

# ÉRDEKES MÉRÉSEK AZ ELEKTROMÁGNESSÉG KÖRÉBŐL

Simon Gyula

Fazekas Mihály Gimnázium, Debrecen

A jelenlegi fizika kerettanterv középiskolában (amely ősztől már csak gimnáziumra vonatkozik lényegében, hiszen a majdani szakgimnáziumok jó részében nem is lesz fizikaoktatás) nem sok időt és lehetőséget enged a tanári mérésekre, kísérletekre, demonstrációkra (tanulói kísérletekről nem is beszélve). Ennek ellenére törekednünk kell arra, hogy a fizika szemléletesebb, élményszerűbb, hitelesebb legyen a gyerekek számára.

Ennek egyik módja a mérés, amely ha szemléletes, követhető a diák számára megadhatja a megfelelő motivációt.

A számítógéppel támogatott mérések új lehetőséget jelentenek a mérések kivitelezésében: szorozok széles körűnek a használata, grafikus megjelenítési és szemléltetési lehetőségek, pontosabb mérések.

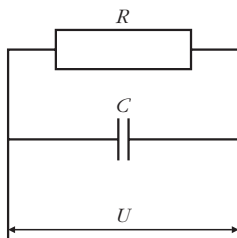
Fizikát és informatikát (elsősorban programozást) tanítok, így ez a lehetőség mindig is foglalkoztatott, a HT iskola-számítógépes időktől kezdve (azzal már felezési időt mértünk a nyolcvanas években).

A továbbiakban két – általam érdekesnek ítélt – mérést mutatok be az elektromágnesség köréből. A használt eszközök: a National Instruments (NI) Hungary Kft. által biztosított myDAQ mérési adatgyűjtő és a programozására szolgáló LabVIEW programozási környezet, ezenkívül egy optokapu, néhány ellenállás, kondenzátor és tranzisztor.

## Az Euler-féle szám meghatározása

Ez a mérés elsősorban elméleti érdekessége és szokatlansága miatt figyelemreméltó. Az ötletet *Simon Péter* cikke adta.<sup>1</sup>

Kiindulópontunk egy RC-kör:



*Simon Gyula* matematika-fizika-számítás-technika szakos középiskolai tanár (KLTE), 1987 óta a debreceni Fazekas Mihály Gimnáziumban tanít, jelenleg a fizika-informatika munkaközösség vezetője, Graphisoft és Tarján Rezső-díjas. Törekvésének középpontjában a programozás tanítása, népszerűsítése áll, így fizikatanárként természetes volt számára a myDAQ mérési adatgyűjtő (LabVIEW), illetve az Arduino mikrokontroller (C++) felhasználása a fizika, illetve az informatika tanításában.

A  $C$  kondenzátort  $U_0$  feszültségre töltjük, majd az  $R$  ellenálláson keresztül kisütjük. A *kondenzátor feszültségének időbeli csökkenését* vizsgáljuk.

A  $Q = CU$  összefüggésből az

$$U = \frac{1}{C} Q$$

következik. A feszültség csökkenése a töltés veszteségéből származik:

$$\Delta U = -\frac{1}{C} \Delta Q.$$

Az áramerősség:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \rightarrow \Delta Q = I \Delta t.$$

Utóbbi behelyettesítve:

$$\Delta U = -\frac{1}{C} I \Delta t.$$

$\Delta t$ -vel osztva az egyenlet két oldalát, kapjuk a differenciáhányadost:

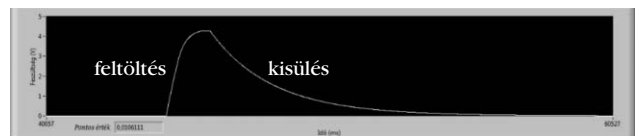
$$\frac{\Delta U}{\Delta t} = -\frac{1}{C} I.$$

Az  $I = U/R$  Ohm törvényét felhasználva:

$$\frac{\Delta U}{\Delta t} = -\frac{1}{RC} U.$$

Ez alapján a kondenzátor feszültségének időfüggése a kisülés közben:

$$U(t) = U_0 e^{-\frac{1}{RC} t}. \quad (1)$$



Tehát a feszültség időben exponenciálisan csökken. Mindkét oldal logaritmusát véve és átrendezve:

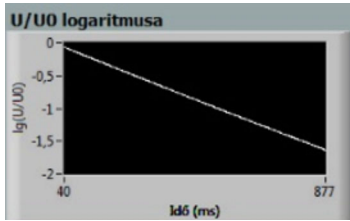
$$\lg U = \lg U_0 + \lg e^{-\frac{1}{RC} t},$$

$$\lg U - \lg U_0 = -\frac{t}{RC} \lg e \rightarrow \lg \frac{U}{U_0} = -\frac{\lg e}{RC} t.$$

Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat és a National Instruments Hungary Kft. által fizikatanároknak kiírt pályázatra beküldött és végül nyertes pályázatban szereplő méréseket mutatja be a cikk. A mérések elvégzésében, a program írásában részt vett két tanítványom: *Komáromi Máttyás* és *Varnyú Dóra*, mindketten a Debreceni Fazekas Mihály Gimnázium végzős diákjai.

<sup>1</sup> Az Euler-féle szám vizsgálata. *Fizikai Szemle* 64/3 (2014) 90–95.

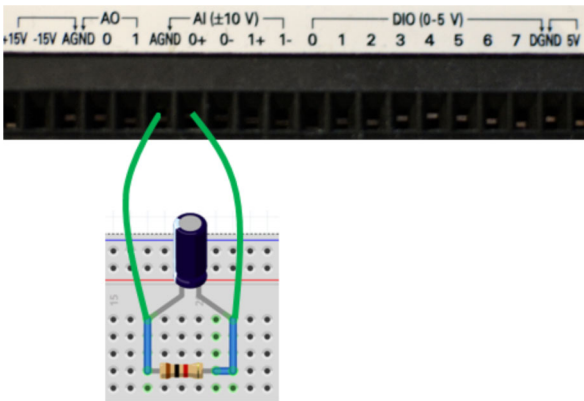
Ez tulajdonképpen a  $\lg U/U_0$  időbeli függését adja meg, ami egy *lineáris függvény*. Ezen egyenes  $m$  meredeksége:



$$m = -\frac{\lg e}{RC} \rightarrow \lg e = -mRC \rightarrow e = 10^{-mRC}$$

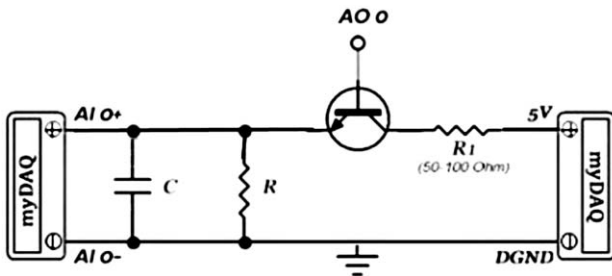
A feladat tehát az  $m$  meredekség mérése és azzal a képlet szerint az  $e$  mérése.

A feszültség időbeli változásának ábrázolása az NI myDAQ nevű mérésadatgyűjtő berendezésével történhet, LabVIEW programozási nyelv segítségével.



A myDAQ készülék analóg bemenetére (Analog Input, AI) – AGND és 0+ – kötjük az RC-kör két kivezetését.

A teljes kapcsolás:



A myDAQ AI 0- jelű analóg bemenetét a földpotenciálra (GND) kell kötni, ugyanis kapcsolásunk úgynevezett *lebegő jelforrásként* viselkedik, így biztosítjuk számára a földpotenciált.

A tranzisztort (BC 546A) a kondenzátor feltöltésére használjuk (*kapcsolóként*), az analóg kimenet (AO 0) segítségével 5 V-ra töltjük a kondenzátort. A program ezután a feszültség 4,2 V-ra való csökkenésekor kezdi a mérést, majd a 0,1 V elérésekor befejezi azt.

A mérések során 2000  $\mu\text{F}$  kapacitású kondenzátort és 1000  $\Omega$  nagyságú ellenállást alkalmaztunk (ezeket az értékeket a program majd bekéri a mérés előtt).

Négy képernyőn (*Eszközigény és csatlakozás*, *A mérés leírása*, *Kezdőértékek megadása*, *Mérés*) keresztül kommunikál a felhasználóval a program. A Mérés képernyő:



A program mintavételezéssel meghatározza, majd tárolja a feszültségeket és azok tízes alapú logaritmusát is, az elteltidő-értékekkel együtt. A mérés végeztével a következő lépéseket hajtja végre:

- Egyenest illeszt a tárolt logaritmusértékekre.
- Meghatározza az illesztett egyenes egyenletéből az  $m$  értékét és kiírja a képernyőre.
- Kiszámolja az Euler-számot és kiírja a képernyőre.
- Görbét, egy exponenciális függvényt illeszt az eredeti (mintavételezéssel kapott) értékekre, amelyet szintén kiír.

