

---

# Technikai, elméleti alapok

---

Segédlet a számítógépes  
zenéhez

---

Összeállította: Baráth Zoltán

---

## Tartalom

---

Hangstúdió.....	2
Irányító szoba a hangstúdióban.....	2
AKUSZTIKAI ALAPOK.....	3
A hang.....	3
A hang érzékelése, hallás .....	4
ELEKTROAKUSZTIKAI ÁTALAKÍTÓK .....	6
Elektroakusztikai átalakítók .....	15
A hangkártyák típusai, és minőségük.....	25
A hangkártyák felépítése:.....	26
A hangszórók.....	28
A MIDI története .....	28
MIDI jellemzői.....	28
Digitális:.....	29
Források:.....	30

## Hangstúdió

---

Hangstúdióban készítik a mixalbumokat, előadói albumokat, szinkronokat, reklámblokkok hangfelvételeit (ún. "reklámspot"), és a digitális, vagy analóg masteringet, és egyéb hangfelvételeket.

### Irányító szoba a hangstúdióban

---

A mastering fogalma a következő: masteringnek nevezünk minden olyan tevékenységet, amellyel a zene élvezhetőségét megnöveljük (lehet ez frekvencia-beállítás, "kompresszor" használata stb.)

A hangok keverését egy speciális személy: a hangmérnök végzi el.

A korszerű hangstúdió kiválóan alkalmas élőhangszerek (pl. dob) felvételére. Tereit természetes akusztikával alakítják ki, ház a házban módszerrel, igényes hangvisszaverő és hangelnyelő felületekkel. Akár kisebb kamaraegyüttes vagy kórus felvétele is megoldható benne. Berendezései, mikrofonparkja minden igényt kielégítenek. A felvétel korszerű digitális technikával készül benne. A keverés során lehetőség van térszimulációs effektek használatára, (pl. egy koncert terem akusztikájának utólagos alkalmazására

A hangstúdiók általában két helyiségből állnak: magából a stúdióból, ahol a felvétel készül (gyakran "live roomnak" azaz élő szobának nevezik), és az irányító szobából, ahol a felvételt vezérlik, a beérkező hangjeleket manipulálják. A hangstúdiók gondosan, az akusztikus alapelvek figyelembevételével készülnek, a pontos, és hiteles hangzás eléréséhez.

Mindkét szoba kialakításakor követik ezt az elvet (az abszorpciós és a diffúziós anyagok azért vannak mindkét szoba falain, hogy a felvett hangok a lehallgatáskor is megfelelő módon hangozzanak) és gondosan ügyelnek a két akusztikai tér lehető legteljesebb elválasztásáról. A hangstúdió tartalmazhat további szobákat, ilyen lehet például a „vokáalterem” – egy kis szoba kifejezetten a hangrögzítésre kialakítva, valamint egy vagy több további irányítószobát.

Ezeket a berendezéseket a hangstúdiók többsége tartalmazza:

- Keverőpult
- Multitrack felvevő
- Mikrofonok
- Referencia studio monitorok, amelyek mély monitorokkal kiegészítve érik el a lehető legegyszerűbb frekvenciamanetet.
- Effektprocesszor (multieffekt, zengető, késleltető, EQ)

Ezeket is tartalmazhatja:

- Digitális Audio Munkaállomás (DAW)
- Music workstation
- Kimeneti effektek, például kompresszorok, reverb, vagy equalizerek

## AKUSZTIKAI ALAPOK.

---

### A hang

---

mechanikai rezgéshullám, amely az élőlényekben hangérzetet kelt.

**Hangtan – akusztika** a fizikának hanggal foglalkozó ága.

A hang rugalmas közegben (szilárd, folyékony, légnemű), különböző **sebességgel** hosszanti mechanikai **rezgéshullámként terjed.**

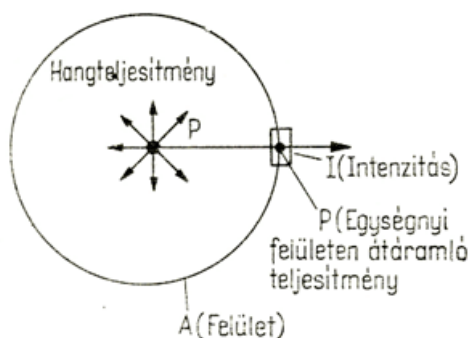
visszaverődés, elnyelődés, interferencia

### Hangsebesség

---

<b>levegőben*</b>	340 m/s	<i>1Mach</i>	
vízben	1450		m/s
betonban	1660		m/s
vasban	4990		m/s
fenyőfában	3320		m/s
hidrogén gázban	1280		m/s

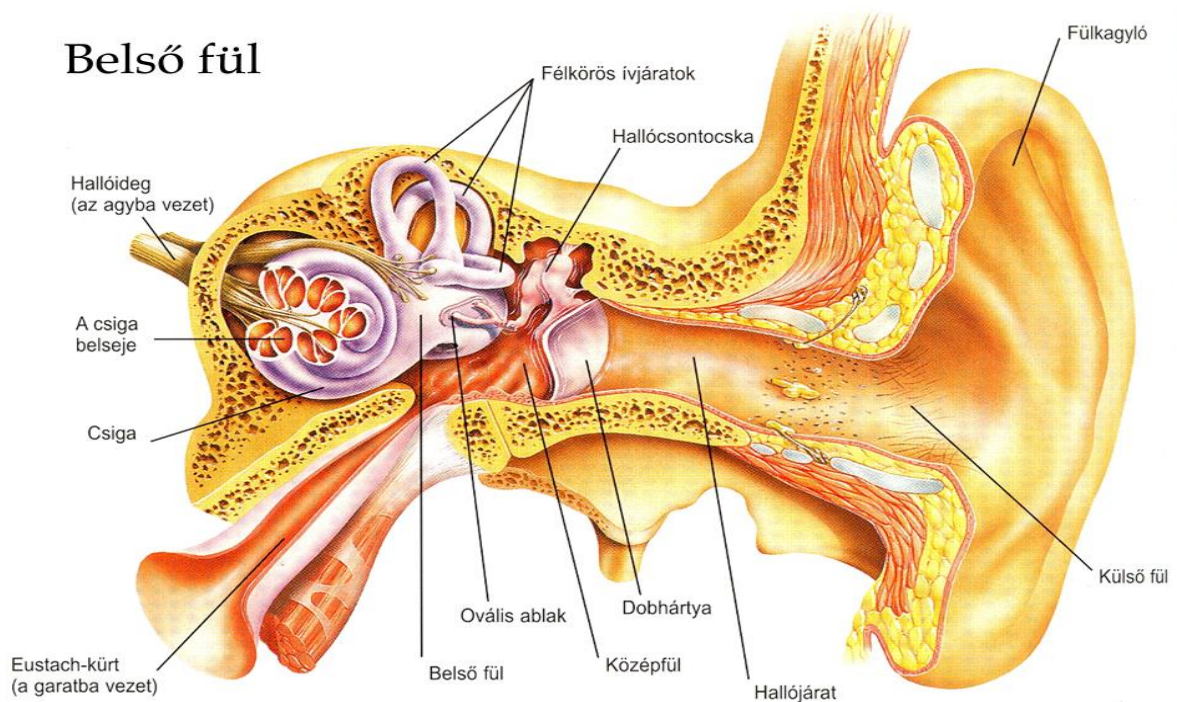
\* normál páratartalom 15°C, tengerszint



Frekvencia ↔ hangmagasság

**Hangerősség:** egységnyi felületre eső hangteljesítmény  $W/m^2$

**Hangteljesítmény:** hangforrás időegység alatt kisugárzott hangenergiája, ill a *hangenergiamennyiség átlagos értéke.*



### Akusztikai fogalmak

A hangmagasságot a legmélyebb részhang, a **hangszínt** a frekvenciatartományi viselkedés (amit a burkológörbe szemléltet), a sáv szélesség, a különböző frekvenciájú hangok amplitúdó és fázisviszonyai stb. együttesen határozzák meg.

Ha a felhang frekvenciája az alaphang frekvenciájának valamilyen egészszámú többszöröse, akkor felharmonikusnak is szokták hívni. *Általában, egy felharmonikus frekvenciája az alapjel frekvenciájának egészszámú többszöröse.*

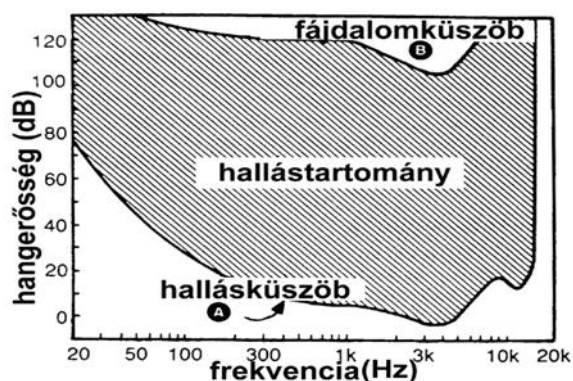
### Hallástartomány

A hallás- és a fájdalomküszöb közötti terület.

A decibel (dB), a **hangnyomás**, a hang erősségének meghatározására bevezetett, *nem valódi*, mértékegység, tízes alapú logaritmus segítségével kifejezett arány.

$$L [dB] = 20 \lg \left( \frac{p}{p_0} \right)$$

ahol  $p_0$   $10^{-5}$  Pa, viszonyítás alapja, mely egy 1000 Hz frekvenciájú szinuszhang hangnyomásának felel meg, amit az emberi fül még éppen érzékel



**Hallásküszöb:** adott frekvenciájú szinuszos (tiszta)hang, legkisebb hang-nyomásértéke, amely még hangérzetet kelt (amit éppen meghallunk).

normál emberi beszéd: 25-30 dB

**Fájdalomküszöb:** adott frekvenciájú tisztahang, legnagyobb hangnyomás-értéke, amely még éppen fájdalom nélkül elviselhető.

A fájdalomküszöb értéke: **120 dB**

Ehhez a határhoz közelítő hangerősség tartós hallgatása nagyothallást okozhat.

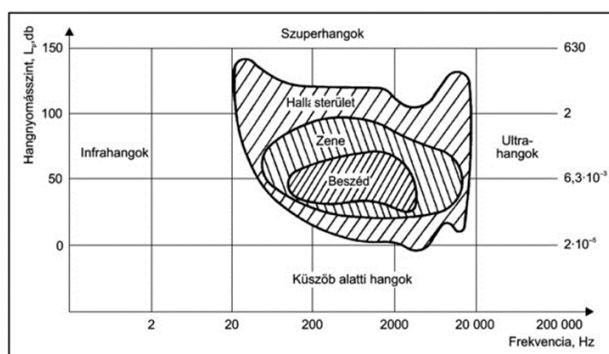
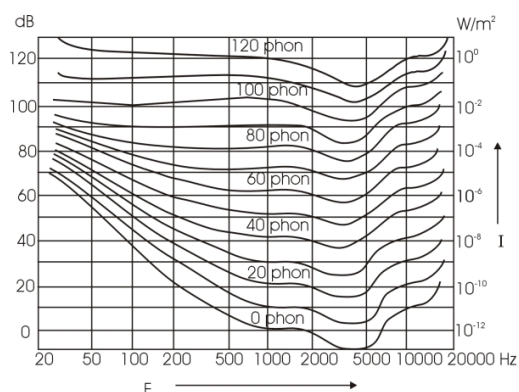
akusztikai fogalmak

### „Hallási görbék”

Szubjektív hangerősség-érzet

Mértékegysége a **fon**, a decibelhez hasonlóan szintén logaritmikus mértékegység, melyet leginkább a hangstúdiókban alkalmaznak.

