

Debreceni Műszaki Közlemények 2012/2 (HU ISSN 2060-6869)

# ELEKTROMOS HAJTÁSÚ JÁRMŰ ÜZEM-MENEDZSMENJTE COMPACTRIO-VAL<sup>⊗</sup>

## ELECTRIC-POWERED VEHICLE ENERGY MANAGEMENT WITH COMPACTRIO

**MENYHÁRT József**

folyamatfejlesztő mérnök  
FAG Magyarország ipari Kft.  
jmenyhart@msn.com

**Kivonat:** A közlekedés tudomány kutatási irányzata egyre inkább az elektromos hajtású járművek felé tendál. Ezek a kutatások, fejlesztések egyre több hajtás- és energia felhasználási problémákat hoznak előtérbe, ennek következménye, hogy egyre több speciális hibrid és teljes elektromos hajtású járműre alakított OBD rendszerek készülnek. A tanulmány a szerző elektromos hajtású jármű üzem-menedzsmenjt és OBD kutatásait mutatja be egy nagysebességű adatgyűjtő és vezérlő eszköz segítségével.

**Kulcsszavak:** FPGA; LabVIEW; G-language; elektromos hajtású jármű; akkumulátor

**Abstract:** The research in transport sciences is progressively focusing on the electric vehicles. The research and development enlight more and more drive and energy management problems. These problems cause the appearance of lot of special OBD systems for hibrid and electric powered vehicles. This study presents the author's research on an electric powered vehicle OBD system with a high speed controller.

**Keywords:** FPGA; LabVIEW; G-language; electric-powered vehicle; battery

### 1. BEVEZETÉS

Napjainkban egyre fontosabb szerepet kapnak az alternatív meghajtású járművek. Ennek oka, hogy a hagyományos tüzelőanyagoknak egyre magasabb a fogyasztói ára, másrészt egyre fontosabb a közlekedésből és a szállításból származó káros anyag kibocsájtás csökkentése. Társadalmi és gazdasági szempontból jelentős a szennyező anyag kibocsájtás nélküli közlekedés nagyobb arányú fejlesztése.

Erre jelenthet megoldást az elektromos hajtású járművek, amelyek önálló vagy hibrid formában már megjelentek és megvásárolhatóak. Az elterjedésüknek gátat szab, hogy a jelenleg ismert legkorszerűbb akkumulátorokban sem lehet fajlagosan annyi energiát tárolni, mint amennyi egy liter gázolajban vagy benzinben megtalálható. Tehát az elektromos járművek akkor tudnak tömegesen elterjedni, ha a magukkal vitt energia és annak fogyasztásának üteme és a jármű hatósugara összemérhető lesz a jelenleg forgalomban lévő fosszilis tüzelőanyaggal működő járművekkel.

A kutatási feladat többszintű, minél jobb, gyorsabban tölthető akkumulátorokat kell fejleszteni a lehető legkisebb tömeggel. Az újratöltési időt pedig a lehető legkisebbre kell redukálni, valamint optimalizálni kell az energiafelhasználást egy elektromos hajtásra optimalizált OBD rendszer segítségével.

A tanulmány leírja, egy elektromos hajtású prototípus versenyautó akkumulátorainak töltésvezérlésére és energia menedzsmenjtjére létrehozott OBD rendszert. A cikkben a rendszer kiépítésére használt nagysebességű FPGA alapon működő controller és vele kommunikáló LabVIEW grafikus programnyelv elméleti háttere és az elektromos hajtású járművek energia felhasználásával kapcsolatos kutatások kerülnek bemutatásra.

<sup>⊗</sup> Szaklektorált cikk. Leadva: 2012. október 30., Elfogadva: 2012. december 27.

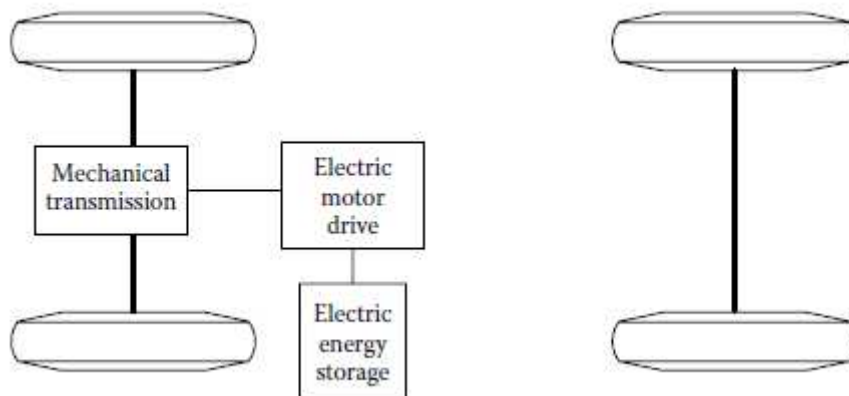
Reviewed paper. Submitted: 30. October 2012. Accepted: 27. December 2012.

