

Hangfrekvenciás műszerek számítógépből

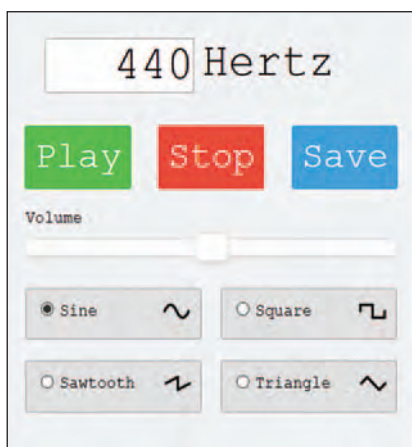
Dr. Gschwindt András HA5WH, andras.gschwindt@t-online.hu

Ne ijedjen meg a kedves olvasó, a következőkben nem kap biztatást számítógépének szétszedésére, majd műszer formájában történő újrahasznosítására. A gép marad változatlanul, csupán a szoftverekkel fogunk különböző műszereket felépíteni. Szükségünk lesz egy W10-es (esetleg W7-es) operációs rendszerre, és legalább két, esetleg három hangkártyára a gépben és/vagy külsőként csatlakoztatva. A felhasznált frekvenciasáv nem lépi túl a 20 – 20 000 Hz tartományt. Ezen megkötések mellett is sok élményhez lehet jutni, újdonságokkal ismerkedni. Valamennyi műszerünk megvalósításánál W10-et használunk. (A cikk több ábrája csak monitoron nézve jól értékelhető, ezért az írás teljes ábraanyaga honlapunkról letölthető. – A szerk.)

Az első sikerélmény: on-line műszerek

Nincs szükség letöltésre, telepítésre. Elég, ha gépünk rendelkezik egy hangkártyával, és máris próbálkozhatunk egy egyszerű hanggenerátorral. Nyissuk ki ezt a címet: <https://onlinetonegenerator.com/>. Ekkor megjelenik az **1. ábrán** látható kép. Ki kell választanunk a jelalakot (szinusz, négyzög, háromszög, fűrész) és a PLAY feliratra bökve már szól is a jel a hangszóróinkban/fejhallgatóinkban azon a frekvencián, amit beírunk a táblázatba. A Volume csúszkájával változtathatjuk a kimenő jel szintjét. A <https://onlinetonegenerator.com/hearingtest.html> oldalt kinyitva lehetőséget találunk hallásunk tájékoztató jellegű vizsgálatára. A generátor frekvenciáját folyamatosan, pl. 10 Hz - 20 kHz között változtatja. Hasonló, de több lehetőséget kínál a következő hanggenerátor: www.gieson.com/Library/projects/utilities/tonegen. Nemcsak a frekvenciát, jelalakot, szintet változtathatjuk, de jellegzetes zenei hangokat is megszólaltathatunk (**2. ábra**). Tovább keresve több, hasonló találatunk a neten. Egy további: www.gieson.com/Library/projects/utilities/tonegen.

Ismerkedhetünk egyszerű oszcilloszkóppal is : <https://academo.org/demos/virtual-oscilloscope> A hanggenerátor jelét is nézhetjük 1000 Hz frekvenciáig. Érdekesebb a mikrofonunk jelét megnézni feltéve, ha van a gépünkben (input: Live input) **3.**



1. ábra

ábra. Audiovizuális látványban lesz részünk, ha az on-line spektrum analizátorral ismerkedünk: <https://academo.org/demos/spectrum-analyzer> (**4. ábra**). A függőleges tengelyen a frekvencia-, a vízszintes az időtengely. Nézzük meg egy madárhang spektrumát: Sound sample... Bird Song! Indítsuk el a lejátszást! Látjuk a madár hangjának



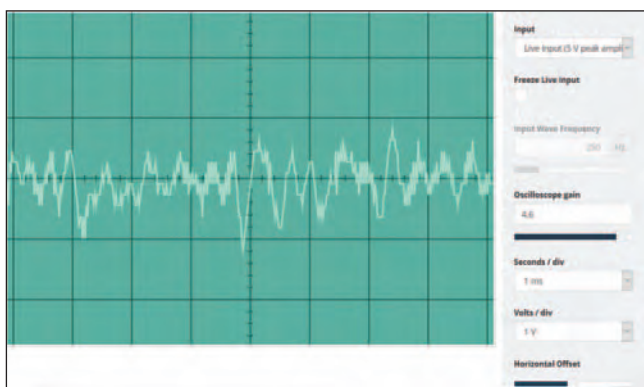
2. ábra

spektrumát, és halljuk a hangját. Választhatunk más forrást is pl. police siren... rendőrautó szirénája, vagy a Violin... a hegedű hangja/spektrumképe.

