

UNIVERZITA KONŠTANTÍNA FILOZOFA
FAKULTA PRÍRODNÝCH VIED
KATEDRA INFORMATIKY

BAKALÁRSKA PRÁCA

Nitra, 2007

Milan Gombík

UNIVERZITA KONŠTANTÍNA FILOZOFA V NITRE
FAKULTA PRÍRODNÝCH VIED
KATEDRA INFORMATIKY

Návrh programového a technického vybavenia GPS systémov pre oblasť priemyselného využitia

Bakalárska práca

Vedúci bakalárskej práce:
prof. Ing. Milan Turčáni, CSc

Meno študenta: Milan Gombík
Aprobácia: APBC

Nitra, 2007

Pod'akovanie

Touto cestou by som sa rád pod'akoval za trpezlivosť a usmerňujúce rady poskytnuté pri tvorbe tejto bakalárskej práce svojmu odbornému konzultantovi prof. Ing. Milanovi Turčáimu, CSc., ďalej tiež spoločnosti Qadra plus s.r.o. za poskytnutie technických a finančných prostriedkov, ktoré mi umožnili projekt zrealizovať a v neposlednom rade, tiež pánom Markovi Albertsovi za skvelú prácu na projekte BASCOM a Josefovi Franz Vogelovi za vytvorenie a poskytnutie knižnice AVR-DOS bez nároku na finančnú odmenu. Nakoniec tiež ďakujem svojej rodine za trpezlivosť a podporu pri štúdiu.

Čestné prehlásenie

Podpísaný Milan Gombík týmto prehlasujem, že som bakalársku prácu na tému: „Návrh programového a technického vybavenia GPS systémov pre oblasť priemyselného využitia“ vypracoval samostatne s použitím uvedenej literatúry.

Som si vedomý zákonných dôsledkov v prípade, ak hore uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre 18.04.2007

Obsah

ÚVOD	2
1 HISTÓRIA A SÚČASŤNOSŤ SYSTÉMU GPS	3
1.1 ČO JE TO GPS A KEDY TO ZAČALO?	3
1.2 ŠTRUKTÚRA SYSTÉMU GPS	5
1.3 AKO SYSTÉM GPS PRACUJE?	7
1.4 TECHNICKÉ ÚDAJE O SYSTÉME.....	8
1.5 DOPLŇKOVÉ SLUŽBY SA, SPS A PPS	9
1.6 DIFERENCIÁLNY GPS (DGPS).....	10
2 ANALÝZA PROBLEMATIKY VYUŽITIA GPS V PRIEMYSLE	12
2.1 PREHĽAD NAJDOSTUPNEJŠÍCH ZARIADENÍ SO ZÁKLADNOU PODPOROU GPS	12
2.2 PREHĽAD GPS ZARIADENÍ S PODPOROU MAPOVEJ NAVIGÁCIE	14
2.3 PREHĽAD ŠPECIALIZOVANÝCH ZARIADENÍ S PODPOROU GPS	17
2.4 MOŽNOSTI ZÁZNAMU AKO ALTERNATÍVY VYUŽITIA SYSTÉMU GPS.....	20
3 NÁVRH KONCEPCIE PROGRAMOVÉHO A TECHNICKÉHO VYBAVENIA PRE GPS.....	22
3.1 PREHĽAD A ANALÝZA POTREBNÝCH KOMPONENTOV A VÝVOJOVÝCH NÁSTROJOV	23
3.2 NÁVRH TECHNICKÉHO RIEŠENIA A OVERENIE FUNKČNOSTI KONCEPTU ZARIADENIA.....	29
3.3 NÁVRH VÝKONNÉHO PROGRAMU RIADIACEHO MIKROKONTROLÉRU	32
3.4 NÁVRH A RIEŠENIE ZÁKLADNÉHO UŽÍVATEĽSKÉHO PROGRAMOVÉHO VYBAVENIA	34
3.5 PREHĽAD, SPRACOVANIE A ANALÝZA ZÁZNAMOV PREJDENEJ TRASY	35
ZÁVER	40
POUŽITÉ INFORMAČNÉ ZDROJE.....	41

Úvod

Tento dokument je návodom na písanie bakalárskej práce pre študentov Katedry informatiky FPV UKF v Nitre.

1 História a súčasnosť systému GPS

Skratka GPS pochádza z angličtiny, konkrétne zo slov Global Positioning System, čo v preklade znamená Globálny polohový systém. Oficiálny názov celého systému je GPS NAVSTAR (NAVigation System for Timing And Ranging). V skutočnosti ide o družicový systém pre určovanie polohy a času na zemskom povrchu a v priľahlom priestore. Ide o pasívny družicový dĺžkomerný systém. Je schopný poskytovať tieto údaje nezávisle na počasi 24 hodín denne. Cieľom prevádzkovateľa tohto systému, Ministerstva obrany USA, pôvodne bolo, aby vojenské jednotky mohli presne určovať polohu, rýchlosť a čas v jednotnom referenčnom systéme. Z uvedeného vyplýva, že systém bol vyvíjaný najmä pre vojenské účely, ale americký kongres neskôr schválil jeho využitie s určitými obmedzeniami aj pre civilný sektor. Projekt bol spustený v roku 1973 a prvá družica bola vypustená na obežnú dráhu Zeme v roku 1978. Do globálnej celosvetovej podoby v akej systém poznáme dnes sa dostal v roku 1995 s celkovými predpokladanými nákladmi Ministerstva obrany USA na úrovni 12 miliárd dolárov.

1.1 Čo je to GPS a kedy to začalo?

Históriu družicových systémov môžeme začať datovať od začiatku 60-tych rokov, keď memorandom ministerstva obrany USA boli vzdušné sily poverené zlúčením pokusných programov Timation a 621B do programu označeného ako GPS NAVSTAR. Prvými elektronickými navigačnými systémami boli rádiomajáky. Po vynájdení umelých družíc sa začalo uvažovať, či by sa nedali pomocou nich vyvinúť presnejšie navigačné systémy. Prvý takýto navigačný systém uviedli do prevádzky USA v 60-tych rokoch a tento systém dostal meno Transit. Koncom 60-tych rokov aj bývalý Sovietsky Zväz uviedol do prevádzky navigačný systém označovaný názvom Cyklon a dodnes sú používané ďalšie dva obdobné systémy - vojenský šesť družicový s názvom Parus (niekedy Cikada-M) a civilný 4 družicový s názvom Cikada. Oba systémy majú rovnaké nevýhody. Poskytujú len dvojrozmerné súradnice, určenie polohy je s presnosťou 500 m pri prijímaní signálu len z jednej družice a nepresný časový signál. Tieto navigačné systémy sa tiež nazývajú Dopplerovské. Po skúsenostiach s dopplerovskými systémami sa na začiatku sedemdesiatych rokov USA rozhodli vybudovať nový družicový navigačný systém, ktorý by umožňoval určenie polohy v trojrozmernom priestore spolu s presným časom a sprístupnil by tak družicovú navigáciu aj letectvu. Od 17. decembra 1973 riadi rozvoj programu GPS spoločná programová skupina

(Joint Program Office) kozmického oddelenia veliteľstva systémov vzdušných síl USA. JPO je zložená zo zástupcov letectva, námorníctva, armády, námornej pechoty, pobrežnej stráže, obrannej kartografickej agentúry, zástupcov štátov NATO a Austrálie. Práce na budovaní systému GPS NAVSTAR boli rozdelené do troch častí:

Prvá časť prebiehala v rokoch 1973-1979 kedy bol systém v skúšobnej prevádzke. V tomto čase boli konštruované aj pokusné užívateľské zariadenia. Prvé štyri družice firmy Rockwell boli vypustené v roku 1978 a umožňovali trojrozmernú navigáciu po obmedzenú dobu aj to len na testovacom polygóne v Arizone (Yuma Proving Ground) alebo v jeho okolí. Družice tohto obdobia sa označujú ako družice bloku I, a bolo ich vypustených celkom 11.

V druhej časti projektu sa budovala najmä komunikačná infraštruktúra a riadiace strediská. Firme Rockwell bola v roku 1980 pridelená objednávka na vývoj a výrobu 28 družíc bloku II.



Obr.1 Pozemné riadiace a komunikačné strediská zabezpečujúce spoľahlivú prevádzku systému GPS

V tretej časti bola vypustená v roku 1989 prvá z 28 družíc bloku II. Družice bloku I boli doplňované a postupne celkom nahradené družicami bloku II. Tým sa postupne rozširovali možnosti systému. Trojrozmerné určenie polohy na ľubovoľnom mieste na Zemi 24 hodín denne je možné od začiatku roku 1993. Desiata až 28 družica sú označované ako družice bloku IIA. Týchto osemnásť družíc má modifikovanú pamäťovú jednotku čo im umožňuje činnosť 108 dní bez kontaktu s riadiacim strediskom. Ešte v roku 1989 bol s firmou General Electric uzatvorený kontrakt na rekonštrukciu a výrobu 20 zdokonalených družíc bloku IIR. Tieto družice môžu byť bez kontaktu s riadiacim strediskom až 180 dní pričom môžu medzi sebou komunikovať a zisťovať svoju polohu. Tento systém zabezpečuje rýchlejšie zistenie

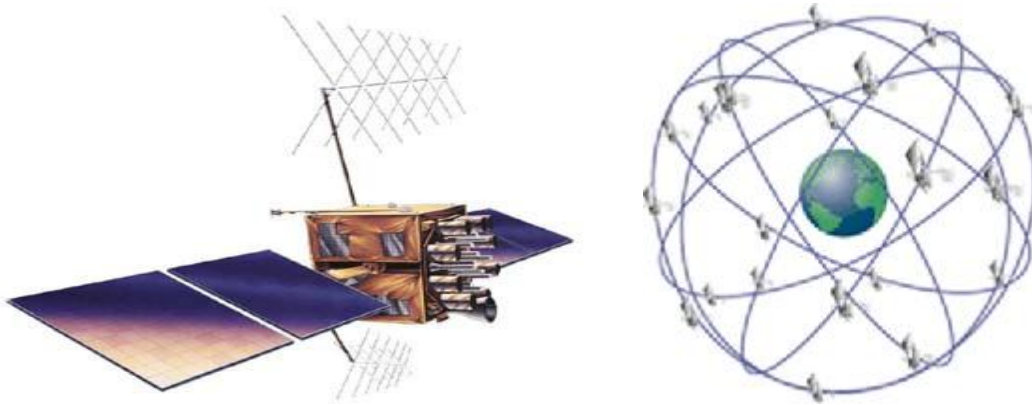
chyby na niektorej z družíc a zaslanie príslušnej správy bez kontaktu s riadiacim strediskom. Vypustením 35. družice 8. Decembra 1993 bol dosiahnutý počiatočný operačný stav systému (IOC - Initial Operational Capability). To znamenalo, že v systéme pracuje 21 navigačných a 3 aktívne záložné družice, ktoré poskytujú službu SPS a prevádzkovateľ je schopný oznámiť zmeny prevádzkového stavu užívateľom (civilným) 48 hodín vopred. Podmienkou pre dosiahnutie plného operačného stavu (FOC - Full Operational Capability) bola činnosť 24 družíc bloku II. Táto podmienka bola splnená 3. Marca 1994 a systém bol po dokončení všetkých potrebných testov uvedený do plného operačného stavu - FOC. V tomto stave je až po dnešnú dobu.

Pôvodne bolo plánované, že družice budú obiehať na troch obežných dráhach so sklonom k polárnej rovine 63° . Tri obežné dráhy boli zvolené preto, aby k zaisteniu nepretržitého chodu celého systému stačili tri náhradné družice ktoré sú schopné kedykoľvek zaujať pozíciu poškodenej družice. Táto voľba obežných dráh mala zaručiť stálu viditeľnosť minimálne šiestich a maximalne jedenástich družíc pri prípustnom elevačnom uhle 5° . Tým mala byť zaistená maximálna robustnosť systému. V prípade potreby je však možné meniť dráhu obehu aj ostatných družíc. Záložné družice sú aj na Zemi a je ich možné vyslať na obežnú dráhu v priebehu dvoch dní. Doba obehu mala byť približne 11h 58min, čo sú skoro dva obehy za jeden siderický deň. To malo zaistiť periodický prechod nad riadiacou stanicou umiestnenou na území USA, ktorá komunikuje s družicami a prípadne koriguje ich obežné dráhy. Neskôr bola prijatá nová koncepcia, sklon obežných dráh bol znížený na 55° a počet obežných dráh bol zvýšený na šesť so štyrmi družicami na každej z nich. Teda počet družíc ostal 24 len sa premiestnili na nové obežné dráhy.

1.2 Štruktúra systému GPS

Systém GPS je tvorený troma hlavnými zložkami: kozmickou, riadiacou, užívateľskou. Kozmická zložka GPS systému je tvorená sústavou družíc, rozmiestnených na šiestich obežných dráhach vysielajúcich navigačné signály. Ako bolo spomenuté už skôr, systém je tvorený 24 družicami z ktorých je 21 navigačných a tri sú aktívne záložné. Družice obiehajú vo výške 20 200 km nad povrchom a rovnakú vzájomnú polohu nad daným bodom zopakujú za 11 h 58 min. Každá družica je vybavená prijímacou a vysielacou anténou, atómovými hodinami, palivom pre trysky pohonu, akumulátormi ktoré majú k dispozícii solárne panely s plochou 7,2 m² a radom ďalších prístrojov, ktoré slúžia pre navigáciu alebo iné špeciálne

účely (napr. pre detekciu výbuchu jadrových náloží). Družica prijíma, spracováva, uchováva a vysiela informácie z a do pozemného riadiaceho centra, na základe ktorých môže korigovať svoju dráhu tryskami, alebo informuje o svojom stave riadiace centrum. Družice bloku II sú vybavené ochranou proti elektromagnetickému impulzu pri jadrovom výbuchu. Každá z družíc váži približne 900kg a cena jednej je odhadovaná na približne 50 miliónov dolárov.



Obr.2 Jedna zo sústavy 24 družíc obiehajúcich po orbitách Zeme v rámci systému GPS

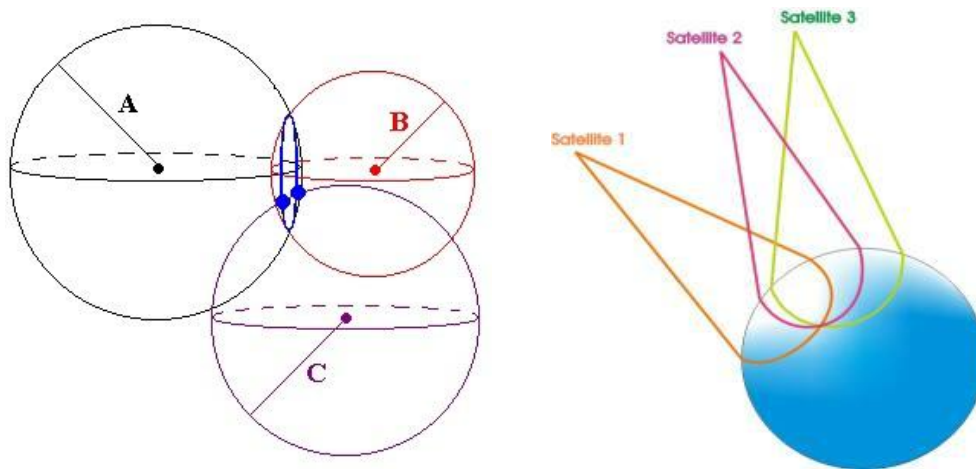
Riadiaca zložka je zodpovedná za plynulý chod celého systému. Táto zložka je tvorená systémom hlavnej riadiacej stanice, štyroch monitorovacích pozemných staníc umiestnených v rôznych častiach sveta a troch vysielačích staníc, ktoré komunikujú s družicami. Hlavná riadiaca stanica (MCS - Master Station Control) je umiestnená v opevnenom bunkri v Skalistých horách blízko leteckej základni Falcon v Coloráde a má špeciálnu ochranu. Monitorovacie stanice pasívne sledujú družice, prijímajú ich dáta, a tieto predávajú MCS. Tu sú na základe prijatých dát vypočítané presné parametre obežných dráh (efemeridy) a korekcie hodín pre jednotlivé družice. Vysielačie stanice potom tieto parametre minimálne raz denne odovzdajú družiciam. Tie potom vysielaajú pomocou rádiových signálov efemeridy svojich obežných dráh a presný čas užívateľom do GPS prijímačov.

