

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ
Katedra radioelektroniky



Monitorovací jednotka pro historické vozy

Diplomová práce

Diplomant
Vedoucí práce

Bc. Petr Fabián
Ing. Vladimír Janíček, Ph.D.

26. května 2017

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu práce za úsilí a cenné rady při vypracování diplomové práce. Dále:

- rodičům, prarodičům a Miloslavu Litošovi za sponzorování projektu a dílenské zázemí
- správcům projektu MacGyver, zejména Vojtěchu Sukovi, Petru Králíkovi, Jiřímu Petrovskému, Petru Martinkovi, Petru Hodačovi a dále kamarádu inženýru Petru Panchártkovi za zapůjčené nářadí a technologií při tvorbě desky plošných spojů, vývoji jednotlivých kitů a cenné rady při návrhu obvodového schématu
- kamarádu inženýru Ondřeji Nentvichovi za podklady jeho bakalářské práce a obrovský dík za zajištění osciloskopu k měření
- kamarádce Olze Najd'onovové, Vojtěchu Sukovi a tiskařům strahovského projektu 3D tisk a 3D lab FIT ČVUT za výrobu plastových součástí při tvorbě prototypů
- panu Ladislavu Křížovi za kompletní vyvaření karosérie testovacího vozu
- Miloslavu Litošovi a kamarádu bakaláři Michalu Novákovi, Jiřímu a Ondřeji Macháčovým za asistenci při organizaci nezbytné logistiky prototypového vozu
- přátelům mechanikům Martinu Máchovi a Miroslavu Šimkovi za nemalou výpomoc při servisu prototypového vozu
- panu inženýru Vítu Záhlavovi CSc a společností STMicroelectronics, ON Semiconductor a Valeo, jmenovitě paní Janě Fischerové, panu Marku Bekovi a pánům Gáboru Ifflandovi a Zdeňku Tábořskému za cenné rady při řešení problematiky senzorů a ochran vstupů kontroleru
- panu docentu Pavlu Mindlovi, kandidátu věd za rady při řešení problematiky měření otáček u prototypového vozu

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

katedra radioelektroniky

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: **Petr Fabián**

Studijní program: Komunikace, multimédia a elektronika
Obor: Multimediální technika

Název tématu: **Monitorovací jednotka pro historické vozy**

Pokyny pro vypracování:

- 1) Proveďte rozbor způsobů monitoringu provozních parametrů současných vozidel. Popište používané metody a měřicí přístroje.
- 2) Navrhněte monitorovací jednotku pro historické automobily (Trabant). Jednotka bude monitorovat teplotu a otáčky motoru, rychlost vozidla, teplotu oleje a další veličiny poskytované v rámci konceptu OBD2.
- 3) Změřené údaje zobrazte vhodným způsobem na panelu vozidla pomocí přídavného displeje. Akusticky signalizujte překročení limitních hodnot.
- 4) Při aplikaci využijte platformu Arduino a vhodné integrované senzory.
- 5) Zkonstruuje funkční prototyp. Proveďte kalibraci na modelovém automobilu a ověřte funkčnost zařízení.

Seznam odborné literatury:


- 1) OBD-II: Functions, Monitors and Diagnostic Techniques, Santini A., ISBN 978-1428390003
- 2) OBD-II & Electronic Engine Management Systems (Haynes Repair Manuals), Henderson B., Haynes J., ISBN 860-1401374770
- 3) Automotive Diagnostic Systems: Understanding OBD-I & OBD-II, McCord K., ISBN 978-1934709061

Vedoucí: Ing. Vladimír Janíček, Ph.D.

Platnost zadání: do konce letního semestru 2016/2017


doc. Mgr. Petr Páta, Ph.D.
vedoucí katedry




prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
děkan

V Praze dne 19. 2. 2016

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně a použil pouze podklady uvedené na konci práce. Souhlasím se zapůjčováním práce a jejím zveřejňováním.

V Praze dne 26. května 2017

.....

ABSTRAKT

Tato práce shrnuje způsoby monitorování provozních parametrů současných vozidel, zejména podle standardu OBD II. Náplní praktické části je návrh malé monitorovací jednotky na platformě Arduino, která bude umístěna ve voze bez řídicích jednotek, měřící jeho provozní parametry, dále popis její konstrukce, včetně ovládacího softwaru. V závěru jsou shrnuty výsledky samotné realizace.

KLÍČOVÁ SLOVA

OBD II, monitorovací jednotka, měření provozních parametrů, Arduino, veterán

ABSTRACT The main goal of this thesis is to summarize ways of monitoring modern vehicles' performance parameters, especially OBD II standard. The second part deals with design and small monitoring unit for historical car development, based on the Arduino platform. The final part presents final realisation results.

KEYWORDS

OBD II, monitoring unit, operating parameters measurement, Arduino, classic car

Obsah

1	Úvod	1
2	Monitorování vozidel	3
2.1	Stručná historie vývoje AE	3
2.2	Automobilová diagnostika OBD / OBD2	4
2.2.1	Diagnostické přístroje	7
2.2.2	ELM327 a Torque	9
2.3	Sdružená palubní jednotka	10
2.4	Vozidlové sítě	11
2.4.1	Sběrnice CAN	12
2.4.2	Sběrnice LIN	13
2.4.3	Sběrnice MOST	13
2.4.4	Sběrnice FlexRay	13
2.4.5	Výběr dalších sítí ve vozidle	13
2.5	Trabant a kluby	14
3	Realizace	15
3.1	Koncept	15
3.2	Blokové schéma jednotky	16
3.2.1	Kabina - Jednotka	16
3.2.2	Kabina - VTin	17
3.2.3	Motorový prostor	17
3.3	Senzory	18
3.3.1	Průtokoměr	18
3.3.2	Otáčky motoru	18
3.3.3	Měření rychlosti	19
3.3.4	Teplota motoru	20
3.3.5	Vnitřní a venkovní teplota	20
3.3.6	Tlačítka	20
3.4	Elektromagnetická kompatibilita	21
3.5	Jednotlivé prvky realizace	22
3.5.1	LCD	22
3.5.2	Signalizační LED	23
3.5.3	Akustická siréna	23
3.5.4	Tlačítka	24
3.5.5	Bargraf	24
3.5.6	Mikrokontroler	25
3.5.7	Bluetooth modul	27
3.5.8	Zdroj	27
3.5.9	Napětí v palubní síti	27
3.5.10	Rychlost	28
3.5.11	Teplota uvnitř kabiny - Tin	30
3.5.12	Otáčky motoru	30
3.5.13	Spotřeba paliva	30
3.5.14	Teplota motoru	31

3.6	Elektroinstalace	33
3.6.1	Připojení ke stávající elektroinstalaci	33
3.6.2	Kabelový svazek	34
3.7	Konektory	35
3.7.1	Hlavní konektor	36
3.7.2	Vnitřní konektory jednotky	36
3.7.3	Zapojení senzorů mimo jednotku	36
3.8	Umístění do vozidla	37
3.9	Instalační krabička	38
3.10	Deska plošných spojů	39
3.11	Použité hotové moduly	39
4	Software	40
4.1	Platforma Arduino	40
4.2	Vývojové prostředí IDE	40
4.3	Klon Nano	40
4.4	Vlastnosti	41
4.5	Obslužný kód	42
4.5.1	Měření rychlosti	42
4.5.2	Měření otáček motoru	43
4.5.3	Měření spotřeby	43
4.5.4	Měření teploty motoru	43
4.5.5	Měření venkovní teploty	44
4.5.6	Měření vnitřní teploty	44
4.5.7	Měření napětí v palubní síti	44
4.5.8	Zobrazení ekonomičnosti jízdy	45
5	Měření	46
5.1	Testovací automobil	46
5.1.1	Vlastnosti testovaného vozu	47
5.1.2	Přístrojový panel	47
5.2	Měření spotřeby paliva	48
5.3	Rychlost	50
5.4	Teploty	51
5.4.1	Teplota motoru	51
5.4.2	Vnitřní / venkovní teplota	51
5.5	Otáčky	52
5.6	Napětí v palubní síti	53
5.7	Diagnostika pomocí chytrého telefonu	54
5.8	Měření spotřeby komponent	55
5.9	Výhled do budoucích revizí měřicí jednotky	55
6	Závěr	57
A	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	66

B	SCHÉMATA	70
B.1	Blokové schéma	70
B.2	OBVODOVÁ SCHÉMATA	71
B.3	ZAPOJENÍ KABELOVÉHO SVAZKU	75
B.4	ROZMÍSTĚNÍ SOUČÁSTEK V AUTĚ	76
C	DESKY PLOŠNÝCH SPOJŮ	77
C.1	ČELNÍ PANEL	77
C.2	ZÁKLADNÍ DESKA	78
D	FOTKY REALIZACE	80
E	SEZNAMY SOUČÁSTEK	85
F	STRUKTURA KÓDU	86
G	NORMA ČSN EN 60529	89

SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

Symbol	Význam
1-WIRE	Jednovodičová sběrnice
3V3	Výstupní napětí 3,3V
4k7	Odpor s hodnotou 4 700 Ω
A0-A7	Analogové vstupně/výstupní piny procesoru
A/D	Analogově digitální převodník
ABS	Systém proti zablokování kol
AE	Automobilová elektronika
BAR	Bargraf
BL	Bootloader
BT	Technologie bezdrátového přenosu Bluetooth
Butt1	Levé tlačítko
Butt2	Střední tlačítko
Butt3	Pravé tlačítko
Butt4	Resetovací tlačítko
D2-D13	Digitální vstupně výstupní piny procesoru
ECU	Electronic Control Unit, řídicí jednotka
Flo, Flow	Průtok paliva
FW	Firmware
GM	General Motors, americká automobilka
GD, GND	Ground, uzemnění, nulový potenciál
GPS	Globalní polohovací systém
Head	Konektor typu "Header"
I ² C	Inter Integrated Circuit
Ign	Ignition, signál ze zapalovací cívky
Ind	Indikační
kbps	kilobit za sekundu, jednotka rychlosti přenosu dat
LCD	Displej z tekutých krystalů
LED	Světlo vyzařující dioda
Mbps	megabit za sekundu, jednotka rychlosti přenosu dat
uC	Mikrokontroler
uS	Mikrospínač
MO	Motor
NC	Not connected, Nezapojeno
PC	Personal Computer, osobní počítač
Piezo	Piezoakustická siréna
PWM	Pulzně-šířková modulace
REF	Referenční vstupní napětí, reference
Rot	Otáčky motoru
Rpm	Otáčky za minutu
RST, RST2	Resetovací piny procesoru
Rx	Receive, příjem dat po sériové lince
SCL	Sériové hodiny sběrnice I ² C
SDA	Sériová data sběrnice I ² C
Shi	Shield, stínění
SIG	Signál

T _{in}	Vnitřní teplota prostoru cestujících
T _{mo}	Teplota motoru
T _{out}	Venkovní teplota
T _x	Tranceive, odeslání dat po sériové lince
UART	Univerzální asynchronní přijímač vysílač
USB	Universal Serial Bus, datová sběrnice místní sítě
USD	Americký dollar
UTP	Nestíněná kroucená dvojlinka
V _{5/5V}	5 Volt
V _{bat}	Napětí baterie
VCC	Napájecí napětí 12V
V _{in}	Napájecí pin Arduina
V _{Tin}	Modul měření rychlosti a T _{in}
VPW	Variable Pulse Width, proměnná šířka pulzu
Zen	Zenerova dioda

1 | Úvod

Automobily se kolem nás vyskytují již více než 100 let. Za svoji historii prodělaly bouřlivý vývoj, od kočárů s jednoduchým motorem přes uzavřenou karosérii až po dnešní vozy splňující nejpřísnější Euro emisní normy a dosahující pěti hvězdiček bezpečnosti podle organizace Euro NCAP.

Inovací v oblasti automotive je nespočet. Nové materiály a kompozity, oblast pohonů, ekologičnost a ekonomičnost provozu a vzrůstající počet řídicích jednotek.

Se vzrůstajícím počtem hodin, strávených za volantem, jsou automobily stále vybavenější různými systémy palubní zábavy v podobě kvalitnějších reprosoustav, dále zabudovaných multifunkčních LCD obrazovek, na kterých si řidič nebo spolujezdci mohou zobrazit navigaci, rádio, oblíbenou hudbu a v neposlední řadě pustit film. Do budoucna nebude chybět internetové připojení.

Dnešní automobilky ke snížení nehodovosti vyvíjejí systémy komunikace mezi vozidly samotnými a i mezi infrastrukturou. [4] Firma Valeo například uvádí na trh různé asistenty. Za zmínku stojí asistent brzd, kde elektronika vozu zasáhne v případě blížící se kolize, nebo parkovací asistent, kdy si vozidlo najde vhodné volné místo k zaparkování a bez asistence řidiče do něj zajede.

Současně s vývojem řídicích jednotek probíhá vývoj diagnostických přístrojů, usnadňujících čas servisním technikům při hledání vzniklé závady na voze. Ten se může objevovat v určitých okamžicích jízdy, například během startu či po celou dobu jízdy. [17]

O automobily, zejména osobní, se zajímám mnoho let. Vždy mě více přitahovaly vozy, vyrobené před rozpadem východního bloku, a to s kulatými nebo obdélníkovými světlomety. Zároveň několik let používám pro své malé projekty kopii kontroleru od firmy Arduino, a to model Nano pro jeho nízkou cenu a dostatečný počet vstupně/výstupních pinů. Proto jsem se rozhodl navrhnout a zkonstruovat malou jednotku, zabudovanou ve voze, který neobsahuje žádnou moderní elektroniku. Jednotka bude ukazovat základní provozní parametry, tedy údaj o rychlosti vozu, otáčkách motoru, spotřebě a jejich kombinaci v podobě ekonomičnosti jízdy, údaj o napětí baterie / napětí v palubní síti a teplotách na motoru, uvnitř kabiny a o venkovní teplotě. Vše přehledně na dvouřádkovém displeji. Zároveň jednotka řidiče akusticky upozorní na překročení nastaveného prahu libovolné měřené veličiny například hodnoty rychlosti větší než 100 km/h či napětí palubního akumulátoru nižší než 10 V.

Oproti moderním automobilům, připojovaným k diagnostickému zařízení pomocí převodníku CAN/ISO → USB/RS232, bude jednotka připojitelná k počítači pomocí konektoru mini nebo mikro USB podle použitého kontroleru. Takto je výrazně usnadněno hledání případné závady, kdy uživateli stačí notebook, vhodný datový kabel a aktuální firmware.

Určitou inspirací mi bylo pozorování hodnot aktuální spotřeby paliva na automobilu Škoda Octavia z roku 2001 a kamarádova bakalářská práce "Jednotka sběru dat pro motocykl".

Pro účely testování návrhu jsem zvolil automobil dnes již neexistujícího východoněmeckého koncernu Sachsenring Zwickau, a to Trabant.

Testovací vůz je model 601S limuzína s původním dvoudobým zážehovým motorem o objemu 595ccm s 12voltovou elektroinstalací. Jedná se o dobovou přestavbu. Původně totiž obsahoval starší 6voltovou, používanou na poli automotive přibližně od první světové války. Sériové vozy, standardně vybavené 12voltovou elektroinstalací, se vyráběly po roce 1983.

Automobil obsahuje pouze kontrolku dobíjení a akustickou signalizaci zapnutých světel při vypnutém zapalování, jinak oproti standardu OBD2 neobsahuje žádnou moderní elektroniku, která by řidiči nebo servisnímu technikovi usnadnila hledání a opravu případné závady. Do práce jsem se pustil, abych zjistil informace o aktuální teplotě motoru v závislosti na zátěži, dále o otáčkách a spotřebě paliva. Ve spojení s údajem o rychlosti vozu dostanu informaci o tzv. "ekonomičnosti jízdy", kdy jednotka například indikuje nadměrnou spotřebu paliva při nízké rychlosti s nutností přeřadit.

Do budoucna plánuji do jednotky implementovat akcelerometr pro měření zrychlení za účelem optimalizace ekonomické jízdy a pro zjištění kolize. Dále vůz osadit ultrazvukovými senzory vzdálenosti pro usnadnění odhadů vzdálenosti za vozem bez asistence druhé osoby vně automobilu a pro experimentální tempomat pro popojíždění v dopravní zácpě. V neposlední řadě o bluetooth modul, kterým hodlám přehledně zobrazovat veličiny na velké obrazovce mobilního telefonu či tabletu. A nakonec o GPS a GSM moduly, kterými chci automobil propojit s konceptem IoT, tedy Internet of Things, kde budou měřená data ukládána na server.

2 | Monitorování vozidel

Moderní doba přináší mnoho inovací i v automobilovém průmyslu. Výrobci vybavují své vozy řadou řídicích jednotek a asistentů, starajících se o správný chod motoru a jízdní vlastnosti, aktivní snižování emisí, komfort a bezpečnosti pro posádku.

Před nastartováním vozu se v případě, že jsou systémy funkční, na krátký okamžik objeví příslušná ikonka na přístrojovém panelu. Značí například tlak motorového oleje, teplotu chladicí kapaliny, kontrolku dobíjení, poruchu žárovek, žhavení u vznětových motorů a další. Jsou barevně odlišeny podle závažnosti, červeně svítí například při nezapnutých bezpečnostních páslech pasažérů, chybném dobíjení, zatažené ruční brzdě či při nedostatku motorového oleje, viz [37].

Řídicí jednotky však měří mnohem více parametrů, potřebných zejména pro chod motoru. Ty již na přístrojovém panelu zobrazovány nejsou a je možné k nim přistupovat pomocí diagnostických přístrojů skrze příslušné zásuvky uvnitř vozu prostřednictvím protokolu OBDII, více v kapitole 2.2 na straně 4.

2.1 Stručná historie vývoje AE

Vzrůstající počet automobilů, hon za výkonem a snižování emisí škodlivin nutil konstruktéry regulovat chod motoru.

O úpravu směsi se nejprve staralo vstřikování mechanické, převzaté z leteckých motorů, používaných za druhé světové války. Prvním takto vybaveným automobilem byl Mercedes 300SL [55][56].

Rok 1967 znamenal výrazný krok kupředu. Americké úřady vydaly přísné emisní předpisy, které musely nové automobily splňovat a firma Bosch představila systém elektronického vstřikování paliva D-Jetronic. Systém ke svému chodu potřeboval informaci o množství nasávaného vzduchu a regulace probíhala podle doby otevření ventilů [57].

Systém vstřikování paliva se v následujících letech vyvíjel, roku 1976 přibyla lambda sonda. Ta je umístěná ve výfukovém potrubí a pracuje na principu přebytečného kyslíku ve spalínách. Tyto informace potřebuje řídicí jednotka pro tvorbu optimální směsi. Starší motory mají směs bohatší, novější již chudší [24][58].

Prvním milníkem v oblasti hledání závad na automobilech je konec 70. let, kdy automobilka BMW poprvé do vozu řady S W126 instaluje palubní počítač, který hlásí řidiči například množství ujetých kilometrů či spotřebu [53][59].

V dalších letech byly vyvíjeny systémy řízení motoru pomocí údajů o otáčkách motoru, zatížení motoru z polohy pedálu akcelerátoru, teploty nasávaného vzduchu a barometrického tlaku [17].

Koncem 80. let byla poprvé použita sběrnice CAN, a to u luxusního modelu BMW 850i coupe [43]. Více o sběrnici je uvedeno v kapitole 2.4.1 na straně 12.

V současném automobilu například ke spuštění klimatizace je potřeba informovat jednotku motoru z důvodu vyšší zátěže při spuštění kompresoru a komfortní jednotku, aby informovala o otevřených oknech [17].

Vzhledem k neustále přísějším emisním limitům, vydaným evropskou unií, je diagnostika zaměřena zejména na oblast přípravy směsi a správnou činnost katalyzátoru a čištění spalin. Moderní řídicí jednotka motoru dokonce může znemožnit jízdu vozu, jenž má některou část řetěze hůře funkční či poškozenou, například při vyčerpání močoviny, nezbytné při chemických reakcích při čištění výfukových splodin [17].

Nové automobily mají navíc být od roku 2015 povinně vybavovány záznamovými jednotkami, tzv. "černými skřínkami", obdobně jako letadel pro případnou zpětnou diagnostiku dopravní nehody [24].

2.2 Automobilová diagnostika OBD / OBD2

S přibývajícím složitostí elektronických instalací ve vozech rostla i pravděpodobnost výskytu chyby. Moderní automobily měří stále více a více veličin za účelem dosažení maximální kontroly nad přípravou pohonné směsi a za účelem co nejnižších emisí. Kontrolovány jsou činnost Lambda sond, zodpovědných za správné smíchání paliva se vzduchem, SCR systému, starajícího se o dávkování močoviny u naftových motorů, výpadky zapalování, kde se směs může dostat ke katalyzátoru, správnou činnost katalyzátoru, dokončujícího chemické reakce škodlivých molekul plynů na méně škodlivé. Dále činnost systémů ABS a komfortních systémů a stav používaných sběrnic. Jednotky dále měří provozní parametry, které dává k dispozici uživateli, jako je například rychlost jedoucího automobilu, otáčky motoru, spotřeba paliva, dále je měřena teplota chladicí kapaliny a oleje, množství paliva v nádrži a jeho správná cirkulace, vstřikování, teplota klimatizace a další.

Diagnostika je soubor kroků, majících za úkol odhalit a identifikovat vyskytující se závadu motorového vozidla, číst chybové hlášky, případně některé ze zařízení nastavit [52].

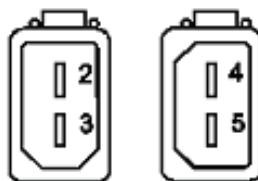
Dále umožňuje snadnější identifikaci umístění diagnostické zásuvky, vyčtení paměti závad, vymazání její paměti, skutečné hodnoty měřených veličin nebo test akčních členů [52]

Rozmach nastává s příchodem kontrolerů a palubních počítačů v 80. letech. Každý výrobce si diagnostiku z počátku řešil po svém, jsou si navzájem nekompatibilní s rozdílnými konektory a lze ji označit jako OBD - On-Board-Diagnostic, systém palubní diagnostiky.

Německá automobilka Volkswagen kupříkladu používala od konce 80. let do roku 1995 konektor 2x2, viz obrázek 1 na stránce 5, umístěný v motorovém prostoru. Zapojení je uvedeno v tabulce 1, více v [52][60].

V případě výskytu chyby nějakého komponentu, výpadek zapalování, oproti očekávání rozdílná hodnota rychlosti, nefunkční katalyzátor, je informace uložena do paměti závad.

Z té lze informaci vyčíst pomocí tzv. blikavého kódu. Řada vozidel měla kontrolku na přístrojové desce, případně připojením LED k určitému vývodu a závadu bylo možné identifikovat pomocí dílenské příručky. K novějším systémům šlo připojit diagnostický přístroj [17].



Obr. 1: Starší VW diagnostický konektor [60]

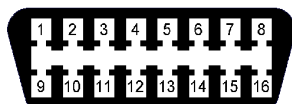
Tab. 1: Zapojení pinů v zásuvce 2x2 [60]

Pin	Popis
2	Kostra vozidla
3	Baterie vozidla +12V
4	Komunikační vedení L-line
5	Komunikační vedení K-line

Ve Spojených státech nově registrovaná vozidla mají od roku 1996 povinnost být vybavena systémem palubní diagnostiky OBD, v Evropské unii je tato povinnost od roku 2001 pro zážehové motory, od roku 2003 i pro motory vznětové. Vozidla jsou vybavená standardizovanou zásuvkou, viz obrázek 2 na straně 6, nemusí však být s technologií OBD2 kompatibilní. [17].

U současných vozů je možné se setkat se s různými, komunikačními, standardizovanými protokoly, a to ISO 9141-2, ISO 14230, SAE J1850-PWM/VPW a CAN bus SAE J2284/ISO 15765-4 v závislosti na jednotlivých automobilkách [17][44].

Připojení diagnostického přístroje k automobilu probíhá přes standardizovaný dvouřadý diagnostický konektor, který je uveden na obrázku 2 na straně 6 a je specifikován normou SAE J1962 [38].



Obr. 2: OBD-II konektor [15]

Umístění konektoru má být v prostoru posádky, dostupné z místa řidiče a ne dále, než pro typ a) 30cm od středu palubní desky¹ a pro typ b) ne dále, než 75cm od podélné osy vozidla² a dostupný bez potřeby speciálních nástrojů.

V tabulkách 3 a 2 jsou uvedena zapojení pro jednotlivé komunikační protokoly.

Na každé automobilce záleží, jak zbylé piny 1, 3, 8, 9, 11, 12 a 13 zapojí a které signály na ně vyvedou.

Starší automobily mohou být vybaveny tímto konektorem, komunikace však nemusí probíhat dle norem. Jeden z testovaných automobilů Škoda Felicia GLXi z roku 1998 zásuvkou vybaven je, komunikaci se však prostřednictvím bluetooth diagnostického adaptéru ELM327 navázat nepodařilo. Standardizace pro benzínové motory pro evropský trh byla povinná až od roku 2001 [17].

Vozidla s napětím palubní sítě 24V mají rozdělovací drážku mezi jednotlivými řadami přerušenu pro zamezení připojení 12V přístroje.

¹pro palubní napětí 12V

²pro palubní napětí větší, než 20V

Tab. 2: Zapojení pinů v zásuvce OBD podle komunikačních standardů[17][61]

Komunikační norma	Vývody	
SAE J1850-PWM	2,4,5,10,16	Ford
SAE J1850-VPW	2,4,5,16	Vozy USA, nákladní vozy
ISO 9141-2	4,5,7,15,16	Starší evropské, většina asijských vozů
ISO 14230-4	4,5,7,16	Vozy po roce 2003
CAN	4,5,6,14,16	Novější vozy, nákladní automobily, autobusy

2.2.1 Diagnostické přístroje

Základní přístroje používané ke sledování jednotlivých měřených veličin motoru jsou multimetry a osciloskopy. Dále se lze setkat s testery a datalogery.

Diagnostické přístroje umožňují číst a mazat paměť závad, dále monitorovat stav motoru, převodovky, ABS, komfortní elektroniky, CAN a dalších. Více informací o možnostech a způsobech monitorování lze dohledat v literatuře [17], [44] nebo [60].

V tabulce 4 na straně 7 jsou uvedeny diagnostické přístroje, které používají značkové servisy jednotlivých automobilek [62].

Jsou však velmi drahé a jsou jimi vybaveny většinou velké značkové servisy. Pro domácí použití většinou postačí převodník mezi diagnostickou zásuvku měřeného vozu a USB / sériové rozhraní, osobní počítač a vhodný software. Pro

Tab. 3: Zapojení pinů v zásuvce OBD dle SAE J1962, viz [17] a [38]

Pin	Funkce / norma
1	neobsazeno
2	SAE J1850 PWM bus (+) / SAE J1850 VPW
3	neobsazeno
4	Kostra vozidla
5	Kostra signálu
6	CAN High (ISO 15765-4 a SAE J2284)
7	K-linka (ISO 9141-2 a ISO 14230-4)
8	neobsazeno
9	neobsazeno
10	SAE J1850 PWM bus (-)
11	neobsazeno
12	neobsazeno
13	neobsazeno
14	CAN Low (ISO 15765-4 a SAE J2284)
15	L-linka (ISO 9141-2 a ISO 14230-4)
16	+12V trvale pod napětím

Tab. 4: Diagnostické přístroje podle značek[62]

Automobilka	Přístroj
Škoda	VAG1552 → VAS 5051/5052
Fiat	Examiner
Peugeot	Diag
Renault	Clip
Mercedes	StarDiagnose
BMW	Modic

základní diagnostiku motoru je možné použít prakticky libovolný program, viz tabulka 5 na straně 8.

Světově nejpoužívanějším programem je pro svoji cenovou přijatelnost VAG-COM [17].

Dalším řešením pro diagnostiku je použít neznačkový hardware ELM-USB, ELM-323, ELM-327 nebo ELM-CAN a k němu vhodný počítačový program, například OBDTester, pracujícím pod windows i linux, pyOBD, který je spustitelný v operačních systémech linux a mac OS/X a dalšími programy, například FiCOM, BimCOM, PSA-COM, RenCOM [61].



Obr. 3: Diagnostický přístroj VAG1552, dříve používaný koncernem VW [60]

Tab. 5: Diagnostické programy pro komunikaci s vozidly[17]

Program	Značky vozidel
VAG-COM	VW/Škoda/Audi/Seat/Ostatní jen diagnostika motoru
VW Tool	VW/Škoda/Audi/Seat
OBD Tool	Všichni ostatní výrobci jen MO
Super VAG	VW/Škoda/Audi/Seat/Peugeot/Ostatní jen MO
opendiag	Unix, rozsah diagnostikovaných vozidel dle nabídky

2.2.2 ELM327 a Torque

Pro účely základního monitorování stavu vozidla je možné zakoupit malý modul do automobilové zásuvky, uvedené na obrázku 2 na stránce 6, a to ELM 327 na obrázku 4. Ten komunikuje s okolím pomocí bezdrátové technologie Bluetooth.



