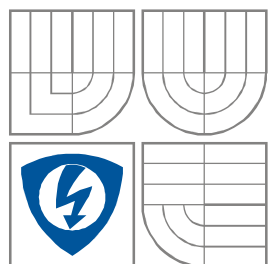


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNologiÍ

ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

PALUBNÍ POČÍTAČ S GPS MODULEM PRO MOTOCYKL

BOARD COMPUTER WITH GPS MODULE FOR MOTORBIKE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

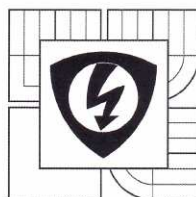
AUTHOR

Bc. Lukáš Kaláb

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. Lubomír Brančík, CSc.



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ
Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií
Ústav radioelektroniky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Elektronika a sdělovací technika

Student: Bc. Lukáš Kaláb
Ročník: 2

ID: 106521
Akademický rok: 2012/13

NÁZEV TÉMATU:

Palubní počítač s GPS modulem pro motocykl

POKyny PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se s možnostmi realizace palubního počítače pro motocykl disponujícího přídatnými GPS funkcemi (lze určovat aktuální polohu jezdce a zaznamenávat projetou trasu do paměti). Navrhněte blokové schéma celého zařízení.

Z nabídky výrobců vyberte vhodné obvody a vytvořte podklady pro konstrukci funkčního prototypu palubního počítače. Osadte a oživte desky plošných spojů celého zařízení.

Vytvořte a oladte software pro ovládání mikrokontroléru a ostatních periférií. Otestujte funkčnost celého zařízení na daném motocyklu.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] HRBÁČEK, J. Komunikace mikrokontroléru s okolím 1, 2. Praha: BEN - technická literatura, 2002.


[2] BUMBA, J. Programování mikroprocesorů. Praha: BEN - technická literatura, 2011.

Termín zadání: 11.2.2013

Termín odevzdání: 24.5.2013

Vedoucí práce: prof. Ing. Lubomír Brančík, CSc.

Konzultanti diplomové práce:


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

Tato práce popisuje návrh a následnou konstrukci palubního počítače pro motocykl s využitím modulu GPS. Mezi základní měřené a zobrazované veličiny patří rychlost vozidla, ujetá vzdálenost a otáčky motoru. Dále zařízení umožňuje měřit a zobrazovat průměrnou spotřebu, teplotu okolí a motoru, napětí akumulátoru, aktuální čas a pomocí GPS modulu i aktuální GPS pozici vozidla včetně nadmořské výšky. Celou projetou trasu vozidla je možno uložit na paměťovou kartu pro možné pozdější zpracování v PC.

KLÍČOVÁ SLOVA

Palubní počítač, motocykl, GPS, ATmega, Arduino

ABSTRACT

This thesis describes the design and subsequent construction of a board computer for a motorbike, using a GPS module. Vehicle speed, distance travelled and the motor's rotations (RPM) are among the basic elements that are measured and shown. Furthermore, the mechanism allows one to measure and show the average consumption, the temperature of the surrounding environment as well as the motor's temperature, battery voltage, current time, and, with the help of the GPS module, the current GPS location of the vehicle, including altitude. The vehicle's entire journey can be saved to the memory card for further processing in a PC.

KEYWORDS

Board Computer, motorcycle, GPS, ATmega, Arduino

KALÁB, L. *Palubní počítač s GPS modulem pro motocykl*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav radioelektroniky, 2013. 70 s. Diplomová práce. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Lubomír Brančík, CSc.

PROHLÁŠENÍ

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

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

V Brně dne 24. května 2013

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu diplomové práce prof. Ing. Lubomíru Brančíkovi, CSc. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne 24. května 2013

.....

(podpis autora)

OBSAH

Seznam obrázků	viii
Seznam tabulek	x
Úvod	1
1 Principy a možnosti měření jednotlivých veličin	2
1.1 Rychlost	2
1.1.1 Mechanický tachometr.....	2
1.1.2 Elektronický tachometr.....	2
1.2 Otáčky motoru	5
1.3 Spotřeba paliva	5
1.3.1 Elektronické vstřikování paliva	5
1.3.2 Příprava palivové směsi pomocí karburátoru	5
1.4 Napětí akumulátoru.....	6
1.5 Teplota okolí a motoru.....	7
1.5.1 Elektrické dotykové senzory.....	7
1.5.2 Teplota okolí.....	7
1.5.3 Teplota motoru.....	8
1.6 Pozice a projetá trasa	11
1.7 Čas	11
2 Návrh hardware	13
2.1 Požadavky na zařízení	13
2.1.1 Výčet požadovaných funkcí celého zařízení:	14
2.2 Blokové schéma zařízení	15
2.3 Displej.....	15
2.4 Indikace poruchových stavů	19
2.5 Mikrokontrolér.....	19
2.6 Měření rychlosti a ujeté vzdálenosti	21
2.7 Otáčky motoru	23
2.8 Spotřeba paliva	26

2.9	Napětí akumulátoru.....	27
2.10	Teplota okolí a motoru.....	27
2.11	Pozice a projetá trasa	28
2.12	Čas	29
2.13	Paměť pro ukládání údajů.....	29
2.14	Napájení	30
2.15	Odrůšení a ochrana vstupů.....	30
2.16	Návrh desek plošných spojů	31
3	Návrh software pro mikrokontrolér	32
3.1	Vývojové prostředí Arduino	32
3.2	Měření rychlosti a ujeté vzdálenosti	33
3.2.1	Měření rychlosti	33
3.2.2	Měření ujeté vzdálenosti	33
3.3	Otáčky motoru	33
3.4	Spotřeba paliva	33
3.5	Napětí akumulátoru.....	33
3.6	Teplota okolí a motoru.....	34
3.7	Pozice a projetá trasa	35
3.8	Čas	35
4	Testování zařízení na motocyklu	36
5	Závěr	39
	Seznam použité literatury	41
	Seznam symbolů, veličin a zkratk	43
	Seznam příloh	44

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1:	Princip induktivního snímače otáček	3
Obr. 1.2:	Princip Hallova jevu (převzato z [3]).....	4
Obr. 1.3:	Princip Hallova snímače otáček (převzato z [4]).....	4
Obr. 1.4:	Lopátkový objemový průtokoměr.....	6
Obr. 1.5:	Teplotní závislosti odporových sensorů teploty (Pt, Ni, NTC) (převzato z [7]).....	9
Obr. 1.6:	Závislost odporu PTC termistorů na teplotě (převzato z [7]).....	9
Obr. 1.7:	Závislost odporu křemíkových monokrystalických sensorů KTY81- 1 a KTY83 na teplotě (převzato z [7]).....	10
Obr. 2.1:	Krabička původního tachometru.....	14
Obr. 2.2:	Blokové schéma zařízení	15
Obr. 2.3:	Displej EA DOGL128-W (převzato z [15])	16
Obr. 2.4:	Průběh komunikace po SPI sběrnici displeje EA DOGL128-W (převzato z [15]).....	17
Obr. 2.5:	Schéma zapojení displeje	18
Obr. 2.6:	Schéma zapojení LED indikátorů	19
Obr. 2.7:	Rozložení pinů mikrokontroléru ATmega2560 včetně využití pinů vývojovou deskou Arduino MEGA (převzato z).....	20
Obr. 2.8:	Stávající mechanický tachometr na motocyklu	22
Obr. 2.9:	Jazýčkové kontakty (převzato z [13])	22
Obr. 2.10:	Schéma zapojení tvarovače signálu v programu PSPice (převzato a upraveno z [16]).....	24
Obr. 2.11:	Výsledek simulace tvarovače signálu v programu PSPice	25
Obr. 2.12:	Průtokoměr FCH-m-POM-LC (převzato z [17])	26
Obr. 2.13:	Zapojení termistoru k mikrokontroléru.....	28
Obr. 2.14:	Zapojení převodníku RS-232 -> USART	28
Obr. 2.15:	GPS modul Leadtek LR9450 (převzato z [14]).....	29
Obr. 2.16:	Schéma zapojení slotu microSD karty.....	30
Obr. 3.1:	Vývojové prostředí Arduino	33
Obr. 3.2:	Výpočet směrnice pro výpočet hodnoty teploty	34
Obr. 4.1:	Pohled na palubní počítač po testovací jízdě namontovaný na motocyklu .	37

Obr. 4.2: Záznam trasy z testovací jízdy	38
--	----

SEZNAM TABULEK

Tab. 2.2:	Parametry displeje EADOGL128-W	17
Tab. 2.1:	Parametry průtokoměru FCH-m-POM-LC.....	26
Tab. 3.1:	Určení směrnice přímky teplotního senzoru KTY-81	34

ÚVOD

Tato práce popisuje návrh a následnou konstrukci palubního počítače pro motocykl s připojeným modulem GPS. Navrhovaný palubní počítač umožňuje měřit jak základní, tak i některé pokročilejší veličiny potřebné pro informaci o provozu motocyklu.

Mezi základní měřené veličiny patří rychlost vozidla, ujetá vzdálenost a otáčky motoru. Dále zařízení umožňuje měřit průměrnou spotřebu, teplotu okolí a motoru, napětí akumulátoru, zobrazovat aktuální čas a pomocí přidaného GPS modulu i aktuální GPS pozici vozidla včetně nadmořské výšky. Celou projetou trasu vozidla je možno uložit na paměťovou kartu pro možné pozdější zpracování v PC.

Celá práce je členěna do čtyř hlavních částí. Nejprve je proveden rozbor možností měření jednotlivých veličin. Poté následuje popis návrhu hardwarové části a výběr konkrétních součástí a obvodů z nabídky výrobců s návrhem blokového schématu, schématu zapojení a desek plošných spojů celého zařízení. Třetí část práce popisuje vytvoření obslužného programu pro navržený hardware. Poslední částí je testování funkce celého zařízení na daném motocyklu a závěrečné zhodnocení dosažených výsledků.

1 PRINCIPY A MOŽNOSTI MĚŘENÍ JEDNOTLIVÝCH VELIČIN

1.1 Rychlost

Rychlost je z fyzikálního hlediska ujetá dráha za jednotku času. V základních jednotkách soustavy SI je tedy rychlost udávána v m/s, ovšem obecněji a v automobilovém průmyslu se využívá spíše přepočítání do km/h. 1 m/s je roven 3,6 km/h. Rychlost vozidel je měřena pomocí tachometru neboli rychloměru. Tachometry rozlišujeme mechanické a elektronické.

1.1.1 Mechanický tachometr

U mechanického tachometru je náhon veden přímo od kola nebo z převodovky pomocí bowdenu s rotující ocelovou strunou do budíku tachometru. U starších motocyklů se většinou otáčivý pohyb kola přenáší pomocí šnekového převodu na rotující pohyb struny a ten se přes převody v budíku dostává až na výchylku ručky, která na ocejchované stupnici ukáže aktuální rychlost. Podle převodů tak odpovídá určitý počet otáček struny určité ujeté vzdálenosti.

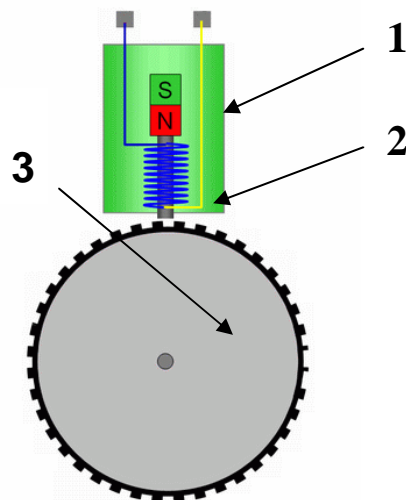
1.1.2 Elektronický tachometr

U modernějších motocyklů či automobilů je použito elektronického snímání otáček kola nebo hřídele převodovky. Elektronický tachometr má u kola nebo v převodovce umístěn snímač, který převádí otáčky na impulzy. Délka jednoho pulzu odpovídá určité ujeté vzdálenosti. Pulzy jsou dále zpracovávány a převáděny na otáčivý pohyb výchylky ručky.

Používané snímače většinou využívají principu induktivního nebo principu Hallova jevu.

Princip a konstrukce induktivního snímače

Na následujícím obrázku je principiálně zobrazen induktivní snímač otáček.



Obr. 1.1: Princip induktivního snímače otáček

Snímač je tvořen permanentním magnetem (č. 1), cívkou (č. 2) a magneticky měkkou hřídelí (č. 3). Permanentní magnet vytváří magnetické pole, které sahá až k ozubené hřídeli. Hřídel se otáčí a její rotující zuby vytvářejí změny magnetického pole a ty poté indukují napětí v cívce. Toto napětí má sinusový průběh. Amplituda a frekvence indukovaného napětí odpovídají rychlosti otáčející se hřídele.

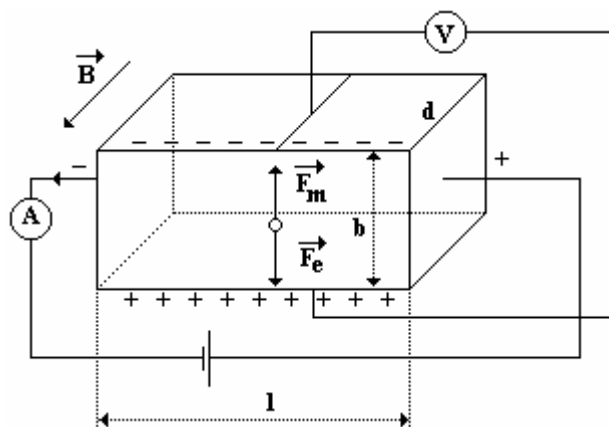
Princip Hallova jevu

Vodivou destičku z kovu nebo polovodiče umístíme do homogenního magnetického pole tak, aby vektor magnetické indukce \vec{B} byl na destičku kolmý. Prochází-li destičkou elektrický proud ve směru nejdélší její hrany, lze voltmetrem zjistit, že mezi bočními stěnami destičky vzniká napětí (viz obr. 1.1). Toto napětí se označuje $U(h)$ a nazývá se Hallovo napětí. Jeho velikost můžeme vyjádřit vztahem (1.1) [3]:

$$U(h) = \frac{BIlb}{Q} = \frac{BIlb}{qnbl d} = \frac{BI}{qnd} = R_H \frac{BI}{d}, \quad (1.1)$$

kde q je náboj jednoho nositele náboje, n je koncentrace nositelů náboje v jednotce objemu, d je třetí rozměr destičky a R_H je Hallova konstanta; $[R_H] = \text{m}^3 \text{C}^{-1}$. [3]

Magnetické pole působí na nosiče náboje v destičce. Tím vznikne nerovnoměrná koncentrace nosičů podél strany b , a také vznik rozdílu potenciálů mezi protilehlými stranami. Toto napětí je potom pomocí voltmetru měřitelné. Polarita měřeného napětí je shodná jako polarita magnetického pole. [3]

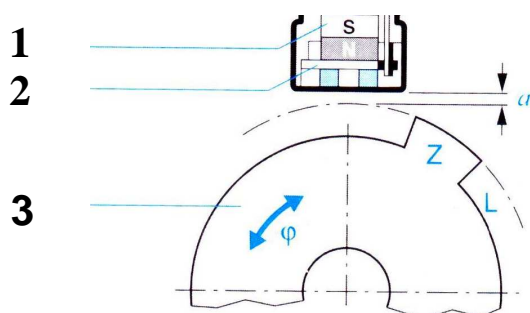


Obr. 1.2: Princip Hallova jevu (převzato z [3])

Tohoto principu lze využít i jinde, např. při bezkontaktním měření proudů, při měření velikosti magnetického pole, při snímání polohy, atd.

Konstrukce snímače s principem Hallova jevu

Na obr. 1.2 je znázorněna konstrukce snímače založeného na Hallově jevu. Základem snímače je permanentní magnet (1), další část snímače (2) tvoří samotný Hallův snímač. Magnetické pole permanentního magnetu je ovlivňováno rotujícími zuby hřídele (3). Tyto změny jsou pak zaznamenány Hallovým snímačem. Samotné změny napětí na sondě jsou velmi malé, proto se často využívá klopných obvodů, které detekují překročení jisté prahové úrovně. Výstupem je obdélníkový signál, jehož výhodou je nezávislost amplitudy výstupního napětí na počtu otáček. [5]



Obr. 1.3: Princip Hallova snímače otáček (převzato z [4])

Snímače založené na principu Hallova jevu řadíme mezi aktivní snímače, protože ke své funkci vyžadují přítomnost napájecího napětí.

1.2 Otáčky motoru

Udržování předepsaných otáček je důležité pro správnou funkci motoru, dosažení optimálního výkonu a hospodárného provozu vozidla z hlediska spotřeby paliva.

Měření otáček je ve své podstatě podobné měření rychlosti. Proto lze provádět pomocí metod jako pro měření rychlosti popsaných výše, tedy mechanickým otáčkoměrem, elektronickým otáčkoměrem pomocí Hallovy sondy nebo induktivním snímačem. Ovšem s tím rozdílem, že se neměří otáčky kola, ale otáčky klikové hřídele či převodovky. Pokud není vozidlo takovým snímačem již vybaveno z výroby, je dodatečná montáž velice složitá.

Další možností měření otáček je využití proudových pulsů indukční cívky, respektive vysokonapěťového kabelu vedoucího z indukční cívky k zapalovací svíčke. Tato metoda je ovšem vhodná pouze pro zážehové motory. V případě motocyklů je tedy vhodná pro všechny motocyklové motory, protože motory vznětové se jako motocyklové motory nevyužívají. Při každé jiskře (zážehu) svíčky prochází tímto kabelem jeden proudový pulz. Frekvence těchto pulzů je tak přímo úměrná otáčkám motoru. Pulz lze snímat cívkou navinutou kolem vysokonapěťového kabelu.

1.3 Spotřeba paliva

Princip měření spotřeby paliva se odvíjí od druhu palivové soustavy. Rozlišujeme palivovou soustavu s elektronickým vstřikováním paliva a s karburátorem.

1.3.1 Elektronické vstřikování paliva

Pokud je vozidlo vybaveno elektronickým vstřikováním paliva, lze měřit na vstřikovacím ventilu délku impulsu vstřiku. Vstřikovací ventil vstřikuje palivo do sání motoru. Pro samotné zjištění množství spotřebovaného paliva je potom nutné měřit dobu, po kterou je ventil otevřen. Zároveň je také nutno znát množství paliva, které ventil pustí za určitý čas. Toto množství je většinou udáváno v $\mu\text{l/s}$.

Získávání impulsů přímo ze vstřikovacích ventilů hlavně v případě vícebodového vstřikování bývá komplikované, protože bychom museli měřit každý ventil zvlášť a poté data sčítat a průměrovat. Proto se spíše využívá komunikace s řídicí jednotkou motoru, která většinou umožňuje komunikaci s okolím. V paměti řídicí jednotky bývají uloženy informace například o množství vstřikovaného paliva nebo o době otevření vstřikovacího ventilu.

1.3.2 Příprava palivové směsi pomocí karburátoru

Starším, ale stále používaným prvkem přípravy palivové směsi je karburátor. Ten se využívá především u starších či jednodušších koncepcí motocyklů z důvodu jednoduchosti a větší spolehlivosti.

V případě přípravy palivové směsi pomocí karburátoru je dávkování paliva řešeno mechanicky. Jediná možnost je tedy měřit průtok paliva mezi nádrží a karburátorem. K měření množství průtoku paliva je možno využít více metod, jejichž použití je závislé

na velikosti průtoku. Pro měření malých průtoků, kam můžeme spotřebu paliva u motocyklů a vozidel obecně zařadit, lze spotřebu měřit např. pomocí snímání podtlaku u podtlakových karburátorů nebo snímat polohu jehly karburátoru, která je škrťícím elementem pro průtok paliva. Nejvhodnějším a nejjednodušším způsobem je však využití průtokoměru.

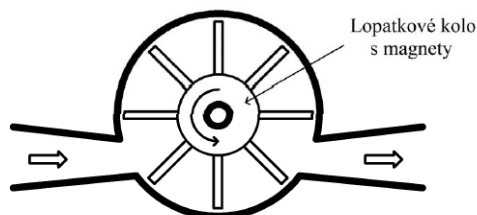
Existují tři základní typy průtokoměrů:

- objemový
- hmotnostní
- rychlostní.

Pro měření spotřeby vozidla je třeba použít průtokoměr objemový.

Princip průtokoměru

Na obrázku (Obr. 1.4) je zobrazen principiální náčrt lopatkového objemového průtokoměru. Měřená kapalina protéká přes lopatkové kolo s magnety, které tak roztáčí. Magnety při otáčení kola projíždějí kolem Hallovy sondy. Ta potom díky Hallovému efektu (viz. kap. 1.1.2) generuje výstupní napěťové pulzy. Rychlost otáčení lopatkového kola je přímo úměrná průtoku paliva a proto i frekvence generovaných pulzů je přímo úměrná průtoku paliva.



Obr. 1.4: Lopatkový objemový průtokoměr

1.4 Napětí akumulátoru

Akumulátor, nebo také baterie, je v dnešní době základní elektrickou výbavou každého vozidla. Je zdrojem elektrické energie, když vozidlo není nastartované a také vyrovnává poklesy napětí při chodu motoru. V případě motocyklů se můžeme setkat s olověnými akumulátory se jmenovitým napětím převážně 12 V, u starších strojů vzácně i 6 V. Akumulátor motocyklu je třeba za jízdy dobíjet, což je prováděno u starších vozidel dynamem a u novějších už většinou alternátorem.

Napětí plně nabitého olověného akumulátoru naprázdno je v rozmezí 12,6 V až 12,8 V. Udržovací provozní napětí olověného akumulátoru ve vozidle je 13,8 V až 14 V, které je vhodné kontrolovat, aby nedocházelo k přebíjení či k nedobíjení. Následně by totiž mohlo dojít až k možnému nevratnému poškození akumulátoru. Zvláště pak moderní gelové baterie používané v motocyklech jsou náchylné na poškození při

přebíjení, kdy hodnota napětí vzroste nad 14,5 V. U starších strojů občas vznikají závady regulátorů dobíjení, proto může monitorování napětí akumulátorů zavčas odhalit poruchu a předejít tak zničení baterie.

