

A DAS1414 általános célú intelligens adatgyűjtő és vezérlő egység és alkalmazásai

Gingl Zoltán, Kántor Zoltán* és Mingesz Róbert

Szegedi Tudományegyetem, Kísérleti Fizikai Tanszék

*Szegedi Tudományegyetem, Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék

6720 Szeged, Dóm tér 9.

e-mail: gingl@physx.u-szeged.hu, zkantor@physx.u-szeged.hu

www.noise.physx.u-szeged.hu

A digitális technika rohamos fejlődésének köszönhetően műszereink, gépeink és hétköznapi eszközeink is egyre nagyobb részben épülnek célszámítógép – mikrokontroller, digitális jelprocesszor (DSP) – által végrehajtott szoftverekre. A digitális technika rendkívüli lehetőségeket nyitott a szoftverbázisú műszerek területén is: a nagysebességű és egyre olcsóbb jelprocesszorok, gyors és pontos A/D és D/A konverterek, precíz szenzorok alkalmazásával a műszert megvalósító funkciók egyre nagyobb része szoftver, így a hardver megváltoztatása nélkül is ezernyi műszert készíthetünk pusztán a szoftver cseréjével. Ezeket a műszereket nevezzük virtuális műszereknek, melyek természetesen nagyon is valódi méréseket végeznek el.

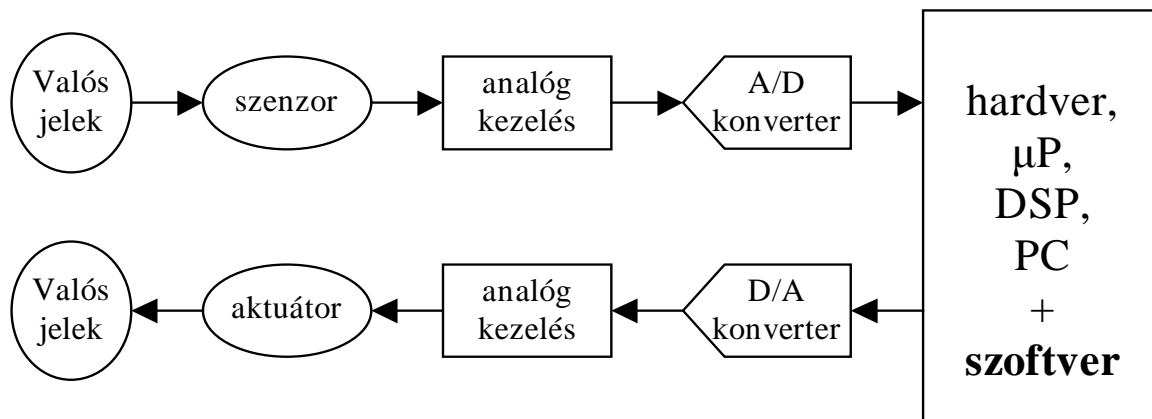
Ezt az elvet figyelembe véve fejlesztettük ki DAS1414 nevű általános célú intelligens adatgyűjtő és vezérlő műszerünket, mely precíz A/D és D/A konvertereknek, analóg jelkondicionálásnak és digitális jelprocesszorának köszönhetően rendkívül flexibilis mérési technikát tesz lehetővé. A műszer sikeres kutatási, ipari és oktatási célú alkalmazásai közé tartozik lézerek vezérlése, véletlen fluktuációk mérése és analízise, CCD digitalizálás, fotoakusztikus gázkoncentráció távmérés, EKG és EEG mérések, oktatási demonstrációs kísérletek (pl. karakterisztikák, átviteli függvények on-line mérése), tetszőleges jelalak-generálás és sok más is.

