

UNIVERZITA PARDUBICE  
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Palubní počítač

Martin Sixta

Bakalářská práce  
2010

Univerzita Pardubice  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Akademický rok: 2009/2010

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin SIXTA**  
Osobní číslo: **I07466**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Komunikační a mikroprocesorová technika**  
Název tématu: **Palubní počítač osobního automobilu**  
Zadávací katedra: **Katedra elektrotechniky**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je navrhnout jednoduchý palubní počítač pro automobil se vstřikováním s běžnými funkcemi jako: průměrná spotřeba, okamžitá spotřeba, průměrná rychlost, okamžitá rychlost, maximální dosažená rychlost, doba jízdy, denní a celková ujetá vzdálenost, vnitřní a venkovní teplota, teplota motoru, obsah nádrže, dojezd, palubní napětí, otáčky motoru a aktuální čas.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

**www.atmel.com**

**Příručka automobilu**

**Ripka P., Típek A.: Master Book of senzore; Nakladatelství BEN 2003;**

**ISBN: 80-7300-129-2**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Pavel Rozsival**  
Katedra elektrotechniky

Datum zadání bakalářské práce: **15. ledna 2010**

Termín odevzdání bakalářské práce: **14. května 2010**



prof. Ing. Simeon Karamazov, Dr.  
děkan



Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 31. března 2010

## **Prohlášení autora**

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 29. 07. 2010

Martin Sixta

## **Poděkování**

Na tomto místě chci poděkovat vedoucímu práce, Ing. Pavlu Rozsívalovi, za poskytnuté odborné rady a připomínky k této práci. Dále bych chtěl poděkovat Aleši Drobnému a Janu Šramotovi za pomoc s vývojem a testováním palubního počítače. Děkuji také rodičům, kteří respektovali a trpělivě snášeli mé věčné zapojení do vytváření celé práce, a kteří mě velmi podporovali v mém dosavadním studiu.

## **Anotace**

Teoretická část pojednává o jednobodovém vstříkovacím systému Bosh Mono-Motronic a o možnostech snímání všech potřebných veličin. V praktické části je pak detailně popsán návrh takového zařízení s popisem všech vstupů a výstupů i stručným popisem programu pro řídicí mikroprocesor.

## **Klíčová slova**

automobil, vstříkovací ventil, mikroprocesor, signál, spotřeba

## **Title**

Board Computer

## **Annotation**

Theoretical part deals with the single point fuel injection system Bosh Mono-Motronic and with possible ways of measuring of all required values. The detail description of such device is provided in the practical section including description of all inputs and outputs and a brief description of the program for the controlling microprocessor.

## **Keywords**

car, injection valve, microprocessor, signal, consumption

## Obsah

<b>Seznam zkratk</b> .....	<b>9</b>
<b>Seznam obrázků</b> .....	<b>10</b>
<b>Seznam tabulek</b> .....	<b>10</b>
<b>1 Úvod</b> .....	<b>11</b>
<b>2 Příprava paliva pro motor</b> .....	<b>12</b>
2.1 Jednobodové vstřikování Bosch Mono-Motronic .....	12
<b>3 Snímání požadovaných veličin pro palubní počítač</b> .....	<b>16</b>
3.1 Snímání množství vstříknutého paliva .....	16
3.2 Snímání rychlosti vozidla .....	16
3.3 Snímání otáček motoru .....	17
3.4 Snímání obsahu paliva v nádrži.....	17
3.5 Snímání teploty motoru .....	18
3.6 Snímání ostatních veličin .....	18
<b>4 Použitý hardware</b> .....	<b>19</b>
4.1 Napájecí zdroj.....	19
4.2 Mikroprocesor .....	20
4.2.1 Čítače a časovače.....	22
4.2.2 A/D převodník .....	23
4.2.3 Paměť EEPROM.....	23
4.2.4 Úsporné režimy a napájení .....	23
4.3 Digitální vstupy .....	25
4.3.1 Vstup pro signál vstřikovacího ventilu.....	25
4.3.2 Vstup pro signál snímače rychlosti.....	27
4.3.3 Vstup pro otáčkoměr .....	28
4.3.4 Tlačítka .....	29
4.4 Analogové vstupy .....	29
4.5 Digitální výstup .....	31
4.6 LCD displej .....	31
4.7 Konstrukční řešení a pouzdra součástek.....	33
<b>5 Software</b> .....	<b>35</b>
5.1 Programování mikroprocesoru .....	35

5.2	Struktura programu palubního počítače .....	36
5.3	Výpočet zobrazovaných veličin.....	37
5.3.1	Aktuální spotřeba.....	37
5.3.2	Aktuální rychlost .....	38
5.3.3	Otáčky motoru .....	39
5.3.4	Ujetá vzdálenost .....	39
5.3.5	Aktuální čas a čas jízdy .....	40
5.3.6	Průměrná rychlost.....	40
5.3.7	Průměrná spotřeba .....	41
5.3.8	Obsah paliva v palivové nádrži .....	42
5.3.9	Dojezd.....	42
5.3.10	Palubní napětí .....	42
5.3.11	Teplota motoru .....	43
5.3.12	Vnitřní a venkovní teplota .....	44
<b>6</b>	<b>Použitelnost pro jiné typy automobilů.....</b>	<b>45</b>
6.1	Jiné vstřikovací systémy .....	45
6.2	Karburátorová příprava směsi .....	46
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>47</b>
	<b>Literatura .....</b>	<b>48</b>
	<b>Příloha A – Celkové schéma zapojení palubního počítače .....</b>	<b>50</b>
	<b>Příloha B – Desky plošných spojů .....</b>	<b>52</b>
	<b>Příloha C – Seznam součástí.....</b>	<b>53</b>
	<b>Příloha D – Obsah CD.....</b>	<b>54</b>



## Seznam zkratek

A/D,ADC	Analog to Digital Converter
ALU	Arithmetic Logic Unit
PC	Personal Computer
NTC	Negative Temperature Coefficient
RISC	Reduced Instruction Set Computer
MIPS	Million Instruction Per Second
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
SRAM	Static Random Access Memory
PWM	Pulse Width Modulation
ICP	Input Capture Pin
ICR	Input Capture Register
TWI	Two-wire Serial Interface
USART	Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter
SPI	Serial Peripheral Interface
LCD	Liquid Crystal Display
LSB	Least Significant Bit
SMD	Surface Mount Device
GCC	GNU Compiler Collection
ISP	In System Programming

## Seznam obrázků

Obrázek 1 - Blokové schéma vstřikovacího systému Bosh MonoMotronic [1] .....	12
Obrázek 2 - Regulátor tlaku paliva [1] .....	13
Obrázek 3 - Řez vstřikovací jednotkou [1].....	14
Obrázek 4 - Připojení snímačů k řídicí jednotce [1].....	15
Obrázek 5 - Palivové čerpadlo se snímačem výšky hladiny [1].....	17
Obrázek 6 - Napájecí zdroj.....	19
Obrázek 7 - Architektura AVR [3] .....	21
Obrázek 8 - Spotřeba mikroprocesoru v aktivním režimu [3].....	24
Obrázek 9 - Signál pro vstřikovací ventil.....	25
Obrázek 10 - Schéma zapojení vstupního obvodu pro signál vstřikovacího ventilu .....	26
Obrázek 11 - Vstupní obvod pro snímač rychlosti.....	27
Obrázek 12 - Zákmity jazýčkového kontaktu.....	28
Obrázek 13 - Vstupní obvod pro otáčkoměr .....	28
Obrázek 14 - Průběh signálu otáčkoměru.....	29
Obrázek 15 - Schéma zapojení analogových vstupů.....	30
Obrázek 16 - Zapojení teploměrů LM135 .....	30
Obrázek 17 - Schéma zapojení digitálního výstupu .....	31
Obrázek 18 - Zapojení LCD displeje.....	32
Obrázek 19 - Celkové konstrukční řešení I .....	33
Obrázek 20 – Celkové konstrukční řešení II .....	34
Obrázek 21 - Schéma zapojení programátoru .....	35
Obrázek 22 - Celkové schéma - vstupní obvody.....	50
Obrázek 23 - Celkové schéma – procesorová část .....	51
Obrázek 24 - Celkové schéma - přední panel.....	51
Obrázek 25 - DPS - hlavní deska.....	52
Obrázek 26 - DPS - přední panel.....	52

## Seznam tabulek

Tabulka 1 - Přehled úsporných režimů procesoru ATmega32 [3] .....	24
---	----

## 1 Úvod

Cílem této bakalářské práce je navrhnout a zkonstruovat palubní počítač pro automobily se vstřikováním, který bude měřit základní provozní veličiny jako spotřebu, rychlost, otáčky a různé průměrné hodnoty těchto veličin. V zadání práce nebyl určen přesný typ vozidla do kterého má být palubní počítač umístěn, a protože každý vyrobený automobil má jiné vnitřní uspořádání a rozměry, zvolil jsem tedy zejména kvůli mechanické konstrukci automobil Škoda Favorit jako vozidlo, pro který bude zkonstruován. V tomto automobilu není z hlediska chlazení vhodné místo pro umístění takového zařízení, a proto musí mít palubní počítač malou tepelnou ztrátu a zároveň malou spotřebu elektrické energie pokud je vozidlo v klidu, z důvodu bateriového napájení. Dalším požadavkem je co nejmenší zásah nebo ovlivnění do elektroniky řízení motoru, kterým by se mohla zvýšit poruchovost nebo ztížit hledání případné závady.

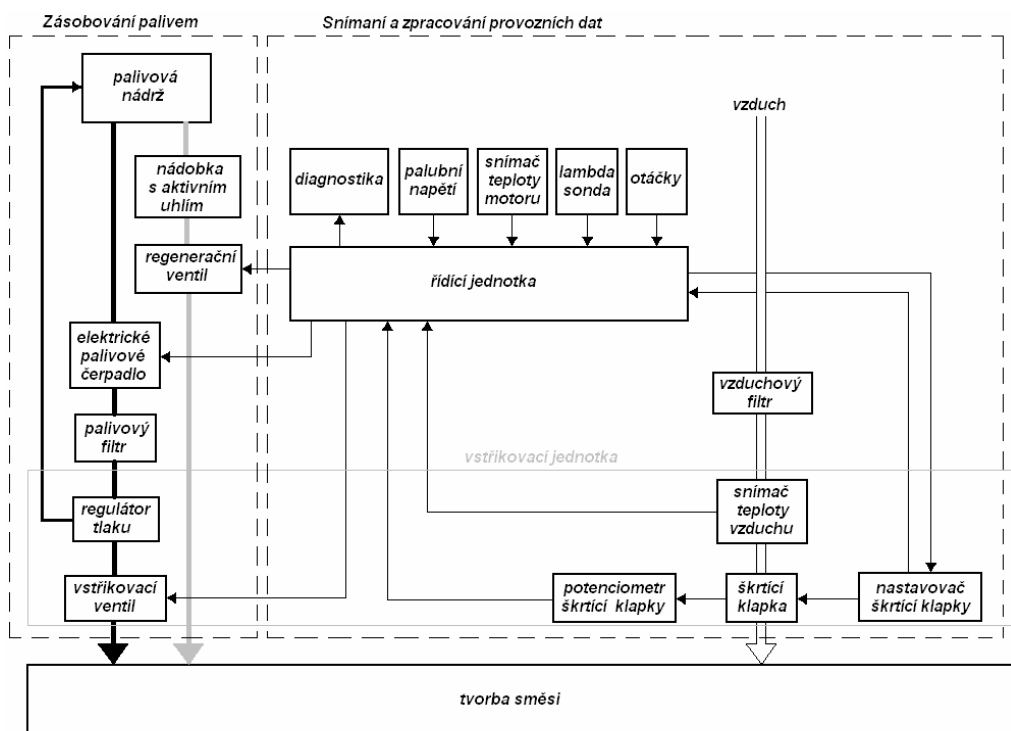
Samotná práce je rozdělena na několik částí. V první jsou stručně popsány prvky jednobodového vstřikovacího systému, které jsou svojí činností podstatné pro konstrukci palubního počítače. V další části práce jsou popsány veličiny, které potřebuje palubní počítač pro svoji funkci a následující část obsahuje popis korektního získávání těchto veličin. Jde tedy o konkrétní rozbor vstupních a výstupních obvodů palubního počítače a jeho podstatných hardwarových částí. Čtvrtá část pojednává o softwarovém řešení, do kterého je zahrnut i způsob programování a volba vhodného programovacího jazyka. V poslední části práce pak popisují možnosti použití i pro jiné typy automobilů se zaměřením na různé druhy přípravy směsi pro motor.

## 2 Příprava paliva pro motor

Spalovací motor pro osobní automobily je zařízení, ve kterém se přeměňuje energie obsažená v palivu na energii pohybovou. Každý takovýto motor potřebuje pro svoji funkci smísit palivo se vzduchem ve správném poměru, množství a čase. Jsou dva základní způsoby jak toho dosáhnout. Starší způsob je karburátorová příprava směsi. Karburátor je tedy mechanické zařízení, které míchá palivo se vzduchem ve správném poměru pomocí Venturiho efektu. Jeho hlavní nevýhodou ve starších automobilech bylo, že systém neobsahoval zpětnou vazbu a jeho konstrukce byla pro uspokojivý chod motoru v širokém rozsahu otáček poměrně složitá. S rozvojem elektroniky a polovodičů se rychle prosadila druhá možnost přípravy směsi, a to elektronicky řízeným vstříkovačím ventilem, který nahradil karburátor. Vstříkovačív ventil je ovládán řídicí jednotkou, ke které je ještě připojeno mnoho snímačů provozních stavů, takže množství paliva je v reálném čase neustále počítáno řídicí jednotkou tak, aby měl motor co nejlepší chod.

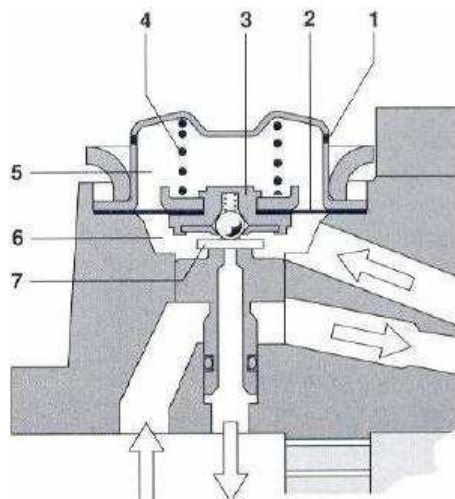
### 2.1 Jednobodové vstříkování Bosch Mono-Motronic

Automobil Škoda Favorit byl od roku 1993 vyráběn sériově s elektronickým jednobodovým vstříkováním paliva a elektronicky řízeným okamžikem zážehu Bosch Mono-Motronic. Je to velmi jednoduchý systém s minimem snímačů, který už je dnes dávno překonán, ale základní princip je stále stejný. Vybrané části, které nějakým způsobem souvisí s konstrukcí palubního počítače, popíšu v následujících odstavcích. Celkové schéma systému pro přípravu směsi je na obrázku 1.



Obrázek 1 - Blokové schéma vstříkovačívho systému Bosh MonoMotronic [1]

Základním prvkem je elektrické palivové čerpadlo integrované v palivové nádrži. Jedná se o dvoustupňové čerpadlo dodávající nepřetržitě do systému palivo s tlakem 0,1MPa a průtokem 70 litrů za hodinu. Palivo po průchodu palivovým filtrem vstupuje do regulátoru tlaku, který má zásadní vliv na funkčnost celého systému.



