

Návrh palubného počítača na báze OBD2

Bujalka Ján · Elektrotechnika, Informačné technológie

06.10.2014



Predmetom príspevku je konštrukčný návrh zariadenia s funkcionalitou palubného počítača pripojiteľného na diagnostický konektor automobilu. Keďže sa jedná o zariadenie, ktoré bude pripojené do konektora diagnostického systému OBD2, je potrebné vyriešiť rad problémov týkajúcich sa rozmerov, mechanicky odolného zapuzdrenia a jednoduchej ovládateľnosti spolu s dobrou čitateľnosťou zobrazovaných údajov.

Aj keď v dnešnej dobe je palubný počítač súčasťou prakticky každého nového vozidla, stále nie je súčasťou štandardnej (najnižšej) výbavy. V mnohých prípadoch keď jeho umiestnenie vo vozidle výrobca podmieňuje doplnkovou výbavou, ktorú zákazník nechce, alebo pre neho predstavuje neúmerný nárast nákladov na nákup vozidla a v niektorých prípadoch aj nárast zložitosti ovládania. V praxi sa pomerne často vyskytuje aj potreba „druhej palubnej dosky“, čo je typickým problémom autoškôl, najmä v začiatkoch výcviku. Ďalšou špecifickou skupinou sú servisné strediská, ktoré síce disponujú diagnostickými nástrojmi, tieto však spravidla neumožňujú testovanie vozidla v reálnej prevádzke. Jedným z faktorov pri rozhodovaní skúsenejšieho užívateľa je aj skutočnosť, že údaje palubného počítača síce predstavujú užitočný súbor informácií, avšak tieto sú v reálne využívané len krátkodobo. Užívateľ sa údajmi zaoberá typicky niekoľko dní po nákupe vozidla, prípadne pri zmene jazdného režimu. Skutočnosť, že všetky dnešné automobily disponujú diagnostickým rozhraním umožňuje pomerne jednoduchú konštrukciu zariadenia poskytujúceho funkcionality palubného počítača, ako aj základnej diagnostiky.

Diagnostické rozhrania automobilov

V 50-tych rokoch 20. storočia sa diagnostika vykonávala len pomocou jednoduchých meraní a skúsenejší mechanik musel problém odhaliť svojimi zmyslami. Vylepšovaním technológií ako v automobiloch, tak aj v meracej technike sa v 60-tych rokoch začali do automobilov zabudovávať senzory, ktorých sa charakteristiky dali merať a následne porovnávať so štandardizovanými hodnotami. Prvý elektronický systém schopný vyhodnocovať poruchy, bol uvedený v Európe v roku 1969 [1]. Prvý jednoduchý palubný počítač využívajúci systém s náznakmi OBD (On-Board Diagnostics) bez štandardizovaného postupu monitorovania a indikácie takto získaných dát, bol uvedený v USA v roku 1975. Neskôr v roku 1980 bol testovací proprietárny protokol a rozhranie ALDL (Assembly Line Diagnostic Link) použité pre modul elektronického riadenia ECM (Electronic Control Module) na výrobnéj linke v Kalifornii, USA. ALDL využíva na komunikáciu pulzne šírkovú moduláciu PWM (Pulse Width Modulation) s

rýchlosťou 160Baudov.

Neskôr sa ALDL implementovalo aj do automobilov a pre indikáciu poruchy užívateľovi bola zavedená „Kontrolka motora“ v prístrojovom paneli s názvom MIL (Malfunction indicator light). Tento indikátor však bližšie nepopisoval charakter poruchy. Inovácie v roku 1986 priniesli ALDL vyššiu komunikačnú rýchlosť 8192Baudov a komunikáciu cez UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter). Tento komunikačný protokol je známy aj ako GM 8192 UART [2]. V roku 1987 CARB (California Air Resources Board) vyžaduje diagnostický systém prioritne pre automobily, avšak neupresňuje, kam by sa mal konektor štandardne umiestniť a ani s akým protokolom by daný systém mal komunikovať [3]. Organizácia SAE (Society of Automotive Engineers) predstavila v roku 1988 sadu testovacích signálov a odporúčaný typ diagnostického konektora, ktorý je popísaný v kap. 1.1. V roku 1994 CARB nariadila aby každý automobil vyrobený v Kalifornii s rokom výroby 1996 bol vybavený OBD2 štandardom, do ktorého boli implementované odporúčania od SAE.