Užívateľská zložka je tvorená GPS prijímačmi, užívateľmi samotnými, vyhodnocovacími nástrojmi a postupmi potrebnými k vyhodnoteniu meraní. GPS prijímače vykonávajú na základe prijatých signálov z družíc predbežné výpočty polohy, rýchlosti a času. Pre výpočet všetkých štyroch súradníc je potrebné prijímať signály aspoň zo štyroch družíc. Prijímače sa delia na jednokanálové a viackanálové. Jednokanálové prijímače sú vybavené len jedným vstupným kanálom, takže pri sledovaní viacerých družíc musia postupne prepínať tento vstupný kanál

na jednotlivé družice. Viackanálové prijímače majú dostatočný počet vstupných kanálov, aby mohli súčasne sledovať všetky dostupné družice a tým zvyšovať presnosť výpočtu. Jednou zo základných úloh GPS je navigácia v trojrozmernom priestore. V poslednom čase nastal prudký rozvoj výroby GPS prijímačov v ručnom prevedení, ktorý by sa dal porovnať z rozvojom mobilnej komunikácie v posledných piatich rokoch.

1.3 Ako systém GPS pracuje?

To, čo sa deje v každom GPS prijímači by sme mohli opísať ako určovanie polohy meraného bodu z priesečníku guľových plôch (trilateráciu), ktorých polomer je daný meranými vzdialenosťami. Tento systém sa nazýva tiež dĺžkomerný systém.



Obr.3 Ilustrácia princípu trilaterácie pre zistenie polohy v priestore (použité sú 3 satelity)

Meranou veličinou je doba šírenia rádiového signálu z družicovej antény k anténe GPS prijímača tdi. Rýchlosť šírenia signálu je rovná rýchlosti svetla. Každá družica v navigačnej správe okrem iných údajov posiela aj parametre svojej dráhy (efemeridy) z ktorých vieme vypočítať aktuálnu polohu družice (X_S , Y_S , Z_S). Keď poznáme súradnice družíc, môžeme polohu užívateľa (X , Y , Z) určiť vypočítaním sústavy troch rovníc o troch neznámych. Problém merania polohy by bol jednoduchý, keby časové základne (hodiny) družice a užívateľa boli synchronné. Hlavný problémom je doba, ktorá uplynie medzi vyslaním diaľkomerného signálu z GPS družice a jeho prijatím užívateľským GPS prijímačom. Časová základňa užívateľského zariadenia je posunutá o neznámy časový interval Dt , ktorý môžeme prepočítať na vzdialenosť $b = c Dt$ (kde c je rýchlosť svetla). K neznámy súradniciam užívateľa pristupuje teda neznáma b a pre výpočet polohy potrebujeme celkom štyri rovnice.

Rovnice pre výpočet polohy v priestore:

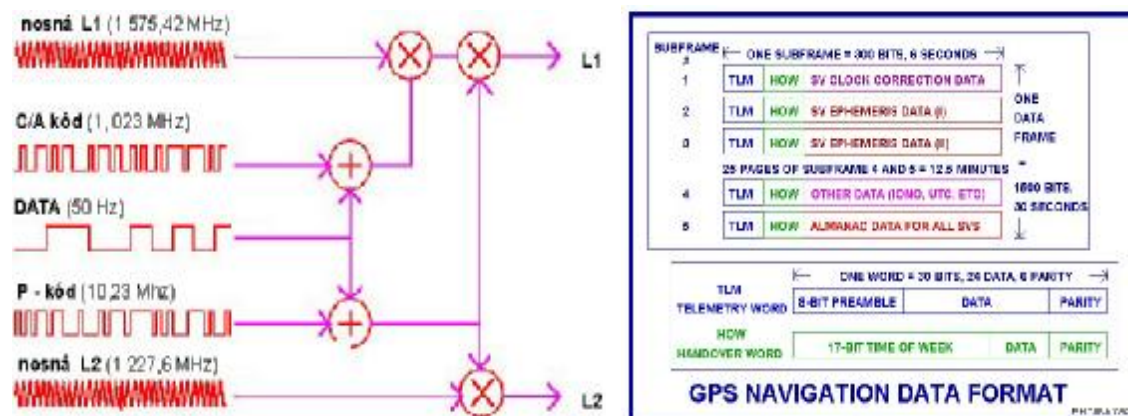
$$(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 + (z_i - z)^2 = D_i + b$$

$$D_i = c \cdot t_{mi} \quad i = 1, 2, 3, 4$$

Užívateľské GPS zariadenie generuje kópiu signálu vysielaného zvolenou družicou, túto kópiu zosynchronizuje s prijímaným signálom a meria posun TMI počiatku tejto kópie vzhľadom k počiatku svojej časovej časovej základni. Meraný čas TMI môže prepočítať na vzdialenosť D_i , ktorá sa nazýva pseudovzdialenosť (pseudorange). Ak sa meranie uskutočňuje minimálne k 4 družiciam, máme k dispozícii všetky veličiny potrebné pre riešenie sústavy rovníc, ktorých neznámymi sú súradnice (X, Y, Z) a posun D_t užívateľovej časovej základne vzhľadom k časovej základni družice.

1.4 Technické údaje o systéme

Signály GPS družíc sú vysielané na dvoch nosných frekvenciách: L1 (1575,42 MHz, vlnová dĺžka 19 cm) - štandardný polohový systém, ďalej L2 (1227,60 MHz, vlnová dĺžka 24 cm) - presný polohový systém. Frekvencie sú modulované týmito navigačnými kódmi: L1 je modulovaná dvoma pseudonáhodnými šumami (PRN - Pseudo Random Noise). Hrubý/dostupný (C/A - Coarse/Acquisitions code) určený je pre civilné prijímače a má frekvenciu 1,023 MHz. Do tohto kódu je umelo vnášaná chyba v dôsledku opatrenia označovaného ako selektívny prístup (SA - Selective Availability). L2 je modulovaná jedným šifrovaným kódom. Y-code je určený len pre vojenské prijímače. Je to vlastne šifrovaný Precision code bez umelej nepresnosti.



Obr.4 Vznik a modulácia štruktúrovanej informácie do dvoch nosných frekvencií signálu GPS

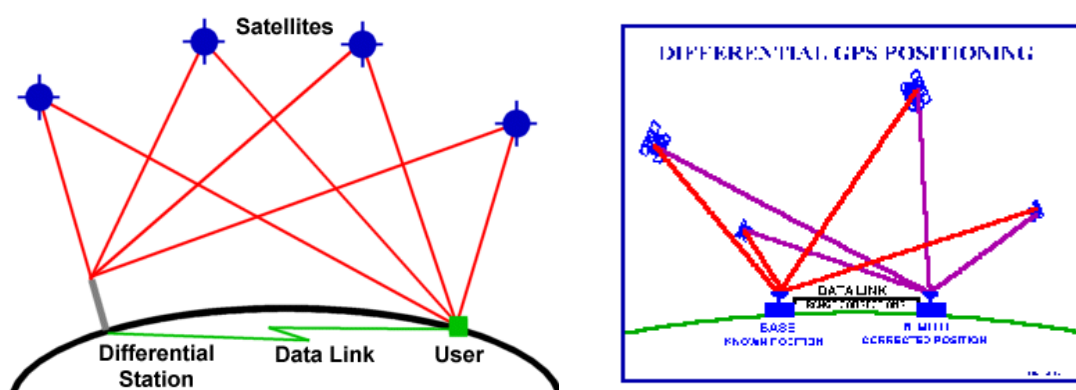
Signál ako správa zo systému GPS sa delí celkovo na 25 rámcov s celkovou dobou trvania 12,5 min. Jeden rámec o celkovej dĺžke 1500 bitov (30 sekúnd) sa skladá z piatich subrámcov dĺžky 300 bitov. Údaje sa vysielajú frekvenciou 50Hz moduláciou presunutú na nosnú vlnu patričnej frekvencie.

1.5 Doplnkové služby SA, SPS a PPS

Určenie polohy pomocou systému GPS je veľmi presné aj pri použití jedného kanálu a kódu C/A (Coarse/Acquisitions). Americká vláda vzhľadom na strategické záujmy a bezpečnosť štátu rozhodla o zavedení zvláštneho režimu prevádzky GPS - výberový prístup (SA - Selective Availability). Výberový prístup spočíva v zámernom zhoršovaní presnosti merania vzdialenosti tým, že sa menila hodinová frekvencia signálu a efemeridy vo vysielanej navigačnej správe. Výsledkom toho meraná pseudozdialenosť nezodpovedala vzdialenosti užívateľa od družice a nezodpovedal ani posun jeho hodín vzhľadom k systémovým hodinám. Táto náhodná funkcia, ktorá zhoršovala presnosť merania, bola zavedená 25.3.1990 u všetkých družíc bloku II. Po protestoch odbornej verejnosti však Americká vláda prehodnotila svoje rozhodnutie o zavedení SA a dňom 1.5.2000 bol zvláštny režim výberového prístupu (Selective Availability) zrušený. Dosiahnuteľná presnosť GPS prijímačov v určení polohy je teraz 10-15m. Už od začiatku budovania celého systému sa uvažovalo o využívaní toho systému nielen vojenskými, ale aj civilnými užívateľmi. Preto sa hľadala rozumná miera obmedzenia prístupu civilných užívateľov, ktorá by zaistila prijateľne nízke riziko zneužitia celého systému, a pritom by podstatne neobmedzovala civilné využitie. Nakoniec sa rozhodlo o rozdelení prístupu pre autorizovaných a neautorizovaných užívateľov. Autorizovaný užívateľ je armáda Spojených štátov, armády niektorých ďalších štátov NATO a prípadne vybraný civilný užívateľ. Autorizovaní užívatelia využívajú službu s označením presná polohová služba (PPS - Precise Positioning Service). Táto služba pozostáva v prístupe k C/A kódu na nosnej frekvencii L1 a k P - kódu (Precision code) resp. Y-kódu (šifrovaný Precision code) na frekvenciách L1 a L2 bez obmedzenia. K využívaniu služby PPS musí byť autorizovaný užívateľ vybavený špeciálnym GPS prijímačom, ktorý po zadaní hesla dokáže eliminovať umelú chybu SA a spracovávať šifrovaný Y-kód. Neautorizovaným užívateľom je poskytovaná štandardná polohová služba (SPS - Standard Positioning Service). Táto služba pozostáva v prístupe k C/A kódu a navigačným dátovým správam na nosnej frekvencii L1 a je nepretržite k dispozícii všetkým užívateľom GPS po celom svete.

1.6 Diferenciálny GPS (DGPS)

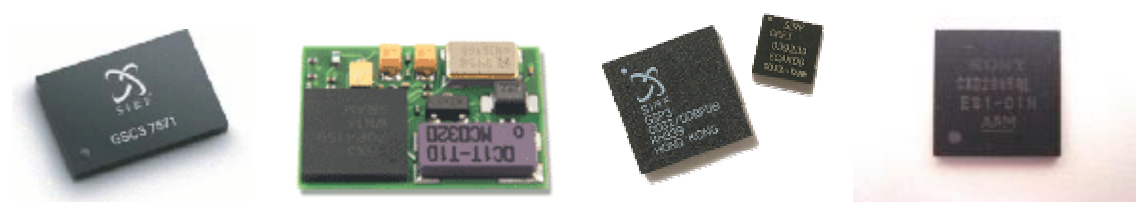
Použitím diferenčnej (rozdielovej) metódy merania sa dosiahne významného zvýšenia presnosti určovania polohy v reálnom čase. Vychádzame pri tom z poznatku, že diferencie údajov meraných dvoma blízkymi GPS prijímačmi sú zaťažené podstatne menšími chybami ako samotné namerané údaje. To je spôsobené vysokou koreláciou (vzájomnou závislosťou) chýb oboch meraní. Signál sa šíri od družice k oboj prijímačom po skoro rovnakej dráhe, preto ionosférické a troposférické oneskorenie signálu je zhruba rovnaké. Podobne sa prejavajú aj chyby efemerid družíc. Za nekorelované (nezávislé) môžeme považovať len chyby spôsobené samotnými prijímačmi a mnohocestným šírením signálu (rôzne odrazy od objektov, rušenia a pod.). Mnohocestné šírenie potom môžeme považovať za hlavný faktor výslednej chyby diferenciálneho GPS. Meranie polohy pomocou DGPS je trochu zložitejšie ako pri GPS, pretože sú potrebné minimálne dva GPS prijímače. Jeden prijímač je umiestnený stacionárne na známej polohe, ktorá sa určila geodetickým meraním. Tento prijímač sa nazýva RS - referenčná stanica. Táto stanica neustále uskutočňuje merania ku všetkým viditeľným družiciam, zmerané pseudovzdialenosti porovnáva s predpokladanými hodnotami (údajmi o svojej polohe) a ich rozdiely vysiela vlastným samostatným kanálom ku všetkým užívateľom DGPS. V prímačoch ostatných DGPS užívateľov sa prijaté korekcie použijú k oprave merania a tak sa významne zvýši presnosť určenia ich polohy v reálnom čase. Korekčný údaj sa aktualizuje v intervale 1 až 15 sekúnd. Platnosť korekcií je v polomere 10 km centimetrová až decimetrová a v polomere 400 km je metrová.



Obr.5 Znáznornenie princípu využitia metódy diferenciálneho určovania polohy v systéme GPS

Získať údaje ako: rýchlosť, zemepisná šírka, výška, alebo nadmorská výška z prijatého GPS signálu nieje úplne jednoduché. V prvom rade treba detekovať dostupné satelity, prijať prvé

rámce údajov a následne vhodnými algoritmami (často modifikovanými a doplnenými o špeciálne možnosti, v rámci spracovania slabého, alebo inak degradovaného signálu) vypočítať žiadané údaje s vysokou presnosťou. Na tento účel boli vyvinuté špeciálne čipové sady, ktoré sú doteraz vylepšované a miniaturizované. Výrobcom s najlepšou reputáciou v tejto oblasti sa stala spoločnosť SIRF (momentálne tretia generácia chipsetov SIRF III). Konkurenciou sa poslednej dobe stáva spoločnosť Sony, ktorá uviedla na trh cenovo výhodnejšie riešenia porovnateľnej kvality. Presadiť na trhu sa pokúšala i spoločnosť Motorola a to hlavne v roku 2005, kedy na trh uviedla miniaturizovanú čipovú sadu s podporou GPS označovanú ako FS OnCore, určenú pre integráciu GPS do mobilných zariadení. Produkt bol však krátko po uvedení na trhu odkúpený spoločnosťou SIRF a do dnešného dňa sa v pôvodnej koncepcii nestal súčasťou žiadneho komerčného zariadenia. Čipové sady s podporou GPS sú zvyčajne spolu s ďalším nevyhnutným vybavením (frekvenčný modulátor, filtračné obvody a pod.) integrované do kompaktných priemyselných GPS modulov vyrábaných rôznymi výrobcami po celom svete. Najvýznamnejšími dodávateľmi OEM GPS modulov sú spoločnosti Siemens, Garmin, Holtek, Polstar a iné.