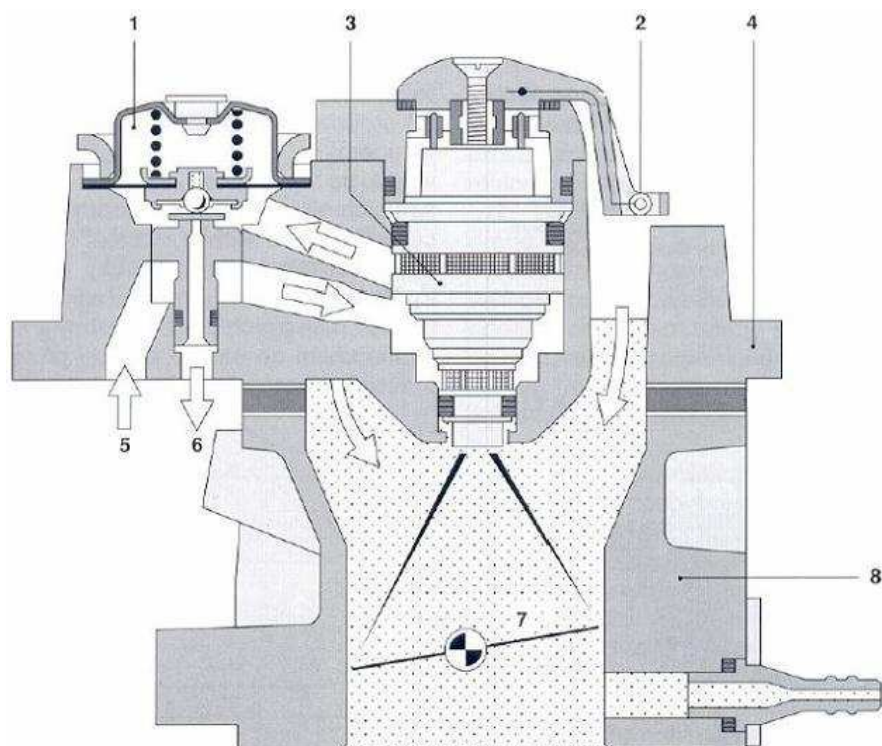
Vysvětlivky: 1-odvzdušňovací otvory, 2-membrány, 3-nosič ventilu, 4-tlačná pružina, 5-horní komora, 6-dolní komora

**Obrázek 2 - Regulátor tlaku paliva [1]**

Regulátor tlaku paliva se rozděluje na horní a dolní komoru. Palivo přitéká z palivové nádrže pod tlakem do dolní komory(6) kde postupně narůstá tlak. Po překročení určitého tlaku se zvýší síla působící na membránu(2) natolik, že překoná tlak vinuté pružiny(4). Následně dojde ke zvednutí nosiče ventilu(3), který je mechanicky svázan s ventilovou destičkou(7), která se nadzvedne. Vzniklá mezera mezi sedlem ventilové destičky a destičkou způsobí únik paliva z dolní komory do vratného potrubí zpět do nádrže. Odvzdušňovací otvor (1) je připojen do prostoru kam se vstříkuje palivo, kde se tlak mění podle polohy škrtící klapky a otáček motoru. Tato změna tlaku je tedy díky odvzdušňovacímu otvoru přivedena do horní komory regulátoru a má vliv na membránu a celý regulátor. Tímto způsobem je udržován konstantní tlak paliva mezi palivovým vstupem vstřikovacího ventilu a prostorem kam je vstřikováno palivo.

Dalším důležitým prvkem je dvoustavový elektromagnetický vstřikovací ventil, který dávkuje palivo do sání motoru. Vstřikovač se skládá z těla vstřikovacího ventilu a sedla, do kterého přesně zapadá jehla. Jehla je mechanicky svázaná s kotvou elektromagnetu a vratnou vinutou pružinou. V klidovém stavu díky vinuté pružině jehla dosedá do sedla ventilu a tím je ventil uzavřen. Tlak okolního paliva způsobuje další silové působení na jehlu podporující uzavření. Po přivedení proudu do cívky elektromagnetu vznikne síla, která překoná tlak pružiny a paliva a způsobí nadzvednutí jehly ze sedla o několik setin mm a uvolní tak cestu palivu, které se vstříkuje do sání. Na konci vstřikovacího ventilu je rozstřikovací čep, který zajistí dobré rozprášení paliva do míst kde je největší průtok vzduchu nasávaného motorem. Vstřikovací ventil je ovládán koncovým stupněm řídicí

jednotky. Sestava vstřikovací jednotky s integrovaným regulátorem paliva systému Bosch Mono-Motronic je na obrázku 3.

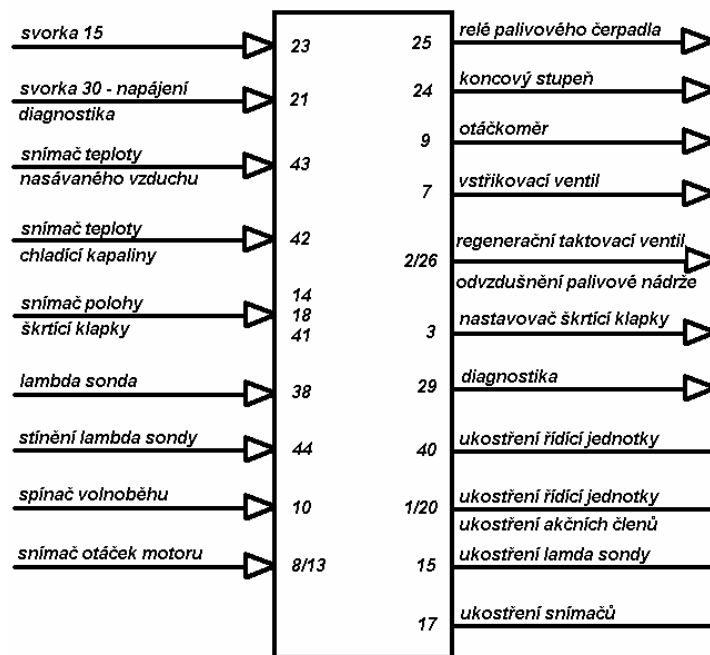


Vysvětlivky: 1-regulátor tlaku, 2-snímač teploty nasávaného vzduchu, 3-vstřikovací ventil, 4-horní díl vstřikovací jednotky, 5-přívodní palivový kanál, 6-odvodní palivový kanál, 7-škrťící klapka, 8-spodní díl vstřikovací jednotky

**Obrázek 3 - Řez vstřikovací jednotkou [1]**

Vzduchová část systému Mono-motronic obsahuje vzduchový filtr, již zmíněnou škrťící klapku a její nastavovač, volnoběžný kontakt, dále pak snímač teploty nasávaného vzduchu a potenciometr snímající úhel natočení škrťící klapky. Škrťící klapku ovládá řidič vozidla plynovým pedálem a tak přímo ovlivňuje množství vzduchu nasávaného motorem. Aby mohla řídicí jednotka vstříknout správné množství paliva, musí znát objem vzduchu, který motor nasál. U tohoto systému se určuje nepřímo, a to pomocí úhlu natočení škrťící klapky a otáček motoru s předpokladem konstantní hustoty vzduchu. Nastavovač škrťící klapky je aktivní v případě sepnutého volnoběžného kontaktu, který je sepnutý pokud řidič nesešlapuje plynový pedál. Nastavovač pak pomocí servomotoru a jednoduché mechanické části dokáže v určitých mezích ovládat škrťící klapku a tím udržovat správný chod naprázdno za měnících se okolních podmínek.

Řídicí jednotka je u systému Mono-Motronic centrálním prvkem, který snímá a ovládá všechny potřebné veličiny. Do této jednotky jsou připojeny všechny snímače a akční členy vstřikovacího systému, podle kterých určuje jednotka přesný poměr mezi palivem a vzduchem a v přesném čase generuje puls pro zapalovací soustavu.



Obrázek 4 - Připojení snímačů k řídicí jednotce [1]

Dobu otevření vstřikovacího ventilu řídicí jednotka neustále přepočítává podle signálů přicházejících ze snímačů. Základní délka otevření je určena převážně ze snímače otáček, potenciometru škrtecí klapky a snímačů teploty motoru a vzduchu, které jednotka pomocí A/D převodníku převede do číslicové formy (kromě snímače otáček, který má na výstupu digitální signál) a následně z naprogramovaných hodnot uložených v paměti vybere příslušnou dobu vstřiku. Předpokladem pro tuto dobu je konstantní tlak paliva před vstřikovacím ventilem udržovaný výše popsáním regulátorem paliva. Množství vstříknutého paliva je tedy závislé pouze na délce otevření vstřikovacího ventilu. Tato doba je dále korigována zpětnou vazbou pomocí lambda sondy měřící obsah kyslíku ve výfukových plynech. Tím se určuje správný poměr mezi palivem a vzduchem. Řídicí jednotka tak může přesně regulovat provozní stav motoru na hodnotu naprogramovanou v paměti, a to tak, že se neustále udržuje ideální poměr mezi výkonem motoru, jeho spotřebou a emisemi výfukových plynů. Řídicí jednotka výrazně ovlivňuje dobu vstřiku i při startování motoru, kdy je směs výrazně bohatší (delší doba vstřiku), nebo při deceleraci (brždění motorem), kdy se palivo od určitých otáček nevstřikuje vůbec.

Řídicí jednotka ovládá ještě další členy jako nastavovač škrtecí klapky, který je aktivován po sepnutí volnoběžného kontaktu, a pomocí snímače otáček řídicí jednotka udržuje konstantní volnoběžné otáčky i v případě měnícího se zatížení motoru například kvůli změně odebírané elektrické energie z alternátoru. Další ovládaný akční člen je regenerační ventil, který může přivádět zregenerované palivové páry z nádrže přímo do sání. Regenerace palivových par probíhá v nádobce s aktivním uhlím.

System má dva jednoúčelové výstupy. Prvním výstupem je signál pro otáčkoměr Pal, kde každé otáčky motoru odpovídají dva pulsy, druhým je sériová linka pro komunikaci diagnostického přístroje s řídicí jednotkou a pamětí závad.

### 3 Snímání požadovaných veličin pro palubní počítač

V této kapitole přiblížím veličiny které jsou nezbytné pro měření spotřeby, rychlosti a dalších funkcí palubního počítače podle zadání.

#### 3.1 Snímání množství vstříknutého paliva

Měření délky otevření vstřikovacího ventilu je potřebné pro výpočet spotřeby. Z předchozího popisu vstřikovacího systému vyplývá, že množství vstříknutého paliva závisí na délce vstřiku, tlaku paliva ve vstřikovači a na zdvihu jehly vstřikovacího ventilu. Protože systém obsahuje regulátor tlaku paliva, je v palivovém systému tlak regulován v úzkém rozptylu hodnot, a lze ho tedy považovat za konstantní. Zdvih ventilu je dán jeho konstrukcí a je tedy také konstantní. Za těchto podmínek je množství paliva závislé pouze na délce vstřiku. Protože je ale ventil otvírán velmi často a na krátké časy, zasahuje určitým způsobem do množství paliva konstrukce ventilu a jeho rychlost reakce na vstupní signál. Rychlost otevření ventilu je závislá na napájecím napětí, které je přiváděno na cívku ventilu. Palubní napětí automobilu je ovšem regulováno na stálou hodnotu, lze tedy tuto závislost zanedbat. Rychlost zavírání ventilu není závislá na napájecím napětí. Obě tyto dynamické vlastnosti vstřikovače tedy lze zahrnout do konstanty, podle které se následně určí jaký objem paliva projde otevřeným ventilem za jednotku času. Řídící jednotka vstřikovacího systému spíná vstřikovač pomocí tranzistoru s otevřeným kolektorem, takže pro připojení k palubnímu počítači stačí rozbočení ovládaného vodiče a jeho přivedení na vstup. Délka vstřikovacího pulsu bude tedy odpovídat době, kdy se bude na rozbočeném vodiči napětí blížit k nule.

#### 3.2 Snímání rychlosti vozidla

Údaj o rychlosti vozidla je nutný nejen ke zobrazování rychlosti, ale i spotřeby vyjádřené jako množství paliva za jednotku vzdálenosti (l/100km). U zvoleného automobilu Škoda Favorit je signál o rychlosti veden do palubního tachometru mechanicky z převodovky ohebným lankem, které se otáčí a pohybuje ozubeným mechanismem v tachometru. Jedna otáčka lanka odpovídá jednomu metru ujeté vzdálenosti vozidla. Protože takto vyjádřená veličina se nedá bez zásahu do konstrukce mechanických částí nijak snímat a převést do číslicové formy, byl do vozidla přidán mechanický jazýčkový kontakt a magnet. Princip spočívá v magnetickém působení permanentního magnetu na kontakty z magneticky měkkého materiálu. Jako nejvhodnější místo pro umístění magnetu jsem zvolil kovový kryt vnitřního homokinetického kloubu dlouhé poloosy pohánějící pravé přední kolo vozidla. Jazýčkový kontakt je pevně připevněný do těsné blízkosti magnetu. Takovéto mechanické uspořádání způsobí při jednom přeběhu magnetu dvojnásobné sepnutí kontaktu, a proto kvůli těmto dvěma sepnutím a následným zákmitům mechanického kontaktu musí být signál digitálně zpracován tak, aby dvě, rychle po sobě jdoucí sepnutí, odpovídaly jedné otáčce kola, která pak představuje ujetou vzdálenost



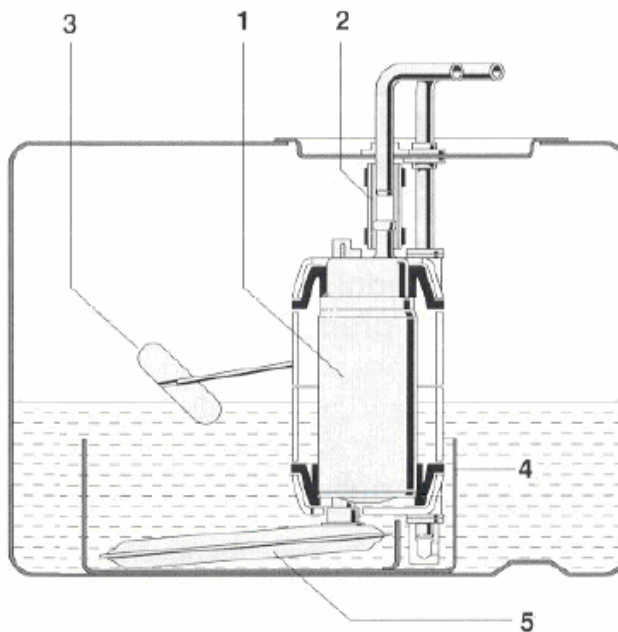
rovnající se obvodu kola. Připojení k palubnímu počítači je velmi jednoduché. Jeden konec kontaktu je uzemněn a druhý je připojen na vodič k palubnímu PC.

### 3.3 Snímání otáček motoru

Ze systému Mono-Motronic lze snímat otáčky vozidla dvěma způsoby. První je napojení přímo na snímač otáček. Jedná se o Hallův snímač, který má na výstupu obdélníkový průběh s amplitudou podobnou palubnímu napájecímu napětí. Protože ale podle požadavků bakalářské práce jsem chtěl do původní elektroniky řízení motoru zasahovat co nejméně, tuto možnost jsem zavrhnul. Tento snímač je nejdůležitější ze všech snímačů, který vstřikovací systém obsahuje, a proto by případná porucha znemožnila jakýkoliv chod motoru. Druhou možností, kterou jsem využil, je jednocíselový výstup pro otáčkoměr PAL. Na tomto výstupu se mění frekvence signálu podle otáček. Jedna otáčka motoru odpovídá dvěma obdélníkovým pulzům. Pokud má tedy motor 1500 otáček za minutu, je na tomto výstupu frekvence 50Hz. Připojení k palubnímu PC spočívá v rozbočení přívodního vodiče k otáčkoměru a přivedení na příslušný digitální vstup palubní počítače.

### 3.4 Snímání obsahu paliva v nádrži

Znalost množství paliva v nádrži umožňuje výpočet předpokládaného dojezdu vozidla. Automobil Škoda Favorit má v palivové nádrži kromě palivového čerpadla integrován i odporový snímač (potenciometr), ke kterému je pevným ramenem připojen plovák kopírující hladinu paliva. Sestava palivového čerpadla a snímače výšky hladiny je na obrázku 5.



Vysvětlivky: 1-elektrické palivové čerpadlo, 2-gumová hadice, 3-plovák s ramenem snímače, 4-nádoba se zásobním rezervoárem, 5-palivový filtr

Obrázek 5 - Palivové čerpadlo se snímačem výšky hladiny [1]

Výška hladiny je tedy převáděna na elektrický odpor. Snímač je k zabudovanému ukazateli paliva připojen pomocí dvou vodičů, kde je jeden z nich uzemněn. Změřením napětí na druhém vodiči lze tedy určit objem paliva v nádrži. K připojení do palubního počítače bude stačit rozbočení neuzemněného vodiče a jeho připojení na jeden z analogových vstupů.

### **3.5 Snímání teploty motoru**

Ve zvoleném automobilu Škoda Favorit jsou dva snímače teploty motoru. První je připojen k řídicí jednotce, která podle něj upravuje délku otevření vstřikovacího ventilu. Tento snímač není sice nutný pro chod motoru, ale při poruše by řídicí jednotka vycházela z přednastavené hodnoty 70°C, což by po startu způsobilo chudou směs a zhasínání motoru. Z důvodu co nejmenšího zasahování do řídicí elektroniky jsem proto palubní počítač připojil ke druhému snímači. Jedná se o NTC termistor zalitý v kovovém pouzdru se šroubením, kterým je zašroubován do tělesa termostatu. Termistor tedy měří teplotu chladicí kapaliny motoru. Jeden vývod termistoru je uzemněn přes kovové pouzdro, druhý je připojen na palubní teploměr motoru. Změnou napětí na neuzemněném vývodu termistoru lze měřit teplotu motoru, takže tento vývod je rozbočen a přiveden na analogový vstup palubního počítače.

