

## NYÍLT FORRÁSÚ SENZOR-USB INTERFÉSZEK FEJLESZTÉSE INTERDISZCIPLINÁRIS OKTATÁS TÁMOGATÁSÁRA

### DEVELOPMENT OF OPEN SOURCE SENSOR-USB INTERFACES TO SUPPORT INTERDISCIPLINARY EDUCATION

Gingl Zoltán<sup>1</sup>, Mingesz Róbert<sup>2</sup>, Makra Péter<sup>3</sup>, Kopasz Katalin<sup>4</sup> és Mellár János<sup>5</sup>

**Összefoglaló:** A hatékony természettudományos és műszaki oktatás fontos része a kísérletezés, a laboratóriumi gyakorlatok elvégzése. Az elméleti háttér elsajátítása mellett így nyílik mód arra, hogy a hallgatók tapasztalatokhoz juthassanak a mérések területén, a valós rendszerek működtetésének megértésében és a kapcsolódó jelfeldolgozási, szoftveres háttér megismerésében is. A hallgatók számára motivációt jelent az informatika és a valódi jelek kapcsolatának megmutatása, a mérések és kísérletek önálló elvégzése, az adatok kezelését végző szoftverek elkészítése. Kiemelendő fontos, hogy a kísérletezés során gyakorlatot szerezhettek a valós rendszerekben előforduló problémák felderítésében, kezelésében és megelőzésében is. Bemutatunk két szenzor-USB típusú adatgyűjtő műszert, melyeket a fenti oktatási céloknak megfelelően fejlesztettünk ki. A műszerek számos különböző szenzor közvetlen csatlakoztatását biztosítják, alkalmasak termisztorok, termoelemek, fotodiódák, gyorsulás- és nyomásszenzorok, mágnesestér-szenzorok és sok más szenzor fogadására is. A számítógéppel a műszerek virtuális soros porton keresztül kommunikálnak egy egyszerű protokoll segítségével, így a hallgatók egyszerűen készíthetnek szoftvereket LabVIEW, Matlab és más környezetekben is a mért jelek akár valós idejű megjelenítésére és feldolgozására. A laboratóriumi gyakorlatok mellett a műszereket kísérletes előadásokhoz, bemutatókhoz is alkalmazzuk. A fejlesztések nyílt forrásúak, a teljes hardver- és szoftverdokumentációt elérhetővé tettük a [www.inf.u-szeged.hu/noise/edudev/](http://www.inf.u-szeged.hu/noise/edudev/) oldalon.

**Kulcsszavak:** laboratóriumi gyakorlatok, interdiszciplináris oktatás, szenzor-USB interfész, nyílt forrású fejlesztés

**Abstract:** Laboratory experiments constitute an essential aspect of efficient natural science and engineering education. They complement theoretical studies by allowing students to gain experience in measurements, understand the workings of real systems and acquaint themselves with the relevant signal processing and software background. Students are motivated by gaining insight into the connection between informatics and real signals, carrying out measurements and experiments on their own and developing their own software to process data. It is to be emphasised that in the course of experiments students can get practice in finding, handling and forestalling problems that arise naturally in real-world systems. In this talk, we introduce two sensor-to-USB type devices, which we have developed in the spirit of the educational goals outlined above. These instruments provide direct connectivity to several different sensors like thermistors, thermocouples, photodiodes, sensors of acceleration, pressure, magnetic field and many other quantities. They use a simple protocol to communicate with the host computer over a virtual serial port, so students can easily develop software in LabVIEW, Matlab or other environments to display and process the measured signals even in real time. Apart from laboratory practicals, we also use these devices in our presentations or lectures involving experiments. The development is open-source; we have made the full hardware and software documentation available at [www.inf.u-szeged.hu/noise/edudev/](http://www.inf.u-szeged.hu/noise/edudev/).

**Keywords:** laboratory practicals, interdisciplinary education, sensor-USB interface, open source development

<sup>1</sup> Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatikai Kar, Műszaki Informatika Tanszék, email cím: [gingl@inf.u-szeged.hu](mailto:gingl@inf.u-szeged.hu)

<sup>2</sup> Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatikai Kar, Műszaki Informatika Tanszék, email cím: [mingesz@inf.u-szeged.hu](mailto:mingesz@inf.u-szeged.hu)

<sup>3</sup> Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatikai Kar, Kísérleti Fizikai Tanszék, email cím: [phil@titan.physx.u-szeged.hu](mailto:phil@titan.physx.u-szeged.hu)

