích jednotek předchozí řady ME7. Tyto jednotky komunikují pomocí protokolů KWP a CAN.

Jednotka vstřikovacího systému MEG7

(u vozidel od roku 2000)

Řídicí jednotky systému Motronic s integrovaným systémem ETC a kontrolou přenosu síly.

Jednotka vstřikovacího systému MED 9.1

(u vozidel 2005 – 2008)

Vyšší řada řídicích jednotek oproti MED7.5 pro benzínové motory typu TSI a TFSi. Jedná se o předchůdce řady MED17.5. Jednotky MED 9.1 mají ovšem jednodušší konstrukci. Tyto jednotky komunikují pomocí protokolů KWP a CAN.

Jednotka vstřikovacího systému MED 17.5

(u vozidel 2008 – nyní)

Označení pro řídicí jednotky pro benzínové TSi a TFSi. Jsou hardwarově velmi podobné řadě s označením EDC 17, dokonce jsou vybaveny stejným procesorem Tricore. Tyto jednotky komunikují pomocí protokolů KWP a CAN.

5.9.2 Řídicí jednotky firmy Siemens

Benzinové řídicí jednotky firmy Siemens

Benzinové řídicí jednotky řady DME (Digital Motor Electronic) Siemens Simos (varianty 3PA, 3PB, 3PD, 3PE, 3PG, 3.4, ...)

(I. generace u vozidel 1997 – 2000, II. generace u vozidel 2000 – nyní)

Jde o řídicí jednotky určené pro benzínové motory nižších obsahů. Systém Simos 2P je nástupcem systému Bosch MonoMotronic (jednobodové vstřikování), hlavním rozdílem je vícebodové vstřikování, které s sebou přináší částečnou změnu hardwaru v podobě rozdílů u některých čidel vozidla. Jednotky komunikují pomocí protokolů KWP a CAN.

Dieselové řídicí jednotky firmy Siemens

Dieselové řídicí jednotky řady DDE (Digital Diesel Electronics)

Starší generace dieselových řídicích jednotek Siemens nese označení MS (varianty MS 40, MS 42, ...). Tyto jednotky komunikují pomocí protokolu KWP. Dieselové řídicí jednotky novější řady jsou označeny PPD 1.1 – 1.5 (pro vozidla 2003 – 2008). Jednotky komunikují pomocí protokolů KWP a CAN.

5.9.3 Řídicí jednotky firmy Magneti Marelli

Jde o řídicí jednotky pro motory s nižším obsahem. Vyrábějí se od roku 1999 pro systémy GDi (Gasoline Direct injection), PDi (Port Fuel Direct injection) a Dieselové motory. Jednotky komunikují pomocí protokolů KWP a CAN.

6 Praktická část

6.1 Úvod

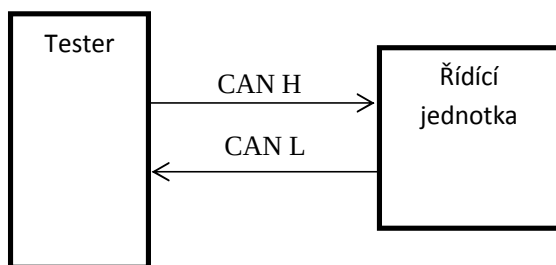
V současném automobilovém průmyslu prudce roste poptávka po diagnostických zařízeních. Firmy, které se zabývají opravami vozidel a nejsou vybaveny automobilovou diagnostikou, budou, pokud tomu tak není již teď, v dohledné době čelit velkému problému, kterým je konkurenceschopnost. Pomalu, ale jistě se ze světového vozového parku vytrácejí vozidla se starším datem výroby, k jejichž opravám není diagnostika potřeba. Budoucí trend oprav je zcela jasný – základem bude automobilová diagnostika. Škála diagnostických zařízení je obrovská, od různých druhů výrobců, přes různé typy vozidel, podle druhu funkcí apod.

Tato část diplomové práce se zabývá vývojem hardware a software pro diagnostický tester, který bude schopen komunikace s vozidly, jejichž komunikační struktura je založena na přenosu dat po sběrnici CAN. Požadavky na tester budou popsány v dalších kapitolách, základem bude komplexnost funkcí, nízká cena, uživatelsky jednoduchý přístup pro ovládání.

Hardwarová část je volena s ohledem na rozměry, prvotním záměrem bylo vytvořit tester, co nejméně náročný na rozměry. Ovšem tato představa nenašla pochopení u fyzikálních zákonů a vlivem velmi malých rozměrů prvního návrhu došlo k překročení tolerovatelných hodnot teplotních rozmezí součástek, hlavně napájecího obvodu, které mělo za následek, že by bez nuceného chlazení nebyl koncept schopen bez poškození dlouho fungovat.

I když je hardwarová část připravena k použití i pro jiné komunikační protokoly (ISO 9141 a ISO 14230 KWP2000), je část softwarová, s ohledem na zadání, ale i zhoršenou dostupnost informací o ostatních protokolech, vytvořena pro protokol ISO 15765 – využívající sběrnice CAN.

Kabel ODB II



Obr. 24. Obecné blokové schéma testeru

Obecné požadavky na funkci testeru

- čtení chyb z paměti závad
- diagnostika závad
- smazání paměti závad

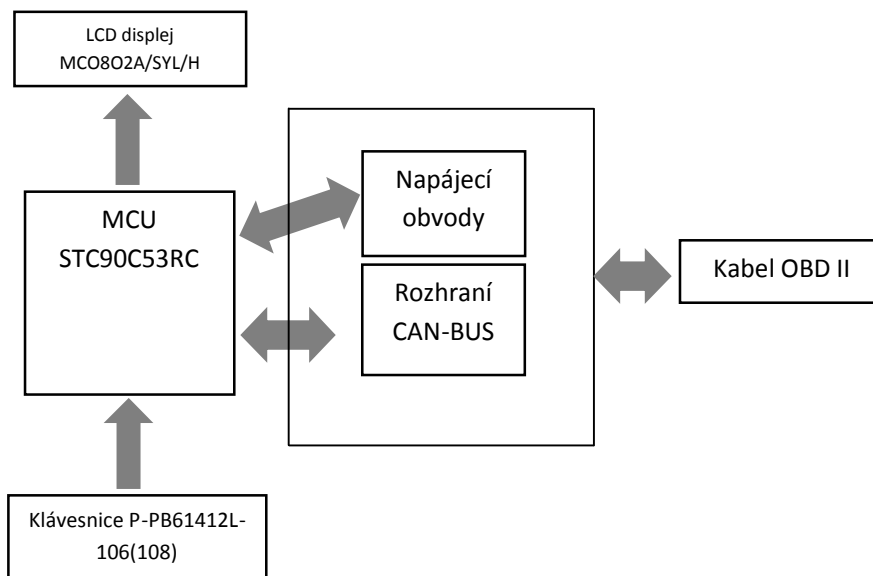
Požadavky na hardware

Tester bude fungovat jako autonomní jednotka bez nutnosti vlastního napájecího zdroje – napájen bude z akumulátoru testovaného vozidla. Zadávání povelů bude prováděno pomocí klávesnice a k zobrazování dat bude sloužit LCD displej. Připojení k síti vozidla bude pomocí konektoru J1962 ke kterému se tester bude připojovat pomocí normovaného kabelu. Rozhraní CAN-BUS bude navrženo v souladu s normou ISO 11898.

Požadavky na software

Procesor bude volen tak, aby jeho výkon byl pro danou aplikaci postačující, ale na druhou stranu aby nebyl zbytečně poddimenzován a neposkytoval zbytečný výpočetní výkon, který bychom nemohli využít. Dalším měřítkem bude zmapování výrobců a cen a vhodných procesorů a volba finančně nejvýhodnější varianty.