Lektorálta: prof.dr. SZABOLCSI Róbert / Reviewed by prof.dr. Róbert SZABOLCSI

## 2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

### 2.1 Elektromos hajtású járművek fejlődése

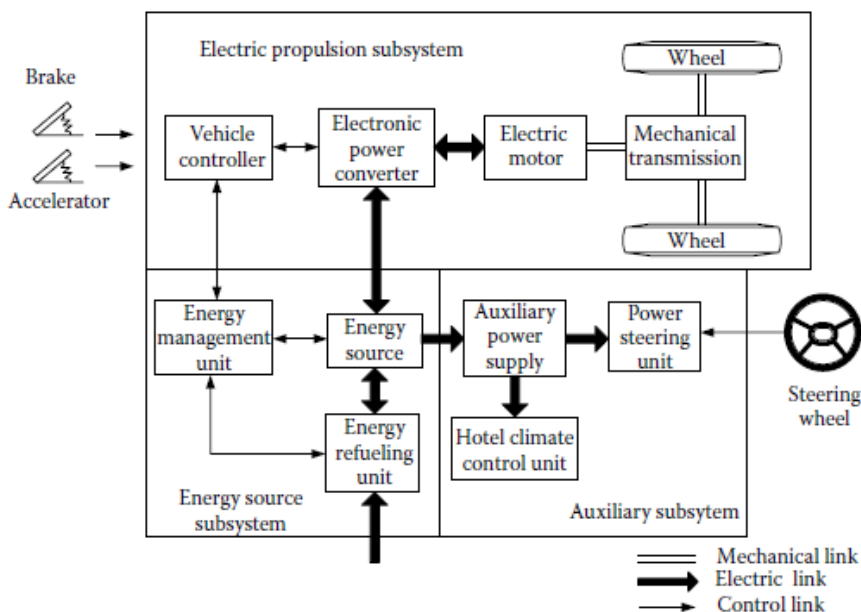
Az első elektromos járművek meglehetősen kezdetleges technológiával rendelkeztek (1. ábra).



1. ábra Kezdetleges elektromos hajtású járművek elvi vázlatja [5]

Ezeknek a járműveknek nagy hátránya volt a nagy összsúly, rugalmatlanság és a kis teljesítmény. Ezek a hátrányok oda vezettek, hogy az elektromos járművek hajtási és energia felhasználási rendszerét új alapokra kell helyezni. [14]

Egy modern elektromos jármű rendszereinek felépítését az 2. ábra szemlélteti.



2. ábra Modern elektromos hajtású járművek felépítése [5]

A hajtás lánc a következő 3 alrendszert tartalmazza: elektromos motorhajtás (Electric propulsion subsystem), energiaforrás (Energy source subsystem) és egy kiegészítő rendszert (Auxiliary subsystem). Az elektromos motorhajtási rendszer tartalmazza a járművezérlő egységeket, átalakítókat, elektromos motorokat és sebességváltót. Az energiaforrás rendszer tartalmazza az üzemenedzsmenst egységet, energiaforrást és az energia újratöltő egységet. A kiegészítő rendszer a kormánykerékből, tápegységből és hőmérsékletvezérlő egységből épül fel. [5]

Ezek a járművek a Gáz (Accelerator) és Fék (Breake) pedálok működtetésén alapulnak. Ezen pedálok működtetésével képes a rendszer energiát továbbítani az elektromos motorknak az akkumulátorokból. [5]

Elektromos járművek egyedi tulajdonsága, hogy a fékezéskor keletkező regeneratív energiát képesek az akkumulátorokban újra tárolni, amelyet egy üzem-menedzsment rendszer állandóan felügyel, hogy az akkumulátorok sem túltöltve sem pedig teljesen kisütve ne legyenek. [4] [5] [14]

## 2.2 Akkumulátorok

Elektromos járműhajtásoknál fontos a megfelelő energiátároló kiválasztása (1. táblázat). Ennek kiválasztása során a következőket kell figyelembe venni:

- teljesítménysűrűség (kW/l vagy kW/kg)
- energiasűrűség [(kW\*h)/l vagy (kW\*h)/kg] (Ettől függ, hogy a jármű mekkora utat tud megtenni tiszta villamos hajtással.)
- kisütési/feltöltési ciklusok száma
- hatásfok (%)
- önkisütés mértéke (%/nap)
- környezetbarátság
- beszerzési ár
- előfordulás [2]

Fontos, hogy a járműben található energiátároló kicsi, könnyű legyen és képes legyen a gyorsan változó töltési és kisütési folyamatokat elviselni. Az egyik legígéretesebb akkumulátor a Lítium-polimer akku. [2][5]

Akkumulátor	Energiasűrűség		Teljesítménysűrűség		Élettartam		Ár Eur/(kW*h)
	W*h/kg	W*h/l	W/kg	W/l	ciklusszám	év	
Lítium-polimer	150	220	kb. 300	450	<1000	-	<225

1. táblázat Lítium-polimer akkumulátor jellemzői [2]

