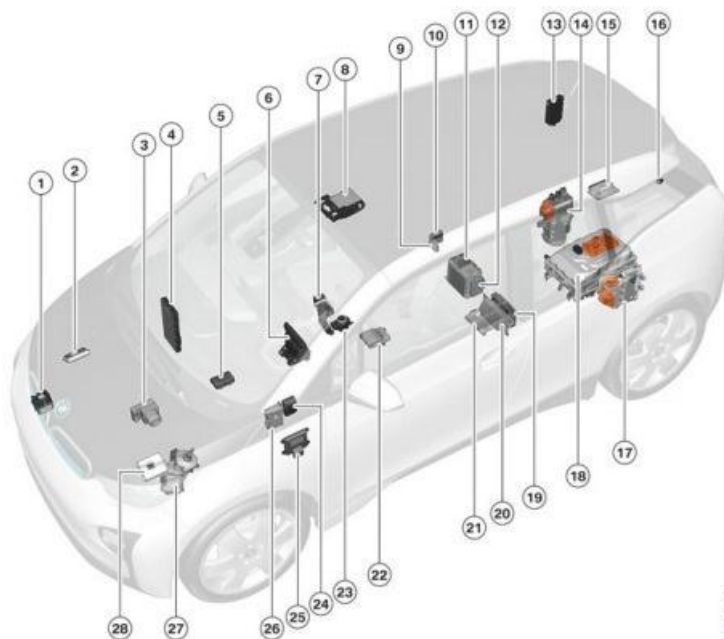


# Mi van egy eCar belsejében?

Amikor jó 25+ éve vezetni tanultam, a tananyag része volt az is, hogy elmagyarázták, hogy is néz ki belülről egy autó. Voltak robbantott rajzok a kor modern autójáról, a *Zsiguliról*; de kis maketteken meg tudták mutatni, hogy néz ki egy félbevágott robbanómotor a fel-le mozgó dugattyúkkal, és hogy működik a kormány-rudazat vagy éppen egy differenciálmű. Persze ma már jó, ha az átlagember annyit tud, melyik oldalon van a üzemanyag-töltőnyílás, és dieselt vagy benzint kell bele tankolni. Persze biztos van pár kíváncsi lélek rajtam kívül is, aki azt is szeretné megtudni, hogy egy eCar belseje mit tartalmaz. Nekik írom ezt a cikket...

Manapság élesen kettészakadt a vevőtájékoztató. A marketing-anyagok és prospektusok feltűnően kerülnek még olyan egyszerű dolgot is, hogy hány amperórás akkumulátor van egy autóban. Inkább körülírják, hogy 200 km megtételére alkalmas az autó akkuja, és ezt 6 óráig tart feltölteni. Múltkor a BMW I3 elektronikák javításakor szerettem volna megtudni, hogy hány voltos az akkurendszer, de vagy fél óra böngészés után feladtam. Aztán tegnap valami bagatell kis apróságot kerestem, és véletlenül rábukkantam egy *Top Secret* kaliberű technikai oktató anyagra. Valószínűleg kapnék a fejemre, ha ebből raknék ki részleteket, így csak vázlat szinten használom az onnan összeszedett dolgokat, és csak olyanokat írok le a továbbiakban, ami az interneten jogi korlátozás nélkül elérhető.

Elsőnek jöjjön egy publikus sematikus ábra, milyen modulok vannak egy eCar belsejében; maradjunk mostani betegmennél, egy BMW I3 REX-nél, annak is egy régebbi US verziójánál.



Mint látható a rajzon, 28 dobozkából áll össze egy eCar; ezek az autó elektromos részei. A fenti rajzon pl. nem látszik a fő hajtómotor a lassító fogaskerék-áttétellel, ahogy a hatótáv-növelő benzinmotor sem látható. Ez a 28 dobozka egy-egy számítógép szinte kivétel nélkül; sőt, némelyik dobozkában 3-4-5 processzor is dolgozik párhuzamosan. Ezek a számítógépek buszokon beszélgetnek egymással; ezek a buszok valójában egyeres – vagy kéteres csavart – vezetékek, melyek azért kapták a „busz” nevet, mert adatokat „utaztatnak”. Az autóknál háromfajta busz terjedt el: a LIN busz, a CAN busz, és annak speciális kiadása, az OBD busz.