Obr. 4: Bluetooth OBD2 adaptér ELM327

K zobrazení naměřených hodnot je potřeba chytrého zařízení, tedy mobilního telefonu či tabletu s nainstalovanou aplikací Torque (Lite). Je placená, v základní demo verzi však nabídne spoustu funkcí, viz tabulka 6. Tučně jsou v ní vyznačené veličiny, které jsou předmětem zkoumání v druhé části práce.

Tab. 6: Měřené veličiny aplikací Torque (Lite)

rychlost vozidla	otáčky motoru
aktuální a průměrná spotřeba	napětí akumulátoru
teplota chladicí kapaliny motoru	ujetá vzdálenost
teplota nasávaného vzduchu	barometrický tlak
poloha škrtkové klapky	rychlost dle GPS
rychlost dle OBD	tlak paliva
tlak v sacím potrubí	zatížení motoru
čidlo kyslíku	

Aplikace je přehledná, uživatel si zvolí, které měřené veličiny chce zobrazit na displeji svého zařízení, zda jako "budík", jako hodnotu či jako graf a pro každou ze zobrazených hodnot si zvolí ze tří velikostí zobrazení, prostředí je naznačeno na obrázku 5 na straně 10.

Měřená byla dvě vozidla, a to Škoda Octavia Elegance, r.v. 2001 s motorem 81kW a Citroën Jumpy s motorem 2.0HDI o výkonu 120kW neznámého roku výroby, nejspíše se jednalo o model z roku 2007.

Zjišťované byly veličiny označené v tabulce tučně.

U prvního vozidla všechny měřené hodnoty odpovídaly realitě, pouze spotřeba byla výrazně vyšší než očekávaná hodnota. Při pátém zařazeném rychlostním stupni palubní počítač ukazoval maximální aktuální hodnotu přibližně 8l/100km, aplikace však zobrazila hodnotu zhruba 2x větší, tedy 15.3l/100km.

U druhého vozidla, prázdné 8-místné dodávky, opět hodnota aktuální spotřeby neodpovídala očekávané hodnotě. Při pomalém couvání jednotka ukazovala hodnotu převyšující 200l/100km.



Obr. 5: Škoda Octavia



Obr. 6: Citroën Jumpy

2.3 Sdružená palubní jednotka

Myšlenka měření rychlosti vozidla je tak stará jako vozy samotné. Již staří Římané si označovali kola povozů k odhadu uražené vzdálenosti a průměrné denní rychlosti [8].

První automobilový tachometr si nechal patentovat německý inženýr Otto Schulze v roce 1902. V následujících dekádách jím byly vybaveny všechny vozy [1][4]. Výrobci postupně přidávali přístroje indikující napětí baterie, počet otáček, množství paliva v nádrži včetně indikace rezervy a teplotu chladicí kapaliny u vodou chlazených motorů. Na obrázku 7 je vyzobrazen panel Škody 120GLS z počátku 80. let.



Obr. 7: Palubní sdružená informační jednotka Škoda 120GLS[5]

Polovina 80. let byla přelomová, na trhu se začaly objevovat digitální přístrojové jednotky. Prvním vozem takto vybaveným byl Volkswagen Golf II GTI [1], o pár let později i italský Fiat Tipo, detail přístrojového panelu je uveden na obrázku 8, viz [23].

Vzhledem k dnešnímu vzrůstajícímu počtu jednotek a asistentů si zobrazovací jednotky nelze představit jinak než digitálně. Jedná se o nerozebíratelné,



Obr. 8: Palubní sdružená informační jednotka Fiat Tipo[23]

samostatně funkční celky, komunikující s vozidlem pomocí CAN. Více o této sběrnici v kapitole 2.4.1 na straně 12.

Monitorují průtok paliva, ukazují řidiči aktuální a průměrnou spotřebu, dojezd, venkovní teplotu, zda je řidič připoután, stav bezpečnostních systémů, jako je ABS, ESR a dalších, radí řidiči, jaký rychlostní stupeň má být zařazen a kdy jej má změnit. Dále lze nastavit intervaly servisní údržby, nutnost výměny oleje, jazyk či imobilizér [17]

V poslední době s ohledem na masivní vývoj zobrazovacích LCD a OLED panelů je snaha výrobců nepoužívat klasické ručičkové přístroje a nahradit je jedním velkým digitálním, viz Audi Q7 9 na straně 11. Zároveň na displeji může jednotka zobrazit i navigaci, jiný multimediální obsah, například rádio, hudbu či oblíbené video. Potom se v autě nevyskytuje pouze jeden displej v prostoru za volantem, ale dva či více, nejčastěji umístěné v prostoru středového panelu.



Obr. 9: Palubní sdružená informační jednotka Audi Q7 [3]

K zobrazování měřených veličin stavěného prototypu vozidla se v dříve používaly samostatné přístroje, dnes lze pořídit již hotové uživatelské přístrojové desky, složené z multifunkčních displejů, které mohou komunikovat prostřednictvím sítě CAN nebo po jiném datovém propojení s řídicí jednotkou [17].

2.4 Vozidlové sítě

Délky kabelů u vozy 50. let se pohybovaly v rozmezí desítek metrů. Se vzrůstajícím počtem jednotek a spotřebičů, majících za úkol snižovat množství

emisí, bezpečnost a uživatelský komfort, rostla i celková délka potřebných kabelů ve voze až na uctihodných několik kilometrů. To se negativně projevovalo na ceně, vyšší celkové hmotnosti vozu a zejména vyšší poruchovostí [17][40].

Sběrnice CAN byla vyvinuta ke zjednodušení komunikace mezi jednotkami, usnadnění hledání závad, snížení celkové hmotnosti vozu a tím i spotřeby, kde rozdíl³ může činit i 50 kilogramů [40]. V následujících letech přibýly sítě LIN, MOST a FlexRay. Právě na poslední z nich jsou kladeny náročné požadavky na rychlost a spolehlivost pro účely odstranění mechanických vazeb volant/brzdový pedál - ovládací servomotory [17].

2.4.1 Sběrnice CAN

CAN je zkatkou z anglického termínu "Controller Area Network", místní síť ovládacích prvků.. Jde o vysoce spolehlivou dvou vodičovou sběrnici, propojující řídicí jednotky téměř všech soudobých vozidel. Vývoj počal ve firmě Bosch roku 1983 a v následujících desetiletí prodělal několik revizí.

Prvním vozem, který byl vybaven sběrnici CAN, byl luxusní osobní vůz BMW 850i coupe. Světlo světa spatřil v roce 1989 [43].

Standardizace proběhla v roce 1994 a přijali ji výrobci užitkových vozidel, jako jsou nákladní automobily, traktory a autobusy.

Přenosová rychlost je dána délkou vedení. Pro komfortní systémy, jako je ovládání oken, stěračů, vytápění či větrání, postačí rychlost 125 kbps s délkou sítě až 530 metrů. Maximální rychlost až 1 Mbps slouží k propojení jednotek, jako například řízení motoru, převodovky, podvozku či systému ABS a délka této sítě je nejvýše 40 metrů.

K propojení diagnostického přístroje nebo počítače s příslušným převodníkem poslouží diagnostická zásuvka, viz obrázek 2 na straně 6, datové piny jsou vyvedeny na vývodech 6 a 14, viz tabulka 2 na straně 6, více na [17].

V roce 2012 byla firmou Bosch představená nová revize CAN protokolu, označená jako CAN s proměnnou délkou datového rámce, tedy CAN FD. Standardizace proběhla o tři roky později. Oproti klasické verzi s velikostí datového rámce 0-8 bit umožňuje rozsah 0-64 bit při zachování robustnosti a zpětné kompatibility s klasickým CAN. Zároveň dovoluje přenosovou rychlost vyšší než 1 Mbps [41] [42].

V dnešní době výrobci pomalu přecházejí na sběrnici FlexRay.

³sběrnice versus velký kabelový svazek

2.4.2 Sběrnice LIN

Z anglické zkratky Local Interconnect Network. První zmínky jsou datovány k roku 1999, v automobilovém průmyslu se začala používat přibližně od roku 2002. Je zaměřena na posílání informací ze senzorů pro okna, palubní desku, zrcátka, sedadla. Oproti CAN je výrazně levnější a připojuje se k ní pomocí brány, neboli gateway. Maximální komunikační rychlost je 20 kbps a délka až 40 metrů [17].

2.4.3 Sběrnice MOST

Sběrnice je zkratkou Media Oriented System Transport. Pro zvýšení uživatelského komfortu v podobě multimédií na palubě, jako jsou CD/DVD přehrávače, LCD obrazovky, autorádio s reproduktory či navigace, byla vytvořena na konci 90. let 20. století. Jde o optickou síť s datovou propustností téměř 25 Mbps.

S nárůstem systémů palubní zábavy a datových toků sběrnice MOST25 přestávala počátkem 20. let 21. století dostačovat. Vznikl tak požadavek na třetí generaci, a to MOST150 s maximální přenosovou rychlostí 150 Mbps [17][46].

2.4.4 Sběrnice FlexRay

Z letectví pochází řešení v podobě X-by-wire (throttle, steer, brake) / po drátech. Jde o myšlenku odstranění mechanických vazeb mezi ovládacími prvky, jako je volant nebo pedály a systémy řízení, brzd či škrtkové klapky v motoru. Pro tyto účely je nezbytná naprostá spolehlivost komunikační linky, a proto byla vyvinuta sběrnice FlexRay.

První zmínky pochází z roku 1999, vývoj a první nasazení proběhlo na voze BMW X5 [17] a později na prototypovém voze C5 od Citroënu [49].

Vychází ze sběrnic CAN a LIN a v porovnání s CAN dokáže propustit přibližně 20x více dat, tedy až 20 Mbps. Rychlost a spolehlivost je však vykoupena cenou, neboť je velmi drahá, a proto se používá pro řízení pohonných jednotek a bezpečnost, viz výše zmíněné x-by-wire nebo například adaptivní tempomat [47][48].

Německá firma Paravan využívá technologii drive-by-wire pro svůj systém k úpravě řízení vozidel pro osoby s tělesným postižením. Základem je joystick, případně lze k systému připojit miniaturní volant. Řazení je řešeno pomocí čtyř tlačítek a je určené pro automatické převodovky [50][51].

2.4.5 Výběr dalších sítí ve vozidle

- **BST**

síť pro bezpečnostní prvky automobilu s maximální rychlostí 250 kbps

- **ByteFlight**
síť pro bezpečnostní prvky automobilu, hlavně airbagy, vyvinutá společností BMW. Optická vlákna a maximální rychlost 10 Mbps
- **D2B**
Mercedes-Benz, optická síť pro multimediální zařízení, maximální rychlost 20 Mbps
- **IDB**
též známá jako Firewire. Komunikace nejčastěji pomocí kabelu UTP
- **E&C**
vozidla GM, komfortní sběrnice (vytápění, ventilace). Rychlost až 1 kbps a délka 20 metrů
- **I2C**
dvouvodičová sběrnice s rychlostí až 3,4 Mbps
- **SCP**
Ford, protokol podle SAE J1850 PWM a s rychlostí 41,6 kbps

2.5 Trabant a kluby

Majitelé vozů jedné značky se sdružují do spolků či klubů. Nejinak tomu je i u příznivců dnes již neexistujícího východoněmeckého koncernu IFA a automobilky Sachsenring. V Maďarsku jsou vozy dosud oblíbené a jezdí se s nimi i rallye.

Kluby pořádají různé akce, převážně srazy. Zde se majitelé chlubí svými opravenými či různě upravenými vozy, pořádají se závody a je možné si zde od jiných účastníků či od oficiálního prodejce zakoupit různé náhradní díly či doplňky.

K 10. srpnu 2016 bylo v ČR registrováno 21 630 automobilů Trabant [31]. V minulosti před rokem 1989 bylo na českém území téměř 6 desítek klubů, v dnešní době okolo 25. Na území Slovenska se nachází přibližně 5 Trabant klubů, vždy převážně ve větších městech [32].

V Evropě se v roce 2017 koná na 4 desítky srazů, z toho okolo 20 v České republice [33] [35]. V USA se počet vozů pohybuje v rámci stovek, jen klub TrabantUSA na svých stránkách uvádí 96 členů [34].

Potenciálních zájemců pro monitorovací jednotku je tedy nemalá skupina.

3 | Realizace

3.1 Koncept

Soudobé vozy jsou plné elektroniky, starající se o uživatelský komfort při jízdě, přehrávání hudby. Nejdůležitější činností řídicích jednotek, která je na první pohled řidičům skryta, je správná činnost motoru za účelem dosažení co možná nejnižších emisí škodlivých plynů.

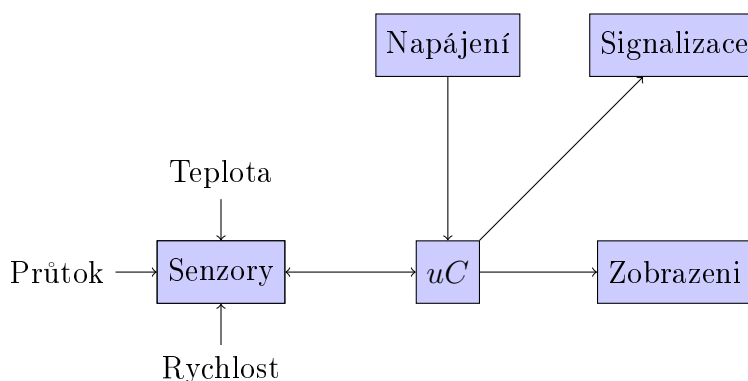
U starých automobilů tomu tak není a záleží tak na řidiči, jaký styl jízdy zvolí, tedy jestli pojede na spotřebu nebo v režimu vysokého výkonu.

A právě pro tato skupina automobilů byla podnětem pro návrh a realizaci monitorovací jednotky.

Základní myšlenka jednotky je zachycena na obrázku 10. Blok "Senzory" má na starosti měření veličin odpovídajících rychlosti vozu, změnám průtoku benzínu palivovou soustavou nádrž-filtr-karburátor-motor, změnám teploty na hlavě motoru, venkovní teplotě v motorovém prostoru co možná nejbližší nárazníku, otáčkám motoru z vysokonapěťových pulzů na zapalovací cívce, napětí v palubní síti.

Tyto naměřené hodnoty zpracuje mikrokontroler, blok " μC ", a přehledně zobrazí na displeji, blok "Zobrazení". V případě vybočení veličiny mimo očekávatelný rozsah se rozblíká varovná dioda a při kritické hodnotě vybraných veličin se rozezní akustická signalizace, například teplotě motoru vyšší než 200°C nebo venkovní teplotě nižší než přibližně 2°C , kdy se na vozovce může objevovat náledí. Návrh zároveň počítá s ukostřením záporného pólu autobaterie.

Detailní blokové schéma je uvedeno v příloze B.1 na straně 70.

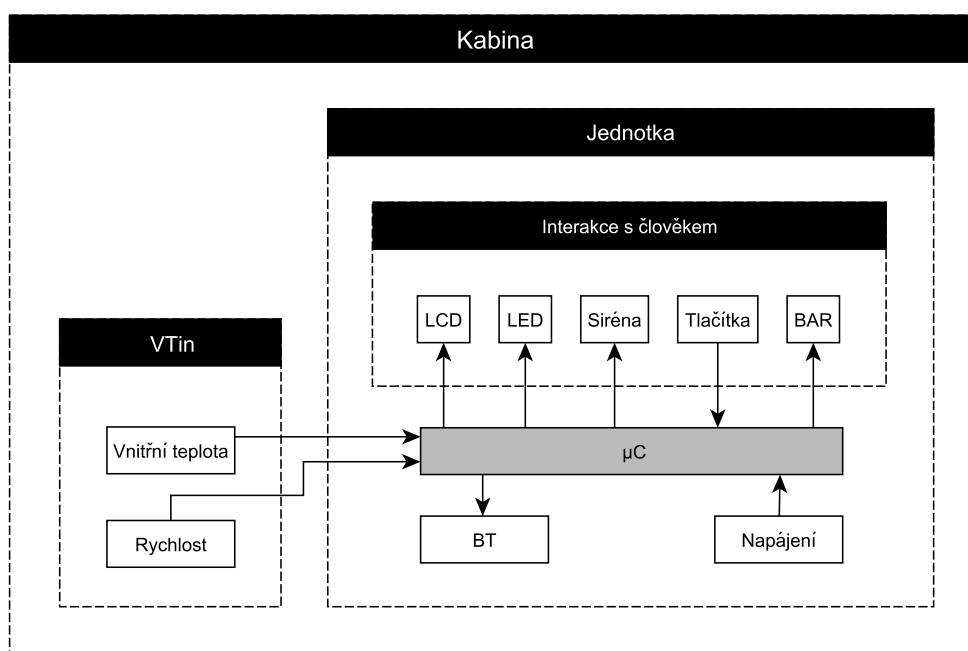


Obr. 10: Zjednodušené blokové schéma jednotky

3.2 Blokové schéma jednotky

Blokové schéma 47 na straně 70 sestává ze dvou částí, kabiny a motorového prostoru.

Na obrázku 11 je naznačeno blokové schéma jednotlivých modulů v kabině řidiče. V prostoru dobového rádia je umístěna samotná jednotka a k tachometru je přimontován senzor rychlosti a vnitřní teploty, ve schématu označený jako "VTin".



Obr. 11: Blokové schéma zapojení monitorovací jednotky

3.2.1 Kabina - Jednotka

Blok "jednotka" v sobě skrývá podskupinu interakce s člověkem, která sestává z následujících prvků signalizace, podrobně rozebraných v další části práce:

- LCD
- LED
- Siréna
- Tlačítka
- BAR

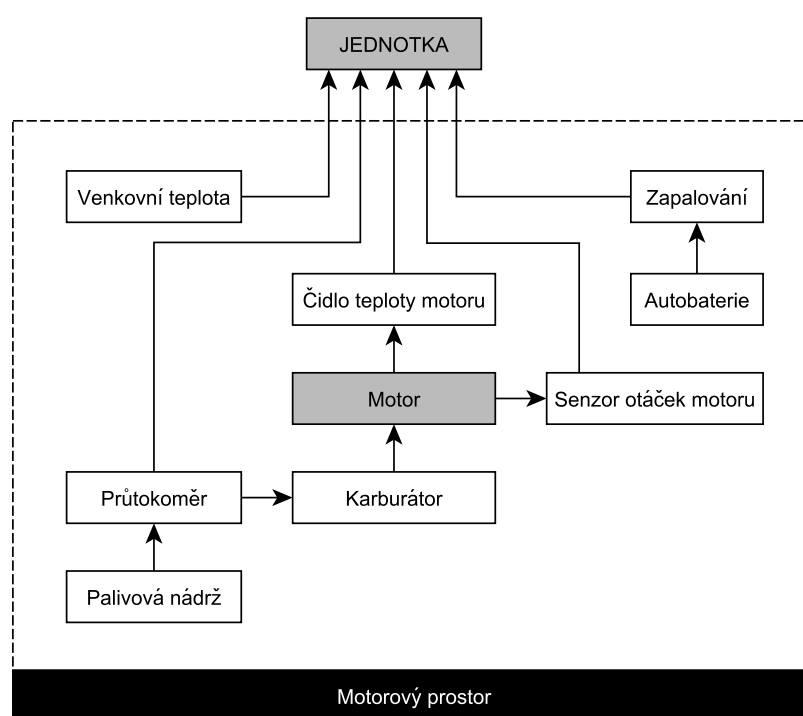
Dále je zde blok μC , neboli mikrokontroler, BT označuje bezdrátovou technologii Bluetooth, kterou budou data odesílána do mobilního zařízení, dalšími bloky ve schématu jsou ochrany vstupů a blok napájení.

3.2.2 Kabina - VTin

Mimo krabičku s jednotkou je umístěn blok VTin, který se skládá ze senzoru, měřícího rychlost jedoucího vozu a senzoru, měřícího vnitřní teplotu v kabině.

3.2.3 Motorový prostor

Nejdůležitějším monitorovaným prvkem celého systému je pohonná jednotka a její vlastnosti. Na obrázku 12 je uvedeno blokové schéma jednotlivých prvků v motorovém prostoru.



Obr. 12: Blokové schéma zapojení monitorovací jednotky

Pro jednotku nezbytnými zdroji informací jsou následující bloky:

- Senzor otáček motoru / Otáčky motoru
- Průtokoměr / Spotřeba paliva
- Čidlo teploty motoru / Teplota motoru
- Venkovní teplota

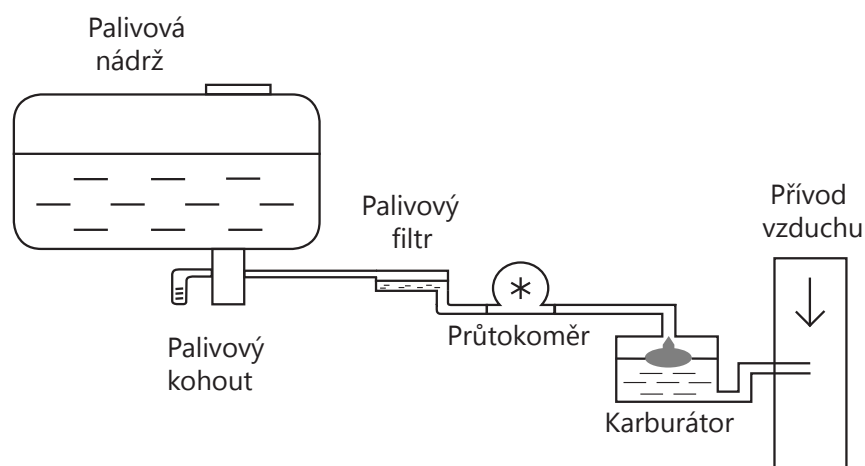
3.3 Senzory

3.3.1 Průtokoměr

Východoněmecké vozy měly přibližně od poloviny 80. let v palubní desce umístěný ukazatel aktuální spotřeby paliva - tzv. "Mäusekino". Jednalo se o soustavu průtokoměr-LED indikační přístroj, kde průtokoměr byl umístěn mezi palivovou nádrží a karburátorem a na senzor připojený přístroj v palubní desce. Podle množství protékajícího paliva se rozsvěcovaly LED více či méně.

Pro nefunkčnost dobového řešení byl pořízen průmyslový průtokoměr FCH-m-POM-LC od firmy B.I.O-TECH, pracující na principu Hallova jevu [67] a v rozsahu průtoků 0,050-3,0 l bez zásuvné trysky a 0,015-0,8 litrů/min s použitou zásuvnou tryskou, zmenšující průřez trubice. Podle katalogového listu je třeba zapojit mezi napájecí pin senzoru a výstup signálu rezistor o hodnotě 1k6-2k2 [36]. Při průtoku kapaliny senzorem se na jeho výstupní svorce objeví obdélníkový signál, který je přiveden do kontroleru k dalšímu zpracování.

Na obrázku 13 je zachyceno blokové schéma palivové soustavy. Samotný průtokoměr je sériově umístěn mezi palivový filtr a karburátor. Protože se u testovacího vozu jedná o velmi zastaralou a zároveň jednoduchou konstrukci podobnou motocyklům, není potřeba palivového čerpadla a benzín teče samospádem. To však může být komplikací pro senzor, neboť průtok paliva nemusí roztočit vrtulku uvnitř samotného senzoru.



Obr. 13: Vhodně umístěný průtokoměr do palivové soustavy

3.3.2 Otáčky motoru

Existuje několik způsobů, jak zjistit informaci o otáčkách motoru. V dnešních vozech je snímáno otáčení klikového hřídele pomocí Hallovo sondy, u starších

vozů získala jednotka informací ze zapalovacích impulzů indukční cívky na přípojovacím místě č. 1, viz tabulka 10 na straně 33. Další z možností je navinout cca 5 závitů drátu okolo vysokonapěťového kabelu mezi cívkou a svíčkou a následně na něm snímat signál [11]. Toho se využívá u komerčně dostupných měřidel otáček motoru, zakoupitelných například prostřednictvím webového portálu E-bay.

Nakonec řešení bylo zvoleno měření zážehů prostřednictvím svorky č.1 přímo ze zapalovací cívky, kde signálový kabel bude přiveden přímo do jednotky.

3.3.3 Měření rychlosti

Současné automobily odečítají informaci o otáčení kol z perforovaného segmentu, pevně spojeného s každým kolem. K měření se používá opět Hallův senzor [17].

Toto řešení je však nepoužitelné pro realizaci u prototypového vozu, neboť by bylo potřeba vyvinout vhodný kovový kotouč a umístit jej do prostoru brzdových bubnů. Zde prakticky není místo, navíc je velmi důležité jeho vyvážení, které při vyšších rychlostech mohlo způsobit komplikace či závadu na brzdové soustavě.

Jednou z případných variant je i snímání informací o rychlosti jedoucího vozu z poloosy předního kola pomocí magnetu a Hallovy sondy nebo pomocí rotující clonky a optické brány. Toto řešení nebylo zvoleno z důvodu velkého rušení na dlouhých kabelech, možného poškození senzoru vlivem prašnosti a komplikovaným uchycením šasi k podvozku vozu.

Další možností je použít optickou bránu, umístit clonku na hřídelku mezi z převodového ústrojí vyvedené lanko a tachometr a měřit otáčky přímo na ní. Vhodným přepočtem se zjistí rychlost vozidla. Nakonec byla zvolena tato varianta s optickou bránou, snímající otáčení hřídelky v pouzdře mezi rotujícím lankem z převodového ústrojí a tachometrem.

Je však potřeba počítat s faktem, že záleží na stáří pneumatik, zejména na jejich opotřebení, a tlaku v pneumatikách. Rozdíl mezi novou a opotřebenou pneumatikou je cca 13 mm. Pro pneumatiku o průměru 562 mm pro rozměr 4Jx13, jak uvádí technický průkaz testovaného vozu, činí rozdíl v uražené vzdálenosti přibližně 4 cm, tj. cca tři %. Z tohoto důvodu ukazují moderní tachometry vyšší rychlost, než jakou se automobil ve skutečnosti pohybuje. U podhuštěné pneumatiky může být nepřesnost při měření ještě větší. Stejná chyba měření je při monitorování ujeté vzdálenosti vozu. Zpřesnění je možné využitím technologie GPS [11] [17].

3.3.4 Teplota motoru

Možností měření teploty motoru bylo hned několik, a to použít termistor, platinové odporové čidlo PT1000 nebo digitální čidlo DS18B20.

Klasické vodou chlazené motory udržují pracovní teplotu válců okolo 90 stupňů Celsia. Testovací automobil je však chlazený vzduchem, a proto se na motoru může objevit teplota převyšující i 150 stupňů.

Pro potřebu měření teplot v takovém rozsahu je použití termistorů a digitálních čidel, které měří převážně teploty do 125 °C nemyslitelné, a byl zvolen platinový odporový senzor PT1000.

Ten pracuje v rozmezí teplot -50-500 °C, přičemž při teplotě 0 °C má hodnotu odporu přesně 1kΩ.

3.3.5 Vnitřní a venkovní teplota

Z dostupné nabídky a pro zkušenost při tvorbě semestrální práce předmětu Základy lékařské elektroniky byla zvolena digitální čidla typu "Dallas"DS18B20, dostupná z internetového aukčního serveru E-bay za jednotky USD.

Senzor pro měření teploty uvnitř kabiny je umístěn v krabičce, měřící rychlost automobilu. Vyráběn je v pouzdře TO92, obdobně jako například tranzistory.

Senzor pro venkovní teplotu je opatřen kovovým válcovým pouzdrem, chránícím jej před poškozením vlivem vlhkosti či mechanicky. Dodáván je v nestíněném kabelovém svazku o délce přibližně 80 cm.

Umístění bylo zvoleno v motorovém prostoru za levým hlavním světlometem poblíž nárazníku. Zde není tolik ovlivněn větrem ani teplem od motoru, zároveň může hbitě reagovat na případné změny venkovní teploty.

Oba senzory komunikují po jednovodičové sběrnici 1-wire, ke které lze snadno připojit případné další teploměry, aniž by rostl počet obsazených pinů použitého kontroleru.

3.3.6 Tlačítka

Pomocí dvou tlačítek bude moci uživatel procházet jednotlivé měřené veličiny nebo menu, třetí tlačítko na čelním panelu slouží pro spuštění bezdrátové technologie Bluetooth. V případě potřeby je možné jednotku resetovat pomocí velkého tlačítka z boku jednotky.

