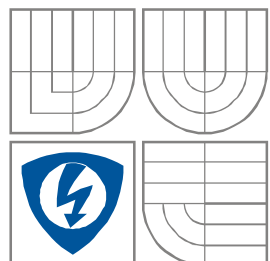




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A
KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND
COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

PALUBNÍ POČÍTAČ PRO MOTOCYKL MOTORCYCLE ON-BOARD COMPUTER

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. TOMÁŠ HADWIGER

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. VÁCLAV RŮŽEK

BRNO 2011



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav radioelektroniky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Elektronika a sdělovací technika

Student: Bc. Tomáš Hadwiger
Ročník: 2

ID: 100275
Akademický rok: 2010/2011

NÁZEV TÉMATU:

Palubní počítač pro motocykl

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Podrobně prostudujte sortiment nabízených palubních počítačů pro motocykly. Zjistěte, jaké jsou možnosti měření spotřeby, rychlosti, otáček motoru, teploty. Vyberte vhodný GPS modul, ze kterého budou získávány údaje o poloze motocyklu. Navrhněte koncepci celého zařízení založenou na 8-bitovém mikrokontroléru, dotykovém displeji, potřebných měřicích prvcích a jednotce GPS. Vyberte též vhodný způsob ukládání informací o jízdě a poloze motocyklu (eeprom, paměťová karta, ...).

Na základě předchozí práce systém HW realizujte, při návrhu dbejte zejména na nízkou spotřebu zařízení a jeho mechanickou odolnost.

Navržený systém vybavte příslušným řídicím programem v jazyce C realizujícím veškerá měření, záznam dat a přenos zaznamenaných informací do PC ve vhodném formátu. Vyroberte výsledný funkční vzorek zařízení a tento podrobte praktickému ověření funkce a spolehlivosti.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] MANN, B. C pro mikrokontroléry. Praha : BEN - technická literatura, 2004.
- [2] MATOUŠEK, D. Práce s mikrokontroléry Atmel AVR. Praha: BEN - technická literatura, 2003.

Termín zadání: 7.2.2011

Termín odevzdání: 20.5.2011

Vedoucí práce: Ing. Václav Růžek

prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida
Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

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

Abstrakt

Předmětem práce je konstrukce palubního počítače pro motocykl. Návrh zařízení vychází z parametrů palubních počítačů dostupných na trhu. Oproti komerčně nabízeným modelům umožňuje měření spotřeby a stanovení polohy motocyklu pomocí GPS. Standardně měří rychlost, ujetou vzdálenost, otáčky a teplotu motoru. Palubní počítač je řízen dvojicí osmibitových mikrokontrolérů od firmy AVR. Naměřená data zobrazuje grafický LCD display, ovládání je umožněno pomocí dotykového displeje.

Klíčová slova

Palubní počítač pro motocykl, měření rychlosti, měření otáček, měření ujeté vzdálenosti, měření spotřeby, záznam GPS souřadnic.

Abstrakt

My thesis deals with the construction of on-board computers for a motorcycle. The scheme is based on the parameters of onboard computers appearing on the market. In comparison with the models, which are offered commercially it also allows measurement of the motorcycle's fuel consumption and location by using GPS. On-board computer measures speed, traveled distance, motor speed and engine temperature. It is controlled by a pair of eight-bit AVR microcontrollers. The measured data are showed by a graphical LCD display with touch screen.

Keywords

On-board computer for a motorcycle, motorcycle speed, motor speed measurement, travel distance measurement, fuel consumption, GPS coordinates record.

HADWIGER, T. *Palubní počítač pro motocykl*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011. 77 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Václav Růžek.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma „Palubní počítač pro motocykl“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího semestrálního projektu a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením tohoto projektu 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 § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 15. května 2011

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Václavu Růžkovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne 15. května 2011

.....
podpis autora

Obsah:

1 Úvod	10
2 Sortiment palubních počítačů nabízených na trhu	11
2.1 Palubní počítače nabízené jako samostatné jednotky	11
2.2 Palubní počítače nabízené jako součást motocyklu	17
2.3 Shrnutí parametrů palubních počítačů nabízených na trhu	18
3 Parametry navrhovaného palubního počítače.....	19
3.1 Návrh řešení.....	19
4 Způsoby měření jednotlivých veličin	20
4.1 Měření rychlosti.....	20
4.1.1 Realizace měření rychlosti	21
4.2 Měření ujeté vzdálenosti	21
4.3 Měření otáček motoru	22
4.3.1 Realizace snímače otáček	24
4.4 Měření spotřeby	25
4.4.1 Základní pojmy	26
4.4.2 Typy průtokoměrů	26
4.4.3 Popis použitého průtokoměru	27
4.5 Měření teploty.....	29
4.5.1 Odporové snímače teploty	29
4.5.2 Polovodičové odporové snímače.....	30
4.5.3 Dynamické vlastnosti	31
4.5.4 Vyhodnocování změn odporů snímačů	31
4.5.5 Použití odporových snímačů	31
4.5.6 Realizace měření teploty.....	31
4.6 Připojení jednotlivých snímačů k pinům mikrokontroléru Atmega16.....	34
5 Koncepce palubního počítače.....	36
5.1 Použité komponenty.....	37
5.2 Display a touch screen	37
5.2.1 Display	37
5.2.2 Touch screen	38
5.3 Paměťová SD karta	41
5.4 GPS modul.....	43
5.4 Menu palubního počítače	43
6 Programové vybavení.....	47
6.1 Měření rychlosti.....	47
6.2 Měření ujeté vzdálenosti	48
6.3 Měření otáček motoru	48
6.4 Měření spotřeby	49
6.5 Měření teploty.....	51
6.6 Výpis hlavní obrazovky na display.....	52
6.7 Touch screen.....	53
6.8 Menu	55
6.9 GPS modul.....	56
7 Závěr	59
8 Seznam použité literatury	60
Seznam příloh	62

Seznam obrázků:

Obr. 2.1 ACEWELL ACE-3853	11
Obr. 2.2 ACE 3701	12
Obr. 2.3 ACE 1600	13
Obr. 2.4 RXIN Tachometr a otáčkoměr	13
Obr. 2.5 D4-CC	14
Obr. 2.6 RX2	15
Obr. 2.7 ACE 1100	15
Obr. 2.8 V-ROD	16
Obr. 2.9 Moto Guzzi Breva V1100	17
Obr. 4.1 Indukční snímač rychlosti	20
Obr. 4.2 Zapojení snímače rychlosti a ujeté vzdálenosti	21
Obr. 4.3 Magnetický snímač otáček	22
Obr. 4.4 Indukční otáčkoměr	23
Obr. 4.5 Fotoelektrické snímače otáček	23
Obr. 4.6 Schéma zapojení otáčkoměru	25
Obr. 4.7 Snímače průtoku; a) lopatkový, b) turbínový	26
Obr. 4.8 Schéma zapojení průtokoměru	27
Obr. 4.9 Závislost počtu pulsů na objemovém průtoku	29
Obr. 4.10 Závislost odporu teplotního čidla na teplotě	32
Obr. 4.11 Závislost napětí na rezistoru R_1 na teplotě	32
Obr. 4.12 Zapojení odporového děliče pro měření teploty motoru	33
Obr. 4.13 Připojení jednotlivých snímačů k mikrokontroléru ATmega16	35
Obr. 5.1 Blokové schéma palubního počítače	36
Obr. 5.2 Schéma zapojení LCD	38
Obr. 5.3 Ukázka výpisu na LCD display	38
Obr. 5.4 Blokový diagram analogového komparátoru	39
Obr. 5.5 Schéma zapojení touch screenu	40
Obr. 5.6 Schéma zapojení paměťové SD karty	42
Obr. 5.7 Schéma zapojení GPS modulu	43
Obr. 5.8 Ukázka menu palubního počítače	44
Obr. 5.9 Ukázka menu palubního počítače	44
Obr. 5.10 Ukázka menu palubního počítače	45
Obr. 5.11 Ukázka menu palubního počítače	45
Obr. 5.12 Ukázka menu palubního počítače	46
Obr. 5.13 Ukázka menu palubního počítače	46
Obr. 6.1 Vývojový diagram měření rychlosti a ujeté vzdálenosti	47
Obr. 6.2 Vývojový diagram měření otáček	49
Obr. 6.3 Vývojový diagram měření spotřeby	50
Obr. 6.4 Vývojový diagram měření teploty	52
Obr. 6.5 Vývojový diagram touch screenu	53
Obr. 6.6 Stavový diagram menu	56
Obr. 6.7 Vývojový diagram měření komunikace s GPS modulem	57
Obr. P1 Schéma hlavní desky	63
Obr. P2 Motiv plošného spoje hlavní desky bottom	64
Obr. P3 Motiv plošného spoje hlavní desky top	64
Obr. P4 Osazení plošného spoje hlavní desky bottom	65

Obr. P5 Osazení plošného spoje hlavní desky top	65
Obr. P6 Osazený plošný spoje hlavní desky bottom	67
Obr. P7 Osazený plošný spoje hlavní desky top	67
Obr. P8 Schéma desky napájení a měření	68
Obr. P9 Motiv plošného spoje desky napájení a měření bottom	69
Obr. P10 Motiv plošného spoje desky napájení a měření top.....	69
Obr. P11 Osazení plošného spoje desky napájení a měření bottom.....	70
Obr. P12 Osazení plošného spoje desky napájení a měření top.....	70
Obr. P13 Osazený plošný spoje desky napájení a měření bottom	72
Obr. P14 Osazený plošný spoje desky napájení a měření top	72
Obr. P15 Zkompletovaný palubní počítač	73
Obr. P16 Zkompletovaný palubní počítač	73
Obr. P17 Zkompletovaný palubní počítač	75
Obr. P18 Motiv plošného spoje desky průtokoměru top	75
Obr. P19 Osazení plošného spoje desky průtokoměru top.....	75
Obr. P20 Pohled z hora.....	77
Obr. P21 Pohled z boku	77

Seznam tabulek:

Tab. 4.1 Závislost počtu pulsů na objemovém průtoku	29
Tab. 4.1 Závislost odporu tepl. čidla, napětí na R_1 a hodnotě A/D převodníku na teplotě.....	32

1 Úvod

Předmětem mé diplomové práce je návrh a konstrukce palubního počítače pro motocykl. Podkladem pro návrh vlastního zařízení se staly parametry palubních počítačů dostupných na trhu. Studium problematiky palubních počítačů bylo předmětem prvního semestrálního projektu, seznámení se s měřením všech potřebných veličin (rychlost, ujetá vzdálenost, otáčky či spotřeba), se stalo náplní druhého semestrálního projektu. Byla zde také rozvedena problematika výběru vhodného GPS modulu, grafického displeje a navržena základní koncepce palubního počítače pro motocykl. Zde bylo nastíněno i možné řešení problematiky měření jednotlivých veličin.

Na uvedené semestrální projekty navazuje tato diplomová práce. V ní je již řešen návrh celého zařízení a programové vybavení palubního počítače.

Mimo již zmíněná základní měření je zařízení schopno získat pomocí GPS modulu souřadnice, na kterých se motocykl nachází. Tyto souřadnice bude možno ukládat na paměťovou kartu typu SD.

Palubní počítač je řízen dvěma osmibitovými mikrokontroléry. Naměřená data jsou zobrazována na grafickém LCD displeji s touch screenem, pomocí kterého může uživatel v jednoduchém menu provést základní nastavení palubního počítače.

2 Sortiment palubních počítačů nabízených na trhu

Komerčně vyráběné palubní počítače jsou dostupné ve specializovaných obchodech s příslušenstvím pro motocykly. Výrobců je jen několik, takže výběr modelů není moc velký.

Dalším z důvodů jejich ne moc rozsáhlého využívání je poměrně vysoká cena palubních počítačů, zvláště pak těch lepších modelů.

2.1 Palubní počítače nabízené jako samostatné jednotky

ACEWELL ACE-3853



Obr. 2.1 ACEWELL ACE-3853

Výrobce: Acewell

Funkce:

- tachometr (rychlost do 300 km/h)
- otáčkoměr (analogový i digitální údaj otáček)
- denní a celkové počítadlo km
- průměrná a nejvyšší rychlost
- jízdní čas a celkový čas jízdy

LCD displej má dva digitální řády, analogovu grafiku. Modré podsvícení. Celkový stav najetých kilometrů a doba jízdy zůstanou uloženy i po přerušení napájení. Aby bylo možno měřit rychlost, je nutno do palubního počítače zadat průměr předního kola (1 - 3999 mm). Údaje o rychlosti jsou uvedeny v kilometrech nebo v mílech. Je vodě odolný. Zobrazuje denní čas.

Otáčkoměr: napojení na CDI nebo zapalovací cívku (možnost nastavení počtu otáček motoru na jeden impuls generovaný zapalovací cívkou a nastavení maximálních otáček).

Kontrolky: blinkrů, mazání, neutrálu, dálkových světel a výstraha. Ukazatel množství paliva v nádrži.

Cena: 3400 Kč

Podrobnější informace na internetových stránkách [1].

ACE 3701



Obr. 2.2 ACE 3701

Výrobce: Acewell

Funkce:

- tachometr (rychlost do 300km/h)
- otáčkoměr (analogový i digitální údaj otáček)
- denní a celkové počítadlo km
- průměrná a nejvyšší rychlost
- jízdní čas a celkový čas jízdy

LCD displej má dva digitální řády, analogovu grafiku. Modré podsvícení. Celkový stav kilometrů a doba jízdy zůstanou uloženy i po přerušení napájení. Nastavitelný na velikosti kol od průměru 1 až 3999 mm, údaje v kilometrech nebo v mílích. Vodě odolný. Kontrolky blinkrů vpravo a vlevo, dálkové světlo, neutrál.

Cena: 3200 Kč

Podrobnější informace na internetových stránkách [2].

ACE 1600



Obr. 2.3 ACE 1600

Výrobce: Acewell

Funkce:

- tachometr
- otáčkoměr (nastavitelný rozsah otáček do 10 000 ot/min nebo 20 000 ot/min)
- stav paliva (3 možnosti vložení odporu 100, 250 a 500 Ω)
- teplota
- paměť až 50 mezičasů

Na displeji se zobrazují otáčky, rychlost, stav paliva nebo teplota. Napájení přístroje pomocí zabudované CR2032 baterie, i baterií z motocyklu. Zabudovaná signalizace řazení a indikace přehřátí pomocí LED kontrolky. Údaj o motohodinách a ujetých kilometrech je stále uložen v paměti. Možnost nastavit počáteční stav kilometrů s možnou editací do ujetých 30 km. Po překročení této hranice již není možno stav kilometrů měnit. Podsvícení je bílé.

Cena: 2 530 Kč

Podrobnější informace na internetových stránkách [3].

RX1N Tachometr a otáčkoměr



Obr. 2.4 RXIN Tachometr a otáčkoměr

Výrobce: Koso

Funkce:

- tachometr (rozsah rychlostí 0 až 360 km/h, 0 až 332 MPH, záznam nejvyšší dosažené rychlosti)
- otáčkoměr (až do 15 000 ot./min)
- ujeté kilometry (0 až 99999,9 km (míle))
- měření teploty vody a oleje (0 až 120°C; 32 až 248°F); varovný signál teploty vody a oleje 60 až 120 °C)
- palivoměr (10 stupňů, 1 stupeň znamená 10% paliva; nastavení odporu čidla paliva 100 Ω a 510 Ω)

Nastavení varovného signálu v rozmezí 30 až 180 km/h (20 až 110 MPH). Neonové podsvícení. Nastavení obvodu kola od 1000 do 2500 mm. Nastavení typu motoru a počtu válců. Efektivní rozsah teploty -10 až +60°C. Rozměry: 151,8 x 81,5 x 52,5 mm. Hmotnost 212 g .

Indikátory: neutrálu, dálkových světel, oleje, nepřiměřené rychlosti.

Cena: 6.390 Kč

Podrobnější informace na internetových stránkách [4].

D4-CC



Obr. 2.5 D4-CC

Výrobce: GPT Engineering

Funkce:

- tachometr
- otáčkoměr (upozornění na maximální otáčky a na optimální řazení)
- měření teploty vody
- digitální časomíra
- indikace zařazeného rychlostního stupně

Digitální přístrojová deska pro závodní i běžné motocykly. Možnost napojení infračerveného měřiče kol (měří jejich počet). Možnost napojení na laptop pro případné zobrazení naměřených údajů.

Cena: 9.600 Kč

Podrobnější informace na internetových stránkách [5].

RX2



Obr. 2.6 RX2

Výrobce: Koso

Funkce:

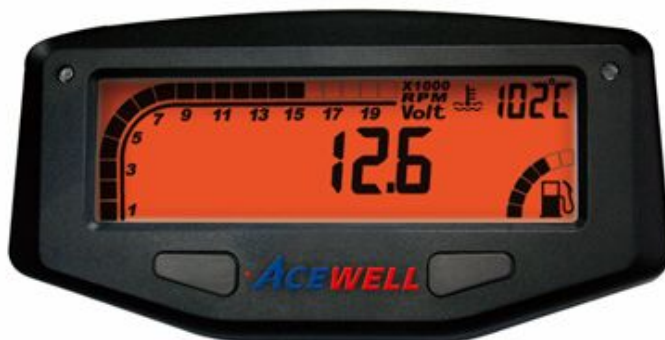
- tachometr
- otáčkoměr (ručičkový, lépe znázorňuje počet otáček za minutu)

Podsvícení otáčkoměru s možností volby barvy. Funkce MAX power test vypíše maximální rychlost, čas a ujetou vzdálenost, kterou motocyklista dosáhl. Funkce pro měření jízdy na okruhu ukazuje rychlost motocyklu a zbývající čas do dosažení cíle. Umožňuje zjistit ujetou a zbývající vzdálenost. Možnost světelného upozornění na předem stanovenou rychlost.

Cena: 7700 Kč

Podrobnější informace na internetových stránkách [6].

ACE 1100



Obr. 2.7 ACE 1100

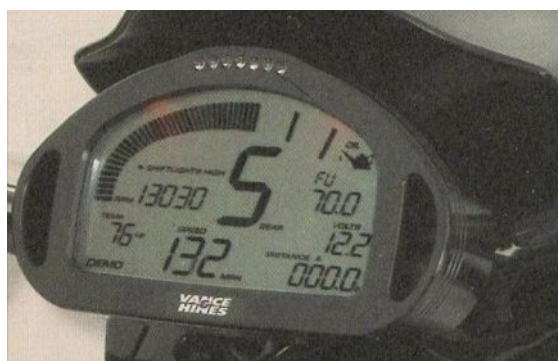
Funkce:

- tachometr
- otáčkoměr (nastavitelný do 10 000 nebo 20 000 ot./min)
- motohodiny (stále uloženy v paměti)
- teploměr
- měření palubního napětí
- ukazatel stavu paliva
- signalizace řazení a přehřátí pomocí LED diod
- palivoměr (tři možnosti vložení, odpor 100, 250 a 500 Ω)
- hodiny

Pro napájení má i svou baterii. Dva formáty času 12/24.

Cena: 2110 Kč

Podrobnější informace na internetových stránkách [7].

V-ROD

Obr. 2.8 V-ROD

Funkce:

- tachometr (v mílích i kilometrech)
- měření teploty
- ukazatel stavu baterie
- otáčkoměr
- signalizace světel a blinkrů
- signalizace zařazeného rychlostního stupně

Možnost změny podsvícení

Cena: 42 100 Kč

Podrobnější informace na internetových stránkách [8].

2.2 Palubní počítače nabízené jako součást motocyklu

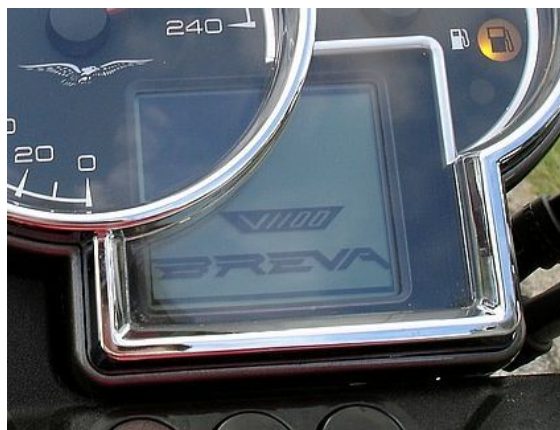
Mezi velkými světovými výrobci motocyklů vybavují své stroje palubním počítačem nejvíce BMW, KTM a některé italské značky. S palubním počítačem se můžeme setkat u následujících motocyklů:

BMW R1200RT, BMW K1200LT, BMW K1300R, BMW K1200GT, BMW R1200ST KTM 990 Adventure.

Jedná se obvykle o velká cestovní endura, konstruovaná na dálkové cesty, kde je možno například nejvíce využít možnosti měření spotřeby.

Dalším typem motocyklů s palubními počítači jsou závodní a rychlé silniční stroje. U nich je primární funkcí palubního počítače měření a následné ukládání časů jednotlivých kol zajetých na závodním okruhu, měření otáček a rychlosti.

Moto Guzzi Breda V1100



Obr. 2.9 Moto Guzzi Breda V1100

Funkce:

- tachometr (zaznamenání maximální dosažené rychlosti)
- otáčkoměr
- měření průměrné a okamžité spotřeby
- měření teploty vzduchu
- stopky s mezičasy
- dva trimetry s měřením čistého času jízdy

Pomocí počítače je možné nastavit celou řadu vlastních funkcí – např. při kolika otáčkách má zablikat kontrolka řazení na otáčkoměru, v jakých jednotkách mají být zobrazovány údaje, také umožňuje vyvolání menu diagnostiky. Do počítače je možno nahrát novou verzi programového vybavení.

Cena: v rámci ceny motocyklu

Podrobnější informace na internetových stránkách [9].

2.3 Shrnutí parametrů palubních počítačů nabízených na trhu

Základními funkcemi všech palubních počítačů je měření rychlosti (údaje mohou být mnohdy zobrazeny v kilometrech či mílích za hodinu, některé typy umožňují zobrazení nejvyšší dosažené rychlosti), otáček motoru a nastavení průměru předního kola (z důvodu vyhodnocování rychlosti a ujeté vzdálenosti). Mnoho z nich měří i teplotu. Dalšími funkcemi jsou například palivoměr či měření časů kol při jízdě na okruhu. Některé modely mají zabudované indikace blinkrů, zapnutého dálkového světla nebo zařazeného neutrálu. Dražší modely zobrazují i aktuálně zařazený rychlostní stupeň. Displeje jsou podsvícené, aby se z nich údaje daly odčítat i za tmy. Několik modelů palubních počítačů zaznamenává i motohodiny.

Některé modely mají zabudovanou vlastní baterii, aby nedošlo ke ztrátě dat v případě odpojení akumulátoru motocyklu. Dražší modely umožňují propojení s počítačem či aktualizaci firmware.

Cenové rozmezí jednotlivých modelů je od 2500 Kč do více jak 40 000 Kč.

