



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

## ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

## UNIVERZÁLNÍ AUTOMOBILOVÁ PALUBNÍ JEDNOTKA S ŘÍZENÍM PŘEDSTIHU

UNIVERSAL CAR-BOARD UNIT WITH PRE-IGNITION CONTROL

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Milan Ambrož

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Jiří Šebesta, Ph.D.

BRNO 2017

# Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Elektronika a sdělovací technika**  
Ústav radioelektroniky

**Student:** Milan Ambrož

**ID:** 174190

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2016/17

**NÁZEV TÉMATU:**

## Univerzální automobilová palubní jednotka s řízením předstihu

### POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Provedte analýzu možných řešení a výběr vhodného mikrokontroléru pro univerzální palubní jednotku s řízením předstihu pro starší dvoutaktní spalovací motory. Uvažujte rovněž měření fází natočení klikového hřídele a kompenzaci případné nesymetrie, měření teploty motoru, řízené vstřikování oleje pro oddělené mazání motoru. Palubní jednotka bude zobrazovat všechny potřebné údaje jako je teplota motoru, napětí palubní sítě, otáčky apod. a bude rovněž umožňovat nastavit vybrané parametry. Uvažujte rovněž řešení vybraných funkcí palubního počítače jako spotřeba paliva, odhad dojezdu apod. Na základě rozboru navrhnete komplexní zapojení palubní jednotky, senzorů a akčních členů a desky plošného spoju včetně návrhu mechanického uspořádání. Navržené desky osadíte a provedte základní oživení. Sestavte řídicí firmware palubní jednotky a prakticky jej ověřte na vhodné implementaci do staršího dvoutaktního automobilu. Provedte komplexní měření činnosti palubní jednotky a výsledky diskutujte.

### DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] VLK, F. Automobilová elektronika 3: Systémy řízení motoru a převodů. 1. vydání. Brno : Prof. Ing. František Vlk, DrSc., 2006.

[2] CORRIGAN, S. Introduction to the Controller Area Network (CAN) . Application Report SLOA101A Revised in July 2008. Dallas: Texas Instruments, 2008.

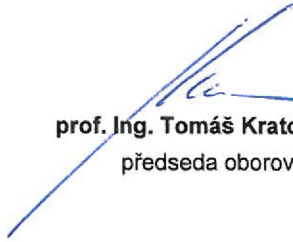
**Termín zadání:** 6. 2. 2017

**Termín odevzdání:** 30.5.2017

**Vedoucí práce:** doc. Ing. Jiří Šebesta, Ph.D.

**Konzultant:**



  
prof. Ing. Tomáš Kratochvíl, Ph.D.  
předseda oborové rady

### UPOZORNĚNÍ:

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

## **ABSTRAKT**

Tato práce se zabývá návrhem univerzální palubní jednotky pro starší dvoutaktní automobily s řízením předstihu zapalování motoru. Jako doplňková funkce je zobrazování údajů spojených s provozem vozidla. Při návrhu byly zohledněny také požadavky majitelů vozidel, pro která je jednotka určena.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Zapalování, palubní jednotka, dvoutaktní motor, dvouválcový motor, tříválcový motor

## **ABSTRACT**

This semestral thesis deal with designe of universal car-board unit for old two stroke engine, with pre-ignition control. Next function is displaying information conected with using vehicle. When the proposal to take into account also the requirements of owners of vehicles for which the unit is intended to.

## **KEYWORDS**

Ignition, car-board unit, two stroke motor, two cylinder motor, three cylinder motor

Ambrož Milan. Univerzální automobilová palubní jednotka s řízením předstihu. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav radioelektroniky, 2016. 11 s., 3 s. příloh. Bakalářská práce. Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Šebesta, Ph.D.

# PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci na téma Univerzální automobilová palubní jednotka s řízením předstihu jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího semestrální práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené semestrální práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne .....

.....

(podpis autora)

# PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Jiří Šebesta, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další rady při zpracování mé bakalářské práce.

Dále bych rád poděkoval kamarádovi Ladislav Ševčík za pomoc při realizaci mechanických prvků pro implementaci zařízení do automobilu a rady ohledně vhodných funkcí zařízení z pohledu uživatele.

Poděkování si také zaslouhují rodiče, otec Milan Ambrož a nevlastní matka Gabriela Kozáková, kteří mi umožnili studium a byli mi vždy oporou i v těch nejtěžších situacích spolu s ostatními členy mé rodiny ze strany otce a nevlastní matky.

# OBSAH

<b>Seznam obrázků</b>	<b>viii</b>
<b>Úvod</b>	<b>1</b>
<b>1 Systémová analýza</b>	<b>2</b>
1.1 Řídící jednotka.....	2
1.1.1 Výpočet předstihu.....	2
1.1.2 Vstřikování oleje.....	4
1.1.3 Řízený běh naprázdno.....	4
1.1.4 Regulace chlazení motoru.....	5
1.1.5 Ovládání zapalovacích cívek.....	5
1.2 Palubní počítač.....	5
1.2.1 Měření ujeté vzdálenosti.....	5
1.2.2 Měření spotřebovaného paliva.....	6
1.2.3 Kontrola palubního napětí.....	6
1.2.4 Kontrola funkce brzdových světel.....	6
<b>2 Blokové řešení a výběr snímačů</b>	<b>7</b>
2.1 Výběr mikroprocesorů.....	8
2.2 Snímání polohy klikového hřídele.....	8
2.2.1 Snímač polohy klikového hřídele Trabant 601.....	9
2.2.2 Snímač polohy klikového hřídele Barkas B-1000 a Wartburg 353.....	9
2.3 Měření průtoku paliva.....	10
2.4 Senzor otáček náhonu tachometru.....	11
2.5 Snímání palubního napětí.....	11
2.6 Komunikační sběrnice.....	12
2.7 Zobrazovač.....	12
2.8 Ovládací prvky.....	13
2.8.1 Rotační enkodér.....	13
2.8.2 Tlačítka.....	13
2.9 Kontrola brzdových světel.....	13

<b>3</b>	<b>Obvodový návrh</b>	<b>14</b>
3.1	Napájení .....	14
3.2	Připojení mikroprocesoru .....	14
3.3	Ochrana vnitřních obvodů .....	14
3.4	Připojení ovládacích prvků .....	15
3.5	Měření vnitřní a venkovní teploty .....	15
3.6	Měření teploty motoru .....	15
3.7	Zpracování signálu snímače náhonu tachometru .....	15
3.8	Generování hodinových kmitočtů pro mikroprocesory .....	16
3.9	Úspora odběru proudu při vypnutém stavu .....	16
3.10	Ovládání indukčních cívek a vstřikovačů .....	16
<b>4</b>	<b>Návrh plošných spojů a mechanické řešení</b>	<b>17</b>
4.1	Řídící jednotka .....	17
4.1.1	Hlavní deska řídicí jednotky .....	17
4.1.2	Deska snímačů a indukčních cívek .....	17
4.1.3	Deska připojení vstřikovačů .....	18
4.1.4	Deska chlazení motoru a ovládání karburátoru .....	18
4.2	Palubní počítač .....	18
4.2.1	Hlavní deska palubního počítače .....	18
4.2.2	Desky měření teploty a snímače náhonu tachometru .....	18
4.3	Výroba a osazování desek plošných spojů .....	19
<b>5</b>	<b>Návrh softwarového vybavení</b>	<b>20</b>
5.1	Obsluha rotačního enkoderu .....	20
5.2	Obsluha tlačítek .....	20
5.3	Generování času .....	20
5.4	Komunikace po sběrnici CAN .....	21
5.5	Měření otáček a regulace předstihu .....	21
5.6	Měření spotřebovaného paliva .....	22
5.7	Měření teploty motoru .....	22
5.8	Měření venkovní a vnitřní teploty .....	23
5.9	Test funkce brzdových světel .....	23
5.10	Ovládání chlazení motoru .....	23
5.11	Ukládání důležitých proměnných .....	24

5.12	Zobrazení menu palubního počítače .....	24
<b>6</b>	<b>Montáž a Test funkce</b>	<b>25</b>
6.1	Simulování vozu Trabant 601S.....	25
6.2	Montáž do vozu Trabant 601S.....	26
6.3	Montáž do vozidla Barkas B-1000 .....	26
6.4	Nastavení snímače klikového hřídele .....	27
6.5	Měření funkce regulace předstihu.....	27
<b>7</b>	<b>Závěr</b>	<b>28</b>
	<b>Literatura</b>	<b>29</b>
	<b>Seznam symbolů, veličin a zkratk</b>	<b>30</b>
A.1	Obvodové zapojení palubního počítače .....	31
A.2	Deska plošného spoje palubního počítače .....	32
A.3	Osazovací plán plošného spoje palubního počítače (top).....	32
A.4	Osazovací plán plošného spoje palubního počítače (bottom).....	33
A.5	Obvodové zapojení řídicí jednotky .....	34
A.6	Deska plošného spoje řídicí jednotky .....	35
A.7	Osazovací plán plošného spoje řídicí jednotky (top).....	36
A.8	Osazovací plán plošného spoje řídicí jednotky (top).....	37
A.9	Obvodové zapojení desky snímačů.....	38
A.10	Deska plošných spojů snímačů .....	38
A.11	Osazovací plán plošného spoje snímačů (top).....	39
A.12	Osazovací plán plošného spoje snímačů (bottom).....	39
A.13	Obvodové zapojení desky chlazení.....	40
A.14	Deska plošných spojů chlazení .....	40
A.15	Osazovací plán plošného spoje chlazení (top).....	41
A.16	Osazovací plán plošného spoje chlazení (bottom).....	41
A.17	Obvodové zapojení desky cívek .....	42
A.18	Deska plošných spojů cívek.....	42
A.19	Osazovací plán plošného spoje cívek (top).....	43
A.20	Osazovací plán plošného spoje cívek (bottom) .....	43
A.21	Obvodové zapojení desky tachometru .....	43
A.22	Deska plošných spojů tachometru .....	43
A.23	Osazovací plán plošného spoje tachometru (top) .....	44



A.24	Osazovací plán plošného spoje tachometru (bottom) .....	44
A.25	Obvodové zapojení desky brzd .....	44
A.26	Deska plošných spojů brzd .....	44
A.27	Osazovací plán plošného spoje brzd (top) .....	45
A.28	Osazovací plán plošného spoje brzd (bottom) .....	45
A.29	Obvodové zapojení desky teploty vzduchu .....	45
A.30	Deska plošných spojů teploty vzduchu .....	45
A.31	Osazovací plán plošného spoje teploty vzduchu (top) .....	46
A.32	Osazovací plán plošného spoje teploty vzduch (bottom) .....	46
A.33	Obvodové zapojení desky teploty motoru .....	47
A.34	Deska plošných spojů teploty motoru .....	48
A.35	Osazovací plán plošného spoje teploty motoru (top) .....	48
A.36	Osazovací plán plošného spoje teploty motoru (bottom) .....	49
A.37	Obvodové zapojení desky vstřikovačů .....	49
A.38	Deska plošných spojů vstřikovačů .....	49
A.39	Osazovací plán plošného spoje vstřikovačů (top) .....	50
A.40	Osazovací plán plošného spoje vstřikovačů (bottom) .....	50
B.1	Seznam součástí palubního počítače .....	51
B.2	Seznam součástí řídicí jednotky .....	52
B.3	Seznam součástí desky snímačů .....	52
B.4	Seznam součástí desky chlazení .....	53
B.5	Seznam součástí desky cívek .....	54
B.6	Seznam součástí desky tachometru .....	54
B.7	Seznam součástí desky brzd .....	54
B.8	Seznam součástí desky teploměru .....	55
B.9	Seznam součástí teploty motoru .....	55
B.10	Seznam součástí desky vstřikovačů .....	56

# SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1.1 Elektronické zapalování s mechanickým regulátorem předstihu .....	3
Obrázek 1.2 Vstřikovače oleje namontované na motoru trabant.....	4
Obrázek 2.1 Blokové schéma řídicí jednotky .....	7
Obrázek 2.2 Blokové schéma palubního počítače .....	8
Obrázek 2.3 Snímač polohy klikového hřídele Trabant 601 .....	9
Obrázek 2.4 Snímač polohy klikového hřídele Barkas B-1000 a wartburg 353 .....	10
Obrázek 2.5 Demontovaný originální průtokoměr z roku 1985 .....	11
Obrázek 2.6 Modul měření proudu s obvodem INA226 .....	13
Obrázek 6.1 simulátor běhu motoru .....	25
Obrázek 6.2 simulátor jízdy vozidla .....	26

# SEZNAM TABULEK

Tabulka 5.1 souhrn přenášených dat po sběrnici CAN .....	21
--	----

# ÚVOD

U spalovacího motoru je nutné, pro správnou funkci, načasovat zapálení směsi ve správný okamžik. Většina starších dvoutaktních automobilů ale takový systém nevlastní a předstih je dán kompromisem. Pevný předstih omezuje rozsah otáček, kde motor pracuje nejlépe. Tento problém řeší popisovaná palubní jednotka.

Doba hoření palivové směsi je přibližně konstantní. Trvání jedné otáčky motoru se ale mění v závislosti na otáčkách motoru. Proto je nutné měnit bod zapálení směsi tak, aby byla spálena ve chvíli, kdy motor dosáhne horní úvrati.

Hlavním úkolem jednotky bude řízení předstihu zapálení směsi dvouválcového motoru vozidla Trabant 601. Jednotka také umožňuje montáž pro tříválcový dvoutaktní motor, který využívají vozidla Wartburg 353 a Barkas B-1000. Právě pro tříválcový dvoutaktní motor není v nabídce vhodný systém řízení předstihu. Jednotka je také použitelná pro obdobné konstrukce motorů.

Jako vedlejší úkoly jsou základní funkce palubního počítače a doplňky, které vyplývají z potřeb majitelů výše zmíněných vozidel. Jedná se mimo běžných funkcí palubního počítače, také o test činnosti brzdových světel, ovládnutí nuceného a náporového chlazení, monitorování teploty motoru, automatické rozsvícení světel, zobrazení otáček motoru a množství paliva. Vybrané parametry jednotky lze zobrazit na displeji jednotky, případně je přímo v automobilu změnit.

Snímání polohy klikové hřídele umožňuje použití elektronických snímačů, které později výrobce dodával k automobilům pro tranzistorové zapalování, případně použití snímačů obdobných parametrů. U vozidla Trabant 601 se jedná o Hallův snímač a vozidlo Wartburg 353 a Barkas B-1000 využívá trojitý optický snímač. Nastavení snímačů se musí změnit oproti originálu, jednotka pracuje na principu zpoždění signálu.

Jednotka je připravena pro obsluhu odděleného mazání motoru. Dvoutaktní motor se maže směsí benzínu a oleje. Olej se bohužel v aktuálně prodávaném benzínu špatně rozpouští vlivem ekologických přísad. Po delší době se srazí a usadí na dně nádrže, což vede k velmi špatnému mazání motoru. Proto má jednotka přípravu pro oddělené mazání motoru pomocí vstřikovačů. Obdobný postup se využívá u moderních dvoutaktních motorů. Oddělené mazání poté umožňuje provoz dvoutaktního motoru na palivo E85, ve kterém se olej nerozpouští a také LPG. Oddělené mazání také umožňuje kontrolu mazání. Řízené mazání lze nastavit tak, aby motor nebyl zbytečně přemazaný, což sníží kouřivost motoru a jeho emise

# 1 SYSTÉMOVÁ ANALÝZA

System palubní jednotky musí zpracovávat velké množství údajů. Pokud se jedná pouze o funkci řízení zapalování, zpracovávají se údaje z okolí motoru a zařízení se umístí do motorového prostoru. Palubní počítač získává většinu údajů z prostoru palubní desky.

Jako první možnost se nabízí umístění jednotky v polovině vzdálenosti mezi motorovým prostorem a palubní deskou. Vodiče snímačů se prodlouží a připojí do jednotky, které zastává veškeré funkce systému. Toto řešení zahrnuje jeden výkonný mikroprocesor. V programu se navíc musí zohlednit primární funkce, řízení předstihu, na které je závislý chod motoru.

Druhá možnost realizace spočívá v rozdělení systému na více samostatně pracujících zařízení. Každé zařízení vykonává určitou část celku a potřebné informace si mezi sebou zasílají po komunikační sběrnici. V případě Universální palubní jednotky s řízením předstihu se nabízí rozdělení na dva celky. První část, řídicí jednotka, zajišťuje chod motoru. Druhá část, palubní počítač, zprostředkovává uživatelské rozhraní. Stará se o zobrazení provozních hodnot a funkce jednoduchého palubního počítače. Také umožňuje změnu vybraných parametrů řídicí jednotky. Tato metoda byla zvolena jako řešení zadání.

V první části jsou definovány požadavky pro realizaci systému, principy funkce a potřebné programové a technické vybavení systému. V druhé části práce pojednává o konkrétních vybraných snímačích. Třetí část se zabývá obvodovým návrhem a zapojením systému. Čtvrtá část ukazuje rozmístění komponent na deskách plošných spojů a návrh. Pátá část ukazuje postup návrhu řídicího programu pro mikroprocesory. V šesté části se práce zabývá implementací zařízení do vozidla a testování funkcí v praxi.

## 1.1 Řídicí jednotka

Úkolem řídicí jednotky je zpracovávat pozici klikového hřídele, teplotu motoru, venkovní teplotu a průtok paliva. Na základě získaných údajů ovládá zapalovací cívky, ventilátor chlazení, žaluzie pro náporové chlazení, elektromagnet karburátoru a vstřikovače oleje.

Řídicí jednotka, na rozdíl od palubního počítače, dokáže pracovat samostatně. Pro svou funkci nepotřebuje přijímat data z palubního počítače. Naopak musí zvládat zasílat palubnímu počítači data o provozu, ze kterých se vypočítají parametry o provozu vozidla. Jediná chvíle, kdy řídicí jednotka přijímá data, nastane při změně parametrů jednotky.

### 1.1.1 Výpočet předstihu

Předstih je hodnota, která udává pozici, kdy dojde k zapálení palivové směsi. Palivová směs má přibližně konstantní dobu hoření. Veškerá směs musí být spálena v momentu dosažení horní úvratí. Pokud směs stihne shořet dříve, nežli nastane horní úvratě,

zpočátku působí proti směru pohybu pístu. V případě nespálení směsi včas nastane situace, kdy směs dohořívá za horní úvratí a dodá méně energie pístu.