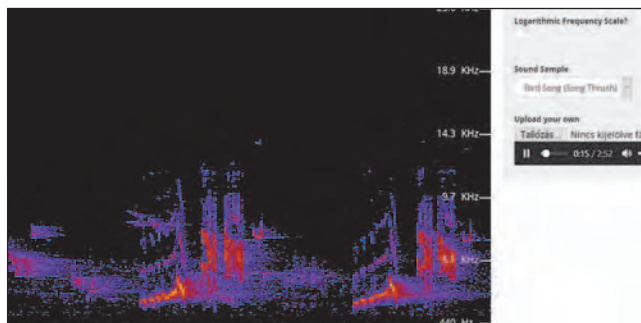
A hangkártya által szabott korlátok

Gépünk kapcsolata az analóg világgal a hangkártyákon keresztül lehetséges. A gép belsejében már minden digitális. A belépő analóg jeleket mintavételezve, a minta nagyságát több szintű bontásban mérhetjük meg. A mintavételezés frekvenciatartománya széles határok között változik. A rádiótelefonok 8 kHz körüli, beszédjel zsugorítással kombinált digitálizálása az alsó határon van. A sokak által használt, ismert CD-lemezek 44,1 kHz-es mintavételi frekvenciát használnak. Figyeljük Nyquist-tételét, mely szerint ezen frekvencia felét vihetjük át torzítatlanul. A CD-nél ez 22 kHz lehet, amely biztosan fölötte van az ember által hallható hangnak. A minta nagyságát meg kell mérnünk. Digitálisan, bitekkel. A 8 bites bontás 256, míg az általunk használni kívánt 16 bit, 65 536 szintet jelent. A részletesebb bontás kisebb digitalizálási (kvantálási) hibát jelent. A valószínűs és a digitalizált értéktől való hiba zajként jelentkezik (kvantálási zaj). Esetünkben 16 bitnél ez -96 dB-es értéket jelent a legnagyobb digitalizált értékhez viszonyítva. Éz a műszereink számára tökéletesen megfelelő.

Az **5. ábra** bal oldali része 1 kHz-es szinuszjelet mutat 11 kHz



3. ábra



4. ábra

mintavételi frekvenciával és 8 bit kvantálással. A jobb oldali jel szintén 1 kHz, de 192 kHz-es mintavétellel és 16 bit kvantálással. Jogos a kérdés: meddig növelhetjük a mintavételi frekvenciát és a bitek számát? A válasz egyszerű: ameddig a hangkártyánk engedi, és ameddig a számítógépünk győzi a jelek feldolgozását.

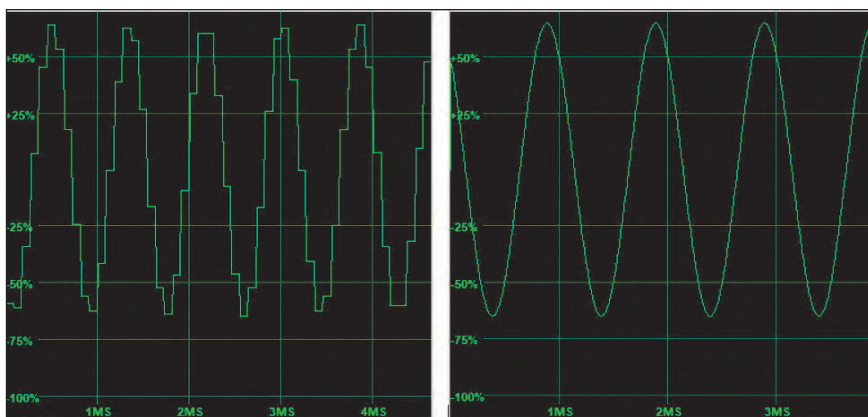
A hangkártya vizsgálata

Figyeljünk arra, hogy a hangkártyánk minden leendő mérőműszerüknek része lesz, tehát fontos, hogy jellemzői a 20 Hz ... 20 kHz-es sávban nagyon jók legyenek. A mérés hurokba kapcsolt elrendezésben történik. Kössük össze a hangkártyánk ki és bemenetét, majd töltsük le a <http://audio.rightmark.org/download.shtml> szoftver RMAA 6.4.5 verzióját! Telepítsük, nyissuk ki, és a mérés megkezdéséhez paraméterezzük fel (6. ábra)! A bal felső két sorba (Playback/recording devices), a lenyíló ablakokba írjuk be a vizsgálatra szánt kártyánk be- és kimenetének nevét. Majd a jobb felső két sorba a 192 kHz-es mintavételt és 16 bites bontást rögzítsük! Alapkérdésként arra vagyunk kíváncsiak, vajon képes-e ezen paraméterekkel üzemelni? A jobb felső sarokban a Modes felíratra bökve egy kérdező ablak jelenik meg, amelyben a szoftver megkérdezi, hogy tényleg ezekkel a paraméterekkel kívánunk-e tesztelni. Az OK-ra bökve gyorsan, táblázat formájában megkapjuk a választ, mely sze-