Egy hang erőségének fon-értéke megegyezik, az azonos hangerejűnek érzékelt 1kHz-es tiszta hang decibelben mért intenzitásával.



### Hangszintek, hangerősségek

A hallásküszöb egyénenként, nemenként, életkoronként változik.

- ☞ halk beszéd hangossága kb. 20 fon,
- ☞ a hangos beszédé kb. 40 fon,
- ☞ a zenekaroké pedig elérheti a 100 fon-t is.

Kutatások szerint lakónegyedben elhelyezett zajgenerátor hatása:	
45 dB alatt	nincs hatással
45-55 dB	szórványos panaszok a zajra
50-60 dB	sokaknak feltűnik a zavaró hangforrás
65 dB felett	igyekeznek megszabadulni a zajforrástól
80 dB felett	már telefonálni sem lehet
90 dB felett	sokat hibázik az ember a munkában

„A testnek és léleknek, vagy még általánosabban a mentálisnak és materiálisnak, a fizikai és pszichológiai világnak pontos elmélete”

Gustav Theodor Fechner (1860): A pszichofizika alapjai

A pszichofizika a pszichológia észleléssel foglalkozó ágának részterülete.

A fizikai és pszichikai világ közti összefüggésekkel, fizikailag mérhető ingerek kiváltott élmények és az ehhez kapcsolódó emberi érzések érzékelések kapcsolatával, foglalkozik.

**Inger**, az emberi érzékszervek fizikai ingerlése, mely választ, reakciót vált ki.

Hangingerek (akusztikai jelek)

Fényingerek (optikai jelek)

Észlelés

Az emberek különböző érzékszerveik (fül, szem) segítségével képesek érzékelni a körülöttük zajló fizikai ingereket.

Az érzékszervben érzékelők (receptorok) találhatók, melyek a fizikai ingereket (hang, fény) kémiai-elektromos jelekké változtatják (hallás, látás), mely elektromos ingereket az idegszálak az agy arra specializálódott területére vezetnek.

**Érzékelés**, az agyba érkező érzékelések összefoglalása

- ☞ Eredmények felhasználása
- ☞ digitalizálási megfontolások
- ☞ sztereó és térbeli hangvisszaadás
- ☞ veszteséges tömörítés (pl. hangelfedés kihasználása)

stb...

## ELEKTROAKUSZTIKAI ÁTALAKÍTÓK

---

Mindennapi életünk során az ismeretek jelentős részét hallás útján, a fülünkkel érzékeljük és dolgozzuk fel. Ebből következik, hogy a híradástechnika egyik fontos területe a hangjelek feldolgozása és továbbítása. A felhasznált berendezések megtervezéséhez egyaránt szükségesek a hang fizikai tulajdonságainak és a fül sajátos pszichofizikai jellemzőinek az alapos ismerete. Ebben a fejezetben megismerkedünk a hang fizikai jellemzőivel, a hallás fiziológiai jellegzetességeit figyelembevevő mennyiségekkel, a mesterséges hangtér leírásával, a hangvétel és a hangvisszaadás eszközeivel.

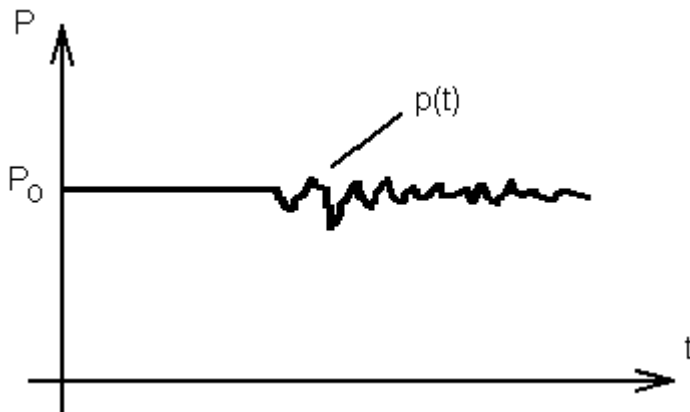
A hang fizikai leírása

Fizikai jellegét tekintve a hang valamilyen rugalmas közeg mechanikai rezgéséből áll. Ilyekor a rugalmas anyag azon részecskéi, amelyek külső hatásra kimozdultak nyugalmi helyzetükből, a rugalmassági erő és a tehetetlenség folytán periodikus rezgésbe jönnek. Szilárd anyagokban az úgynevezett testhang, cseppfolyós anyagokban a folyadékhang és

levegőben a léghang keletkezik és terjed. Az emberi fül döntően a levegőben terjedő hangokat érzékeli, ezért a léghanggal kapcsolatos ismeretek (pl. hangkeltés, terjedés, érzékelés stb.) kiemelt jelentőségűek.

A léghang légnyomásingadozás formájában jelentkezik. Az állandó értékűnek tekinthető légköri nyomásra szuperponálódik a hangnyomás. A tér egy pontjában az eredő  $P(t)$  légnyomás a  $P_0$  - lal jelölt konstans légköri nyomás és a  $p(t)$  összegeként adható meg.

$$P(t) = P_0 + p(t) \quad (4.1)$$



Eredő légnyomás

A továbbiakban csak az időben változó második taggal, a hangnyomással fogunk foglalkozni.

A hang fizikai jellemzésére leggyakrabban a hangnyomás effektív értékét szokás használni. A hangnyomás szabványos mértékegysége a Pa, ami 1 Newton erőhatást jelent 1 m<sup>2</sup> felületen. (A konstans légköri nyomás közelítőleg 100 000 Pa). A hangnyomás értékét mérőmikrofonnal mérjük. Méréskor gyakori szokás az, hogy a mért hangnyomás és egy referencia érték arányát adják meg dB-ben. Ilyenkor a referencia  $p_0 = 20 \cdot 10^{-6}$  Pa, ami az átlagember számára az éppen meghallható 1000 Hz-es szinuszhang nyomásértéke. A hangnyomásszint tehát:

$$L_p = 20 \lg \frac{p}{p_0} \quad (4.2)$$

A tér egy pontjában létrehozott nyomáseltérés a szomszéd térrészek felé kiegyenlítődni igyekszik. A kiegyenlítőds során létrejön a részecskék elmozdulása, ami újabb, a szomszédos térrészekben kialakuló nyomáskülönbséget eredményez. Ily módon ez a nyomásváltozás a térben hanghullámok formájában tovaterjed. A hanghullámok azonos fázisú pontjai közötti távolságot hullámhossznak nevezzük. A hullámhossz és a frekvencia szorzata egy állandó érték, ami a hang terjedési sebessége.

$$c = f\lambda \quad (4.3)$$



A hang terjedési sebessége  $c = 340 \text{ m/s}$ . Ha a hang forrása pontszerű, és ha a térben a hang minden irányban akadálytalanul terjedhet, akkor gömbhullámok keletkeznek. A hangforrástól nagy távolságra az azonos fázisú gömbfelületek alig görbülnek, ezért ezeket már síkhullámoknak tekinthetjük. Síkhullámokra érvényes az, hogy a hangnyomás és a részecskesebesség hányadosa állandó.

$$\frac{p}{v} = \rho_0 c = 410 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{sec}} \quad (4.4)$$

ahol  $\rho_0$  a levegő sűrűsége.



A gömb- és síkhullám

A hang jellemezhető az időegység alatt a felületegységen áthaladó energia nagyságával is. Ezt nevezzük hangintenzitásnak, értékét a hangnyomás és a részecskesebesség szorzataként számítjuk. Síkhullámoknál (4.3) egyenletet is behelyettesíthetjük:

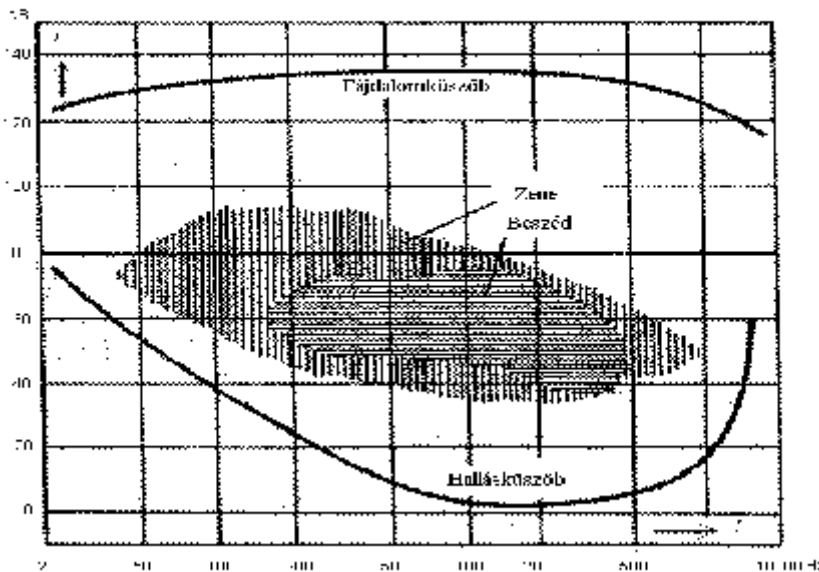
$$I = p v = \frac{p^2}{\rho_0} \quad (4.5)$$

Az intenzitást is gyakran viszonyítva, dB-ben kifejezve adjuk meg. Könnyen belátható, hogy a viszonyítási alap  $I_0 = 1 \text{ pW/m}^2$ , ami az 1000 Hz-en éppen meghallható szinuszhang intenzitásértéke. Az intenzitás szint tehát:

$$L_I = 20 \lg \frac{I}{I_0} \quad (4.6)$$

Az emberi hallás fiziológiai tulajdonságai.

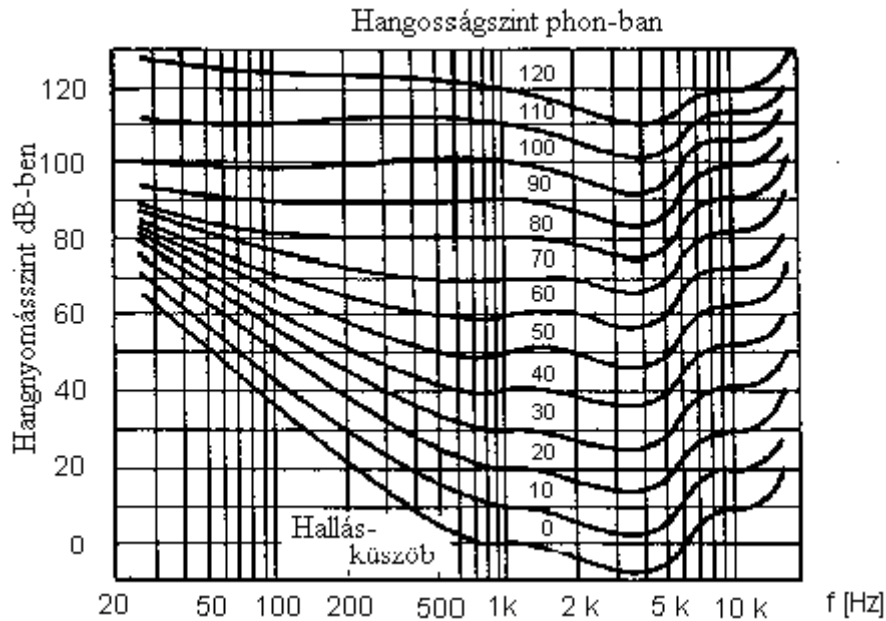
Tapasztalatból tudjuk, hogy az emberi hallás mind frekvencia, mind pedig a hangnyomás tartományokban korlátozott. Nagyszámú kísérleti alannyal végzett mérések alapján megállapították, hogy milyen hangnyomásszinteket vagyunk képesek még éppen meghallani a frekvencia függvényében. Ezen mérési eredményeket *hallásküszöbnek* is szokás nevezni. A hallásküszöb erősen függ a frekvenciától. Eszerint a fül érzékenysége a néhány kHz-es tartományban a legnagyobb, kisebb és nagyobb frekvenciákon az érzékenység leromlik (lásd ábra).