<sup>4</sup> Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatikai Kar, Kísérleti Fizikai Tanszék, email cím: [kopasz.kata@gmail.com](mailto:kopasz.kata@gmail.com)

<sup>5</sup> Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatikai Kar, Műszaki Informatika Tanszék, email cím: [mellar@inf.u-szeged.hu](mailto:mellar@inf.u-szeged.hu)

## 1. Bevezetés

A természettudományos és különösen a műszaki, informatikai képzés fontosságáról, színvonalának emeléséről egyre több szó esik napjainkban. Az ipar és a kutatás is igényli a megfelelő szakmai alaptudással rendelkező, egyetemet végzett szakembereket, fontos azonban kiemelni, hogy az egyetemen megszerzett ismeretek mellett azok kreatív, gyakorlati használatának képességére még nagyobb szükség van. Ezen a ponton sajnos néha eltávolodik a munkahelyek igénye és az egyetemek által nyújtott képzés jellege, a hallgatók nem mindig részesülnek megfelelő gyakorlati képzésben. Azt is meg kell említeni, hogy a hallgatók és néha a munkahelyi vezetők is úgy vélik – különösen az elméleti alapozó tárgyakkal kapcsolatban –, hogy számos olyan dolgot kell megtanulniuk, amire nem lesz szükségük a munkájuk során. Véleményünk szerint a megoldás a kettő kombinációjában rejlik: fontos a hallgatók megfelelő elméleti tudásának megalapozása, természettudományos és műszaki intelligenciájuk növelése, de komoly szerepet kell adni a laboratóriumi gyakorlatokra épülő kísérletező oktatásnak is, ahol az elméleti kurzuson megszerzett tudás alkalmazását gyakorolják, szembesülnek a valódi rendszereknél jelentkező problémákkal, melyek az elméleti leírásokból sokszor hiányoznak, gyakorolják a bonyolultabb valós rendszerekben előforduló hibák helyének és okának felderítését, ezek kiküszöbölését és megelőzését (Nagy 2010; Csermely 2007).

A felsőoktatás mai problémái közé tartozik a hallgatók figyelmének és érdeklődésének megfelelő szinten tartása, a tudás hatékony átadása. A statisztikák szerint sok hallgató nem tudja a kurzusokat időben és megfelelő szinten teljesíteni, kevesen járnak be előadásokra, sokan kiesnek az egyetemi képzésből, vagy lényegesen hosszabb időt töltenek az egyetemi képzésben, ami természetesen nagyon gazdaságtalan is. A nagy létszámú kurzusok teljesítése szinte kizárólag írásbeli vizsgával történik, ami sajnos szintén nem segíti a hallgató kreativitásának fejlesztését. Ez a tendencia világszerte megfigyelhető, így sokféle megoldási javaslat látott napvilágot. A tananyag hatékonyabb átadása érdekében gyakran használnak látványos és nagyon informatív számítógépes szimulációkat, fejlesztenek interaktív tananyagokat, és az előadásokat is néha megszakítják a hallgatók kérdésével, melynek egyik új módszere a szavazógépszerű úgynevezett „clicker”-ek használata. Újabban egyre többen próbálkoznak távoli elérésű laboratóriumok felépítésével, melyek ugyan valódi kísérletezést és méréseket jelentenek, de a hallgató interneten keresztül irányítja és figyeli a folyamatokat.

Bár ezek a módszerek valóban sokat segíthetnek az oktatás minőségének javításában és a problémák csökkentésében, meggyőződésünk, hogy számos tananyag oktatásában nélkülözhetetlen a laboratóriumi gyakorlatok elvégzése. Ahogy fentebb említettük már, ez segít az elméleti ismeretek gyakorlati hasznának megértésében és a valós rendszerek működési sajátosságainak megismerésében, de emellett a hallgatók sokkal motiváltabbá válnak, az oktató és hallgató kapcsolata lényegesen szorosabb és interaktívabb, lehetőség nyílik csapatmunkára és a hallgatók sokkal inkább kaphatnak képességeiknek megfelelő feladatot, azaz akár egy tanórán belül is a tehetségesebb hallgatók többet végezhetnek el, kevésbé érezhetik hátráltatva magukat. Igen jól megfigyelhettük ezeket az előnyöket, amikor az egyetemünkön oktatott Elektronika tárgy számolási gyakorlata helyett áttértünk laboratóriumi gyakorlatok tartására, erről részletesebben beszámolunk ugyanebben a kiadványban megjelent másik közleményünkben (Mingsz et al 2011).