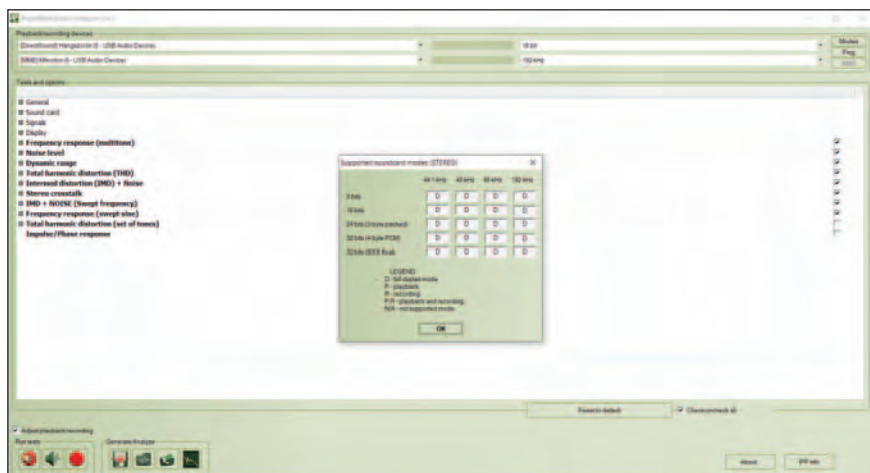
rint a kártyánk független be- és kimenettel (duplex D üzemmód) hibátlanul fog működni, akár 32 bites bontással is.

A következő lépés a méréshez szükséges mérőjel segítségével a kivezérlés beállítása. Bökjünk a 6. ábra bal alsó sarkában lévő piros háttérű hangszóró jelre! Válaszul a 7. ábra képe jelenik meg, amely két részből áll. A bal oldali arra szolgál, hogy a mérés szintjét a

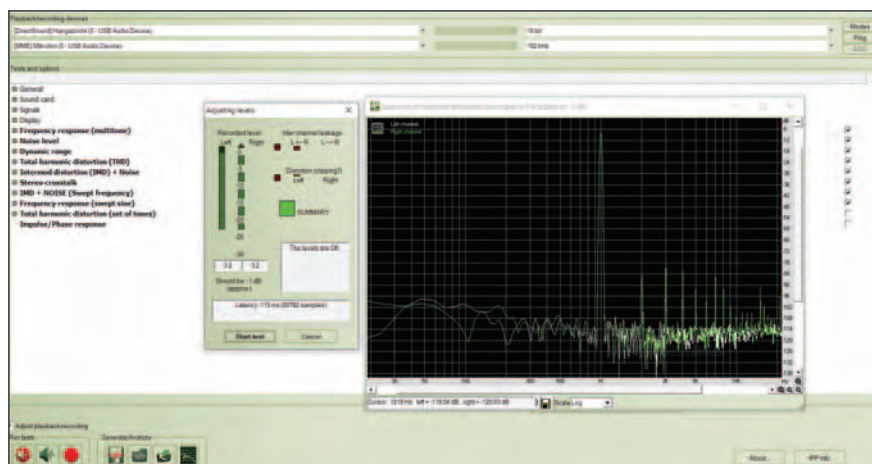
hangkártyánk szintszabályozójával úgy állítsuk be, hogy az ábrán látható zöld szín jelenjen meg a „The levels are ok” felirattal. A 7. ábra jobb oldala a 96 kHz-ig terjedő spektrumképet is mutatja, amelyen jól látható, hogy az 1 kHz jel torzítása kicsi, harmonikusai több mint 70 dB-lel maradnak a jel csúcsa alatt. Indulhat a hangkártya minősítő mérése. A 7. ábra jobb oldalán kell kipipálnunk,



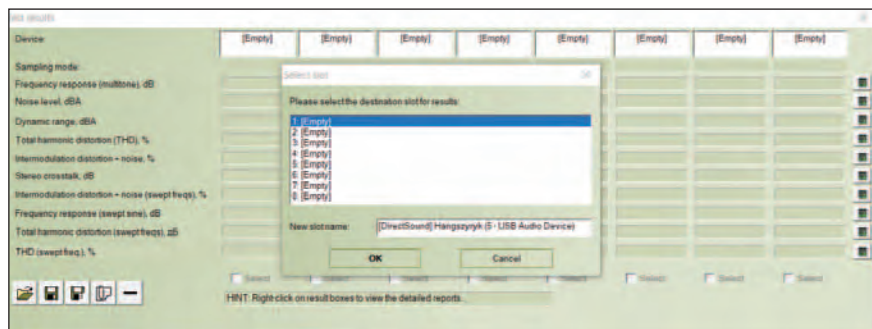
5. ábra



6. ábra



7. ábra



8. ábra



9. ábra

mit mérjék a szoftver. Az alsó kettőt nem ajánlja a fejlesztő, tekintünk el tőlük, majd a szintbeállító al-ábrán bökjünk a „Start test” felírtra! A gép indul, és a mérések lefutása után megjelenik a 8. ábrán látható kép a kérdéssel: el akarjuk-e tenni a mellékelt táblázatba a mért eredményeket, „Select slot”? A program nyolc mérés eredményét tudja tárolni. Az OK-ra bökve az első oszlopot tölti meg. A sorokban megjelennek a mérések számszerű eredményei (9. ábra). Ha a részletekre grafikon keresztül is kíváncsiak vagyunk, bökjünk rá a számunkra

érdekes mérés eredményeit be-mutató sor jobb felső szélén, függőleges elhelyezkedésben látható zöldes négyzetek egyikére. A megjelenő függvény az amplitúdó-frekvencia görbét mutatja (10. ábra). Ezt valamennyi mért eredménynél megtehetjük.

