



ZÁPADOČESKÁ
UNIVERZITA
V PLZNI

Fakulta elektrotechnická
Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Záznamové zařízení provozních veličin automobilu

Autor práce: Adam Zachař
Vedoucí práce: Ing. Michal Kubík, Ph.D

Plzeň 2012

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Adam ZACHAŘ**
Osobní číslo: **E09B0346P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Elektronika a telekomunikace**
Název tématu: **Záznamové zařízení provozních veličin automobilu**
Zadávající katedra: **Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací**


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

1. Navrhněte zařízení pro záznam vybraných veličin během jízdy automobilu.
2. Pro vybrané veličiny zvolte vhodné metody jejich snímání.
3. Navrhněte desku plošných spojů a realizujte funkční vzorek zařízení.


Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucího**
Rozsah pracovní zprávy: **dle doporučení vedoucího**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Michal Kubík**
Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Michal Kubík**
Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací
Datum zadání bakalářské práce: **6. června 2011**
Termín odevzdání bakalářské práce: **3. června 2012**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Dr. Ing. Vjačeslav Georgiev
vedoucí katedry

V Plzni dne 17. října 2011

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a realizací záznamového zařízení provozních veličin automobilu Opel Vectra A. Zejména se jedná o měření venkovní a vnitřní teploty a veličin důležitých pro výpočet okamžité spotřeby vozu, jako je délka vstřikovacích pulzů a dráha z čidla otáček (náhonu tachometru) Til81, které je již ve vozidle z výroby instalováno. Veškeré výpočty jsou realizovány 8-bitovým procesorem Atmega644, který komunikuje přes sériové rozhraní s inteligentním displejem od firmy 4D Systems a zároveň umožňuje ukládání naměřených hodnot na SD kartu.

Klíčová slova

Atmega644, 4DGL, 4D Systems, 4D Visi, doba vstřikovacího pulzu

Abstract

Zachař, Adam. *Data logger for a vehicle* [Záznamové zařízení provozních veličin automobilu]. Pilsen, 2012. Bachelor thesis (in Czech). University of West Bohemia. Faculty of Electrical Engineering. Department of Applied Electronics and Telecommunications. Supervisor: Michal Kubík

This thesis describes the design and implementation of data logger for the car Opel Vectra A. It is a measurement of indoor and outdoor temperatures and values relevant to the calculation of instantaneous power, for example the injection pulse length and the trajectory of the sensor til81, which is already installed in the vehicle. All calculations are carried out to 8-bit processor Atmega644, which communicates via a serial interface with intelligent lcd by the company 4D Systems and allows storage of values to the SD card.

Keywords

Atmega644, 4DGL, 4D Systems, 4D Visi, injection pulse length

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem svou závěrečnou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské 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 bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 270 trestního zákona č. 40/2009 Sb.

Také prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

V Plzni dne 6. června 2012

Adam Zachař

.....

Podpis

Obsah

Seznam obrázků	vi
Seznam tabulek	vii
Seznam symbolů a zkratk	viii
1 Úvod	1
2 Měřené veličiny ve vozidle	2
2.1 Měření teploty	2
2.1.1 Termistory NTC (negastory)	2
2.1.2 Termistory PTC (pozistory)	3
2.1.3 Monokrystalické senzory	3
2.1.4 Digitální čidla teploty	4
2.1.5 Popis vybraného teplotního senzoru	5
2.2 Měření napětí baterie	7
2.3 Měření rychlosti vozidla	7
2.3.1 Hardwarové řešení	8
2.3.2 Softwarové řešení	8
2.4 Měření spotřeby paliva	9
2.4.1 Princip vstříkovacího ventilu	9
2.4.2 Hardwarové řešení	9
2.4.3 Softwarové řešení	11
2.5 Čas a datum	11
2.5.1 RTC DS1302	12
3 Popis hardwarového vybavení	14
3.1 Mikrokontrolér	14
3.1.1 Procesor ATMEGA644	14
3.2 LCD displej	16
3.3 Napájecí zdroj	17

4 Praktická realizace	19
4.1 Měřicí deska	20
4.1.1 Stručný popis programu	20
4.2 Zobrazovací část	20
4.3 Komunikace	21
4.4 Záznam	21
4.5 Programátor AVR procesorů	22
4.6 Programátor inteligentních LCD	22
5 Závěr	23
Reference, použitá literatura	25
Přílohy	27
A Schémata zapojení	27
B Desky plošných spojů	29
C Zdrojové kódy	32

Seznam obrázků

2.1	Teplotní závislost odporu PTC	3
2.2	Teplotní závislost odporu NTC	5
2.3	Schéma zapojení NTC	6
2.4	Dělič pro měření napětí	7
2.5	Vstupní obvod pro měření rychlosti	8
2.6	Palivové vstřikovací ventily Převzato z [11] 	9
2.7	Řídicí jednotka MULTEC Převzato z [13] 	10
2.8	Vstupní obvod pro měření délky vstřikovacích pulzů	10
2.9	Typické obvodové zapojení DS1302	12
2.10	RTC tabulka Převzato z [7] 	12
3.1	Atmega644 PDIP - rozmístění vývodů Převzato z [6] 	15
3.2	LCD od firmy 4D Systems Převzato z [1] 	16
3.3	Zapojení napájecího zdroje	18
4.1	Blokové schéma zařízení	19
4.2	Formát paketu Převzato z [2] 	21
4.3	Komunikace s SD Převzato z [3] 	22
A.1	Schéma zapojení programátoru pro LCD	27
A.2	Schéma zapojení měřícího zařízení	28
B.1	Deska plošných spojů měřícího zařízení	29
B.2	Osazovací plánec desky plošných spojů měřícího zařízení	30
B.3	Deska plošných spojů programátoru pro LCD	30
B.4	Osazovací plánec desky plošných spojů programátoru	31

Seznam tabulek

2.1	Konstanty pro NTC640, $R_{25}=3300\Omega$	6
3.1	Základní parametry LCD-28PT	17

Seznam symbolů a zkratek

NTC	Negative Temperature Coefficient. Termistor se záporným teplotním součinitelem odporu.
PTC	Positive Temperature Coefficient. Termistor s kladným teplotním součinitelem odporu.
ECU	Electronic Control Unit. Elektronická řídicí jednotka v automobilu.
AVR	je označení pro rodinu 8bitových mikročipů typu RISC s harvardskou architekturou od firmy Atmel.
SGC	Slave Graphics Controller. Režim - spolupráce s nadřazeným mikroprocesorem.
GFX	Stand alone host Graphics Controller. Režim - samostatného grafického procesoru.
MIPS	Million Instruction Per Second. Milión instrukcí za sekundu.
SPI	Serial Peripheral Interface. Sériové periferní rozhraní.
RTC	Real Time Clock. Obvod reálného času.
UART	Universal Asynchronous Receiver and Transmitter. Asynchronní sériové rozhraní (vysílání a příjem).
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory. Jedná se o elektricky mazatelnou nevolatilní paměť.
CPU	Central Processing Unit. Centrální řídicí jednotka.
LIFO	Last In – First Out. Typ zásobníkové paměti "první dovnitř - poslední ven".
RISC	Reduced Instruction Set Computer. Procesory s redukovanou instrukční sadou.

1

Úvod

Cílem této bakalářské práce je navrhnout zařízení pro záznam vybraných provozních veličin automobilu. Zařízení by mělo disponovat dostatečným počtem měřících vstupů, možností komunikovat s okolím přes vhodné rozhraní. Dále je potřeba mít dostatečně velkou paměť pro uchování naměřených dat a v neposlední řadě je potřeba vhodným způsobem zobrazovat naměřená data. Zejména se jedná o měření venkovní a vnitřní teploty a veličin důležitých pro výpočet okamžité spotřeby vozu a rychlosti.

Moderní automobily bývají vybaveny palubními počítači, které měří spotřebu vozu. Je potřeba si uvědomit, že průměrné stáří aut v české republice je přibližně 13 let a mnoho vozů nebylo v této době vybavováno palubními počítači, a to je důvodem, proč se tímto zabývám. V současné době při vysokých cenách benzínu je důležité mít přehled o aktuální spotřebě vozu a podle toho přizpůsobovat styl jízdy.

Palubní počítač může být instalován do všech benzínových motorů s elektronickým vstřikováním paliva. Pro karburátorové motory je tento systém nepoužitelný. Pro měření okamžité spotřeby je potřeba znát rychlost a délku vstřikovacích pulzů. V této bakalářské práci se zejména zajímám o návrh pro automobil Opel Vectra A s motorem C16NZ, kde je pro měření rychlosti použit zabudovaný snímač vzdálenosti s foto tranzistorem Tl81 a délka vstřikovacích pulzů je přímo měřena na vstřikovacím ventilu. Pro měření teploty jsem použil termistor s negativním teplotním koeficientem. Veškeré naměřené veličiny jsou zobrazeny na dotykovém inteligentním LCD displeji od firmy 4D Systems, který komunikuje přes sériové rozhraní.

Před samotnou realizací mého záznamového zařízení jsem se zajímal o řešení jinými autory. Metody pro měření okamžité spotřeby jsou obdobné, jako využívám ve svém projektu. Většina autorů, zabývajících se tímto problémem, používá jako zobrazovací prvek naměřených veličin alfanumerické displeje bez možnosti dlouhodobého ukládání dat.

2

Měřené veličiny ve vozidle

V této kapitole bych rád shrnul přehled veškerých veličin měřených ve vozidle a stručně nastínil možné způsoby jejich měření.

2.1 Měření teploty

Pro měření teplot v automobilu je potřeba vybrat kvalitní, spolehlivé a cenově dostupné senzory, které musí být odolné vůči rušení a klimatickým vlivům (mráz, vlhkost). Potřebná přesnost teplotních čidel v automobilech je přibližně $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, zároveň požadujeme poměrně dobrou časovou stálost a měřící rozsah teplot od $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ až do $120\text{ }^{\circ}\text{C}$. Z uvedených parametrů vyplývá, že se budu zabývat jenom o níže uvedené teplotní senzory.

- Polovodičové odporové senzory teploty
 - Termistorové – NTC, PTC
 - Monokrystalické senzory
- Digitální čidla

2.1.1 Termistory NTC (negastory)

Jsou to termistory se záporným teplotním součinitelem odporu. (Negative Temperature Coefficient) S rostoucí teplotou se zvyšuje koncentrace nosičů náboje a elektrický odpor klesá. Polykrystalické NTC termistory se vyrábí práškovou technologií spékáním oxidů Fe_2O_3 , TiO_2 , CuO , MnO , NiO atd. Běžné teplotní rozsahy jsou od $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ až do $150\text{ }^{\circ}\text{C}$.