1. Bevezetés

Az emberi léthez szorosan kötődik a környező világ megismerésének, alakításának célja. Az ismeretszerzés tudományos módjai mellett a hétköznapi életben is fontos szerep jut a külvilági jelek érzékelésének, mérésének és feldolgozásának is. Az információszerzést támogató műszereknek, feladataink elvégzését segítő eszközöknek és gépeknek a külvilággal való kapcsolat mellett a legmeghatározóbb része az információ feldolgozásának módja. Szenzorok, valamint gyors és pontos adatkonverterek teszik lehetővé, hogy a valódi jelek – hőmérséklet, fényintenzitás, elmozdulás, nyomás, stb. – digitális elektronikával kezelhető számokká alakuljanak, és a nagysebességű, akár valós idejű feldolgozás eredményeképp valódi jeleket, azonnali információt kaphassunk. Ennek megfelelően modern – számítógépet, DSP-t tartalmazó – eszközeinknek, műszereinknek jelentős része a feladatokat végrehajtó **szoftver**.

A hagyományos műszerek – még ha tartalmaznak is digitális, programozott elemeket – általában egy adott mérési feladat elvégzésére optimalizáltak, és sokszor nehézkesen használhatók a tudományos és oktatási problémák során gyakran előforduló speciális mérési igények kielégítésére. A műszerek és mérések azonban igen rugalmassá tehetők, ha csak a legszükségesebb feladatokat bízunk a fixált hardverre, és a műszer minél nagyobb részét – a jelfeldolgozást, szűréseket, adatkonverziókat, megjelenítést – cserélhető szoftverrel valósíthatjuk meg. A módszer széleskörű elterjedését az biztosíthatja, ha a felhasználó saját maga, egyszerűen, igényei szerint változtathatja meg a műszer jelentős részét képező

szoftvert. Az ilyen, rugalmasan megváltoztatható műszereket – bár nagyon is valódi méréseket végeznek – **virtuális műszereknek** nevezzük. Egy ilyen műszer felépítését mutatjuk be az 1. ábrán.



1. ábra A virtuális műszerek felépítése. A valós jelek (hőmérséklet, nyomás, elmozdulás, stb.) a szenzorok segítségével elektromos jelekké, majd az A/D konverzió után számokká alakulnak, melyek a processzorok kezelni tudnak. A folyamat megfordítható, így a feldolgozott információ visszahat a valós jelekre. Fontos, hogy a szoftver egyszerűen, a felhasználó által is megváltoztatható.