Gondoljunk arra: további, hangkártyára támaszkodó méréseinknél, ezeknél az eredményeknél jobbat is kaphatunk, hiszen a hurokba kapcsolt kártya mérésekor a bemenet és kimenet sorba kapcsolódik. Összegződik a két hiba. Például a generátor és az analízator torzítás-

mérésekor a generátor jele torzított, és a torzítás mérése is adott hibahatárral történik.

Mi az „anti-aliasign” szűrő?

A hurokmérésünk harmonikus-torzításra (THD) vonatkozó eredményét mutató grafikában (11. ábra) 22 kHz körül egy erőteljes csillapítás lép be. Ennek oka a mintavételi tétel merev alkalmazása. Ahogy tudjuk: nem vihetünk az eszközünkbe nagyobb frekvenciájú jelet, mint a mintavételi frekvencia fele. Ha igen, akkor olyan komponensek keletkeznek, amelyek az analóg-gá alakítás során a hallható tartományban okoznak zavaró, zajszerű jeleket. Ha a CD 44,1 kHz-es mintavételére gondolunk, ez azt jelenti, hogy a digitalizálás előtt, az „analóg világban” egy olyan aluláteresztő szűrőt kell elhelyeznünk, amely a 22 kHz-nél nagyobb frekvenciájú jeleket nem engedi digitalizálni. Ez az angol szó magyarul „élsimítást” jelent, ami tükrözi is a funkcióját, hiszen a bemenőjelünket simítja, a nemkívánatos gyors változásokat eltünteti. A szűrő tehát az A/D konverter előtt helyezkedik el. A hangkártyákat gyártók előtt egyetlen felhasználó jelenik meg: az ember, akinek a hallása behatárolt, és nem terjed 22 kHz-ig. Mit tegyünk, ha mi magasabb frekvencián is szeretnénk mérni? Sajnos semmit, mert a hangkártyákat a gép felé illesztő szoftver (driver) ezt mereven tartalmazza, nem tudjuk átprogramozni.

Más a helyzet a hangkártya-kimeneténél. A D/A konverter kimenete nem sávkorlátozott. Ha

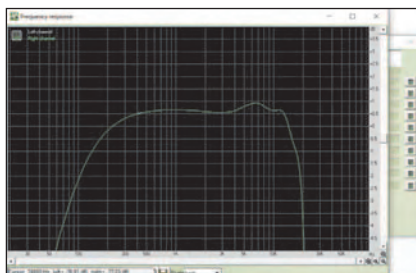
LED-es frekvenciamérő modul – PLJ-8LED



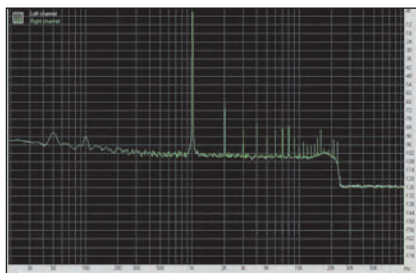
A HAM-bazárban csak 8.990 Ft
 2 bemenet: 0,1-60, 60-2400 MHz
 Érzékenység: 60-100mV
 Táplálás: 9 V / 180 mA
 14 mm karaktermagasság
 Vörös v. kék v. zöld LED-ek
 Méret: 125 x 25 x 21 (ma) mm 1

kell, a 19,2 kHz-et 10 mintával állítja elő. Nem véletlen jelen cikk címe sem: hangfrekvenciás műszerekkel szeretnénk foglalkozni, jelanalízis és -generálás során is. Egyszerű, néhány ezer forintért kapható hangkártyáink lehetőségei behatároltak. Drágábbakban gondolkozunk nem érdemes, hiszen akkor könnyen elérjük azt az árszintet, amelyért már „valóságos” szkópot is vásárolhatunk – igaz, használt állapotban.

(Folytatjuk)



10. ábra



11. ábra

Kütyüpályázat, BME – 2021

A lényeg nem változott: „Jelentkezhet saját építésű elektromos vagy elektromechanikus eszközével. A pályázatra csakis működő eszközzel lehet jelentkezni, legyen az egy próbapanelen összerakott prototípus vagy már szinte terméké vált munka.

A pályaműveket egy öttagú szakmai zsűri értékeli, illetve közönségszavazást is szervezünk. Az értékelési szempontok közül a legfontosabbak az innováció, a megvalósítás minősége és igényessége, illetve a feladat komplexitása.”