6.2 Návrh hardwarové části

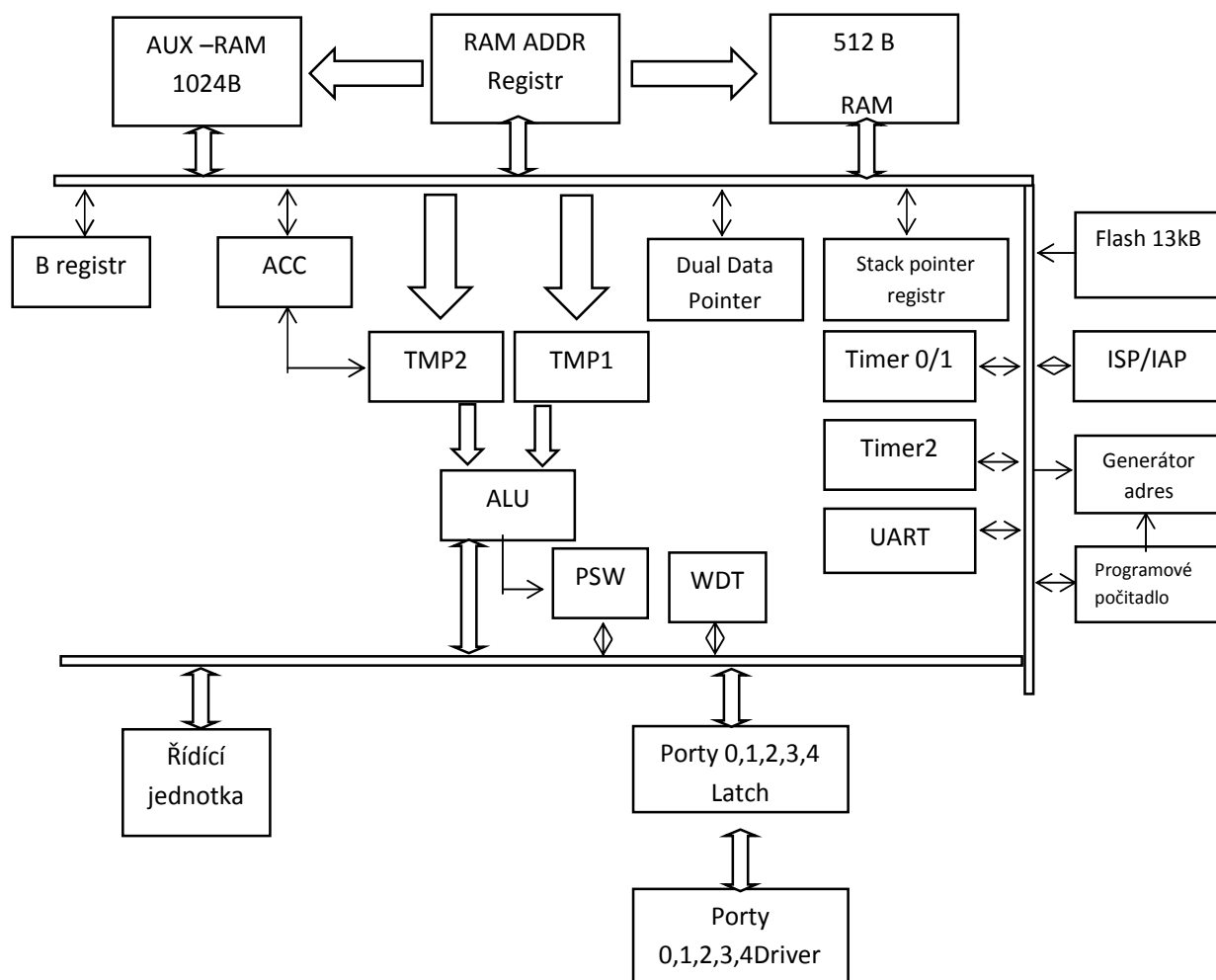


Obr. 25. Blokové schéma testeru

6.2.1 Mikrokontrolér

Základem hardwarové části projektu je 8-mi bitový jednočipový mikrokontrolér - mikroprocesor STC90C53RC. Jedná se o procesor typu Intel 8051 s Harvardskou architekturou. Napájecí napětí tohoto procesoru je v rozmezí 3,3 až 5,5V a rozmezí pracovní frekvence je 0 až 80MHz. Paměť Flash má velikost 13kB pro aplikační program a sdílí kód s aplikací tzv. In-System-Programming. Aplikace In System Programming (ISP) a In Application Programming (IAP) podporují nahrávání uživatelských programů a dat do systému. ISP umožňuje uživateli nahrát nový kód bez nutnosti vyjmutí procesoru z jeho aplikace. IAP zajišťuje, že zařízení může přepisovat data v paměti Flash, zatímco je aplikace spuštěna. Další „výbavou“ procesoru je např.: paměť SRAM, rozsah 512B, jedno rozšířené rozhraní UART s rozpoznáváním hardwarové adresy, funkcí „frame-error“ detekce, a vlastním generátorem přenosové rychlosti, tři 16-ti bitové obvody časovače – Timer/Counter atd. Přímo integrovaný v procesoru je obvod MAX810, což je speciální resetovací obvod. Pro zajištění vyšší spolehlivosti je v procesoru implementován tzv. WatchDog - časovač, který má za úkol (v případě, že je v dané aplikaci povolen) vyvolat přerušení nebo restartování úlohy, pokud čítač dosáhne stanoveného časového limitu. Tento časovač je řízen interním oscilátorem, tzv. On-chip oscilátorem. Procesor může pracovat se strojovým cyklem 6T (6 period na strojový cyklus) nebo 12T. Pracovní frekvence 0- 40MHz je platná pro 6T cyklus a 0-80 MHz pro 12T cyklus. Obsažený registr DPTR (Dual Data Pointer) slouží ke zrychlení přenosu dat.

Procesor je plně kompatibilní s instrukční sadou standardu Intel 8051, zachovává všechny textové instrukce a binární kompatibilitu, proto nejsou pro jeho programování nutné jakékoliv nestandardní postupy. Při programování tohoto prvku je výrobcem doporučený, volně stažitelný program STC-isp.exe., který dovoluje zápis hexadecimálního nebo binárního kódu uživatele. Přímou v této práci byla použita verze 6.37, která je taktéž volně stažitelná.



Obr. 26. Blokové schéma procesoru STC90C53RC

6.2.2 Kontrolér CAN

V testeru použitý řadič CAN (MCP 2515), je jedním z velké řady dostupných řadičů (MCP2551, MCP2510, SJA1000, atd.). Obecně existují dvě skupiny kontrolérů podle toho, jak pracují. Jedna skupina kontrolérů obsahuje několik vyrovnávacích pamětí, přičemž vyrovnávací paměti obsahují několik zpráv se stejným identifikátorem. Druhou skupinu tvoří řadiče, které obsahují větší množství vyrovnávacích pamětí, kdy je každá paměť určena pro

jednu konkrétní zprávu, nebo skupinu zpráv. Není však žádným pravidlem ani normou určeno, kdy řadič spadá do té či oné kategorie.

Řadiče firmy Microchip (MCP2515, MCP2551, MCP2510, atd.) mají oproti některým jiným řadičům výhodu, nedovolují pouze zápis a čtení, ale podporují celou řadu dalších příkazů:

Tabulka SPI příkazů MCP2515	
Read	Resetuje vnitřní registry do základního stavu, nastavuje konfigurační režim.
Write	Zápis
Reset	Reset softwaru
RTS - Request To Send	Instruuje ovladač pro zahájení sekvence přenosu zpráv, pro každou vysílací vyrovnávací paměť.
Read Status	Zjištění stavu - byla přijata nějaká zpráva a byla zpráva úspěšně odeslána?
BitModify	Umožňuje uživateli nastavit nebo vymazat jednotlivé bity v určitém registru
Read RX buffer	Čtení RX bufferu
Load TX buffer	Zápis do TX bufferu
RX Status	Rychlý dotazovací příkaz, který označuje typ zprávy (standardní, rozšířené nebo vzdálené) z přijatých zpráv.

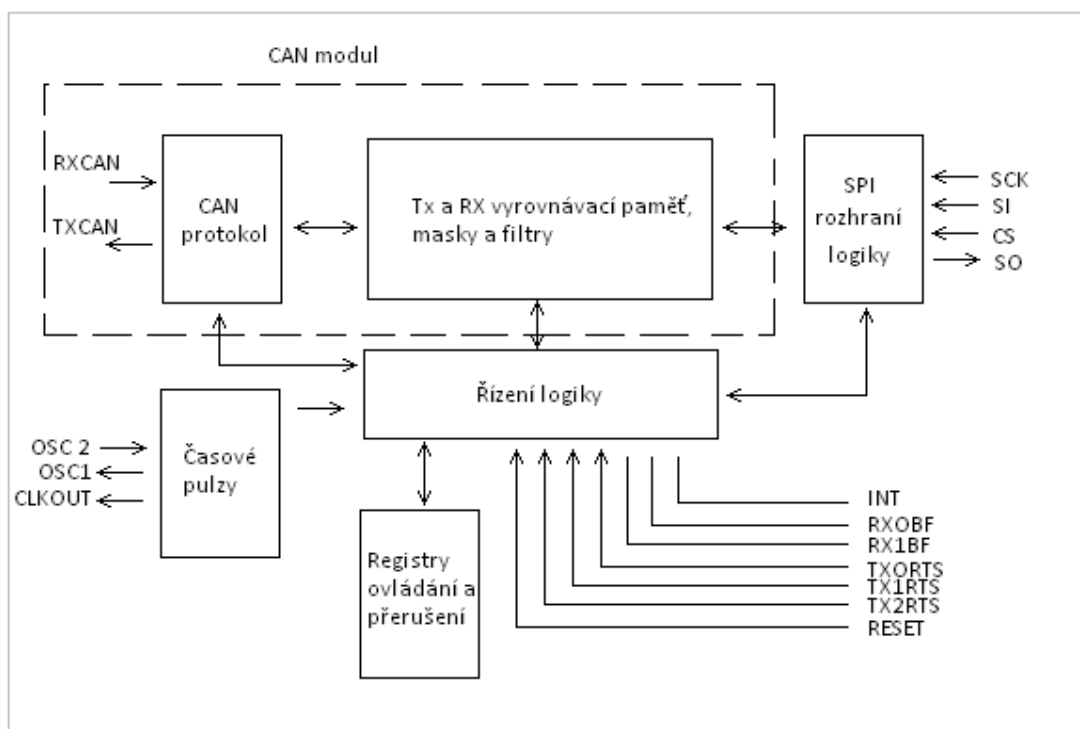
Tab. 11. Tabulka SPI příkazů MCP2515

Úlohu CAN řadiče zastává v tomto případě CAN kontrolér MCP2515 firmy Microchip. Tento řadič implementuje verzi CAN 2.0B a je schopen vysílat - přijímat oba druhy rámců zpráv (standardní i rozšířené), které tento protokol předepisuje. Řadič má dvě přejímací masky a šest přejímacích filtrů, které slouží k odfiltrování nežádoucích zpráv. Jedná se o tzv. „stand-alone“ zařízení, což znamená, že je schopno své funkce bez ohledu na jakýkoliv další hardware. Důvod jeho aplikace je jednoduchý, zjednodušuje aplikace, které vyžadují propojení po sběrnici CAN. Zařízení se skládá ze tří hlavních bloků:

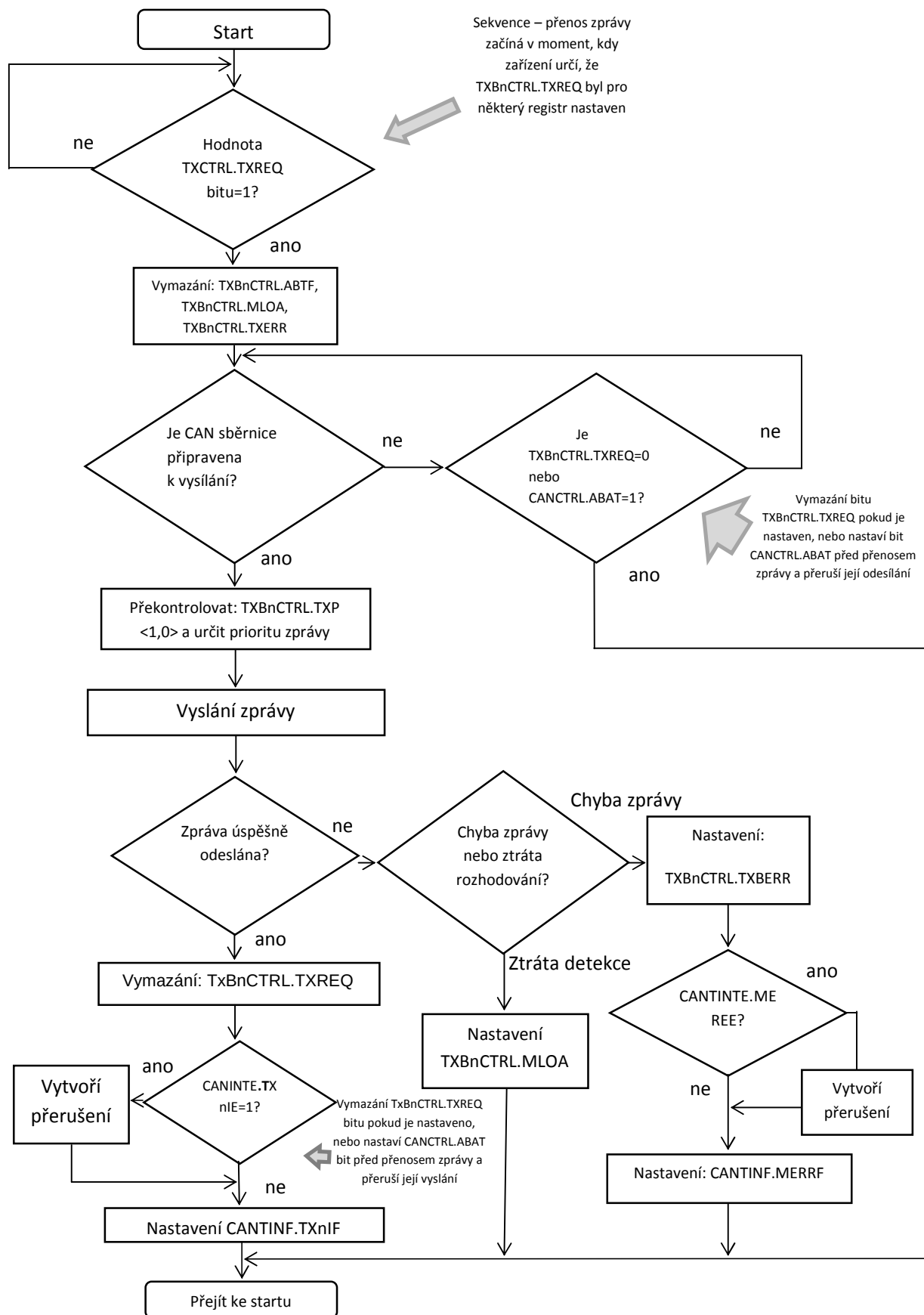
CAN modulu, který obsahuje CAN protokol, masky, filtry, přenos a vyrovnávací paměť pro přijímání dat. Modul CAN zvládá veškeré funkce pro příjem a přenos zpráv při komunikaci po sběrnici CAN. Zprávy jsou přenášeny prvním nahráním vhodné zprávy vyrovnávací paměti a řídících registrů. Přenos je iniciován pomocí bitů řídicího registru přes SPI (Serial Peripheral Interface) rozhraní, nebo skrze piny, jenž jsou určeny k vysílání. Maximální rychlost rozhraní SPI je u MCP2515 10MHz. Stavby a chyby mohou být zjišťovány čtením příslušných registrů. Všechny zprávy detekované sběrnici CAN jsou kontrolovány a následně porovnávány s uživatelem definovanými filtry, zda-li nemá být zpráva přesunuta do jedné ze dvou vyrovnávacích pamětí.

Kontrolní logika, slouží k ovládání registrů, konfiguraci zařízení a provoz zařízení. Blok kontrolní logiky nastavuje a ovládá provoz MCP2515 pomocí rozhraní a předává informace ostatním blokům. Tzv. interrupt vývody se vyskytují z důvodu požadavku na vyšší flexibilitu systému. K dispozici je jeden víceúčelový interrupt vývod, pro každý jeden přijatý registr, který může být použit k označení platné zprávy, která byla přijata a následně vložena do jedné z vyrovnávacích pamětí. Různé použití interrupt vývodů je v závislosti na požadavcích dané aplikace. Tzv. interrupt vývody, stejně tak jako stavové registry (které jsou přístupné skrze rozhraní SPI), mohou také sloužit k určení toho, zda byla přijata platná zpráva. Jako další jsou k dispozici další tři vývody, které jsou schopny okamžitého vyslání zprávy, která byla vložena do jednoho ze tří vysílacích registrů. Použití těchto vývodů, je opět zcela v kompetenci požadavků dané aplikace. K vyslání této zprávy mohou být použity také řídicí registry, přístupné skrze rozhraní SPI.

Blok protokolů SPI. Slouží ke čtení, zápisu a jsou zde využívány standardní pokyny formy SPI, včetně specializovaných SPI příkazů.



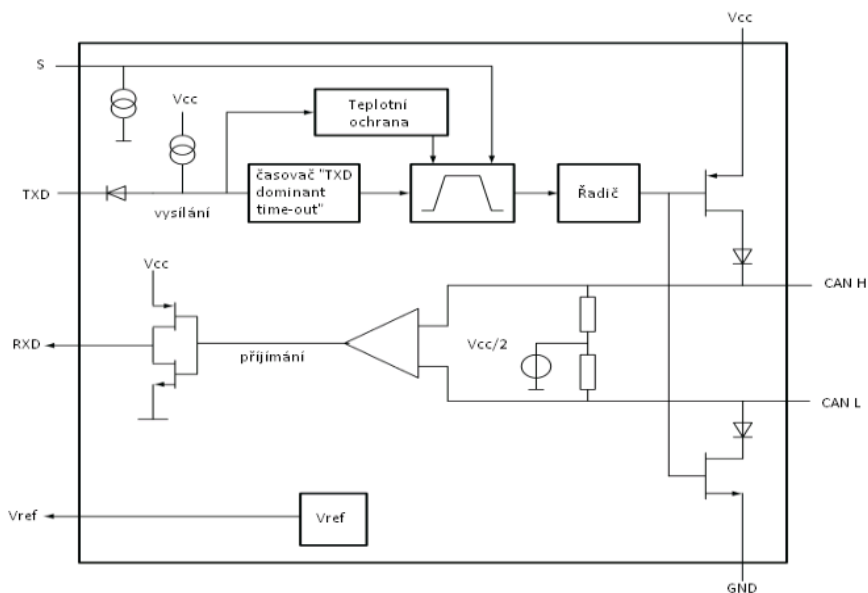
Obr. 27. Blokové schéma MCP2515



Obr. 28. Vývojový diagram odeslání zprávy MCP2515

3.2.3 Transciever TJA1050

Obvod TJA1050 firmy Philips tvoří rozhraní mezi CAN kontrolérem a fyzickou vrstvou protokolu CAN. Je plně kompatibilní s normou CAN, ISO 11898 a je schopen přeposílat jednotlivá data z kontroléru do sítě vozidla a naopak. Obvod, který omezuje proud obvodu zajišťujícího přenos chrání jeho výstup proti náhodnému zkratu jak vůči kladnému, tak zápornému napětí. Další ochranou je tepelná ochrana, která zasáhne v případě, že teplota přechodu přenosového obvodu vzroste na hodnotu 165°C. Jelikož se na výstupu vlivem zkratu a tím vzniklé tepelné ztráty přemění velké množství energie v teplo, je o tuto energii ochuzen výkon určený k vysílání, z čeho vyplývá jeho pokles. K omezení teploty dojde redukcí nebo vypnutím přenosového obvodu. Všechny ostatní obvody i dále fungují. Tepelná ochrana je důležitá s ohledem na možnost zkratu sběrnice CAN. Za zmínku jistě stojí, že piny CAN H a CAN L jsou chráněny proti speciálním automobilovým přechodovým jevům (definovaných normou ISO 7637). PIN „S“ umožňuje volbu režimu tohoto zařízení, režim „High-speed“ (normální provoz) a režim „Silent mode“ (zakázáno vysílání – ostatní funkce obvodu jsou zachovány). V základním nastavení – bez zapojení „S“ pinu je nastaven režim „High speed“, avšak s ohledem na snížení elektromagnetického rušení se doporučuje v tomto režimu volit spojení se zemí. Pokud má být aktivován režim „Silent mode“ je nutné pin „S“ připojit na napájecí napětí. Tzv. „TXD dominant time -out“ časovací obvod zabraňuje tomu, aby sběrnice byla uvedena v neustálý dominantní stav (to by znamenalo blokování komunikace po sběrnici) v případě, že na pinu „TXD“ je vlivem chyby neustále hodnota „low“, tato chyba může být způsobena selháním softwaru nebo hardwaru komunikačního zařízení a je třeba ji odstranit. Časovač se spouští sestupnou hranou na signálu přivedeného na pin „TXD“. Pokud trvání úrovně „low“ na tomto pinu překročí určitý časový limit, vysílání je ukončeno a sběrnice je uvedena v recesivní stav, časovač je po té resetován náběžnou hranou signálu na pinu „TXD“.



Obr. 29. Funkční schéma obvodu TJA1050

3.2.4 Napájecí obvody

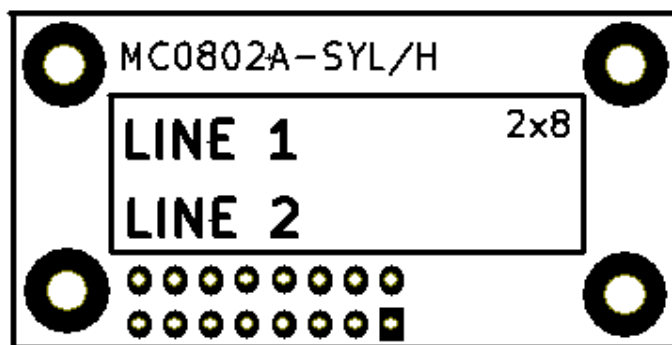
V této aplikaci je nutné zajistit několik úrovní napájení. Pro displej a integrované obvody je nutné zajistit napětí v rozsahu od 2,7 do 5,5V, bylo proto zvoleno napětí 5V. Toto napětí je zajištěno regulací 12V napětí z baterie testovaného vozidla, které je stabilizátorem napětí LM317 a lineárním regulátorem 78M05 uvedeno do stavu vhodného pro napájení.