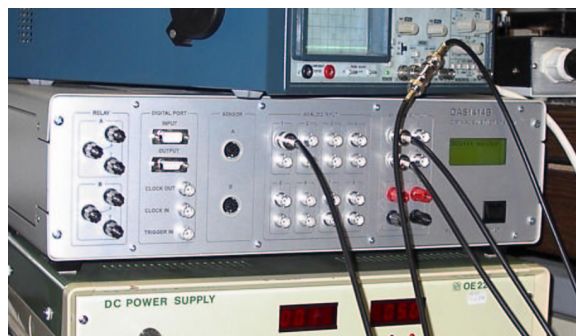
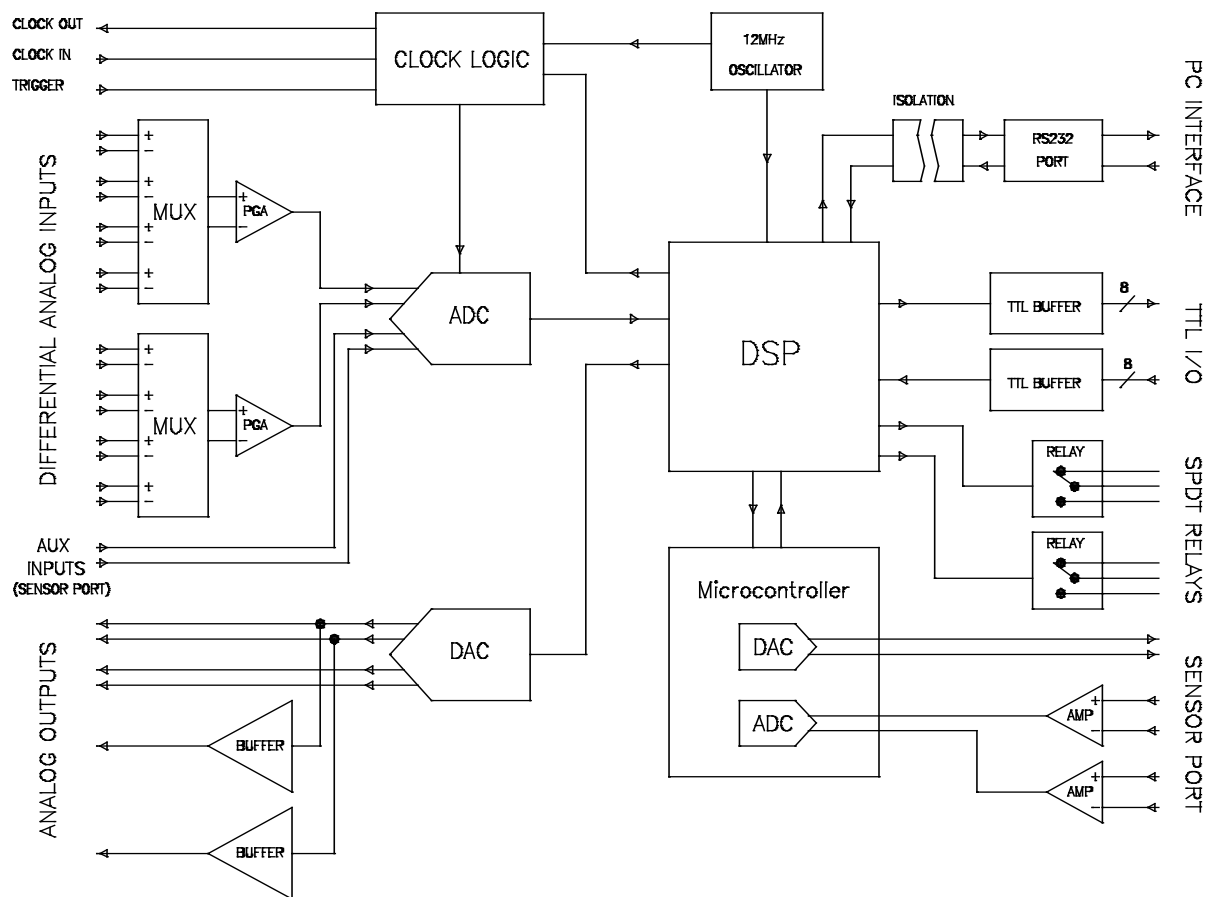
Kutatócsoportunk fő profilja a szilárd testekben és más rendszerekben lezajló véletlenszerű fluktuációk vizsgálata, aminek kapcsán számos olyan mérési probléma merül fel, melyet hagyományos mérőműszerekkel nem, vagy csak nagyon költségesen és jelentős kompromisszumok árán végezhetünk el. A mérés technikával kapcsolatos elektronika és DSP–technika terén szerzett tapasztalatainkat ezért régóta felhasználjuk speciális mérések támogatására és műszerek fejlesztésére is. Mérés technikai ismereteinket fő szakterületünk mellett interdiszciplináris területeken is hasznosítjuk fizikai, kémiai témájú kutatási és alkalmazási feladatok megoldására. Közel egy évtizede állunk aktív tudományos kapcsolatban orvos-kutatókkal is, ami során gyakran merül fel az EKG, EEG, vérnyomás, légzés, véráramlás és egyéb biomedikai jelek regisztrálása mellett ezekkel kapcsolatos mennyiségek on-line mérése és analízise, ami szintén sokszor igényel speciális mérési technikát.

