

Ambiens intelligencia a közutakon

CSÁK BENCE

Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közalapítvány, Ipari Kommunikációs Technológiai Intézet, Aml Csoport
csak@ikti.hu

Kulcsszavak: közlekedés, elektronikus vezérlő egység, ambiens intelligencia, WLAN

Egy ország gazdasági fejlettségének egyik fokmérője az egy főre jutó személy-, illetve haszongépjárművek száma. A személygépkocsi az itteni életforma egyik szimbóluma, míg a haszongépjárművek elterjedtsége jól mutatja, milyen gazdasági erő lüktet. Ezen országokban a munkaerő és az áruk mobilitása alapkövetelmény. Egy ország járműparkja azonban nem csak büszkeségre adhat okot, hanem komoly probléma is, mivel ezek nagy száma pont a saját mozgásukat akadályozza. A közúti balesetek döntő többségét emberi hiba okozza ugyan, de a „hibaforrást” nem lehet kiiktatni. Az Ambiens Intelligencia (Aml) eszköztára erre ad új megközelítést. Olyan rendszerek tartoznak ide, melyek az ember számára nem feltétlenül és közvetlenül érzékelhetőek, de segítségükkel egyszerűbbé, biztonságosabbá válik az élet.

1. Aml-fejlesztések a BZAKK-nál

A Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közalapítványnál (BZAKK) 2004 decemberében egy új kutatócsoport jött létre azzal a céllal, hogy az Ambiens Intelligencia (Aml) témakörébe tartozó kutatásokat és fejlesztéseket végezzen autópálya-súlyponttal.

A csoport négy alkalmazást dolgoz ki 3 év alatt, melyek közvetve, vagy közvetlenül be kell kerülnenek a közlekedés mindennapjaiba a következő években:

- ad-hoc tempomat
- ráfutás elkerülő rendszer
- intelligens buszmegálló (busz és megálló egység)
- Aml-vel segített vezetés

A felsoroltak közül a második kivételével (ahol csak szimuláció készül) mindegyik gyakorlati alkalmazás, de az elkészülő apparátus segítségével a szimulációt segítő mérések is készülnek majd.

1.1. Ad-hoc tempomat

Az egyszerű tempomat egy olyan sebességszabályozó rendszer, melynek első verziói még a 60-as 70-es években jelentek meg főleg Észak-Amerikában és arra való, hogy a jármű sebességét a vezető által megadott értéken tartsa. A működésből adódóan ez csak egyenes forgalom mellett, főleg autópályán használható zavartalanul.

A tempomat következő változata az ACC (Adaptive Cruise Control), mely ugyan szintén egy, a vezető által meghatározott sebességet tart, de a hozzátartozó radar segítségével fel tudja térképezni az együtt közlekedő járműveket és ezekhez alkalmazkodva képes lassítani, gyorsítani. Természetesen a felelősség itt is a vezetőé, de egy magasabb szintű szolgáltatást kap.

Ezen rendszer nagyon jól megfelel az Európa zsúfolt útjain található vezetési körülményeknek, de a radar előállítási költségei miatt nem nagyon tud tért hódítani. Az ad-hoc tempomat szintén feltérképezi a környe-

zetét, de nem radar, hanem GPS és digitális rádió segítségével. Ezek az eszközök lényegesen olcsóbbak a radarnál és a tendencia egyértelműen látszik, hogy ezek – akárha más okból is, – megtalálhatók lesznek a közeli jövő járművein.

Az ad-hoc tempomat tehát méri saját helyzetét és sebességvektorát a GPS (vagy Galileo) segítségével és megosztja ezeket a rádiója hatósugarában található más járművekkel. Ilyen módon minden jármű „látja” a környezetét és képes lesz nem csak egyszerűen alkalmazkodni, de a rádió segítségével hatni is a körülötte közlekedőkre. Nem feltétlenül szükséges, hogy minden közlekedőnek legyen ilyen tempomatja, mivel a rendszer egyrészt a környező, felszerelt járművekhez viszonyítja magát, másrészt a nem felszerelt járművek a kialakuló rend miatt nagy valószínűséggel felveszik a környezetük tempóját.