3.2.5 Deska plošného spoje

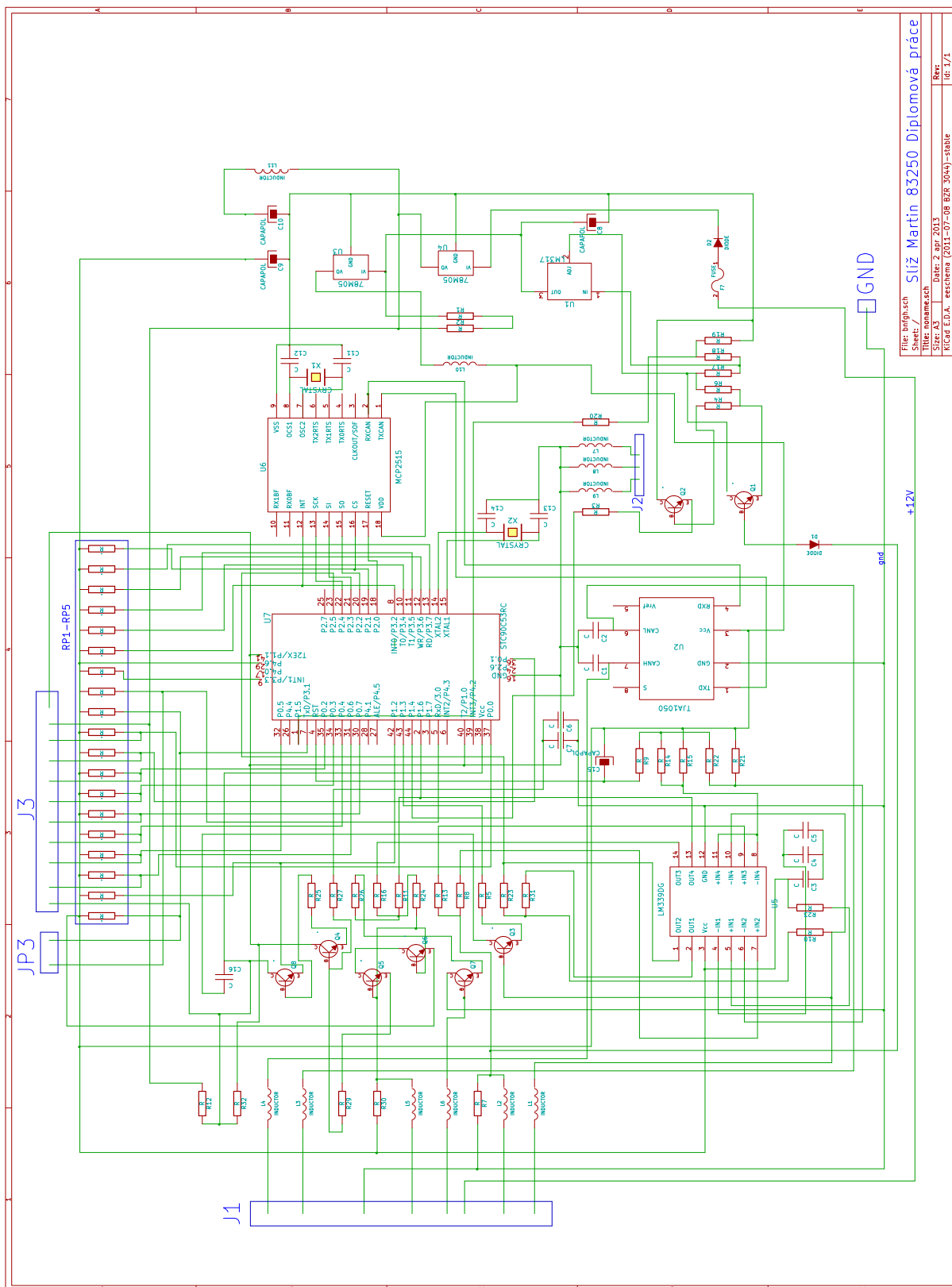
Realizovaná deska s rozměry 45 x 85mm byla až druhým navrženým konceptem, první koncept byl ve snaze o co nejmenší rozměry (41 x 65mm) nerealizovatelný v plně funkční podobě, jelikož tato snaha vedla k porušení norem a to jak v případě velikosti izolačních mezer mezi napájecími a datovými cestami, tak i normy povoleného teplotního rozsahu použitých součástek. Deska je pájena postupnou vlnou a vodivé cesty jsou na horní i spodní části desky (viz. obr. 31 a obr. 32). K desce plošného spoje byla přidána boční lišta s napájecími a datovými vývody určenými pro displej. Jelikož vložení další lišty (2 x 8 pin) do návrhu 45 x 85mm by mělo za následek další zvětšení rozměrů, volil jsem tuto možnost. Deska obsahuje lištu J1 jakožto vývod pro kabel OB II. Lišta s označením J2 slouží k připojení klávesnice a lišta a lišta J3 slouží k vyvedení dat a napájení k LCD displeji. Poslední lišta slouží k vyvedení vývodů nutných pro programování STC90C53RC (vývod 3.0TxD – pin č.7a 3.1RxD – pin č. 5 a pro MCP2515 jsou vyvedeny vývody pro piny 9 a 18). Vzhledem k dodatečným osciloskopickým měřením v různých místech desky plošného spoje bylo přidáno ještě několik nezadokumentovaných přípojek (viz. realizované zařízení).

3.2.6 Displej

Jako displej byl použit monochromatický alfanumerický maticový LCD displej s řadičem - MCO802A-SYL/H, který je napájen 5V. Jedná se o podsvícený, dvouřádkový displej s osmi znaky v každé řadě.



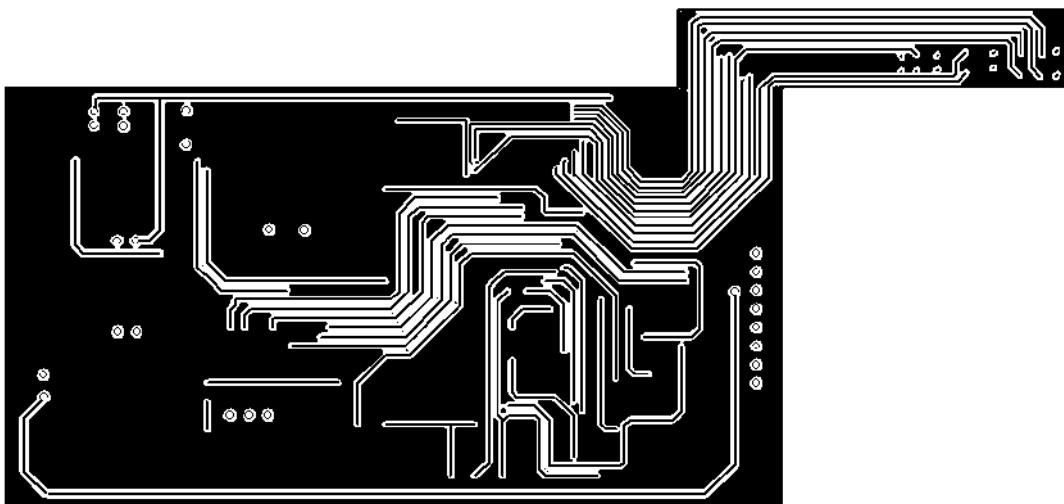
Obr. 30. LCD displej MCO802A-SYL/H



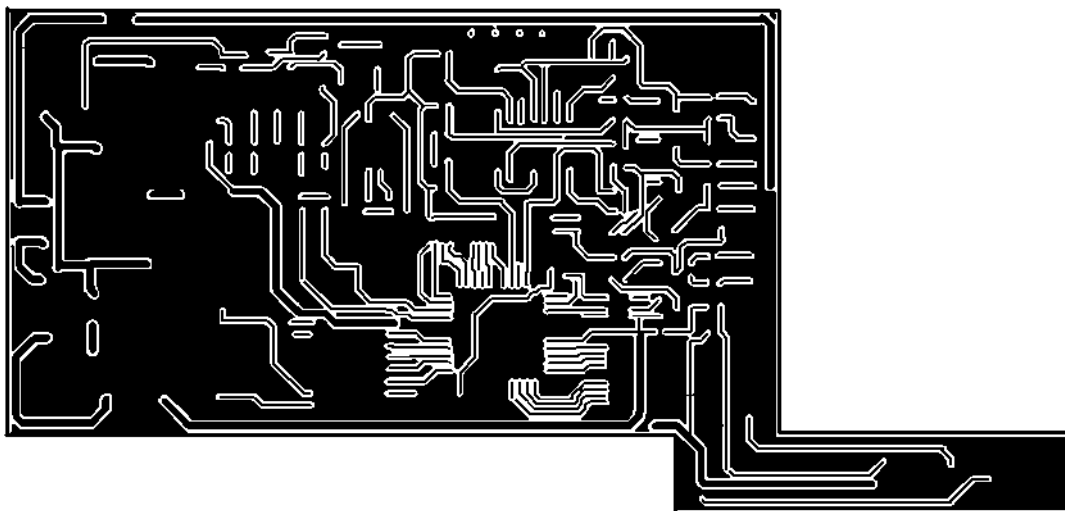
Obr. 31. Schéma zapojení testeru

Označení	Hodnota - typ	Pouzdro	Cena
R1, R2	68Ω	metalizovaný rezistor	1,50 Kč
R3-R5, R24, R27, R31	4,7kΩ	805	2,20 Kč
R6, R8, R9, R11-R16, R22, R23	10kΩ	805	2,20 Kč
R7, R10	2,7kΩ	805	2,20 Kč
R17	2,4kΩ	805	2,20 Kč
R18-R20	470Ω	805	2,20 Kč
R25, R32, R21	2kΩ	805	2,20 Kč
R26,R29, R30	1,5kΩ	805	2,20 Kč
C1, C2	47nF	805	0,80 Kč
C3, C5	10nF	805	0,80 Kč
C4	4,7pF	805	0,80 Kč
C6, C7	10pF	805	0,80 Kč
C8	10uF/256V	elektrolytický kondenzátor	2 Kč
C9, C10	10uF/25V	elektrolytický kondenzátor	2,30 Kč
C11, C12	22pF	805	0,80 Kč
C13, C14	47pF	805	0,80 Kč
C15	10pF tantal	SMD pouzdro D	4 Kč
C16	10uF	805	1,20 Kč
L1-L9	1uH	805	2,60 Kč
L10, L11	CSN054D-100uH	5,2x5,8x4,5mm	5,60 Kč
D1	1N4007 SMD	JEDEC DO-214AC	2 Kč
D2	1N4148 SMD	MINIMELF (SOD80)	2,40 Kč
F1	1A	SMD 1206	4,20 Kč
T1,T8	2SA1015	SOT23	2,20 Kč
T2-T7	2SC1815	SOT23	2,40 Kč
X1	HC49/U3H 24MHz	DIP-2	21,20 Kč
X2	HC49/U3H 16MHz	DIP-2	21,20 Kč
RP1-RP5	10kΩ	SMD rezistorová síť SMD 1206	2,60 Kč
U1	LM317	TO220	6,90 Kč
U2	TJA 1050	SO8	13 Kč
U3, U4	78M05	TO220	12,10 Kč
U5	LM339DG	14-ti vývod PDIP	4,40 Kč
U6	MCP2515	18-ti vývod SOIC	21 Kč
U7	STC 90C53RC	LQFP44	37 Kč
Displej	0802A-SYL/H	-	106 Kč
Klávesy	P-PB61412L-106(108)	-	58 Kč