3 Parametry navrhovaného palubního počítače

Parametry palubního počítače, který bude výsledkem mé diplomové práce jsou následující:

- měření rychlosti
- měření otáček motoru
- měření ujeté vzdálenosti
- měření spotřeby
- měření teploty oleje
- získání a ukládání GPS souřadnic, na kterých se motocykl nacházel

Měření otáček a rychlosti umožňují všechny palubní počítače na trhu. Ostatní měření umožňují jen vybrané dražší typy. Pouze několik počítačů umožňovalo měřit spotřebu motocyklu. Spotřeba je v dnešní době rostoucích cen pohonných hmot klíčová, z tohoto důvodu byla možnost měření spotřeby zahrnuta do parametrů navrhovaného palubního počítače. Jeho další předností bude možnost zobrazení a ukládání aktuální pozice motocyklu pomocí systému GPS. S touto možností jsem se u žádného z palubních počítačů dostupných na trhu nesetkal. Při zkopírování těchto dat do počítače bude možno při použití programu s mapami, který umožňuje pracovat s GPS souřadnicemi, zobrazit průběh trasy, kterou motocykl za sledované období projel.

3.1 Návrh řešení

Palubní počítač bude obsahovat dvojici 8-bitových mikrokontrolérů, přičemž jeden bude vyhodnocovat data z měřících snímačů rychlosti, ujeté vzdálenosti, otáček, teploty a průtoku (pro stanovení spotřeby). Tato data budou vyhodnocena a následně odeslána pomocí sériové linky hlavnímu mikrokontroléru, který bude obsluhovat dotykový grafický LCD display zobrazující naměřená data. Hlavní mikrokontrolér bude též komunikovat pomocí sériové linky i s GPS modulem a data z něj pořízená ukládat na SD kartu, kterou palubní počítač bude obsahovat.

Údaje o rychlosti a ujeté vzdálenosti bude možno zobrazovat v kilometrech za hodinu. Dále se bude do přístroje zadávat průměr předního kola, ze kterého se pořizují údaje o rychlosti a ujeté vzdálenosti. Dalším nastavitelným parametrem bude typ motoru motocyklu, který je nutno znát pro měření otáček.

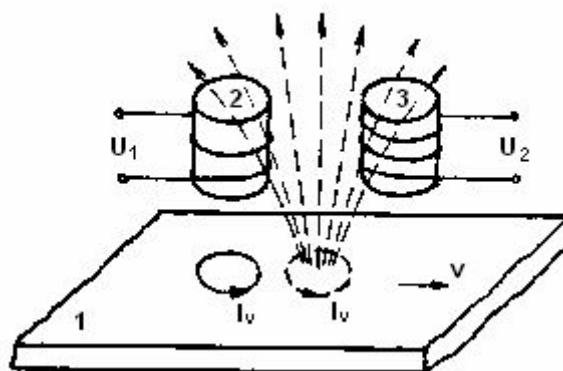
4 Způsoby měření jednotlivých veličin

Následující poznatky a obrázky v této kapitole vycházejí převážně z publikací [10] a [11], ve kterých je možno se o dané problematice dozvědět podrobnější informace.

4.1 Měření rychlosti

Indukční měření rychlosti

Tento typ měření využívá vířivých proudů. Princip měření je znázorněn na obrázku 4.1. Budící cívka 2 spolu s měřicí cívkou 3 jsou umístěny před elektricky vodivou deskou, která se nepohybuje. Střídavé napětí připojené na budící cívku vytváří magnetické pole, které prochází deskou 1 a vytváří v ní vířivé proudy I_v . V měřicí cívce je indikováno počáteční střídavé napětí. Při pohybu desky ještě navíc vzniká další napětí U_2 . Tento typ měření se používá jen do otáček 2000 ot./min otáčejícího se kola.



Obr. 4.1 Indukční snímač rychlosti [10]

Snímače s Hallovou sondou

Měření rychlosti je realizováno pomocí permanentního magnetu umístěného na otáčejícím se kole (například předním kole motocyklu) a Hallovy sondy umístěné napevno nedaleko od něj (například na jednom z předních tlumičů motocyklu). Podrobněji je princip tohoto měření popsán v následující podkapitole věnované měření otáček.

Zhodnocení:

Pro potřeby měření rychlosti palubním počítačem bude využit snímač, který se používá v tachometrech na jízdní kolo – viz. kapitola 4.1.1. Jeho konstrukce je jednoduchá a spolehlivá. Při jeho montáži se nebude muset zasahovat do konstrukce motocyklu.

4.1.1 Realizace měření rychlosti

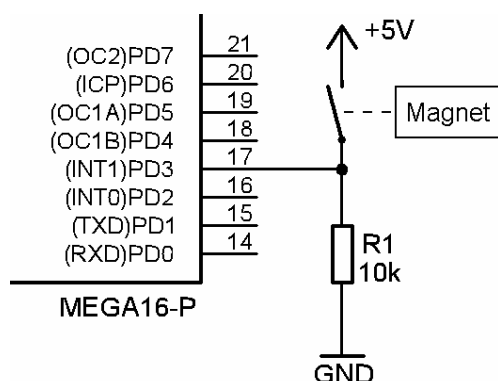
Pro měření rychlosti je využito stejného principu, jakého je použito v klasických tachometrech na jízdní kolo.

Na jeden z paprsků výpletu kola se umístí malý permanentní magnet a na přední vidlici se přichytí snímač magnetického pole. Použitý snímač se skládá ze dvou plíšků, z nichž jeden je magnetem přitahován. V okamžiku, kdy se magnet nachází v jeho bezprostřední blízkosti, je plíšek přitáhnut k druhému plíšku. Tím dojde k sepnutí elektrického obvodu. Při jízdě se tak vytváří pulsy, které je nutno jen čítat. Celý tento spínač je zapouzdřen v plastovém obalu tak, aby byl chráněn před poškozením.

Je použito stejného zapojení jako u klasického spínače tak, jak je znázorněno na obrázku 4.2. Pokud není spínač sepnut, je na pin INT1 přes rezistor R_1 přivedeno nulové napětí. Při sepnutí spínače (přiblížení se magnetu ke snímači) je na tento pin přivedeno napájecí napětí 5 V. Tímto způsobem je generován jeden puls a tento je indikován mikrokontrolérem (v programu je nastavena detekce nástupné hrany).

Po nastudování parametrů tachometru pro jízdní kolo bylo shledáno, že maximální možná rychlost, kterou je schopen změřit je dostatečná. Typ motocyklu, na který je palubní počítač navrhován, nepřekročí rychlost 170 km/h.

Se vzrůstající rychlostí se zlepšuje přesnost měření. A to díky většímu počtu pulsů za daný časový úsek (1 sec), ve kterém je rychlost vyhodnocována.



Obr. 4.2 Zapojení snímače rychlosti a ujeté vzdálenosti

Programové vybavení pro měření rychlosti je popsáno v kapitole 6.1.

4.2 Měření ujeté vzdálenosti

Pro měření ujeté vzdálenosti bude využit stejný snímač jako na měření rychlosti motocyklu. Princip, kterým tato sonda měří, je popsán v části tohoto textu věnovaném snímači rychlosti v předchozí podkapitole 4.1. Program realizující přepočty pulsů na ujetou vzdálenost je podobný tomu na měření rychlosti. Jeho zdrojový kód v jazyce C je popsán v kapitole 6.2.

4.3 Měření otáček motoru

Dle způsobu měření otáček dělíme snímače na:

- mechanické: odstředivé, rezonanční, třecí, hydraulické či pneumatické
- elektrické: dotykové a bezdotykové

V dnešní době se používají více elektrické snímače.

Dotykové snímače otáček

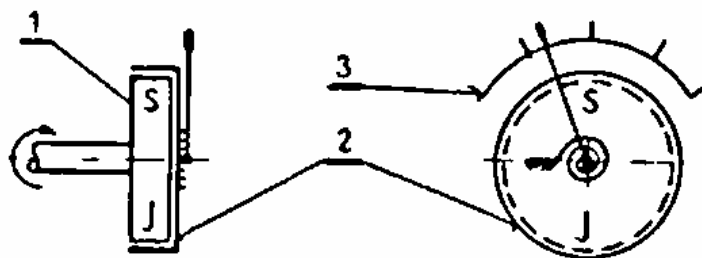
Používá se přímý mechanický kontakt. Měřený objekt je tedy měřením zatěžován. Tyto snímače mají omezený rozsah měření a jejich životnost není dlouhá. Jsou však levné.

Generátorové snímače otáček

Generují výstupní napětí úměrné otáčkám. Tato závislost je lineární, proto je možno pro jmenovitou zátěž oceňovat měřidlo přímo v otáčkách za minutu.

Magnetické snímače otáček

Tyto otáčkoměry detekují silové působení vířivých proudů. Jsou tvořeny magnetem 1, hliníkovým hrníčkem 2 a ukazatelem se stupnicí 3, jak je znázorněno na obrázku 4.3.



Obr. 4.3 Magnetický snímač otáček [10]

Bezdotykové snímače otáček

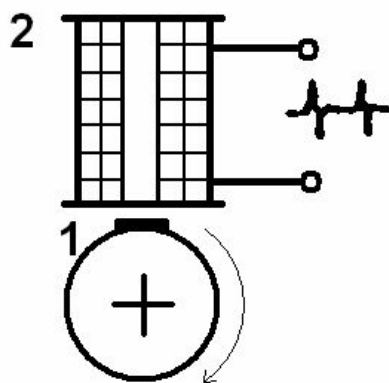
Jsou složitější ale přesnější než dotykové. Nezatěžují měřený objekt.

Stroboskopické snímače otáček

Tyto otáčkoměry využívají setrvačnosti lidského oka při krátkodobém vjemu. Jsou používány pro měření vyšších otáček než 20 000 ot./min.

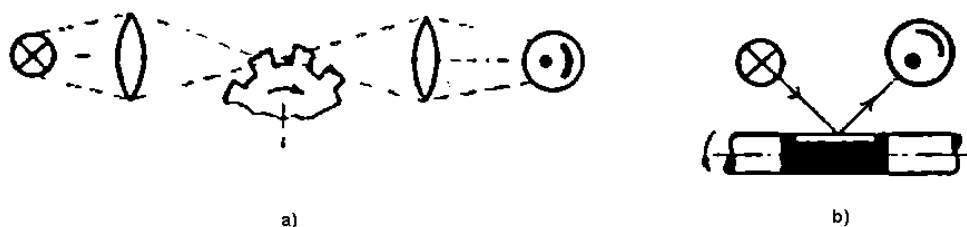
Indukční otáčkoměr

Na rotující hřídeli je umístěn permanentní magnet 1, který při otáčení indukuje v cínce 2, umístěné nedaleko hřídele pulsy. Počet těchto pulsů za jednotku času je závislý na rychlosti otáčení. Princip umístění jednotlivých částí je zobrazen na obrázku 4.4.



Obr. 4.4 Indukční otáčkoměr

Fotoelektrické snímače otáček



Obr. 4.5 Fotoelektrické snímače otáček

Využívá se dvou základních principů. V prvním je světelný paprsek přerušován clonkou nebo otvorem. V druhém se světelný paprsek odráží od rotujícího předmětu. Tento paprsek je následně zachycen fotocitlivým prvkem. Pokud se světelný paprsek snímá z obtížně dostupných míst, je využito světlovodů. Na obrázku 4.5 a) je znázorněno přerušování světelného paprsku otvory. Paprsek je zaostřován pomocí dvou zrcadel. V části b) je zobrazen princip odražení světelného paprsku od rotujícího předmětu.

Oscilátorové snímače otáček

Tyto snímače, dle jejich zapojení, nasazují či vysazují oscilace při průchodu clonky mezi zpětnovazebním vinutím oscilátoru.

Snímače otáček s Halloвою sondou

Na rotujícím objektu je umístěn malý magnet a ve vhodné vzdálenosti je umístěna Hallova sonda. Výhoda tohoto snímače je v tom, že je možno použít monolitický spínací obvod, který výstupní signál z čidla upraví přímo na úroveň TTL. Existují i integrované obvody s Hallovou sondou.

Jedná se o snímač, který vytváří impulsy. Tyto pulsy jsou generovány při průchodu permanentního magnetu v blízkosti Hallové sondy, která detekuje magnetické pole obklopující tento malý permanentní magnet. Vyhodnocení těchto pulsů se provádí čítačovou nebo integrační metodou.

Čítačová metoda: čítá se počet impulsů za předem danou dobu. Jedná se tedy o střední hodnotu otáček. V případě nízkých otáček je vhodnější měřit dobu mezi dvěma po sobě

jdoucími impulsy. Tyto údaje se vyhodnocují pomocí jednoúčelových mikroprocesorů, které udávají přímo počet otáček za minutu.

Integrační metoda: impulsy od snímače se převádějí na stejnosměrný proud.

V dnešní době se využívají i různé převodníky počtu pulsů na proud.

Při konstrukci těchto snímačů se musí brát v úvahu velikost mezery mezi snímačem a magnetem na otáčejícím se předmětu. Toto může být ovlivněno například vůlí v ložiscích, opotřebením nebo vlivem okolí (teplota, vlhkost či znečištění).

Snímač impulsů generovaných zapalovací cívkou

Tento způsob měření otáček je určen pro zážehové motory. Snímají se vysokonapětové pulsy vznikající v zapalovací cívce, které jsou následně vedeny na svíčku generující jiskry k zažehnutí směsi benzínu a vzduchu ve válci.

Realizace je následující. Na vodič spojující indukční cívku a zapalovací svíčku se navine několik závitů tenkého vodiče, v němž se následně indukují pulsy se stejnou frekvencí, s jakou se tvoří jiskra ve spalovacím prostoru. Tyto pulsy se následně upraví na úroveň potřebnou pro jejich detekci.

Upravené impulsy se mohou přivést rovnou na pin mikrokontroléru, který je přímo čítá. Na základě údaje o počtu cyklů za daný časový interval se vyhodnotí výsledný počet otáček za minutu.

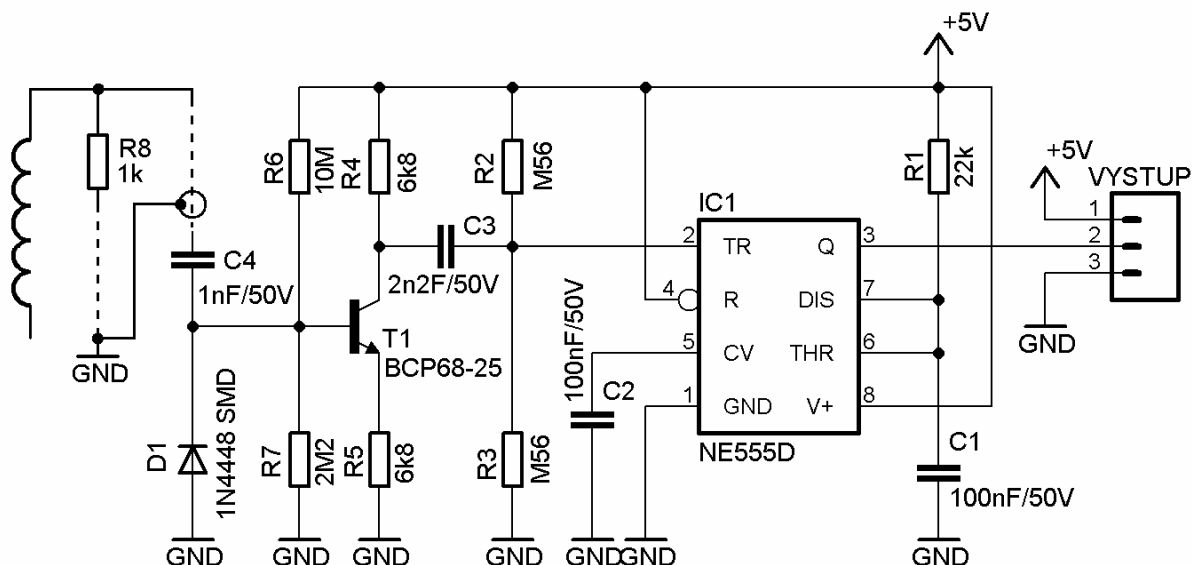
Zhodnocení:

Výše uvedené snímače (kromě posledního) by vyžadovaly úpravu klikové hřídele (odrazná ploška), či montáž jiného tělesa na ni (permanentní magnet). Takové to úpravy nejsou snadné a mohlo by dojít i k poškození některých částí motoru. Montáž palubního počítače na daný motocykl by byla velmi obtížná. Dotykové snímače otáček navíc zatěžují měřený objekt. Montáž magnetu by mohla také narušit vyvážení klikové hřídele, což by mohlo vést i k poškození některých částí motoru.

Z těchto důvodů bylo rozhodnuto využít poslední uvedený způsob měření, při kterém se snímají vysokonapětové pulsy procházející vodičem ke svícce.

4.3.1 Realizace snímače otáček

K měření otáček je použito zapojení na obr. 4.6.



Obr. 4.6 Schéma zapojení otáčkoměru

V levé části schématu (obrázek 4.6) se nachází cívka. Tato značka symbolizuje skutečnou cívku s pěti závity, která je navinuta kolem kabelu vedoucího z cívky na zapalovací svíčku motocyklu. Dále následuje stíněný kabel vedoucí na desku otáčkoměru. Na konci kabelu s cívkou je umístěn rezistor R_8 o velikosti $1\text{k}\Omega$ sloužící k nastavení citlivosti snimače.

Snímané pulsy jsou přivedeny stíněným kabelem na kondenzátor C_4 o kapacitě 1nF , který slouží k odfiltrování stejnosměrné složky. Přes něj se přivedou na bázi tranzistoru T_1 typu BCP68-25, který tyto pulsy zesílí. Rezistory R_4 až R_7 slouží k nastavení pracovního bodu tranzistoru. Zesílené pulsy jsou dále vedeny přes oddělovací kondenzátor C_3 na druhý pin obvodu NE555. Tento obvod pulsy vytvaruje do tvaru obdélníku s příslušnými napěťovými úrovněmi (0V a 5V), aby byl mikrokontrolér schopen pulsy získané pomocí cívky detekovat.

Pulsy jsou přivedeny na pin T0 a jsou čítány pomocí čítače/časovače0 mikrokontroléru. Schéma zapojení je převzato z [16] a upraveno pro potřeby navrhovaného palubního počítače.

Deska je kompletně osazena součástkami typu SMD. Otáčkoměr se nachází na druhé desce palubního počítače. Návrh desky plošného spoje, osazovací plán a seznam součástek je uveden v příloze.

Při vyhodnocování počtu otáček je třeba vzít v úvahu pracovní cykly zážehových motorů. Dvoutaktní motor generuje jiskru při každé otáčce. Na rozdíl od něj čtyřtaktní motor po zapálení směsi provede dvě otáčky, než dojde k novému zapálení. V menu palubního počítače je tedy možnost zvolit typ motoru motocyklu, na který bude palubní počítač namontován.

4.4 Měření spotřeby

Způsoby měření spotřeby závisí na typu motoru motocyklu. V případě motoru s přímým vstřikováním se spotřeba vyhodnocuje v závislosti na délce vstřiku paliva do spalovacího prostoru motoru. Přičemž čím delší je tato doba, tím více paliva se použilo a tím větší je tedy i spotřeba. Starší typy motocyklů jsou vybaveny karburátory. Zde se mechanickým zasouváním a vysouváním šoupátka s jehlou na jeho konci reguluje množství paliva, které je dále spolu se vzduchem nasáto do spalovacího prostoru motoru. U tohoto typu motoru je

měření spotřeby problematičtější. Je třeba například použít průtokoměr, který měří přímo množství paliva, které momentálně proudí do karburátoru.

Motocykl, na kterém bude palubní počítač provozován, je karburátorový. Proto je zde více rozvedena problematika průtokoměrů.

4.4.1 Základní pojmy

Pomocí senzorů průtoku tekutin lze měřit objemový Q_v nebo hmotnostní průtok Q_m tekutiny, která protekla daným průřezem za jednotku času. Pomocí známých velikostí plochy průřezu S a střední rychlosti proudění $\bar{v}$ lze vypočítat Q_v a Q_m dle vztahů:

$$Q_v = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \bar{v} \cdot S \quad [m^3 \cdot s^{-1}] \quad (1)$$

$$Q_m = \frac{\Delta m}{\Delta t} = \rho \cdot \bar{v} \cdot S \quad [kg \cdot s^{-1}] \quad (2)$$

Tři základní typy průtokoměrů jsou objemové, hmotnostní a rychlostní. Pro stanovení spotřeby v aplikaci palubního počítače je třeba průtokoměr objemový.

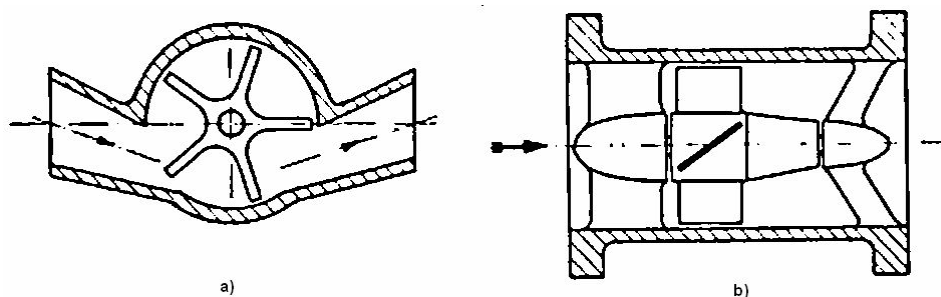
4.4.2 Typy průtokoměrů

Plováčkové senzory průtoku

Plováček je umístěn v kuželové nádobě a zespodu jej proudící kapalina nadnáší. Po jeho stabilizaci v určité poloze se jeho poloha vyhodnotí.

Rychlostní senzory průtoku

Jsou lopátkové (obrázek 4.7 a)) nebo turbínové (obrázek 4.7 b)). Tekutina protékající průtokoměrem roztočí turbínku nebo lopátkové kolečko. Tvar lopatek lopátkového kolečka je optimalizován. Úhlová rychlost je snímána počítáním otáček. Jsou používány senzory magnetické nebo optické. Senzory s lopátkovými koly mají lopatky orientovány kolmo na směr proudění kapaliny. Tyto typy průtokoměrů musí být vždy pro správnou funkci kompletně zaplněny kapalinou.



Obr. 4.7 Snímače průtoku; a) lopátkový, b) turbínový

Vírové senzory průtoku

Vhodně tvarovaný objekt v cestě proudící tekutiny může vyvolat její oscilační pohyb s víry. Frekvence vírů se detekuje ze změn rychlosti či tlaku. Přesnost měření může časem klesat vlivem opotřebení překážky.

Zhodnocení:

Nejjednodušší jsou průtokoměry lopatkové nebo turbínové. V palubním počítači je použit rychlostní senzor průtoku.