V krajinách Európskej únie sa takýto zákon schválil v roku 1998, ktorý nariadil aby automobily s benzínovými motormi zakomponovali do výbavy EOBD (European On-Board Diagnostics) začiatkom roka 2000 a pre automobily s dieselovými motormi s platnosťou od 2004 [4]. EOBD je technickými parametrami zhodná s OBD2. Moderné automobily obsahujú veľké množstvo riadiacich komponentov, ktoré medzi sebou vyžadujú spoľahlivú a rýchlu komunikáciu. CAN (Controller Area Network ISO11898), takúto komunikáciu umožňuje a preto je od roku 2008 každý automobil uvedený do prevádzky v USA povinný podporovať komunikačný štandard ISO 15765-4, ktorý je variantom CAN [5].

Komunikačný protokol ISO9141-2 a ISO 14230-4

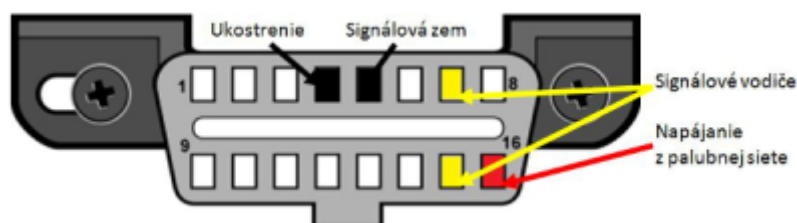
Komunikačné protokoly ISO 9141-2, ISO 14230-4 sa využívajú na komunikáciu medzi externým zariadením a riadiacimi komponentmi (riadiace jednotky motorov, prevodoviek, atď.) v automobiloch s menovitým napätím palubnej siete 12 V. Pri nákladných automobiloch ISO 14230-4 je kompatibilné aj s úrovňou palubnej siete 24 V. Oba protokoly patria so svojou rýchlosťou prenosu dát 10,4 kb/s do triedy B. Zbernica pre dodržanie strmosti prechodov pri danej prenosovej rýchlosti musí spĺňať podmienky maximálnych príspevkov kapacít riadiacich jednotiek a káblových zväzkov. Súčet príspevkov pre palubnú sieť s 12 V nesmie presiahnuť hodnotu 7,2 nF, pričom pre 24 V sieť je táto hodnota 5 nF.

Príspevok kapacity od externého zariadenia pripájaného do takéhoto obvodu spolu so svojimi prírodnými vodičmi nesmie presiahnuť 2 nF. Vysoká logická úroveň sa na komunikačnej linke prepája s napätím palubnej siete cez pull-up rezistor. Pull-up rezistor pre 12 V palubnú sieť je 510 Ω , pričom pre 24 V palubnú sieť je hodnota pull-up rezistora 1 k Ω . Maximálny odoberaný prúd externým zariadením pracujúceho na 12 V sa pri nízkej logickej úrovni na komunikačnej linke nesmie presiahnuť 2 A, pri 24 V externom zariadení je maximálny odoberaný prúd 100 mA. [9][13][14]

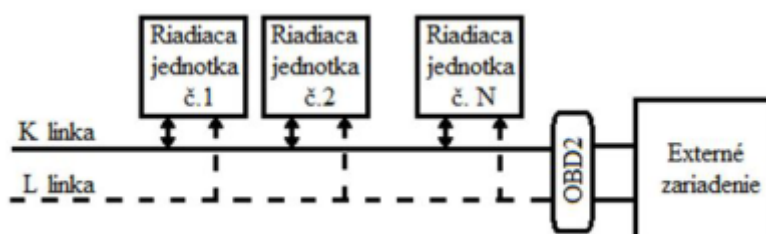
Komunikačná zbernica

Komunikácia prebieha po zbernici, zloženej z K linky (kolík č.7) a voliteľnej L linky

(kolík č.15). K linka je obojsmerná komunikačná linka, po ktorej sú vysielané riadiace signály z externého zariadenia a dáta vyslané komponentmi pripojených na zbernicu. K linka, môže byť taktiež použitá na inicializáciu komunikácie na zbernici, ak L linka absentuje. Hlavnou úlohou jednosmernej komunikačnej L linky je vyslanie inicializačnej sekvencie. L linka môže taktiež prenášať riadiace signály, avšak len smerom z externého zariadenia na zbernicu automobilu. Po inicializácii zostáva L linka vo vysokej logickej úrovni. [14]



Obr. 1 Zapojenie kolíkov pre ISO 14230-4 a ISO 9141-2 [14][16]



Obr. 2 Zbernica komunikačného protokolu ISO 9141-2 a ISO 14230-4 [9][13]