Minden komfortelektronikára igaz, hogy a felelősség a jármű vezetőjénél marad. Az ad-hoc tempomat nem tökéletes megoldás, de a költségeihez képest elég jó, így létjogosultsága megalapozott.

1.2. Ráfutást elkerülő rendszer

A ráfutás elkerülő rendszer feladata, hogy figyelemzetéssel és esetleg akár beavatkozással segítse a vezetőt ráfutásos balesetek elkerülésében. Az ilyen balesetek lényege, hogy egy rosszul belátható útszakaszra valamilyen tárgy (lehullott rakomány, műszaki hibás vagy balesetes jármű) kerül, melyet az odaérkező járművek vezetői csak féktávolságon belül érzékelnek és beleütköznek.

Az ilyen helyzetek egy részét el lehet kerülni az ACC segítségével is, amennyiben a radar alapú érzékelés lehetséges (pl. köd, tarlóút füstje). Ha azonban a balesetet okozó tárgy valamilyen radarsugarak által áthatolhatatlan akadály mögött van (például beláthatatlan útkanyarulat, bukkanó), akkor más alapokra kell helyezni a működést.

Az előző szakaszban leírt ad-hoc tempomat apparátusa itt is megoldást nyújthat. Ha egy jármű lassulása a fékezéssel elérhetőnél magasabb értéket mutat, vagy aktivizálódik a légzsák, akkor a ráfutás elkerülő rendszer digitális rádióüzenetben közli a környezetével a jármű helyzetét és eredeti sebességvektorát. A közeledő járművek hasonló rendszerei figyelmeztetik a vezetőket, hogy a közelben baleset van, érdemes lassítani. További lehetőség, hogy ezen járművek továbbítják is az üzenetet a messzebb levőknek, így akár több kilométerre is eljuthat a figyelmeztetés.

1.3. Intelligens buszmegálló

Az intelligens buszmegálló feladata a dinamikus utastájékoztató. A buszmegálló műholdas helymeghatározás, vagy betanítás útján ismeri pontos helyzetét és digitális rádiója segítségével kb. 1 km-es környezetében mozgó buszok üzeneteit figyeli. A járatok pár másodpercenként közlik helyzetüket és sebességüket, valamint a járatszámukat. Az érintett buszmegálló a hozzá közeledő buszok távolságából és sebességéből kiszámolja annak várható beérkezési idejét, majd ezt szintetizált emberi hangon közli a várakozó utasokkal. A beérkezési idő becslése koránt sem egyszerű feladat, így szükséges, hogy a buszmegálló képes legyen „tanulni” és annak alapján a becslését javítani.

1.4. Aml-vel segített vezetés

Az Aml-vel segített vezetés igen tág fogalom. Itt azt kell érteni, hogy a járművezető vizuális leterheltsége oly módon csökkenthető, hogy bizonyos jármű-, illetve vezetési paramétereikről nem jelzőfény, vagy mutatóállás segítségével kap értesítést, hanem szintetizált emberi hangon. Ez a hang/szöveg a paramétertől és a súlyosságtól függően változhat nemében, magasságában, tempójában vagy akár megfogalmazásában. Egy ilyen „megjelenítő rendszer” akkor igazán hasznos, ha bármilyen egyéb járműrendszer hozzá tud kapcsolódni és szöveget tud neki küldeni.

2. Hardver követelmények a vezérlőegységgel szemben

Az ismertett alkalmazások megvalósítására a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közalapítványnál sikerült közös megoldást találni egyetlen alkalmazás-orientált elektronikus vezérlőegység (Electronic Control Unit, ECU) specifikálásával.

A vezérlőegységgel szemben támasztott követelmények sorából az alábbiakban felsorolunk néhányat.