Obr.6 Prehľad najpoužívanějších čipových sád v súčasných GPS prijímačoch a OEM GPS moduloch

2 Analýza problematiky využitia GPS v priemysle

Keďže systém GPS je pre obyvateľstvo všetkých krajín dostupný od roku 1994, sú dnes zariadenia využívajúce túto technológiu dostupné a využívané v mnohých podobách po celom svete. Výraznejšie vzrástol záujem a súčasne ponuka zariadení v roku 2000, keď bol zrušený zvláštny režim výberového prístupu (Selective Availability) a vysoká presnosť určenia polohy, dovtedy dostupná len pre relatívne úzku skupinu ľudí a spoločnosť priniesla úplne nové možnosti využitia systému pre každého na celom svete. Ku skutočne masovému rozširovaniu najmä prenosných navigačných zariadení na princípe GPS dochádza najmä v priebehu posledných 2-3 rokov. Počas tohto obdobia sa ponuka zariadení na trhu celkom jednoznačne kategorizovala do nasledujúcich skupín najmä podľa primárneho účelu využitia:

- univerzálne príslušenstvo pre distribúciu údajov získaných zo systému GPS
- nemapové navigačné zariadenia, alebo tzv. turistické navigátory
- mapové navigačné zariadenia, bežne označované ako GPS navigácia
- online GPS lokalizačné systémy, tzv. online GPS tracking and tracing
- offline GPS záznamníky, tzv. offline GPS recorder (alebo aj GPS logger)

V nasledujúcej kapitole sú jednotlivé kategórie detailne definované a popísané spolu konkrétnymi zástupcami danej kategórie pre čo najjednoduchšiu predstavu a pochopenie problematiky čitateľa.

2.1 Prehľad najdostupnejších zariadení so základnou podporou GPS

Najbežnejším a najdostupnejším typom na trhu sú napriek veľkému úspechu prenosných GPS navigácií, predovšetkým zariadenia poskytujúce prostredníctvom viac či menej bežného štandardného rozhrania údaje získané zo systému GPS. Tieto údaje sú podľa vyššie uvedených pravidiel a definícií dostupné na každom mieste s dostatočnou úrovňou prijímaného GPS signálu od troch (pre určenie polohy v priestore minimálne štyroch) satelitov. Okrem výnimiek viacmenej všetky zariadenia ponúkajú jednu z nasledovných možností : sériové rozhranie RS232, USB, bezdrôtové rozhranie - Bluetooth. Formát prezentovaných údajov je definovaný protokolom NMEA 0183. NMEA vo verzii 0183 jednoznačne definuje prezentáciu údajov ako: aktuálny čas a dátum systému GPS s vysokou presnosťou, zemepisná šírka, zemepisná dĺžka, nadmorská výška, rýchlosť, zemepisný kurz,

počet dostupných satelitov, úrovne signálu a polohy jednotlivých satelitov a rôzne iné voliteľné údaje o systéme a aktuálnom statuse jednotky. Popis protokolu NMEA 0183 je obsiahnutý v prílohe k tejto práci. Ukážka záznamu dát vo formáte NMEA 0183 z GPS prijímača s rozhraním RS-232 v textovom režime:

Pripojené na sériový port typu RS-232 (4800bps,8-N-1):

```
$GPRMC,124939,A,4809.1952,N,01751.8259,E,024.7,036.6,180706,, ,A*70
$GPGGA,124940,4809.2006,N,01751.8317,E,1,03,02.0,00127.7,M,042.3,M,,*41
$GPGSA,A,2,08,10,26,,,,,,,,,02.3,02.0,00.9*04
$GPRMC,153829,A,4822.3244,N,01735.0759,E,009.4,156.7,180706,, ,A*72
$GPGGA,153830,4822.3220,N,01735.0771,E,1,05,01.9,00141.9,M,042.6,M,,*40
```



Obr.7 GPS prijímače – niekedy označované aj ako G-mouse, s RS-232, alebo Bluetooth rozhraním

Ďalšiu skupinu zariadení tvoria tzv. nemapové turistické GPS navigácie. Tieto bežne poskytujú informácie užitočné pre viac skúsených a profesionálnych užívateľov služieb týchto systémov. Tieto prístroje v skutočnosti predstavujú prototyp prvotnej koncepcie GPS zariadení poskytujúcich užívateľovi prehľadné a presné geografické parametre aktuálnej polohy GPS zariadenia v priestore. Spoločnosť GARMIN zaujíma priekopnícku pozíciu v tejto kategórii zariadení, napríklad aj s nasledovnou ponukou:



Obr.8 Nemapové turistické navigačné zariadenia spoločnosti GARMIN v rôznych prevedeniach

2.2 Prehľad GPS zariadení s podporou mapovej navigácie

V súčasnosti veľmi populárnu formu GPS navigácie tvoria prenosné mapové navigačné zariadenia určené predovšetkým na navigáciu vodičov na cestách. Tieto zariadenia ponúkajú pokročilé softwarové vybavenie a mapové podklady s vysokou úrovňou detailov máp na úrovni ulíc v rámci celej Európy. Vodičom poskytujú hlasovú navigáciu typu: „o 150m vojdete do kruhového objazdu, zvolte druhý výjazd“, v kombinácii so sledovaním aktuálnej polohy vozidla v 2D/3D mape na kvalitných 2 - 5“ LCD zobrazovačoch. Zvládnu tiež generovanie ideálnej trasy z miesta A do miesta B. Trasu možno optimalizovať podľa viacerých definovateľných parametrov ako napr. uprednostňovanie diaľnic, ekonomicky najvýhodnejšia trasa, alebo najkratšia trasa. Práve komfortné mapové navigátory sa postarali o nárast záujmu verejnosti o systém GPS a odštartovali hromadnú výrobu tohto druhu zariadení, nastupujúcu v roku 2004. Aj keď v oblasti mapových podkladov pre prenosné navigačné zariadenia stále nezanikla určitá forma monopolu, ceny licencií za mapy pre užívateľov týchto zariadení klesli na prijateľnú úroveň, čo v súčasnosti predstavuje sumu približne 100-150 EUR za mapové podklady celej Európy na úrovni ulíc. Takéto geografické databázy sa zmestia na 1GB pamäťovú kartu použiteľnú v prenosných zariadeniach, alebo aj mobilných telefónoch (tzv. smartphones). V začiatkoch sa jednalo najmä o zariadenia PDA (Personal Digital Assistant) s operačným systémom Windows CE, alebo Windows Mobile, ktoré sú schopné ako zdroj GPS údajov využiť jednoduché a lacné, či bezdrôtové GPS prijímače. Nasledovali pokusy o integráciu GPS prijímača priamo do PDA. Výsledkom sú jednouúčelové zariadenia s integrovaným GPS prijímačom, designom a koncepciou predurčené na prevádzkovanie navigačného softvéru. Dominantné postavenie na trhu v oblasti softvéru zastávajú produkty Tom-Tom a iGO. V oblasti zariadení je lídrom na trhu spoločnosť MIO technologies, nasledovaná množstvom konkurenčných výrobcov z celého sveta:



Obr.9 Prenosné mapové navigačné zariadenia Garmin Streetpilot a MyGuide

Na nasledujúcich stránkach bude bližšie popísaný prístroj MIO C710+ z kategórie navigačných zariadení určených najmä (nie však výhradne) pre vodičov automobilov. Toto zariadenie využíva kvalitný 20 kanálový integrovaný GPS prijímač s chipsetom SIRFSTAR III s podporou RDS (príjem informácií o aktuálnom stave komunikácií ako napr. uzávierky, zápchy a iné, prostredníctvom frekvencií v rozhlasovom pásme FM). Výrobca tento prístroj predurčil na účely navigácie, no poskytuje tiež možnosti prezerania obrázkov, počúvania hudby a používania funkcie hands-free v spolupráci s mobilnými telefónmi disponujúcimi rozhraním Bluetooth. Cena zariadenia je veľmi prijateľná a v čase vzniku tohto dokumentu sa pohybovala na úrovni 12980 Skk (bez DPH 19%), vrátane veľmi kvalitných mapových podkladov na úrovni ulíc pre 24 krajín Európy.



Obr.10 Kompaktná prenosná mapová GPS navigácia MIO C710+ od spoločnosti MIOTECH

Softwarové vybavenie zariadenia tvorí užívateľsky príjemný program MioMap, ktorý sa automaticky spúšťa pri každom štarte zariadenia. Základom je samozrejme operačný systém. V prípade tohto zariadenia ide o operačný systém Microsoft Windows CE 5.0, ktorý je v zariadení predinštalovaný, no bežnému užívateľovi je jeho klasické prostredie takmer úplne nedostupné - práve kvôli automatickému štartu rozhrania MioMap, ktoré poskytuje všetky potrebné funkcie priamo z prehľadného menu. Zaujímavosťou je však možnosť obísť spustenie tohto užívateľského programu pridržaním kombinácie kláves počas štartu zariadenia a inicializovať takto bežný štart a prevádzku systému Windows CE. Takto je možné do zariadenia inštalovať ďalšie aplikácie ako napríklad prehrávač videa a tak rozšíriť jeho funkcionality rovnako rovnakým spôsobom ako iné PDA zariadenia s OS Windows CE.



Obr.11 Úvodná obrazovka, hlavné menu a okno s informáciami o programe MIOMAP (pôvodne iGO)

Ovládanie zariadenia je maximálne intuitívne a zvládne ho skutočne každý užívateľ, aj taký, ktorému by práca so zariadením typu PDA s rovnakým operačným systémom robila problém. Z popisu jednotlivých funkcií budú vynechané všetky možnosti, okrem primárnej funkcie navigácie užívateľa z bodu A do bodu B po optimalizovanej trase generovanej zariadením. Najjednoduchším spôsobom je voľba cieľového miesta zadáním adresy a čísla domu (postupným výberom krajiny, mesta a následne ulice).



Obr.12 Voľba cieľového miesta navigácie voľbou krajiny, mesta, ulice a čísla domu



Obr.13 Zobrazenie mapy počas navigácia a obrazovka s informáciou o naplánovanej trase

Systém ponúka optimalizáciu plánovanej trasy pre rôzne dopravné prostriedky (osobné auto, nákladné vozidlo, motocykel) a tiež podľa preferovaných komunikácií (cesty prvej triedy, diaľnice), alebo podľa voľby najrýchlejšej, či najkratšej trasy. Po vypočítaní optimálnej trasy

k cieľu je možné získať informácie o jej dĺžke, ako aj o predpokladanom čase dosiahnutia cieľa, ktorý je neustále upresňovaný podľa štýlu jazdy a rýchlosti. Celý proces navigácie je doprevádzaný pohľadom na mapu a obrázkovými i hlasovými pokynmi pre vodiča. V kategórii prenosných mapových navigácií ide o veľmi obľúbené zariadenia, vzhľadom na bohaté príslušenstvo, vysokú kvalitu prevedenia a kvalitné softvérové vybavenie postavené s najdetailnejšími dostupnými mapami, rovnakými ako používa navigačný softvér iGO 2006.

2.3 Prehľad špecializovaných zariadení s podporou GPS

Do zvláštnych kategórií by sa tiež dali zaradiť armádne GPS systémy, námorné GPS stanice, alebo tiež navigačné systémy zabudované v automobiloch rôznych značiek, ktoré sa tiež významne podieľali na sprístupnení cenovo dostupného navigačného vybavenia súčasnosti. Armádne GPS stanice disponujú podporou DGPS, sú mimoriadne odolné a citlivé na príjem signálu GPS. Zvyčajne tiež umožňujú aktualizovať informáciu o polohe asi 10 krát častejšie ako klasické GPS prijímače. Námorné GPS zariadenia sú špecifické najmä rozdielnymi mapovými podkladmi určenými pre použitie na vodných plochách, ale aj integráciou súčastí pre monitorovanie okolia pomocou sonaru. Navigačné systémy zabudované do automobilu obyčajne využívajú pre rozsiahle mapové DVD médiá a výkonné počítače plne integrované v útrobach automobilov. Úroveň navigácie a podrobnosť mapových podkladov boli už od počiatkov vo vysokej kvalite – cenovo však boli dostupné len úzkemu okruhu zákazníkov. Napriek tomu by však z rozmachu GPS technológie bez tejto kategórie zariadení tak skoro nedošlo. Dominantným dodávateľom integrovaných GPS navigácií pre automobilový priemysel je sekcia VDO spoločnosti Siemens Electronics.



Obr.14 Námorná GPS stanica, zabudovaná navigácia značky Audi a vojenské GPS zariadenia

Ďalšiu zvláštnu skupinu zariadení s podporou GPS tvoria taktiež vysoko špecializované zariadenia slúžiace na lokalizáciu vozidiel, alebo iných objektov (napr. prepravných kontajnerov) v reálnom čase. V praxi to znamená, že aktuálnu geografickú pozíciu objektu s inštalovaným lokalizačným zariadením je možné zisťovať v reálnom čase po nadviazaní dátového spojenia prostredníctvom vhodného komunikačného okruhu (najčastejšie siet' GSM, ale aj pozemné satelitné siete). Zariadenie s vhodným vybavením je tiež schopné zdieľať svoju polohu prostredníctvom internetu, čo rôznym dopravným spoločnostiam umožňuje sledovať a koordinovať pohyb a využitie svojich vozidiel, alebo dôkladne monitorovať pohyb vybraného vozidla (napr. pri prevoze peňazí, osôb, umeleckých diel a podobne).