V aplikaci palubního počítače s mikrokontrolérem lze napětí akumulátoru měřit pomocí vestavěného A/D převodníku mikrokontroléru. Stačí pouze upravit napěťovou úroveň pomocí vhodně nastaveného odporového děliče napětí tak, abychom neměřili plné napětí akumulátoru, ale aby byla maximální hodnota menší, než je referenční napětí A/D převodníku.

1.5 Teplota okolí a motoru

Základní jednotkou termodynamické teploty je Kelvin [K], který je definován jako $1/273,16$ část termodynamické teploty trojného bodu vody. V praxi je však používán častěji jako jednotka stupeň Celsia [°C]. Převod je velice jednoduchý:

$$\vartheta [^{\circ}\text{C}] = T[\text{K}] - T_0,$$

kde $T_0 = 273,15$ K je teplota tání vody.

Ke stanovení teploty využíváme teplotní závislosti fyzikálních veličin na teplotě. [6]

1.5.1 Elektrické dotykové senzory

Rozlišujeme na:

- kovové odporové senzory teploty
- polovodičové odporové senzory teploty
 - termistory
 - NTC
 - PTC
 - monokrystalické odporové senzory
- monokrystalické PN senzory teploty
- termoelektrické senzory
- alternativní senzory teploty a převodníky teplota => střída nebo digitální slovo

[6]

1.5.2 Teplota okolí

Teplota okolí ovlivňuje jízdu na motocyklu o něco více jako jízdu v automobilu. Pro komfort řidiče a informaci o stavu vozovky je proto vhodné znát informaci o teplotě okolí.

Čidlo měření teploty okolí by nemělo být umístěno v blízkosti předmětů vyzařujících teplo, jakými jsou chladič a motor, a nemělo by také být ovlivňováno přímým slunečním zářením. Vhodným umístěním na motocyklu může být například

okolí palubních přístrojů. Použité čidlo teploty by mělo pracovat v teplotním rozsahu -40 °C až $+80\text{ °C}$.

1.5.3 Teplota motoru

Teplota motoru, tedy správně teplota chladicí kapaliny, případně oleje, je důležitou informací pro řidiče. Při namáhání nezahřátého motoru na provozní teplotu, kdy olej ještě nemá správné mazací schopnosti, dochází k výraznému opotřebení motoru. Také dlouhodobější činnost motoru, jehož teplota přesahuje ideální provozní hodnotu teploty (kolem 90 °C), vede ke zvýšení třecích sil. Tím dochází ke ztrátě mazací schopnosti oleje a větší roztažnosti materiálů, z čehož může dojít až k zadření pístu ve válci motoru a následnému kritickému poškození spalovacího prostoru. Z těchto uvedených důvodů je dobré teplotu motoru alespoň orientačně měřit.

Automobily a moderní motocykly využívají kapalinové chlazení motoru, kde se sleduje teplota chladicí kapaliny, případně teplota oleje. Ta může být v rozmezí -30 °C u stojícího vozidla v zimě až 120 °C při varu chladicí kapaliny v létě. Proto vystačí teplotní čidlo s o něco větším rozsahem. Většina takových vozidel však má už toto čidlo instalováno z výroby.

U vzduchem chlazených spalovacích motorů, které se používají u motocyklů jednodušší a starší koncepce se jako teplota motoru považuje teplota hlavy motoru v okolí zážehové svíčky. Teplota v této oblasti totiž může být pro motor kritickou. Rozmezí možných teplot je zde o něco vyšší, než u kapalinou chlazených motorů. Nejvyšší teplota může v ojedinělých případech dosahovat až hodnoty 140 °C . nelze použít oblíbená polovodičová čidla DS18B20 s číslicovým výstupem komunikující po sběrnici 1-Wire, která mají již přesně kalibrovaný výstup a poměrně velkou přesnost ($\pm 0,5\text{ °C}$ v celém měřicím rozsahu -55 až $+125\text{ °C}$). Tato čidla totiž nemají dostatečný teplotní rozsah.

Je tedy nutné využít čidlo s větším teplotním rozsahem, alespoň do 150 °C . Pokud se podíváme, jaké teplotní senzory používají výrobci v automobilech, zjistíme, že se většinou jedná o polovodičové odporové snímače teploty.

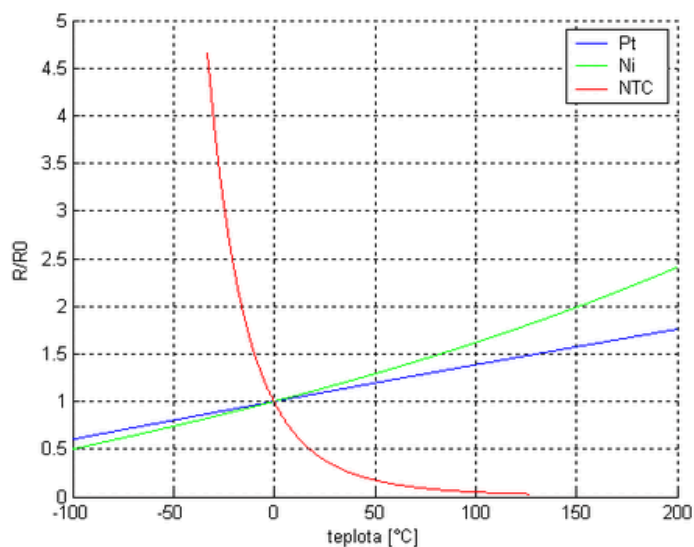
Polovodičové odporové senzory teploty jsou děleny na:

- Termistory
 - NTC (negastory)
 - PTC (pozistory)
- Monokrystalické odporové senzory

Termistory NTC (negastory)

Již podle názvu mají termistory NTC (Negative Temperature Coefficient) záporný teplotní součinitel odporu, což odpovídá výše zmíněnému jevu. S rostoucí teplotou se zvyšuje koncentrace nosičů náboje a elektrický odpor klesá. Kromě termistorů pro běžné teplotní rozsahy -50 °C až 150 °C se vyrábí i speciální termistory pro nízké (od cca 4 K) a vysoké teploty (zhruba do 1000 °C). Závislost odporu termistoru NTC na teplotě je silně nelineární. [7] Proto je jeho použití pro naše potřeby měření nevhodné.

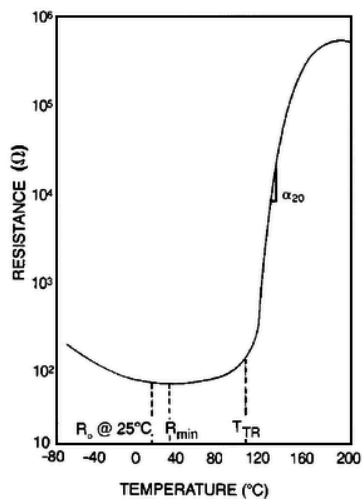
Na následujícím obrázku můžete vidět porovnání teplotních závislostí kovových a polovodičových odporových senzorů teploty. [7]



Obr. 1.5: Teplotní závislosti odporových senzorů teploty (Pt, Ni, NTC) (převzato z [7])

Termistory PTC (pozistory)

Termistory PTC (positive temperature coefficient) mají na rozdíl od NTC termistorů kladný teplotní koeficient. Jak je patrné z následujícího grafu, vykazují termistory PTC nelineární závislost odporu na teplotě. [7]

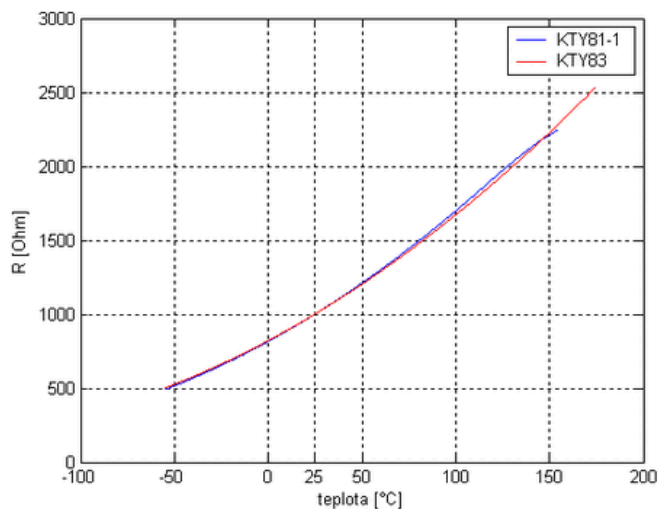


Obr. 1.6: Závislost odporu PTC termistorů na teplotě (převzato z [7])

PTC termistory mají značně nelineární charakteristiku s převážně kladným teplotním koeficientem. Jejich použití je obecně omezenější než u NTC termistorů, k měření teploty se prakticky nepoužívají. Nacházejí uplatnění zejména jako dvoustavové detektory nebo se využívá jejich V-A charakteristiky spolu s vlastním ohřevem např. pro měření proudění nebo průtoku. [7]

Monokrystalické Si senzory

Monokrystalické Si senzory teploty mají kladný teplotní součinitel odporu podobně jako PTC termistory, princip jejich vodivosti je však odlišný. Typickými představiteli křemíkových monokrystalických senzorů jsou čidla řad **KT** a **KTY**. Na následujícím obrázku je vyobrazena závislost odporu na teplotě senzorů KTY81-1 a KTY83 (KTY85). [7]



Obr. 1.7: Závislost odporu křemíkových monokrystalických senzorů KTY81- 1 a KTY83 na teplotě (převzato z [7])

Průběh závislosti odporu na teplotě vykazuje již pouze malou nelinearitu. Pokud potřebujeme opravdu přesné měření teploty, je třeba tuto nelinearitu linearizovat a linearizaci využít pro generování tabulky hodnot, kterou je možné nahrát do paměti mikrokontroléru.

Křemíkové senzory se obvykle používají pro rozsah teplot -50 až 150 °C.

Dalším možným řešením pro měření teploty motoru by mohlo být využití termoelektrického článku. Ten může mít například tvar podložky, která se vloží pod zážehovou svíčku. Není tedy nutné nijak upravovat hlavu motoru nebo hledat vhodné místo k umístění senzoru. Termoelektrický článek generuje napětí o nízké úrovni, které je závislé na rozdílu teplot na koncích termočlánku. Signál z termoelektrického článku je zesílen a korigován korekčním zesilovačem. Po této úpravě je signál přiveden na vstup převodníku A/D, který je integrovanou periferií mikrokontroléru.

Při měření teploty motoru je nutné dbát na správné mechanické uchycení čidla na vhodné místo k motoru. Je třeba zajistit co největší styčnou plochu mezi senzorem a měřeným místem na motoru, která tak zajistí dobrý činitel přenosu tepla. Čidlo teploty motoru by nemělo být ochlazováno např. náparem vzduchu, docházelo by tak ke zkreslení měření.

1.6 Pozice a projetá trasa

V dnešní době je použití GPS (Global Positioning System) čím dál více populární. Nejde jen o navigaci z bodu do bodu, ale také o zabezpečení movitých věcí a rychlé sdělení pozice k případné pomoci. V kritické situaci, například při dopravní nehodě či poruše vozidla, může být velice přínosné znát svoji aktuální polohu pomocí souřadnic, které následně sdělíme např. záchranným složkám nebo asistenční službě. Také může být výhodné zaznamenat celou projetou trasu a později ji využít třeba k analýze na počítači nebo opětovné navigaci po trase.

GPS je vojenský satelitní navigační systém provozovaný Ministerstvem obrany USA. Vývoj GPS začal v roce 1973. Dostupným i pro civilní účely se stal v roce 1994. Tento systém dokáže s přesností několika metrů určit pozici kdekoliv na Zemi. Přijímače GPS zachycují signály satelitů a z těchto údajů počítají svoji přesnou pozici, rychlost a směr pohybu. K určení polohy postačuje signál tří satelitů, pro zjištění nadmořské výšky je třeba alespoň čtyř satelitů. Čím větší je počet zachycených satelitů, tím přesnější jsou udávané informace. Každá družice vysílá rádiové vlny, které nesou informace o poloze družice a o čase, kdy byl daný signál vyslán. Ze známé rychlosti rádiových vln a časové prodlevy mezi vysláním a přijetím signálu lze jednoduše určit vzdálenost družice od přijímače. Pokud je signál přijímán alespoň ze tří družic, je možné pomocí triangulace určit přesnou polohu přijímače. Kolem země obíhá 24 družic, z čehož je 21 aktivních, zbylé tři jsou záložní. Družice obíhají v šesti drahách, které jsou vzájemně pootočený o 60°. Vzdálenost družic od země je 20200 km. Signál GPS je vyslán na pěti frekvencích s označením L1 až L5. L1 slouží pro civilní účely. Frekvence L2 je využívána pro vojenské účely a pro zpřesnění využívá L1. Frekvence L3 slouží k detekování startů balistických raket a jaderných výbuchů a zdrojů infračerveného záření. Frekvence L4 a L5 jsou využívány zatím k testovacím účelům. [10]

System GPS podává informace o poloze, které jsou přijímačem interpretovány do podoby NMEA zpráv. Podoba a skladba těchto zpráv byla stanovena stejnojmennou asociací NMEA (National Marine Electronics Association). Tyto zprávy lze pomocí komunikace USART předávat mikroprocesoru a dekodovat z nich potřebné údaje o poloze, nadmořské výšce, času, apod.

1.7 Čas

Pro zjišťování aktuálního času lze použít vnitřní čítač/časovač mikrokontroléru, obvod reálného času RTC (Real Time Control) nebo získávat časová data z NMEA zpráv GPS přijímače.

Mikrokontrolér a jeho integrovaný čítač/časovač se k použití příliš nehodí, protože by byl zbytečně zatěžován neustálými a dlouhodobými výpočty času a musel by být trvale napájen, což by vedlo ke zbytečnému vybíjení akumulátoru vozidla i při vypnutém motoru. Obvod čítač/časovač mikrokontroléru je spíše navržen pro měření kratších časových úseků potřebných jako pomocné funkce při dílčích výpočtech.

Možností je čtení času z NMEA zprávy pomocí GPS přijímače. Tím se ušetří další obvod, který má určitou spotřebu a celá hardwarová konstrukce se tak o něco zjednoduší. Nevýhodou může být jistá prodleva zobrazení přesného času po zapnutí přístroje, která je způsobena hledáním družic po zapnutí GPS modulu. Tato prodleva je závislá na čistém výhledu na oblohu a také na tom, kdy a kde byl GPS modul naposledy vypnut. Také během jízdy, kdy se vozidlo ocitne na místě se špatným výhledem na oblohu (např. hustý les, údolí, apod.), může dojít k výpadku signálu GPS modulu a ten tak přestane vysílat přesný čas.

Další možností je využití integrovaného obvodu reálného času (RTC). Tento obvod slouží jako zdroj času pro zobrazení hodin. Jeho výhodou je, že k němu na desce plošného spoje lze připojit externí záložní napájení (baterii), takže při vypnutí celého zařízení a odpojení napájení není čas smazán a je stále dál počítán. Menší nevýhodou při potřebě co největší miniaturizace desky plošného spoje může být přítomnost dalšího integrovaného obvodu na desce, včetně dalších podpůrných součástí a poměrně velkého pouzdra záložní baterie.

Asi nejlepší, ale také konstrukčně nejsložitější možností je kombinace obou předešlých možností. Tedy měření času generovaného z obvodu reálného času RTC, který je zálohovaný i časem GPS modulu, se kterým je možno čas obvodu RTC jednou za určený čas synchronizovat. Je možno tak získat poměrně velice přesné hodiny.

2 NÁVRH HARDWARE

2.1 Požadavky na zařízení

Na elektroniku v automobilovém průmyslu jsou kladeny poměrně vysoké nároky z hlediska rozmezí pracovních teplot, odolnosti vůči elektromagnetickému rušení, apod. Pokud se jedná navíc o použití elektroniky na motocyklu, je situace ještě o něco složitější. Přidává se totiž k těmto nárokům ještě navíc alespoň stupeň krytí vůči vodě, který zajistí voděodolnost. Celé zařízení by tak mělo být kompaktní, mechanicky odolné a také v rámci možností i voděodolné, protože bude použito na motocyklu, kde je zařízení skryto jen předním štítkem motocyklu a vystaveno tak téměř přímo všem povětrnostním vlivům. Zajisté se též při použití na motocyklu, zvláště pak s jednoválcovým motorem, nevyhneme zvýšeným vibracím. Při návrhu je také dobré snažit se dbát na jednoduchost, z čehož plyne větší spolehlivost a také na cenovou dostupnost.

Důležitým kritériem pro návrh takového zařízení je znát možnosti vozidla, na které bude palubní počítač instalován. U moderních motocyklů můžeme s výhodou využít již zabudovaných senzorů od výrobce nebo získávat data přímo z řídicí jednotky motocyklu. Naopak u starších strojů se většinou setkáme spíše s mechanickým řešením měření například rychlosti a proto je nutné požadované senzory přidat.

Tento palubní počítač je obecně navrhnout pro motocykly starší koncepce s přípravou palivové směsi karburátorem a absencí elektronických senzorů, které by bylo možno využít pro získání potřebných impulzů vhodných pro zpracování mikrokontrolérem. Primárně je navrhnout pro motocykl Yamaha XT600E DJ02 r.v. 2001, na kterém bude také testován a dále využíván. Tento motocykl disponuje z výroby pouze mechanickým otáčkoměrem a mechanickým ukazatelem rychlosti s počítadlem denních a celkových ujetých kilometrů. Proto bude toto zařízení velice komfortním prvkem rozšiřujícím možnosti zjišťování dalších údajů o provozu motocyklu.

Navrhovaný palubní počítač si tedy neklade za účel být univerzálním zařízením pro všechny typy motocyklů, ale po úpravě firmwaru by bylo možné jej použít i na jiném stroji podobné koncepce.

Jako rozhraní pro zobrazení naměřených a vypočtených hodnot uživateli poslouží grafický podsvícený displej, dobře čitelný na slunci. V zařízení určených na motocykl nemá význam použití dotykových displejů, protože zde vyvstává problém s voděodolností a bezpečnou ovladatelností v rukavicích. Případné ovládání celého palubního počítače bude provedeno jednoduše a spolehlivě tlačítky, které budou v ideálním případě vyvedené na řídítka tak, aby bylo možno je co nejbezpečněji ovládat i v rukavicích.

Aby bylo zařízení opravdu použitelné v reálném provozu na motocyklu a splňovalo výše uvedená kritéria, je dobré stanovit již před návrhem veškerého hardware reálné umístění na motocyklu. Palubní počítač by měl být co nejbližší zornému poli řidiče, proto není dobré umístění např. na nádrži, kde by musel řidič příliš klopat zrak, což by

vedlo ke vzniku nebezpečných situací v provozu. Vhodnější umístění je na hrazdu řídicí. Zde by bylo zapotřebí vybrat z nabídky výrobců nebo vyrobit vhodnou krabičku, která by splňovala požadavky voděodolnosti a odolnosti vůči vibracím popsané výše. Nejelegantnějším řešením se ovšem zdá být umístění palubního počítače místo stávajícího rychloměru, který by tak nahradil, protože umožňuje měřit stejné parametry (rychlost a ujeté vzdálenosti). S výhodou lze využít originální krabičky mechanického tachometru od výrobce, která je upevněna v konzole přístrojů na silentblocích, což řeší otázku vibrací, a také je krabička alespoň shora voděodolná. Rozebranou krabičku původního rychloměru motocyklu Yamaha XT600E ukazuje následující obr. 2.1.



Obr. 2.1: Krabička původního tachometru

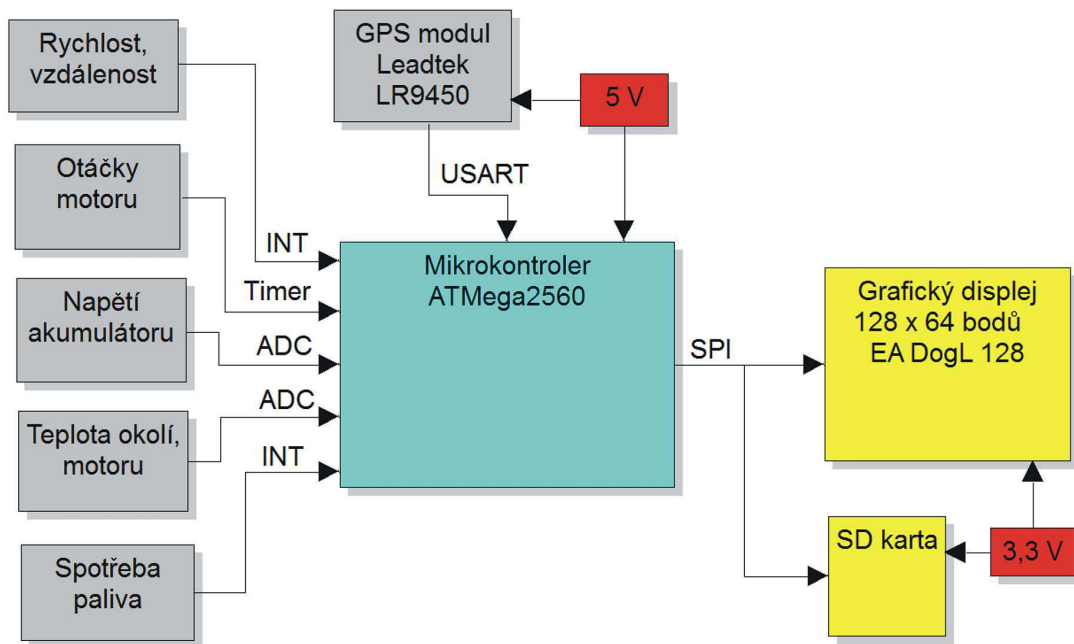
Další návrh hardwaru, jako je výběr velikosti displeje, tvar a velikost plošných spojů, rozmístění indikátorů a ovládacích prvků, je tedy nutné podřídit rozměrům uvažované přístrojové krabičky.