Az alkalmazási környezetből adódóan meg kell feleljen alapvető autóipari követelményeknek. Működési hőmérséklet tartomány: $-40^{\circ}\text{C} \dots +85^{\circ}\text{C}$, kényszerhűtés nem megengedett. Rázásállóság mind alkatrész, mind felépítés szinten és csatlakozók vonatkozásában is. Ez azt jelenti, hogy az ECU-n nem lehetnek gyenge mechanikai felépítésű alkatrészek, vagy olyanok, melyek tömege és súlypontjának helyzete a használat során

túlzott terhelést jelentene a forrasztásokra. A csatlakozók nem rázódnak ki a helyükről és a rázkódás nem okozhatja kopásukat, törésüket, meghibásodásukat. A több áramköri panelből, csatlakozók segítségével felépített egységek nagyon esendőek, így a monolitikus felépítés a megfelelő.

Az áramkör zavartűrése és zavarkibocsátása mind vezetett, mind sugárzott zavarok vonatkozásában szintén megfelelési kritérium. Az egységnek széles tápfeszültség tartományban kell működni ($8 \dots 15$ V személy-, illetve $14 \dots 30$ V haszongépjármű esetén, de optimálisan $8 \dots 30$ V). Ki kell bírnia a fordított polaritással való bekötést, az emberi érintésből vagy más tárgytól származó elektrosztatikus kisüléseket és stabilan működni kell az önindító által keltett feszültséglökések mellett.

Az ellátandó feladatokkal kapcsolatos architektúrais elvárásokkal kapcsolatban a legfontosabbak a következők:

A számításgényes feladatok (tanuló algoritmusok, gyors szabályzások, lebegőpontos számítások, beszédgenerálás stb.) megkívánják, hogy az ECU sok tíz MIPS számítási teljesítménnyel bírjon. Ez PC környezetben nem tűnik nagynak, de beágyazott rendszereknél azért már felső kategóriát jelent. A számítások és a programtárolás memóriaigénye 1 MB feletti RAM-ot és 5 MB feletti ROM-ot tesz szükségessé. Ezen felül kell még 2-64 kB nem felejtő, újraírható memória a paraméterek és a hibapló tárolásához.

A beszédgenerálás következménye, hogy legalább egy line-out kimenet álljon rendelkezésre, de célszerű egy 1 W-os audio erősítő felépítése a vezérlőegységen, hogy kis hangerő-igény esetén ne legyen szükség még egy külső erősítőre is.

Mivel az ECU-nak minden alkalmazásban kommunikálnia kell – néhányban akár több módon is – különböző kommunikációs képességekre van szükség. A legfontosabb a digitális rádiókommunikáció. Digitális adatokat kell minél nagyobb távolságra eljuttatni szabad felhasználású frekvencia tartományban. Ez a kritérium a 21. század elején komoly gondot okoz, mivel a szabad felhasználású sávok száma csekély, kapacitásuk korlátos és éppen a szabad felhasználás miatt a kisugárzott teljesítmény olyan csekély kell legyen, hogy 1 km-nél messzebb gyakorlatilag lehetetlen a forgalmazás. Ezen sávok az ISM nevet viselik (industrial, scientific and medical) és eredetileg ezen területek nemcsak rádiós felhasználására szánták, ám végül e sávokban (pl 433 MHz, 866 MHz, 2.4 GHz, 5 GHz) működnek a riasztó távirányítók, a zsinór nélküli telefonok, a drótnélküli számítógépes hálózatok és hasonlóak.

A különböző szabványok tulajdonságai alapján a feladatkörnek legjobban az IEEE 802.11b és g szabványok felelnek meg, melyek alkatrész támogatottsága is elfogadhatónak mondható és éppen ezen támogatottság miatt elterjedtségük is meggyőző. (A közlekedési alkalmazások rádiós támogatására a világ sajnálatosan eléggé felkészületlen, így a választék gyakorlatilag ezen két szabványra korlátozódik egyelőre, míg a 802.11p valóban gyakorlatba nem kerül.)