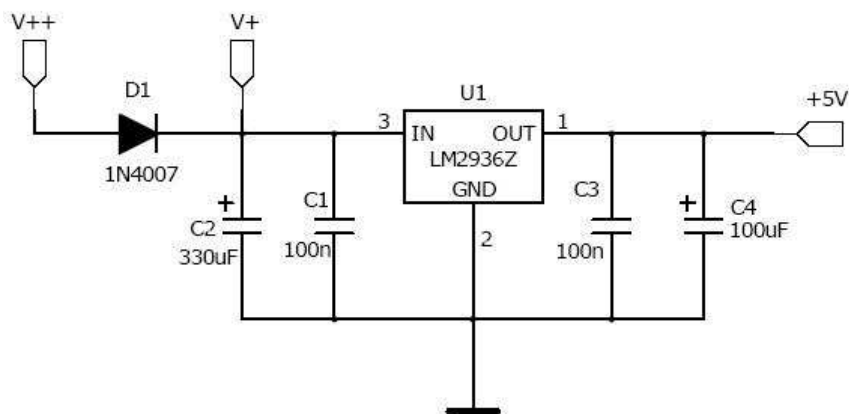
### **3.6 Snímání ostatních veličin**

Ostatní snímané veličiny jako napětí baterie, vnitřní a venkovní teplota přímo nesouvisí s funkcí elektronického vstřikování nebo s konstrukcí vozidla. Proto bude jejich měření závislé na volbě snímačů a na zapojení příslušných vstupů. Budou tedy popsány v části popisující použitý hardware.

## 4 Použitý hardware

### 4.1 Napájecí zdroj

Protože palubní napětí většiny automobilů je 12V a palubní počítač potřebuje pro svoji funkci napětí 5V musí být v zapojení obsažen vhodný napájecí zdroj. Tento zdroj by měl splňovat požadavky ze zadání a to hlavně malou výkonovou ztrátu kvůli chlazení. Velkou účinnost má většina spínaných zdrojů, které by byly v tomto zapojení vhodné. Bohužel ale tyto zdroje odebírají poměrně velký proud (jednotky mA) i pokud nejsou vůbec zatížené. Při zhasnutém motoru není olovený akumulátor dobíjen alternátorem takže by se po delší době mohl vybit a vozidlo by nešlo nastartovat. Proto jsem zvolil kompromis a palubní počítač osadil klasickým lineárním stabilizátorem, který má malou účinnost, ale velmi malý klidový proud. Malá účinnost by znamenala velkou výkonovou ztrátu, a proto jsem napájení méně důležitých spotřebičů vedl mimo tento stabilizátor. Tím se spotřeba v aktivním režimu dostala na hodnoty v řádu jednotek mA, při kterých je vyzářený výkon na stabilizátoru jen desítky mW. Není potřeba žádný chladič. Zapojení zdroje je na obrázku 6.



Obrázek 6 - Napájecí zdroj

Jako vhodný stabilizátor s nízkým odběrem naprázdno jsem vybral typ LM2936Z. Je to třísvorkový nízkoubytkový stabilizátor, který pro svoji funkci potřebuje velmi malý proud. Je tedy vhodný pro bateriové napájení. Základní parametry obvodu:

- Stabilizované výstupní napětí 5V
- Maximální výstupní proud 50mA
- Maximální provozní vstupní napětí 40V
- Klidový proud při zátěži 10mA: 0,2mA
- Pracovní teplota -40°C až +125°C
- Maximální ztrátový výkon při okolní teplotě 120°C: 0,17W

Další podrobnosti o stabilizátoru jsou v katalogovém listu [5].

Zapojení vychází z katalogového listu stabilizátoru. Pro lepší filtraci byl přidán kondenzátor C2 a C3, a jako ochrana proti přepólování klasická usměrňovací dioda. Podle katalogového listu musí být pro správnou funkci obvodu kondenzátor C4 s ekvivalentním sériovým odporem od  $0,01\Omega$  do  $8\Omega$  a měl by být spolu s C1 umístěn co nejbližší stabilizátoru. Akumulátor automobilu je připojen na svorku označenou V++ a z V+ jsou napájeny méně důležité spotřebiče jako podsvětlení LCD a cívka výstupního relé. Výstupní stabilizované napětí je odebíráno ze svorky +5V.

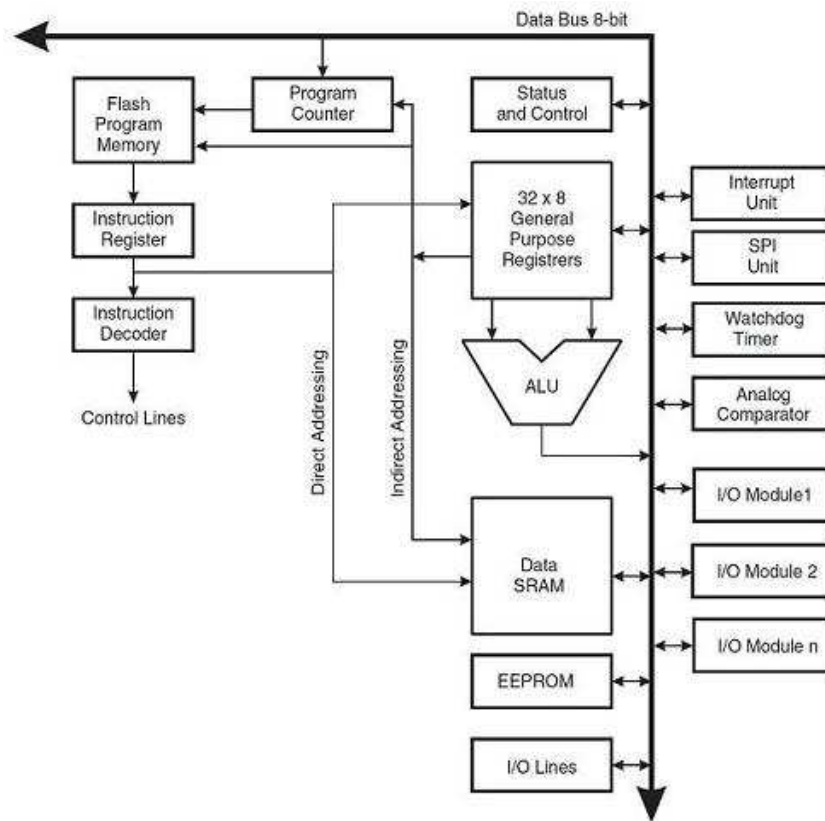
## 4.2 Mikroprocesor

Nejdůležitější částí celého palubního počítače je mikroprocesor, který se stará o snímání a výpočet všech požadovaných hodnot. Vybral jsem mikroprocesor z rodiny AVR typu ATmega32. Základní parametry mikroprocesoru:

- 8-bitový, RISC architektura
  - 131 instrukcí
  - 32x8 registrů pro všeobecné použití
  - až 16MIPS při 16MHz oscilátoru
- Nezávislá programová a datová paměť
  - 32kB Flash paměť programu – 10 000cyklů
  - 1kB EEPROM – 100 000cyklů
  - 2kB paměť dat (SRAM)
- Periferie
  - dva 8-bitové čítače/časovače se samostatnou 10bitovou předděličkou frekvence, možnost zapnutí PWM
  - jeden 16bitový čítač/časovač s 10bitovou předděličkou frekvence, možnost zapnutí PWM, ICP vstup
  - Časovač reálného času s odděleným oscilátorem
  - 4 PWM výstupy
  - 8-kanálový, 10-bitový A/D převodník
  - TWI sběrnice (I<sup>2</sup>C)
  - Programovatelný, sériový, plně duplexní USART
  - Master/Slave SPI rozhraní
  - Programovatelný Watchdog s odděleným integrovaným oscilátorem
  - Integrovaný analogový komparátor
- Speciální funkce
  - Nastavitelný, integrovaný obvod hlídající podpětí (Brown-out detection)
  - Interní kalibrovaný RC oscilátor
  - 6 úsporných režimů

- Napájení 2,7V až 5,5V
- Frekvence oscilátoru 0 až 16MHz

Je to nízkopříkonový 8bitový mikroprocesor typu RISC od firmy Atmel využívající harvardskou architekturu. Disponuje velkou vnitřní pamětí typu Flash, která se programuje přes sériové rozhraní SPI. [3]



Obrázek 7 - Architektura AVR [3]

Základem jádra procesoru je programový čítač, který je po zapnutí obvodu nastaven na nulu. Další blok je instrukční registr s dekodérem, který zajistí dekodování instrukce a provedení příslušné akce. Výstup čítače určuje, ze které adresy paměti programu se budou číst instrukce. Po každé přečtené instrukci se k čítači přičte 1, jenom u instrukcí obsahující skok v paměti se přechází na vybranou adresu. U tohoto procesoru je paměť programu typu Flash, má velikost 32kB a je oddělena od paměti dat z důvodu maximalizace výkonu a paralelního zpracování instrukcí. To znamená, že při vykonávání jedné instrukce je následující instrukce současně načítána z paměti programu. Výkon procesoru se tak blíží 1MIPS při taktovací frekvenci 1MHz. Další částí je univerzální 32x8bitový registr, kde je posledních 6 bytů rozděleno na 3 16bitové registry X,Y, Z sloužící pro nepřímé adresování. Z tohoto registru lze v jednom hodinovém cyklu načíst a zpracovat v aritmeticko logické jednotce současně dva registry a výsledek uložit do dalšího z registrů. Tato jednotka umožňuje výpočet základních bitových, logických a aritmetických

operací kromě podílu. Dalším prvkem je stavový registr. Je aktualizován po každé operaci prováděné aritmeticko logickou jednotkou a informuje o stavu výsledku a jiných stavových hodnotách procesoru. Registry mikroprocesoru jsou zobrazovány v paměti dat. Adresy 00h až 1Fh představují 32 bytů univerzálního registru spojeného přímo s aritmeticko logickou jednotkou, adresy 20h až 5Fh odpovídají 64 registrům, kterými se nastavuje stav mikroprocesoru a od adresy 60h do 85Fh je paměť SRAM volně použitelná pro odkládání dočasně „nepotřebných“ dat. Mikroprocesor má na vnitřní sběrnici připojeno ještě mnoho dalších periférií včetně 32 vstupně/výstupních univerzálních pinů rozdělených do čtyř skupin pojmenovaných jako Port A až Port D.

Dále blíže popíšu pouze ty periferie, které jsou využity v palubním počítači.

#### 4.2.1 Čítače a časovače

ATmega32 obsahuje dva 8-bitové a jeden 16-bitový čítače/časovače, které můžou pracovat v několika režimech. Každý čítač/časovač má registr TCNTx, do kterého se s každým cyklem zvoleného oscilátoru přičte 1. Mezi oscilátor a tento registr lze zařadit dělič frekvence. Po dosažení maximální hodnoty se registr TCNTx vynuluje a následně je nastaven příznak přetečení a současně je vyvoláno přerušení (pokud je povoleno). Běh programu je přerušeno a programový čítač se nastaví na předem definovanou adresu. Zařízení tak může prakticky okamžitě na daný stav zareagovat. Všechny tyto čítače/časovače obsahují několik nastavovacích registrů, pomocí kterých lze zvolit například vnější/vnitřní zdroj hodinového signálu a případnou děličku frekvence, dále pak zapnout/vypnout režim PWM, povolit/zakázat vyvolání přerušení a další funkce.

V palubním počítači jsem využil i speciální funkci ICP obsaženou v časovači 1, která je určena převážně pro měření délky periody nebo šířky pulzu. Jeden fyzický pin pouzdra mikroprocesoru je připojen přímo na tuto část časovače. Následuje šumový filtr a nastavitelný detektor hran, který při detekci může vyvolat přerušení. Při příchodu sestupné hrany signálu se automaticky, bez zásahu programu, zkopíruje aktuální stav registru TCNT1 do registru ICR1. Ve vyvolaném přerušení se uloží hodnota registru ICR a nastaví se detektor hran na náběžnou hranu. Po příchodu této hrany se daná operace opakuje. Protože se při detekci hrany automaticky kopíruje stav registru TCNT1 bez zásahu programu, je měření velmi přesné a neobsahuje žádnou latenci. Tímto způsobem měřím přesně délku otevření vstřikovacího ventilu.

Další speciální funkcí, tentokrát časovače 2, je asynchronní režim. V tomto režimu lze zvolit zdroj hodinového signálu, který nemusí být ve fázi s oscilátorem taktujícím jádro procesoru. Umožňují to dva volitelné vstupy na portu C, ke kterým lze připojit druhý externí krystal, taktující pouze časovač 2. Tento oscilátor je konstruován pro krystal na 32,768kHz. V palubním počítači tuto část využívám jako obvod reálného času, který je nastaven tak, aby se každou sekundu vyvolalo přerušení a následně se do paměti přičetl čas.

U posledního, dosud nepopisovaného, časovače 0 jsem využil režim Fast PWM. Změnou šířky pulzu je přes emitorový sledovač řízen jas podsvětlení LCD displeje.

#### 4.2.2 A/D převodník

Procesor ATmega32 má jako další periférii i analogově-digitální převodník. Je 8-kanálový, 10-bitový a pracuje na principu postupné aproximace. Umožňuje tedy připojení až osmi analogových veličin, které mají společnou zem s napájením procesoru, nebo 14 diferenčních možností měření. Dva první diferenční vstupy dále umožňují předřadit před A/D převodník analogový zesilovač s volitelným ziskem 1x, 10x a 100x. Převodník je taktován z frekvence oscilátoru procesoru, volitelně lze pak předřadit děličku frekvence. Pro správnou funkci musí být taktovací frekvence převodníku mezi 50kHz a 200kHz. Nastavení děličky se provádí zápisem hodnoty do jednoho z nastavovacích registrů převodníku. K určení reference převodníku má procesor speciální pin AREF, na který lze připojit libovolné napětí od 0 do napájecího. Na tento pin se může také připojit kondenzátor proti zemi, a pomocí vnitřního multiplexeru zvolit interní referenci 2,56V nebo shodnou s napájecím napětím (AVCC). Tuto druhou možnost využívám i v palubním počítači – přepínám tedy dvě reference 2,56V a 5V. Při převodu odpovídá nulový výsledek vstupní napětí rovnající se napětí země, maximální výsledek (1023) pak napětí, které je rovno napětí reference menší o 1 LSB.

#### 4.2.3 Paměť EEPROM

Kromě paměti programu a dat je v tomto procesoru také paměť EEPROM. Je to elektricky přepísatelná non-volatilní paměť, která má velikost 8x1024 bitů. Je oddělena od obou předchozích pamětí a vydrží minimálně 100 000 cyklů. Zápis i čtení z této paměti je poměrně pomalé (jednotky ms), a proto se hodí jako paměť pro uchovávání provozních dat, která nesmí být po vypnutí napájení ztracena. V palubním počítači jsem tuto paměť využil pro zálohování nastavení počítače a hodnoty celkové ujeté vzdálenosti.

#### 4.2.4 Úsporné režimy a napájení

Procesor ATmega32 umožňuje uživatelsky vypnout některé části procesoru, které nejsou potřeba. Každá část procesoru odebírá elektrický proud a součet těchto proudů pak určuje celkový elektrický příkon, který potřebuje procesor pro svoji funkci. Z tabulky 1 vyplývá, že tento procesor má 6 různých úsporných režimů. Tabulka se rozděluje na tři části. V první jsou zobrazeny jednotlivé části procesoru, ve kterých je aktivní hodinový kmitočet, v druhé části jsou zobrazeny aktivní oscilátory a ve třetí periférie, které jsou v daných režimech funkční. Křížek v tabulce znamená, že je daný prvek aktivní. V normálním režimu by tedy byly v celém řádku křížky což by zobrazovalo, že je procesor plně funkční. Režim Idle pouze odpojí hodinový signál z hlavního oscilátoru od jádra CPU a od paměti programu. Běh programu se tedy zastaví, ale všechny další periférie jsou dále aktivní. Po příchodu jakéhokoliv vnějšího nebo vnitřního přerušení procesor přejde zpět do aktivního režimu. Spotřeba se v tomto režimu pohybuje kolem 0,7mA při 1Mhz oscilátoru.