A rugalmas, szoftverbázisú virtuális mérés technika támogatására kifejlesztettünk néhány intelligens, DSP–technikára épülő, általános célú adatgyűjtő és vezérlő műszert, melyek az elmúlt időszakban sok tudományos és oktatási mérési feladat elvégzésében eredményesen és igen gazdaságosan állták meg a helyüket [1-3,6-10]. A következőkben röviden ismertetjük az egyik legsikeresebb fejlesztésünk, a DAS1414 nevű műszer felépítését, a fontosabb működési mechanizmusokat, majd beszámolunk néhány alkalmazásról és további lehetőségekről is.

2. A DAS1414 általános célú intelligens adatgyűjtő és vezérlő egység

2.1. A műszer felépítése

A műszer fő feladata a valódi jelek minél sokoldalúbb és hatékonyabb előfeldolgozása, digitalizálása, valós jelek előállítása és a vezérlő számítógéppel való kapcsolat megteremtése. A műszer felépítését a 2. ábra illusztrálja, fontosabb paramétereit pedig az 1. táblázat foglalja össze.



2. ábra A DAS1414 műszer felépítése és két megjelenési formája

Digitális jelprocesszor	ADSP-2181, 16-bites fixpontos, 40MIPS, 80kbyte memória
Analog bemenetek	8 független differenciális bemenet, $\pm 0.1V, \pm 1V, \pm 10V$ tartomány 14-bit A/D konverter, 300kHz mintavétel, szimultán mintavételezés
Analog kimenetek	4 független kimenet, $\pm 10V$ tartomány, 14-bit D/A konverter 2 teljesítménykimenet (max. 1A)
Digitális port	8-bites TTL kimenet, 8-bites TTL bemenet
Szenzor portok	2 port, differenciális 24-bit A/D konverter, 12-bit D/A konverter
Órajel és trigger	Órajel kimenet, órajel bemenet, trigger bemenet
Kommunikáció	izolált RS232 port, 115200 bit/s

1. táblázat A DAS1414 műszer fontosabb paraméterei

A műszer $\pm 10V$ -os tartományú, 2 csoportra osztott 8 bemenetpárral rendelkezik, melyeket multiplexer válasz ki és vezet egy 14-bites 300kHz mintavételi frekvenciával működtethető A/D konverterre. A konverter több mintavevő áramkört tartalmaz, így két, három vagy négy jel szimultán mintavételezése is lehetővé válik. Szoftveresen megadható a kiválasztott jelek 1-,10- vagy 100-szoros erősítése, és differenciális vagy egyoldalas csatlakozása is. A műszer bemeneti portjait úgy terveztük meg, hogy a szokásos feszültségjelek mellett lehetőség legyen különböző szenzorok – termisztor, fotodióda, nyomásszenzor, gyorsulásszenzor, stb. – közvetlen csatlakoztatására is. Ennek támogatására két speciális szenzorport került beépítésre, melyek tápfeszültség kivezetéseket, differenciális bemeneteket, beállítható előerősítést, 24-bites A/D konverziót és 12-bites D/A konverterrel programozható kimeneti feszültséget is biztosítanak. A szenzorportokat külön mikrokontroller kezeli.

A négy független analóg kimenetet egy négycsatornás 14-bites, $\pm 10V$ -os feszültségtartományú D/A konverter hajtja meg. Két kimenet teljesítményfokozattal is el van látva, ami maximum 1A terhelhetőséget enged meg. A kimeneti feszültségek közel 5 s időbeli felbontással változtathatók, így időfüggő jelek generálására is alkalmasak.

A műszer ezek mellett digitális ki- és bemeneteket, mintavevő órajel és trigger bemeneteket, reléket és galvanikusan izolált 115kbaud sebességű soros portot is tartalmaz.

A műszer legfontosabb eleme egy 16-bites fixpontos DSP (ADSP-2181, Analog Devices [4]), mely rendkívül flexibilissé és univerzálisan felhasználhatóvá teszi az eszközt. Ez a processzor tart kapcsolatot a vezérlő PC-vel, értelmezi a küldött utasításokat, beállítja a mérési paramétereket, gyűjti, feldolgozza a mintavett adatokat és vezérli a kimeneteket is.