Mechanická regulace předstihu pomocí odstředivé síly působící na závažíčka umístěná na pohyblivé vačce provádí její natáčení. Čím vyšší otáčky, tím dříve vačka rozpne kontakt a dojde k přeskočení jiskry. Kladívko může být nahrazeno elektronickým snímačem (viz obr. 1.1). Poté se jedná o elektronické zapalování s mechanickým řízením předstihu. Toto řešení využívá například automobil Škoda Favorit, který nemá systém vstřikování Bosch.



Obrázek 1.1 Elektronické zapalování s mechanickým regulátorem předstihu

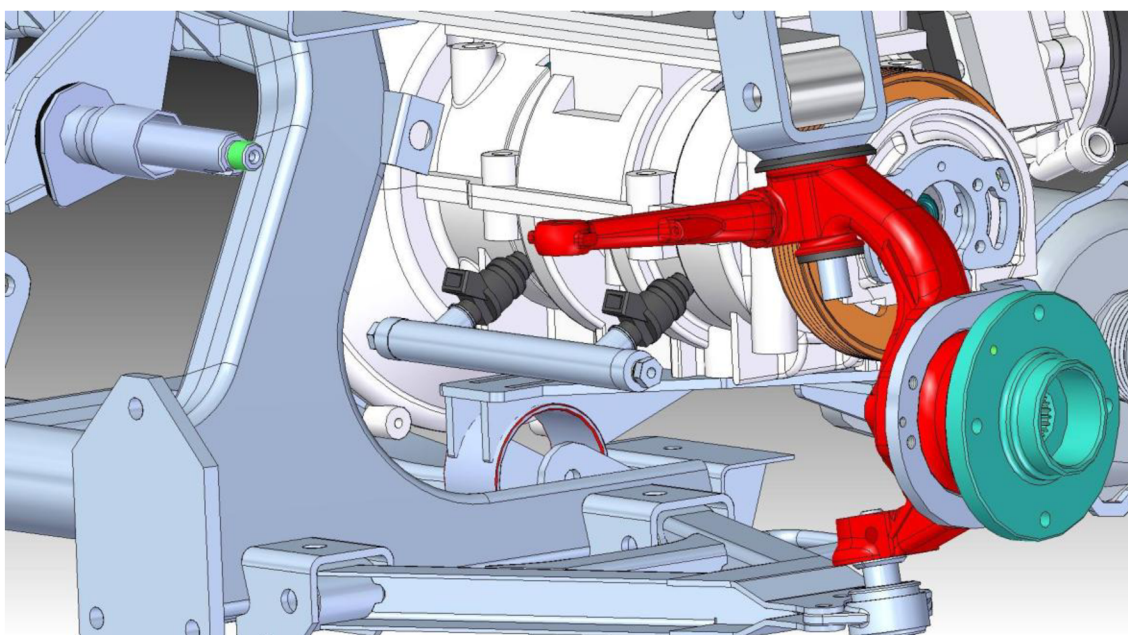
Vozidla, na které je řešení zaměřeno nemají od výrobce žádnou regulaci předstihu. Výjimkou je Trabant s kladívkovým zapalováním. Zde je využit regulátor předstihu mechanický. Bohužel výrobce omezil jeho rozsah regulace pouze do cca 1500 ot/min. Doporučené otáčky motoru jsou ale 2500-4000 ot/min. Z toho plyne, že regulátor se za správného provozu neprojeví a pomáhá jen při startu a rozjezdu. Nadále bylo vyrobeno bezkontaktní zapalování. Toto zapalování předstih neregulovalo vůbec.

Pro dosažení možnosti regulace předstihu potřebuje elektronické zapalování získat dva důležité údaje. Prvním údajem je poloha klikového hřídele, druhým otáčky motoru. Snímač polohy klikového hřídele je umístěn s velkým předstihem. Mikroprocesor tedy zpozdí signál snímače o čas, za který dosáhne motor požadovaný předstih. Poté teprve zapálí palivovou směs. Čas zpoždění je závislý na otáčkách motoru. Dle otáček motoru se z tabulky hodnot vybere doba zpoždění pro daný rozsah otáček. Předstih u elektronických zapalování je regulován s krokem od 50 do 500 ot/min. Princip činnosti řízení předstihu byl převzat z [1].

## 1.1.2 Vstřikování oleje

Dvoutaktní spalovací motor je mazán pomocí směsi paliva s olejem v určitém poměru. Základem je, aby se olej v benzínu dobře rozpouštěl a nesrážel. V benzínu se ale také nachází čím dál více složky etanolu, ve kterém se olej pro dvoutaktní motory špatně rozpouští. Proto je u některých moderních motorů oddělené vstřikování oleje. Pokud je motor tímto systémem osazen, lze jej navíc provozovat na LPG.

Vstřikování spočívá v dávkování oleje jednou za otáčku po určitou dobu. Tato doba může být proměnlivá s otáčkami motoru. Vstřikovače olej dávkuje přímo do klikového prostoru (viz obr. 1.2) a případně i do sání.



Obrázek 1.2 Vstřikovače oleje namontované na motoru trabant

## 1.1.3 Řízený běh naprázdno

Pokud brzdíme motorem dvoutaktní automobil, motor vlivem dodávané malé volnoběžné směsi škube. Toto cukání škodí uložení motoru, převodovce a samotnému motoru. K odstranění tohoto nežádoucího jevu stačí zabránit přístupu paliva do motoru. Na karburátor lze namontovat elektromagnet, který po odpojení napájení zamezí dodávání volnoběžné směsi.

Pro řízení elektromagnetu stačí znát hranici otáček, kdy elektromagnet sepne a začne dodávat palivo motoru. Tato hranice je zhruba 1500ot/min. Při nižší hranici otáček by mohlo docházet k zhasnutí motoru. Pokud otáčky stoupnou, je sešlápnut plyn, elektromagnet je vypnut. Motor dostává směs paliva normálním způsobem.

### 1.1.4 Regulace chlazení motoru

Motor je chlazen vzduchem (Trabant) nebo vodou (Wartburg, Barkas). U vzduchového chlazení je systém doplněn náporovým chlazením. Tento systém obsahuje elektromagnetickou spojku ventilátoru, poháněného klínovým řemenem a žaluzie.

Jednotka zpracovává údaj o teplotě motoru a na základě této teploty reguluje systém chlazení. Pokud je motor studený, žaluzie jsou zavřené a ventilátor je vypnut. Po zahřátí motoru se žaluzie otevřou a motor se ochlazuje za jízdy náporovým chlazením. V případě, že teplota i nadále stoupá, spustí se ventilátor a zavřou se žaluzie.

### 1.1.5 Ovládání zapalovacích cívek

Směs paliva je zapalovaná elektrickou jiskrou. Vysoké napětí pro přeskok jiskry je vyrobeno pomocí zapalovací cívky. Vozidlo Trabant obsahuje cívky dvě, vozidlo Wartburg a Barkas potřebuje tři kusy cívek. Je to z důvodu absence rozdělovače.

Zapalovací cívku lze budít několika způsoby. Nejčastější je Tranzistorové buzení. Tranzistor spíná cívku podobně jako kontakt kladívka. Další časté řešení je kapacitní zapalování. Kondenzátor se nabije na vysoké napětí a tyristorem se vybije do indukční cívky. Toto řešení má větší energii jiskry, využívá se hlavně u motocyklů. Řídící jednotka je vybavena výstupy pro připojení výkonového stupně pro buzení cívek. Z důvodu změny počtu cívek a také pro možnost volby továrních výrobků. Například cívky s integrovaným spínačem, které jsou hojně rozšířené v automobilech.

## 1.2 Palubní počítač

Palubní počítač zobrazuje důležité údaje o provozu vozidla. Teploty, spotřebu, ujetou vzdálenost. Také kontroluje funkci brzdových světel a automaticky rozsvěcí světla. Důležitou funkcí je zejména nastavování parametrů řídicí jednotky motoru.

Pro obsluhu těchto funkcí palubní počítač komunikuje s řídicí jednotkou prostřednictvím sběrnice, ze které získá část údajů pro výpočty a funkce, či pouhé zobrazení. Zbytek údajů získá pomocí senzorů připojených přímo k palubnímu počítači. Připojeny jsou také nastavovací prvky a zobrazovač pro uživatelské rozhraní. K palubnímu počítači jsou připojeny obvody pro snímání rychlosti, množství paliva, palubního napětí, funkce brzdových světel a vnitřní teploty. Ovládané prvky jsou relé světel a varovný bzučák. Řešení je z části inspirováno palubním počítačem uveřejněným v [2].

### 1.2.1 Měření ujeté vzdálenosti

Ujetá vzdálenost se snímá na náhonu tachometru. Počet otáček náhonu odpovídá ujeté vzdálenosti a frekvence otáčení je aktuální rychlost. Palubní počítač načítá údaj o potru otočení, ze kterého vypočítá ujetou vzdálenost. Pro získání údaje v kilometrech je nutné zjistit měřením konstantu, kterou je nutné hodnotu počtu otočení vynásobit.



## 1.2.2 Měření spotřebovaného paliva

Množství spotřebovaného paliva se u moderních automobilů měří jako doba vstříku. U vstřikovače víme, kolik paliva proteče za daný okamžik. U starých automobilů vybavených karburátorem je nutné měřit přímo průtok paliva na hadičce ke karburátoru. Existuje mnoho způsobů. Nejčastěji se provádí měření pomocí vrtulkového průtokoměru, který minimálně omezuje průtok paliva. Bohužel je také méně přesný. Tento typ průtokoměru je použit v automobilech Trabant i Barkas (Wartburg). Dále se používá průtokoměr s difuzorem, který potřebuje palivové čerpadlo pro zajištění dostatečného průtoku paliva.

Vrtulkový průtokoměr obsahuje vrtulku umístěnou v průsvitném plastu. Optická závora je umístěna tak, aby paprsek zastínil lopatky vrtulky. Výstupem průtokoměru je poté frekvence. Několik impulzů na otáčku dle počtu lopatek. Nevýhoda je nemožnost použití neprůsvitného paliva. Počet impulzů odpovídá množství spotřebovaného paliva. Konstantu, kterou je potřeba vynásobit počet impulzů pro získání spotřebovaného paliva je nutné určit experimentálně pomocí dlouhodobého testu.

## 1.2.3 Kontrola palubního napětí

Palubní napětí je důležitý údaj o stavu elektroinstalace vozu. Lze snadno určit, zdali je soustava přetížena nebo nedobíjí alternátor. Tato situace je u starších vozů častá. Dochází k pomalému vybíjení akumulátoru až do stavu, kdy je nemožný start.

Pokud dojde k poklesu napětí nebo k zvýšení napětí nad stanovenou mez, palubní počítač zvukovým signálem řidiče upozorní, že došlo k problému. Pokud má akumulátor napětí přibližně 12,6 V, jedná se o plně nabitý akumulátor. Za provozu vozidla napětí palubní sítě nemá poklesnout pod 13,5 V. Pokud je elektroinstalace a dobíjení v pořádku, palubní napětí je 13,9 V-14,4 V. Pokud napětí přesáhne 14,4 V, akumulátor začne plynout a může dojít k explozi. Pokud napětí klesne pod 13,5 V, akumulátor není dostatečně dobíjen. Při napětí pod 12,6 V se akumulátor začne vybíjet. Tato situace nastane zejména při poruše dobíjecího relé, nebo při přerušení vodiče. Také při oxidaci spojů a vysoké zátěži (ventilátor, mlhové světlomety, autorádio)

## 1.2.4 Kontrola funkce brzdových světel

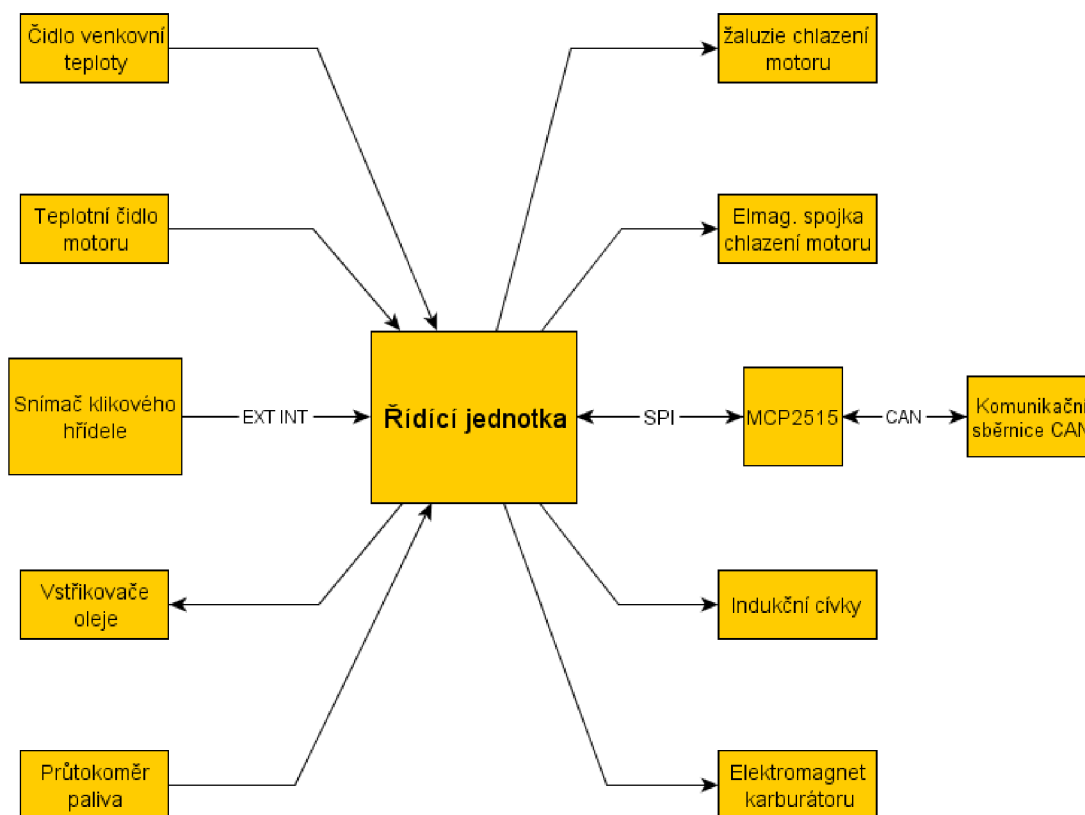
Dalším častým problémem je nefunkčnost brzdových světel. Ostatní světelné zdroje je schopen řidič sám zkontrolovat. Pokud kontroluje ale brzdová světla, musí stát na brzdovém pedálu a zároveň sledovat automobil zezadu, což je nemožné. Také se stává během provozu, že se poruší spínač brzdových světel.

Palubní počítač kontroluje odběr brzdových světlometů. Pokud je menší, nežli 2,5 A (30 W) došlo k poruše minimálně jedné žárovky. Při nulovém odběru nesvítí brzdové světlomety vůbec. Důležité je, aby při připojení přívěsného vozíku, kdy dojde k dvojnásobnému odběru proudu, obvod pro detekci funkce brzdových světel spolehlivě pracoval.

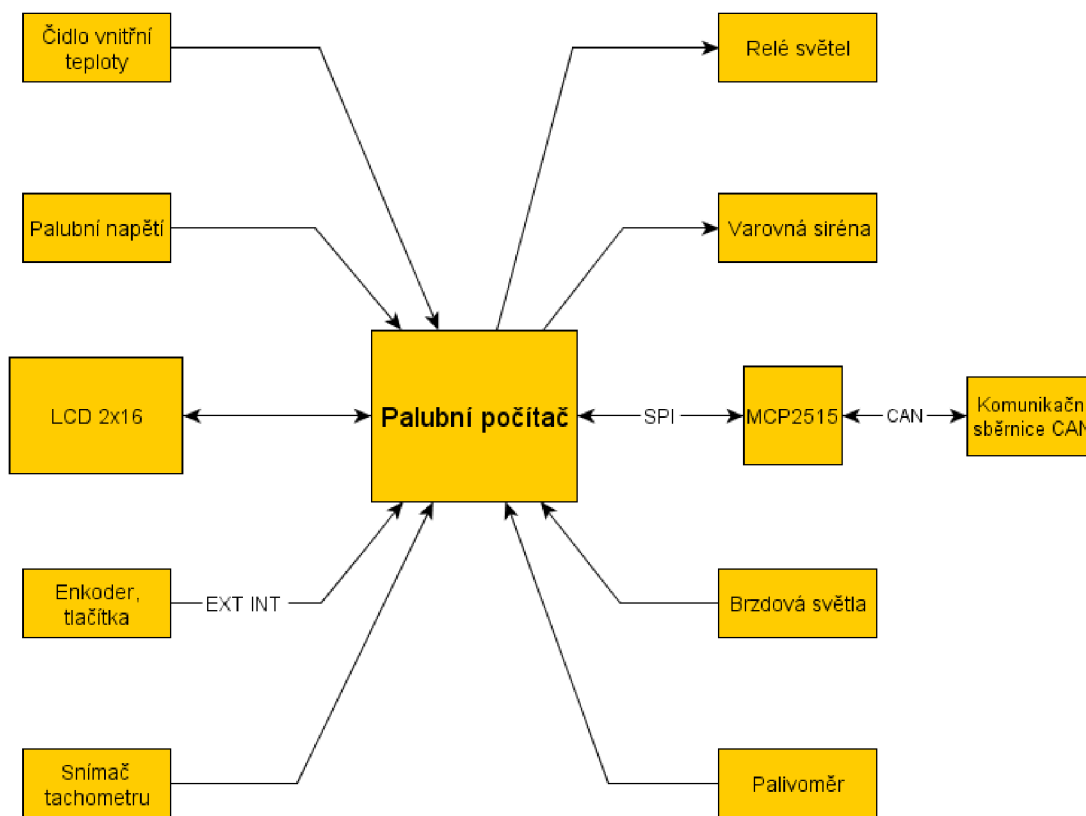
## 2 BLOKOVÉ ŘEŠENÍ A VÝBĚR SNÍMAČŮ

Na výběr je k dispozici mnoho komponentů, které lze použít pro snímání potřebných veličin. Některé komponenty jsou zadány pevně, z důvodu přítomnosti ve vozidle z výroby, jiné jsou zvoleny s ohledem na dostupnost nebo jednoduchost výroby. Mnoho snímačů lze zaměnit za podobné.

Na blokovém diagramu řídicí jednotky (viz obr. 2.1) a blokovém schématu palubního počítače (viz obr. 2.2) můžeme vidět připojení jednotlivých periférií k mikroprocesorům. Vzájemné propojení mikroprocesorů zajišťuje sběrnice CAN, která se používá pro komunikaci přímo v automobilovém průmyslu



Obrázek 2.1 Blokové schéma řídicí jednotky



Obrázek 2.2 Blokové schéma palubního počítače

## 2.1 Výběr mikroprocesorů

Existuje mnoho výrobců a ještě více typů mikroprocesorů. Často jsou dostupné jen v provedení pro povrchovou montáž. Z důvodu snadného sestavení i v rukou amatéra je vhodně volit většinu komponentů v klasické montáži s vývodovým provedením. Případně velké pouzdra pro povrchovou montáž.

