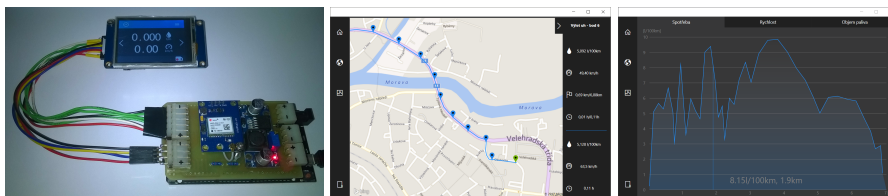


Pokročilé měření spotřeby paliva motocyklu

Matěj Šoc*



Abstrakt

Tato práce se zabývá návrhem a implementací systému pro měření a profilování spotřeby paliva motocyklu v závislosti na zeměpisné poloze. Systém byl implementován na desce Arduino MEGA 2560. K měření spotřeby je použit palivový průtokoměr, tudíž je navržený systém použitelný pro jakýkoli motocykl. Součástí systému je také aplikace, která uživateli nabízí přehlednou interpretaci naměřených dat. Navržený systém provádí přesná měření spotřeby paliva a rychlosti. S drobnými úpravami může být uveden do praxe.

Klíčová slova: Spotřeba paliva — Průtokoměr — Arduino

Přiložené materiály: N/A

*xsocma00@stud.fit.vutbr.cz, Fakulta informačních technologií, Vysoké učení technické v Brně

1. Představení

Spotřeba paliva je v současnosti velmi sledovaným parametrem motorových vozidel. Objem spotřebovaného paliva ovlivňuje nejen množství emisí výfukových plynů, ale také provozní náklady vozidla. Většina moderních vozidel je vybavena systémem pro měření a zobrazování spotřeby paliva řidiči. Pokud se ovšem zaměříme na motocykly nebo starší automobily, tato funkce zde chybí.

Důvodem je skutečnost, že u moderních motorových vozidel je palivo do válců motoru vstřikováno. Množství vstřikovaného paliva udává řídicí jednotka, a proto je pro ni snadné spotřebu paliva stanovit. U starších automobilů a motocyklů se zážehovým motorem je palivo dávkováno mechanicky – pomocí karburátorů. Řídicí jednotka tak nemá k dispozici údaje o množství spotřebovaného paliva. Pokud chceme měřit spotřebu u takového vozidla, musíme se vydat cestou dodatečně instalovaného systému pro měření spotřeby.

Na našem trhu existují systémy pro měření spotřeby paliva určené pro dodatečnou montáž, které obvykle umožňují spotřebu posléze analyzovat. Tyto systémy

jsou primárně určeny k monitorování spotřeby za účelem obrany proti krádežím paliva zejména ve firmách podnikajících v segmentu dopravy. Činnost těchto systémů spočívá v zaznamenávání objemu paliva protékajícího mezi palivovou nádrží a motorem. Naměřené údaje jsou v určitých časových intervalech ukládány a je možné je zpětně analyzovat. Některé systémy jsou vybaveny GPS technologií a umožňují údaje o spotřebě svázat se zeměpisnou polohou. Žádný z těchto systémů neumožňuje měřit a zobrazovat spotřebu paliva v reálném čase a zároveň poskytovat možnost následné analýzy naměřených dat. Další nevýhodou takových systémů je cena a prostorová náročnost. My bychom potřebovali systém, který provádí měření spotřeby paliva, naměřené hodnoty okamžitě zobrazuje uživateli a současně je ukládá. Rovněž je důležité, aby tento systém mohl být snadno instalován na motocykl.

Jelikož neexistuje přijatelné řešení tohoto problému, byl navržen systém vyhovující uvedeným požadavkům. Navržený systém má dvě části. První částí je přípravek (obrázek 1), který provádí požadovaná měření a naměřená data zobrazuje uživateli a ukládá.