Az idei verseny 2021. május 7-én került megrendezésre. A pályázatra 9 hallgató jelentkezett. Szerencsére a zsűrinek idén is nehéz dolga volt az értékelés során, amit az extra harmadik díj és a külön díj is jelez. A pályázat jutalmait a Schnell László Műszer- és Méréstechnika Alapítvány a BME-VIK támogatásával 100 eFt és 150 eFt közötti értékben osztotta ki.

A díjazottak a következők:

1. Németh Agoston Zoltán és Rumi Zoárd (csapatban): Vezeték nélküli kvízrendszer

2. Szabó Mihály: Béta és gamma sugázmérő műszer

3/a. Turai Botond: Okos mozdony

3/b. Vida Imre: Szabályzó teszt projekt

Külön díj: Polgár Tamás András: Reflow oven

Amennyiben a pályázat felkeltette a kedves Olvasó érdeklődését, jövőre is várunk szeretettel mindenkit versenyzőként, a közönség tagjaként, szurkolóként vagy akár támogatóként. Bátorítjuk a lelkes hallgatókat, hogy bármikor keressék meg a BME-MIT munkatársait, ha szeretnének szakmai segítséget saját ötleteik megvalósításához. Bízunk benne, hogy a 2022-es évben is sok érdekes pályaművet csodálhatunk majd meg a bemutatón.

A pályázatról bővebben a következő honlapokon olvashatnak az érdeklődők:

<https://www.mit.bme.hu/kutyu/palyazat>

A 2021-es pályaművek összefoglaló videói:

<https://www.youtube.com/watch?v=LNPLPGbedRg>

Itt a nagy évkönyvvásár!

A RÁDIÓTECHNIKA ÉVKÖNYVE

1994, 96, 97, 98, 99 kötetek közül 1 db csak 1990 Ft-ért, a

2000, 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09 kötetek közül 1 db 1990 Ft-ért,

A 2012, 14, 16, 17 kötetek közül 1 db csak 1990 Ft-ért,

a 2018, 19, 20 kötetek közül 1 db csak 2990 Ft-ért kapható.

HAM-bazár 1138 Budapest XIII., Dagály u. 11. I. em. folyosóközép H - P. 09 - 14 ó., Csüt. 09 - 17 ó.
239-4932/36 m., 239-4933/36 m. 1550 Bp., Pf. 123 www.radiovilag.hu hambazar@radiovilag.hu 6

Hangfrekvenciás műszerek számítógépből 2.

Dr. Gschwindt András HA5WH, andras.gschwindt@t-online.hu

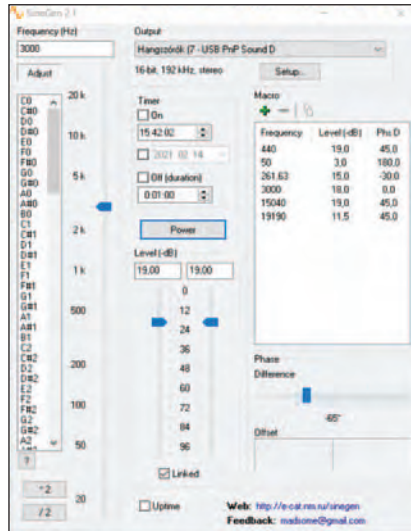
Egy jó generátor

Cikkünk elején már megismertük az on-line hanggenerátorokkal. Azok inkább érdekeségek voltak. Töltsük le és helyezzük üzembe a SinGen 2.1 szoftvert: https://www.freeware-files.com/SineGen_program_28995.html. Előnye, hogy 192 kHz/16 bit beállításba is programozható. Ezt az értéket írjuk be a Setup... feliratra bökve kinyíló ablakba (12. ábra). Az kezelőfelület könnyen áttekinthető. Sajnos, a sztereó kimenet két jele közötti fáziseltérés-szabályzás nem minden operációs rendszerben működik.

A hangkártya bemenet védelme

Az eddigi mérési elrendezéseink visszahurkolt megoldást alkalmaztak (loop-back). Ez azt jelenti, hogy az általában $2 V_{pp}$ körüli kimenőszintet rávezetjük a kártyánk bemenetre. Ez ugyan erős torzításhoz vezet, de a bemenetnek „túl kell élni”, nem szabad sérülnie. Ezt a nem túl régi kártyák mindegyike tudja is.