Megjegyezzük, hogy a műszer moduláris felépítésű, ami egyszerűvé teszi az egyes komponensek cseréjét illetve a műszer bővítését is.

2.2. Működési módok, felhasználási területek

Szoftveres háttér

A műszer vezérlését két szoftver végzi: az egyiket a műszerben levő DSP hajtja végre, a másik – ami a tényleges műszerfunkciót szabja meg – a PC-n fut. A DSP-program is cserélhető, bár – mivel erősen kötődik a hardverhez – általában csak az eredeti fejlesztő változtatja azt. A PC felől nézve már eléggé rejtettek a hardverrészek, magas szintű utasításokkal vezérelhetjük az eszközt, melyhez leggyakrabban a LabVIEW [5] környezetet alkalmazzuk, ami világszerte az egyik legelfogadottabb és legelterjedtebb virtuális műszerfejlesztő eszköz. A soros portos kapcsolatnak köszönhetően a két szoftver közötti kommunikáció igen egyszerű, és a Windows/LabVIEW mellett szinte bármilyen operációs rendszer és programozási nyelv segítségével egyszerűen realizálható. A LabVIEW nagy előnye, hogy rendkívül sok grafikus elemmel, fejlett analízis könyvtárral rendelkezik, így igényünknek leginkább megfelelő műszereket hozhatunk létre igen rövid idő alatt.

A DSP szoftvert úgy alakítottuk ki, hogy a mérések és jelgenerálási feladatok két fő csoportját, a statikus és időfüggő módszereket messzemenően támogassák.

Statikus mérések és jelgenerálás

Gyakran előfordul, hogy időben lassan változó jeleket kell regisztrálnunk, illetve nem igazán lényeges a mintavételezés periodikussága, pontos időzítése. Ilyen esetekre a DSP az aktuálisan beállított paraméterek szerint mintavett adatot továbbítja a PC felé. Lehetőség van arra is, hogy a DSP több csatorna jelét mérje, átlagolásokat végezzen, mielőtt az adatot továbbítaná. Hasonlóan történik a kimenetek (analóg, digitális, relék) beállítása, melyek a következő változtatásig megőrzik állapotukat.

Dinamikus mérések, időfüggő jelek generálása

A mérések lényegesen bonyolultabb részét az időfüggő jelek kezelése jelenti. A DAS1414 műszer ezt egy kvarc alapú programozható órajelgenerátorral vezérelt mintavételezéssel támogatja. A DSP belső 32 kbyte adatmemóriája lehetővé teszi a jelek maximum 300kHz-es frekvenciájú, akár szinkron mintavételét és generálását. Emellett két vagy több csatorna szimultán mintavételezését is elvégezhetjük. A szinkron jelgenerálás és mérés esetén a műszer képes a mért jelalak többszöri mérésének átlagolására és a tranziensek elvetésére is. Ezek a tulajdonságok nagyon alkalmassá teszik az eszközt lineáris rendszerek analízisére, zajszűrésre és lock-in méréstechnika alkalmazására is. A PC-re így már egy jelentős mértékben feldolgozott adatsor kerül – ezért okoz ritkán problémát a soros port limitált adatátviteli sebessége. Lehetőség van emellett a kiválasztott csatornák mintavett adatainak azonnali PC-re küldésére is, ami alkalmas a műszer folyamatos – pl. EKG, vérnyomás – regisztrálóként való használatára is. A DSP-szoftver a tároló oszcilloszkóp jellegű funkciók között előtriggerelést is biztosít.

A szoftver tetszőleges jelalakú direkt digitális jelszintetizálást (DDS) is támogat, amihez a jelalakot reprezentáló maximum 4096 pontból álló adatsort kell a PC-ről a DSP memóriájába tölteni. Az analóg kimenetek teljesítményfokozatai tovább bővítik a felhasználási lehetőségeket.