#### Az emberi hallás korlátai

Ezek alapján jól látszik, hogy a hallhatóság tartománya 20 Hz és 20 kHz közé esik. A nagyon erős hangok fájdalomérzetet keltenek. Ezt a határt *fájdalomküszöbnek* nevezzük. Ennek görbéje már nem annyira frekvenciafüggő. Ezen korlátokon belül találhatóak a zene és a beszéd tartományai. Jól látható, hogy a zene frekvencia és dinamikatartományai lényegesen nagyobbak, mint amelyekkel a beszéd rendelkezik.

A szubjektív hangosságérzet számszerűsítésére vezették be a *hangerősség* fogalmát. Ennek alapján egy tetszőleges hang hangerőssége annyi *phon*, ahány dB a vele azonos hangosságérzetet keltő 1 kHz-es szinuszhang hangnyomásszintje. (Ebben a kísérletben a mérendő hangot és a megfigyelő által változtatható szintű referencia hangot felváltva kell meghallgatni.) Ha a frekvencia függvényében összekötjük az azonos hangerősségű pontokat, akkor megkapjuk az úgynevezett Fletcher-Munson görbéket.



### A Fletcher-Munson görbék

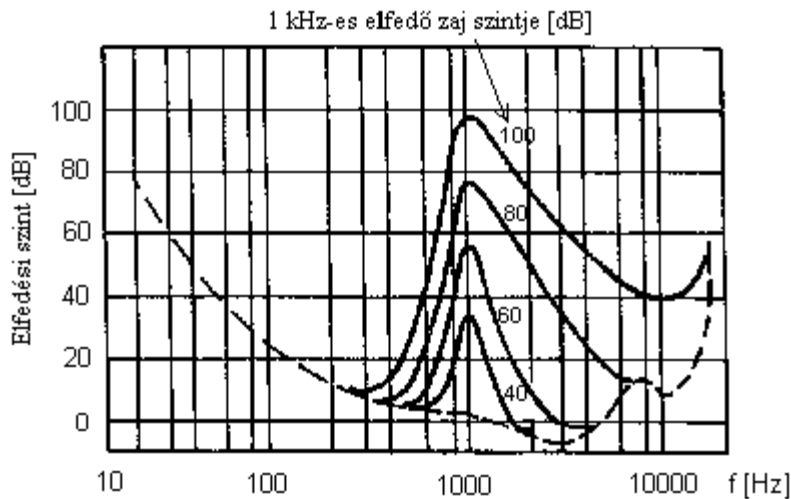
Egy adott frekvenciájú és adott hangnyomásszintű hang hangerősségét a görbékre írt phon érték alapján állapíthatjuk meg. Az így megállapított hangerősség jele  $LN$ . Ezen az alapon már eltérő frekvenciájú hangokat is össze tudunk hasonlítani a hangerősségük alapján.

Az egyidejűleg megszólaló hangok eredőjének meghatározására vezették be a *hangosságot*, melynek jele  $N$  és mértékegysége a *son*. A kiszámítás módja, ha a hangerősség meghaladja a 40 phont:

$$N = 2^{\frac{L_N - 40}{10}} \quad (4.7)$$

Eszerint 10 phon hangerősségnövekedésnek kétszer akkora hangosság felel meg. Amennyiben a különféle hangok nem közeli frekvenciájúak, akkor a *son*-ban kifejezett hangerősségeik összegezhetőek. A 40 phon hangerősség 1 *son* értékű.

Frekvenciában közeli hangoknál fellép a *hangelfedés* jelensége. Ennek lényege az, hogy az első, zavarónak tekintett hang megemeli a másik, a vizsgálandó hang hallásküszöbét. A hangelfedést megvizsgálták tiszta szinuszos hangokra, keskeny és szélessávú zajokra. Az ábrán megadtuk különféle hangnyomásszintű 1000 Hz-es keskenysávú hangok által megnövelt hallásküszöböket. A hangelfedő hatás a magasabb frekvenciákon erősebben jelentkezik.



## Hangelfedés

A hangjelenségek térben játszódnak le, ezért igen fontos a térinformációk felismerése is. Ezek közül legjelentősebb a *hangforrás iránya*. A vízszintes síkban a két fülünkbe jutó hangnyomás eltérés alapján lokalizáljuk a hangforrás irányát. Szemből érkező hanghullámok szimmetria okokból azonos hangnyomást keltenek mindkét fülünkben. Oldalirányú hanghullámok útjai eltérőek lesznek. Kisfrekvencián az útkülönbség okozta fáziseltérést detektálja a fülünk, míg magasabb frekvenciákon a fej árnyékoló hatása következtében fellépő intenzitáskülönbséget érzékeljük. Más a helyzet a függőleges irányban, ugyanis a magasabbról érkező hangok is azonos hangnyomásokat keltenek mindkét fülben. Emiatt a vízszintestől való eltérést közvetlen módon nem tudjuk megállapítani. Az ilyen irányok érzékeléséhez a fej mozgatására is szükség van.

A hangtér mesterséges előállítás.

Az elérendő cél olyan mesterséges hangtér előállítása, amely tartalmaz minden lényeges információt a fül számára. Természetesen ez a követelmény más és más az egyes összeköttetésekben, hiszen a fül által érzékelhető egész frekvenciasávra, a mintegy 120 dB dinamikára, valamint a hangforrások lokalizálhatóságára nincs mindig szükség.

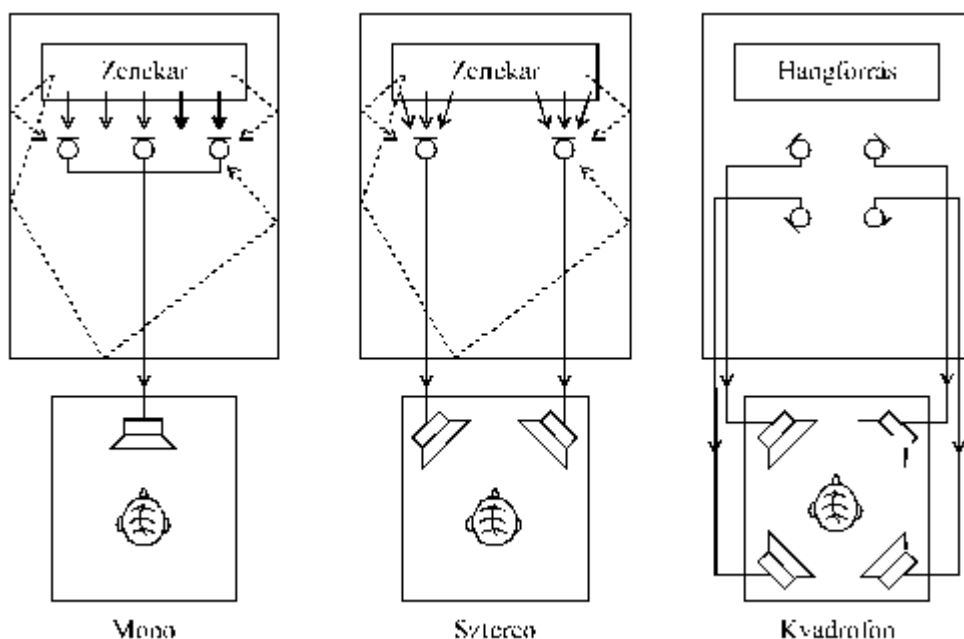
A hangtér előállításának különféle lépései és eszközei vannak. Az eredeti hangtérben történik a *hangvétel*, amelynek eszköze a *mikrofon*. Esetenként több mikrofont kell használnunk. A mikrofonok a hangnyomással arányos jeleket állítanak elő, amelyeket a következő lépésben *jelfeldolgozásnak* vetünk alá. Ilyen feldolgozás például az egyes jelek megfelelő arányú összegzése, zengetése vagy szűrése stb. A feldolgozás történhet analóg vagy digitális eszközökkel. A feldolgozott jel az átviteli *csatornába* kerül, ami lehet vezetékes vagy vezeték nélküli összeköttetés. Egyszerűbb esetekben (pl. távbeszélő-összeköttetés) kifejezett jelfeldolgozásra nincs szükség. A csatornán megérkezett jelet a *vevő* fogadja és átalakítja azt oly módon, hogy alkalmas legyen a *hangszórók* illetve *fejhallgatók* táplálására. Ezek az átalakítók az elektromos jelből hangjelet állítanak elő. A hangszóró ill. hangszórók által keltett hangtér sokban függ a helység teremhangtani tulajdonságaitól is. Természetesen a

fejhallgató keltette hang a fülben független ezektől a jellemzőktől. A fenti jelátvitel azonos időben történik, vagyis az eredeti hangtérhez képest a mesterséges tér időben csak igen kis késéssel jelenik meg.

A jelátvitel speciális esete az, amikor a feldolgozott jelet valamelyik *hangrögzítőre* vezetjük. Ebben az esetben a hanghordozó (pl. hanglemezek, kazetta stb.) jut el a fogyasztóhoz, aki tetszése szerinti időpontban hallgathatja meg (lejátszás) a műsort, vagyis az eredeti hangtér és a mesterséges hangtér megjelenése között nincs időbeni kötöttség.

Ha a hangtér leképzéséhez csak egy mikrofonnal vesszük a jelet, vagy több mikrofont használunk ugyan, de ezek jeleit összegezzük, akkor egycsatornás, másnéven *mono* összeköttetést valósítunk meg. Természetesen az egy jeltől reprodukált hangtérben semmiféle irányfelismerésre nincs lehetőség. A meghallgatott műsorban megszólaló összes hangforrás csak az egy hangszóró irányából lesz hallható.

A térérzet kialakításához a hangtérből legalább két független, jól megválasztott jelet kell venni, és azokat külön csatornákon továbbítani. Ez a 60-as években bevezetett, és azóta széles körben elterjedt *sztereo* rendszer, amelyet kidolgoztak az URH rádiózásra, valamint a különféle hangrögzítő megoldásokra is. A legjobb térérzet úgy alakul ki, ha a műsor lejátszásakor, illetve meghallgatásakor a két hangszóró és a hallgató egy egyenlő oldalú háromszög csúcsait alkotják (lásd ábra).



#### A hangtér előállításának módjai

Ugyanezen ábrason tüntettük fel a legjobb térérzetet keltő négycsatornás, úgynevezett *kvadrofon* elrendezést is. Itt a hallgatóság a négyzet sarkaiban elhelyezett hangszórók által keltett tér belsejében foglal helyet. A legjobb térhatás a négyzet középpontjában jelentkezik.

Ezt a rendszert a 70-es években dolgozták ki, de pénzügyi okok miatt széles körben nem terjedt el.