Přípravek je založen na desce Arduino s mikroprocesorem ATmega2560. Pro měření objemu spotřebovaného paliva je použit lopatkový průtokoměr s Hallovou sondou. Systém dále využívá GPS modul U-blox NEO-6M, dotykový HMI displej Nextion, modul pro SD/MicroSD kartu a Hallovu sondu pro měření rychlosti. Použité komponenty jsou umístěny na plošném spoji, který je vyhotoven jako tzv. shield pro desku Arduino MEGA 2560. Přípravek umožňuje vytvářet a spravovat výlety, ke kterým jsou naměřená data přiřazena.

Druhou částí systému je desktopová aplikace pro analyzování a správu naměřených dat. Aplikace umožňuje zobrazení trasy výletu na mapě spolu s průjezdními body, ve kterých jsou k dispozici naměřená data. Dále je k dispozici sada grafů, která uživateli nabízí podrobný přehled o průběhu trasy.

Používáním tohoto systému má uživatel přehled o spotřebě paliva v průběhu každého výletu, což mu poskytuje kontrolou nad výdaji za pohonné hmoty. Díky zobrazovaným informacím může být styl jízdy upraven za účelem snížení spotřeby paliva a výsledek je ihned viditelný. V neposlední řadě je možné díky přehledu o spotřebě odhalit případné závady na motocyklu.



Obrázek 1. Měřicí přípravek

2. Teorie

Hodnota spotřeby paliva udává množství paliva spotřebovaného vozidlem za jednotku času nebo vzdálenosti. Spotřeba paliva se udává v jednotkách $l \cdot 100\text{km}^{-1}$ nebo $l \cdot h^{-1}$. Lze ji rozdělit na spotřebu okamžitou a spotřebu průměrnou. Okamžitá spotřeba je objem paliva spotřebovaného za velmi krátký časový úsek. Průměrná spotřeba je objem spotřebovaného paliva za určitý, typicky delší, časový úsek. Ke stanovení obou typů spotřeby je nutné znát nejen objem spotřebovaného paliva, ale také okamžitou rychlost a ujetou vzdálenost.

Existuje více technik vedoucích ke zjištění objemu spotřebovaného paliva. Pro dodatečnou instalaci

je ovšem nejvhodnější technika založená na měření průtoku. Průtok je důležitou fyzikální veličinou, jež je využívána v mnoha průmyslových odvětvích. Lze ho rozdělit na průtok objemový a hmotnostní. Průtok lze měřit buď přímo, pomocí měřidel – tzv. průtokoměrů, nebo nepřímo. Samotné průtokoměry jsou založeny na nejrozličnějších principech, což je dáno různými chemickými a fyzikálními vlastnostmi měřených tekutin. Průtokoměry existují například objemové, lopatkové a turbínové, průřezové, ultrazvukové, Coriolisovy a indukční.[5] Výhodami průtokoměrů jsou malá nejistota měření, jednoduchá instalace a malé rozměry. Nevýhodami některých průtokoměrů jsou neschopnost provádět měření spojitě od nulového průtoku a tlakové ztráty.

2.1 Měření spotřeby pomocí průtokoměru

Nejdostupnější průtokoměry jsou lopatkové a turbínové. Tato skupina průtokoměrů je založena na volně otočném rotoru s lopatkami. Lopatky u lopatkového průtokoměru jsou umístěny kolmo na směr proudění tekutiny. Lopatky u turbínového průtokoměru jsou umístěny v ose proudění tekutiny. Rotor se vlivem silového účinku proudící tekutiny otáčí. Rychlost otáčení rotoru je přímo úměrná rychlosti protékající tekutiny. Současně existuje pevný vztah mezi počtem otáček a objemem proteklé tekutiny. Otáčky rotoru jsou snímány nejčastěji bezdotykově pomocí indukčních, elektromagnetických nebo fotoelektrických snímačů. Výstupem těchto průtokoměrů je typicky obdélníkový průběh. Výsledný průtok je vyvozen z frekvence výstupního signálu. Lopatkové a turbínové průtokoměry umožňují měřit průtok pouze od určité hodnoty, nikoli plynule od nulového průtoku. Jsou vhodné pro měření průtoku kapalin i plynů.[3]