2.1.1 Výčet požadovaných funkcí celého zařízení:

- měření a zobrazení aktuální rychlosti
- měření a zobrazení denní a celkové ujeté vzdálenosti
- měření a zobrazení otáček motoru
- měření a zobrazení spotřeby paliva
- měření a zobrazení napětí akumulátoru
- měření a zobrazení teploty motoru a teploty okolí
- zobrazení aktuálního času
- zobrazení aktuální GPS pozice motocyklu
- zobrazení nadmořské výšky
- ukládání projeté trasy na SD kartu pro možnost pozdějšího zobrazení v PC
- varování o poruchových stavech jako je nízká / vysoká teplota motoru či podpětí / přepětí akumulátoru

2.2 Blokové schéma zařízení

Na následujícím obrázku (obr. 2.2) je znázorněno blokové schéma celého navrhovaného palubního počítače pro motocykl. Všechny měřené veličiny z externích senzorů umístěných na motocyklu jsou zpracovávány mikrokontrolérem a následně jsou zobrazeny na grafickém displeji uživateli. Současně probíhá zápis informací o aktuální zeměpisné poloze získané z GPS modulu do externí paměti, kterou je SD karta v provedení microSD.



Obr. 2.2: Blokové schéma zařízení

2.3 Displej

Výběru vhodné zobrazovací jednotky je třeba věnovat náležitou pozornost. Na trhu je nepřehledné množství displejů všech možných velikostí, typů apod. Hlavním požadavkem na displej pro palubní počítač na motocyklu je dostatečná velikost, odolnost vůči otřesům a hlavně výborná čitelnost, s kterou souvisí také dostatečný kontrast displeje a pozorovací úhly. Protože je na motocyklu displej vystaven přímému slunečnímu svitu, byly zavrhnuty displeje barevné, které ze zkušenosti na tom nebývají s čitelností moc dobře a pro zobrazení měřených údajů je barevný displej naprosto zbytečný. Také jsou tyto displeje zbytečně finančně náročné. Dalším faktorem souvisejícím s výběrem displeje, je způsob ovládání celého zařízení. Pokud by bylo vyžadováno dotykové ovládání, bylo by třeba omezit výběr na displeje s „touch screenem,“ tedy dotykovou plochou. Protože dotykové ovládání se na motocykl moc

nehodí a je požadována co nejjednodušší a nejspolehlivější koncepce pro enduro motocykl, kde je palubní počítač vystaven všem povětrnostním vlivům a displej bude uzavřen v krabici pod plexisklem, omezil se výběr displeje na monochromatický s LED podsvícením pro viditelnost v noci, bez dotykové vrstvy. LED podsvětlení je odolné vůči otřesům a vibracím, narušil od podsvětlení s fluorescenčními výbojkami CCFL (Cold Cathode Fluorescent Lamp), které je ale spíše využíváno až u displejů větších úhlopříček. Typ displeje by měl být nejlépe transreflektivní, ty jsou velice dobře čitelné i na přímém slunečním světle, protože částečně využívají k podsvětlení i dopadající světlo a tím zvyšují čitelnost.

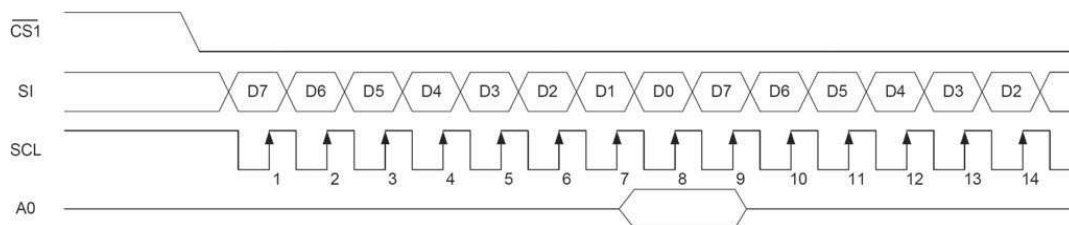
Aby se displej vešel do původního obalu tachometru a zároveň byla zobrazovaná plocha displeje co možná největší, jsou značně omezující požadované rozměry displeje. Proto byl po dlouhém pátrání v nabídce výrobců jako nejvhodnější typ shledán grafický displej firmy Electronic Assembly EA DOGL128-W. Jedná se o černobílý transreflektivní grafický displej s rozlišením 128 x 64 bodů a řadičem ST7565R. Jeho aktivní plocha má rozměry 64 x 36 mm, což téměř přesně kopíruje okénko v přístrojové krabici původního tachometru a celkové rozměry displeje i s modulem podsvícení také přesně zapadají do krabičky. Zobrazovač se skládá ze dvou modulů, ze samotného modulu displeje a volitelného modulu podsvícení. Na výběr jsou různé barvy podsvícení, celkem je možno vybrat ze 7 variant. Zvolena byla bílá varianta podsvítu. Použitý zobrazovací modul včetně podsvětlovacího modulu je zobrazen na následujícím obrázku 2.3.



Obr. 2.3: Displej EA DOGL128-W (převzato z [15])

O komunikaci displeje s mikrokontrolérem se stará interní řadič ST7565R. Komunikace probíhá prostřednictvím sériové sběrnice SPI, kdy jsou využity pouze tři vodiče – SCK, MOSI a CS1. Vodič MISO využit není, protože mikrokontrolér s displejem komunikuje pouze jednosměrně, jedná se pouze o zápis do paměti displeje. Před samotným zápisem je nutno nastavit nízkou úroveň na pinu CS1 (chip select). Data jsou posílána displeji od bitu MSB a jsou předávána s nástupnou hranou hodinového

pulzu na vodiči SCL. Hodinové pulzy mohou mít frekvenci až 20 MHz při napájení 3,3 V. Pin A0 slouží k oddělení kontrolních dat a dat pro displej. Vysoká úroveň je v případě úspěšně přeneseného bitového slova a může tak proběhnout samotný výpis na displej. Příklad komunikace ukazuje následující obr. 2.4.



Obr. 2.4: Průběh komunikace po SPI sběrnici displeje EA DOGL128-W (převzato z [15])

Tab. 2.1: Parametry displeje EADOGL128-W

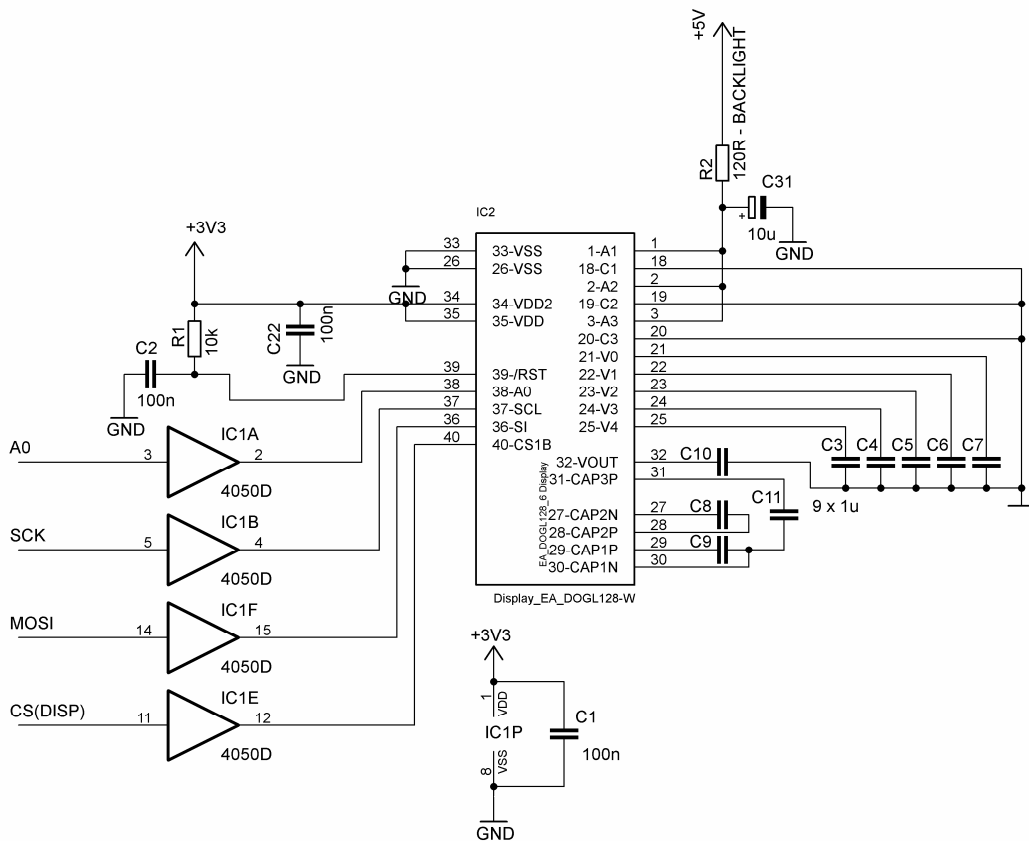
Celkové rozměry	68 x 51 mm
Viditelná plocha	64 x 36 mm
Rozlišení	128 x 64 bodů
Řadič	ST7565R
Podsvícení	bílý
Napájení	3,3 V
Pracovní teplota	-20 °C až +70 °C
Komunikace	Sériová SPI (4-wire)

Nespornou výhodou displeje je interní obvod automatického řízení jasu. U jiných typů displejů se můžeme setkat s potřebou přivedení vyššího, či záporného napětí pro řízení kontrastu, což komplikuje obvodovou koncepci, kdy je nutné použití dalších stabilizátorů napětí či napěťových měničů. Použitý modul displeje obsahuje nábojovou pumpu, kdy napětí potřebná pro řízení kontrastu jsou generována interně. Je pouze nutné připojení vnějších kondenzátorů o hodnotě 1μF. Samotná výchozí hodnota kontrastu je poté nastavena softwarově při inicializaci displeje a interní řízení kontrastu se již postará o jeho regulaci v závislosti na měnící se teplotě okolí. Výrobce udává hodnoty teplot použití displeje v rozmezí -20 °C až +70 °C.

Displej má 128 svislých sloupců (0 - 127) a 8 horizontálních stránek. Každá stránka má 8 linek (D0 až D7). To znamená, že vždy 8 pixelů ve svislé poloze představuje 1 bajt. Velikost datové paměti RAM displeje je 128x8 = 1024 bajtů.

Samotný modul displeje vyžaduje napájení 3,3 V. Tedy i hodnoty logických úrovní sběrnice SPI vyžaduje displej nižší, než úroveň TTL, se kterými pracuje mikrokontrolér. Ten je totiž napájen napětím 5 V. Proto je zapotřebí tyto úrovně převést, snížit. K tomuto účelu slouží integrovaný obvod 4050D. Ten obsahuje 6 samostatných neinvertujících budičů, z nichž je po jednom použito na každý datový vodič displeje.

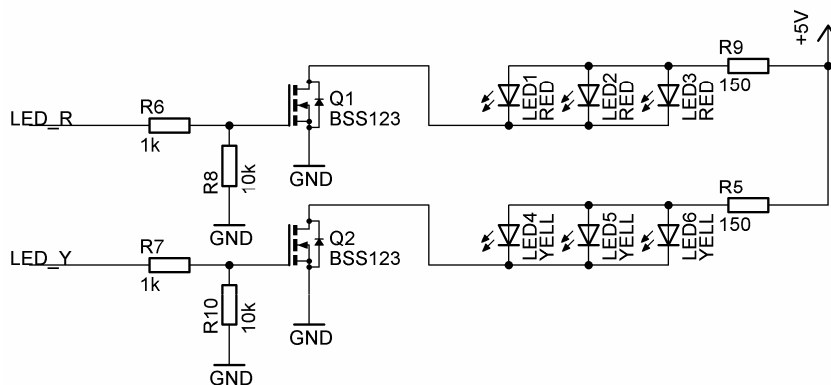
Jak již bylo zmíněno, podsvětlovací modul je samostatný blok LED diod, který je k displeji volitelný. Blok LED diod se navenek chová jako tři LED diody – anody A1 – A3 a katody C1 – C3. Požadované napájecí napětí pro zvolený modul bílých LED diod je 3,3V s odběrem proudu maximálně 45 mA. Při paralelním zapojení je třeba použít buď proudový zdroj (a to i při použití napájecího napětí 3,3 V) nebo předřadný rezistor. Ten slouží zároveň i k nastavení intenzity podsvícení. Aby nedocházelo k oslňování při noční jízdě, byla z Ohmova zákona vypočtena mírně vyšší hodnota předřadného rezistoru na 120 Ω , kdy odběr celého modulu displeje nepřesahuje 20 mA. Na rezistoru je tedy úbytek napětí 2,4 V. Pro snížení zatěžení 5 V větve by bylo možné podsvitit zapojit i přímo na vstupní napětí, kdy by bylo použito sériového zapojení LED diod v modulu. Od tohoto řešení však bylo ustoupeno, z důvodu ve výsledku zanedbatelné hodnoty úspory spotřeby na 5 V větvi a možného kolísání intenzity podsvitu s napájecím napětím. Schéma zapojení celého modulu displeje je zobrazeno na následujícím obr. 2.5.



Obr. 2.5: Schéma zapojení displeje

2.4 Indikace poruchových stavů

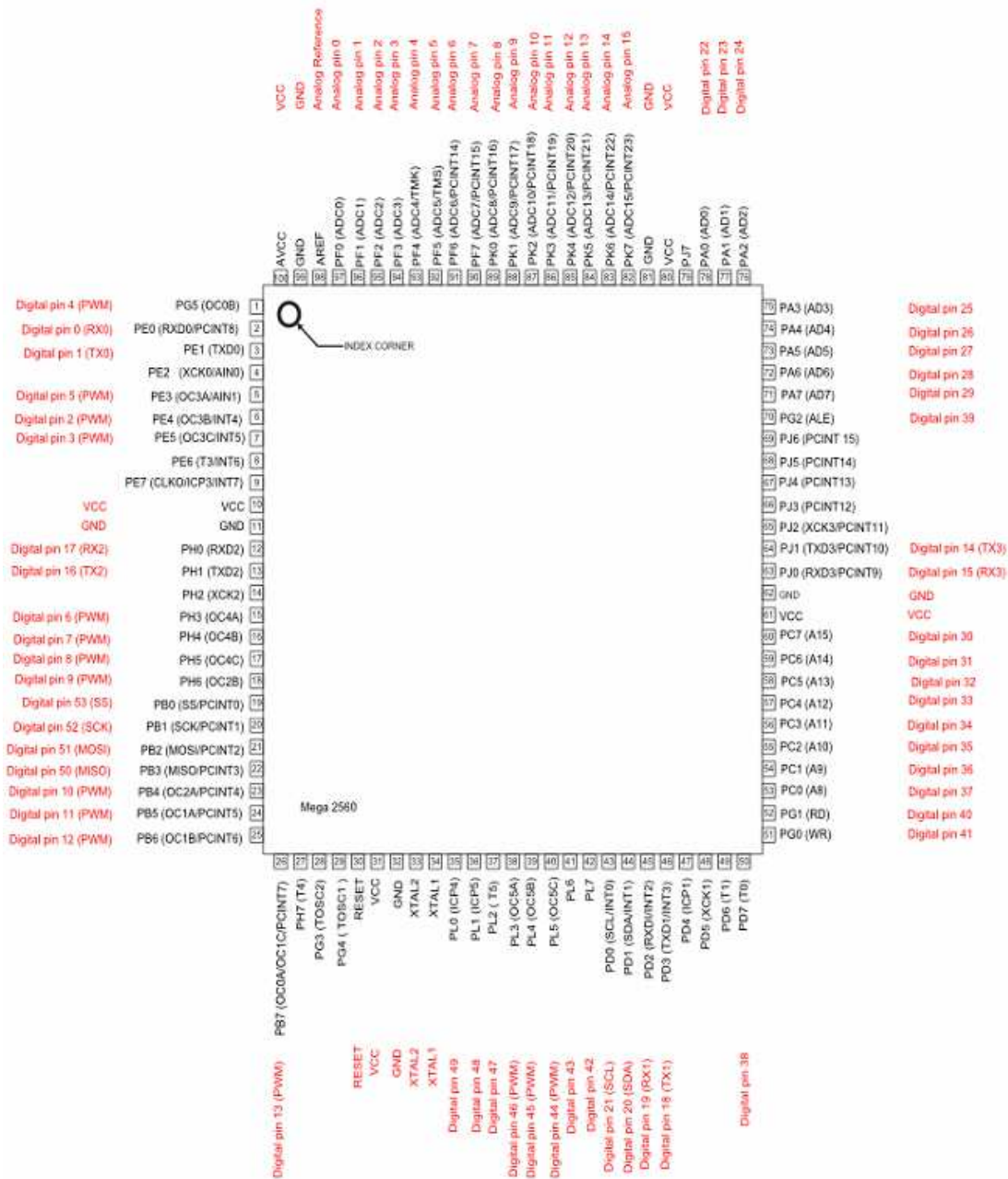
Pro indikaci poruchových stavů slouží trojice žlutých a trojice červených LED diod. Jsou připojeny na digitální výstup mikrokontroléru, takže je možno pomocí jednoduchých podmínek definovat meze poruchy např. napájecího napětí, teploty motoru apod. Pro větší intenzitu svitu jsou indikační LED diody buzeny FET tranzistory a trojice LED diod v pouzdře 1206 je na desce plošného spoje poskládána těsně vedle sebe, takže tvoří „velkoplošnou“ LED a tyto indikátory vyplňují prázdné okénko v původní krabici tachometru vzniklé po denním mechanickém počítadle kilometru. Následující obr. 2.6 zobrazuje skutečné schéma zapojení LED indikace.



Obr. 2.6: Schéma zapojení LED indikátorů

2.5 Mikrokontrolér

Jako hlavní prvek celého palubního počítače, který řídí všechny výpočetní, komunikační a zobrazovací procesy byl z nabídky výrobců vybrán mikrokontrolér firmy Atmel, ATmega 2560. Důvodem je dobrá podpora programování, dobrá dostupnost a také cenový rozdíl je od nižších řad mikrokontrolérů firmy Atmel poměrně zanedbatelný. Byl zvolen mikrokontrolér pro jistotu s větší pamětí výpočetním výkonem, protože bude současně zpracovávat údaje ze všech senzorů, komunikovat s GPS modulem, zapisovat data na SD kartu včetně vykreslování grafického displeje. V budoucnu může dojít k rozšíření funkcí celého zařízení, proto může přijít vhod rezerva v programové paměti.



Obr. 2.7: Rozložení pinů mikrokontroléru ATmega2560 včetně využití pinů vývojovou deskou Arduino MEGA (převzato z)

Základní vlastnosti mikrokontroléru ATMEGA 2560: [22]

- Výkonný 8bitový AVR mikrokontrolér
- Vylepšená RISC Architektura
 - 135 instrukcí (většina vykonávána v jediném hodinovém cyklu)
 - 32x8 univerzálních pracovních registrů

- Nezávislá programová a datová paměť
 - 256kB Flash
 - 4kB EEPROM
 - 8kB SRAM
 - až 64kB volitelné externí paměťové kapacity
 - programovací zámek pro bezpečnost softwaru
- Rozhraní JTAG (IEEE standard 1149.1)
- Periferie
 - Dva 8bitové časovače/čítače s oddělenými prescaler a compare módy
 - Čtyři 16bitové časovače/čítače s oddělenými prescaler, compare a capture módy
 - Real time counter s odděleným oscilátorem
 - Čtyři 8bitové PWM kanály
 - 16kanálový 10bitový ADC
 - Čtyři programovatelné sériové USART
 - Master/Slave sériové rozhraní SPI
 - Programovatelný Watchdog timer se samostatným On-chip oscilátorem
 - On-chip analogový komparátor
- **Speciální vlastnosti MCU**
 - Power-on Reset a programovatelná brown-out detekce
 - Interní kalibrovaný oscilátor
 - Externí a interní zdroje přerušení
 - **Šest režimů spánku:** Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby a Extended Standby
- Pouzdro **TQFP100**
- Rozsah teplot -40° až 85°C
- Spotřeba:
 - Active Mode - 1MHz, 1,8V: XXX μ A
 - Power down: 0,1 μ A při 1,8V

2.6 Měření rychlosti a ujeté vzdálenosti

K získání údaje o rychlosti vozidla lze využít stávající měřící systém na vozidle, pokud je vhodným snímačem vozidlo vybaveno. To znamená, že pokud je vozidlo vybaveno elektronickým tachometrem, stačí se připojit na výstup snímače a čítat pulzy ze stávajícího tachometru na vozidle.

Pokud se ovšem jedná o starší typ vozidla, což je i tento případ, je třeba buď vhodným způsobem stávající mechanický tachometr (viz. obr. 2.2) upravit, nebo instalovat snímač nový. U starších mechanických tachometrů je nutný vhodným způsobem převod počtu otáček na elektrický signál. Je tedy nevyhnutelné provedení mechanických úprav tachometru. Lze například někde v mechanismu tachometru provrtat hřídel tachometru a tento vzniklý otvor osadit optickou závorou. Potom bude docházet při otáčení náhonu k přerušování světelného toku. Použijeme-li vhodný tvarovací obvod, získáme tak obdélníkový signál. Jeho frekvence pak bude přímo odpovídat rychlosti vozidla. Mikrokontrolérem je možno už takový signál zpracovávat a

následně u něj dopočítávat rychlost a ujetou vzdálenost.



Obr. 2.8: Stávající mechanický tachometr na motocyklu

Tento způsob úpravy je ovšem poměrně pracný a náchylný na mechanickou přesnost. Navíc by stále způsob snímání zůstal částečně mechanický, takže by se neodstranila možná poruchovost šnekového převodu v předním kole motocyklu, která se občas u starších motocyklů projevuje.

Proto bude nejjednodušším, nejdolnějším a také nejlevnějším řešením použití snímače rychlosti jak ho známe například z cyklopočítačů pro jízdní kola, tedy jazýčkového magnetického kontaktu. Tento způsob měření rychlosti je osvědčený a spolehlivý, bez problémů funguje i ve vyšších rychlostech a protože se jedná o enduro motocykl, který nedosahuje vyšší rychlosti, než 150 km/h, neměl by zde být žádný problém. Možné typy provedení jazýčkového kontaktu ukazuje obr. 2.4. Konkrétně bude použit snímač zalitý v plastovém pouzdře s drátovými vývody, který se připojí na konektor palubní jednotky.