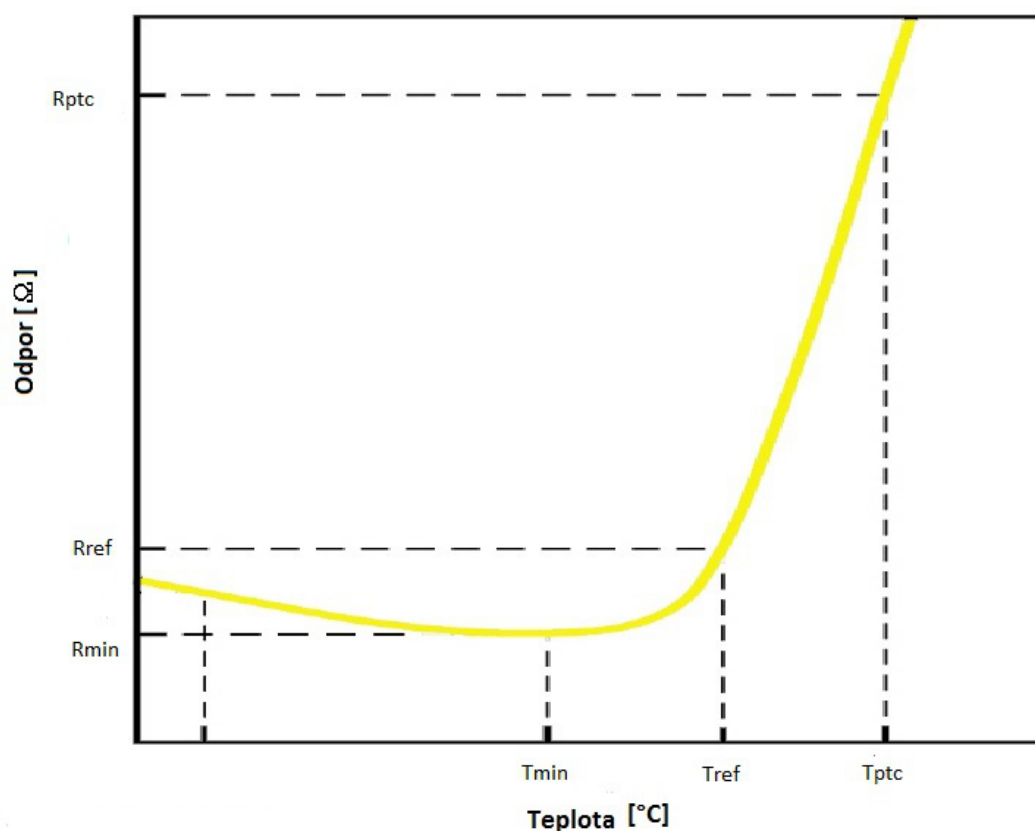
Parametry NTC termistoru :

- Záporný teplotní součinitel odporu – obvyklá hodnota je mezi $-0,03\text{ K}^{-1}$ až $-0,06\text{ K}^{-1}$.
- Rozsah teplot – je od $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ až do $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve výjimečných případech až do $400\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Velké rozmezí hodnot odporů – od jednotek Ω až několik $\text{M}\Omega$.

- Velká citlivost, malé rozměry a umožňuje měřit velmi rychlé teplotní změny.
- Nevýhodou je veliká nelinearita.

2.1.2 Termistory PTC (pozistory)

Jedná se o termistory s kladným teplotním koeficientem odporu (positive temperature coefficient), vyrábějí se z polykrystalické keramiky z titaničitanu barnatého (BaTiO_3). Vykazují poměrně velkou nelineární závislost na teplotě, větší než u NTC. S rostoucí teplotou odpor termistoru mírně klesá až do Curieovy teploty. Avšak při překročení této meze dojde při poměrně malé změně teploty k velké změně odporu až o 3 řády.



Obr. 2.1: Teplotní závislost odporu PTC

Referenční teplota termistorů T_{ref} , jak je naznačena na obr. 2.1, závisí na chemickém složení a pohybuje se v rozmezí od 60 do 180°C. Pozistory se spíše používají pro měření teplot v úzkém teplotním rozsahu.

2.1.3 Monokrystalické senzory

Jedná se o polovodičové senzory teploty, které se vyrábějí nejčastěji z křemíku. Lze je však vyrobit i z germania nebo india.

Monokrystalické Si senzory teploty mají kladný teplotní součinitel odporu podobně jako u pozistoru. Křemíkové senzory se obvykle používají pro rozsah teplot od -50 až do 150 °C.

Parametry monokrystalických Si senzorů:

- Teplotní součinitel odporu – je konstantní v celém rozsahu teplot a jeho střední hodnota se pohybuje kolem $0,01 K^{-1}$.
- Dlouhodobá stabilita – Teplotní drift se pohybuje kolem $0.2 K$ po 10000 hodinách za maximálních provozních teplot.
- Teplotní rozsah – je obvykle od -55 až do 150 °C.
- Rozsah referenčních odporů při teplotě 25 °C – bývá obvykle kolem $1 k\Omega$ nebo $2 k\Omega$.
- Cena – pohybuje se přibližně okolo $20 K\check{c}$.

2.1.4 Digitální čidla teploty

Většina čidel s digitálním výstupem v dané cenové relaci má výrobcem garantovanou přesnost $\pm 2^\circ C$ nebo $\pm 3^\circ C$ v rozsahu teplot od -40 do 125 °C. Jedná se o čidla TPM03 a LM75A. Z tohoto důvodu se budu zmiňovat jenom o níže uvedených senzorech.

- DS18B20 Jedná se o běžně dostupné teplotní čidlo od firmy Dallas. Je schopné měřit v rozsahu -55 °C až $+125$ °C. Výrobce garantuje přesnost ± 0.5 °C v teplotním rozsahu $-10^\circ C$ do $+85^\circ C$. Přesnost měření můžeme volit v rozmezí 9 až 12 bitů, což nám umožní rozlišovací schopnost v rozsahu 0.5 až 0.0625 °C.

Senzor komunikuje s procesorem pomocí jednovodičového sériového rozhraní označovaného jako 1-wire. A napájecí napětí se pohybuje od 3 až do $5.5 V$.

Nevýhodou tohoto čidla ale je špatná cenová dostupnost, je totiž až $3x$ dražší než polovodičové senzory teploty při stejné nebo podobné přesnosti. Další nevýhodou je poměrně dlouhá doba převodu, při použití přesnosti měření na 12 bitů může být až $750 ms$. Má ale zásadní výhodu, a to, že ho není potřeba kalibrovat, jako je tomu u polovodičových senzorů.

- SMT160-30 Teplotní senzor Smartec je plně sofistikovaný křemíkový snímač teploty s digitálním výstupem. Kalibrace senzoru je prováděna už během výroby.

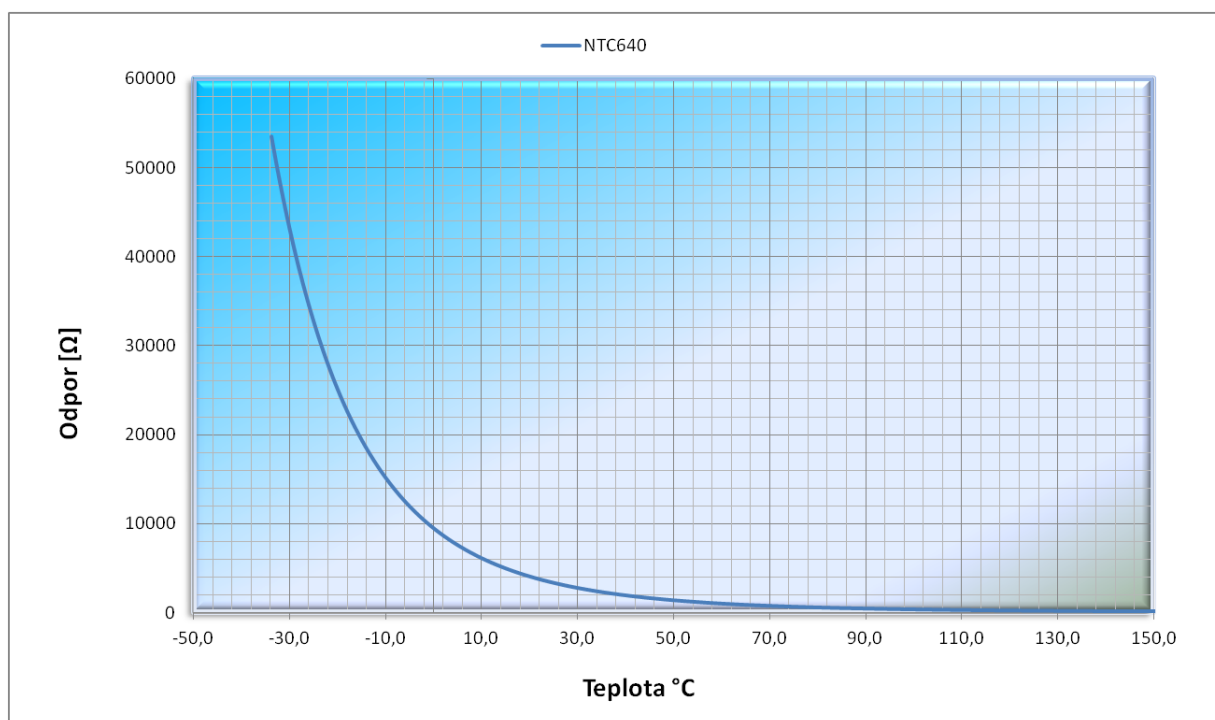
Parametry :

- absolutní přesnost $\pm 0,7$ °C
- nevyžaduje A/D převodník
- výstupní signál kompatibilní s logickými signály TTL, CMOS

- teplotní rozsah -45 °C až 130 °C
- malá spotřeba, nižší jak 1 mW
- nevýhodou je vysoká cena 150 - 200 Kč

2.1.5 Popis vybraného teplotního senzoru

Po přehodnocení jednotlivých parametrů výše uvedených teplotních čidel jsem se rozhodl použít termistor řady NTC640 3,3 kΩ. Jelikož se jedná o zařízení používané ve vozidle, tak musíme počítat s tím, že toto zařízení je možné instalovat do všech vozidlech se zážehovým motorem s elektronickým vstřikovacím systémem. Při sériové výrobě zařízení se jevil tento senzor jako nejideálnější jak z hlediska cenové dostupnosti, tak dobré přesnosti.