Koncept palubného počítača

Palubný počítač v automobile musí obsahovať zobrazovaciu jednotku, ktorá je čitateľná aj pri zhoršených svetelných podmienkach ako je noc, západ a východ slnka kedy lúče idú rovnobežne z vozovkou nie je ich možné eliminovať slnečnou clonou. Pre zhoršené svetelné podmienky je potrebné použiť zobrazovaciu jednotku, ktorá dokáže adaptívne meniť jas zariadenia alebo je možné jas manuálne nastaviť. Za iné zhoršené podmienky sú považované aj otrasy spôsobené nerovnosťami na vozovke, prípadne prenosom vibrácií z motorového priestoru. Zlá alebo znížená čitateľnosť informácií zobrazovaných na zobrazovacej jednotke palubného počítača sa odstraňuje použitím veľkých zobrazovacích prvkov, prípadne použitím svetelných alebo zvukových indikátorov. Takéto indikačné zariadenia upozornia vodiča automobilu na prednastavené prekročenie limitov sledovaných parametrov.

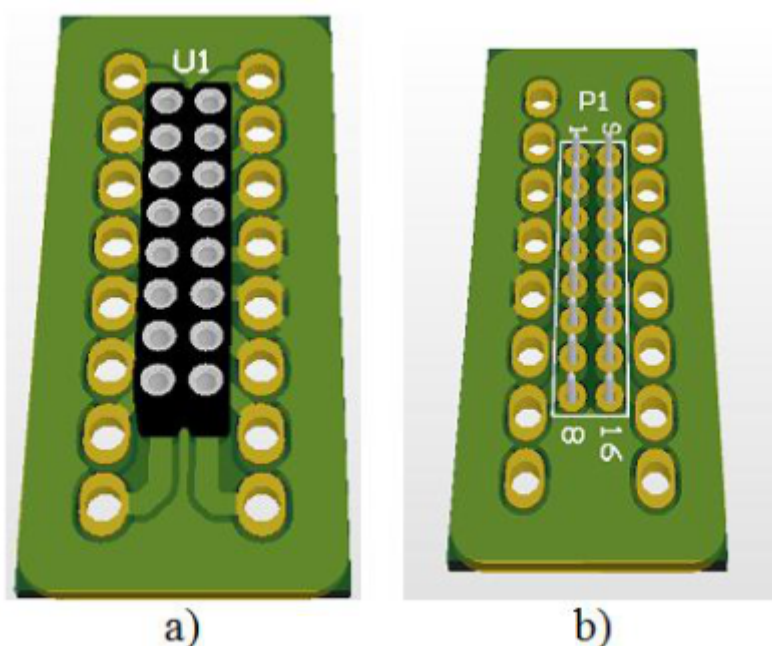
Jedným z nie menej podstatných častí palubného počítača sú ovládacie prvky. Ovládacie prvky palubného počítača tvoria rozhranie medzi užívateľom a automobilom. Podmienky pre elektronické systémy prevádzkované v automobile vyžadujú presné, rýchle a intuitívne ovládanie. Ovládanie musí byť dost robustné na používateľove zaobchádzanie pri plnom sústredení sa na vozovku, nesmie byť však necitlivé na vydané pokyny, čo v konečnom dôsledku môže spôsobovať odvádzanie pozornosti od vedenia vozidla. Palubný počítač s LCD displejom je najvhodnejšie zabudovať do interiéru vozidla, čo však predstavuje komplikované, zdĺhavé a finančne náročné operácie. Kvôli nutnosti fyzického prepojenia palubného počítača s LCD displejom a diagnostického konektora vozidla bol zvolený prístup k bezdrôtovému prepojeniu palubného počítača k zobrazovacej jednotke jednoducho umiestniteľnej na ľubovoľnom

mieste v interiéri vozidla.

Palubný počítač s Bluetooth modulom

Realizovaním palubného počítača s Bluetooth modulom sa eliminuje niekoľko problémov, ktoré by bolo potrebné riešiť pri verzii palubného počítača s LCD displejom. Zobrazovaciu jednotku takéhoto zariadenia môže tvoriť akékoľvek zariadenie s podporou bezdrôtovej technológie Bluetooth. Vďaka plne programovateľnému mikroprocesoru ATmega324PA s množstvom periférií je možné vytvoriť základ palubného počítača na akékoľvek vozidlo s ľubovoľnou možnosťou interpretácie získavaných dát.