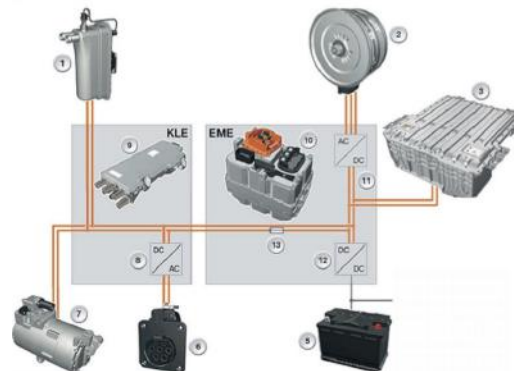
A legegyszerűbb a LIN busz, ami a *Local Interconnect Network* rövidítése, és főleg az eCar szenzorait és egyszerűbb kapcsolóelemeit köti össze a központi egységekkel. TopSecret doksim 34 (!) különféle LIN modult sorol fel, melyeket összesen – ha jól számoltam – 17 db LIN busz köt össze. Zömében különféle apró kis léptetőmotorokat, melyekhez egyszerűbb és olcsóbb egy mikroprocesszort odarakni, és egy vezetéken közölni, hogy fordulj el 15 fokot, semmint 4-6 eres vastag vezetékekkel összekötni valamelyik nagyobb dobozzal.

A komolyabb modulok már CAN buszon beszélgetnek, mely a *Controller Area Network* rövidítése. Szám szerint hárman vannak, a K-CAN, PT-CAN és a D-CAN. Mivel ezek az autó legfontosabb adatait közvetítik, ezért szegmentálva vannak, és így ha az egyik szegmens nem működik, mert mondjuk elszakad egy vezeték, akkor a többi szegmense még tovább él, és egy hibajelzést ad az autóról, hogy kommunikációs hiba van. A K-CAN-nak 3 szegmense van, a PT-CAN-nak már csak kettő, míg a D-CAN, azaz a diagnosztikai CAN már egyben van, hiszen ha ezen át beszélgetnek az autóval, akkor az a szervizben áll a mérőpadon. Ezek a CAN buszok általában 500 kbit/sec sebességgel kommunikálnak, azaz ha át akarom számolni gépelt oldalakra, akkor kb. 50 gépelt A/4-es oldalnyi szöveget lennének képesek közölni a buszra csatlakozó modulokkal – másodpercenként!

Sajnos ez a hatalmas adatátviteli sebesség még mindig kevés arra, hogy pl. önvezető legyen az autó. Ezért pl. ebben az eCar-ban van egy *FlexRay* fantázianévű, még gyorsabb busz, amely 20x-os sebességgel kommunikálva akár 1000 gépelt oldalnyi információt is át tud küldeni másodpercenként az autó elejétől az autó végéig. Végezetül az asztali számítógépeken megszokott *Ethernet* interfész sem maradhatott ki az autóból, hiszen a félszáz processzort épp úgy programok működtetik, mint egy mobiltelefont, és ezeknek a szoftvereknek is vannak új és még újabb verziója, amit valahogy rá kell tölteni az autóra. Szóval egy mai szervizes nem olajos lesz a nap végére, hanem fejfájós, mire megcsinálja az összes szükséges ún. *firmware* frissítést egy szervizre behozott autón.