Úsporný režim	Oblasti s aktivním hodinovým signálem					Oscilátory		Zapnuté periferie							
	clkCPU	clkFLASH	clkIO	clkADC	clkASY	Hlavní oscilátor	Oscilátor čítačů	INT0	INT1	INT2	TWI	Časovač 2	EEPROM	ADC	Ostatní I/O
Idle			X	X	X	X	X <sup>(2)</sup>	X	X	X	X	X	X	X	X
ADC Noise Reduction				X	X	X	X <sup>(2)</sup>	X <sup>(3)</sup>	X	X	X	X	X		
Power-down								X <sup>(3)</sup>	X						
Power-save					X <sup>(2)</sup>		X <sup>(2)</sup>	X <sup>(3)</sup>	X	X <sup>(2)</sup>					
Stantby(1)						X		X <sup>(3)</sup>	X						
Extended Standby(1)					X <sup>(2)</sup>	X	X <sup>(2)</sup>	X <sup>(3)</sup>	X	X <sup>(2)</sup>					

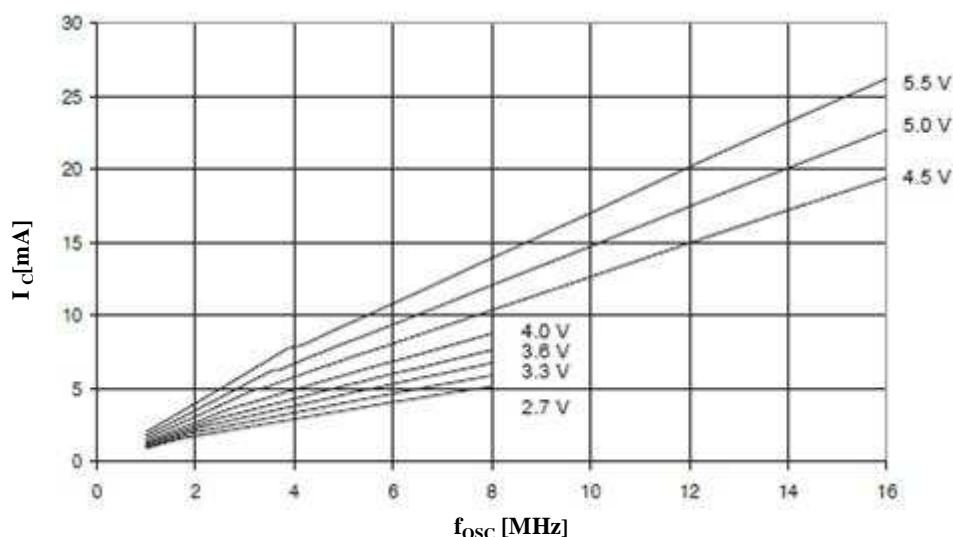
1) Pouze pokud je zdroj hodinového signálu krystalový oscilátor

2) Pouze pokud je v registru ASSR nastaven bit AS2

3) INT2, INT1 a INT0 pouze přerušení od úrovně

**Tabulka 1 - Přehled úsporných režimů procesoru ATmega32 [3]**

Podobně je na tom i režim ADC Noise Reduction, který v určitých případech zamezí šumu pronikajícího od oscilátoru a běžících okolních obvodů a zajistí tak správný výsledek A/D převodníku. Ostatní režimy už představují výrazné snížení příkonu procesoru ( na řádově desítky  $\mu\text{A}$ ), ale zároveň jsou vypnuty téměř všechny funkce. Přesné podrobnosti jsou zřejmé z tabulky 1. Odebíraný proud procesoru je závislý i na napájecím napětí procesoru a frekvenci rychlosti oscilátoru. V palubním počítači jsem kvůli LCD displeji zvolil napájecí napětí 5V, nezbylo tedy než použít krystal s co možná nejmenší frekvencí.



**Obrázek 8 - Spotřeba mikroprocesoru v aktivním režimu [3]**

Kvůli požadavkům v zadání jsem tedy vybral krystalový oscilátor na 2MHz, který už zajistí dostatečnou přesnost časových snímaných veličin a zároveň malý odebíraný



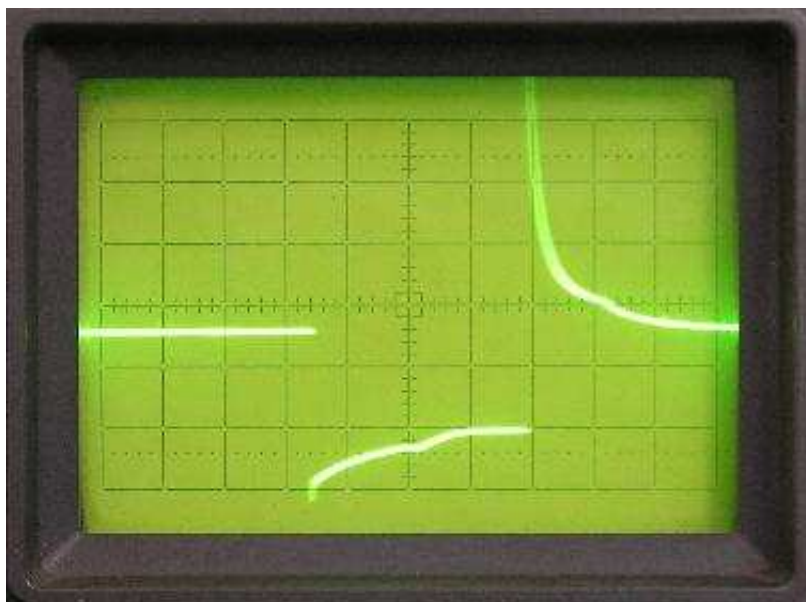
proud v aktivním režimu (3,5mA). Protože ale palubní počítač bude většinu doby ve stavu, kdy nebude potřeba snímat žádné údaje (vypnutý motor automobilu), vybral jsem jako nejvhodnější úsporný režim Power-save, ve kterém se vypínají prakticky všechny funkce procesoru, včetně běhu hlavního oscilátoru, což zajistí pokles odebíraného proudu na 13uA. V tomto úsporném režimu si procesor uchovává hodnoty nahrané do registrů, které zajišťují správné nastavení procesoru a současně jsou tedy zachovány i hodnoty v celé paměti SRAM. Z tabulky 1 k tomuto režimu dále vyplývá, že pokud je osazen druhý asynchronní krystalový oscilátor, je stále aktivní, s ním pak i časovač 2 a tedy i jeho přerušování, což umožňuje běh obvodu reálného času.

### 4.3 Digitální vstupy

Palubní počítač je zařízení, které musí umět vhodným způsobem reagovat na okolní události. Část těchto událostí je v automobilech vyjádřena dvoustavově. Mikroprocesoru by tedy jeho zpracování nemělo dělat problém. Jedinou komplikací jsou jinak zvolené napěťové úrovně. Mikroprocesor pracuje s úrovněmi 0V a 5V, ale v automobilu se jedná většinou o 0V a 12V. Proto musí být před mikroprocesor vřazen vhodný obvod, který tyto úrovně upraví.

#### 4.3.1 Vstup pro signál vstřikovacího ventilu

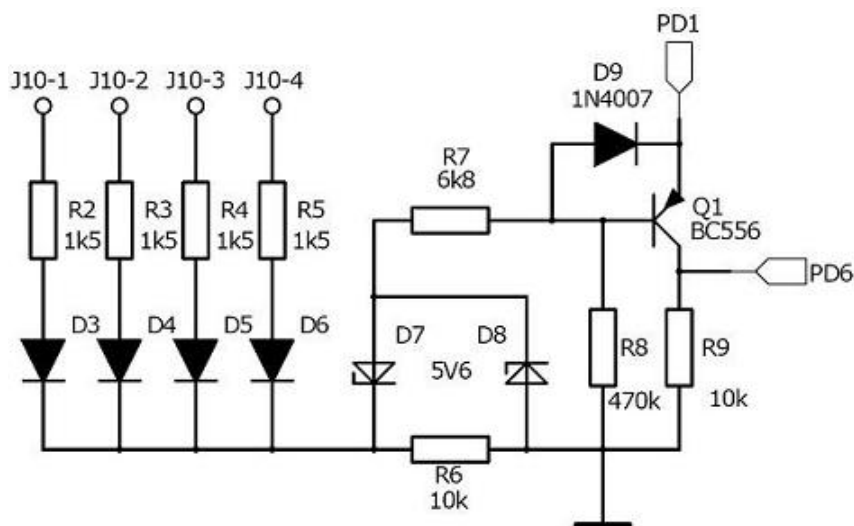
Z předchozího popisu zapalovacího systému automobilu je zřejmé, že vstřikovací ventil je řízen už z principu dvoustavově. Ovládací signál má jiné napěťové úrovně a současně obsahuje několik nežádoucích jevů. Signál ovládající vstřikovací ventil je zobrazen na obrázku 9.



V: 5V/dílek H: 0,5ms/dílek

Obrázek 9 –Průběh signálu vstřikovacího ventilu

Klidová úroveň signálu se pohybuje v rozmezí od 10V do 15V. Při této hodnotě je ventil uzavřen. Následuje strmá sestupná hrana, která otevře vstříkovací ventil. Vlivem odrušovacích členů uvnitř řídicí jednotky napětí na stále otevřeném ventilu stoupá až k hodnotě kolem 8V. Při zavření ventilu je vlivem indukčnosti cívky ventilu generována velká napěťová špička, která dosahuje až 100V. Proto jsem navrhnul vstupní obvod, který takovýto signál převede na úrovně 0 a 5V tak, že kladná hodnota napětí 5V bude znamenat otevřený ventil, a nulové napětí bude znamenat zavřený ventil. Délku otevření ventilu tedy snímám měřením času, po který je signál v úrovni +5V.



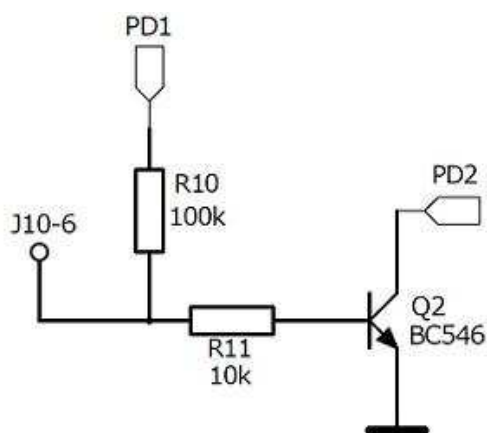
Obrázek 10 - Schéma zapojení vstupního obvodu pro signál vstříkovacího ventilu

Signál pro ovládání vstříkovače je přiveden na jeden z konektoru J10-1 až J10-4. Čtyřmi konektory jsem tento vstupní obvod vybavil proto, aby šel použit i pro vícebodové vstříkovací systémy. Co nejbližše konektorům jsou odrušovací odpory R2 až R5, které zamezí pronikání rušení do mikroprocesoru a zároveň tvoří odporový dělič s rezistorem R6, na kterém je obvodem měřeno napětí. Diody D3 až D6 omezují případné záporné špičky v řídicím signálu a současně oddělují jednotlivé vstříkovací signály vůči sobě. Zenerovou diodou D7 je vhodným způsobem posunuta napěťová úroveň tak, aby se tranzistor Q1 nemohl uzavřít pokud je v signálu napětí od nuly do 9,5V. Tím je vyhlazen nepříznivý stav, ve kterém se na otevřeném ventilu postupně snižuje napětí. Pokud tedy signál pro ovládání vstříkovače přesáhne úroveň 9,5V, je přivedeno kladné napětí na bázi tranzistoru, které zajistí jeho uzavření. Přes odpor R9 se objeví na výstupní svorce PD6 0V, což signalizuje zavřený ventil. Při otevření ventilu (0V na vstupu) napětí na bázi tranzistoru poklesne díky odporu R8, tranzistor Q1 se otevře a na výstupní svorce PD6 se objeví téměř napájecí napětí obvodu přiváděné na vstupní svorku PD2 (5V). Hodnota rezistoru R8 je navržena tak, aby tranzistor nepřešel do saturace, ve které by se zvýšila doba jeho reakce při zavírání. To by nepříznivě ovlivnilo přesnost měření. Dioda D8 stabilizuje napětí přicházející ze vstupu na hodnotu 5,6V. Omezuje tak již zmíněné špičky, které dosahují až 100V. Stabilní napětí na bázi zavřeného tranzistoru také zajistí stále stejnou reakci na případné otevření tranzistoru, které je do určité míry ovlivněno i parazitní kapacitou pn přechodu diody D9, kterou musí odpor R8 vybit. Dioda D9 chrání tranzistor

před překročením maximálního povoleného závěrného napětí  $U_{be}$  tranzistoru Q1. Pro omezení špiček ve vstupním signálu lze použít i transil připojený paralelně k rezistoru R6.

### 4.3.2 Vstup pro signál snímače rychlosti

Jak již bylo popsáno výše, rychlost vozidla snímám pomocí jazýčkového kontaktu spínaného magnetem. Obvod je tedy navržen na obdélníkový vstupní signál. Jeho schéma je na obrázku 11.

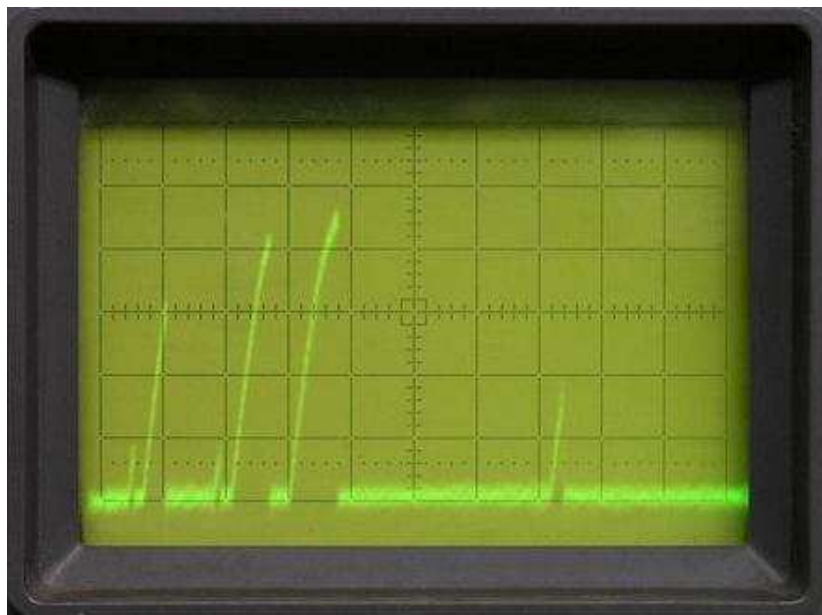


Obrázek 11 - Vstupní obvod pro snímač rychlosti

Na vstupní konektor J10-6 je připojen jeden z konců jazýčkového kontaktu a druhý je uzemněn. Na svorku PD1 je přiváděno napětí 5V, které se přes rezistor R10 dostává i na jeden z výstupů jazýčkového kontaktu, ale proudem protékajícím rezistorem R11 a bází tranzistoru Q2 je toto napětí na kontaktu zmenšeno na 1V. Rezistor R10 tedy udržuje kladnou klidovou úroveň na snímači. V klidovém stavu (rozepnuto) je tranzistor Q2 otevřený, a uzemňuje svorku PD2. Pokud kontakt sepne, objeví se na bází tranzistoru 0V a tranzistor je zavřený. Svorka PD2 je výstupní svorka připojená do mikroprocesoru, ve kterém je zapnut pull-up rezistor s hodnotou 30 k $\Omega$  až 50 k $\Omega$ . Tento rezistor udržuje klidovou úroveň kolektoru Q2 na hodnotě 5V. Proud sepnutým jazýčkovým kontaktem určuje rezistor R10 a v tomto případě je 50 $\mu$ A.

Tento vstupní obvod lze celý vynechat v případě použití jazýčkového kontaktu a signál připojit přímo na jeden pin mikroprocesoru. V tomto případě však není možné vhodnou změnou hodnot rezistorů měnit proud snímačem a snímač nebude nijak oddělen od procesoru.

Sepnutí mechanického kontaktu provázejí i nežádoucí jevy – zákmity. Jsou vidět na obrázku 12. Na stínítku obrazovky osciloskopu je zachycen okamžik těsně po sepnutí. Teoreticky by mělo být po určitou dobu napětí na kontaktu 0V, ale vlivem mechanické konstrukce a poměrně malého proudu procházejícího snímačem dojde k několikanásobnému sepnutí, a na to samozřejmě reaguje i tranzistor.

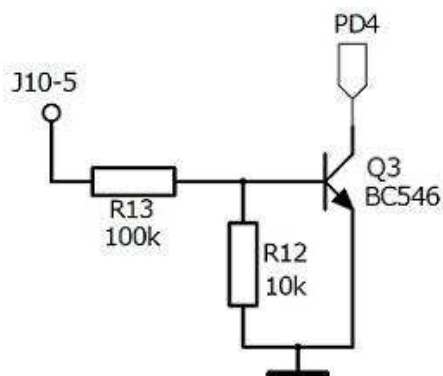


V: 0,2V/dílek H: 10us/dílek

**Obrázek 12 - Zákmity jazýčkového kontaktu**

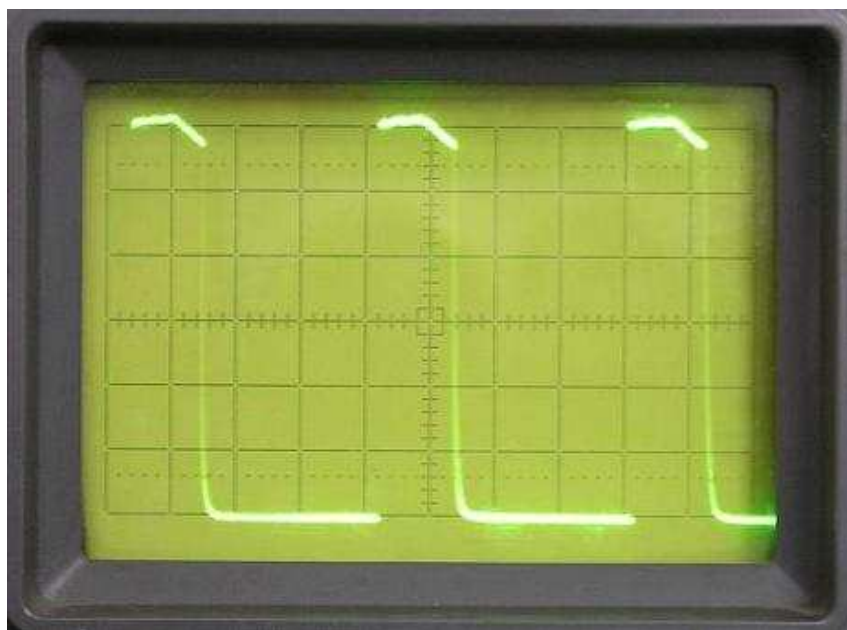
Tyto zákmity lze výrazně omezit použitím menšího rezistoru R10 hodnoty řádově jednotky  $k\Omega$ , tím by ale zároveň vzrůstal proud protékající sepnutým snímačem, který by způsobil menší životnost. Omezení těchto zákmitů je řešeno programem v mikroprocesoru.