Némi „programozói túlkapásként” értelmezhető az eredmény 5 tizedesjeggel való megjelenítése (egyébként ez a lebegőpontos változók megjelenítésének alapvető pontossága a LabVIEW-ban), hiszen az eredmény ennyire biztosan nem pontos.

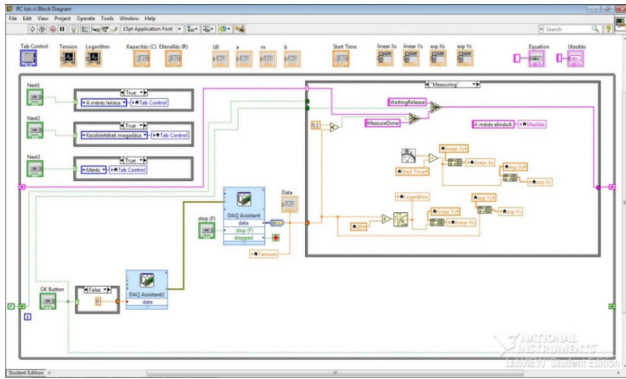
Általában sem az ellenállás, sem a kondenzátor értéke nem egyezik meg a „ráírt” értékkel. Az eltérés általában 5-10% az olcsó, hétköznapi ellenállásoknál, de értéke multiméterrel legalább könnyen mérhető. Ezzel szemben a nagy kapacitású elektrolit-kondenzátorok értékének mérése nem is könnyű. Az elektrolit-kondenzátorok kapacitása ugyanis a hőmérséklettől és a ráadott feszültségtől is függ. Azért választottunk nagy kapacitású elektrolit-kondenzátort, mert így a folyamat viszonylag lassú volt, a monitoron szemmel könnyen követhető.

A logaritmikus értékekre illesztett lineáris függvény is hordoz bizonytalanságot, ez nyilván a mért digitalizált értékek pontosságától, valamint a LabVIEW beépített függvényének a „jóságától” is függ.

Összességében a kapott eredmények bizonytalansága néhány százalékos. A mért érték eltérése a mérés bizonytalanságán belül van az  $e$  értékétől, így a mérésnek nincs szisztematikus hibája. Ez a „mérés” tulajdonképpen *nem valamilyen fizikai mennyiség mérése* (az Euler-féle szám nem is az), hanem egy jól ismert matematikai állandónak a *közelítése*. Nem mértük az  $e$ -t, hanem inkább az (1) összefüggést mérésrel szemléltettük, ezért szerepelnek a mérési panelel az eredeti értékekre illesztett exponenciális függ-

vény paraméterei is (az a tény, hogy lehetett exponenciális függvényt illeszteni, önmagában is a képlet helyességét erősíti meg).

A LabVIEW program (mérés):



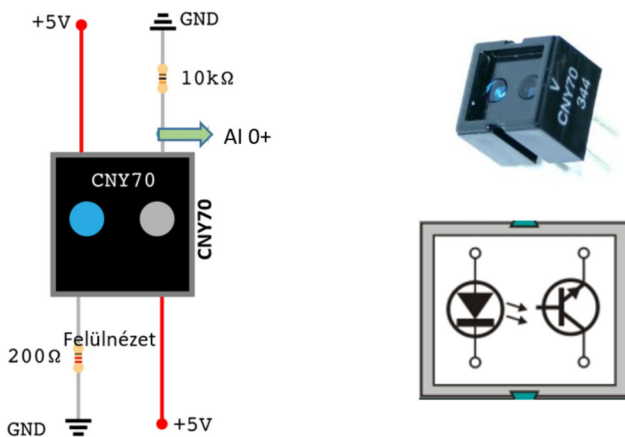
## Mágneses inga csillapodásának vizsgálata

A mágneses inga „viselkedése” akkor érdekes, ha *fémlemezt* helyezünk az inga alá. A mágnes mozgása során örvényáramokat indukál a fémlemezben, amelyek mágneses mezője fékezi az ingát (*Lenz-törvény*).