Az átvitel fajtái, minőségi követelmények

A mesterséges hangterek, amint azt az előző pontban láttuk, különbözhetnek az átvitt független csatornák számában. Emellett nagy különbségek lehetnek az átvitt jel frekvenciatartományában, dinamikájában, a megengedett jel-zaj arányában és a torzítás mértékében is. Egy rendszer *frekvenciatartományát* azon frekvenciák határolják, ahol 3 dB jelszintcsökkenés lép fel a középfrekvenciás átvitelhez képest. A *jel-zaj viszony* az átvihető hasznos jel és a zaj effektív értékeinek arányát fejezi ki dB-ben. *Dinamika* a továbbított műsor legerősebb és leghalkabb részleteinek aránya dB-ben. A fentiekből következik, hogy a dinamika a jel-zaj viszony értékénél nagyobb nem lehet. *Harmonikus torzításnak* a többszörös frekvenciák összteljesítményének és az alaphang teljesítményének az arányát értjük %-ban kifejezve. Az átvitt, és reprodukált hangtér más, ha csak beszédet továbbítunk és más, ha zenei anyagot kell előállítani. A legszerényebb igényeket a *beszédátvitel* minőségével szemben támasztjuk. Az úgynevezett *Hi-Fi* minőség alkalmas zenei műsorok megfelelő színvonalú reprodukálására. Ezen minőségi jellemzőket először a német DIN 45 500 szabványban fogalmazták meg. Legmagasabb műszaki színvonalat az úgynevezett *stúdió* minőség jelenti, amelyet azonban csak a TV és rádióstúdiók költséges berendezései, valamint a nemrégiben közszükségleti célokra is kifejlesztett digitális készülékek teljesítenek.

*Távbeszélő-rendszerekben* a beszéd érthető átvitele a cél lehetőleg gazdaságos módon. A beszédjel komponensei néhány száz Hz-től kezdődően 4-5 kHz-ig vannak jelen. A vizsgálatok szerint a jó beszédérthetőség már 3000 Hz felső határfrekvenciával megvalósítható. A beszélő személyének felismeréséhez ennél valamivel nagyobb frekvenciák is szükségesek, ezért a távbeszélő-technikában a 300-3400 Hz-ig terjedő sávot szabványosították. A kívánatos jel-zaj viszony is igen szerény, kb. 20-25 dB, a megengedett torzítás pedig 5-10 %. A nagytömegben gyártott olcsó szénmikrofonokkal és mágneses fejhallgatókkal elérhető szerényebb sáv szélesség, dinamika és torzítás eleget tesz a távbeszélő-előírásoknak.

Közép- és rövidhullámú *amplitúdomodulált* (AM) rádióadásokban már zenei műsorokat is továbbítunk. A továbbított jel paraméterei valamivel jobbak. A frekvenciasáv felső határa 4.5 kHz-ig terjedhet, a jel-zaj viszony elérheti a 40 dB-t is. A frekvenciahatár növelése az adóállomások 9 kHz-enkénti frekvenciakiosztása miatt nem lehetséges. Ezekkel a paraméterekkel jó minőségű beszéd valósítható meg, ugyanakkor a zenei átvitel minősége gyenge. Távoli, kis térerősségű adók vételénél előfordul, hogy a jel-zaj viszony úgy leromlik, hogy már a beszéd érthetősége sem lesz kielégítő.

Egészen más a helyzet az ultrarövidhullámú frekvenciasávokban, ahol az adóállomások 250 kHz-enként helyezkednek el. A jeltovábbításra pedig a kevésbé zavarérzékeny *frekvenciamodulációt* (FM) használjuk. A rendszer paraméterei jó minőségű zenei anyag reprodukálását is lehetővé teszik. Az átvitel frekvenciatartománya 50 Hz-15 kHz-ig terjed, a jel-zaj viszony meghaladhatja a 60 dB-t és a torzítás 0.1 %-os szinten tartható.

Már a 60-as években kifejlesztették és azóta általánosan elterjedt az FM adások *sztereo* változata. Két, egymástól független jelet továbbítanak a monoval hasonló minőségben. A két jel közötti áthallási csillapítás mintegy 40 dB, amivel jó térhatás valósítható meg. A sztereo rendszer hátránya a monohoz képest a nagyobb zavarérzékenység.

A 70-es évek *kvadrofon* átvitel kísérleti adásait is az URH sávokon végezték. A meghallgatások eredményei azt mutatták, hogy a kvadrofon hangtérben a hangforrások lokalizálása minden irányban nagyon jó.

A méteres (VHF) és deciméteres (UHF) hullámsávokon működő TV adások *kísérő hangjának* paraméterei megegyeznek a mono adások jellemzőivel.

A 80-as évek végétől egyre inkább elterjedőben vannak a *műholdas TV adások* is. Ezek a műsorok rendszerint több kísérőhanggal együtt kerülnek kisugárzásra. A kísérőhangok kombinációja többféle lehet. Ilyen lehetőség például a mono hang valamint ugyanezen hang két sztereo csatornája külön-külön, vagy a többnyelvű adások önálló csatornái. Ezek mellett még gyakran a TV-től független sztereo rádióadásokat is találunk ugyanitt.

A fenti hangátviteli rendszerek után tekintsük át a hangrögzítési eljárások jellemzőit is. Ezek közül legrégebben ismert a mechanikai hangrögzítés, amely a kezdetektől nagy változásokon ment át, mindaddig, amíg kialakult a jelenlegi változata. A mostani *hanglemezek*en rögzített frekvenciasáv 40 Hz-16 kHz-ig terjed, a jel-zaj viszony eléri az 50-60 dB-t és a harmonikus torzítás 1 % körüli. A rögzítés két csatornán történik, amelyek között az áthallási csillapítás 20 dB.

Az *analóg mágneses hangrögzítők* igen népes családot alkotnak. Ezek minősége a csak beszéd rögzítésére alkalmas diktafonoktól kezdve egészen a sokcsatornás stúdióberendezések által elérhető minőségig terjed. Jelenleg a jó minőségű, közsükségleti kazettás magnók paraméterei megközelítik a lemezjátszókét. Az átlagos videomagnók kísérő hangja az alacsony szalagsebesség miatt nem éri el a kazettás készülékek minőségét, felső frekvenciahatára kb. 8 kHz. Az úgynevezett Hi-Fi hangú videomagnók két hangcsatornát képesek rögzíteni 40 Hz-16 kHz-es sávban, 70 dB jel-zaj viszony mellett.

A digitális *lézerlemezjátszó* (CD) 16 bites felbontásával, 44.1 kHz-es mintavételi frekvenciájával képes a 10 Hz-20 kHz-es sávban, 96 dB jel-zaj viszony mellett két független hangcsatornát reprodukálni. A harmonikus torzítás maximum 0.005 %. A lézerlemezjátszóval kiváló minőségű sztereo hangteret lehet előállítani.

A közsükségleti *digitális hangmagnó* (R-DAT) 12 és 16 bites felbontással, valamint 32, 44.1 és 48 kHz mintavételi frekvenciákkal dolgozik. A 40 kHz feletti mintavételezéssel a CD minőségét képes teljesíteni, míg 32 kHz-en és 12 bites felbontással a határfrekvencia 14 kHz-re, a jel-zaj pedig 88 dB-re csökken. Ez a minőség még mindig elég jó, ugyanakkor kétszeres játékidőre nyújt lehetőséget.

Legújabbban megjelentek a CD minőségű, műholdas, *digitális rádióadások* (Digital Satellite Radio) is. A rendszer különlegessége az, hogy a digitális hanginformáció mellett hasznos kiegészítő adatokat is továbbít. A segédkódok alapján a hallgató a különböző műsorfajták (pl. hírek, tánczene stb.) szerint választhatja ki az adókat.

Összefoglalva az eddigieket, megállapíthatjuk, hogy a távbeszélő-összeköttetések csak beszédátvitelre alkalmasak. Az AM rádiók és a videomagnók már jobbak, de még nem alkalmasak jó minőségű zenei anyag reprodukálására. A Hi-Fi minőségre az URH rádióadások, a TV kísérőhangok, a Hi-Fi hangú videomagnók, a jó minőségű kazettás magnók és a hanglemezek meghallgatásakor lehet számítani. A stúdió minőséget a professzionális berendezések és a közszükségleti digitális hangrögzítők (CD és R-DAT), valamint a digitális műholdas rádiók (DSR) érik el. A felosztást nem tekinthetjük véglegesnek, hiszen a készülékek rohamos fejlődésével a továbbiakban is számolnunk kell.

### Elektroakusztikai átalakítók

---

Az elektroakusztikai átalakítók olyan eszközök, amelyek az elektromos energiát hangenergiává, a hangenergiát pedig elektromos energiává alakítják át. Az átalakítás két lépésben történik. Az első lépésben az elektromos energiát alakítjuk mechanikai energiává. Ennek a folyamatnak az eszköze a valamilyen elektromos vagy mágneses erőhatáson alapuló *elektromechanikai átalakító*. Az átalakító szerves része egy mechanikai rezgőrendszer, amihez mereven kapcsolódik a nagyfelületű *membrán*. A mechanikai mozgási energiát ez a membrán továbbítja a légtérbe, oly módon, hogy a membrán mozgásba hozza a levegő részecskéit, és az energia hanghullámok formájában tovaterjed. *Inverz* működés esetén a fenti folyamat fordítva zajlik le, vagyis a beérkező hanghullámok mozgásba hozzák az átalakító mechanikai rendszerét, majd a mozgással arányos jelet kapunk az átalakító elektromos oldalán. Egyes átalakítóknál a membrán és a mechanikai lengőrendszer nem különíthető el.

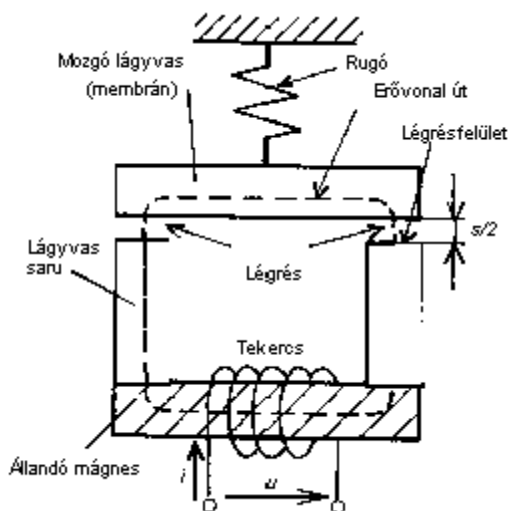
Az átalakítók egy része *vezérléses* elven működik. Ez annyit jelent, hogy például a mechanikai energiával egy külső energiaforrás által leadott energiát befolyásoljuk. A vezérelt energia lényegesen nagyobb is lehet, mint a vezérlőjel energiája, ezért ezeket *aktív* átalakítóknak is szokás nevezni. Ilyen eszköz például a távbeszélők szénmikrofonja.

Az alábbi elektromechanikai átalakítókat használjuk a leggyakrabban:

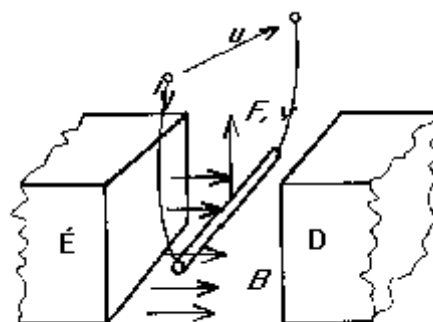
*Elektromágneses átalakító*. Állandó mágnesből, lágyvas saruból, gerjesztőtekercsből, membránból és feszítőrugóból áll. Nyugalmi helyzetben az állandó mágnes keltette húzóerő és a rugóerő vannak egyensúlyban. A nyugalmi légrésméret  $s/2$ . Ha a tekercsen áram folyik át, ami növeli a mágneskör fluxusát, akkor a húzóerő megnő, a légrés pedig lecsökken. Ellentétes irányú áram csökkenti a húzóerőt, ezért a horgony eltávolodik. A jól méretezett átalakítóban a tekercs áramával arányos lesz a horgony nyugalmi helyzetéből való elmozdulása. Fordított működésnél a hangnyomás keltette eredő erő elmozdítja a horgonyt. Az elmozdulás irányának megfelelően a fluxusváltozás feszültséget indukál a tekercsben.