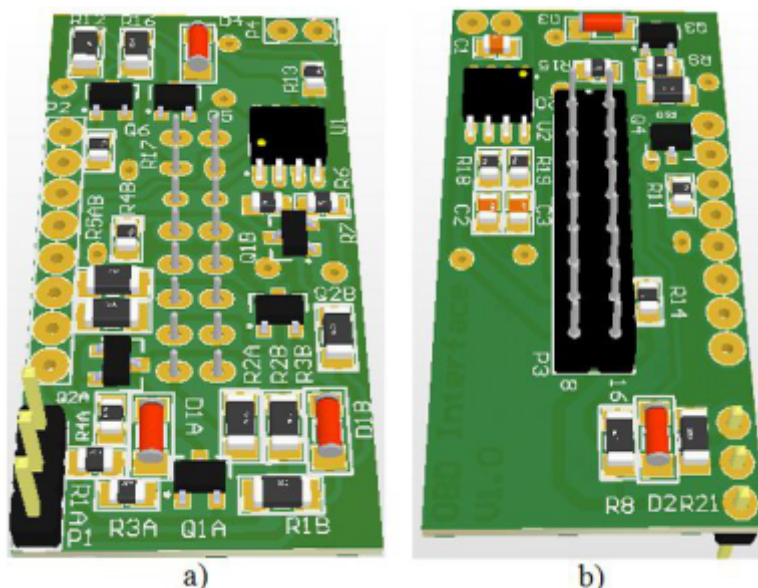
Minimalizáciu rozmerov je možné doceliť návrhom viacerých menších dosiek naskladaných nad sebou. Výhodou tejto koncepcie je možnosť budúcich vylepšení jednotlivých dosiek nezávisle na sebe. Prípadné opravy a testovanie samostatných dosiek je omnoho jednoduchšie ako pri návrhu s jednou veľkou DPS. Prepájacia doska predstavuje vstupný prvok, ktorý tvorí prepojenie medzi diagnostickým konektorom vozidla a jednotlivými doskami palubného počítača. Prepájacia doska zároveň slúži ako redukcia z neštandardného rozmeru vývodov konektora systému OBD2 na dutinkovú lištu so štandardným rozstupom vývodov 2,54mm.



Obr. 3 3D model prepájacej dosky s konektorom systému OBD2: a) vrchná strana, b) spodná strana

Doska s komunikačnými obvodmi obsahuje rozhrania pre komunikačné protokoly bežne používané v automobiloch s diagnostickým konektorom OBD2. Zmenšenie rozmerov celkového zariadenia je dosiahnuteľné zlúčením tejto dosky s doskou o stupeň vyššie (mikroprocesorová doska, doska s Bluetooth). Zlúčením však treba zvyšovať triedu presnosti (zvýšenie nákladov na výrobu) alebo znižovať komplexnosť dosky s komunikačnými obvodmi na akceptovateľné minimum (zníženie funkcionality). Bloky komunikačných protokolov sú rozdelené na základe podobností štandardov, ktoré ich popisujú. Štandard SAE J1850 tvorí jeden blok pre komunikačné protokoly SAE J1850 VPW a PWM, ktoré sa pripájajú na kolíky č. 2 a 10. Blok štandardu ISO

spája na seba nadväzujúce protokoly ISO 9141-2 a 14230-4 pripojené na kolíky č. 7 a 15. Samostatný blok je vyčlenený pre transceiver CAN zbernice, ktorého vstup je pripojený na hardvérový UART mikroprocesora na zabezpečenie spoľahlivej komunikácie vyššími prenosovými rýchlosťami.

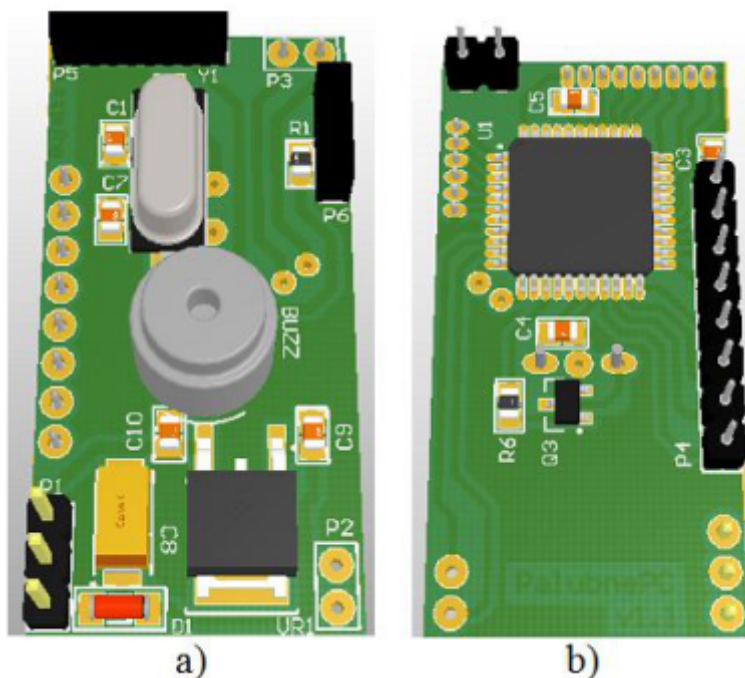


Obr. 4 3D model dosky s komunikačnými obvodmi: a) vrchná strana, b) spodná strana