Az ECU-nak a vezetékes kommunikáció területén is fel kell mutatnia további erőnyeket. A más fedélzeti vezérlőkkel való kapcsolathoz nélkülözhetetlen az autóiparban igen elterjedt CAN kommunikáció, de általános célokra (diagnosztika, billentyűzet) elterjedtsége miatt az RS232 szabvány támogatása is kívánatos.

Beágyazott rendszereknél mindig „jól jön” néhány analóg, vagy digitális ki-, illetve bemeneti csatorna. A megrendelők gyakran kérnek még néhány előre nem látott kiegészítő funkciót, melyeket az ilyen tartákokkal le lehet fedni. A digitális kimenetek egy része legalább képes kell legyen 1-2 A-es terhelés folyamatos meghajtására. További elvárás, hogy ezek némelyikét a processzor PWM (Pulse Width Modulation) kimenetként is tudja használni.

3. Hardvervásárlás vagy -fejlesztés

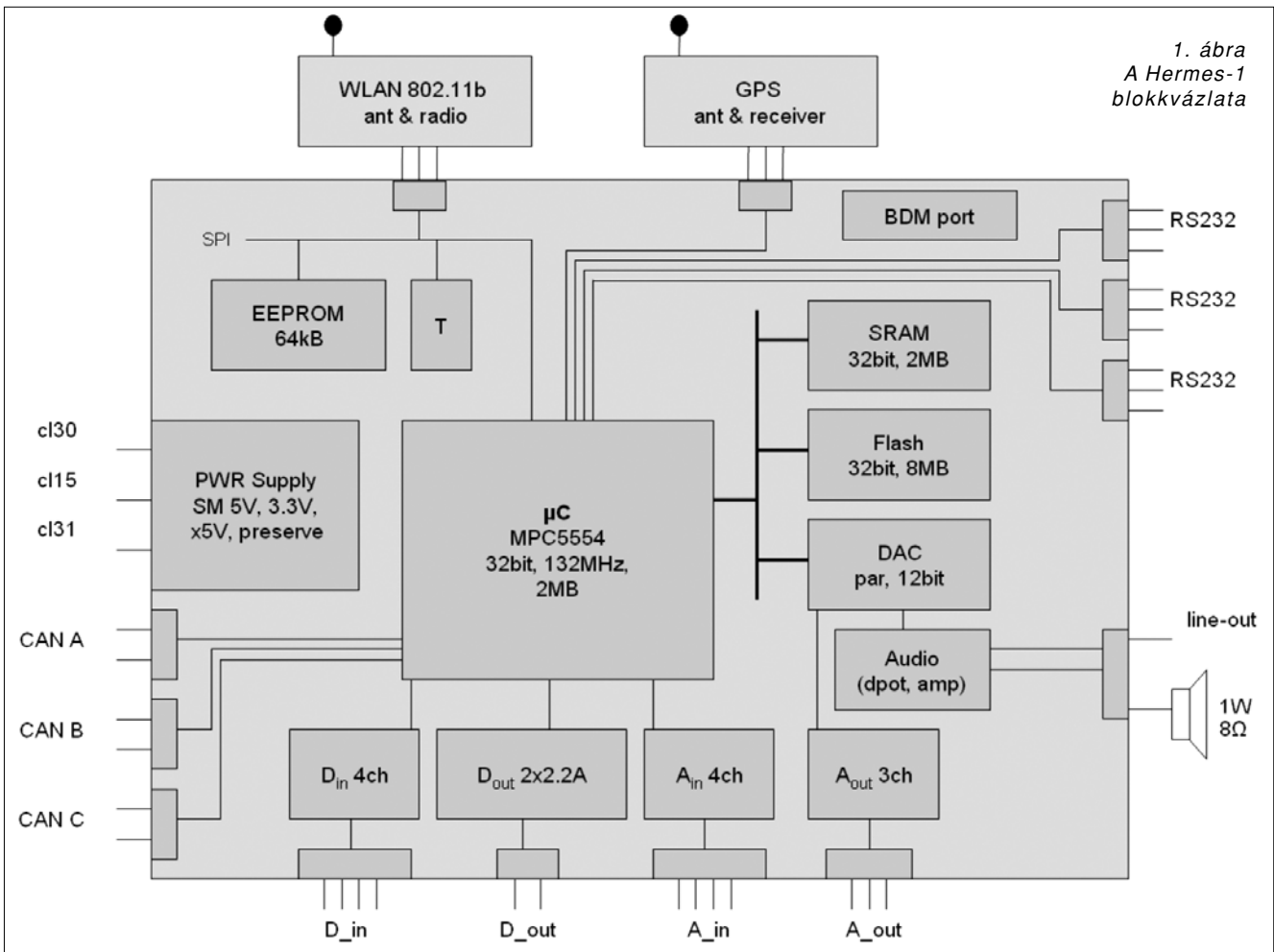
A felsorolt követelmények azt az alapkérdést is rögtön eldöntik, hogy piaci eszközzel, vagy saját fejlesztésű hardverrel kell megoldani a feladatot.

