

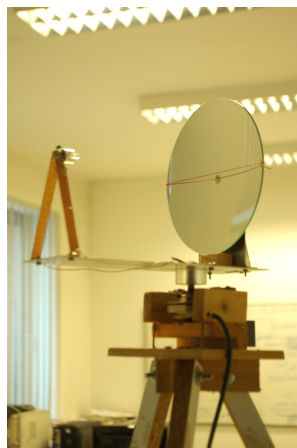
Mérés ultrahang szonárral

Ez a mérés a távolról elvégzendő laborhoz tartozó módosított feladatokat tartalmazza. Fontos megjegyezni, hogy különböző korábbi más mérések adataira támaszkodik, olyanokra, ahol a műszer akár más teremben, más környezeti körülmények között volt használatban. Az ezzel kapcsolatos érdekes tanulságok teszik még izgalmasabbá a probléma boncolását. A tapasztalatok értelmező szöveges összefoglalása segít az elvégzett munka pozitív elbírálásában.

Lesznek feladatok, ahol szándékosan elnagyolt a kérdésfelvetés, a tudományos igényességtől függő hozzáállással lehet vizsgálni egy-egy problémát, és levonni a tanulságokat. Az ezért kapható pontszám ettől erősen függ.

Bízom benne, hogy a kézzelfoghatóság hiánya mellett is érdekes feladatokat oldhattok meg ezzel a feladatlappal.

A mérési elrendezés



A műszer elsőre szembetűnő eleme egy függőleges tengely körül elfordítható fej.

A műszer elektronikája egy arra alkalmas jellel gerjeszti az ultrahangot kibocsátó piezzot, ami a forgófejen található. A gerjesztés hatására egy az ultrahang tartományban rezgő csirip keletkezik, amit egy tükör segítségével párhuzamosított hanghullám-nyalábbá formálunk. A hullám tovaterjed, majd visszaverődés után, ugyanezzel a tükörrel fókuszálva a piezzo-szenzorral detektálható.

A műszer fejét egy léptető motorral lehet az óramutató járásával ellentétes irányban $\Delta\varphi \approx \frac{2\pi}{400}$ radián egységekben fokozatosan elforgatni. Ez egy közelítő érték, ami az ékszíjak állapotától is függ, egy későbbi feladat célozza ennek a pontosabb meghatározását.

A mérés során a hang terjedési sebességével, a visszaverődésekkel és a műszerrel kapcsolatos problémákat kell megvizsgálni.

1. A hangsebesség meghatározása

A hangsebesség meghatározására két módszert is használhatunk:

1. Vizsgáld meg a csirip és a visszavert jel alakjait oszcilloszkóp segítségével!

A méréshez kétsugaras oszcilloszkópot használunk. Ennek egyik csatornáján (az alsó jelalak) az úgynevezett *trigger* mérhető, ami a műszer ütemezési órajele. Az itt mellékelt ábrán ez úgy van beállítva, hogy az oszcilloszkóp rácsának bal szélső vonalával esik egybe a felfutó él.

A másik csatornán a csirip mérhető. Valójában ez a jel a kimenő és az érzékelt válaszjelet is tartalmazza. Azaz ezen a csatornán mért feszültségfüggvény a jel ami piezokerámiát gerjeszti illetve amit az érzékel kombinációja. A tényleges ultrahang tartományban zajló folyamatokat egy arra alkalmas moduláló áramkör transzformálja a hallható hangtartományba, hogy a PC hangkártyájával is lehetőség legyen a jelalakok rögzítésére.

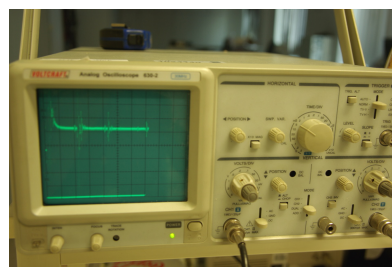
2. A jel kibocsátása és visszaverődése között eltelt idő pontosabb meghatározására a hullámalakokat a számítógép hangkártyájával is digitalizáljuk és rögzítjük.

A hangkártya mindkét csatornáját használjuk:

- az első csatornán a rendszer ütemező órajele (ún. `_trigger_`),
- a második csatornán a kimenő és a visszavert jel amplitúdója rögzíthető.

1.1. Jelalak jellemzése - 3 pont

Elemezd az alábbi oscillogramot! *Megjegyzés:* A pontosabb leolvasás végett nagyítsd az ábrát, amit a jegyzőkönyv mellett a `supplementary/oscilloscope_shortdistance.jpeg` fájlban is megtalálsz.