Pro výpočet okamžité spotřeby za jednotku času není nutno znát žádné další veličiny, jedná se totiž o objemový průtok. Ovšem pro výpočet okamžité spotřeby paliva na 100 km je nutné znát i okamžitou rychlost vozidla. Výpočet takové spotřeby lze provést pomocí vzorce 1.

$$s_{P100\text{km}} = Q_v \cdot \frac{N}{v} \quad [l \cdot 100\text{km}^{-1}] \quad (1)$$

kde:

$Q_v [l \cdot s^{-1}]$ – okamžitý průtok

N – počet impulsů na litr proteklého paliva

$v [m \cdot s^{-1}]$ – okamžitá rychlost

Nyní je zřejmé, že průměrná spotřeba za jednotku času je rovna aritmetickému průměru naměřených hodnot průtoku za odpovídající časový úsek. Průměrnou

spotřebu na 100 km je možné stanovit pokud je k dispozici údaj o ujeté vzdálenosti a objemu paliva spotřebovaného k překonání této vzdálenosti.

2.2 Měření rychlosti a ujeté vzdálenosti

V současnosti je nejpoužívanější metodou pro měření rychlosti vozidla snímání otáček některého z prvků mechanicky spojených s kolem. Snímaný prvek je často sdílen s jinými systémy vozidla (např. ABS). Tímto prvkem může být speciální ozubený kotouč, kotouč osazený permanentními magnety nebo děrovaný kotouč. Ke snímání otáček těchto speciálních kotoučů se používají indukční, magnetické nebo fotoelektrické senzory. Výstupem sensorů je typicky signál ve formě impulsů, který je přenášen do řídicí jednotky vozidla, kde je zpracováván.[4] Rychlost otáčení snímaného prvku je přímo úměrná rychlosti pohybu. Výsledná rychlost je stanovena na základě obvodu snímaného prvku a času potřebného pro vykonání jedné otáčky. Ujetá vzdálenost je rovna součinu počtu otáček a obvodu snímaného prvku. Obvod snímaného prvku je často rozdělen do více snímaných částí za účelem zvýšení přesnosti a rozlišení výpočtu.

2.3 Technologie GPS

GPS (Global Positioning System) je družicový polohovací systém, pomocí kterého lze určit zeměpisnou polohu přijímače nacházejícího se na Zemi. Pokud je k dispozici signál alespoň ze čtyř satelitů, je možné určit trojrozměrnou polohu přijímače. Přesnost samotného GPS se pohybuje v jednotkách metrů. Systém GPS se dělí do tří částí – kosmická, řídicí a uživatelská část. Kosmická část se skládá z původně 24 satelitů rozmístěných na šesti drahách obíhajících Zemi. Dnes je využíváno až 32 satelitů. Řídicí část se stará o stav a údržbu satelitů v kosmické části. V uživatelské části figurují přijímače signálu od satelitů, které na základě tohoto signálu dokáží vypočítat svou zeměpisnou polohu.[2]

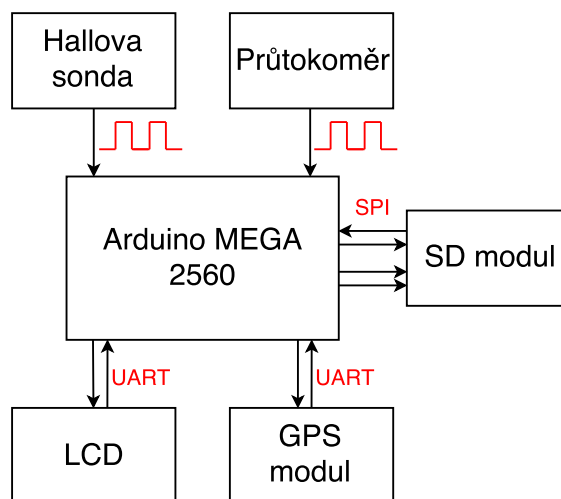
Komunikace mezi GPS přijímačem a elektronikou, která data z GPS přijímače zpracovává, probíhá prostřednictvím protokolu NMEA 0183. Jedná se o textový protokol, data jsou přenášena po větách.