Mikroprocesorová doska

Základná výpočtová jednotka palubného počítača je tvorená mikroprocesorovou doskou, kde sa spracovávajú, uchovávajú a vyhodnocujú zaznamenané parametre automobilu. Vstupom napájacieho napätia je trojkoľiková lišta vedúca od najnižšej úrovne tvorenú doskou s komunikačnými obvodmi až po najvyššiu úroveň zakončenú doskou s Bluetooth modulom. Napätie z palubnej siete automobilu sa privádza cez ochrannú diódu na filtračné kondenzátory paralelne zapojené so zemou. Tantalový SMD kondenzátor s vyššou kapacitou slúži ako filter nižších frekvenčných zložiek a keramický SMD kondenzátor s nižšou kapacitou filtruje vyššie zložky frekvenčného spektra. Filtrované napätie vstupuje do stabilizátora napätia s výstupom 5 V, ktorý napája celé zariadenie s touto napäťovou úrovňou cez kolíkovú lištu.

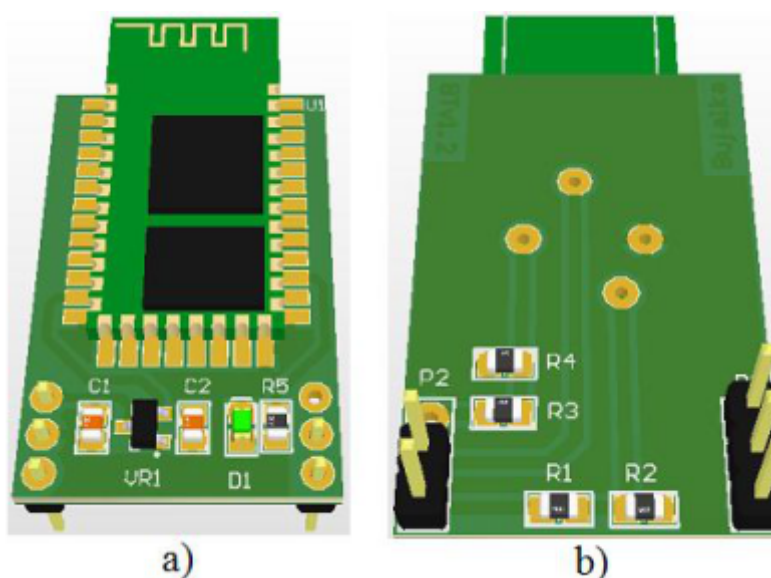
Mikroprocesorová doska obsahuje mikroprocesor ATmega324PA so základným zapojením s externým zdrojom časovania, tvorený kryštálom s frekvenciou 14,7456MHz. Mikroprocesor sa programuje priamo v obvode pomocou ISP programátora cez SPI rozhranie. Vývody použité na programovanie môžu slúžiť zároveň ako vstupy pre rotačný enkodér. Povinnou súčasťou každej dosky sú prepojenia medzi jednotlivými úrovňami. Mikroprocesorová doska obsahuje prepojenie na komunikáciu s Bluetooth modulom o úroveň vyššie, rovnako ako na CAN transceiver o úroveň nižšie. Tieto prepojenia vedú na hardvérové sériové rozhrania mikroprocesora. Hlavným vstupno/výstupným prepojením s doskou komunikačných obvodov je osem kolíková lišta, ktorá prepája jednotlivé komunikačné bloky s mikroprocesorom. Voliteľnými zariadeniami na DPS sú spolu s obvodom piezoelektrického bzučiaka aj výstupy pre znakový displej, ktoré však môžu slúžiť na ľubovoľné použitie. Jedným z výstupov je 8-bitový PWM výstup primárne určený na reguláciu intenzity podsvietenia LCD displeja.