Obr. 2.9: Jazýčkové kontakty (převzato z [13])

Princip funkce jazýčkového kontaktu

Jedná se o mechanický spínač reagující na magnetické pole. Pracuje na principu deformace magneticky vodivých jazýčků v magnetickém poli. Kontakty jsou malé, lehké a vzdáleny od sebe jen několik setin milimetru (u malých typů). Zároveň jsou hermeticky uzavřeny ve skleněné kapsli ve vakuu, nebo častěji plněné inertním plynem. [13]

Vlastnosti jazýčkového kontaktu:

- schopnost spínat nebo přenášet extrémně malé signály (10nV)
- velmi krátký spínací a rozpínací čas (stovky mikrosekund)
- schopnost spínat nebo přenášet extrémně malé proudy
- velmi nízká vlastní kapacita, proto dokáže přenášet i VF signály až do 7 GHz
- izolační odpor mezi kontakty až $10^{15} \Omega$
- dlouhodobě stabilní a nízký přechodový odpor kontaktů (50 m Ω)
- schopnost pracovat v extrémním rozsahu teplot (-55 až +200 °C)
- spolehlivé i ve velmi prašných, vlhkých nebo korozivních podmínkách
- spolehlivé i ve vibrujících zařízeních (až do 2000 Hz)
- dlouhá životnost (až 10^{10} cyklů)

[13]

Princip měření na motocyklu

Malý magnet připevněný k brzdovému kotouči předního kola způsobí, že při každé otáčce kola, kdy magnet projede kolem snímače (jazýčkového kontaktu v plastovém pouzdře připevněného na přední vidlici), sepne kontakt a vytvoří tak impuls. Tyto impulzy reprezentující rychlost otáčení kola, proto je můžeme čítat za jednotku času a dále tento údaj zpracovávat. Z informace o počtu otáček kola, jeho obvodu a času je možné vypočítat aktuální a případně dále i průměrnou rychlost a také ujetou vzdálenost.

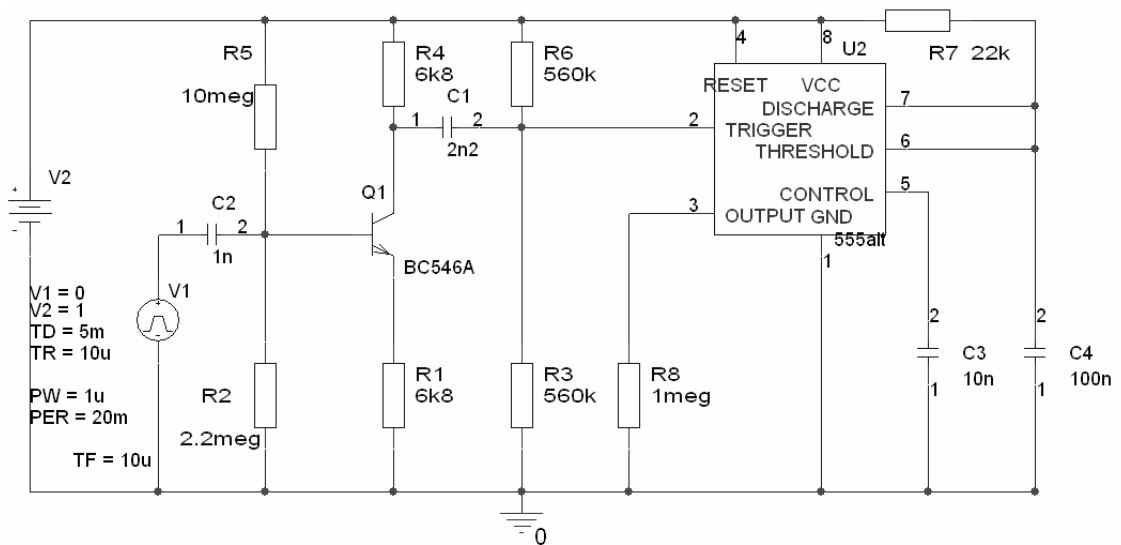
2.7 Otáčky motoru

Z hlediska co největší jednoduchosti instalace a možnosti vratného původního stavu celého vozidla byly zamítnuty veškeré mechanické úpravy převodovky a klikového hřídele, které by mohly celou konstrukci spíše poškodit. Proto přichází v úvahu jediné řešení a to použití snímací cívky navinuté na vysokonapěťovém kabelu k zapalovací svíče. Všechny tyto možnosti řešení jsou popsány v kap. 1.

Pulzy indukované v cívce mají ovšem tvar zákmitu a nízkou úroveň napětí, bylo by tak pro mikrokontrolér obtížné je správně detekovat. Proto je třeba tyto pulzy zesílit a

natvarovat, nejlépe aby odpovídaly hodnotám TTL logiky (5 V = log 1 a 0 V = log 0). Je tedy zapotřebí poměrně jednoduchý obvod s tranzistorem v zapojení se společným emitorem a tvarovacím obvodem s časovačem NE555.

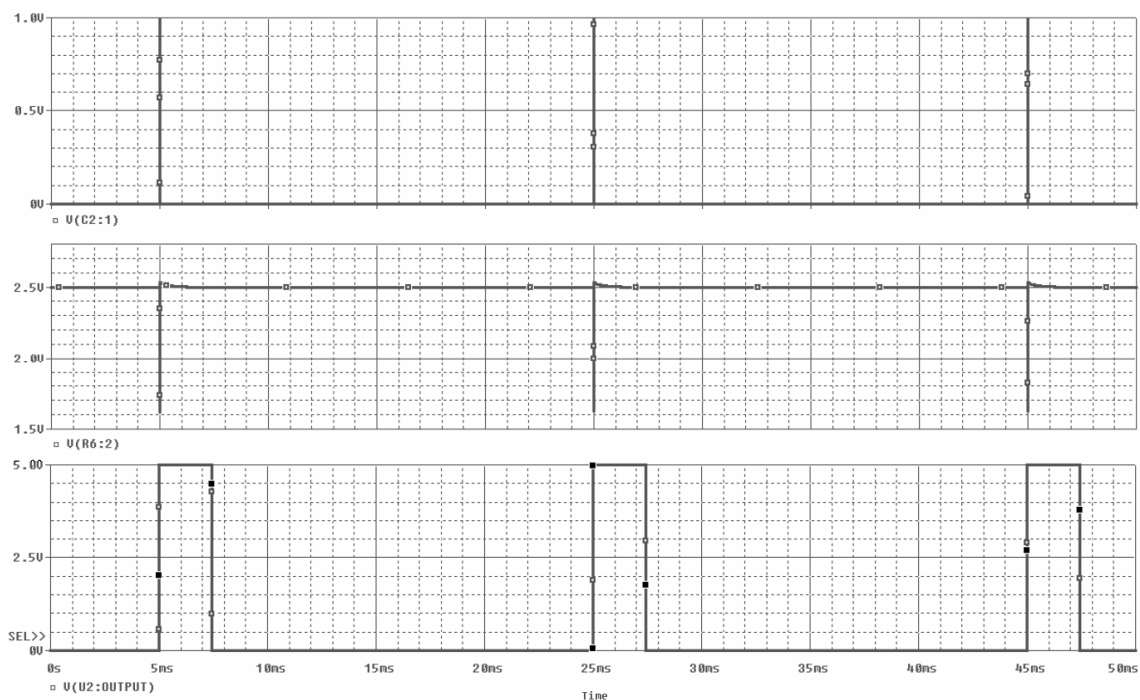
Simulace tvarovače signálu v programu OrCAD PSPice



Obr. 2.10: Schéma zapojení tvarovače signálu v programu PSPice (převzato a upraveno z [16])

Pulzní zdroj V1 simuluje zdroj napěťových pulzů indukovaných na cívce namotané na vysokonapěťovém kabelu zapalovací svíčky. Tyto pulzy jsou přes oddělovací kondenzátor C2 přiváděny na vstup zesilovače v zapojení se společným emitorem. Z principu zapojení tranzistoru Q1 se společným emitorem je zřejmé, že otáčí fázi signálu o 180°. Dále jdou pulzy přes blokovací kondenzátor C1 na vstup časovače NE555, který tvoří monostabilní klopný obvod. Odporový dělič R6, R3 udržuje vstupní napětí v klidovém stavu na polovině napájecího napětí. Když se na výstupu zesilovače objeví záporný pulz, způsobí pokles napětí na vstupu MKO pod 1/3 napájecího napětí a dojde na výstupu MKO k vygenerování pulzu. Šířku tohoto vygenerovaného pulzu určuje časová konstanta rovná 1,1 násobku součinu R7, C4. Na výstupu MKO (pin 3) je pro potřeby simulace zapojen rezistor R8, který simuluje zátěž, kterou je ve skutečnosti vstup mikrokontroléru.

Výsledek simulace v programu OrCAD PSPice



Obr. 2.11: Výsledek simulace tvarovače signálu v programu PSPice

Na následujících průbězích, které jsou výstupem simulace, je patrná činnost celého obvodu tvarovače signálu. První průběh ukazuje pulzy s amplitudou 1V, které jsou indukovány v cívce navinuté na vysokonapětovém kabelu zapalovací svíčky. Na druhém průběhu je zesílený signál s otočenou fází o 180° na vstupu monostabilního klopného obvodu s časovačem NE555. Na třetím průběhu je již výstup z tvarovače, tedy výstup MKO. Signál má amplitudu 5 V a prodlouženou dobu trvání pulzu.

Metody zpracování pulzů mikrokontrolérem

První metodou jak tyto upravené pulzy zpracovat je převod frekvence pulzů na napětí. Hodnota výstupního napětí je přímo úměrná otáčkám motoru. Následně se toto napětí přivede na vstup převodníku AD a zpracuje. Je to nejrychlejší způsob, ale s nižší přesností měření.

Další možností je čítání pulzů za časový úsek pomocí čítače/časovače mikrokontroléru. Tato metoda je pomalejší, zabere více programové paměti, ale výsledkem je přesnější měření.

Poslední metodou je měření jejich vzájemné vzdálenosti pomocí funkce Input Capture čítače/časovače mikrokontroléru a měřit tak periodu signálu. Je vhodné změřit několik period a následně provést jejich aritmetický či klouzavý průměr. Tato metoda bude využita.

Pulzy z kabelu zapalovací svíčky upravené tvarovačem jsou přivedeny na pin ICP4 a jsou čítány pomocí čítače/časovače mikrokontroléru.

2.8 Spotřeba paliva

Protože je motocykl, na který bude celé zařízení instalováno, vybaven pro přípravu palivové směsi karburátorem, je nejjednodušším řešením měření spotřeby paliva využití objemového průtokoměru.

Po prostudování nabídky výrobců objemových průtokoměrů se jako nejvhodnější a nejdostupnější jeví typ FCH-m-POM-LC od německého výrobce Biotech. Tento průtokoměr je vhodný k měření průtoku malých množství vody, benzínu, nafty topných olejů, mazacích olejů, chladících kapalin a dalších tekutin. Všechny jeho součásti, kterými protéká kapalina, jsou vyrobeny z chemicky odolného plastu - polyoxymethylenu (POM). Signály integrovaného Hallova snímače mají přesný obdélníkový průběh. [16]



Obr. 2.12: Průtokoměr FCH-m-POM-LC (převzato z [17])

Technické parametry použitého průtokoměru [17]

Tab. 2.2: Parametry průtokoměru FCH-m-POM-LC

Rozměry (d x š x v)	58 x 41 x 27 mm
Měřicí rozsah	s tryskou (d = 1 mm): 0,01 až 1,0 l/min bez trysky (d = 3 mm): 0,05 až 3,5 l/min
Počet impulzů	(d = 1 mm): 10000 imp./l (d = 3 mm): 2500 imp./l
Přesnost měření	± 2 %
Výstupní proud	20 mA
Odběr proudu	8 mA
Max. tlak	5 bar
Provozní teplota	- 20 až + 60 °C
Provozní napětí	5 až 24 V
Materiál	polyoxymethylen (POM)
Hmotnost	40 g

Výstupní signál z Hallovy sondy průtokoměru je připojen na interní časovač mikrokontroléru.

2.9 Napětí akumulátoru

Měření napětí palubní sítě, tedy i napětí akumulátoru je poměrně jednoduché. Stačí využít integrovaného A/D převodníku mikrokontroléru, ke kterému se připojí vhodně nastavený odporový dělič napětí. Lze uvažovat dělič nezatížený, protože vstupní impedance A/D převodníku je v řádech desítek megaohmů.

Není tak potřebný větší zásah do konstrukce vozidla, lze se pohodlně připojit přímo na svorky akumulátoru a odporový dělič může být přímo na desce plošných spojů v zařízení.

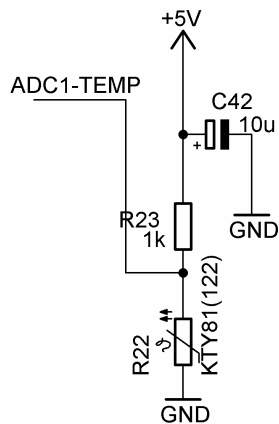
Protože referenční napětí A/D převodníku je 5 V, je třeba vstupní napětí upravit děličem tak, aby jeho maximální hodnota nepřesáhla 5 V. Budeme uvažovat maximální hodnotu napájecího napětí na vstupu, která může nastat 15 V. Z toho plyne, že potřebujeme dělicí poměr odporového děliče 1:3. Výstupní napětí děliče je dáno vztahem 2.1. Je možné uvažovat nezatížený dělič napětí, protože vstupní impedance A/D převodníku mikrokontroléru je vysoká, pohybuje se v desítkách megaohmů. Ke vstupnímu napětí děliče je třeba ještě připočítat úbytek na usměrňovací diodě, kterou je chráněn vstup napájecího obvodu proti přepólování. To už lze ale provést v programu mikrokontroléru. U_1 se tedy rovná 15 V, U_2 je rovno 5V. Hodnotu rezistoru R_1 zvolíme na 10 k. Dosazením do vztahu pro výpočet odporového děliče získáme hodnotu potřebného rezistoru R_2 .

2.10 Teplota okolí a motoru

Pro zjednodušení konstrukce bude pro měření teploty okolí i teploty motoru použit stejný typ teplotního čidla. Je tedy zapotřebí vybrat čidla s rozsahem teplot alespoň -40 až +150 °C. Z pohledu dlouhodobé stability, nepříliš velké nelinearity a také ceně se jeví jako nejlepší použití monokrystalického křemíkového senzoru teploty KTY81. Vzhledem k vlastnostem křemíku lze tyto senzory obvykle použít pro měření teplot v rozsahu -50 až 150 °C.

Odpor senzoru se mění v závislosti na měnící se teplotě. Pokud je senzor zapojen do větve odporového děliče, je možno pomocí vestavěného A/D převodníku mikrokontroléru měřit výstupní napětí děliče. Toto napětí po přepočtu ze směrnice přímky závislosti odporu na teplotě poté odpovídá měřené hodnotě teploty.

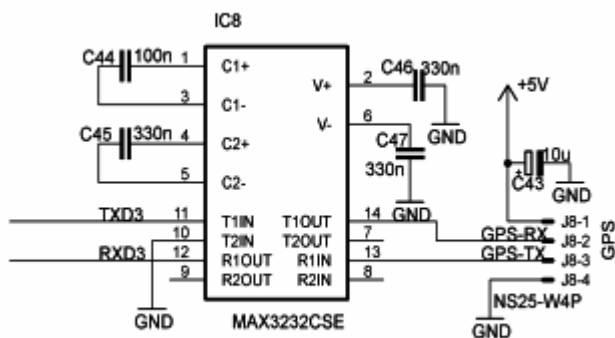
Teplotní senzor KTY81 je zapojen do spodní větve odporového děliče a je uzemněn. Střed děliče se připojí k A/D převodníku mikrokontroléru. Snímání teploty tedy probíhá v principu podobně jako měření napětí akumulátoru.



Obr. 2.13: Zapojení termistoru k mikrokontroléru

2.11 Pozice a projetá trasa

GPS přijímač je spíše nadstandardní funkcí palubního počítače. Na českém trhu se neobjevuje podobný komerční palubní počítač, který by umožňoval zobrazení aktuální zeměpisné polohy motocyklu společně s možností záznamu celé projeté trasy na SD kartu a možností zpětného zobrazení trasy v počítači. Pro tyto funkce byl vybrán GPS modul Leadtek LR9450. Jedná se o samostatně zapouzdřený voděodolný 20-ti kanálový GPS modul s integrovanou anténou (viz. Obr. 2.9). Tento typ byl zvolen kvůli úspoře místa v uvažované přístrojové krabici, kde většinu její horní plochy zabírá displej a pokud by byl využit GPS modul na desku plošného spoje s integrovanou anténou, zastínil by displej anténu a příjem z družic by tak byl velmi omezený. Základem tohoto GPS modulu je osvědčený čipset SirfStarIII s příkladnou citlivostí. Modul komunikuje pomocí sériového rozhraní RS-232, proto je pro samotnou komunikaci s mikrokontrolérem nutné použití převodníku úrovně RS-232 na TTL. Potom je možno využít USART sběrnice.



Obr. 2.14: Zapojení převodníku RS-232 -> USART



Obr. 2.15: GPS modul Leadtek LR9450 (převzato z [14])

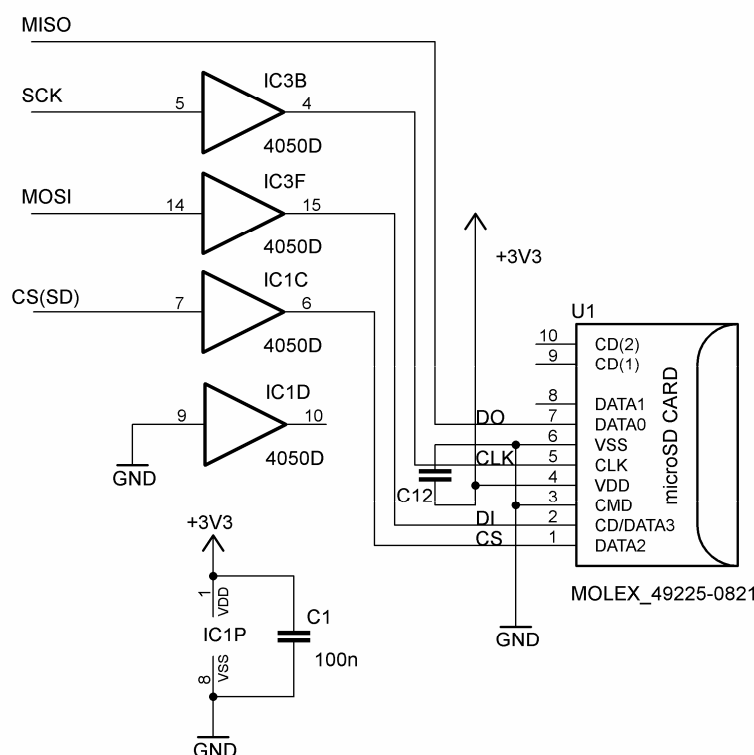
2.12 Čas

Informace o čase je získávána pomocí připojeného GPS modulu Leadtek LR9450 a vyčítána z přijatých NMEA zpráv. Další zpracování NMEA zpráv a zobrazování času na displeji je záležitostí softwarové výbavy mikrokontroléru.

2.13 Paměť pro ukládání údajů

Jako paměť pro ukládání údajů z GPS modulu Leadtek o projeté trase slouží paměťová karta typu microSD. Toto řešení je komfortní z hlediska obsluhy, kdy není třeba připojení palubního počítače k notebooku či PC. Paměťová karta se jednoduše vytáhne ze slotu v palubním počítači a vloží do čtečky v PC nebo notebooku.

Komunikace s paměťovou kartou probíhá po sběrnici SPI stejně jako komunikace mikrokontroléru s displejem. Napájení vyžaduje SD karta taktéž 3,3 V jako displej. S výhodou je použito jednoho společného převodníku úrovní 4050D, takže jsou obě zařízení na stejné sběrnici. Výběr mezi těmito dvěma periferiemi potom probíhá pomocí pinu chip select (CS). Napájení je řešeno taktéž ze společného stabilizátoru napětí 3,3 V LF33.



Obr. 2.16: Schéma zapojení slotu microSD karty

2.14 Napájení

Většina použitých obvodů vyžaduje napájení 5 V, proto bylo třeba vybrat vhodný stabilizátor napětí. Standardní stabilizátor 7805 byl zamítnut z důvodu malé účinnosti a z toho plynoucích zbytečně velkých ztrát, kterými by se pouze vytopila krabice zařízení a bylo by tak ovlivněno měření teploty okolí, u kterého je čidlo KTY81 přímo na desce MCU. Odběr celého zařízení totiž dosahuje ve špičce maximálně 290 mA. Proto je použito moderního DC/DC měniče TRACO TSR-1/2450, který má účinnost až 87%, z čehož plynou minimální ztráty a minimální tepelné vyzařování. Tento měnič nevyžaduje již žádné pomocné externí filtry, vše je integrováno v pouzdře, které má stejné rozteče vývodu jako standardní stabilizátory 78xx.

2.15 Odrušení a ochrana vstupů

Veškeré vstupy měřících modulů jsou ošetřeny proti rušením vstupním LC filtrem a pro ošetření napěťových špiček jsou zařazeny transily.