Největší problém je u mikroprocesoru. Většina mikroprocesorů se vyrábí výhradně v povrchové montáži. Proto byl zvolen mikroprocesor Atmel AVR Atmega644p, který naopak lze sehnat v obou provedení a lze jej programovat jen pomocí čtyř rezistorů a paralelního portu, kterým disponuje stále velké množství počítačů.

## 2.2 Snímání polohy klikového hřídele

Zmíněné automobily mají možnost montáže bezkontaktního zapalování, jako lepší výbavu. Automobil Trabant má zhruba od roku 1986 bezkontaktní zapalování montované sériově. U automobilu Barkas a Wartburg výrobce bezkontaktní zapalování do sériové montáže nepustil z důvodu vysoké poruchovosti, 5%. Toto zapalování bylo možné pořídit jako náhradní díl.

### 2.2.1 Snímač polohy klikového hřídele Trabant 601

Vozidlo Trabant disponuje senzorem (viz obr. 2.3) s hallovou sondou a rotujícím magnetem. Napájení snímače je 5 V a výstupní signál je obdélníkový průběh o úrovni 5 V. Při náběžné hraně zapaluje první válec a při sestupné zapaluje druhý válec.

Na fotografii snímače můžeme vidět, že změnu předstihu v určitém rozsahu lze provádět povolením dvou větších šroubků a pootočením základny snímače. Dva menší šroubky, jeden pojištěný barvou z výroby, nastavují předstih druhého válce. Toto nastavení je provedeno ve výrobě na 180°, případně je vykompenzována nesymetrie klikového hřídele.



Obrázek 2.3 Snímač polohy klikového hřídele Trabant 601

### 2.2.2 Snímač polohy klikového hřídele Barkas B-1000 a Wartburg 353

Vozidla Barkas B-1000 a Wartburg 353 mají snímání klikového hřídele řešené opticky. Je to nejspíše z důvodu, že časování tohoto tříválcového motoru je po 120°. Místo magnetu rotuje clonka, která prochází třemi optickými závory (viz obr. 2.4).

Výstupní signál snímačů je pravoúhlý signál generovaný otevřeným kolektorem tranzistoru. Je tedy nutné připojit vnější pull-up rezistor. Napájení tohoto snímače je 6,3 V. Tento snímač potřebuje pro definici polohy klikového hřídele tři vstupy mikroprocesoru.

Z fotografie vyplývá, že pro nastavení předstihu je potřeba nastavovat každý snímač zvlášť. Ke snímačům je velmi špatný přístup, pokud člověk nemá montážní jámu. Výhoda je, že lze u bezkontaktního zapalování seřídít snímače jen jednou. U kladívkového zapalování bylo nutné seřízení provádět zhruba po ujetí 1000 km. Nejdůležitější u seřizování optického zapalování je správné a dobré utěsnění krytu i přívodu. Jinak se může znečistit optická cesta a zapalování přestane fungovat.



Obrázek 2.4 Snímač polohy klikového hřídele Barkas B-1000 a wartburg 353

## 2.3 Měření průtoku paliva

Průtokoměr paliva (viz obr 2.5) obsahují všechny tři automobily jako výbavu „de-luxe“, nebo později v základní výbavě. Jedná se o jednoduchý vrtulkový průtokoměr s optickou závorou. Výrobce neuvádí jeho přesnost. Po rozebrání bylo zjištěno, že na jednu otáčku vrtulky generuje devět impulzů.

Protože průtokoměr generuje místo impulzů napětí odpovídající zhruba průtoku, rozhodl jsem se ho upravit pro impulzní výstup. Impulzní výstup je mnohem přesnější, protože není zatížen chybou převodu na napětí a poté zpětně na digitální hodnotu. Navíc informace o množství spotřebovaného paliva je výhodnější oproti hodnotě o aktuální spotřebě.



Obrázek 2.5 Demontovaný originální průtokoměr z roku 1985

## 2.4 Senzor otáček náhonu tachometru

Snímání otáček náhonu tachometru zajišťuje snímač z palubního počítače pro vozy Škoda Favorit. Tento snímač autor vlastnil jako rezervní díl. Jedná se o mezikus mezi tachometr a náhon. Na hřídelce je magnetický kroužek, který rotuje u na obalu umístěné hallové sondy A3132. Výstupem je jeden impuls na otáčku.

Tento snímač lze nahradit obdobným způsobem. Nejčastěji rozebráním tachometru a montáží snímání dovnitř. Vše se odvíjí od konkrétní konstrukce daného tachometru. Často se používá také optické závory a clonky. Jedná se o jednoduché řešení, kdy clonku lze nalepit na mechanickou část tachometru a není tak prostorově náročná oproti magnetu.

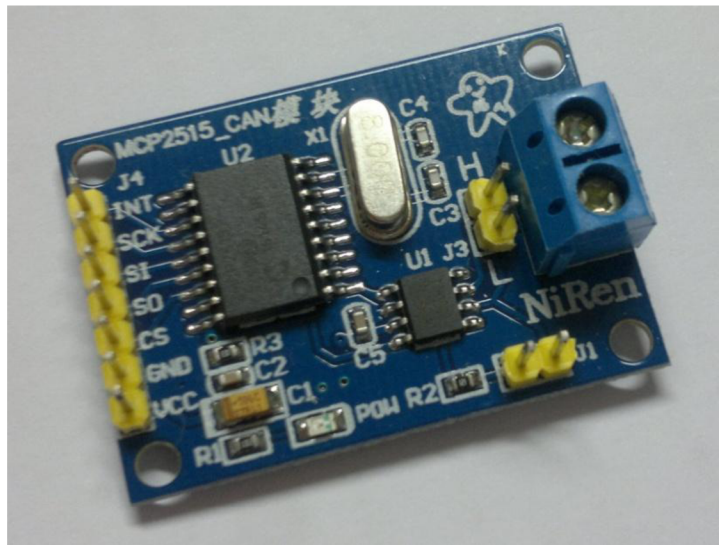
## 2.5 Snímání palubního napětí

Palubní napětí snímá dle blokového schématu palubní počítač. Snímání napětí lze provést jednoduše pomocí odporového děliče. Tento odporový dělič musí být vypočítán s ohledem na vnitřní napětí referenci mikroprocesoru.

## 2.6 Komunikační sběrnice

Pro komunikaci řídicí jednotky a palubního počítače jsem zvolil CAN rozhraní. Toto rozhraní se nejčastěji využívá v automobilovém průmyslu. Jedná se o dvou vodičovou sběrnici, na kterou může přistupovat i více, nežli dvě zařízení.

Zvolený mikroprocesor bohužel nedisponuje fyzickou implementací CAN rozhraní. Z tohoto důvodu jsem zvolil externí převodník od firmy Mikrochip MCP2515 (viz obr 2.6). Jedná se o převodník ze sběrnice SPI na sběrnici CAN. Tento obvod disponuje výstupem pro externí přerušení a několika filtry dat pro vybrání jen takových údajů, které dané zařízení potřebuje.



Obrázek 2.6 Modul s obvodem MCP2515 (vlevo)

## 2.7 Zobrazovač

Pro zobrazování hodnot palubního počítače byl vybrán alfanumerický LCD displej, který je velmi rozšířený a levný. Také má jednoduché ovládání a vyrábí se v mnoha velikostech znaků a barev. Pro automobilové použití se jako nejvhodnější jeví displej s červeným podsvícením.

Vybraný displej má šestnáct znaků na řádek a celkem dva řádky. Větší displej, například čtyřřádkový byl méně přehledný. Montáž jiného rozměru displeje je možná, ale je třeba změnit parametry menu a obnovit zdrojový kód mikroprocesoru.

## 2.8 Ovládací prvky

Palubní počítač je ovládán pomocí dvou tlačítek a jednoho rotačního enkoderu. Slouží pro nastavování parametrů a procházení v menu palubního počítače.

### 2.8.1 Rotační enkodér

Tento ovládací prvek generuje dva pravoúhlé signály, které jsou vzájemně posunuté o přibližně 90°. Pro detekci směru otáčení je tedy nutné v případě náběžné, nebo sestupné hrany jednoho signálu zjistit hodnotu signálu druhého. Ten určuje, zdali se otáčí hřídelka doleva, nebo doprava.

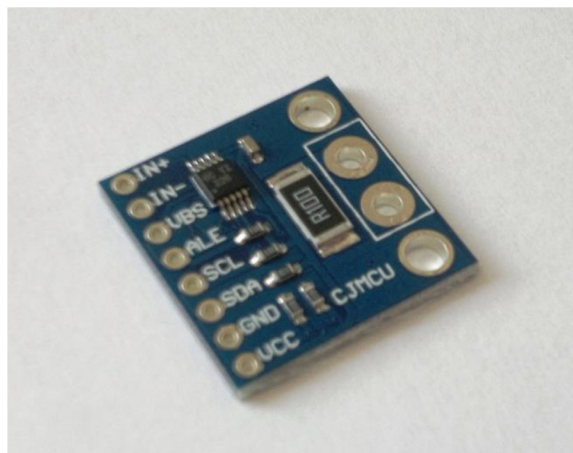
Pomocí rotačního enkoderu lze pohodlně a rychle nastavovat hodnoty a pohybovat se v menu oproti běžným tlačítkům. Díky mechanickému krokování lze rychlým otočením změnit výrazně hodnotu, ale zároveň s využitím krokování jemně hodnotu měnit. Umožňuje přibližně padesát kroků na jednu otáčku. Informace převzaty z [3].

### 2.8.2 Tlačítka

Tlačítka slouží k potvrzování nastavených hodnot a návratům. Jejich použití je vhodné tam, kde potřebujeme jedním stiskem vyvolat změnu. Tlačítka jsou celkem tři. Dvě jsou přímo viditelná a třetí je skryto v rotačním enkoderu. K jeho aktivaci dojde stisknutím knoflíku enkoderu.

## 2.9 Kontrola brzdových světel

Pro kontrolu brzdových světel je nutné měřit proud vodičem pro brzdová světla. Sestavení převodníku proudu na napětí pro mikroprocesor je při malé požadované přesnosti jednoduché, ale mnohem jednodušší je použít přímo modul měření proudu a napětí s obvodem INA219 (viz obr 2.7). Tento obvod v jediném pouzdru sdružuje voltmetr a ampérmetr. Komunikace s tímto obvodem je možná po sběrnici I2C.



Obrázek 2.6 Modul měření proudu s obvodem INA219



## 3 OBVODOVÝ NÁVRH

Tato kapitola se zabývá realizací zařízení. Konkrétním obvodovým zapojením řídicí jednotky a palubního počítače.

Pro snížení počtu chyb na výsledné desce plošných spojů byl prvotní vývoj prováděn na vývojovém kitu And-tech V4.3. Poté bylo sestaveno schéma a následně navrhnutá DPS.

### 3.1 Napájení

Pro napájení palubního počítače i řídicí jednotky byl zvolen lineární stabilizátor LM7805 v základním zapojení z [4]. Doplněny byly kondenzátory s vhodnou kapacitou vzhledem k odběru zařízení a možným krátkodobým výpadkům napájení.

Vzhledem k velmi nízkému odběru zařízení postačuje k chlazení obvodu pouze malý chladič. Při pokusném zapojení se obvod zahříval jen minimálně bez použití chladiče.

### 3.2 Připojení mikroprocesoru

Mikroprocesor je napájen z obvodu LM7805 napětím 5 V. Dle doporučení výrobce [5] je opatřen blokovacími kapacitami na napájení a na napět'ové referenci.

Mikroprocesor je připojen k periferiím tak, aby nemohlo dojít k přetížení portů. Ovládání podsvícení LCD displeje je realizováno pomocí tranzistoru, protože proud podsvícení je 20 mA, což je v toleranci, ale použité tranzistoru odlehčí zatížení mikroprocesoru. Tranzistor byl vybrán nejrozšířenější typ, rezistor byl zvolen experimentálně.

### 3.3 Ochrana vnitřních obvodů

Protože je mikroprocesor citlivá součástka a v automobilu se může jednoduše na jeho vývody z připojených zařízení dostat nežádoucí nebezpečné napětí, byla zvolena ochrana pomocí optického oddělení.

Optočlen je součástka, která implementuje v jednom pouzdře svítivou diodu a fototranzistor. Pokud je dioda napájena průchodem proudu, fototranzistor sepne.

V případě poruchy připojeného zařízení a proniknutí nebezpečného napětí a proudu na fototranzistor, dojde k destrukci fototranzistoru, ale mikroprocesor zůstane nepoškozen.

Optočlen byl zvolen nejrozšířenější typ, PC817, případně stejné typy s větším počtem kusů v jednom pouzdru. Hodnoty rezistorů svítivé diody byly zvoleny experimentálně s ohledem na zatížení portu mikroprocesoru a dovoleného proudu svítivou diodou [6].

### **3.4 Připojení ovládacích prvků**

Ovládací prvky jsou připojeny přímo na piny mikroprocesoru. Jelikož se jedná o mechanické kontakty, tak při změně stavu produkují zákmity. Tyto zákmity jsou odstraněny pomocí kondenzátorů. Kapacita kondenzátorů byla zvolena s ohledem na frekvenci použití experimentálně. Rezistory pro zajištění vysoké logické hodnoty, pokud není stisknuto tlačítko, byly využity interní, zabudované v mikroprocesoru.

### **3.5 Měření vnitřní a venkovní teploty**

Pro měření teploty uvnitř i vně vozidla jsem zvolil teplotní čidla TCN75A od firmy Microchip. Tato čidla byla zvolena z důvodu komunikace po sběrnici I2C, kterou disponuje zvolený mikroprocesor. Častěji využívaná čidla DS1820 mají sběrnici, kterou mikroprocesor bohužel nedisponuje.

Výhodou těchto čidel je možnost manuální volby adresy. K mikroprocesoru může být připojeno až osm těchto čidel. Každé čidlo má také výstup, který může být naprogramován a v případě splnění požadavků (překročení limitu teploty) vyvolá na výstupním pinu signál, který může vyvolat přerušování. Této funkce není využito, ale je obvodově zapojena na vývod PB4 mikroprocesoru palubního počítače.

### **3.6 Měření teploty motoru**

Teplota vzduchem chlazeného motoru se pohybuje ve velkém rozsahu teplot. Narozdíl od vodou chlazeného motoru je teplota vyšší. Tento fakt omezil výběr čidel na velmi malý okruh. Vybrané čidlo PT100 má lineární průběh odporu v závislosti na teplotě s odporem 100 ohmů při 0 °C.

Teplotním čidlem prochází malý proud, který způsobí úbytek napětí. Tento úbytek je zesílen a upraven pomocí dvou operačních zesilovačů na rozsah napětí, zpracovatelný mikroprocesorem. Konkrétně je to hodnota 10 mV/°C. Po konverzi A/D převodníkem mikroprocesoru do digitální podoby je potřeba převést na hodnotu ve stupních celsia.

Při sestavení obvodu je nutné nahradit jeden rezistor ve zpětné vazbě trimrem cca 10 kiloohmů a druhý odporem 20 kiloohmů. Trimrem je nutno nastavit zesílení tak, aby hodnota naměřené teploty odpovídala skutečnosti. poté se změří hodnota trimru a nahradí se vhodným odporem.

### **3.7 Zpracování signálu snímače náhonu tachometru**

Snímač náhonu tachometru pro vozidla Škoda Favorit obsahuje hallovou sondu A3132. Tento snímač pracuje s napájecím napětím 4,5 V až 24 V. Jeho výstupem je otevřený kolektor tranzistoru.

Protože tento typ snímače není mechanický, neprodukuje zákmity při spínání. Výstup snímače je přímo připojen k mikroprocesoru na vstupně výstupní pin PB3. V programu je nastaven jako vstupní s pull-up odporem. Dále je aktivovaná funkce

generování externího přerušení na sestupnou hranu.

### **3.8 Generování hodinových kmitočtů pro mikroprocesory**

Mikroprocesory jsou taktovány na frekvenci 16MHz. Vnitřní zdroj hodinového signálu ale neumožňuje tuto frekvenci generovat. Ta je získána pomocí externího krystalu, který je doplněn o blokovací kondenzátory pro správnou funkci.

Mikroprocesor palubního počítače má připojen také druhý krystal na vývody určené k jeho připojení. Tento zdroj hodinového signálu slouží pouze pro řízení časovače 2. Vhodným nastavením časovače získáme generování přesného času jedné sekundy, který je využit pro přesný chod hodin.

### **3.9 Úspora odběru proudu při vypnutém stavu**

Všechny části systému jsou připojeny na napětí, které vypíná spínací skříňka zapalování. Automobil je vybaven baterií, která nemůže být nadměrně vybita, jinak by mohlo dojít k nemožnosti nastartování.

Palubní počítač je ale vybaven druhou svorkou napájení. Na tuto svorku se přivede přímo přívod z baterie. Slouží pro napájení palubního počítače z důvodu zálohy hodin. Mikroprocesor má na výstupní pin napojen tranzistor, který spíná napájecí napětí pro připojené periferie. Tímto tranzistorem lze vypnout, případně restartovat připojené periferie.

Před odpojením napájení periferií je ale nutné zajistit, aby výstupní piny mikroprocesoru nebyly nastaveny do vysoké logické úrovně. Připojené periferie často mají ochranné diody na datových pinech, které přepětí převedou do napájení. Důsledkem toho by se objevilo nižší napětí na periferiích a ty by nefungovaly korektně.

### **3.10 Ovládání indukčních cívek a vstřikovačů**

Obvod pro buzení zapalovacích cívek je navržen pro spolupráci s cívkami z vozu Škoda Felicia 1.3BMM. Tyto cívky mají vestavěný koncový tranzistor v sobě a pro řízení postačuje pravouhlý signál v rozpětí napájecího napětí. Tento signál vytváří poloviční můstek z tranzistorů spolu s schmittovým klopným obvodem.

Vstřikovače oleje jsou elektromagnetické ventily s pracovním napětím 12V. K jejich ovládání byly zvoleny unipolární tranzistory IRF4905. Tyto tranzistory spínají kladný pól baterie.

## 4 NÁVRH PLOŠNÝCH SPOJŮ A MECHANICKÉ ŘEŠENÍ

Řídící jednotka se skládá z hlavní části a poté se k ní dají pomocí konektorů připojovat volitelné periferie. Například ovládání vstřikovačů, ovládání konkrétních koncových stupňů pro zapalovací cívku, nebo snímačů klikového hřídele.