Alkalmazási területek

A statikus mérési funkciókra alapozva egyszerűen realizálhatunk többcsatornás voltmérőt, DC feszültséggenerátort, DC motorvezérlőt, regisztrálót, X-Y író is. Szenzorok alkalmazásával készíthetünk hőmérőt, hőmérséklet-regisztrálót, fénymérőt, nyomásmérőt és nagyon sok más műszert is. Még szélesebb az időfüggő jelekkel kapcsolatos megvalósítható műszerek arzenálja: digitális tároló oszcilloszkóp előtriggerelési funkcióval, tranziens rekorder, spektrum analízátor, lineáris rendszer analízátor, auto- és keresztkorrelátor, tetszőleges jelalak-generátor, lock-in erősítő, modál-analízátor, CCD digitalizáló, EKG és EEG rekorder, stb.

Megjegyezzük, hogy a DSP-program módosításával újabb lehetőségek nyílnak, melyek közé számos valós idejű feldolgozás, például digitális szűrés, digitális PID szabályozás, és sok más is tartozhat.

3. A DAS1414 műszer kutatási és oktatási alkalmazásai

A tudományos méréstechnikában felhalmozott tapasztalataink a környező kutatólaboratóriumokban – a Fizikus és Vegyész Tanszékcsoport több tanszékén és az Orvostudományi Karon is – ismertté és keresetté váltak. Az utóbbi években egyre több kutatási és oktatási célú mérés fontos eszköze lett a DAS1414. A következőkben bemutatunk néhány konkrét sikeres méréstechnikai és vezérlési alkalmazást, terjedelmi korlátok miatt a teljesség igénye nélkül.

3.1. Kísérleti Fizikai Tanszék, zajkutatási feladatok [6]

- Időfüggő jelek (speciális periodikus és véletlenszerű, fehér és 1/f zaj) előállítás és spektrális valamint statisztikai paraméterek mérése.
- Analóg áramkörökkel realizált sztochasztikus differenciálegyenletek paraméterezése, gerjesztése és a keletkezett jelek mérése.
- Kevert jelű modellezés.

3.2. MTA, Lézeres Mikromegmunkálási Laboratórium [7]

- Optikai hullámvezető szenzor excimer lézeres gyártása.
- Hullámvezető-beccsatorlórács szenzor nagy felbontású gyors kiolvasására szolgáló digitális goniométer.

- Nagyteljesítményű diódalézeres anyagmegmunkáló berendezés vezérlése [OTKA T34381].
- Impulzuslézeres vékonyréteg-építő (PLD) berendezés működtetése (3. ábra).



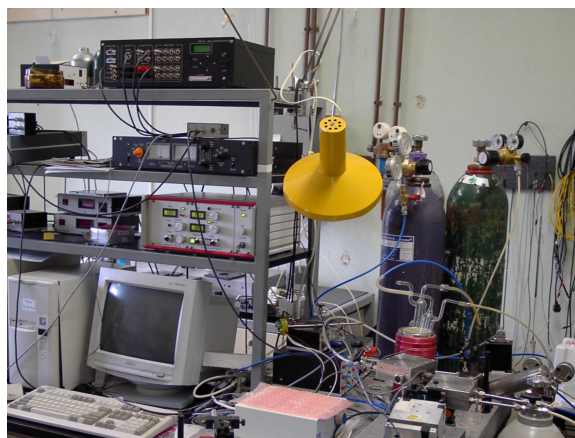
3. ábra. Impulzuslézeres vékonyréteg-építő berendezés vezérlése DAS1414 eszközzel. A készülék végzi a nagyvákuum-rendszer nyomásmérőinek kiolvasását, a nyomásszabályozó pillangószelep vezérlését, a lézer indítását, valamint a kalibrációs szakaszban a lézerenergia mérését.