2.16 Návrh desek plošných spojů

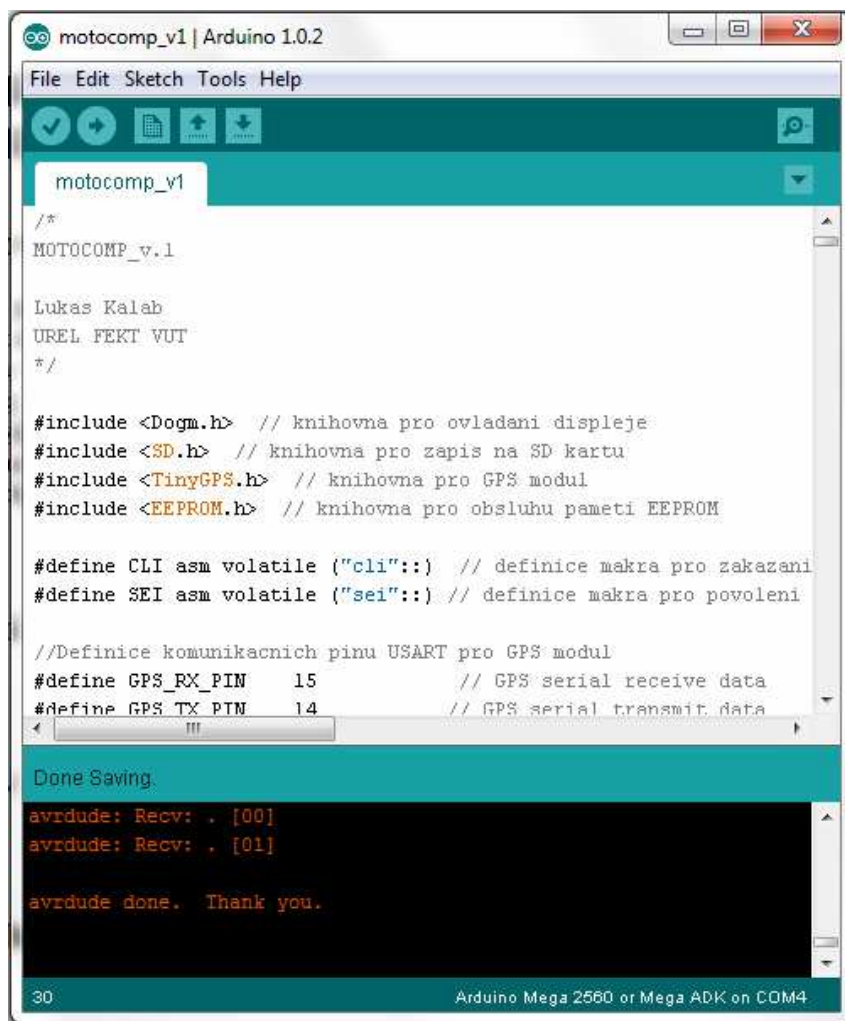
Návrh desek plošných spojů byl proveden v osvědčeném návrhovém systému EAGLE verze 6.2.0. Podklady pro výrobu DPS včetně soupisky součástek jsou uvedeny v příloze práce. Samotné desky plošného spoje byly vyrobeny vzhledem k malým vzdálenostem spojů, zejména u pouzdra TQFP100 mikrokontroléru a značnému množství prokovů u profesionální firmy včetně nepájivé masky, zlacených prokovů a potisku.

3 NÁVRH SOFTWARE PRO MIKROKONTROLÉR

Výpis kódu použitého pro mikrokontrolér je vložen v příloze práce. Jednotlivé detailní postupy měření by měly být srozumitelné z komentářů v kódu.

3.1 Vývojové prostředí Arduino

Arduino je jednoduché integrované vývojové prostředí (IDE) tzv. open source, takže je volně k dispozici na internetu. Neobsahuje žádné ladící prvky a jeho hlavní modul je napsán v jazyce Java. Hlavní modul řídí WIN AVR studio, které obsahuje kompilér avr-gcc i programer avr-dude. Programovací jazyk používaný v platformě Arduino se nazývá wiring a má velmi podobnou syntaxi jako C. Samozřejmě je možno využít čisté příkazy z C. Hlavní síla Arduina je v široké komunitě uživatelů, tím pádem i množství předpřipravených knihoven pro různé aplikace.



```
motocomp_v1 | Arduino 1.0.2
File Edit Sketch Tools Help
motocomp_v1
/*
MOTOCOMP_v.1

Lukas Kalah
UREL FEKT VUT
*/

#include <Dogm.h> // knihovna pro ovladani displeje
#include <SD.h> // knihovna pro zapis na SD kartu
#include <TinyGPS.h> // knihovna pro GPS modul
#include <EEPROM.h> // knihovna pro obsluhu pameti EEPROM

#define CLI asm volatile ("cli":) // definice makra pro zakazani
#define SEI asm volatile ("sei":) // definice makra pro povoleni

//Definice komunikacnich pinu USART pro GPS modul
#define GPS_RX_PIN 15 // GPS serial receive data
#define GPS_TX_PIN 14 // GPS serial transmit data

Done Saving
avrduede: Recv: . [00]
avrduede: Recv: . [01]
avrduede done. Thank you.
30 Arduino Mega 2560 or Mega ADK on COM4
```

Obr. 3.1: Vývojové prostředí Arduino

3.2 Měření rychlosti a ujeté vzdálenosti

3.2.1 Měření rychlosti

Měření rychlosti je založeno na principu měření periody pulzu externího přerušení generovaného na pinu INT4 pomocí připojeného jazýčkového magnetického snímače. Detailní popis je zřetelný z komentářů zdrojového kódu, který je vložen v příloze práce.

3.2.2 Měření ujeté vzdálenosti

Princip měření ujeté vzdálenosti spočívá v čítání počtu pulzů přijatých z externího přerušení od jazýčkového snímače umístěného na předním kole motocyklu. Jeden pulz odpovídá hodnotě obvodu předního kola v milimetrech.

3.3 Otáčky motoru

Měření otáček motoru probíhá na podobném principu jako měření rychlosti, tedy principu měření periody pulzu výbojů na zapalovacím kabelu svíčky.

3.4 Spotřeba paliva

Měření spotřeby paliva je v principu čítání počtu pulzů z průtokoměru za určený čas. Každých 10 sekund dojde k výpočtu hodnoty průměrné spotřeby v závislosti na denní ujeté trase. Tyto dvě hodnoty se tedy nulují současně stiskem tlačítka reset.

3.5 Napětí akumulátoru

Měření napětí palubní sítě je založeno na principu připojeného napěťového děliče, který snižuje měřené napětí na 1/3 tak, aby maximální hodnota napětí nepřesáhla referenční hodnotu 5 V. Každou sekundu probíhá zobrazení hodnoty vyčtené z interního A/D převodníku mikrokontroléru. Následuje ukázka samotného kódu pro výpočet.

```
voltage=analogRead( BATT_PIN)*0.0147+0.7;
```

```
//konstanta AD = Uref / pocet urovni prevodniku * pomer  
napetoveho delice = 5 / 1024 * 3 = 0,0147 +0.7V ubytek na diode
```

Konstanta odpovídá hodnotě referenčního napětí 5 V poděleného rozlišením převodníku (převodník je 10 bitový). Tento podíl je třeba vynásobit třikrát z důvodu

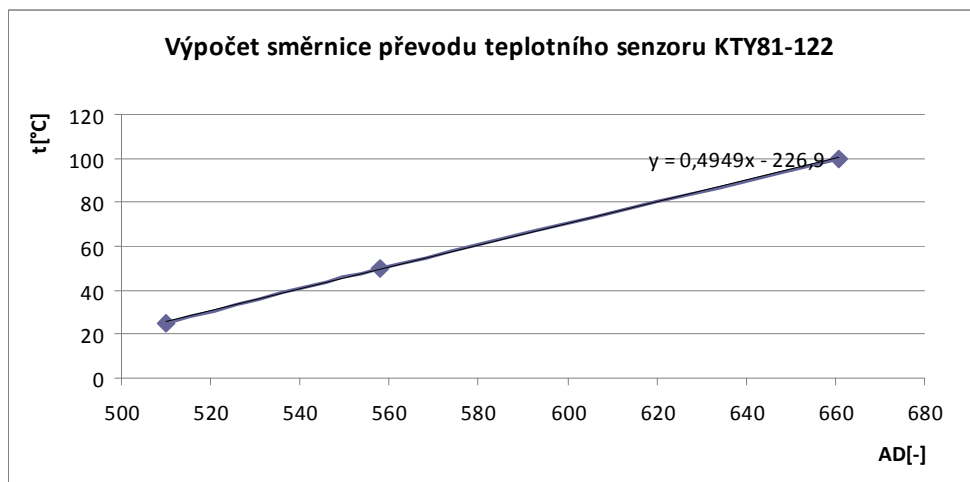
ošetření napěťového děliče. Následuje přičtení hodnoty úbytku na ochranné diodě na 12 V vstupu.

3.6 Teplota okolí a motoru

Senzor teploty byl nakalibrován pomocí experimentálního měření. Z tabulky typických hodnot odporu při teplotě v datovém listu výrobce (viz. [20]) byly zjištěny konkrétní hodnoty odporu při teplotách 0 °C, 50 °C a 100 °C. Tyto hodnoty byly poté nastaveny pomocí potenciometru a ten zapojen místo teplotního senzoru do spodní větve odporového děliče. Na displej pak byla vypsána surová hodnota z AD převodníku. Takto byly zjištěny 3 konkrétní hodnoty vystupující z AD převodníku, ze kterých již může být odvozena směrnice přímky závislosti odporu na teplotě. Tím byla také provedena drobná linearizace.

Tab. 3.1: Určení směrnice přímky teplotního senzoru KTY-81

t(°C)	hodnota z AD převodníku
25	510
50	558
100	661



Obr. 3.2: Výpočet směrnice pro výpočet hodnoty teploty

Výsledný vztah použitelný v programu pro mikrokontrolér pro výpočet teploty je tedy následující:

$$\text{teplota} = 0,4949 \times \text{AD} - 226,9 \quad (3.1)$$

Hodnotu 0,4949 můžeme zaokrouhlit na 0,5 a místo násobení desetinným číslem 0,5, kterým bychom zbytečně zatěžovali mikrokontrolér, použijeme dělení 2. Potom bude potřebný upravený vzorec pro převod hodnoty AD převodníku na hodnotu teploty ve stupních Celsia:

$$\text{teplota} = \text{AD} / 2 - 227 \quad (3.2)$$

Následuje ukázka principiálního kódu pro měření teploty:

```
// mereni teploty okoli
temp=analogRead( TEMP_PIN); //vycteni hodnoty napeti
                             z analogového pinu AD
                             převodníku
temp=temp/2-227; //konstanta ze smernice primky zavislosti
                 odporu cidla KTY81 na teplote
```

3.7 Pozice a projetá trasa

Pro komunikaci s GPS modulem a tedy i parsování přijatých NMEA vět je využita volně dostupná knihovna tinyGPS.h, kterou pro prostředí Arduino vytvořil Mikal Hart. [21]

Následuje ukázka kódu pro získání informace o zeměpisné poloze:

```
if (feedgps()) // pokud jsou prijata data z GPS modulu po
               USART
{
gps.f_get_position(&latitude, &longtitude); // ziskani pozice
alt=gps.f_altitude(); // ziskani vysky
sat=gps.satellites(); //ziskani poctu prijimanych satelitu
```

3.8 Čas

Pro získávání informace o čase je využito GPS modulu, který získá z věty \$GPRMC časový údaj hodin, minut, sekund atd. Parsování věty z NMEA protokolu řeší knihovna tinyGPS. [21]

Následuje ukázka kódu řešící získání časových údajů:

```
gps.crack_datetime(&year, &month, &day, &hour, &minute, &second,
&hundredths, &age); // dekoduj casove udaje
if (age != TinyGPS::GPS_INVALID_AGE) // pokud neni prijata
chybna hodnota promenne hodin age
{
```

```

hour=hour+2; // (+2 = GMT + 1 + letni cas)

dogm.setFont(p2);
dogm.setXY(93,57);

if (hour<10)
{
dogm.print("0");
}
dogm.print(hour, DEC); // vypis hodin

dogm.setXY(103,57);
dogm.print(":");

dogm.setXY(108,57);
if (minute>0)
{
if (minute<10) // osetreni aby se zobrazovala 0 pred
minutami 0-9
{
dogm.print("0");
}
dogm.print(minute,DEC);
}
}
else // jinak
{
dogm.setXY(93,57);
dogm.print("NO GPS"); // zobraz hlasku NO GPS
}
}

```

4 TESTOVÁNÍ ZAŘÍZENÍ NA MOTOCYKLU

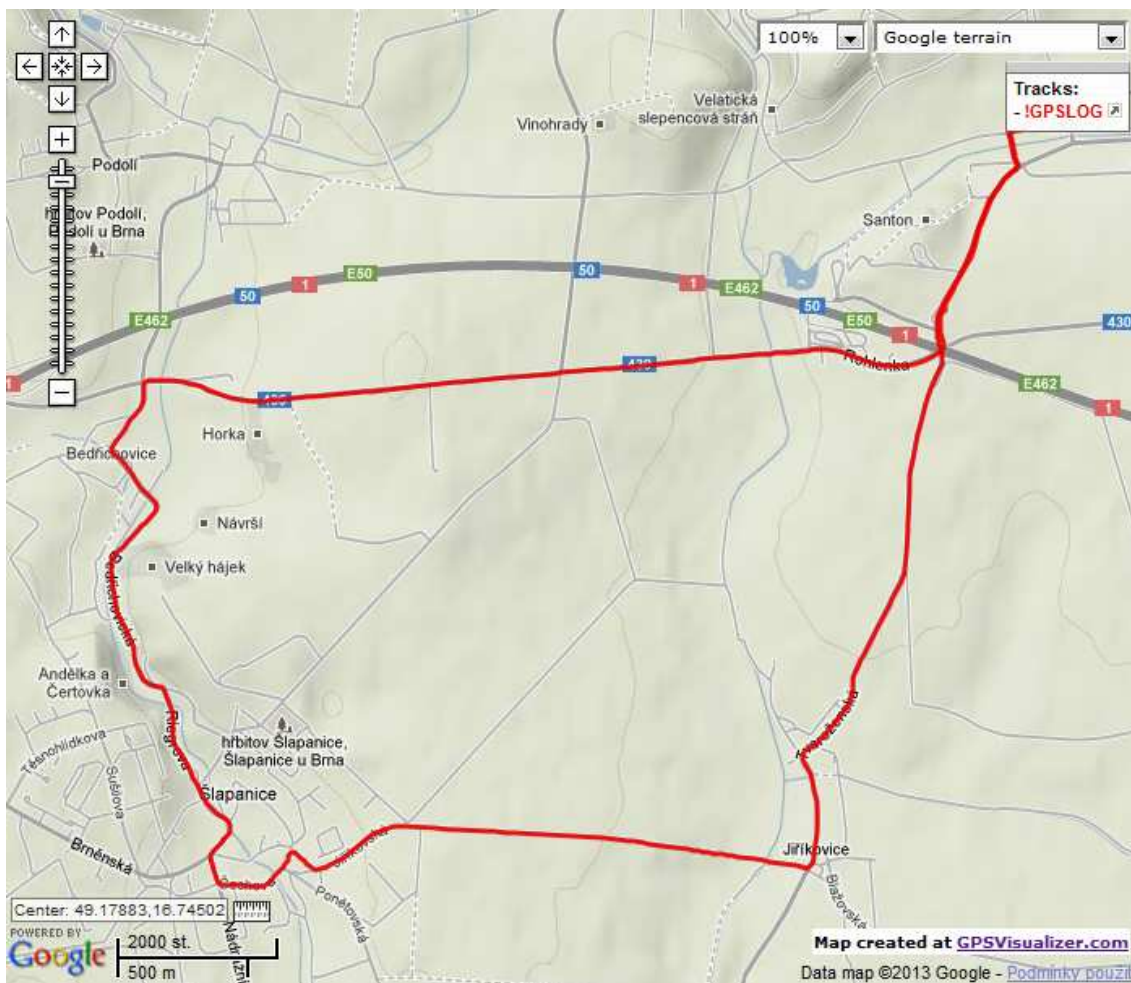
Zkompletovaný palubní počítač byl namontován včetně všech potřebných senzorů na zadaný motocykl Yamaha XT600E. Byl připevněn jazýčkový kontakt na přední vidlici s magnetem na kotouči pro měření rychlosti a ujeté vzdálenosti, průtokoměr mezi nádrží a karburátorem pro měření spotřeby, byly navinuty 4 závitů vodiče kolem vysokonapěťového kabelu zapalovací cívky pro měření otáček motoru, připevněno čidlo teploty na hlavu motoru pro měření teploty motoru a připojeno napájení celého zařízení na baterii přes spínací skříňku, kde se zároveň měří napětí palubní sítě motocyklu. Byla provedena vzorová 12,5 km dlouhá jízda se zaznamenáváním projeté trasy do paměti microSD karty. Parametry rychlosti a ujeté vzdálenosti byly srovnávány se současně namontovaným cyklopočítačem, ve kterém byla nastavena stejná hodnota obvodu předního kola jako v testovaném palubním počítači 2155 mm. Měřené údaje z obou měřidel spolu korespondovali. Otáčky motoru byly srovnávány s původním mechanickým otáčkoměrem instalovaným od výrobce a taktéž měřená hodnota byla v rámci tolerance odpovídající, což je i vidět na ukázkové fotografii přístrojů. Měřené napětí akumulátoru bylo ověřeno pomocí multimetru. Pro srovnání teploty motoru nebylo k dispozici vhodné měřidlo, ale hodnoty zobrazené teploty zahřátého motoru na palubním počítači se pohybovaly v rozmezí hodnot 80 až 100 °C, což je z principu

funkce motoru v pořádku. Hodnota průměrné spotřeby byla ze začátku měření poměrně nestálá, to je ale způsobeno malým počtem hodnot započítaných do průměrování. S přibývajícím ujetými kilometry se již hodnota začala ustalovat. GPS modul získal fix poměrně rychle do 30 s od zapnutí.



Obr. 4.1: Pohled na palubní počítač po testovací jízdě namontovaný na motocyklu

Celá testovací trasa byla úspěšně zapsána do paměti microSD karty. Zeměpisné souřadnice jsou uloženy v textovém souboru, pro jejich zobrazení stačí využít na internetu volně dostupný nástroj pro převod textového souboru např. do podoby zobrazení v GoogleMaps s názvem GPSvisualizer. Tento nástroj umožňuje poměrně rozsáhlé možnosti nastavení a výstupních formátů, včetně formátu .gpx pro navigace Garmin. Uloženou trasu z palubního počítače je tedy po převodu možno použít pro zpětnou navigaci po trase v navigacích tohoto výrobce. Uložený log testovací trasy je zobrazen na následujícím obrázku vyexportovaném z nástroje GPSvisualiser. [24]



Obr. 4.2: Záznam trasy z testovací jízdy

5 ZÁVĚR

Úkolem této práce bylo seznámit se s možnostmi realizace palubního počítače určeného pro použití na motocyklu s rozšířenými funkcemi a navrhnout obvodovou koncepci celého zařízení včetně podkladů pro výrobu funkčního prototypu. Následně navrhnout schéma zapojení, vyrobit desky plošných spojů a všechny desky osadit. Poté navrhnout program pro ovládání mikrokontroléru. Hotový prototyp poté prakticky sestavit a otestovat všechny funkce na zadaném motocyklu.

V první části práce byl proveden rozbor všech požadovaných funkcí, kterými má zařízení disponovat a rozebrány možnosti snímání, měření a vyhodnocování jednotlivých fyzikálních veličin. Na základě rozboru možností realizace bylo navrženo blokové schéma celého palubního počítače a upřesněny požadavky na celé zařízení.

Následující část práce se věnuje výběru vhodných komponentů pro realizaci funkčního prototypu. V požadavcích na zařízení bylo stanoveno, že se celé zařízení uzavře do původní přístrojové krabičky mechanického tachometru na motocyklu. Důvod byl prostý – pokud je požadováno, aby zařízení bylo opravdu na motocyklu použitelné, je třeba vyřešit otázku umístění na motocyklu již na začátku aby se co možná nejvíce eliminovaly vlivy působící při provozu na motocyklu. Zařízení by tedy mělo být voděodolné a také odolné vůči vibracím. Toto by měla řešit původní krabička tachometru. Proto všechny následující kroky při návrhu hardwarové části byly tímto hlavně prostorovým omezením znesnadněny. Bylo třeba věnovat velkou pozornost výběru vhodného displeje pro zobrazení všech měřených veličin tak, aby se vešel do původní přístrojové krabičky a zároveň byla jeho aktivní zobrazovací plocha co největší. Dalším faktorem pro výběr displeje byla čitelnost na přímém slunečním světle. Desky plošných spojů bylo zapotřebí také navrhnout a vyrobit se značnou mírou integrace součástek. Celá koncepce byla rozdělena na dvě desky plošných spojů. Horní deska obsahuje samotný displej společně se slotem na micro SD kartu, ovládací tlačítka a indikační LED diody. Spodní deska plošného spoje potom obsahuje mikrokontrolér a všechny převodníky a periferie potřebné k měření a komunikaci celé palubní jednotky. Nachází se zde také napájecí zdroj pro celé zařízení. Návrh a výroba desek byla nakonec úspěšná

Proto mohl být v další části práce navržen firmware pro mikrokontrolér. Pro programování byla zvolena platforma Arduino, především kvůli snadné dostupnosti vývojové desky, na které byl navrhovaný firmware odladován. Platforma Arduino má také výhodu v rychle se rozvíjející a poměrně široké komunitě. Jsou k dispozici mnohé knihovny, např. byla použita volně šířitelná a upravitelná knihovna pro displej nebo pro komunikaci s GPS modulem.

Celé zařízení bylo zkompletováno aby mohl být proveden test funkce měření jednotlivých parametrů na zadaném motocyklu Yamaha XT600E. Testovací jízda proběhla úspěšně, všechny požadované funkce jsou funkční. Přesnost měření je spíše orientační, ale koresponduje s reálnými hodnotami což popisuje předchozí kap. 4.