Obr.15 GPS zariadenia na sledovanie polohy vozidiel v reálnom čase (tzv. on-line tracking)

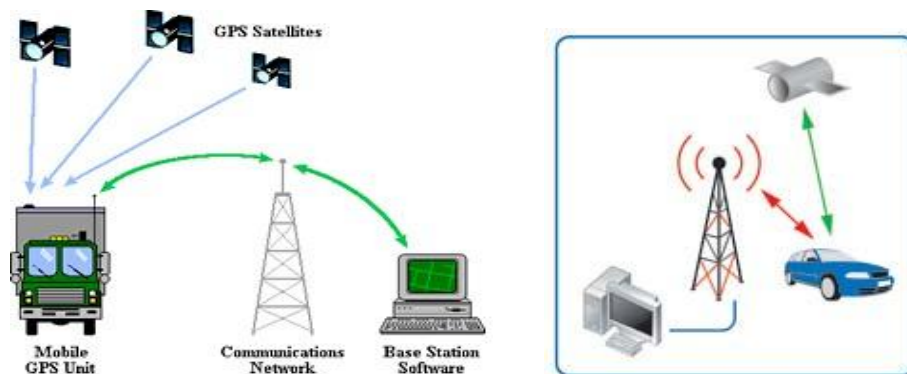
Cena takýchto tzv. on-line zariadení monitorujúcich geografickú polohu v reálnom čase sa odvíja najmä od spôsobu, akým zariadenie svoju polohu zdieľa do centrálného monitorovacieho systému. Najspolahlivejším a najpokročilejším spôsobom je využitie pozemných rádiových komunikácií. Nevýhodou tohto riešenia sú však nesmierne vysoké náklady na budovanie sietí, nutnosť prevádzkovania rozľahlého a technicky náročného systému vysielačov a prijímačov a v neposlednom rade tiež obmedzenie využiteľnosti týchto systémov v rámci pokrytého územia. Výhodou je však vysoká prenosová rýchlosť a kapacita týchto systémov. V rámci Európy niekoľko rokov prevádzkuje podobnú rádiovú sieť vybudovanú za účelom monitorovania nákladnej dopravy spoločnosť Qualcomm. Za balík základných služieb, v rámci ktorého je dopravnej spoločnosti umožnené obmedzene kontrolovať pozíciu jedného vozidla je účtovaný paušálny poplatok približne 10-15 EUR, čo v kombinácii s drahým vybavením vozidiel týmito GPS jednotkami predstavuje prijateľné riešenie len pre nadnárodné dopravné spoločnosti. Systém Qualcomm zo slovenských dopravcov využíva napríklad spoločnosť Baltranz (cca 150 kamiónov medzinárodnej dopravy), z dôvodu vysokých prevádzkových nákladov však len v obmedzenom rozsahu,

alebo vo výnimočných situáciách. Keďže využitie kozmických satelitných systémov ako obojsmerného komunikačného kanálu je v súčasnosti zatiaľ takmer nedostupné, neuvažujeme zatiaľ o použití tohto systému pre zdieľanie polohy objektov sledovaných v systéme GPS. Pokrok v tomto smere prinesie pravdepodobne až európsky polohový systém Galileo v priebehu niekoľkých rokov po spustení systému. Keďže už počas budovania projektu Galileo, výrazne klesli náklady na jeho realizáciu (najmä vďaka peniazom investovaným do vývoja menších a lacnejších družíc), môžeme predpokladať využitie kozmickej zložky pre obojsmernú komunikáciu s mobilnými jednotkami v relatívne blízkom čase. V súčasnosti je najrozšírenejšou alternatívou využitie GSM sietí globálnych mobilných operátorov s podporou technológie GPRS, ktorá je schopná zabezpečiť prístup do siete Internet na asi 70%-ách územia Európy. Výhodou sú minimálne technické nároky na hardvérové vybavenie mobilných lokalizačných jednotiek (stačí využiť bežný GSM modul), relatívne dobré pokrytie na hlavných prepravných ťahoch a dostupnosť aj v rámci roamingových služieb. Nevýhodou sú však prevádzkové náklady priamo úmerné množstvu prenesených údajov, znásobené vysokými cenami dátového spojenia pri roamingových službách. Obmedzujúca je tiež absencia technológie GPRS v mobilných sieťach niektorých štátov (napr. riedko zaľudnené oblasti Španielska), čo môže spôsobiť nepríjemné výpadky funkcie celého systému monitorovania a lokalizácie.



Obr.16 Mapa pokrytia územia Slovenskej republiky signálom GSM/GPRS operátora Orange

Napriek vyššie spomenutým nedostatkom je sieť GSM s podporou GPRS najrozšírenejšou alternatívou poskytujúcou dátové spojenie pre absolútnu väčšinu on-line lokalizačných systémov a zariadení. Túto skutočnosť si uvedomujú i samotní operátori mobilných sietí, ktorí on-line lokalizáciu a monitorovanie vozidiel začínajú od hlasových a dátových produktov diferencovať a podporovať. Popri silných globalizačných ambíciách mobilných operátorov, tak možno v blízkom čase vznikne spoľahlivý podporný systém na medzinárodnej úrovni. Lídrom v tejto oblasti medzi prevádzkovateľmi mobilných sietí je spoločnosť O2 Telefonica.



Obr.17 Princíp on-line GPS lokalizácie prostredníctvom siete GSM a technológie GPRS

2.4 Možnosti záznamu ako alternatívy využitia systému GPS

Rozširujúcou možnosťou využitia GPS systému je záznam (tzv. logovanie) získaných geografických a iných údajov v pravidelných časových intervaloch, prípadne po prejení danej trasy, či na základe vymedzených oblastí za účelom dodatočného spracovania záznamu. Ide o tzv. off-line monitorovanie. Z takéhoto záznamu je neskôr možné zobrazit' podrobnú trajektóriu prejdenej trasy, či iným spôsobom analyzovať a spracovávať údaje zo systému. Táto oblasť je na trhu zastúpená v najmenšej miere, aj keď niektoré zo zariadení spomenutých v predošlých častiach tejto práce, takouto funkciou disponujú. Zvyčajne však v rámci svojich možností limitovaných napr. absenciou vyhradeného pamäťového priestoru. Niektoré mapové i nemapové navigačné prístroje umožňujú záznam prejdenej trasy, zvyčajne je však obmedzený na niekoľko tisíc bodov a aktivovaný užívateľom, voľbou funkcie v menu. Špeciálnych zariadení zameraných výhradne na tento účel je však na trhu nedostatok. Prakticky žiadny veľký producent zariadení s podporou GPS nemá v ponuke jednoúčelové zariadenie s podobnou funkciou. Medzeru na trhu však vyplní množstvo menších spoločností

s úzkou ponukou zariadení na off-line záznam pohybu vozidiel. Samotný záznam údajov z GPS pri prevádzke vozidla sa na prvý pohľad môže zdať ako zbytočný, uplatnenie však nachádza najmä pri kontrole zamestnancov v dopravných a iných spoločnostiach, alebo ako nástroj pre automatizáciu evidencie tzv. knihy jžd. Uplatnenie tiež nájdeme v rôznych iných oblastiach ako napr. zameriavanie objektov, alebo vymeriavanie pozemkov, kedy stačí navštíviť danú lokalitu a zaznamenať dôležité geografické údaje pre neskoršie spracovanie.

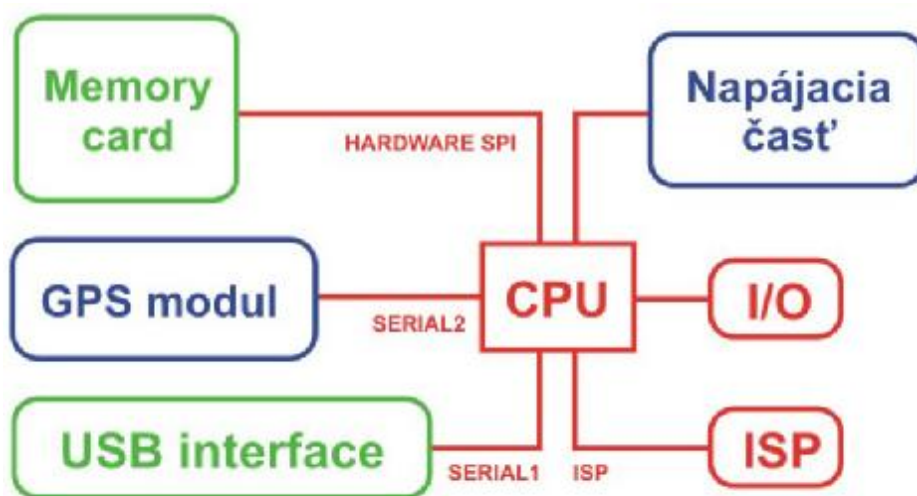


Obr. 18 Niekoľko dostupných špecializovaných GPS off-line záznamníkov

Nevýhodou dostupných zariadení tohto typu je využívanie internej pamäti pre ukladanie záznamu. Z tohto hľadiska je nevýhodou obmedzená kapacita pre záznam a čiastočnou nevýhodou je tiež nutnosť pripojiť zariadenie k osobnému počítaču, kvôli načítaniu zaznamenaných údajov. Na základe spomenutých nedostatkov sa pokúsim navrhnúť a zrealizovať technické a programové vybavenie potrebné pre konštrukciu zariadenia takéhoto typu, ktorého hlavnou prednosťou bude vymeniteľný pamäťový priestor pre záznam údajov a spoľahlivá prevádzka bez zásahu užívateľa.

3 Návrh koncepcie programového a technického vybavenia pre GPS

Cieľom tejto bakalárskej práce je návrh programového a technického vybavenia GPS systému s funkciami kategórie off-line GPS záznamníku pre priemyselné a komerčné oblasti využitia. Off-line GPS záznamník (tiež nazývaný aj GPS logger), predstavuje elektronické zariadenie, ktorého primárnou funkciou je autonómny záznam údajov získaných zo systému GPS v čase prevádzky zariadenia, na maximálnej možnej úrovni detailov do elektronického pamäťového priestoru predurčeného pre tento účel. V rámci riešenia je konečným cieľom okrem zhotovenia plne funkčného prototypu zariadenia a stabilnej verzie pomocného programového vybavenia, tiež overenie funkčnosti a popis možností využitia takéhoto systému. Základná koncepcia zariadenia vychádza z požiadaviek na funkcie zariadenia. Riadiaci mikroprocesor musí byť schopný obojsmerne komunikovať s GPS prijímačom, spracovávať a vyhodnocovať získané geografické informácie a zaznamenávať ich vo vhodnej forme do dostupného pamäťového priestoru. Tiež musí poskytovať užívateľské komunikačné rozhranie v ideálnom prípade použiteľné aj na aktualizáciu výkonného programu mikroprocesora. Zariadenie tiež bude disponovať meničom a stabilizátorom napätia, ktorý bude schopný napájať elektroniku z palubnej siete automobilu. Počas prevádzky budú údaje z GPS v nastavenom intervale zaznamenávané na vymeniteľnú pamäťovú kartu typu flash. Zaznamenané údaje užívateľ spracuje po vložení do čítačky pamäťových kariet vhodným programovým vybavením pre ďalšie využitie, ako napr. generovanie knihy jázd, zobrazenie prejdenej trasy na mape a pod.



Obr. 19 Bloková schéma základných funkčných častí konceptu vyvíjaného zariadenia

3.1 Prehľad a analýza potrebných komponentov a vývojových nástrojov

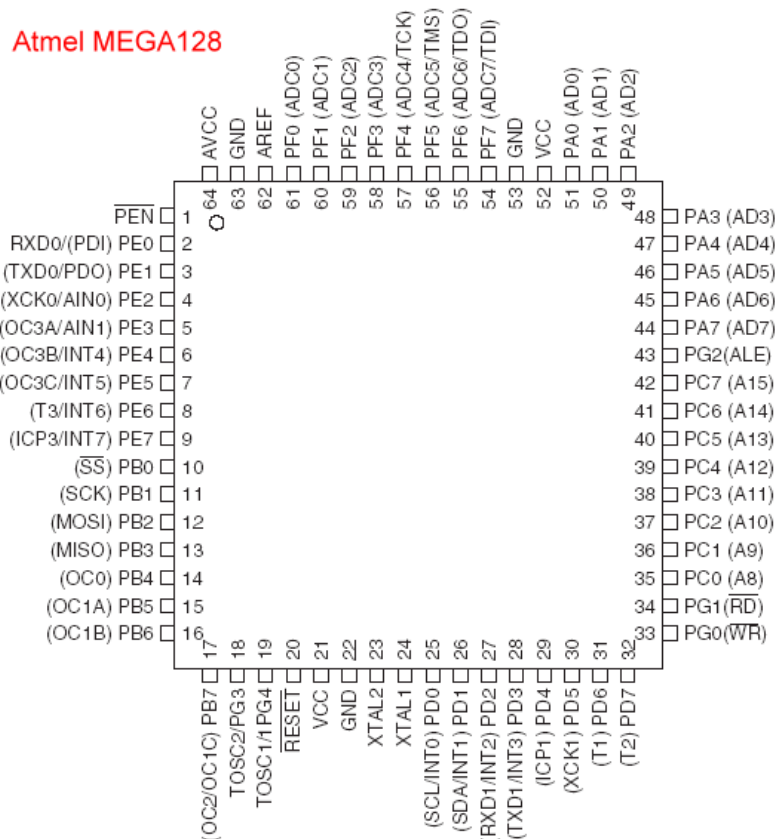
Na nasledujúcich stranách uvediem prehľad základných hardvérových komponentov potrebných k zostrojeniu zariadenia, ako aj vybraného vývojového prostredia, v ktorom bude vytvorený výkonný program použitého mikrokontroléru. Ide o nasledovné prvky:

- 8-bitový mikrokontrolér (CPU) rady ATmega od spoločnosti ATMEL
- GPS prijímač (OEM modul) s integrovanou anténou od spoločnosti POLSTAR
- Integrovaný USB/RS232 prevodník od spoločnosti FTDI
- vývojové prostredie BASCOM-AVR a knižnica AVR-DOS pre obsluhu FAT systému

Vzhľadom na požiadavky funkcionality zariadenia bol ako riadiaci mikroprocesor vybraný model ATmega128, ktorý poskytuje dostatočnú pamäťovú kapacitu pre výkonný program a zároveň široké možnosti pre integráciu hardvéru. Rozhodujúce kritériá pre výber vhodného mikroprocesoru boli nasledovné: minimálne 32KB internej FLASH pamäti pre výkonný program, SRAM s dostatočnou kapacitou na integráciu súborového systému FAT16/FAT32 (čo predstavuje min. 2KB) a možnosť využívať dve sériové komunikačné kanály typu RS232. Základná charakteristika mikroprocesoru ATmega128 je uvedená v nasledujúcej tabuľke:

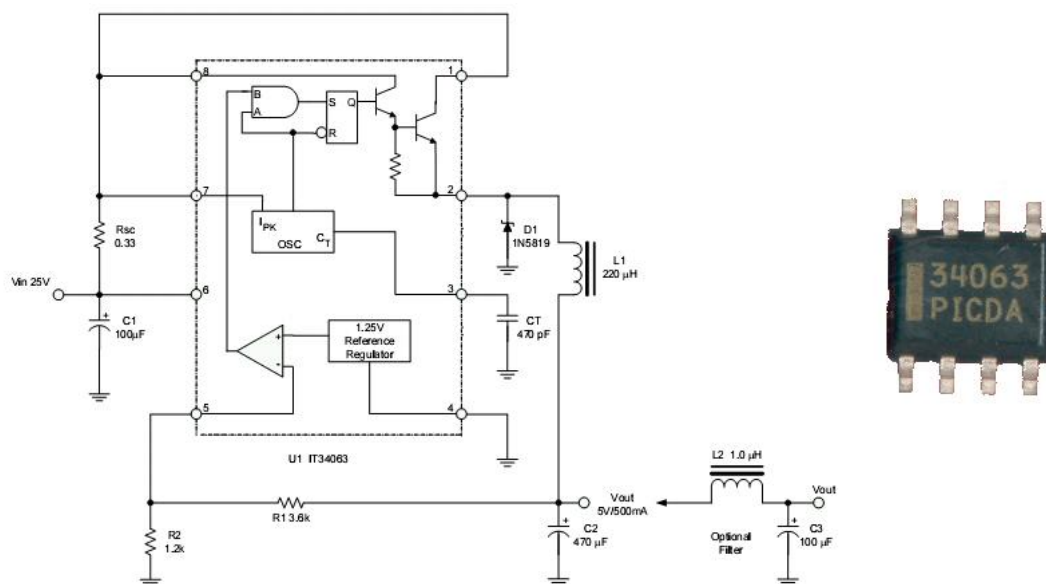
- napájacie napätie:	od 2.70 V do 5.10 V (v závislosti od taktovania)
- pracovná frekvencia:	8.000 až 16.000 MHz (nastaviteľný interný oscilátor)
- vnútorná FLASH pamäť:	128 KB (čiastočne zdieľaná pre zavádzač)
- vnútorná SRAM pamäť:	4 KB (externe rozšíriteľná až na 64 KB)
- vnútorná EEPROM pamäť:	4 KB (10000 cyklov čítanie/zápis)
- programovanie:	JTAG, ISP, Bootloader
- podporné obvody:	watchdog, 10 bitový ADC prevodník
- HW rozhrania:	2 x UART, hardvérové SPI

Vo vyvíjanom zariadení bude procesor v púzdre TQFP taktovaný interným oscilátorom nastaveným na frekvenciu 8.000 MHz, programovanie FLASH pamäti bude po prvotnom nahratí zavádzača cez ISP rozhranie, ďalej uskutočňované cez sériovú linku a z hľadiska spoľahlivosti bude pravdepodobne využívaný aj časovač watchdog na kontrolu správneho behu programu.