3.4 Elektromagnetická kompatibilita

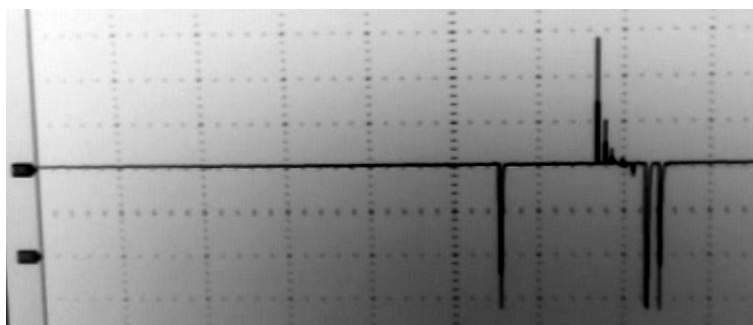
Rušení vzniká, když vodičem protéká proud, vytváří magnetické pole. Pokud protéká střídavý proud, vytváří elektromagnetické pole. Každý vodič může být zároveň anténou, která toto rušení vyzařuje do okolí či je z okolí přijímá.

V zapalovací soustavě střídavé napětí. Napětí na sekundárním vinutí cívky je přibližně 10-30kV a vytváří velmi vysoké elektromagnetické pole, které může způsobit i poškození citlivé elektroniky.

Proto se používá kabelů, kde jejich stínění musí být dobře ukostřeno.

Na obrázku 14 je zobrazen signál z čidla teploty motoru. V ideálním případě je průběh konstantní, v případě rychlé změny teploty mírně lineární v rozsahu napětí 0-5V, tedy v rozsahu měření veličin použitým kontrolerem. Jakákoliv hodnota mimo tento rozsah jej může vážně poškodit. Vertikální krok měření jsou 2 V/dílek, pomyslná nula je označena spodním kurzorem.

Na vedení se i se základními ochranami indukují napěťové špičky v rozsahu -3 až +10 V a způsobují vypínání kontroleru.



Obr. 14: Rušení při měření teploty motoru

Řešením může být vhodný kmitočtový filtr typu dolní propust, realizovaný pomocí rezistoru a kapacitoru s vhodnými velikostmi, případně několik paralelně zapojených kapacitorů. V automobilové praxi jsou běžně používány kapacitory s hodnotou 100 pF [17].

3.5 Jednotlivé prvky realizace

Pro samotný návrh obvodového schématu a následné rozmístění součástek na DPS byl zvolen program OrCAD.

Tabulka 7 shrnuje jednotlivé součásti monitorovací jednotky včetně připojených senzorů. Tučně jsou v ní vyznačeny části, umístěné přímo v jednotce, kurzívou prvky v modulu měření rychlosti, umístěného u tachometru a bez zvýraznění měřené veličiny a senzory v motorovém prostoru.

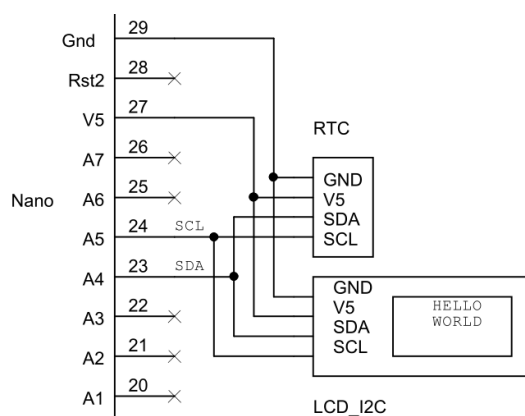
Schémat zapojení monitorovací jednotky jsou uvedena na obrázcích v příloze B.2, začínající na straně 71 a zapojení senzorů ke kabelovému svazku je uvedeno v příloze B.3 na straně 75.

Tab. 7: Jednotlivé obvodové části monitorovací jednotky

LCD	Signalizační LED
Akustická siréna	Tlačítka
Bargraf	Mikrokontroler
Bluetooth modul	Napájecí zdroj
Napětí v palubní síti	<i>Rychlost</i>
<i>Teplota kabiny řidiče</i>	<i>Otáčky motoru</i>
Spotřeba paliva	Teplota motoru
Venkovní teplota	

3.5.1 LCD

Jedná se o modrý dvouřádkový displej s bílým podsvícením, označovaný jako 1602. Vejde se na něj šestnáct znaků ve dvou řádcích, tedy maximálně 32 znaků. Je připojen přes sběrnici I²C ke kontroleru pomocí pinů SDA na pin A4 a SCL na pin A5, viz obrázek 15. "Nano" označuje použitý kontroler [11]. LCD zakoupen jako hotový modul z portálu E-bay.

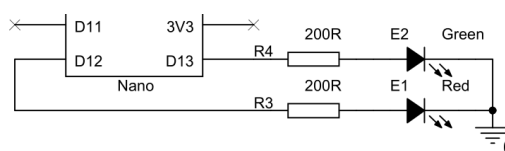


Obr. 15: Detail zapojení LCD

3.5.2 Signalizační LED

Jednotka je vybavena dvojicí indikačních LED, červenou a zelenou. Protože je dioda řízená proudem, je ke každé z nich sériově připojen odpor, ve schématu označený jako R4 a R5. Ke kontroleru jsou připojeny na výstupní piny D12 a D13, viz obrázek 16.

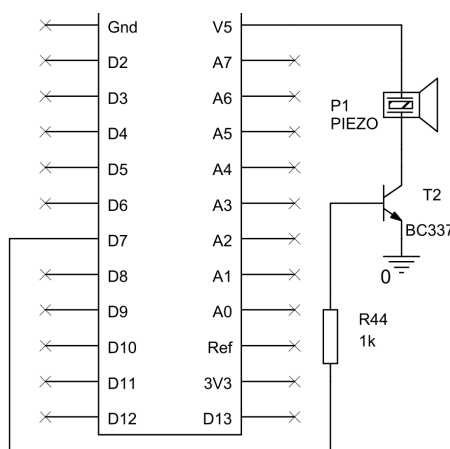
Maximální proud pinem kontroleru je 20 mA, proto je potřeba. Pro úroveň pracovního napětí 5V je podle Ohmova zákona potřeba sériově připojit odpor s hodnotou alespoň 100 Ω . Zvolena hodnota 2x větší, tedy 200 Ω , pro omezení náročnosti aplikace na spotřebu proudu. Celým pouzdrům může téct maximálně 200 mA a snadno může dojít k jeho zničení. Připojena je k pinu D13.



Obr. 16: Detail zapojení signalizační LED

3.5.3 Akustická siréna

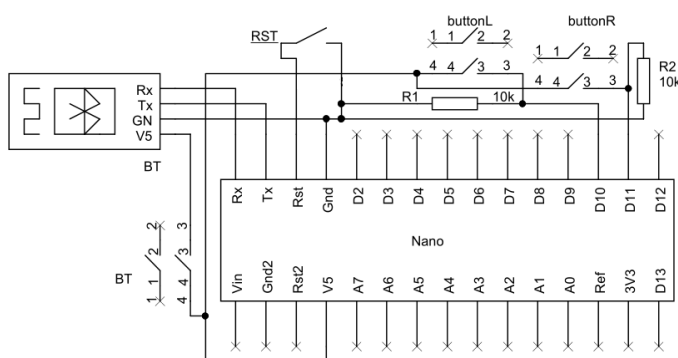
Při překročení kritických hodnot vybraných veličin, tedy například vysoké teploty motoru či nízké venkovní teploty se aktivuje akustická signalizace. Samotná siréna má v sobě integrovaný generátor na frekvenci 4 kHz a je připojena k pinu D7 pomocí NPN bipolárního tranzistoru BC337.



Obr. 17: Detail zapojení akustické sirény

3.5.4 Tlačítka

Jednotka je vybavena dvěma ovládacími tlačítky pro změnu zobrazení či procházení menu, která jsou ke kontroleru připojena na piny D10 a D11, dále spínačem pro spuštění bezdrátové technologie Bluetooth a jedním resetovacím tlačítkem, umístěným z boku.



Obr. 18: Detail zapojení tlačítek

3.5.5 Bargraf

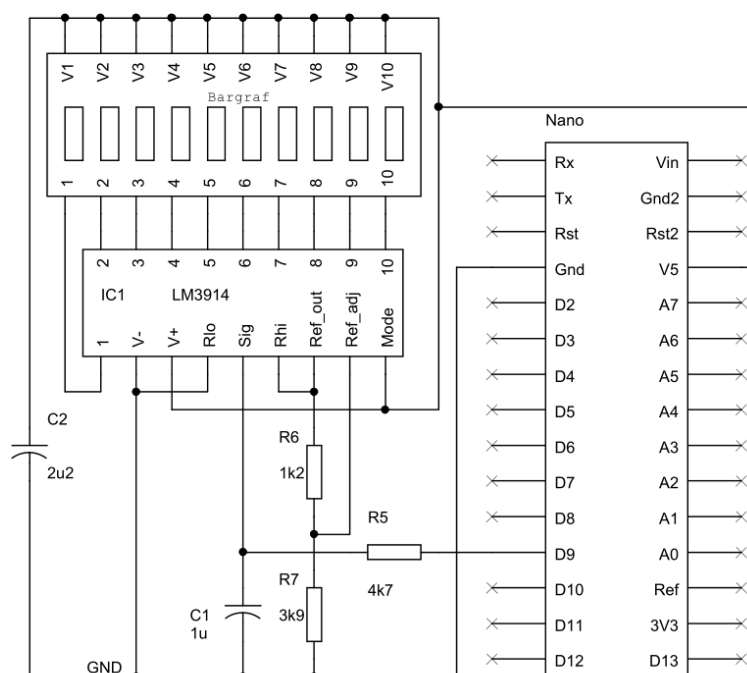
Dlouhodobým problémem v oblasti automotive je úspora zdrojů a tudíž i snižování spotřeby pohonných hmot za účelem dosažení nižších emisí. Kombinací informací z otáčkoměru, rychloměru a průtokoměru lze spočítat spotřebu v závislosti na zatížení motoru a z těchto hodnot dostat pomyslnou informaci o tzv. „ekonomičnosti jízdy“.

Informace je však orientační, neboť algoritmus neuvažuje zatížení auta dalšími pasažéry nebo nákladem, případně přívěsem, který přidává hmotnost soupravě o další stovky kilogramů. Zpřesnění je možné pomocí ultrazvukových senzorů nebo snímačů polohy odpružení k měření vzdálenosti mezi podlahou automobilu a povrchem vozovky a dále modulem, sestávajícím z akcelerometru a senzoru náklonu ke zjištění jízdy do / z kopce.

Pro zobrazení míry ekonomické jízdy výpočtem dílčích informací z výše uvedených tří měřidel je jednotka vybavena bargrafem. Jedná se o součástku s 10 LED, kde může nabývat různých barev. V jednotce osazený má 7 zelených a 3 červené LED.

Samotný indikátor je buzen řadičem LM3914, který podle vstupní úrovně signálu rozsvěcuje jednotlivé LED. Nastavení pracovního rozsahu probíhá pomocí rezistorů R6 a R7. Celý obvod je připojen k pinu D9. Protože Arduino neumí na svých výstupních pinech držet úroveň napětí mezi logickou 0 a 1, je realizována pomocí pulzně šířkové modulace PWM na přibližně 500 Hz [68]. Řadič však s modulací pracovat neumí a potřebuje spojitou hodnotu napětí, proto je mezi

výstup z kontroleru D9 a vstup do řadiče vložen filtr typu dolní propust, která potlačuje frekvence vyšší než přibližně 30 Hz [69].



Obr. 19: Detail zapojení sloupcového grafu LED

3.5.6 Mikrokontroler

Samotným srdcem jednotky je mikrokontroler. Řídí chod celého systému, sbírá informace ze senzorů a tlačítek, provádí výpočty a o naměřených veličinách informuje řidiče prostřednictvím přehledného LCD, indikačních LED, bezdrátově technologií Bluetooth. Při překročení hodnoty některé veličiny přes určitou hodnotu, například že otáčky motoru jsou příliš vysoké a hrozilo by jeho přehřátí či zadření, upozorní jednotka řidiče pomocí akustické sirény.

Výřez z obvodového schématu uvedeného v příloze 71 je na obrázku 20. Tabulka 16 uvádí připojení jednotlivých signálových vodičů ke kontroleru.

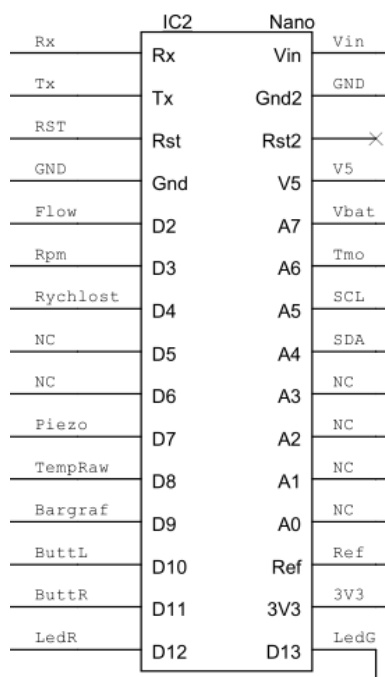
Z trhu dostupných kontrolerů byla zvolena pro svoji jednoduchost při psaní kódu a velmi příznivou cenu platforma Arduino včetně vývojového prostředí IDE. Všechno značení ve schématech je tedy shodné s klonem Nano, prakticky nejmenším zástupcem této rodiny, více informací v kapitole 4.1 na straně 40.

Každý ze 30 pinů má svoji funkci. Je zde napájecí pin Vin pro napětí v rozsahu 6-20 V, který bude použit pro záložní napájení z vnitřní baterie, 2x GND, sériová linka Rx a Tx pro připojení Bluetooth, 3,3V a 5V výstupní napětí, 2x resetovací piny, a 22 vstupně-výstupních pinů.

Značení jednotlivých prvků ve schématech bylo zvoleno dle následujícího klíče. Součástky čelního panelu začínají číslem 1 a součástky základní desky podle dílčích obvodů, připojených k jednotlivým pinům kontroleru. Počátek značení je pin Rx a pokračuje se proti směru hodinových ručiček. Konektory J9 a J10 jsou označeny podle počtu jejich pinů. Nezapojené piny, označené jako NC, mají připravené konektory pro budoucí připojení externích signálů, viz schéma na obrázku 49 na straně 72. Jsou označeny jako J3-J6.

Tab. 8: Přiřazení pinů mikrokontroleru

Pin	Funkce	Pin	Funkce
Rx	Bluetooth	D11	Pravé tlačítko
Tx	Bluetooth	D12	Červená ind. LED
Rst	Tlačítko	D13	Zelená ind. LED
D2	Průtokoměr	A0	NC
D3	Otáčky motoru	A1	NC
D4	Rychlost	A2	NC
D5	NC	A3	NC
D6	NC	A4	SDA
D7	Akustická signalizace	A5	SCL
D8	Tin + Tout	A6	Teplota motoru
D9	Bargraf	A7	Napětí baterie
D10	Levé tlačítko		



Obr. 20: Detail zapojení mikrokontroleru

3.5.7 Bluetooth modul

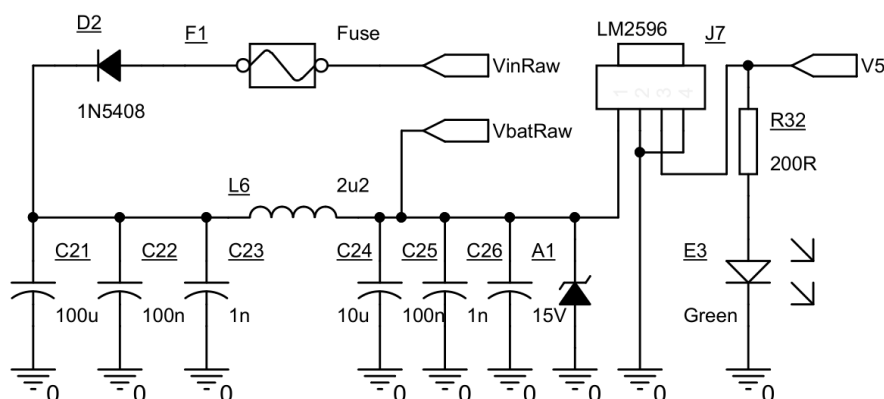
Jednotka je vybavena bezdrátovou technologií Bluetooth, sloužící k jednosměrnému přenosu informací mezi jednotkou a mobilním telefonem. Naměřené hodnoty jsou monitorovány na displeji mobilního telefonu nebo na tabletu pomocí aplikace Blueterm.

Jedná se o modul HC-06, připojený ke kontroleru pomocí pinů Rx a Tx. Více informací o samotném měření je uvedeno v kapitole 5.7 na straně 54. Zapojení je na obrázku 18 na straně 24.

3.5.8 Zdroj

O napájení celé jednotky a všech připojených periférií se stará napájecí spínaný zdroj s obvodem LM2596. Dostupný je na webovém portále E-bay a umožňuje měnit výstupní napětí pomocí víceotáčkového odporového trimmru.

Celé schéma napájení je uvedeno na obrázku 54 na straně 74 v příloze B.2. O ochranu vstupu spínaného zdroje se stará ochranná pojistka F1, dioda D2 má funkci ochrany proti případnému přepólování, neboť je jednotka vyvinuta pro záporné ukostření akumulátoru. Dále jsou před vstupem ochranné kapacity C21-C26, tlumivka L6 a ochranný transil A6 pro potlačení napětí vyšších než 15V. Na výstupu je připojena indikační zelená LED. Zdroj je nastaven na výstupní napětí 5,0 V.



Obr. 21: Napájecí obvod s ochranami

3.5.9 Napětí v palubní síti

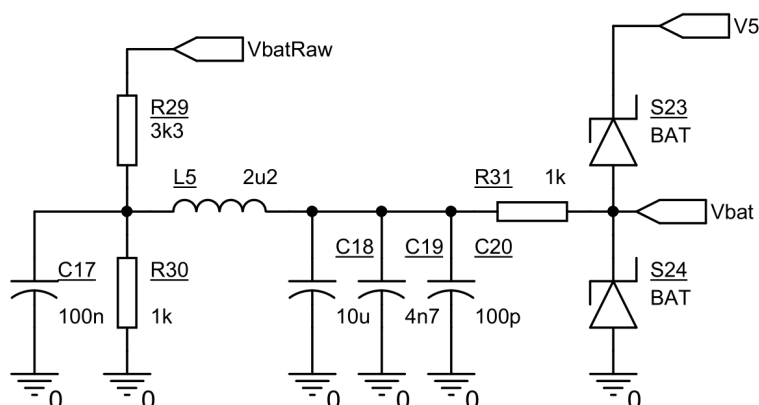
Jednou z důležitých informací je měření napětí v palubní síti pro případné zjištění závady na dobíjecím regulátoru nebo zda je baterie dostatečně nabitá pro spuštění motoru. Soudobé vozy potřebují ke svému chodu mnoho senzorů, které spotřebovávají navíc další energii, potřebnou navíc ke startování, například

senzor průtoku vzduchu, žhavení u naftových motorů a další. Při slabé baterii se motor neroztočí.

Napětí v palubní síti se mění v různých okamžicích jízdy. Při spouštění motoru může krátkodobě klesnout i pod 9 V, naopak při chodu motoru je akumulátor dobíjen z akumulátoru o jmenovitém napětí 14,2 V a kolísá podle otáček motoru a v závislosti na zapnutých spotřebičích elektrického proudu. Zároveň se na vodičích indukuje vysokofrekvenční rušení ze zapalovací soustavy či z jiskření komutátoru alternátoru [17].

Schéma měření napětí v palubní síti je uvedeno na obrázku 22. Vstupní svorka VbatRaw se připojuje na svorku VbatRaw ve schématu napájecího zdroje za vstupní ochrannou pojistku, diodu, kapacitní kaskádu a LC filtr.

Mikrokontroler má v sobě implementovaný A/D převodník na pinech A6 a A7 s rozsahem 0-5 V. Ke snížení napětí na požadovaný rozsah bude pomocí odporového děliče s dělicím poměrem přibližně 1:4. Obvod je doplněn dolnoproputným filtrem LC, sérií filtračních kondenzátorů a ochrannými Schottkyho diodami, které případné škodlivé napětí svedou do napájecí větve 5 V. Výstupní svorka Vbat je připojena k pinu A7 a celý obvod je integrován na základní desce jednotky.



Obr. 22: Detail zapojení obvodu měření baterie

Obvod je integrován přímo na základní desce, kde je napětí snímáno hned za a jednotka měří napětí na přívodním napájecím vodiči hned za nezbytnými ochranami.

3.5.10 Rychlost

Za účelem měření rychlosti byl vyvinut kit, umístěný mezi bowden vedoucí z převodového ústrojí do tachometru a tachometr. V něm je kovová osa, nahrazující původní spojení a na ní je neprůsvitná clonka. Otáčení osy je monitorováno

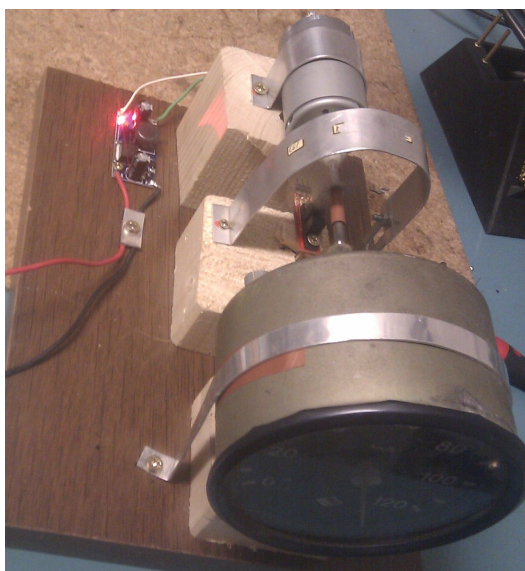
pomocí optické brány TCST2103, opět dostupné jako modul z E-baye. Na jednu otočku připadají dvě přerušení optického svazku.

Dále je kit osazen teplotním čidlem DS18B20 a zelenou LED pro indikaci přítomného napájecího napětí.

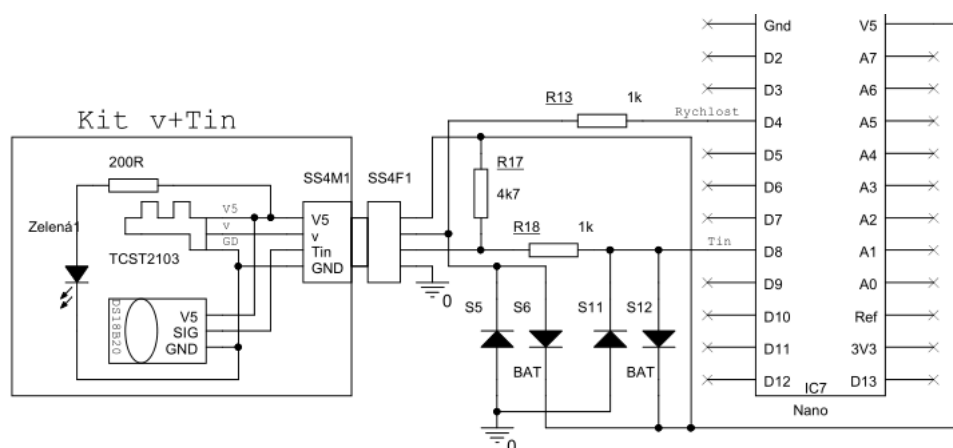
Šasi měřicího kitu je vyrobeno metodou 3D tisku na tiskárnách Průša Mendel a RebeliX.

Protože je kit mimo jednotku, bude s ní spojen pomocí kabelového svazku, ke kterému je připojen pomocí automotive konektoru typu Superseal [20].

Kalibrace měřidla proběhla pomocí jiného tachometru z testovacího vozu, buzeného stejnosměrným motorkem, viz obrázek 23. Optická brána s rotující clonkou je schována pod půlkulatým, kovovým, bezpečnostním krytem.



Obr. 23: Pohled na kit měření rychlosti



Obr. 24: Schéma zapojení senzoru měření rychlosti a vnitřní teploty ke kontroleru

3.5.11 Teplota uvnitř kabiny - Tin

Pro možné kreslení měření vlivem teplo vyzařující vnitřní elektroniky jednotky musel být senzor teploty v kabině umístěn mimo. Vhodným místem je tedy šasi měření rychlosti.

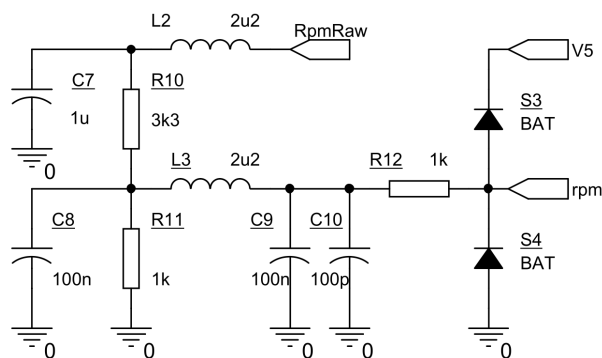
Ve schématu označen jako "Tin". Použit senzor DS18B20 Dallas, komunikující po sběrnici 1-wire. Ke správné funkci je třeba mezi napájecí a datový vodič připojit odpor s hodnotou $4k7 \Omega$. Sběrnice je připojena k pinu D8, co nejbližší k němu jsou opět připojené dvě Schottkyho ochranné diody, viz obrázek 24 na straně 29.

3.5.12 Otáčky motoru

Informace o otáčkách motoru jednotka získává ze zapalovací cívky ze svorky 1. Zároveň obvod musí být navržen tak, aby neovlivňoval chod zapalovací soustavy.

Testovací obvod je uveden na obrázku 25. Opět jako v případě měření napětí v palubní síti je vybaven odporovým děličem s přibližným poměrem 1:4, dvojicí dolnoproputných filtrů typu LC a ochrannými Schottkyho diodami.

RpmRaw je připojen ke svorce 1 na jednu ze zapalovacích cívek, svorka 'rpm' je připojeno ke kontroleru na pin D3.



Obr. 25: Detail zapojení obvodu měření otáček

3.5.13 Spotřeba paliva

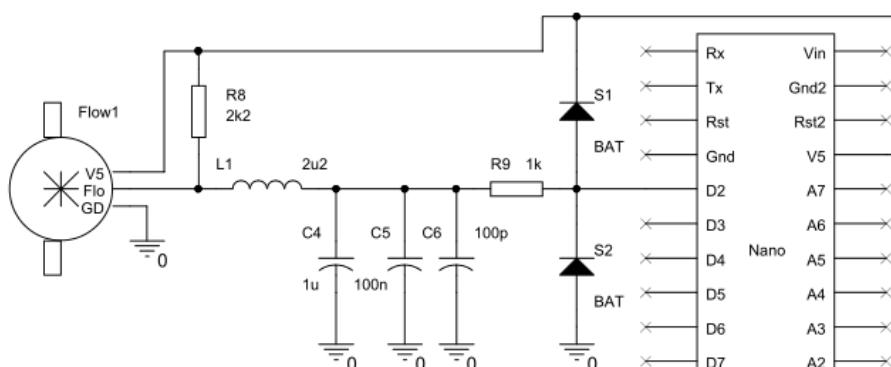
Informace o samotném použitém průtokoměru jsou uvedeny v podkapitole 3.3.1 na straně 18.

Výstup senzoru je realizován pomocí konektorů typu Header. Výrobce dodává spolu se senzorem konektor, na který je možné nakrımovat vlastní kabely, použité jsou koaxiálního typu, viz obrázek 29 na straně 35.

Rezistor R8 slouží jako 'pull-up', tedy odstraňuje zákmitý signálu generovaného senzorem. Dvojice L1-C4 je filtr typu dolní propust, následuje dvojice paralelně spojených filtračních kapacitorů, rezistor R9 omezuje proud do

kontroleru, S1 a S2 jsou ochranné Schottkyho diody. Obvod je připojen k pinu D2.

Měření probíhá pomocí čítání náběžných hran obdélníkového pulzu, současně pin D2 umí vygenerovat přerušování.



Obr. 26: Detail zapojení obvodu měření spotřeby paliva

3.5.14 Teplota motoru

Použité čidlo Pt1000 je prakticky s teplotou proměnlivý rezistor, kde křivka závislosti teploty na odporu roste polynomiálně, viz rovnice 1. Potřebné konstanty jsou uvedeny v tabulce 9.

Rozsah měření dle katalogového listu je od 803 do 2810 Ω pro teploty od -50 do 500 $^{\circ}$, pro dané měření je již rozsah měření teplot oproti digitálnímu čidlu typu Dallas nebo termistoru dostatečný.

$$R_t = R_0[1 + At + Bt^2 + C(t - 100)t^3] \quad (1)$$

Tab. 9: Konstanty pro výpočet teplotního polynomu

konstanta	hodnota	jednotka
A	$3.9083 \cdot 10^{-3}$	K^{-1}
B	$-5.7750 \cdot 10^{-7}$	K^{-2}
C	$-4.1830 \cdot 10^{-12}$	K^{-4}
R_0	1000	Ω

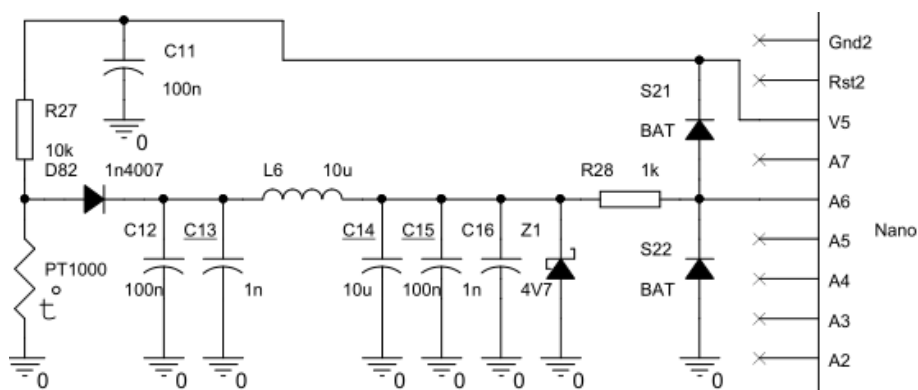
Kompromisem mezi náročností na výpočet a přesností je eliminace posledního kubického členu, který se navíc uplatní při teplotách pod 0 $^{\circ}$ C.