In []: Elemzés helye

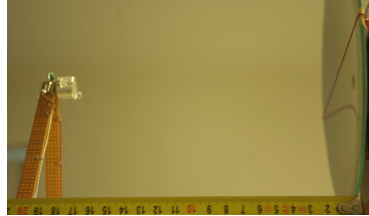
1.2. Hangsebesség kiszámolása - 3 pont

Első közelítésben tegyük fel, hogy a rendszer késleltetése elhanyagolható. Mérd meg az előző ábra alapján, hogy mennyi idő telik el az ütemjel kezdete és a visszavert jel kezdete között. Becsüld a leolvasás hibáját. A visszaverő felület távolságának ismeretében határozd meg a hangsebességet!

Megjegyzés: add meg a képletet is, ami alapján számolsz és ne feledkezz meg a hibák becsléséről sem!

A távolság meghatározásához rendelkezésre álló információ:

- a fal és a szenzor távolsága: 143 ± 2 cm,
- illetve a fej méretei az alábbi ábrán.



- A mért időkülönbség, $t =$
- A visszaverő felület távolsága, $L =$
- A hangsebesség közelítő értéke, $c =$

1.3.1. A hangsebesség pontosabb meghatározása - 5 pont

A mérés során a szonár fejét állítsd egy-egy jól visszaverő felület irányba! Érdemes falra merőleges illetve a sarkokat célzó nyalábokkal dolgozni. Rögzítsd a mérési adatokat, és azt elemezve gyűjtsd táblázatba a különböző távolságokra a jel terjedésének idejét. Ázold azokat és illeszd rájuk arra alkalmas modellfüggvényt! Értekezz a modellfüggvény paramétereiről, azok hibáiról és állapítsd meg azok alapján:

- a hangsebességet és annak hibáját,
- a rendszer késleltetési idejét és annak hibáját.

A `course/sonar/` mappában megtalálható az egyik labor alaprajzát rögzítő ábra `terem.png`. Az alaprajz tájolása olyan, hogy a felső részét tekintjük északnak. Ezen mm egységekben vannak feltüntetve a jellemző távolságok. A mérés hibáját tekintjük 3 cm nagyságúnak. A különböző irányokba végzett mérésekhez az oszcilloszkóp kijelzőjét is lefotóztuk. Az oszcilloszkóp időskáláját a `skála.JPG` képről olvashatod le. Az oszcillogramok rendre: `délifal.JPG`, `délkeletisarok.JPG`, `délnyugatisarok.JPG`, `keletifal-ablak.JPG`, `keletifal-támpillér.JPG`, `nyugatifal-mosdó.JPG`, `nyugatifal-tábla.JPG`, `északifal.JPG`, `északkeletisarok.JPG` és `északnyugatisarok-ajtó.JPG`.

Figyelnél arra, hogy itt most a *trigger* jel felfutó éle nincs az oszcilloszkóp szátkeresztjéhez igazítva.

Visszaverő felület távolsága	Visszhangjel ideje	Megjegyzés
x	y	z

In []: `# ábrázolás és illesztés`

Az illesztett modell paramétereiből határozd meg a rendszer késleltetését és a hangsebességet.

- Az illesztett modell egyenlete:
- A hangsebesség értéke:
- A rendszer késleltetése:

1.3.2. Korábbi mérési adatok feldolgozása - 5 pont

A `course/sonar/allinone_2020.dat` fájlban három oszlop van, amelyek jelentése rendre:

- mérésazonosító,
- távolság cm egységekben,
- idő ms egységekben.

Ezeket az adatokat idén hallgatótársak rögzítették, előfordulhat benne hibás mérés, amelynek elhagyását indokolva pontosabb eredményre juthat.

Ezekre az adatokra támaszkodva is elemezzed ki az adatokat és válaszold meg az 1.3.1. alfeladat kérdéseit.

In []:

1.3.3. Tapasztalataid összegzése - 8 pont

Tapasztalataid egész mondatokban kifejtett összefoglalója

2. Jel/zaj vizsgálat

Válassz egy távoli falat, amelyről hosszabb ideig rögzítet a visszavert hangot. **A méréshez használd a `course/sonar/fal_tavol.wav` fájlját.**

Az 1. hangcsatornán rögzített ütemjel segítségével könnyen szétválogathatóak az egyes visszaverődéshez tartozó csiripek, mint egyedi mérések. Tehát egy-egy mérésnek tekintve egy-egy visszhangot, kezeld őket indexhelyesen, azaz időben pontos átfedéssel az ütemjelnek megfelelően kivágva az eredeti idősorból. Így az elemzés további részében sok, egy-egy visszhangot tartalmazó szinkronizált adattal dolgozunk.