Obr. 20 Popis zapojenia použitého mikroprocesoru ATmega128 od výrobcu ATMEL

Komunikáciu s GPS modulom zabezpečíme pomocou sériového rozhrania (RXD1,TXD1) a druhé sériové rozhranie ponecháme pre komunikáciu s nadradeným systémom (PC, PDA) cez USB/RS232 prevodník. Táto koncepcia umožní aktualizovať výkonný program CPU prostredníctvom USB rozhrania, čo bude významným prínosom z hľadiska pohodlného vývoja programu, ale aj technickej podpory zákazníkov, ktorý budú môcť po pripojení v PC aktualizovať firmware zariadenia nahrať poskytnutých binárnych súborov na aktuálnu verziu poskytnutú výrobcom. Rozhraním pre komunikáciu s pamäťovou kartou bude vysoko rýchlostné hardvérové SPI rozhranie a množstvo ďalších voľných IO portov poslúži pre prípadné ďalšie rozšírenia (pripojenie teplotných senzorov, imobilizácia automobilu atď.). Napájanie procesoru ako aj ostatných elektronických komponentov zariadenia z palubnej siete automobilu zabezpečí integrovaný obvod spínaného zdroja s označením MC34063, ktorý umožní napájať zariadenia vstupným napätím v rozsahu 6 až 24V, alternatívou bude napájanie dostupné po pripojení k hostiteľskému zariadeniu cez USB rozhranie.



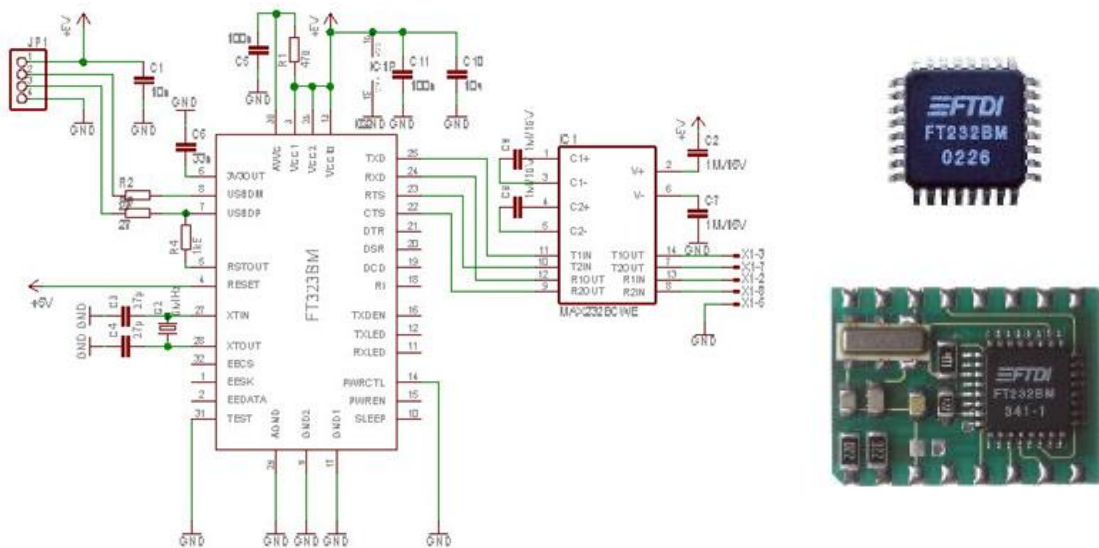
Obr. 21 Schéma zapojenia a fotografia SMD prevedenia DC-DC meniču s označením 34063

Voľba GPS modulu vychádzala z predpokladu požiadavky na kompaktné prevedenie zariadenia. Vybraný modul s označením PMB-248 svojimi rozmermi, integrovanou anténou a duálnym sériovým rozhraním do koncepcie dobre zapadne. Je založený na čipovej sade SONY CXD2951GA-4 s možnosťou sledovania až 16 satelitov súčasne. Po pripojení napájacieho napätia je spustená autonómna prevádzka a získané geografické údaje sú v nastaviteľnom časovom intervale vysielané na oba sériové kanály protokolom NMEA 0183. Kanál s úrovňou TTL bude použitý pre komunikáciu s mikroprocesorom a druhý kanál umožní paralelné pripojenie PC, alebo iného zariadenia s podporou GPS. Prednosťou je tiež relatívne nízka cena modulu na úrovni približne 1200 Sk vrátane DPH (k marcu 2007, <http://www.sos.sk/>).



Obr. 22 Prevedenie a popis zapojenia vývodov GPS modulu PBM-248 od výrobcu POLSTAR

Pre komunikáciu s okolím bude zariadenie disponovať dvoma rozhraniami. Priamym výstupom z GPS modulu cez ktorý bude vysielat' informácie vo formáte NMEA využiteľné ľubovoľným zariadením (PDA, alebo PC s mapovým softvérom), a USB rozhraním slúžiacim na komunikáciu s obslužným softvérom, alebo aktualizáciu firmwaru zariadenia. USB rozhranie (cez konektor MiniUSB) zabezpečí prevodník FT232BM (resp. novší FT232RL) od spoločnosti FTDI. Tieto prevodníky sú schopné prevádzať údaje prijímané cez sériové rozhranie typu UART do protokolu USB rozhrania a po pripojení k PC sa po inštalácii príslušných ovládačov správajú ako virtuálny sériový port (t.j. ako klasický COM port).



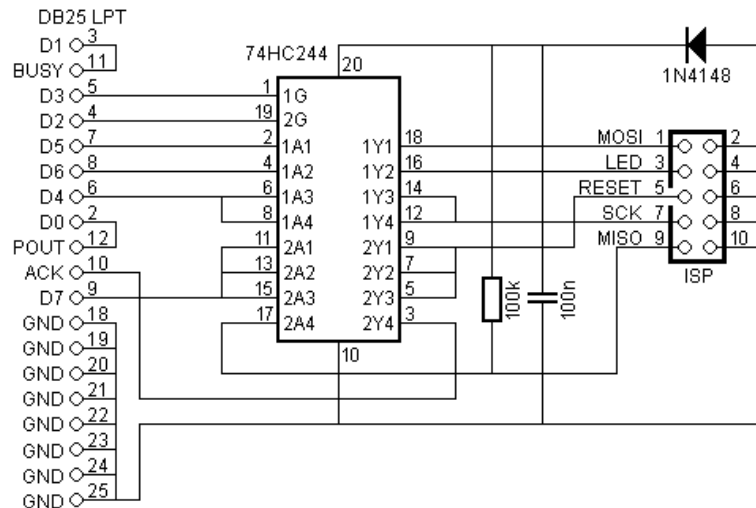
Obr. 23 Schéma zapojenia a fotografia púzdra USB a modulu prevodníku na báze FT232BM

Vybraný FT232BM k prevádzke potrebuje niekoľko externých komponentov. Existuje niekoľko hybridných modulov na báze tohto prevodníku. Počas vývoja zariadenia sa však uvedenia na trh dočkala nová verzia prevodníku s označením FT232RL, ktorá rovnakú funkciu zabezpečí bez akýchkoľvek ďalších externých komponentov.



Obr. 24 Autonómny FT232RL od spoločnosti FTDI a konektor typu MiniUSB

Programovanie FLASH pamäti procesoru, ako aj nastavenie dôležitých riadiacich registrov je pri rade procesorov AVR od výrobcu ATMEL, možné prevádzať niekoľkými spôsobmi. Napríklad rozhranie JTAG, ktoré umožňuje pokročilý vývoj aplikácií vďaka priamemu debugovaniu programu bežiaceho v procesore. Cez JTAG je programátor schopný sledovať všetky parametre behu programu, vrátane náhľadu do obsahu SRAM pamäti a vnútorných registrov. Rozhranie pre JTAG však finančne náročné. Výrazne lacnejšou alternatívou je ISP programátor typu STK200/300. Prostredníctvom ISP rozhrania je možné sériové programovanie obsahu FLASH aj EEPROM a nastavenie riadiacich registrov kontroléru osadeného priamo v aplikácii. Neumožňuje však debugovanie programu. Pre účely nášho zariadenia je však plne dostačujúce a je podporované prakticky každým vývojovým prostredím po pripojení jednoduchej elektroniky na paralelný (LPT) port PC.



Obr. 25 Zapojenie ISP programátora pre radu AVR označovaného ako STK200

Prostredníctvom ISP rozhrania potrebujeme nastaviť riadiace registre a nahráť zavádzač (tzv. bootloader) do FLASH pamäti mikroprocesora. Bootloader zabezpečí po každom RESETe procesora skok na programovú adresu bootladeru a spustenie zavádzača. Ten je v prípade pozitívnej detekcie žiadosti o aktualizáciu obsahu zachytenej na sériovom rozhraní, zachytiť a preniesť prijaté dáta do FLASH pamäti. Výkonný program CPU, môže byť takto pohodlne aktualizovaný cez sériové rozhranie (v našom prípade cez jediný kábel použitím USB rozhrania). Takéto riešenie umožní pohodlný vývoj aplikácie a tiež možnosť aktualizácie výkonného programu v zariadení koncovým užívateľom.

Nastavenie riadiacich registrov procesoru pre naše účely cez ISP rozhranie je nasledovné:

LOCKBITS:

LB54 0011: No restrictions for SPM or LPM accessing the boot loader section
LB32 0011: No restrictions for SPM or LPM accessing the application section
LB10 0011: No memory lock features enabled

FUSEBITS LOW:

FB07 0000: Brown-out detection level at VCC=4.0V
FB06 0001: Brown-out detection disabled
FB98 0010: SUT=10 Start-up time
DCBA 1101: CLKSEL=110X Internal oscillator at 8.000MHz

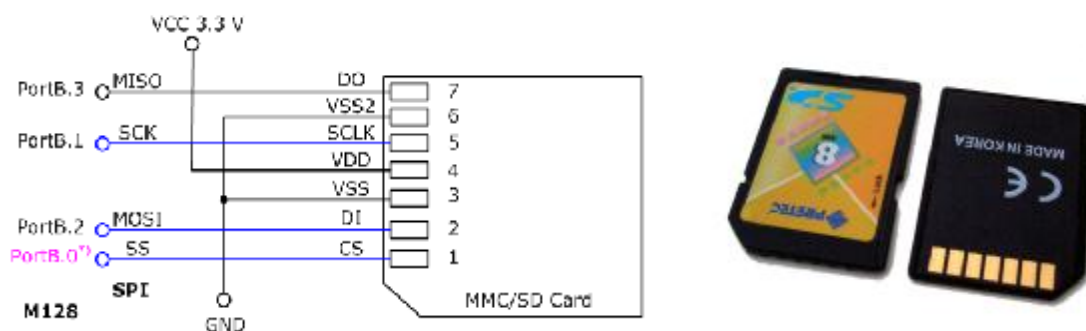
FUSEBITS HIGH:

FBHE 0001: Disable OCD
FBHF 0001: Disable JTAG
FBHG 0000: Enable serial downloading
FBHH 0001: osc 1
FBHI 0001: EEPROM is erased when erasing chip
FBKL 0010: Bootsize 1024 words at \$FC00
FBHM 0000: Reset vector is bootloader

EXTENDED FUSEBITS:

EFBP 0001: ATMEGA128 mode
EFBQ 0001: Watchdog timer not programmed

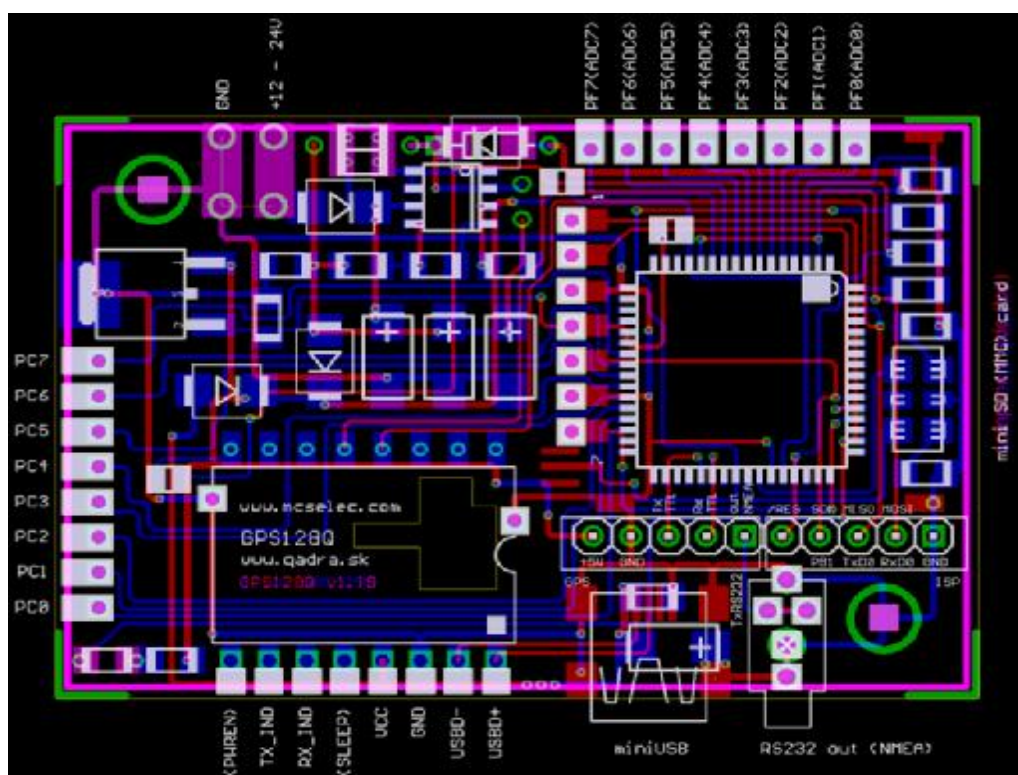
Ako pamäťové médium sme v koncepcii zariadenia zvolili pamäťovú kartu typu MMC/SD (Multi Media / Secure Digital Card), ktorá je schopná pracovať v sériovom režime SPI. Výhodou je relatívne rýchla komunikácia a prakticky neobmedzená kapacita pamäťového priestoru (v súčasnosti sú za prijateľnú cenu približne 400 Sk dostupné kapacity viac ako 1GB). Čítačky kariet tohto typu sú bežne integrované v notebookoch, PDA zariadeniach, ale tiež dostupné ako externé USB čítačky. Voľba tohto typu karty so záznamom kompatibilným so súborovým systémom FAT/FAT32 je z pohľadu užívateľa príjemným riešením, takmer všetky dostupné GPS záznamníky využívajú špeciálne FLASH pamäte, ktoré je nutné vyčítavať s použitím špeciálnych čítačiek, alebo softvéru od výrobcu zariadenia.