Pokud bychom chtěli pomocí GPS přijímače určovat rychlost pohybu, vzít v potaz, že rychlost uváděná přijímačem je rychlost horizontálního pohybu. Do výpočtu je tedy nutné zahrnout nejen horizontální měření, ale i vertikální.

3. Architektura měřicího přípravku

Základem přípravku pro měření spotřeby je vývojová deska Arduino MEGA 2560. Tato deska byla zvole-

na zejména kvůli vyšším požadavkům firmwaru na programovou a dynamickou paměť. Použitá deska disponuje sériovým rozhraním SPI a čtveřicí rozhraní UART, která jsou nezbytná pro komunikaci s použitými moduly. Jelikož jsou výstupy průtokoměru a snímače otáček logické, jsou připojeny na digitální vstupy desky s externími pull-up rezistory. GPS modul a LCD displej disponují sériovým rozhraním UART. Modul pro SD/MicroSD kartu komunikuje skrze rozhraní SPI. Blokové schéma přípravku je na obrázku 2.



Obrázek 2. Blokové schéma přípravku

Palubní napětí většiny motocyklů a automobilů je 12 V. Všechny použité komponenty mají pracovní napětí 5 V, proto byl použit Step-down měnič založený na stabilizátoru napětí LM2596, který narozdíl od jednoduchého stabilizátoru mění střidu na výstupu, a tím nabízí mnohem vyšší účinnost. Tento měnič je dále doplněn o ochranu proti přepólování.

Obvod je vyhotoven na jednostranném plošném spoji. Plošný spoj je osazen sadou kolíkových lišt a umožňuje nasunutí na desku Arduino MEGA 2560. Dotykový displej a modul pro paměťovou kartu je umístěn mimo tento plošný spoj.

Displej a modul paměťové karty je oddělen od zbytku zařízení. S těmito komponentami bude uživatel operovat nejčastěji, a proto by měly být optimálně umístěny. Toho by nebylo, z rozměrových důvodů, možné dosáhnout, kdyby všechny komponenty tvořily jeden celistvý prvek. Dotykový LCD displej byl zvolen z důvodu, že se jedná současně o zobrazovací i ovládací prvek, což má za následek úsporu prostoru. Díky rezistivní technologii je možné displej pohodlně ovládat i v rukavicích.

4. Firmware

Firmware měřicího přípravku musí provádět výpočet a ukládání požadovaných veličin. Dále musí umožňovat vytváření a správu jednotlivých výletů. Rovněž musí uživateli umožnit konfiguraci přípravku pro daný typ motocyklu. Konfigurace přípravku by měla být uchována i po odpojení napájení. Uživatelské rozhraní by mělo být co nejpřehlednější, aby jím uživatel (řidič) nebyl během jízdy rozptylován.

4.1 Měření spotřeby a rychlosti

Pro měření spotřeby a rychlosti byly zvoleny téměř totožné techniky. Technika výpočtu spotřeby je založena na mechanismu externího přerušení. Přerušení je generováno se sestupnou hranou každého impulsu. V obslužné rutině přerušení je vypočtena perioda impulsů průtokoměru. Naměřené periody jsou ukládány do cyklického bufferu. Pokud je naměřená perioda příliš krátká, je výsledná perioda vypočtena z aritmetického průměru hodnot z předchozích měření, aby byly odstraněny případné nepřesnosti měření. Zároveň je také s každým zaznamenaným impulsem aktualizováno počítadlo celkového objemu proteklého paliva. Je-li okamžitá rychlost nulová, spotřeba paliva je počítána vzhledem k jednotce času. V opačném případě je vypočtena spotřeba 100 km.

Jelikož je měření spotřeby prováděno na základě výpočtu periody signálu na výstupu průtokoměru, je nutné vhodným způsobem kontrolovat dobu od zaznamenání posledního impulsu, abychom zjistili, kdy je spotřeba nulová. Tento mechanismus je založen na časovači, jehož perioda je nastavena na maximální periodu signálu průtokoměru. Časovač je s každým zaznamenaným impulsem resetován. Přetečení čítače časovače indikuje, že je okamžitá spotřeba nulová. Obdobně je implementována i kontrola signálu snímače rychlosti.