Más a helyzet, ha egy nagyszintű erősítőt mérünk. A megengedettnél jóval nagyobb jelek juthatnának a bemenetre, ha ez ellen nem védekezünk. A 13. ábrán bemutatunk néhány meg-



12. ábra

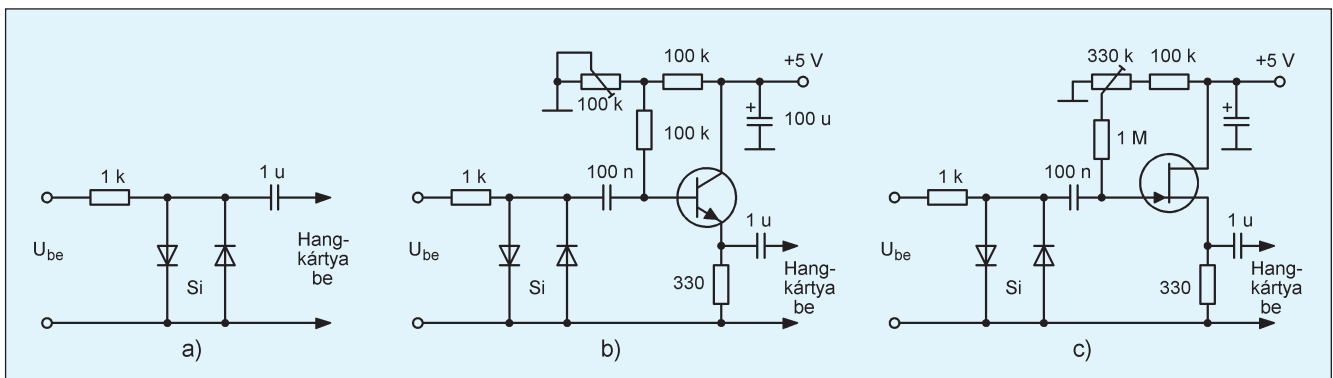
oldást. A 13.a ábrán egyszerű, két egymással szembe kapcsolt szilíciumdióda (1N914, 1N4148 stb.) $1,4 V_{pp}$ -n fogja meg a bejövő feszültséget. A 13.b ábra egy aktív, bipoláris tranzisztorral (BC182B, BC546B stb.) felépített, emitterkövetős elrendezést mutat. Az 5 V-os tápfeszültséget a gépünk USB csatlakozójából nyerhetjük. Előnye, hogy közös lesz a földrendszer, amely segít kiküszöbölni a káros, földelési problémák miatt jelentkező zavarokat. A 13.c ábra jFET (BF247, 2SK168D stb.) félvezetőre épül. Előnye a nagy bemenőimpedanciája. Amennyiben a hangkártya bemenetünk elektrétmikrofon fogadá-

sára készült, akkor az előfeszítő DC feszültség miatt erre szükség van. Elvileg nem kell védelem a kimenetre. Egy rossz mozdulat elég ahhoz, hogy nagy feszültség kerüljön a kimenetre, ezért érdemes oda is a bemenethez hasonló, egyszerű védelmet kialakítani. Akkor a mostani bemenet csatlakozik a kártya kimenetre.

Természetesen a védelmi megoldások csökkentik a bemenetre jutó jel szintjét. Pontos szintmérések esetén kalibrálni kell az elrendezést. Nagyobb szintek méréséhez változtatható bemeneti osztót is készíthetünk. Ez a hangfrekvenciás tartományban egyszerű, ellenállásokból felépített elrendezést jelent.

Lépésről lépésre: generátor, spektrumanalizátor, oszcilloszkóp

Egyszerű generátor/analizátor elrendezést (Audio Function Sweep Generator) találunk a következő oldalon: www.softpedia.com/get/Multimedia/Audio/Other-AUDIO-Tools/Audio-Function-Sweep-Generator.shtml. A megjelenő kezelőfelület mutatja a 14. ábra. A feliratok egyszerűek, könnyen be tudjuk állítani a különböző funkciókat. A mintavétel frekvenciáját (Rate) nem engedi 48 kHz fölé. Ennek megfelelően „igazi” hang-



13. ábra



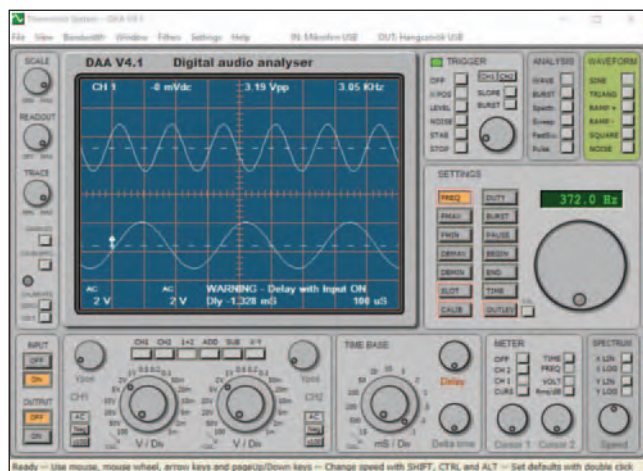
14. ábra

frekvenciás műszer. W10 alatt nem lehet a teljes képernyőt kitölteni, ezért is inkább „gyakorló” műszernek tekinthetjük.