Obr. 26 Spôsob aplikácie MMC/SD kariet pre mikroprocesor ATmega128 a ukážky prevedenia kariet

3.2 Návrh technického riešenia a overenie funkčnosti konceptu zariadenia

Celé prevedenie zariadenia je realizované na plošnom spoji s rozmermi: 70 x 50 mm. Ďalej už označovaného len ako DPS zo slov: doska plošných spojov. Návrh plošného spoja bol vytvorený v programe EAGLE (<http://www.cadsoft.de/>). Zariadenie prešlo niekoľkými zmenami a vylepšeniami hardvéru. Poslednou verziou DPS je verzia 1.50, ktorá sa od prvotného návrhu líši iba v reorganizácii využitia niekoľkých PINov mikroprocesoru a náhradou hybridného USB/RS232 prevodníku typu FT232BM modernejším, jednočipovým riešením s označením FT232RL od spoločnosti FTDI.



Obr. 27 Návrh plošného spoja v programe EAGLE. Na obrázku je jedna z prvých verzií

Napájacie napätie je po transformácii z 12 až 24V na približne 5.25V usmerňované ochrannou diódou a znova stabilizované, tento krát na hodnotu 3.3V určenú pre napájanie pamäťovej karty. Mikrokontrolér a GPS modul môže byť napájaný z 5V, alebo 3V zdroja voľbou prepajky na PCB pri výrobe. V súčasnosti je predvolené napájanie z 5V, kvôli voľbe 8 MHz interného oscilátora, ktorý sa pri 3V napájaní javil ako nestabilný. GPS prijímač sa pri 5V napájaní taktiež javí ako citlivejší na príjem signálu, najmä v náročnejších podmienkach (napr. ukrytý pod plastom na palubnej doske automobilu).



Obr. 28 Fotografie zariadenia pri testovaní správnej funkcie napájacieho zdroja (na 12 až 24V)

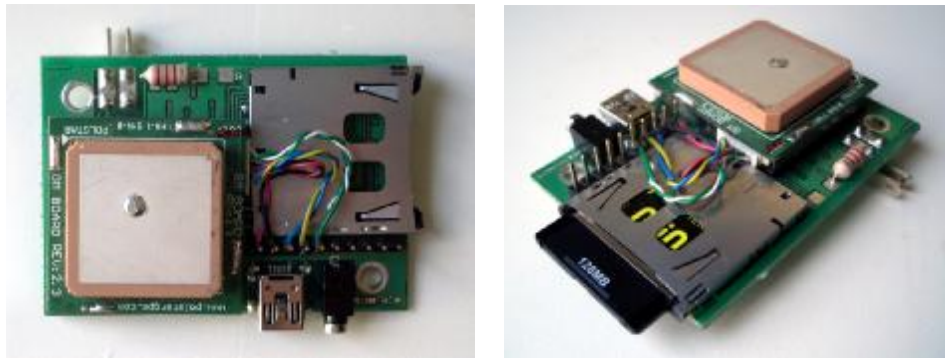
Alternatívou je napájanie priamo z USB portu po prepojení s PC. Prúdové obmedzenie na USB porte je 500mA, čo pre naše zariadenie nieje limitujúce. V plnej prevádzke je spotreba na úrovni 120mA. V tomto režime je možné auto zásuvku odpojiť a používať zariadenie ako klasický GPS prijímač na USB porte. Taktiež je pohodlné, že iné napájanie netreba zabezpečovať počas aktualizácie programu CPU. Stačí len pripojiť zariadenie cez USB aj keď je napríklad napevno namontované v automobile.



Obr. 29 Všetky prototypové verzie zariadenia (pracovné verzie dosky plošných spojov 1.17 až 1.50)

USB/RS232 prevodník je pripojený na HW UART_0 (PIN2, PIN3) a okrem dátových signálov RxD a TxD, je tiež pripojený na RESET (PIN20) signál mikroprocesoru riadiacim signálom DTR, ktorý je možné softwarovo riadiť a zabezpečiť tak RESET mikroprocesoru (napr. pri aktivácii bootloADERu) z obslužného programového vybavenia. HW UART_1 (PIN27, PIN28) je využitý na priamu komunikáciu s GPS modulom na úrovni TTL signálu.

Pamäťová karta je pripojená na SPI rozhranie SS, SCK, MOSI, MISO (PIN10, PIN11, PIN12, PIN13) a indikácia je prítomnosti, ktorá je riešená hardvérovo, priamo na konektore pre kartu je pripojená na prerušenie INT0 (PIN25). Chipselect (CS) signál je aktívny pri každom prístupe na kartu, je preto paralelne pripojený na LED indikujúcu blikaním prácu zariadenia s pamäťovou kartou (v reálnej prevádzke ide o krátke bliknutie každé 2 sekundy).



Obr.30 Dva pohľady na plne osadené zariadenie, vpravo tiež svloženou MMC kartou

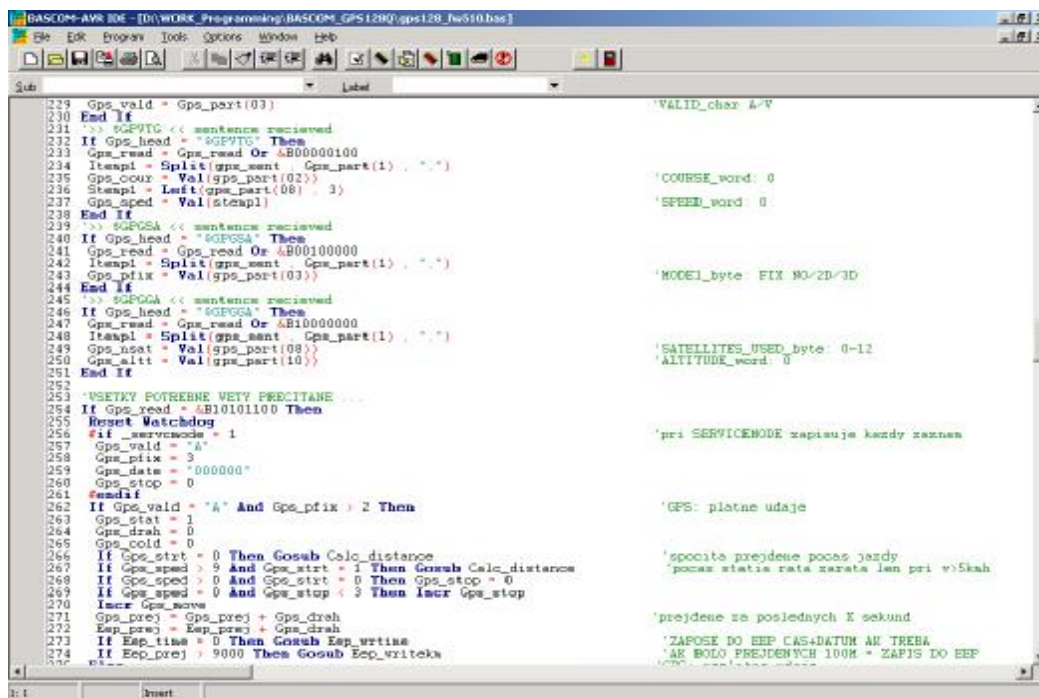
Zariadenie je navrhnuté do čiastočne priehľadnej plastovej krabičky rozmerov: 24 x 47 x 66 mm (V x Š x D), v ktorej je po strojnom vyrezaní otvorov pre napájacie konektory, USB a 2.5mm jack konektory a otvoru pre pamäťovú kartu typu MMC/SD, uchytená v dvoch dierach (protiľahlých rohoch DPS) pomocou plastových dištančných stĺpikov. Voľba z časti priehľadného materiálu nieje náhodná. Pri použití základného čierneho plastového prevedenia sa zariadenie umiestnené na palubnej doske automobilu počas letných slnečných neúmerne prehrievalo, čo malo za následok značnú deformáciu plastu a tvaru krabičky. Pre jednoduché pripojenie je použitý kábel s konektorom pre pripojenie do 12V zásuvky auto zapalovača. Pri montáži na trvalú prevádzku je tento nahradený priamym pripojením do elektrickej siete automobilu, čo je zákrok prevádzaný výhradne odborníkom v oprávnenom autoservise.



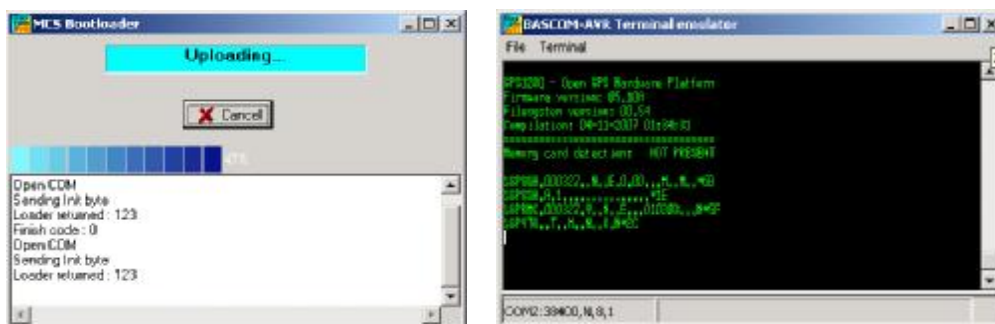
Obr.31 Finálna verzia zariadenia v krabičke a napájací kábel do zásuvky autozapalovača

3.3 Návrh výkonného programu riadiaceho mikrokontroléru

Riadiaci program mikroprocesora je vytvorený vo vývojovom prostredí BASCOM-AVR (<http://www.mcselec.com/>), ktoré je vhodné pre náš jednočipový mikroprocesor. Ide o robustné a moderné vývojové prostredie pre mikrokontroléry ATMEL s jadrom AVR. Programovací jazyk má syntax jazyka typu basic, z čoho vychádza aj názov tohto produktu. Označenie BASCOM je totiž zložené zo slov BASic a COMpiler, ide teda o kompilátor zdrojového kódu napísaného v jazyku basic. Neoceniteľná je tiež kvalitná podpora zo strany autora, holandskej spoločnosti MCS electronics, ako aj zo strany používateľov z celého sveta pri komunikácii cez internetové fórum. Pre toto prostredie sú tiež voľne dostupné knižnice umožňujúce prístup k súborovému systému typu FAT/FAT32 použitému na pamäťovej karte.