És itt jön az első nagyon fontos információ az eCar-ok világában: a mai alkatrészeknek nem csak passzolniuk kell a helyükre, hanem közös nyelvet is kell beszélniük. Globálissá lett világunkban nem kunszt az EU kocsinkhoz *eBay*-ről rendelni egy cserealkatrészt az USA-ból; de amikor beszereljük, kiderül, hogy az új alkatrész rossz, vagy épp néma: mert nem egy nyelvet beszélnek! Vagy nem azonos a *firmware* verziójuk. (*Firmware*-nek a készülékekbe égetett szoftvert hívják, mely valahol átmenetet képez a módosíthatatlan hardver [*hardware*] és a könnyen átírható szoftver [*software*] között.) Persze kialakulóban van egy újfajta szakma, amely valahol átmenet a *cracker* és a *hacker* között; az előbbi a számítógépes betörő, aki a gépünkre betörve a bankkártyánk adatait, és ezzel a pénzünket is ellopja; az utóbbi meg az a csodabogár, aki perverz élvezetet talál abban, ha valamit alaposan megismerve talál benne egy kiskaput, amiről aztán az interneten cikket írhat. Ezek az információk aztán szakemberek számára útmutatók arra, hogyan lehet rávenni egy „olcsó” USA töltőt arra, hogy hajlandó legyen szóba állni egy EU-s eCar többi részével. Vagy pl. ez az út vezet el oda, hogy a gyári 3,2 kW-os fedélzeti töltőt később le lehessen cserélni mondjuk egy 22 kW-os „utángyártott” töltőre, és ne 8-12 óráig tartson a töltés, hanem 1-2 óráig. És itt egy kicsit most hazabeszélek, amikor ismételten kérem, hogy akinek meghibásodás-javítás-csere folytán hozzáférése van akár hibás, roncs eCar elektronikákhoz, panelekhez, az ne üljön rajta, ne dobja ki, hanem egy olyan szakembernek juttassa el, aki esetleg tud is, és akar is vele valamit kezdeni – pl. saját vagy publikus célra kianalizálja, visszafejti. Mert biztos, hogy senki nem fog önzetlenül zsír új és több százezerbe kerülő modulokat csak azért megvenni magának, hogy azt szétszedje és ebből főleg másoknak legyen haszna. De a valamit-valamiért elv nagyon jól működött eddig is az informatikában, szerviztechnikában.

Hogy visszatérjünk a témánkhoz, kezdjük az eCar lényegével, az elektromos hajtással. Ez ugyan nem a BMW I3 rajza, de az is majdnem hasonló – ahogy az összes többi eCar is kb. így nézhet ki, mint ami ezen a blokkvázlaton látható:



A 6. számú Type2 csatlakozón bejövő hálózati feszültséget egy AC/DC átalakító – azaz egy fedélzeti töltő (*On-Board Charger, OBC*) – alakítja át nagyfeszültségű akkufeszültséggé, amit a 3. számú akkumulátor-egység eltárol. Ebből van a 12-es számú DC/DC konverterrel előállítva a 12V-os akkufeszültség, ami az 5. számú 12V-os savas ólomakkuban tárolódik. (És nem *ólomsavas*, ahogy egyesek szó szerint lefordítják az angol *Lead-Acid* kifejezést.) Míg egy hagyományos autóban 50-70 Ah-s „nagy”, folyékony savas ólomakkumulátorok vannak, hogy az indítózás áramlökéseit is kibírják, addig az eCar-okban kisebb kenyérpírtó méretű, 20-30 Ah-s „zselés”, AGM/GEL akkumulátor van csak, ami előszeretettel merül le. Ha megy az autó, akkor nincsen semmi probléma sem vele, hiszen a nagyfeszültségű akkumulátorról folyamatosan tölti az elektronika; a BMW I3 esetén a korábbi cikkemben bemutatott DC/DC konverter 2500W-os teljesítményre képes, azaz akár 200 Amperes (!) áramot is le tud adni 12V-on. Viszont ha az autó áll, a mindenféle készenléti elektronikák könnyen lemerítik ezt a kicsike kis akkut a pici, de folyamatos áramfogyasztással; és bár minden áramkör tökéletes, a nagy akkumulátor is 100%-on van, az autó mégsem indul, vagy rejtélyes hibákat mutat.

