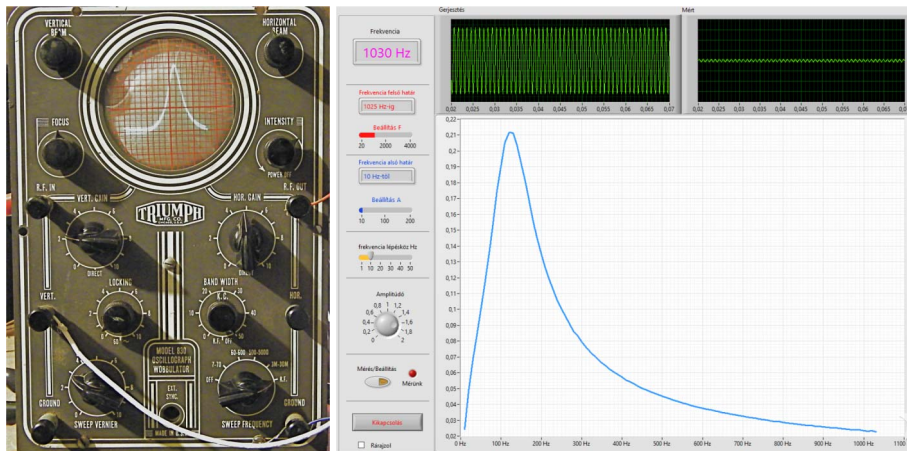


# KÍSÉRLETEK myDAQ-RA HANGOLVA

Koczka Vencel, Lipták Zoltán, Piláth Károly  
ELTE Trefort Ágoston Gyakorló Gimnázium

Már régóta terveztük, hogy mi is kipróbáljuk az NI LabVIEW-myDAQ párost, de a korábbi években nem igazán maradt energiánk erre a feladatra. Miután 2017-ben sikeresen regisztráltunk az ELFT–NI-pályázatra, átvehettük a fejlesztéshez szükséges eszközöket. Így kölcsönkaphattunk egy myDAQ adatgyűjtőt, egy szenzorokat tartalmazó alapkészletet és egy jogtisztá LabVIEW programot. Igyekeztünk olyan méréseket választani, amelyek többféle témakörhöz is használhatók és jól ötvözik a hagyományos mérési elveket a 21. századi mérési technológiákkal. Az általunk fejlesztett mérési konfigurációk közül, sokrétű felhasználhatósága miatt, elsőként wobblert mutatnánk be. Legtöbbször a 11. évfolyam fizikaóráin lenne szükség olyan mérésekre, amelyekben valamilyen fizikai mennyiséget a frekvencia függvényében mérhetnénk. Az ilyen berendezéseket összefoglaló néven wobblereknek hívják. Wobblereket már közel 80 éve gyártanak, de áruk egy iskola számára gyakorlatilag még ma is megfizethetetlen. A myDAQ-LabVIEW párosnak köszönhetően nekünk sikerült létrehozni egy olyan virtuális wobblert, amely meglepően jól használható a hangfrekvenciás tartományban.



1. ábra. Egy Triumph 830 wobbler és a Trefort virtuális wobblere.

A wobblerek alapvetően két fő egységből állnak. Az elsőben egy olyan jelgenerátor található, amelynek frekvenciája adott lépésközzel folyamatosan változtatható. A másodikban az első egységben előállított frekvenciákon egy feszültségjellé konvertált fizikai mennyiséget mérünk. Ily módon például a frekvencia függvényében mérhetjük meg egy rezgőkör impedanciájának változását. A hagyományos berendezések a megjelenítéshez katódsugárcsővet használtak. A myDAQ-LabVIEW páros lehetővé teszi, hogy virtuális műszerünkön a megjelenítés egy számítógép képernyőjén vagy egy kivetítőn – jól láthatóan akár egy egész osztály számára is – történjék. Mielőtt virtuális mérőeszközünk részleteit bemutatnánk, tegyünk egymás mellé egy hagyományos, még ma is elérhetetlen áru wobblert és az általunk fejlesztett virtuális mérőeszközt. Az 1. ábrán a közös képen egy Triumph 830 wobblert és az általunk létrehozott virtuális berendezést láthatjuk. Fejlesztés közben jöttünk rá, hogy egy ilyen virtuális mérőeszköz elkészítéséhez néhány esetben még a myDAQ adatgyűjtőre sincs feltétlenül szükség, hiszen a berendezés a PC-khez tartozó hangkártyákra alapozva, a LabVIEW megfelelő moduljait alkalmazva is felépíthető. Bár nagyon valószínű, hogy ez a lehetőség csak egy LabVIEW licenc birtokában használható jogtisztán, azért ezt az alternatív lehetősé-