*Elektrodinamikusan átalakító.* Állandó méretű légréssel rendelkezik. A légrében mágnestér van, amelyben mozog egy áramvezető. Az áramvezető végei között feszültség indukálódik, ami arányos a légrésszindukcióval, az áramvezető hosszával és a sebességgel. Ily módon képes a mozgási energiát elektromossá alakítani. Ha árammal tápláljuk ezt a vezetőt, akkor ugyancsak az indukcióval, az áramvezető hosszával, valamint az árammal arányos erőhatás lép fel. A gyakorlati megvalósítás során nem egyetlen szál vezetőt, hanem egy úgynevezett lengőtekercset használunk, amelynek a teljes húzalhossza részt vesz az átalakításban.



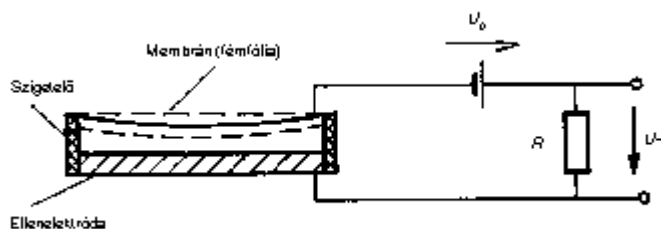
Az elektromágneses átalakító



Az elektrodinamikusan átalakító

### Felépítése

*Elektrosztatikus átalakító.* Lényegében egy merev és egy mozgatható elektródájú kondenzátor. A mozgatható elektróda vékony fémfóliából készül, amely egyúttal az átalakító membránja is. A másik vastag fémanyagból készül, szokásos elnevezése ellenelektroda. Az átalakító lineáris működéséhez szükség van egy egyenfeszültségű telepre, amely egy nagyértékű R ellenállással sorban kapcsolódik az elektródákra. Az elektrosztatikus erő a vékony membránt az ellenelektrodához vonzza.



Az elektrosztatikus átalakító elvi működése

Mivel a membrán szélei rögzítettek a fólia deformálódik. Járulékos feszültség hatására a sztatikus vonzóerő az előjeltől függően nő vagy csökken. Ezáltal a membrán mozgásba jön,

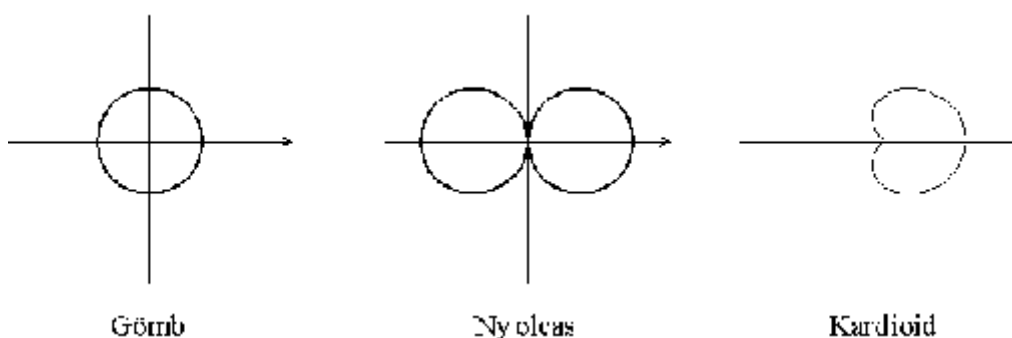
mivel jobban vagy kevésbé deformálódik. Ha hangnyomás éri a membránt, akkor az ismét jobban vagy kevésbé deformálódik. A méretváltozás eredményeképpen nő vagy csökken a kapacitás. Gyors változások közben a kondenzátor töltése nem tud megváltozni, ezért a feszültsége változik meg. A feszültségeltérés az ellenálláson jelenik meg.

*Piezoelektromos átalakító.* Egyes anyagok szerkezete olyan, hogy mechanikai deformáció hatására a felületükön elektromos töltések jelennek meg. Fordított esetben az anyagra kapcsolt térerőtől függő deformáció jelentkezik. Ezt a piezoelektromos hatást használják fel mechanikai rezgések elektromos rezgésekké való átalakítására.

### Mikrofon típusok

---

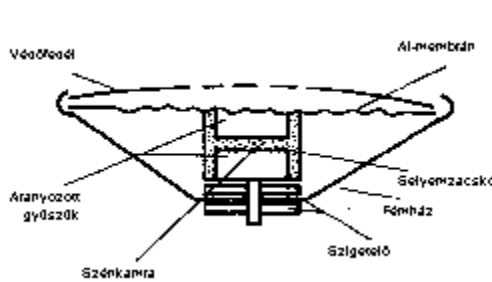
Az előzőekben láttuk, hogy a hangjelek milyen széles választékát kell továbbítani, illetve rögzíteni. Ennek megfelelően sokféle, különböző típusú és minőségű mikrofonokat használunk a hangvétel céljaira. A mikrofonok jellemzésére az érzékenységet, az érzékenység frekvenciamenetét és az iránykarakterisztikát szokás megadni. Az *érzékenység* az egységnyi hangnyomás hatására leadott feszültséget jelenti. A *frekvenciamenet* az érzékenység frekvenciafüggését jelenti. Az *iránykarakterisztika* a beérkező hanghullámok irányától való érzékenységgé fejezi ki. Ez lehet zárt, vagy más néven gömbkarakterisztikájú mikrofon. A gradiensmikrofon nyitott, membránja mindkét oldalára hat a hangnyomás, ezért oldalirányból teljesen érzéketlen, a főirányokból pedig maximális, de ellenkező előjelű az érzékenysége. Az úgynevezett kardiod karakterisztika főirányban maximális, és ez folyamatosan zérusra csökken.



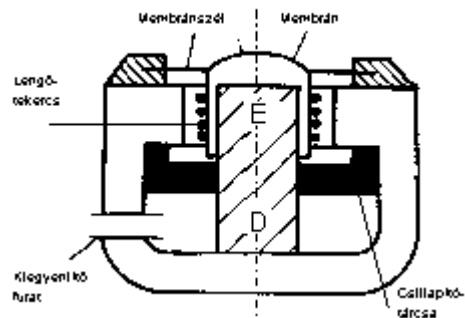
### Szokásos mikrofon-iránykarakterisztikák

A távbeszélő-készülékekben nagy tömegben gyártott, olcsó *szénmikrofonokat* használunk. Elvileg ez egy egyenáramú feszültségforrásra kapcsolt változó ellenállás. Az ellenállásváltozás a membránra jutó hangnyomás hatására lép fel. A közepén elhelyezkedő laza szemcséjű szénporhoz két, aranyozott elektróda érintkezik. Az alsó elektróda szigetelten a fémházhoz van erősítve, míg a felső a membránnal együtt mozog. A szénszemcsék közötti átmeneti ellenállás a mozgás ütemében fog változni. Az ellenállás a kitérésnek nem lineáris függvénye, ezért a mikrofon torzítása elég nagy. Széleskörű elterjedését az aktív, nagy jelet eredményező működésének köszönheti. Napjainkban az elektronikus készülékek megjelenésével jelentősége csökkenőben van.

Stúdió- és közszükségleti célokra egyaránt gyakran készítenek dinamikus átalakítóval működő mikrofonokat. Felépítése az ábrán látható.



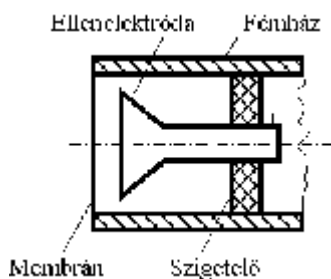
A szénmikrofon felépítése



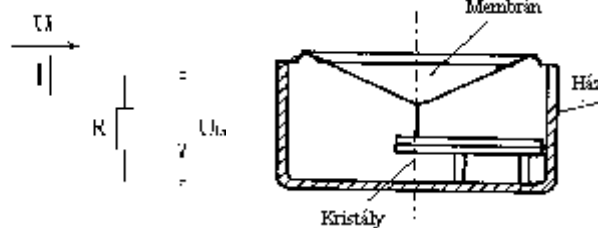
A dinamikus mikrofon

Az állandó mágneskör légrésébe helyezett lengőtekercs kivezetésein jelenik meg az indukált feszültség. A tekercs a membránnal együtt mozog, a hangnyomásnak megfelelően. A mágneskör és a membrán a mikrofonházban helyezkedik el, amelyet előlről védőrács zár le. A zárt ház megnyitásával, a rácsméret alkalmas megválasztásával és még járulékos akusztikus elemek beiktatásával szálessávú, tetszőleges iránykarakterisztikájú mikrofon alakítható ki.

A stúdió- és mérés technika eszköze a *kondenzátormikrofon*. Hengeres fémház belsejében helyezkedik el szigetelten a tárcsaalakú ellenelektroda. A fémház végén kifeszített fémmembrán és az ellenelektroda közötti távolság 0.01 mm nagyságrendű. A mikrofont egyenfeszültségre kapcsoljuk egy igen nagy ellenálláson keresztül. A mozgó, kifeszített membrán okozta kapacitásváltozással arányos váltófeszültség jelenik meg az ellenálláson, amit kiszajú, nagy bemeneti ellenállású előerősítőre vezetünk. A pontos, precíz elkészítéssel, a stabil előfeszültséggel elérhető, hogy a hitelesített érzékenység hosszú ideig állandó legyen.



A kondenzátormikrofon

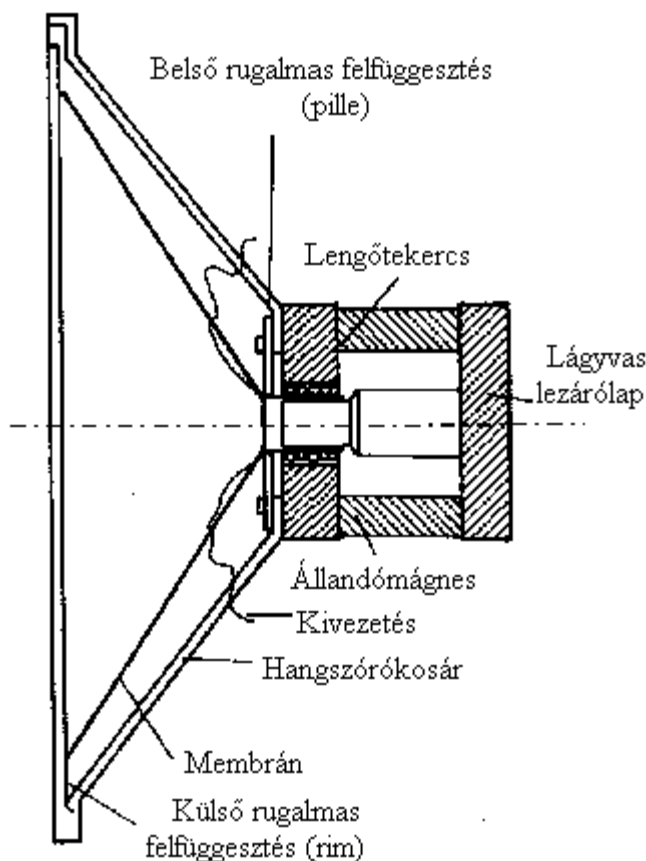


A kristálymikrofon

Közszükségleti célokra használatos a *kristálymikrofon*. A szokásos felépítés szerint a mikrofonházba rögzített bimorf kristályt a másik végéhez kapcsolt membrán mozgása fogja meghajlítani. A bimorf elem tagjai ellentétes feszültséget produkálnak, amelyek egyszerűen összegezhetőek. Mivel nagy a belső ellenállás, ezért a leadott jelet nagy bemeneti ellenállású erősítővel kell erősíteni.

A mesterséges hangtér előállításának utolsó lépése az elektromos energia hangenergiává alakítása. Ennek legfontosabb eszköze a hangszóró. A mikrofonokhoz hasonlóan a hangszórók is különféle kivitelben készülnek.