Palubní počítač má většinu obvodů umístěných na desce. Připojeny jsou jen obvody pro komunikaci a LCD displej. Teplotní čidla a snímač náhonu tachometru spolu s detekcí brzdových světel mají společný konektor, na který je vyvedena sběrnice I2C, napájecí napětí a dva piny mikroprocesoru.

### 4.1 Řídící jednotka

Řídící jednotka je umístěna v motorovém prostoru. Proto je nutné vyřešit její vhodné umístění. Jako vhodná krabička vyhovuje od systému vstřikování Bosch. Tyto jednotky se dají sehnat vadné a jsou hojně rozšířené ve většině automobilů. Pro testovací jednotku je bohužel tato krabička moc malá a je nutné použít utěsněnou elektroinstalační krabici.

#### 4.1.1 Hlavní deska řídicí jednotky

Na této desce jsou umístěny hlavní obvody pro funkci a chod samotného mikroprocesoru včetně napájení. Dále se zde nachází optické oddělení periférií a konektory pro periferie. Obvod s převodníkem pro CAN je připojen skrze kolíkovou lištu a přišroubován k desce řídicí jednotky.

Deska je jednostranná s několika izolovanými drátovými propojkami a několika SMD propojkami. Konektor napájení je zdvojen z důvodu pokračování napájecích vodičů do dalších desek a obsahuje šroubové svorky pro rychlou a jednoduchou montáž. Konektory periférií jsou samořezného typu se zámkem, tyto konektory jsou jednoduché a spolehlivé. Vše navíc usnadňuje rychlou montáž, či výměnu.

Na desce se také nachází ISP programovací konektor pro možnost změny programu přímo v aplikaci. Je to navíc jediný způsob přeprogramování mikroprocesoru z důvodu povrchové montáže.

#### 4.1.2 Deska snímačů a indukčních cívek

Snímače jsou připojeny pomocí přídavné desky, na které je obvod pro ošetření zákmitů. Dále se zde nachází regulátor napětí pro nastavení potřebného napětí pro snímače. Tato deska má dva šestipinové konektory, jeden pro připojení snímačů na klikové hřídeli a druhý pro připojení průtokoměru.

Deska pro spínání indukčních cívek vozu Škoda Felicia obsahuje obvod pro ošetření zákmitů a tranzistorový výstup s rozkmitem od nuly do napájecího napětí přesně tak, jak to vyžaduje zvolená indukční cívka.

### **4.1.3 Deska připojení vstřikovačů**

Tato volitelná součást umožňuje připojit až pět vstřikovačů. Nachází se na ní pět výkonových tranzistorů s pasivním chlazením. Konektor pro připojení vstřikovačů je šroubovací a konektor signálový je stejného typu jako na řídicí jednotce.

Chladiče jsou použity křídélkové z ohnutého AL plechu. Tyto chladiče sice nemají velký odvod tepla, ale v kombinaci s unipolárníma tranzistorama umožní spínání proudů až 3A, což plně postačuje pro většinu vstřikovačů či elektromagnetických ventilů.

### **4.1.4 Deska chlazení motoru a ovládání karburátoru**

Tato deska obsahuje obvody pro řízení a regulaci chlazení motoru. Nemusí být rovněž použita, pokud na toto není uzpůsoben rozvod chladicího vzduchu. Pokud je vyžadována pouze funkce ovládání karburátoru, je možné připojit jednodušší verzi elektroniky, která obsahuje pouze spínač pro karburátor.

Náporové chlazení ovládá servomotor naklápění světel. Tento servomotor je připojen na trojitou šroubovací svorkovnici. Na desce se nachází dva odporové trimry pro nastavení koncových poloh servomotoru pro otevřený a zavřený stav.

Spínání elektromagnetické spojky ventilátoru je řešeno mosfet tranzistorem, který vyžaduje chlazení křídélkovým chladičem. Pokud by byl spínán elektrický ventilátor nebo výkonnější elektromagnetická spojka, je nutné použít automobilové relé. Připojení je provedeno pomocí šroubovacích svorek.

## **4.2 Palubní počítač**

Deska palubního počítače je umístěna pod displejem palubního počítače a je umístěna na palubní desce. Tato deska je jen o malý kus větší, nežli samotný displej. Ovládací prvky jsou připojeny pomocí konektorů.

### **4.2.1 Hlavní deska palubního počítače**

Součástí této desky je několik konektorů, které slouží pro připojení snímačů a ovládacích prvků. Konektor pro připojení modulu pro komunikační sběrnici CAN je osazen ze strany spojů z důvodu umístění této desky pod deskou palubního počítače. Ostatní konektory jsou osazeny ze strany součástek. Je zde umístěn i programovací konektor pro rychlou aktualizaci programu. Součástí konektoru pro I2C sběrnici jsou dva vyvedené piny mikroprocesoru, jeden nevyužitý a druhý pro snímání otáček náhonu tachometru. Dále je zde konektor pro napájení a konektor pro sériovou linku.

### **4.2.2 Desky měření teploty a snímače náhonu tachometru**

Teplotní čidlo pro vnější a vnitřní teplotu je umístěno na speciální desce, která se připojuje ke konektoru sběrnice I2C. Čidel může být umístěno na tento konektor osm. Je to dáno možností nastavení adresy obvodu čidla. Na tento konektor je dále zapojena deska pro připojení snímače náhonu tachometru a obvod měření proudu a napětí brzdových světel.

### **4.3 Výroba a osazování desek plošných spojů**

Desky plošných spojů jsou vyrobeny jako jednostranné. Lze je vyrobit v amatérských podmínkách fotocestou, případně nažehlovací metodou. Obsahují několik propojek drátových, izolovaných a několik propojek v SMD provedení. Jedná se o rezistory s hodnotou 0ohmů.

Osazování začíná SMD součástkami. Jako první je vhodné osadit mikroprocesor. Poté rezistory a kondenzátory. Při odštipování vývodů součástek je třeba postupovat opatrně, aby nedošlo k poškození SMD součástek. Pinovou lištu pro modul s MCP2515 pro palubní počítač je nutné namontovat ze strany spojů.

## 5 NÁVRH SOFTWAREVÉHO VYBAVENÍ

Všechny programy pro mikroprocesory jsou psané v jazyku C. Využívají knihovny, které jsou prací autora, případně knihovny, které jsou volně dostupné, nebo je poskytl prodejce příslušenství. Většinu knihoven bylo nutno upravit.

Pro zpřehlednění programu palubního počítače je použita knihovna pro menu na LCD displeji, součástí které je obsluha všech částí spojených s zobrazováním na LCD, včetně přepočtů hodnot.

### 5.1 Obsluha rotačního enkoderu

Jeden vývod rotačního enkoderu je připojen na vstup externího přerušení „PCINT“. Druhý vývod rotačního enkoderu je připojen na PB3. Zde je využit jako klasický vstupní pin.

V programu je tato funkce využita jak při náběžné, tak při sestupné hraně. Pokud první signál z enkoderu má náběžnou hranu a druhý je v nulovém stavu, je vyhodnoceno otočení doleva. Pokud je druhý signál nastaven, je vyhodnoceno otočení doprava.

V případě prvního signálu se sestupnou hranou bude chování opačné. Pokud je druhý signál v logické nule, je vyhodnoceno otočení doprava a pokud v je v logické jedničce, je vyhodnoceno otočení doleva.

### 5.2 Obsluha tlačítek

Tlačítka jsou napojena k pinům mikroprocesoru, které podporují funkci PCINT, která vyvolá přerušení při změně stavu na pinech mikroprocesoru.

V programu jsou zvoleny pouze piny mikroprocesoru, které vedou k tlačítkům. K tomu slouží speciální maskovací registr. Tento registr maskuje piny jednotlivých portů. Na jednom portu je připojeno více tlačítek, které vyvolají jedno přerušení. Proto je v programu provedeno načtení stavu portu, vymaskování tlačítek a porovná se, které tlačítko je stisknuto.

Pokud je na daném portu jen jedno tlačítko, je nutné zjistit, zdali je stisknuté, nebo ne. Je to nutné z důvodu, že přerušení se vykonává při každé změně stavu.

### 5.3 Generování času

Palubní počítač pomocí druhého, hodinového, krystalu časuje časovač 2 mikroprocesoru. Předdělička je nastavena tak, aby přetekl časovač po uplynutí jedné sekundy. K výstupům časovače jsou také připojeny LED diody. Takto je možné jednoduše rozsvítit diodu až na interval jedné sekundy. Tohoto lze využít zejména k simulaci zabezpečovacího zařízení.

Při vykonání přerušení palubní počítač vykonává většinu funkcí. Načítá teploty vnitřní a vnější, vypočítává čas, který ukládá do paměti a pokud je to vyžadováno, spustí bzučák, nebo svit diod na určenou dobu. Jako poslední funkci vykoná aktualizaci zobrazení menu.

## 5.4 Komunikace po sběrnici CAN

Obvod komunikace po sběrnici CAN komunikuje s mikroprocesorem pomocí sběrnice SPI. Na tuto sběrnici je také připojen programovací konektor. Pokud mikroprocesor potřebuje komunikovat s obvodem pro komunikaci po sběrnici CAN, aktivuje tento obvod pomocí vodiče CS. Naopak po přijetí zprávy ze sběrnice CAN obvod MCP2515 informuje mikroprocesor pomocí vodiče INT.

Před odesláním nebo přijetím zprávy je vytvořena struktura "t\_CAN", která sdružuje informace o identifikačním čísle datového bloku, jeho délce a také samotnými daty. Poté je struktura předána knihovní funkci, která provede zápis do obvodu MCP2515, nebo čtení. knihovní funkce pro obsluhu tohoto obvodu byla poskytnuta přímo prodejcem. V tabulce 5.1 je uveden souhrn adres (identifikačních čísel), délek a dat, které se posílají po sběrnici, včetně rozlišení směru přenosu.

Tabulka 5.1 souhrn přenášených dat po sběrnici CAN

poznámka	směr	adresa	data 1	data 2	data 3	data 4	délka
informace o otáčkách a předstihu	RJ -> PC	200	otacky_H	otacky_L	predstih	palivo	4
informace o stavu chlazení	RJ -> PC	201	rezim chlazení	teplota první valem	teplota druhý válec	vyjetý díl paliva	4
data o teplotě	RJ -> PC	202	palivo	T_nap	T_vent	T_hys	4
předstih dle otáček a paliva	RJ -> PC	203	palivo	otacky	predstih		3
status zpráva	PC -> RJ	100	pošli data/palivo				1
pokyn k nastavení předstihu	PC -> RJ	101	palivo	otacky	predstih		3
pokyn k nastavení chlazení	PC -> RJ	102	palivo	T_nap	T_vent	T_hyst	4
vstřikování oleje	PC -> RJ	103	otacky	doba vstřiku			2

## 5.5 Měření otáček a regulace předstihu

Otáčky se měří pomocí čítače/časovače1 řídicí jednotky. Senzor otáček motoru je



připojen na vstup ICP mikroprocesoru. Časovač je nastaven v normálním modu s předděličkou 64. Vstupní pin ICP je nakonfigurován na sestupnou hranu a redukcí šumu. Časovač generuje přerušení jak při přijetí signálu z pinu ICP, tak při přetečení časovače.

Pokud přijde sestupná hrana na pin ICP, je vyvoláno přerušení a zároveň se hodnota časovače TCNT1 překopíruje do registru ICR1. Jako první se v přerušení vynuluje hodnota časovače a zahájí se tedy nové měření periody otáčky. Následně se dle předchozích změřených otáček vybere z paměti eeprom hodnota zpoždění zážehu jiskry motoru. Ta je uložena po sto otáčkách, proto se hodnota otáček motoru vydělí stem. Hodnota z eeprom se uloží do OCR registru časovače 2. zároveň se porovná, zdali byly otáčky motoru vyšší než 1500. pokud ano, je zapnuta předdělička časovače na hodnotu 256. pod 1500 otáček za minutu je předdělička na hodnotě 1024 z důvodu přesnější regulace předstihu na vysokých otáčkách. Nastavením předděličky se časovač spustí.

Po zajištění nejnужnějších kroků pro regulaci předstihu mikroprocesor vypočítá otáčky motoru z periody. Tento výpočet by byl velmi náročný na výpočet a čas. Proto je využito metody, kdy je vypočítána hodnota maximálních změřitelných otáček, které lze změřit a ty vydělí hodnotou periody. Tímto lze získat hodnotu otáček velmi jednoduše, avšak dělení čísla patnáct milionů šestnáctibitovým číslem na osmibitovém mikroprocesoru zabere 640 taktů. Díky vysoké taktovací frekvenci tento počet zabere krátký čas oproti času zpoždění předstihu. Po vypočtení otáček se uloží hodnota do proměnné a opustí se přerušení.

Při přetečení časovače nastane situace, kdy budou otáčky špatně změřeny. Proto se hodnota otáček vynuluje, motor pravděpodobně stojí. Informace o přetečení se umístí do proměnné, která se každým otočením motoru vynuluje a přetečením přičte. Tato informace je využita k vypnutí zapalování při zastavení motoru a zapnutém zapalování.

## **5.6 Měření spotřebovaného paliva**

Průtokoměr spouští přerušení, v rámci kterého se inkrementuje hodnota proměnné. pokud hodnota proměnné dosáhne nastavené hodnoty pro spotřebování jednoho decilitru paliva, odešle se o tomto informace do palubního počítače. Hodnota vyjetého paliva se také uloží do paměti eeprom, kdyby došlo k výpadku napájení. Toto měření je bohužel málo přesné z důvodu možných úniků paliva.

## **5.7 Měření teploty motoru**

Obvod měření teploty motoru je připojen na dva kanály analogového převodníku mikroprocesoru. Převodník je taktován na nejnižší možný kmitočet a jako zdroj reference je nastaven externí zdroj. Dále je povoleno přerušení po dokončení převodu napětí na digitální osmibitovou hodnotu.

Při vyvolání přerušení se hodnota uloží do proměnné pro teplotu prvního, nebo druhého válce, dle měřeného vstupu. Hodnota je přímo úměrná teplotě ve stupních celsia a má krok po jednom stupni. Po uložení hodnoty do proměnné je přepnut vstup analogového převodníku na další válec a je spuštěn převod.

## 5.8 Měření venkovní a vnitřní teploty

Teplota se načítá z I2C teploměru v sekundových intervalech a ukládá se do proměnných. Pro zobrazení desetín stupňů celsia se využívá další osmibitová proměnná. Při načítání desetín z obvodu se na základě hodnoty nastaví desetiny stupně. Programově je zvoleno rozlišení 0,25 stupně celsia. Je možno toto nastavení změnit

Nejprve se načte venkovní teplota a zpracuje. Poté se načítá teplota vnitřní. Pokud dojde k poškození nebo odpojení čidla, program načítání teploty zastaví a pokračuje dál v činnosti. Adresa čidel se nastavuje pomocí propojek na DPS čidel a její hodnota je pro vnitřní čidlo 000 a pro venkovní 001. Toto lze změnit ve zdrojovém kódu, konkrétně v souboru s proměnnými.

## 5.9 Test funkce brzdových světel

V této části je zmíněna možná realizace funkce kontroly brzdových světel. tato funkce není naprogramována. Pokud spínač brzdových světel sepne, obvod INA226 změří napětí, které překročí nastavenou mez a vygeneruje přerušení. Mikroprocesor poté načte hodnotu výkonu v registru výkonu. Tuto hodnotu poté uloží do proměnné.

Hodnota výkonu je porovnána s násobky výkonu jedné brzdové žárovky. Pokud je počet žárovek lichý, zobrazí se varování, že je vadná brzdová žárovka a bzučák vydá krátký tón a zobrazí se varování na displeji palubního počítače. Pokud je žárovek připojeno více, například při připojení přívěsu, bylo by vhodné informovat o tom řidiče, například blikáním svítivé diody. Takto jednoduše řidič identifikuje špatný kontakt vidlice přívěsného vozíku.

## 5.10 Ovládání chlazení motoru

Chlazení motoru je ovládáno logickými stavy na výstupu mikroprocesoru. ovládání žaluzií je otevřeno nebo zavřeno. Ovládání elektromagnetické spojky je pouze zapnuto a vypnuto. Tato jednoduchá regulace je závislá na teplotě motoru. U vozidla Trabant se vybírá informace od teplejšího válce motoru.

Informace o hraničních teplotách pro ovládání chlazení je uložena v paměti mikroprocesoru a zároveň ji lze načíst a změnit pomocí palubního počítače. Pokud je teplota motoru nižší než teplota uložená v proměnné  $T_{nap}$  (teplota otevření náporového chlazení), neprovádí program žádnou činnost. V momentu, kdy teplota motoru stoupne nad hodnotu v proměnné  $T_{nap}$ , otevře se náporové chlazení a motor je ochlazován. Pokud teplota nadále stoupá, až překročí hranici  $T_{vent}$  (teplota sepnutí ventilátoru), dojde ke spuštění ventilátoru a uzavření náporového chlazení.

## 5.11 Ukládání důležitých proměnných

Celý systém pracuje s mnoha informacemi, jejíž ztráta by způsobila problém. Veškeré hodnoty pro funkci systému jsou tedy uloženy v paměti eeprom. Pokud dojde k změně hodnoty, je hodnota okamžitě aktualizována i v paměti eeprom. Zároveň je v některých případech přímo načítána z této paměti.

Z důvodu nahrání křivek předstihu bez zásahu do paměti eeprom jsou uloženy tyto křivky v paměti programu. Paměť programu a obslužný software je naprogramován pro obsluhu třech křivek v paměti programu.

## 5.12 Zobrazení menu palubního počítače

Kompletní zobrazování na displeji palubního počítače obstarává knihovna pro tvorbu menu. Tato knihovna obsahuje veškeré funkce pro pohyb menu, včetně přepočtu hodnot pro zobrazení v menu.

Knihovna pro zobrazení menu také přistupuje ke všem proměnným, které jsou volatelné. Postačuje tedy volat pouze jednotlivé funkce bez zadání parametrů. Jedinou výjimkou je funkce varování, kde je nutno zadat číslo varování, které se má zobrazit.

Menu palubního počítače obsahuje čtyři základní obrazovky. Tyto obrazovky se přepínají rotačním enkodérem. První obrazovka zobrazuje aktuální čas, celkovou ujetou vzdálenost, venkovní teplotu a otáčky motoru. Druhá obrazovka zobrazuje informace o běhu motoru. Stav chlazení motoru, zvolenou křivku předstihu, otáčky motoru, ujetou vzdálenost a průměrnou spotřebu. Třetí obrazovka řidiče informuje o dojezdu na aktuální množství paliva v nádrži, ukazuje průměrnou spotřebu, ujetou vzdálenost a venkovní teplotu. Poslední obrazovka zobrazuje pouze teploty obou válců motoru a vnitřní i venkovní teplotu.