### 4.3.3 Vstup pro otáčkoměr



**Obrázek 13 - Vstupní obvod pro otáčkoměr**

Signál otáčkoměru je přiveden přímo z výstupu řídicí jednotky a je připojen na konektor J10-5. Po přivedení kladného signálu na tento konektor, prochází rezistory R13 a R12 tvořící odporový dělič, který vydělí vstupní signál deseti. Protože je ale napětí na rezistoru R12 připojeno na bázi tranzistoru Q3, do které teče určitý proud, je toto napětí sníženo přibližně na hodnotu 0,6V. Tranzistor se otevře a přivede 0V na výstupní svorku PD4. Tato svorka představuje, stejně jako u předchozího vstupu, jeden pin mikroprocesoru, ve kterém je aktivován pull-up rezistor. Vstupní signál přicházející z řídicí jednotky je na obrázku 14.



V: 2V/dílek H: 10ms/dílek

Obrázek 14 - Průběh signálu otáčkoměru

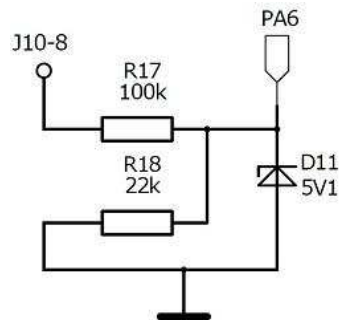
Jedná se tedy o obdélníkový signál s amplitudou 12V a s frekvencí, která se mění podle otáček motoru. Výše popsany obvod tedy tento signál upraví na úroveň 5V a současně otočí fázi signálu o 180°. Pro snímání otáček je třeba měřit periodu signálu, tzn. reagovat vždy na jednu hranu signálu, proto otočení fáze ničemu nevedí.

#### 4.3.4 Tlačítka

Mezi digitální vstupy lze řadit i připojení tlačítek k mikroprocesoru. Protože procesor ATmega32 umožňuje již zmíněné zapnutí pull-up rezistorů pomocí programu, je toto připojení velice jednoduché. Jeden konec obou tlačítek je uzemněn, druhý je přímo připojený na příslušný pin mikroprocesoru.

## 4.4 Analogové vstupy

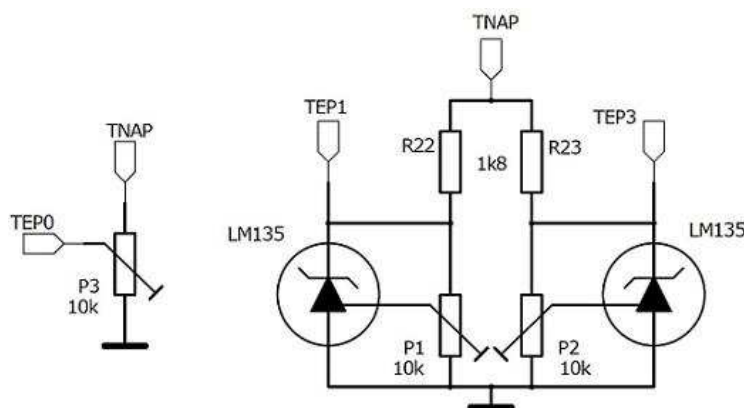
Kromě dvoustavových – digitálních veličin je v automobilu mnoho veličin spojitých. Pro jejich změření a převedení do číslicové podoby jsem využil integrovaný A/D převodník v mikroprocesoru. Protože vstupem do tohoto převodníku mohou být signály o maximálním napětí rovnající se napájecímu (5V), je před každým takovýmto vstupem umístěný vstupní obvod, který omezí vstupní napětí na požadovanou úroveň. Schéma obvodu je na obrázku 15.



Obrázek 15 - Schéma zapojení analogových vstupů

Je to klasický odporový dělič, který má maximální napětí na výstupu omezeno Zenerovou diodou D11. Konektor J10-x slouží pro připojení k měřenému napětí, kterým je analogová veličina vyjádřena. Výstupní svorka PAX představuje jeden z pinů mikroprocesoru. Protože má každá analogová veličina jiné minimální a maximální hodnoty napětí, je vždy u každého takového vstupu odporový dělič přizpůsoben danému vstupnímu signálu. Palubní počítač obsahuje čtyři takovéto vstupy. Další vstup, pro fototranzistor snímající okolní osvětlení, je upraven tak, že horní rezistor je nahrazen fototranzistorem, a na vstupní konektor je přivedeno napětí 5V. V tomto případě není zapojena Zenerova dioda, protože napětí nemůže být větší než 5V. Změnou intenzity osvětlení se pak mění napětí na výstupu obvodu, podle kterého je regulován jas podsvětlení LCD displeje.

Palubní počítač obsahuje ještě dva diferenciální vstupy, upravené pro teploměry typu LM135. Jsou to třísvorkové spojitě teploměry zapojené podle katalogového listu [13]. Schéma zapojení v palubním počítači je na obrázku 16.



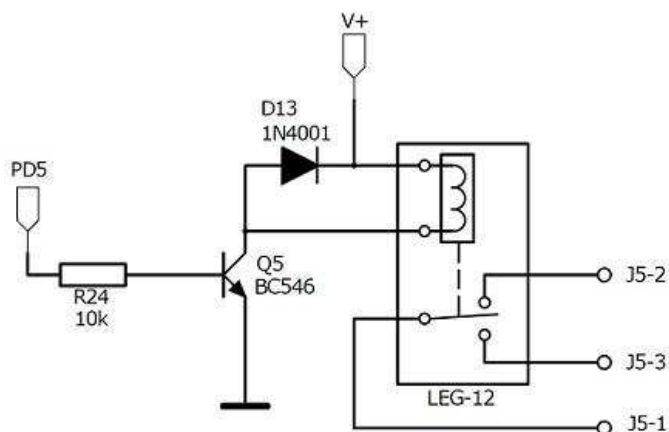
Obrázek 16 - Zapojení teploměrů LM135

Na dva vstupy A/D převodníku je připojeno referenční napětí, odebírané z trimru P3 ze svorky TEP0. Na zbylé dvě svorky dvou diferenciálních vstupů A/D převodníku jsou připojeny napěťové výstupy čidel LM135. Na schématu zapojení teploměrů to představují svorky TEP1 a TEP3. Svorka TNAP je napájecí, připojená na jeden volný vývod mikroprocesoru. Napájecí napětí má tedy hodnotu 5V. Trimry P1 a P2 lze kalibrovat

jednotlivá teplotní čidla tak, aby napěťový výstup odpovídal strmosti  $10\text{mV}/^\circ\text{C}$ . Měření teploty pak spočívá v odečtení hodnoty TEP0 od TEP1 (TEP3) a následné převedení do číslíkové podoby.

#### 4.5 Digitální výstup

Palubní počítač by měl nejen měřit různé veličiny, ale měl by umět i do vybraných zasáhnout. Proto jsem přidal jeden programovatelný výstup, který je navržen pro automatické zapínání potkávacích světel, na které se často při jízdě zapomíná. Tento výstup lze přeprogramovat i k jinému účelu. Schéma zapojení je na obrázku 17.

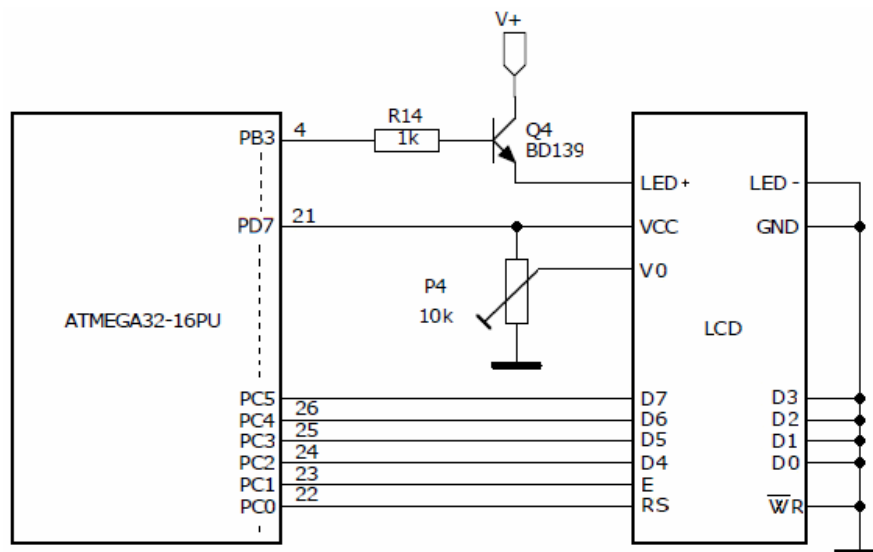


Obrázek 17 - Schéma zapojení digitálního výstupu

Svorka PD5 představuje pin mikroprocesoru, pomocí kterého je výstupní obvod ovládán. Následuje bázevý odpor R24 pro omezení proudu báze tranzistoru Q5. Pokud je na svorce PD5 napětí 5V, je tranzistor Q5 sepnutý, a uzemňuje tak jeden vývod ovládací cívky relé. Druhý vývod této cívky je připojen přímo na nestabilizované kladné palubní napětí automobilu, a relé tak sepne. Tím se na výstupním konektoru J5 propojí piny 1 a 2. Pokud relé rozezne jsou spojeny piny 1 a 3. Použitím relé jsem dosáhl úplného oddělení palubního počítače od ovládaného spotřebiče a zároveň jsem umožnil spínat i obvody, které nemají společnou zem s palubním počítačem.

#### 4.6 LCD displej

Další důležitou součástí palubního počítače je LCD displej. Použil jsem znakový dvouřádkový s integrovaným podsvětlením komunikující s mikroprocesorem pomocí standardu kompatibilního s HD44780. Připojení k procesoru je na obrázku 18.



Obrázek 18 - Zapojení LCD displeje

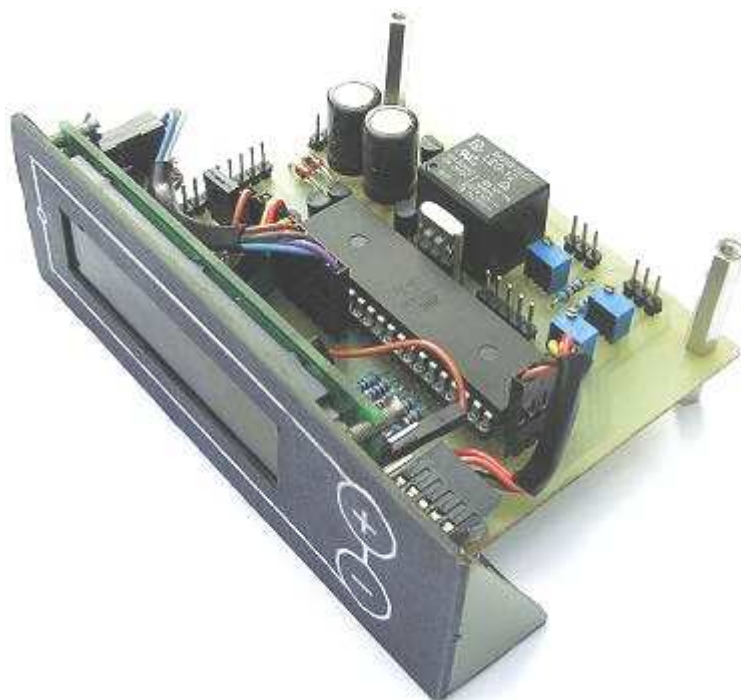
Z katalogového listu použitého displeje vyplývá, že LCD displej lze řídit 8-bitovou nebo 4-bitovou sběrnicí. Použil jsem 4-bitové řízení kvůli úspoře vodičů potřebných pro ovládání. LCD displej obsahuje konektor s vyvedenou 8-bitovou sběrnicí, dále pak konektor s řídicími signály RS, E a R/W, dva napájecí konektory, jeden vstup pro napěťovou regulaci kontrastu a dva konektory pro připojení napájení podsvětlení. Signálem E se potvrzují platná data na sběrnicí, signál na vstupu RS určuje, zda se jedná o instrukci nebo o data. Signál R/W umožňuje zvolit jestli jde o čtení nebo zápis. Program pro mikroprocesor je napsán tak, že čtení z LCD není nutné, proto jsem tento vývod uzemnil a tím je natrvalo nastaven zápis. Datovou sběrnicí D0 až D7 u displeje je pro 4-bitovou komunikaci nutno zapojit tak, že spodní polovina je uzemněna, a horní polovinou jsou posílána data. Je to znázorněno na schématu zapojení. Komunikace probíhá standardně jako při 8-bitové komunikaci jen s tím rozdílem, že jeden byte je poslán nadvakrát. Nejdříve se posílá horní a pak spodní polovina bytu.

Jas podsvětlení displeje je řízen pomocí pulzně šířkové modulace, která je generována mikroprocesorem pomocí časovače 0 nastaveného do režimu fast PWM. Tento generovaný signál je proudově zesilován tranzistorem Q4, který je v zapojení se společným kolektorem. Na svorku V+ je přiváděno nestabilizované palubní napětí automobilu (12V). Pokud má signál z mikroprocesoru úroveň 5V, je tranzistor Q4 otevřený, a na emitoru tranzistoru je napětí rovnající se napětí na bázi zmenšené o 0,7V. Protože napájecí napětí 5V je stabilizované, je konstantní i na výstupu mikroprocesoru ovládající bázi tranzistoru Q4. To zajistí stabilizaci napětí na emitoru tranzistoru a jas podsvětlení tak nekolísá s nestabilizovaným palubním napětím automobilu. Jediná (ale velká) nevýhoda takto řízeného podsvětlení je výkonová ztráta na tranzistoru Q4. Zcela zapnuté podsvětlení displeje má spotřebu 50mA, takže tranzistor musí vyzářit výkon maximálně kolem 0,4W. Se zmenšující se intenzitou podsvětlení tento výkon klesá. Při běžné okolní teplotě nepotřebuje tranzistor žádný chladič.



## 4.7 Konstrukční řešení a pouzdra součástek

Ze zadání práce vyplývá, že jsem hned v počátku zvolil automobil Škoda Favorit, pro který bude palubní počítač vyroben, a to výrazně ovlivnilo hlavně konstrukční řešení a rozměry celého zařízení. Protože jediné vhodné místo pro umístění je v přihrádce na mobilní telefon umístěné uprostřed palubní desky vozidla, jsou rozměry této přihrádky limitující pro celkovou konstrukci. Tento prostor má rozměry 115 x 38 x 110 mm. Hardware palubního počítače je co nejvíce zjednodušený, takže je daný prostor dostatečný. Nevznikají tedy žádné výrazné nároky na velikost pouzder jednotlivých součástek. Dále jsem chtěl co nejvíce zjednodušit výrobu desek plošných spojů tak, aby byly snadno výrobitelné v domácích podmínkách a daly se osadit za použití běžných elektrotechnických pomůcek. Zvolil jsem tedy největší možné vyráběné pouzdro mikroprocesoru DIP40. Takto velký procesor lze umístit do patice, která dále zjednodušuje osazování i případnou výměnu. V konstrukci byly ale použity i některé součástky SMD, většinou velikosti 1206, které výrazně zjednodušily návrh desek. Celkové konstrukční uspořádání je na obrázku 19 a 20.