Az írás alapjául szolgáló munka I. helyezést nyert az ELFT és National Instruments 2017–18. évi Tanári myDAQ pályázatán.



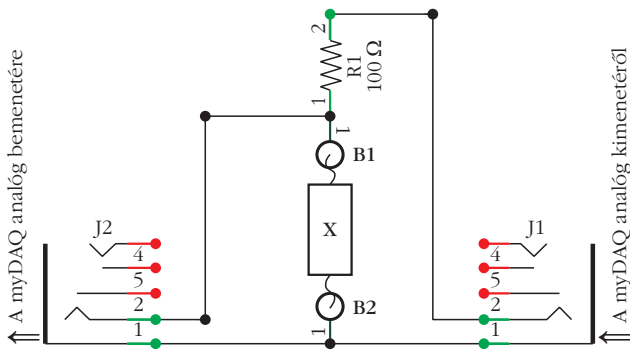
Koczka Vencel 11.A osztályos tanuló az ELTE Trefort Ágoston Gyakorló Gimnázium diákja.



Lipták Zoltán 11.A osztályos tanuló az ELTE Trefort Ágoston Gyakorló Gimnázium diákja.



Piláth Károly fizika-kémia szakos tanár 1979-ben végzett az ELTE-n. Ezt 2005-ben informatikatanári végzettséggel egészítette ki a Veszprémi Egyetem Informatika Karán. Korábban a Balassi Bálint Nyolcévfolyamos Gimnáziumban tanított, majd 2005 óta a Trefort Ágoston Gyakorló Gimnázium tanára. 2013-tól a Trefort fizika-informatika munkaközösségének vezetője.



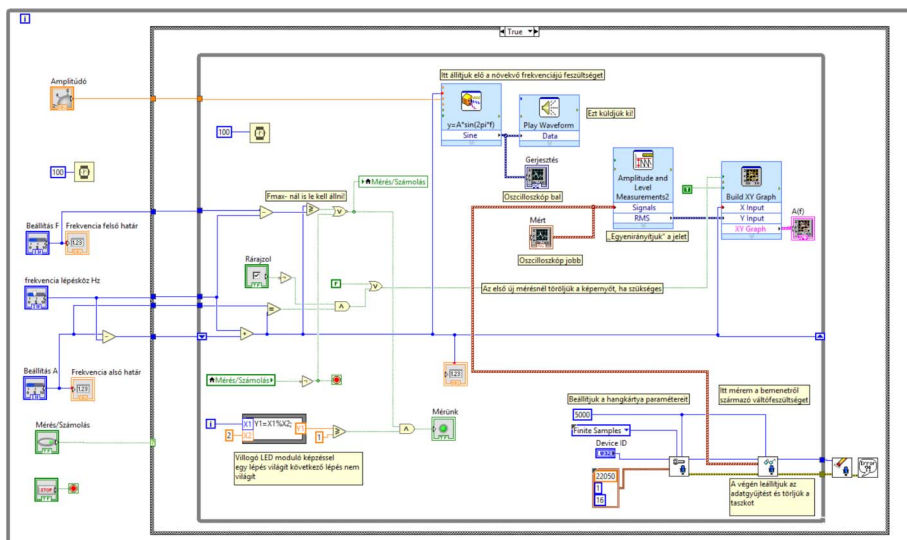
2. ábra. A wobbler elvi vázlata.

get is elkészítettük. Ez különösen hasznos lehet azon iskolák számára, ahol jelenleg még nem tudják megvásárolni a myDAQ adatgyűjtőt, de számítógéppel és kivetítővel már rendelkeznek.