Obr. 5 3D model mikroprocesorovej dosky: a) vrchná strana, b) spodná strana

Doska s Bluetooth modulom

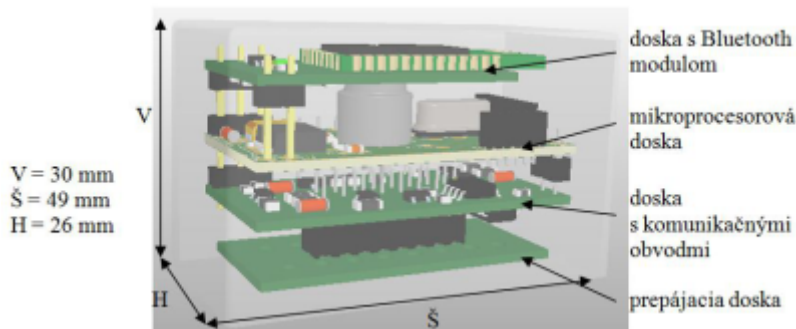
Navrhnutá doska sa používa na komunikáciu s externými zariadeniami, ktoré dokážu interpretovať údaje vysielané z palubného počítača na svojej zobrazovacej jednotke. Externými zariadeniami môžu byť všetky zariadenia podporujúce rozhranie Bluetooth a sú schopné prijímať a vysielat' potrebné príkazy kompatibilné s OBD2 komunikačnými protokolmi. Pri použití dosky s Bluetooth modulom sa tak navrhnutý palubný počítač správa ako správca komunikačnej zbernice automobilu, kde si užívateľ na externom zariadení zvolí požadované údaje na zobrazenie. Doska s Bluetooth modulom obsahuje LDO (Low Dropout) stabilizátor napätia na 3,3 V, ktoré je potrebné pre napájanie Bluetooth modulu HC-06. Napätovú úroveň prijímaného signálu z modulu mikroprocesora cez kolíkovú lištu je nutné tak isto stabilizovať na 3,3 V.



Obr. 6 Zobrazenie 3D modelu Bluetooth modulu: a) vrchná strana, b) spodná strana

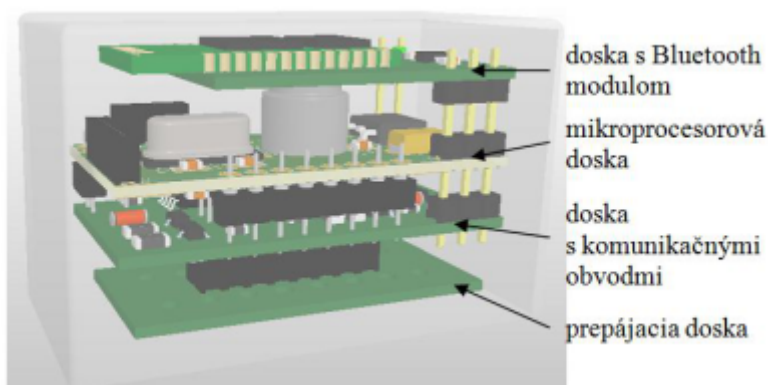
Spojenie jednotlivých dosiek palubného počítača

Navrhnuté DPS palubného počítača s Bluetooth modulom boli pospájané do jedného celku, tak aby sa zmestili do krabičky s rozmermi: V (výška) = 30 mm, Š (šírka) = 49 mm, H (hĺbka) = 26 mm.



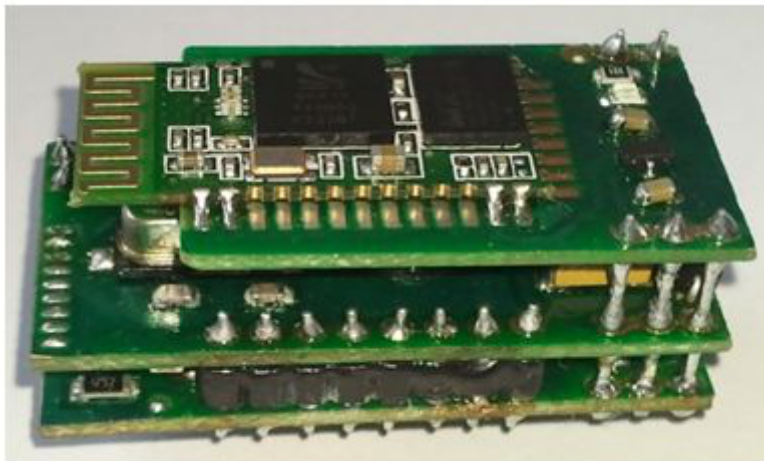
Obr. 7 3D model spojených dosiek palubného počítača s Bluetooth modulom - pohľad č.1

Jednotlivé dosky sú pospájané v rôznych miestach DPS pre zvýšenie odolnosti voči vibráciám. Prvým spojením medzi doskami predstavuje precízna dvojradová dutinková lišta so 16 dutinkami. Tento rozoberateľný spoj je dostatočne odolný voči pôsobiacim silám z okolia. Dutinková lišta spája prepájaciu dosku a dosku s komunikačnými obvodmi. Nasledujúce prepojenie tvorí trojkolíkova lišta napájania. Takéto prepojenie tvorí nerozoberateľný spoj, keďže kolíky sú prispájkované na každej doske z oboch strán. Spojenie medzi doskou s komunikačnými obvodmi a mikroprocesorovou doskou dopĺňajú osem a dvojkolíkove lišty rozmiestnené po obvode.