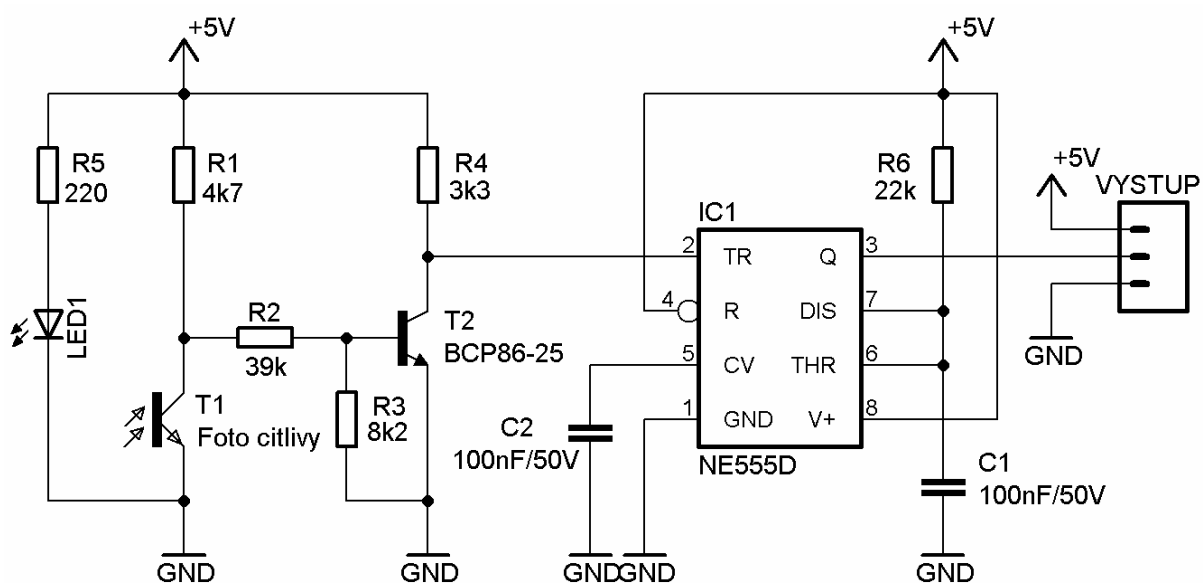
Po prostudování nabídky průtokoměrů na trhu bylo zjištěno, že nabízené průtokoměry měly větší požadavky na minimální průtok (většinou od 20 l za hodinu), než je spotřeba běžného motocyklu. Spotřeba u menších kubatur se pohybuje mezi 3 až 5 l na 100 km, vyšší kubatury mohou mít spotřebu srovnatelnou s automobilem (kolem 7 l). Což znamená, že jejich spotřeby jsou menší než požadovaný minimální průtok většiny průtokoměrů.

Z tohoto důvodu je použit průtokoměr s lopatkovým kolečkem, který slouží přímo na měření spotřeby v automobilech značky Trabant a Wartburg. Zde je součástí ekoměru, kterým jsou některé z těchto vozů vybaveny. Z tohoto kompletu je použit jen lopatkový průtokoměr. Jeho princip je popsán výše v textu a zobrazen na obrázku 4.7 a).

4.4.3 Popis použitého průtokoměru

Původní průtokoměr obsahoval desku plošného spoje pro získávání signálů určených ke zpracování v další části průtokoměru, která byla umístěna přímo na palubní desce automobilu. Pro potřeby palubního počítače bylo využito jen tělo vlastního průtokoměru s lopatkovým kolečkem uvnitř a fototranzistor spolu s diodou emitující světelný paprsek o vlnové délce, pro kterou je tranzistor určen.

Schéma zapojení průtokoměru je uvedeno na obr. 4.8.



Obr. 4.8 Schéma zapojení průtokoměru

Princip činnosti je následující: V oběžném kolečku s lopatkami se nacházejí díry. Těmito dírami prochází světlo emitované LED₁ k fotocitlivému tranzistoru T₁. Při otáčení kolečkem se tak tvoří přerušovaný světelný paprsek. Jedná se tedy o optozávoru. Rezistor R₁ omezuje proud tranzistorem T₁ a proud tekoucí do báze tranzistoru T₂. Odpor mezi emitorem a kolektorem tranzistoru T₁ je při osvětlení 10 kΩ a při přerušení paprsku až 10 MΩ. Proud tekoucí přes odporový dělič, který je dán kombinací odporu tranzistoru a rezistoru R₁, vytvoří na tranzistoru úbytek napětí. Toto napětí je napájecím napětím odporového děliče na bázi T₂ skládajícího se z rezistorů R₂ a R₃. Tyto rezistory byly pomocí simulace vybrány tak, aby při osvětlení byla velikost napětí na kolektoru tranzistoru T₂ co nejblíže hodnotě 5 V (tranzistor T₂ není sepnut). Při přerušeném světelném paprsku je pak toto napětí blízké nule (tranzistor

T₂ sepnut). Je lepší, když toto napětí není zcela nulové. To by znamenalo, že se tento tranzistor nachází v saturaci a jeho rozeptnutí by trvalo delší dobu, což by mělo za následek zhoršenou indikaci změn. Při simulaci bylo naměřeno napětí 4,081 V a 0,064 V.

Průběh tohoto napětí, který je tvořen pulsy, je následně tvarován a převeden na požadované úrovně pomocí čítače časovače NE555.

Rezistor R₄ určuje kolektorový proud tranzistoru T₂. Ten je dán jeho zesílením a potřebným bázevým proudem. Pro sepnutí musí být velikost bázevého proudu alespoň I_b = 20 μA. Při h_{12E} = 100 je tedy velikost proudu kolektorem 2 mA.

Rezistor R₂ omezuje proud diodou LED₁ na hodnotu 10 mA.

Toto zapojení na svém výstupu vytváří pulsy, které jsou čítány pomocí externího přerušování mikrokontrolérem. Vývojový diagram a popis programu v jazyce C je uveden v kapitole 6.4. této práce.

Aby bylo možno určit spotřebu, je nutno znát, kolik je generováno pulsů při průtoku daného množství paliva. Z tohoto důvodu byla sestavena jednoduchá aparatura s nádobou, na kterou byl připevněn kohoutek na benzín z motorky a následně byl na něj připojen průtokoměr. Do nádoby bylo nalito známé množství tekutiny a následně byly čítány pulsy. Výsledky měření jsou uvedeny v tabulce 4.1 a jejich závislost je zobrazena na obrázku 4.9. Z grafu je patrné, že je tato závislost lineární. Je tedy možno určit směrnici přímky (výpočet je popsán v literatuře [19]) pomocí vztahu (3).

$$objem = a \cdot pulsy + q \quad (3)$$

Pro výpočet byly vybrány dvě krajní hodnoty z tabulky 4.1.

$$0,06 = 3210 \cdot a + q \Rightarrow q = 0,06 - (3210 \cdot a) \quad (4)$$

$$0,75 = 27813 \cdot a + q$$

$$0,75 = 27813 \cdot a + 0,06 - 3210 \cdot a$$

$$a = 2,805 \cdot 10^{-5}$$

$$q = 0,06 - (3210 \cdot 2,805 \cdot 10^{-5}) = -0,03$$

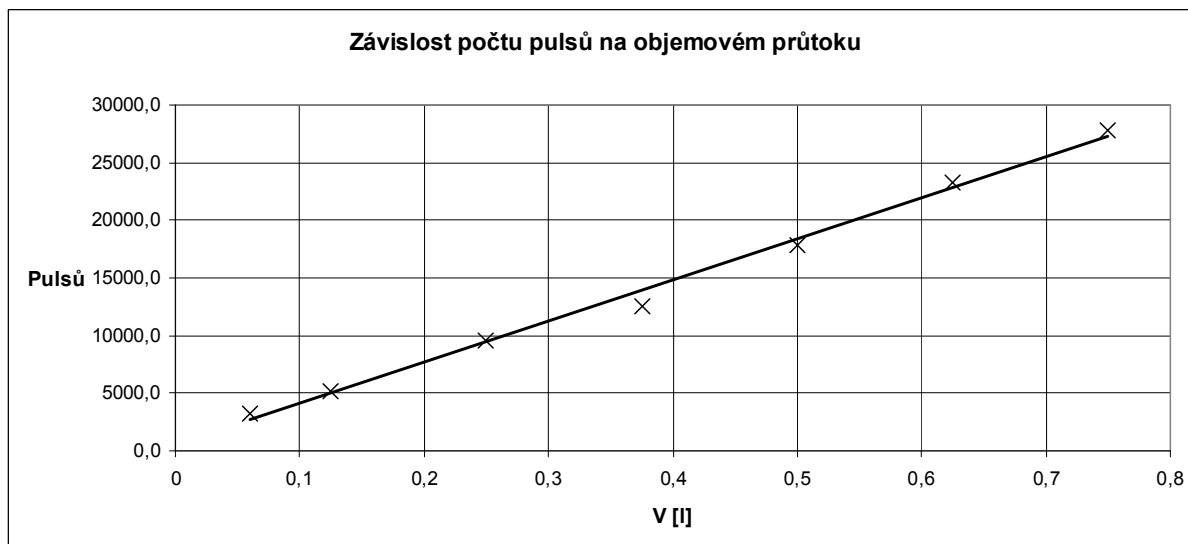
Výsledný vztah pro výpočet průchozího objemu je tedy následující:

$$objem = 2,805 \cdot 10^{-5} \cdot pulsy - 0,03 \quad (5)$$

Při kalibračním měření byly naměřeny hodnoty uvedené v následující tabulce. Na obrázku 4.9 jsou pak tyto hodnoty vyjádřeny graficky.

V [l]	0,06	0,125	0,25	0,375	0,5	0,625	0,75
Pulsů	3210	5214	9550	12520	17820	23315	27813

Tab. 4.1 Závislost počtu pulsů na objemovém průtoku



Obr. 4.9 Závislost počtu pulsů na objemovém průtoku

Program pro měření spotřeby je popsán v kapitole 6.4.

4.5 Měření teploty

4.5.1 Odporové snímače teploty

Pro jejich konstrukci se používají různé kovové a polovodičové materiály. Požadavky na tyto materiály jsou:

- co největší konstantní teplotní součinitel odporu α_R
- stabilita a nulová hystereze
- co největší měrný odpor
- dobré mechanické a technologické vlastnosti

Kovové odporové snímače

Pro měření teploty se využívají převážně čisté kovy, například platina, nikl, zlato, stříbro, železo či měď.

Při zahřívání či ochlazování těchto kovů dochází k změně jejich elektrického odporu. Většinou odpor narůstá se zvyšující se teplotou. Tato závislost se vyjadřuje pomocí teplotního součinitele odporu α_R , který uvádí střední relativní přírůstek odporu při zahřátí o 1°C k jmenovitému odporu při 0°C . Tento odpor se značí R_0 .

$$\alpha_R = \frac{R_{100} - R_0}{100 \cdot R_0} \left[^\circ\text{C}^{-1}; \underline{\Omega} \right] \quad (6)$$

R_{100} – odpor při 100°C .

Měřený odporový snímač má rozsah měření teploty od -50°C do $+180^\circ\text{C}$, platinový pak od -200°C do $+850^\circ\text{C}$.

4.5.2 Polovodičové odporové snímače

Základní dělení těchto snímačů dle jejich struktury:

- polykrystalické
 - a) termistory
 - b) pozistory
- monokrystalické
 - a) bez P-N přechodu
 - b) s jedním nebo více P-N přechody

Nejčastěji se používají polykrystalické teploměry, které mají velký součinitel α_R .

Polovodičové polykrystalické snímače

Při výrobě se spékají některé kysličníky kovů (NiO , Mn_2O_2 , CoO_3 , Pb_2O_3).

- a) Termistory – velký záporný součinitel elektrického odporu
 - závislost odporu na teplotě je nelineární a klesající

$$R_T = R_0 \cdot e^{-B \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \right)} \quad (7)$$

kde R_0 – odpor při teplotě T_0 [K],
 R_T – odpor při teplotě T [K],
 B – materiálová konstanta, závisí na teplotě.

Při výběru pracovního bodu termistoru musí být jím tekoucí proud co nejmenší, aby nebyl ovlivňován údaj na teploměru. Tato volba je závislá na typu termistoru. Rozsah jeho odporu je řádově od 10^{-1} až $10^6 \Omega$. Je možno měřit teploty v rozmezí -60°C do $+300^\circ\text{C}$.

b) Pozistory

Mají kladný součinitel odporu α_R . Průběh závislosti jejich odporu na teplotě je nelineární. Mají omezený rozsah měření.

Polovodičové monokrystalické snímače bez P-N přechodu

Používají se především na měření velmi nízkých teplot (i 2K). Mají velmi vysokou přesnost měření. Používají se tam, kde by byly kovové odpory příliš rozměrné. Toto platí pro odporové Si snímače.

Pro měření vysokých teplot se využívají oxidy, například oxid hliníku, s kterým lze měřit teploty až do 2600°C s dobrou přesností. Nejvyšší teploty jsou pak 3500°C . Jejich elektrický odpor je závislý na jejich vodivosti, která se mění.

Polovodičové monokrystalické snímače s jedním nebo více P-N přechody

Využívají se kvůli jejich V-A charakteristice. Napětí v propustném směru se mění v závislosti na teplotě. U křemíkových diod je to $-2\text{mV}^\circ\text{C}^{-1}$ u germániových diod 1 až $3\text{mV}^\circ\text{C}^{-1}$.

4.5.3 Dynamické vlastnosti

Mají význam při měření teplot, které jsou časově proměnné. Toto může způsobit určitou teplotní setrvačnost údaje teploměru.

V praxi se setkáváme se střetem požadavků na dynamické a mechanické vlastnosti čidel. Je proto vždy nutné volit určitý kompromis. Dynamické vlastnosti jsou určovány frekvenční (předpokládá harmonické změny teploty okolí) či zákmitovou (předpokládá se skoková změna teploty okolí) analýzou. V obou případech se analýzy provádějí buď početně (není možno zahrnout všechny vlivy) nebo experimentálně.

4.5.4 Vyhodnocování změn odporů snímačů

Výhylková metoda - jedná se o můstkové zapojení, kdy je odporový snímač umístěn v jedné z větví můstku. Při změně teploty se můstek rozváží a změna se odečte na indikátoru.

Nulové metody - jsou děleny na mostové a kompenzační. U mostové metody je opět odporový snímač umístěn v jedné větvi můstku, stejnosměrně či střídavě napájeného. U kompenzační metody se odpor určuje srovnávací metodou podle etalonového odporu.
- jejich výhodou je přesnost a fakt, že nezatěžují měřicí odpor.

Využívají se i různé převodníky odporu na napětí, které se dá následně snadno změřit pomocí voltmetru.

4.5.5 Použití odporových snímačů

Při výběru odporového snímače rozhoduje jeho typ, provedení, materiál, prostředí ve kterém bude používán, rozměry a v neposlední řadě přesnost měření, které chceme dosáhnout. Je nutno vycházet i z dalších parametrů, např. rozsah použitelnosti, odolnost proti mechanickým a chemickým vlivům a proudovým rozsahem zatížitelnosti.

Zhodnocení:

Pro měření teploty bude využit odporový snímač teploty, který je součástí motocyklu a je namontován přímo v jeho motoru. Nebude tak třeba zasahovat do konstrukce motoru. Montáž palubního počítače tak bude snadnější.

4.5.6 Realizace měření teploty

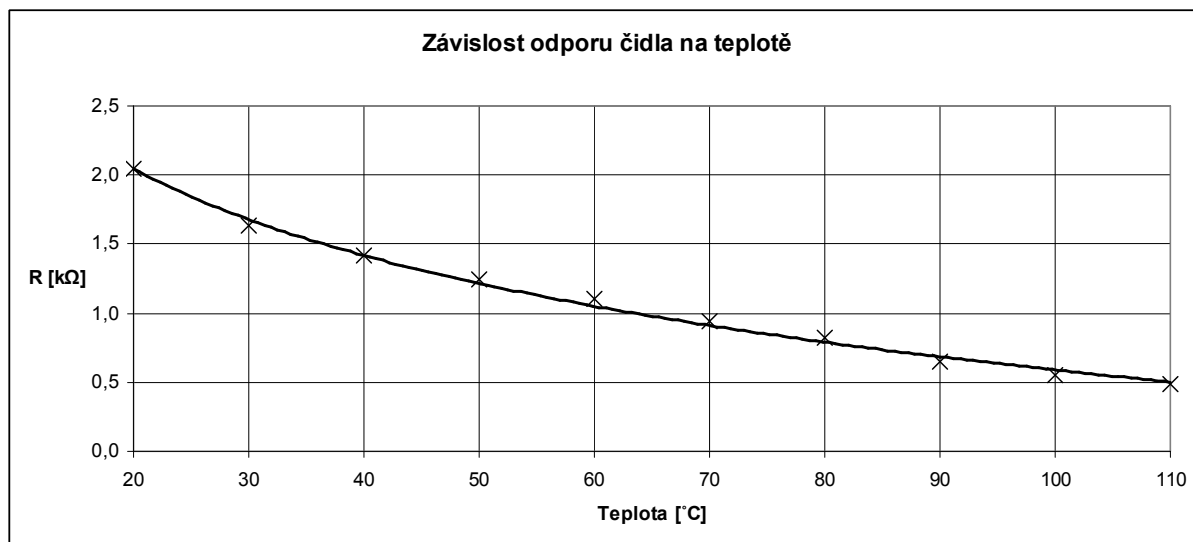
Na čidle motocyklu, které měří teplotu, se nenachází žádné bližší označení. Z tohoto důvodu bylo třeba proměřit závislost odporu čidla na teplotě. Tu je nutno znát, aby bylo možno vyhodnotit pomocí mikrokontroléru naměřenou teplotu oleje v motoru.

Jediný údaj na čidle byla teplota 120°C. Do této teploty tedy probíhalo proměřování čidla. Naměřená data jsou uvedena v tabulce 4.2. Dále tato tabulka obsahuje údaje o velikosti napětí, které při dané teplotě naměří mikrokontrolér. Tyto závislosti jsou zobrazeny v grafech na obrázcích 4.11 a 4.12. Napětí je měřeno na rezistoru R_1 , jak je patrné z obrázku 4.12. Pro

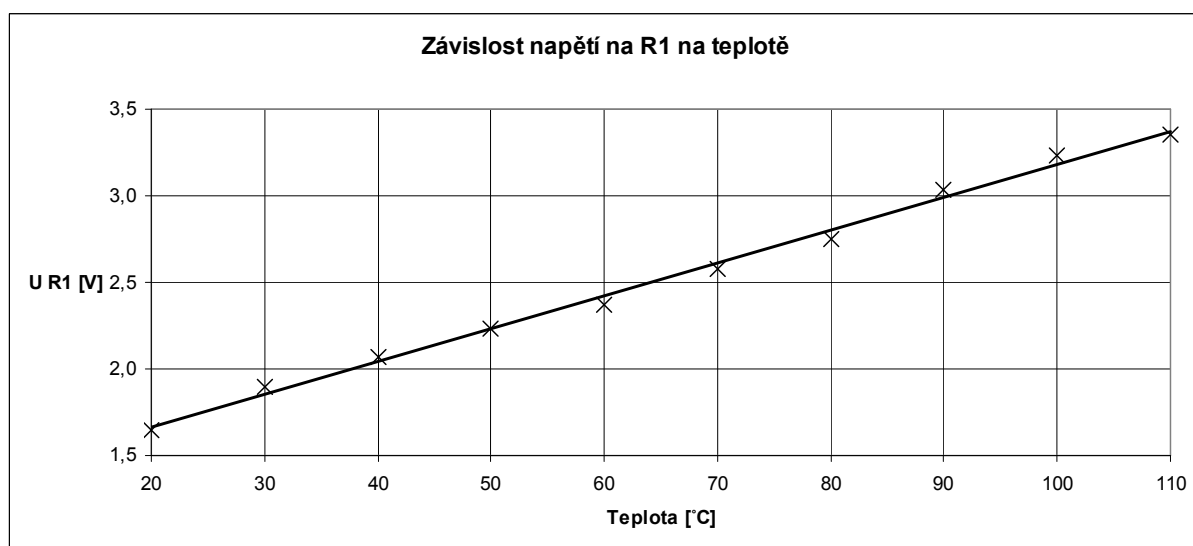
měření pomocí mikrokontroléru není nutno A/D převodníkem naměřenou hodnotu přepočítávat na napětí. V programu se pracuje přímo s číslem na výstupu A/D převodníku. Hodnoty výstupu v závislosti na proměřených napětích jsou také uvedeny v tabulce 4.2.

T [°C]	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
R [kΩ]	2,043	1,632	1,413	1,242	1,109	0,938	0,819	0,65	0,547	0,491
U _{R1} [V]	1,64	1,90	2,07	2,23	2,37	2,58	2,75	3,03	3,23	3,35
A/D	332	383	418	450	478	521	555	611	652	677

Tab. 4.2 Závislost odporu teplotního čidla, napětí na R₁ a hodnotě na A/D převodníku na teplotě



Obr. 4.10 Závislost odporu teplotního čidla na teplotě

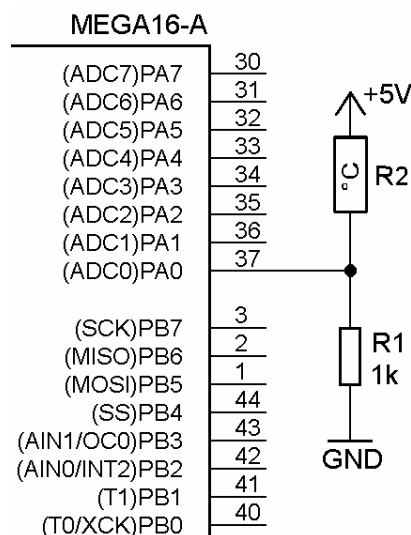


Obr. 4.11 Závislost napětí na rezistoru R₁ na teplotě

Měření bylo provedeno s krokem 10°C. Z grafu je patrna klesající závislost odporu a to od hodnoty 2 kΩ při 20°C až do hodnoty 0,5 kΩ při teplotě 110°C. Závislost napětí na rezistoru R₁ na teplotě již připomíná lineární závislost.

Změna napětí na rezistoru R₁ je dostatečná pro vyhodnocení mikrokontrolérem, proto bylo zvoleno zapojení zobrazené na obrázku 4.12.

V případě použití jiného čidla, které by svůj odpor neměnilo v tak velkém rozsahu, by bylo nutno napětí na něm zesílit.



Obr. 4.12 Zapojení odporového děliče pro měření teploty motoru

Při výpočtu napětí na rezistoru R₁ odporového děliče, který tento rezistor tvoří spolu s odporovým čidlem teploty, se vycházelo z Ohmova zákona. Proud děličem I_d při teplotě oleje 80°C je následující:

$$I_d = \frac{U_d}{R_1 + R_2} = \frac{5}{1000 + 819} = 2,75mA \quad (8)$$

Velikost napětí na rezistoru R₁ se vyjádří jako:

$$U_{R1} = R_1 \cdot I_d = 1000 \cdot 2,75 \cdot 10^{-3} = \underline{2,75V} \quad (9)$$

K měření odporu čidla měřícího teplotu je použit A/D převodník mikrokontroléru ATmega16.

Pro vlastní měření pomocí A/D převodníku není nutno znát vypočtenou hodnotu napětí, stačí pracovat přímo s číslem na výstupu převodníku. Závislost velikosti této hodnoty na měřené teplotě je uvedena v tabulce 4.2. Díky tomu, že je možno tuto závislost aproximovat přímkou a vztah mezi hodnotou A/D převodu a teplotou je pak následující:

Určí se směrnice přímky pomocí dvou bodů. O těchto výpočtech pojednává literatura [19] Pro tento výpočet jsou voleny krajní proměřené teploty. Těmi jsou teploty 20°C (hodnota převodníku = 332) a 100°C (hodnota převodníku = 652). Proměnná *a* reprezentuje směrnici přímky a proměnná *q* bod, ve kterém protne přímka osu *y*.

$$100^{\circ}C = 652 \cdot a + q \Rightarrow q = 100 - (652 \cdot a) \quad (10)$$

$$20^{\circ}C = 332 \cdot a + q$$

$$20 = 332 \cdot a + 100 - 652 \cdot a$$

$$a = 0,25$$

$$q = 100 - (652 \cdot 0,25) = -56,25$$

Výsledný vztah pro výpočet teploty je tedy následující:

$$teplota = 0,25 \cdot A / D - 56,25 \quad (11)$$

Po tom, co jsme získali tento vztah, postačí jen do něj dosadit naměřenou hodnotu A/D převodníkem a spočítat odpovídající teplotu.