A hosszú bevezető után beszéljünk végre a műszer érdemi felépítéséről. Először fogalmazzuk meg, hogy mit várnánk egy ilyen műszertől! A legfontosabb, hogy ne egy célműszert fejlesszünk, hanem multifunkcionális legyen, olyan értelemben, hogy a berendezés elvi vázlatán (2. ábra) látható  $X$  helyébe – a  $B_1$  és  $B_2$  csatlakozók közé – a lehető legtöbb mérendő objektumot beilleszthessük.

Ezen elvnek megfelelően a myDAQ egyik analóg (például Audio Out) kimenetén egy változtatható frekvenciájú állandó amplitúdójú szinuszos feszültséget állítunk elő. Ez az időben változó frekvenciájú feszültség lesz a gerjesztő jel. A frekvencia változásával szinkronban a myDAQ egyik analóg bemenetén (például Audio Input) a frekvencia függvényében mérjük az  $R_1$ - $X$  feszültségosztóból származó váltakozó feszültség effektív értékét. Az  $X$  ebben az esetben bármilyen impedanciával rendelkező elem (például induktivitás, kondenzátor, rezgőkör stb.) lehet. Egy másik mérésnél ugyanez az összeállítás hullámtani mérésekhez is jól használható, hiszen a szinuszos gerjesztő jelet egy hangszóróhoz csatlakoztatva, annak hangjával egyszerű sípokat, gitártesteket stb ger-

3. ábra. A wobbler blokkdiagramja.



szethetünk. E rezonátorok válaszjeleit egy mikrofonnal váltófeszültséggé konvertálva a gerjesztett eszközök rezonanciagörbéit kaphatjuk meg, amelyek segítségével például a hangsebesség is mérhető. Egy harmadik esetben a gerjesztő feszültséggel – egy tekercs és egy mágnes segítségével – mechanikus elemeket is kényszerrezgésbe hozhatunk, így akár a Takoma-híd katasztrófáját (áldozatok nélkül!) is modellezhetjük. Ebben az esetben egy olyan szenzorról, vagy egy megfelelő konverterről kell gondoskodni, amely a gerjesztett mechanikai rezgés amplitúdójával arányos váltófeszültséget állít elő. Miután megfogalmaztuk a céljainkat, összerakhatjuk virtuális berendezésünket a LabVIEW segítségével. A LabVIEW program használatáról ebben az összefoglalóban nem szeretnénk feleslegesen beszélni, hiszen mások azt már többszörösen megtették helyettünk [1–4].

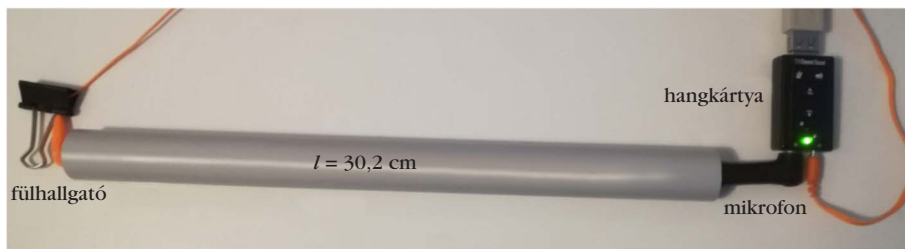
## A wobbler vezérlőprogramja

A mérőrendszer motorja egy loop-in-loop ciklus [5]. A külső while ciklus a program kikapcsolását, illetve a folyamatos működést biztosítja (Stop kapcsoló). Egy ilyen ciklusra (3. ábra) azért van szükségünk, mert esetenként a mért görbéket egymásra szeretnénk rajzolni, de egy újramérést követően a korábban mért görbe(ék) elveszik/nek, így a meglévő diagramra rajzolás már nem lenne lehetséges. Programunkban egy szelektor dönti el, hogy mérünk-e, vagy éppen a mérési paramétereket állítjuk be. Ez egyben védelem is, hogy mérés közben ne tudjuk változtatni a paramétereket. A külső while ciklus bal oldali részében beállíthatjuk vagy módosíthatjuk a mérés főbb paramétereit (Fmin, Fmax, DeltaF, Amplitúdó). A mérés során a belső while ciklusban azonos (100 ms) időközönként DeltaF lépésközökkel Fmin értéktől az Fmax értékig növeljük a frekvenciát. Minden ilyen lépés közben néhány mintát veszünk a válaszjelet detektáló analóg bemenetről. E minták RMS (négyzetes közép) értékét