Obr. 8 3D model spojených dosiek palubného počítača s Bluetooth modulom - pohľad č.2

Posledné spojenie je medzi mikroprocesorovou doskou a doskou s Bluetooth modulom realizované pomocou dvojkolíkovej lišty na protiláhlej strane ako lišta napájania. Doska je zo spodnej strany podopieraná piezoelektrickým bzučiacom, v inom prípade by bolo potrebné prepojiť dosky z voľného konca DPS pre zamedzenie vibráciám.

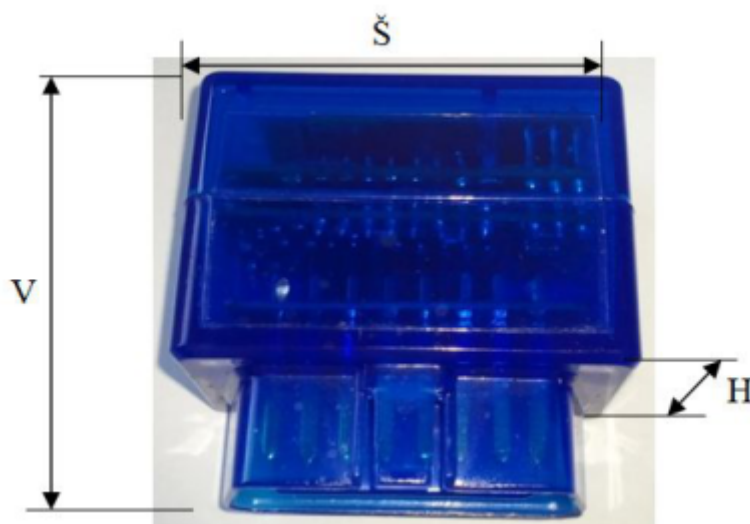


Obr. 9 Pospájané dosky palubného počítača s Bluetooth modulom

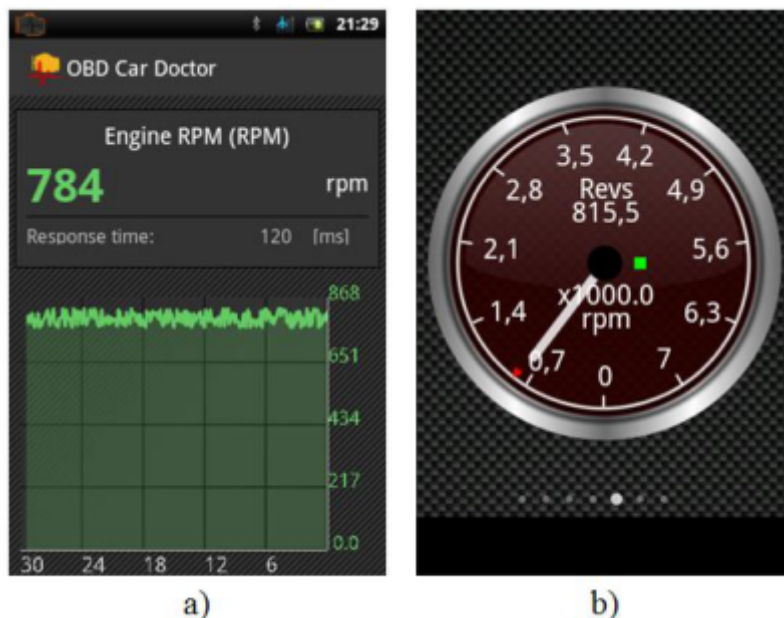
Prispájkovaním prepájacej dosky k vývodom krabičky vznikne stabilná základňa pre pospájané dosky palubného počítača. Spojením oboch častí vznikne palubný počítač. Pre využitie funkcií takéhoto hardvéru je potrebné implementovať softvér a bezdrôtovo pripojiť ľubovoľné zobrazovacie zariadenie s OS (operačný systém) Android s nainštalovanou aplikáciou pre interpretáciu prijímaných parametrov z automobilu.