Gyakori érv a laboratóriumi gyakorlatok megtartása ellen, hogy ez a fajta oktatás igen költséges. Valóban igaz, hogy jóval kisebb az egy oktatóra jutó hallgatók száma, kevesebb hallgató tanulhat ugyanakkora teremben, és ráadásul nagyobb létszámú évfolyamoknál több csoportra kell osztani a hallgatókat, azaz a képzésre fordított idő is megnő. Ezek mellett a laboratóriumi infrastruktúrát is létre kell hozni, folyamatosan karban kell tartani, ami szintén költséges. Amellett, hogy a laborok nélkülözhetetlenek a gyakorlatias, műszaki szemléletű oktatásban, enyhíti ezeket a hátrányokat másfajta kurzusok alacsonyabb teljesítési aránya, de talán még fontosabb, hogy a modern elektronikai és informatikai lehetőségek alapján korszerű és nagyon kedvező árú, egyszerű, mégis igen hatékony méréseket és kísérletezést támogató eszközök készíthetők. A továbbiakban beszámolunk két nyílt forrású szenzor-USB interfész kifejlesztéséről, melyeket a kísérletező oktatás számára fejlesztettünk ki számos oktatási terület számára. A műszerek rendkívül alacsony ára lehetővé teszi nagyobb létszámú laboratóriumi gyakorlatok megtartását, ügyesebb hallgatók akár otthon is végezhetnek kísérleteket, használhatják szakdolgozatuk elkészítéséhez is.

## 2. Szenzor-USB interfészek

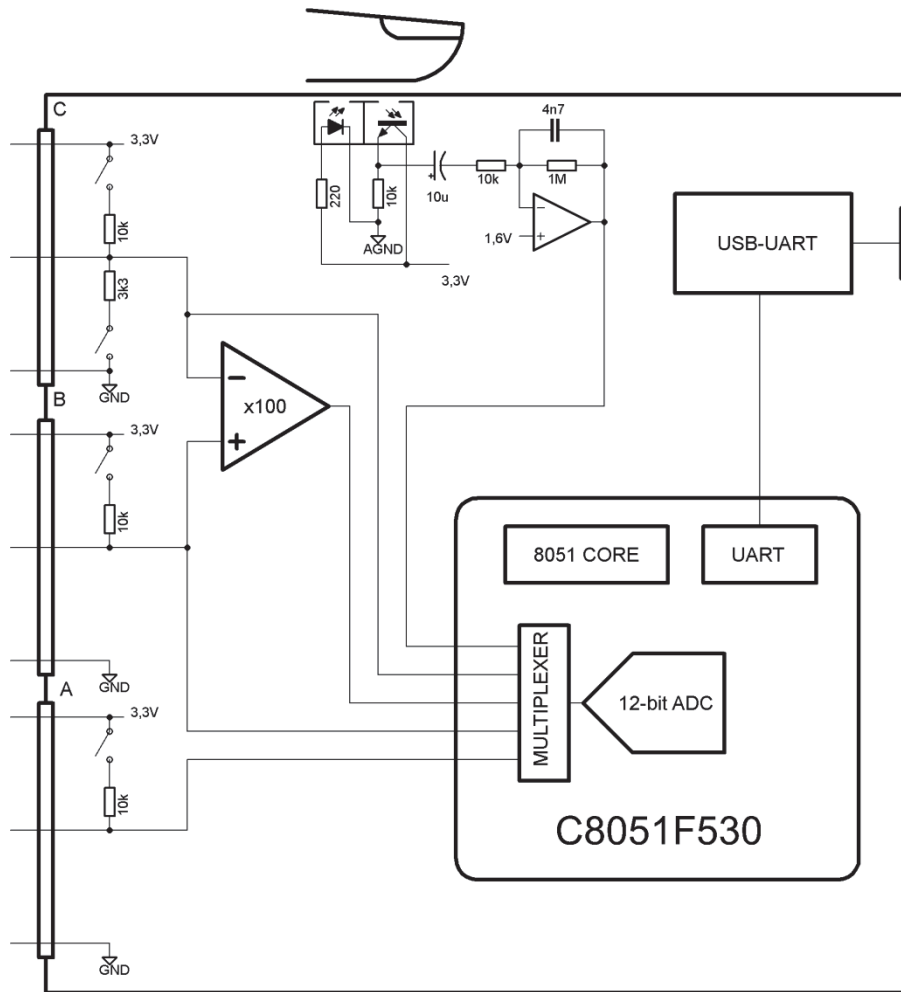
### 2.1. Hardverfelépítés

A műszerek tervezésénél a legfontosabb szempontjaink a következők voltak:

- USB-porttal rendelkezzenek, ami egyszerű csatlakozást és tápellátást biztosít minden számítógép használata esetén,
- minél többféle szenzor közvetlenül csatlakoztatható legyen,
- olcsó, egyszerűen beszerezhető alkatrészekből álljon,
- kellően pontos legyen, alkalmas legyen állandó és időfüggő jelek mérésére
- kellően egyszerű és részletes nyílt forrású kapcsolási rajzok, nyomtatott áramköri tervek a könnyű reprodukálhatóság érdekében.