2.1. Az átlagjel - 6 pont

Szerkeszd meg az átlagjelet és ábrázold. Bontsd szakaszaira és jellemezd az egyes szakaszokat!

```
In [ ]: # adatfeldolgozás és ábrázolás helye
```

2.2. A zaj - 4 pont

Az előző részfeladatban meghatározott jelalakszakasz zajhoz tartozó részét is vizsgáld meg! Ábrák segítségével jellemezd a zajhoz tartozó amplitudók eloszlását! Térj ki arra, ha valamilyen előre nem várt korrelációkat fedezel fel az adatsorban! A szórások segítségével számszerűsítsd a zaj teljesítményének mértékét!

```
In [ ]: # számolás és ábrázolás helye
```

2.3. A jel - 4 pont

Fázishelyesen összegezz egyre több n darab jelet a 2.1. részfeladat visszavert szakaszára! Az összegzés előtt érdemes a jelalakokat standardizálni, ami alatt azt értjük, hogy legyen az átlaga nulla, és az amplitudó szórása egy. Ügyelj arra, hogy az összegzés során ne merüljön fel túlcsondulás. Jelentse a jel energiáját a nulla átlagú jel amplitudó négyzetének várható értéke. Hogyan alakul az energia a felösszegezés hatására n függvényében?

```
In [1]: # számolás és ábrázolás helye
```

2.4. Távolság meghatározása - 3 pont

Becsüld meg, milyen távol van az ebben a feladatban vizsgált fal, számszerűsítsd a becslés hibáját is.

```
In [ ]: # válasz helye
```

2.5. A csirip spektrumának vizsgálata - 2 pont (szorgalmi)

A 2.1. részfeladat meghatározott átlagos jelsorozat visszavert hullámcsomagjára végezd el a Fourier-transzformációt. A hullámcsomag teljesítményspektruma (a transzformált abszolútérték négyzete) jellegzetes maximummal rendelkezik. Mekkora frekvenciánál van ez a maximum, és mekkora a jel sáv szélessége. *Megjegyzés:* a sáv szélesség alatt a maximumhoz képest -3 dB esést felölelő tartományt értjük.

- A spektrum maximuma, $f =$
- Az alsó sávhatár, $f_{\min} =$
- A felső sávhatár, $f_{\max} =$
- A jel sáv szélessége, $C =$

3. A visszavert jel intenzitásának szögfüggése

Válassz ki egy jól visszaverő közeli falfelületet. A léptetőmotort egyenként léptetve, tapogasd le a falat. Egy-egy rögzített irányban a mérés bizonytalansága nagy, akár 20-30%-t is szór csiripenként az amplitúdó maximuma a keverőjel fázisától függően. *Javaslat:* érdemes tehát mindegyik irányban megnézni, hogy több visszaverődés közül mekkora a jel legnagyobb értéke.

3.1. Szögfüggés vizsgálata - 10 pont

Az `course/sonar/uradar.wav` hangfájl több mint négyszeri körbefordulást rögzít. A körbefordulás során sík falrészeket is pásztáz a műszer, azaz olyan falszakaszokat, ahol nincs oszlop vagy egyéb tereptárgy, ami a visszaverődési képet markánsan befolyásolná.

A 2.1. részfeladat mintájára bontsd fel a méréseket az ütemjel mentén. Ha jól dolgoztál százasokra kerekítve 1600 mérési mintát sikerült megállapítanod. A legnagyobb a visszavert jel intenzitása körül-belül a 410. minta környékén van, ami egy tiszta falsíkra merőleges jelhez tartozik. E legnagyobb intenzitású pont körüli 20 mintára állapítsd meg a visszavert jel intenzitásának értékeit, és ábrázold ezeket a szög függvényében.

Segítség: A 2.3. feladaton okulva az intenzitás érdemes lenne egy-egy szöghöz több minta segítségével meghatározni. Ilyen adat nem áll most rendelkezésünkre, de ha a jel energiáját vesszük alapul arányos és stabil mértéket kapunk.

Ábrázold az adatokat és illessz egy arra alkalmas függvényt! A modellfüggvény paramétereit és hibáit add meg és számold ki belőlük a rendszer térbeli felbontó képességét!

In []: `# adatfeldolgozás, ábrázolás és illesztés`

- Az illesztett modell egyenlete:
- Az illesztés paramétereinek értéke:
- Ebből a szögfelbontás becsült értéke:

3.2. Léptetőmotor szögének meghatározása - 4 pont

A leírás alapján adott $\Delta\varphi$. Meg tudod-e állapítani az előző adatsor alapján, hogy a műszer hány lépésben fordul körbe? A $\Delta\varphi$ pontosabb meghatározását végezd el a fenti adatsorra támaszkodva!

In []: `# megoldás helye`

3.3. Távolságkorrekció - 2 pont

Hogyan kellene korrigálni a fenti számokat, ha a fal közelebb-távolabb lenne? Mennyire változik

az amplitudó és a távolság/késleltetés ezeknél a kis szögeknél? Hogyan függ ez a mérési

Válasz helye.

4. A terem alaprajzának analízise - 6 pont

A 3. feladatban használt fájl adataira támaszkodva készíts python eljárást, amelynek segítségével megszerkeszted a terem alaprajzát.

A méréshez használd a korábbi `course/sonar/uradar.wav` fájlt.

```
In [ ]: # eljárás helye
```

```
In [ ]: # alaprajzra
```