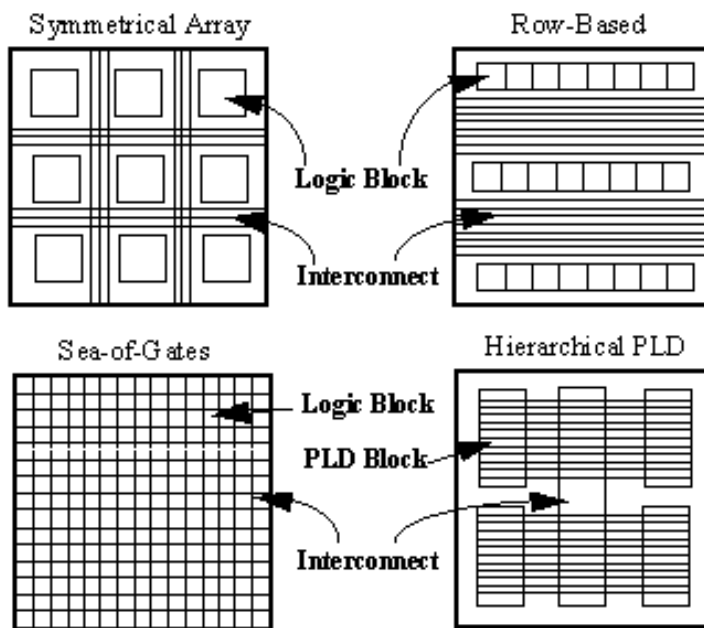
A legtöbb alternatív hajtású járművel kapcsolatos kutatás alapvető kérdése, hogy mennyi energiát (energiasűrűség) tud magával szállítani a jármű, valamint ezt az energiát milyen intenzitással tudja a jármű rendelkezésére bocsátani (teljesítménysűrűség). Az előbbitől a hatótávolság, az utóbbitól a menetdinamikai tulajdonságok függenek. [2][5]

A lítium-polimer akkumulátorok 60-100 °C üzemi hőmérsékleten működnek. Teljesítménysűrűségük közepes, energiasűrűségük kiemelkedő. Fejlesztéseik a mai napig folyamatosan zajlanak. Ezen akkumulátorok hőmérsékletét töltöttségi állapotát folyamatosan felügyelni kell, a balesetek elkerülésének érdekében. [2][5]

## 2.3 FPGA

Azt a rendszert, amely üzemeltetési problémákat felügyel, irányít szaknyelven üzem-menedzsment rendszernek nevezik. A tanulmányban szóban forgó rendszer kialakításához egy nagy sebességű ipari controller került felhasználásra, amely egy meglehetősen nagy integritás eszközt tartalmaz, ennek a neve FPGA (Field Programmable Gate Array), ami nem más, mint egy a felhasználás helyén programozható logikai kapumátrix. Egy olyan félvezető technológián alapuló eszköz, amely logikai blokkoknak nevezett programozható logikai komponenseket és programozható összeköttetéseket tartalmaz. [3]

Jelenleg négy alapvető struktúra van forgalomban. (3. ábra). Kialakításukat tekintve a következők lehetnek: szimmetrikus tömb, sor, Sea of Gates és hierarchikus PLD, vázlatukat az 1. ábra szemlélteti. [3]



3. ábra FPGA típusok [6]

Az FPGA logikai blokkok olyan logikai kapu funkcionalitással rendelkeznek, mint az ÉS (AND) és kizáró VAGY (XOR) kapuk. A legtöbb FPGA-ba memóriaelemeket is tartalmazhatnak, ezek lehetnek egyszerű flip-flopok vagy komplex memóriablokkok. [6] [8]

Az FPGA-k többféle memória típust használhatnak, attól függően, hogy a rá implementált alkalmazás melyiket követeli meg. Ezek a memória típusok a következők lehetnek: RAM, EPROM, EEPROM. Ez az új technológia lehetővé teszi a gyors újraprogramozhatósági lehetőséget. [6]

Az FPGA alapon nyugvó rendszerek lassúbbak, mint az alkalmazás specifikus integrált áramkör (ASIC) megfelelőik, képesek bonyolult tervezést kezelni, de nagyobb villamos teljesítményt vesznek fel. Előnyük a helyszíni programozhatóság és az alacsonyabb ár.[3][6][8]

Új fejlesztések eredménye a sejt alapú szerkezet. Ez a sejt alapú szerkezet az FPGA-k esetében megnövelheti a szerkezet hibatűrő képességét. Kutatási irányzatok mutattak rá, egy olyan számítógépes modell létrehozására, amely képes a sejtek összehangolt működését utánozni. Ennek a modellnek a bevezetésével a számítógépes hardverek hibatűrő képessége megnövelhetővé válhatna. Egy ilyen eljárással az FPGA-k meghibásodása vagy törése esetén nem kellene a leállástól tartani, mivel a sejt alapú kialakítás miatt a rendszer tovább működne, az egyik sejt átvénné a másik szerepét. [6]

### 3. FELHASZNÁLT HARDVER – COMPACTRIO

A járművek fedélzeti, diagnosztikai rendszereit alkotó számítógépeknek egy szélsőséges körülmények között üzemelő egységből célszerű felépíteni. Ezeknek az eszközöknek kifogástalanul kell elvégezni a mérési feladataikat szélsőséges hőmérsékletek, időjárási viszonyok között és akkor is, ha az adott járművet nem megfelelő módon használják.