Po základních obrazovkách následují dvě obrazovky. První obrazovka umožňuje vstup do nastavení palubního počítače, kde uživateli umožní změnit parametry uložené v palubním počítači. Druhá obrazovka umožňuje změnu parametrů řídicí jednotky. Pokud uživatel pokračuje dále, narazí na diagnostickou obrazovku. Tato obrazovka zobrazuje aktuální otáčky a k nim příslušný předstih motoru.

## 6 MONTÁŽ A TEST FUNKCE

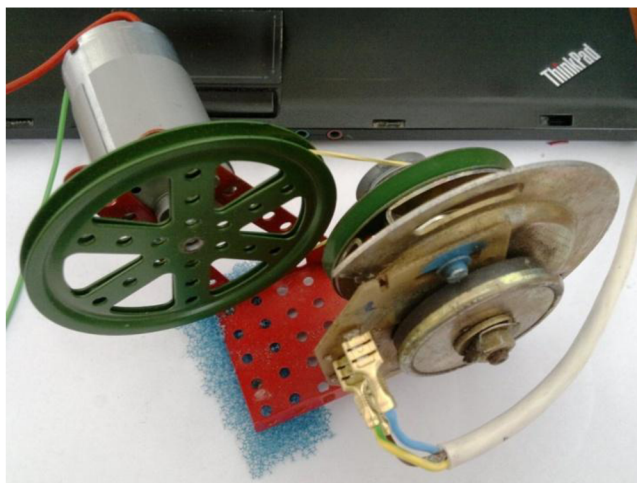
Pro testování funkce většiny částí systému je nutné jej zabudovat do vozidla. Zabudování do vozidla a testování v reálných podmínkách je nejlepší metoda, jak funkčnost ověřit.

Bohužel tato metoda je velmi časově náročná, zejména, pokud se vozidlo nachází několik stovek kilometrů od místa vzniku zařízení. Bylo by možné vozidlo pro testování převést blíže, ale jen v případě, že bude k dispozici garáž s vybavením včetně dostupnosti náhradních dílů. Proto byl vyrobeno několik zařízení, které simulují provoz vozidla.

### 6.1 Simulování vozu Trabant 601S

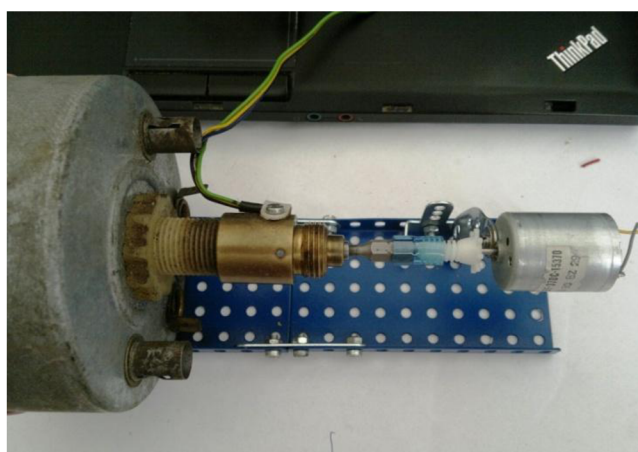
Zařízení je převážně vyrobeno ze stavebnice Merkur. Tato stavebnice disponuje mnoha díly pro sestavení potřebné konstrukce na umožňuje jednoduchou změnu sestavy.

Pro simulaci běhu motoru je využit originální snímač z vozu Trabant. Na tento snímač je umístěno kolo ze stavebnice Merkur a hřídel s malou řemeničkou. Tuto řemeničku pohání silný elektromotor pomocí převodu na vyšší otáčky (viz obr 6.1). Takto lze dosáhnout až 7000 otáček za minutu při jmenovitém napětí elektromotoru, což jsou maximální provozní otáčky motoru vozidla Trabant.



Obrázek 6.1 simulátor běhu motoru

Snímač náhonu tachometru je umístěn na tachometru z vozidla Trabant. Celek pohání pomocí čtyřhranného bitu malý elektromotorek. Opět je využito součástí stavebnice Merkur pro sestavení zařízení (viz obr 6.2). Celé zařízení dokáže simulovat rychlost vozidla vyšší než je reálná maximální rychlost vozidla Trabant. Díky tomuto bylo možné jednoduše určit převodní konstantu náhonu tachometru. Pro ujetí jednoho kilometru je generováno tisíc impulsů, což odpovídá jedné otáčce náhonu na ujetý jeden metr vzdálenosti.



Obrázek 6.2 simulátor jízdy vozidla

Nejnáročnější na simulaci je průtokoměr paliva. Je nutné použít dvě nádoby. První místo nádrže vozidla a druhou na spotřebované palivo. Dále je nutné odměrkou doplňovat do nádoby místo nádrže přesné množství vody, která slouží místo paliva. Dále je nutné brzdít průtok pomocí ventilu. Celé zařízení je sestaveno pomocí příslušenství pro akvaristy. Nádoba simulující nádrž musí být vysoko nad snímačem a nádoba pro vytékající vodu pod snímačem, nebo je nutno použít čerpadlo pro docílení průtoku vody.

## 6.2 Montáž do vozu Trabant 601S

V tomto vozidlu je v oblasti motorového prostoru hodně místa. Nejvhodnější je umístění na levém podběhu, kde se nachází i originální zapalovací cívky. Z tohoto místa je vzdálenost ke všem součástem systému nejkratší.

Při montáži je potřeba dávat pozor na možnost nasátí vodičů ventilátorem, což může znemožnit funkci chlazení, případně vylomit listy vrtule ventilátoru. Dále je nutné zabránit možnosti navlhnutí zařízení v případě deště, například použitím vhodné elektroinstalační krabice do vlhkých prostor. Kabely je nutno vést skrze elektrikářské kabelové průchodky.

Montáž palubního počítače je ve vozidlu Trabant náročnější. Na palubní desce není místo. Je nutné jej umístit do krabičky a tu připevnit pod autorádio. V případě, že ve vozidle autorádio není, je možné palubní počítač umístit místo autorádia

## 6.3 Montáž do vozidla Barkas B-1000

V tomto vozidle je situace složitější. Sice je motorový prostor velmi velký, ale bohužel není chráněn proti prachu a špíně zvenčí. Zapalovací cívky jsou umístěny pod sedadlem spolujezdce u motoru. Za sedadlem spolujezdce v prostoru kabiny je dostatečné místo pro montáž řídicí jednotky, které nebude vystavena velkému mechanickému namáhání. Navíc bude jednoduše přístupná pro případnou manipulaci s programem. Navíc uvnitř vozidla je nižší pravděpodobnost výskytu prachu a vlhkosti.

Při montáži je nutné zajistit možnost manipulace s prvky vozidla a zamezit možnosti, kdy nově nainstalované zařízení překáží. Při převozu rezervního kola za sedačkou spolujezdce je nutno jej pevně uchytit, aby nemohlo dojít k svévolnému pohybu a poškození řídicí jednotky.

Umístění palubního počítače je zde velmi jednoduché, palubní deska disponuje velmi velkým prostorem pro jeho umístění. Je potřeba do plechu palubní desky přesně vyříznout díru pro LCD displej a ovládací prvky. a zespoda palubní desky jej překrýt vhodným ochranným plastem nebo plechem (je nutné izolovat desky plošných spojů proti zkratu.

## 6.4 Nastavení snímače klikového hřídele

U všech vozidel je nutné nastavit větší předstih oproti maximálnímu požadovanému. Zvolil jsem hodnotu  $35^\circ$  pro rozsah předstihu do  $30^\circ$ . Je zde rezerva z důvodu pauzy pro další práci mikroprocesoru. Je vhodné si poznamenat ryskou původní polohu snímačů pro případnou nouzovou montáž původního zapalování.

Pokud by z nějakého důvodu nešel nastavit předstih  $35^\circ$ , je možno změnit hodnotu v palubním počítači a dále je nutné změnit všechny hodnoty křivky předstihu. Toto je nejjednodušší provést přímo v zdrojovém kódu pro mikroprocesor a aktualizovat program. v Palubním počítači stačí změnit v nastavení hodnotu předstihu snímače, která slouží pouze pro výpočet v palubním počítači.

## 6.5 Měření funkce regulace předstihu

Celý systém, palubní počítač a řídicí jednotka, byl připojen k dvoukanálovému osciloskopu. První kanál osciloskopu měřil signál přicházející ze snímače klikového hřídele a druhý kanál byl připojen k výstupu na indukční cívku.

Pokud se motor otáčí pomalu, zhruba pod 300 otáček za minutu, předstih byl nastaven na nejmenší hodnotu. Ta ovšem byla v porovnání se systémem bez řízení předstihu mnohem blíže požadované hodnotě. Tato nepřesnost je daná tím, že mikroprocesor nedokáže měřit tak nízké otáčky.

Při zvýšení rychlosti motoru zhruba nad 300 otáček za minutu začal mikroprocesor regulovat předstih dle nastavených hodnot k daným otáčkám pouze s malou odchylkou. Tato odchylka je způsobena během programu a je zanedbatelná.

Dále byl sledován možný výpadek při přepnutí křivky předstihu. Motor byl ponechán ve vyšších provozních otáčkách, přibližně 4000 otáček za minutu. Při těchto otáčkách byly přepínány křivky předstihu. Program ihned reagoval a na zvolenou křivku přepnul. Ke správnému přepínání křivek docházelo i při vysokých otáčkách, přibližně 7000 otáček za minutu. Zde se ale jednou projevil výpadek regulace předstihu. Předstih se zmenšil o dobu, kdy mikroprocesor přijímal data z převodníku sběrnice CAN. Po dokončení příjmu se předstih vrátil na správnou hodnotu.

Během testování mikroprocesor řídicí jednotky stíhal odesílat data převodníku na sběrnici CAN. Tento přenos probíhá pouze pokud mikroprocesor neobsluhuje přerušování. Z tohoto důvodu nemá vliv odesílání dat na běh motoru.

## 7 ZÁVĚR

Podářilo se vybrat vhodné metody pro získání potřebných veličin pro činnost zařízení. Také proběhla úspěšná diagnostika vybraných periferií pro palubní jednotku a řídící jednotku, jejich testování a upravení.

Na základě získaných znalostí ze zkoumání periferií vznikly schémata a desky plošných spojů pro palubní počítač, řídící jednotku a podpůrné desky periferií.

Po sestavení a během sestavení fyzické verze zařízení probíhal vývoj programů pro mikroprocesory. Podářilo se úspěšně zprovoznit komunikaci po sběrnici CAN mezi řídící jednotkou a palubním počítačem. Po této sběrnici si předávají důležité informace. Také se podařilo zprovoznit regulaci předstihu podle zvolené křivky. Tyto aspekty umožňují běh motoru pomocí vzniklé řídící jednotky.

V rámci palubního počítače se zdařilo naprogramovat většinu funkcí. Palubní počítač zobrazuje většinu údajů o provozu vozidla, ujetou vzdálenost, otáčky motoru, teploty, zvolenou křivku předstihu, aktuální předstih a stav chladícího systému.

Celé zařízení bylo průběžně testováno v simulovaných podmínkách a bylo více jak dva měsíce trvale připojeno na napájení a v průběhu prací byly simulovány veškeré možné závady. Tím bylo prověřeno, že program pracuje správně, nedochází k přerušování funkce, ani k přehřívání součástí celého systému. K zabudování systému do vozidla nebylo přistoupeno z důvodu náročnosti vývoje přímo ve vozidle.

Bohužel se z důvodu nedostatku času a velkých komplikací při zprovozňování základních funkcí nezdařilo realizovat kontrolu brzdových světel, některé matematické funkce palubního počítače a zprovoznit úsporný režim palubního počítače. Tyto funkce budou dokončovány postupem času. Program je sestaven pro jejich snadnou implementaci.

Vzniklá universální palubní jednotka umožňuje tedy funkci motoru a základní sledování parametrů souvisejících s provozem vozidla. Mikroprocesory mají dostatečnou kapacitu paměti i rychlost pro další rozšíření jednotky. Celý systém je modulární koncepce a umožňuje přepracování většiny jeho částí. Celá práce je spíše základ pro dokončení dle potřeby konkrétního uživatele.

# LITERATURA

- [1] Elektronické zapalování s řízením předstihu. *Praktická Elektronika*. 2006, **XI**(10), 3.
- [2] Palubní počítač PP-KWP1281. *Praktická Elektronika*. 2010, **XV**(6), 7.
- [3] Použití rotačních enkodérů. In: *Elektronika kvalitně* [online]. [cit. 2016-12-10]. Dostupné z:  
<http://elektronika.kvalitne.cz/ATMEL/necoteorie/tutorial/RotaryEncoder/RotaryEncoder.html>
- [4] *LM7805* [online]. In: . [cit. 2016-12-10]. Dostupné z:  
<https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/LM7805.pdf>
- [5] Atmega 644p. In: *Atmel* [online]. [cit. 2016-12-10]. Dostupné z:  
[www.atmel.com/devices/atmega644p.aspx](http://www.atmel.com/devices/atmega644p.aspx)
- [6] PC817. In: *Farnell* [online]. [cit. 2016-12-10]. Dostupné z:  
[www.farnell.com/datasheets/73758.pdf](http://www.farnell.com/datasheets/73758.pdf)

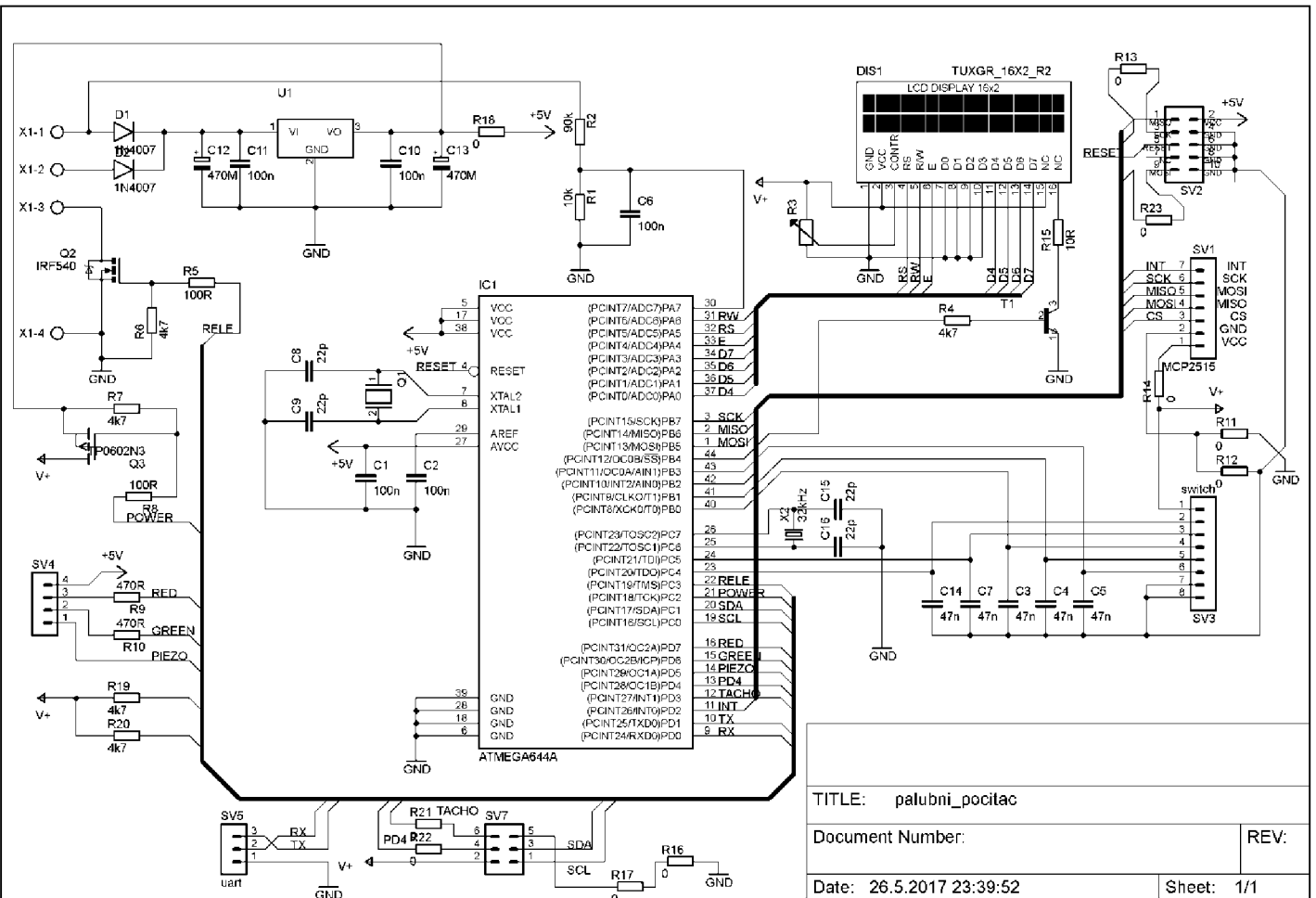


## SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

<i>CAN</i>	typ komunikační sběrnice využívané v automobilové technice
<i>LPG</i>	druh paliva – plyn pro pohon automobilů
<i>E85</i>	druh paliva – 15% natural 95 + 85% etanol
<i>SPI</i>	sériová komunikační sběrnice
<i>LCD</i>	zobrazovač s kapalnými krystaly
<i>INT</i>	externí přerušení mikroprocesoru
<i>ICP</i>	pin mikroprocesoru umožňující externí řízení časovače
<i>TCNT</i>	označení registru časovače s aktuální načítanou hodnotou
<i>SMD</i>	povrchová montáž součástek