Fontos megjegyezni, hogy a nagy fogyasztású részegységek, mint pl. az utastér elektromos fűtőtestje (ábránkon az 1. számmal jelölve), vagy a klíma/hőszivattyú kompresszora (7-es számmal jelölve) minden eCar esetében a nagyfeszültségű akkumulátorról megy, mivel az egy-két kW-os nagyságrendű teljesítményt egyszerűbb 400V-on, vékonyabb vezetékekkel oda vezetni, mint 12V-on a 80-150A-es áramokat is elvezető vastag rézkábeleket használni. Ezért míg egy hagyományos autón az ékszíjas hajtású klíma független az autótól, és meghibásodása esetén max. melegünk lesz, addig az eCar-ok esetében a nem túl kiforrott elektromos hajtású klíma-kompresszorok rengeteg problémát okoznak, sokszor teljesen működésképtelenné téve az autót, hiszen a legkisebb klímahiba blokkolja az egész nagyfeszültségű rendszert.

A blokkvázlaton látható az eCar legfontosabb része is, a 11. számú, ún. kétirányú AC/DC átalakító, azaz az „inverter”. Ez képes előállítani a 2. számú elektromos motornak szükséges változó frekvenciájú váltakozó áramot – de ugyanakkor fordítva is képes működni, és ekkor a generátorként üzemelő villanymotor által termelt változó feszültségű váltakozó áramot vissza-egyenirányítja és feltranszformálja az akkufeszültségnek megfelelő mértékre. (És akinek ez most nehezen volt érthető, annak csak azt tudom mondani vigasztalásul, hogy ez a közérthető verzió, mert nem káromkodtam PWM vezérlőjelekről, Step-Up topológiáról és egyebekről...) Ez a „regeneratív fékezésnek” nevezett visszatáplálás az eCar egyik legfontosabb sajátossága, és legnagyobb előnye egy belsőégésű motorhoz képest: az összes piros lámpánál, lassításnál, hegyről legerülésnél nem a fékek kopnak és melegegnek, hanem az akkumulátor visszatölt.

Szóval mint a blokkvázlaton is láthatjuk, a legfontosabb modul az *Electrical machine electronics* (EME); ez tartalmazza a villanymotort meghajtó és felügyelő kétirányú invertert. Autóink esetében ugyanebbe a dobozba csomagolták be a 12V-os akkufeszültséget előállító 2.5kW-os DC/DC konvertert, ill. az US verziók esetében egy 3.7 kW-os AC/DC konvertert – azaz egy fedélzeti töltő is belekerült a dobozba. Az EME modulról részletes írást olvashattatok már tőlem, így gondolom felismeritek a fotón, melyik az:

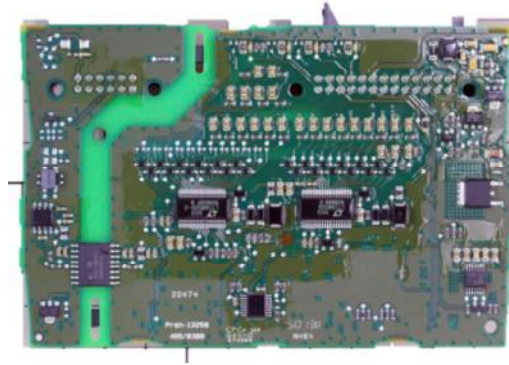


A futómű takarásában lehet látni az akkupakkot; mutatom közelebből és kibelevve:



A fotón 96 db sorba kötött akkucellát láthatunk; jegyezzétek meg ezt a 96-ot, mert mágikus szám:  $2^5 \cdot 3 = 96$ ! Kicsit érthetőbben leírva: 96 cellát lehet a legjobban kettes, hármas, négyes, hatos, nyolcas, tucatos és tizenhatos kombinációban csoportosítani, és 96 cella feszültsége pont a hálózati feszültség környékén van, így előszeretettel használják az autógyártók. Szóval itt 8 db akkucsoport van sorba kötve, egy-egy akkucsoport 12 db szögletes Li-NMC/LMO akkut tartalmaz, melyeknek 3,75V a névleges cellafeszültsége; sorba kötve mindet 259 és 396 volt között változik az akkuk feszültsége.