A National Instruments által gyártott nagysebességű adatgyűjtésre képes CompactRIO alkalmas szélsőséges körülmények között való üzemelésre.

A CompactRIO egy automatizált vezérlő (Programmable Automation Controller- PAC). Ez az eszköz tartalmazza az FPGA modult, ami megbízható és pontos műveletek végrehajtására teszi képessé a CompactRIO-t. A cRIO viszonylag alacsony költségű átkonfigurálható ellenőrző és adatgyűjtő egység, olyan alkalmazásokhoz kifejlesztve, amelyen nagy teljesítmény és megbízhatóságot igényelnek. [6]

A cRIO 400 MH-z-es processzort és 128 MB belső memóriát tartalmaz, és 24 V-os áramforrásra van szüksége (4. ábra). [6] [11]



4. ábra CompactRIO 9074 [13]

A képen szereplő CompactRIO 9074,-20 és +55 oC között, nagy mágneses sugárzás alatt és szélsőséges rezgések alatt is képes mérésre, adatgyűjtésre és vezérlésre. [6]

Az eszközhöz annak moduláris kialakítása révén különböző analóg és digitális I/O modulokat lehet csatlakoztatni. Néhány helyen említik őket C modulok néven is.

A prototípus fejlesztése során 5 db modul került beépítésre, ebből 3 db egy új kifejezetten üzemanyag cellák mérésére szolgáló modul (5. ábra).



5. ábra NI 9206 [10]

A képen látható egy analóg input, tehát csak bemeneti modul. Sajátossága, hogy bemenetenként maximálisan 10 V fogadására képes. Összesen 16 bemeneti helyet tartalmaz. Túlfeszültség elleni védelme 30 V-ig terjed. [6]

Az akkumulátorok túlmelegedésének mérésére 4 ponton van lehetőség a járműben. Ezt a folyamatot az NI 9211-es modullal lehet mérni (6. ábra). A méréshez hő elemekre van szükség.



6. ábra NI 9211 [11]

Az akkumulátorok töltés kapcsoló vezérléséért felelős modul a 7. ábrán látható, ami egy digitális ki és menetei egység. Ennek segítségével nem csak információt képes fogadni, hanem jelek kibocsátására is képes, ami maximum 5V. [6]



7. ábra NI 9403 [12]

#### 4. FELHASZNÁLT SZOFTVER – LABVIEW

A LabVIEW a National Instruments által fejlesztett különleges grafikusprogramozási nyelv, angolul „G language”. Eredetileg nem Windowsra írták, az első változat 1986-ban jelent meg Machintosra. Ezt a programozási nyelvet erőszertettel használják adatgyűjtésre ipari folyamatok ellenőrzésére valamint vezérlésére, ma már létezik Unix, Linux, Apple és Windows kompatibilis formában [9] [17].

A LabVIEW-ban létrehozott programoknak a kiterjesztésük \*VI, azaz Virtual Instruments. Ezek az így létrehozott műszerek fizikai megjelenésükben az igaziakat utánozzák pl.: oszcilloszkóp, multiméter stb. [1] [15] [17].