Vztah 2 pro výpočet teploty z naměřeného odporu je získán odvozením z kvadratické rovnice [11].

$$t = -\frac{A}{2B} - \sqrt{\left(\frac{A}{2B}\right)^2 - \frac{R_0 - R_{PT}}{R_0 B}} \quad (2)$$

Datasheet dále uvádí maximální proud procházející senzorem 1 mA. Pro testovací účely byl procházející proud omezen sériovým rezistorem o hodnotě 10 k Ω . Toto řešení není příliš vhodné, protože rezistor ovlivňuje měření v závislosti na kolísání napájecího napětí ze stabilizátoru, navíc se odpor mění, byť minimálně, s teplotou, proto budoucí verze počítají s proudovým zdrojem typu 'proudové zrcadlo' nebo se zapojením s obvodem LM317.

Zapojení teplotního senzoru je uvedeno na obrázku 27. Obvod obsahuje sérii filtračních kapacitorů C12-C16, ochrannou tlumivku L6, Zenerovu diodu Z1, omezující velikost napěťové špičky tak, aby nedošlo k poškození kontroleru, rezistor R28 omezuje proud, tekoucí do kontroleru a dvojici Schottkyho ochranných diod S21 a S22. Celý obvod je připojen k pinu A6. Oproti předchozím schémátům je v tomto schématu kontroler záměrně otočen kolem svislé osy.



Obr. 27: Obvodové schéma senzoru teploty motoru

ě

Pro správnou detekci teploty motoru a případného přehřívání válců je důležité vhodně zvolit umístění samotného čidla. Nejvyšší teplotu má motor v okolí svíčky, kde dochází k maximální kompresi pohonné směsi a k jejímu zapálení. Instalace senzoru mezi hlavu a svíčku je nemyšlitelná z důvodu možných změn podmínek ve spalovacím prostoru a tím i k nižšímu výkonu motoru. Zároveň je vhodné senzor k motoru přišroubovat nebo přilepit tak, aby kontakt byl z důvodu přenosu tepla dokonale hladký.

Senzor byl přišroubován ke kovovému kabelovému očku s otvorem oka na šroub o velikosti M6 a následně přišroubován společně s krytem motoru pevně k hlavě válce, jak je uvedeno na fotce na obrázku 71 na straně 83. K zajištění přenosu tepla mezi očkem a povrchem senzoru byla použita teplovodivá pasta firmy Noctua NT-H1.

3.6 Elektroinstalace

Historicky nejpoužívanějším značením svorek spotřebičů v automobilech je Bosch. Je také shodné s testovacím automobilem, popisovaným dále.

V tabulce 10 jsou shrnuta nejdůležitější připojovací místa jednotlivých komponent a spotřebičů.

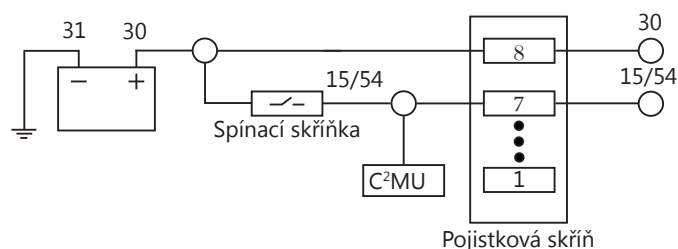
Tab. 10: Výběr ze značení svorek elektroinstalace současných automobilů, viz [17]

Svorka	Funkce
1	přerušovač, zapalovací cívka, otáčkoměr
15	zapalovací cívka, + pól, vedoucí ke spínací skříňce
15/54	spínací skříňka, napájení spotřebičů se zapnutým zapalováním
30	kladný pól baterie, spínací skříňka, startér
31	kostra

Pro jednotku potřebné svorky jsou 30 a 31, tedy +12 V z autobaterie a kostra automobilu a dále svorka 1, sloužící pro monitorování otáček motoru v závislosti na zapalovacích impulzech. Protože se jedná o dvoutaktní zážehový motor, odpovídá jeden zapalovací impuls jedné otáčce klikového hřídele.

3.6.1 Připojení ke stávající elektroinstalaci

Náhled zapojení jednotky do palubní elektroinstalace je na obrázku 28. Svorka 30 je trvale pod napájecím napětím, svorka 15/54 je pod napětím po otočení klíčku zapalování do polohy "zapnuto".



Obr. 28: Schéma připojení do stávající elektroinstalace

Obdélníky s čísly v pojistkové skříni testovaného vozu označují jednotlivé pojistky. Pro potřeby připojení jednotky jsou vhodné právě poslední dvě. Pojistka č. 8 je pod napětím trvale, pojistka č. 7 se zapnutým zapalováním.

Jednotka je zde označena jako "C²MU". Jedná se o zkratku z anglického "Classic Cars Monitoring Unit", do češtiny přeložitelné jako "monitorovací jednotka pro historické vozy / veterány". Je umístěna před pojistku č.7, chránící palubní spotřebiče z důvodu možného překročení jejich proudového odběru a zároveň má jednotka vlastní ochrannou pojistku. V případě vypnutí zapalování dojde i k vypnutí monitorovací jednotky.

3.6.2 Kabelový svazek

Uvažováno bylo několik řešení, kde mělo být několik dílčích jednotek spojených zprvu ethernetovými kabely, poté několika kabely typu RS232, tedy 9žilovými s koncovkou typu Canon, kde k jednotce bude svazek připojen jedním 25pinovým konektorem typu Canon.

Toto řešení se ukázalo jako náročné na konstrukci, navíc vzhledem k malému množství senzorů velmi naddimenzované a spousta vodičů nebo pinů konektorů by byla nezapojena. Proto bylo nakonec vzhledem ke zjednodušení zapojení zvoleno řešení s jedním 9pinovým konektorem typu Canon, viz obrázek 30 na straně 35.

Zapojení je uvedeno v příloze B.3 na straně 75 a samotné rozmístění jednotlivých částí po autě je v příloze B.4 na straně 76.

Tab. 11: Zapojení hlavního konektoru, viz obrázek 56

Značení	Význam
V12	Napájení jednotky z palubní sítě
GD	Kostra automobilu
V5	5Voltové napájení pro jednotlivé moduly
v	Čidlo pro měření rychlosti
Rot	Otáčky motoru, připojený na svorku 1
Flo	Průtokoměr
Tmo	Teplota motoru
Tin	Vnitřní / venkovní teplota
Rst	Pin pro připojení externího resetovacího tlačítka

Do hlavního konektoru jsou připojeny veškeré periferie, viz tabulka 11 na straně 34. PT1000 značí platinové teplotní čidlo, připojené jedním stíněným mikrofonním kabelem. Pro případnou tepelnou odolnost bylo na část v motorovém prostoru použito teplotně odolného nestíněného kabelu. Naneštěstí je nestíněná část příliš blízko vysokonapěťovému kabelu a indukuje se na něm nemalé rušení.

"Kit v+Tin" je krabička, instalovaná mezi čtyřhranné lanko vedoucí z převodovky do tachometru a tachometr, a má za úkol měřit rychlost jedoucího vozu pomocí optické brány, označované jako TCST2103 a dále měří vnitřní teplotu v kabině pomocí digitálního čidla DS18B20.

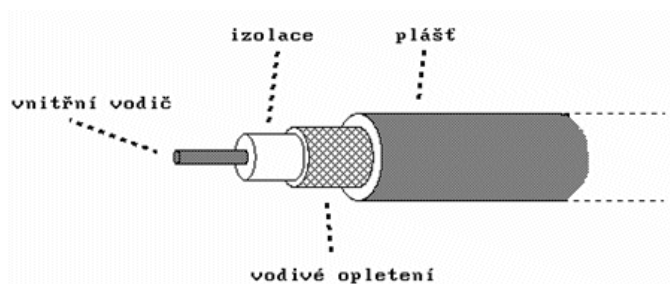
"Flow", neboli průtokové čidlo FCH-m-POM-LC od firmy B.I.O-TECH, je umístěné u axiálního ventilátoru chlazení motoru, sériově na palivové hadičce za palivovým filtrem, viz obrázky 13 a ?? na stranách 18 a ??.

"SS4M" označuje konektor typu Superseal, čtyřpinový "samec", "SS3F" třípinový superseal "samici".

"Rst" je resetovací tlačítko, kontroler se nuluje proti zemi.

"Pin_1" je využit k měření otáček ze signálu na zapalovací cívce, kde při rozepnutí kontaktů v přerušovači dojde k vygenerování budícího měřitelného signálu. Ten je přiveden do jednotky, kde je filtrován a dále zpracován.

Použité kabely jsou koaxiálního typu. Jedná se o stíněné kabely, používané ve vysokofrekvenční technice. Ve svazku je zahrnuto i stínění, označené čerchovanou čarou a také jako "Shi", tedy "shield".



Obr. 29: Vnitřní stavba koaxiálního kabelu [66]

3.7 Konektory

Pro různé požadavky na odolnost vůči rušení, vniku vody, mechanické odolnosti a počtu pinů byly zvoleny následující konektory:

- Canon 9 pinů, který je na obrázku 30
- konektor se zámkem typu "Header" dvou a čtyřpinový, viz obrázek 32
- konektor typu "Superseal" tří a čtyřpinový, uvedený na obrázku 31



Obr. 30: Canon



Obr. 31: Superseal



Obr. 32: 4pinový header

Použité propojovací konektory [20]

3.7.1 Hlavní konektor

K připojení jednotky ke kabelovému svazku byl zvolen cenově přijatelný a dobře dostupný 9pinový konektor typu D-sub, také označovaný jako Canon, viz obrázek 30. Protože se jednotka bude nacházet v prostoru kabiny řidiče, není zde velký požadavek na odolnost vůči vodě. Zároveň je možné jej přišroubovat a tudíž dosáhnout i požadované mechanické odolnosti vůči vibracím za jízdy.

Konektor je shodný se sériovým portem typu RS232 a není s ním kompatibilní. Připojením jednotky k jinému vedení než je kabelový svazek nainstalovaný v testovacím automobilu může dojít k jejímu nevratnému zničení [65].

Tab. 12: Zapojení hlavního konektoru

Pin	Signál	Pin	Signál	Pin	Signál
1	12 Vin	4	v	7	Tmo
2	GND	5	Rot	8	TinTout
3	5 Vout	6	Flow	9	RST

3.7.2 Vnitřní konektory jednotky

Zvoleny byly zámkové konektory typu Header, viz obrázek 32 na straně 35. Jsou použity dvou, čtyř a desetipinového typu. Dvoupinové jsou použity k připojení ochranné pojistky a pro případné připojení signálů na nezapojené piny kontroleru. Čtyřpinový konektor je použit pro připojení napájecího zdroje a desetipinový pro připojení čelního ovládacího panelu.

Jsou dohledatelné pod označením PSH02-02PG, PSH02-04PG a PSH02-10PG [20].

3.7.3 Zapojení senzorů mimo jednotku

Většina senzorů bude umístěna v motorovém prostoru, tedy v místě, které je ztížené vlivem zvýšené prašnosti a vlhkosti, ať už v podobě kapek při kondenzaci vodních par, obsažených ve vzduchu nebo stříkající vody při jízdě.

Z tohoto důvodu byly zvoleny konektory typu superseal, jež se na poli automotive již několik let používají, a to v 3 a 4pinovém provedení, viz obrázek 31 na straně 35 [20].

3.8 Umístění do vozidla

Současně s vývojem elektroniky probíhalo hledání vhodného umístění samotné jednotky do prototypového automobilu. Vhodným místem je otvor přímo v palubní desce, od výrobce připravený pro montáž dobového autorádia, zakrytý plastovou záslepkou. Tento prostor může pojmout jednotku o velikosti až přibližně 30 x 15 x 15 cm, otvor v palubní desce má rozměry 10 x 4,5 cm, viz obrázek 65 v příloze D na straně 80.

Pro potřeby umístění jednotky vyhovuje, je však potřeba vhodně zvolit postup montáže, neboť je zde omezený prostor pro šroubovák. Ostatní návrhy zvoleny nebyly z důvodu omezení výhledu z vozu, zakrytí tachometru či rizikem přetržení kabelů v případě instalace na samotný volant.



Obr. 33: Vhodně umístěný vývojový prototyp jednotky v autě

3.9 Instalační krabička

Norma ČSN EN 60529 popisuje stupně ochrany elektrických zařízení pomocí ochranných krytů, viz příloha E.

Základním požadavkem na krytí monitorovací jednotky je IP53, která zajišťuje ochranu jednotky před prachem a deštěm. Původní autosedačky a koberce vytvářejí vlivem stárí prашnější prostředí než jaké panuje v běžném soudobém voze.

Jednotka bude umístěna přímo do palubní desky na místo automobilkou zamýšleného rádia. Pro minimální vlhkost není třeba vysokého stupně krytí. Původní návrh počítal s utěsněním kritický spojů a otvorů pro displej, konektor, tlačítka a indikační diody montážním tmelem či silikonem [11], z důvodu budoucích úprav vývojového prototypu bylo od dokonalého utěsnění jednotky upuštěno.

Otvor v přístrojové desce má rozměry 100 x 45 mm a navíc dva elipsovité otvory po stranách, viz obrázek 65 v příloze D.

Měřením a vývojem prvního prototypu byla zvolena vhodná rozteč mezi montážními šrouby M6, a to 130 mm. Při vývoji druhého prototypu byla proto zvolena krabička PAWBOL S-BOX 216 s rozměry, uvedenými v dokumentaci, uvedenými 120x80x50 mm. Při montáži do vozu však bylo zjištěno, že svými vnějšími rozměry 130x89x56 mm nevyhovuje.

Na obrázku 34 je zobrazena krabička pro třetí prototyp, více informací je možné dohledat na webových stránkách prodejce [20]. Jedná se o polystyrénovou IP65 krabičku Pawbol S-BOX 116 béžové barvy s vnitřními rozměry 100 x 100 x 50 mm a vnějšími 109 x 109 x 53 mm. Na každou stranu tedy připadá rezerva pro montážní prvky přibližně 10 mm.



Obr. 34: Zvolená krabička Pawbol 116, IP65

3.10 Deska plošných spojů

Při tlaku na cenu a rychlost výroby byla namísto osvědčeného PragoBoardu, cenník viz [13], zvolena amatérská výroba všech kitů a základní desky v dílně studentského projektu MacGyver v prostoru strahovských kolejí za asistence zkušených bastlířů. Více informací o výrobním postupu je uveden přímo na stránkách projektu, viz [10]. Na obrázcích 66 a 67 v příloze D na straně 81 jsou zobrazeny vyrobené desky plošných spojů.

Desky jsou dvouvrstvé, kde z jedné strany jsou rozvedeny cesty a z druhé strany je rozlita měď s nulovým potenciálem a osazené součástky. Výjimku tvoří konektory Canon 9 a J10, které pro snadnější montáž jsou připájeny ze strany cest. Použité součástky jsou vyrobeny technologií THT, tedy je potřeba zvolit dostatečně velké pájecí plošky pro součástky s ohledem na velikost použitého vrtáku.

Zároveň je nutné dbát na montážní otvory, které jsou ve výše zmíněných deskách zobrazeny jako největší soustředné kružnice. U desky čelního panelu, na obrázku 66, se jedná o otvory na použitý LCD, u základní desky na obrázku 67 jsou otvory připraveny pro montáž do připravené struktury v instalační krabici.

Cesty jsou rozvedeny s tloušťkou 15 milů, vzdálenost mezi jednotlivými cestami je také 15 milů.

3.11 Použité hotové moduly

Z webového portálu E-bay byly zakoupeny následující moduly pro Arduino:

- Dvouřádkový, šestnáctiznakový, I²C, modrý LCD s bílými znaky typ 1602
- Optická brána TCST2103
- Bluetooth HC-06
- Vodotěsné teplotní čidlo DS18B20
- Napájecí spínaný zdroj s obvodem LM2596 a se třemi sedmisegmentovými displeji

Výhodou použití zahraničního obchodu je jednoznačně cena pořízení. Nevýhodou je doba dodání v rámci několika týdnů až jednoho měsíce a nutnost mít zřízený účet na tomto obchodním portálu.

4 | Software

4.1 Platforma Arduino

Pro předpokládanou nenáročnost aplikace se z na trhu dostupných platform se uvažovalo mezi kontrolery od STMicroelectronics a Arduino, konkrétně nízkoodběrové Nucleo-32, viz [30] a Nano, viz [8].

Pro vyšší pořizovací náklady a žádné zkušenosti s programováním bylo od řady Nucleo upuštěno, na rozdíl od Arduina, se kterým byly realizovány semestrální práce předmětů Základy lékařské elektroniky a Obrazové senzory na škole. Proto byl vybrán kontroler Nano z rodiny Arduino s dostatečným výkonem pro danou aplikaci.

Procesory od firmy Atmel se liší počtem vstupně-výstupních pinů i výkonem a jsou základem pro desky Arduino Mini, Mega, Leonardo, Yún, Ethernet a další.

Pro srovnání jsou základní informace o kitu NUCLEO-32 s procesorem STM32L031K6T6 uvedeny v tabulce 13 na straně 41.

4.2 Vývojové prostředí IDE

Prostředí pro ně je zdarma, je multiplatformní a je zjednodušeno pro širokou veřejnost tak, aby i člověk kontrolerů neznalý s nimi mohl začít pracovat. Detail okna programu je uveden na obrázku 36 na straně 41. V základu obsahuje řadu názorných příkladů pro snadnější porozumění syntaxi [9].

4.3 Klon Nano

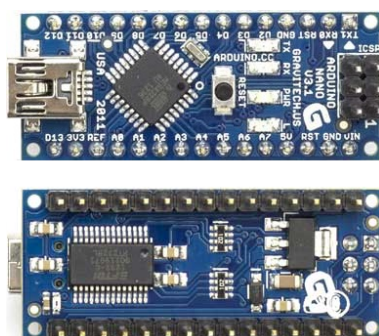
Prakticky nejmenším a s ohledem na cenu velmi příznivým kontrolerem je Nano, viz obrázek 35 na straně 41, kde je kontroler zobrazen shora a zespoda. Obsahuje 23 vstupně výstupních pinů. Použitá verze obsahuje řadič CH340, který oproti pravému 'plug&play' kontroleru potřebuje speciální ovladač.

4.4 Vlastnosti

Procesor obsahuje jádro řady *MEGA*, konkrétně *ATMEGA 328P*. V tabulce 13 jsou shrnuty základní informace o klonu Nano [9] a o vývojovém kitu Nucleo od STMicroelectronics [30].

Tab. 13: Srovnání vlastnosti klonu Nano a kitu Nucleo

	Nano	Nucleo
Procesor	ATmega 328P	STM32L031K6T6
Architektura	8-bit	32-bit
Takt krystalu	16 MHz	32 MHz
Flash paměť	30 kB+2 kB BL	32 kB
SRAM	2kB	8kB
Pracovní napětí CPU	1.8-5.5 V	1,65-3.6 V
Maximální proud pinu	40 mA	100 mA
Spotřeba	19 mA	76 μ A/MHz
Počet I/O pinů	23	až 38
Analogové piny	8	10
Přerušení	2	16
Sběrnice	SPI, I ² C, UART	SPI, I ² C, UART
Konektivita s PC	mini USB	micro USB
Cena procesoru	1.7 USD	2.6 USD
Cena kitu	3 USD	10 USD



Obr. 35: Arduino Nano

```

Test_7_v | Arduino 1.6.7
Soubor Úpravy Projekt Nástroje nápověda

Test_7_v
//////////////////////////////////////////////////////////////////
//-----MAIN-----
//////////////////////////////////////////////////////////////////

void loop(void)
{
  sensorValue = analogRead(Vpin);
  FreqVsum = 0;

  // measure 5 times speed
  for(i = 0;i<aver;i++)
  {
    HighV=pulseIn(Vpin,HIGH,PInTime); //read h
    LowV=pulseIn(Vpin,LOW,PInTime); //read l
    TimeV=HighV+LowV;
    if (TimeV != 0)
  }
}
Kompilece ukončena.
Projekt zabírá 8 446 bytů (27%) úložného místa pro
Globální proměnné zabírají 547 bytů (26%) dynamické
Arduino Nano, ATmega328 on COM3

```

Obr. 36: Arduino prostředí IDE

4.5 Obslužný kód

Následující odstavce popisují trukturu kódového diagramu, uvedenou na obrázcích v příloze F, začínající na straně 86.

Pro přehlednost je rozdělen na dílčí subrutiny podle měřených a zpracovávaných veličin.

Na obrázku 75 je uveden detailní popis celého obslužného algoritmu, rozděleného na dvě části, SETUP a následně HLAVNÍ SMYČKU.

SETUP počíná zapnutím zapalování. Kontroler nejprve nastaví vstupní a výstupní porty podle tabulky 16 na straně 50. Dále inicializuje LCD, sériovou linku a 1-wire sběrnici. Následuje uvítací obrazovka se spuštěním časovače pro monitorování veličin, závislých na průběhu času a po krátké chvilce obrazovku smaže.

Následuje hlavní smyčka programu, kde jdou po sobě následující subrutiny:

- měření rychlosti
- měření otáček motoru
- výpočet a zobrazení spotřebovaného paliva
- měření teploty motoru
- měření venkovní a vnitřní teploty
- napětí v palubní síti

4.5.1 Měření rychlosti

Schéma je uvedeno na obrázku 76. Následuje po inicializaci / SETUPu, jde-li o první běh hlavní smyčky programu nebo po měření napětí v síti, běží-li hlavní smyčka opakovaně.

Rychlost je měřena pomocí funkce 'PulseIn'. Nejprve je u obdélníkového signálu změřena doba trvání logické jedničky a následně doba trvání logické nuly v μs . Doba trvání jedné periody je dána součtem těchto dvou časů. Informaci o frekvenci kontroler získá ze vztahu 3. Je potřeba převést hodnotu v μs na sekundy.

$$f = 1/T \quad (3)$$

Výpočet rychlosti probíhá pětkrát, kdy v každém průběhu hlavní smyčky dojde k jednomu výpočtu. Po dosažení správného počtu naměřených hodnot je kontroler zprůměruje, odešle data po sériové lince a provede finální výpočet. Takto získaná hodnota totiž neodpovídá skutečné, ale rychlosti přerušení optického

svazku. Na jednu otočku měřené hřídelky připadají dvě přerušení, je potřeba hodnotu vydělit dvěma a vynásobit konstantou, získanou měřením závislosti otoček hřídelky na informaci o rychlosti, udávané kalibrovaným tachometrem z testovaného vozu.

Následuje rozhodovací algoritmus, informující řidiče o překročení maximální povolené rychlosti akustickou signalizací a zobrazením jediné hodnoty na LCD, je-li naměřená rychlost vyšší, než 90 km/h.

4.5.2 Měření otáček motoru

Měření otáček klikového hřídele počítalo se vstupním signálem obdélníkového průběhu, proto měřicí rutina je prakticky totožná s měřením rychlosti. Detail je uveden na obrázku 77.

Obdélníkový signál lze ze zapalovacího impulsu získat za pomoci tvarování pomocí klopných obvodů.

Akustická siréna varuje řidiče při překročení otáček hodnotu 4 500 rpm.

4.5.3 Měření spotřeby

Průtokoměr je připojen k pinu kontroleru, který podporuje přerušení. Toho je využito k počítání impulsů, které průtokoměr generuje.

Obsluha přerušení je uvedena na obrázku 78, proběhne při zachycení náběžné hrany obdélníkového signálu a kontroler pouze zvětší hodnotu proměnné o 1. Následuje návrat zpět do hlavní rutiny.

Pro získání počtu spálených litrů paliva kontroler vydělí počet impulsů, odpovídajících počtu přerušení, vyvolaných signálem z průtokoměru, kalibrovanou konstantou. Postup získání této konstanty je uveden v kapitole 5.2 na straně 48.

Po té vypočtenou hodnotu odešle po sériové lince a na LCD zobrazí nově změřenou informaci.

4.5.4 Měření teploty motoru

Tato funkce nejprve změří napětí na pinu A6, ze kterého spočítá hodnotu napětí ve Voltech a následně z napěťového děliče hodnotu odporu čidla.

Výpočet teploty, změřené čidlem na bloku motoru, je uveden v rovnici 2 na straně 31.

Měření hodnoty opět probíhá 5x, kde dojde k průměrování hodnot a odeslání po sériové lince.

Akustické varování se aktivuje při teplotě motoru vyšší než 150 °C.

Diagram měřicího algoritmu je uveden na obrázku 80.

4.5.5 Měření venkovní teploty

V části SETUP nejprve proběhne inicializace knihovny a nastavení správného pinu kontroleru.

V samotné rutině je potřeba vybrat správnou adresu digitálního čidla. Knihovna informaci o přijaté teplotě zpracuje a je možné s ní rovnou pracovat dále.

V průběhu testování se na vedení objevovalo rušení, které často přijatou hodnotu měnilo na hodnotu '-127'. Do měřicího algoritmu byla implementována podmínka, že naměřená teplota musí být v intervalu od -50 do 100 °C, jiné hodnoty nebudou dále zpracovány. Teplotu kontroler opět změří 5x a zprůměrovanou hodnotu nejprve odešle po UART a následně obnoví na příslušné pozici na LCD.

Akustická signalizace se ozve v okamžiku, kdy venkovní teplota klesne pod 2 stupně Celsia, tedy kdy se na silnici může objevovat náledí.

4.5.6 Měření vnitřní teploty

Myšlenkově je stejné jako měření venkovní teploty, opět záleží na správně zvolené adrese čidla. Se získanou informací se dá přímo pracovat, kontroler nejprve eliminuje hodnoty mimo tolerovaný interval, poté 5x změří hodnotu, kterou následně zprůměruje, odešle po UART a na LCD zobrazí novou hodnotu.

Akustická signalizace v tomto případě není nutná.

4.5.7 Měření napětí v palubní síti

Obsluha měření napětí v síti je uvedena na obrázku 83. Kontroler nejprve získá informaci o napětí na pinu A7, následně hodnotu zkoriguje tak, aby odpovídala skutečné hodnotě. Hodnota korekce byla získána experimentálně pomocí informace, změřené jednotkou a hodnotou změřenou multimetrem.

Následuje výpočet hodnoty na napěťovém děliči a z ní kontroler spočítá napětí v palubní síti. Protože hodnota s běžícím motorem velmi osciluje, proběhne opět průměrování z pěti hodnot. Ty jsou odeslány po UART a údaj je na příslušné pozici na LCD aktualizován.

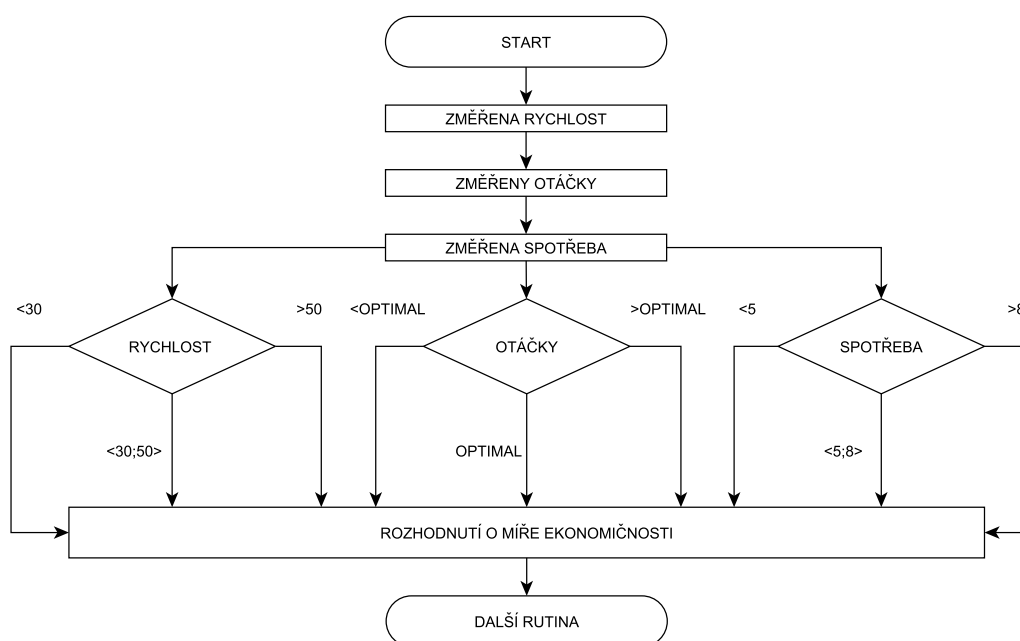
Akustická siréna se rozezní v případě, že napětí klesne pod 10,5 V, tedy kdy začne docházet k nevratnému poškození nainstalovaného akumulátoru.