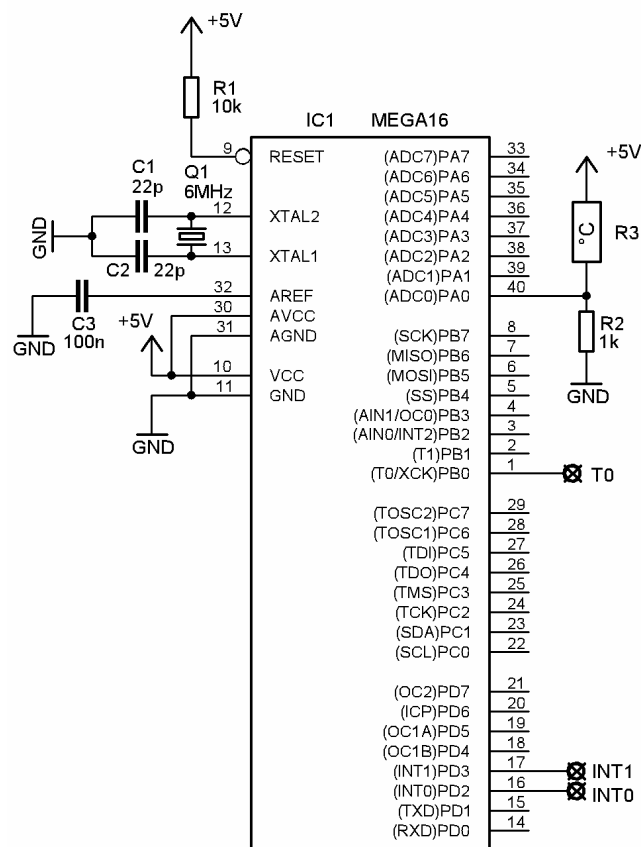
Vývojový diagram a popis programu pro měření teploty jsou uvedeny v kapitole 6.5.

4.6 Připojení jednotlivých snímačů k pinům mikrokontroléru ATmega16

Průtokoměr je připojen na pin číslo 11 (INT0). Rychlost a ujetá vzdálenost je měřena na pinu číslo 12 (INT1). Jedná se o piny generující externí přerušení mikrokontroléru.

Snímač otáček je připojen na pin číslo 40 (T0). Tento pin je vstupním signálem pro čítač/časovač0. Čítání pulsů přicházejících na tento pin se tedy provádí čítačem.

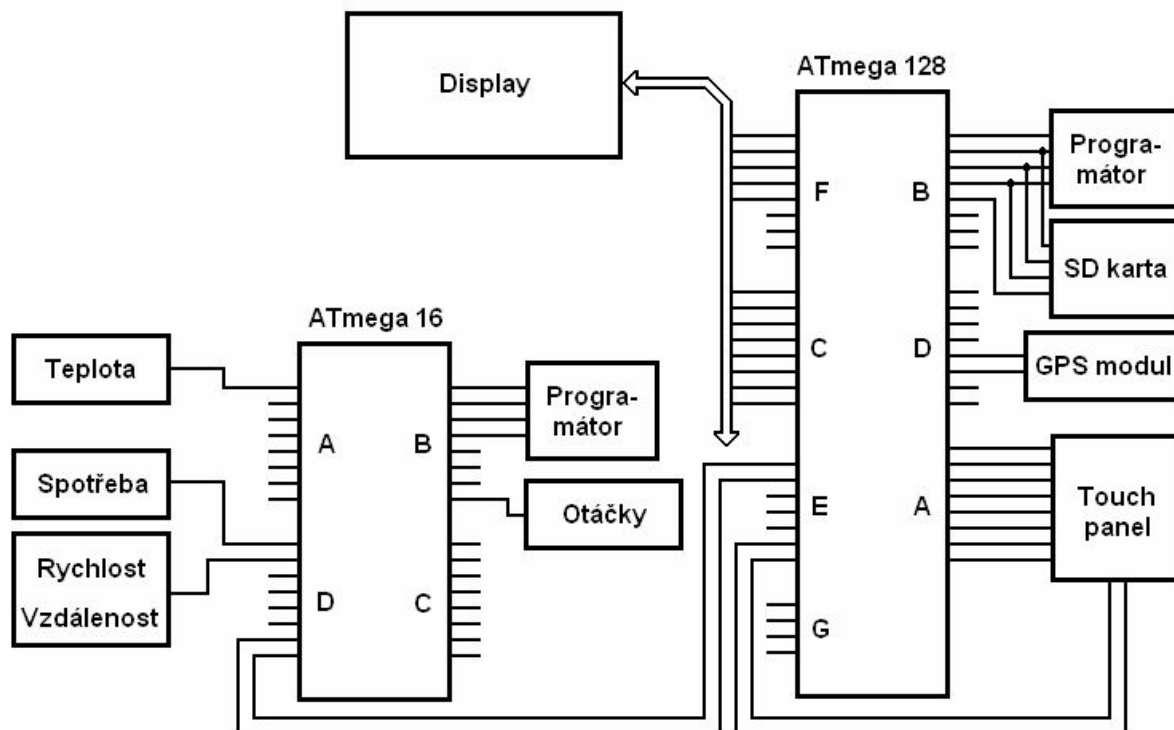
Port A mikrokontroléru je vybaven osmi A/D převodníky. Na pinu č. 37 (ADC0) je snímáno napětí na známém odporu R_2 o velikosti 1 k. Na základě hodnoty A/D převodníku je stanoven údaj o teplotě.



Obr. 4.13 Připojení jednotlivých snímačů k mikrokontroléru ATmega16

5 Koncepce palubního počítače

Připojení jednotlivých komponentů palubního počítače a obsazení portů obou mikrokontrolerů je znázorněno na následujícím obrázku.



Obr. 5.1 Blokové schéma palubního počítače

V zapojení jsou použity dva osmibitové mikrokontroléry. ATmega16 bude vyhodnocovat signály z jednotlivých čidel a snímačů. Následně vyhodnocená data odešle pomocí sériové linky druhému mikrokontroléru (ATmega128), který obsluhuje display, touch screen, GPS modul a zápis na SD kartu. ATmega128 také získaná data zobrazí na display. Tento mikrokontrolér má dvě sériové linky, které jsou nutné pro komunikaci s druhým mikrokontrolérem a s GPS modulem.

Hlavními zobrazenými údaji na displeji budou aktuální rychlost, otáčky motoru, spotřeba a teplota, v tomto případě oleje. Dále bude možno pomocí touch panelu volit zobrazení dalších údajů, např. ujetá vzdálenost či GPS souřadnice, na kterých se momentálně motocykl nachází.

Dále je nutno zadávat některé údaje jako například průměr kola. Ten je potřebný pro měření rychlosti a ujeté vzdálenosti nebo typ spalovacího motoru motocyklu, na kterém bude palubní počítač provozován. Je třeba uvést, jedná-li se o dvoudobý či čtyřdobý motor.

GPS souřadnice budou ukládány na paměťovou kartu typu SD.

Oba mikrokontroléry mají na výstupech konektory pro snadnější připojení SPI programátoru, aby bylo možno ladit program. Mikrokontroléry jsou v provedení SMD, z tohoto důvodu se dají programovat až po zapájení na desku. U mikrokontroléru ATmega128 se signály MISO a MOSI programátoru nepřipojují na stejnojmenné piny na mikrokontroléru, ale na piny PE1 a PE0.

5.1 Použité komponenty

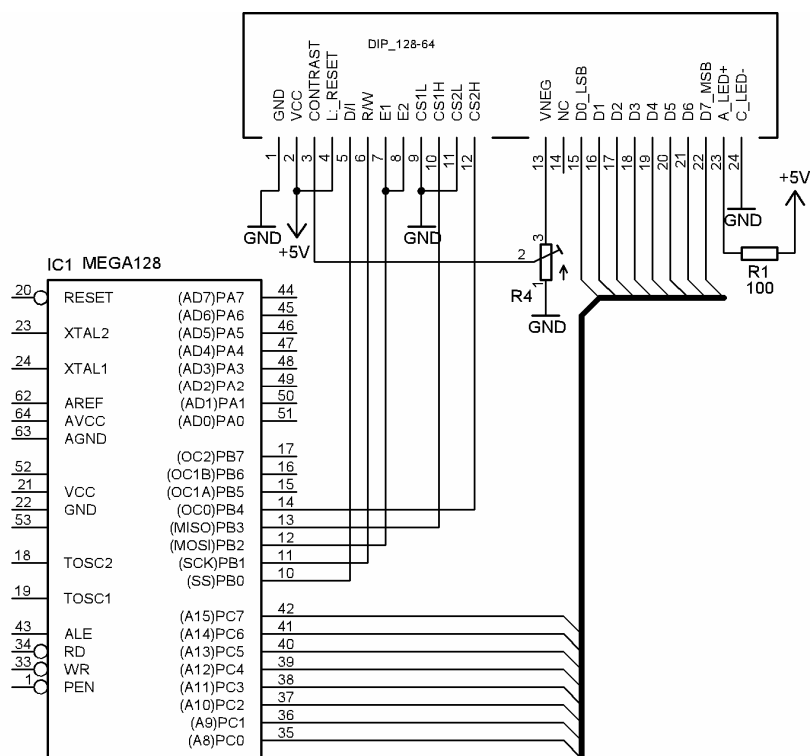
Mikrokontroléry:	oba osmibitové mikrokontroléry jsou od firmy Atmel. Jedná se o typy ATmega16 [12] a ATmega128 [13].
LCD grafický display:	EA DIP128J-6N5LWTP. Jedná se o display s rozlišením 128 x 64 bodů. Velikost zobrazovací plochy je 56 x 33 mm. Má již nalepený touch panel. Zobrazení je černobílé s bílým podsvícením. Podrobnosti v datasheetu [14].
GPS modul:	Leadtek 9552. Napájecí napětí se rovná 5 V, disponuje dvěma sériovými linkami. Více podrobností v [15].
Paměťová karta:	Secure Digital, kapacita až 2 GB.

5.2 Display a touch screen

5.2.1 Display

V palubním počítači pro motocykl je použit černobílý LCD display s rozlišením 128 x 64 bodů s bílým podsvícením. Velikost zobrazovací plochy je 56 x 33 mm. Display má již nalepený touch screen.

Pro připojení bylo využito jednoho ze způsobů zapojení uvedených v [14]. Toto zapojení je znázorněno na obrázku 5.2. Display má 24 pinů. 1. a 2. pin jsou napájecí. Pomocí 3. a 13. pinu se reguluje kontrast (v případě 5 V napájení není třeba odporový trimr na regulaci kontrastu). Na pinu 4 se nachází reset aktivní v nízké úrovni, proto je tento pin připojen trvale na vysokou úroveň (+5 V). Na pátém pinu (D/I) se signalizuje zasílání dat či instrukcí přes datové piny. Na 6. pinu (R/W) se signalizuje, zda se bude z LCD číst, či na něj zapisovat. 7. a 8. pin (E1 a E2) jsou povolovací piny pro jednotlivé poloviny displeje, který je rozdělen na dvě čtvercové oblasti o velikosti 64 x 64 bodů. Protože se s oběma částmi bude pracovat, jsou tyto piny spojeny a přivedeny na jeden pin mikrokontroléru. Následují piny (chipselect) devět až dvanáct, kde piny devět a jedenáct jsou trvale připojeny na nízkou úroveň a piny deset a dvanáct jsou přivedeny každý na jeden port mikrokontroléru. Piny patnáct až dvacet dva jsou datové a zabírají jeden celý port mikrokontroléru. Piny dvacet tři a dvacet čtyři slouží k napájení podsvícení displeje. Kladné napájecí napětí je přivedeno přes rezistor o velikosti 100 Ω .



Obr. 5.2 Schéma zapojení LCD

Ukázka programu v kódu C pro výpis hlavní obrazovky je v kapitole 6.6.

Na hlavní obrazovce se vypíší informace o rychlosti, otáčkách, spotřebě a teplotě motoru. V pravém dolním rohu je v místech dvou políček touch panelu vykresleno obdélníkové tlačítko s nápisem MENU. Ukázka tohoto výpisu je na obrázku 5.3.



Obr. 5.3 Ukázka výpisu na LCD display

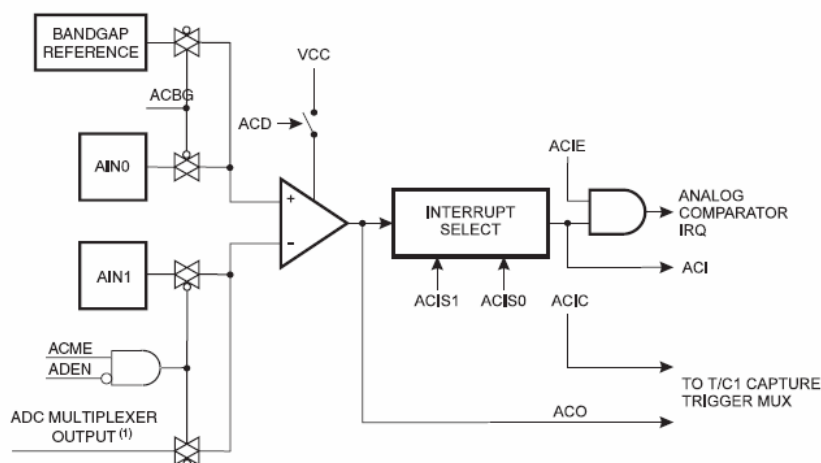
5.2.2 Touch screen

Na display je přilepen touch screen o patnácti polích rozdělených do třech řádků po pěti sloupcích. Je z něj vyvedeno osm vodičů. První vodič je pro první sloupec, další tři jsou pro řádky a poslední čtyři pro druhý až pátý sloupec. Rozdělení screenu a připojení k mikrokontroléru je zobrazeno na obrázku 5.5.

V takovémto zapojení je možno pomocí přepínání prvních tří pinů portu A indikovat stisknutý řádek. Jednotlivé sloupce se pak adresují logickou 1 (5V) na portech PA3 až PA7 a tím se detekuje sloupec se stisknutou ploškou. Pro připojení je nutno použít port A, protože se zde nacházejí A/D převodníky.

Pro detekci byl zvolen komparátor, vyhodnocení pomocí něj je rychlejší, než použití A/D převodníku a následné porovnávání se zadanou referenční úrovní. Další výhodou komparátoru je vyvolání přerušení při detekci napětí na pinu AIN0 většího, než referenční napětí na pinu AIN1. K získání referenčního napětí je použit odporový trimr R4 s odporem 10 k Ω . Toto referenční napětí bylo nastaveno na hodnotu 1,8 V. Na pin AIN0 jsou přes schottkyho diody svedeny všechny tři řádky touch screenu.

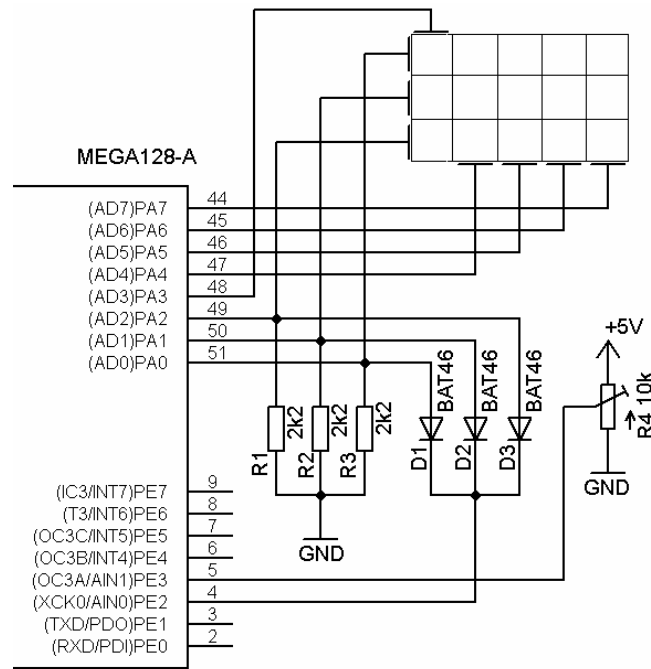
Při stisku plošky se vyvolá díky tomuto zapojení přerušení. V přerušení se nastaví příznak a následuje skenování klávesnice. Pro skenování je nutno jinak nastavit oba vstupní signály komparátoru. Místo původního referenčního napětí je připojen jeden z prvních třech pinů A/D převodníku a místo diod je připojeno vnitřní referenční napětí 1,23 V. Při aktivaci tohoto napětí je nutno vyčkat 70 μ s. Toto zapojení je znázorněno na obrázku 5.4.



Obr. 5.4 Blokový diagram analogového komparátoru [13]

Pomocí rezistorů o odporu 2,2 k Ω a odporu mezi jednotlivými sloupci a řádky je vytvořen jednoduchý odporový dělič. Sloupce jsou pomocí mikrokontroléru připojeny na napětí 5V, aby bylo možno stiskem vyvolat přerušení. Vzhledem k tomu, že pokud není ploška stisknuta, je odpor mezi řádkem a sloupcem značný a děličem tak teče zanedbatelný proud.

Po stisknutí plošky se odpor mezi řádkem a sloupcem pohybuje okolo 2 k Ω a je tak možno na pinu mikrokontroléru indikovat napětí kolem 3V, při kterém je splněna komparační podmínka a komparátor vyvolá přerušení. Pro indikaci stisknutého tlačítka byla zvolena hranice 1,8 V.



Obr. 5.5 Schéma zapojení touch screenu

Při výpočtu velikosti rezistoru děliče se vycházelo z datasheetu displeje [14]. V něm je uvedeno, že se odpor mezi daným řádkem a sloupcem ve stisknutém stavu pohybuje mezi 300 Ω až 10 kΩ. Přičemž minimální proud, který mezi nimi protéká, má být v rozmezí 10 μA až 10 mA.

Výpočet uzemňovacích rezistorů je tedy následující:

Celkový odpor děliče:

$$R_c = R_t + R_u [\Omega, \Omega; \Omega] \quad (12)$$

kde R_c – celkový odpor děliče

R_t – odpor touch screenu

R_u – odpor uzemňovacího rezistoru

proud děličem:

$$I = \frac{U}{R_c} [V, \Omega; A] \quad (13)$$

minimální hodnota uzemňovacího rezistoru se vypočítá následovně

$$R_u = R_c - R_t [\Omega, \Omega; \Omega] \quad (14)$$

$$R_u = \frac{U}{I_{\max}} - R_t [V, A, \Omega; \Omega] \quad (15)$$

$$R_u = \frac{U}{I_{\max}} - R_t = \frac{5}{10 \cdot 10^{-3}} - 300 = \underline{200\Omega}$$

maximální hodnota uzemňovacího rezistoru se vypočítá následovně

$$R_u = R_c - R_t [\Omega, \Omega; \Omega] \quad (16)$$

$$R_u = \frac{U}{I_{\min}} - R_t [V, A; \Omega] \quad (17)$$

$$R_u = \frac{U}{I_{\min}} - R_t = \frac{5}{10 \cdot 10^{-6}} - 10 \cdot 10^3 = \underline{490k\Omega}$$

Použitý uzemňovací rezistor musí být tedy vybrán z tohoto rozmezí. Měřením odporu mezi řádkem a sloupcem při stisknutí plošce bylo zjištěno, že se tato hodnota pohybuje kolem 2 kΩ. Proud děličem byl zvolen 1 mA (použitelné rozmezí proudů touch screenem je 10 μA až 10 mA). Napětí mezi řádkem a sloupcem po stisknutí je:

$$U_t = R_t \cdot I [\Omega, A; V] \quad (18)$$

kde U_t – napětí na touch screenu

$$U_t = R_t \cdot I = 2 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 2V$$

Toto napětí odpovídá zhruba polovině celkového napětí na děliči (5 V). Z tohoto důvodu bylo rozhodnuto o zvolení uzemňovacího rezistoru velikosti 2,2 kΩ.

Algoritmus detekce stisknutého tlačítka je uveden v kapitole 6.7.

5.3 Paměťová SD karta

Byla zvolena paměťová karta typu SD. Jedná se o velmi rozšířený typ karty, jejíž rozměry jsou pro použití na palubní počítač přijatelné.

Komunikace mezi mikrokontrolérem a kartou je realizována pomocí standardu SPI, jak je patrné ze zapojení na obrázku 5.6, kde jsou vyvedeny vodiče CS, DI, DO a CLK. Tyto vodiče jsou připojeny na piny MISO(DO), MOSI(DI) a SCK(CLK) spolu s dalším pinem portu B(CS) (PB4). Popis pinů karty, další podrobný popis SD paměťových karet a komunikace s nimi je dostupný v literatuře [17]. Při návrhu zapojení pinů konektoru SD karty je nutno pamatovat na číslování těchto pinů, které je posunuté. Začíná devítkou, za kterou následuje dále jednička, až po číslo osm.

Mikrokontroléry jsou napájeny napětím 5 V, SD karta však vyžaduje napájecí napětí jen 3,3 V. Z tohoto důvodu bylo třeba přidat stabilizátor na 3,3 V a k němu kondenzátory zamezující jeho rozkmitání. Na datových vývodech mikrokontroléru je napětí 5 V, které je nutno také snížit. K tomuto účelu slouží rezistory R_9 až R_{14} , které tvoří tři napěťové děliče.

Výpočet požadovaných hodnot odporu těchto rezistorů je následující:

Velikost proudu těmito rezistory byla zvolena na hodnotu 0,9 mA,

$$R_d = \frac{U}{I_d} [\Omega; V, A] \quad (19)$$

$$R_d = \frac{5}{0,9 \cdot 10^{-3}} = 5555 \Omega$$

kde R_d je celkový odpor děliče, U je napájecí napětí a I_d je proud děličem.

Na spodním rezistoru děliče požadujeme napětí 3,3 V. Potřebnou hodnotu jeho odporu vypočítáme následovně:

$$R_{11} = \frac{U_{R11}}{I_d} [\Omega; V, A] \quad (20)$$

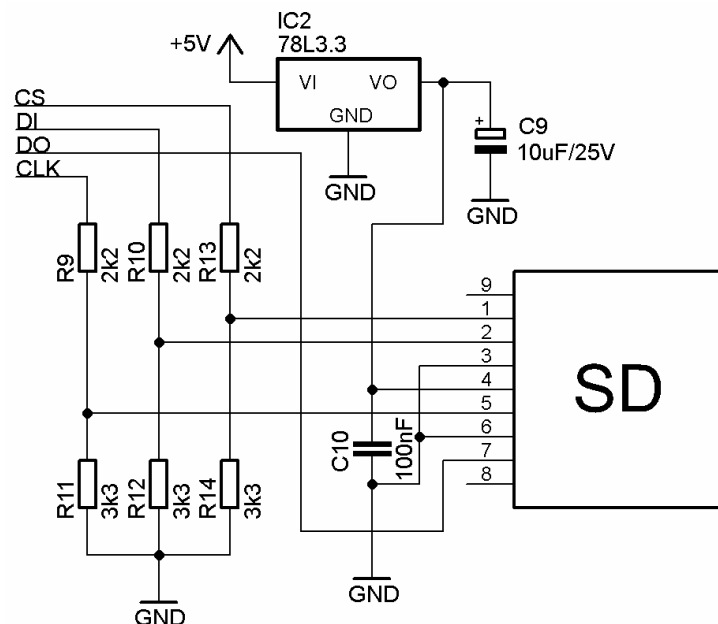
$$R_{11} = \frac{3,3}{0,9 \cdot 10^{-3}} = 3666 \cong \underline{\underline{3300 \Omega}}$$

A nakonec byla velikost rezistoru R_9 určena následovně:

$$R_9 = R_d - R_{11} [\Omega; \Omega, \Omega] \quad (21)$$

$$R_9 = 5555 - 3300 = 2255 \cong \underline{\underline{2200 \Omega}}$$

Konečné hodnoty rezistorů jsou vybrány z výrobní řady. Tyto děliče se nacházejí na výstupech mikrokontroléru. Jsou to piny CS, DI, a CLK. DO směřující z karty je výstupem z ní, napětí na něm se tedy rovná napájecímu napětí karty, které je 3,3V. Toto napětí je větší než rozhodovací úroveň na vstupech mikrokontroléru. Z tohoto důvodu je možno tento pin karty připojit přímo na mikrokontrolér.