Obrázek 19 - Celkové konstrukční řešení I



**Obrázek 20 – Celkové konstrukční řešení II**

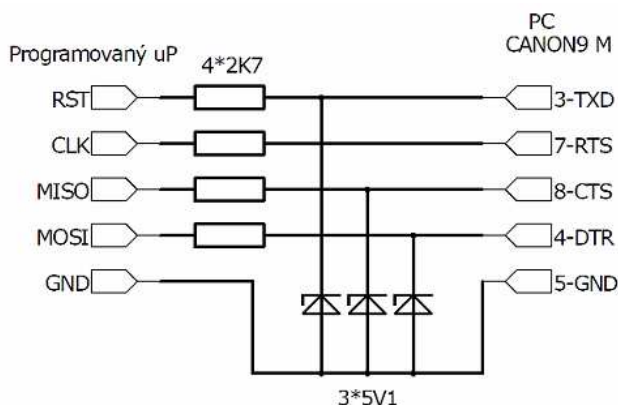
Celá sestava se tedy skládá ze dvou jednostranných desek plošných spojů, které jsou k sobě přišroubované. Další pomocné desky jsou připájeny k přední desce tak, aby zvyšovaly mechanickou odolnost konstrukce. Na předním panelu je umístěn LCD displej, fototranzistor a dvě tlačítka, kterými se palubní počítač ovládá. V zadní části hlavní desky pak jsou umístěny distanční sloupky pro přišroubování do přihrádky v automobilu.

## 5 Software

Mikroprocesor ATmega32 lze programovat několika způsoby. Prvním je zápis programu přímo ve strojovém kódu, kterému „rozumí“ procesor. Tento způsob programování je poměrně obtížný. Proto se zavedl jazyk symbolických adres - assembler, kde jsou jednotlivé číselné příkazy – instrukce pro procesor, zapisovány pomocí znakových symbolů. Tímto způsobem se zjednodušilo programování a zároveň je program i lépe a rychleji čitelný pro další programátory. Protože ale většina embedded zařízení má dlouhý program s mnoha větvemi a podmínkami, byl i assembler nepřehledný, a proto se pro tyto případy začal používat jazyk C. Tento jazyk je nízkourovňový a má velmi „blízko“ k hardwaru. Většina příkazů je přeložitelná pomocí několika instrukcí pro mikroprocesor, takže je výsledný program rychlý. K překladač z C kódu do procesorových instrukcí slouží mnoho kompilátorů. Výběr kompilátoru do jisté míry ovlivní velikost a rychlost přeloženého programu. Při programování palubního počítače jsem využil kompilátor GCC, který je integrovaný v AVR Studiu. V tomto programu je na výběr několik druhů optimalizací, které ovlivňují výslednou velikost programu a jeho rychlost v dané aplikaci.

### 5.1 Programování mikroprocesoru

Aby byl mikroprocesor funkční podle představ programátora, musí se do něj nahrát vhodným způsobem napsaný a přeložený program. Mikroprocesory z rodiny AVR lze programovat dvěma způsoby a to pomocí paralelního nebo sériového programování. Paralelní programování vyžaduje vyjmutí mikroprocesoru z dané aplikace, což komplikuje vývoj a ladění daného zařízení. Proto jsem použil sériové programování pomocí ISP rozhraní (In-System, Self-Programming). Protože jsem žádný programátor neměl, využil jsem jednoduché zapojení, které je na obrázku 21.



Obrázek 21 - Schéma zapojení programátoru

Zapojení je převzato z [11] a upraveno tak, aby programátor nepotřeboval externí napájecí napětí ani žádný aktivní prvek. Rezistory se Zenerovými diodami jsou osazeny kvůli rozdílným napěťovým úrovním na sériovém portu v PC a SPI rozhraním v mikroprocesoru.

Protože zkompileovaný program je uložen ve formě strojových instrukcí v souboru hex, je nutné jej načíst do programu, který pak zajistí odeslání na sériový port PC. Těchto programů je velké množství. Vybral jsem program PonyProg, který je zdarma ke stažení na internetu [12], a který podporuje mnoho obvodů i procesor ATmega32 použitý v palubním počítači. Kvůli zjednodušení programátoru je nutné programově invertovat úroveň na vodiči reset.

## 5.2 Struktura programu palubního počítače

Jako každý program pro mikroprocesor, je i ten pro palubní počítač v nekonečné smyčce. Protože podle zadání práce je zapotřebí v reálném čase měřit více veličin s dobrou přesností, není možné měřit vše v této smyčce metodou pollingu. Využil jsem tedy velké množství přerušování a speciálních funkcí, které na hardwarové úrovni zaručí přesné detekování vnitřních i vnějších dějů. Pokud nastane některý sledovaný děj, je okamžitě nastaven příznak, běh programu je přerušeno, je uložena návratová adresa a program pokračuje na předem definovaném místě. Po skončení obsluhy tohoto děje se vrátí program na uloženou návratovou adresu a běží dál v nekonečné smyčce.

Po zapnutí palubního počítače je spuštěna funkce void Init(), která zajistí základní nastavení mikroprocesoru. Po dokončení této funkce se program dostává do nekonečné smyčky, jejímž základem je příkaz switch sledující proměnou Stav, která může nabývat 21 předdefinovaných hodnot. Každá tato hodnota pak představuje jednu funkci palubního počítače. Mezi těmito funkcemi lze přepínat tlačítka umístěnými na předním panelu přístroje. Při každé změně funkce je zobrazen na prvním řádku LCD displeje příslušný název funkce, a pak každých 500ms je zahájeno nové měření veličiny, její zpracování a je obnovena aktuální hodnota na druhém řádku displeje, který slouží pro zobrazení naměřených dat. Dále jsou pro každou funkci testovány softwarové příznaky pro stisk tlačítek. Pokud jsou tyto příznaky nastaveny, vykoná se naprogramovaná funkce. Další funkcí v nekonečné smyčce programu je testování stavu činnosti automobilu, což umožňuje přepnutí do úsporného módu power-save popsaného výše. Všechny tyto funkce jsou tedy obsluhovány pollingem, protože jejich přesné načasování ani odezva nejsou kritické.

Další funkce už využívají přerušování. Pro přehlednost je k programu připojen soubor preruseni.c, do kterého skočí program pokud nějaké nastane. Protože při obsluze daného přerušování jsou ostatní přerušování blokována (musí čekat), je dobré umístit do obsluhy co nejméně příkazů, aby reakce na případné jiné příchozí přerušování byla rychlá. V mém případě to bohužel nebylo úplně možné, proto jsem programově, na vhodných místech,

povolil vnoření dalšího přerušení. Tím jsem nastavil „prioritu“ daných přerušení, ale zároveň tím vzniká možnost několikanásobného vnoření, což může v extrémních případech způsobit přetečení paměti SRAM a následnému kolapsu celého zařízení. Frekvence hlavního krystalu 2MHz je ovšem dostatečná a k těmto stavům tak nedochází. Výstupem z obsluhy přerušení je číslo nebo více čísel uložené v paměti SRAM představující velikost nějakých veličin (většinou času), pomocí kterých je pak v nekonečné smyčce každých 500ms prováděn výpočet a převedení do „běžných“ jednotek.

### 5.3 Výpočet zobrazovaných veličin

Výpočty výsledných zobrazovaných údajů jsou prováděny v celočíselném datovém formátu. Při použití plovoucí řádové čárky (typ double) by trval výpočet velmi dlouho a zabral by mnoho paměti, ale naopak by byly výpočty daleko jednodušší. Proto používám celočíselné datové typy long a int. Kvůli celočíselnému výpočtu jsem navrhnul dané vzorce tak, aby žádná z proměnných nemohla přetéct a zároveň nevznikala velká výpočetní chyba ze zaokrouhlování, která by znehodnotila daný výsledek. Toto zaokrouhlování vzniká hlavně při celočíselném dělení, a proto jsem se vždy snažil dělit co největší číslo co nejmenším, aby se chyba zaokrouhlování zmenšila. Tyto podmínky vyžadují složitější vzorce s velkým množstvím konstant a přesný postup při provádění výpočtu. Dále uvedené vztahy tedy nejsou maximálně zjednodušené, ale jsou zapsány přesně tak, jako v programu pro mikroprocesor, s ohledem na výše uvedené požadavky. Tomu pak odpovídají, na první pohled nesmyslné, jednotky těchto veličin.

#### 5.3.1 Aktuální spotřeba

Základní veličinou pro určení aktuální spotřeby je délka otevření vstřikovacího ventilu. Signál upravený jedním z výše popsanych digitálních vstupů je připojen na vstup PD6 mikroprocesoru, u kterého je zapnuta ICP jednotka. Po příchodu sestupné i náběžné hrany je pak k dispozici čas otevření ventilu, vyjádřený v jednotkách časovače 1. Tento časovač nemá zapnutou děličku vstupní frekvence, takže při 2MHz na hlavním oscilátoru znamená posun o jednu hodnotu v registru TCNT1 čas 0,5 $\mu$ s. Dalším prvkem pro výpočet aktuální spotřeby je konstanta vstřikovacího ventilu, která představuje průtok paliva otevřeným ventilem na jednotku času. Tato konstanta ( $K_v$ ) je uživatelsky nastavitelná v desítkách nl za ms. Poslední veličinou pro výpočet je pak aktuální čas, který je měřený opět v jednotkách časovače 1. Výpočet probíhá tak, že program postupně sčítá čas padesáti otevření vstřikovacího ventilu a současně měří aktuální čas, za který se ventil 50x otevřel. Protože je na displeji spotřeba zobrazována na dvě desetinná místa, je výsledek z uvedeného vztahu 100x větší. Při zobrazování na displeji je pak vhodným dělením možné zobrazit desetinou čárku. Výsledek pak odpovídá jednotkám l/h.

$$S_a = \left[ \left( \frac{3600 \cdot t_v}{t_c} \right) \cdot K_v \right] \cdot \frac{1}{1000}$$

kde  $S_a$  - Aktuální spotřeba [ $l \cdot h^{-1} \cdot 10^{-2}$ ]

$t_v$  - Čas padesáti otevření vstřikovacího ventilu [ $\mu s \cdot 2^{-1}$ ]

$t_c$  - Celkový čas padesáti otevření ventilu [ $\mu s \cdot 2^{-1}$ ]

$K_v$  - Konstanta vstřikovacího ventilu [ $10nl \cdot ms^{-1}$ ]

Protože se ale běžně uvádí spotřeba v  $l/100km$  je nutné zavést do výpočtu i rychlost automobilu. Při malé rychlosti by byla tato spotřeba velmi vysoká, a proto se výše uvedený vztah používá pouze při nulové rychlosti, nebo do rychlosti, která je uživatelsky nastavitelná v menu palubního počítače. Následující vztah dává opět 100x větší výsledek kvůli zobrazení na dvě desetinná místa.

$$S_a = \left[ \left( \frac{3,6 \cdot 10^3 \cdot t_v}{t_c} \right) \cdot K_v \right] \cdot \frac{1}{v}$$

kde  $S_a$  - Aktuální spotřeba [ $l \cdot 100km^{-1} \cdot 10^{-2}$ ]

$t_v$  - Čas padesáti otevření vstřikovacího ventilu [ $\mu s \cdot 2^{-1}$ ]

$t_c$  - Celkový čas padesáti otevření ventilu [ $\mu s \cdot 2^{-1}$ ]

$K_v$  - Konstanta vstřikovacího ventilu [ $10nl \cdot ms^{-1}$ ]

$v$  - rychlost vozidla [ $km \cdot h^{-1} \cdot 10^{-1}$ ]

### 5.3.2 Aktuální rychlost

Aktuální rychlost je jedna z veličin, která je potřeba i pro výpočet jiných hodnot. Proto je počítána nepřetržitě, tedy nezávisle na právě zobrazované funkci na displeji. Tento výpočet je prováděn v obsluze přerušení. Signál z jazýčkového kontaktu je zpracován příslušným digitálním vstupem a přiveden k mikroprocesoru na vstup PD2, na kterém je zapnuto externí přerušení INT0. Pro výpočet rychlosti je měřena perioda signálu na tomto vstupu, vyjádřená v jednotkách časovače1, tedy přírůstek o jednu hodnotu představuje čas  $0,5\mu s$ . Detektor hran přerušovací jednotky INT0 je nastaven na detekci sestupné hrany, při které je softwarově uložena hodnota časovače1. Při každém dalším příchodu této hrany pak lze rozdílem těchto dvou hodnot vyjádřit periodu signálu. Při měření vzniká malá latence způsobená dobou, za kterou se vyvolá dané přerušení. Další potřebnou veličinou je obvod kola automobilu, který je uživatelsky nastavitelný v mm. Jako doplněk je pak možnost připojení jiného snímače rychlosti, který má více impulzů na jednu otáčku kola. K tomu slouží konstanta k, která tento počet určuje. Výsledná rychlost z tohoto vztahu je pak kvůli desetinnému zobrazení na displeji 10x větší.

$$v = \frac{b \cdot 7,2 \cdot 10^4}{t_b \cdot k}$$

kde  $v$  - Rychlost vozidla [ $\text{km} \cdot \text{h}^{-1} \cdot 10^{-1}$ ]

$b$  - Obvod kola [mm]

$t_b$  - Čas jedné otáčky kola [ $\mu\text{s} \cdot 2^{-1}$ ]

$k$  - Počet impulzů na jednu otáčku kola [-]

Podobně se zobrazuje i maximální dosažená rychlost a to tak, že po výpočtu aktuální rychlosti, je výsledek porovnán s proměnnou obsahující maximální dosaženou rychlost. Pokud je aktuální rychlost větší než maximální, je tato proměnná přepsána na větší hodnotu. V proměnné je pak kvůli jedno desetinnému místu na displeji uložena hodnota 10x větší. Výsledná jednotka maximální rychlosti je opět v  $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ .

### 5.3.3 Otáčky motoru

Měření otáček je naopak proti rychlosti jedna z nejméně důležitých veličin, která neslouží pro další výpočet, ani není důležitá přesnost měření. Kvůli nedostatku speciálních externích vstupů umožňující vyvolat přerušení jsou otáčky měřeny v nekonečné smyčce pomocí pollingu. Signál otáčkoměru je z řídicí jednotky upraven v příslušném digitálním vstupu a přiveden na běžný pin mikroprocesoru PD4, na kterém je pouze aktivován pull-up rezistor. Pro výpočet otáček motoru je potřeba měřit periodu tohoto signálu. Při detekci vzestupné hrany signálu je uložena aktuální hodnota časovače 1 do paměti. Po další stejné detekované hraně signálu je znovu uložena hodnota časovače 1 do paměti a následně je proveden rozdíl těchto hodnot. Výsledek je tedy opět vyjádřen v počtu přírůstků časovače 1, kdy zvětšení o 1 představuje  $0,5\mu\text{s}$ . Při měření pomocí pollingu vzniká určitá nestabilní chyba měření, která je závislá na aktuálním vytížení mikroprocesoru různými vnějšími událostmi nebo výpočty.

$$ot = \frac{6 \cdot 10^7}{T_o}$$

kde  $ot$  - Otáčky motoru [ $\text{s}^{-1}$ ]

$T_o$  - Perioda jednoho otočení kola automobilu [ $\mu\text{s} \cdot 2^{-1}$ ]

### 5.3.4 Ujetá vzdálenost

K měření vzdálenosti jsem využil signál z jazýčkového kontaktu pro výpočet rychlosti. Jedna otáčka kola totiž představuje ujetou dráhu vozidla, která se rovná obvodu kola. V programu tedy při každém příchozím impulzu přičítám obvod kola v mm k celkové ujeté vzdálenosti. Protože by byl výsledek při delší ujeté vzdálenosti velmi velký, je tato vzdálenost rozdělena na několik paměťových míst představující jednotlivé jednotky mm, m, km atd. Každou otáčku kola tedy přičítám do proměnné, která představuje mm

ujeté vzdálenosti. Pokud tato proměnná přeteče (>999mm), je přičten do další proměnné 1m. Takto se pokračuje až k proměnné představující miliony kilometrů. Nedochozí tak k žádnému zaokrouhlování při výpočtu ujeté dráhy. Stejným způsobem se měří i denní ujetá vzdálenost, u které je přidaná možnost nulování. Z této vzdálenosti jsou pak počítány některé průměrné hodnoty. Následující vzorec představuje přičítání vzdálenosti v řádu mm, ve kterém je zahrnuta i možnost připojení snímače s více impulzy během jedné otáčky kola.

$$s = s_0 + \frac{b}{k}$$

kde  $s$  - Vzdálenost [mm]

$s_0$  - Předchozí vzdálenost [mm]

$b$  - Obvod kola [mm]

$k$  - Počet impulzů na jednu otáčku kola [-]

### 5.3.5 Aktuální čas a čas jízdy

Měření času nepoužívá žádný vnější vstupní signál. O vše se stará časovač 2, který je taktován pomocným krystalem 32,768kHz. Předdělička vstupního kmitočtu dělí signál z tohoto oscilátoru 128x. Tento časovač tedy přeteče každou 1s. Ve vyvolaném přerušení je spouštěna funkce, která přičte k danému času 1s. Tento čas je rozdělen, podobně jako v předchozím případě, na 3 proměnné, které představují sekundy, minuty a hodiny. Při přetečení sekund (>59), dochází k přičtení jedné minuty atd. Čas jízdy je přičítán stejným způsobem ve stejném přerušení, pokud jsou splněny podmínky, které jsou nastavitelné uživatelem. Tyto podmínky ovlivňují výsledky průměrných hodnot. První způsobem měření času jízdy je přičítání vždy pokud je nastartovaný motor automobilu, nebo pokud je vozidlo v pohybu. Při druhém způsobu je pak čas jízdy přičítán pouze pokud je automobil v pohybu tak, že zobrazovaná rychlost není nulová.