A piacok egy jelentős részét a PC-alapú megoldások jelentik. Ezek előnye a nagy számítási teljesítmény, a jól ismert és támogatott fejlesztői környezet és az illeszthető perifériák sokfélesége. A hátrány a gyakran erősen korlátozott működési hőmérsékleti tartomány (pl.

0°C...+40°C), esetenként a kötelező kényszerhűtés és a monolit felépítés lehetetlensége (az összes kívánt periféria nem található meg egy panelen és a tápegység is külön áll). Ha a piacon kapható megoldások közül a nem PC-alapúakat tekintjük (ezek főleg különböző mikrovezérlők fejlesztői próbakártyái csekély mennyiségű perifériával), akkor cserében a szélesebb hőmérséklet tartományért gyakran le kell mondani a komolyabb számítási teljesítményről, a kívánt méretű memóriáról, a választható perifériák sokféleségéről és ezek ipari kivitelű csatlakoztathóságáról. A tápegység kérdése itt is további probléma, mivel az gyakorlatilag nem kapható a kívánt paraméterekkel, s ha valahogy szert teszünk egy ilyenre, az akkor is egy különálló egység lesz.

Saját fejlesztésű hardver esetén – természetesen megfelelő munkaáldozat árán – az egész vezérlőegység minden tulajdonsága kézben tartható. Az alkatrészek kiválasztása, alkalmazása, elrendezése mind az adott feladatnak vannak alárendelve. A vezérlőegység egyetlen áramköri lapon valósul meg, beleértve a tápegységét is. Az eredmény egy optimális alakú, minimális méretű kompakt áramkör.

A Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Alapítványnál a saját fejlesztésű vezérlőegység használata lett a követett megoldás. A vezérlőegység a Hermes-1 nevet viseli. Nagyobb termetű öccse (Hermes-2) a képfeldolgozás terén fog komolyabb lehetőségekkel kiegészülni.



1. ábra
A Hermes-1 blokkvázlata

4. A Hermes-1 vezérlőegység

4.1 Követelmények

A saját fejlesztés melletti döntést követően került sor a részletesebb specifikálásra. Az előző oldali, 1. ábrán látható az ennek eredményeként elkészült blokkvázlat.

A követelmények alapján a vezérlőegység specifikált processzora a Freescale MPC 5554 lett. Ezt eleve autópári használatra szánták, ott is a nagy számítási igényű alkalmazásokhoz, mint amilyen a motorvezérlés, vagy a fékirányítás. Főbb paraméterei a 132 MHz maximális órafrekvencia, mely akár 132 MIPS számítási teljesítményt is jelenthet, a 32 bites adatszélesség, a 96 kB belső SRAM és a 2 MB belső flash memória. További előnye, hogy 3 különálló CAN protokoll-áramkört integráltak rá és 2 USART egységet, melyeket az RS232 kommunikációhoz lehet könnyen használni. Két külön SPI (Serial Peripheral Interface) busz segíti a szinkron soros kommunikációt és 64 (!) capture/compare egység nyújt széles szolgáltatásokat mindenféle időzítés alapú feladathoz. Ez utóbbiak a processzor sebességével társulva akár azt is lehetővé teszik, hogy egy-egy RS232 porttá alakuljanak.