egy grafikus kijelző  $y$  tengelyén jelenítjük meg, miközben az aktuális frekvencia értéke az  $x$  tengelyt látja el adatokkal. A diagramról leolvasható, hogy a frekvencia léptetését egy, a while ciklushoz adott shiftregiszter és egy összeadó egység segítségével oldottuk meg. A mérés közben két külön ablakban látható a gerjesztő jel és a gerjesztett objektum válaszjele.

A műszer használata szerintünk nagyon egyszerű, és reméljük, hogy majd azok is annak találják, akik mérni fognak vele. A bekapcsolást követően először az alsó és a felső frekvenciahatárokat állítjuk

be. A sorrend tetszőleges, de arra azért ügyeljünk, hogy az alsó határ kisebb legyen a felsőnél. Ezt követően a frekvencia-lépésközoeket állíthatjuk be. A kisebb lépésköz pontosabb mérést, nagyobb rövidebb mérési időt eredményez. A gerjesztő jel amplitúdóját is igazítsuk a mérés körülményeihez. Ha egy próbamérés során nem az elvárt eredményt kapjuk, akkor a Mérés/Beállítás kapcsolóval visszaválthatunk beállítás üzemmódba és változtathatunk rajta. A kapcsoló állásáról a mellette található virtuális LED tájékoztat. Ha ez villog, akkor mérünk, egyébként várunk vagy beállíthatjuk a következő mérés paramétereit. Egy mérést követően a mérési adatok excelbe exportálhatók és a mérési eredmények csoportmunka céljára is felhasználhatók. Ha a „Rárajzol” pipa be van kapcsolva, az új mérés eredménye nem üres grafikonon jelenik meg, hanem a korábbira rajzolja az új mérés eredményét is. Ez a funkció nagyon hasznos lehet, ha bizonyos mérési eredményeket szeretnénk összehasonlítani. A program forráskódja a Trefort tárhelyéről letölthető [6].



4. ábra. A hangsebességmérés összeállítása.

ciájú feszültségből előállított hangjellel gerjesztettük. A gerjesztő hangjelet egy kisméretű fülhallgatóval vezetjük a csőbe. A szükséges hangerősséget egy PC-hez készített hangdoboz erősítőjének a közbeiktatásával érhetjük el.

#### Mérés helye a fizikaórán

- 11. évfolyam
- rezgések és hullámok
- hangsebesség mérése az emelt szintű érettségien

#### Mérendő paraméterek

- mérjük a cső hosszát
- valamint az adott hosszhoz tartozó rezonanciafrekvenciát és a felhangok frekvenciáit

#### A mérés kivitelezése

Csatlakoztassuk a fülhallgatót a hangkártyához kapcsolt hangfal fülhallgató-kimenetéhez, vagy közvetlenül a hangkártya fülhallgató-kimenetéhez. A mikrofont is csatlakoztassuk a hangkártya megfelelő bemenetéhez. Ezt követően a Windows keverőpultján válasszuk ki a mikrofont és állítsuk be érzékenységét. Ha mikrofonunk illesztő programja tartalmaz AGC beállítási lehetőséget, akkor azt feltétlenül kapcsoljuk ki, hiszen nem szeretnénk, hogy a mikrofon erősítője automatikusan alkalmazkodjon a mikrofon jelszintjéhez. Miután beállítottuk a hangkártyát, indítsuk el a wobblert. Mérés közben a wobler oszcilloszkópablakban figyeljük a jeleket. Elsősorban arra ügyeljünk, hogy nem vezérlünk-e túl valamit (ilyenkor színusz helyett trapéz alakú jel látható az ablakban). A mérés összeállítása a 4. ábrán látható.