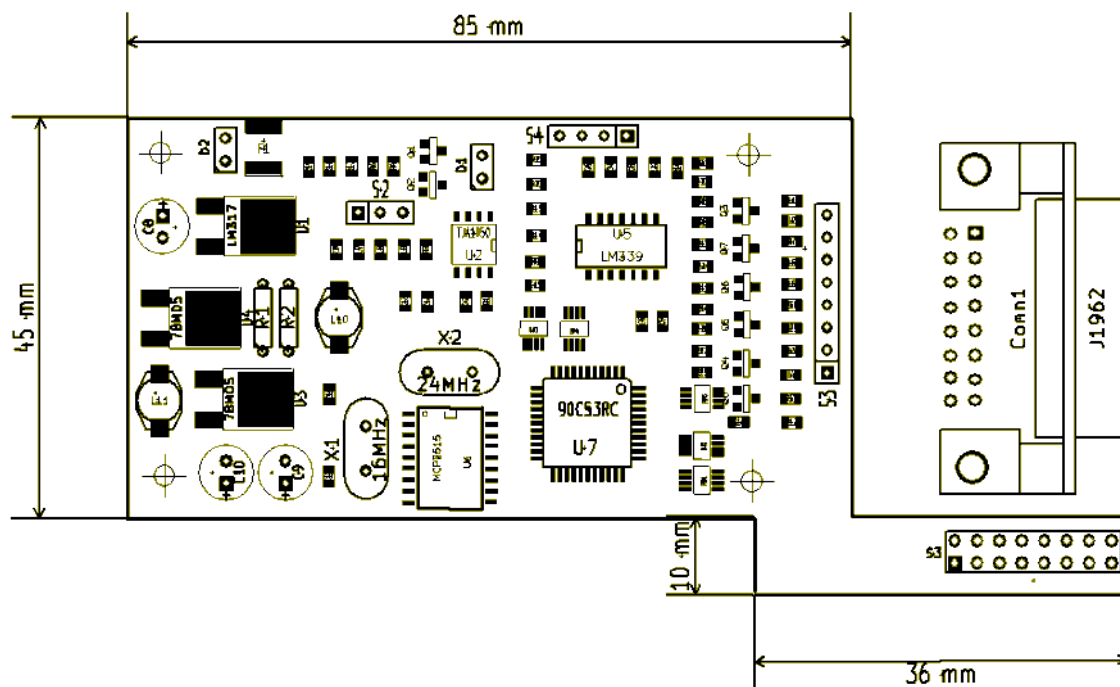
Tab. 12. Seznam použitých součástek



Obr.32. Deska plošného spoje – pohled zdola



Obr.33. Deska plošného spoje – pohled shora



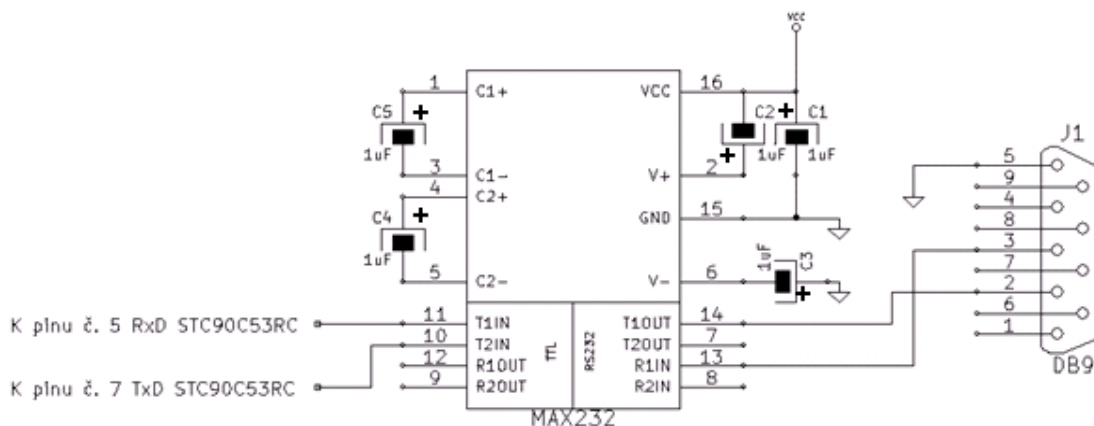
Obr. 34. Osazení desky plošného spoje součástkami

6.3 Softwarová realizace

Tato část se věnuje informacím o softwarové výbavě testeru a popisu softwarových vlastností jednotlivých komponent.

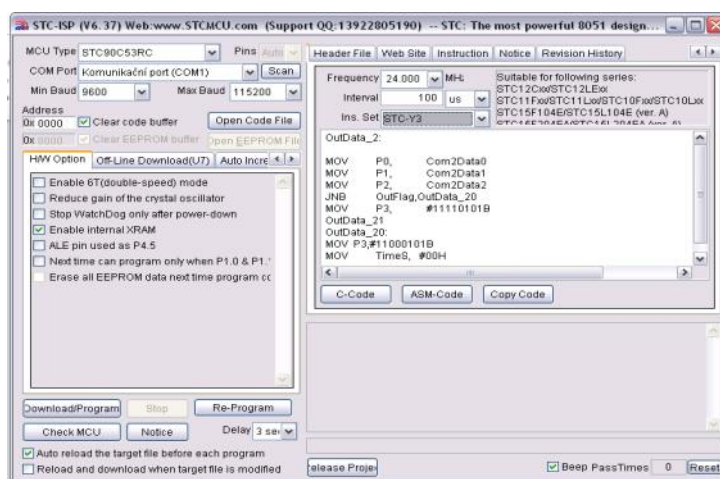
6.3.1 Aplikace pro STC90C53RC

Pro komunikaci mezi procesorem a počítačem (programátorem) bylo nutné realizovat propojení skrze sériovou linku RS232, k tomu posloužil obvod MAX232N, který převádí úroveň z RS232 na TTL a opačně (viz. obr.35).



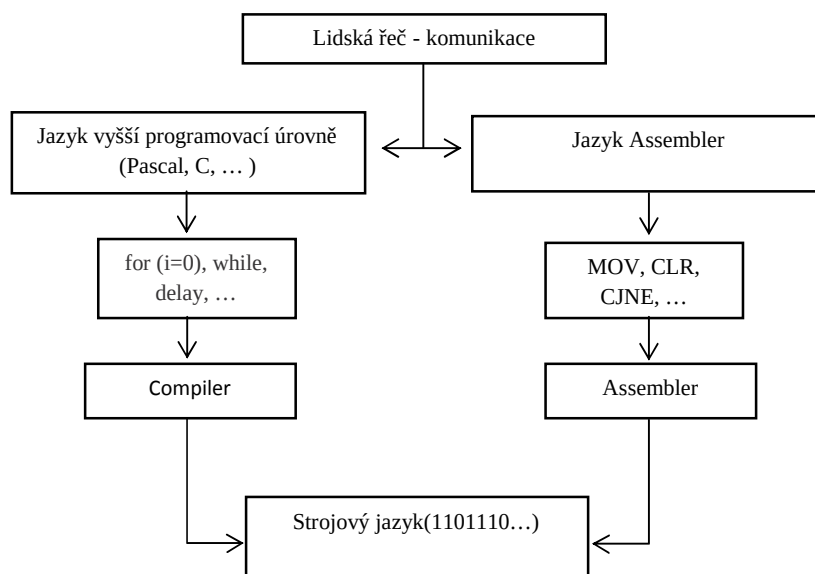
Obr. 35. Schéma propojovacího obvodu pro komunikaci mezi PC a STC90C53RC

Ke komunikaci, instalaci ovladačů a nahrání software je výrobcem určen program stc - isc.exe verze 6.37 (viz. příložené CD). V tomto prostředí se standardním způsobem nastavují základní parametry podle doporučení výrobce a parametry nutné pro běh aplikací. Zdrojový kód pro běh aplikací je psán v programovacím jazyce „C“ a prostředím ISP-STC Designer zajišťuje jeho překlad. K práci je nutná, jak již bylo řečeno, sériová linka, jelikož tento program komunikuje skrze RS232.



Obr.36 PrintScreen main menu programu STC -ISP.exe

K programování byl použit programovací jazyk „C“ – přesněji řečeno jeho varianta pro procesory řady 8051, která nese označení „8051 C“. Tento jazyk je s jazykem „C“ shodný, byly pouze provedeny změny, aby byl vhodný pro prostředí 8051. Veškeré povely z jazyka „C“ byly zachovány, změnou je přidání dalších datových typů určených pro programování 8051. Ze schématu (obr.37) je patrné, že kompilátor (compiler) je nezbytný pro překlad z jazyka 8051 C do strojového kódu. Stejně tak funguje Assembler pro překlad z jazyka „Assembly“ do strojového kódu. Musíme ovšem přihlídnout k tomu, že programování v jazyce 8051 C je v tomto případě více komplexnější než jazyk Assembly. Program též obsahuje tzv. Cross compiler C51, tento křížový kompilátor standardně funguje na platformách kompatibilních s osobním počítačem, ale jeho určení je pro kompilaci programů do kódů, které mají fungovat na jiných platformách, jakou je právě 8051.