Legnagyobb példányszámban az úgynevezett *dinamikus* hangszóró van forgalomban. Az állandó mágneses mágnescső légrésében található a lengőcséve, ami a kúpos membránhoz csatlakozik. A membrán tengelyirányú mozgását a külső és a belső megfogások (rim, pille) biztosítják. A mágnescsőhöz rögzített kosár tartja a rimet, és a hajlékony tekercskivezetések is a kosáron végződnek. A kivezetéseken a tekercsbe áramot bocsátunk. Az áram és a mágnes tér kölcsönhatásaként tengelyirányú erő keletkezik. Az erő mozgásba hozza a nagy felületű membránt és ezáltal hanghullámokat kelt. Kisebb minőségi igényekre (pl. AM rádióvétel) elegendő egy hangszóró. A teljes hangfrekvenciás sávot több - két vagy három - különböző frekvenciasávra tervezett hangszóróval lehet lesugározni.



### A dinamikus hangszóró

A lesugárzás hatásfokát akusztikus illesztéssel lehet javítani. Ilyen eszköz például az exponenciálisan növekvő keresztmetszetű *tölcsér*. Az átalakítót a tölcsér toroknyílásába

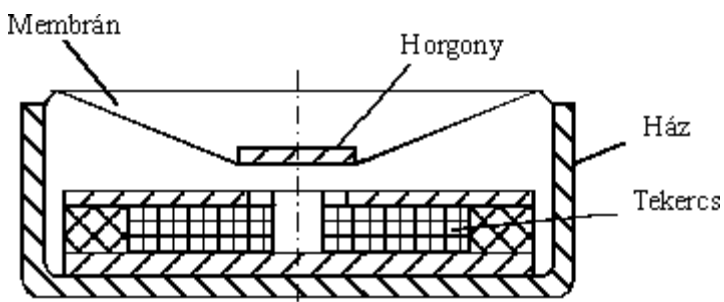
helyezik. Hátránya, hogy a kisfrekvenciák átvitelére is alkalmas tölcser igen nagyméretű, ezért csak kisebb igényű térhangosításra használatos.

Érdekességként említjük meg, hogy viszonylag ritkán, de készítenek *kondenzátor* hangszórót is. A mélyhangok lesugárzásához nagy felület, a nyugalmi térerő kialakításához külön nagyfeszültségű tápegység és speciális illesztőtranszformátor szükséges. Az ilyen felépítésű eszköz kistorzítású, egyenletes frekvenciamenettel rendelkezik, ára miatt azonban nem versenyképes.

### Fejhallgatók

---

A fejhallgatók speciális, csak a fülre korlátozódó hangteret állítanak elő. Nagy darabszámban használatos a távbeszélő-készülékekben a *mágneses* hallgató. Ennek egy egyszerű, forgásszimmetrikus változatát ismertetjük az ábrán. A mágneskör légrése szándékosan nagy, ezért a mágneses erővonalak a mozgó horgonyon keresztül záródnak. A lágyvas horgonyt a rugalmas membrán tartja. A tekercs áramával gerjesztett tér növeli vagy csökkenti az állandó teret, így a horgony a nyugalmi helyzetéhez képest elmozdul. Ez a mozgás a fül zárt üregében nyomásváltozást produkál. Gyártáskor ügyelni kell a megfelelő légrésméret beállítására.



A mágneses fejhallgató

Közszükségleti célokra leggyakrabban *dinamikus* hallgatókat gyártanak. Ezek felépítése olyan, mint egy lekicsinyített dinamikus hangszóró. A kis méretekkkel megvalósítható a szélessávú átvitel.

<http://www.muszeroldal.hu/assistance/akusztikaialapok.html>

### MPEG

---

Az MPEG a Moving Picture Experts Group rövidítése. Ez a szakértőkből álló csapat már 1988-ban összeállt, hogy kifejlessze a mozgóképek, hanganyagok, valamint ezek együttesének kódolási szabványait. Hivatalos nevük: ISO/IEC JTC1 SC29 WG11, amelynek eredete a következő:

- ISO: International Organization for Standardization
- IEC: International Electrotechnical Commission
- JTC1: Joint Technical Committee 1

- SC29: Sub-Committee 29
- WG11: Work Group 1 (Moving Picture Experts Group)

Az MPEG első találkozója 1988. májusában, 25 résztvevő közreműködésével zajlott. Azóta az MPEG folyamatosan nőtt és fejlődött, míg mostanra világszerte ismert bizottsággá nőtte ki magát, amikor is az MPEG-találkozókon több mint 20 ország 200 cégének és szervezetének közel 350 szakértője jelenik meg. Az MPEG évente háromszor (márciusban, júliusban és novemberben) öt-öt napig ülésezik, és az MPEG szabványt fejlesztik tovább.

A következő MPEG szabványokat fejlesztették, illetve fejlesztik:

- MPEG-1/ISO 11172: mozgóképek és hang kódolása 1,5 Mbit/s adatsebességgel; 320 × 240 képpont, 30 fps, szoftveres dekódolás, alacsony minőség;
- MPEG-2/ISO 13818: mozgóképek és kapcsolt hanganyag általános kódolása; 720 × 480 képpont, 1280 × 720 képpont, 60 fps, CD-minőségű hang, hardveres és szoftveres kódolás, NTSC-hez, HDTV-hez, DVD-hez;
- MPEG-3: eredetileg a HDTV-hez szánták, 1920 × 1080 képpont, átlapoló (váltottsoros, interlacing) eljárás, 30 fps, 20–40 Mbit/s; mivel erre megfelel az MPEG-2 is, fejlesztését beszüntették;
- MPEG-4/ISO 14496: audio-vizuális anyagok kódolása; a multimédiaalkalmazások szabványa, először 1998-ban mutatták be, 2000 óta használható, de bizonyos részein még dolgoznak;
- MPEG-7/ISO 15938: multimédiás tartalmat leíró felület; a tartalomszemléltetés és multimédia-keresés szabványa (folyamatban);
- MPEG-21: ISO tervezet (multimédia-keretrendszer); fejlesztés alatt. TV-minőségű digitális videók esetében elsősorban még mindig az MPEG-1 és MPEG-2 használatos. Az MPEG-1-et félprofi területeken használják. Az MPEG-2 a digitális televíziózást figyelembe véve készült, és támogatja a váltottsoros megjelenítést.

### *MPEG-1*

Az 1992 óta létező MPEG-1 másodpercenként 1,5 Mbit sávszélességgel dolgozik, amiből másodpercenként 1,25 Mbit a képi adatok számára van fenntartva, a maradék pedig a két hangcsatorna között oszlik meg. Másodpercenként 25 kép esetén a felbontás 360 × 288 képpont (CIF, Európa), illetve 352 × 240 × 30 (CIF, USA). Bár az átlapolást nem támogatja, VHS felvételek készítése is lehetséges segítségével.

A fájlok kis méretének biztosítása végett az MPEG-1 eljárás keretében az úgynevezett képkockák közti tömörítést (különbség alapú kódolás, „interframe compression”) alkalmazzák, vagyis mindig az előző képhez viszonyított különbséget tárolják.

Az MPEG kódoló eljárásának központi része a mozgás-kiegyenlítés: ugyanazon filmjelenet két-két egymás után következő képkockája alig tér el egymástól, ezért ahelyett, hogy két teljes képként (óriási helyigénnyel) kódolnánk az egyes képeket, csak a megváltozott képrészleteket dolgozzuk fel a továbbiakban. Tehát ezen eljárás segítségével a lehető legtöbb képkockát próbálunk kizárólag az előző képtartalomhoz vett különbség alapján kódolni. E módszer

alkalmazása az AVI-nál nem használható mozgás-kiegyenlítés segítségével lehetséges, ami azokat a képrészlet-eltolódásokat deríti fel, amelyeket a vízszintes kameramozgás vagy az adott tárgyak, illetve szereplők elmozdulása okoz. Ezen képrészletek elmozdulása aztán leírható kétdimenziós eltolási vektorok segítségével, ami a gyakorlatban azt jelenti, hogy például egy vízszintes kameramozgás leírása szinte közvetlen képinformációk kódolása nélkül is megoldható. A  $352 \times 288$  képpont szabványos felbontás (50 Hz esetén) a PAL felbontás ( $768 \times 576$ ) felének felel meg. Az adatsebesség kötött, a hang esetében másodpercenként legfeljebb 112 kbit, mozgókép esetében kb. 1100 kbit, ezek együtt másodpercenként mintegy 1200 kbit adatsebességet jelentenek. Egy 650 MB méretű CD-re 74 perc MPEG-1 videó fér.

Az MPEG mozgókép adatfolyama a következő 6 „rétegből áll”:

- mozgókép-sorozat (videoszekvencia),
- képcsoport (group of pictures, GOP)

Mozgókép-technika

- képkocka (frame),
- képszelet,
- nagyított tömb (makroblokk),
- tömb ( $8 \times 8$  képpont).

Egy nagyított tömbön belül 6 darab, egyenként  $8 \times 8$  képpontos tömb van egymás mellett: először négy fényességtömb, majd két szintömb (5.17 ábra). A képszelet rétege több nagyított tömbből áll össze.

A GOP (képcsoport) 9 vagy 15 képből áll, és három különböző képkocka-típus található benne:

- az I-kockák (I-frame, intra frame) a teljes képinformációt tartalmazzák,
- a B-kockák (B-frame, bidirectional predicted frame) csak az előző képhez képesti különbséget tárolják,
- a P-kockák (P-frame, predicted frame) pedig csak azt a módszert, amely alapján a képtartalmat az előző képek alapján kiszámíthatjuk.

## *MPEG-2*

---

Az MPEG-2 az MPEG-1-re épül, de jobban figyelembe veszi a videojel tulajdonságait, ezért az MPEG-2-t a digitális televíziójelek közvetítésében az adatcsökkentés jövőbeli szabványának alapjául szánják.

Az MPEG-2 működési elve az MPEG-1-éhez hasonló, de jobban alkalmazkodik az átlapolt képek tulajdonságaihoz, ez pedig a teljes formátumú ( $720 \times 576$  képpontos) mozgóképek esetében döntő előnynek számít.

Az MPEG-1-hez képest a főbb különbségek a következők:

- méretezhetőség (lásd ehhez még [W20]),

- átlapoló eljárás,
- a színösszetevők mintavételezési sebessége megválasztható (4:2:0, 4:2:2, 4:4:4)

#### Méretezhetőség

– egy mozgókép-folyamban különböző minőségi szintek lehetnek.

A digitális televízió és a DVD kielégítő minőségéhez az MPEG-2 számára elég másodpercenként 6 Mbit. A hanganyagot közvetlenül a video anyaggal együtt rögzítik.

#### MPEG-4

Ez az 1998 óta létező eljárás az interaktív és objektumközpontú multimédiás adatok egységes leírásának szabványa. Az MPEG-1-hez és MPEG-2-höz képest hatékonyabb tömörítés mellett a haladást főképp a felhasználóknak az egyes multimédia-objektumokhoz való tetszőleges hozzáférése jelenti. Az MPEG-4 egyik fő súlypontja a multimédia-objektumok és azok elrendezése VRML segítségével. Az egyes objektumok különböző kódolási eljárással készülhetnek (például az állókép JPEG-gel, a mozgókép H.261/H.263-mal, a hang pedig G.723-mal, AC-3-mal stb.). Az MPEG-4 nagyfokú rugalmassága rengeteg interaktív elem beépítését teszi lehetővé, ezek gyakran a saját fejlesztésű eszközökben (akár saját megoldásokkal) fordulnak elő.