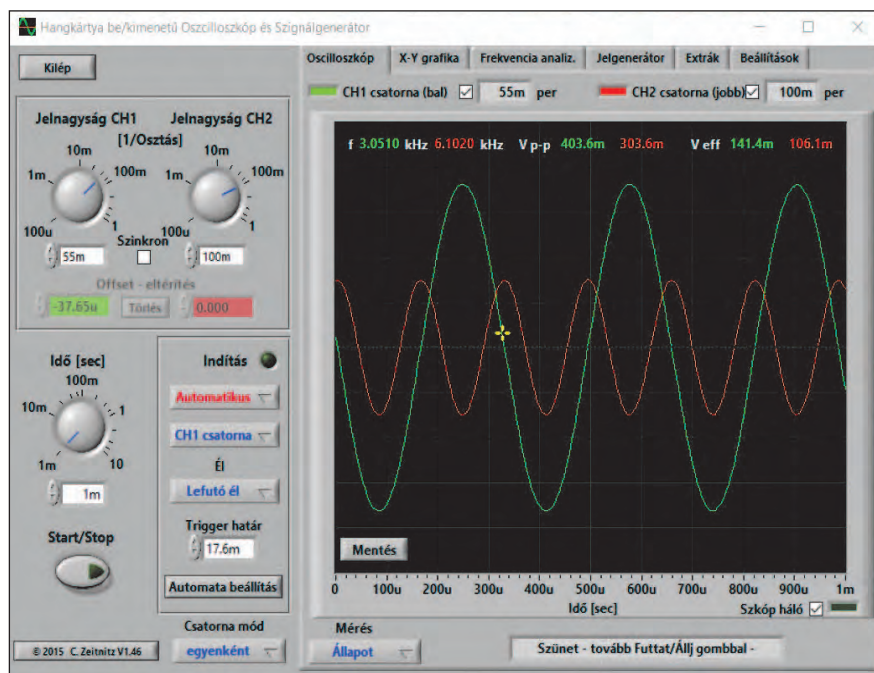
Lényegesen többet nyújt a 15. ábra műszere (Theremino System DAA V 4.1), melyet a www.theremino.com/wp-content/uploads/files/DAA_V4_Help_ENG.pdf oldalról tölthetünk le. Látványos megjelenés, melynek „lelke” egy kétsugaras oszcilloszkóp. Szoftver íróját a klasszikus „dobozos” műszerekhez kötődés jellemezte. Beállítószervei virtuális gombok. Érdekesség a 3D spektrum kép (View) és a különböző, a képernyőn megjeleníthető műszerek (frekvencia, feszültség, idő...) választhatósága. Sajnos, itt sem tudjuk a mintavétel frekvenciáját 48 kHz fölé növelni.

A majdnem „mindentudó”

Széles körben ismert. Töltsük le innen: www.zeitnitz.eu/scope-en Telepítés közben nyilatkozunk kell, hogy csak magán és oktatási célra használjuk. Mielőtt bármelyik funkcióját megjelenítenénk,



15. ábra



17. ábra

nyissuk ki a „Settings” oldalt. A „Change language” feliratra bökve a lenyíló nyelv sorozatból választjuk a magyart! Újra kell indítani, hogy rögzítse a nyelvet. Maradva az oldalon a „Hangforrások” lenyíló ablakból választjuk a hangkártyákat, amelyeket a ki-, bemenetknél akarunk használni. A 16 bit/minta számunkra megfelelő, de az előző tesztelésünkéből már tudjuk, hogy a Fájl-formátum-ban lévő 44100 -as frekvenciaértéket lecserélhetjük 192000-re, vagy arra a maximálisra, amelyen a kártyánk kifogástalanul működik. A „Beállítások fájljából” ablakra bökve, a kinyíló szerkesztőben kell

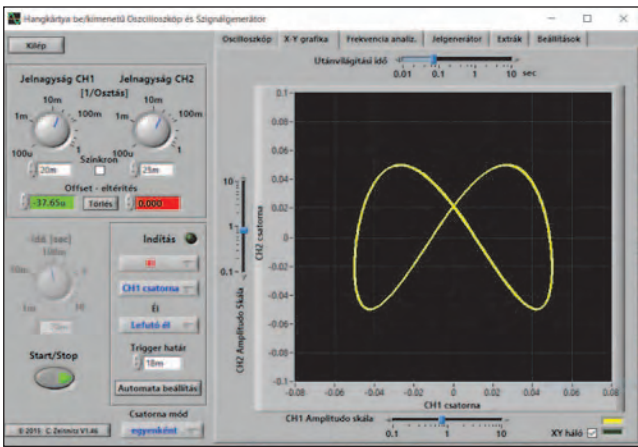
megkeresni a 44100-at, és átjavítani 192000-re. Bezárva a szerkesztést és újraindítva a programot a 16. ábrán látható képet kapjuk.

– Az oszcilloszkóp képe a 17. ábrán látható. Mindkét csatorna üzemel. A piros és zöld színű számok a csatornáknak megfelelően mutatják a mért frekvencia- és feszültségértékeket. A kezelőszervek az oszcilloszkópnál megszokottak. A bemeneteket a „Beállítások fájljából” oldalon jelöltük ki. Sajnos a felhasznált hangkártya szabta korlát miatt csak 20 kHz-ig tudunk jeleket vizsgálni.