Dalším postupem v práci by mohlo být doplnění zařízení o další funkce z hlediska

firmwaru. Například by mohl být doprogramován jednoduchý tripmaster použitelný v amatérských orientačních rally soutěžích. Jedná se o dvě denní počítadla ujeté vzdálenosti s možností korekce ujeté vzdálenosti pomocí tlačítek na řídítkách. Hardwarová konstrukce toto umožňuje, na desce jsou vyvedeny vstupy pro externí tlačítka z řídítek motocyklu, stačilo by tedy rozšířit softwarovou výbavu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HRBÁČEK, J. Komunikace mikrokontroleru s okolím. Praha: BEN - technická literatura, 2000.
- [2] BUMBA, J. Programování mikroprocesorů. Praha: BEN - technická literatura, 2011.
- [3] *Encyklopedie fyziky* [online]. 2006 [cit. 2012-05-01]. Hallův jev. Dostupné z WWW: <<http://fyzika.jreichl.com/index.php?page=294&sekce=browse>>.
- [4] ZABLER, Erich, et al. *Snímače v motorových vozidlech*. Vyd.1. Praha : Robert Bosh, 2003. 148 s. ISBN 80-903132-5-6.
- [5] VLČEK, J. *Tzbinfo : automatizace 3* [online]. 2008 [cit. 2012-05-01]. Dostupné z WWW: <www.tzb-info.cz/download.py?file=docu/texty/0001/000102_at3.pdf>.
- [6] *HW.cz* [online]. 2004 [cit. 2012-05-11]. Měření teploty - kovové odporové senzory teploty. Dostupné z WWW: <<http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/mereni-teploty-kovove-odporove-senzory-teploty.html>>.
- [7] *HW.cz* [online]. 2004 [cit. 2012-05-11]. Měření teploty - polovodičové odporové senzory teploty. Dostupné z WWW: <<http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/mereni-teploty-polovodicove-odporove-senzory-teploty.html>>.
- [8] RULC, M. *Konstrukce palubního počítače pro motocykl*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010.
- [9] JAROŠ, D. *Palubní počítač pro vyhodnocení stavu a funkčních parametrů spalovacích motorů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008.
- [10] SMEJKAL, J., *Vše o GPS* [online]. [cit. 2012-05-01]. Dostupné z WWW: <<http://vseohw.net/clanky/software/gps>>
- [11] HADWIGER, T. *Palubní počítač pro motocykl*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011.
- [12] ŠPATENKA, J. *Palubní počítač s testovací jednotkou pro osobní automobily*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011.
- [13] *SOSelectronic* [online]. 2012 [cit. 2012-29-11]. Jazyčkový kontakt. Dostupné z WWW: <<http://www.soselectronic.cz/?str=1155>>.
- [14] *Sectron* [online]. 2012 [cit. 2012-29-11]. GPS modul Leadtek LR9450. Dostupné z WWW: <<http://www.sectron.cz/produkty/31-vyprodej--leadtek-research/32-gps-oem-moduly/921-leadtek-lr9450.html>>.
- [15] *SOSelectronic* [online]. 2012 [cit. 2012-29-11]. LCD displej EADOGL128W-6. Dostupné z WWW: <<http://www.soselectronic.cz/?str=371&artnum=69518&name=electronic-assembly-eadogl128w-6>>.
- [16] *HW.cz* [online]. 1999 [cit. 2012-29-11]. Otáčkoměr pro spalovací motory. Dostupné z WWW: <<http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/konstrukce/otackomer-pro-spalovaci-motory.html>>.

- [17] *Elektroeden* [online]. 2012 [cit. 2012-29-11]. Průtokoměr FCH-m-POM-LC Biotech. Dostupné z WWW: <<http://www.elektroeden.cz/prutokomer-fchmpomlc-001-az-35-lmin+dp106686/>>.
- [18] NETÁHLO, T. *Palubní multifunkční jednotka pro motocykly*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2012.
- [19] JAROŠ, D. *Palubní počítač pro vyhodnocení stavu a funkčních parametrů spalovacích motorů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008.
- [20] *Nxp.com* [online]. 2012 [cit. 2012-29-11]. KTY81-1 series Dostupné z WWW: <http://www.nxp.com/documents/data_sheet/KTY81_SER.pdf>
- [21] *Obslužná knihovna pro GPS modul* [online]. 2012, [cit. 2013-3-18]. Dostupné z WWW: <<http://arduiniana.org/libraries/tinygps/>>
- [22] ATMEL. ATmega128, 8-bit AVR Microcontroller with 64K Bytes In-System Programmable Flash [online]. 2007 - [cit. 20. 1. 2013]. Dostupné z WWW: <<http://www.atmel.com/images/doc2549.pdf>>.
- [23] *Arduino ATMEGA2560 PinMapping* [online]. 2012, [cit. 2013-3-18]. Dostupné z WWW: <<http://arduino.cc/en/Hacking/PinMapping2560>>
- [24] *GPSvisualizer* [online]. 2013, [cit. 2013-5-18]. Dostupné z WWW: <<http://www.gpsvisualizer.com/>>.

SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

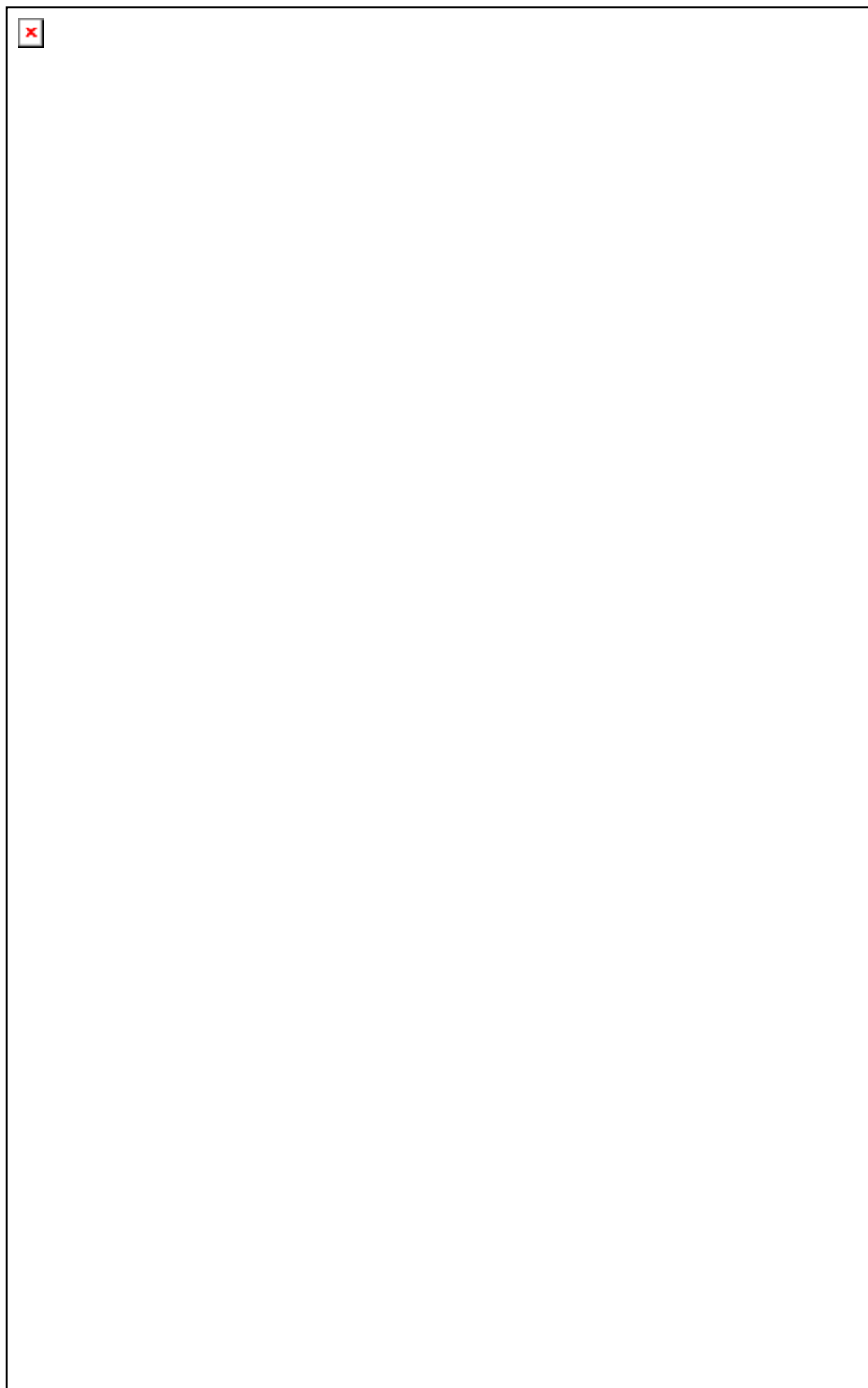
B	Magnetická indukce
b	Šířka křemíkové destičky
d	Výška křemíkové destičky (Hallův snímač)
GPS	Global Positioning System
I ² C	Inter-Integrated Circuit, sériová sběrnice
I	Proud křemíkovou destičkou Hallova snímače
l	Délka křemíkové destičky
MISO	Master In Slave Out, vstup do masteru, výstup ze slavu
MOSI	Master Out Slave In, výstup z masteru, vstup do slavu
n	koncentrace nosičů náboje v určitém objemu
SPI	Serial Peripheral Interface, sériové periferní rozhraní
R_H	Hallova konstanta
RTC	Real Time Control, obvod reálného času
q	Velikost náboje
U_H	Hallovo napětí
USART	Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter, univerzální synchronní a asynchronní sériové rozhraní

SEZNAM PŘÍLOH

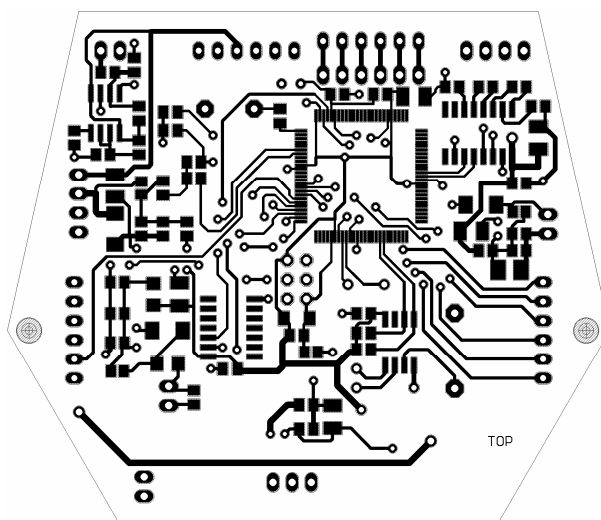
A	Návrh zařízení	45
A.1	Obvodové zapojení – procesorová deska.....	45
A.1.1	Deska plošného spoje – top (strana součástek).....	46
A.1.2	Deska plošného spoje – bottom (strana spojů)	46
A.1.3	Rozmístění součástek – top (strana součástek).....	47
A.1.4	Rozmístění součástek – bottom (strana spojů)	47
A.2	Obvodové zapojení – deska displeje.....	48
A.2.1	Deska plošného spoje – top (strana součástek).....	49
A.2.2	Deska plošného spoje – bottom (strana spojů)	49
A.2.3	Rozmístění součástek – top (strana součástek).....	50
A.2.4	Rozmístění součástek – bottom (strana spojů)	50
B	Seznam součástek	51
B.1	Seznam součástek procesorové desky	51
B.2	Seznam součástek desky displeje	53
C	Fotodokumentace	55
C.1	Ukázka zhotovených desek plošných spojů.....	55
C.1.1	Deska mikrokontroléru a periférií.....	55
C.1.2	Deska displeje	56
C.1.3	Kompletní sesazený hardware	57
C.2	Ukázka zobrazení měřených parametrů na displeji	58
C.3	Detail připojeného průtokoměru mezi nádrží a karburátorem.....	58
C.4	Celkový pohled na kokpit motocyklu s instalovaným palubním počítačem včetně funkce při nastartovaném motoru na volnoběh.....	59
D	Zdrojový kód firmware v prostředí Arduino pro mikrokontrolér	60

A NÁVRH ZAŘÍZENÍ

A.1 Obvodové zapojení – procesorová deska

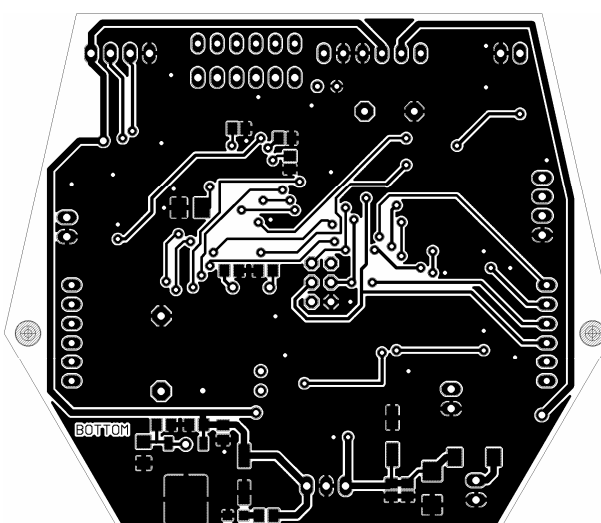


A.1.1 Deska plošného spoje – top (strana součástek)



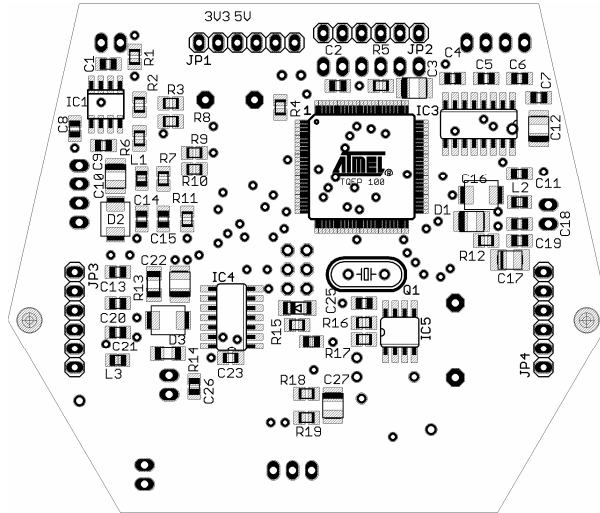
Rozměr desky 80 x 67,6 [mm], měřítko M1:1

A.1.2 Deska plošného spoje – bottom (strana spojů)

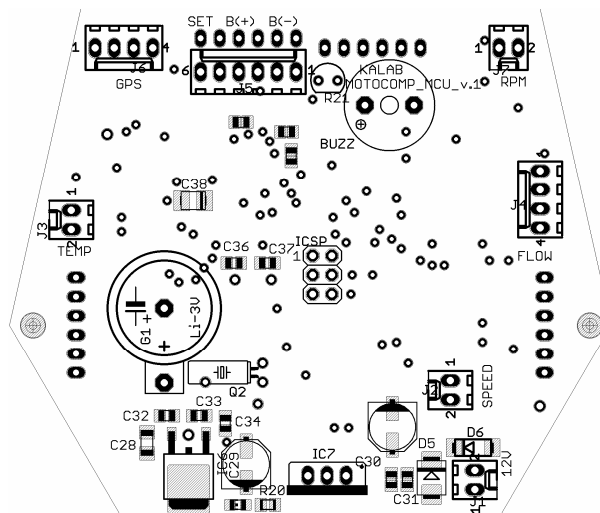


Rozměr desky 80 x 67,6 [mm], měřítko M1:1

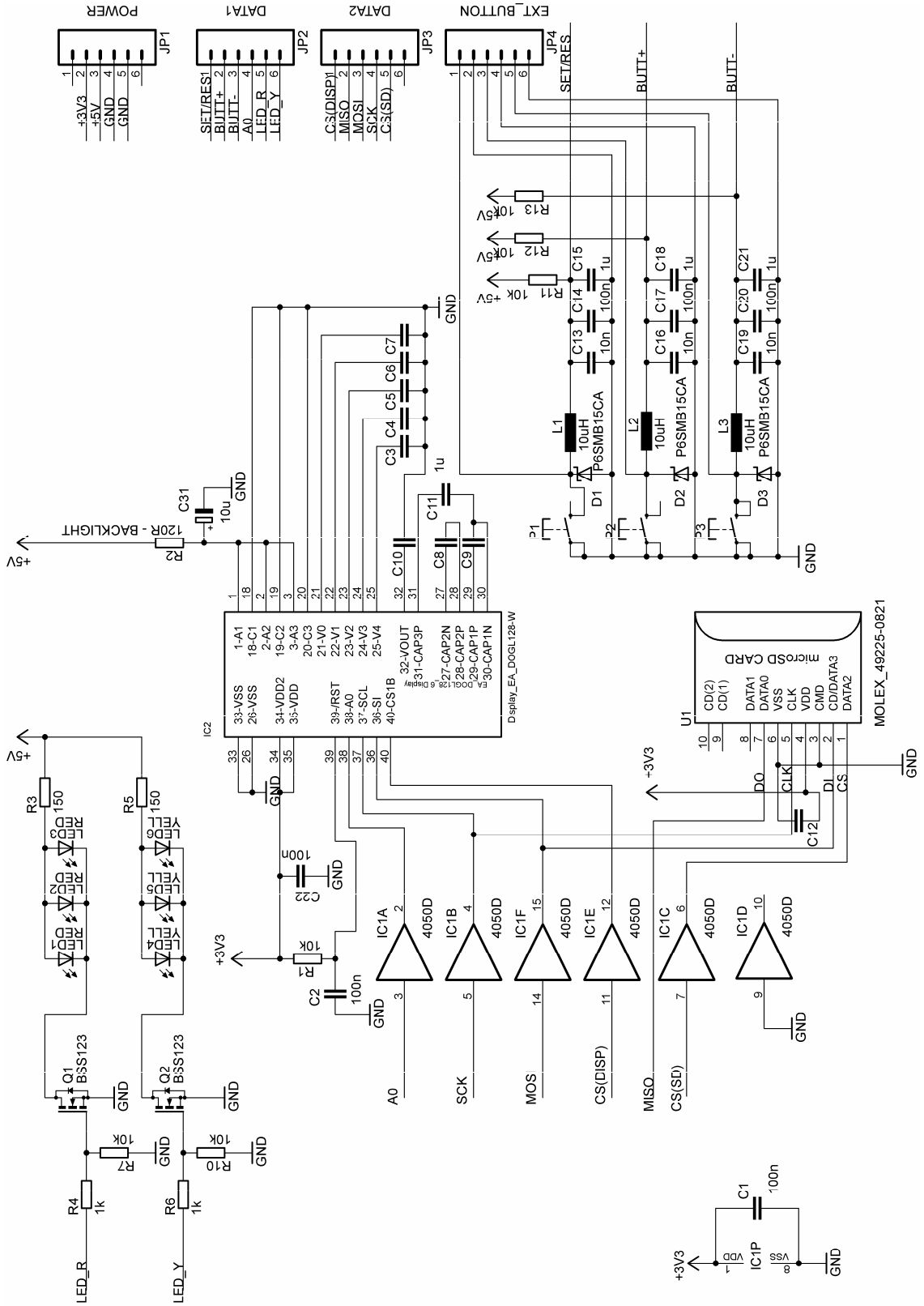
A.1.3 Rozmístění součástek – top (strana součástek)



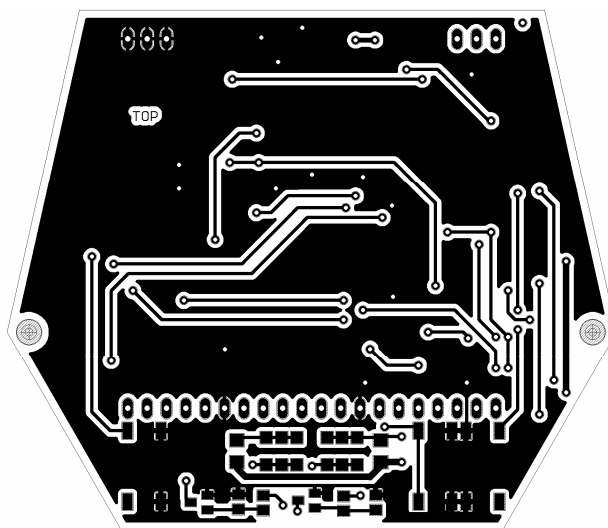
A.1.4 Rozmístění součástek – bottom (strana spojů)



A.2 Obvodové zapojení – deska displeje

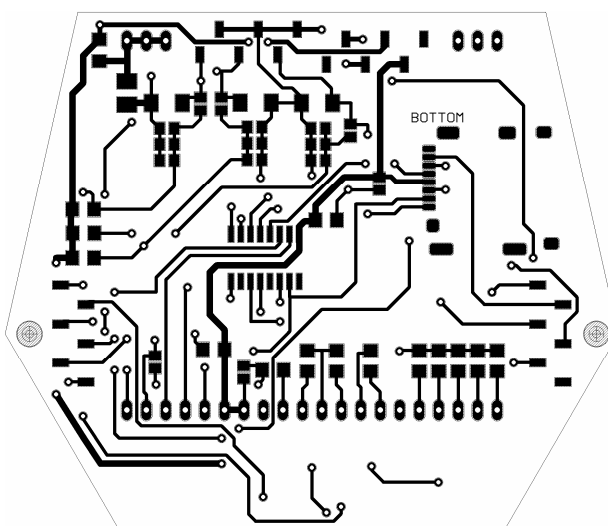


A.2.1 Deska plošného spoje – top (strana součástek)



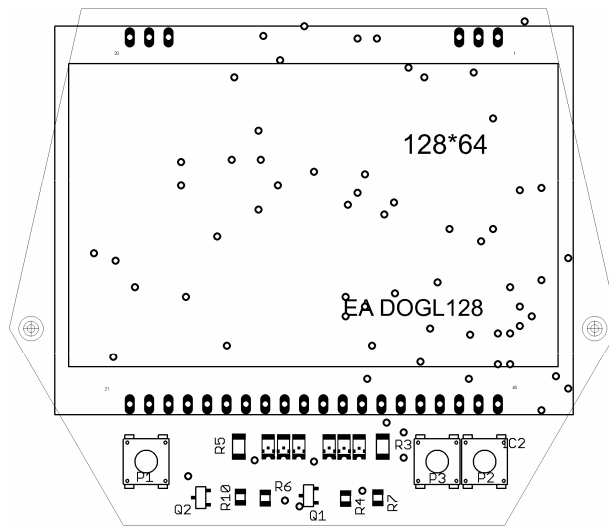
Rozměr desky 80 x 67,6 [mm], měřítko M1:1

A.2.2 Deska plošného spoje – bottom (strana spojů)