Obr. 2.2: Teplotní závislost odporu NTC

Ntc termistor vykazuje značně nelineární charakteristiku a proto bylo potřeba provést aproximaci křivky pomocí Steinhart-Hartovy rovnice (2.1) a (2.2).

$$R(T) = R_{25} * e^{(A + \frac{B}{T} + \frac{C}{T^2} + \frac{D}{T^3})} \quad [\Omega] \quad (2.1)$$

$$T(R) = (A_1 + B_1 \ln \frac{R}{R_{25}} + C_1 \ln^2 \frac{R}{R_{25}} + D_1 \ln^3 \frac{R}{R_{25}}) \quad [K] \quad (2.2)$$

kde:

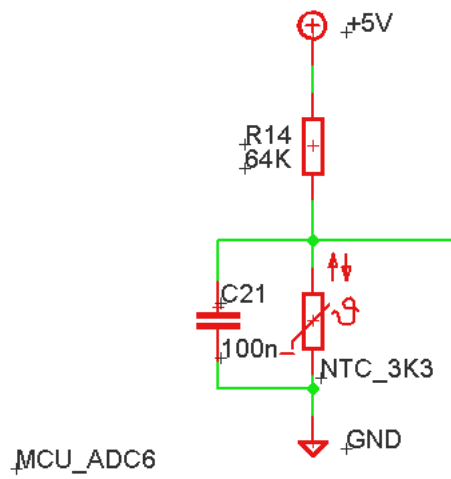
- R_{25} -- Velikost odporu při teplotě 25 °C
- R -- okamžitá hodnota NTC

- T -- okamžitá teplota NTC v jednotkách K
- $A, B, C, D, A_1, B_1, C_1, D_1$ -- konstanty uvedené v tabulce 2.1

A	-14,6337	A_1	$3,3540^{-3}$
B	$4,7918^3$	B_1	$2,9096^{-4}$
C	$-1,1533^5$	C_1	$1,6321^{-6}$
D	$-3,7305^6$	D_1	$7,1922^{-8}$

Tab. 2.1: Konstanty pro NTC640, $R_{25}=3300\Omega$

V procesoru Atmega644 je použit vnitřní 10-bitový A/D převodník s vnitřní referencí 2,56 V, který má 1024 stavů odstupňovaných po 0,0025 V až do referenčního napětí.



Obr. 2.3: Schéma zapojení NTC

Podle těchto kritérií jsem také navrhoval jednoduchý dělič napětí (viz obr. 2.3) tak, aby na vstupu převodníku byly v oblasti měřitelných teplot NTC (-40 až $+150$ °C) hodnoty (0, 0,0025, 0,005 ... 2,56). Nejdříve bylo potřeba spočítat hodnotu R_{NTC} podle vztahu 2.3 a následně s využitím Steinhart-Hartovy věty podle rovnice 2.2 vypočítat odpovídající teplotu. Takto jsem postupně vytvořil pole teplot o rozměru 1024, počítané v jednotkách °C. Výhodou této metody je, že mohu výstupem z A/D převodníku přímo indexovat pole teplot bez nutnosti složitých výpočtů a porovnávání. Veškeré výpočty jsem prováděl v programu Microsoft Office Excel.

$$R_{NTC} = \frac{U_{A/D} * R_{ref}}{U_{VCC} - U_{A/D}} \quad [\Omega] \quad (2.3)$$

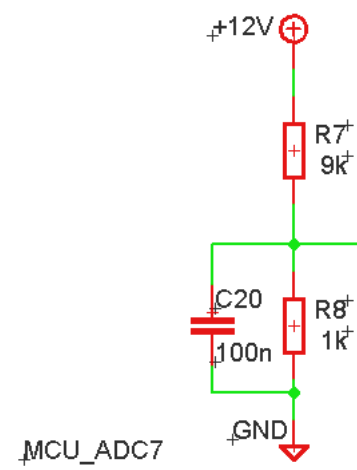
kde:

- R_{ref} -- hodnota rezistoru v děliči napětí

- $U_{A/D}$ -- napětí na vstupu A/D převodníku
- U_{VCC} -- napájecí napětí děliče (5V)

2.2 Měření napětí baterie

Jedná se pouze o informativní údaj, kde nejsou kladeny velké nároky na přesnost tohoto měření. Z tohoto důvodu jsem zvolil tu nejjednodušší metodu a pro měření napětí baterie využil stejně nastavený více kanálový 10-bitový AD převodník jako při měření teploty (viz kapitola 2.1.5). S nastavenou vnitřní referencí 2,56 V, kde napětí z autobaterie je připojeno přes odporový dělič napětí v poměru $\frac{1}{10}$ obrázek 2.4. Výsledné napětí je vypočteno podle rovnice 2.4.



Obr. 2.4: Dělič pro měření napětí

$$U_{BAT} = \frac{ADC * 2,56 * D_{pomer}}{S_{AD}} \quad [V] \quad (2.4)$$

kde:

- ADC -- výsledná hodnota AD převodníku
- D_{pomer} -- dělicí poměr děliče je 10
- S_{AD} -- počet stavů AD převodníku, 10-bitový - $2^{10} = 1024$

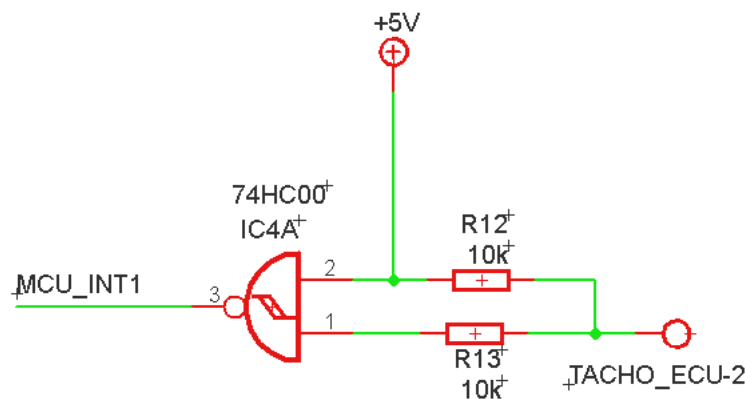
2.3 Měření rychlosti vozidla

Pro měření rychlosti vozidla je využit snímač ujeté vzdálenosti již zabudovaný ve vozidle Opel Vectra A. Na přístrojové desce je údaj o náhonu tachometru pod označením W=1083,

což nám představuje počet otáček náhonu tachometru na kilometr [ot/km]. Tento údaj není zcela podstatný. Důležitější je, že snímač je s osmi křídélky a fototranzistorem Til81. Na výstupu tohoto čidla je generováno 8 pulzů na jednu otáčku náhonu tachometru. Z toho plyne, že na výstupu je $8 * 1083 = 8664$ [imp/km].

2.3.1 Hardwarové řešení

Snímač vzdálenosti s Til81 je řešen jako otevřený kolektor, z tohoto důvodu bylo potřeba připojit vnější pull-up rezistor podle obrázku 2.5. A za pomoci obvodu 74HC00 detekovat stav log.0. Jedná se o integrovaný CMOS obvod (4xNAND) s ochrannými diodami, které zaručují odolnost vůči přepětí a statickým výbojům. Stav na výstupu 74HC00 jsou vyhodnocovány procesorem za pomoci externího přerušování INT1.



Obr. 2.5: Vstupní obvod pro měření rychlosti

2.3.2 Softwarové řešení

Po příchodu impulzu z čidla dráhy dojde k přerušování běhu programu a obsluha přerušování vyvolá podprogram, kde dojde k inkrementaci proměnné "vzdálenost". Obnovovací perioda údaje rychlosti je zvolena na 500 ms, kdy během této doby probíhá počítání pulzů. V programu je to řešeno přerušováním od čítače, kde každých 0,5 s dojde k výpočtu rychlosti z naměřených pulzů podle rovnice 2.6.

$$v = \frac{S}{t} \quad [km/h] \quad (2.5)$$

$$v = \frac{N_{imp} * S_{imp}}{t} * 3.6 \quad [km/h] \quad (2.6)$$

kde:

- N_{imp} -- počet naměřených impulzů
- S_{imp} -- vzdálenost na 1 impulz, pokud máme čidlo s 8664 [imp/km] pak platí, že 1 imp = 0,1154m

2.4 Měření spotřeby paliva

Měření spotřeby paliva se provádí na základě měření doby otevření vstřikovacího ventilu. Pro lepší porozumění je potřeba si vysvětlit, jak takový ventil funguje. Tento způsob měření je možné využít u jednobodových nebo vícebodových řídicích jednotek, např. MULTEC nebo MONOTRONIC. Na obrázku 2.6 jsou vstřikovací ventily různých výrobců.

2.4.1 Princip vstřikovacího ventilu



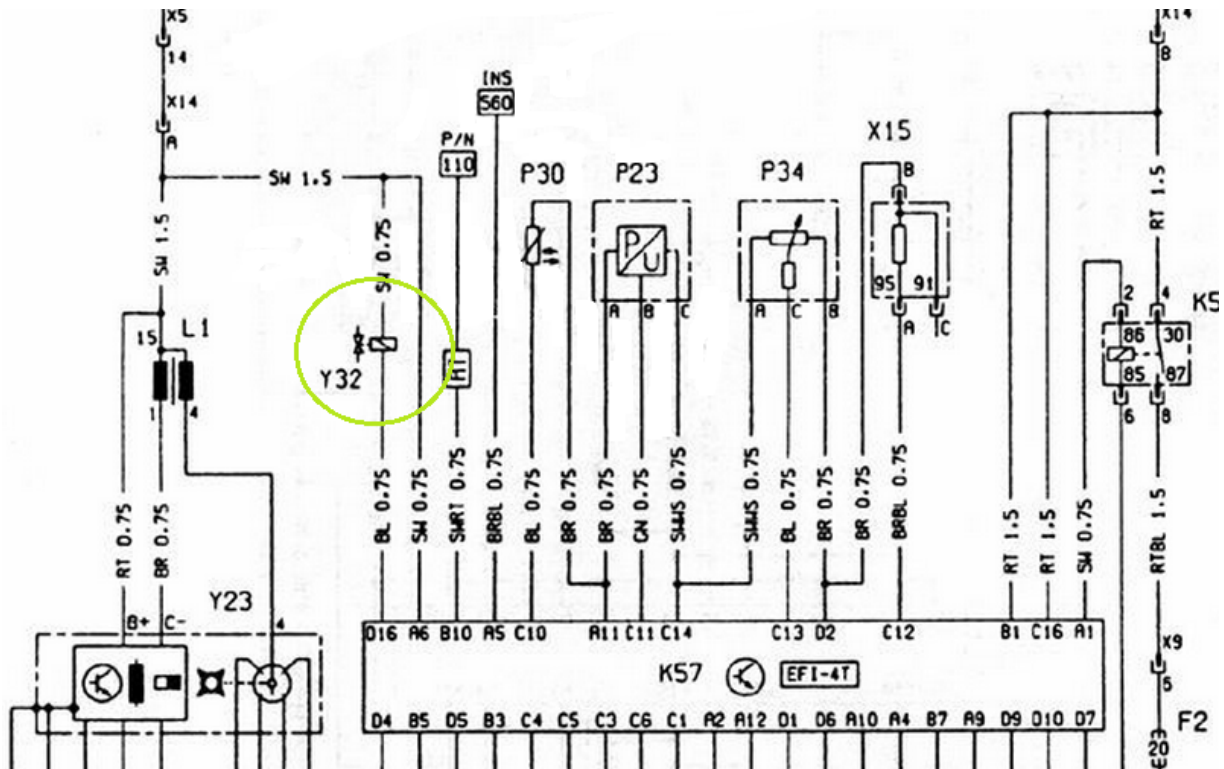
Obr. 2.6: Palivové vstřikovací ventily [Převzato z [11]]