A mérés célja, hogy megállapítsuk, *miként függ az inga csillapodása a nyugalmi helyzet és a fémlemez távolságától*.

A mágnezt régi, selejtes merevlemezről szerelhetjük ki, meglepően erős mágnezt nyerhetünk így.

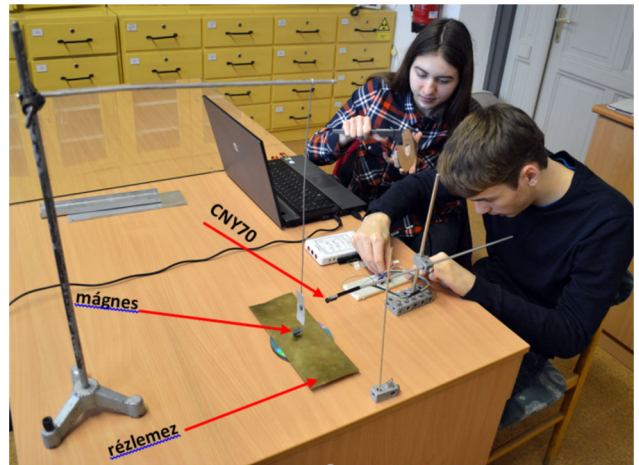
Az időt egy alumíniumpálcára erősített reflexiós optokapu (CNY70) segítségével mérjük, amely egy infravörös tartományban működő LED fotodióda-párosból áll:



Az optokapu érzékeli az előtte elhaladó ingát (illetve a ráerősített papír téglalapot), a program pedig méri a téglalap két szélé közötti áthaladás idejét. A csillapodást azzal az idővel jellemezzük, amely alatt az inga lengésének amplitúdója egy *előre rögzített kezdeti értékről egy másik, rögzített értékre csökken*. Az előbbi úgy biztosíthatjuk, hogy mindig ugyanabból magasságból engedjük el az ingát, az utóbbi pedig egyszerűen az a helyzet, amikor az inga már olyan kis mértékben tér

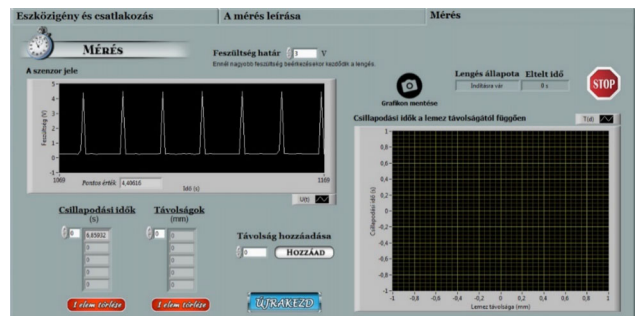
ki, hogy a téglalap folyamatosan az optokapu előtt tartózkodik (ez az idő jellemzően néhány tizedmásodperc, függ a téglalap szélességétől, a mágnes és a fémlemez, valamint az optokapu és mágnes távolságától).

Méréseinkben réz (amely diamágneses) és alumínium (amely paramágneses) lemezeket használtunk.

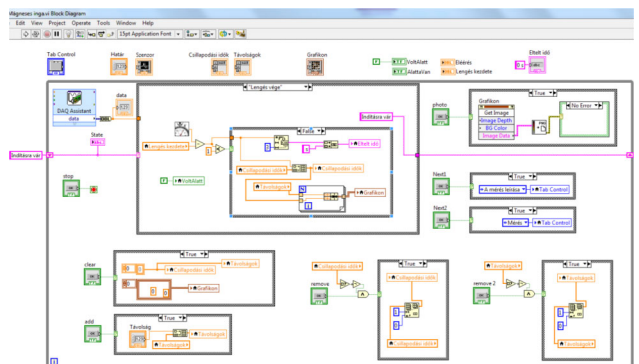


Az optokaput a myDAQ analóg bemenetére csatlakoztatjuk (AI 0+). Mivel az inga csillapodásának a mágnes és a lemez távolságától való függését vizsgáljuk, fontos ezen távolság mérése. Ez lehetséges a fémlemez alá rakott CD vagy DVD lemezek egymásra helyezésével. Figyelni kell arra, hogy ezek lemezek nem feltétlenül azonos vastagságúak (mérése például tolmérővel történhet).