A processzor belső memóriáit külső áramkörök egészítik ki. Így további 8 MB flash ROM és 2MB SRAM került az ECU-ba. Ezek a 8, 16 és 32 bites elérést is támogatják. Paraméter- és hiba-memóriaként a processzor egyik SPI buszára illesztett soros elérésű 64 kB kapacitású EEPROM került. Ugyanezen SPI buszra csatlakozik egy hőmérő áramkör, mely a vezérlőegység saját hőmérsékletét mérheti és a fejlesztések tesztelési fázisában szolgál fontos adatokkal.

A processzor-buszra került a nagy sebességű 12 bites AD átalakító, melynek 1usec beállási ideje bőven lehetővé teszi a legnagyobb mintavételezési frekvenciák használatát is. A 12 bites adatszélesség nem hi-fi minőség, de az alkalmazások igényeinek megfelel. Az AD átalakító után egy szűrőáramkör, egy digitális potencióméter, valamint egy 1 W-os audio erősítő következik.

A digitális rádió nem szerves része az ECU-nak. Ennek fő oka, hogy az antenna és a vezérlőegység általában külön helyezkedik el és sodort érpárt könnyebb vezetni, mint koaxiális kábelt. Ha az antenna közelében van az általa kiszolgált rádió modul, akkor onnan már sodort érpáron lehet az adatokat az ECU-ba vezetni. A vezérlő egység egy dedikált SPI portot használ a külső antenna modullal való kommunikációra differenciális érpár meghajtó közbeiktatásával. Ez a megoldás a zavarérzékenység csökkentéséhez szükséges.

A GPS modul választás során sikerült egy olyan eszközt találni, melynél az antennába van telepítve az egész modul, így szintén elkerülhető a koaxiális kábel használata. Az integrált GPS antenna modullal RS232 protokollon zajlik a kommunikáció a modul és a vezérlőegység között.

További három RS232 port került a specifikációba, hogy egy billentyűzet és egy intelligens kijelző illesztése után még egy diagnosztikai portja is maradhasson az ECU-nak.

Mivel a processzor három független CAN csatornát támogat, ésszerű ráfordítás mindhárom kihasználása és a vezérlőben így három hozzájuk tartozó fizikai illesztő feléptése.

Három analóg kimenet került specifikálásra, melyek a 0...5 V tartományban mozognak. A feszültségek előállítását a processzorból érkező nagyfrekvenciájú PWM jelek szűrésével történik az egyszerűség kedvéért. A későbbi kísérletek során ilyen analóg kimenettel sikerült jól érthető beszédhangot is létrehozni.

A négy analóg bemenet diszkrét elemekből felépített védőkapcsolásokból áll. A jelek digitalizálása a processzorban történik 12 biten.

A négy digitális bemenet az analóg bemenetekhez hasonlóan került meghatározásra, ám a jelek a processzor capture/compare egységeihez vannak kötve.

A négy digitális kimenet specifikálásánál fontos volt, hogy ne csak mint jelkimeneteket lehessen használni, hanem akár 2 A fogyasztású elektromos eszközök kibekapcsolásához is.

A vezérlőegység tápegységének specifikálásánál, majd tervezésénél számos szempontot kellett szem előtt tartani. A választott mikrovezérlő három tápfeszültséget (1.5 V, 3.3 V, 5 V) igényel, melyek be- és kikapcsoláskor adott rend szerint kell viselkedjenek. Mivel az MPC 5554 képes külső tranzisztor segítségével a 1.5 V tápfeszültség előállítására, csak a 3.3 V és az 5 V előállítása marad külső áramkörökre. Ezek a már említett 8...32 V tartományú bemenetről kell működjének, ami a vezérlőegység ~5 W fogyasztása mellett csak kapcsolóüzemű elvet enged meg.