Vstřikovač je umístěn v sacím potrubí motoru. Palivové čerpadlo tlakuje systém na obvyklou hodnotu 2,5 bar. Řídicí jednotka motoru (ECU) shromažďuje informace z různých čidel, umístěných kolem celého motoru, a na jejich základě určuje délku otevření nutnou pro daný pracovní zdvih motoru. Za tímto účelem generuje ECU proud, který přenáší na solenoid (elektromagnet) vstřikovače. Solenoid magneticky zdvihne jehlu čepového ventilu ze sedla vstřikovače v rozpětí od 60 do 100 mm. Při zdvihnutí ventilu se natlakované palivo prohání přes vypouštěcí otvor na dně vstřikovače na čepovou hlavu nebo na clonu a vytváří vstřikovaný paprsek ve tvaru určeném danou konstrukcí hlavy či clony. Vstřikovač zůstává otevřen po dobu 1 až 20 milisekund při frekvenci 3 až 125 Hz, v závislosti na požadavcích a parametrech motoru. Jakmile se přenos proudu zastaví, malá vinutá pružina zatlačí jehlu ventilu do sedla, a zastaví tak průtok paliva. Tento proces se několikrát za sekundu opakuje. [11]

2.4.2 Hardwarové řešení

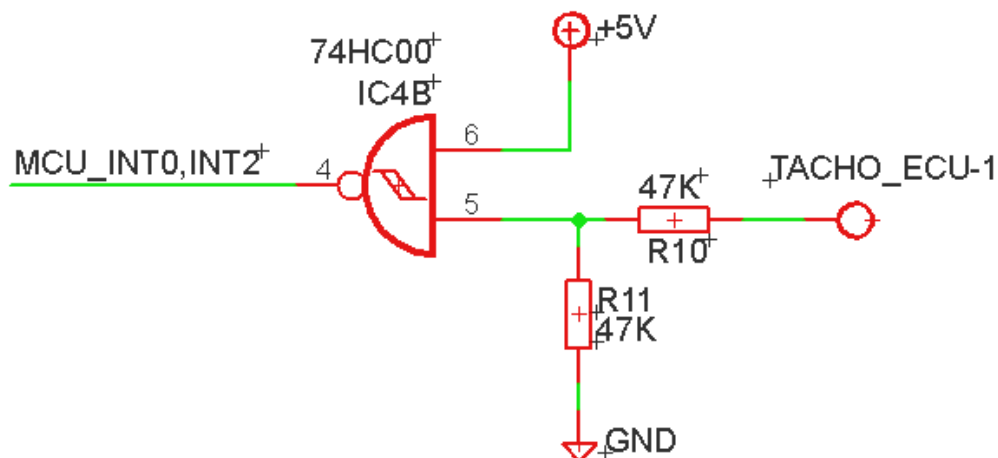
Tlak vstřikovaného paliva přes kalibrováný dávkovací otvor je konstantní. Pokud zanedbáme přechodové jevy (doby odezvy zavření a otevření), pohybující se v rozsahu 0,2 -

0,5ms, lze říci, že průtok paliva je lineárně závislý na době otevření vstřikovacího ventilu.



Obr. 2.7: Řídicí jednotka MULTEC [Převzato z [13]]

Na obrázku 2.7 je vyznačen vstřikovací ventil připojený k řídicí jednotce MULTEC. Tento signál z ECU je připojený přes odporový dělič napětí a integrovaný obvod 74HC00 na vstup procesoru (viz obr. 2.8). Napěťový dělič nám snižuje logickou úroveň vstřikovacího pulzu a u CMOS obvodu 74HC00 je využíváno ochranných diod na vstupu k ochraně před statickou elektřinou a napěťovými špičkami, které dosahují řádově desítek voltů. Výrobce udává povolený proud ochrannou diodou až 20 mA. Z hlediska přesnosti měření se jedná o obvody s malou dobou odezvy řádově jednotek ns.



Obr. 2.8: Vstupní obvod pro měření délky vstřikovacích pulzů

2.4.3 Softwarové řešení

Pro měření se využívají dva externí vstupy přerušeni INT0 a INT2, kde INT2 je nastaveno na náběžnou hranu impulzu a INT0 na sestupnou hranu. Pokud přijde náběžná hrana impulzu, obsluha přerušeni od vstupu INT2 vyvolá podprogram, kde dojde ke spuštění 16-bitového čítače nastaveného na frekvenci 2,5 MHz. Čítač je zastaven až v přerušeni vyvolaném od vstupu INT1 sestupnou hranou impulzu. Maximální měřicí doba jednoho impulzu takto nastaveného čítače je 26 ms podle rovnice 2.7. Jednotlivé doby trvání impulzů se sčítají a každých 500 ms dojde k výpočtu spotřeby podle rovnice 2.8 v [l/100km], pokud je rychlost nižší než 20 km/h, spotřeba se počítá podle rovnice 2.9 v [l/hod].

$$t_{MAX} = \frac{Prescaler * 2^{16}}{F_{CPU}} \quad [ms] \quad (2.7)$$

- *Prescaler* -- Dělička frekvence, nastavena na 8
- *F_{CPU}* -- Frekvence procesoru (20MHz)

$$Spotreba = \frac{C_{SP} * 100}{D} \quad [l/100km] \quad (2.8)$$

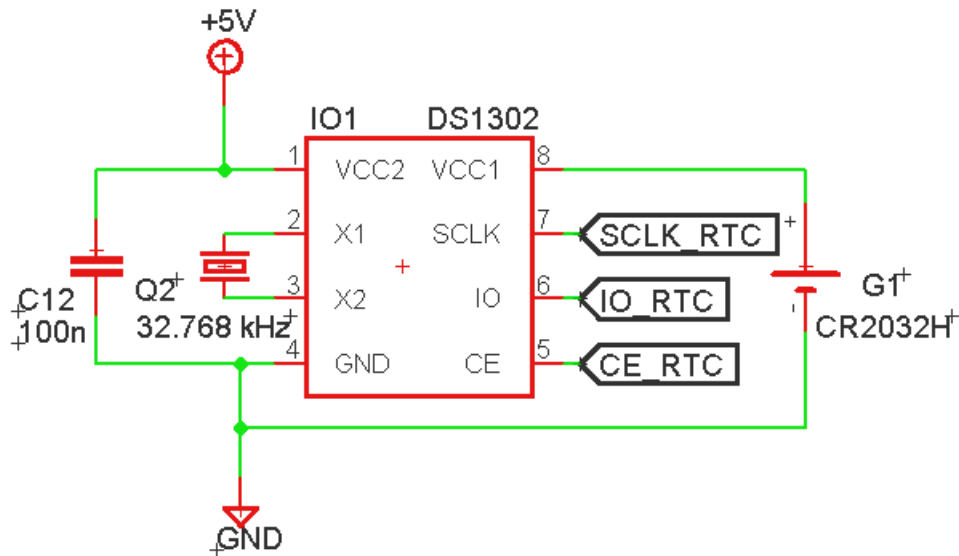
- *C_{SP}* -- Celkové spotřebované palivo
- *D* -- Ujetá vzdálenost

$$Spotreba = C_{SP} * 7200 \quad [l/hod] \quad (2.9)$$

- *C_{SP}* -- Celkové spotřebované palivo
- 7200 -- konstanta, přepočet jednotky 0,5s na 1hod

2.5 Čas a datum

Na trhu je dostupná celá řada obvodů reálného času RTC s různou možností komunikace (SPI, I2C, 1-wire, 3-wire), hlavní výhodou použití těchto obvodů oproti klasickému počítání hodin procesorem z hodinového krystalu je vyšší přesnost a možnost zálohování času ze zálohovací baterie. Spotřeba těchto obvodů bývá řádově jednotky nA. Dále tyto obvody umožňují mnoho dalších funkcí, jako je například alarm, generování stabilních hodinových signálů a watchdog časovače. Velkou novinkou v oblasti RTC je Dallas s označením DS32x35, který umožňuje ukládání nastavení a času do vnitřní FRAM paměti. Ta je schopna dlouhodobě uchovat zapsaná data bez přítomnosti napájení nebo zálohovací baterie po dobu minimálně 10 let. Pro moje zařízení jsem se rozhodl kvůli nízké ceně použít jednoduchý RTC obvod s označením DS1302N+.



Obr. 2.9: Typické obvodové zapojení DS1302

2.5.1 RTC DS1302

Tento obvod nemá vnitřní baterii ani vnitřní hodinový krystal, má však jednoduchý komunikační protokol využívající třech vodičů pro komunikaci s procesorem. Signál CE (chip enable) povoluje komunikaci, SCLK potvrzuje platná data a poslední SDA (serial data) přijímá a vysílá platná data. DS1302 používá 2-bytovou komunikaci, kde první byte je příznakový a v druhém kroku se buď přijme, nebo odešle odpovídající byte podle tabulky 2.10. K RTC je potřeba připojit baterii (CR2032) a vnější krystal s frekvencí 32,768 kHz podle obrázku 2.9.

RTC

READ	WRITE	BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0	RANGE
81h	80h	CH	10 Seconds		Seconds		Seconds		00–59	
83h	82h		10 Minutes		Minutes		Minutes		00–59	
85h	84h	12/24	0	10 AM/PM	Hour	Hour		1–12/0–23		
87h	86h	0	0	10 Date		Date		1–31		
89h	88h	0	0	0	10 Month	Month		1–12		
8Bh	8Ah	0	0	0	0	0	Day		1–7	
8Dh	8Ch	10 Year			Year		Year		00–99	
8Fh	8Eh	WP	0	0	0	0	0	0	0	—
91h	90h	TCS	TCS	TCS	TCS	DS	DS	RS	RS	—

Obr. 2.10: RTC tabulka [Převzato z [7]]

Základní parametry:

- RTC počítá sekundy, minuty, hodiny, dny, měsíce a roky s kompenzací přestupného roku až do 2100.
- Hodiny mohou pracovat ve 24 nebo 12-hodinovém režimu AM/PM
- Příkon je nižší než 1 uW.
- Teplotní rozsah je od -40 °C až do 85 °C.
- Kompatibilní s TTL úrovní.
- SRAM - 31 byte

3

Popis hardwarového vybavení

3.1 Mikrokontrolér

Mikrokontrolér (někdy označován jako mikropočítač) je programovatelná elektronická součástka. Obsahuje procesor CPU, paměť, programovatelné vstupní a výstupní brány a další periferní obvody, jako je například čítač, časovač, komparátor, sériové porty, analogově-digitální převodníky, PWM, paměť EEPROM. A má možnost nastavení různých úsporných režimů. Některé typy mikrokontrolerů mohou být dále speciálně navrženy, aby splňovaly určité specifické požadavky, jako je například zvětšený rozsah pracovních teplot (např. -40 až 150 °C) u mikrokontrolerů určených k řízení motorů automobilu apod.

Pro moji aplikaci jsem se rozhodl použít procesor AVR, což je označení pro rodinu 8-bitových mikročipů typu RISC s harvardskou architekturou od firmy Atmel. Bylo potřeba vybrat procesor s následujícími parametry.