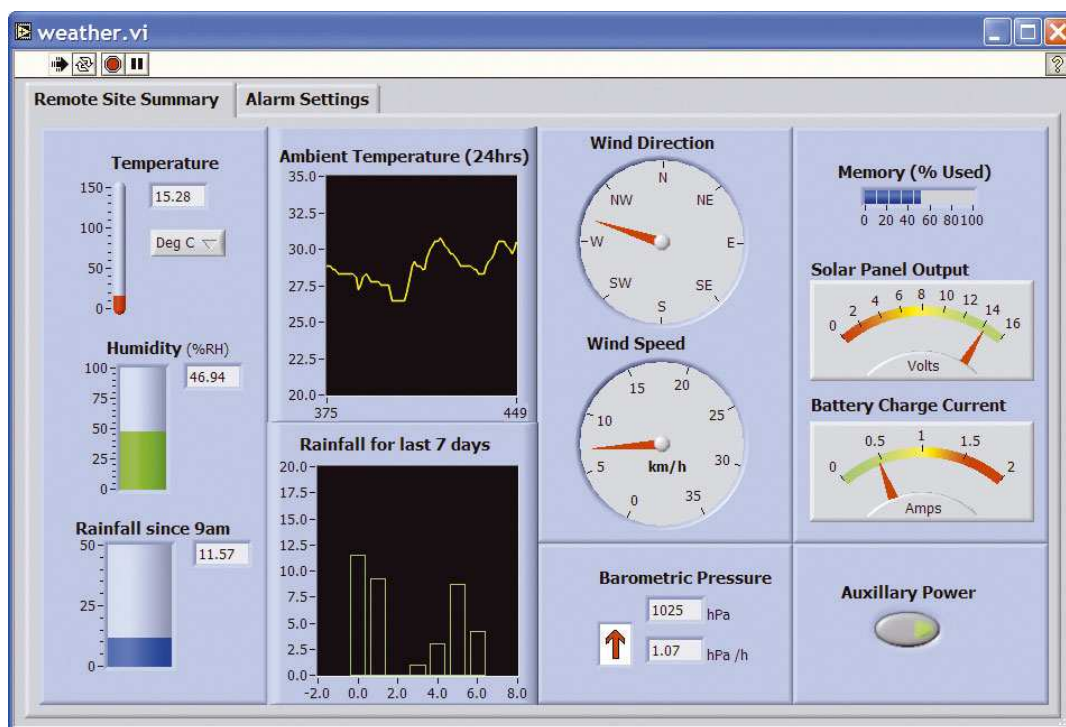


A LabVIEW egyik különlegessége, hogy a különböző program elemeket úgynevezett „cérnafüzérrel” kötjük össze, ezáltal a program képes párhuzamos adatok futtatására. [8]. Ez a grafikus fejlesztői felület lehetővé teszi olyan emberek számára a programozást, akiknek nincs szakirányú végzettségük, így a fejlesztéseik során használt és a laboratóriumaikból már jól ismert műszereket képesek létrehozni.

Az első programok megírásánál sokat segít a LabVIEW súgója valamint több száz példa program áll a felhasználó segítségére, és számos lehetőséget tartalmaz hibakeresésre. A LabVIEW fejlesztői igen sok kész úgynevezett „SubVI-t” már előre elkészítettek a felhasználó számára, ami a mérései során megkönnyítik az adatok feldolgozását.[15]

A LabVIEW felépítését tekintve két részből áll, egy Front és Diagram panelből. Ezeknek a paneleknek a segítségével tudjuk a programunk kódját létrehozni, megírni. A Front panelen (8. ábra) kontrok (control) és indikátorok (indicator) segítségével készíthetjük el a felhasználói interfészt vagy más néven az előlapot. A kontrok közé tartoznak a forgatógombok (knob), a nyomógombok (push button), a tárcsák (dial) és más input (bemeneti) eszközök. Az indikátorok pedig a grafikonok (graph), LED-ek és más megjelenítő eszközök[17].

A felhasználói interfész elkészítése után, ami a 18. ábrán látható, a Sub VI-ok és struktúrák felhasználásával ahhoz egy kódot rendelhetünk, hogy az előlapi objektumokat vezéreljük. A blokk diagram ezt a kódot tartalmazza. Bizonyos tekintetben a blokk diagram egy folyamatábrára hasonlít. Itt is használhatunk szekvenciákat, szelekcioakat, aritmetikai és logikai műveleteket, függvényeket és mi magunk is készíthetünk SubVI-okat [17].

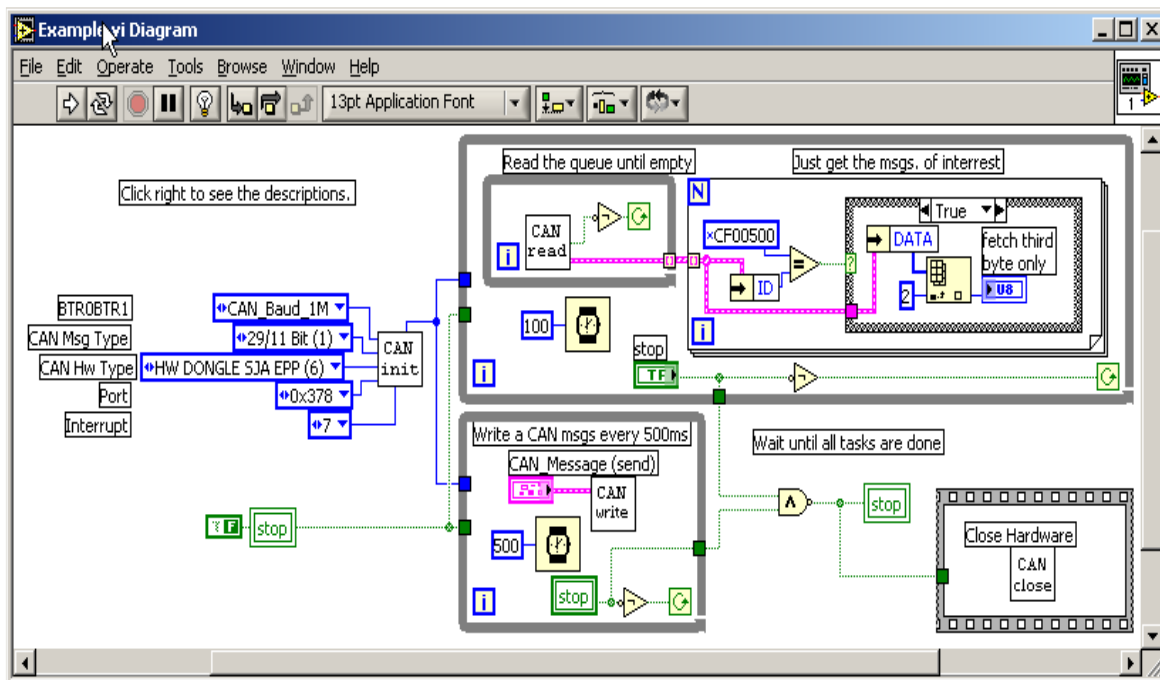


8. ábra LABVIEW Front panel [6]

A Diagram panelen van lehetőség a program kódjának a megírására (9. ábra). A block diagramban minden elemünk szimbóluma (adattípus szerint), melyeket a front panelen elhelyeztünk [17].