A kép bal oldalán látható kiszögellésben van az akku menedzsment elektronikája, a *Battery Management Electronics* (SME), vagy ismertebb néven a *BMS*. Ez a modul felelős azért, hogy az egyes akkumulátorok feszültsége azonos legyen, ill. ez állítja le a töltést, ha üzemzavart vagy feltöltöttséget érzékel. A BMS-nek nagyon pontosan kell tudni mérnie az akkuk feszültségét és hőmérsékletét, így mindig nagyon közel helyezik el az akkumulátor-cellákhoz; sokszor nem is akku-egységenként, hanem külön akkucsoportonként van egy-egy BMS. Már csak azért is, mert könnyebb 6-12 akkucellát figyelni és kezelni, mint ennél többet. A százas nagyságrendű cella figyelését inkább úgy oldják meg, hogy a sok BMS elbeszélget egymással és a központi, az autóval is kommunikáló akku-vezérlővel egy közös, belső CAN buszon, mindegyik által külön elmesélve, hogy az általa felügyelt tucatnyi akku hogy érzi magát. Megint egy kis érdekesség: így néz ki a BMW I3 akkujának BMS panelje:



Hogy honnan van ez az infó? Egy bizonyos cég – kihasználva az eCar-ok iránti nagy érdeklődést – megvesz különféle autókat, és szó szerint porrá szétszedik és dokumentálják az egészet. Így pl. meg lehetne vásárolni a fenti panel teljes, 55 oldalas dokumentációját – potom 6.000 EUR-ért, azaz majdnem 2 MFt-ért. A fenti fotó ajándék volt az érdeklődésemért... ☺

Ahol akkumulátor van, oda töltő is kell, és ezen a téren a BMW I3 kicsit furcsa: a már leírt EME modulban is van egy beépített akkutöltője, és ahogy a blokkvázlaton is látszik, KLE néven van egy külön fedélzeti akkutöltője, amit szintén szétszedtem és dokumentáltam már; ez a *Convenience Charging Electronics* rövidítéséből jött. (Nem, nem én írom el sorozatban a rövidítéseket: a BMW kémelhárításának lehet a keze benne, hogy BME helyett SME-t írnak, CLE helyett meg KLE-t – de legalább ezt következetesen teszik.) Amit én szétszedtem, az minden bizonnyal 3,7 kW-os volt; méretei, méretezése alapján szinte biztosan. Itt persze megint lehet egy érdekes kitérőt tenni: a Tesla is gyárt egy ill. két töltős autót, ennek megfelelően max. 11 vagy 22 kW-al lehet az autót tölteni. A BMW I3 US verziója is 2 db 3,7 kW-os töltővel van szerelve, de a titkos írásomból arra következtetek, hogy nyolcféle töltési opció is létezhet a BMW I3 esetében, attól függően, melyik piacra gyártották. A töltés szerves része még a töltésvezérlő elektronika, amely kommunikál a töltőoszloppal, kijelzi LED-eken a töltés állapotát, és mozgatja a motoros reteszeket. Ezt *Charging Interface Module* (LIM)-nak nevezik.



Hogy folytassam a sort az elektronikákkal: az autó legfontosabb adatait a *Head unit* kapja meg és dolgozza fel. Kb. úgy néz ki, mint egy kisebb asztali PC, és tudásra sem hiszem, hogy elmaradna tőle. Hátról legalábbis nagyon komoly kommunikációs képessége van. Ide fut be az Ethernet csatlakozó is, és ezen van USB port is; továbbá ez kezeli a térképes navigációt is.



Több modullal is kommunikál: a legtöbb látható, de az egyik kicsit titkos. Persze, hogy ez utóbbiról írok előbb; ez pedig a *Telematic Communication Box* (TCB), ami egy SIM kártyát tartalmazó GSM modem, amelyen át az egész világon el tudják érni az autót, és bármit le tudnak távolról kérdezni az autóval kapcsolatban: akkucellák állapotától a futás-teljesítményig akármit! De az *eCall* vészhívó rendszer is ezt használja, ahogy a *BMW OnLine* információs rendszere is. Ez a megoldás ma már általánosnak számít, ennek ellenére nem győzik elhallgatni a gyártók...