#### A mérés eszközigénye

- 1 darab körülbelül 30 cm hosszú 2 cm átmérőjű PVC cső, hangkártya, mikrofon, fülhallgató.

#### Mérési eredmények

A 4. ábrán látható 30,2 cm hosszú csővel elvégeztünk egy mérést. A mindkét végén nyitott síp rezonanciafrekvenciája a mérés eredményét bemutató 5. ábra szerint 528 Hz-nek adódott. A mért értékek alapján a hangsebességet a  $c = \lambda f$  összefüggésből számíthatjuk. A hullámhosszat a cső hosszából az átmérővel korrigálva a következő összefüggés alapján számíthatjuk ( $d = 2$  cm,  $l = 30,2$  cm):

$$\lambda = 2 \left( l + \frac{2d}{3} \right) = 0,63 \text{ m,}$$

## Mérések a wobblerral

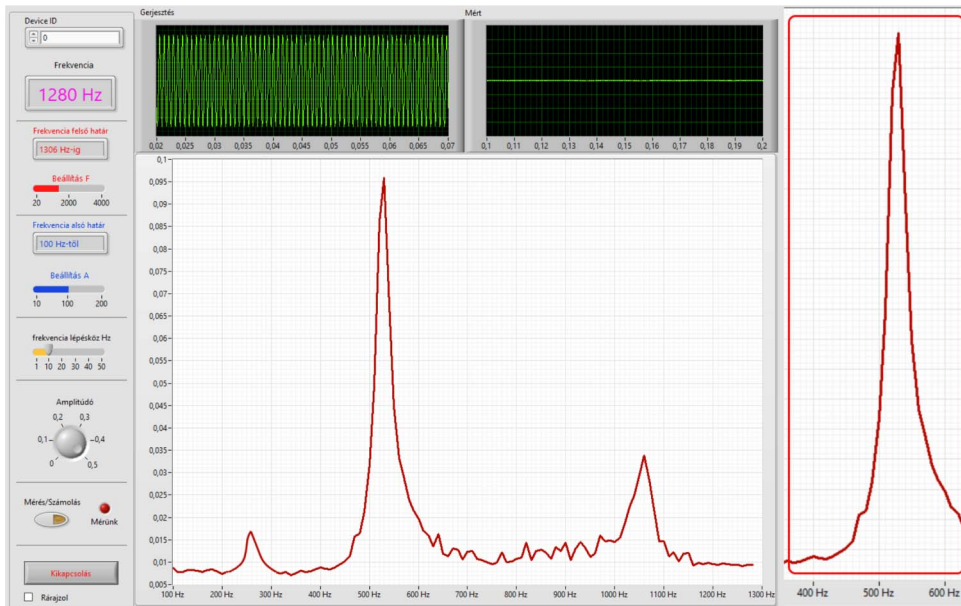
### Hangsebesség mérése sípok rezonanciája alapján

Az összes fúvós hangszer alaphangját a benne lévő légoszlop rezgéseinek köszönheti. Nagyon leegyszerűsítve, ha egy mindkét végén nyitott cső egyik végén hullámokat gerjesztünk, akkor a cső vége felé haladó hullámok a cső másik végén a kinti közeg eltérő akusztikai ellenállásába ütköznek és visszaverődnek. Ha a cső hossza és a gerjesztési frekvencia lehetővé teszi, hogy a visszavert hullám és a cső elejéről érkező hullám megfelelő fázisban találkozzon, akkor a csőben állóhullám alakul ki. A mindkét végén nyitott cső végein duzzadóhelyek alakulnak ki, míg a cső közepén csomópont található. A cső egyik végét le is zárhatjuk. Ilyenkor a hullám kénytelen visszaverődni a zárt végről. Az *emelt fizikaérettségi* egyik kísérleti feladatában is hasonló méréseket<sup>1</sup> kell elvégeznie a diákoknak. E hangsebesség-mérési feladatot wobblerünkkel oly módon oldottuk meg, hogy nem a cső hosszát változtatjuk egy ismert frekvenciájú hangvillához alkalmazkodva, hanem a gerjesztő frekvenciát változtatjuk és azon frekvenciákat figyeljük, amelyekben a csőbe zárt levegőoszlop rezonanciába jöhet.