Létre kell hozni az elemek közötti kapcsolatot, be kell építeni a függvényeket, struktúrákat, alprogramokat, aritmetikai és logikai műveleteket és minden más egyéb szükséges objektumot [17].

Lehetőség van arra, hogy hozzá nem értő felhasználók számára a teljes program kódot jelszóval védjük. Így a programot egy Internet Explorerben megnyitott böngésző ablakban tudjuk irányítani.



9. ábra Diagram panel [6]

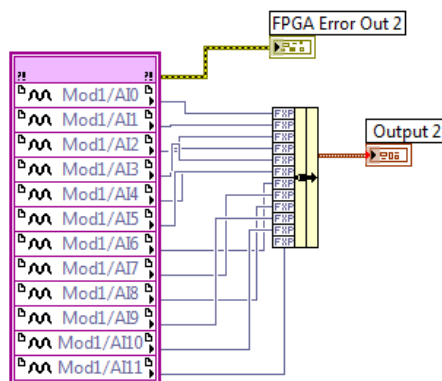
Az egyik legnagyobb előnye ennek a fejlesztői környezetnek a széles körben rendelkezésre álló hardverek. Ezek megfelelő kiválasztásával és jól megírt kóddal az eszköz több célra is felhasználható és bármikor újra programozható.

## 5. A PROGRAM FELÉPÍTÉSE

### 5.1 FPGA program

A program első része a hardver úgynevezett FPGA részére íródott, amely az adatokat közvetlenül feldolgozza és továbbítja analóg vagy digitális jelként. Az FPGA-ra írt programon nincs lehetőség grafikus megjelenítésre, így egy adott probléma megoldására kevesebb eszköz áll LabVIEW programozási környezetben.

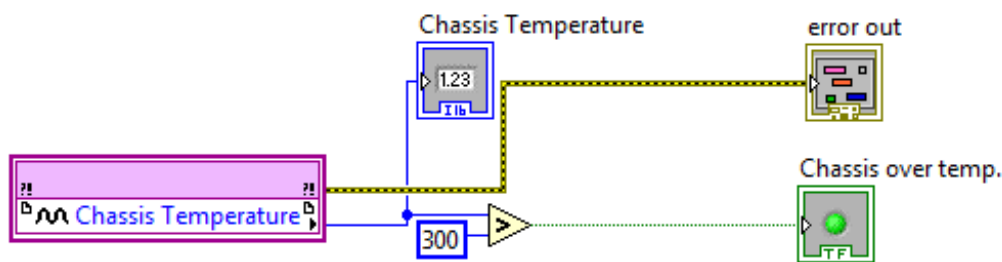
A hardver megfelelő bemenetének megcímzése az első lépés, afelé, hogy a mérés megfelelően működjön. A 10. ábrán látható a megcímzett modul („MOD1) valamint annak a bemenetei („AI0, AI1”) (AI=Analog Input).



10. ábra Input jelek feldolgozása [6]

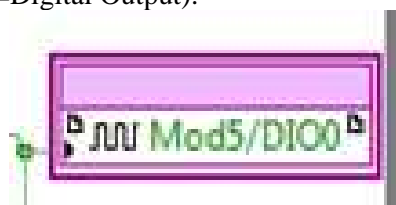


FPGA-ra írt programon keresztül lehetőség van egy eszköz hőmérséklet diagnosztikára, amelynek segítségével nyomon követhető, naplózható az eszköz hő leadása (11. ábra). [6]



11. ábra Eszköz hőmérséklet [6]

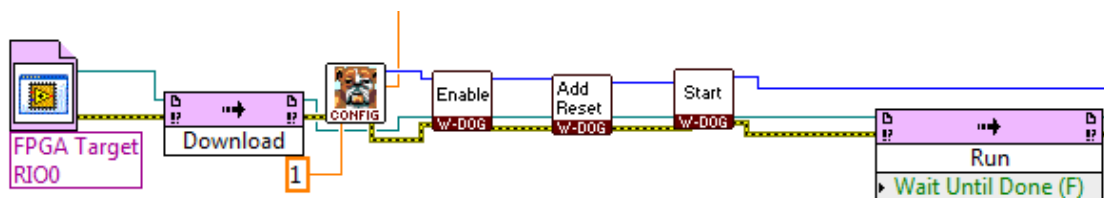
A töltésvezérlő kapcsolót szintén az FPGA-ra megírt program működteti a gyorsabb reakció érdekében. Hasonlóan a bejövő adatokhoz a kimenő jel továbbításához a megfelelő modul kimenetét kell megcímezni (12. ábra). (DIO=Digital Output).