A többi csatlakozása (nekem) kissé unalmas, így csak futólag felsorolom: a *Touchbox* (TBX) az érintőképernyő kezelésével, a *Controller with touch pad* (CON) pedig a navigálás kezelésével kapcsolatos; az *Audio amplifier* (AMP) sem igényel különösebb kommentárt. Jól láthatóan teljesen külön életet élnek ezek a *K-CAN*-on, ami talán a Komfort-busz akar lenni.

Érdekesebb a *PT-CAN*, ami a *PowerTrain*-busz; ez gyakorlatilag az „autó”, amitől megy és ahogy megy. A legfontosabb egy ici-pici kis doboz, az *Electrical Digital Motor Electronics* (EDME), ami a „gázpedál” kezelésétől kezdve a nagy- és kisfeszültségű akkumulátorok engedélyezésén át, a sebességváltó kar kezelésén és a hűtőventillátorok vezérléséig mindent végez; más szavakkal az autó indításától a leállításáig ő a főnök. Ehhez képest egész pici a mérete:

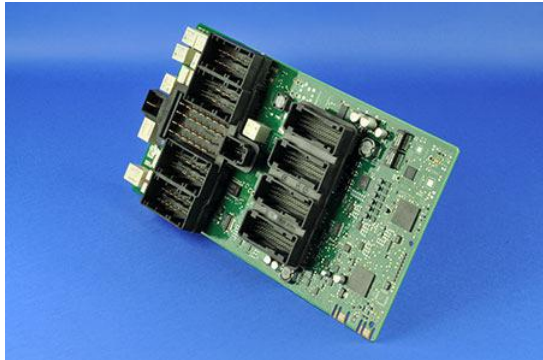


Ha valakit mélyebben is érdekel, pár millióért ennek is megkaphatja a részletes analizisét. Ezt is ott találtam, ahol a BMS visszafejtését reklámozzák. Sokkal látványosabb a *Instrument cluster* (KOMBI), azaz a műszerfal:



Ha jobban megnézem, ez egy kutya közönséges színes TFT kijelző, alatta-felette egy nagy színes visszajelző-lámpa kavalkáddal. Mivel az összes adatot 2 (kettő) db vezetékről nyeri, a *PT-CAN*-ról, nem lenne egy nagy kaland valami kis izgalmat is belevinni...

Amiket eddig leírtam, azok minden eCar-nak részei ilyen vagy olyan formában. 28-ból eddig 8 fontosabbat szedtem össze. Regélnék én még hosszasan a kamerás követő rendszertől kezdve a szervókormány vezérlőjéig, de már hallani vélem az asztalon koppanó elálmosodott fejek hangját, így még egy utolsó modulról szeretnék pár érdekességet elmondani. Ez pedig a *Body Domain Controller* (BDC)



Ahogy a bal oldali fotóból is sejthető, ennek is meg lehet venni az analízisét pár millióért; ez csak azért problémás, mert ez a panel az immobilizer és egyben a központi zár vezérlője is. Márpedig ha megveszik és okosan meghekkelik, akkor már az első autó ellopásakor visszajön a befektetett egy-két millió is. Emellett ez a panel egyfajta „router” funkciót lát el az autóban, ide mennek és innen jönnek a különféle CAN buszok. Mivel minden információ áthalad rajta, ezeket el is tudja tárolni – és el is tárolja. Így fordulhatott elő, hogy pl. a Tesláknak is meglévő hasonló egységből jó 100 MByte adatot tudtak egy halálos baleset után kinyerni, hogy mikor mi történt, mikor és hányszor jelzett az autó az elhunyt sofőrnek az ütközés előtt. Szóval úgy is mondhatnám, ez egy fekete doboz – de ez speciel fehér...

A mai oldalszám-keretembe az eCar elektronikák legfontosabb, első harmada fért bele; amennyiben lesz rá érdeklődés, egy későbbi írásban a többiről is ejthetek majd pár szót.

Verzió: 2.00, 2018-10-15, Tata

**Varsányi Péter E.V.**  
Tel: +36-20-942-7232  
Web: <http://varsanyipeter.hu/>  
Email: [info@varsanyipeter.hu](mailto:info@varsanyipeter.hu)