#### A kísérlet leírása

A kísérletben a cső egyik végéhez érzékelőként egy mikrofont csatlakoztatunk, míg a cső másik végét a wobler kimenetéről származó, váltakozó frekven-

<sup>1</sup> „Ismert frekvenciájú hangra rezonáló levegőoszlop hosszának mérésével határozza meg a hang terjedési sebességét levegőben!”



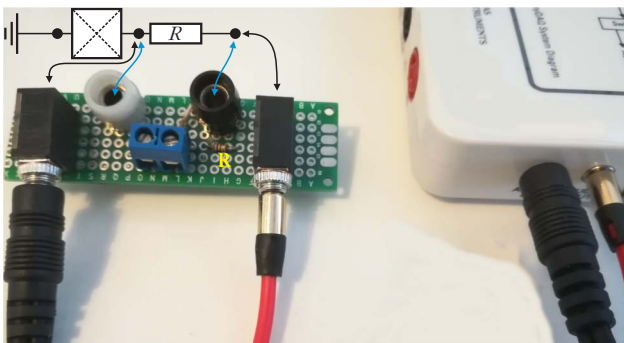
5. ábra. Hangsebesség mérése egy kicsit másként.

Így mérésünkben  $c = 0,63 \cdot 528 = 332$  m/s-nak adódott. A mért érték 2,5%-os hibahatáron belül van az irodalmi 340 m/s értékhez képest. Az ábrán látható, hogy 264 Hz-nél egy kisebb csúcs tapasztalható. Ez a fülhallgató torzításának köszönhető. A 264 Hz-es, a fülhallgató által kissé torzított (részben négyszög-alakú) hang egy kevés 528 Hz-es összetevőt is tartalmaz, így már ez a kis intenzitású összetevő is gerjeszti a csőben lévő levegőt. Ez a módszer olyan pontosnak bizonyult, hogy segítségével a hangsebesség hőfokfüggése is mérhető. Ha a hangsebesség közegetől való függésére vagyunk kíváncsiak, egy kis szárazjég segítségével szén-dioxidra cserélhetjük a levegőt.

### Mérjük impedanciát!

Váltakozó áramú elektromos hálózatokban az áramerősség a fogyasztók impedanciájától függ. Tankönyveinkben nagyon szép ábrák láthatók az egyes elemek ellenállásainak frekvenciafüggéséről. Ezen elemek soros vagy párhuzamos kapcsolásaiból olyan új elemek építhetők fel, mint például egy rezgőkör, amely még rezonanciafrekvenciával is rendelkezik.

6. ábra. Univerzális illesztőkártya impedanciamérésekhez.



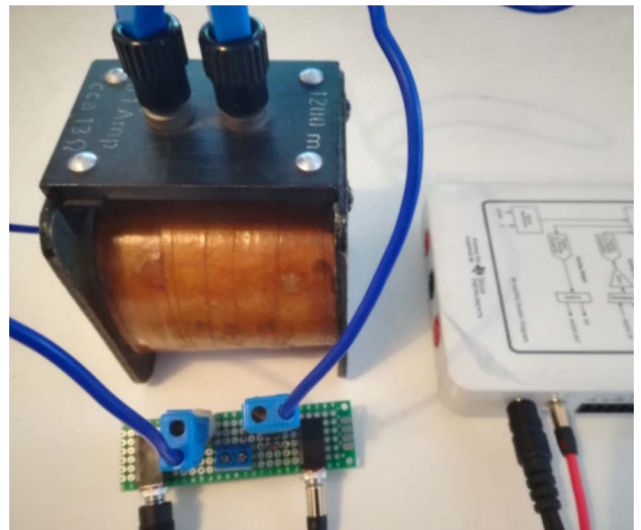
### Mérendő paraméterek

- Az  $X_L$ ,  $X_C$  illetve a párhuzamos és soros rezgőkörök impedanciájának frekvenciafüggését mérjük. A gyakorlatban egy univerzális NYÁK-lemez és két 3,5 jackaljzat segítségével egy univerzális illesztőeszközt érdemes elkészíteni, és két röpszinóron keresztül ehhez csatlakoztatni a mérendő  $X$  elemet. A mérésekhez egy 100  $\Omega$ -os ellenállást építettünk a 6. ábrán látható „hardverbe”.