A program három képernyőn keresztül kommunikál a felhasználóval (*Eszközigény és csatlakozás*, *A mérés leírása*, *Mérés*). A Mérés képernyő:



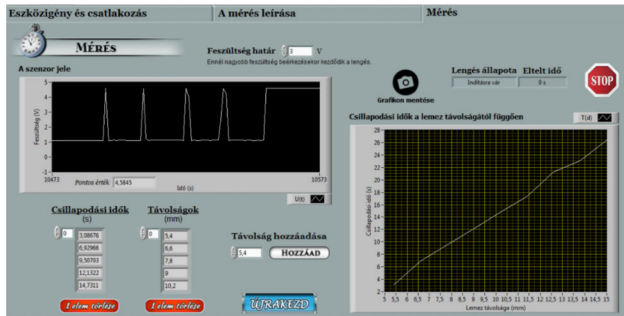
A LabVIEW program:



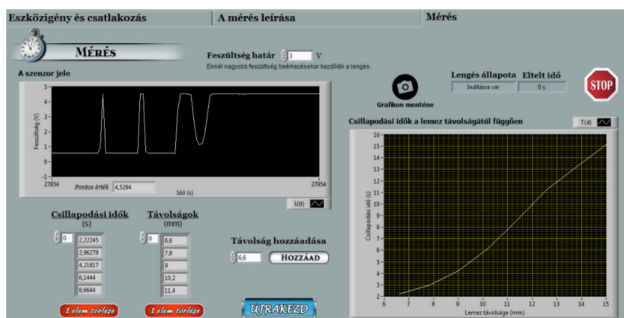


A mérés eredménye:

- A csillapodási időnek a mágnes és fémelemz távolságától való függése az ábrákon látható.
  - A lemez anyagától erőteljes függ a csillapodási idő: az alumíniumlemez sokkal erősebben csillapítja az inga mozgását, mint a rézlemez.
- Rézlemez: 9 mm távolság esetén ~12 s.



Alumíniumlemez: 9 mm esetén ~4 s.



A különbség szembeütő, aminek magyarázata elsősorban a réz dia- és az alumínium paramágneses tulajdonságainak különbségében keresendő.

## Befejező gondolatok

Eddigi tapasztalataink alapján a myDAQ mérési adatgyűjtő berendezés az iskolai fizikamérések megfelelő eszköze lehet. Jól programozható, szenzorok széles köre csatlakoztatható az analóg, illetve digitális bemenetekhez, multiméter-funkciója is hasznos.

Iskolai felhasználását talán a kis számban elérhető fizikai méréseket lehetővé tevő alkalmazás, illetve az eszköz bonyolult beszerezhetősége nehezíti. (Jelenleg csak az NI Hungary Kft.-n keresztül lehet kölcsönözni, amelyet minden évben meg kell újítani. Vásárlás esetén számolnunk kell vele, hogy nem „kisértékű” eszközként fog szerepelni az iskolai leltárban.)

Használata csak a számítógéppel összekötve lehetséges, a program a számítógépen fut, így körülményes lehet az órai használata. (Jobb lehetőség lenne az National Instruments myRIO nevű eszköze, amelyre a megírt programot rá lehet tölteni, így önállóan, számítógép nélkül is lehet használni, ráadásul vezeték nélküli (wifi) kommunikációra is képes.)

Programozása LabVIEW grafikus programozási nyelven történhet, amely elsősorban a mért értékek egyszerű és rugalmas grafikus ábrázolása miatt könnyíti meg a mérések eredményének szemléltetését – a mérési pontokra könnyedén lehet görbét illeszteni – a kész program mintegy virtuális műszernek tekinthető. A nyelv logikája gyökeresen eltér a hagyományos programozási nyelvektől, de megszokható, megszerethető.

Mérések végrehajtására, illetve vezérlési feladatok elvégzésére mikrovezérlőt is alkalmazhatunk, rendkívül népszerű és olcsó megoldás az oktatási célokra kifejlesztett Arduino platform. Ezek belső tárolóval is rendelkeznek, így a program feltöltése után önálló eszközként is használhatók. Programozása C++ nyelven történhet.

**Is Nap, ahogy még sohasem láttad.**

**Töltsd le!**

**Nézzed meg!**

**Mutasd meg másoknak!**

**Tanítsd meg diákjaidnak!**

**VAN ÚJ A FÖLD FELETT**

Keressd a fizikaiszemle.hu mellékletek menüpontjában!