További elvárás a tápegységgel szemben, hogy állandó bemeneti táplálás mellett, csak a gyújtás ráadásakor kapcsoljon be és a gyújtás elvételekor ne azonnal, hanem a processzor irányítása mellett kapcsoljon csak ki. A kikapcsolt állapothoz tartozó áramfelvétel nem haladhatja meg a 3...5 mA-t.

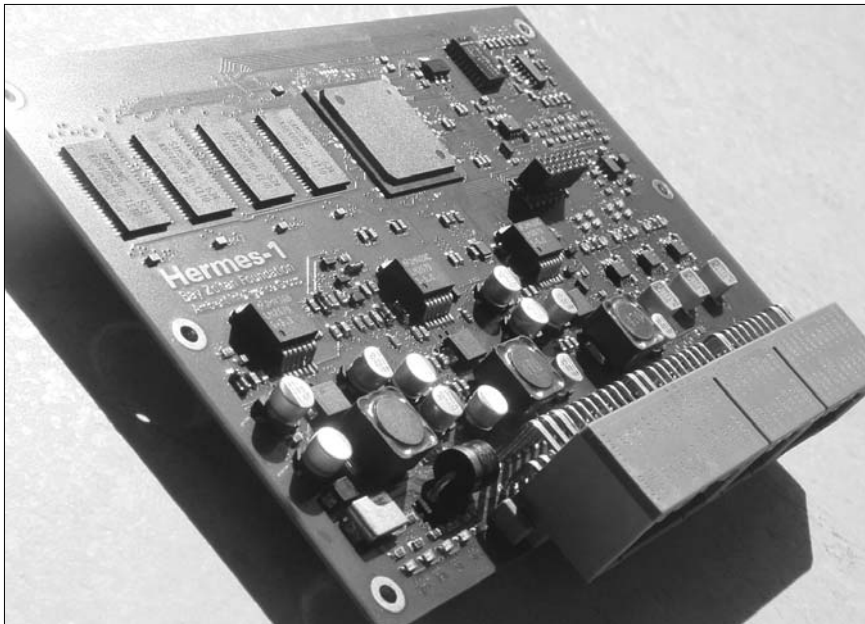
Sok alkalmazásnál van szükség külső modulok táplálására (mint esetünkben a WLAN antenna modul, illetve a GPS modul), így a specifikáció része lett még egy 5 V, 1 A kimenetű kapcsolóüzemű tápegység.

4.2. Megvalósulás

A Hermes-1 megtervezéséhez komolyabb CAD rendszerre volt szükség, mivel például az MPC5554 416 lábú BGA tokozásban kapható, melyben a forraszlabdák átmérője 0,5 mm és ezek 1 mm-es rácsba szerveződnek. A processzor tokozása már önmagában is indokoltá teszi a 4, de inkább 6 rétegű nyomtatott huzalozást, ám a 32 bites cím- és adatbuszok ezt csak megerősítik.