Obr. 5.6 Schéma zapojení paměťové SD karty

5.4 GPS modul

Palubní počítač pro motocykl disponuje i možností zjištění aktuální pozice motocyklu pomocí GPS. Tyto informace o pozici jsou následně ukládány na paměťovou kartu a po přenosu do PC mohou být specializovaným SW zobrazeny na mapovém podkladu pro vykreslení trasy, po které se na motocyklu pohyboval.

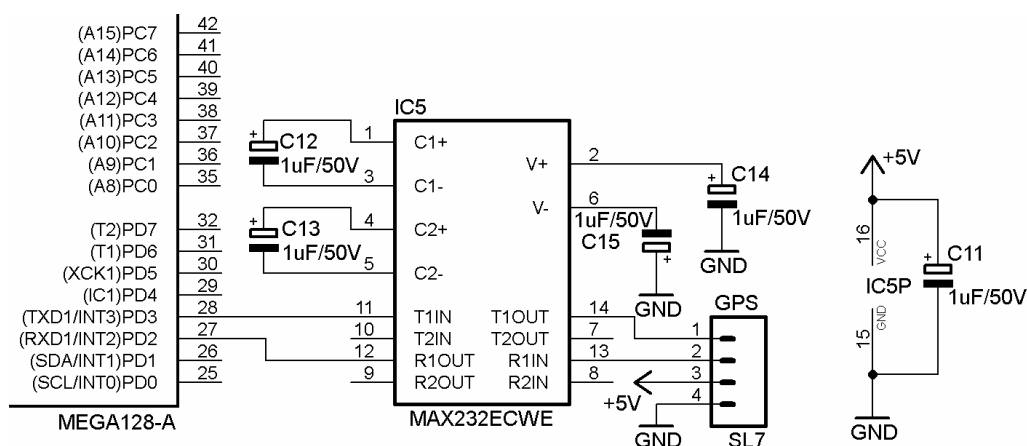
Je použit již kompletní GPS modul od firmy LEADTEK s označením LR9552. Jeho výhodou jsou velmi malé rozměry a standardní obousměrná sériová komunikace. GPS modul disponuje i integrovanou anténou.

Komunikuje se pomocí protokolu NMEA-0183. Komunikace probíhá pomocí RS232, implicitně je nastavena rychlost komunikace 4800 bps. Napětíové úrovně RS232 (-15 V až -5 V a 5 V až 15 V) je třeba převést na úrovně TTL (0 V a 5 V). Toto je provedeno pomocí obvodu MAX232, jehož zapojení je zobrazeno na obrázku 5.7.

Pomocí malého sedmipinového systémového konektoru pro GPS LR9552 je modul po zakoupení protikusů s drátky, označovaném jako systémový kabel pro GPS LR9552, snadno připojitelný do obvodu. Při pohledu ze spodní strany se vlevo zachází VCC, TIMEMARK, RXDB, TXDB, RXDA, TXDA a GND.

Napájecí napětí modulu může být v rozsahu 3,3 až 5 V. V celém palubním počítači je použito napětí 5 V, takže je možno jej připojit přímo. Při tomto napětí má modul spotřebu 55 mA. Rozsah pracovních teplot je od -20°C do 60°C. Podrobnější informace v [15].

Schéma zapojení GPS modulu je na obr 5.7.



Obr. 5.7 Schéma zapojení GPS modulu

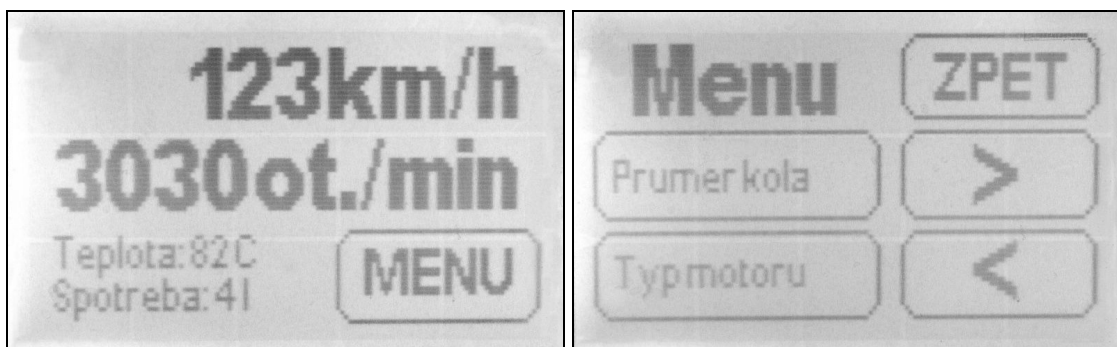
5.5 Menu palubního počítače

Menu palubního počítače slouží k získání údajů, které nejsou zobrazeny na hlavní obrazovce. Jsou to údaje o GPS souřadnicích, na kterých se motocykl nachází a o ujeté vzdálenosti. Důležitou funkcí menu je zadávání průměru předního kola a údaje o typu motoru. Toto zadávání se provádí při instalaci palubního počítače na motocykl. Zadané údaje se pak využívají při měření rychlosti a otáček.

Po zapnutí palubního počítače se zobrazí hlavní obrazovka. Na této obrazovce jsou vypsané dva hlavní údaje, jsou to rychlost a otáčky motoru. Menším písmem je zde dále uvedena teplota a spotřeba. V pravém dolním rohu se nachází tlačítko „MENU“ pro vstup do menu palubního počítače. Hlavní obrazovka je k nahlédnutí na obr. 5.8 a).

Menu palubního počítače obsahuje odkazy na zobrazování GPS souřadnic, ujeté vzdálenosti, zadávání průměru předního kola a typu motoru motocyklu. Pomocí tlačítek „>“ a „<“ je možno se v menu pohybovat. Obr. 5.8 b) a 5.9. a).

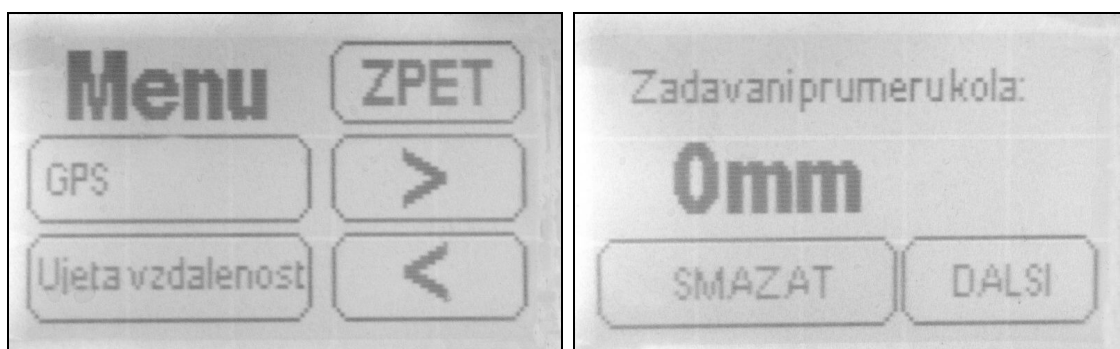
Jedna obrazovka, vyvolaná pomocí tlačítka „GPS“ v menu, zobrazuje zjištěné GPS souřadnice, na kterých se motocykl nachází. Dále je zde možnost výběru uživatelem, zda se souřadnice budou průběžně při jízdě motocyklu ukládat na SD kartu. Obr. 5.13 a).



a)

b)

Obr. 5.8 Ukázka menu palubního počítače

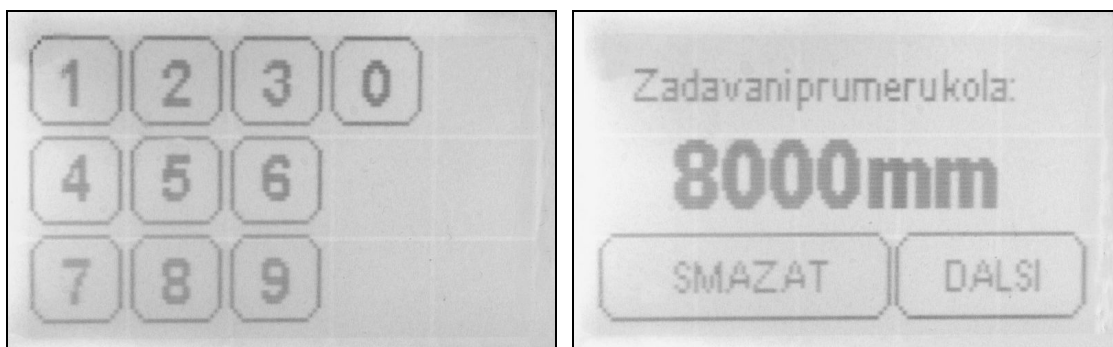


a)

b)

Obr. 5.9 Ukázka menu palubního počítače

Na obrázku 5.9 b) je k vidění výchozí obrazovka zadávání průměru předního kola. Po stisku tlačítka „DALSI“ se zobrazí klávesnice (obrázek 5.10 a)), po stisku příslušné číslice, v předváděném případě čísla osm, se toto číslo zobrazí na příslušné pozici zadávaných milimetrů. Zadávání začíná na tisících a pokračuje po jednotky milimetrů.



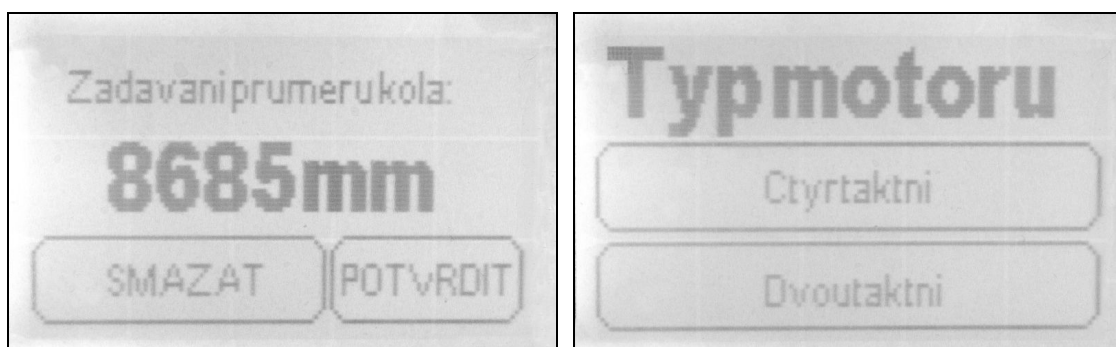
a)

b)

Obr. 5.10 Ukázka menu palubního počítače

Během zadávání je možno při chybě zadávané číslo smazat a začít znovu. Po zadání všech číslic se tlačítko další změní na tlačítko „Potvrdit“, kterým se zadaná hodnota potvrdí a následuje automatický návrat do menu (obrázek 5.11 a)).

Na obrázku 5.11 b) je uvedena obrazovka, která se zobrazí při zadávání typu motoru motorky. Je to druhá položka v menu. Je zde možnost volit čtyřtaktní či dvoutaktní motor.

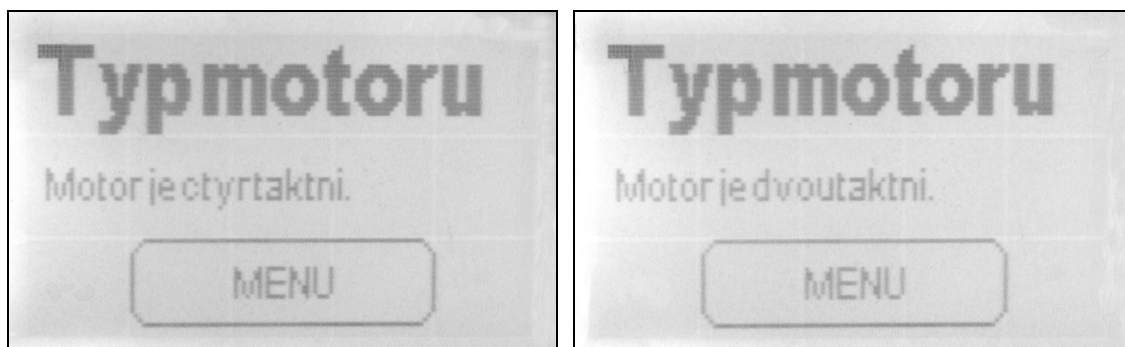


a)

b)

Obr. 5.11 Ukázka menu palubního počítače

Na obou částech obrázku 5.12 je možno shlédnout obrazovku, která se objeví po stisknutí tlačítka příslušného typu motoru. Ve spodní části obrazovky se zobrazí v obou případech tlačítko „MENU“ pro možnost návratu do hlavního menu.

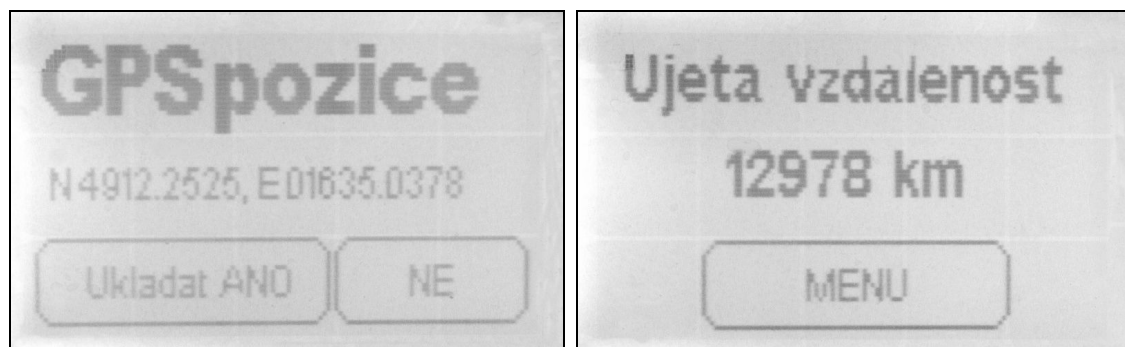


a)

b)

Obr. 5.12 Ukázka menu palubního počítače

Na obrázku 5.13 b) je zobrazena obrazovka vyvolaná po stisku tlačítka „Ujetá vzdálenost“. Tlačítkem „MENU“ je možno se opět vrátit do hlavního menu přístroje.



a)

b)

Obr. 5.13 Ukázka menu palubního počítače

6 Programové vybavení

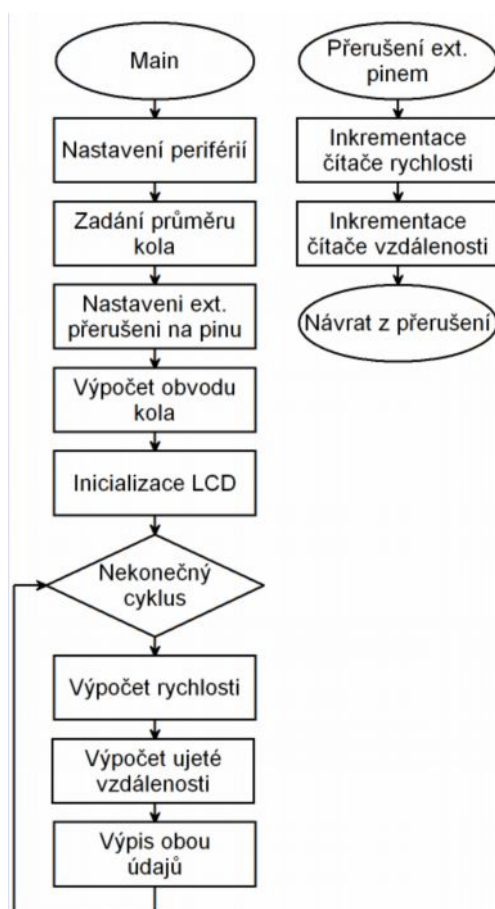
6.1 Měření rychlosti

Program realizuje čítání pulsů přicházejících od snímače magnetického pole. Jak již bylo zmíněno, je v programu nastavena detekce nástupných hran pulsů (bity ISC10 a ISC11 v registru MCUCR jsou nastaveny na jedničku). Tyto pulsy jsou čítány po určitý časový okamžik. Tento byl zvolen na jednu vteřinu. Při kratší době měření by byla udávaná rychlost aktuálnější, ale na úkor přesnosti měření.

Po načtení počtu impulsů je tento údaj následně přepočítán na rychlost a ujetou vzdálenost. Pro tento přepočet je nutno znát průměr kola, který se bude do palubního počítače při jeho instalaci na motocykl zadávat. Z průměru kola se vypočte jeho obvod a následně po vynásobení s počtem impulsů za vteřinu je získaná výsledná hodnota rychlosti v kilometrech za hodinu.

Na obrázku 6.1 je znázorněn vývojový diagram tohoto programu. Podstatné je zadání průměru kola a následný výpočet jeho obvodu. Dále je nutno aktivovat přerušování externím pinem (bit INT1 v registru GICR je nastaven) a povolit globální přerušování.

V okamžiku, kdy dojde k přerušování, nastane situace znázorněná v pravé části obrázku 6.1. V obsluze přerušování se inkrementuje čítač rychlosti a čítač ujeté vzdálenosti. Je nutno mít dvě proměnné, které se inkrementují, čítač rychlosti je totiž nutno v pravidelných intervalech nulovat, aby bylo možno počítat aktuální rychlost. Čítač vzdálenosti se však nenuluje.



Obr. 6.1 Vývojový diagram měření rychlosti a ujeté vzdálenosti

Obvod kola se vypočítá následovně:

$$obvod = prumer \cdot 3,141592 \quad (22)$$

V proměnné průměr je uložen zadaný průměr kola, který se násobí konstantou π .

Ukázka z programu výpočtu rychlosti:

```
rychlost = (float)obvod * citac_rychlosti;  
           //vypocet rychlosti v m/s  
rychlost = (float)rychlost / 16.66666667;  
           //prevod m/s na km/h
```

6.2 Měření ujeté vzdálenosti

Programové vybavení pro toto měření je popsáno v předchozí kapitole, která se věnuje měření rychlosti. Při měření ujeté vzdálenosti není však proměnná čítač_vzdálenosti nulována.

Ukázka z programu výpočtu ujeté vzdálenosti:

```
vzdalenost = (float)obvod * citac_vzdalenosti;  
           //vypocet vzdalenosti  
vzdalenost = (float)vzdalenost/100000;  
           //prevod na km
```

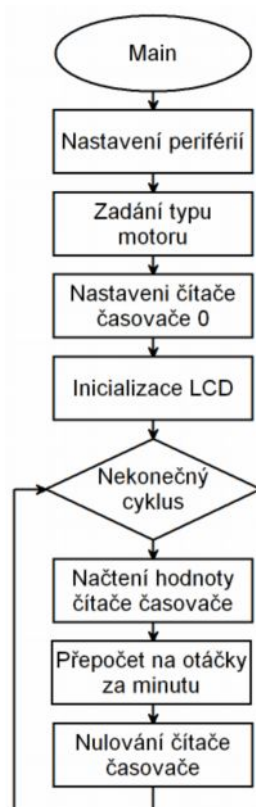
6.3 Měření otáček motoru

Pro čítání pulsů byl využit čítač/časovač0. Jeho základní nastavení je následující:

Bity C0S2 až CS00 v registru TCCR0 jsou nastaveny na jedničky, tím je zvolen externí zdroj signálu z pinu T0 s reakcí na nástupnou hranu. Ve stejném registru jsou vynulovány bity WGM00, WGM01, COM01 a COM00 pro nastavení normálního módu čítání a nastavení normální operace portu, OC0 je odpojen. Dále bylo ještě zakázáno přerušení při shodě a při přetečení (bity OCIE0 a TOIE0 v registru TIMSK jsou vynulovány).

Díky měření pomocí čítače/časovače, který běží samostatně, se může mikrokontrolér věnovat dalším činnostem. Pro získání údaje o počtu otáček je třeba jednou za vteřinu zkopírovat do proměnné otáčky obsah registru TCNT0, který reprezentuje počet příchozích pulsů na pin T0 během tohoto časového úseku. Tento údaj se následně v závislosti na druhu motoru přepočte na otáčky za minutu. Pro dvoutaktní motor je vynásoben 60-krát a pro čtyřtaktní motor jen poloviční hodnotou a to jest 30-krát. Výsledný údaj je ještě zaokrouhlen na celé stovky otáček. Zaokrouhluje se z důvodu lepší čitelnosti údaje, desítky a jednotky otáček totiž neustále kolísají.

Na obrázku 6.2 je zobrazen vývojový diagram programu pro měření otáček.



Obr. 6.2 Vývojový diagram měření otáček

Ukázka výpočtu otáček, jak je řešen v programu:

```

otacky=TCNT0;      //zkopirovani hodnoty c/c0 do promenne otacky

if (ctyrtakt == 1) otacky*=30;
                    //ctyrtakt ma 2 otacky za jedno zapaleni smesi
else otacky*=60;
                    //dvoutakt, co zapaleni smesi to otacka

otacky/=100;        //zaokrouhelni na stovky
otacky*=100;
  
```

Zokrouhlení je lepší provést z důvodu snadnější čitelnosti údaje na displeji.

6.4 Měření spotřeby

Jak již bylo zmíněno v kapitole 4.4, jsou průtokoměrem generovány pulsy. V mikrokontroléru jsou tyto pulsy následně čítány pomocí externího přerušení na pinu INT0. Následně je třeba určit časový interval, po který se tyto pulsy budou čítat. Tento byl zvolen na dvacet vteřin. Kdyby se měřilo v kratších intervalech, byl by sice údaj o spotřebě častěji aktualizován, ale nebyl by tak přesný.

Napočítané pulsy je třeba převést na objem paliva, který za danou dobu protekl. Tento přepočet se dělá podle vztahu (5), který je odvozen v kapitole 4.4.

Jako první se nastaví periférie pro výpis na LCD a pull-up rezistory na portu D, aby bylo možno využít pinu INT0 pro vyvolání externího přerušení. Podstatné je však nastavení

registru externího přerušení. V registru MCUCR (bity ISC00 a ISC01 jsou nastaveny na logickou jedničku) je nastavena reakce na vzestupnou hranu a v registru GICR (bit INT0 nastaven) se povolují externí přerušení. Jako poslední je třeba povolit globální přerušení.