4.2 Zápis dat

Zápis dat na paměťovou kartu probíhá v uživatelem zvolených intervalech. Interval ukládání dat jsou řízeny časovačem. Data jsou zapisována v binární podobě kvůli dosažení dostatečné přesnosti při co nejmenší velikosti záznamu. Jeden záznam má délku 30 B včetně 2B oddělovače. Každá hodnota záznamu je uložena na 4 B, což zaručuje dostatečnou přesnost. Data jsou uložena v souborovém systému FAT32, což zaručuje bezproblémové čtení na libovolné platformě.

Při vytvoření nového výletu dojde k zápisu jeho názvu do kořenového souboru se seznamem všech výletů. Následně je tomuto výletu přidělen soubor, do kterého jsou zapisována naměřená data. Takto zvo-

lená struktura souborů umožňuje efektivně filtrovat a spravovat uložená data.

Bezprostředně před zápisem dat na paměťovou kartu je vyžádána aktuální zeměpisná poloha od GPS modulu, po zbytek času je modul neaktivní.

4.3 Uživatelské rozhraní

Přípravek disponuje plnobarevným dotykovým displejem s vlastním procesorem, což umožňuje implementaci grafického uživatelského rozhraní. Uživatelské rozhraní se skládá ze čtyř samostatných částí, tzv. stran. Na hlavní straně jsou zobrazeny všechny důležité informace, jako například aktuálně naměřené hodnoty nebo název aktivního výletu. Díky tomu má uživatel k dispozici všechny informace bez nutnosti interakce s přípravkem. Další strana slouží k procházení a správě uložených výletů. Zde je možné vytvořit nový výlet nebo aktivovat či odstranit již existující výlet. V případě vytvoření nového výletu se zobrazí klávesnice k zadání názvu nového výletu. Poslední strana umožňuje nastavit přípravek pro konkrétní motocykl.

V dolní části obrazovky se nachází ikony reflektující aktivitu GPS modulu a paměťové karty.

Uživatelské rozhraní bylo vytvořeno pomocí nástroje Nextion Editor, který uživateli nabízí základní sadu ovládacích a zobrazovacích prvků a také použití bitmapové grafiky.



Obrázek 3. Uživatelské rozhraní přípravku

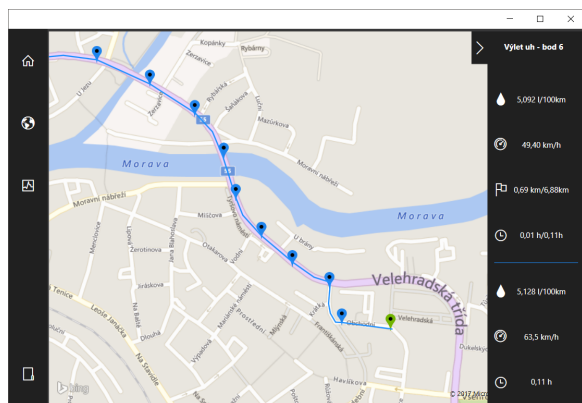
5. Analýza naměřených dat

Analýza naměřených dat probíhá pomocí samostatné desktopové aplikace. Aplikace umožňuje výběr a správu uložených výletů. Dále zobrazuje mapu s trasou výletu, aby měl uživatel přehled o parametrech trasy. Aplikace také zobrazuje průběhy měřených veličin prostřednictvím sady grafů pro detailní analýzu.

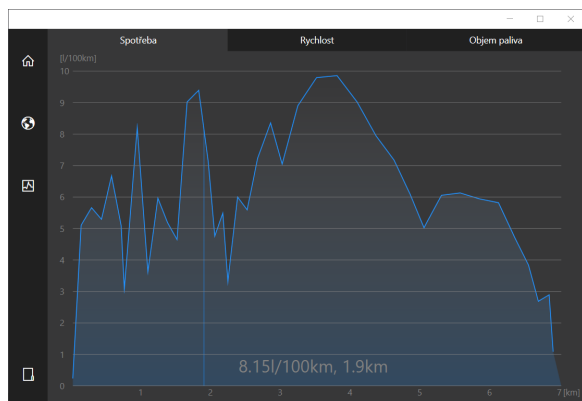
Aplikace byla implementována pomocí technologie WPF. Výhodou této technologie je uživatelské

rozhraní oddělené od programu (MVC rozhraní). Pro práci s mapou bylo použito aplikační rozhraní Bing Maps [1]. Toto rozhraní umožňuje do mapy vkládat např. průjezdní body, křivky nebo polygony. Poskytuje také online služby pro vyhledávání adres, výpočet tras nebo zjišťování aktuálních informací o dopravě.