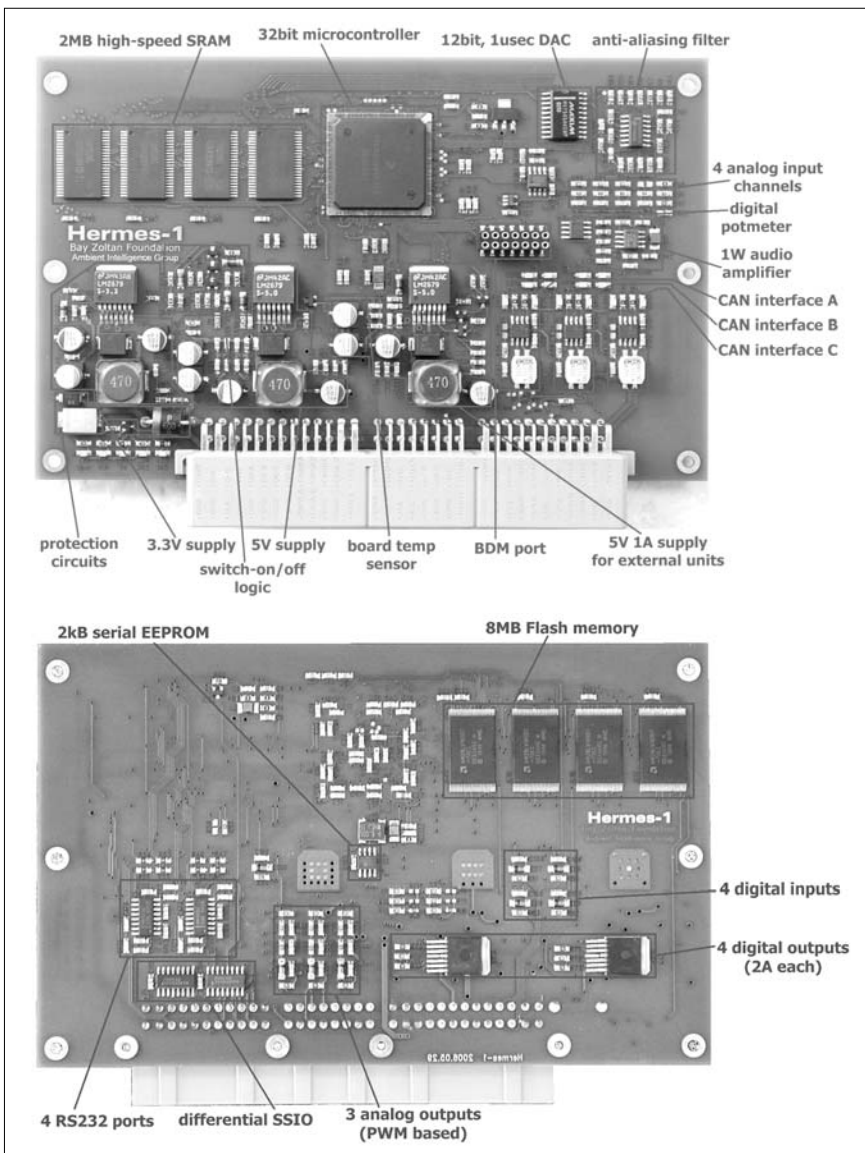
A 174 mm x 112 mm területen 291 alkatrész került az alkatrész- és 163 alkatrész a forrasztási oldalra. Ezek között 1364 összeköttetés van, melyet – a földelések nélkül – összesen 5 méternyi vezetékvezetés valósít meg. Összesen 1879 forrasztás van a vezérlőegységben, melyből 1803 felületszerelt alkatrészt köt be.

A Hermes-1 fényképe a 2. ábrán, az ECU alkatrész-és forrasztásoldala pedig a 3. ábrán látható.



2. ábra A Hermes-1 fényképe

3. ábra Az ECU alkatrész- és forrasztásoldala



5. További lépések

Időközben a Hermes-1 használatával lezajlottak az első mérések az intelligens buszmegállóval kapcsolatban, melyek beigazolták az előzetes méréseket és elképzeléseket. A XI. kerületi Fehérvári úton 200-500 m távolságból sikerült két személyautó között kapcsolatot létesíteni és a feladat szerinti működést produkálni. A végleges alkalmazásban az antennák magasabb és jobb rálátást lehetővé tevő elhelyezése várhatóan jobb eredményeket is ad majd. A vezérlőegység szoftvere pillanatnyilag már minden fő funkciót lehetővé tesz (felderítés, kapcsolatfelvétel, azonosítás, beérkezési idő becslése, beszédgenerálás), de még sok munka van a befejezésig.

Folyamatban van az első tíz darab gyártása, hogy az alkalmazások fejlesztése párhuzamosan és több szempontból (szoftver fejlesztés, rádiós mérések, járműves integráció) folyhasson.

A tervek és a vevőkkel kötött szerződések szerint a vevői tesztesre, illetve próbaüzemre 2007 második harmadában kerül sor.