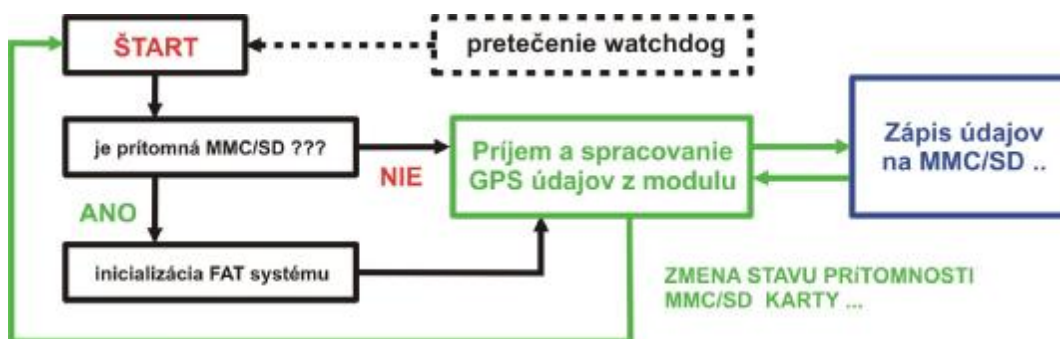


```
229 Gps_vald = Gps_part(03) 'VALID_char &V
230 End If
231 'GPRMC << sentence received
232 If Gps_head = "GPRMC" Then
233 Gps_read = Gps_read Or &B00000100
234 Itempl = Split(gps_sent, Gps_part(1), ",")
235 Gps_cour = Val(gps_part(02)) 'COURSE_word: 0
236 Stempl = Left(gps_part(08), 3)
237 Gps_spd = Val(stempl) 'SPEED_word: 0
238 End If
239 'GPWGS << sentence received
240 If Gps_head = "GPWGS" Then
241 Gps_read = Gps_read Or &B00100000
242 Itempl = Split(gps_sent, Gps_part(1), ",")
243 Gps_pfix = Val(gps_part(03)) 'MODE1_byte: FIX NO/2D/3D
244 End If
245 'GPWGA << sentence received
246 If Gps_head = "GPWGA" Then
247 Gps_read = Gps_read Or &B10000000
248 Itempl = Split(gps_sent, Gps_part(1), ",")
249 Gps_sat = Val(gps_part(08)) 'SATELLITES_USED_byte: 0-12
250 Gps_alt = Val(gps_part(10)) 'ALTITUDE_word: 0
251 End If
252
253 'USETKY POTREBNE VETI PRECITANE ....
254 If Gps_read = &B10101100 Then
255 Reset Watchdog
256 'if _servicemode = 1
257 Gps_vald = "A" 'pri SERVICEMODE zapisuje kandy zaznam
258 Gps_pfix = 3
259 Gps_data = "000000"
260 Gps_stop = 0
261 ReadIf
262 If Gps_vald = "A" And Gps_pfix = 2 Then
263 Gps_stat = 1
264 Gps_drah = 0
265 Gps_cold = 0
266 If Gps_stat = 0 Then Gosub Calc_distance 'spocita prejdene pocas jazdy
267 If Gps_spd > 9 And Gps_stat = 1 Then Gosub Calc_distance 'pocas statia rata zarata len pri v)Skah
268 If Gps_spd > 0 And Gps_stat = 0 Then Gps_stop = 0
269 If Gps_spd = 0 And Gps_stat = 3 Then Incr Gps_stop
270 Incr Gps_prev
271 Gps_prev = Gps_prev + Gps_drah
272 Esp_prev = Esp_prev + Gps_drah
273 If Esp_time = 0 Then Gosub Esp_writme 'prejdene za poslednych X sekund
274 If Esp_prev > 9000 Then Gosub Esp_writme 'ZAPOSE DO EEPROM CAS+DATUM AK TREBA
275 'AK BOLO PREJEDENYCH 100M - ZAPIS DO EEPROM
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000
1001
1002
1003
1004
1005
1006
1007
1008
1009
1010
1011
1012
1013
1014
1015
1016
1017
1018
1019
1020
1021
1022
1023
1024
1025
1026
1027
1028
1029
1030
1031
1032
1033
1034
1035
1036
1037
1038
1039
1040
1041
1042
1043
1044
1045
1046
1047
1048
1049
1050
1051
1052
1053
1054
1055
1056
1057
1058
1059
1060
1061
1062
1063
1064
1065
1066
1067
1068
1069
1070
1071
1072
1073
1074
1075
1076
1077
1078
1079
1080
1081
1082
1083
1084
1085
1086
1087
1088
1089
1090
1091
1092
1093
1094
1095
1096
1097
1098
1099
1100
1101
1102
1103
1104
1105
1106
1107
1108
1109
1110
1111
1112
1113
1114
1115
1116
1117
1118
1119
1120
1121
1122
1123
1124
1125
1126
1127
1128
1129
1130
1131
1132
1133
1134
1135
1136
1137
1138
1139
1140
1141
1142
1143
1144
1145
1146
1147
1148
1149
1150
1151
1152
1153
1154
1155
1156
1157
1158
1159
1160
1161
1162
1163
1164
1165
1166
1167
1168
1169
1170
1171
1172
1173
1174
1175
1176
1177
1178
1179
1180
1181
1182
1183
1184
1185
1186
1187
1188
1189
1190
1191
1192
1193
1194
1195
1196
1197
1198
1199
1200
1201
1202
1203
1204
1205
1206
1207
1208
1209
1210
1211
1212
1213
1214
1215
1216
1217
1218
1219
1220
1221
1222
1223
1224
1225
1226
1227
1228
1229
1230
1231
1232
1233
1234
1235
1236
1237
1238
1239
1240
1241
1242
1243
1244
1245
1246
1247
1248
1249
1250
1251
1252
1253
1254
1255
1256
1257
1258
1259
1260
1261
1262
1263
1264
1265
1266
1267
1268
1269
1270
1271
1272
1273
1274
1275
1276
1277
1278
1279
1280
1281
1282
1283
1284
1285
1286
1287
1288
1289
1290
1291
1292
1293
1294
1295
1296
1297
1298
1299
1300
1301
1302
1303
1304
1305
1306
1307
1308
1309
1310
1311
1312
1313
1314
1315
1316
1317
1318
1319
1320
1321
1322
1323
1324
1325
1326
1327
1328
1329
1330
1331
1332
1333
1334
1335
1336
1337
1338
1339
1340
1341
1342
1343
1344
1345
1346
1347
1348
1349
1350
1351
1352
1353
1354
1355
1356
1357
1358
1359
1360
1361
1362
1363
1364
1365
1366
1367
1368
1369
1370
1371
1372
1373
1374
1375
1376
1377
1378
1379
1380
1381
1382
1383
1384
1385
1386
1387
1388
1389
1390
1391
1392
1393
1394
1395
1396
1397
1398
1399
1400
1401
1402
1403
1404
1405
1406
1407
1408
1409
1410
1411
1412
1413
1414
1415
1416
1417
1418
1419
1420
1421
1422
1423
1424
1425
1426
1427
1428
1429
1430
1431
1432
1433
1434
1435
1436
1437
1438
1439
1440
1441
1442
1443
1444
1445
1446
1447
1448
1449
1450
1451
1452
1453
1454
1455
1456
1457
1458
1459
1460
1461
1462
1463
1464
1465
1466
1467
1468
1469
1470
1471
1472
1473
1474
1475
1476
1477
1478
1479
1480
1481
1482
1483
1484
1485
1486
1487
1488
1489
1490
1491
1492
1493
1494
1495
1496
1497
1498
1499
1500
1501
1502
1503
1504
1505
1506
1507
1508
1509
1510
1511
1512
1513
1514
1515
1516
1517
1518
1519
1520
1521
1522
1523
1524
1525
1526
1527
1528
1529
1530
1531
1532
1533
1534
1535
1536
1537
1538
1539
1540
1541
1542
1543
1544
1545
1546
1547
1548
1549
1550
1551
1552
1553
1554
1555
1556
1557
1558
1559
1560
1561
1562
1563
1564
1565
1566
1567
1568
1569
1570
1571
1572
1573
1574
1575
1576
1577
1578
1579
1580
1581
1582
1583
1584
1585
1586
1587
1588
1589
1590
1591
1592
1593
1594
1595
1596
1597
1598
1599
1600
1601
1602
1603
1604
1605
1606
1607
1608
1609
1610
1611
1612
1613
1614
1615
1616
1617
1618
1619
1620
1621
1622
1623
1624
1625
1626
1627
1628
1629
1630
1631
1632
1633
1634
1635
1636
1637
1638
1639
1640
1641
1642
1643
1644
1645
1646
1647
1648
1649
1650
1651
1652
1653
1654
1655
1656
1657
1658
1659
1660
1661
1662
1663
1664
1665
1666
1667
1668
1669
1670
1671
1672
1673
1674
1675
1676
1677
1678
1679
1680
1681
1682
1683
1684
1685
1686
1687
1688
1689
1690
1691
1692
1693
1694
1695
1696
1697
1698
1699
1700
1701
1702
1703
1704
1705
1706
1707
1708
1709
1710
1711
1712
1713
1714
1715
1716
1717
1718
1719
1720
1721
1722
1723
1724
1725
1726
1727
1728
1729
1730
1731
1732
1733
1734
1735
1736
1737
1738
1739
1740
1741
1742
1743
1744
1745
1746
1747
1748
1749
1750
1751
1752
1753
1754
1755
1756
1757
1758
1759
1760
1761
1762
1763
1764
1765
1766
1767
1768
1769
1770
1771
1772
1773
1774
1775
1776
1777
1778
1779
1780
1781
1782
1783
1784
1785
1786
1787
1788
1789
1790
1791
1792
1793
1794
1795
1796
1797
1798
1799
1800
1801
1802
1803
1804
1805
1806
1807
1808
1809
1810
1811
1812
1813
1814
1815
1816
1817
1818
1819
1820
1821
1822
1823
1824
1825
1826
1827
1828
1829
1830
1831
1832
1833
1834
1835
1836
1837
1838
1839
1840
1841
1842
1843
1844
1845
1846
1847
1848
1849
1850
1851
1852
1853
1854
1855
1856
1857
1858
1859
1860
1861
1862
1863
1864
1865
1866
1867
1868
1869
1870
1871
1872
1873
1874
1875
1876
1877
1878
1879
1880
1881
1882
1883
1884
1885
1886
1887
1888
1889
1890
1891
1892
1893
1894
1895
1896
1897
1898
1899
1900
1901
1902
1903
1904
1905
1906
1907
1908
1909
1910
1911
1912
1913
1914
1915
1916
1917
1918
1919
1920
1921
1922
1923
1924
1925
1926
1927
1928
1929
1930
1931
1932
1933
1934
1935
1936
1937
1938
1939
1940
1941
1942
1943
1944
1945
1946
1947
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025
2026
2027
2028
2029
2030
2031
2032
2033
2034
2035
2036
2037
2038
2039
2040
2041
2042
2043
2044
2045
2046
2047
2048
2049
2050
2051
2052
2053
2054
2055
2056
2057
2058
2059
2060
2061
2062
2063
2064
2065
2066
2067
2068
2069
2070
2071
2072
2073
2074
2075
2076
2077
2078
2079
2080
2081
2082
2083
2084
2085
2086
2087
2088
2089
2090
2091
2092
2093
2094
2095
2096
2097
2098
2099
2100
2101
2102
2103
2104
2105
2106
2107
2108
2109
2110
2111
2112
2113
2114
2115
2116
2117
2118
2119
2120
2121
2122
2123
2124
2125
2126
2127
2128
2129
2130
2131
2132
2133
2134
2135
2136
2137
2138
2139
2140
2141
2142
2143
2144
2145
2146
2147
2148
2149
2150
2151
2152
2153
2154
2155
2156
2157
2158
2159
2160
2161
2162
2163
2164
2165
2166
2167
2168
2169
2170
2171
2172
2173
2174
2175
2176
2177
2178
2179
2180
2181
2182
2183
2184
2185
2186
2187
2188
2189
2190
2191
2192
2193
2194
2195
2196
2197
2198
2199
2200
2201
2202
2203
2204
2205
2206
2207
2208
2209
2210
2211
2212
2213
2214
2215
2216
2217
2218
2219
2220
2221
2222
2223
2224
2225
2226
2227
2228
2229
2230
2231
2232
2233
2234
2235
2236
2237
2238
2239
2240
2241
2242
2243
2244
2245
2246
2247
2248
2249
2250
2251
2252
2253
2254
2255
2256
2257
2258
2259
2260
2261
2262
2263
2264
2265
2266
2267
2268
2269
2270
2271
2272
2273
2274
2275
2276
2277
2278
2279
2280
2281
2282
2283
2284
2285
2286
2287
2288
2289
2290
2291
2292
2293
2294
2295
2296
2297
2298
2299
2300
2301
2302
2303
2304
2305
2306
2307
2308
2309
2310
2311
2312
2313
2314
2315
2316
2317
2318
2319
2320
2321
2322
2323
2324
2325
2326
2327
2328
2329
2330
2331
2332
2333
2334
2335
2336
2337
2338
2339
2340
2341
2342
2343
2344
2345
2346
2347
2348
2349
2350
2351
2352
2353
2354
2355
2356
2357
2358
2359
2360
2361
2362
2363
2364
2365
2366
2367
2368
2369
2370
2371
2372
2373
2374
2375
2376
2377
2378
2379
2380
2381
2382
2383
2384
2385
2386
2387
2388
2389
2390
2391
2392
2393
2394
2395
2396
2397
2398
2399
2400
2401
2402
2403
2404
2405
2406
2407
2408
2409
2410
2411
2412
2413
2414
2415
2416
2417
2418
2419
2420
2421
2422
2423
2424
2425
2426
2427
2428
2429
2430
2431
2432
2433
2434
2435
2436
2437
2438
2439
2440
2441
2442
2443
2444
2445
2446
2447
2448
2449
2450
2451
2452
2453
2454
2455
2456
2457
2458
2459
2460
2461
2462
2463
2464
2465
2466
2467
2468
2469
2470
2471
2472
2473
2474
2475
2476
2477
2478
2479
2480
2481
2482
2483
2484
2485
2486
2487
2488
2489
2490
2491
2492
2493
2494
2495
2496
2497
2498
2499
2500
2501
2502
2503
2504
2505
2506
2507
2508
2509
2510
2511
2512
2513
2514
2515
2516
2517
2518
2519
2520
2521
2522
2523
2524
2525
2526
2527
2528
2529
2530
2531
2532
2533
2534
2535
2536
2537
2538
2539
2540
2541
2542
2543
2544
2545
2546
2547
2548
2549
2550
2551
2552
2553
2554
2555
2556
2557
2558
2559
2560
2561
2562
2563
2564
2565
2566
2567
2568
2569
2570
2571
2572
2573
2574
2575
2576
2577
2578
2579
2580
2581
2582
2583
2584
2585
2586
2587
2588
2589
2590
2591
2592
2593
2594
2595
2596
2597
2598
2599
2600
2601
2602
2603
2604
2605
2606
2607
2608
2609
2610
2611
2612
2613
2614
2615
2616
2617
2618
2619
2620
2621
2622
2623
2624
2625
2626
2627
2628
2629
2630
2631
2632
2633
```



Obr.33 Ukážky aktualizácie výkonného programu CPU a komunikácie cez sériový terminál

Počas vývoja je plne funkčné zariadenie pripojené cez USB port k osobnému počítaču. Cez toto rozhranie je zabezpečené napájanie zariadenia a nepretržitá komunikácia s mikrokontrolérom cez hardvérové UART rozhranie (protokolom RS232). Po akejkoľvek úprave zdrojového kódu stačí spustiť kompiláciu, po ktorej nasleduje vynútenie resetu CPU (riadiacim signálom DTR), počas ktorého je možné aktivovať zavádzač (umiestnený vo vyhradenom priestore FLASH pamäti CPU). Zavádzač (tzv. bootloader) umožňuje prepísať obsah vnútornej programovej FLASH pamäti údajmi prijatými cez sériové rozhranie UART. Takáto aktualizácia trvá približne 10 sekúnd pri 14Kb veľkom binárneho obrazu prenášaného skompilovaného zdrojového kódu rýchlosťou 38400bps. Následuje spustenie výkonného programu. Pri tvorbe riadiaceho programu je nevyhnutné sledovať hodnoty množstva programových premenných, ale tiež sledovať determinovaný beh inštrukcií testovaného programu. Pre tento účel som využil služby integrovaného terminálu v prostredí BASCOM-AVR, cez ktorý je možné sledovať údaje vysielané z kontroléru po tom istom sériovom rozhraní UART, po ktorom bola prevedená aktualizácia programovej pamäti FLASH po poslednej úprave. Ladenie a vývoj výkonného programu je týmto spôsobom veľmi pohodlný a jediné potrebné vybavenie sa redukuje na jediný prepojavací USB káblík.

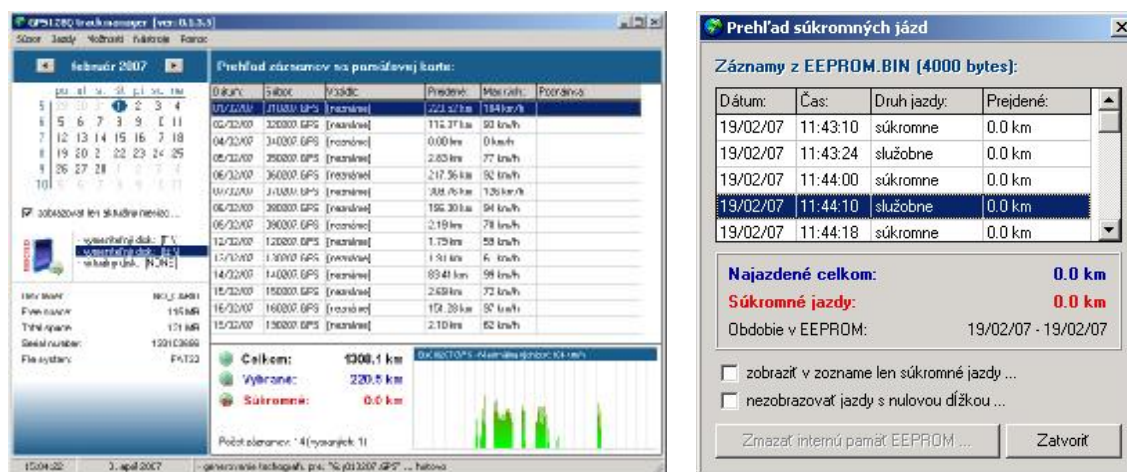


Obr.34 Schematické znázornenie princípu práce výkonného programu CPU

3.4 Návrh a riešenie základného užívateľského programového vybavenia

Základné programové vybavenie zariadenia je vytvorené pre užívateľov pracujúcich s niektorou z nasledujúcich verzií operačného systému Microsoft Windows 98, Windows XP, alebo Windows Vista. Pri tvorbe softvéru som kládol dôraz najmä na príjemné a intuitívne užívateľské rozhranie, ktoré umožní jednoduchú a prehľadnú správu záznamov uložených na pamäťovej a poskytne dostatok možností pre konverziu a ďalšie spracovanie týchto záznamov. Na základe týchto požiadaviek vznikol program s označením „Trackmanager“, čo vo voľnom preklade znamená niečo ako: „Správca jász“. Program je napísaný v prostredí Borland DELPHI 7 a v súčasnej verzií 0.1.3.6 poskytuje nasledujúce základné funkcie:

- prehľadávanie záznamov na pamäťovej karte aj v internej EEPROM zariadenia
- ukladanie obrazov pamäťových kariet a ich mapovanie ako virtuálnych diskov
- prevod binárnych záznamov do formátu KML pre program Google Earth
- prevod binárnych záznamov do formátu pre Knihu Jász od spoločnosti TRANiS
- priamy export binárnych záznamov do databáz účtovného systému spoločnosti MRP
- identifikácia SW, HW a vyčítanie sériového čísla zariadenia (cez USB rozhranie)
- aktualizácia výkonného programu mikroprocesoru zariadenia (cez USB rozhranie)



Obr.35 Ukážky prostredia pomocného programu pre správu záznamov na pamäťovej karte

Trackmanager je bezplatnou súčasťou zariadenia a spolu s programom Google Earth tak tvorí všestranne použiteľné prostredie pre správu a zobrazovanie záznamov na mapových podkladoch bez investície do ďalšieho programového vybavenia a zároveň tiež integruje

základné servisné pomôcky užitočné pre užívateľov nášho GPS systému. Vývoj softvéru bol od počiatku koordinovaný na základe požiadaviek, ktoré sa vyskytli pri testovaní a používaní zariadenia niekoľkými užívateľmi. Vďaka integrácii servisných funkcií, akou je napríklad aktualizácia firmwaru zariadenia v kombinácii s pokročilou funkciou pre identifikáciu verzie DPS v zariadení tiež zabezpečuje významnú podporu zo strany výrobcu, keďže aktuálne binárne obrazy s poslednou stabilnou verziou výkonného programu je možné zverejňovať na internete skompilované pre všetky zákaznícke zariadenia.