Az MPEG-4 döntő újszerűsége az objektumok nemzetközileg szabványosított viselkedése és egységes leíró formában történő ábrázolása, és ezáltal a gyártóktól (hardvertől, operációs rendszertől stb.) való függetlenség.

Összefoglalva elmondhatjuk, hogy az MPEG-4 nem merev szabvány, hanem keretrendszer a következő fő célokkal:

- objektumközpontú VRML médiaobjektumok segítségével,
- a felhasználók és a multimédia világa közötti interakció,
- bővíthetőség, átjárhatóság és rugalmasság,
- tetszőleges médiaobjektumok beépíthetősége (AVO, például szöveges objektumok, hangobjektumok, sík és térbeli objektumok stb.). Az MPEG-4 ezeket az objektumokat foglalja össze, és rendezi faszerkezetbe, miközben mindig az egyes elemeket tömörítjük. Az MPEG-4-et alkalmazzák a virtuális valóságmodellekben is (lásd 6. modul). A médiaobjektumok csoportjai:
  - természetes médiaobjektumok (vizuális objektumok, például szövegek, grafikák, animációk és hangobjektumok, például beszéd vagy zene) és
  - mesterséges médiaobjektumok (vizuális objektumok, például szintetikus rácsobjektumok szerkezettel és hangobjektumok, például a szintetikus nyelv). Átlapoló eljárás – fél képek kódolása is lehetséges VRML, Virtual Reality Modeling Language (virtuálisvalóság-modellező nyelv)

Az MPEG-4 a különleges alkalmazásoknak különböző eszközöket és módszereket bocsát rendelkezésre, például képek és mozgóképek, sík és térbeli felületek tömörítését, képek és mozgóképek tartalomra vonatkozó kódolását, és a hibákra érzékeny alkalmazások esetében



még tökéletesebb ellenállást a hibákkal szemben. Ez utóbbi különösen fontos a mobilkommunikációban, ha az átvitelt zavarja valami.

A szerzők számára az MPEG-4 fontossága abban áll, hogy az elemek újrahasznosíthatóságát javítja, és a szerzői jogok védelmére is lehetőséget biztosít.

### *MPEG-7*

---

A szövegekkel ellentétben a hang- és mozgókép-tartalmakat (még) nem lehet automatikusan katalógusba rendezni. Az internetes keresőprogramok például bármilyen filmismertető szöveget megtalálnak, ugyanakkor csak ritkán utalnak a filmrészletet tartalmazó multimédia-fájltra.

Multimédia-tartalmakra még ma sem létezik általános leíró formátum. Ezt az ürt az 1996-ban létrehozott Multimedia Content Description Interface, azaz az MPEG-7 hivatott betölteni.

Az MPEG-7 különböző fajtájú multimédia-információk szabványosított leírása. Ezt a leírást társítjuk a tartalomhoz, hogy a gyors és hatásos keresés biztosított legyen.

Az MPEG-7 ISO szabvánnyá tételét 2001 szeptemberére vették tervbe. Az MPEG-7 a korábbi MPEG szabványoktól (1, 2, 4) teljesen függetlenül használható: ez az eljárás nem audiovizuális adatok tömörítésére szolgál, ezért jelölték rögtön a hetes számmal. Nem létezik MPEG-3 (fejlesztését megszüntették), illetve 5 és 6 (nem is tervezik).

### *MPEG-21*

---

Ezen a szabványon csupán a 2000. év közepe óta dolgoznak. Az MPEG-21 egy multimédia-keretrendszer leírását tűzte ki célul, valamint kísérletet tesz egy többféle tartalmat támogató alkalmazásra.

Az emberi hallás tartománya: Az emberi fül által hallható tartomány 20 Hz-től 20 kHz-ig terjed, vagyis tíz oktávot ölel fel. Ezek a szélső értékek a fül - mint érzékszerv - ideális állapotára érvényesek. Ezt a teljes tartományt általában csak fiatal korunkban érzékeljük egészében, ahogy egyre idősebbekké válunk, a hallás "paraméterei" folyamatosan romlanak. A legtöbbünk nem is érzékeli a 10 kHz feletti hangokat. Ez különösen azoknál fordul elő, akik sokat vannak nagy zajnak kitéve (rockzenészek, DJ-k, fejhallgatón túl hangosan zenét hallgatók, zajos környezetben dolgozók). Egyes betegségek is ronthatják fülünk képességeit.

Miért fontos mégis, hogy a DVD-Audio és SACD-ken akár 100 kHz-es jelet is rögzíthessenek a stúdiók, és hogy ezt az erősítők és hangsugárzók is képesek legyenek produkálni?

Kevesen tudják, de a különböző hangszerek hangterjedelme messze meghaladja az emberi fül hallásküszöbét. Egyes Stradivari hegedűk és zongorák akár 500000 Hz-es hangmagasságon is megszólaltatnak úgynevezett felharmonikusokat. Ezek a hangok önmagukban nem hallgathatók, de két egymással egy időben megszólaló felharmonikus frekvenciájának különbsége már megjelenik a hangképben, és ez gyakran a hallható tartományba esik. Például ha egy hangszer egyszerre hoz létre egy 84000 és egy 90000 Hz-es hangot, akkor megjelenik különbségük, egy 6000 Hz-es hang is. Ez utóbbi bár elég halk, az esetek többségében mégis érzékeljük. E harmonikusok hiánya azonnal feltűnik, ezért is van az, hogy a legtöbb ember

azonnal meg tudja mondani, hogy élő hangszer, vagy elektronikusan továbbított (erősített) hangot hall.

[http://hazimozienciklopedia.arucikk.hu/product\\_info.php/products\\_id/325/az-emberi-hallas-tartomanya-/?osCsid=dc2eabc4af30e4307e592ca5972b97eb](http://hazimozienciklopedia.arucikk.hu/product_info.php/products_id/325/az-emberi-hallas-tartomanya-/?osCsid=dc2eabc4af30e4307e592ca5972b97eb)

### A hangkártyák típusai, és minőségük.

---

**Két alapvető típus van:** a hullámtáblás és az FM alapú hangkártya.

A legfontosabb tudnivaló, hogy a jó minőségű hangkártya WaveTable (Hullámtáblás) jelzéssel van ellátva. Ez jobb hangszíneket tartalmaz, mert a megszólaló hangok, hangszínek az eredeti, akusztikus hangszerek hangjának felvételéből származnak. Mivel így valódi hangokat hallunk, az ilyen hangkártyákkal élet hűbb hanganyag állítható elő. Fontos tényező még, hogy ha az eszközt mikrofonos felvételre is akarjuk használni, akkor a hangkártya zajmentes legyen.

A hangkártyák leggyakoribb szintetizátor chipje az FM szintetizátor, mely a hangot különböző hangtónusok összevonásával alkotja újra. Ezek gyengébb minőségűek, mint a hullámtáblás hangkártyák.

### A hangkártyák egyéb jellemzői

---

A hangkártyák a személyi számítógépbe helyezhető különböző csatolófelületű kártyák, amelyek lehetővé teszik hangjelek bevitelét és kezelését. Különböző kivitelűek lehetnek; a következőkben áttekintjük az alapvető technikai jellemzőiket.

### A hangkártyák jellemzői:

---

Kimeneti feszültség a vonalkimenetnél (line out). Teljes kihasználtság mellett az egy szintetikus, digitális jel (1 kHz-es tesztjel) visszaadásánál használható jelfeszültség 1000 mV körüli.

### Linearitás.

---

Ez alatt azt értjük, mennyire valóságghűen alakítja át az ADC (analóg–digitális átalakító) és a DAC (digitális–analóg átalakító) a különböző erejű (hangos–halk) jeleket. Legjobb esetben az eltérés 0 dB lenne, de az érték általában 0,1 dB körüli.

### Jel–zaj arány.

---

A hasznos és zavaró jelek (zúgás, zörejek stb.) közti különbség. Minél több a zavaró jel, annál kisebb ez az arányszám. Az aránynak legjobb esetben a végtelenhez kellene közelíteni, de az érték általában 80 dB(A) körüli.

### Torzítási tényező.

---

Akárcsak a hifi készülékek esetében, a nem lineáris torzítás (a jelgörbétől való eltérés) nagyságának jelzésére szolgál. Ideális esetben a torzítási tényező nulla körüli, a DIN 45 500 (1970-es hifi-szabvány) 1 %-ot is megenged, a ma jellemző értékek pedig 0,02 % körül vannak.

### *Dinamika.*

---

A rendszer dinamikáját a nyugalmi állapothoz képest vesszük figyelembe. Mérése általában úgy történik, hogy az ellenőrző jeleket egyre halkabbra vesszük, egészen addig, amíg már csak a zavaró jelek (zúgás, zajok) maradnak. Minél tovább tart ez a folyamat, annál jobb, a leggyakoribb érték 80 dB körül van.

### *Frekvenciagörbe vagy frekvenciaválasz.*

---

A frekvenciatartományt adja meg és ez egyben a lineáris torzítás (a frekvenciagörbétől való eltérés) mérésére is szolgál. Külön görbe írja le a felvételt és a lejátszást (lásd a 3.42-es ábrát). Minél lineárisabb a frekvenciatartomány a kívánt sáv szélességen belül, annál jobb. Az eltéréseket dB-ben is meg lehet adni; legjobb esetben 0 körül van, de a leggyakrabban 3 dB körüli.

### *Bemeneti feszültség a mikrofonbemenetnél.*

---

Ez határozza meg azt a bemeneti feszültséget, amely 1000 Hz esetén a (szoftver-) kihasználást mérő eszköz teljes kihasználásához vezet.

### *A hangkártyák felépítése:*

---

A Creative Labs (Creative Technology Ltd.) cég SoundBlaster hangkártyacsaládja széleskörű elterjedtsége miatt akár szabványnak is tekinthető: a legtöbb hangkártyagyártó termékeit úgy készíti el, hogy azok együtt tudjanak működni a SoundBlaster termékekkel.

Számos hangkártya az OPL-3 lapka (Yamaha gyártmány) segítségével hozza létre a hangokat, FM szintézis (frekvencia-moduláció szintézis) segítségével. Az OPL-4 lapka a hullámtáblás eljárást is támogatja. FM szintézisnél a hang több rezgés átfedéséből tevődik össze, így a legkülönfélébb (szintetikus) hangokat halljuk. A hullámtáblás eljárás során a kártya memóriájában tárolt (valódi) hangszerek eredeti hangjai biztosítják a zene természetes hangzását.

A SoundBlaster (SB) 1989 óta létezik; az 1987-es AdLib MSC-1-nek megfelelő.

A hangbemenet segítségével az analóg hangjeleket 16 bit adatmélységgel és legfeljebb 22,05 kHz frekvenciával (44,1 kHz mintavételi frekvencia) digitalizálhatjuk.<sup>1</sup>

A MIDI csatlakozón keresztül a kártyát szintetizátorral és más MIDI készülékekkel kapcsolhatjuk össze. Számos kártya rendelkezik „3DAudio” képességekkel: ekkor egy újabb processzor segítségével térbeli hanghatást érhetünk el.

Az analóg jelforrások, a mikrofon, a bemenet és a CD (analóg kimenet) jeleit az ADC digitális jelekké alakítja, amelyeket aztán továbbít a digitális jelfeldolgozóhoz. A DSP azután a digitális bemeneti jeleket különféleképp változtatja meg: változtathatja a hangerőt, a hangszínt, keverheti és sűríteti a hangot. Az így feldolgozott hangjeleket aztán a PC-busz segítségével továbbítják, és WAV fájlként tárolják. A tárolt WAV fájlokat a digitális

---

<sup>1</sup> Már nagyobb értékekkel számolunk.

jelfeldolgozóhoz továbbítják, amely például beállítja a lejátszási hangerőt. A megváltoztatott lejátszási jeleket a DAC elemzi, hogy hangszóró segítségével lejátszhatóvá váljanak.