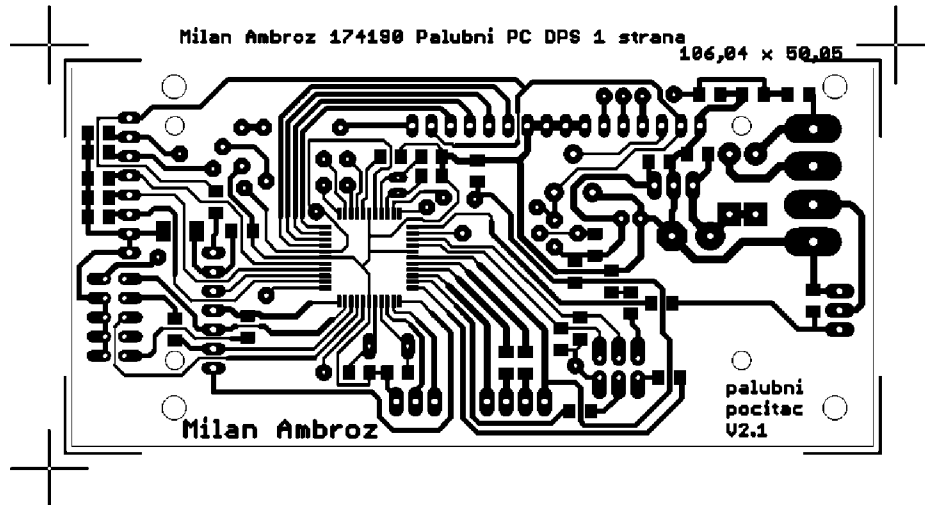
# A NÁVRH ZAŘÍZENÍ

## A.1 Obvodové zapojení palubního počítače



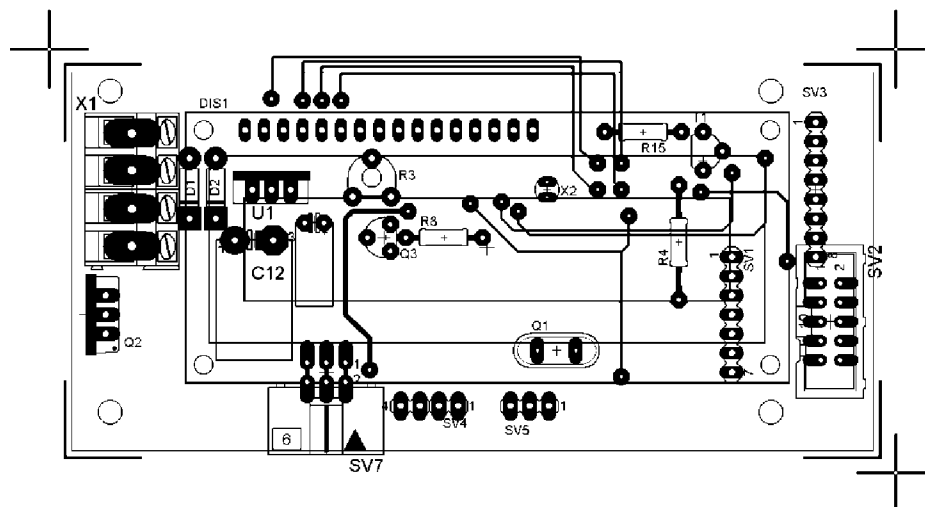
TITLE: palubni_pocitac		REV:
Document Number:		
Date: 26.5.2017 23:39:52	Sheet: 1/1	

## A.2 Deska plošného spoje palubního počítače

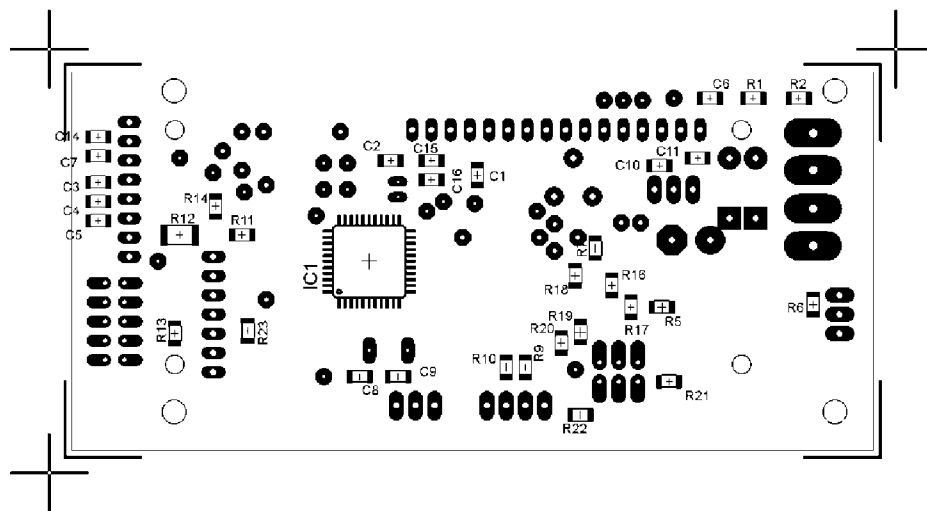


Rozměr desky 106,6 x 48,88 [mm], měřítko M1:1

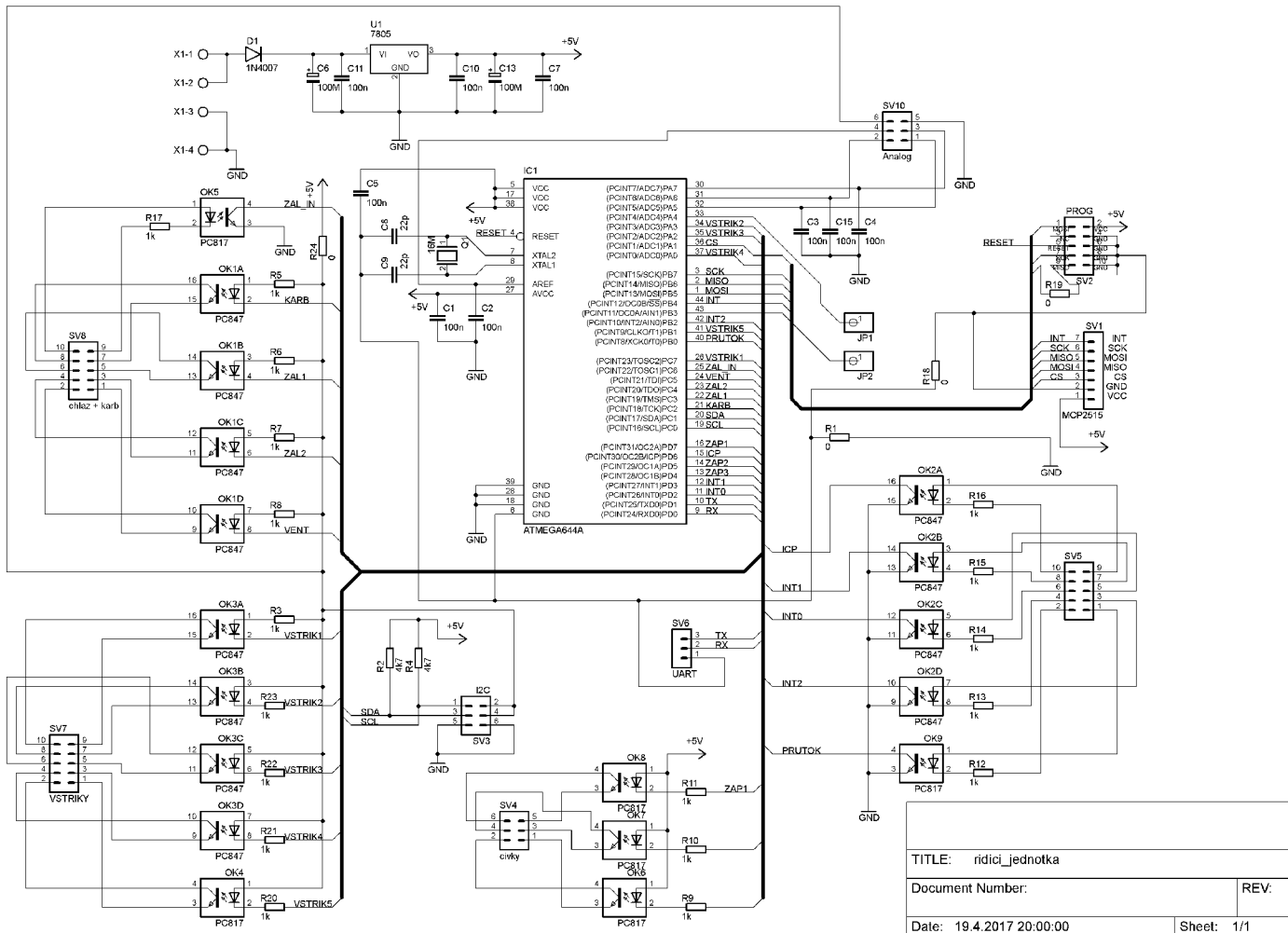
## A.3 Osazovací plán plošného spoje palubního počítače (top)



## A.4 Osazovací plán plošného spoje palubního počítače (bottom)

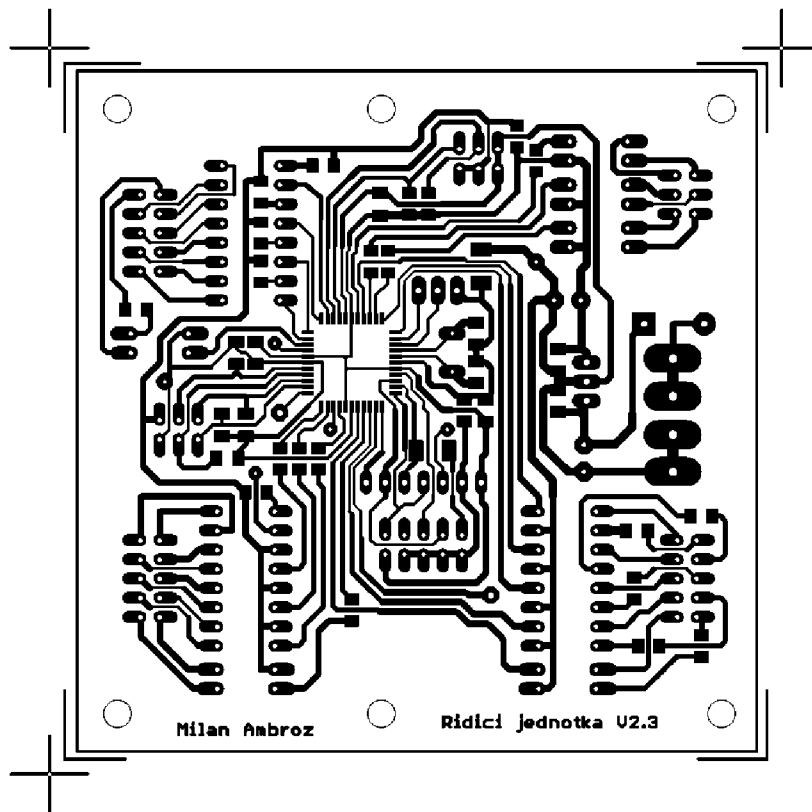


# A.5 Obvodové zapojení řídicí jednotky



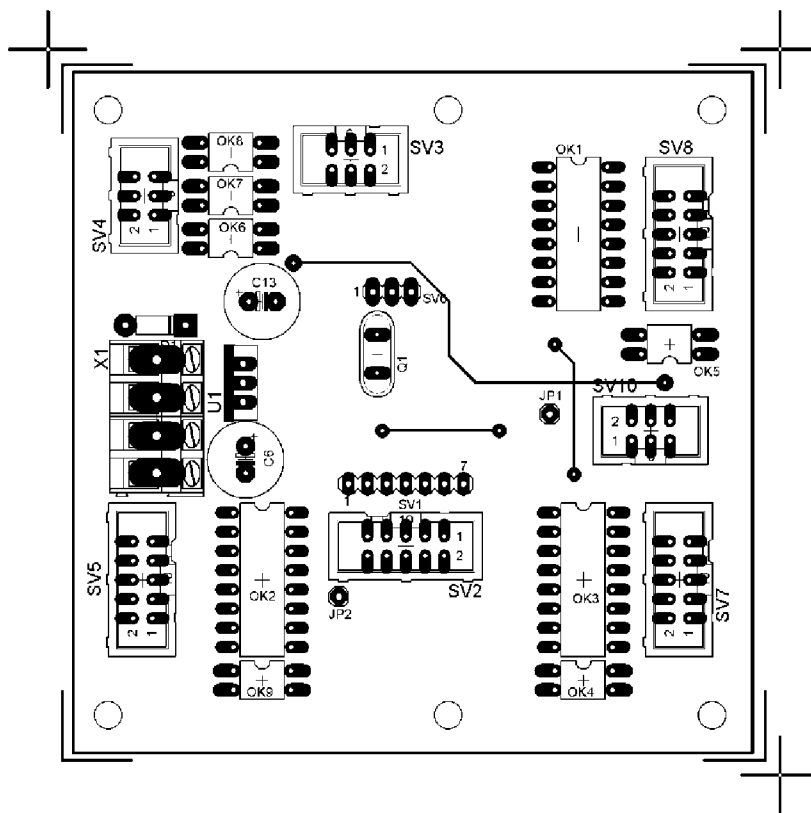
TITLE: řídicí_jednotka	
Document Number:	REV:
Date: 19.4.2017 20:00:00	Sheet: 1/1