Obr. 37. Analogie mezi různými komunikačními jazyky

V následující tabulce je uveden seznam běžných datových typů používaných v jazyce C. Kurzívou označené datové typy jsou specifické pro aplikaci 8051 C.

Datový typ	bit	byte	Rozsah hodnot
<i>bit</i>	1		0 až 1
signed char	8	1	-128 až +127
unsigned char	8	1	0 až 255
enum	16	2	-32768 až +32767
signed short	16	2	-32768 až +32767
unsigned short	16	2	0 až 65535
signed int	16	2	-32768 až +32767
unsigned int	16	2	0 až 65535
signed long	32	4	-2,147,483,648 až +2,147,483,647
unsigned long	32	4	0 až 4,294,967,295
float	32	4	±1.175494E-38 až ±3.402823E+38
<i>sbit</i>	1		0 až 1
<i>sfr</i>	8	1	0 až 255
<i>sfr16</i>	16	2	0 až 65535

Tab. 13. Tabulka datových typů pro jazyky C a 8051C

8051 má různé typy paměti, včetně vnitřního a vnějšího kódu a datové paměti. Při deklarování proměnných je důležité určit, jakému typu paměti budou tato data určena. V následující tabulce jsou uvedeny typy pamětí.

Paměťové typy používané jazykem 8051 C	
Typ paměti	Popis/velikost
code	Paměť kódů (64 kbyťů)
data	Přímo adresovatelná vnitřní datová paměť (128 bytů)
idata	Nepřímo adresovatelná vnitřní datová paměť (256 bytů)
bdata	Bit-adresovatelná vnitřní datová paměť (16 bytů)
xdata	Externí datová paměť (64 kbyťů)
pdata	Vyvolatelná externí datová paměť (256 bytů)

Tab. 14. Paměťové typy jazyka 8051C

Proměnné, hodnoty nebo jiná data mohou být uložena v tzv. Arrays (polích). Tato pole slouží ke shromažďování dat, v případě této úlohy to mohou být například DTC chybové kódy, jelikož jde o data stejné typu.

Tabulka převodu HEX/ASCII kódu	
Desítková soustava	ASCII kód v Hexadecimální soustavě
106	6A
107	6B
108	6C
109	6D

Tab. 15. Ukázková tabulka pole „Array“

Pro úplnost uvádím: 6A - *Multiple cylinder misfire P0300*; 6B – *Cylinder #1 misfire P03001*; 6C - *Cylinder #2 misfire P03002*; 6D *Cylinder #3 misfire P03003* . Pro uložení takovéto tabulky v programu 8051 C, můžeme použít právě tzv. „Array“ pole. Pole je skupina proměnných stejného typu dat, z nichž všechny mohou být přístupné pomocí názvu „Array“ s příslušným indexem.

Pole pro ukládání tabulky je následující:

```
int      table [4] =
{0x6A, 0x6B, 0x6C, 0x6D};
```

Je patrné, že všechny prvky pole jsou odděleny čárkami. Pro individuální přístup k prvku je používán index od 0. Například table [0] se vztahuje na první prvek, zatímco table [3] se vztahuje k poslednímu prvku v této tabulce.

V případě, že je nežádoucí, aby proměnné různých typů dat, ale které jsou navzájem nějakým způsobem propojeny, byly seskupeny, je možné je uložit v různých typech „Array“ polí. Tento případ může nastat právě u DTC kódů, které jsou všechny téhož charakteru, ale je

nutné je rozdělit podle jejich konkrétní příslušnosti (body – karoserie, chassis – podvozek, powertrain - přenos síly, undefined – nedefinované), i když se pořád jedná o chybové kódy. V tomto případě můžeme deklarovat tzv. strukturu, což je vlastně skupina spolu souvisejících dat. Taková struktura může být deklarována následovně:

```
struct DTC    {  
                char source;  
                int number;  
            };
```

V případě takové deklarace pak můžeme psát:

```
struct DTC    106 = {"106",P, 0300};
```

Z čehož ze seznamu DTC vyplývá, že se jedná o chybu P0300, zdrojem je zařízení přenosu síly s označením 0300, který přísluší závadě „Random Misfire Detected -Any Cylinder“, což znamená náhodné vynechávání hoření jednoho z válců.

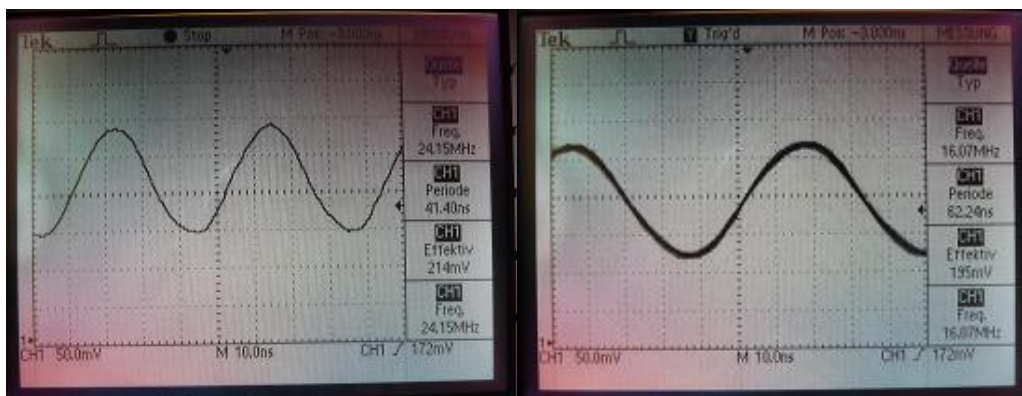
Při programování v 8051 C jsou někdy registry s označením R0, R1 a DPTR použity pro uložení adres dat v některé z pamětí. Pokud jsou data zpřístupněna přes tyto registry, znamená to tzv. nepřímé adresování. Nebo také můžeme říci, že registry R0, R1 a DPTR jsou tzv. „ukazatelé“ – „pointers“. Pomocí takto definovaných ukazatelů můžeme poskytnout přístup k datům. Ukazatele jsou v tomto případě jen zvláštní typy proměnných, ale zatímco normální proměnné se používají pro přímé ukládání dat, pointer slouží k uložení adresy dat. Při programování v 8051 C, stejně jako v klasickém jazyce C používáme tzv. funkce, taková funkce musí být deklarována a definována. Funkce obsahuje seznam počtu a typů vstupů, typy výstupů a popis vnitřního obsahu funkce.

6.4 Praktická část – měření

Po naprogramování procesoru bylo prvním úkolem oživit desku. Měření proběhlo v laboratoři Elektrických měření (viz. obr. P4), laboratoř byla zapůjčena pro tyto účely panem ing. Jáchymem Vackem, učitelem odborných předmětů na SPŠ a SOŠ Hradební v Hradci Králové.

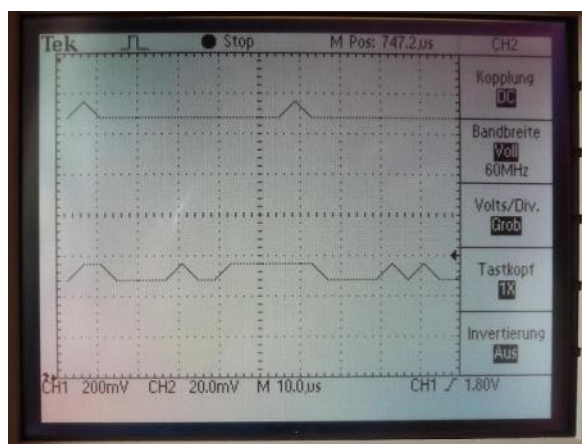
V první části měření byla zjišťována správnost činnosti napájecích obvodů. Tyto fungují dle předpokladů, bez problémů a vytvářejí ze stejnosměrného napájecího napětí +12V, jehož zdrojem byl laboratorní zdroj, napětí nutné pro napájení integrovaných obvodů, které bylo stanoveno na hodnotě 5.0V. Měření bylo provedeno pomocí multimetru FK64L.

Druhá část měření byla určena k zjištění základních funkcí procesoru STC90C53RC a obvodu MCP2515. U obvodu STC90C53RC byla osciloskopem Tektronics TDS 210 zjištěna správná funkce jeho oscilačního obvodu na $f=24\text{MHz}$ (viz. obr. 37), stejně tak u obvodu MCP2515 byl zjištěn správný průběh jeho oscilačního obvodu na $f=16\text{MHz}$ (viz. obr. 38).



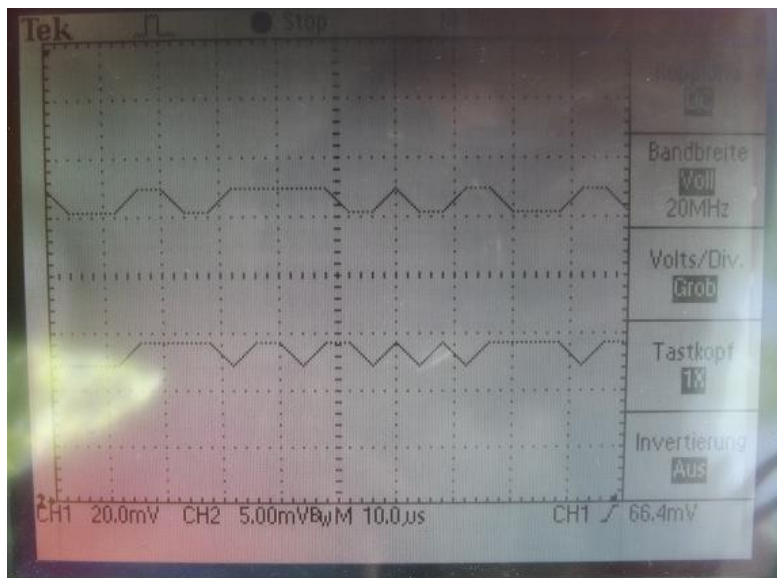
Obr. 38. Naměřené průběhy oscilačních obvodů

Dále byla vytvořena umělá zátěž na vývodech určených pro fyzickou vrstvu CAN (CAN H a CAN L) o velikosti $120\ \Omega$ a zjišťovány průběhy při pokusu o inicializaci. Sice je v této úloze samozřejmá absence odpovídajícího požadavku o inicializaci, avšak prvotní impuls pro zahájení komunikace je vydán testerem, což pro zjištění funkce v tuto chvíli postačuje. Zjištěné průběhy jsou na obr. 39.