### $X_L$ a frekvenciafüggésének mérése

A vizsgálni kívánt tekercset (1200 menet, 13  $\Omega$ ) a 7. ábra szerint két röpszinórral kapcsoljuk az illesztőkártyához, majd indítsuk el a wobblerprogramot 10 Hz alsó, 500 Hz felső frekvenciák között 10 Hz lépésközzel. A mérés eredménye a 8. ábrán látható, és nagyon szépen demonstrálja az órákon tanult  $X_L = L\omega$  összefüggést.

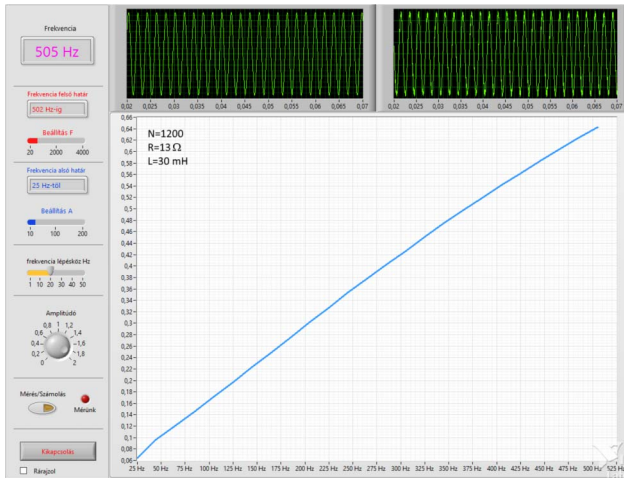
7. ábra.  $X_L$  mérése.



Az  $X_L(\omega)$ ,  $X_C(\omega)$ , valamint  $Z(\omega)$  függvényeket eddig csak a tankönyvek oldalain láthattuk. A LabVIEW-myDAQ párosnak és a Trefortban kifejlesztett wobblernek köszönhetően ezek a mérések a jövőben akár 5 perc alatt elvégezhetőkké válnak, segítve ezen kissé elvontnak tűnő fogalmak jobb megértését.

### Mérés helye a fizikaórán

- 11. évfolyam
- elektromágneses jelenségek
- induktív és kapacitív ellenállás, rezgőkörök



8. ábra. Egy ~30 mH induktívitás impedanciájának frekvenciafüggése.

### Mérjük meg $X_C$ frekvenciafüggését is!

Ha az előző mérésben használt tekercset a 9. ábrának megfelelően kondenzátorra cseréljük, akkor  $X_C$  frekvenciafüggését mérhetjük meg. A mérés eredménye az 10. ábrán látható, és ez a mérés is szépen demonstrálja az órákon tanult  $X_C = 1/\omega C$  összefüggést.