### 5.3.6 Průměrná rychlost

Průměrná rychlost je sekundární parametr, počítaný z veličin uvedených výše. Výsledek je ovlivněný uživatelským nastavením času jízdy a na displeji je zobrazován s přesností na jedno desetinné místo v jednotkách  $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Kvůli zobrazení hodnoty na displeji tedy uvedený vztah vrací průměrnou rychlost, která je 10x větší.

$$v_p = \frac{10 \cdot s_d}{t_j} = \left[ \left( \frac{s_{mm} + (s_m \cdot 10^3) + (s_{km} \cdot 10^6)}{t_s + (t_{min} \cdot 60) + (t_{hod} \cdot 3,6 \cdot 10^3)} \right) \cdot 3,6 \cdot 10^3 \right] \cdot \frac{1}{10^5}$$

kde  $v_p$  - Průměrná rychlost [ $\text{km} \cdot \text{h}^{-1} \cdot 10^{-1}$ ]



- $s_d$  - Denní ujetá vzdálenost [km]
- $t_j$  - Čas jízdy [h]
- $s_{mm}$  - Milimetrová složka vzdálenost [mm]
- $s_m$  - Metrová složka vzdálenosti [m]
- $s_{km}$  - Kilometrová složka vzdálenosti [km]
- $t_s$  - Sekundová složka času jízdy [s]
- $t_{min}$  - Minutová složka času jízdy [min]
- $t_{hod}$  - Hodinová složka času jízdy [h]

### 5.3.7 Průměrná spotřeba

Stejně jako v předchozím případě, jedná se o sekundární parametr, ovlivnitelný uživatelským nastavením výpočtu času jízdy. Pro výpočet je v programu při každém změření času otevření vstřikovacího ventilu tento čas přičten do proměnné, která tedy představuje celkový čas otevření ventilu za dobu jízdy automobilu. Čas otevření ventilu je do proměnné přičítán v závislosti na uživatelském nastavení stejně jako je tomu u času jízdy. Kvůli zobrazení na displeji je výsledek z uvedeného vztahu 100x větší, je tedy zobrazován na dvě desetinná místa s jednotkami  $l \cdot 100 \text{ km}^{-1}$ .

$$Sp = \frac{Pc \cdot 10^2}{s_d} = \left( \frac{s_{mm} + (s_m \cdot 10^3) + (s_{km} \cdot 10^6)}{10^2} \right)^{-1} \cdot Pc$$

kde  $Sp$  - Průměrná spotřeba [ $l \cdot \text{km}^{-1} \cdot 10^{-4}$ ]

$Pc$  - Celkové množství paliva spotřebovaného za dobu jízdy [ $\text{ml} \cdot 400^{-1}$ ]

$s_d$  - Denní ujetá vzdálenost [mm]

$s_{mm}$  - Milimetrová složka vzdálenost [mm]

$s_m$  - Metrová složka vzdálenosti [m]

$s_{km}$  - Kilometrová složka vzdálenosti [km]

Celkové množství paliva spotřebovaného za dobu jízdy je pak počítáno podle dalšího vztahu:

$$Pc = Pc_0 + \frac{t_v \cdot Kv}{2 \cdot 10^3}$$

kde  $Pc_0$  - Předchozí množství spotřebovaného paliva [ $\text{ml} \cdot 400^{-1}$ ]

$t_v$  - Čas otevření vstřikovacího ventilu [ $\mu\text{s} \cdot 2^{-1}$ ]

$Kv$  - Konstanta vstřikovacího ventilu [ $10 \text{ nl} \cdot \text{ms}^{-1}$ ]

### 5.3.8 Obsah paliva v palivové nádrži

Analogový signál obsahu paliva v nádrži je přiveden na příslušný analogový vstup a zpracovaný A/D převodníkem. Vstupní signál je v rozmezí od 0V (plná nádrž) do 1,8V (prázdna nádrž). Tyto hodnoty nejsou závislé na velikosti palubního napětí automobilu za předpokladu, že je větší než 10,5V. Výsledek je zobrazován na jedno desetinné místo v litrech. Pro správné zobrazení tedy vzorec vrací 10x větší hodnotu obsahu paliva v nádrži.

$$Qp = \frac{37318 - ADC}{10^2}$$

kde  $Qp$  - Obsah paliva v nádrži [ $l \cdot 10^{-1}$ ]

$ADC$  - Číselný výsledek A/D převodu [-]

Pro převod jsem použil interní referenci 2,56V. Převod A/D převodníku tedy probíhal podle dalšího vztahu.

$$ADC = \frac{Vin \cdot 1024}{2.56}$$

kde  $ADC$  - Číselný výsledek A/D převodu [-]

$Vin$  - Vstupní napětí ze snímače výšky hladiny [V]

Výsledek  $Qp$  je kvůli pohybům automobilu (hladiny v nádrži) nestabilní, je tedy následně prováděn průměr ze všech nasbíraných hodnot.

### 5.3.9 Dojezd

Výpočet předpokládaného dojezdu je sekundární parametr, který je prováděn pomocí průměrné spotřeby a obsahu paliva v nádrži.

$$s_p = \left( \frac{Qp \cdot 10^6}{Sp} \right) \cdot 10^{-3}$$

kde  $s_p$  - Předpokládaný dojezd automobilu [km]

$Qp$  - Obsah paliva v nádrži [ $l \cdot 10^{-1}$ ]

$Sp$  - Průměrná spotřeba [ $l \cdot km^{-1} \cdot 10^{-4}$ ]

### 5.3.10 Palubní napětí

Palubní napětí je přivedeno přes odporový dělič, kde je vyděleno tak, že pokud má baterie 10V je na vstupu převodníku napětí 1,8V, při 20V na baterii je na vstupu 3,6V. Daná závislost je tedy lineární a výsledné napětí je počítáno podle následujícího vztahu. Výsledek je z tohoto vztahu kvůli zobrazení na jedno desetinné místo 10x větší.

$$V_p = \left[ \left( \frac{271 \cdot ADC}{10^2} \right) + 1 \right] \cdot 10^{-1}$$

kde  $V_p$  - Palubní napětí [ $V \cdot 10^{-1}$ ]

$ADC$  - Výsledek A/D převodu [-]

Pro převod jsem použil referenci 5V. Převod tedy probíhá podle následujícího vztahu.

$$ADC = \frac{V_{in} \cdot 1024}{5}$$

kde  $ADC$  - Číselný výsledek A/D převodu [-]

$V_{in}$  - Vstupní palubní napětí [V]

### 5.3.11 Teplota motoru

Analogový signál teploty motoru je přiveden na příslušný vstup palubního počítače a je následně převeden A/D převodníkem. Napětí je odebírané z nelineárního NTC termistoru, proto jsem provedl měření několika hodnot a následně jsem je proložil přímkou. Napětí na termistoru je navíc ještě lineárně závislé na palubním napětí automobilu, proto v uvedeném vztahu provádím korekci i ze změřeného palubního napětí. Pro určení teploty motoru je tedy nejprve potřeba změřit palubní napětí a následně pak provést měření teploty s případnou korekcí.

$$T_m = \frac{1,47 \cdot 10^8 - \{ADC \cdot 10^3 - [7 \cdot ADC \cdot (V_p - 94)]\} \cdot 352}{10^6}$$

kde  $T_m$  - Teplota motoru [ $^{\circ}C$ ]

$ADC$  - Výsledek A/D převodu [-]

$V_p$  - Palubní napětí [ $V \cdot 10^{-1}$ ]

V závislosti na teplotě se na vstupu A/D převodníku mění napětí od 0V do 2,5V, proto jsem použil vnitřní referenci 2,56V. Převod A/D převodníku tedy probíhá podle následujícího vztahu.

$$ADC = \frac{V_{in} \cdot 1024}{2.56}$$

kde  $ADC$  - Číselný výsledek A/D převodu [-]

$V_{in}$  - Vstupní napětí ze snímače výšky hladiny [V]

### 5.3.12 Vnitřní a venkovní teplota

Tyto teploty jsou měřeny s pomocí lineárních čidel LM135 zapojené na dva diferenciální vstupy A/D převodníku. Protože tyto čidla mají strmost 10mV na °C, použil jsem vnitřní desetinásobný zesilovač A/D převodníku. Spolu s referencí 2,56V má pak výsledek A/D převodu stejnou strmost jako senzor LM135. Změna o jednu hodnotu výsledku převodu je pak rovna změně teploty právě o 0,1°C, což odpovídá změně napětí na senzoru o 1mV. Vnitřní převod probíhá podle následujícího vztahu a jeho výsledkem je číslo obsahující dvojkový doplněk pro určení znaménka.

$$ADC = \frac{(V_{pos} - V_{neg}) \cdot G \cdot 512}{V_{ref}} = 2000 \cdot (V_{pos} - V_{neg})$$

kde  $ADC$  - Číselný výsledek A/D převodu [-]

$V_{pos}$  - Napětí neinvertujícího vstupu zesilovače [V]

$V_{neg}$  - Napětí invertujícího vstupu zesilovače [V]

$G$  - Zisk předřazeného zesilovače (10x) [-]

$V_{ref}$  - Referenční napětí převodníku (2,56) [V]

Na neinvertující svorku předřazeného napěťového zesilovače je zapojeno napětí, které vychází ze senzoru teploty. Na invertující vstup tohoto zesilovače je připojeno pomocné napětí, kterým lze nastavovat vstupní napětí odpovídající 0°C. Samotné softwarové zpracování pak spočívá pouze v detekci záporného čísla a jeho převedení do kladných hodnot. Při záporných teplotách je tedy teplota převáděna podle následujícího vztahu.

$$Tx = \sim ADC + 1$$

kde  $Tx$  - Vnitřní, venkovní teplota [°C\*10<sup>-1</sup>]

$ADC$  - Záporný výsledek A/D převodu [-]

Při kladném výstupu A/D převodu je výpočet ještě jednodušší.

$$Tx = ADC$$

kde  $Tx$  - Vnitřní, venkovní teplota [°C\*10<sup>-1</sup>]

$ADC$  - Kladný výsledek A/D převodu [-]

## 6 Použitelnost pro jiné typy automobilů

Protože v zadání práce není uveden přesný typ automobilu, snažil jsem se o návrh univerzálního zařízení, které půjde použít i do jiných vozidel než je Škoda Favorit. Nejdůležitější funkcí palubního počítače, pro který byl zkonstruován, je měření spotřeby a ostatní zobrazované hodnoty jsou pouze doplňkové, proto se při popisu možné aplikace na jiné automobily zaměřím na některé odlišné způsoby přípravy směsi používané v jiných automobilech. Všechny měřené analogové veličiny jsou u většiny automobilů velmi podobné. Pravděpodobně jiné budou ovšem napětíové úrovně těchto veličin. Analogové vstupy jsou ovšem řešeny použitím odporových děličů, kterým lze snadno změnit dělicí poměr a tím vhodně upravit rozsahy napětí přiváděné na A/D převodník mikroprocesoru. Následně pak bude nutná úprava výpočtů v programu pro mikroprocesor. Zejména u starších automobilů pak bude ještě problém s měřením otáček motoru. Tyto automobily většinou nemají řídicí jednotku ani jiný výstup pro snímání otáček. Pak bude nutné předřadit příslušnému digitálnímu vstupu další obvod, který bude z vhodného místa zapalovací soustavy tyto otáčky převádět na použitelné elektrické impulzy. V každém případě bude pro použití v jiném automobilu nutné navrhnout znovu plošné spoje a mechanickou konstrukci tak, aby se dal palubní počítač zabudovat do daného volného prostoru v palubní desce automobilu.

### 6.1 Jiné vstřikovací systémy

Výše popsaný systém vstřikování Bosch Mono-motronic je dnes ve velmi malém počtu automobilů. Daleko rozšířenější je typ s vícebodovým vstřikováním paliva. Tento systém obsahuje sadu vstřikovacích ventilů, kde každý přesně dávkuje palivo pro jeden konkrétní válec motoru. Vstřikovací soustava má tedy díky menším různým ztrátám o něco větší účinnost než jednobodové vstřikování. Liší se ale i způsob, jakým jsou pak ventily ovládány. U některých automobilů má řídicí jednotka 4 nezávislé výstupy a doba vstřiku tak může být u každého ventilu jiná. Jiné řídicí jednotky mají pouze dva nebo i jeden výstup, kterým se pak ovládá více vstřikovacích ventilů najednou. Aby bylo možné palubní počítač připojit na všechny tyto systémy, vybavil jsem příslušný vstupní obvod čtyřmi oddělenými vstupy, pomocí kterých se sčítá celkový čas otevření všech nezávisle ovládaných vstřikovacích ventilů. Podle konkrétního vstřikovacího systému automobilu se pak tedy zvolí způsob připojení k palubnímu počítači. Jediný problém zůstává stanovení konstanty vstřikovacího ventilu, která musí být většinou určena experimentálně, protože ani technická dokumentace k mnohým vstřikovacím systémům tuto informaci neposkytuje.

Některé nové automobily mají řízení směsi provedeno piezo ventily, kde ke vstřikování paliva dochází mžikovým otevřením ventilu několikrát rychle po sobě. Takovéto systémy nelze k výše popsanému palubnímu počítači připojit, protože vstupní obvod je založen na měření času otevření ventilu, což v tomto případě nelze navrhnutým vstupním obvodem korektně měřit.

Pro korektní měření spotřeby je důležité i měření rychlosti. U nových automobilů je většinou již zabudovaný elektrický snímač, kde každý výstupní impulz představuje nějakou ujetou vzdálenost. Tato konstanta lze v palubním počítači nastavit vhodnou kombinací obvodu kola a počtu impulzů na otáčku kola. Vstup pro snímač rychlosti zůstává bez úprav. Ze zapojení vstupu vyplývá, že obvod reaguje na sestupnou hranu signálu. Proto je nutné aby čidlo pro snímání rychlosti mělo výstup s otevřeným kolektorem. Pokud by tomu tak nebylo, lze použít i v těchto automobilech vhodně umístěný jazýčkový kontakt, který taky způsobí menší zásah do elektroniky automobilu. Ani v jednom případě není potřeba úprava programu pro mikroprocesor.

## **6.2 Karburátorová příprava směsi**

Většina dnes vyráběných automobilů má palubní počítač v základní výbavě, a proto je tato konstrukce zaměřena spíše na starší vozidla, z nichž značná část stále používá k přípravě směsi karburátor. Vstupní obvod palubního počítače je ovšem navržen pro měření času otevření vstřikovacího ventilu, který v těchto automobilech vůbec není. Tento obvod je tedy schopný zpracovávat pouze digitální signály. Pro měření spotřeby je nutné v takovémto případě použít vhodný průtokoměr, který se vřadí na vhodné místo – většinou těsně před karburátor. Pokud se použije lopatkový průtokoměr (například z vozu Wartburg 353) je průtok paliva převáděn na elektrické impulzy. Každý pulz pak představuje určité množství spotřebovaného paliva. Pro toto měření lze použít bez úprav vstup pro vstřikovací ventil ale je nutná úprava programu pro mikroprocesor. Takovéto použití průtokoměru při měření spotřeby funguje pouze v případě, pokud daný palivový systém neobsahuje zpětné vedení paliva z karburátoru do palivové nádrže.

## 7 Závěr

Podařilo se navrhnout a zkonstruovat palubní počítač, který měří všechny veličiny dané zadáním této práce. V celé práci nikde nezmiňuji přesnost měřených veličin ani co tuto přesnost ovlivňuje. Asi největší nepřesnost měření vzniká na jazýčkovém kontaktu, pomocí kterého měřím rychlost a ujetou vzdálenost. Tyto veličiny jsou snímány z otáčení pravého předního kola automobilu. Při výpočtech je předpokladem konstantní obvod kola, který se ale mění s tlakem vzduchu v pneumatice i se zatížením vozidla. Další nežádoucí jev vyplývá už z principu pohybu automobilu. Pokud totiž automobil projíždí zatáčkou, nemůžou mít přední kola stejnou obvodovou rychlost. Obvodová rychlost je různá i při rovné jízdě vlivem rozdílně nahuštěných pneumatik. Bylo by tedy výhodné počítat rychlost vozidla z průměru více snímačů. Pokud se například vlivem podhuštění pravé přední pneumatiky zmenší průměr kola o 3mm, vznikne každou otáčku kola chyba  $3\pi$  mm. Při nastaveném obvodu kola 1700mm je pak za 100km ujeté vzdálenosti chyba měření kolem 0,5km. Tato chyba se promítá nejen do měření rychlosti a ujeté vzdálenosti, ale i do měření spotřeby v režimu l/100km, průměrné spotřeby a průměrné rychlosti. Další poměrně velkou nepřesnost i nespolehlivost vykazuje měření množství paliva v nádrži. Snímací potenciometr výšky hladiny je umístěn v pravém předním rohu palivové nádrže, a proto při jízdě z kopce palubní počítač detekuje více paliva než při jízdě do kopce. To je částečně omezeno velkým počtem změřených hodnot a jejich průměrem. Tato chyba se promítá i do měření dojezdu, který pak značně kolísá. Při montáži do jiného automobilu stejného typu by se také mírně lišil odpor snímače, proto by pro přesné měření bylo nutné změnit výpočetní konstantu v programu. Stejný problém by byl i u snímače teploty motoru. Pro přesnější měření by se musel výrazně upravit hardware počítače, nebo alespoň zvýšit frekvence krystalového oscilátoru taktujícího řídicí mikroprocesor. V případě výše popsaných chyb měření by jejich zpřesnění vyžadovalo velký zásah do konstrukce vozidla (hlavně palivové nádrže), která by byla nepraktická a znesnadňovala by montáž do jiných automobilů.