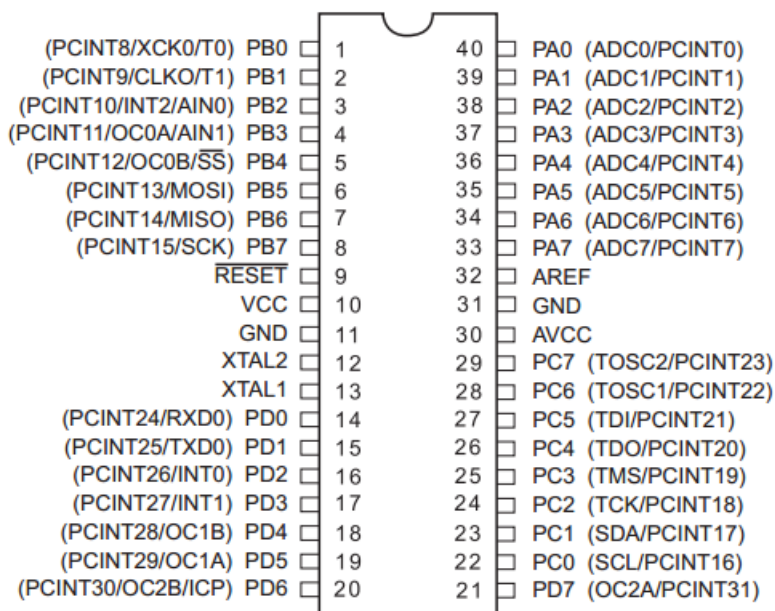
- 3x INTn, vstup externího přerušení
- aspoň 3 kanálový 10-bitový AD převodník
- sériový port, UART
- 16-bitový a 8-bitový čítač
- vhodný teplotní provozní rozsah pro použití ve venkovním prostředí

Na základě výše uvedených parametrů jsem se rozhodl použít Atmega644 20PU v pouzdře PDIP. Rozhodujícím faktorem byl pro mě počet vstupů externího přerušení. Většina procesorů obsahovala pouze 2 vstupy INTn.

3.1.1 Procesor ATMEGA644

ATMEGA644 je AVR mikroprocesor založen na architektuře RISC (redukovaný instrukční soubor). Vyrábí se jak v provedení PDIP, tak i v provedení SMD, a to v pouzdře TQFP,

QFN a MLF. Procesor obsahuje 64kB vnitřní paměť FLASH, 2kB paměť EEPROM a 4kB SRAM. Procesor dále obsahuje čtyři 8-bitové vstupně - výstupní brány (PAN, PBn, PCn, PDn). Maximální frekvence hodinového signálu s vnitřním RC oscilátorem je 16 MHz, pomocí externího oscilátoru až 20 MHz, což umožňuje dosáhnout až 20 MIPS. Procesor obsahuje celou řadu periferních obvodů, které je možné libovolně nastavit, já však zmíním jenom ty, které jsou pro moji aplikaci podstatné.

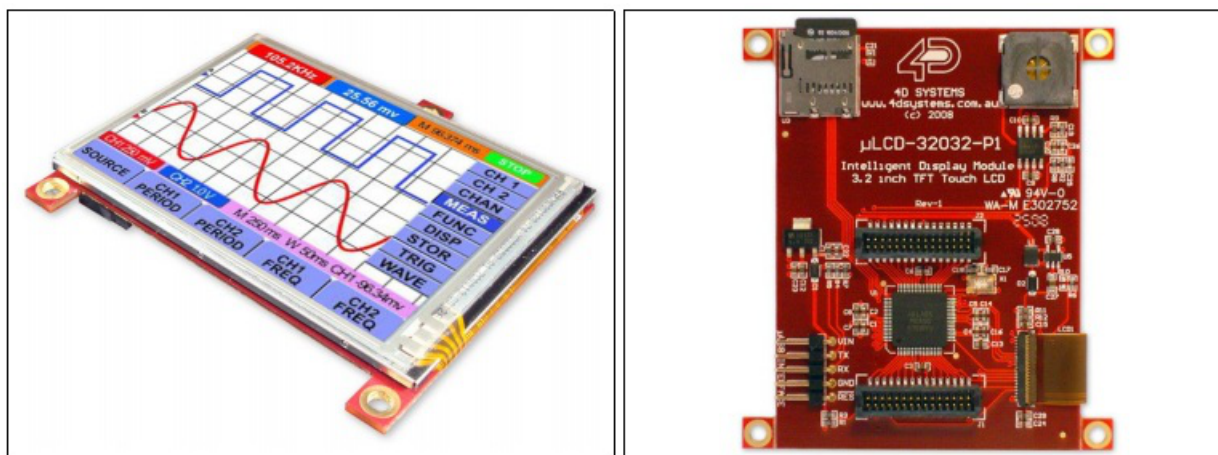


Obr. 3.1: Atmega644 PDIP - rozmístění vývodů [Převzato z [6]]

- **INTn** – vstupy externího přerušení, po příchodu impulzu na tyto vstupy dojde k vyvolání obsluhy přerušení u INT1 a INT2 s náběžnou hranu a INT0 se sestupnou hranou impulzu. Minimální šířka pulzu pro asynchronní externí přerušení je 50 ns (kapitola 2.3 a 2.4).
- **16-bitový čítač** – Povolené přerušení při přetečení čítače a dělička kmitočtu je nastavena na 8 (2.5 MHz)
- **8-bitový čítač** – Povolené přerušení při přetečení, při shodě s hodnotou uloženou v porovnávacím registru, dělička nastavena na 1024 (19,531kHz)
- **10-bitový AD převodník** – Využívá vnitřní reference 2,56 V, doba převodu se pohybuje mezi 65 us - 260 us, povolené přerušení při dokončení převodu, vzorkovací frekvence je nastavena pomocí děličky 128 na 156,25 kHz.
- **UART0 - sériový přenos** – Nastaven plně duplexní asynchronní přenos, formát paketu: 8 bitů datových, 1stop bit a bez parity, přenosová rychlost je nastavena na 115200 BAUD. Sériový přenos je použit pro komunikaci s inteligentním LCD displejem od firmy 4D Systems.

3.2 LCD displej

Pro zobrazení naměřených veličin ve vozidle jsem se rozhodl použít inteligentní LCD displej LCD-28PT(GFX) 2.8". Výrobce je australská společnost 4D Systems, hlavní výhodou těchto LCD je rychlý vývoj výkonné grafiky v poměrně krátkém časovém horizontu. Grafické moduly představují výkonnou a uživatelsky přívětivou platformu pro vytvoření grafického rozhraní k široké škále zařízení.



Obr. 3.2: LCD od firmy 4D Systems [Převzato z [1]]

Základem těchto grafických modulů od 4D Systems jsou dva výkonné čipy Picaso a Goldelox. Čipy obsahují grafický procesor, paměť a rozhraní pro LCD nebo OLED displeje. Některé grafické moduly jsou vybaveny dotykovým panelem.

Výhody použití a základní vlastnosti:

- Integrované výkonné grafické čipy
- Kompletní moduly s LCD nebo OLED displeji
- Použitelné jako samostatné nebo jako podřízené zobrazovací jednotky
- Uživatelsky přívětivý programovací jazyk 4DGL
- Výborný poměr cena/ vlastnosti

Grafické moduly je možné naprogramovat do režimu podřízeného grafického čipu SGC se sériovým rozhraním nebo do režimu samotného grafického čipu GFX. Nastavení SGC nebo GFX lze libovolně měnit nahráním volně dostupného konfiguračního souboru pomocí programu PmmC.

Základní vlastnosti grafických čipů :

- **Goldelox** - Čip podporující výkonnou grafiku, text, obrázky, animace a další. Je možné ho nakonfigurovat do SGC módu pro spolupráci s mikroprocesorem s jednoduchým sériovým rozhraním nebo do módu GFX jako samostatný výkonný procesor.

Grafický čip komunikuje s LCD nebo OLED pomocí 8-bitového rozhraní. Dále také umožňuje generovat zvuky a podporuje komunikaci s SD kartou přes SPI rozhraní.

- **Picaso** – je oproti čipu Goldelox výkonnější, obsahuje až 16 univerzálních vstupně - výstupních (I/O) pinů. Lze ho použít jak v SGC, tak i v GFX konfiguraci. Podporuje 4-vodičový dotykový panel a je vhodný i pro displeje s větším rozlišením. Umožňuje komunikaci i s velkokapacitní SD kartou (nad 4 GB) přes SPI. Obsahuje HW i SW podporu pro SD nebo MMC karty, též pro velkokapacitní SD-HC karty s kapacitou nad 4 GB. Picaso umožňuje výkonné generování zvuku.

Základní technické parametry LCD-28PT(GFX) :

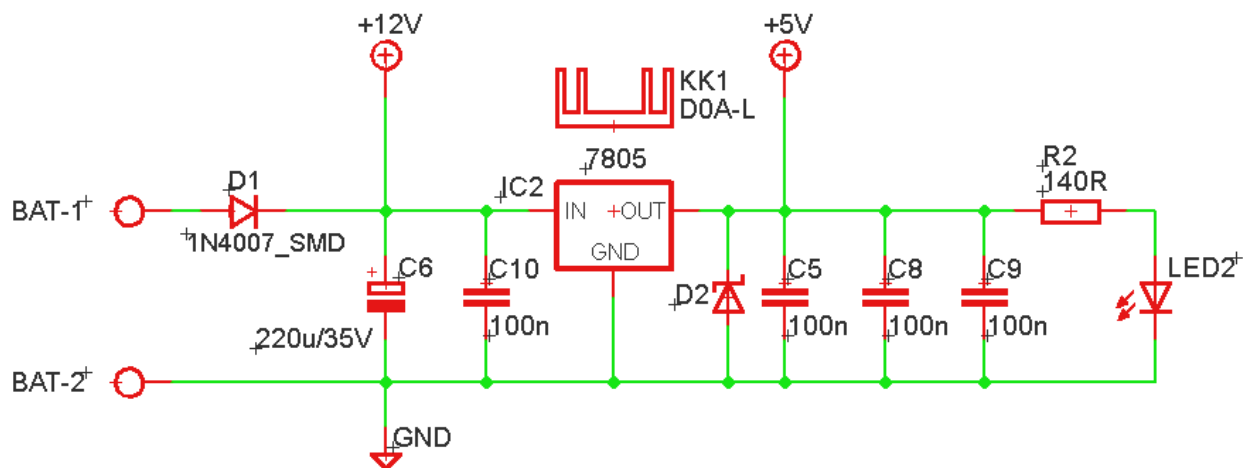
Barevná hloubka	65k
Rozlišení	240 x 320
Flash paměť	14k
SRAM	14k
5-pinové rozhraní	5V, RX, TX, Reset
Procesor	PICASO-GFX2
Sériový port	2x (COM0, COM1),TTL úrovně, 300 až 256k baud
Čítač	8x 16-bitový s rozlišením 1ms
Reproduktor	8Ω
I/O piny	Dva 2x15 pinové konektory
Napájecí napětí	4,0 až 5,5 V
Příkon podsvícení	192 mW
Rozměr obrazovky	50 x 69,2 x 4,1 mm
Jas	320 cd/m ²
Kontrastní poměr	300:1
Dotykový panel	4-vodičový, rezistivní
Taktovací frekvence	48MHz
Rozsah pracovních teplot	-40 ° C až +85 ° C

Tab. 3.1: Základní parametry LCD-28PT

3.3 Napájecí zdroj

Palubní napětí ve vozidle je 12 V a jelikož většina obvodů a součástek vyžaduje napájecí napětí 5V, tak bylo potřeba navrhnout vhodný napájecí zdroj. Jako napájecí zdroj jsem zvolil stabilizátor napětí LM7805 v pouzdře TO-220, které umožňuje lepší chlazení a díky kovové plošce i připojení externího chladiče. Tyto řady jsou určeny pro maximální odběr 1 A. Tento obvod obsahuje integrovanou proudovou ochranu. Ke správné funkci je zapotřebí, aby rozdíl mezi vstupním a výstupním napětím byl minimálně 2 V. Při

stabilizaci napětí vzniká ztrátový výkon, který se přeměňuje na odpadní teplo. S tímto ztrátovým výkonem je potřeba počítat při návrhu a volbě stabilizátoru, lze ho spočítat podle rovnice 3.1.