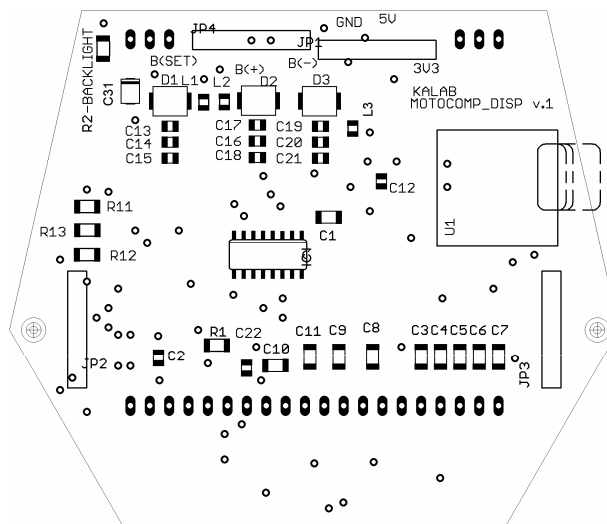


Rozměr desky 80 x 67,6 [mm], měřítko M1:1

A.2.3 Rozmístění součástek – top (strana součástek)



A.2.4 Rozmístění součástek – bottom (strana spojů)



B SEZNAM SOUČÁSTEK

B.1 Seznam součástek procesorové desky

Označení	Hodnota	Pouzdro	Popis
BUZZ	KPEG242	F/QMBIII	Piezoměnič 5V
C1	10n	C0805	Keramický kondenzátor
C2	100n	C0805	Keramický kondenzátor
C3	10u	SMC_B	Tantalový kondenzátor
C4	330n	C0805	Keramický kondenzátor
C5	330n	C0805	Keramický kondenzátor
C6	100n	C0805	Keramický kondenzátor
C7	330n	C0805	Keramický kondenzátor
C8	100n	C0805	Keramický kondenzátor
C9	100n	C0805	Keramický kondenzátor
C10	10u	SMC_B	Tantalový kondenzátor
C11	100n	C0805	Keramický kondenzátor
C12	10u	SMC_B	Tantalový kondenzátor
C13	10n	C0805	Keramický kondenzátor
C14	10n	C0805	Keramický kondenzátor
C15	100n	C0805	Keramický kondenzátor
C16	10u	SMC_B	Tantalový kondenzátor
C17	10u	SMC_B	Tantalový kondenzátor
C18	10n	C0805	Keramický kondenzátor
C19	100n	C0805	Keramický kondenzátor
C20	100n	C0805	Keramický kondenzátor
C21	1u	C0805	Keramický kondenzátor
C22	10u	SMC_B	Tantalový kondenzátor
C23	100n	C0805K	Keramický kondenzátor
C24	22p	C0805	Keramický kondenzátor
C25	100n	C0805	Keramický kondenzátor
C26	100n	C0805	Keramický kondenzátor
C27	10u	SMC_B	Tantalový kondenzátor
C28	10u	C1206	Keramický kondenzátor
C29	47u/50V	PANASONIC_D	Elektrolytický kondenzátor
C30	100n	C0805	Keramický kondenzátor
C31	10n	C0805	Keramický kondenzátor
C32	100n	C0805	Keramický kondenzátor
C33	100n	C0805	Keramický kondenzátor
C34	100n	C0805	Keramický kondenzátor
C35	22u/50V	PANASONIC_D	Elektrolytický kondenzátor
C36	12p	C0805	Keramický kondenzátor

C37	12p	C0805	Keramický kondenzátor
C38	1u	SMC_B	Tantalový kondenzátor
C39	100n	C0805	Keramický kondenzátor
C40	100n	C0805	Keramický kondenzátor
C41	100n	C0805	Keramický kondenzátor
D1	P6SMB15CA	SMBJ	Transil
D2	P6SMB15CA	SMBJ	Transil
D3	P6SMB15CA	SMBJ	Transil
D4	1N4148	1206	Dioda spínací
D5	P6SMBJ18A	SMB	Transil
D6	1N4007	DO214	Dioda univerzální
G1	CR1220	BH5000	Pouzdro baterie CR1220
IC1	NE555D	SO08	Časovač 555
IC2	ATMEGA2560-16AU	TQFP100	Mikrokontroler
IC3	MAX3232CSE	SO16	Převodník RS-232 -> TTL
IC4	74HC14SMD	SO14	Schmittův KO
IC5	DS1307	SOIC-8	Obvod RTC
IC6	LF33CDT	TO252	Stabilizátor napětí 3,3V
IC7	TSR1-2450	78XXS	DC/DC měnič 5V
ICSP	3x2M	2X03	Pin lišta, rozteč 2,54 mm
J1	NS25-W2P	6410-02	Konektor do DPS
J2	NS25-W2P	6410-02	Konektor do DPS
J3	NS25-W2P	6410-02	Konektor do DPS
J4	NS25-W4P	6410-04	Konektor do DPS
J5	NS25-W6P	6410-06	Konektor do DPS
J6	NS25-W4P	6410-04	Konektor do DPS
J7	NS25-W2P	6410-02	Konektor do DPS
JP1	POWER	1X06	Dutinková lišta, rozt 2,54 mm
JP2	EXT BUTTONS	1X06	Dutinková lišta, rozt 2,54 mm
JP3	DATA2	1X06	Dutinková lišta, rozt 2,54 mm
JP4	DATA1	1X06	Dutinková lišta, rozt 2,54 mm
L1	10uH	R0805	Tlumivka
L2	10uH	R0805	Tlumivka
L3	10uH	R0805	Tlumivka
ON	GREEN	CHIP-LED0805	LED
Q1	16MHz	HC49/S	Krystal
Q2	32,768kHz	TC38H	Krystal
R1	560k	M0805	Rezistor
R2	560k	M0805	Rezistor
R3	0R	M0805	Rezistor
R4	0R	M0805	Rezistor
R5	1k	M0805	Rezistor

R6	22k	M0805	Rezistor
R7	1k	M0805	Rezistor
R8	n.u.	M0805	Rezistor
R9	0R	M0805	Rezistor
R10	n.u.	M0805	Rezistor
R11	2k	M0805	Rezistor
R12	1k	M0805	Rezistor
R13	10k	R1206	Rezistor
R14	2k2	R1206	Rezistor
R15	10k	M0805	Rezistor
R16	10k	M0805	Rezistor
R17	10k	M0805	Rezistor
R18	10k	M0805	Rezistor
R19	4k7	M0805	Rezistor
R20	1k	M0805	Rezistor
R21	KTY81(122)	SOD70	Termistor (PTC)

B.2 Seznam součástek desky displeje

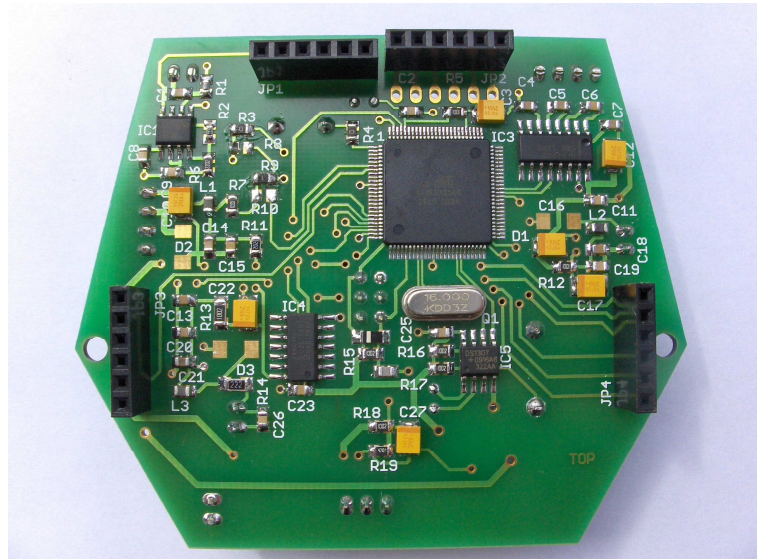
Označení	Hodnota	Pouzdro	Popis
C1	100n	C1206	Keramický kondenzátor
C2	100n	C0805	Keramický kondenzátor
C3	1u	C1206	Keramický kondenzátor
C4	1u	C1206	Keramický kondenzátor
C5	1u	C1206	Keramický kondenzátor
C6	1u	C1206	Keramický kondenzátor
C7	1u	C1206	Keramický kondenzátor
C8	1u	C1206	Keramický kondenzátor
C9	1u	C1206	Keramický kondenzátor
C10	1u	C1206	Keramický kondenzátor
C11	1u	C1206	Keramický kondenzátor
C12	100n	C0805	Keramický kondenzátor
C13	10n	C0805	Keramický kondenzátor
C14	100n	C0805	Keramický kondenzátor
C15	1u	C0805	Keramický kondenzátor
C16	10n	C0805	Keramický kondenzátor
C17	100n	C0805	Keramický kondenzátor
C18	1u	C0805	Keramický kondenzátor
C19	10n	C0805	Keramický kondenzátor

C20	100n	C0805	Keramický kondenzátor
C21	1u	C0805	Keramický kondenzátor
C22	100n	C0805	Keramický kondenzátor
C31	10u	B/3528-21R	Elektrolytický kondenzátor
D1	P6SMB15CA	SMBJ	Transil
D2	P6SMB15CA	SMBJ	Transil
D3	P6SMB15CA	SMBJ	Transil
IC1	4050D	SO16	Neinvertující budič
IC2	Display_EA_DOGL128	EA_DOG-L_DISPLAY	Grafický displej 128x64
JP1	POWER	1X06_SMD_STRAIGHT	Pin lišta SMD, rozt. 2,54 mm
JP2	DATA1	1X06_SMD_STRAIGHT	Pin lišta SMD, rozt. 2,54 mm
JP3	DATA2	1X06_SMD_STRAIGHT	Pin lišta SMD, rozt. 2,54 mm
JP4	EXT_BUTTON	1X06_SMD_STRAIGHT	Pin lišta SMD, rozt. 2,54 mm
L1	10uH	R0805	Tlumivka
L2	10uH	R0805	Tlumivka
L3	10uH	R0805	Tlumivka
LED1	RED	CHIPLED_1206	LED
LED2	RED	CHIPLED_1206	LED
LED3	RED	CHIPLED_1206	LED
LED4	YELL	CHIPLED_1206	LED
LED5	YELL	CHIPLED_1206	LED
LED6	YELL	CHIPLED_1206	LED
P1	FSM4JSMA-SMD	FSM4JSMA-SMD	Mikrospínač
P2	FSM4JSMA-SMD	FSM4JSMA-SMD	Mikrospínač
P3	FSM4JSMA-SMD	FSM4JSMA-SMD	Mikrospínač
Q1	BSS123	SOT23	Tranzistor MOS FET
Q2	BSS123	SOT23	Tranzistor MOS FET
R1	10k	R1206	Rezistor
R2	120R - BACKLIGHT	R1206	Rezistor
R3	150R	R1206	Rezistor
R4	1k	R0805	Rezistor
R5	150R	R1206	Rezistor
R6	1k	R0805	Rezistor
R7	10k	R0805	Rezistor
R10	10k	R0805	Rezistor
R11	10k	R1206	Rezistor
R12	10k	R1206	Rezistor
R13	10k	R1206	Rezistor
U1	MOLEX - 49225-0821	MOLEX - 49225-0821	slot pro MicroSD kartu

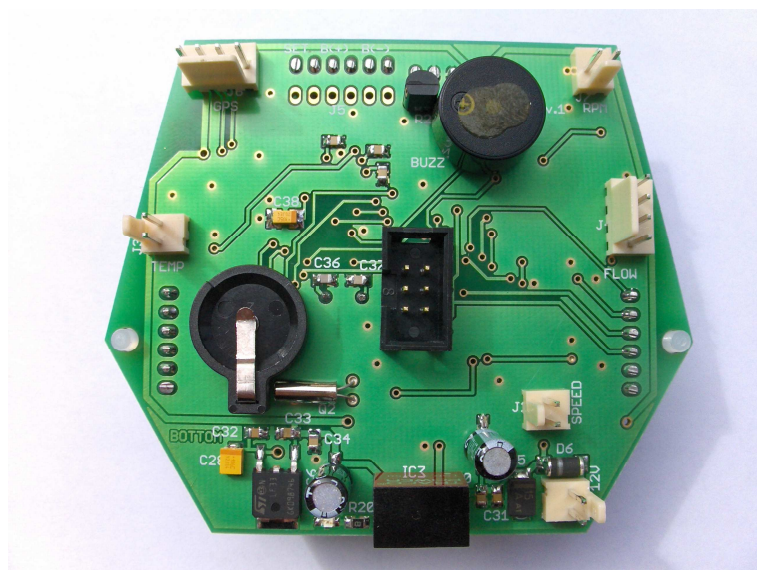
C FOTODOKUMENTACE

C.1 Ukázka zhotovených desek plošných spojů

C.1.1 Deska mikrokontroléru a periférií

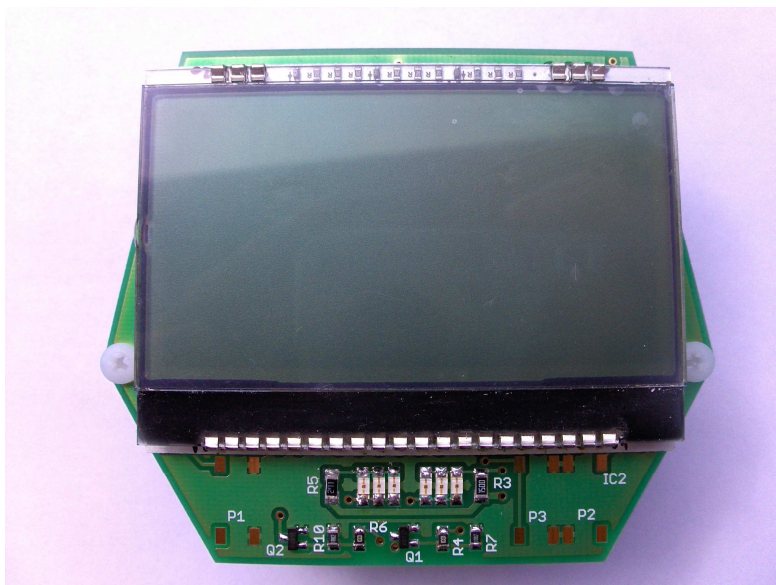


Pohled shora na mikrokontrolér (top)

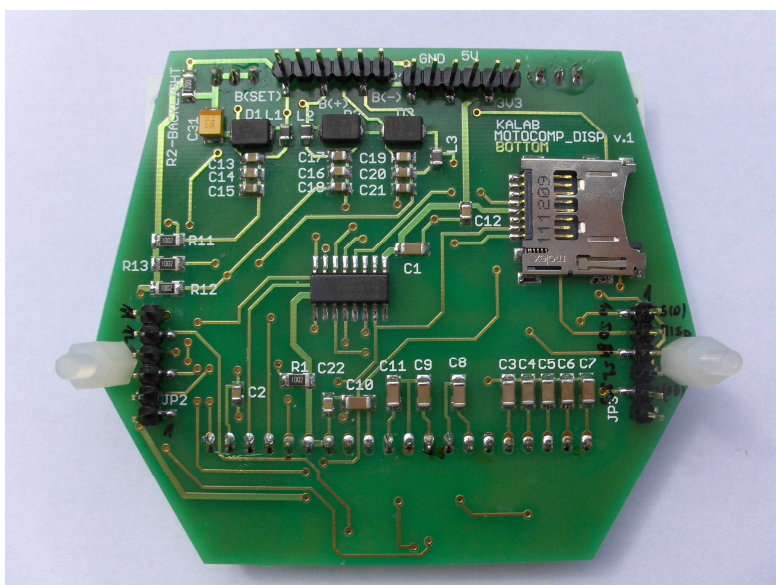


Pohled zdola na vstupně/výstupní konektory (bottom)

C.1.2 Deska displeje

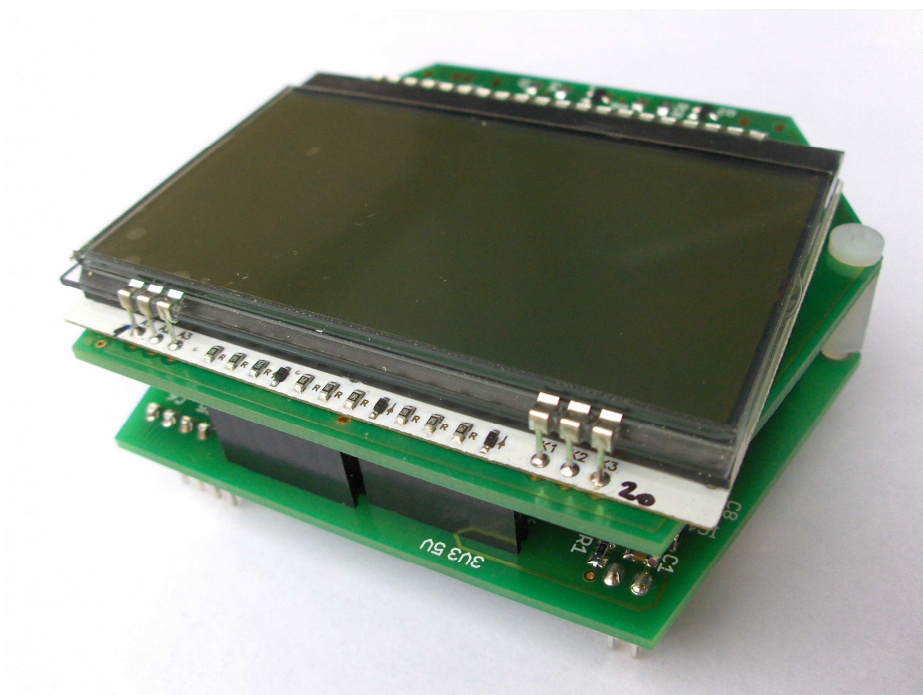
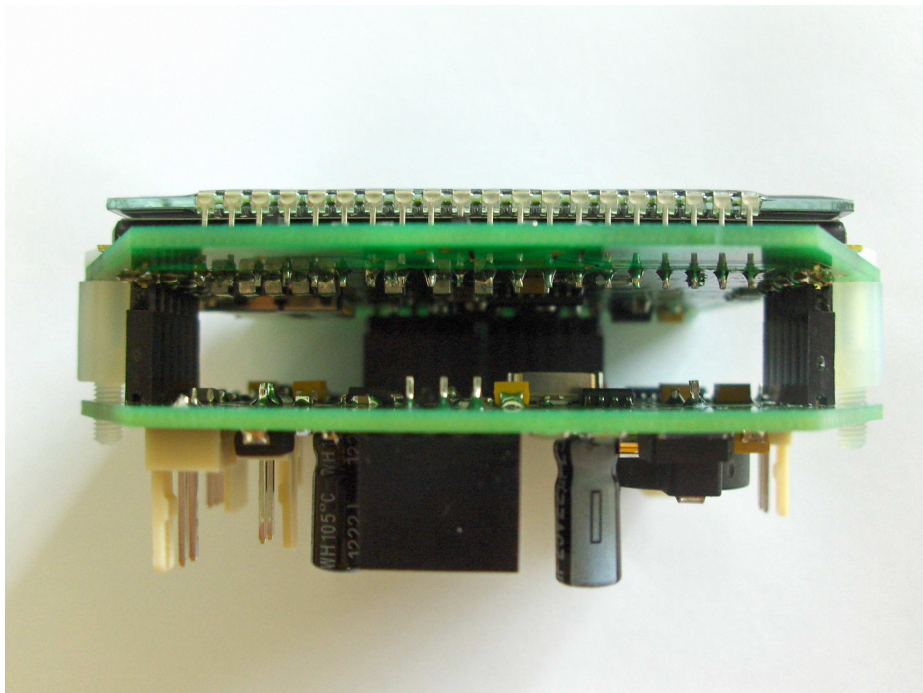


Pohled shora na displej a indikační LED (top)

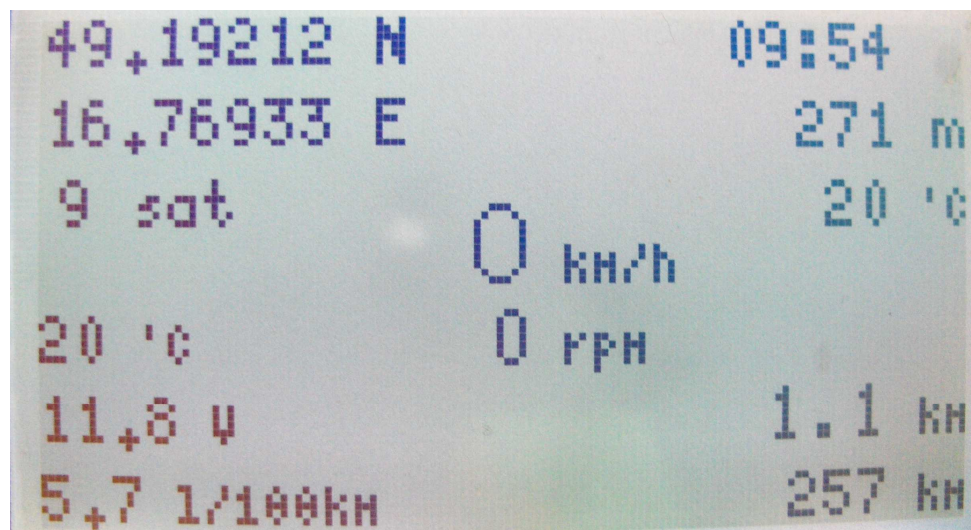


Pohled zdola na slot pro microSD kartu (bottom)