Obr. 10 Palubný počítač na báze OBD2 (otvorený kryt)



Obr. 11 Palubný počítač na báze OBD2 (celkové rozmery (VxŠxH): 46 x 49 x 26 mm)



Obr. 12 Reprézentácia otáčok motora v rôznych aplikáciách OS Android: a)OBd Car Doctor, b)Torque Lite (OBD2 & Car)

Záver

Navrhnutý palubný počítač na báze OBD2 je súčasťou systému na diagnostiku a zobrazovania prevádzkových parametrov automobilu. Systém tvorí palubný počítač s Bluetooth modulom a kompatibilné mobilné zariadenie podporujúce rovnakú bezdrôtovú technológiu prenosu dát. Zariadenie interpretuje prijímané parametre z automobilu na dotykovom grafickom displeji vo forme grafov, analógových ciferníkov alebo číselnou hodnotou. Takýto palubný počítač tak vytvára finančne výhodnejšiu náhradu originálneho zariadenia v automobile, prípadne môže doplniť výbavu staršieho automobilu s kompatibilným komunikačným protokolom diagnostického systému OBD2. Prevádzkové parametre automobilu sú zobrazované s minimálnym časovým oneskorením.

Klasické funkcie palubného počítača ako je napríklad aktuálna a priemerná spotreba paliva, teplota nasávaného vzduchu je možné jednoducho doplniť o kompletnú diagnostiku s interpretáciou chybových kódov. Testovaním navrhutej verzie palubného počítača s Bluetooth modulom sa objavili možnosti vylepšenia funkcionality a konštrukčného vyhotovenia. Vylepšením funkcionality je napríklad zabezpečenie kompatibility pre ostatné komunikačné protokoly diagnostického systému OBD2, konštrukcia zariadenia s vyššou hustotou integrácie a zníženie energetických nárokov na prevádzku zariadenia.

Podakovanie



Tento článok bol vypracovaný s podporou projektu Vývoj unikátneho nízkoenergetického statického zdroja pre elektrosystémy, ITMS 26220220029, ktorý je spolufinancovaný zo štrukturálneho fondu EÚ ERDF v rámci výzvy OPV a V-2008/2.2/01-SORO a prioritnej osi

2 Podpora výskumu a vývoja.

Použitá literatúra

1. VW's pre-service diagnosis. In: Commercial Motor. 17.10.1969, s. 42. Dostupné na internete:
<http://archive.commercialmotor.com/article/17th-october-1969/42/vws-pre-service-diagnosis>
2. RILEY, Michael: In-Vehicle Computer Networks [online] 2003, Dostupné na internete:
http://www.avt-hq.com/brief_notes.pdf
3. KIRSCH, T. Michael: The role of Diagnostic Trouble Codes. In: Technical Support to the National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) on the Reported Toyota Motor Corporation (TMC) Unintended Acceleration (UA) Investigation, 2011, s. 62.
4. THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL: 98/69/EC. Smernica. Publikované: 13.10.1998
5. Environmental Protection Agency :Control of Air Pollution From New Motor Vehicles and New Motor Vehicle Engines, Publikované: 20.12.2005 s. 75403-75411. Dostupné na internete:
<http://www.epa.gov/fedrgstr/EPA-AIR/2005/December/Day-20/a23669.htm>
6. SAE J1962:2002, Diagnostic Connector
7. ISO 15765-4:2005, Road vehicles - Diagnostics on Controller Area Networks (CAN) - Part 4: Requirements for emission-related systems
8. ISO 15031-5:2006, Road vehicles - Communication between vehicle and external equipment for emissions-related diagnostics - Part 5: Emissions-related diagnostic services
9. ISO 14230-1:1999, Road vehicles - Diagnostic systems - Keyword Protocol 2000 - Part 1: Physical Layer
10. ISO 14230-3:1996, Road vehicles - Diagnostic systems - Keyword Protocol 2000 - Part 2: Data Link Layer
11. ISO 14230-3:1996, Road vehicles - Diagnostic systems - Keyword Protocol 2000 - Part 3: Implementation
12. ISO 14230-4:2000, Road vehicles - Diagnostic systems - Keyword Protocol 2000 - Part 4: Requirements for emission-related systems
13. ISO 9141-2:1994, Road vehicles - Diagnostic systems - Part 2: CARB requirements for interchange of digital information
14. Volkswagen, Group of America : K-line Communication Description. [online] 2010, Dostupné na internete:
http://www.obdclearinghouse.com/index.php?body=get_file&id=1343
15. OLIVER, D. John; Intel Corporation - Implementing the J1850 Protocol. [online] 2013, Dostupné na internete:
[http://www.w.systemconnection.com/downloads/PDFs/OBD-IIJ1850Whitepaper.pdf](http://www.systemconnection.com/downloads/PDFs/OBD-IIJ1850Whitepaper.pdf)
16. ScanTool.net, Female diagnostic connector J1962f OBD2. [online] 2004, Dostupné na internete:
http://www.scantool.net/images/diagrams/j1962f_type_a.gif

Spoluautorom článku je Ing. Pavol Cabúk, PhD., Katedra technológií v elektronike, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Technická Univerzita v Košiciach.