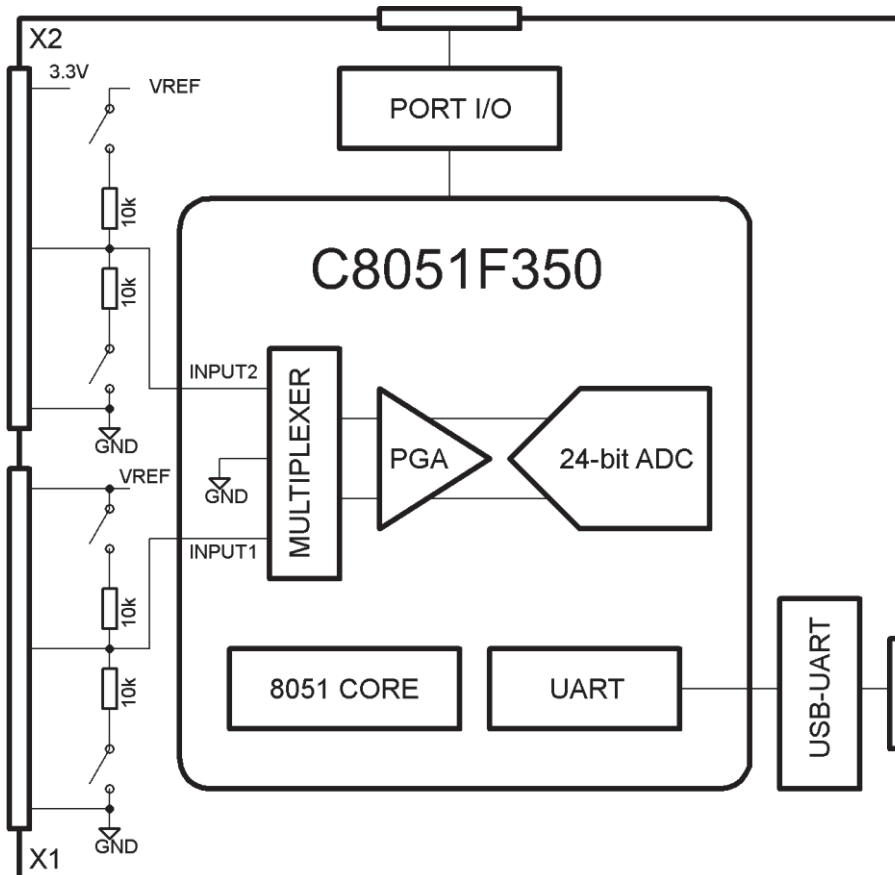
Két szenzor-USB műszert fejlesztettünk ki különböző oktatási feladatok elvégzésére, ezek felépítését mutatjuk be a következőkben.

Az EDAQ530 műszer (Kopasz 2011) egy Silicon Laboratories C8051F530 típusú mikrovezérlőre épül, mely az ez egyik legmodernebb 8051 architektúra, a legtöbb műveletet 1-2 órajel-ciklus alatt végzi el, piacvezető precíz analóg perifériákat is tartalmaz: 12-bites analóg-digitális átalakítót, analóg multiplexert és feszültségreferenciát is. A műszer blokkvázlata az 1. ábrán látható. Az eszköz USB-B csatlakozóval rendelkezik, szabványos USB-kábellel csatlakoztatható számítógéphez, mely a tápellátást is biztosítja. A három bemeneti csatlakozó egyenként három kivezetést biztosít a következő jelentéssel: földpont, feszültségbemenet, referencia és tápfeszültség (3,3 V). A feszültségbemenetekre szoftveresen kapcsolhatók felhúzóellenállások, melyek így lehetővé teszik ellenállás mérését is, mivel a bemenet és a földpont közé kötött ellenállás feszültségosztót képez a belső felhúzóellenállással. A harmadik bemenetre lehúzóellenállás is köthető, ami földfüggetlen differenciális jeleknél biztosítja a megfelelő viszonyítási feszültséget. Megemlítjük, hogy a műszer egy beépített infravörös fotokaput is tartalmaz, ami alkalmas mozgások detektálására, de az ujjat föléhelyezve akár a szívverés okozta vérlüktetés is mérhetővé válik. A műszer részletes dokumentációja megtalálható a [www.inf.u-szeged.hu/noise/edudev/edaq530](http://www.inf.u-szeged.hu/noise/edudev/edaq530) oldalon.