A MIDI jeleket másképp kell felvenni, lejátszásuk viszont WAV jelként történik. A billentyűzet például, mint MIDI-beviteli egység, MIDI-beviteli adatáramot hoz létre, ami már digitális jelekből áll és MIDI fájlként lehet menteni. A MIDI fájlok lejátszásához a MIDI nyelvét megfelelő digitális hangjelekké kell alakítani, amit a MIDI processzor végez. Ez egy táblázatból, mégpedig az úgynevezett hullámtáblából olvassa ki, hogyan kell az adott hangszeret utánozni. A digitális hangjel hangerejét, hangzását stb. ezután a digitális jelfeldolgozóban lehet alakítani, majd a jelet a DAC-n keresztül lehet a hangszóróhoz továbbítani.

Az egyszerűbb hangkártyák nem hullámtáblával dolgoznak, hanem FM szintézissel. A legtöbb hangkártya 16 bit felbontású és mintavételi mértéke 44,1 kHz-ig terjedhet. Ezzel elméletileg az SNR akár 90 dB, a frekvenciaválasz pedig akár 22 kHz is lehet.

### *Keverőpult*

---

A keverőpulton több különböző forrású hangjel jelszintjét igazíthatjuk egymáshoz, és elegyíthetjük egy végső hangjellé.

Egyszerű esetben a keverőnek minden hangbemenethez egyetlen hangerő-, illetve hangszint-beállító gombja van, összegük (a jelek összeadódása) pedig egy hangkimeneten jelentkezik. A keverő bemeneti csatornáinak nevezzük a bemeneteket, és a hozzájuk tartozó beállító gombokat (amiket szabályozónak is hívnak).

Sztereó berendezéseknél legalább két csatornát találunk, saját kimenettel a jobb és a bal oldali jelnek, valamint minden bemeneti csatornához tartozik egy panoráma-szabályozó. A panoráma-szabályozóval a bemenő hangot hallás alapján tetszőlegesen lehet jobbra és balra „elhelyezni a térben”. Nagyobb keverőpultokon a bemeneti jelek hangszínét hangszabályozóval (equalizer-rel) külön-külön tetszőleges hanghatásúvá tehetjük.

### *A megfelelő hangkártya kiválasztása*

---

*Az operációs rendszer hangjainak megszólaltatására* egyszerűbb, olcsóbb példányt is választhatunk. Itt legfontosabb az egyszerű telepítés és kezelés. Ezt a forgalomban lévő típusok mindegyike képes nyújtani, mivel mindegyik plug and play rendszerű. Különbség esetleg a kezelőszoftver telepítésének módjában van.

*Komolyabb játékokhoz, zenehallgatáshoz* (audio-CD-k, MP3) olyan kártyát érdemes választani, melynek minél alacsonyabb a zajszintje.

*Aki zenekészítéssel szeretne foglalkozni,* félprofi szintetizátorkártyát válasszon, mely kifejezetten zenei célokra készült, paraméterei ennek megfelelőek. Ezekre jellemző valamilyen szintetizátor chip, legalább 2, de inkább több Mbyte hangminta, legalább 16 fokú polifónia, csatornánkénti effektszabályozás stb. Fontos még a jó minőségű, alacsony zajszintű AD/DA átalakító, mellyel stúdiómagnó funkciót (vagyis többcsatornás felvételt és lejátszást, valamint ezeknek a midis zenéhez való keverését) tud ellátni a kártya, persze az ehhez való szoftver segítségével.

A DVD-k megjelenésével újabb szempont került előtérbe, az, hogy a kártya legyen képes 48 kHz-es mintavételi frekvenciával dolgozni, mivel a DVD-k kísérőhangja ilyennel készül.

## A hangszórók

---

A hangszórók kiválasztásában elsősorban néhány zenei részlet kiválasztása segít az általunk kedvelt műfajokból. Ne a csomagoláson feltüntetett wattokra figyeljünk, ez semmit sem mond a hangzásról. A fejlődés az USB kivitelű dobozok felé halad. Ezáltal alig nagyobb költséggel jobb hangminőséghez jutunk, mivel az USB-s dobozok részben mentesek a számítógép zavaró zörejeitől- az is igaz, hogy ez a megoldás jobban terheli a számítógépet. A tanórákon, ha több hangszórót szeretnénk egyszerre igénybe venni, használjunk fülhallgatót, mert több hangszóró egyidejű alkalmazása zavaró hatású lehet. MIDI

(Musical Instrument Digital Interface) magyarul zenei eszközök digitális kapcsolata.

Nemzetközi szabványon alapuló adattípus, amely elsősorban a szintetizátorok, számítógép-szintetizátor, zenei szoftver-hangkártyában lévő szintetizátor közötti kapcsolatot teremti meg.

## A MIDI története

---

1982 júniusában az amerikai NAMM (National Association of Music Merchants) kiállításon ültek össze a nagy szintetizátorgyártók. Ekkor létrehoztak egy szabványt, mely MIDI (Musical Instruments Digital Interface, Hangszerek Digitális Kapcsolata) néven vált ismertté. Ez a szabvány lehetővé tette, hogy az egyik szintetizátor billentyűzetéről meg lehessen szólaltatni egy másik szintetizátort és, hogy a szekvencerek (dalszerkesztők) segítségével szinkronizáltan tudjunk visszajátszani előzetesen felvett szerzeményeket. A kommunikáció sebessége: 31,250 bit/sec lett. Szabványosították a MIDI csatlakozót, a szabvány csatlakozó a DIN-csatlakozó (öt-pólusú tuchel dugó) nevet kapta.

## MIDI jellemzői

---

A MIDI soros kommunikációs vonal. Ez azt jelenti, hogy a MIDI adóeszköz és a vevő között egyszerre csak egy bit átvitele történik. Ennek a módszernek az előnye, hogy a két eszköz közötti kapcsolat kábelezése egy érpárra csökken, így kisebb a meghibásodás lehetősége.

Átviteli sebessége 31250 bit/secundum. Az átvitel aszinkron jellegű, ami azt jelenti, hogy az egymás után következő adategységek, a bájtok időben bármikor továbbíthatnak.

A MIDI csatlakozója a DIN-csatlakozó. A MIDI kábel egy árnyékolt, sodort érpár, ajánlott maximális hossza 15 méter, jó minőségű kábellel ez túlléphető. *A csatlakozóknak három típusa létezik: Az OUT jelű csatlakozón az eszköz mikroprocesszora küldheti ki az üzeneteit, az IN jelűn fogadja a beérkező jeleket. A THRU-ként jelölt csatlakozó szintén kimenet, az IN-re érkező jel másolatát érhetjük el itt.*

A szabványos MIDI fájlok *SMF* (Standard MIDI Files) *formátumúak*. A szabványosítás célja az volt, hogy minden hangkezelő programban használhatóak legyenek az anyagok. Az SMF-specifikáció a MIDI-fájlok három típusát vezeti be. "Format 0,, vagy ,Type 0, nevet kapnak azok a fájlok, melyek ömlesztetten egy sávon tartalmazzák a teljes dalt, míg a ,Format 1,, vagy ,Type 1, fájlok a dalszerkesztőben született struktúrának megfelelően, sávokra bontva. A

,Format 2., vagy ,Type 2, fájlok nem folytonos, hanem részekre vágott zenedarabokat tartalmaznak. A MIDI nem olyan típusú zeneanyag, mint amelyet szalagos magnóval is elkészíthetünk egy mikrofon segítségével. A leglényegesebb különbség a szalagos-mikrofonos eljáráshoz képest, hogy a MIDI csupán hangszeres zene. Egy dologban hasonlít a magnetofonos eljáráshoz, annak is csupán a stúdiókban használt változatához, ez a sávonkénti, illetve a szólamonkénti felvétel és a sávonkénti visszajátszás lehetősége. A szólamonkénti szalagos felvételhez képest viszont van egy néhány jelentős előnye, amely előnyök hasonlítanak a szövegszerkesztőkben megszokott előnyökhöz az írógéppel elkészített dokumentumhoz képest. Az elkészült anyag rendkívül rugalmasan módosítható. Törölhető, javítható akár egyetlen hang, egy részlet, megismételhetők az ismétlődő részek, anélkül, hogy újra be kellene vinni a gépbe az adott részletet. Az ilyen típusú anyagokat elkészíthetjük közvetlenül az alfabetikus billentyűzet segítségével, illetve a számítógéphez kapcsolt, elektronikus rögzítésre alkalmas zongorabillentyűzetről, vagy az eger segítségével.

Vannak olyan eszközök, pl. keverőpultok, színpadi világítástechnikai keverőpultok, amelyeket lehet MIDI-vel irányítani. A MIDI csupán a hangra vonatkozó legegyszerűbb adatokat közvetíti. Pl. hangszín, hangmagasság, hangerő, hosszúság, pozíció stb. Ez számítástechnikailag csekély mennyiségű adat.

Hátránya: a megszólalás nagymértékben függ a hangkártya vagy szintetizátor minőségétől, illetve a bevitt adatok részletezettségétől.

A SMF (Standard MIDI fájl) adat a MIDI protokollban. Kiterjesztése .mid. (Típusa type1, type0)

### Digitális:

---

valamely változó jelenségnek, vagy fizikai mennyiségnek diszkrét (nem folytonos), megszámlálhatóan felaprózott, s így számokkal meghatározható, felírható értékeinek halmaza (például: [jel \(informatika\)](#), [számítógép](#), szélessávú internet-kapcsolatok, digitális fényképezők, digitális hangrögzítés, stb.).

A digitális rendszerek sokkal inkább számokat (leginkább [bináris](#) számokat) használnak bevitelhez, feldolgozáshoz, átvitelhez, tároláshoz, vagy megjelenítéshez, mint az értékek folytonos spektrumát (ez utóbbit ugyanis az [analóg](#) rendszerek használják), vagy a nem-numerikus szimbólumokat, mint a [betűk](#), vagy [ikonok](#).

A különbség a "digitális" és az "[analóg](#)", vagy "szimbolikus" között a bevitelnek, az adatok tárolásának, és az átvitelnek, egy műszer belső működésének, vagy a megjelenítés fajtájának módjában rejlik. A szó a latin digit, digitus szavakból ered. A szavak jelentése [ujj](#) (számolás az ujjakkal), mert akkoriban az ujjakat lehetett használni diszkrét számolás céljára.

A "digitális" szót leggyakrabban a [számítástechnika](#) és az [elektronika](#) területén használják, különösen azokon a területeken, ahol a való világ információit konvertálják át [bináris](#) számokká. Ilyenek például a digitális hang(zás) és a digitális fényképezés. A digitális adat-átvivő jelek az elektronikus, vagy optikai impulzus két lehetséges értéke közül az egyiket vehetik fel. A logikai 1 (van impulzus) vagy 0 (nincs impulzus) értékeket. Az ilyen rendszerű

eszközöknél gyakran egy "e-" előtag utal a digitális mivolta, mint az [e-mailnél](#), vagy az [e-könyvnél](#), bár nem minden elektronikus rendszer digitális.

#### **Források:**

---

[http://hazimozienciklopedia.arucikk.hu/product\\_info.php/products\\_id/325/az-emberi-hallas-tartomanya-/?osCsid=dc2eabc4af30e4307e592ca5972b97eb](http://hazimozienciklopedia.arucikk.hu/product_info.php/products_id/325/az-emberi-hallas-tartomanya-/?osCsid=dc2eabc4af30e4307e592ca5972b97eb)

<http://hu.wikipedia.org/wiki/Hangst%C3%BAdi%C3%B3>