Obr.36 Aktualizácia firmwaru, analýza GPS záznamu a identifikácia zariadenia v SW Trackmanager

3.5 Prehľad, spracovanie a analýza záznamov prejdenej trasy

Záznamy vytvorené našim zariadením sú pamäťovej karte vytvárané ako binárne súbory s príponou GPS. Ide o akýsi vysoko „koncentrovaný“ záznam definovaný na základe pohovorov s potenciálnym dodávateľom komerčného programového vybavenia pre náš GPS záznamník s pomerne komplexným obsahom a minimálnymi pamäťovými nárokmi. Okrem 32 bajtov v hlavičke, každé jeden záznam (realizovaný raz za dve sekundy) má dĺžku len 20 bajtov a obsahuje údaje o platnosti GPS signálu, počte satelitov, účele jazdy a jej rozdelení. Ďalej údaje o aktuálnej rýchlosti, kurze, nadmorskej výške, aktuálnom čase a dátume, zemepisnú šírku a dĺžku v kombinácii s údajom o vzdialenosti od poslednej zaznamenananej pozície. Detailná štruktúra tohto binárneho formátu, však nieje súčasťou tejto práce, keďže je záujme predchádzať manipulácii s týmto záznamom zamestnancami, ktorých automobil je GPS záznamníkom monitorovaný. Pre prípad súkromného užívania služobných automobilov je možné jazdiť v režime súkromnej jazdy, kedy s ohľadom na súkromie je zaznamenaná len celková dĺžka a čas jazdy, nie však súradnice prejdenej trasy.

Najdostupnejšou alternatívou vizualizácie záznamov do mapových podkladov je prevod binárneho záznamu do formátu KML, ktorý je bohatou dokumentáciou definovaným

štandardom programu Google Earth určeného pre užívateľov na celom svete a to úplne zdarma. Google Earth predstavuje revolučný produkt voľne prístupný vo verzii FREE. Táto verzia nie je ničím limitovaná, no na rozdiel od platených verzií nepodporuje niekoľko pokročilých funkcií akými sú napr. renderovanie videa vo vysokom rozlíšení, alebo nástroje pre výmeru plochy, či podpora online sledovania polohy pomocou GPS prijímača. Ide však o perfektne spracované 3D rozhranie prinášajúce úplne nový pohľad na planétu Zem prostredníctvom sporadicky aktualizovaných, relatívne kvalitných družicových záberov streamovaných internetom priamo zo serverov spoločnosti Google.



Obr.37 Ukážka vizualizácie niekoľkých záznamov trasy v prostredí programu Google Earth

Binárne záznamy z pamäťovej karty nášho zariadenia je možné jednoducho exportovať do KML súbor a následne prezerať a ukladať do programu Google Earth. Program tiež umožňuje simulovať prelet po zaznamenanej trase, alebo tiež merať prejdene vzdialenosti.

Google Earth tiež podporuje časové značky v záznamoch na základe, ktorých je neskôr možné veľmi prehľadne filtrovať zobrazené jazdy voľbou vybraného úseku na časovej a dátumovej osi. Program je voľne dostupný internete (<http://earth.google.com/>). Alternatívnou možnosťou zobrazenia KML súborov na kvalitných mapových podkladoch bez poplatkov je on-line mapový server Google Maps (<http://maps.google.com/>), ktorý

momentálne v testovacej prevádzke umožňuje zobrazovať obsah KML súborov umiestnených na ľubovoľnom internetovom serveri. Stačí uploadovať KML súbor napríklad na server pre webhosting, a následne v rozhraní Google Maps zadať do poľa pre vyhľadávanie adresu umiestnenia KML súboru so záznamom prejdenej trasy.



Obr.38 Zobrazenie záznamu po prevode do KML na vektorových mapách serveru Google Maps

Formát KML je v súčasnosti pre otvorenosť, kvalitu a dostupnosť aplikácií Google Earth a služby Google Maps veľmi rozšírený a podporovaný tiež mnohými aplikáciami s podporou GPS zariadení a mapových podkladov, vrátane rastrových podkladov, ktoré si užívateľ dokáže pripraviť svojpomocne napr. oskenovaním kvalitnej papierovej mapy a následnou kalibráciou na základe určenia presných súradníc niekoľkých (minimálne troch) známych bodov na mape. Presnosť takto kalibrovaných mapových podkladov je pre súkromné účely dostatočná.

Ďalšia možnosť vizualizácie a spracovania údajov je založená na báze komerčného produktu Kniha Jázd od českej spoločnosti TRANiS. Ide o produkt, ktorý je na trhu v ČR a v SR v stabilnej verzii 1.0 dostupný už viac než 7 rokov. Ide elektronickú knihu jázd s vlastnými mapovými podkladmi, databázou miest ČR a SR a kilometrovníkom. Obsahuje nástroje pre

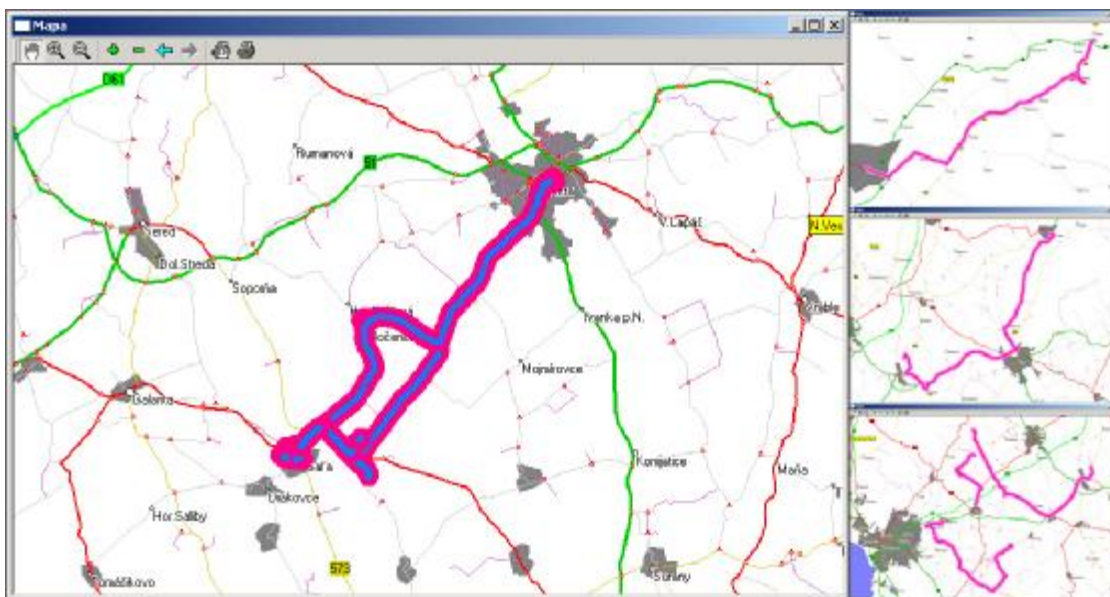
evidenciu vozidiel, vodičov a samotnej knihy jász, ako aj štatistiky o spotrebe a výdajoch na pohonné hmoty pre neobmedzený počet vozidiel v rámci základnej licencie v cene 4490 Sk (5350 Sk vrátane DPH). Program umožňuje ručné zadávanie jazd do knihy spôsobom: „odkiaľ - prechádzajúc cez - kam“, alebo automaticky zo záznamu vytvoreného použitím GPS prijímača a PDA zariadenia a nainštalovaným programom Pocket KiM, ktorý je taktiež produktom spoločnosti TRANiS dodávaným spolu s Knihou Jász. Binárny formát súborov s príponou GPS tvorený programom Pocket KiM, je kompatibilný so súbormi, ktoré náš GPS záznamník vytvára na pamäťovej karte.

DATUM JAZDY	ČAS POC.	ČAS KON.	POPS TRASY	ÚČEL JAZDY	TADY KON.	LITO KM	PRDČ	PHM (l)	PHM + KČ	STANĚ	ÚHRADY
04.04.2006	07:27	07:31	Vinohrady nad Váhom sev., Vinohrady nad Váhom sev.	testovací jízda	15000.8	0.8	Pokop František	0.0	0.0		neuvádí
04.04.2006	07:31	07:32	Vinohrady nad Váhom sev., Vinohrady nad Váhom sev.	testovací jízda	15001.0	0.3	Pokop František	0.0	0.0	0.00	neuvádí
04.04.2006	07:33	08:05	Vinohrady nad Váhom sev., Vinohrady nad Váhom sev.	testovací jízda	15003.8	2.8	Pokop František	0.0	0.0	0.00	neuvádí
04.04.2006	08:09	09:43	Vinohrady nad Váhom, Pušty Útarg, Štefanov(Pezinok)	testovací jízda	15048.5	44.7	Pokop František	0.0	0.0	0.00	neuvádí
04.04.2006	09:43	10:16	Štefanov(Pezinok), Budnešov sev.	testovací jízda	15051.1	2.6	Pokop František	0.0	0.0	0.00	neuvádí
04.04.2006	10:16	10:25	Budnešov sev., Vítkov SZ, Vítkov	testovací jízda	15059.0	7.9	Pokop František	0.0	0.0	0.00	neuvádí
04.04.2006	10:25	10:56	Vítkov, Senec sev., Senec sev.(Senec)	testovací jízda	15076.5	19.6	Pokop František	0.0	0.0	0.00	neuvádí
04.04.2006	10:56	11:02	Senec sev.(Senec), Senec centum(Senec), Senec záp(Senec)	testovací jízda	15081.1	2.5	Pokop František	0.0	0.0	0.00	neuvádí
04.04.2006	11:02	11:11	Senec záp(Senec), Velký Běl jh	testovací jízda	15083.3	2.3	Pokop František	0.0	0.0	0.00	neuvádí
04.04.2006	11:11	11:26	Velký Běl jh, Benetšovo vch., Benetšovo JV	testovací jízda	15092.0	8.7	Pokop František	0.0	0.0	0.00	neuvádí
04.04.2006	11:26	12:20	Benetšovo JV, Benetšovo záp(Senec), Záhořev(Senec)	testovací jízda	15102.5	10.5	Pokop František	0.0	0.0	0.00	neuvádí
04.04.2006	12:20	14:06	Záhořev(Senec), Senec D Streda, Jekla SV	testovací jízda	15139.2	36.7	Pokop František	0.0	0.0	0.00	neuvádí
04.04.2006	14:06	15:05	Jekla SV, Velký Útarg SZ	testovací jízda	15147.1	7.9	Pokop František	0.0	0.0	0.00	neuvádí
04.04.2006	15:09	15:29	Velký Útarg SZ, Sládkovičova sev., Senec centum	testovací jízda	15165.5	18.4	Pokop František	0.0	0.0	0.00	neuvádí
04.04.2006	15:29	15:29	Senec centum, Senec	testovací jízda	15165.7	0.2	Pokop František	0.0	0.0	0.00	neuvádí

Statistiky za aktuální měsíc:
 počet jazd: 27 spotřeba celkem: 494.5 celková cena: 0 celková PHM: 0 výdaje za PHM: 0 stav nádrže na začátku: 0 stav nádrže na konci: 0 spotřeba v 1/100 km: 0

Obr.39 Textová forma knihy jazd generovaná z GPS záznamů za období jednoho měsíce

Elektronická Kniha Jász využívá interné databázy názvů míst a obcí pro Čechy a Slovensko (presne 36472 názvů a súradníc príslušných lokalít) pre generovanie textovej formy knihy jazd, ako ju poznáme pri bežnej ručnej evidencii. V prehľade teda vidíme kedy, odkiaľ a kam smerovala daná jazda a niekoľko ďalších detailov o nej. Tieto výstupy je možné vytlačiť a použiť ako doklad pre daňový úrad. Na rozdiel od klasickej knihy jazd, je však možné detailne zobrazit každý bod jazdy na mape a tiež kontrolovať rýchlosť jazdy a príslušný údaj o čase v každom zaznamenanom bode trasy (až do úrovne maximálneho detailu, čo predstavuje každé 2 sekundy).



Obr.40 Obrázky záznamov na mapových podkladoch programu Kniha Jázd od spoločnosti TRANiS

Pre menšie a stredné firmy, ktoré nechcú investovať do drahých on-line GPS systémov, prípadne platiť mesačne poplatky za GPRS prenosy, či zasielanie knihy jázd emailom, je náš GPS záznamník v kombinácii s elektronickou Knihou Jázd od TRANiS-u, užitočným nástrojom pre kontrolu využívania služobných vozidiel zamestnancami a automatizovanú evidenciu knihy pre účely účtovania výdavkov spojených s prevádzkou firemných vozidiel.

Poslednou alternatívou integrovanou ako možnosť prevodu binárneho záznamu programom Trackmanager je automatické dopĺňovanie údajov do databáz evidencie knihy jázd, ktorá je súčasťou účtovného softvéru slovenskej spoločnosti MRP. Pre tento účel je Trackmanager schopný prehľadávať geografické databázy Kniha Jázd od TRANiS-u (musí byť teda riadne nainštalovaná v operačnom systéme) a dopĺňať získané názvy začiatkov a koncov jázd, spolu s údajom o dĺžke trasy do systému MRP. Táto funkcia je zatiaľ v štádiu testovania pre účely prezentácie systému a oslovenia spoločnosti MRP za účelom spolupráce.

Zaznamenané údaje je však možné prevádzať a spracovávať ľubovoľne podľa individuálnych požiadaviek zákazníkov s ohľadom na oblasť využitia GPS záznamníku. Taktiež je možné, ďalej využívať voľné hardvérové prostriedky mikrokontroléru za účelom riadenia, alebo snímania ďalších zariadení, či údajov.

Záver

Tento dokument je návodom na písanie bakalárskej práce pre študentov Katedry informatiky FPV UKF v Nitre.

Použité informačné zdroje

[URL1] Wikipédia, Slobodná encyklopédia. Global Positioning System

<http://sk.wikipedia.org/wiki/GPS/>

[URL2] Snášel, Jaroslav 2005. GPS: Co to je? Jak funguje?

<http://www.navigovat.cz/>

[URL3] MIO technologies. MIO C710+

<http://www.mio-tech.com/>

[URL4] ATMEL corporation. ATmega128 datasheet

<http://www.atmel.com/dyn/products/>

[URL5] FTDI chip. FT232RL datasheet

<http://www.ftdichip.com/>

[URL6] POLSTAR technologies. PMB-248 datasheet

<http://www.polstargps.com/>

[URL7] Josef Franz Vogel, 2006. AVR-DOS add-on libraries

<http://www.members.aon.at/voegel/>

[URL8] MCS electronics. BASCOM-AVR compiler

<http://www.mcselec.com/>