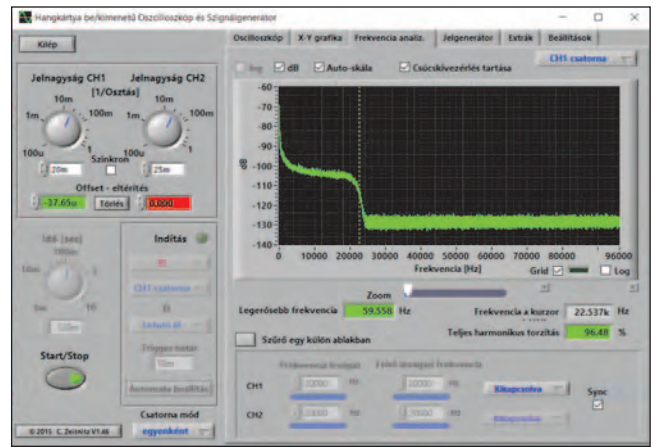
– Az X-Y grafika feliratra bökve a szkóp két bemenetére adott je-



16. ábra



18. ábra



19. ábra

lek adják a függőleges és vízszintes eltérést. A 18. ábrán kétszeres frekvenciájú, merev frekvenciakapcsolatban lévő jelek képét látjuk. A fáziseltérés 20 fok. Látványos ábrákat készíthetünk különböző frekvencia- és fáziskombinációk megjelenítésével.

– A *Frekvencia analíz.* feliratot kinyitva, a már jól ismert analízatorkép jelenik meg előttünk. A ké-

pén a rendszerünk saját zaját látjuk. Az „élsimító” szűrő hatása jól látszik, 22 kHz fölött nem hajlandó analizálni, míg az A/D konverterünk 96 kHz-et is engedélyezne (19. ábra). Ha szükségét látjuk, különböző típusú szűrőket is beiktathatunk a bemenőjel útjába.

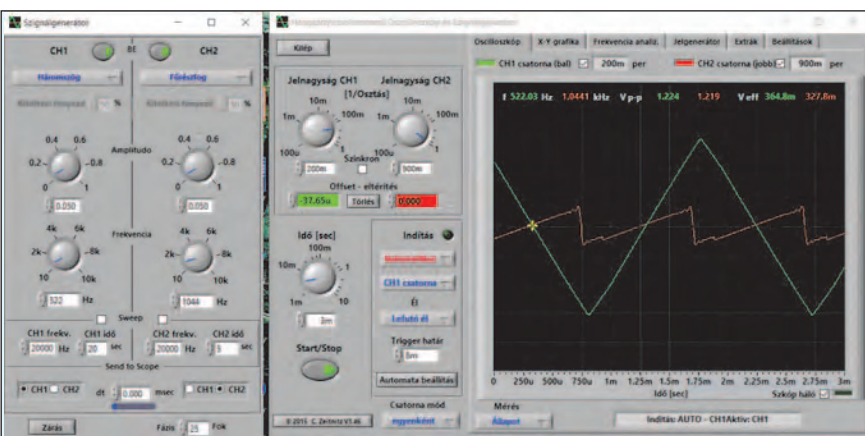
– A *Jelgenerátort* megnyitva egy kétcsatornás generátor tárul elénk. Kisebb javításokat eszkö-

zölhetünk a frekvenciahatáron, így kiterjeszthetjük a maximális frekvenciát 20 000 Hz-e. Egyszerű művelet: a 10 000-ben az egyest javítsuk 2-re, a szoftver gyorsan átskálázza a gombokat (20. ábra). A frekvenciát mutató gomboknál a 10-k-t kell 20-k-ra javítani. Sajnos, kikapcsolás, újraindítás után ismét be kell írni. Elfelejteti a javított értékeket. Nemcsak szinuszos formát, de négyszöget, háromszöget is előállíthatunk. A szignálgenerátor külön ablakban is megjeleníthető, ha a „Szignálgenerátor külön ablakban” felirat (20. ábra) előtt álló négyzetre bökünk. A 21. ábrán a „kiugrott” generátor helyébe kinyitottuk az oszcilloszkópot. Így egy könnyen áttekinthető / kezelhető mérési elrendezéshez jutunk.

– Az *Extrát* megnyitva hangrögzítési lehetőséggel találkozunk.



20. ábra



21. ábra

Megjegyzés

Az internetet használva elképesztő mennyiségű információval találkozunk. Sajnos, ezen könyvtárak tartalma állandóan változik. Ez igaz lehet a cikkben bemutatottakra is. Előfordulhat, hogy az adott források már nem elérhetőek vagy módosultak. A felhasznált szoftverek az ingyenesen letölthetők közé tartoztak, de nem zárható ki, hogy ez közben egészben vagy részben megváltozik. Az sem kizárt, hogy újabbak jelennek meg.

A cikk írója reméli, hogy a leírtakkal elegendő segítséget/ötletet adott egy-egy berendezés házilagos és olcsó vizsgálatához.