12. ábra Output küldés [6]

## 5.2 HOST program

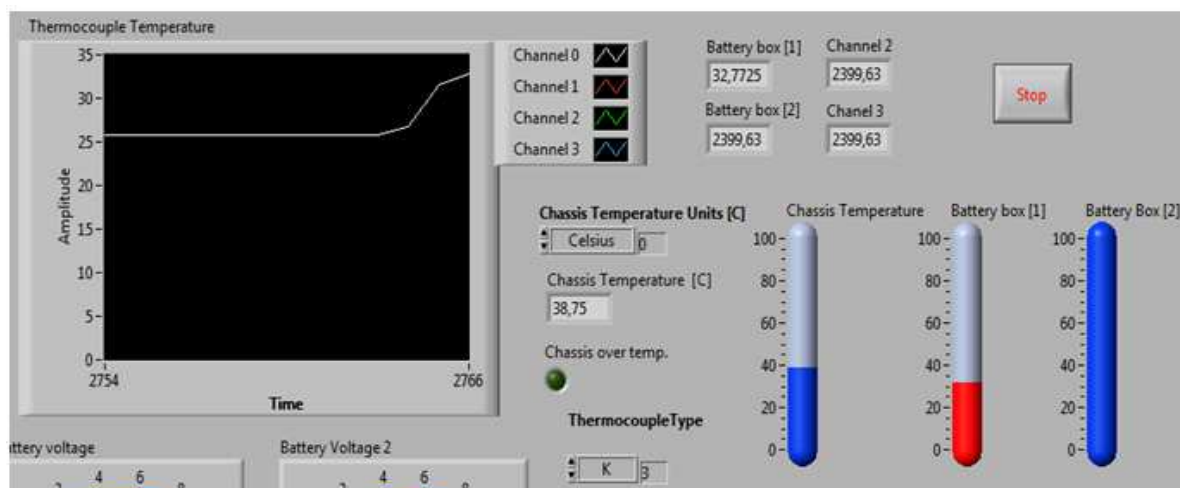
A HOST program az, amit a végfelhasználó lát és használ. Ennek a programnak a levédésére több lehetőség akad. . A legegyszerűbb egy web oldal létrehozása, ami után a felhasználó egy Internet Explorerben megnyitott ablakot használ és csak a program Front Paneljét tudja kezelni. HOST VI létrehozása során sokkal több eszköz áll rendelkezésre, mint az FPGA program esetében. Grafikus kijelző széles tárháza áll használatra készen a látványos és jól használható program elkészítéséhez.[18] Mivel a bemeneti jelek először az FPGA-ba kerülnek feldolgozásra, ezért először a HOST program az FPGA VI-ra hivatkozik (13. ábra), ez némi késést eredményez az információ áramlásban. Ahhoz, hogy az ott kapott adatokat lekérjük egy megfelelő sorrendű hivatkozási rendszert kell elhelyezni a Block Diagramon. [6]



13. ábra FPGA VI-ra való hivatkozás [6]

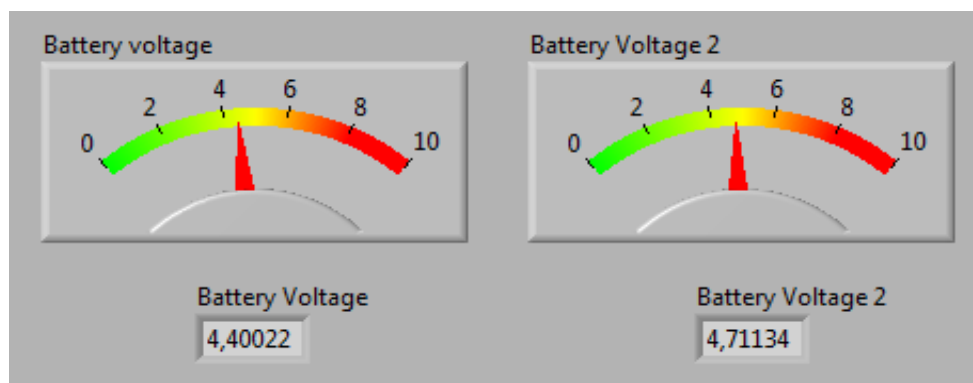
Egy ilyen rendszer egy autó üzem menedzsmentjét biztosítja, így a lehető legegyszerűbbnek és leglátványosabbnak kell lennie.

A program kezelőfelületén grafikonos formában kijelzett hőmérsékletmérés található, a különböző mérési pontok összehasonlítása érdekében. Így egyszerűen megfigyelhetők az akkumulátor pakkok egymáshoz képest történő hőmérsékletingadozása (14. ábra).



14. ábra Hőmérsékletmérés [6]

Az akkumulátorok feszültség kijelzése analóg mérőórán látható (15. ábra). Az akkumulátorok feszültség értékeinek mérése analóg jelet ad, így ezen adatok feldolgozásához nem volt szükség semmilyen átalakításra.



15. ábra Akkumulátorok feszültsége [6]

## 6. ÖSSZEFOGLALÁS

Jövőbeni fejlesztési potenciálnak megemlíthető az FPGA és a HOST programok közötti információ áramlás esetleges lassulásának kiküszöbölése, valamint a vezeték nélküli kommunikáció a versenyzőt támogató személyzettel.