Obr. 39. Naměřené hodnoty pro kanály CAN H a CAN L při umělé zátěži $120\ \Omega$

Třetí část měření se odehrávala přímo na vozidle Škoda Octavia 1.9TDi, rok výroby 2006 (viz. obr P5). A výsledná zachycená komunikace je na obr. 40.



Obr. 40. Naměřené hodnoty pro kanály CAN H a CAN L při pokusu o inicializaci přímo na voze Škoda Octavia 1.9TDi, rok výroby 2006.

7 Závěr

Hlavním principem sběrnice CAN je zajistit komunikaci mezi různými -úrovňovými systémy vozidla, bez ohledu na počet připojených zařízení, množství přenášených dat a rychlosti přenosu. Stejně tak je snahou zajistit, aby co nejvíce vozidel, podléhajících ch standardu OBD II, využívalo tuto sběrnici ke komunikaci a došlo tak ke sjednocení komunikace na všech úrovních vozidla.

Zařízení, které zde bylo zkonstruováno, splnilo požadavky na rozměry, které jsou na nejzazší možné tolerovatelné hranici, co se překročení tepelně i elektricky akceptovatelných mezí týká. Druhou snahou bylo zajištění co nejlevnějších součástek. Jak již z tabulky součástek vyplývá, nejdůležitější komponent, procesor, nepatřil mezi nejdražší položky ze seznamu. Samozřejmě bylo možné řešit zadání i procesorem, který má již kontrolér CAN implementován přímo v sobě, například procesorem AT90CAN64-16MU, který je pro tyto aplikace často využíván, avšak jeho cena 185Kč je ve srovnání s procesorem STC90C53RC (37Kč) o dost vyšší. Samozřejmě musíme v tomto případě přičíst cenu CAN kontroléru MCP2551 (21Kč), ale i přes to je výsledná cena 57Kč na úrovni pouze jedné třetiny ceny procesoru AT90CAN64-16MU. Celková cena součástek včetně OBDII propojovacího kabelu je 572Kč. Avšak zařízení ještě není umístěno v komerčně použitelném pouzdře, jehož nákup a implementace ještě celkový rozpočet zvýší. I přes to se jedná zhruba o čtvrtinovou cenu ve srovnání s komerčně nabízenými testery se základními funkcemi.

U zařízení je ještě nutné přesněji specifikovat komunikaci nastupující po inicializaci komunikace, tzv. udržení komunikace. Po vyslání inicializační sekvence testeru následuje odpověď od řídicí jednotky vozidla, představený vzorek však tuto odpověď není schopen zcela přijmout a správně vyhodnotit. Je proto nutné přesněji specifikovat komunikaci mezi procesorem a kontrolérem. Tester je v takovém stavu, že je schopen vysílat inicializační sekvenci a „probudit“ řídicí jednotku vozidla ke komunikaci.

Seznam použité literatury

- [1] NAVET, N. a SIMON-LION, F. Automotive Embedded Systems Handbook
- [2] Robert Bosch, Die elektronische Dieselregelung EDC 16, VOLKSWAGEN AG, Wolfsburg.
- [3] Robert Bosch, Introducing PLA at Bosch Gasoline Systems: Experiences and Practices. Robert Bosch GmbH, 2004.
- [4] Robert Bosch, New Bosch EDC17 engine management system.
- [5] Volkswagen Group of America, K-line communication.
- [6] Dr. Stefan Ferber, Peter Wagner, Welcome GI TAV @ Bosch, Robert Bosch GmbH.
- [7] MC2 Magazine, Summer 2006, Understanding ECU - What it does and how it works. ISBN 802397064X
- [8] Alfred Rimkus, Investigation of signals in diagnostics car engines electronic control.
- [9] Robert Bosch, Data Bus Communication Networks.
- [10] Jon Bell, Network protocols used in the automotive industry.
- [11] Howard Curtis and Robert France, Time Triggered Protocol (TTP/C): A Safety -Critical System Protocol.
- [12] Elektronik automotive - special issue MOST.
- [13] Lehrstuhl für Technische Informatik, Protocols: K-Line, CAN, and LIN.
- [14] Significant material drawn from FlexRay Specification Version 2.0, June 2004
- [15] FlexRay Consortium, FlexRay Protocol Specification V2.1 Rev. A, 2005.
- [16] Leen, G., Heffernan, D.: TTCAN: a new time-triggered controller area network, Microprocessors and Microsystems 26, 2002.
- [17] X-By-Wire, final report of BE 95/1329 project, Vienna University of Technology, 1998. Information Technology). CRC Press, 2008. ISBN 978 -0-8493-8026-6
- [18] Robert Bosch GmbH, CAN Specification Version 2.0. D -70442 Stuttgart, 1998.
- [19] Keyword Protocol Swedish Implementation Standard "Samarbetsgruppen för Svensk Fordonsdiagnos" / Author: L. Magnusson Mecel AB
- [20] Robert Bosch, Microelectronics in the Vehicle ISBN
- [21] Management im Überblick, ISBN 978 -3-8348-9716-9
- [22] Moderne Diesel-Einspritzsysteme, ISBN 978 -3-8348-9715-2
- [23] VLK, F. Diagnostika motorových vozidel, Nakladatelství a vydavatelství Vlk, Brno, 2006.
- [24] STC90C51RC/RD+series MCU, STC90LE51RC/RD+ series MCU Data Sheet, STC MCU Limited.
- [25] TJA1050 High speed CAN transceiver, product specification, Philips Semiconductors.
- [26] MCP2515, Stand-Alone CAN Controller with SPI Interface, 2003-2012 Microchip Technology Inc.
- [27] LM339, LM239, LM2901, LM2901V, NCV2901, MC3302; Semiconductor Components Industries, LLC, 2007.
- [28] Internetové stránky: www.autoforum.cz
- [29] Internetové stránky: www.globaldensoproductions.com

[30] Internetové stránky: www.raz-ir.com

[31] Internetové stránky: www.obdtester.com.

Seznam zkratek

ABS	Anti Block System
ACK	ACKnowledgement
AIP	In Application Programming
Autosar	Automotive Open System Architecture
BMW	Bayerische Motoren Werke AG
CAN	Contoller Area Network
CNG	Compresed Natural ggas
CPU	Central Prose
CR	Common Rail
CRC	Cyclic Redundancy Check
CSMA/NDA	Carrier Sense Multiple Access with Non -Destructive Arbitration
DDE	Digital Diesel Electronics
DI	Direct Injection
DLC	Data Link Connector
DME	Digital Motor Electronic
DTC	Data Trouble Code
ECM	Engine Control Module
ECU	Electronic Control Unit
EDC	Electronic Diesel Control
EEPROM	Electricaly Erasable Programmable ROM
EGS	Electronic Gearbox System
EMC	Electromagnetic Compatibility
EOBD	European On Board Diagnostic
EPROM	Erasable Programable ROM
ESP	Electronic Stability Programme
ETC	Electronic Throttle Control
GDi	Gasoline Direct injection
GPS	Geographic Position System
IDE	Identifier Extension Bit
IDI	Indirect Injection
ISO/OSI	International Standards Organization / Open System
Interconnection	
KWP	Key Word Protocol
LIN	Local Interconnect Network
LPG	Liquefied Petroleum Gas
ME	Motronic ECU
MED	Motronic Electronic throttle Direct injection
MOST	Media Oriented Systems Protocol
MPEG	Moving Picture Experts Group
MSA	Measurement System Analysis

OBD	On Board Diagnostic
PID	Port Fuel Direct Injection
PROM	Programmable Read Only Memory
RAM	Random Access Memory
ROM	Read Only Memory
SAE	Society of Automotive Engineers
SOF	Start Of Frame
SPI	Seriál Peripheral Interface
TCM	Transmission Control Module
TDI	Turbo Diesel Injection
TDMA	Time Division Multiple Access
TFSi	Turbo Fuel Stratified Injection
TP	Transport Protocol
TSi	Turbo Stratified Injection
TTCAN	Time Triggered CAN
TTP/A	Time Triggered Protocol
TTP/C	Time Triggered Protocol
UART	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
UART/SCI	Universal Asynchronous Receiver-Transmitter/Serial Communications Interface
UIS	Unit Injector System
UPS	Unit Pump System
VPW	Variable Pulse Width
VW	Volkswagen
x/EDL	Electronic Differential Lock

Seznam příloh

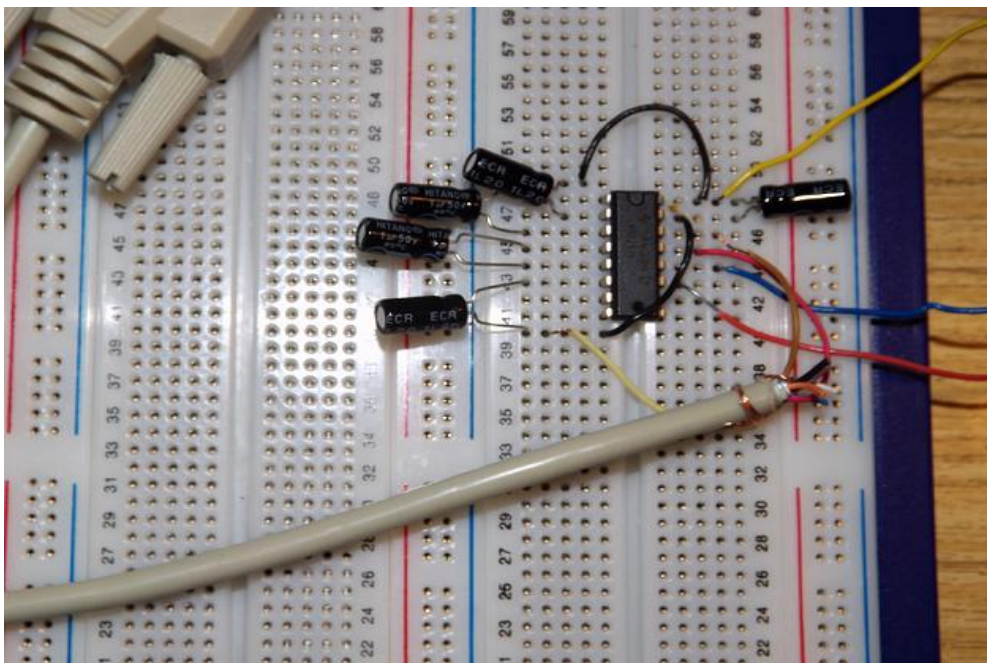
P1

Obr. P1. Rozhraní s MAX232N zkonstruované pro účely programování procesoru STC90C53	74
Obr.P2. Realizovaná deska plošného spoje testeru	74
Obr. P3. Kompletní realizovaný tester	75
Obr. P4. Měřicí pracoviště I.	75
.....	76
Obr. P5. Měřicí pracoviště II	76