3.3. Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék, TeWaTi: Terawattos Titán—Zafír Lézer Laboratórium [8]

- Nyalábtulajdonságok (spektrum) mérése CCD-vel (a mintavételezés órajelét és indítójelét egyaránt a CCD szolgáltatja).
- Oszillátor-erősítő lézerrendszer vezérlése, diagnosztikája (a megvalósítás folyamatban van).

3.4. MTA/Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék, Fotoakusztikus Spektroszkópiai Laboratórium [9]

- Földgáz vízgőztartalmának nagypontosságú meghatározása.
- Étkezési fóliák, csomagolóanyagok vízáteresztő-képességének mérése.
- Vízgőz koncentrációjának meghatározása sztratoszférikus körülmények között.
- Élelmiszeripari jelentőségű gázok detektálása kis koncentrációkban (4. ábra).



4. ábra. DAS1414 eszköz fotoakusztikus spektroszkópiai laboratóriumi alkalmazásban. A DAS1414 egyszerre látja el egy diódalézer-meghajtó, egy hőmérsékletstabilizáló PID-vezérlő és egy lock-in erősítő feladatait. Az alapműszer egy speciális változata 1999 óta végez vízgőztartalom-meghatározást a MOL Rt. algyői létesítményeiben.

3.5. Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék, Atomerő-mikroszkópai (AFM) Laboratórium

- Topometrix Explorer AFM képalkotásának javítása, stabilizálása (5. ábra).



5. ábra. Atomerő-mikroszkóp képalkotását segítő DAS1414. Az új, esztétikus dobozzal szerelt DAS1414 eszközt 1 MHz-es A/D-konverter modulával bővítve keskenysávú detektorként használják.

3.6. SZTE Belgyógyászati Intenzív Osztály (specializált műszerrel) [10]

- EKG, vérnyomás, véráramlás, légzési ütem és más jelek mérésére.
- Statisztikai, korrelációs és spektrális analízis.
- Időfüggő spektrális analízis (EKG, vérnyomás, légzési ütem).

3.7. Digitális mérés technika oktatási laboratórium öt DAS1414 mérőállomással [1,2,6]

- Digitális műszertechnika oktatása, szenzoralkalmazások.
- A virtuális műszertechnika alapjai és alkalmazásai oktatása.
- Mikrokontrollerek és DSP-k mérés technikai alkalmazásai.
- Középszintű kísérletező oktatás (egyszerűbb DAS modellek) [3].

4. Továbbfejlesztési lehetőségek és irányok

A fentebb felsorolt sikeres alkalmazások mellett számos továbblépés és újabb alkalmazások lehetősége is mutatkozik. Ezek egy része a meglévő hardverre épül, és csak a szoftverek bővítését, módosítását igényli, a másik csoportba a műszer hardverének fejlesztése, kiegészítése tartozik.

A DSP-szoftver fejlesztése útján újabb funkciók építhetők az eszközbe. Ilyen lehet például a műszerben zajló spektrális analízis, általános digitális PID szabályozás, szenzor linearizálási funkciók, automatizált mérési eljárások elvégezhetősége. A PC-n futó szoftverek bővítési lehetősége – a magas szintű programozási lehetőségeknek köszönhetően – még sokrétűbb. Folyamatosan újabb virtuális műszerekkel egészül ki a meglévő műszerarzenál, és lehetséges a műszerek internetes bázisának létrehozása is: új műszerhez juthat a felhasználó pusztán a szükséges szoftver letöltésével. Természetesen a DSP-szoftver frissítése hasonlóan történhet, és a műszer felújítását jelenti.

A moduláris felépítés a hardveres változtatásokat is támogatja. Ezek közé tartozik néhány megkezdett fejlesztésünk is: gyorsabb, nagyobb felbontású konverterek alkalmazása (16-bit 1MHz A/D konverter); 1 MB SRAM egység és standard IDE merevlemez interfész nagyobb mennyiségű adat tárolására, valamint egy nagyfelbontású DDS jelszintetizátor kiegészítés. Tervezzük a PC és a műszer közötti kommunikáció USB portos átalakítását is.