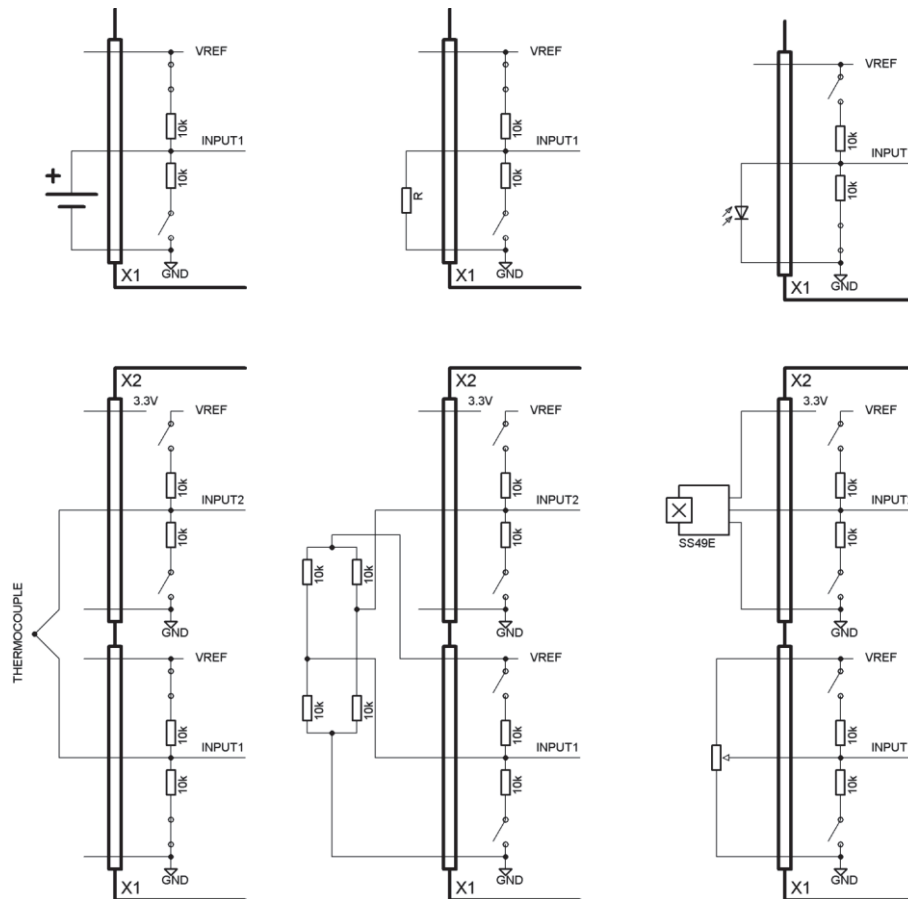
**1. ábra - Az EDAQ530 műszer blokkvázlata. A bemeneti csatlakozók egyszerre három szenzor csatlakoztatását teszik lehetővé, és a beépített fotokapu alkalmas mechanikai mozgások detektálására, de akár az ujjban fellépő vérlüktetés mérésére is. A műszer másodpercenként és csatornánként 1000 adatot képes a számítógéphez továbbítani folyamatosan.**

Sok esetben szükség lehet nagy dinamikatartományra, amikor a jel nagy amplitúdójú változások mellett tartalmaz igen kicsi ingadozásokat is. Ilyenkor tipikusan programozható erősítőket illetve igen nagy felbontású analóg-digitális átalakítókat szokás használni. A Silicon Laboratories választékában megtalálható a C8051F350 típusú mikrovezérlő, melynek szoftveresen programozható differenciális előerősítőjét beállíthatjuk 1,2,4,8,16,32,64,128-szoros erősítésekre, emellett 24-bites delta-sigma architektúrájú analóg-digitális átalakítót is tartalmaz. Ezzel a mikrovezérlővel még egyszerűbb, kisebb szenzor-USB átalakítható készíthető, mivel jóval kevesebb külső analóg áramköri komponenst kell felhasználni. A mintavételi gyakoriság kisebb (maximálisan 100 adat/s), és a csatornák közötti váltás is lassabb, viszont a dinamikatartomány sokkal nagyobb, így lassabban változó jelek mérésére ideális. Az EDAQ24 elnevezésű műszer blokkvázlata a 2. ábrán látható, teljes dokumentációja a [www.inf.u-szeged.hu/~gingl/edaq24/](http://www.inf.u-szeged.hu/~gingl/edaq24/) oldalon található.