## A.6 Deska plošného spoje řídicí jednotky

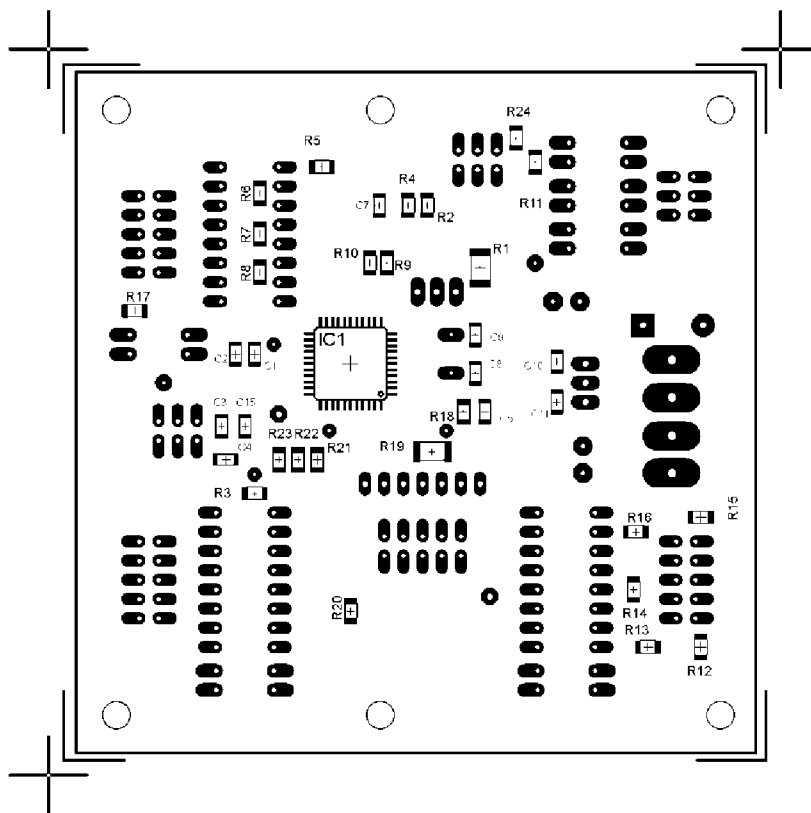


Rozměr desky 90 x 90 [mm], měřítko M1:1

## A.7 Osazovací plán plošného spoje řídicí jednotky (top)

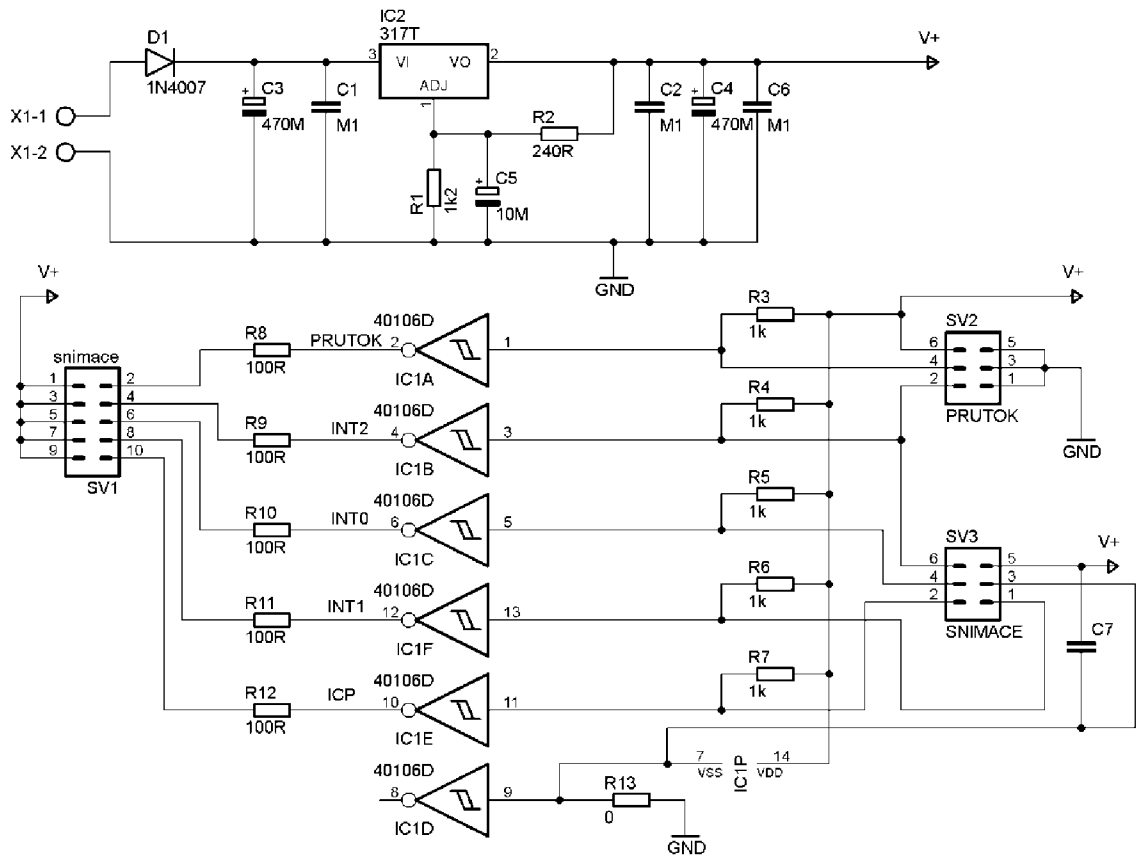


## A.8 Osazovací plán plošného spoje řídicí jednotky (top)

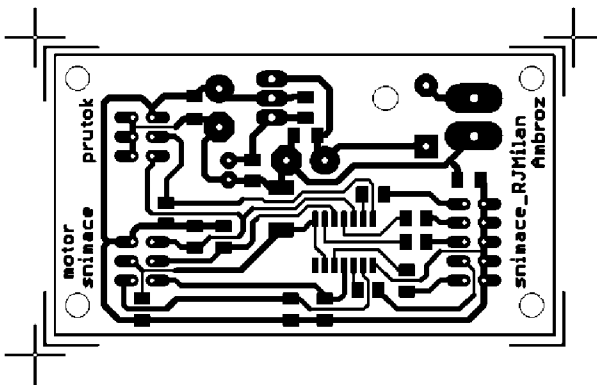




## A.9 Obvodové zapojení desky snímačů

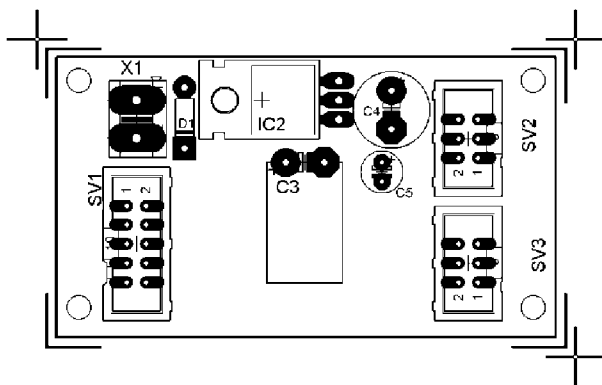


## A.10 Deska plošných spojů snímačů

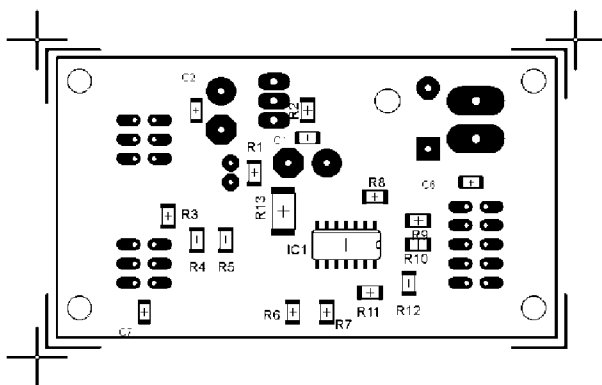


Rozměr desky 37 x 66 [mm], měřítko M1:1

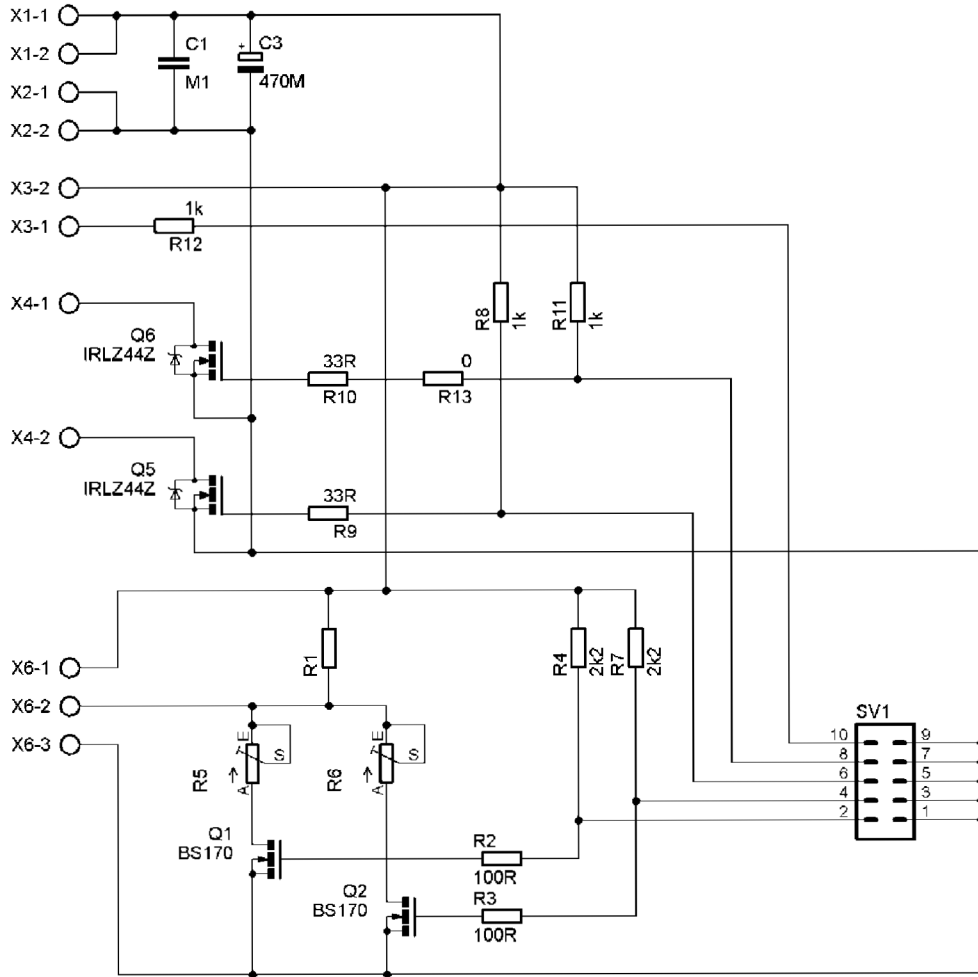
### A.11 Osazovací plán plošného spoje snímačů (top)



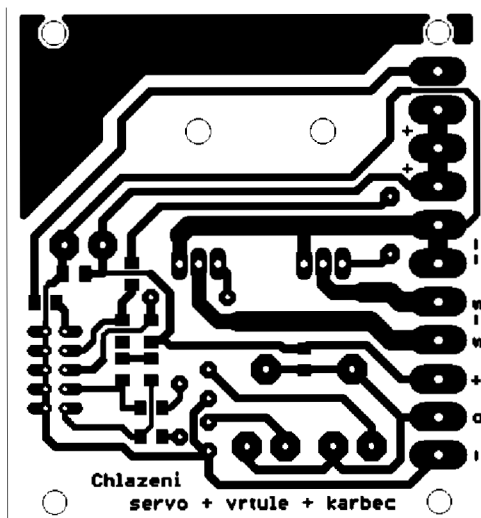
### A.12 Osazovací plán plošného spoje snímačů (bottom)



## A.13 Obvodové zapojení desky chlazení

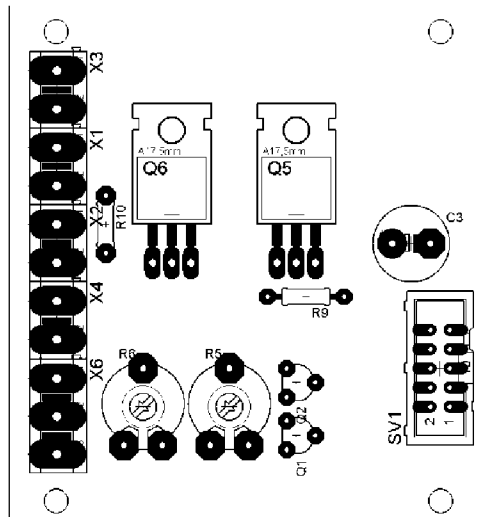


## A.14 Deska plošných spojů chlazení

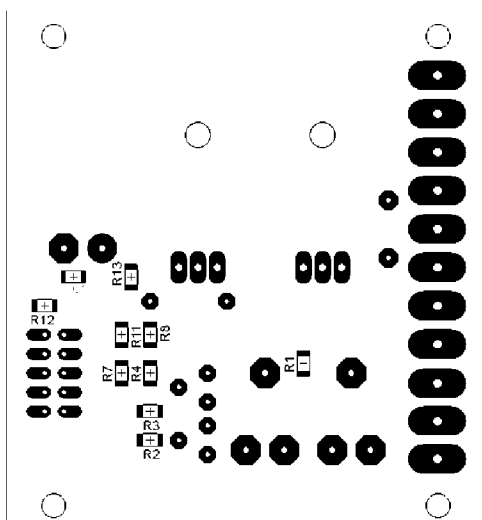


Rozměr desky 68 x 63 [mm], měřítko M1:1

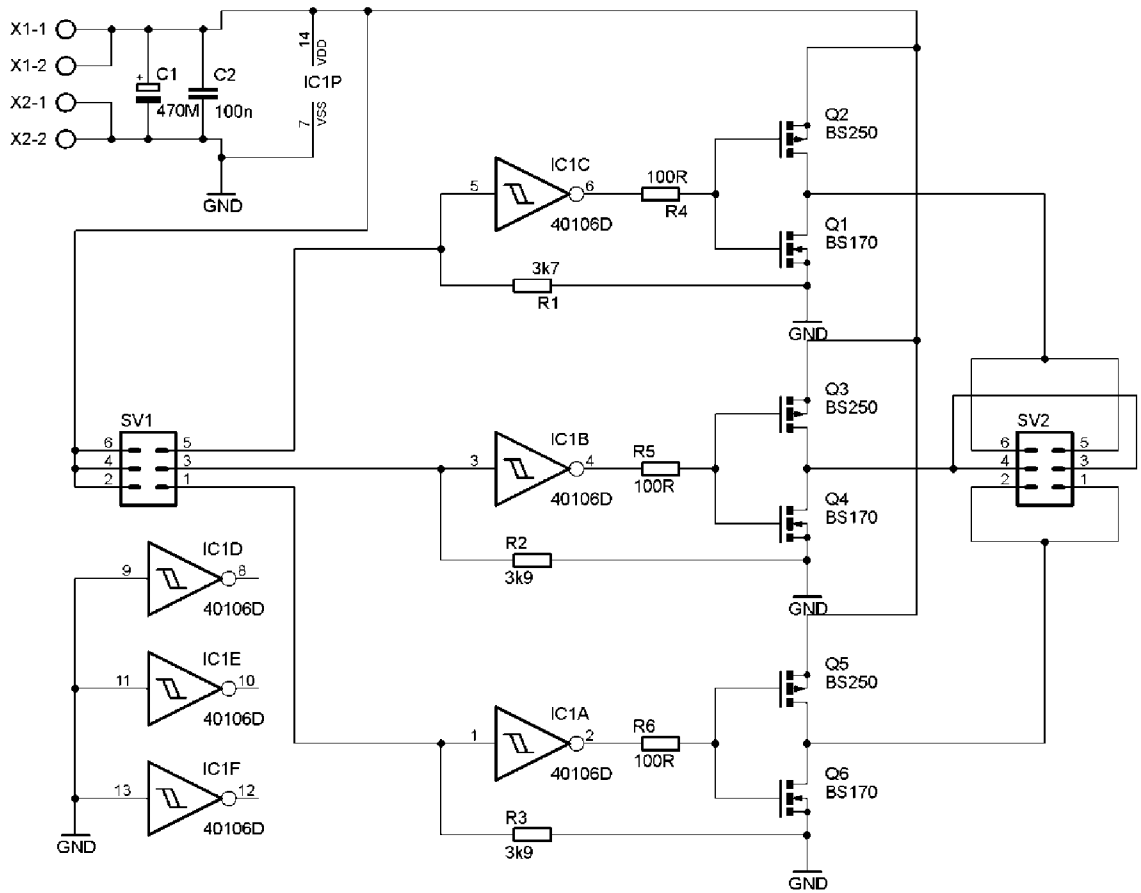
### A.15 Osazovací plán plošného spoje chlazení (top)



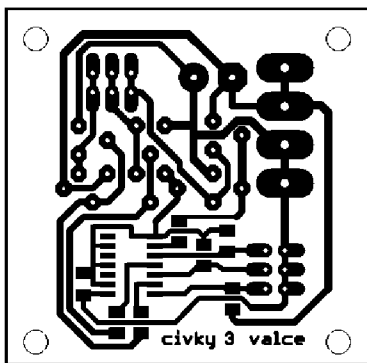
### A.16 Osazovací plán plošného spoje chlazení (bottom)



## A.17 Obvodové zapojení desky cívek

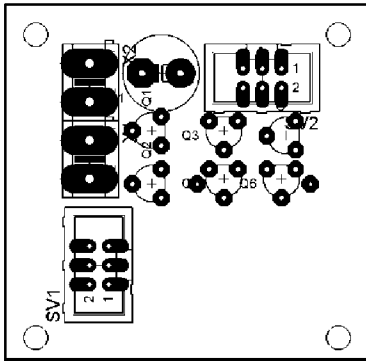


## A.18 Deska plošných spojů cívek

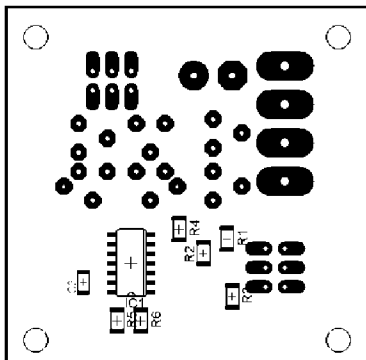


Rozměr desky 47 x 48 [mm], měřítko M1:1

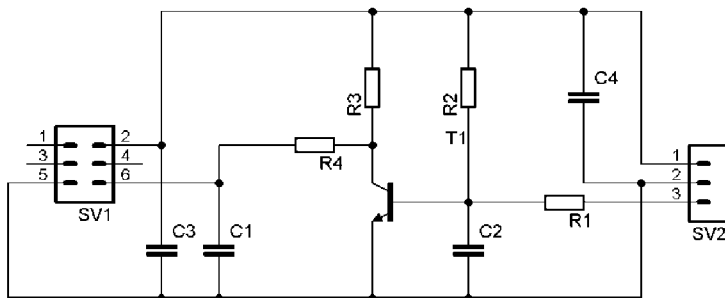
### A.19 Osazovací plán plošného spoje cívek (top)



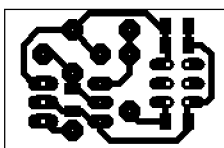
### A.20 Osazovací plán plošného spoje cívek (bottom)



### A.21 Obvodové zapojení desky tachometru

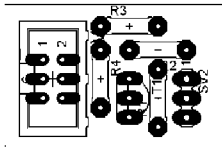


### A.22 Deska plošných spojů tachometru

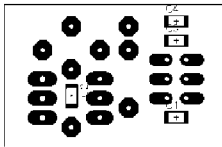


Rozměr desky 27 x 18 [mm], měřítko M1:1

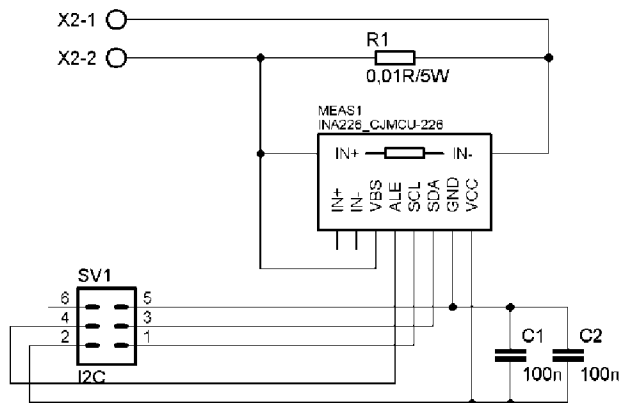
### A.23 Osazovací plán plošného spoje tachometru (top)



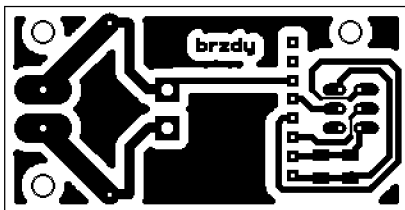
### A.24 Osazovací plán plošného spoje tachometru (bottom)



### A.25 Obvodové zapojení desky brzd

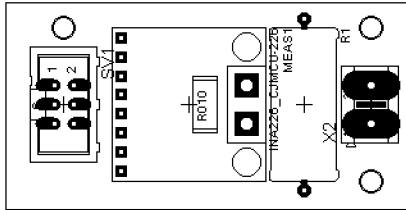


### A.26 Deska plošných spojů brzd

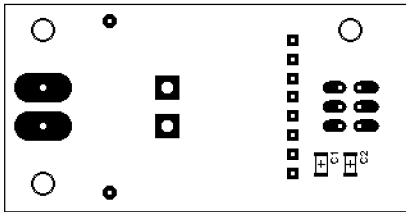


Rozměr desky 53 x 27 [mm], měřítko M1:1

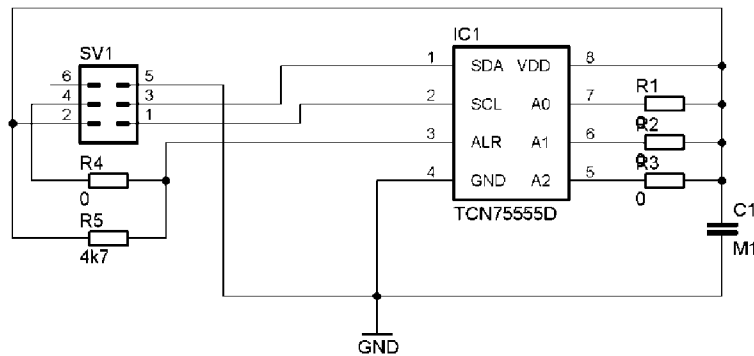
### A.27 Osazovací plán plošného spoje brzd (top)



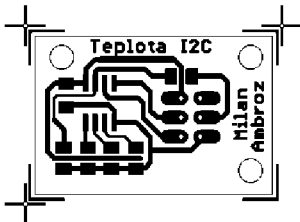
### A.28 Osazovací plán plošného spoje brzd (bottom)



### A.29 Obvodové zapojení desky teploty vzduchu



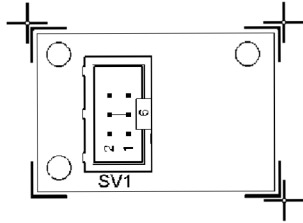
### A.30 Deska plošných spojů teploty vzduchu