Obr. 3.3: Zapojení napájecího zdroje

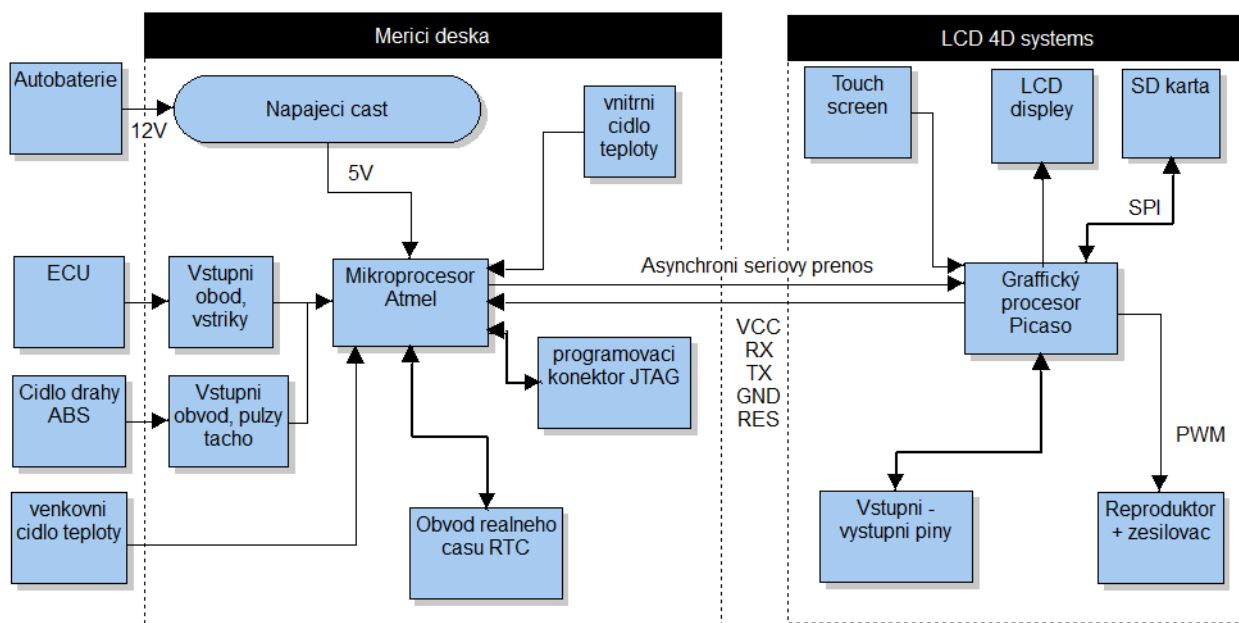
$$P_{max} = (U_{IN_{max}} - U_{OUT_{max}}) * I_{max} \quad [W] \quad (3.1)$$

Základní zapojení stabilizátoru je na obrázku 3.3. Obvod je doplněn blokovacími kondenzátory, které zabraňují rozkmitání stabilizátoru a dioda D1 slouží k ochraně proti prepólování. V případě poškození obvodu 7805 je na výstupu zapojena Zenerova dioda, která ochrání zbylou část obvodu před poškozením.

4

Praktická realizace

Předmětem této kapitoly je stručně popsat návrh a realizaci funkčního vzorku, který je součástí této bakalářské práce. Při návrhu hardwaru jsem vycházel ze součástek běžně prodávaných na českém trhu. Před vlastním návrhem měřicího zařízení bylo potřeba se seznámit s různými metodami měření. Hlavní důraz byl kladen na spolehlivost, jednoduchost celého zařízení a také na cenu. Celé zařízení je rozděleno na dva jednodušší funkční celky. První částí systému je samotné zařízení pro měření provozních veličin automobilu (jako je teplota, napětí akumulátoru, okamžitá spotřeba, rychlost a ujetá vzdálenost). Dále disponuje funkcí hodin. Druhou částí zařízení je samotná zobrazovací jednotka s grafickým čipem PICASO od firmy 4D Systems, která je samostatně programovatelná. Blokové schéma projektu je na obrázku 4.1.



Obr. 4.1: Blokové schéma zařízení

4.1 Měřicí deska

Celá hardwarová část měřicí jednotky je navržena na jednostranné desce plošného spoje o rozměru 75x75 mm. Deska je osazena THT a SMD součástkami. Pro návrh funkčního vzorku jsem použil procesor Atmega644 v pouzdře PDIP zasazeného do patice a to z hlediska snadné výměny v případě poškození procesoru během vývoje.

4.1.1 Stručný popis programu

Po zapnutí dojde k inicializaci ve funkci "main", kde se provede nastavení příslušných registrů. Jedná se o nastavení přerušení, čítačů, AD převodníku, UARTu a v neposlední řadě se povolí globální přerušení. Veškeré měření se provádí v obsluze přerušení, detailnější popis těchto nastavení v kapitole 2. Po inicializaci běží program v hlavní smyčce, kde se nepřetržitě testuje požadavek na odeslání naměřených dat do LCD. Vlastní výpočet se provádí v obsluze jednoho z přerušení každých 500ms. Toto přerušení je vyvoláno při shodě hodnoty 8-bitového čítače s hodnotou uloženou v porovnávacím registru s vhodně zvolenou frekvencí čítače. Výpočet se provádí s doposud naměřených dat, tedy za dobu 500 ms, a následně jsou nulovány proměnné obsahující počet impulzů z čidla dráhy a celkovou délku vstřikovacích pulzů. Nakonec je zahájeno nové měření.

4.2 Zobrazovací část

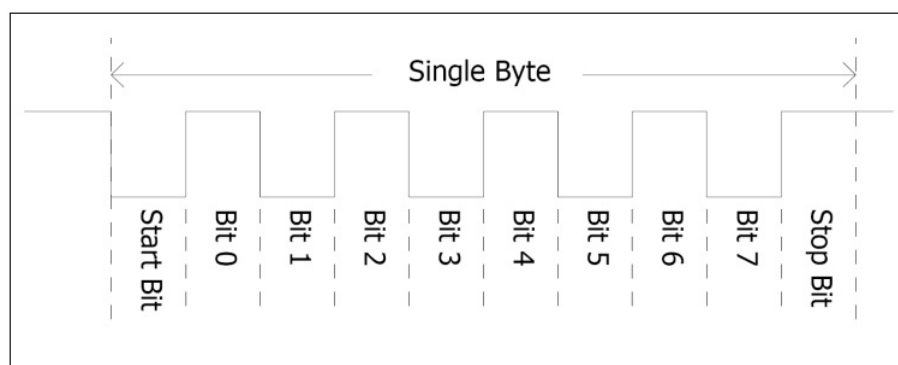
Jedná se o samostatně programovatelný výkonný grafický modul nastavený do GFX módu, který je programován v prostředí Workshop 3 IDE speciálním jazykem 4DGL. Tento jazyk je poměrně jednoduchý, má syntaxi podobnou jazyku C nebo C++ a je objektově orientovaný. Největší výhodou 4DGL jazyka je to, že jakýkoliv program napsaný v tomto jazyku je bez problémů přenositelný mezi těmito čipy a je možné ho použít pro různé displeje od 4D Systems. Program je nahrán do vnitřní 14kB FLASH paměti a veškeré grafické prvky jsou uloženy na SD kartě a volány pomocí speciálních funkcí [3]. V případě nedostatku programové paměti je možné vytvářet skripty, které lze spustit přímo z SD karty. Důležité programy pro práci z LCD:

- **Graphics Composer** - Nástroj pro převod obrázků, animací a krátkých videoklipů do správného formátu, které jsou uloženy na SD kartě.
- **FONT Tool** - Nástroj pro snadné generování a konverzi písma.
- **RMPET** - Removable Media Partition Edit Tool - Nástroj pro rozdělení velkokapacitních SD karet na oddíly FAT16 a RAW.
- **PmmC Loader** - Nástroj pro nahrání konfiguračního souboru (GFX, SGX).

Součástí programu Workshop 3 IDE je nástroj 4D ViSi umožňující pohodlné rozmístění grafických ovládacích a zobrazovacích prvků tak, jak požadujeme, aby se zobrazovaly na LCD. 4D ViSi je výkonný softwarový nástroj, který umožňuje okamžitý náhled požadovaného grafického rozložení, obsahuje sadu různých měřidel, číselníků a tlačítek, které lze přesunutím umístit na LCD. Každá položka má široké možnosti nastavení. Po nastavení jednotlivých objektů stačí jedním kliknutím vložit celý příslušný kód grafických prvků do výsledného programu. Avšak jedinou nevýhodou 4D ViSi je, že se jedná teprve o první verzi programu, která je mírně nestabilní a z tohoto důvodu je potřeba průběžně program ukládat. Nástroj 4D ViSi je stále vyvíjen.

4.3 Komunikace

Forma vysílaného paketu je na obrázku 4.2, 8 datových bitů, 1 stop bit a 0 bitů paritních.



Obr. 4.2: Formát paketu |Převzato z [2]|

Komunikace mezi inteligentním LCD a měřicí jednotkou je realizována pomocí asynchronního sériového přenosu s nastavenou přenosovou rychlostí 115200 baud. Při takto nastavené rychlosti je chybovost přenosu u měřicí jednotky 1,4 % při frekvenci procesoru 20Mhz. A chybovost přenosu grafického modulu daná výrobcem je 0,16 %. Chybovost měřicí jednotky lze snížit použitím krystalu s vhodnou frekvencí, například pro kmitočet 18.4320 Mhz je chybovost 0 %. Měřicí jednotka poskytuje naměřená data každých 500 ms a po skončení měření dojde k odeslání právě naměřených hodnot do LCD. Délka odesílaného paketu je 19 bytů, kde prvním bytem v paketu je inicializační znak. Veškerá data jsou přijímána do zásobníkové paměti LIFO, naprogramované v LCD jednotce, a ve vhodnou dobu jsou tato data přečtena.

4.4 Záznam

Pro záznam vybraných veličin jsem použil již implementovanou SD kartu v inteligentním LCD modulu komunikující přes SPI rozhraní. Data jsou uložena vždy po příchodu nově

naměřených dat (19-bytové pole) do LCD modulu ve formátu "txt" pomocí speciálních funkcí. Detailnější popis všech funkcí ve zdroji [3].