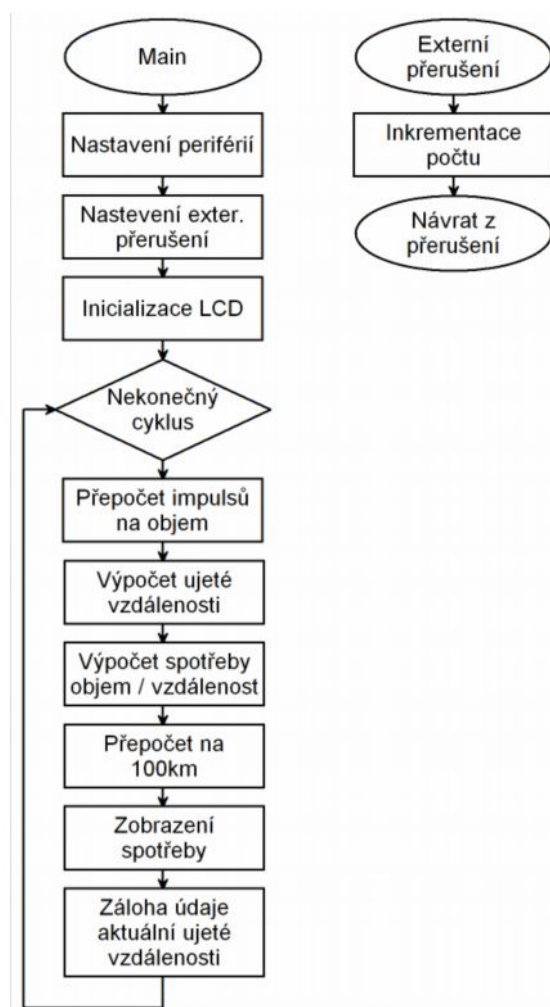
V tomto nastavení generují pulsy přicházející z průtokoměru přerušení, ve kterém se inkrementuje proměnná čítač. Následně se z naměřeného počtu pulsů a z poznatku kolik pulsů odpovídá určité spotřebě se spočítá aktuální spotřeba v daný okamžik.

Dalším potřebným údajem je ujetá vzdálenost za dobu dvaceti vteřin, po kterou probíhá měření. Tato vzdálenost je dána rozdílem mezi ujetou vzdáleností na začátku a na konci měření.

Následně se vypočítá z těchto dvou údajů spotřeba a to dělením objemu ujetou vzdáleností. Takto vypočítaná spotřeba je však na jeden ujetý kilometr, proto je třeba ji ještě vyjádřit v litrech na sto kilometrů tak, jak je obvykle udáván.

Na závěr se vypočtená spotřeba zobrazí na displeji a zálohuje se ujetá vzdálenost na konci měření, která je pro další měření vzdáleností počáteční.

Vývojový diagram programu na měření spotřeby je následující:



Obr. 6.3 Vývojový diagram měření spotřeby

Nejpodstatnější částí měření spotřeby je přepočet přijatých pulsů na velikost průtoku paliva. Toto je řešeno makrem. Použitý vzorec je odvozen v kapitole 4.4.

```
#define prutok(puls) 0.00002805*puls-0.03
//makro pro prepocet hodnoty pulsu na prutok
```

Výpočet spotřeby se provádí jednou za dvacet vteřin.

```
objem=prutok(citac);
//volani makra pro prepocet pulsu na objem a predani hodnoty promenne
//citac
ujeto=vzdalenost-vz_predchozi; //vypocet ujete vzdalenosti za 20s
spotreba=objem/ujeto; //vypocet spotreby (na 1km)
```

Proměnná `vz_predchozi` obsahuje údaj o stavu ujetých kilometrů na počátku dvacetivteřinového měřicího intervalu.

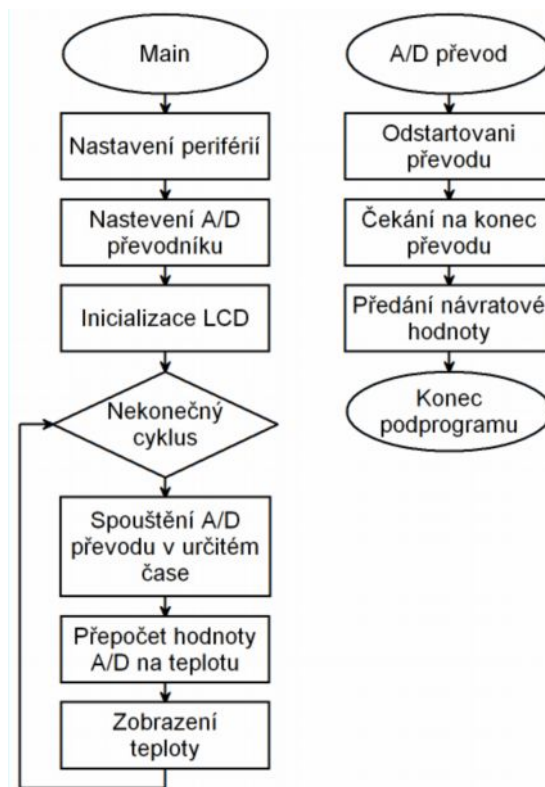
```
vz_predchozi=vzdalenost; //zaloha udaje o vzdalenosti pro dalsi vypocet
```

6.5 Měření teploty

Vývojový diagram měření teploty je zobrazen na obrázku 6.4. V registru ADMUX je nastaveno použití externí reference o napětí 5 V. Na pin AREF je třeba připojit kondenzátor o velikosti 100 nF. Následuje povolení A/D převodníku nastavením bitu ADEN v registru ADCSRA na logickou jedničku. V tomto registru je nastavena předdělička pro časování převodu na hodnotu 1/128 nastavením bitů ADPS0 až ADPS2 na logické jedničky.

V nekonečném cyklu je následně v definovaných časových intervalech spouštěna funkce měření na A/D převodníku. Je odstartován začátek převodu a následně se čeká na jeho ukončení. Po něm se nuluje bit příznaku ukončení příznaku ADIF v registru ADCSRA. Toto je realizováno zapsáním logické jedničky na pozici tohoto bitu. Před návratem z funkce je návratové hodnotě funkce předána hodnota naměřená A/D převodníkem.

Následně se tato hodnota přepočítá pomocí makra, které realizuje vztah $0,25 \cdot A/D - 56,25$. Tento vztah je odvozen v kapitole 4.5. Po tomto přepočtu je hodnota naměřené teploty zobrazena na display.



Obr. 6.4 Vývojový diagram měření teploty

Nejpodstatnější částí měření teploty je přepočet hodnoty, kterou naměřil A/D převodník na teplotu. Toto je řešeno opět makrem.

```
#define tepl(ad)  0,25*ad-56,25
                //makro pro prepocet hodnoty A/D na teplotu
```

V části programu zabývající se výpisem se použije makro, kterému se předá hodnota převodníku.

```
vypis=tepl(prevodnik);
```

6.6 Výpis hlavní obrazovky na display

Pro výpis na display je využita knihovna ks0108.h a soubor ks0108.c, dostupné na internetu na německém diskusním fóru [18]. Jednotlivé fonty písma byly vytvořeny pomocí programu GLCD Font Creator 2.

Zde jsou uvedeny některé použité funkce:

```
ks0108DrawRoundRect(76, 42, 50, 18, 5, BLACK);
//vykresleni obdelniku se zakulacenymi rohy(souradnice X,Y, sirka,
//vyska, zakulaceni, barva);

ks0108SelectFont(Arial_Bold_14, ks0108ReadFontData, BLACK);
//vyber fontu
```

```

ks0108GotoXY(84,45);           //souradnice vypisu

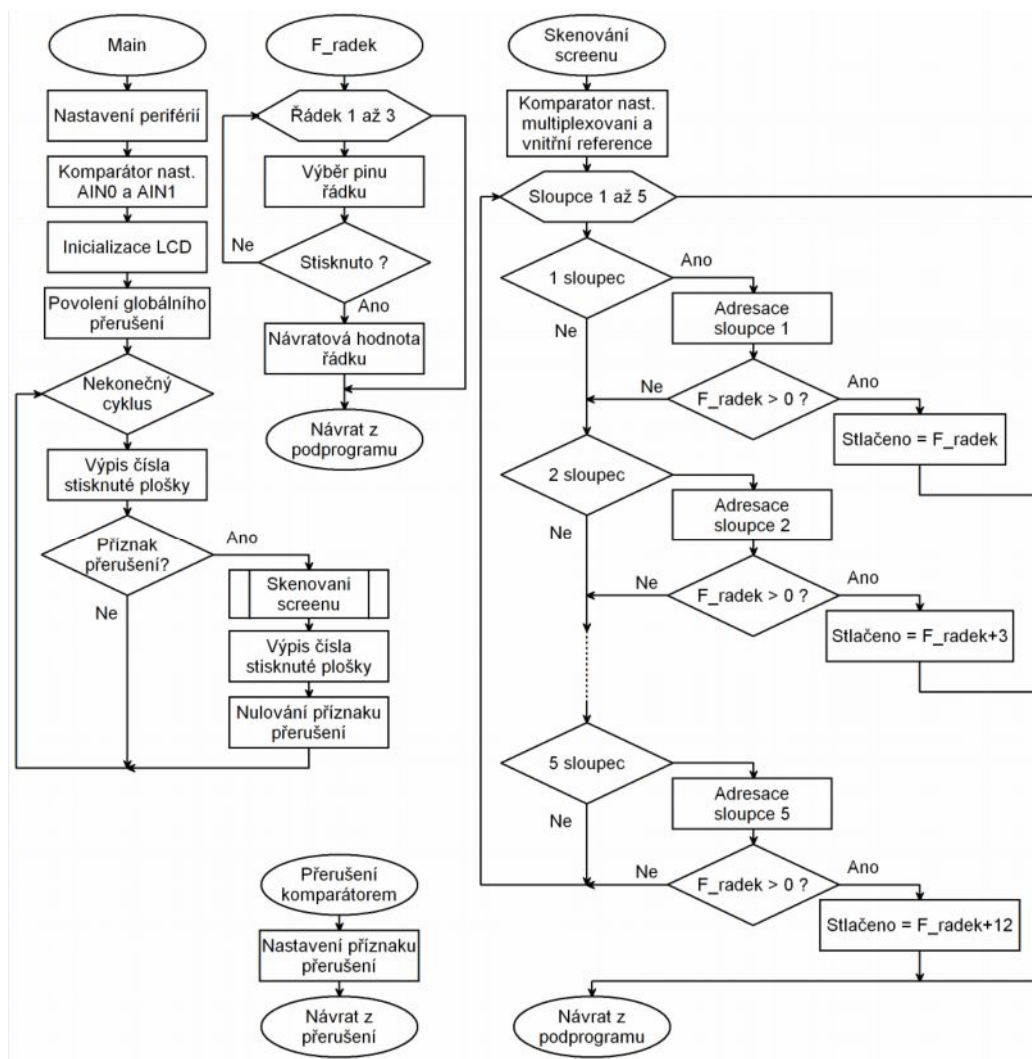
ks0108Puts_P(PSTR("MENU"));     //vypis textu

itoa(teplota, vypis_T, 10);     //pretypovani cisla na retezec
ks0108Puts(vypis_T);           //vypis retezce

```

6.7 Touch screen

Vývojový diagram programu pro detekci stisknuté plošky touch screenu je následující:



Obr. 6.5 Vývojový diagram touch screenu

Hlavní části vývojového diagramu jsou následující:

- **Main** – v levé části obrázku 6.5
- je zde třeba nastavit jako vstupy komparátoru piny AIN0 a AIN1 (bit ACME v registru SFIOR musí být nulový, stejně tak bit ACBG v registru ACSR), aby bylo možno stiskem plošky vyvolat přerušení. Přerušení bylo nastaveno na reakci na nástupnou hranu (bity ACIS1 a ACIS0 v registru ACSR jsou oba

nastaveny na jedničky). Dále je nutno připojit napájení komparátoru (bit ACD v registru ACSR musí být nulový). Na závěr bylo povoleno přerušení komparátorem a globální přerušení.

- nyní se čeká jen na přerušení mikrokontrolérem
- **Přerušení** – ve spodní části obrázku 6.5
 - při vyvolání přerušení se nastaví příznak přerušení
- **Skenování screenu** – pravá polovina obrázku 6.5
 - vstupy komparátoru jsou přednastaveny na multiplexování a vnitřní referenci 1,23 V (bit ACME v registru SFIOR musí být nastaven, stejně tak bit ACBG v registru ACSR), je nutno vypnout analogový komparátor (bit ADEN v registru ADCSRA je nulový)
 - následně se skenují postupně jednotlivé sloupce a testuje se, který z řádků je stisknut pomocí funkce F_radek
- **F_radek** – prochází postupně jednotlivé řádky, její návratovou hodnotou je číslice 1 až 3 v závislosti na stisknutém řádku

Výsledný program je rozdělen na hlavní soubor touch screenu a na knihovnu obsahující funkce inicializace a detekce stisknuté plošky.

Číslování jednotlivých plošek touch screenu:

	1		4		7		10		13	
	2		5		8		11		14	
	3		6		9		12		15	

Výstupem programu je zobrazení čísla 1 až 15 na LCD display, které odpovídá stisknuté plošce.

Po stisku plošky se nastaví proměnná signalizující příznak přerušení komparátorem. Jsou zakázána další přerušení a zavolána funkce F_stlaceno.

Funkce F_stlaceno se skládá z pěti bloků, které se zabývají adresací jednotlivých sloupců.

```

if (sloupec==1)           //testovani prvnio sloupece
{
  PORTA |= ( 1 << PORTA3 );
  //nastaveni pinu PA3 na logickou 1 (adresace 1 sloupce)
  if (F_radek()>0)
    //testovani, jestli je stisknut nejaky radek v //tomto sloupci
    {
      stlaceno=F_radek();
      //pokud ano, zapise se do promenne stlaceno cislo plosky
      //(1 az 3)
      break;
      //ukonci se for cyklus, aby se neprochazely dalsi sloupce
    }
}

```

Pro každý sloupec se volá funkce pro detekci stisknutého řádku.

```
unsigned int F_radek(void)
```

```

for(unsigned char i=0;i<3;i++)
    //postupna adresace jednotlivych radku
    {
        ADMUX = i;                //vyber kanalu prevodniku PA0 az PA2
        delay_ms ( 5 );           //cekani nez se vybere
        if((ACSR & 32)==0)         //pri stisku tlacitka se ACSR=0
        {
            return i+1;           //navratova hodnota = cislo radku 1 az 3
            break;                //ukoncení cyklu pri detekci stisknuteho radku
        }
    }
} //for(unsigned char i=0;i<3;i++)

```

6.8 Menu

Jednotlivé údaje pro správné vyhodnocování některých měřených veličin, např. měření otáček, rychlosti a ujeté vzdálenosti, vyžaduje zadat příslušné parametry po instalaci palubního počítače na příslušný motocykl. Na základní obrazovce není zobrazen údaj o aktuální poloze motocyklu. K jeho zobrazení je třeba přejít na jinou obrazovku. To samé platí pro ujetou vzdálenost. Toto vše je umožněno pomocí menu, které je ovládáno skrze touch screen displeje.

Po stisku tlačítka menu na základní obrazovce se uživatel dostane do menu palubního počítače. Zde má na výběr možnosti volby zadávání průměru předního kola a typu motoru. Dále se může podívat na GPS souřadnice, na kterých se nachází, na ujetou vzdálenost. Pomocí tlačítek > a < je možno se v menu pohybovat.

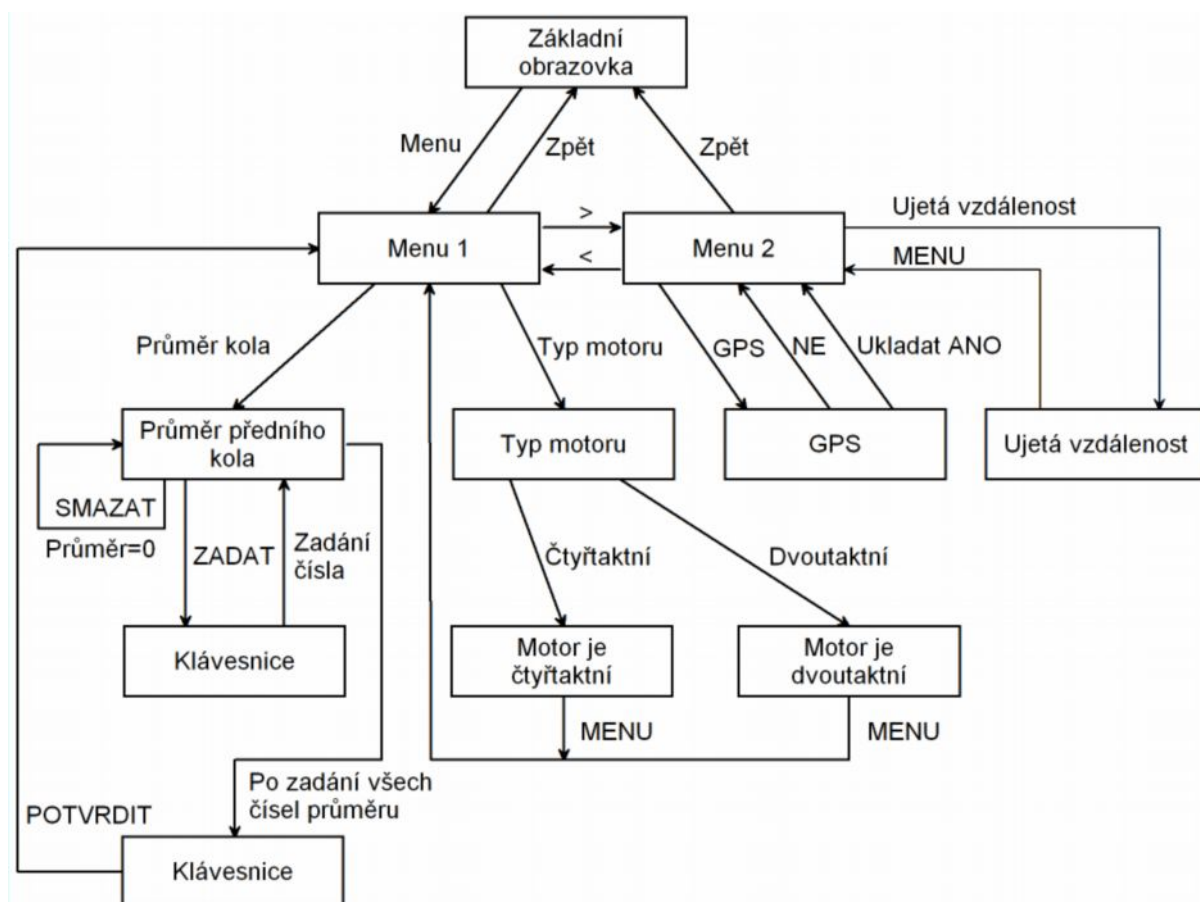
Pokud se v menu zvolí položka průměr předního kola, je zobrazen průměr kola. Při prvním vyvolání je tento nastaven na nulu. Po stisku tlačítka „zadat“ jsou zobrazeny tlačítka s číslicemi. Po stisku příslušné číslice v daném řádku je uživatel vrácen na předchozí obrazovku a stejným způsobem zadá zbylé číslice průměru. Po zadání všech se tlačítko změní na volbu potvrdit. Po potvrzení je zadaná hodnota průměru předního kola uložena do paměti EEPROM. Po celou dobu zadávání je možno využít volby smazat pro opravu zadávaného čísla.

Další položkou v menu je definice typu motoru motocyklu. Tento údaj je potřebný pro vyhodnocení otáček v závislosti na zážezích generovaných zapalovací svíčkou. Toto je popsáno v kapitole 4.3. Po zvolení typu motoru se zobrazí obrazovka, na které je uveden typ zvoleného motoru a tlačítko pro návrat do menu.

Třetí položkou v menu je možno získat aktuální údaj o pozici motocyklu. Uživatel si zde navíc může vybrat, zda se tyto data budou průběžně ukládat na SD kartu či nikoli.

Na čtvrté pozici v menu je tlačítko pro vyvolání obrazovky udávající aktuální stav ujetých kilometrů.

Na obrázku 6.6 je zobrazen stavový diagram menu. Jsou v něm znázorněny jednotlivé obrazovky a šipky s názvy tlačítek. Pomocí šipek lze vyčíst, co se po stisku příslušného tlačítka na dané obrazovce stane.



Obr. 6.6 Stavový diagram menu

6.9 GPS modul

Po připojení na napájecí napětí GPS modul sám vysílá data. Vysílá několik různých zpráv, které se liší hlavičkou. Tyto zprávy jsou vysílány v intervalech jedné vteřiny. Pro určení polohy je třeba přijímat datový řetězec začínající sekvencí \$GPRMC. Celý řetězec pak může vypadat následovně:

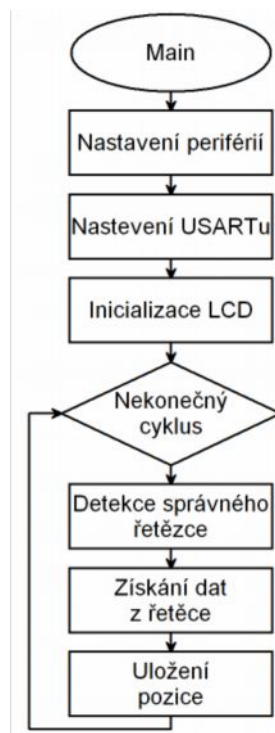
\$GPRMC,170138.615,A,4912.2525,N,01635.0378,E,0.04,16.43,280705,,*32

Údaje o poloze se nacházejí mezi písmeny A (eventuelně V), N (eventuelně S) a E (eventuelně W). V našem případě jsou tedy souřadnice 4912.2525 severně a 01635.0378 východně.

Každá sekvence je na začátku odlišena pomocí hlavičky. V programu je tedy řešen příjem dat a jejich uložení do znakového řetězce pamet[]. Následně se vyhodnocuje přijatá hlavička a podle ní se určí, zda je přijat požadovaný řetězec dat.

Pokud je přijat, následně se z řetězce vybere údaj o zeměpisné šířce a délce.

Na následujícím obrázku je znázorněn vývojový diagram komunikace s GPS modulem.



Obr. 6.7 Vývojový diagram komunikace s GPS modulem

Jednou z částí programu pro příjem dat z GPS modulu je funkce příjmu dat. Tato funkce čeká na kompletní příjem dat a následně se přijatý blok dat předá hlavní části programu.

```

unsigned char USART_Receive( void )      //podprogram pro příjem dat
{
    while ( !(UCSRA & (1<<RXC)) );      //cekani na kompletni příjem dat
    return UDR;                          //predani dat z pameti
}
  
```

Parametry přenosu pomocí USARTu jsou nastaveny následovně:

Přenosová rychlost: 4800 (na tuto rychlost je implicitně nastaven GPS modul)
 Počet datových bitů: 8
 Počet stop bitů: 1

Příjem dat je signalizován přerušením příjmem na USART. V přerušení je do řetězce dat pamet[] postupně ukládána přijatá datová posloupnost.

```

ISR (USART_RXC_vect)                  //preruseni pri prijmu na USARTu
{
    pamet[k]=USART_Receive();          //zkopirovani prijatych dat do retezce pamet[]

    if (pamet[k]=='P') k = 1;          //detekce zacatku dalsiho datoveho bloku

    k++;                               //inkrementace pozice v retezci
}
  
```

GPS modul vysílá několik různých řetězců. Data o pozici jsou obsaženy v jednom z nich. Hledaný řetězec obsahuje na začátku posloupnost znaků určující typ přijaté datové

posloupnosti. Data s údaji o pozici mají na svém začátku posloupnost znaků RMC. Tato vlastnost se detekuje následovně:

```
if ((pamet[s]=='R') && (pamet[s+1]=='M') && (pamet[s+2]=='C'))
{
    retezec=1;
    //pokud je to hledany retezec, tak se nastavi priznak
    //(retezec=1)
}
```

Pokud je přijat řetězec s hledanými daty, je nutno tato data z řetězce vyjmout. Proto následuje hledání začátku a konců těchto dvou údajů (zeměpisné délky a zeměpisné šířky).