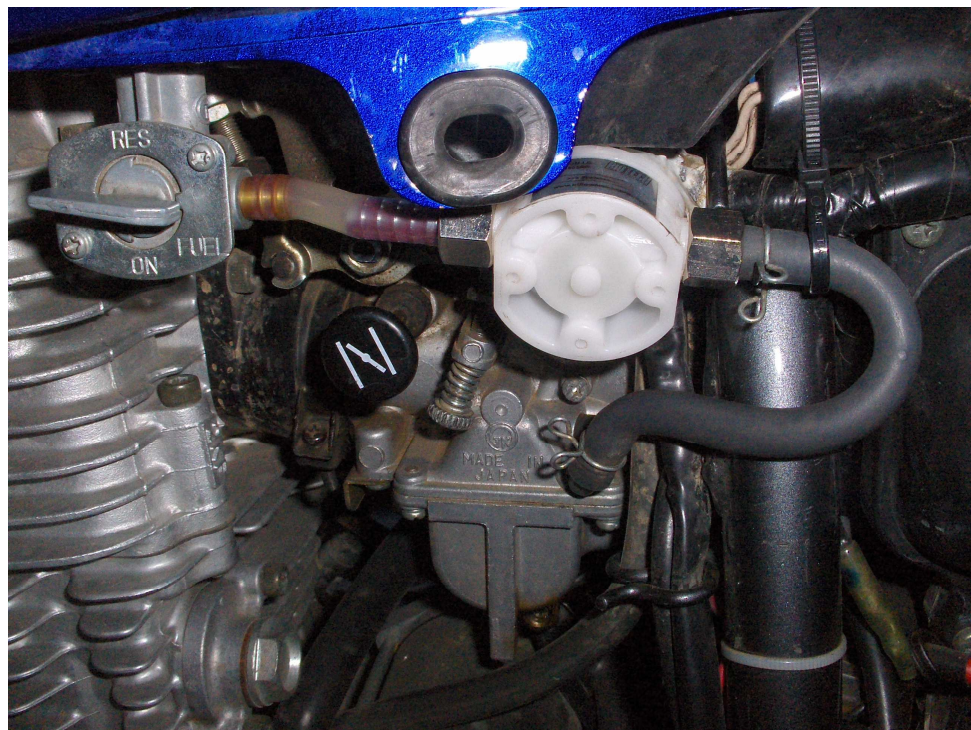
C.1.3 Kompletní sesazený hardware



C.2 Ukázka zobrazení měřených parametrů na displeji



C.3 Detail připojeného průtokoměru mezi nádrží a karburátorem



C.4 Celkový pohled na kokpit motocyklu s instalovaným palubním počítačem včetně funkce při nastartovaném motoru na volnoběh



D ZDROJOVÝ KÓD FIRMWARE V PROSTŘEDÍ ARDUINO PRO MIKROKONTROLÉR

```
/*
MOTOCOMP_v.1

Lukas Kalab
UREL FEKT VUT
*/

#include <Dogm.h> // knihovna pro ovladani displeje
#include <SD.h> // knihovna pro zapis na SD kartu
#include <TinyGPS.h> // knihovna pro GPS modul
#include <EEPROM.h> // knihovna pro obsluhu pameti EEPROM

#define CLI asm volatile ("cli>::) // definice makra pro zakazani
preruseni
#define SEI asm volatile ("sei>::) // definice makra pro povoleni
preruseni

//Definice komunikacnich pinu USART pro GPS modul
#define GPS_RX_PIN 15 // GPS serial receive data
#define GPS_TX_PIN 14 // GPS serial transmit data

//Definice digitalnich pinu
#define BUZZ_PIN 4 // Buzzer 2.048Khz (pin D4)
#define INT_PIN 2 // Magnetic sensor (pin D2)
#define BUTTON_PIN 6 // Button mode/reset (pin D6)
#define BUTTON_PIN_PLUS 7 // Button + (pin D7)
#define BUTTON_PIN_MINUS 8 // Button - (pin D8)
#define LED_Y_PIN 11 // LED Yellow (pin D11)
#define LED_R_PIN 12 // LED Yellow (pin D12)

// Zadefinovane hodnoty pro digitalni piny
#define WHEELC 21550 // obvod predniho kola v mm
(spravne 2155)
#define WHEELCKM 7758 // obvod predniho kola * 3,6 =
pro prevod m/s na km/h
int button = 0; // button reset
int button_plus = 0; // button plus
int button_minus = 0; // button minus

// Definice analogovych pinu (AD prevodniku)
#define BATT_PIN 0 // Napeti baterie
#define TEMP_PIN 1 // Teplota okoli
#define TEMP_MOT_PIN 2 // Teplota motoru

// Hodnoty pro analogove senzory
float voltage=0;
unsigned int temp_mot=0;
int temp=0;
```

```

// definice ostatnich promennych
File dataFile; // pro zapis na SD kartu

int font_select = 0; // promenna pro vyber fontu

int addr = 0; // adresa v EEPROM pro ukladani celkovych ujetych km
int addr_day = 2; // adresa v EEPROM pro ukladani denniho poctu km
int addr_flow = 4; // adresa v EEPROM pro ukladani spotreby

volatile unsigned int flow = 0; //pocet pulzu z prutokomeru /10
(1000 pulzu na 1 liter)
volatile unsigned char citaccasu = 0; // pomocna promenna pro
mereni otacek a spotreby
unsigned char starycitac = 1; // pomocna promenna pro mereni
otacek a spotreby
unsigned int prumerna_spotreba = 0; // promenna spotreby

char actspeed[6]; // pomocny retezec pro pretypovani vystupu
rychlosti pro vypis na displej
char day_km[6]; // pomocny retezec pro pretypovani vystupu dennich
km pro vypis na displej
char ch_flow[6]; // pomocny retezec pro pretypovani vystupu
spotreby pro vypis na displej
char dist_km[6]; // pomocny retezec pro pretypovani vystupu ujeze
vzdalenosti pro vypis na displej

volatile unsigned long timediff;
volatile unsigned long lasttick; //cas posledniho tiku
volatile unsigned long distance_mmm=0;
unsigned long distance_100m=0;
unsigned int distance_km=0;
unsigned int distance_day_km=0;

unsigned int rpmtimelast, rpmtimeactual, rpmtimediff;
unsigned int lastactual;

//RPM
unsigned char j=0; //promenna pro rizeni casu
volatile unsigned int otacky=0;

//SPI - Piny pro displej DogL128 a SD kartu
#define PIN_SCK 52
#define PIN_MISO 50
#define PIN_MOSI 51
#define PIN_SS 10 // CS pin pro displej
#define PIN_A0_DEFAULT 9
int a0Pin = PIN_A0_DEFAULT; // adresni vodici a0 pro displej -
Pin 9
Dogm dogm(a0Pin,PIN_SS);
const int chipSelect = 53; // CS pin pro SD kartu

//fonty
DOG_PGM_P p1 = font_4x6; //f = "4x6"; //font micro
DOG_PGM_P p2 = font_5x8; //f = "5x8"; //font small
DOG_PGM_P p3 = font_6x12; //f = "6x12"; //font medium
DOG_PGM_P p4 = font_9x18; //f = "9x18"; //font big
DOG_PGM_P p5 = font_12x24; //f = "12x24"; //font EXTRA big

```

```

//promenne pro GPS
TinyGPS gps;
unsigned long age;
float latitude=0;
float longitude=0;
int alt=0;
int sat=0;

// funkce pro ziskani dat z GPS modulu - cteni USART
static bool feedgps()
{
  while (Serial3.available())
  {
    if (gps.encode(Serial3.read()))
      return true;
  }
  return false;
}

//ISR handler pro mereni aktualni rychlosti = mereni vzdalenosti
pulzu mezi sebou
ISR(INT4_vect ) //preruseni generovane jazyckovym kontaktem na
pinu INT4
{
  unsigned long curtime;
  unsigned long tmpdiff;
  asm volatile ("cli");
  curtime=millis();
  tmpdiff =curtime-lasttick;
  if (tmpdiff>30)
  {
    timediff=tmpdiff; // citac poctu pretečení timer1
    distance_mm+=WHEELC; // vzdalenost +1
  }
  lasttick=curtime;

  asm volatile ("sei"); //povoleni preruseni
}

//ISR handler pro pomocne mereni casu pro spotrebu (kazdych 10 s se
aktualizuje udaj o spotrebe)
ISR ( TIMER3_CAPT_vect ) // preruseni od casovace (kazdych 1000ms)
{
  asm volatile ("cli");
  citaccasu++;
  if (citaccasu == 10)
  {
    flow += TCNT5/10; //citani poctu preruseni
    TCNT5 = 0x00; //nulovani c/c0
    citaccasu = 0;
  }
  asm volatile ("sei"); //povoleni preruseni
}

// ISR handler pro pomocny casovac pro mereni otacek
ISR ( TIMER4_CAPT_vect ) // preruseni od casovace (kazdych 1000ms)
{
  asm volatile ("cli"); // zakazani preruseni
}

```



```

    rpmtimelast = rpmtimeactual;
    rpmtimeactual = ICR4;
    if (rpmtimeactual > rpmtimelast) // pokud je aktualni hodnota
vestsi nez predchozi
    {
        rpmtimediff = rpmtimeactual - rpmtimelast; // spocti rozdil
hodnot
    }

    else //pokud doslo k pretecení casovace mezi impulzy
    {
        rpmtimediff = rpmtimeactual + 65535 - rpmtimelast;
    }

asm volatile ("sei"); //povoleni preruseni
}

```

```

void setup()
{
    Serial3.begin(4800); //zahajeni komunikace a nastaveni rychlosti
USART na 4800 baud pro GPS

    pinMode(53, OUTPUT); //CS pin pro SD kartu na 53 jako vystup
SD.begin(53); //zahajeni komunikace s SD kartou, CS pin 53

    // nastaveni registru timeru T3 pro pomocny casovac pro mereni
otacek a spotreby
    // nastaveno mode 12 - CTC: pri rovnosti s ICR3 dojde ke
smazani casovace
    TCCR3B = ( 1 << WGM43 ) | ( 1 << WGM42 ) | ( 1 << CS42 );
    TCCR3A = 0;
    ICR3 = 62500; // hranice do ktere se ma citat
    TIMSK3 |= ( 1 << ICIE3 ); // povoleni preruseni od casovace

    //nastaveni registru timeru T4 pro mereni otacek pripojenych
na pin ICP4
    TCCR4B = (1<<ICES4)|( 1 << CS42 ) | ( 1 << CS40 ); // zdroj
hodin OSC/1024, reakce na vzestupnou hranu
    TCCR4A = 0; //nastaven normalni mod citani
    TIMSK4 |= ( 1 << ICIE4 ); // povoleni preruseni od casovace

    //nastaveni registru timeru T5 pro mereni spotreby
    TCCR5B = ( 1 << CS52 ) | ( 1 << CS51 ); //zdroj hodin OSC/256,
reakce na sestupnou hranu
    TCCR5A &= ~ ( 1 << WGM50 ); //nastaven normalni mod citani
    TCCR5A &= ~ ( 1 << WGM51 );
    TCCR5A &= ~ ( 1 << COM5A0 ); //nastaveny normalni operace
portu, OC0 odpojen
    TCCR5A &= ~ ( 1 << COM5A1 );

    TIMSK5 = 0x0; //zakazat vsechny preruseni TIMER5

    //nastaveni registru pro INT4 pro mereni rychlosti
    EICRB |= 1<<ISC41 | 0<<ISC40;
    EIMSK |= 1<<INT4;
    EIFR |= 1<<INTF4;

```

```

// operace s EEPROM pro zobrazeni starych hodnot po zapnuti
distance_km = EEPROM.read(addr); //vycteni z EEPROM
distance_day_km = EEPROM.read(addr_day); //vycteni z EEPROM
flow = EEPROM.read(addr_flow); //vycteni spotreby z EEPROM

CLI;
TCNT5=0;
SEI; // povoleni preruseni

// nastaveni vstupne/vystupnich pinu
pinMode( BUTTON_PIN, INPUT);
pinMode( BUZZ_PIN, OUTPUT );
pinMode( LED_Y_PIN, OUTPUT );

// dokonceni setupu po startu = beep + yellow_LED
digitalWrite(BUZZ_PIN, HIGH);
digitalWrite(LED_Y_PIN, HIGH);
delay(200);
digitalWrite(BUZZ_PIN, LOW);
digitalWrite(LED_Y_PIN, LOW);

dogm.start(); // zahajeni komunikace s displejem
dog_SetContrast(20); //nastaveni kontrastu displeje (hodnoty v
rozmezi 0-63)

}

void loop() // nekonecna smycka programu
{
ldiv_t podil; // lokalni promenna pro deleni

//mereni rychlosti = mereni periody pulzu z jazyckoveho
kontaktu pripojeneho na INT4
if ((millis()-lasttick<2000)&&(timediff>20)) //zobrazeni
rychlosti probiha pokud je vzdalenost mezi prerusenimi < 2000 ms // a zaroven
zahazujeme pulzy < 20 ms = osetreni zakmitu
{
sprintf(actspeed,"%3lu",WHEELCKM/timediff); //uprava na 3
mista, prepocet vzdalenosti mezi pulzy na km/h
}

else
{
sprintf(actspeed," 0"); // jinak pokud je vzdalenost mezi
prerusenimi > 2000 ms (rychlost < 4 km/h ), vypise se 0
}

//mereni ujete vzdalenosti = citani pulzu, kdy 1 pulz odpovida
hodnote obvodu kola v mm

if (distance_mm>100000) //pokud je ujeta vzdalenost v mm >
100m
{
podil=ldiv(distance_mm,100000); //vzdalenost v mm/100 000 =
vzdalenost ve 100kach m
}
}

```

```

    distance_100m += podil.quot; // do vzdalenosti ve 100 m
    prictu cele cislo z vysledku predchoziho deleni
    distance_mm = podil.rem; //zbytek po deleni do vzdalenosti v
    mm aby se neztratila presnost
    if (distance_100m==10) //pokud je ujeta vzdalenost
    10*100m=1km
    {
        distance_km +=1; //prictu denni vzdalenost v km
        distance_day_km +=1; // prictu celkovou vzdalenost v km

        // zapis hodnot do EEPROM
        EEPROM.write(addr, distance_km); // zapis celkoveho poctu km
do EEPROM
        EEPROM.write(addr_day, distance_day_km); // zapis denniho
poctu km do EEPROM
        distance_100m=0; //nuluj 100m
        EEPROM.write(addr_flow, flow); //zapis prumerne spotreby
    }
    }
    sprintf(day_km,"%3u.%1u",distance_day_km,distance_100m);
//uprava zobrazeni na 3 mista km . 1 misto 100m

    //nulovani denni ujeté vzdalenosti a zaroven prumerne spotreby
za denni vzdalenost
    button = digitalRead(BUTTON_PIN);

    if (button == LOW) // kdyz je stisknuto tl. RES
    {
        EEPROM.write(addr_day,0); // zapis 0 do dennich km v EEPROM
        EEPROM.write(addr_flow,0); // zapis 0 do spotreby v EEPROM
        distance_day_km=0; // nulovani dennich km
        distance_100m=0; // nulovani 100m
        flow=0; // nulovani promenne spotreby
        citaccasu=0; // nulovani citace pro mereni spotreby
        TCNT5=0; // nulovani registru pro mereni spotreby
    }

    // mereni otacek = mereni periody pulzu
    if (rpmtimediff) // kdyz je nenulova hodnota, osetri deleni
nulou
    {
        if (lastactual != rpmtimeactual) // zjisteni jestli probehla
zmena od posledniho mereni
        {
            lastactual = rpmtimeactual; // ulozi hodnotu predchozi do
aktualni
            otacky = 937500/rpmtimediff; //937500 = konstanta tiky pro
prevod na ot/min (16MHz/ 1024 preddel. * 60 s)
            otacky = (otacky/100) * 100; //zaokrouhleni na stovky
        }
        else
        {
            otacky=0;
        }
    } else
    {
        otacky = 0;
    }

```

```

    }

    // mereni spotreby = citani poctu pulzu z prutokomeru za urcity
cas (10s)
    if (citaccasu != starycitac)
    {
        starycitac = citaccasu;

        if (citaccasu == 0) // jen kdyz se mohla zmenit hodnota ve
flow lx za 10 s
        {
            if (distance_day_km)
            {
                prumerna_spotreba = flow/(distance_day_km);
                if (prumerna_spotreba>999) // osetreni pretecení hodnoty
                {
                    prumerna_spotreba = 999; // zobrazení max. 99,9 l/100 km
                }
            }

            sprintf(ch_flow, "%u.%u", prumerna_spotreba/10, prumerna_spotreba-
((prumerna_spotreba/10)*10));
        }
        else
        {
            sprintf(ch_flow, "-.-");
        }
    }

    //mereni napeti se zobrazenim lx za sekundu
    voltage=analogRead( BATT_PIN)*0.0147+0.7; //konstanta AD =
Uref / pocet urovni prevodniku * pomer napetoveho delice = 5 / 1024
* 3 = 0,0147 +0.7V ubytek na diode

    // mereni teploty okoli
    temp=analogRead( TEMP_PIN);
    temp=temp/2-238; //konstanta ze smernice primky zavislosti
odporu cidla KTY81 na teplote

    // mereni teploty motoru
    temp_mot=analogRead( TEMP_MOT_PIN);
    temp_mot=temp_mot/2-238; //konstanta ze smernice primky
zavislosti odporu cidla KTY81 na teplote
    }
    //indikace prekroceni hodnot
    if (temp_mot<80) // pokud teplota motoru nedosahne
nastavenou mez, rozsviti se zluta LED (studený motor)
    {
        digitalWrite(LED_Y_PIN, HIGH);
    }

    if (temp_mot>110) // pokud teplota motoru presahne
nastavenou mez, rozsviti se cervena LED (prehřatý motor)
    {
        digitalWrite(LED_R_PIN, HIGH);
    }

    if (voltage<10) // pokud je napeti baterie mensi nez

```

```

nastavena mez, rozsviti se zluta LED (podpeti)
    {
        digitalWrite(LED_Y_PIN, HIGH);
    }

    if (voltage>14) // pokud je napeti baterie vetsi nez
nastavena mez, rozsviti se cervena LED (prepeti)
    {
        digitalWrite(LED_R_PIN, HIGH);
    }

// GPS prijem
if (feedgps()) // pokud jsou prijata data z GPS modulu po
USART
    {
        gps.f_get_position(&latitude, &longtitude); // ziskani pozice
        alt=gps.f_altitude(); // ziskani vysky
        sat=gps.satellites(); //ziskani poctu prijimanych satelitu

        //gps.f_course(); //kurz - zatim nepouzito
        //gps.f_speed_kmph(); //rychlost z gps - zatim nepouzito

//zapis GPS pozice na SD kartu
        dataFile = SD.open("gpslog.txt", FILE_WRITE); // vytvori
nebo otevre soubor na karte
        if (dataFile) // pokud je soubor dostupny, zapise 1x
za sekundu hodnoty prijate z GPS modulu
            {
                dataFile.print(latitude,6); // hodnota lat na 6 des. mist
                dataFile.print(",");
                dataFile.println(longtitude,6); // hodnota lon na 6 des.
mist

                dataFile.close(); // uzavre soubor na karte
            }

        else
        {
            dogm.setXY(60,56);
            dogm.print("SD error"); // kdyz se zapis nezdari (neni
vlozena karta) vypise na displej SD error
        }

    }

dogm.start(); // zacatek vypisu namerenych hodnot na displej

do
{
    // zobrazeni aktualni rychlosti
    dogm.setFont(p4); // nejvetsi font
    dogm.setXY(40,30); // souradnice vypisu
    dogm.print(actspeed); // vypis akt. rychlosti na displej
    dogm.setFont(p1); // mikro font
    //dogm.setXY(73,30);
    dogm.print(" km/h"); // vypis jednotky rychlosti
}

```

```

// vypis denni ujete vzdalenosti
dogm.setFont(p3); // velky font
dogm.setXY(87,10);
dogm.print(day_km); // vypis dennich km
dogm.setFont(p1);
dogm.print(" km");

// vypis celkove ujete vzdalenosti
dogm.setFont(p2); // maly font
dogm.setXY(92,0);
sprintf(dist_km,"%5u",distance_km); //uprava zobrazeni na 5
mist km
dogm.print(dist_km);
dogm.setFont(p1); //ODO unit, font micro
dogm.print(" km");

// vypis otacek motoru
dogm.setFont(p3);
dogm.setXY(61,20);
dogm.print(otacky);
dogm.setFont(p1);
dogm.print(" rpm");

// vypis teploty motoru
dogm.setFont(p2);
dogm.setXY(0,20);
dogm.print(temp_mot);
dogm.setFont(p1);
dogm.print(" 'C ");

// vypis teploty okoli
dogm.setFont(p2);
dogm.setXY(107,37);
dogm.print(temp); // cele cislo
dogm.setFont(p1);
dogm.print(" 'C");

// vypis prumerne spotreby
dogm.setFont(p2);
dogm.setXY(0,0);
dogm.print(ch_flow);
dogm.setFont(p1);
dogm.print(" l/100km");

// vypis hodnoty napeti baterie
dogm.setFont(p2);
dogm.setXY(0,10);
dogm.print(voltage,1); // na 1 des. misto
dogm.setFont(p1);
dogm.print(" V");

//vypis nadm. vysky
dogm.setFont(p2);
dogm.setXY(103,47);
dogm.print(alt);
dogm.print(" m");

```

```

// vypis souradnice zemepisne sirky
dogm.setXY(1,57);
dogm.print(latitude,5);
dogm.print(" N");

// vypis souradnice zemepisne delky
dogm.setXY(1,47);
dogm.print(longtitude,5);
dogm.print(" E");

// vypis satelitu
dogm.setXY(3,37);
dogm.print(sat);
dogm.print(" sat");

//zobrazeni hodin z GPS
int year;
byte month, day, hour, minute, second, hundredths;
unsigned long age;

gps.crack_datetime(&year, &month, &day, &hour, &minute,
&second, &hundredths, &age); // dekoduj casove udaje
if (age != TinyGPS::GPS_INVALID_AGE) // pokud neni prijata
chybna hodnota promenne hodin age
{
    hour=hour+2; // (+2 = GMT + 1 + letni cas)

    dogm.setFont(p2);
    dogm.setXY(93,57);

    if (hour<10)
    {
        dogm.print("0");
    }

    dogm.print(hour, DEC); // vypis hodin

    dogm.setXY(103,57);
    dogm.print(":");

    dogm.setXY(108,57);
    if (minute>0)
    {
        if (minute<10) // osetreni aby se zobrazovala 0 pred
minutami 0-9
        {
            dogm.print("0");
        }
        dogm.print(minute,DEC);
    }
}
else // jinak
{
    dogm.setXY(93,57);
    dogm.print("NO GPS"); // zobraz hlasku NO GPS
}
}

```

```
while (dogm.next() ); // prekresleni displeje  
dog_Delay(100); // zpozdeni prekresleni  
}
```