Obr. 4.3: Komunikace s SD |Převzato z [3]|

4.5 Programátor AVR procesorů

Pro naprogramování mikroprocesoru Atmega644 jsem sestrojil programátor USBasp podle zdroje [10]. Jedná se o programátor pro AVR procesory od firmy ATMEL. Základem tohoto programátoru je Atemga8 s taktovací frekvencí 12 MHz. Rychlost programování může dosáhnout až 5 kB/s. Program je napsán v jazyce C v prostředí Microsoft Visual Studiu 2010 a nahrán do procesoru pomocí volně stažitelného programu Avrdude, který je součástí balíčku WinAVR.

4.6 Programátor inteligentních LCD

Programátor pro LCD nebo OLED displeje od firmy 4D Systems je v podstatě jednoduchý převodník z USB na RS232, TTL úrovně. Pomocí kterého se na PC vytvoří virtuální sériový port (COMn). Základem je obvod FT232RL, doplněn obvodem RESETu (tranzistor s otevřeným kolektorem). Reset 4D modulu je vždy vyvolán při dokončení komunikace s terminálem (Handshake signál). Programátor je propojen k LCD, pomocí 5-pinového konektoru s roztečí 2.54 mm, signály 5 V, RX, TX, GND, RESET. Dále obsahuje přepínač napěťových úrovní signálů TX a RX (3,3 a 5 V) a signalizační LED diody (vysílání a příjem dat). Disponuje přenosovou rychlostí až 3M bps. Kompletní schéma zapojení programátoru je v příloze A.1. a deska plošného spoje v příloze B.3 a B.4.

5

Závěr

Úkolem této práce byl návrh a realizace záznamového zařízení provozních veličin automobilu. V zadání nebylo přesně stanoveno, o jaké veličiny se jedná. Zaměřil jsem se na veličiny vypovídající o ekonomice provozu vozidla. Ve druhé kapitole jsem provedl analýzu měřících metod, jejich výpočet a možnost praktické realizace. Dále ve třetí kapitole byl proveden návrh základního hardwaru měřící a zobrazovací jednotky. Veškeré součástky a zapojení jednotlivých bloků byly voleny podle předem stanovených kritérií. Na základě návrhu druhé a třetí kapitoly byl sestaven funkční vzorek s uživatelsky přívětivým prostředím s následujícími parametry:

- Zobrazované veličiny: rychlost, maximální rychlost, napětí baterie, okamžitá spotřeba, vnitřní a venkovní teplota, celkové spotřebované palivo, ujetá vzdálenost
- Grafy: rychlosti a okamžité spotřeby
- Zobrazení datumu a času, analogově nebo digitálně
- Záznam vybraných veličin na SD kartu ve formátu txt
- Stejnosměrné napájecí napětí 7 až 12 V.
- Proudový odběr přibližně 300 mA.

Tímto problémem měření spotřeby se zabývám již delší dobu, kde první verze zařízení byla pojata jako palubní počítač pro měření okamžité spotřeby, bez možnosti záznamu naměřených dat s alfanumerickým displejem. Celé zařízení bylo testováno a provozováno 6 měsíců ve vozidle Opel Vectra A, kde byly ověřeny metody měření. Druhá verze zařízení byla pojata spíše jako záznamové zařízení provozních veličin s inteligentním LCD. Zařízení bylo navrhováno velice univerzálně, tak aby bylo možno ho použít ve všech spalovacích motorech s elektronickým jedno nebo vícebodovým vstřikovacím systémem. V menu je možnost nastavení konstant (průtok [ml/s], tachometr [imp/km]) důležitých pro výpočet aktuální spotřeby pro různé typy vozidel.

Při testování zařízení se projeví některé nedokonalosti, jako je nevhodně zvolená obnovovací frekvence údaje rychlosti, která způsobuje viditelné skokové změny ručičky tachometru. Dále z hlediska celkové spotřeby zařízení by bylo lepším řešením použít pro napájecí část spínaný zdroj (DC-DC, step down). Značným nedostatkem u použitého zdroje se spojitým stabilizátorem (7805) je velký ztrátový výkon.

Zařízení je možné rozšířit o další teplotní čidla pro měření teploty motoru, oleje nebo například i o čidlo pro měření tlaku (např. nasávaného vzduchu).

Při porovnání výsledků mé bakalářské práce se zadáním , je možné konstatovat, že se mi povedlo splnit všechny body zadání.

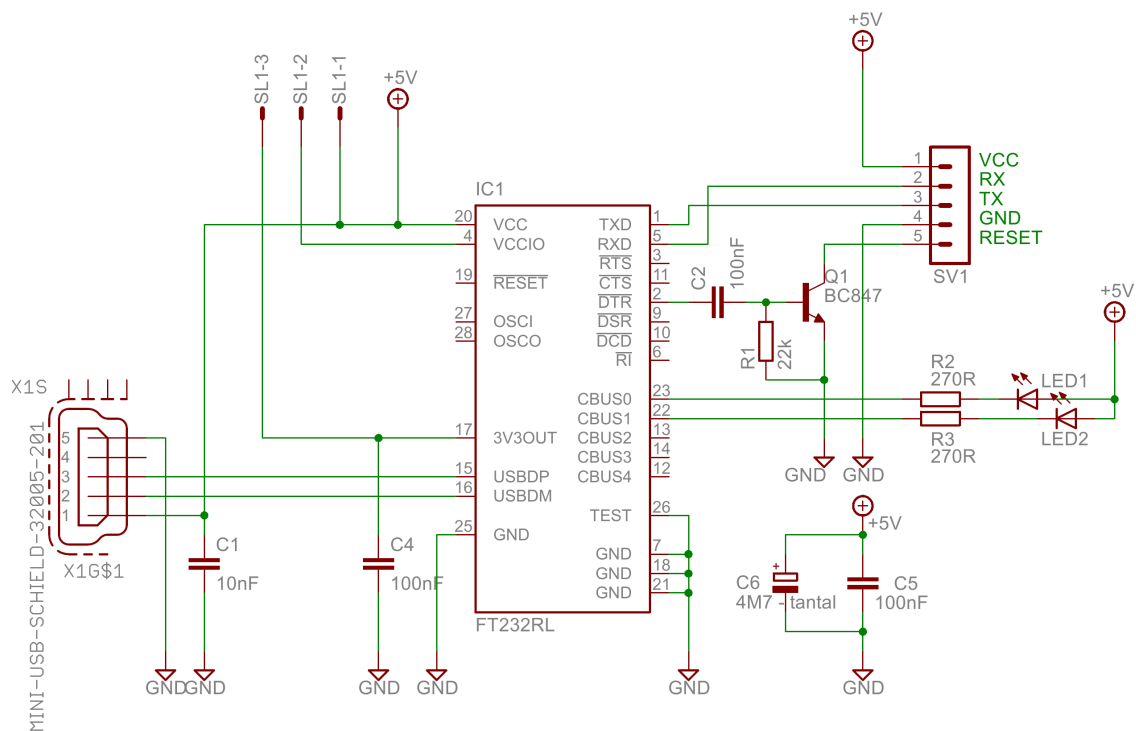
Literatura

- [1] LCD-28PT(GFX). *LCD Display Module* [online]. Australia: Copyright 2011, 4D Systems. Poslední změna 7.12.2011 [cit. 2.6.2012]. Dostupné z: [http://www.4dsystems.com.au/downloads/4DGL-Display-Modules/uLCD-28-PT\(GFX\)/Docs/uLCD-28PT-GFX-DS-rev4.pdf](http://www.4dsystems.com.au/downloads/4DGL-Display-Modules/uLCD-28-PT(GFX)/Docs/uLCD-28PT-GFX-DS-rev4.pdf)
- [2] Picaso-GFX. *Embedded 4DGL Graphics Controller* [online]. Australia: Copyright 2012, 4D Systems. Poslední změna 20.02.2012 [cit. 2.6.2012]. Dostupné z: <http://www.4dsystems.com.au/downloads/Semiconductors/PICASO-GFX2/Docs/PICASO-GFX2-DS-rev4.pdf>
- [3] Picaso-GFX. *Internal 4DGL Function* [online]. Australia: Copyright 2012, 4D Systems. Poslední změna 20.02.2012 [cit. 2.6.2012]. Dostupné z: <http://www.4dsystems.com.au/downloads/Semiconductors/PICASO-GFX2/Docs/PICASO-GFX2-4DGL-Internal-Functions-rev4.pdf>
- [4] 4DGL *Programmers Reference Manual* [online]. Australia: Copyright 2012, 4D Systems. Poslední změna 21.3.2012 [cit. 2.6.2012]. Dostupné z: <http://www.4dsystems.com.au/downloads/4DGL-Docs/4DGL-Programmers-Reference-Manual-rev4.pdf>
- [5] 4D Workshop3. *User Guid* [online]. Australia: Copyright 2011, 4D Systems. Poslední změna 18.11.2011 [cit. 2.6.2012]. Dostupné z: <http://www.4dsystems.com.au/downloads/Software/4DGL-Workshop3-IDE/4D-Workshop3-IDE-User-Guide-rev4.pdf>
- [6] Atmega644. *AVR Microcontroller* [online]. Brazil: Copyright 2007, Atmel Corporation. Poslední změna 8.07.2011 [cit. 2.6.2012]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/dokumentace/958/958-155/dsh.958-155.1.pdf>
- [7] DS1302. *Trickle-Charge Timekeeping Chip* [online]. California: Copyright 2004, Maxim. Poslední změna 2004 [cit. 2.6.2012]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/dokumentace/433/433-112/dsh.433-112.1.pdf>
- [8] LM7805. *Positive voltage regulator* [online]. Texas: Copyright 2003, Texas Instruments Incorporate. Poslední změna kveten 2003 [cit. 2.6.2012]. Dostupné z: <http://www.sparkfun.com/datasheets/Components/LM7805.pdf>