I přes výše uvedené problémy ale palubní počítač měří s dostatečnou přesností, která bude běžnému uživateli stačit. Je k dispozici velké množství měřených i počítaných funkcí, které mohou usnadnit rozhodování řidiče (např. výpočet dojezdu). Díky informacím zobrazovaným na displeji lze najít vhodný způsob jízdy a pracovní režim pro motor, a tím dosáhnout úspory paliva. Palubní počítač lze také využít pro detekci menších poruch.

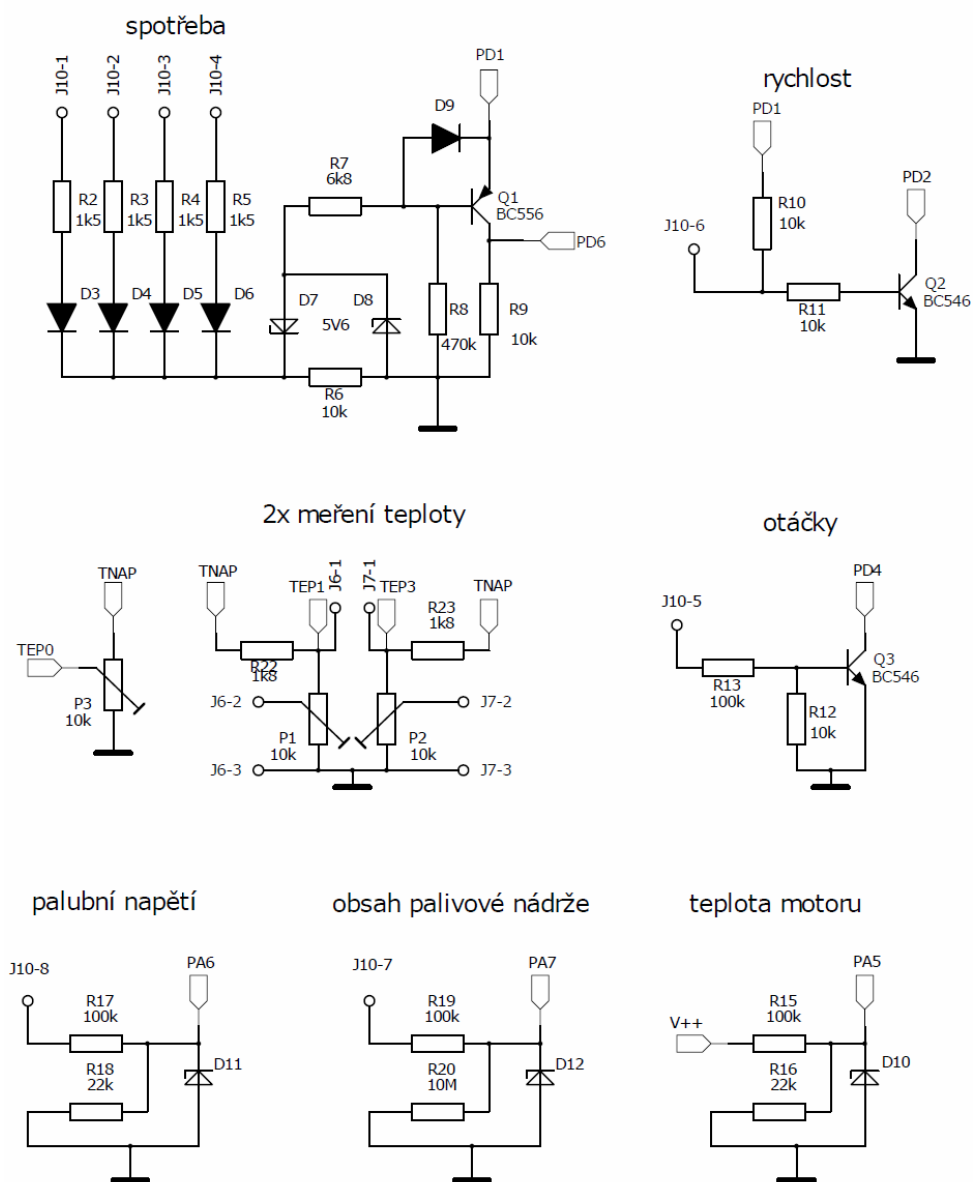
## Literatura

- [1] **LEMBKE, Manfred, GERNGROß, Heinz-Günther, KRATT, Alfred, MAY, Klaus. 1997.** Systém vstříkování Mono-Jetronic. [překl.] Luděk Švehla. Praha : Robert Bosch odbytová spol. s.r.o Automobilová diagnostika. ISBN 80-902585-4-9
- [2] **RIPKA, P, Típek, A.** Master Book of Sensors. Praha : BEN, 2003. ISBN 0-12-752184-4
- [3] **Atmel.** Datasheet AVR ATmega32 [Online]. [200-?].  
[Citace: 2. 3. 2010]. Dostupný z WWW:  
[http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc2503.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2503.pdf)
- [4] **Palm Technology CO.. LTD.** Datasheet PRC1602A-SERIES [Online]. [200-?].  
[Citace: 15. 5. 2010]. Dostupný z WWW:  
<http://www lynx-dev.com/media/pdf/prc1602a-series-1.pdf>
- [5] **National Semiconductor.** Datasheet LM2936 [Online]. [2006].  
[Citace: 12. 5. 2010]. Dostupný z WWW:  
<http://www.national.com/ds/LM/LM2936.pdf>
- [6] **NXP Semiconductor.** Datasheet BC556;BC557 [Online]. [2004].  
[Citace: 12. 5. 2010]. Dostupný z WWW:  
[http://www.nxp.com/documents/data\\_sheet/BC556\\_557.pdf](http://www.nxp.com/documents/data_sheet/BC556_557.pdf)
- [7] **NXP Semiconductor.** Datasheet BC846/BC546 [Online]. [2009].  
[Citace: 12. 5. 2010]. Dostupný z WWW:  
[http://www.nxp.com/documents/data\\_sheet/BC846\\_BC546\\_SER.pdf](http://www.nxp.com/documents/data_sheet/BC846_BC546_SER.pdf)
- [8] **STMicroelectronics.** Datasheet BD139-BD140 [Online]. [2008].  
[Citace: 12. 5. 2010]. Dostupný z WWW:  
<http://www.st.com/stonline/books/pdf/docs/5238.pdf>
- [9] **OSRAM.** Datasheet LPT 80 A [Online]. [200-?].  
[Citace: 15. 5. 2010]. Dostupný z WWW:  
<http://www.pselectronic.cz/pdf/1114/11140237>
- [10] **Rayex Electronics.** Datasheet LEG SERIES [Online]. [200-?].  
[Citace: 16. 5. 2010]. Dostupný z WWW:  
[http://www.relay-rayex.com/downloadfiles/LEG\\_SERIES.pdf](http://www.relay-rayex.com/downloadfiles/LEG_SERIES.pdf)
- [11] **Sipmle Serial Programmer for AVR.** [Online]. [2009].  
[Citace: 10. 3. 2010]. Dostupný z WWW:  
<http://diy4fun.blogspot.com/2009/01/simple-serial-programmer-for-avr.html>

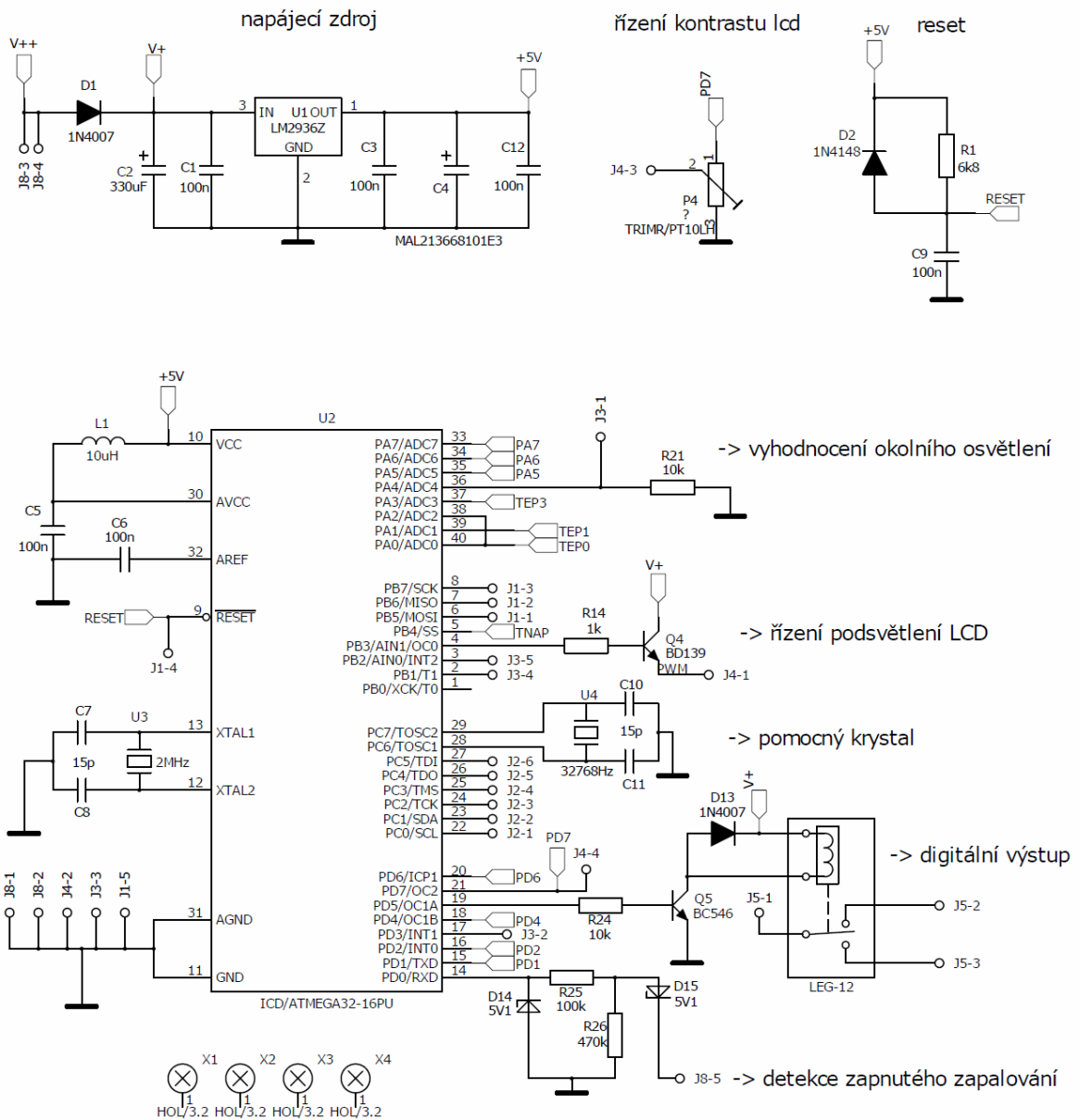


- [12] **LANCOS.** PonyProg – Serial device programmer [Online]. [200-?].  
[Citace: 10. 3. 2010]. Dostupný z WWW:  
<http://www.lancos.com/prog.html>
- [13] **National Semiconductor.** Datasheet LM135 [Online]. [2008].  
[Citace: 16. 5. 2010]. Dostupný z WWW:  
<http://www.national.com/ds/LM/LM135.pdf>
- [14] **TAUFER, Ivan, KOTYK, Josef a JAVŮREK, Milan. 2009.** *Jak psát a obhajovat závěrečnou práci bakalářskou, diplomovou, rigorózní, disertační, habilitační.*  
Pardubice : Univerzita Pardubice, 2009. ISBN 978-80-7395-157-3.

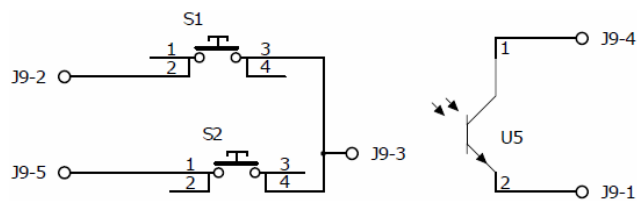
## Příloha A – Celkové schéma zapojení palubního počítače



Obrázek 22 - Celkové schéma - vstupní obvody

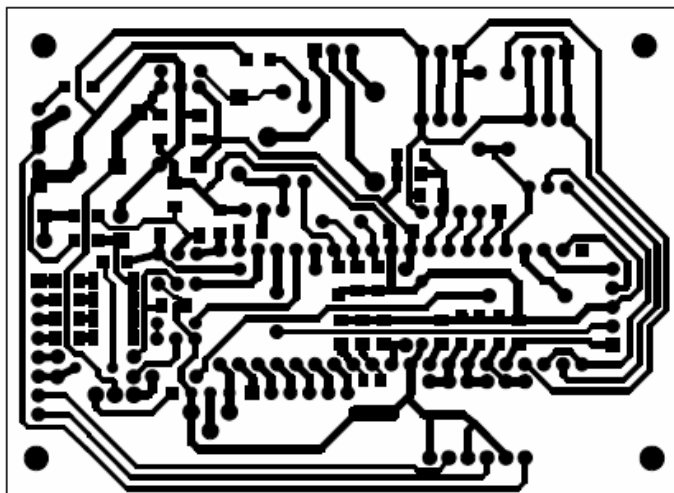


Obrázek 23 - Celkové schéma – procesorová část



Obrázek 24 - Celkové schéma - přední panel

## Příloha B – Desky plošných spojů



Obrázek 25 - DPS - hlavní deska



Obrázek 26 - DPS - přední panel

## Příloha C – Seznam součástek

Označení	Hodnota	Popis	Počet
R14	1k	rezistor, 0207 0,6W	1
R2-5	1k5	rezistor, 1206 0,25W	4
R22-23	1k8	rezistor, 0207 0,6W	2
R1,R7	6k8	rezistor, 1206 0,25W	2
R11	10k	rezistor, 0207 0,6W	1
R6,R9-10,R12,R21,R24	10k	rezistor, 1206 0,25W	6
R16,R18	22k	rezistor, 0207 0,6W	2
R13,R15,R17,R19	100k	rezistor, 0207 0,6W	4
R25	100k	rezistor, 1206 0,25W	1
R8,R26	470k	rezistor, 1206 0,25W	2
R20	10M	rezistor, 0207 0,6W	1
P1-3	10k	trimr, T63YA	3
P4	10k	trimr, PT10LH	1
C7-8,C10-11	15p	kondenzátor, 1206	4
C1,C3,C5-6,C9,C12	100n	kondenzátor, 1206	6
C4	100uF	kondenzátor E10	1
C2	330uF	kondenzátor E10	1
L1	10uH	tlumivka, axiální 10mm	1
D1,D9,D13	1N4007	dioda, DO41	2
D2	1N4148	dioda, melf	1
D7-8	5V6	ZD, DO41	2
D10-12,D14-15	5V1	ZD, melf	5
U1	LM2936	stabilizátor 5V	1
U2	ATmega32	mikroprocesor, DIP40	1
U3	2MHz	krystal, HC49US	1
U4	32,768kHz	krystal, TC38	1
U5	LPT 80A	fototranzistor	1
Q1	BC556	PNP tranzistor, TO92	1
Q2-3,Q5	BC546	NPN tranzistor, TO92	3
Q4	BD139	NPN tranzistor, TO126	1
tlačítka , TACT 24R, síla pro přepnutí 2,5N			2
teplotní senzor LM135, TO92			2
LCD displej, LCM1602ASL, 85x30x14mm			1
relé LEG12, 1x přepínací kontakt			1
lámací lišta, celkem 49pinů, rozteč 2,54mm			

## **Příloha D – Obsah CD**

Na přiloženém disku se nachází adresáře s následujícím obsahem:

- SixtaM\_PalubniPocitac\_PR\_2010 – obsahuje text bakalářské práce ve formátu PDF

složka Software:

- Program\_uP – složka obsahující zdrojový kód pro mikroprocesor ATmega32
- PonyProg – složka obsahující program vhodný k naprogramování mikroprocesoru

složka Podklady:

- obsahuje podklady pro výrobu desek plošných spojů vytvořené v programu PADS 2007.4 a vygenerované schéma a plošné spoje ve formátu PDF