Po spuštění aplikace dojde k automatickému vyhledání souboru se záznamy na připojených přenosných médiích. Pokud soubor nebyl nalezen, je uživatel vyzván k zadání jeho umístění. Poté proběhne načtení všech výletů a informací o nich. Seznam výletů včetně základních informací o nich je k dispozici na domovské stránce aplikace. Po výběru některého z výletů je již možné přejít na mapu výletu. Do mapy je vykreslena trasa výletu včetně průjezdních bodů, ve kterých byly uloženy naměřené údaje. Trasa je zpětně vy počítána z průjezdních bodů. Při výběru některého z průjezdních bodů se zobrazí naměřené údaje na výsuvné liště. Dalším důležitým prvkem aplikace je sada grafů, do kterých jsou zaneseny naměřené hodnoty. K dispozici je graf průběhu spotřeby, rychlosti a objemu spotřebovaného paliva. Měřítko grafů se automaticky přizpůsobuje naměřeným hodnotám. Pro jednodušší vyčítání hodnot z grafů je implementována funkce pro výpočet hodnot podle polohy kurzoru v oblasti grafu.



Obrázek 4. Trasa výletu



Obrázek 5. Průběh spotřeby paliva

6. Závěr

Navržený systém je použitelný pro motocykly, které nedisponují ukazatelem spotřeby paliva již od výroby. Díky využití průtokoměru a externího snímače pro výpočet rychlosti je systém zcela nezávislý na typu motocyklu. Uplatnění by mohl nalézt zejména u řidičů, kteří chtějí mít přehled nejen o spotřebě paliva svého motocyklu, ale také o výdajích na pohonné hmoty.

Cena zhotoveného prototypu byla v době psaní práce přibližně 1800 Kč. V případě sériové výroby by cena mohla být snížena použitím jiného typu displeje nebo nahrazením desky Arduino MEGA 2560 pouhým mikroprocesorem s podpůrnými obvody.

Navržený systém byl otestován v laboratorních podmínkách i v praxi. Provedením laboratorního testu bylo zjištěno, že relativní chyba zpracování pulzního výstupu průtokoměru je 0,482 %. Během testování v praxi bylo zjištěno, že se zvoleným průtokoměrem není možné měřit spotřebu paliva malou mírou zatížení motoru, což způsobuje mírnou nepřesnost měření při nízké spotřebě motoru.

Prototyp navrženého systému funguje, pro případnou sériovou výrobu by bylo vhodné nahradit stávající průtokoměr za model umožňující měřit průtoky v řádu jednotek až desetin mililitru za minutu, abychom eliminovali problém metodické chyby měření při nízké zátěži motoru.

Poděkování

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Vojtěchu Mrázkovi za odbornou pomoc a ochotu při vypracovávání této práce.

Literatura

- [1] Bing Maps WPF Control. [Online], [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: <http://msdn.microsoft.com/cs-cz/library/hh750210.aspx>.
- [2] GPS Overview. [Online], [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: <http://www.gps.gov/systems/gps/>.
- [3] KADLEC, K.: Snímače průtoky - principy, vlastnosti a použití (část 1). *Časopis Automa*, č. 10, říjen 2006: s. 5–9.
- [4] VYLEGALA, P.: Senzory a snímače. [Online], [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: http://www.sse-najizdarne.cz/projekty/roboti/dokumenty/u_text_ss.pdf.
- [5] ĎAĎO, S.; BEJČEK, L.; PLATIL, A.: *Měření průtoky a výšky hladiny*. BEN, 1995, ISBN 80-7300-156-X.