**2. ábra - Az EDAQ24 műszer blokkvázlata. A külső jeleket két 3-kivezetéses csatlakozó fogadja. A multiplexer segítségével a jelek mérhetők egyoldalasan, differenciálisan, a programozható erősítő (PGA) lehetővé teszi 1-szeres vagy akár 128-szoros erősítés beállítását.**

Mindkét műszerhez igen sokféle szenzor csatlakoztatható közvetlenül. A szenzorok a különböző jeleket (pl. elmozdulás, gyorsulás, nyomás, hőmérséklet, mágneses tér, stb.) elektronikával feldolgozható jelekké (feszültség, áram, ellenállás, kapacitás, induktivitás) alakítják. Mivel a mérésekhez a jeleknek megfelelő nagyságú feszültség formájában kell megjeleníteniük, a műszereknek lehetővé kell tenniük a szükséges átalakításokat. Feszültség ezekkel a műszerekkel közvetlenül mérhető, az EDAQ24 akár  $\mu\text{V}$  nagyságú jelek mérését is támogatja. Áramkimenetű szenzorok (pl. fotodióda) jelét úgy mérhetjük, hogy az áramot a műszerben bekapcsolható ellenálláson átvezetve feszültséget hozunk létre. Az ellenálláskimenetű szenzorok (pl. termisztor) mérése is lehetséges, ha a belső felhúzóellenállás bekapcsolásával feszültségosztót hozunk létre. Integrált áramkörös szenzorok (pl. gyorsulásérzékelők, giroszkópok, Hall-érzékelők) tipikusan feszültségkimenetűek és tápfeszültséget igényelnek, így szintén egyszerűen csatlakoztathatók. Ilyen módon tehát rendkívül sokféle szenzort közvetlenül, külső áramkörök nélkül kapcsolhatunk a műszerek bemenetére, megfelelő szoftverekkel szinte bármilyen kapcsolódó mérést elvégezhetünk. Az így kapott műszernek nagy része szoftver, ezért ezeket gyakran virtuális műszereknek nevezzük, bár nagyon is valódi méréseket végezhetünk a segítségükkel. A 3. ábra néhány szenzor csatlakoztatását mutatja be.



3. ábra - Különböző típusú szenzorok közvetlen csatlakoztatása. A felső három ábra balról jobbra rendre a feszültség (pl. elem), ellenállás (pl. termisztor) és áramkimeneti jelű (pl. fotodióda) szenzorok csatlakoztatását mutatja. Az alsó három csatlakozás egy feszültségkülönbség (termoelem), ellenállás-híd (pl. nyomásszenzor), illetve integrált áramkörös Hall-szenzor és potenciométer mérést illusztrálja.

### 2.2. Mérő- és elemzőszoftverek

A műszerek könnyű és gyors használatához készítettünk beágyazott és PC-n futó szoftvereket is. Az EDAQ530 beágyazott szoftvere C nyelven készült, és az ingyenes SDCC fordítóval, valamint a szintén ingyenes Silicon Laboratories integrált környezettel lefordítható és a mikrovezérlőbe tölthető. A szoftver igen egyszerű parancsokat fogad a műszer vezérlésére és a mérési adatok kiolvasására. A PC felől a műszer virtuális soros porton érhető el, gyakorlottabb programozók akár közvetlenül elérhetik a műszer FTDI driverét is.

Az univerzális mérőszoftver C# forráskódja és dokumentációja elérhető a fentebb megadott honlapon. A szoftver grafikusán és numerikusan is megjeleníti a mért adatokat, beállíthatjuk a szenzor típusát, skálázását, használhatjuk a vágóasztalt az adatok táblázatkezelőkbe való gyors másolására.

A széleskörű használhatóság érdekében készítettünk LabVIEW könyvtárat és bemutató programokat, és hamarosan Matlab példák is elérhetőek lesznek.

### 3. Oktatási alkalmazások

A fentebb ismertetett műszerek igen széleskörűen használhatók számos tárgy kísérletes oktatásához az alap- és középfokú, valamint az egyetemi képzésben. A következő részben áttekintünk néhány alkalmazási lehetőséget.