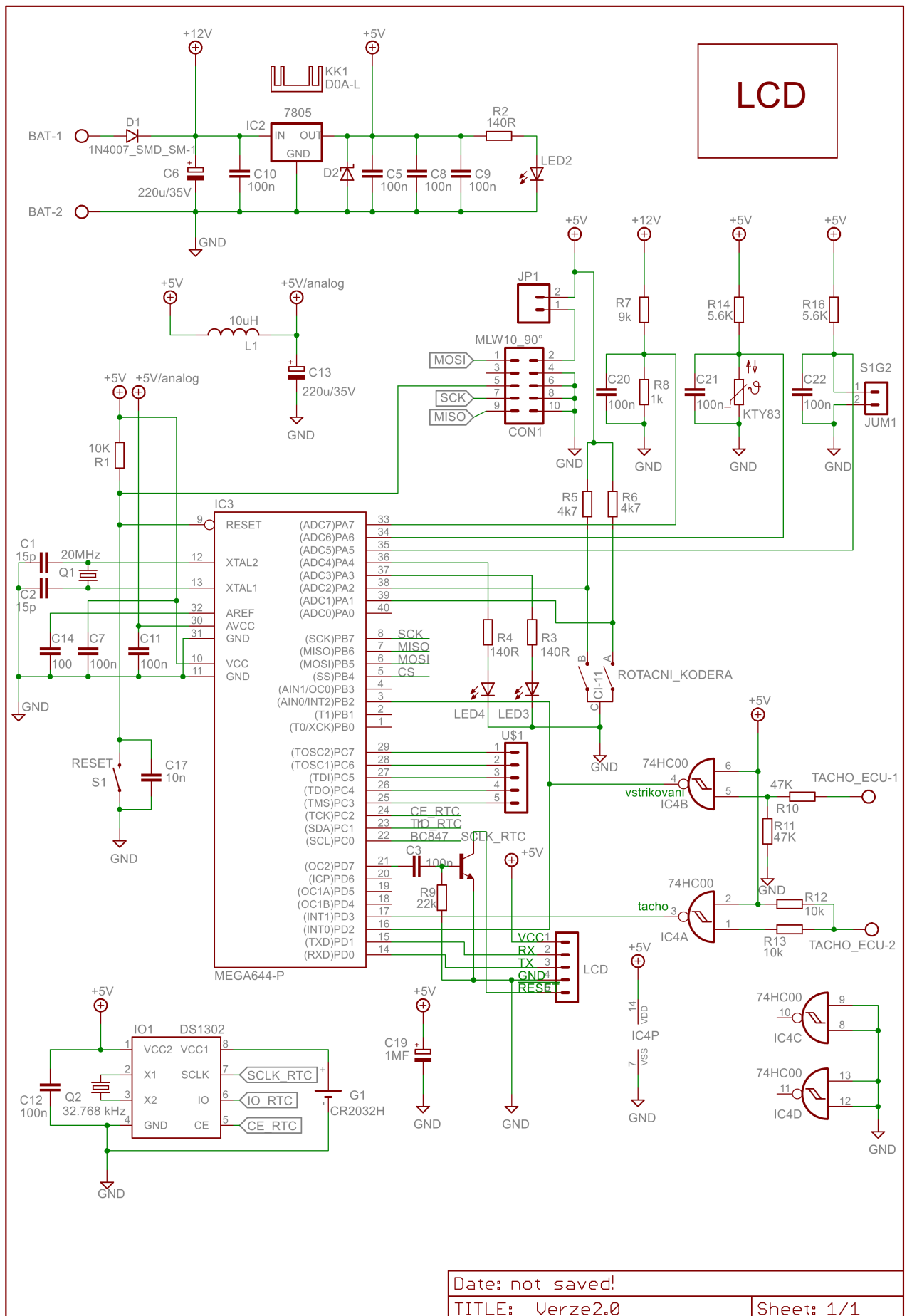
- [9] *NTC termistor* [online]. United States: Copyright 2008, Vishay Intertechnolog. Poslední změna 18.07.2008 [cit. 2.6.2012]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/dokumentace/118/118-084/dsh.118-084.1.pdf>
- [10] USBasp. *USB programmer for Atmel AVR controllers* [online]. Germany: Copyright 2000, Fisch und Fischl GmbH. Poslední změna 2012 [cit. 2.6.2012]. Dostupné z: <http://www.fundf.net/usbasp/>
- [11] Fedor auto. *Vstřikovací systém* [online]. Copyright 2012. [cit. 2.6.2012]. Dostupné z: <http://www.asnu.cz/index.php>
- [12] Měření teploty. *Polovodičové odporové senzory teploty*. [online]. Copyright 2004. Poslední změna 19.08.2004 [cit. 3.6.2012]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/mereni-teploty-polovodicove-odporove-senzory-teploty.html>
- [13] Řídící jednotka MULTEC. *Schéma zapojení*. [online]. [cit. 4.6.2012]. Dostupné z: <http://www.opelastra.cz/technika/schemata/schema2.jpg>

Příloha A

Schémata zapojení



Obr. A.1: Schéma zapojení programátoru pro LCD

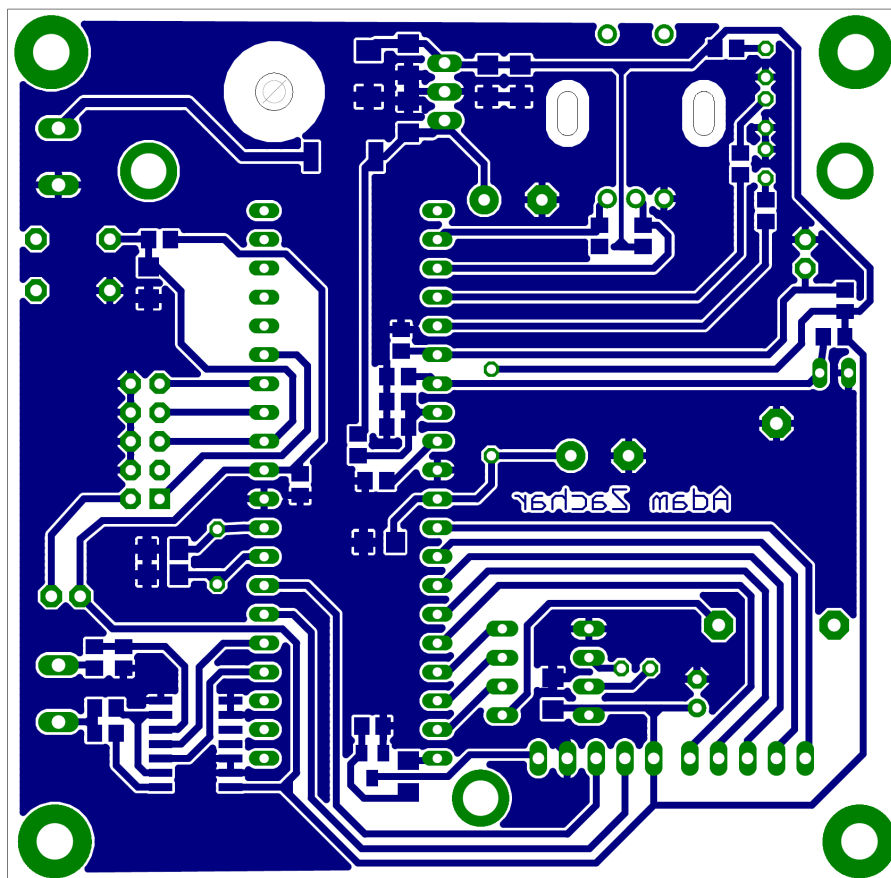


Date: not saved!
 TITLE: Verze2.0
 Sheet: 1/1

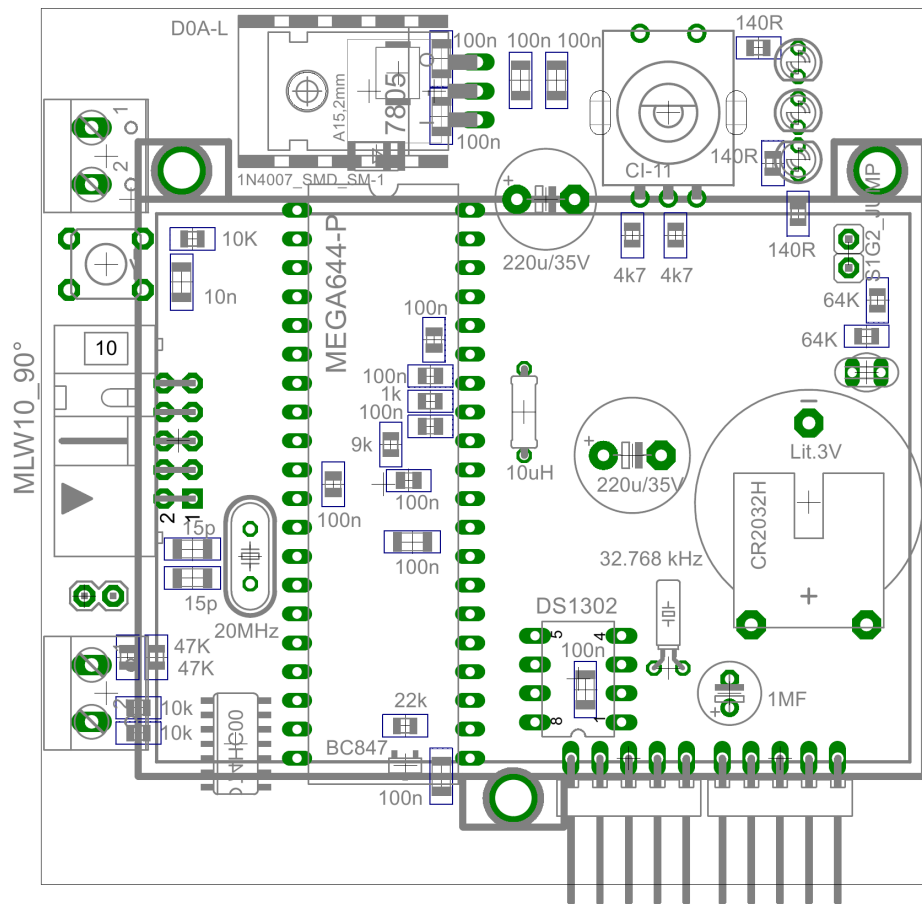
Obr. A.2: Schéma zapojení měřícího zařízení
 28

Příloha B

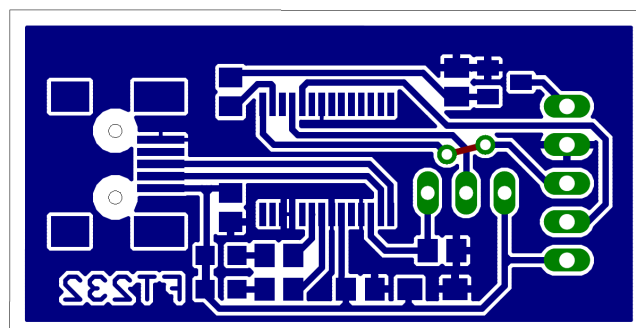
Desky plošných spojů



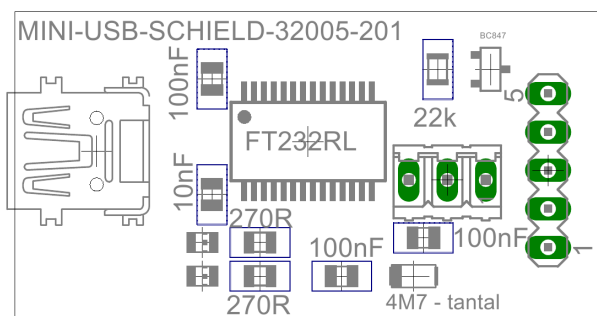
Obr. B.1: Deska plošných spojů měřícího zařízení



Obr. B.2: Osazovací plánec desky plošných spojů měřicího zařízení



Obr. B.3: Deska plošných spojů programátoru pro LCD



Obr. B.4: Osazovací plánec desky plošných spojů programátoru

Příloha C

Zdrojové kódy

Zdrojové kódy Atmega644 a LCD'28PT jsou umístěné na CDROM