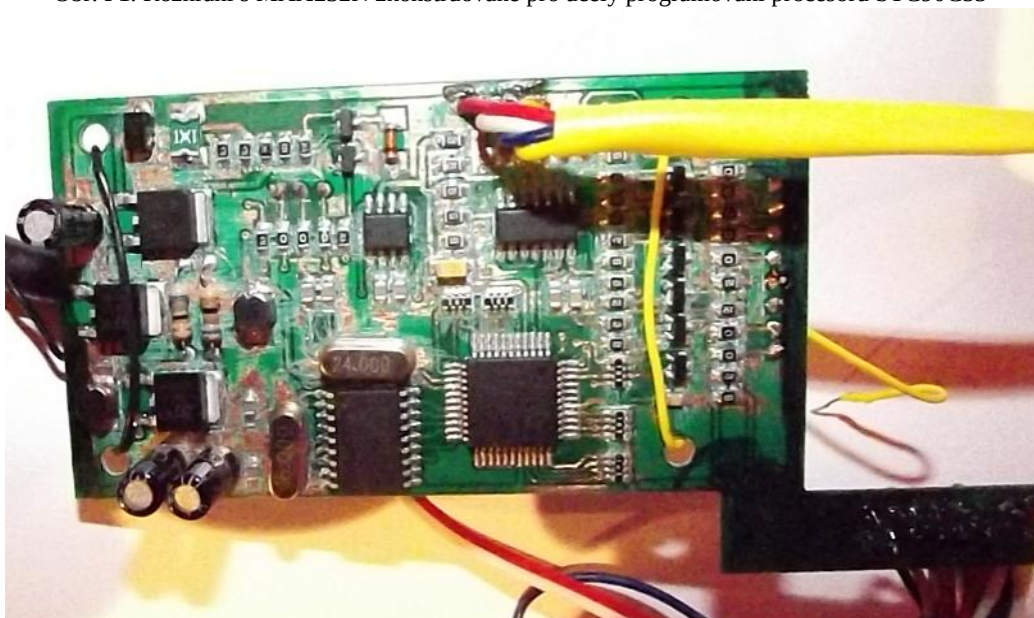
P2

Příložené CD (schéma zapojení, program STC -ISP.exe v6.37, návrhy desky plošného spoje, osazovací výkres, zdrojové kódy).

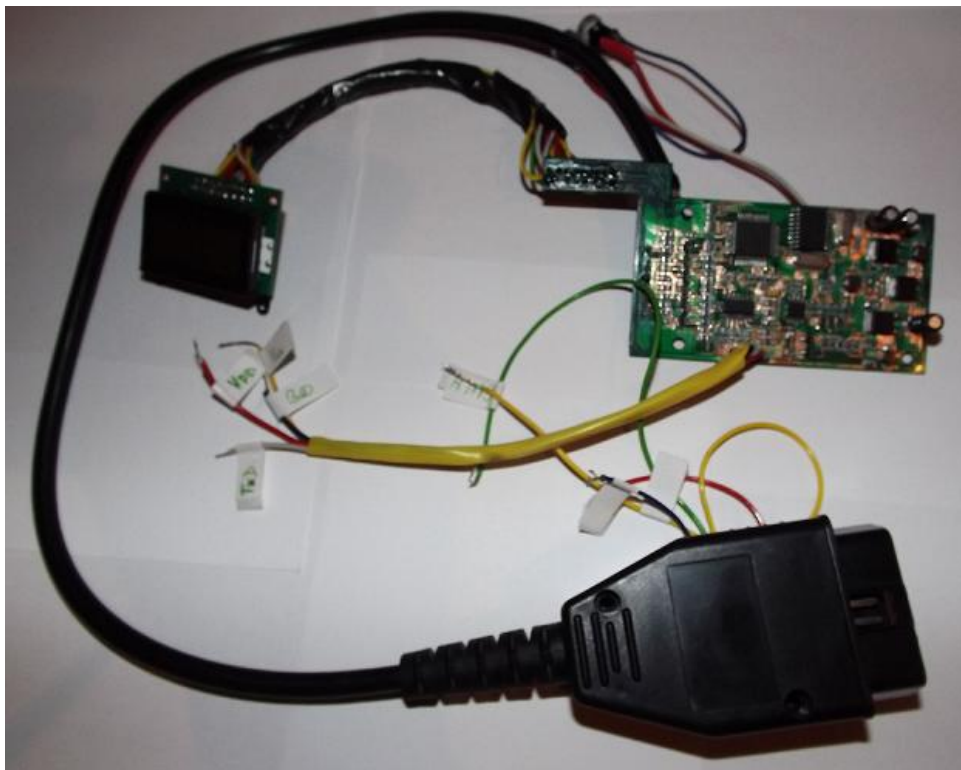
Příloha P1



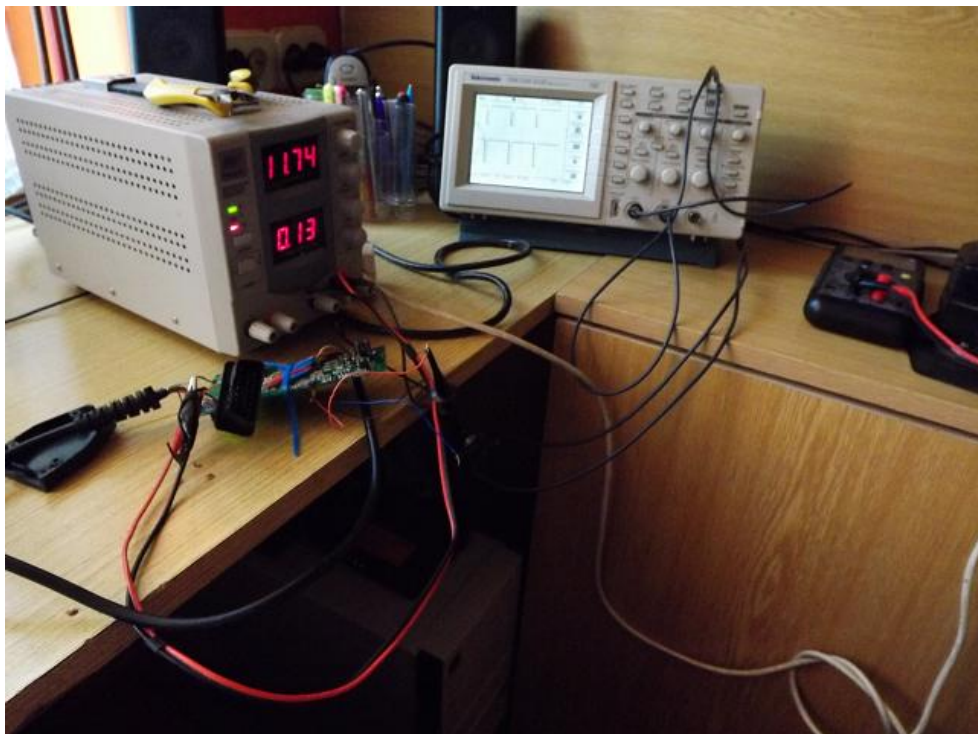
Obr. P1. Rozhraní s MAX232N zkonstruované pro účely programování procesoru STC90C53



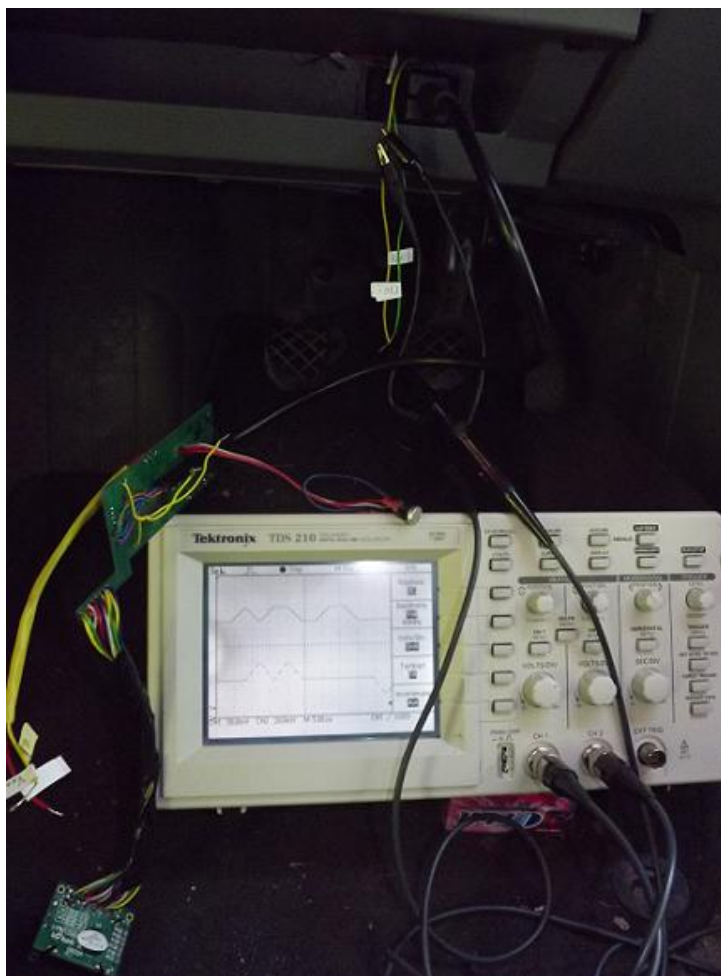
Obr.P2. Realizovaná deska plošného spoje testeru



Obr. P3. Kompletní realizovaný tester



Obr. P4. Měřicí pracoviště I.



Obr. P5. Měřící pracoviště II