### Párhuzamos LC-kör frekvenciafüggésének vizsgálata

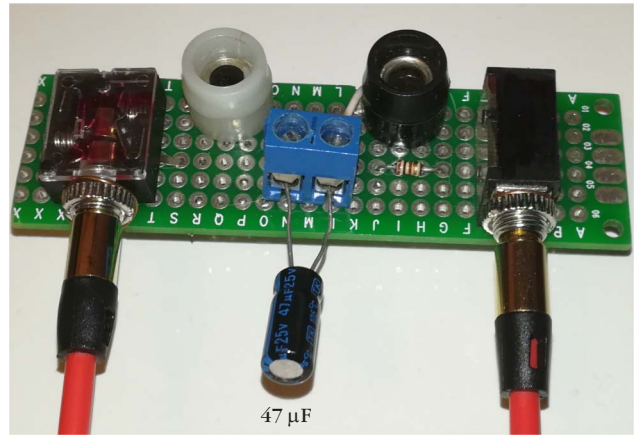
Ha az előzőekben mért két elemből ( $L = 30$  mH,  $13 \Omega$ ;  $C = 47 \mu\text{F}$ ) egy párhuzamos rezgőkört alakítunk ki, akkor egy rezgőkör impedanciájának frekvenciafüggését mérhetjük meg (11. ábra, balra). A mérési eredményből leolvasható, hogy az impedancia maximuma a rezonanciafrekvencián található és értéke alig kisebb, mint a tekercs ohmos ellenállása. A mérésről készült videó [7] a YouTube videomegosztón megtekinthető. Mérési eredményeink 10% alatti hibahatáron belül igazolják  $X_L$ ,  $X_C$  vagy a rezgőkörök frekvenciafüggéséről tanultakat. Kézszelfogható közelségbe hozzák a tankönyvek oldalain látható ábrákat. Az  $L$  és  $C$  értékei változtathatók, és a görbék alakjának változásai az egyes reaktív elemek értékének függvényében jól megfigyelhetők. A 11. ábra jobb oldala egymás mellett mutatja be két különböző kondenzátorral eltérő rezonanciafrekvenciára hangolt rezgőkör impedanciagörbéjét a frekvencia függvényében.



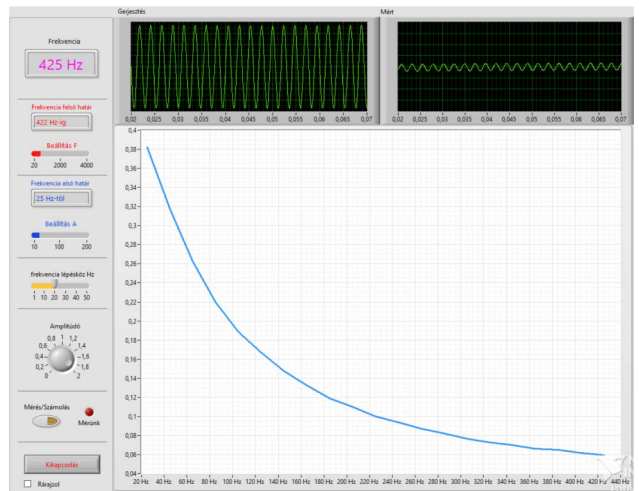
Terjedelmi okokból pályázatunk csak egy rövid, kivonatos része olvasható ebben a cikkben. Nem állt módunkban a többi szintén érdekes mérőeszközünket bemutatni, mert az az érthetőség rovására ment volna. A téma iránt érdeklődők a teljes pályázatot letölthetik [8].

### Irodalom

1. Vizi Tibor: *A világot meg is mérheted.* <http://hungary.ni.com/akademia>



9. ábra. Kondenzátorok bekötése a méréshez.



10. ábra. Egy 47  $\mu\text{F}$ -os kondenzátor impedanciájának frekvenciafüggése.

2. Sudár Sándor, Oláh László, Zilizi Gyula: *Méréstechnika, mérés- és folyamatirányítás számítógéppel.* Debreceni Egyetem Kísérleti Fizikai Tanszék (pdf)
3. Friedl Gergely: *LabVIEW segédlet*
4. <http://forums.ni.com>, <http://www.ni.com/hu-hu.html>
5. LabVIEW how to make a while loop (2) inside a while loop (1)
6. <http://www.trefort.elte.hu/fizika/pilathlabwievforraskod.rar>
7. [https://www.youtube.com/watch?v=\\_XOOo9Lt0MM&feature=youtu.be](https://www.youtube.com/watch?v=_XOOo9Lt0MM&feature=youtu.be)
8. [http://www.trefort.elte.hu/fizika/ni\\_palyazat.pdf](http://www.trefort.elte.hu/fizika/ni_palyazat.pdf)

11. ábra. Párhuzamos rezgőkör csatlakoztatása (balra). Két rezgőkör egymáshoz viszonyítva (jobbra).