Megjegyezzük, hogy az általános célú DAS1414 számos kutatási és oktatási feladatokra specializált és egyszerűsített műszer kifejlesztését is megalapozta [3,6].

Köszönetnyilvánítás

Fejlesztéseink anyagi támogatásában segítségünkre vannak az OTKA T037664, T34381 pályázata. Köszönetet mondunk a National Instruments cégnek és hazai képviselőjének, a Cobra Control kft-nek a LabVIEW szoftver adományozásáért. Köszönet illeti az Analog Devices és SMD Technology kft. cégeket fejlesztéseink támogatásáért. A Digitális méréstechnika laboratórium infrastrukturális költségeinek fedezését az Közlekedési, Hírközlési és Vízgazdálkodási Minisztérium 84/2000 sz. pályázatának köszönhetjük. Köszönetünket fejezzük ki a műszer felhasználóinak, együttműködő partnereinknek, akik hasznos észrevételeikkel hozzájárulnak a műszer folyamatos fejlődéséhez. Gingl Zoltán külön köszönetét fejezi ki Prof. Kish Lászlónak folyamatos támogatásáért és szakmai tanácsaiért.

Referenciák

1. Z. Gingl and Z. Kántor, „Intelligent General Purpose Data Acquisition Units for Student Labs”. 2nd European Conference on Physics Teaching in Engineering Education, PTEE2000, 14-17 June 2000, Budapest. <http://www.bme.hu/ptee2000/papers/gingl2.pdf>
2. Z. Gingl and Z. Kántor, „Virtual Measurement Technology in the Education of Physicists and Communication Engineers”. 2nd European Conference on Physics Teaching in Engineering Education, PTEE2000, 14-17 June 2000, Budapest. <http://www.bme.hu/ptee2000/papers/gingl1.pdf>
3. Kántor Zoltán és Gingl Zoltán, „Valódi mérések virtuális mérőműszerekkel - multimédiás PC-k a tanári kísérleti demonstrációban”, Multimédia az oktatásban konferencia, Budapest, 2001. V.30.-VI.1. Computer Panoráma CD melléklete (2001. augusztusi szám)
4. <http://www.ni.com>, <http://www.cobracontrol.hu>
5. <http://www.analog.com>, <http://www.smd.hu>
6. <http://www.noise.physx.u-szeged.hu>
7. Szörényi Tamás, Kántor Zoltán, NATO Science for Peace (SfP 971934) fejlesztési projekt, OMFB-00713/99 sz. és OTKA T34381 sz. kutatási projekt
Zs. Geretovszky, Z. Kántor and T. Szörényi, "Laser Assisted Structuring of Waveguide Thin Films for Integrated Optical Sensors". Invited talk at the 8th Joint Vacuum Conference (JVC8), 4-9 June 2000 Pula, Croatia.
8. OTKA T38152 és T33018 sz., valamint FKFP 0170/2001 sz. kutatási projektek
9. Mohácsi A., Szakáll M., Farkas Zs., Bozóki Z., Szabó G., Bor Zs.: "Diódalézeren alapuló fotoakusztikus gázdetektálás", MOL Szakmai Nap 2000.
Mohácsi A.: Fotoakusztikus mérőberendezések fejlesztése gyakorlati célokra, PhD dolgozat, 2002.
M. Szakáll, Z. Bozóki, M. Kraemer, N. Spelten, O. Moehler, U. Schurath, Evaluation of a photoacoustic detector for water vapor measurements under simulated tropospheric / lower stratospheric conditions. Environmental Science and Technology 35 4881-4885 (2001).
10. Osztályvezető: Dr. Rudas László. Orvosi témájú publikációk listája található a következő helyen: <http://www.noise.physx.u-szeged.hu/med/>