A ma használatos üzemanyagok helyett egyre inkább előtérbe kerülnek az alternatív meghajtású járművek pl.: elektromos és hibrid, napelemes járművek stb.. Az ilyen járművek fejlesztését több tényező befolyásolja, ilyenek a magas üzemanyagárak új technológiák nehézkes bevezetése.

Ezen problémák megoldására adhatnak választ az elektromos meghajtással működő járművek, ezek a járművek már ma is kaphatóak a legtöbb autógyártónál önálló elektromos hajtással vagy hibrid hajtással rendelkező formában. Ezeknek a járművek elterjedésének óriási problémája, hogy a ma kapható kémia akkumulátorokban nem lehet megfelelő mennyiségű energiát tárolni tartós működésükhöz. Tömeges elterjedésük csak akkor következik be, ha képesek lesznek egy benzin vagy dízelüzemű jármű hatótávolságát és teljesítményét elérni, valamint a hozzájuk kapcsolódó infrastruktúra, töltőállomások fejlesztéseinek üteme is felgyorsul. Ebből adódik, hogy az egyik legfontosabb problémák az akkumulátorok újratöltésének megoldása, valamint kisméretű és gyorsan tölthető akkuk kifejlesztése.

A bemutatott problémához a szerző LabVIEW programnyelvet és CompactRIO ipari controllert és a hozzájuk kapcsolódó modulokat használat, megfelelő adaptálással már járművökön és gépeken használható.

## 7. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] **DISZNÓS IMRE**, LabVIEW magyarul, 2006. március 22. (<http://cnx.org/content/m13511/latest/>) 2012.november.08.
- [2] **DR. EMÓDI ISTVÁN, TÖLGYESI ZOLTÁN, ZÖLDY MÁTÉ**, Alternatív járműhajtások - Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft., Budapest, 2006.
- [3] **HUSI GÉZA SZÁSZ CSABA, VIRGIL CHINDRIȘ**, Embryonic Systems Implementation with FPGA-based Artificial Cell Network Hardware Architectures – Asian Journal Control (en), John Wiley and Sons Asia Pte Ltd and Chinese Automatic Control Society, 2010/12 Issue2, 208-215
- [4] Ford Motor Company, 2010 MY OBD System Operation Summary for Hybrid Electric Vehicles, 2010. január 14., 3-35. ([http://www.motorcraftservice.com/vdirs/diagnostics/pdf/OBDSM1001\\_HEV.pdf](http://www.motorcraftservice.com/vdirs/diagnostics/pdf/OBDSM1001_HEV.pdf)) 2012.október 10.
- [5] **MEHRDAD EHSANI, YIMIN GAO, ALI EMADI** Modern Electric, Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicles - CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, USA, 2010.
- [6] **MENYHÁRT JÓZSEF** – Elektromos hajtású jármű üzem-menedzsmentje compact RIO-val, Szakdolgozat, Debrecen, 2011.
- [7] National Instruments Corporation, Adding Third-Party EtherCAT® Slave sin LabVIEW, 2008. május 22. (<http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/FDA1318A8909D02C862574510060DB62>) 2012. november .10.
- [8] National Instruments Corporation, FPGA Fundamentals (<http://www.ni.com/white-paper/6983/en>) 2012. november 13.
- [9] National Instruments Corporation, LabVIEW System Design Software (<http://www.ni.com/labview/>) 2012. november 02.
- [10] National Instruments Corporation, NI 9206 ([http://sine.ni.com/images/products/us/crio\\_9206\\_1.jpg](http://sine.ni.com/images/products/us/crio_9206_1.jpg)) 2012. november 10.
- [11] National Instruments Corporation, NI 9211, ([http://sine.ni.com/images/products/us/040729\\_crio9211\\_1.jpg](http://sine.ni.com/images/products/us/040729_crio9211_1.jpg)) 2012. november 10.
- [12] National Instruments Corporation, NI9403 ([http://sine.ni.com/images/products/us/ni-9403\\_1.jpg](http://sine.ni.com/images/products/us/ni-9403_1.jpg)) 2012.november 10.
- [13] National Instruments Corporation, NI cRIO-9074 (<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/hu/nid/203964>) 2012. november 04.
- [14] **SETH LEITMAN, BOB BRANT** Build your own electric vehicle - The McGraw-Hill Companies Inc., New York City, USA, 2009.
- [15] **SIPEKY ATTILA**, Grafikus programozás LabVIEW-ban, Főiskolai jegyzet (elektronikus) Pécsi Tudományegyetem, Pollack Mihály Műszaki Főiskolai Kar, Műszaki Informatika Tanszék, 1., 2.1.-2.4., 4.1.-4.6., ([http://e-oktat.pmmf.hu/grafikus\\_programozas\\_labview](http://e-oktat.pmmf.hu/grafikus_programozas_labview)) 2012.november 03.
- [16] Wikipédia, Field-programmable gate array ([http://hu.wikipedia.org/wiki/Field-programmable\\_gate\\_array](http://hu.wikipedia.org/wiki/Field-programmable_gate_array)) 2012. november 03.
- [17] Wikipédia, LabVIEW(<http://en.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>) 2012. november 03.