4.5.8 Zobrazení ekonomičnosti jízdy

Prozatím do kódu neimplementovaná informace o ekonomičnosti jízdy, otestována náhodnými vstupními daty, diagram je na obrázku 37.

Schéma je výrazně zjednodušeno, celý kód obsahuje 27 rozhodovacích funkcí. Algoritmus potřebuje znát informace o změřené rychlosti, otáčkách a aktuální spotřebě. Z těchto dat se rozhodne, kolik LED bude svítit a tudíž jak je jízda ekonomická či ostrá.

Referenčními rozhodovacími body byly u rychlosti hodnoty 30 a 50 km/h, u otáček je nutno experimentálně zvolit, jsou zde však také tři oblasti, a to optimální, vyšší a nižší než optimální. Stejně jsou rozhodovací prahy voleny u spotřeby pohonných hmot, a to pět a osm l/100 km.



Obr. 37: Kódový diagram ekonomičnosti jízdy

5 | Měření

5.1 Testovací automobil

Následující kapitola popisuje testovaný automobil, zapojení jednotky do stávající elektroinstalace, metodiku měření a výsledky měření jednotlivých provozních veličin.

Pro potřeby testování jednotky byl použit konstrukčně velmi jednoduchý a v tehdejší Československu rozšířený vůz zahraniční produkce, a to východoněmecký Trabant 601S z roku 1976 bílé barvy, náhled na obrázku 38. Tyto vozy vyráběla automobilka Sachsenring v saském městě Zwickau mezi léty 1964 - 1989 s minimálními změnami [15]. Úprava monitorovací jednotky pro vozy 601 s různými roky výroby tedy bude minimální.



Obr. 38: Testovací vůz Sachsenring 601S Trabant



Obr. 39: Palubní deska se sdruženým informačním přístrojem vozu Sachsenring 601 Trabant

5.1.1 Vlastnosti testovaného vozu

V tabulce 14 jsou uvedeny základní vlastnosti testovaného vozu:

Tab. 14: Přehled základních údajů o voze [14]

Uložení motoru	vepředu před přední nápravou
Počet válců	2
Druh	dvoudobý benzínový motor
Chlazení	vzduchem
Zdvihový objem	594.5 cm ³
Palivo	směs benzínu s olejem v poměru 33:1
Příprava směsi	Karburátor
Výkon	19.1 kW / 26 HP při 4200 ot/min
Zapalování	12 V akumulátorové
Alternátor	14 V, 42 A
Palivová nádrž	26 litrů, rezerva cca 4 litry
Spotřeba	7,3 l při 65 km/h
Pneumatiky	4Jx13, průměr nové pneumatiky 562 mm
Hmotnost	615 kg
Typ emisního systému	neřízený

5.1.2 Přístrojový panel

Zobrazovací sdružená jednotka je uvedena na obrázku 39 na straně 46. Sestává z ukazatele rychlosti, počítadla kilometrů a několika kontrolky, a to ukazatel dobíjení, ukazatel chodu směrových světel a signalizace dálkových světel.

Přístrojová deska je dále vybavena elektroakustickým měničem, který vydává výrazný tón v případě zapnutých světel bez zapnutí zapalování.

Sledováním teploty motoru vůz vybaven není, je chlazen proudem vzduchu z axiálního ventilátoru, poháněného klínovým řemenem.

Poslední modely byly vybaveny ukazatelem spotřeby, tzv. ekonoměrem či ukazatelem ekonomické jízdy. Zobrazovací přístroj byl zabudovaný v palubní desce napravo od tachometru a skládal ze 7 nebo z 12 LED. K němu připojený senzor, umístěný v motorovém prostoru sériově mezi palivovou nádrží a karburátorem, měřil průtok paliva z nádrže do motoru.

Více informací o jízdních nebo o provozních vlastnostech testovací automobil poskytnout neumí.

5.2 Měření spotřeby paliva

Samotný průtokoměr je sériově umístěn mezi palivový filtr a karburátor, viz obrázek 13 v podkapitole Sensory na straně 18.

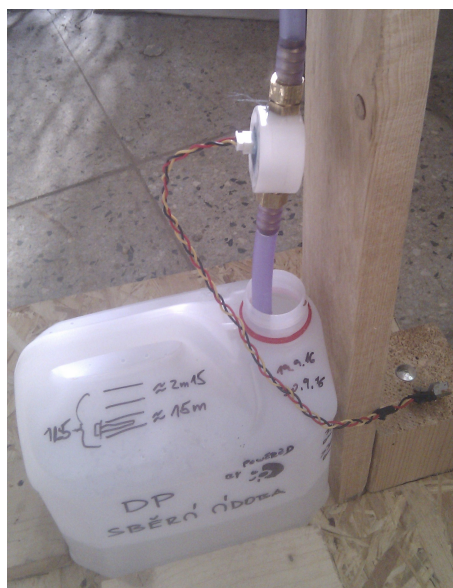
K měření průtoku paliva byl zvolen senzor FCH-m-POM-LC od německé firmy B.I.O-TECH. Standardně je dodáván se zásuvnou tryskou pro změnu měřicího rozsahu. Pro zásuvnou trysku udává výrobce přibližně 10 000 impulzů na jeden litr měřené kapaliny, pro použití bez zásuvné trysky přibližně 2 500 impulzů na jeden litr.

Testování proběhlo za pomoci dvou plastových nádob po vzoru přečerpávací vodní elektrárny, mezi nimiž byl umístěn průtokoměr. Názorná ukázka měřicího průtokoměru je na obrázku 40. Měřený objem byl dva litry.

Tabulka 15 shrnuje kalibraci počtu impulzů z průtokoměru pro větší průřez z deseti vzorků měření pro odměřené dva litry vody.

Tab. 15: Kalibrace senzoru průtoku

Měření	Hodnota	Měření	Hodnota
1	5214	6	5235
2	5232	7	5249
3	5225	8	5241
4	5235	9	5239
5	5242	10	5229
Průměr	5234,1		



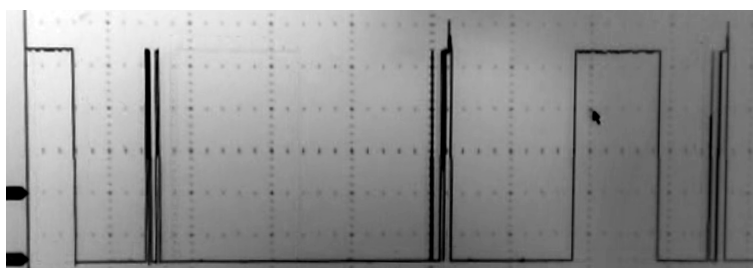
Obr. 40: Spodní část kitu měření průtokoměru

Proběhl i test zásuvné trysky se dvěma identickými průtokoměry. Do okamžiku odevzdání práce se měření nepodařilo úspěšně realizovat. Proběhlo testování s přibližně 250 ml vody při atmosférickém tlaku otevřené horní nádoby, tedy obdobné měřicí podmínky, jako panují v palivové soustavě. Voda průtokoměrem protekla, avšak vnitřní turbínku neroztočila ani při několikerém opakování testu při různých pozicích průtokoměru podle návodu z katalogového listu od firmy Conrad, který přišel společně s průtokoměrem.

Při náhodném testu průtokoměru, kdy namísto vody přívodní hadičkou procházel stlačený vzduch, turbínka začala generovat pulzy. O něco lépe senzor měřil při podtlaku na druhé straně senzoru. Tato metodika měření však není vhodná pro dané podmínky, panující v testovaném voze. Senzor je tedy funkční, avšak má buď špatné údaje v katalogovém listu nebo jeho použití je pro jiné měření, než je potřebné pro danou aplikaci.

Test proběhl i na testovaném voze, kdy byl průtokoměr i se zásuvnou tryskou vložen do palivové soustavy. Průběh signálu je vidět na obrázku 41, nastavení osciloskopu vertikálně jeden V/dílek, horizontálně 20 ms/dílek. Nulový potenciál je opět označený v levém dolním rohu tučným kurzorem. Z obrázku je vidět, že část signálu je vyšší než 5V. Zároveň oproti očekávanému průběhu ze senzoru, tedy pravidelného obdélníkového signálu senzor průtok paliva prakticky neměří.

Protože je kabelové vedení umístěno příliš blízko zapalování, je i s použitím ochran v podobě stíněných koaxiálních kabelů a Schottkyho diod na měřicím kitu nedostatečné. Navrhované budoucí řešení je kromě dokonalého ukostření stínění vyvinout měřicí krabičku do těsné blízkosti senzoru, která bude upravovat signál přímo u senzoru a odesílat jej zpracovaný bude diferenciálním vedením nebo digitálně.

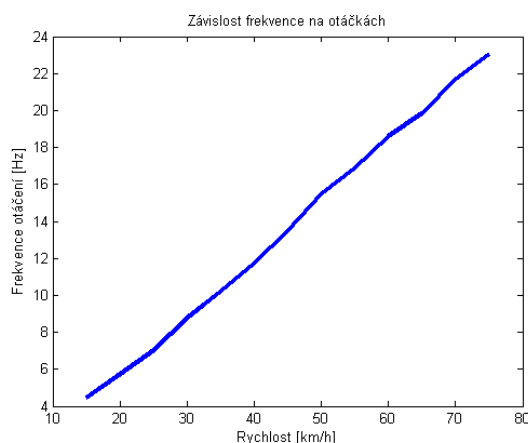


Obr. 41: Měření signálu z do auta namontovaného průtokoměru

5.3 Rychlost

Test rychlosti proběhl pomocí vývojového kitu, uvedeného na obrázku 23 na straně 29, sestávajícího ze stejnosměrného motorku, hřídelky s optickou clonkou a tachometrem z prototypového vozu. Pro tuto soustavu byl vyvinut měřicí algoritmus, ze kterého byla získána data o otáčkách hřídelky. Těm byla přiřazena hodnota rychlosti, odečtená z kalibrovaného rychloměru prototypového vozu, obrázek 42.

Data o otáčení hřídelky byla snímána pomocí optické brány a do počítače odesílána prostřednictvím UART s komunikační rychlostí 9600 baudů. Každá z hodnot byla průměrována z alespoň třiceti přijatých údajů.



Obr. 42: Závislost otáček hřídele testovacího kitu rychlosti na zobrazené rychlosti auta

Měřicí kit první verze je uveden na obrázku 23 na straně 29, druhá verze v uzavřené krabici je uvedena na obrázku 74 příloze D na straně 84. Fotka je z měření v prototypovém voze, kde je z jedné strany připojen bowden a na druhou stranu je připojen tachometr.

Tab. 16: Závislost otáčení hřídelky bowdenu na rychlosti jedoucího vozu

Rychlost	Otočky hřídelky	Rychlost	Otočky hřídelky
10	2,45	45	13,49
15	4,45	50	15,47
20	5,73	55	16,87
25	7,02	60	18,59
30	8,78	65	19,83
35	10,21	70	21,68
40	11,73	75	23,02

Při posledním realizovaném měření proběhl test mechanického návrhu druhého prototypu. Ručička tachometru vykazovala oproti původnímu zapojení drobné

oscilace, po asi 20 najetých km tachometr stále ukazoval přibližnou hodnotu o rychlosti jedoucího vozu. Vcelku úspěšný test také proběhl s připojeným kontrolerem a základní ochranou, realizovanou pomocí dvojice Schottkyho diod.

5.4 Teploty

5.4.1 Teplota motoru

Ideálním místem pro měření teploty motoru je co nejbližší spalovací komoře, tedy poblíž svíček. Z hlediska realizace to možné nebylo pro ovlivnění spalovacích podmínek, které panují v prostoru uvnitř válců. Zároveň byla myšlenka navrtat do válce otvor a osadit do něj měřicí senzor okamžitě majitelem zapůjčeného testovacího vozu zamítnuta.

Čidlo teploty motoru tedy bylo umístěno na hlavu motoru, kde je z druhé strany přitisknuto kovovým krytem motoru. To způsobuje největší setrvačnost při měření a zároveň největší zkreslení. Dále vzhledem ke vzdálenosti a mase hliníku mezi spalovací komorou a samotným senzorem je informace velmi zpožděna v závislosti na prostupu tepla až k prostoru chladiče.

Dalším zkreslením měření je samotné zapojení, kde je výsledná teplota měřena s krokem přibližně 3,5 °C vzhledem ke kvantovacímu kroku A/D převodníku použitého kontroleru, jak je vidět na obrázku 73 na straně 84. Zatímco teplota uvnitř kabiny byla necelé dva a půl °C, senzor teploty motoru ukazuje 6 °C. V době měření hodnota oscilovala mezi hodnotou 3 a 6 stupňů v závislosti na naměřené hodnotě převodníkem.

Největší komplikací z hlediska měření však byla přítomnost indukovaného rušení. Jak je vidět z obrázku 71 na straně 83, vedou ze senzoru dva teplu odolné nestíněné kablíky, které jsou připojeny ke stíněnému, dvoužilovému, mikrofonnímu kabelu a mají délku přibližně 20 cm.

Na toto nechráněné vedení se indukuje rušení, které v podobě krátkých napěťových impulzů v rozsahu -3 až 10 V způsobuje výpadky měření kontroleru, a to i s použitými ochranami v podobě dolnoproputního filtru LC, 1nF a 100nF ochranného kapacitoru a dvojice Schottkyho diod. Názorná ukázka průběhu rušení na signálovém vodiči je uvedena na obrázku 14 v kapitole 3.4 na straně 21. Vertikální krok je 1 V/dílek, horizontální krok 1 ms/dílek.

5.4.2 Vnitřní / venkovní teplota

Prvotní testování funkčnosti proběhlo v místnosti s pokojovou teplotou. Jako zdroj tepla byla použita stolní lampička a oba senzory měřily mírně rozdílnou teplotu, vyšší než pokojovou, v závislosti na vzdálenosti ke zdroji tepla.

Montáž do testovacího automobilu proběhla u venkovního teploměru, kde čidlo venkovní teploty bylo připevněno k již připravenému otvoru uvnitř levé svislé kovové stěny v motorovém prostoru přibližně 5 cm pod hlavním světlometem, viz modul číslo 7 v obrázku 57 v příloze B.4 na straně 76.

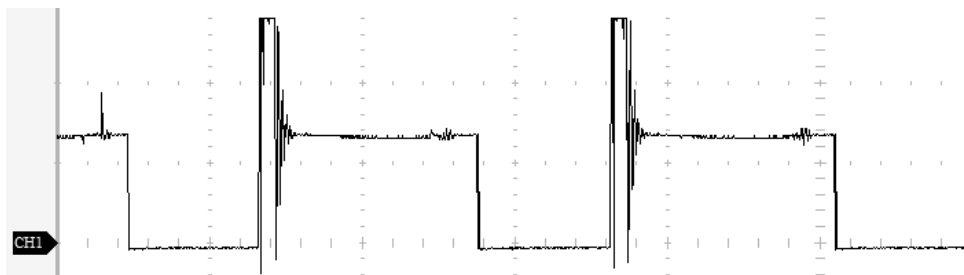
Testování proběhlo na obou provedeních, tedy in-door a na voděodolném venkovním. Senzor vnitřní teploty v kabině reagoval podstatně rychleji na závislost změny teploty. Senzor venkovní teploty vzhledem k množství kovu pláště, do kterého je zapaščen, reagoval se značně pomaleji. Pro charakter změn venkovní teploty je však toto zpoždění pro měření zanedbatelné.

I zde se objevily komplikace spojené s rušením, senzor je totiž dodáván s nestíněnými kabely o délce přibližně 80 cm, na které se indukují rušivé signály. Na LCD se se spuštěným motorem nezářídka objevovaly hodnoty -127. Řešením bylo softwarově eliminovat tyto hodnoty a pět správně přijatých hodnot v intervalu teplot -25 až 100 stupňů zprůměrovat. Výsledkem je vnitřní nebo venkovní teplota.

5.5 Otáčky

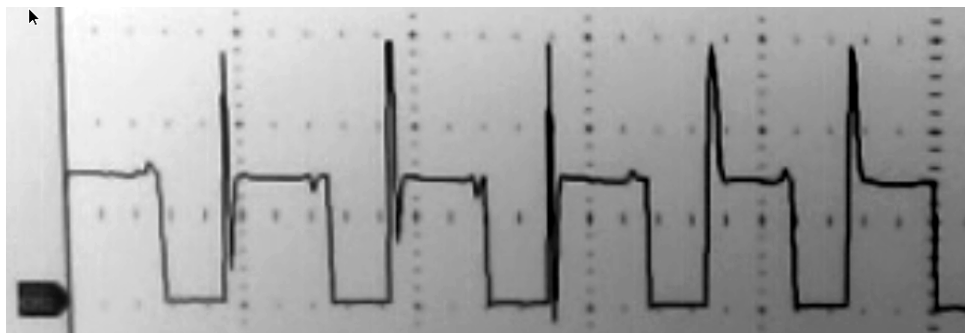
Software pro měření otáček byl laděn na vývojovém stolci pomocí signálového generátoru, kde kontroler zobrazoval otáčky s chybou nižší než 1 %. Měření pokračovalo na prototypovém voze.

Pomocí osciloskopu byl změřen rozsah otáček přibližně $1\,300 - 5\,000 \text{ min}^{-1}$. Průběh zapalovacích impulzů na svorce 1 je uveden na obrázku 43. Vertikální krok jsou 2 Volty, horizontální krok 20 ms. K měření použit obvod, složený z děliče napětí a ochranné Zenerovy diody, omezující výstupní napětí. V okamžiku rozepnutí kontaktů se soustava tlumeně rozkmitá. Pro budoucí návrh je potřebný tvarovací klopný obvod, s jehož pomocí bude na výstupu signál tvaru obdélníka, který je již snadno měřitelný.



Obr. 43: Průběh měřených zapalovacích impulzů na odporovém děliči s ochrannou Zenerovo diodou

Další test proběhl s připojením ochranného transilu o hodnotě 15 V v závěrném směru. Průběh je zobrazen na obrázku 44 na straně 53. Kroky měření jsou shodné s předchozím obrázkem. Pulzy sice na první pohled vypadají vyhlazeně, došlo však k velkému ovlivnění měření, kdy motor samovolně zhasínal a při odpojování obvodu z elektrické soustavy došlo k jiskření.



Obr. 44: Průběh měřených zapalovacích impulzů na odporovém děliči s ochranným transilem

5.6 Napětí v palubní síti

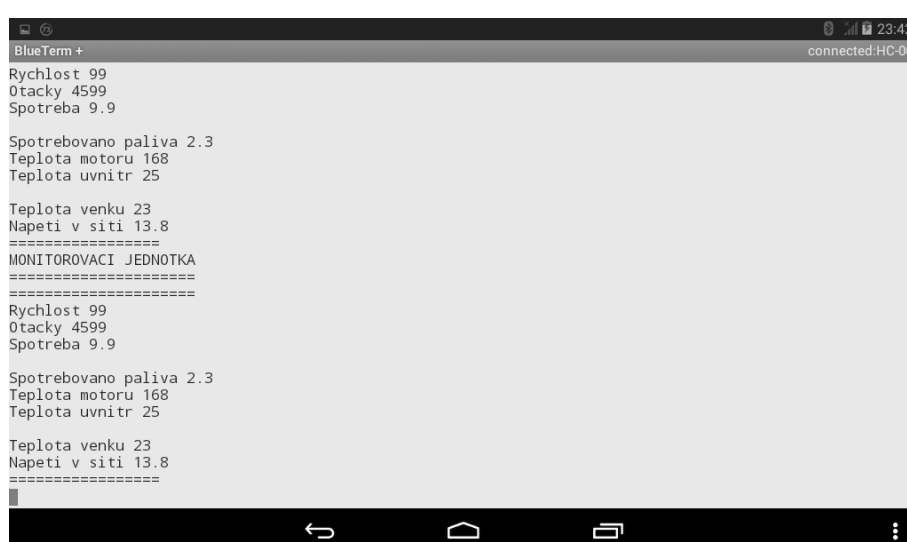
Měřicí kit se zprvu skládal z napěťového děliče a ochranných prvků paralelně kapacitoru a Zenerovy diody. Sérií testů se návrh prokázal jako nepoužitelný, neboť docházelo k přerušení komunikace po sériové lince a k samovolnému vypínání kontroleru.

Funkční verze, která je schopna správně měřit napětí v palubní síti, je uvedena ve schématu na obrázku 53 na straně 74. Je doplněno o LC filtr typu dolní propust, filtrační kapacitory a ochranné Schottkyho diody. Hodnotu napětí, naměřenou kontrolerem, bylo ještě potřeba zkalibrovat pomocí klasického multimetru. V tomto případě již k resetování kontroleru nedocházelo a komunikace po sériové lince probíhala nezávisle na otáčkách bezchybně.

5.7 Diagnostika pomocí chytrého telefonu

Stejně jako některé diagnostické přístroje umožňuje i monitorovací jednotka příjem dat pomocí bezdrátové technologie Bluetooth.

Ke spojení s jednotkou postačí chytrý telefon nebo tablet s předinstalovanou aplikací BlueTerm, která ke svému chodu potřebuje Android verzi 2.1 a vyšší. Snímek obrazovky tabletu s verzí 4.4 viz obrázek 45. Heslo k modulu bývá '0000' nebo '1234'. Aplikace zobrazuje informace, poslané po UART pod sebou podle pořadí, v jakém přišly. Nová zpráva začíná řetězcem 'MONITOROVACÍ JEDNOTKA'.



Obr. 45: Snímek obrazovky chytrého zařízení se spuštěnou aplikací BlueTerm, monitorující bezdrátový datový přenos.



Obr. 46: Testovací sekvence na LCD a zároveň přijata pomocí chytrého zařízení, jednotka nainstalována ve voze

5.8 Měření spotřeby komponent

Celá jednotka pracuje s 5V rozvodu. Spotřeba jednotlivých komponentů je uvedena v tabulce 17. Budoucí návrh ochran jednotky dostane změnu ve formě pojistky. Oproti uživatelsky vyměnitelné trubičkové v externím pouzdře, kde je potřeba dodatečné izolace vůči vlhkosti, jednotka dostane vratnou SMD pojistku, která zvládne trvalý proud o hodnotě 0,5 A.

Tab. 17: Spotřeba jednotlivých součástí jednotky

Modul	Spotřeba [mA]	Modul	Spotřeba [mA]
LCD	34,5	Siréna	7
Bargraf	119,6	Kontroler	19
LED	10	Průtokoměr	<25
Vše	229,9		

5.9 Výhled do budoucích revizí měřicí jednotky

Nad rámec práce se podařilo do jednotky implementovat bezdrátovou technologii Bluetooth, která je schopna jednosměrně odesílat data do chytrého telefonu, viz kapitola 5.7.

Řada částí by měla být zrevidována a upravena a některé postupy by měly být voleny jinak.

Velkou komplikací při vývoji byla absence a podcenění měřidel přímo na dílně, současně navržené obvody si zaslouží hlubší proměření chování.

Použitá technologie THT není příliš komfortní při osazování z hlediska nutnosti vrtání a správného dimenzování padů a k nim vrtacích otvorů. Současně s touto technologií roste velikost DPS a tím i výsledná cena za materiál. Vítaným řešením je možnost 'outsourcingu' výroby desky například do Pragoboardu nebo k drobným soukromníkům, kde klesnou nároky na čas strávený u leptacích lázní a navíc jsou DPS se zárukou funkčnosti a s pájecími maskami, zjednodušujícími pozdější osazování.

Současně zlepšení je nezbytné i v případě návrhu samotné krabičky a jejím opracování.

Pro měření otáček motoru je vhodné vyvinout měřicí kit přímo k zapalovacím cívkám, který by rovnou průběhy zpracovával, tvaroval a odesílal například po diferenciálním vedení, které je odolné vůči rušení.

Zlepšení je třeba hledat i v návrhu samotných kabelů k sensorům. Do prostoru motoru blízko k nestíněným vodičům, vedoucím od čidla teploty motoru je vhodné

dočasně nainstalovat digitální čidlo typu DS18B20 a zjistit, zda jsou opravdu tamější tepluodolné kabely nezbytné a zda by se nedal stíněný kabel použít po celé délce. Pokud by se vyvrátila hypotéza o teplotě motoru, převyšující 125 stupňů, lze budoucí aplikace vyvíjet pomocí digitálních čidel a zároveň tím odpadne problematika rušení ze zapalovací soustavy.

6 | Závěr

Cílem práce bylo srovnání technologie starších vs. soudobých osobních vozidel. V druhé části práce vyvinout malou jednotku, monitorující provozní veličiny na voze, který žádnou moderní elektroinstalací opatřen není.

Metody a přístroje jsem uvedl v kapitolách OBD2 a přístroje. Více jsem se věnoval druhé části práce, a proto jsem přidal odkazy na literaturu, kde je možné se o dané problematice dočíst více, neboť daná problematika byla podrobně zpracována řadou bakalářských a diplomových prací na ČVUT v Praze a dále na VUT v Brně.

Navrhl a realizoval jsem monitorovací jednotku platformě Arduino pro historický automobil, která měla za úkol měřit provozní parametry.

To se podařilo z části, navržená jednotka počítá u některých veličin s ideálním průběhem signálu a u některých stále má i přes navržená opatření v podobě ochranných diod, dolnoproústných filtrů a filtračních kapacitorů problémy s indukovaným rušením. Je schopna měřit napětí v palubní síti, vnitřní a venkovní teplotu a s vypnutým motorem i rychlost jedoucího vozu. Osciloskopem změřené průběhy rušení způsobují nepřesnosti v měření. Při analýze a realizaci detekce otáček motoru byl signál velmi ovlivněn připojeným obvodem a průběh použitelný k měření nebyl.

Podařilo se navrhnout a realizovat krabičku, která byla úspěšně implementována do testovaného automobilu, nepřekáží ve výhledu řidiči, displej je přehledný a všechny veličiny jsou zobrazitelné bez nutnosti přepínání pohledu, tedy řidič neztrácí soustředěnost mačkáním případného tlačítka.

Zkonstruovány byly celkem tři prototypy, které byly současně testovány na voze a současně s tím i dále vyvíjeno obvodové schéma. V okamžiku odevzdání práce je z části funkční a ověřený poslední prototyp, jehož funkčnost bude předvedena u obhajoby.

Nad rámec práce jsem do jednotky implementoval bargraf, monitorující ekonomickou jízdu a bezdrátovou technologii Bluetooth, která pro testovací sekvenci hodnot úspěšně komunikovala s chytrým zařízením.