Řetězec ze kterého se získávají data má následující tvar:

\$GPRMC,170138.615,A,4912.2525,N,01635.0378,E,0.04,16.43,280705,,*32
data udávající pozici jsou 4912.2525 a 01635.0378.

Detekce začátků a konců hledaných dat:

```
if (pamet[s]=='A' || pamet[s]=='V')
{
    zacatek=s;          //ulozeni pozice zacatku prvniho
}
if (pamet[s]=='N' || pamet[s]=='S')
{
    konec=s;            //ulozeni pozice konce prvniho a zacatku druheho
}
if (pamet[s]=='E' || pamet[s]=='W')
{
    konec2=s;           //ulozeni pozice konce druheho
}
```

Následně jsou pomocí těchto údajů data z řetězce pamet[] vložena do řetězců zem_sirka[] a zem_delka[].

```
for(l=zacatek+2;l<(konec-1);l++)
    zem_sirka[l-(zacatek+2)]=pamet[l];
    //vyjmuti udaje o zem. sirce z retezce pamet[]

for(l=konec+2;l<(konec2-1);l++)
    zem_delka[l-konec-2]=pamet[l];
    //vyjmuti udaje o zem. delce z retezce pamet[]
```

7 Závěr

Cílem mého prvního semestrálního projektu bylo seznámení se s problematikou palubních počítačů dostupných na trhu. Po nastudování jaké veličiny je možno jednotlivými počítači měřit a po zjištění možných metod měření těchto parametrů byly stanoveny požadavky na navrhovaný palubní počítač. Aby se navrhovaný palubní počítač odlišil od běžně nabízených na trhu, jsou jeho možnosti rozšířeny o schopnost měření spotřeby a aktuální polohy motocyklu pomocí GPS.

V následujícím druhém semestrálním projektu jsem vybíral jednotlivé použité komponenty, kterými jsou mikrokontroléry, LCD display, GPS modul a snímače jednotlivých veličin. Dále jsem se zabýval návrhem zapojení jednotlivých částí palubního počítače s ohledem na nízkou spotřebu a jeho mechanickou odolnost. Po návrhu zapojení jsem začal s tvorbou programů realizujících měření, výpis na display a detekci stisknuté plošky touch screenu, díky které bylo následně realizováno menu.

V poslední části diplomové práce byly zkompletovány jednotlivé části palubního počítače a vytvořeny jednotlivé programy. Kromě komunikace s SD kartou se podařilo jednotlivé části palubního počítače zprovoznit.

Nakonec byl proveden návrh jednotlivých desek plošných spojů, desky byly vyrobeny a osazeny. Podklady k návrhu jsou uvedeny v příloze. Zde jsou k nahlédnutí také fotografie palubního počítače. K návrhu mechanické konstrukce patří i dokumentace k umístění DPS do přístrojové krabičky.

8 Seznam použité literatury

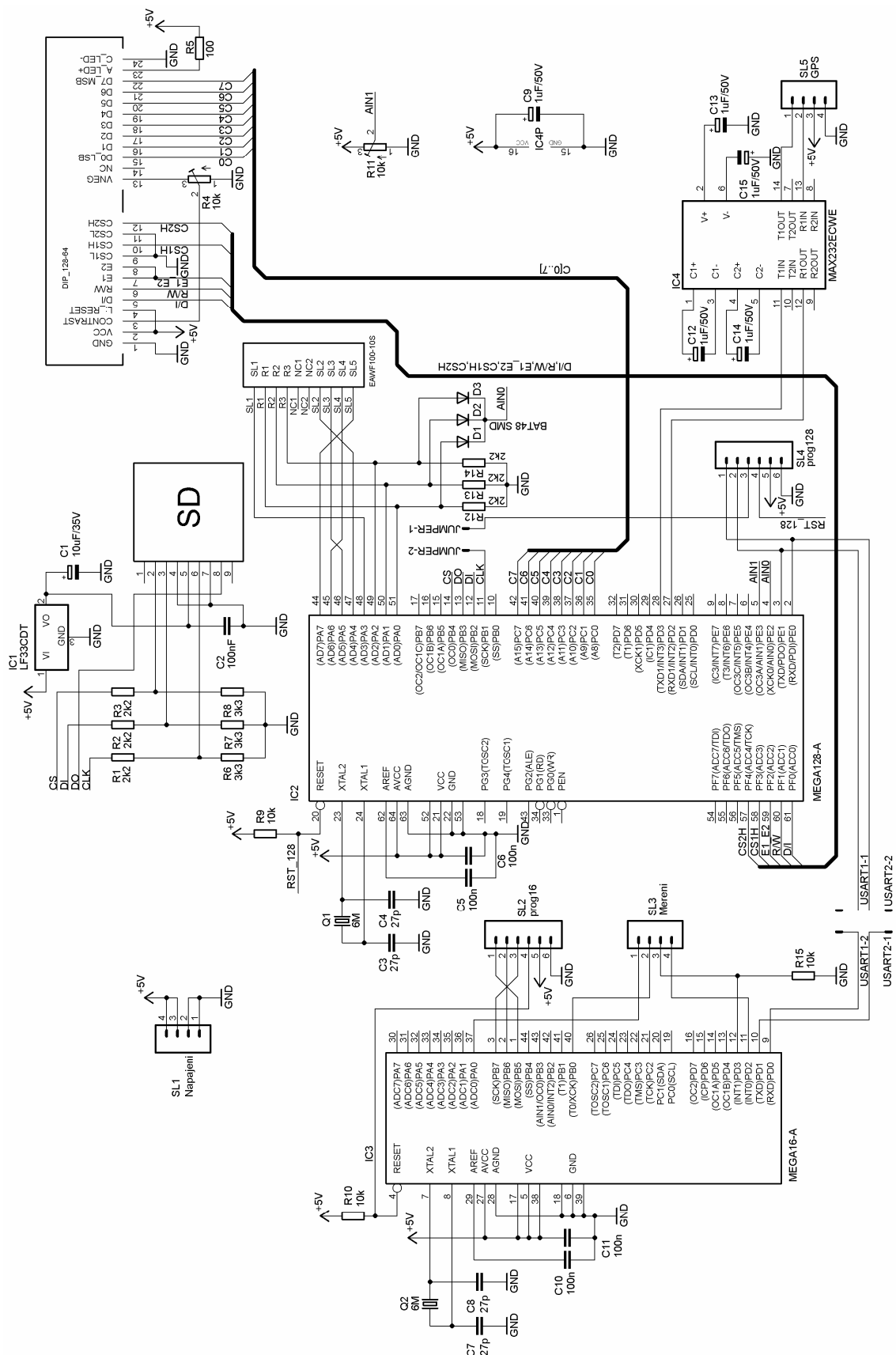
- [1] Bikers crown: internetový obchod [online]. [cit. 2010-2-20]
Dostupný z WWW: <<http://www.bikerscrown.cz/produkt2273.html>>
- [2] Bikers crown: internetový obchod [online]. [cit. 2010-2-20]
Dostupný z WWW: <<http://www.bikerscrown.cz/produkt4668.html>>
- [3] Bikers crown: internetový obchod [online]. [cit. 2010-2-20]
Dostupný z WWW: <<http://www.bikerscrown.cz/produkt4669.html>>
- [4] Bikers crown: internetový obchod [online]. [cit. 2010-2-20]
Dostupný z WWW: <<http://www.bikerscrown.cz/produkt2619.html>>
- [5] Bikers crown: internetový obchod [online]. [cit. 2010-2-21]
Dostupný z WWW: <<http://www.bikerscrown.cz/produkt4642.html>>
- [6] Bikers crown: internetový obchod [online]. [cit. 2010-2-21]
Dostupný z WWW: <<http://www.bikerscrown.cz/produkt4653.html>>
- [7] Moto centrum: internetový obchod [online]. [cit. 2010-2-21]
Dostupný z WWW: <<http://www.motocentrum.pel.cz/cs/eshop-ctyrkolky-motorky/prislusenstvi/rychlomery-otackomery-ukazatele/ace-1100-11070.html>>
- [8] Moto Hanz: internetový obchod [online]. [cit. 2010-2-21]
Dostupný z WWW: <<http://www.motohanz.cz/motohanz/eshop/14-1-Merici-prvky-pristroje/1302-Palubni-pocitace/5/1534-Pristroje-V-Rod>>
- [9] Motorkáři.cz: fórum motocyklistů [online]. [cit. 2010-2-21] Dostupný z WWW:
<<http://www.motorkari.cz/clanky/redakcni-testy/moto-guzzi/moto-guzzi-breva-v1100-3492.html>>
- [10] ZEHNULA, K., BEJČEK, L. *Převodníky fyzikálních veličin*. Skriptum.
Brno: Nakladatelství Vysokého učení technického v Brně, 1992, 102 stran.
- [11] RIPKA, P., ĎAŘO, S., KREIDL, M., NOVÁK, J. *Senzory a převodníky*. Skriptum.
Praha: Nakladatelství Českého vysokého učení technického v Praze, 2005, 135 stran.
- [12] Datasheet, *ATmega 16*.
Atmel, 352 stran.
Dostupné na WWW: http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc8154.pdf
Datum citace: 15. 4 2010
- [13] Datasheet, *ATmega 128*.
Atmel, 385 stran.
Dostupné na WWW:
http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc8151.pdf
Datum citace: 15. 4 2010
- [14] Datasheet, *LCD-graphic module 128x64 dots*.
Electronic assembly, 4 strany.
Dostupné na WWW: <http://www.mmselectronics.co.uk/lcddip.htm>
Datum citace: 15. 4 2010

- [15] Datasheet, *LR9552 GPS module*.
LEADTEK, 20 stran.
Dostupné na WWW: <http://www.sectron.cz/produkty/31-leadtek-research/32-gps-oem-moduly/655-gps-lr9552-rs232-modul-leadtek.html>
Datum citace: 20. 12. 2010
- [16] Schéma, *Otáčkoměr pro spalovací motory*.
Dostupné na WWW: http://fl.hw.cz/constrc/auto/otackomer/ot_sch.gif
Datum citace: 9. 10. 2010
- [17] Datasheet, *SD card specification*.
SD Association, 29 stran.
Dostupné na WWW: http://www.sandisk.com/Assets/File/OEM/Manuals/SD_SDIO_specs_v1.pdf
Datum citace: 23. 12. 2010
- [18] Dostupné na WWW: <http://www.mikrocontroller.net/topic/ks0108-glcd-routinen>
Datum citace: 11. 6. 2010
- [19] Dostupné na WWW:
<http://maths.cz/clanky/analyticka-geometrie-smernicova-rovnice-primky.html>
Datum citace: 14. 2. 2011

Seznam příloh

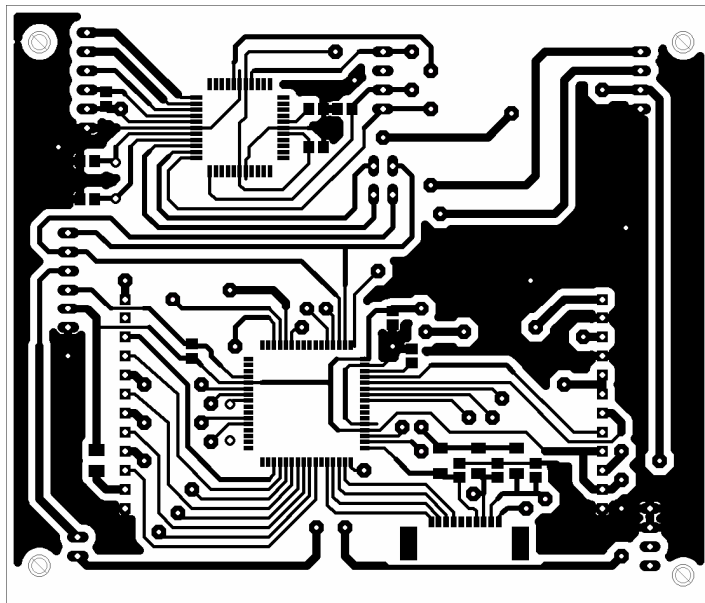
Schéma hlavní desky	63
Motiv plošného spoje hlavní desky bottom	64
Motiv plošného spoje hlavní desky top	64
Osazení plošného spoje hlavní desky bottom	65
Osazení plošného spoje hlavní desky top	65
Seznam součástek hlavní desky	66
Osazený plošný spoj hlavní desky	67
Schéma desky napájení a měření	68
Motiv plošného spoje desky napájení a měření bottom	69
Motiv plošného spoje desky napájení a měření top	69
Osazení plošného spoje desky napájení a měření bottom	70
Osazení plošného spoje desky napájení a měření top	70
Seznam součástek desky napájení a měření	71
Osazený plošný spoj desky napájení a měření	72
Zkompletovaný palubní počítač	73
Motiv plošného spoje desky průtokoměru top	75
Osazení plošného spoje desky průtokoměru top	75
Seznam součástek desky průtokoměru	76
Umístění desek do krabičky	77

Schéma hlavní desky



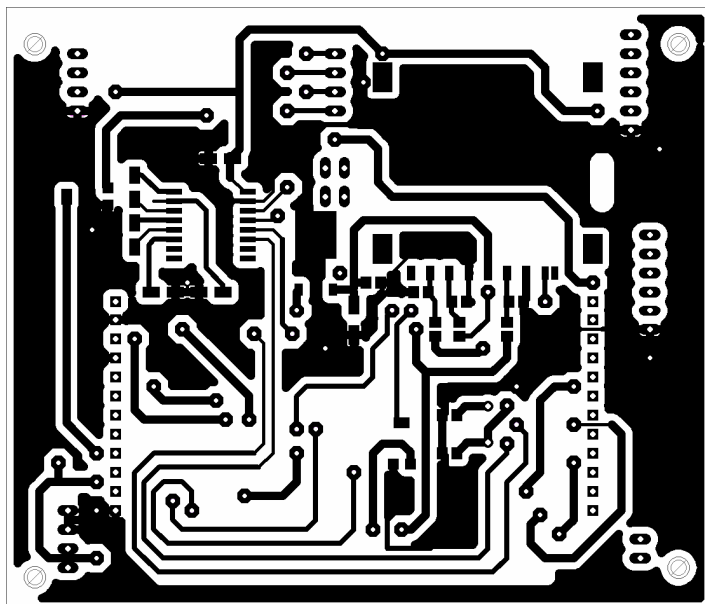
Obr. P1 Schéma hlavní desky

Motiv plošného spoje hlavní desky bottom



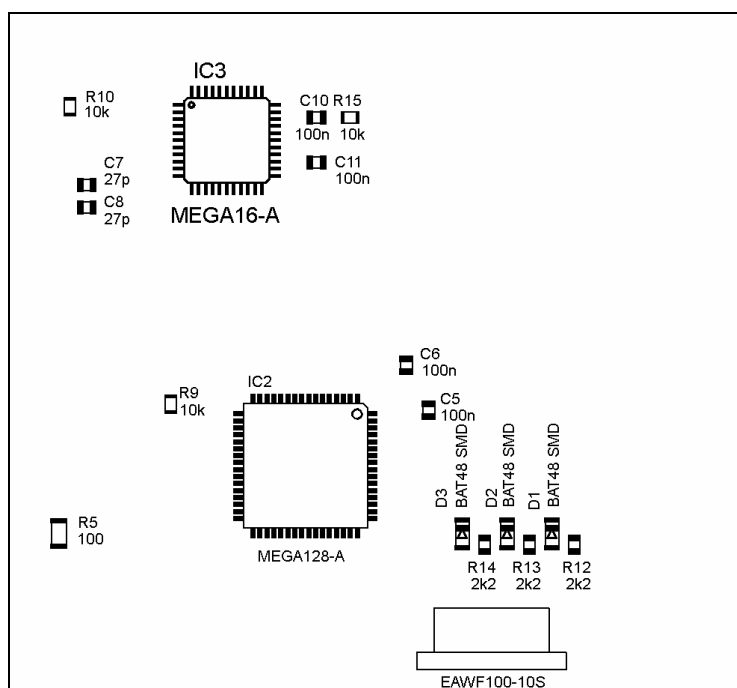
Obr. P2 Motiv plošného spoje hlavní desky bortím
rozměr desky 79,6 x 93,1 mm (zobrazení 1:1)

Motiv plošného spoje hlavní desky top



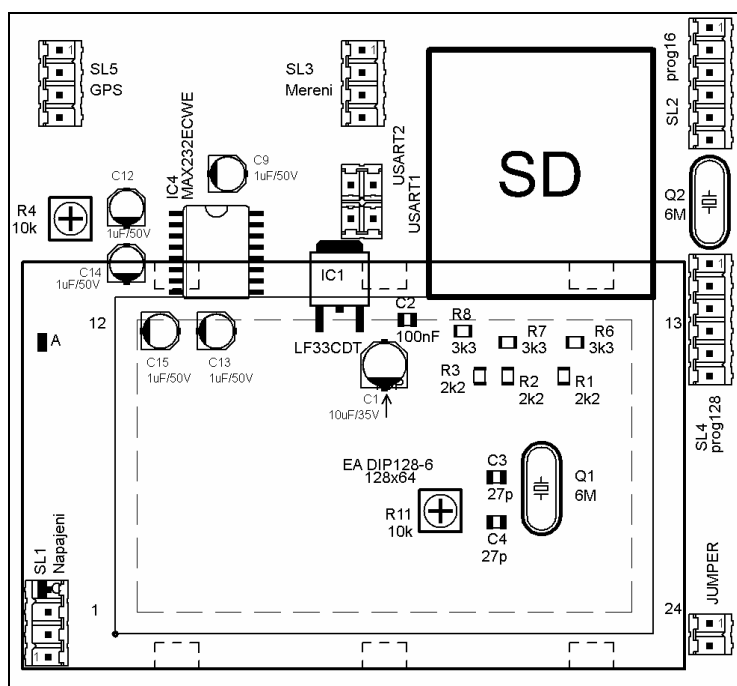
Obr. P3 Motiv plošného spoje hlavní desky top
rozměr desky 79,6 x 93,1 mm (zobrazení 1:1)

Osazení plošného spoje hlavní desky bottom



Obr. P4 Osazení plošného spoje hlavní desky bottom

Osazení plošného spoje hlavní desky top

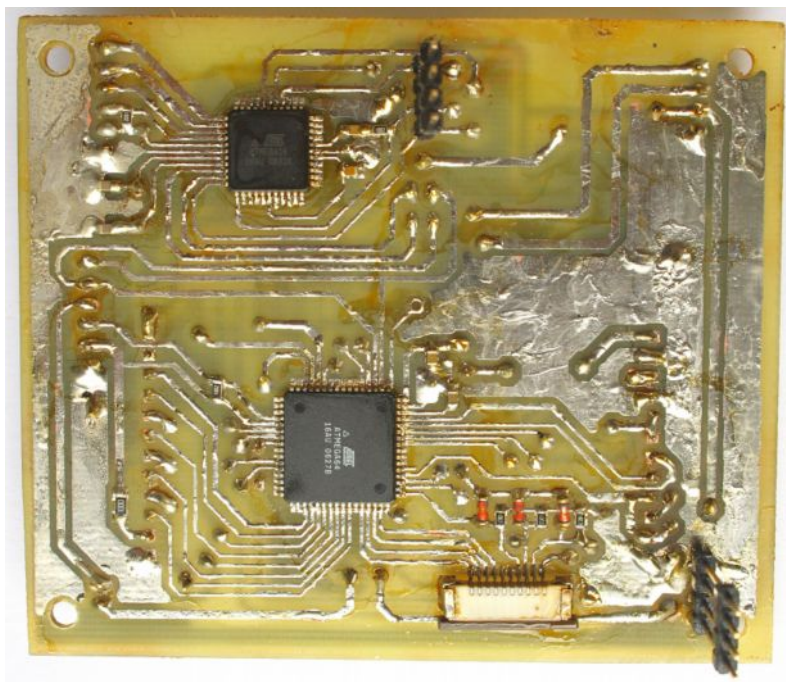


Obr. P5 Osazení plošného spoje hlavní desky top

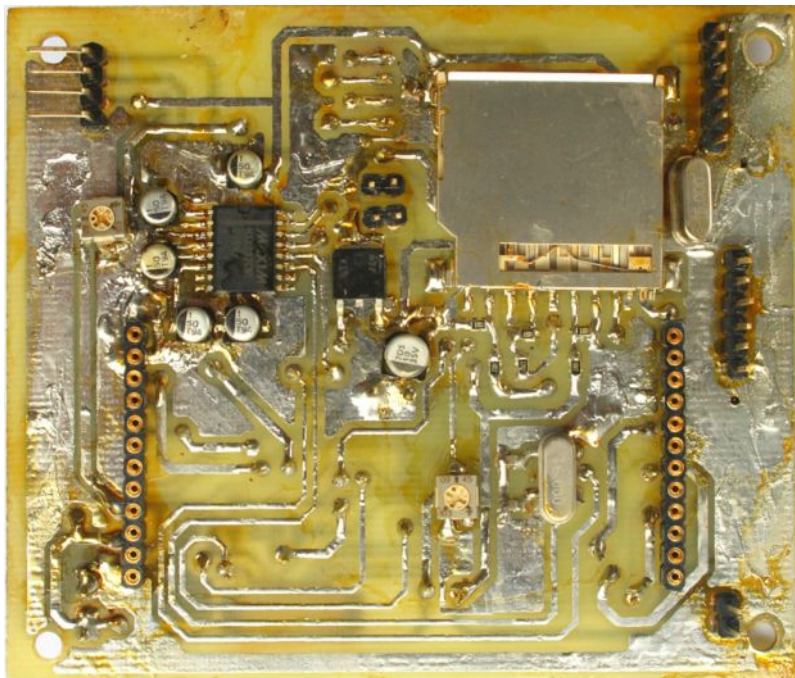
Seznam součástek hlavní desky

C1, C2, C5, C6	27p	C0805
C3, C4, C7, C8, C10	100n	C0805
C9	10uF/35V	PANASONIC_C
C11, C12, C13, C14, C15	1uF/50V	PANASONIC_B
D1, D2, D3	BAT48 SMD	MINIMELF
IC1	MEGA16-A	TQFP44
IC3	MEGA128-A	TQFP64
IC4	LF33CDT	TO252
IC5	MAX232ECWE	SO16L
JUMPER		02P
Q1	6MHz	
Q2	6MHz	
R1, R2, R5	10k	M0805
R3	100	M1206
R4, R15	10k	RTRIM4G/J
R6, R7, R8, R9, R10, R11	2k2	R0805
R12, R13, R14	3k3	M0805
SD_KARTA	SDMMC	
SL1	prog16	06P
SL2	Napajeni	04P
SL3	Mereni	04P
SL6	prog128	06P
SL7	GPS	04P
U\$1	EAWF100-10S	EAWF100-10S
U\$2	EADIPS082	EADIP128
USART1		02P
USART2		02P