### 3.1. Alap- és középfokú képzés

Az általános és középiskolai természettudományos képzés egyik fő problémája, hogy csökken a bemutatható kísérletek száma, a diákok ritkán találkoznak az elméleti anyag és a valóság kapcsolatával, ami különösen fontos, hiszen itt a diákok még nem maguk választanak szakterületet, a tárgy iránt kevésbé érdeklődők végérvényesen lemaradhatnak, teljesen elveszíthetik az érdeklődésüket.

Ugyanakkor minden diák hozzájut számítógéphez, mobiltelefonjával bizonyos értelemben méréseket végez, tapasztalja például, hogy a telefon érzékeli a mozgást, hangot, fényt. Figyelmét ezért eleve jobban megragadják a számítógéppel, informatikával, modern elektronikával kapcsolatos dolgok – jó esély arra, hogy érdeklődését felkelthessük az egyébként unalmasnak vagy nehéznek tartott tárgyak iránt, és arra is, hogy jobban megértsék a modern hétköznapi eszközök működésének alapjait.

Nagy segítséget adnak ebben a szenzor-USB interfészek, melyekből 2010-ben tanártovábbképzésen 12 darabot adtunk középiskolai informatika-, fizika- és biológiatanároknak, emellett a szegedi Ságvári Gimnáziumban egy 20 mérőhelyes informatika-fizika laborban is sikerrel használják az eszközöket közel egy éve.

Mivel a mért jeleket (például hőmérsékletet, gyorsulást) teljesen valós időben látják, sokkal kevésbé „fekete doboz” számukra a mérőműszer. Olyan mennyiségeket láthatnak, melyeket hagyományos módon nem lehet megjeleníteni, jobban megértik a grafikonok jelentését is. A tapasztalataink alapján állíthatjuk, hogy a diákok motiváltsága jelentősen megnövelhető, sokszor mondják el saját ötleteiket, mert látják, hogy ezekkel az univerzális eszközökkel rendkívül sokféle feladat elvégzése lehetséges – ezzel egyértelmű kapcsolatba hozható a tehetséggondozás is.

### 3.2. Interdiszciplináris felsőoktatási alkalmazások

A szenzor-USB műszerek legszélesebb körben természetesen az egyetemi képzésben használhatók fel. Az eddigiekben felsorolt előnyök az egyetemi képzésben is motiválják a hallgatókat, a méréseket önállóan végezhetik, a meglévő szoftvereket kiegészíthetik saját részekkel akár a műszerben, akár a vezérlő számítógépen futó szoftverek esetében is, különböző fejlesztőkörnyezetekben és platformokon, ami a kreativitás még hatékonyabb fejlesztését jelenti. A műszerek igen alacsony előállítás költsége, kicsi mérete lehetővé teszi, hogy nagyszámú hallgató egyszerre kísérletezhessen, felhasználhatók a meglévő, más kurzusokhoz is tartozó számítógépek is. Az eszközök a hallgatói kísérletezés mellett segítik az előadásokon a kísérletes bemutatásokat.

Az egyszerűen elvégezhető mérések, kísérletek közvetlenül kapcsolódnak a műszaki informatikai képzéshez, de emellett sok más szakhoz is nagy segítséget adhatnak. Egyetemünkön a fizikusok képzésében nagyon fontos a mérés-technika, elektronika oktatása, nemrég indult a molekuláris bionika szak, ami szintén erősen épül a modern informatikai és mérés-technikai ismeretek oktatására, de a hagyományosan magas színvonalon folyó kísérletes kémiai, biológiai, orvostudományi kutatások is igénylik, hogy a képzésben megjelenjenek az informatika modern mérés-technikai, műszaki alkalmazásai.

A szenzor-USB interfészek a mérnök-informatikus és fizikus szakokhoz tartozó Elektronika, Digitális elektronika, Mérés és adatgyűjtés, Virtuális mérés-technika, Modern mérés-technika és más kurzusokon érintett számos témakör kísérletes oktatásához adhatnak segítséget. Ezek közül a következőket említjük meg:

- Szenzortípusok, szenzorok alkalmazása, tulajdonságai, szenzorkarakterisztikák vizsgálata, pontossági lehetőségek, közvetett szenzoralkalmazások
- Analóg elektronikai jelkondicionálási módszerek, szenzorok jeleinek elektronikai kezelése
- A/D-konverzió, felbontás, felbontás és pontosság különbözőségei, A/D-architektúrák (mintavéve fokozatos közelítéses ADC, delta-sigma ADC) és tulajdonságaik
- Kvantálási zaj, átlagolás, zajcsökkentési lehetőségek
- Mintavételezéses mérések, mintavételi tétel, a tétel megsértésének következményei
- Mérések pontossága, determinisztikus és statisztikus hibák
- Digitális jelfeldolgozás, digitális szűrők, diszkrét Fourier-transzformáció, FFT

- Beágyazott programozás, analóg perifériák használata, mérési adatok tárolása
- Interfészprogramozás, hibakezelés, beágyazott jelfeldolgozás, megszakításkezelés, valós idejű adatkezelés
- PC-programozás, interfészek programozása különböző operációs rendszerekben és fejlesztőkörnyezetekben
- A nyílt forrású dokumentációk példát adnak elektronikai, nyomtatott áramköri tervezésre, kiindulópontjai lehetnek továbbfejlesztéseknek
- Interdiszciplináris alkalmazások: például pletizmográfias és egyéb élettani jelek mérése, szívritmuselemző szoftverek készítése, kémiai anyagok termoelektromos, vezetőképességi mérései

A kurzusok mellett a műszereket a hallgatók szakdolgozatuk és diplomamunkájuk elkészítéséhez is alkalmazhatják. A műszer egyszerűsége, alacsony ára miatt a hallgatók akár saját példányhoz is hozzájuthatnak, akár otthon is folytathatják a kísérletes munka bizonyos részeit.

Terveink között szerepel ezek mellett az is, hogy igen alacsony költségű távoli elérésű laboratóriumi gyakorlatok (remotely controlled laboratory, RCL) kifejlesztéséhez is használjuk a szenzor-USB interfészeket. Fontos célunk, hogy az interneten elvégezhető valódi laboratóriumi gyakorlatok egyszerűek, könnyen reprodukálhatóak legyenek, a teljes fejlesztéseket ezért szintén nyílt forrásúaknak tervezzük.

#### 4. Összefoglalás

Két szenzor-USB interfészt mutattunk be, melyek teljes hardver- és szoftverdokumentációja nyílt forrású. A műszerek sokféle szenzor közvetlen csatlakoztatását teszik lehetővé és megfelelő szoftverek segítségével nagyon szerteágazó kísérletező oktatási feladathoz használhatóak az egyetemi műszaki, informatikai és számos más természettudományos képzésben, például fizikai, kémiai, biológiai, orvostudományi területeken is. Alkalmazhatók laboratóriumi gyakorlatokon, előadásokon kísérletes bemutatókhoz, szakdolgozatok és diplomamunkák készítéséhez és távoli elérésű laboratóriumi kísérletek fejlesztéséhez is.

Az egyetemi képzés mellett a műszereket sikeresen alkalmazzuk a középiskolai képzés modernizálásában, ahol az egyik legfontosabb eredmény az, hogy valódi kísérleteket láthatnak és akár végezhetnek is a diákok modern, mégis egyszerűen használható, könnyen átlátható informatikai eszközök segítségével.

A kapcsolódó feladatok rugalmasan megválaszthatók, rendkívül széles tartományban skálázhatók, az egyszerű demonstrációktól kezdve a laboratóriumi méréseken keresztül egészen a beágyazott szoftverfejlesztésekig.

A valódi kísérletezés a hallgatókat jobban motiválja, fontos gyakorlati tudásra tehetnek szert, kreativitásuk fejlesztése is hatékonyabbá válik, melyre nagy szükség van akár az iparban, akár az egyetemi, kutatási területeken jutnak feladatokhoz.

#### Irodalomjegyzék

- Nagy Lászlóné (2010) A kutatásalapú tanulás/tanítás ('inquiry-based learning/teaching', IBL) és a természettudományok tanítása, *Iskolakultúra*, 2010/10: 31–52
- Csermely Péter, interjú (2007) [http://mta.hu/mta\\_hirei/a-termesztudomanyos-oktatas-megujitasaert-40831/](http://mta.hu/mta_hirei/a-termesztudomanyos-oktatas-megujitasaert-40831/)
- Mingesz Róbert, Gingl Zoltán, Makra Péter, Kocsis Péter, Mellár János (2011) Laboratóriumi gyakorlatok a mérnök-informatikus oktatásban, ugyanezen kötetben
- Kopasz K, Makra P and Gingl Z (2011) Edaq530: a transparent, open-end and open-source measurement solution in natural science education, *European Journal of Physics*, 32: 491-504