Literatura

- [1] Continental AG. *Around it goes: 110 Years of the Speedometer* [online]. Poslední změna 12.10.2012, [cit. 20.11.2016]. Dostupné z:
http://www.continental-corporation.com/www/pressportal_com_en/themes/press_releases/3_automotive_group/interior/press_releases/pr_2012_10_12_110_years_speedometer_en.html
- [2] BRADÁČ, Pavel. *Elektronický otáčkoměr pro zážehový motor*. Brno, 2011. Bakalářská práce. Vysoké učení technické. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav radioelektroniky. Vedoucí práce Ing. Václav ŠNAJDR.
- [3] ČERVENKA, Jiří. *Srovnávací test: Audi Q7 3.0 TDI quattro vs. Volvo XC90 D5 AWD* [online]. Poslední změna 11.2015, [cit. 27.10.2016]. Dostupné z:
<http://www.autorevue.cz/srovnavaci-test-audi-q7-30-tdi-quattro-vs-volvo-xc90-d5-awd/ch-56785/default.aspx>
- [4] FEARS, Paul. *The History of the Speedometer* [online]. Poslední změna 15.4.2016, [cit. 20.11.2016]. Dostupné z:
<http://www.caigauge.com/blog/the-history-of-the-speedometer>
- [5] GISLERUD, Christer. *custom van, hot wheels snake cuda funny car, white lp640, chevrolet apache* [online]. Poslední změna 4.10.2011, [cit. 27.10.2016]. Dostupné z:
<http://josh-morgan-subways-news.blogspot.cz/2011/10/custom-van-hot-wheels-snake-cuda-funny.html>
- [6] HAJDUCH, Tomáš. *Informativní ceník vozidel* [online]. Poslední změna 2015, [cit. 26.10.2016]. Dostupné z:
<http://motoride.sk/c/7098/kolko-stali-motoriky-v-roku-1977-78-a-co-ste-si-mohli-v-mototechne-kupit.html>
- [7] HALAMKA, Jaroslav. *Trabantem do Austrálie. Oblíbená parta znovu v akci* [online]. Poslední změna 2.2015, [cit. 27.10.2016]. Dostupné z:
http://cestovani.idnes.cz/trabantem-do-australie-oblibena-parta-znovu-v-akci-fs9-/expedice-trabant.aspx?c=A150206_193527_kolem-sveta_hig
- [8] KRETSCHMANN, Kate. *Speedometer* [online]. Poslední změna 2017, [cit. 20.11.2016]. Dostupné z:
<http://www.madehow.com/Volume-7/Speedometer.html>

- [9] Arduino LLC. *Arduino Nano* [online]. Poslední změna 2017, [cit. 26.10.2016]. Dostupné z: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano/>
- [10] MacGyver Team. *Výroba DPS fotocestou* [online]. Poslední změna 2014, [cit. 27.12.2016]. Dostupné z: <http://macgyver.sh.cvut.cz/wiki/postupy/fotocesta>
- [11] NENTVICH, Ondřej. *Jednotka pro sběr dat pro motorové vozidlo*. Praha, 2013. Bakalářská práce. České vysoké učení technické. Fakulta elektrotechnická. Katedra mikroelektroniky. Vedoucí práce Ing. Lubor Jirásek, CSc.
- [12] ČSN EN 60 529. *Stupně ochrany krytem (krytí - IP kód)*. Druhé vydání. Praha: Český normalizační institut, 1993.
- [13] Pragoboard. *Ceník plošných spojů a filmových podkladů* [online]. Poslední změna 1.3.2013, [cit. 10.12.2016]. Dostupné z: <http://www.pragoboard.cz/ceniky>
- [14] PRUDKÝ, Rudolf. *Katalog náhradních dílů Trabant 601*. Druhé vydání. Bratislava: ALFA, vydavatelstvo technickej a ekonomickej literatury, 1978. 333s.
- [15] SECONS s.r.o. *OBD2 connector* [online]. Poslední změna 2015, [cit. 26.10.2016]. Dostupné z: http://www.obdtester.com/obd2_connector
- [16] Pragoboard. *Ceník plošných spojů a filmových podkladů* [online]. Poslední změna 2015, [cit. 10.12.2016]. Dostupné z: <http://www.pragoboard.cz/soubory>
- [17] ŠTĚRBA, Pavel. *Elektronika a elektrotechnika motorových vozidel: seřizování, diagnostika závad a chybové kódy OBD*. Brno: Cpress, 2013. 192s. ISBN 978-80-264-0271-8.
- [18] TechMagazin. *Auta budou komunikovat s řidičem, mezi sebou i se semaforem* [online]. Poslední změna 7.9.2013, [cit. 10.12.2016]. Dostupné z: <http://www.business-car.cz/testy/auta-budou-komunikovat-s-ridicem-mezisebou-i-se-semaforem>
- [19] TheCustomGeek. *ATmega328P-AU With Arduino Bootloader* [online]. [cit. 27.10.2016]. Dostupné z: <http://thecustomgeek.com/store/products/atmega328p-au-with-arduino-bootloader/>

- [20] GME.cz. *Krabice IP65 S-BOX 116B* [online]. Poslední změna 2017, [cit. 3.4.2017]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/krabice-ip65-s-box-116b/>
- [21] VAŠÍČEK, Robert. *Test Trabantu 601 1988: výlet do pravěku* [online]. Poslední změna 10.2009, [cit. 27.10.2016]. Dostupné z: http://www.autorevue.cz/test-trabantu-601-1988-vylet-do-praveku_9/ch-38084
- [22] VLK, František DrSc, Prof. Ing. *Diagnostika motorových vozidel, diagnostické testery, motortestery, brzdové soustavy, geometrie řízení, tlumiče, kontrola podvozku, diagnostické linky*. Brno: František Vlk, 2006. ISBN 80-239-7064-X.
- [23] ŽÁK Dalibor. *Fiat Tipo (1988-1995): Už se na něj dávno zapomnělo* [online]. Poslední změna 16.7.2016, [cit. 27.10.2016]. Dostupné z: <http://www.autorevue.cz/srovnavaci-test-audi-q7-30-tdi-quattro-vs-volvo-xc90-d5-awd/ch-56785/default.aspx>
- [24] MINDL, Pavel Doc. Ing, CSc. *Automobilová elektronika a elektrotechnika* [online]. Poslední změna 15.2.2016, [cit. 12.1.2017]. Dostupné z: <http://motor.feld.cvut.cz/?q=cs/A0B14AEE>
- [25] *Národní program snižování emisí* [online]. Poslední změna 15.2.2016, [cit. 12.1.2017]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/narodni_program_snizovani_emisi
- [26] FIRSTOVÁ, Zdeňka Mgr. *Nová citační norma ČSN ISO 690:2011 - Bibliografické citace*. [online]. [cit. 12.1.2017]. Dostupné z: <https://sites.google.com/site/novaiso690/>
- [27] Dakota Digital, Inc. [online]. [cit. 21.1.2017]. Dostupné z: <http://www.dakotadigital.com/>
- [28] DVOŘÁK, František *Stvořitel automobilové sexbomby zemřel* [online]. Poslední změna 21.1.2017, [cit. 24.1.2017]. Dostupné z: http://auto.idnes.cz/paolo-stanzani-konstrukter-lamborghini-miura-f4y-/auto_ojetiny.aspx?c=A170120_153220_auto_ojetiny_fdv
- [29] JANÍČEK Vladimír Ing, Ph.D. *Inteligentní automobilová elektronika* [online přednášky předmětu IAE]. Poslední změna 16.1.2016, [cit. 24.4.2017]. Dostupné z: <https://moodle.fel.cvut.cz/course/search.php?search=iae>

- [30] STMicroelectronics. *STM32L031K6* [online]. Poslední změna 2017, [cit.30.4.2017]. Dostupné z:
<http://www.st.com/en/microcontrollers/stm32l031k6.html>
- [31] EuroZpravy.cz/ČTK. *Počet aut v Česku stoupl. Po silnicích se prohánějí škodovky, porsche, ale i trabanty* [online]. Poslední změna 10. srpna 2016, 10:08, [cit.30.4.2017]. Dostupné z:
<http://ekonomika.eurozpravy.cz/ceska-republika/165067-pocet-aut-v-cesku-stoupl-po-silnicich-se-prohaneji-skodovky-porsche-ale-i-trabanty/>
- [32] Fórum Trabime.cz. *Trabant kluby* [online]. Poslední změna 21.4.2017, 10:56, [cit.30.4.2017]. Dostupné z:
<http://www.trabime.cz/trabi.php?id=6&tid=2364>
- [33] Cartoon Trabant. *Kalendarz zlotów 2017* [online]. Poslední změna 2017, [cit.30.4.2017]. Dostupné z:
<http://cartoontrabant.pl/portal/>
- [34] TrabantUSA. *Members gallery* [online]. Poslední změna 2013, [cit.30.4.2017]. Dostupné z:
<http://trabantusa.yolasite.com/guestbook.php>
- [35] Fórum Trabime.cz. *Chystané srazy* [online]. Poslední změna 2017, [cit.30.4.2017]. Dostupné z:
<http://www.trabime.cz/trabi.php?id=4>
- [36] B.I.O-TECH e.K. *FCH-m-POM-LC, 97478617* [online]. [cit.30.4.2017]. Dostupné z:
<http://www.btflowmeter.com/>
- [37] Auto.cz. *Znáte kontrolky na palubní desce svého auta?* [online]. Poslední změna 14.10.2014, [cit.5.5.2017]. Dostupné z:
<http://www.auto.cz/zeny-znate-kontrolky-na-palubni-desce-sveho-auta-83557>
- [38] SAE J1962. *Diagnostic Connector Equivalent to ISO/DIS 15031*. Washington, D.C.: THE EXECUTIVE DIRECTOR OFFICE OF THE FEDERAL REGISTER, 2001.
- [39] KUBÁČ Petr. *Co je to dokonalá filtrace napájení? Díl 2.* [online]. Poslední změna 26. 4. 2012 v 2:39, [cit. 5.5.2017]. Dostupné z: <http://petr-kubac.blog.cz/1204/co-je-to-dokonala-filtrace-napajeni-dil-2>

- [40] BERAN Martin Ing. *Datové sběrnice CAN* [online]. VUT v Brně: Ústav automobilního a dopravního inženýrství [cit. 5.5.2017]. Dostupné z: [www.iae.fme.vutbr.cz/userfiles/beran/files/Datová sběrnice CAN.pdf](http://www.iae.fme.vutbr.cz/userfiles/beran/files/Datová_sběrnice_CAN.pdf)
- [41] ISO 11898-1:2015. *Road vehicles – Controller area network (CAN) – Part 1: Data link layer and physical signalling* [online náhled normy] Vydání druhé, 2015. [cit. 6.5.2017]. Dostupné z: <https://www.iso.org/standard/63648.html>
- [42] MACHÁČEK Miroslav. *CAN FD – nová verze CAN protokolu* [online]. Poslední změna 1.12.2015, [cit. 6.5.2017]. Dostupné z: <http://www.machsystems.cz/novinky/2015/can-fd-nova-verze-can-protokolu>
- [43] HOVORKA Radek. *BMW 8: Drahý omyl spatřil světlo světa před čtvrt stoletím* [online]. Poslední změna 23.6.2014, [cit. 6.5.2017]. Dostupné z: http://auto.idnes.cz/bmw-850i-c4w-/auto_ojetiny.aspx?c=A140612_105324_auto_ojetiny_fdv
- [44] MIKULIČ Martin Ing. *Program pro sběr dat z vozidla s využitím diagnostického rozhraní*. Praha, 2015. Diplomová práce. České vysoké učení technické. Fakulta strojní. Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel. Vedoucí práce Ing. Vojtěch Klír, Ph.D.
- [45] COMER Douglas Prof. *Arduino-based OBD-II Interface and Data Logger* [online přednáška]. Poslední změna 24.4.2011, [cit. 6.5.2017]. Dostupné z: rvmiller.com/present/CS497_presentation_miller.pdf
- [46] GRZEMBA Andreas Prof. Dr. Ing. *MOST the automotive multimedia network, from MOST25 to MOST150* [online]. Poing: Franzis Verlag GmbH, 2011. 336s. ISBN 978-3-645-65061-8. Dostupné z: <http://www.mostcooperation.com/publications/most-book/>
- [47] National Instruments. *FlexRay Automotive Communication Bus Overview* [online]. Poslední změna 24.8.2016, [cit. 6.5.2017]. Dostupné z: <http://www.ni.com/white-paper/3352/en/>
- [48] DER-CHERNG Liaw, CHAU-CHUNG Song, WEI-CHI Chen, CHEN-FU Feng. *Study of a Vehicular Drive-by-Wire System Based on FlexRay Protocol* [online]. Poslední změna 21.8.2010, [cit. 6.5.2017]. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/document/5602626/>
- [49] LÁNÍK Ondřej. *By wire v Citroënu C5!* [online]. Poslední změna 23.6.2005, [cit. 6.5.2017]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/by-wire-v-citronu-c5-15627>

- [50] CRHOVÁ Hana Bc. *KONSTRUKCE ŘÍZENÍ VOZIDLA - ELBEE*. Brno, 2015. Diplomová práce. Vysoké učení technické. Fakulta strojního inženýrství. Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí práce Ing. Ondřej Blafák, Ph.D.
- [51] PARAVAN GmbH. *EXCELLENT VEHICLE HIGH-TECHNOLOGY* [online]. Poslední změna 2017, [cit. 7.5.2017]. Dostupné z: <https://www.paravan.de/en/product-solutions/paravan-drive-by-wire-systems.html>
- [52] RAČANSKÝ David. *DIAGNOSTIKA JEDNOTKY PALUBNÍHO POČÍTAČE OSOBNÍHO AUTOMOBILU*. Brno, 2009. Bakalářská práce. Vysoké učení technické. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav radioelektroniky. Vedoucí práce Ing. Jiří Dřínovský, Ph.D.
- [53] BEDNÁŘ Marek. *Takhle vypadal palubní počítač auta v roce 1983. Uměl i něco, co ty dnešní neumí* [online]. Poslední změna 9.2.2017, [cit. 8.5.2017]. Dostupné z: <http://www.autoforum.cz/fascinace/takhle-vypadal-palubni-pocitac-auta-v-roce-1983-umel-i-neco-co-ty-dnesni-neumi/>
- [54] SAJDL Jan, Ing. Ph.D. *Lambda sonda* [online]. Poslední změna 2017, [cit. 8.5.2017]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/lambda-sonda/>
- [55] ALTERMAN Eddie. *Go, Go, Gullwing! We Wheel a '55 300SL in the Mille Miglia Storica* [online]. Poslední změna 6.2013, [cit. 8.5.2017]. Dostupné z: <http://www.caranddriver.com/features/go-go-gullwing-a-modern-review-of-the-mercedes-benz-300sl-feature>
- [56] Second Chance Garage, LLC. *A Short History Of Fuel Injection* [online]. Poslední změna 2017, [cit. 8.5.2017]. Dostupné z: www.secondchancegarage.com/public/fuel-injection.cfm
- [57] Robert Bosch GmbH. *Autopříslušenství prvovýbava* [online]. Poslední změna 9.2007, [cit. 8.5.2017]. Dostupné z: http://press.bosch.cz/detail.asp?f_id=619m
- [58] ČERMÁK Ladislav. *Vstříkování benzínu: Historie stará 112 let* [online]. Poslední změna 19.8.2014. [cit. 8.5.2017]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/vstrikovani-benzinu-historie-stara-112-let-82693>
- [59] Redakce Chip. *Časová osa: Elektronika v automobilech* [online]. Poslední změna 21.9.2010. [cit. 8.5.2017]. Dostupné z: <http://www.chip.cz/casopis-chip/earchiv/vydani/r-2010/chip-03-2010/casova-osa-03-10/>

- [60] HINNER Martin. *Diagnostika automobilových řídicích jednotek*. Praha, 2006. Bakalářská práce. České vysoké učení technické. Fakulta elektrotechnická. Katedra měření. Vedoucí práce Ing. Jiří Novák, Ph.D.
- [61] SECONS s.r.o. *OBD-II Protocols* [online]. Poslední změna 2017, [cit. 8.5.2017]. Dostupné z: http://www.obdtester.com/obd2_protocols
- [62] KOČÍ Petr. *Diagnostika a testování automobilů*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2010. 207s. ISBN 978-80-248-2609-7.
- [63] ČMELÍK Matouš Bc. *Univerzální elektronické zapalování pro spalovací motory*. Brno, 2016. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky. Vedoucí práce Ing. Dalibor Červinka, Ph.D.
- [64] LAZNOVSKÝ V. *OBD-II Protocols* [online]. [cit. 20.5.2017]. Dostupné z: <http://lazo.czechian.net/elektrika/rozvod.htm>
- [65] ARC Electronics. *RS232 Data Interface* [online]. Poslední změna 2017. [cit. 20.5.2017]. Dostupné z: <http://www.arcelect.com/rs232.htm>
- [66] *Báječný svět počítačových sítí, část VI. - Základy datových komunikací II.* [online]. Poslední změna 2015. [cit. 21.5.2017]. Dostupné z: <http://www.earchiv.cz/b05/b0900001.php3>
- [67] REICHL Jaroslav. ****Hallův jev* [online]. Poslední změna 2017. [cit. 22.5.2017]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/294-halluv-jev>
- [68] Arduino LLC. *PWM* [online]. Poslední změna 2017, [cit. 23.5.2017]. Dostupné z: <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/PWM>
- [69] PETRŽELA Jiří. *elektrické filtry, pasivní filtry* [online]. Poslední změna 21.12.2009, [cit. 23.5.2017]. Dostupné z: www.urel.feec.vutbr.cz/MTEO/belf/pasivni%20filtry.pdf
- [70] VLKOVÁ Věra. *Uvádění veličin, jednotek atd. v odborných textech* [online]. Poslední změna 03.2009, [cit. 25.5.2017]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/uvadeni-velicin-jednotek-atd-v-odbornych-textech-15596>

A | SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Seznam obrázků

1	Starší VW diagnostický konektor [60]	5
2	OBD-II konektor [15]	6
3	Diagnostický přístroj VAG1552, dříve používaný koncernem VW [60]	8
4	Bluetooth OBD2 adaptér ELM327	9
5	Škoda Octavia	10
6	Citroën Jumpy	10
7	Palubní sdružená informační jednotka Škoda 120GLS[5]	10
8	Palubní sdružená informační jednotka Fiat Tipo[23]	11
9	Palubní sdružená informační jednotka Audi Q7 [3]	11
10	Zjednodušené blokové schéma jednotky	15
11	Blokové schéma zapojení monitorovací jednotky	16
12	Blokové schéma zapojení monitorovací jednotky	17
13	Vhodně umístěný průtokoměr do palivové soustavy	18
14	Rušení při měření teploty motoru	21
15	Detail zapojení LCD	22
16	Detail zapojení signalizační LED	23
17	Detail zapojení akustické sirény	23
18	Detail zapojení tlačítek	24
19	Detail zapojení sloupcového grafu LED	25
20	Detail zapojení mikrokontroleru	26
21	Napájecí obvod s ochranami	27
22	Detail zapojení obvodu měření baterie	28
23	Pohled na kit měření rychlosti	29
24	Schéma zapojení senzoru měření rychlosti a vnitřní teploty ke kontroleru	29
25	Detail zapojení obvodu měření otáček	30
26	Detail zapojení obvodu měření spotřeby paliva	31
27	Obvodové schéma senzoru teploty motoru	32
28	Schéma připojení do stávající elektroinstalace	33
29	Vnitřní stavba koaxiálního kabelu [66]	35
30	Canon	35

31	Superseal	35
32	4pinový header	35
33	Vhodně umístěný vývojový prototyp jednotky v autě	37
34	Zvolená krabička Pawbol 116, IP65	38
35	Arduino Nano	41
36	Arduino prostředí IDE	41
37	Kódový diagram ekonomičnosti jízdy	45
38	Testovací vůz Sachsenring 601S Trabant	46
39	Palubní deska se sdruženým informačním přístrojem vozu Sachsenring 601 Trabant	46
40	Spodní část kitu měření průtokoměru	48
41	Měření signálu z do auta namontovaného průtokoměru	49
42	Závislost otáček hřídele testovacího kitu rychlosti na zobrazené rychlosti auta	50
43	Průběh měřených zapalovacích impulzů na odporovém děliči s ochrannou Zenerovo diodou	52
44	Průběh měřených zapalovacích impulzů na odporovém děliči s ochranným transilem	53
45	Snímek obrazovky chytrého zařízení se spuštěnou aplikací BlueTerm, monitorující bezdrátový datový přenos.	54
46	Testovací sekvence na LCD a zároveň přijata pomocí chytrého zařízení, jednotka nainstalována ve voze	54
47	Blokové schéma zapojení monitorovací jednotky	70
48	Schéma čelní panel	71
49	Schéma zapojení kontroleru	72
50	Schéma zapojení průtokoměru	73
51	Schéma měření otáček	73
52	Schéma zapojení senzoru teploty motoru	73
53	Schéma obvodu měření napětí v palubní síti	74
54	Schéma zapojení napájecího zdroje	74
55	Schéma ochrany 5V větve	74
56	Schéma zapojení senzorů ke kabelovému svazku	75
57	Rozmístění jednotlivých součástí elektrické výbavy a monitorovací jednotky v testovacím automobilu	76
58	DPS čelní panel, vrstva TOP	77
59	DPS čelní panel, vrstva BOTTOM	77
60	Osazovací plán čelního panelu	77
61	DPS základní desky, vrstva TOP	78
62	DPS základní desky, vrstva BOTTOM	78

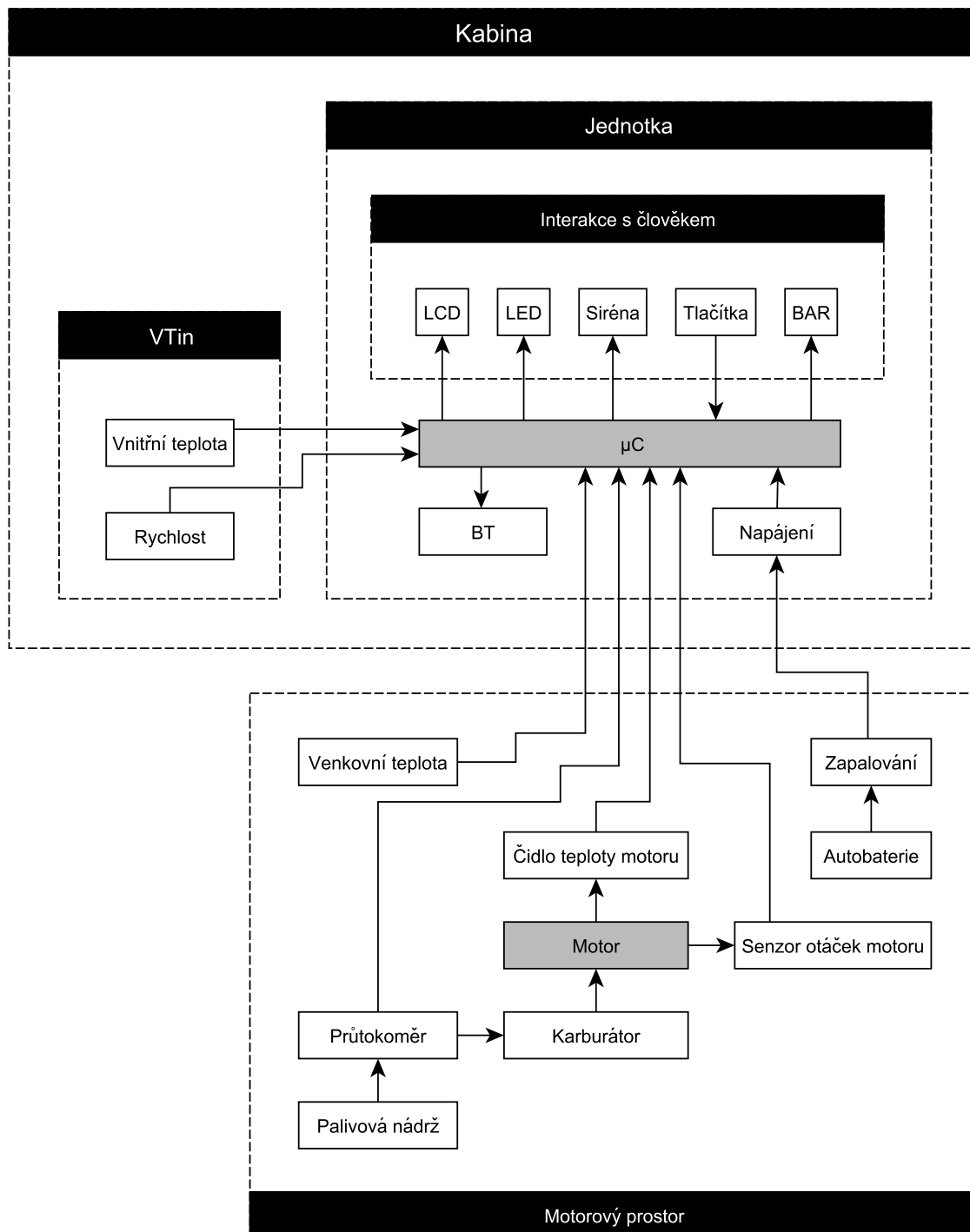
63	Osazovací plán základní desky	79
64	Nezapojený testovací stolec druhého prototypu	80
65	Otvor v palubní desce	80
66	Detail desky čelního panelu	81
67	Detail vyvolaného motivu na základní desce	81
68	Fotka základní desky jednotky při osazování a připojování, pohled shora	82
69	Pohled na hardwarovou simulaci otáček kol	82
70	Osazená jednotka ve voze	83
71	Detail montáže senzoru teploty motoru k hlavě válce	83
72	Měření teplot motoru a uvnitř kabiny a napětí na baterii	83
73	Měření na autě před dílnou	84
74	Měření mechanických vlastností kitu pro měření rychlosti jedoucího automobilu	84
75	Struktura kódu	86
76	Obslužná rutina měření rychlosti	86
77	Obslužná rutina měření otáček motoru	87
78	Přerušení od průtokoměru	87
79	Obslužná rutina měření spotřeby paliva	87
80	Obslužná rutina měření teploty motoru	87
81	Obslužná rutina měření venkovní teploty	88
82	Obslužná rutina měření vnitřní teploty	88
83	Obslužná rutina měření napětí v palubní síti	88
84	Uspořádání IP kódu	89

Seznam tabulek

1	Zapojení pinů v zásuvce 2x2 [60]	5
2	Zapojení pinů v zásuvce OBD podle komunikačních standardů[17][61]	6
3	Zapojení pinů v zásuvce OBD dle SAE J1962, viz [17] a [38]	7
4	Diagnostické přístroje podle značek[62]	7
5	Diagnostické programy pro komunikaci s vozidly[17]	8
6	Měřené veličiny aplikací Torque (Lite)	9
7	Jednotlivé obvodové části monitorovací jednotky	22
8	Přiřazení pinů mikrokontroleru	26
9	Konstanty pro výpočet teplotního polynomu	31
10	Výběr ze značení svorek elektroinstalace současných automobilů, viz [17]	33
11	Zapojení hlavního konektoru, viz obrázek 56	34
12	Zapojení hlavního konektoru	36
13	Srovnání vlastností klonu Nano a kitu Nucleo	41
14	Přehled základních údajů o voze [14]	47
15	Kalibrace senzoru průtoku	48
16	Závislost otáčení hřídelky bowdenu na rychlosti jedoucího vozu . .	50
17	Spotřeba jednotlivých součástí jednotky	55
18	Význam čísel v obrázku 57	76
19	Součástky na základní desce	85
20	Součástky na čelním panelu	85
21	Přehled charakteristických čísel v závislosti na možnosti vniku cizího předmětu	90
22	Přehled charakteristických čísel v závislosti na ochraně před vnikem vody [12]	90