Osazený plošný spoj hlavní desky

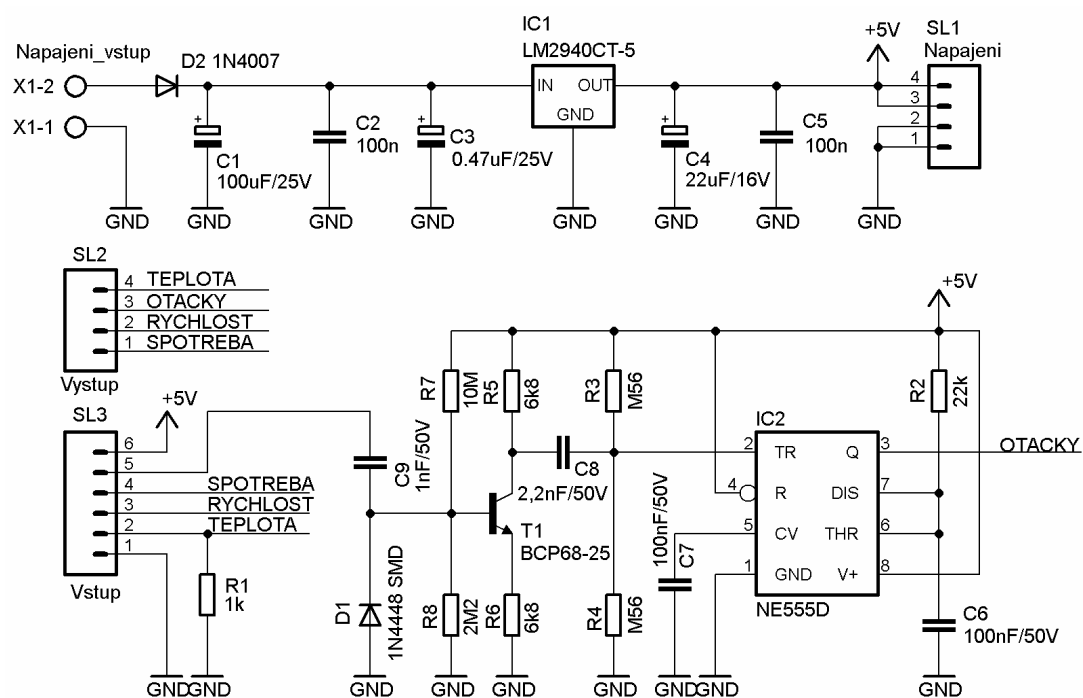


Obr. P6 Osazený plošný spoj hlavní desky bottom



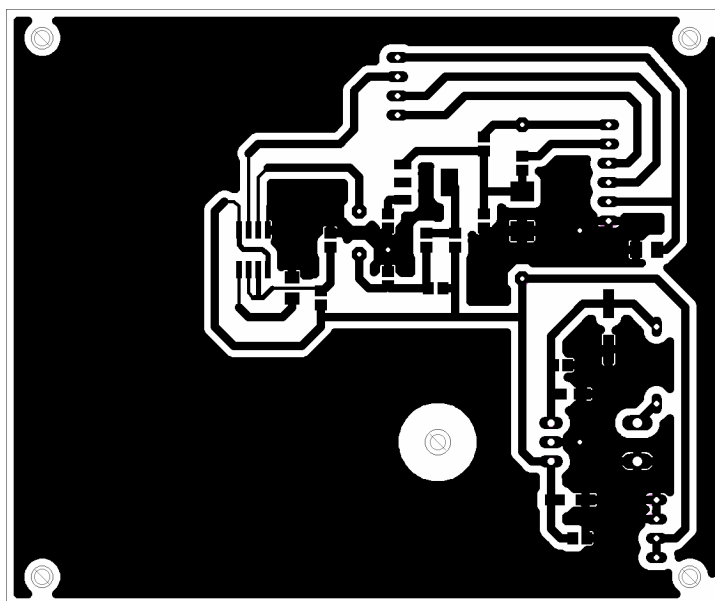
Obr. P7 Osazený plošný spoj hlavní desky top

Schéma desky napájení a měření



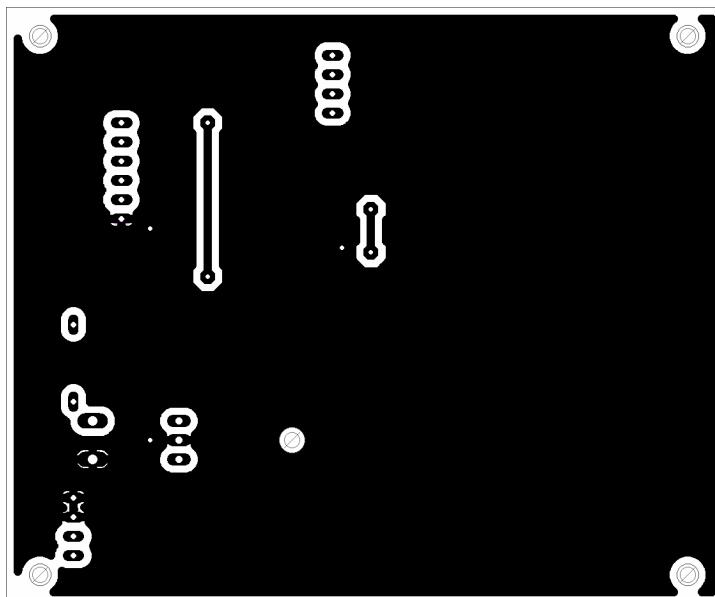
Obr. P8 Schéma desky napájení a měření

Motiv plošného spoje desky napájení a měření bottom



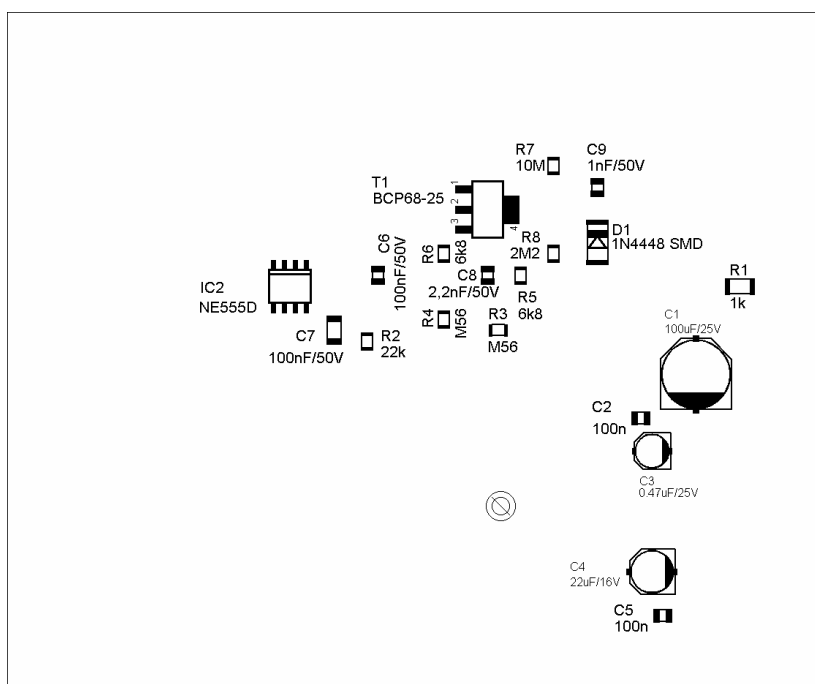
Obr. P9 Motiv plošného spoje desky napájení a měření bottom
rozměr desky 78,8 x 94,7 mm (zobrazení 1:1)

Motiv plošného spoje desky napájení a měření top



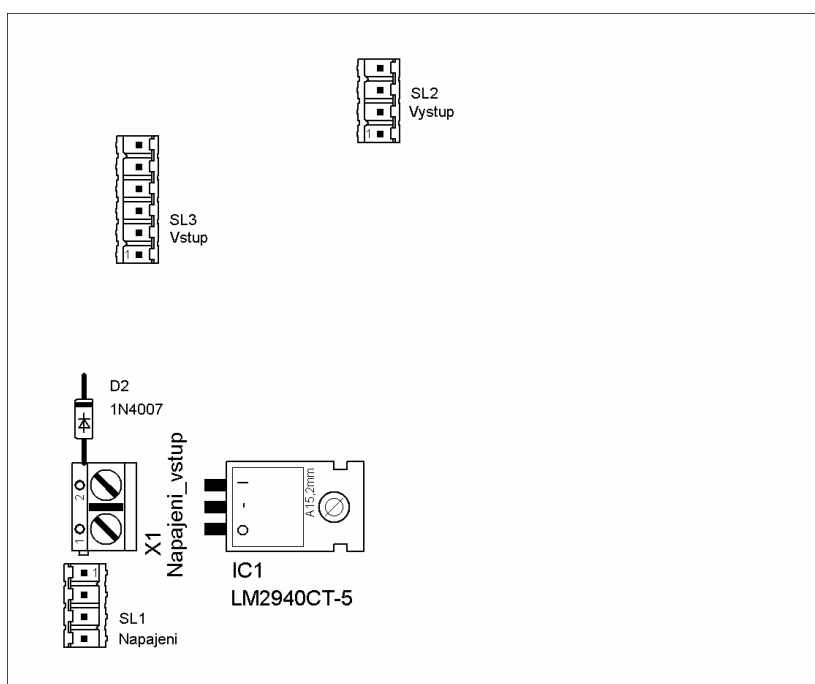
Obr. P10 Motiv plošného spoje desky napájení a měření top
rozměr desky 78,8 x 94,7 mm (zobrazení 1:1)

Osazení plošného spoje desky napájení a měření bottom



Obr. P11 Osazení plošného spoje desky napájení a měření bottom

Osazení plošného spoje desky napájení a měření top

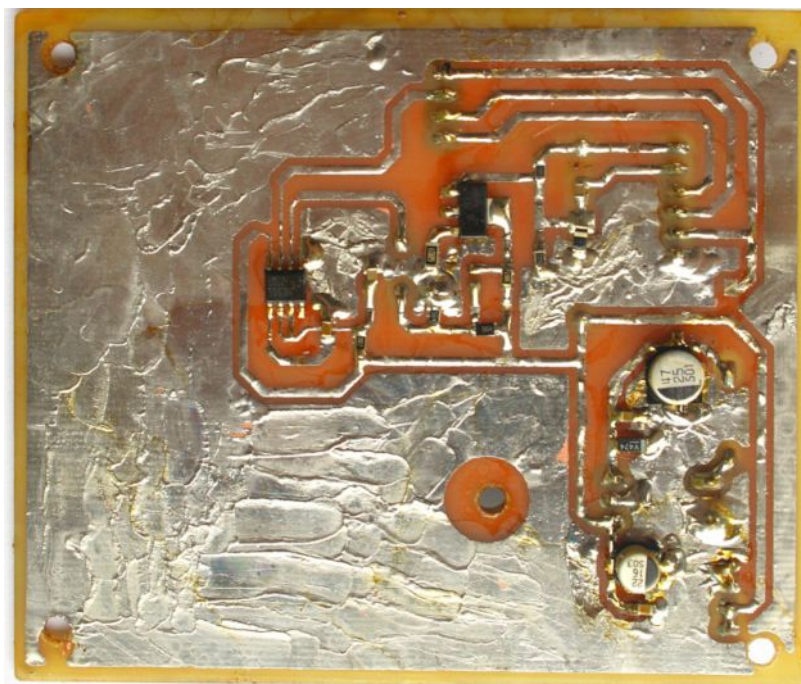


Obr. P12 Osazení plošného spoje desky napájení a měření top

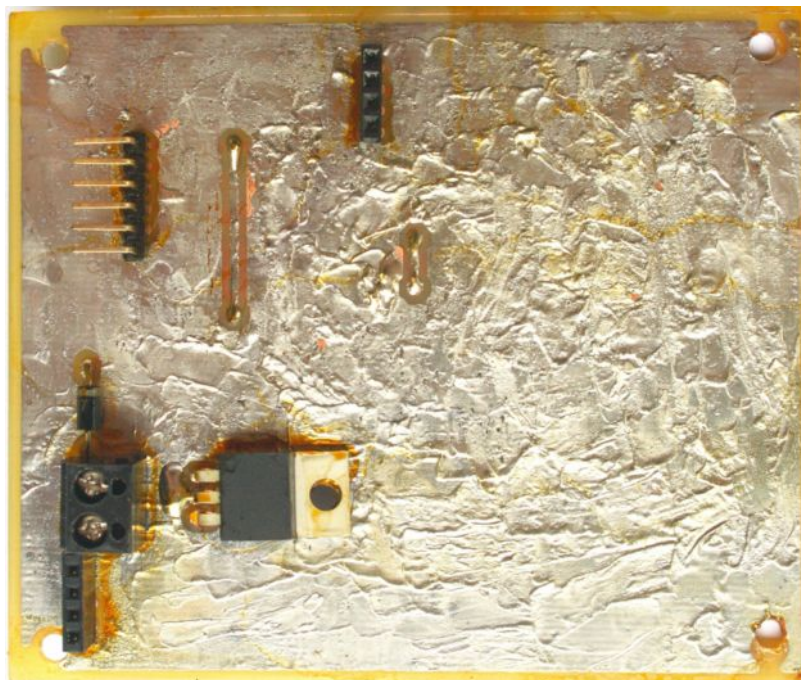
Seznam součástek desky napájení a měření

C1	100uF/25V	PANASONIC_E
C2, C5, C6	100n	C0805
C3	0.47uF/25V	PANASONIC_B
C4	22uF/16V	PANASONIC_C
C7	100n	C1026
C8	2,2n	C0805
C9	1n	C0805
D1	1N4448 SMD	MELF
D2	1N4007	
IC1	LM2940CT-5	
IC2	NE555D	SO08
R1	1k	M1206
R2	22k	M0805
R3, R4	M56	M0805
R5, R6	6k8	M0805
R7	10M	M0805
R8	2M2	M0805
SL1	Napajeni	04P
SL2	Vystup	04P
SL3	Vstup	06P
T1	BCP68-25	SOT223
X1	Napajeni_vstup	AK500/2

Osazený plošný spoj desky napájení a měření



Obr. P13 Osazený plošný spoj desky napájení a měření bottom

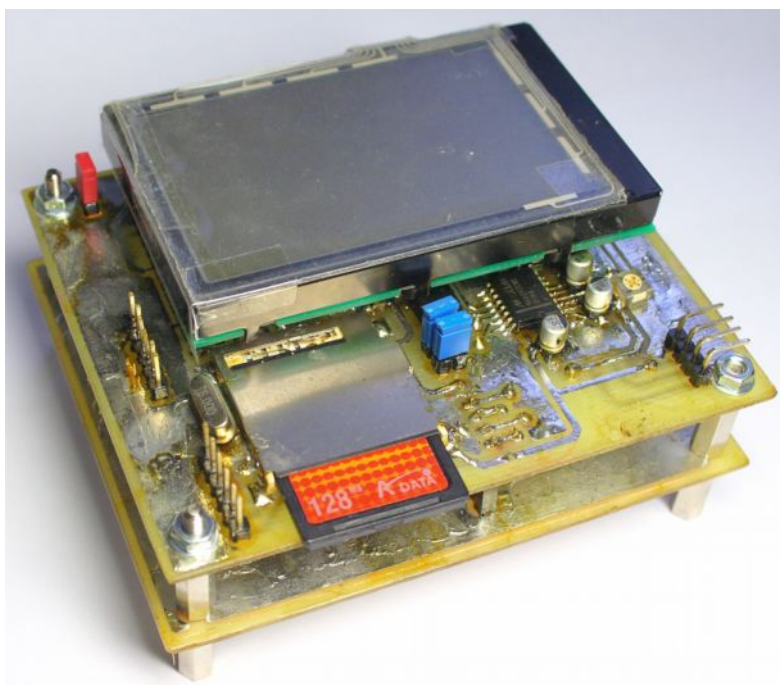


Obr. P14 Osazený plošný spoj desky napájení a měření top

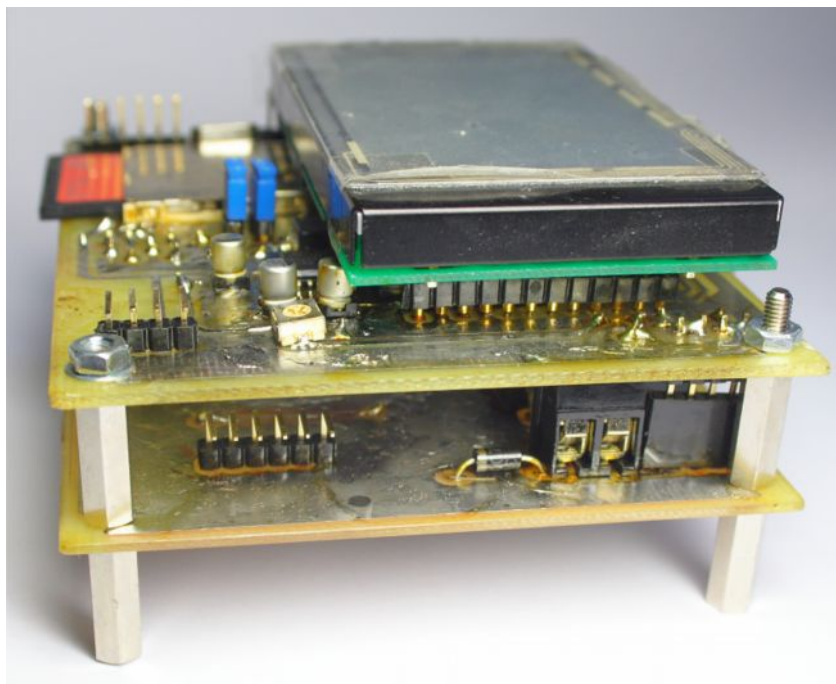
Zkompletovaný palubní počítač



Obr. P15 Zkompletovaný palubní počítač

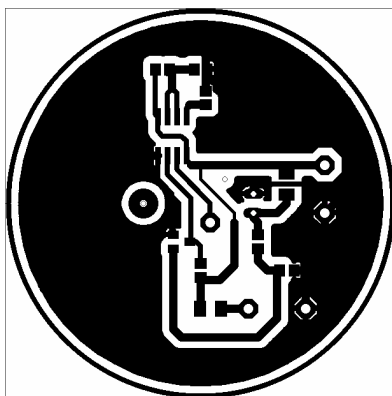


Obr. P16 Zkompletovaný palubní počítač



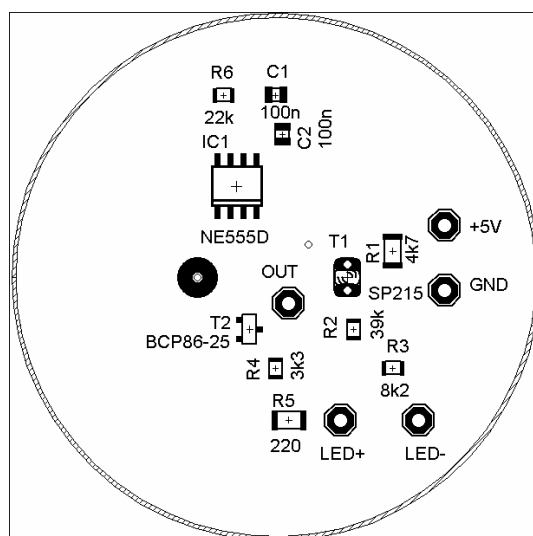
Obr. P17 Zkompletovaný palubní počítač

Motiv plošného spoje desky průtokoměru top



Obr. P18 Motiv plošného spoje desky průtokoměru
rozměr desky 51 x 51 mm (zobrazení 1:1)

Osazení plošného spoje desky průtokoměru top

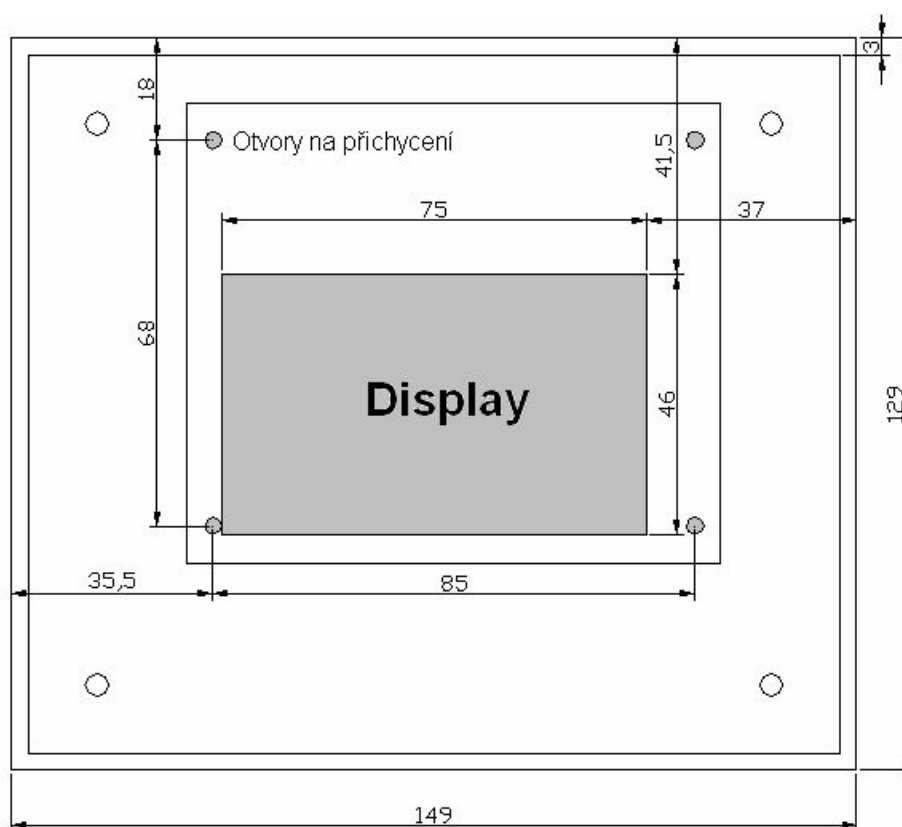


Obr. P19 Osazení plošného spoje desky průtokoměru top

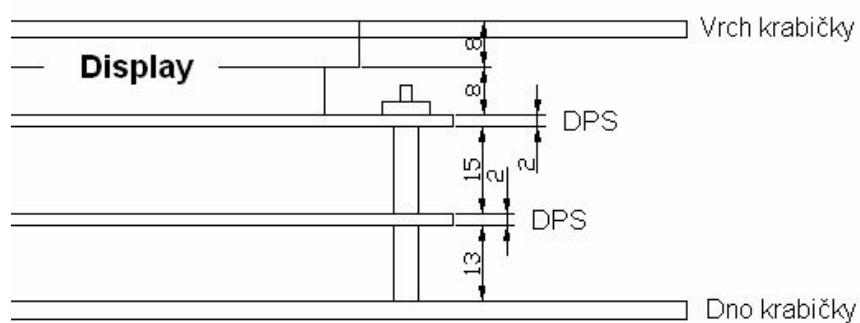
Seznam součástek desky průtokoměru

C1, C2	100n	C0805
IC1	NE555D	SO08
R1	4k7	M1206
R2	39k	M0805
R3	8k2	M0805
R4	3k3	M0805
R5	220	M1206
R6	22k	M0805
T1	SP215	
T2	BCP86-25	SOT23-EBC

Umístění desek do krabičky



Obr. P20 Pohled z hora



Obr. P21 Pohled z boku