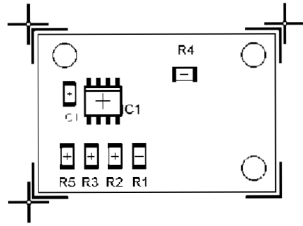
Rozměr desky 31 x 21 [mm], měřítko M1:1



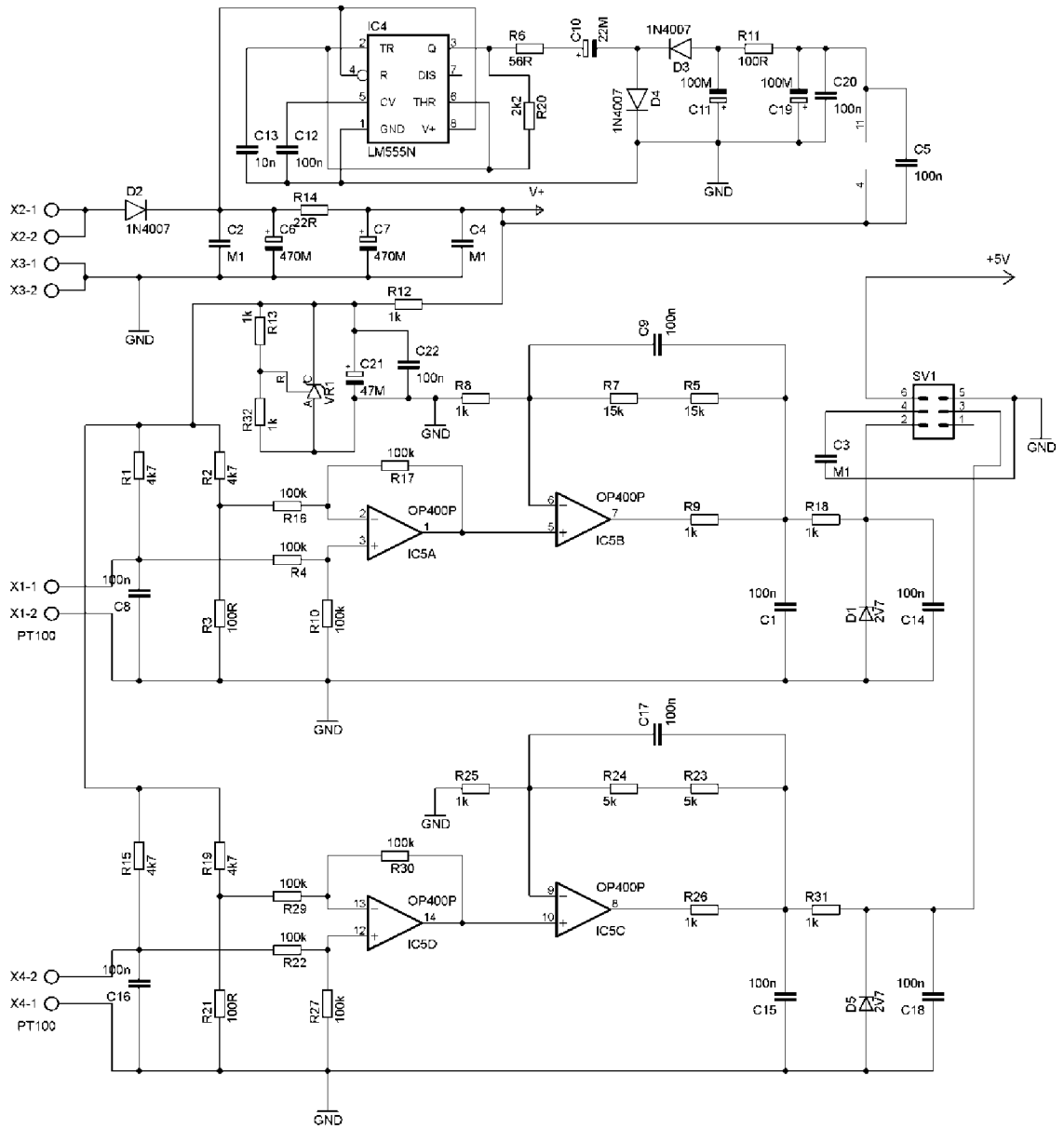
### A.31 Osazovací plán plošného spoje teploty vzduchu (top)



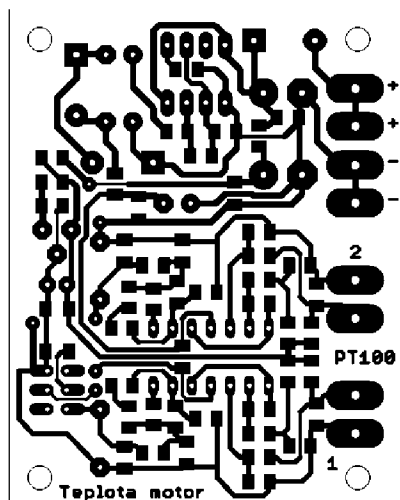
### A.32 Osazovací plán plošného spoje teploty vzduchu (bottom)



## A.33 Obvodové zapojení desky teploty motoru

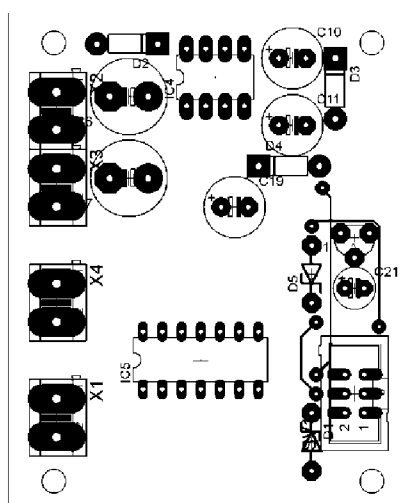


### A.34 Deska plošných spojů teploty motoru

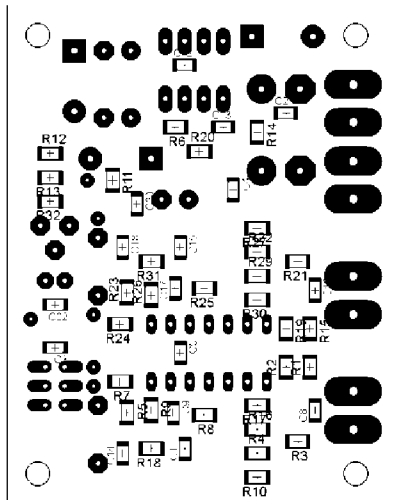


Rozměr desky 52 x 65 [mm], měřítko M1:1

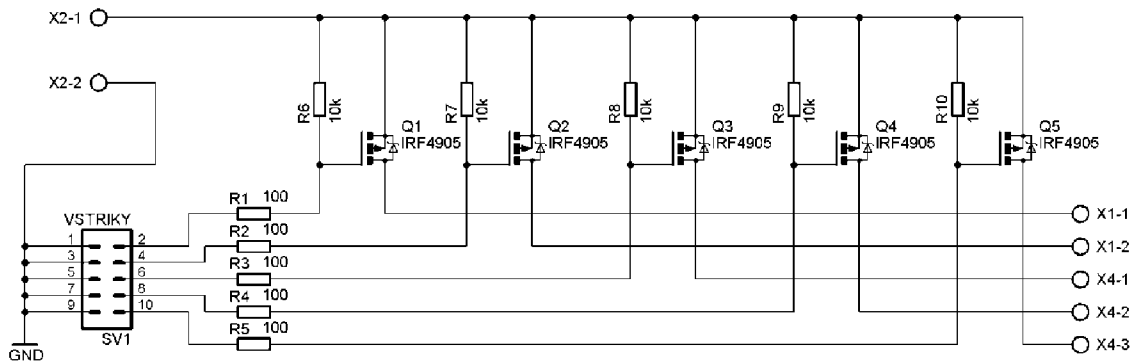
### A.35 Osazovací plán plošného spoje teploty motoru (top)



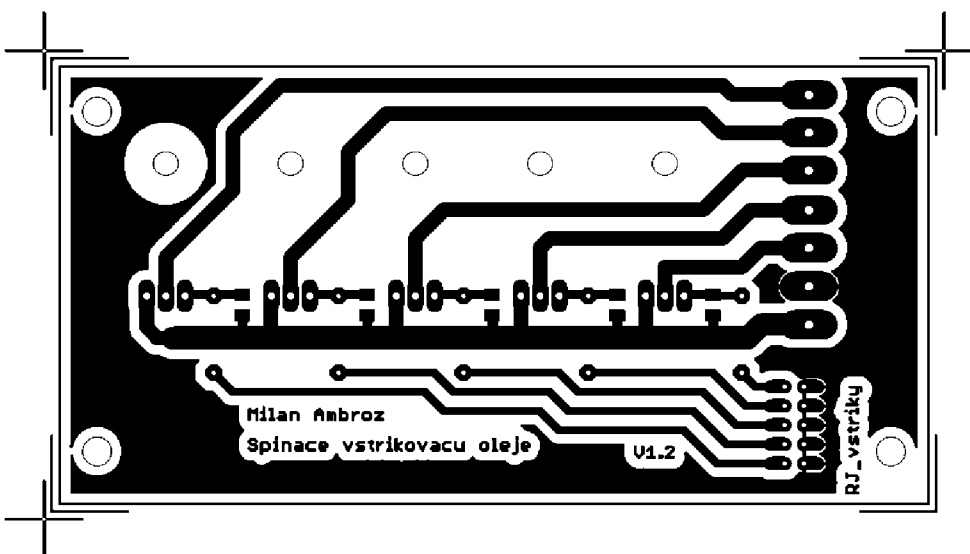
### A.36 Osazovací plán plošného spoje teploty motoru (bottom)



### A.37 Obvodové zapojení desky vstřikovačů

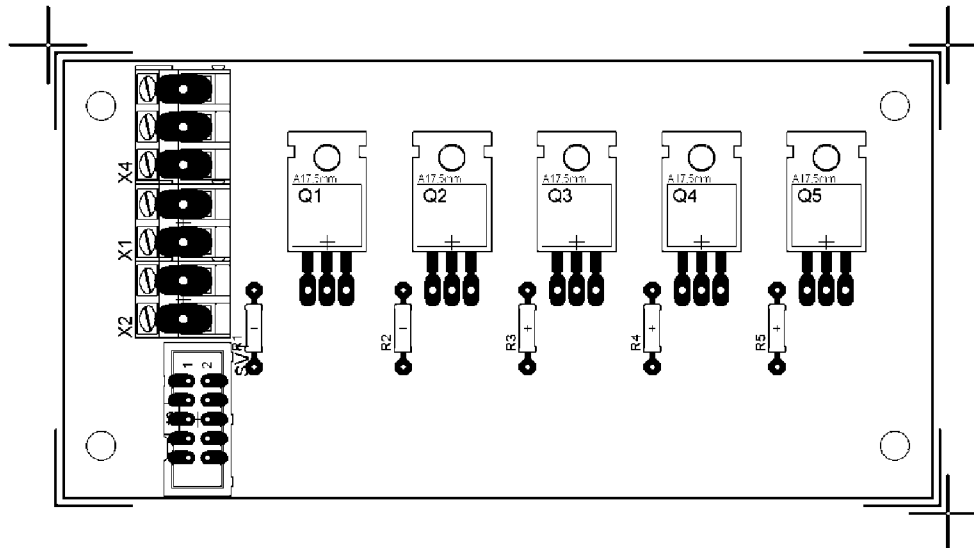


### A.38 Deska plošných spojů vstřikovačů

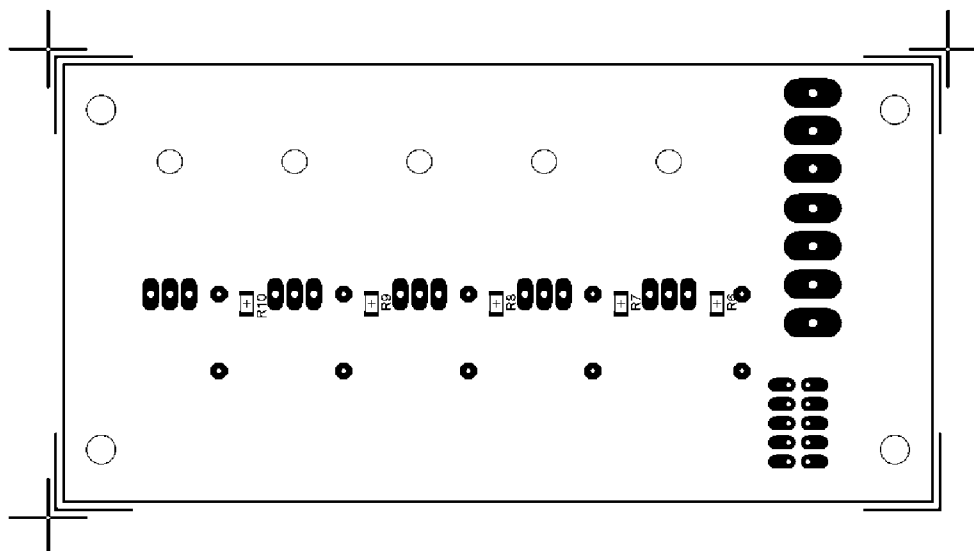


Rozměr desky 115 x 58 [mm], měřítko M1:1

### A.39 Osazovací plán plošného spoje vstřikovačů (top)



### A.40 Osazovací plán plošného spoje vstřikovačů (bottom)



## B SEZNAMY SOUČÁSTEK

### B.1 Seznam součástek palubního počítače

označení	hodnota	pouzdro	počet
R1	10k	1206	1
R2	90k	1206	1
R3	5k	trimr PT-6	1
R4	4k7	207/7	1
R5	100R	1206	1
R6, R7, R19, R20	4k7	1206	4
R8	100R	207/7	1
R9, R10	470R	1206	2
R11-R14, R16-R18, R21-R23	0R	1206	10
C1, C2, C6, C10, C11	100n	1206	5
C3, C4, C5, C7, C14	47n	1206	5
C8, C9, C15, C16	22p	1206	4
C12	470M/25V	E5-13	1
C13	470M/16	E2,5-5	1
D1, D2	1N4007	DO41	2
Q1	16MHz	xtal/S	1
X2	32kHz	WATCH-3X8	1
Q2	IRF540	TO220	1
Q3	BS250	TO-92	1
T1	BC547	TO-92	1
U1	7805	TO220	1
IC1	MEGA644	TQFP44	1
DIS1	display 16x2	16x2	1
SV1	jumper	7x1	1
SV2	konektor	ML-10	1
SV3	jumper	8x1	1
SV4	jumper	4x1	1
SV5	jumper	3x1	1
SV7	konektor	ML-6	1
X1	konektor	AK500/2	2

## B.2 Seznam součástek řídicí jednotky

označení	hodnota	pouzdro	počet
R1, R18, R24	0R	1206	3
R2, R4	4k7	1206	2
R3, R5-R17, R20-R23	1k	1206	18
R19	0R	2010	1
C1-C5, C10, C11, C15	100n	1206	9
C8, C9	22p	1206	2
D1	1N4007	DO41	1
OK1-OK3	PC847	DIL16	3
OK4-OK9	PC817	DIL04	6
IC1	MEGA644	TQFP44	1
Q1	16MHz	xtal/S	1
U1	7805	TO220	1
JP1, JP2	jumper	1x1	2
SV1	jumper	7x1	1
SV2, SV5, SV7, SV8	konektor	ML-10	4
SV3, SV4, SV10	konektor	ML-6	3
SV6	jumper	3x1	1
X1	konektor	AK500/2	2

## B.3 Seznam součástek desky snímačů

označení	hodnota	pouzdro	počet
R1	1k2	1206	1
R2	240R	1206	1
R3-R7	1k	1206	5
R8-R12	100R	1206	5
R13	0R	2512	1
C1, C2, C6, C7	100n	1206	4
C3	470M/25V	E5-13	1
C4	470M/16V	E5-10,5	1
C5	10M/16	E2,5-6	1
D1	1N4007	DO41	1
IC1	40106D	SO14	1
IC2	LM317	TO220	1
SV1	konektor	ML-10	1
SV2, SV3	konektor	ML-6	2
X1	konektor	AK500/2	1

## B.4 Seznam součástek desky chlazení

označení	hodnota	pouzdro	počet
R1, R8, R11, R12	1k	1206	4
R13	0R	1206	1
R9, R10	33R	207/7	2
R4, R7	2k2	1206	2
R5, R6	10k	trimr PT-10	2
R3, R2	100R	1206	2
Q6, Q7	IRLZ44	TO220	2
Q1, Q2	BS170	SOT54	2
C1	100n	1206	1
C3	470M/25V	E5-10,5	1
SV1	konektor	ML-10	1
X1, X2, X3, X4	konektor	AK500/2	4
X6	konektor	AK500/3	1



## B.5 Seznam součástek desky cívek

označení	hodnota	pouzdro	počet
R1, R2, R3	3K9	1206	3
R4, R5, R6	100R	1206	3
C1	470M/25V	E5-10,5	1
C2	100n	1206	1
Q1, Q4, Q6	BS170	SOT54	3
Q2, Q3, Q5	BS250	SOT54	3
IC1	40106D	SO14	1
SV1, SV2	konektor	ML-6	2
X1, X2	konektor	AK500/2	2

## B.6 Seznam součástek desky tachometru

označení	hodnota	pouzdro	počet
R1, R4	100R	207/7	2
R2, R3	1k	207/7	2
C1-C4	100n	1206	4
T1	BC547	TO92	1
SV1	konektor	ML-6	1
SV2	jumper	3x1	1

## B.7 Seznam součástek desky brzd

označení	hodnota	pouzdro	počet
R1	0,01R/5W	0922/22	1
C1, C2	100n	1206	2
SV1	konektor	ML6	1
X2	konektor	AK500/2	1
MEAS1	INA226	DPS s INA226	1

## B.8 Seznam součástek desky teploměru

označení	hodnota	pouzdro	počet
R1-R4	0R	1206	4
R5	4k7	1206	1
C1	100n	1206	1
IC1	TCN75	SO08	1
SV1	konektor	ML-6	1

## B.9 Seznam součástek teploty motoru

označení	hodnota	pouzdro	počet
R1, R2, R15, R19	4k7 0,1%	1206	4
R3, R11, R21	100R 0,1%	1206	3
R4, R10, R16, R17, R21, R22, R27, R29, R30	100k 0,1%	1206	9
R5, R7, R23, R24	viz text	1206	2
R6	56R	1206	1
R8, R9, R12, R13, R18, R25, R26, R31, R32	1k 0,1%	1206	9
R14	22R	1206	1
C1-C5, C8, C9, C12, C14-C18, C20, C22	100n	1206	15
C6, C7	470M/25V	E5-10,5	2
C10	22M/25V	E3,5-8	1
C11, C19	100M/25V	E3,5-8	2
C21	47M/16V	E2,5-6	1
D1,D5	2V7	DO41	2
D2-D4	1N4007	DO41	3
IC4	NE555	DIL8	1
IC5	OP400	DIL14	1
VR1	TL431	TO92	1
SV1	konektor	ML-6	1
X1-X4	konektor	AK500/2	4

## B.10 Seznam součástek desky vstřikovačů

označení	hodnota	pouzdro	počet
R1-R5	100R	207/7	5
R6-R10	10k	1206	5
Q1-Q5	IRF4905	TO220	5
SV1	konektor	ML-10	1
X1, X2	konektor	AK500/2	2
X4	konektor	AK500/3	1