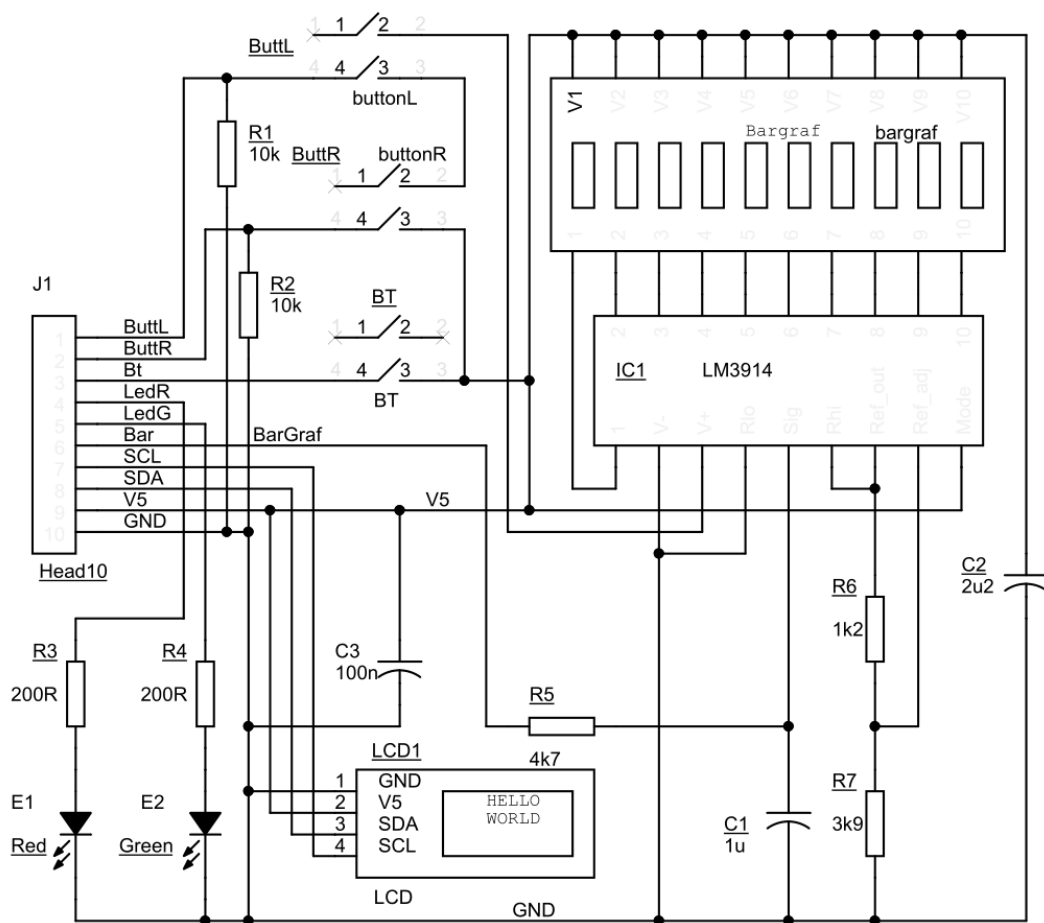
B | SCHÉMATA

B.1 Blokové schéma

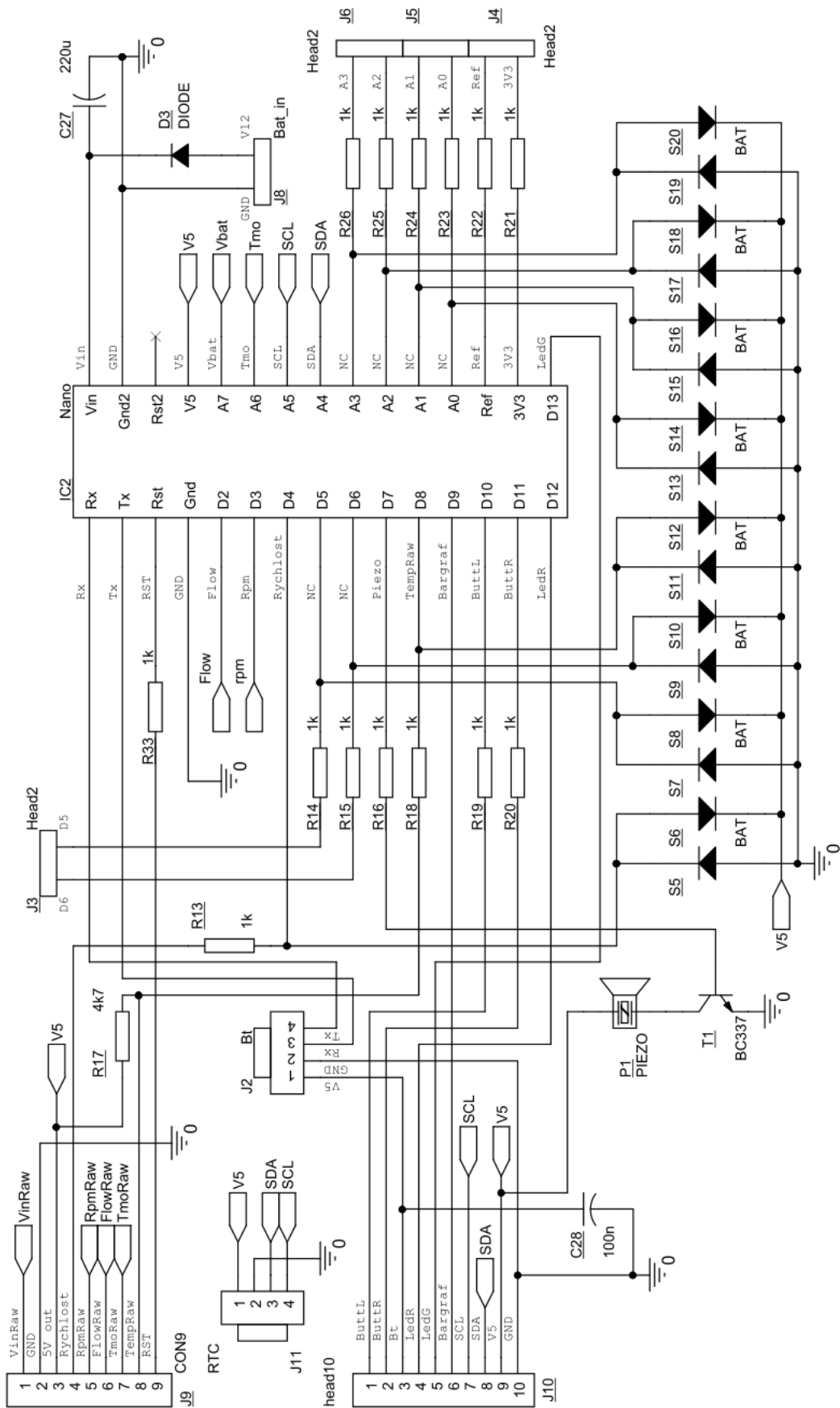


Obr. 47: Blokové schéma zapojení monitorovací jednotky

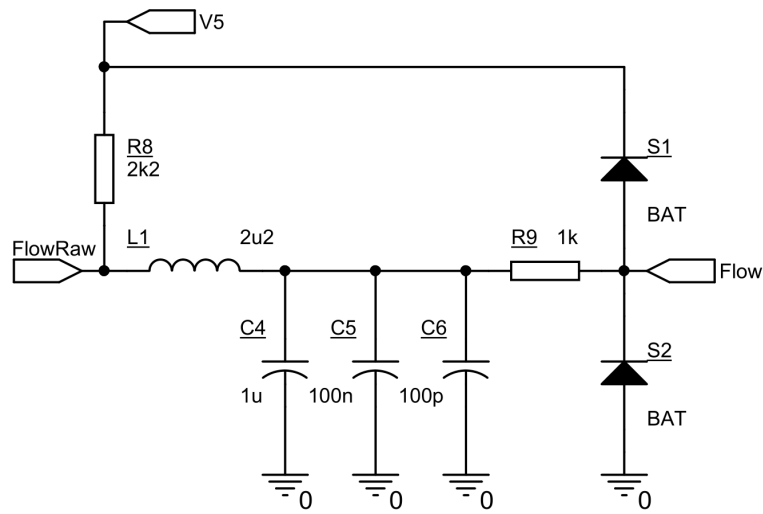
B.2 OBVODOVÁ SCHÉMATA



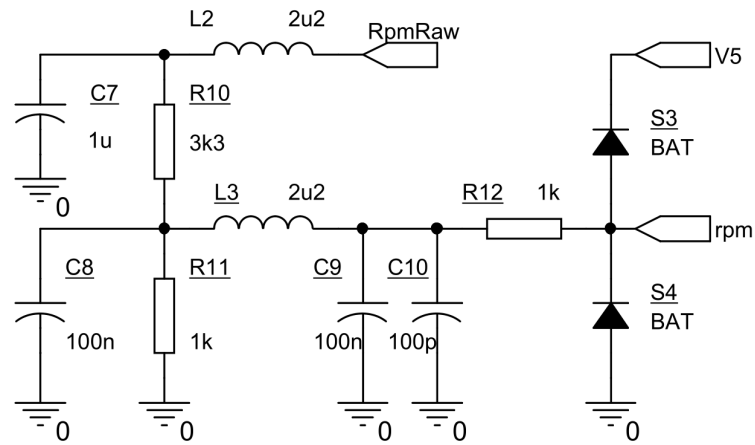
Obr. 48: Schéma čelní panel



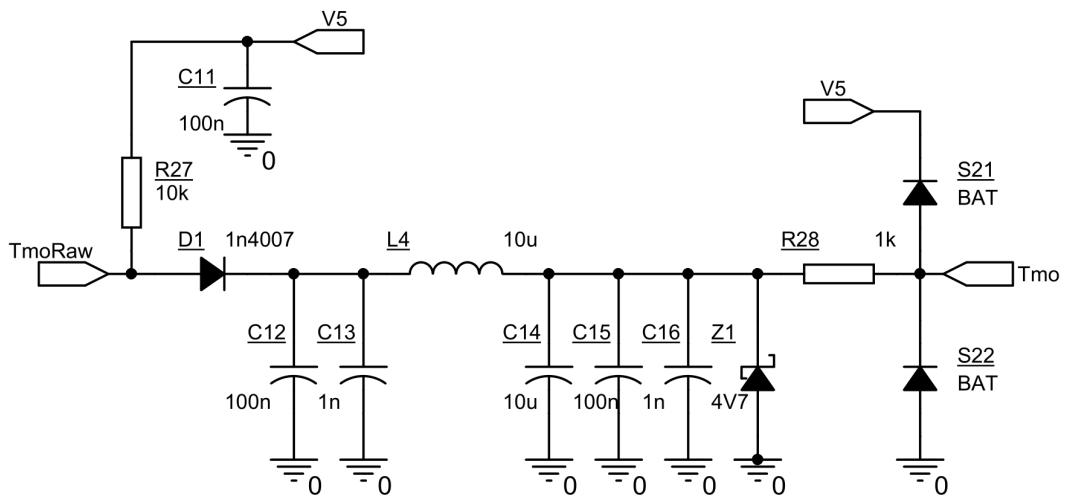
Obz. 49: Schéma zapojení kontroleru



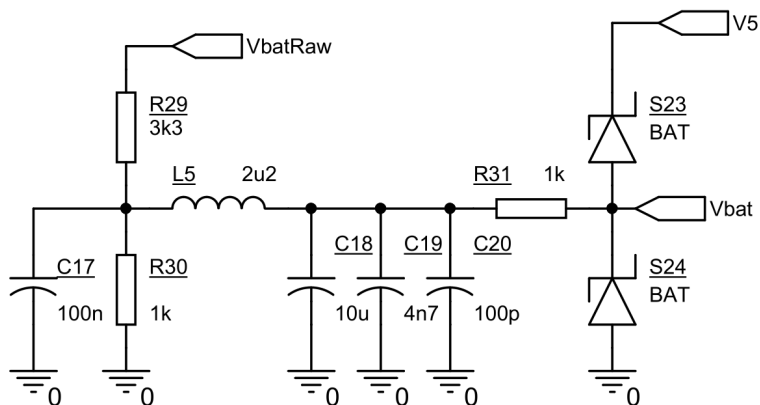
Obr. 50: Schéma zapojení průtokoměru



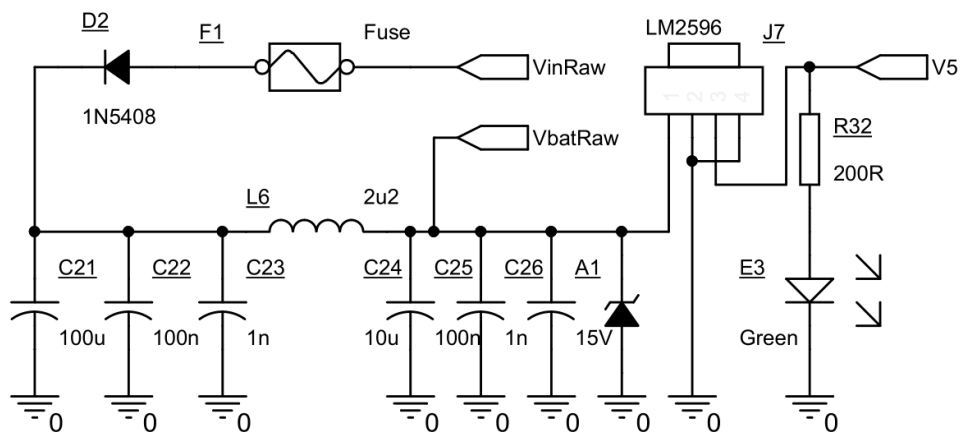
Obr. 51: Schéma měření otáček



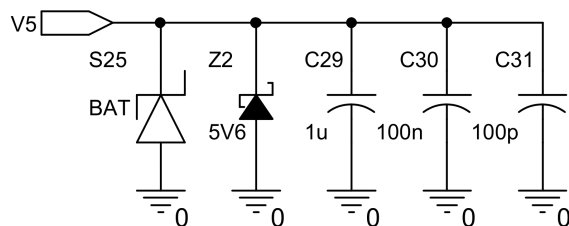
Obr. 52: Schéma zapojení senzoru teploty motoru



Obr. 53: Schéma obvodu měření napětí v palubní síti

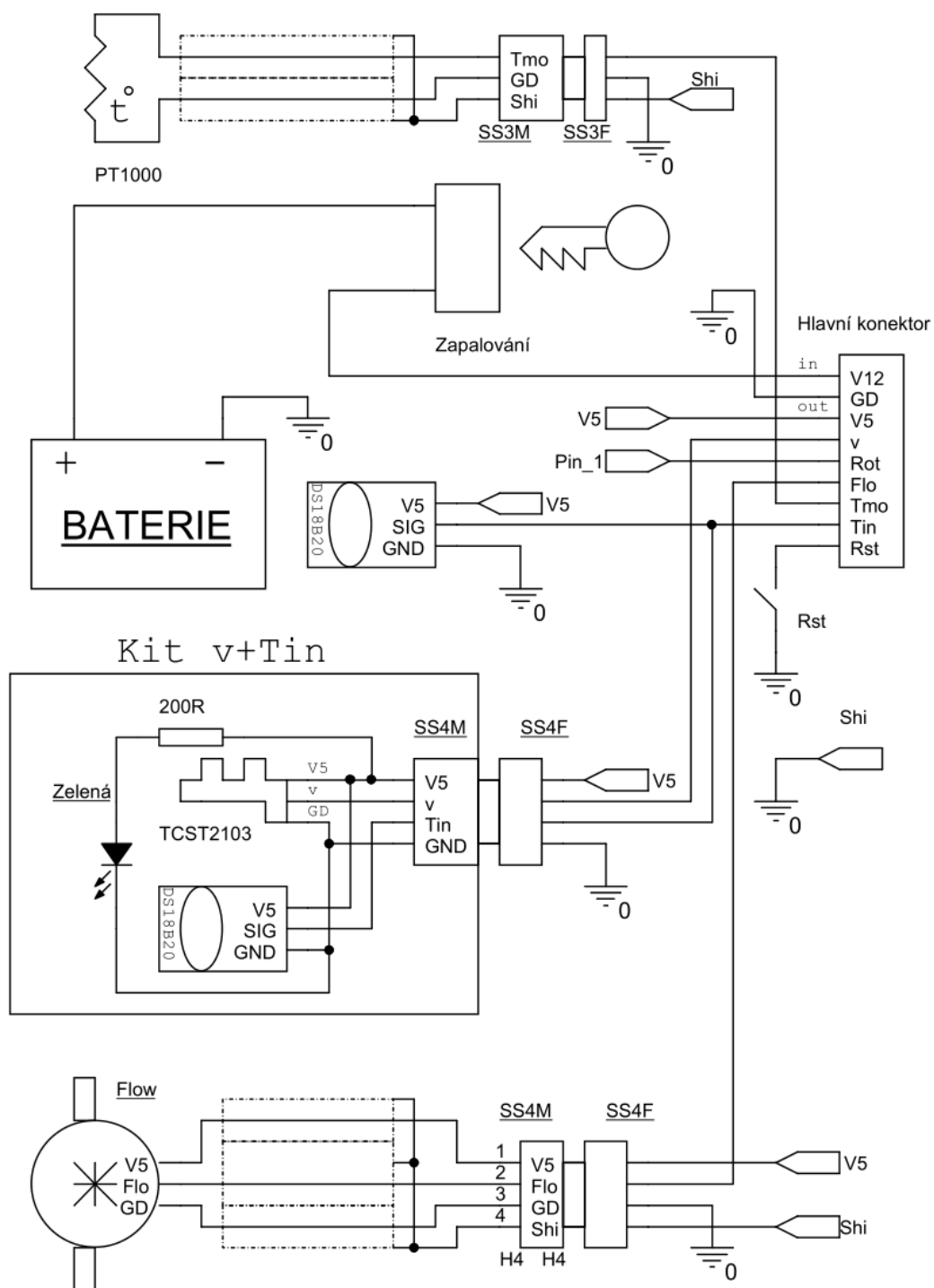


Obr. 54: Schéma zapojení napájecího zdroje



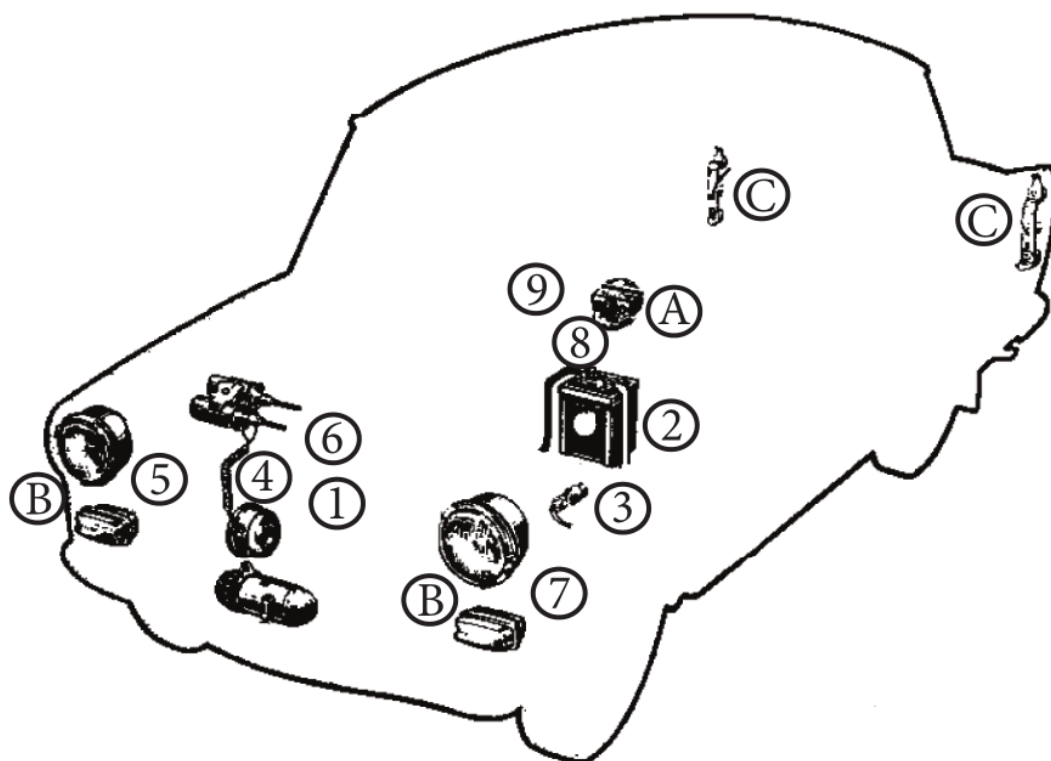
Obr. 55: Schéma ochrany 5V větve

B.3 ZAPOJENÍ KABELOVÉHO SVAZKU



Obr. 56: Schéma zapojení senzorů ke kabelovému svazku

B.4 ROZMÍSTĚNÍ SOUČÁSTEK V AUTĚ



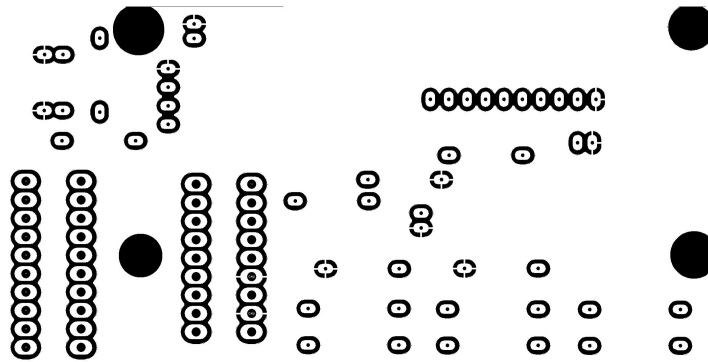
Obr. 57: Rozmístění jednotlivých součástí elektrické výbavy a monitorovací jednotky v testovacím automobilu

Tab. 18: Význam čísel v obrázku 57

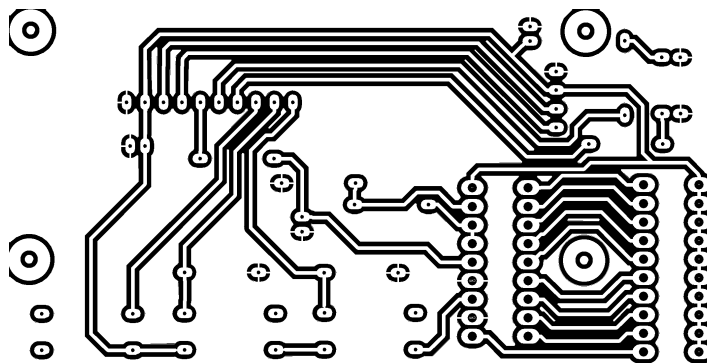
Číslo	Modul / spotřebič
1	Motor
2	Autobaterie
3	Spínací skříňka
4	Zapalovací soustava, pin "1" pro měření otáček
5	Průtokoměr
6	Senzor teploty motoru
7	Čidlo venkovní teploty
8	Senzor rychlosti a teploty uvnitř kabiny
9	Monitorovací jednotka zabudovaná v palubní desce
A	Tachometr
B	Přední světlomety a směrová světla
C	Zadní skupinová svítidla
D	Dynamo / alternátor

C | DESKY PLOŠNÝCH SPOJŮ

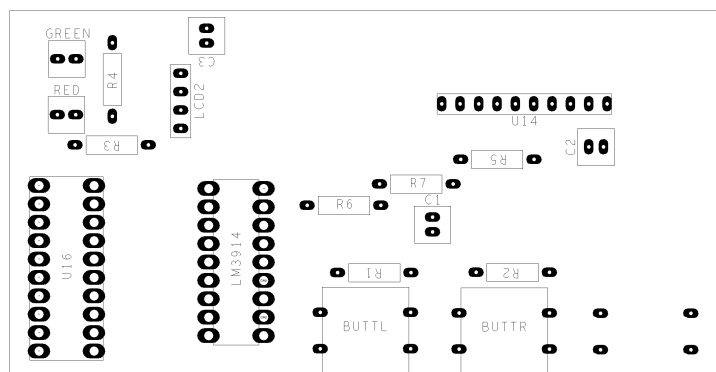
C.1 ČELNÍ PANEL



Obr. 58: DPS čelní panel, vrstva TOP

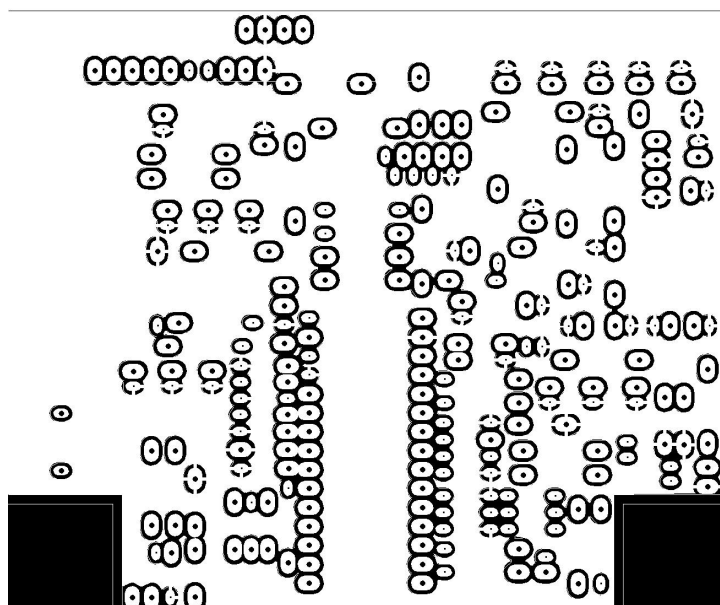


Obr. 59: DPS čelní panel, vrstva BOTTOM

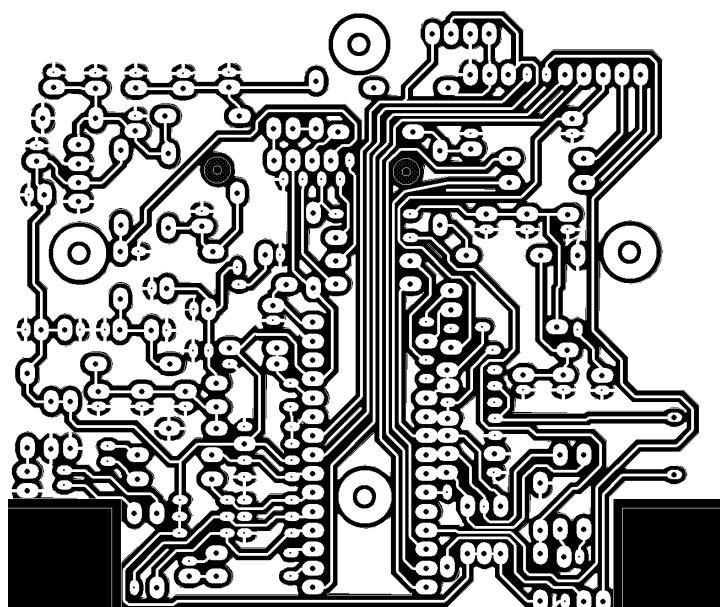


Obr. 60: Osazovací plán čelního panelu

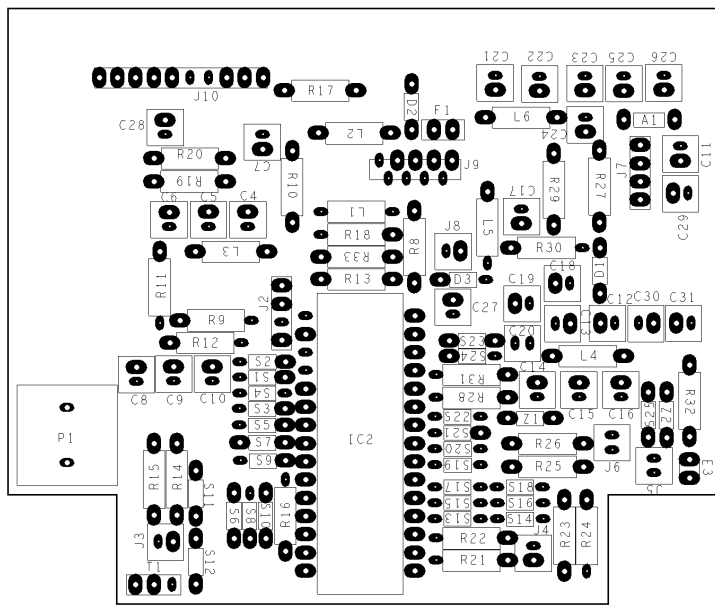
C.2 ZÁKLADNÍ DESKA



Obr. 61: DPS základní desky, vrstva TOP

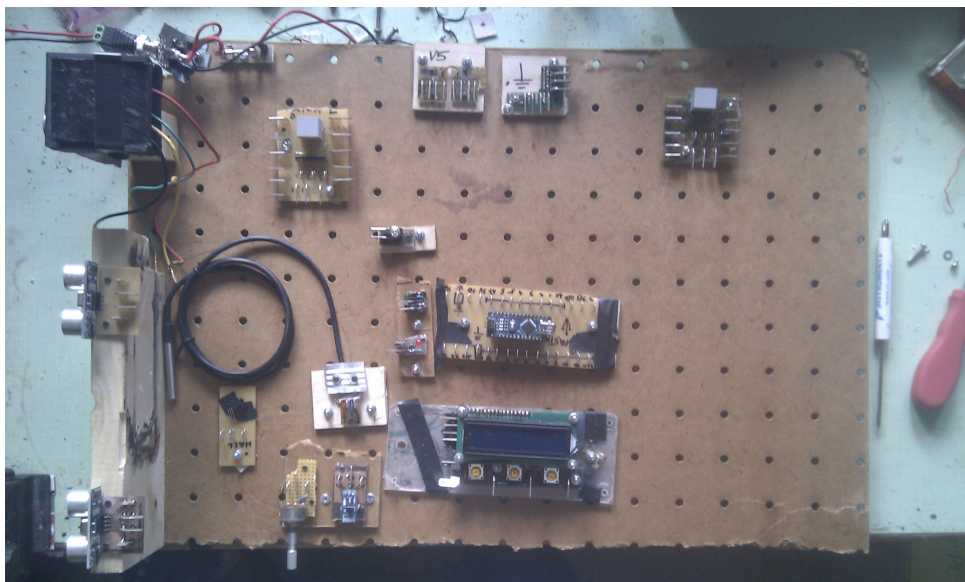


Obr. 62: DPS základní desky, vrstva BOTTOM



Obr. 63: Osazovací plán základní desky

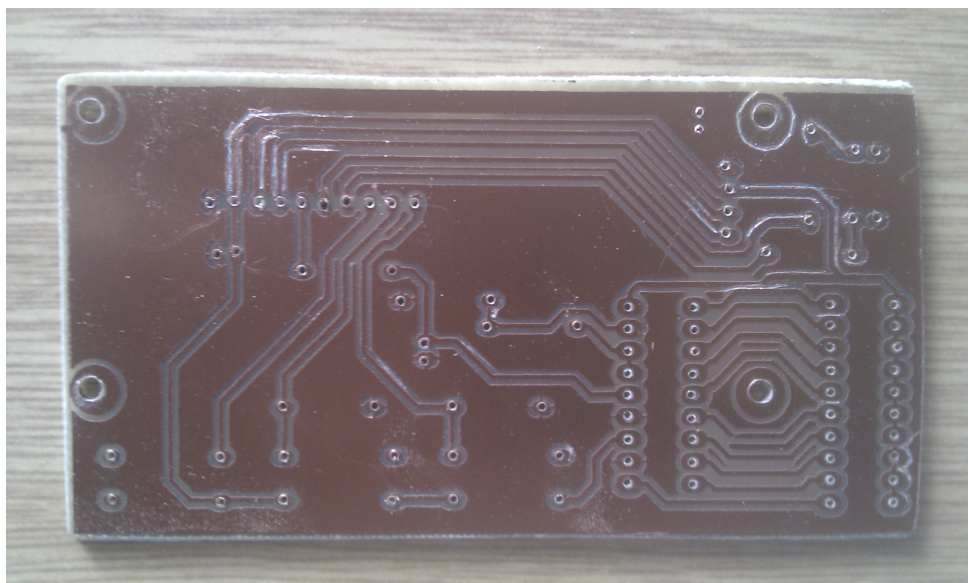
D | FOTKY REALIZACE



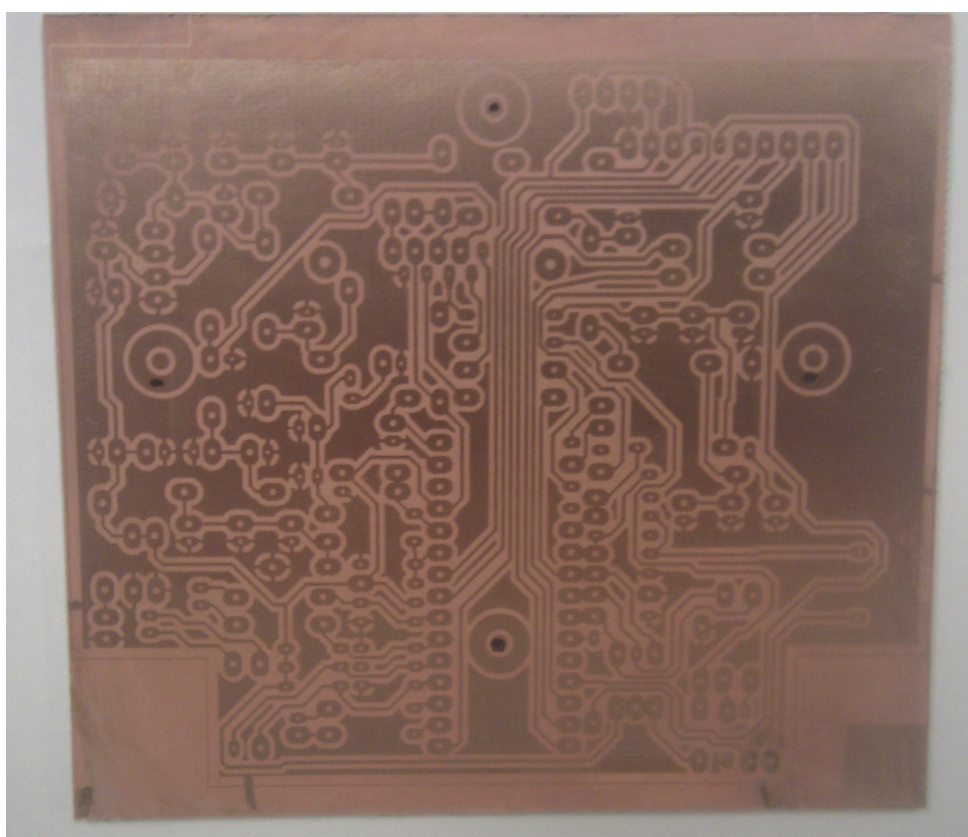
Obr. 64: Nezapojený testovací stolec druhého prototypu



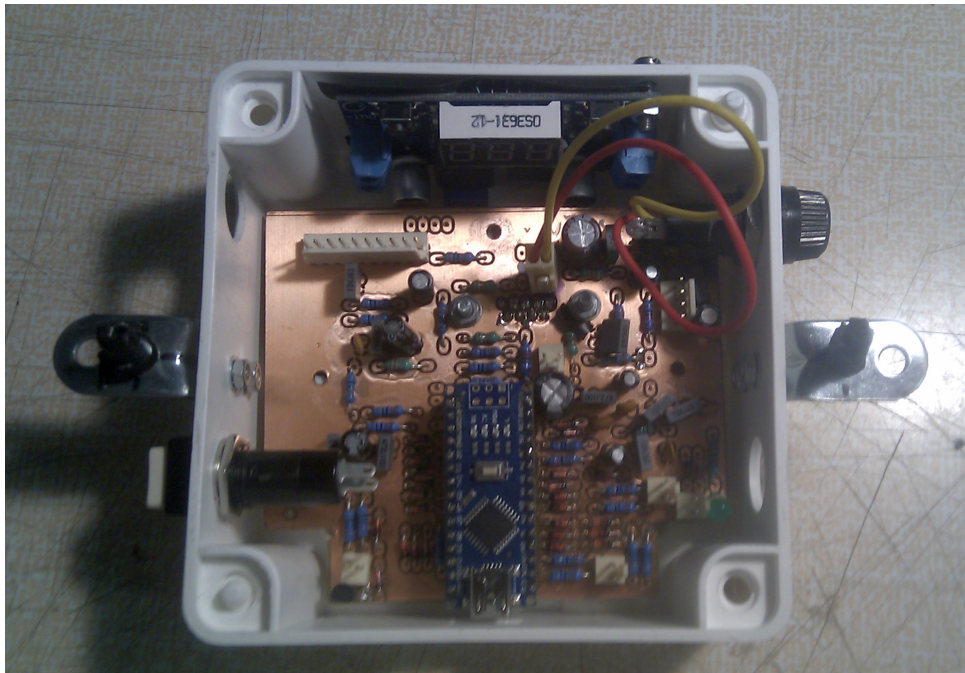
Obr. 65: Otvor v palubní desce



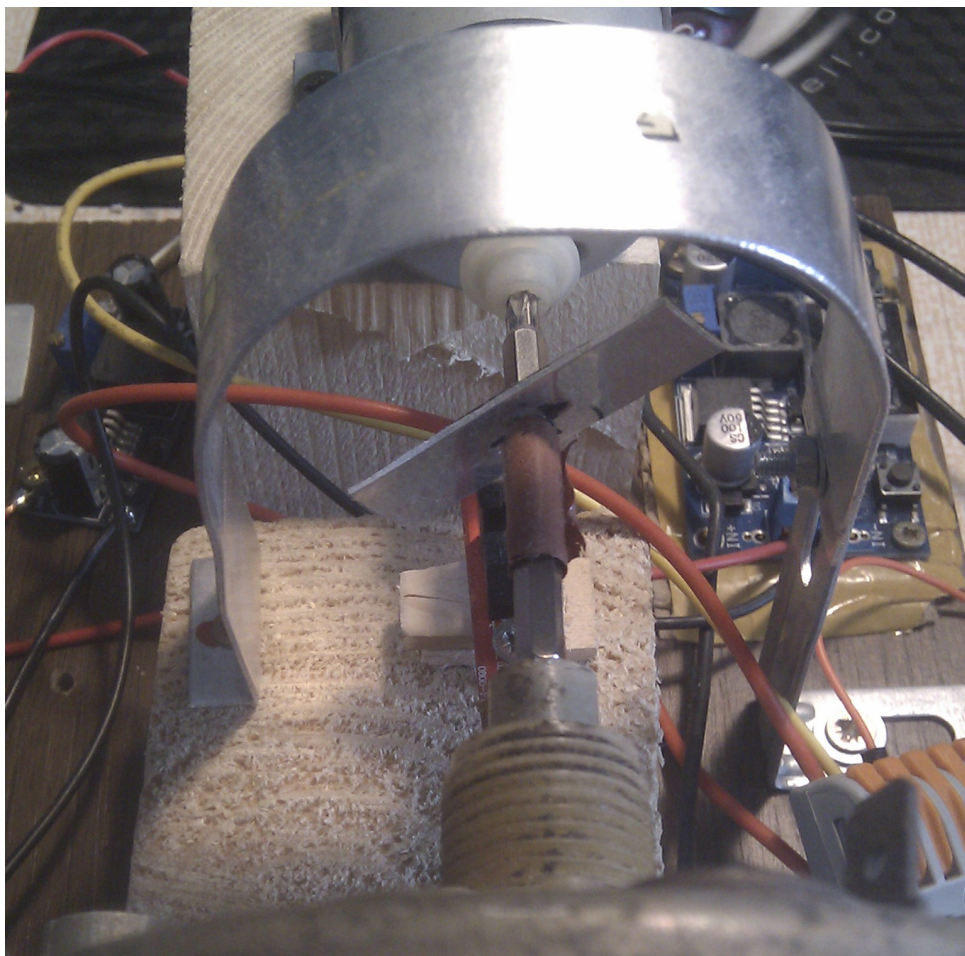
Obr. 66: Detail desky čelního panelu



Obr. 67: Detail vyvolaného motivu na základní desce



Obr. 68: Fotka základní desky jednotky při osazování a připojování, pohled shora



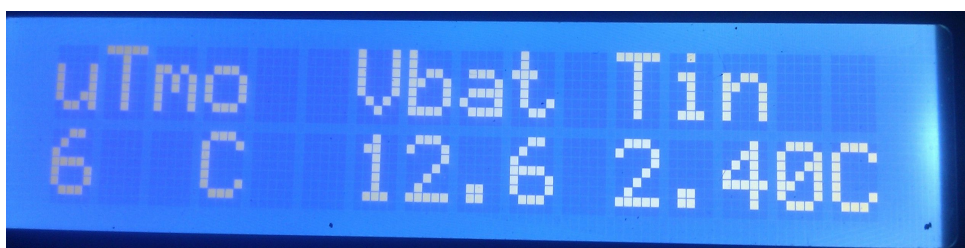
Obr. 69: Pohled na hardwarovou simulaci otáček kol



Obr. 70: Osazená jednotka ve voze



Obr. 71: Detail montáže senzoru teploty motoru k hlavě válce



Obr. 72: Měření teplot motoru a uvnitř kabiny a napětí na baterii



Obr. 73: Měření na autě před dílnou



Obr. 74: Měření mechanických vlastností kitu pro měření rychlosti jedoucího automobilu

E | SEZNAMY SOUČÁSTEK

Seznamy použitých součástek pro čelní panel a hlavní desku jsou uvedeny v tabulkách 19 a 20.

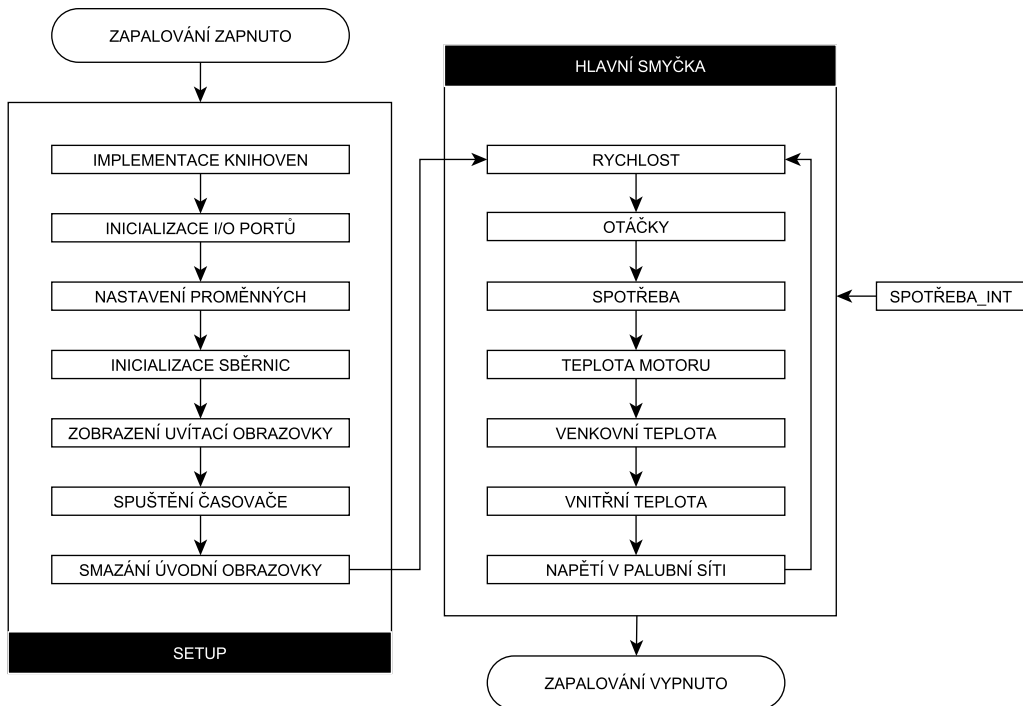
Tab. 19: Součástky na základní desce

Ref	Hodnota	Ref	Hodnota	Hodnota	Ref	Hodnota	Hodnota
A1	P6KE15A	C18	10u	D2	1N5408	R8	2k2
C4	1u	C19	4n7	D3	1N5408	R9	1k
C5	100n	C20	100p	E3	G 5mm	R10	3k3
C6	100p	C21	100u	F1	Head 2	R11-R26	1k
C7	1u	C22	100n	IC2	Nano	R27	10k
C8	100n	C23	1n	J2	Head 4	R28	1k2
C9	1u	C24	10u	J3-J6	Head 2	R29	3k3
C10	4n7	C25	100n	J7	Head 4	R30	1k
C11	100n	C26	1n	J8	Head 2	R31	1k
C12	100n	C27	220u	J9	CAN 9	R32	200R
C13	1n	C28	100n	J10	Head 10	R33	1k
C14	10u	C29	1u	L1-L3	2u2	S1-S25	BAT85
C15	100n	C30	100n	L4	10u	T1	BC337
C16	1n	C31	100p	L5-L6	2u2	Z1	Zen 4V7
C17	100n	D1	1N4007	P1	Piezo	Z2	Zen 5V6

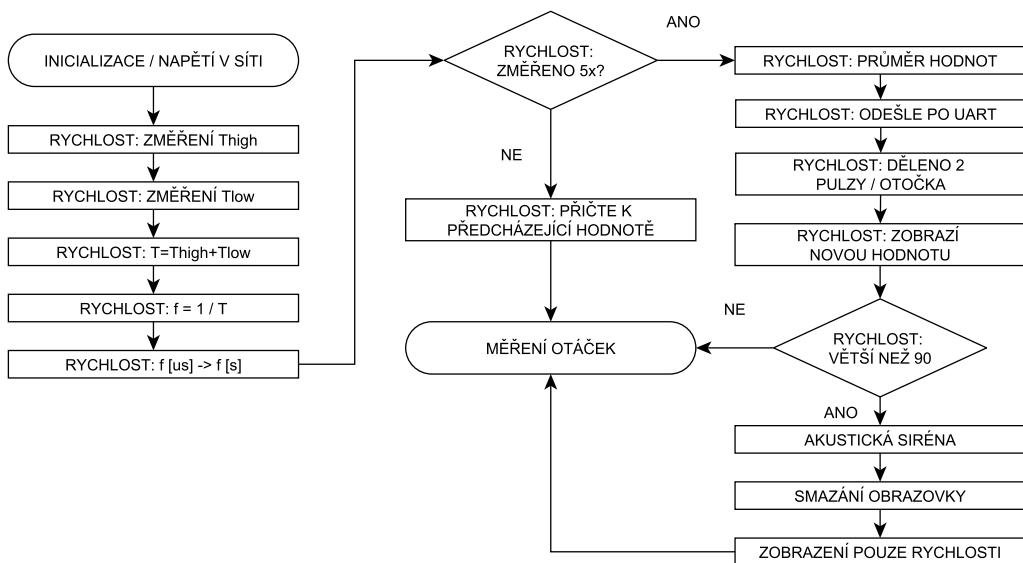
Tab. 20: Součástky na čelním panelu

Ref	Hodnota	Ref	Hodnota	Ref	Hodnota	Ref	Hodnota
Bar	Bargraf	C2	2u2	J1	Head 10	R4	200R
ButtL	uS 12 mm	C3	100n	LCD1	1602	R5	4k7
ButtR	uS 12 mm	E1	R 5 mm	R1	10k	R6	1k2
BT	uS 12 mm	E2	G 5mm	R2	10k	R7	3k9
C1	1u	IC1	LM3914	R3	200R		

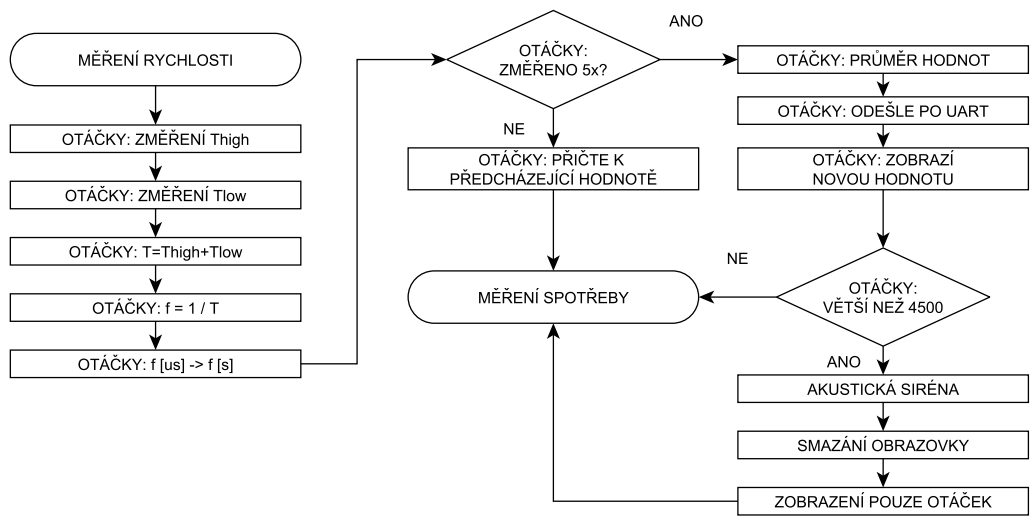
F | STRUKTURA KÓDU



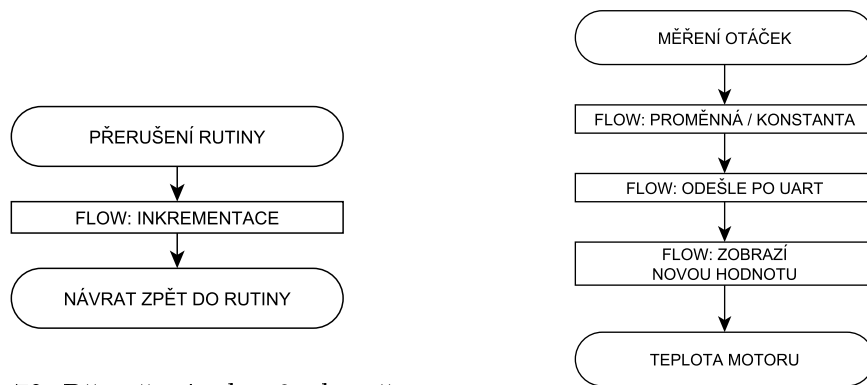
Obr. 75: Struktura kódu



Obr. 76: Obslužná rutina měření rychlosti

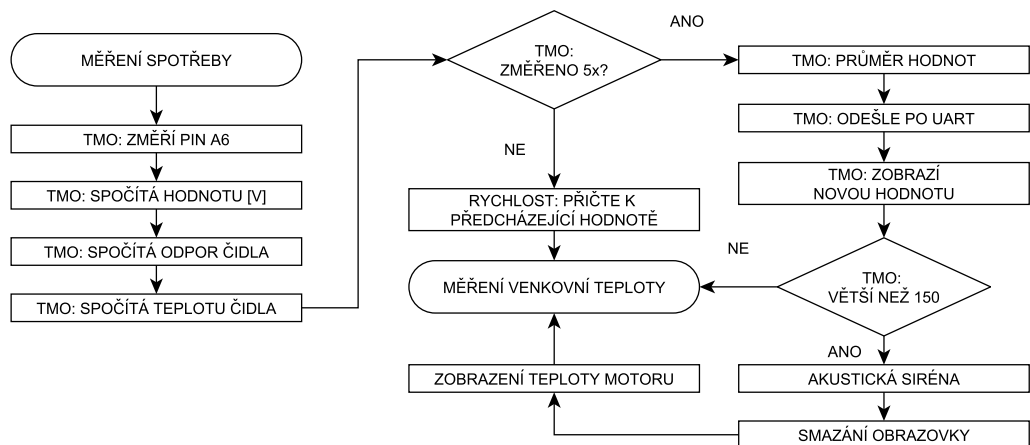


Obr. 77: Obslužná rutina měření otáček motoru

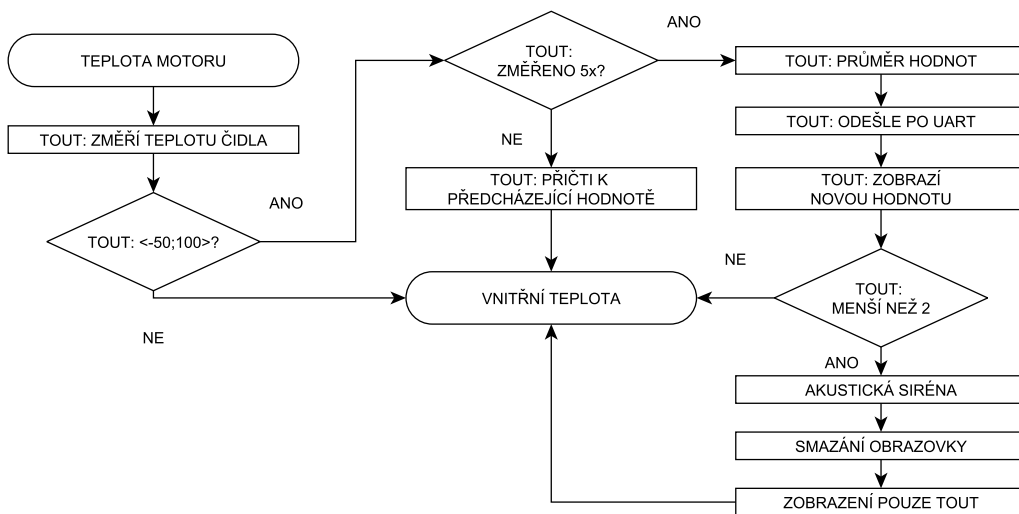


Obr. 78: Přerušování od průtokoměru

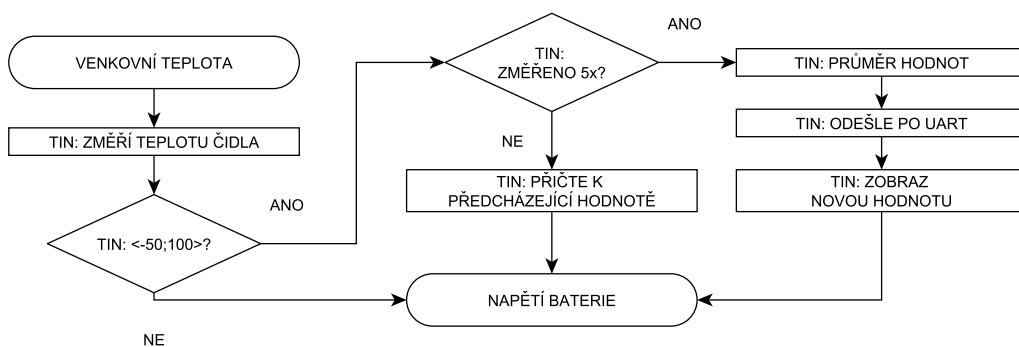
Obr. 79: Obslužná rutina měření spotřeby paliva



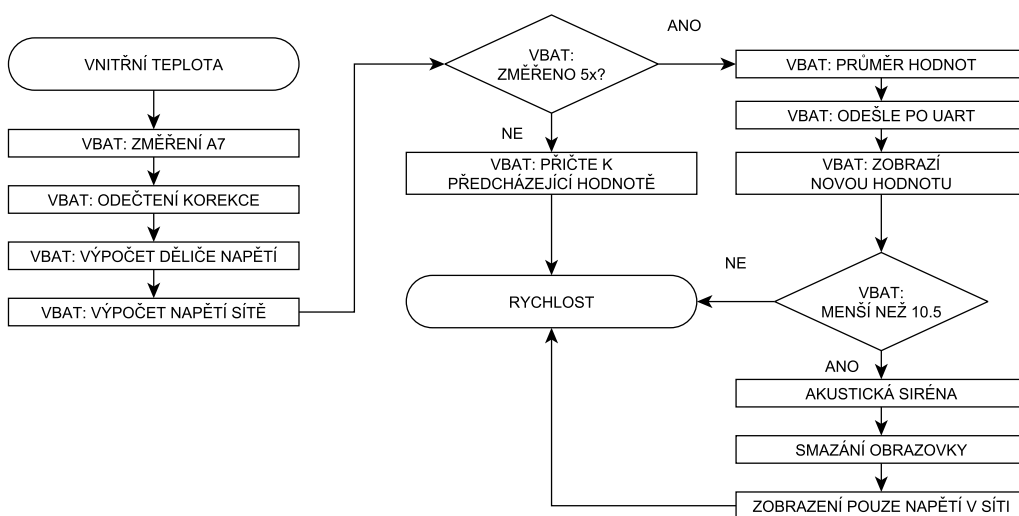
Obr. 80: Obslužná rutina měření teploty motoru



Obr. 81: Obslužná rutina měření venkovní teploty



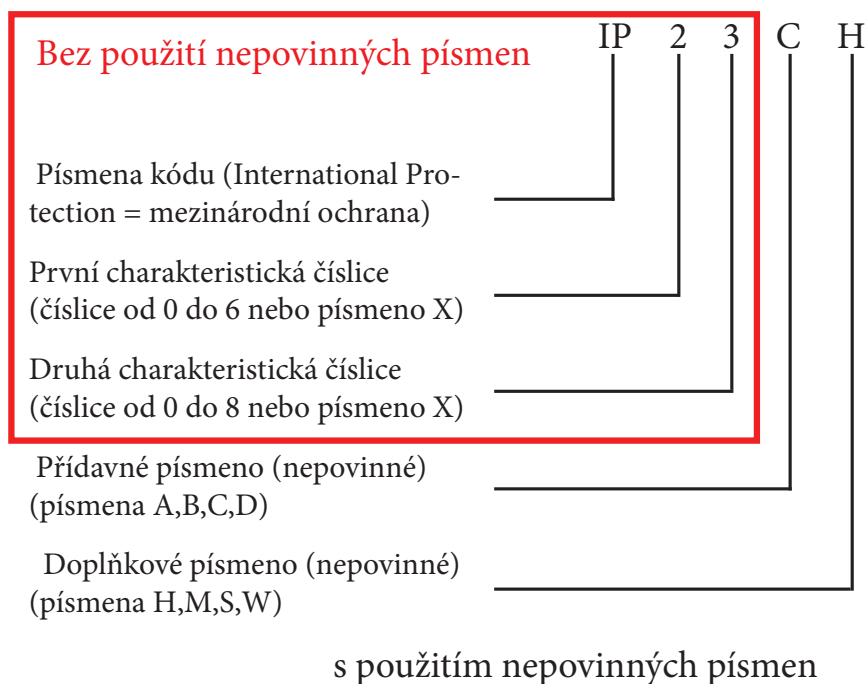
Obr. 82: Obslužná rutina měření vnitřní teploty



Obr. 83: Obslužná rutina měření napětí v palubní síti

G | NORMA ČSN EN 60529

Norma ČSN EN 60529 popisuje stupně ochrany elektrických zařízení pomocí ochranných krytů, a to do jmenovitého napětí 72,5kV. Definuje stupně ochrany krytem zařízení před vnikem cizích těles, ochranu osob před dotykem živých částí elektrického zařízení a ochranu zařízení před vnikem vody.



Obr. 84: Uspořádání IP kódu

Tam, kde se uvedení charakteristické číslice nevyžaduje, je tato číslice nahrazena písmenem X (popř. XX, pokud jsou vynechány obě charakteristické číslice).

Důležité jsou číslice v červeném rámečku, případně jejich nahrazení za X, není-li striktně vyžadována. U údaje o stupni krytí bývá tzv. doplňkové písmeno nebo dvě. Ta udávají krytí před dotykem nebezpečných částí, např. prstem, hřbetem ruky, nástrojem či drátem a druhé písmeno udává informaci, pro jaké testy je zařízení určeno, například že je zařízení pro vysokého napětí či při testech dojde k pohybu vodou.

Následující tabulky shrnují stupeň ochrany přístroje proti vniknutí pevných částic a ochranu proti vodě.

Tab. 21: Přehled charakteristických čísel v závislosti na možnosti vniku cizího předmětu

První charakteristická číslice	Před vniknutím pevných cizích těles
0	nechráněno
1	o průměru $\geq 50\text{mm}$
2	o průměru $\geq 12,5\text{mm}$
3	o průměru $\geq 2,5\text{mm}$
4	o průměru $\geq 1,0\text{mm}$
5	chráněno před prachem
6	prachotěsné

Tab. 22: Přehled charakteristických čísel v závislosti na ochraně před vnikem vody [12]

Druhá charakteristická číslice	Proti vniku vody s nebezpečnými účinky
0	(nechráněno)
1	svisle kapající
2	kapající (ve sklonu 15°)
3	kropení (déšť)
4	stříkající
5	tryskající
6	intenzívně tryskající
7	ponoření dočasné
8	trvalé ponoření

