

Stúdiótechnika

Dr. Wersényi György

Távközlési Tanszék
C 609

A tantárgyról...

- Heti 2+2 óra
 - előadások: hétfő 7-8 óra B2, kedd 1-2 óra B2
 - labor/gyakorlatok L1-119/120 (az elmélet után)
- Számonkérés: írásbeli vizsga
- Elégséges határa 60%, összesen 3 lehetőség
- Előadások látogatása nem kötelező
- Írásos jegyzet letölthető
- Letöltések (pdf):
<http://vip.tilb.sze.hu/~wersenyi/index.html>

Tematika

Bevezetés

hang és hallás fizikai alapjai
műszaki paraméterek, leírási módok

Rögzítők

mágnesszalagos (elvek)
lézerlemez (optikai)

DAT, MiniDisc

CD, DVD, SACD

Forráskódolás alapjai

MPEG hang

Sokcsatornás audio (filmszínház)

Stúdiótechnológiák (keverőasztal)

Bevezető, ismételés

Az átviteli út



Bitsebesség és jelfeldolgozás

- Helyigény, sebesség: kbps, Mbps vagy kB/s és MB/s
- Kép sebességigénye nagyobb, mint a hangé
- Egy 100 különböző szűrkeárnyalattal rendelkező fekete-fehér kép másodpercenkénti igénye:
 $600 \times 800 \text{ [pixel]} \times 25 \text{ [fps]} \times 1d \text{ 100}$
ahol $1d$ a kettes alapú logaritmus jele. Ez az érték 80 Mbps.

Színes képre 5x rosszabb a felbontása a szemnek, így 84 Mbps adódik.

Ez is sok: veszteséges tömörítés (MPEG 1, 2, 4)

- CD hang: $44100 \times 16 \times 2 = 1,4 \text{ Mbps}$.
(stúdióban 48 kHz is van)
 - 20 – 20000 Hz, nagy dinamika (kb. 16x6 dB)
 - Raw PCM (+ 2x ennyi egyéb adat!)
- Beszédátvitel (telefon):
 - Redundancia, hibajavítás, beszédérthetőség paraméter
 - $8 \text{ bit} \times 8 \text{ kHz} = 64 \text{ kbps}$
 - 300-3400 Hz

- Hangtömörítés:
 - veszteségmentes (DVD Audio, SACD, max 50%)
 - veszteséges (MP3, ATRAC, DD, dts stb.)
- A csatorna = hibázós átviteli út, átmeneti valószínűségek halmaza.
Legfontosabb paramétere a jel-zaj-viszony:
 $SNR \text{ (signal-to-noise ratio)} = 10 \cdot \log(S/N) \text{ [dB]}$,
 ahol S a jel (signal), N pedig a zaj (noise) teljesítménye.
- Hordozó: sokkal jobb SNR, másfajta sérülés (kopás pld).
- Hibajavító -és csatornakódolásra van szükség!

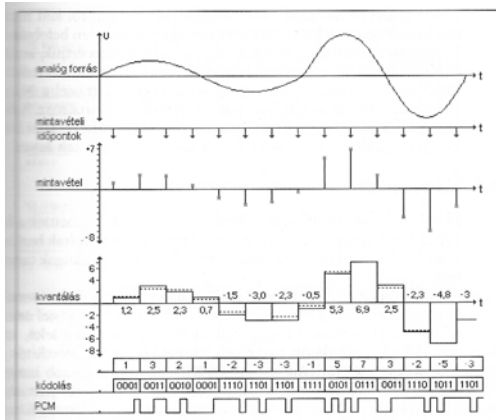
- Digitális technika célja:
 - Nem a minőség javulása (lehet rosszabb az analógnál)
 - Elvi hiba is van benne (kvantáláskor)
 - Reprodukálhatóság! Minőségkonzerválás.
 - Nem cél az alakhű átvitel, csak döntéskor kell jól dönteni.
 - Copy? Master? Clone?

A/D átalakítás (1)

- Mintavétel (sampling): az analóg jelből mintát veszünk adott időközönként. Így **időben diszkrét** mintasorozatot kapunk, amely számsorozat (még) végtelen sok tizedestörtből áll.
- Shannon-féle mintavételi törvény: ha f_{mv} (mintavételi frekvencia) $\geq 2B$ (ahol B a jel sávzélessége), akkor ezek az időminták leírják a jelet a közbelső időszakokban is tökéletesen, és a visszaállításhoz egy ideális aluláteresztő szűrő szükséges (interpoláló szűrő).
- A mintavett jel visszaállítása hibátlan és tökéletes! Ez azonban csak elméleti lehetőség, hiszen a számértékek még végtelen sok bittel írhatók csak le. Ahhoz, hogy rögzíthessünk, ezeket az értékeket kerekíteni kell.
- A mintavételi frekvencia növelése (matematikailag) nem javítja a minőséget (a túlmintavételezésnek más a szerepe, lásd később).

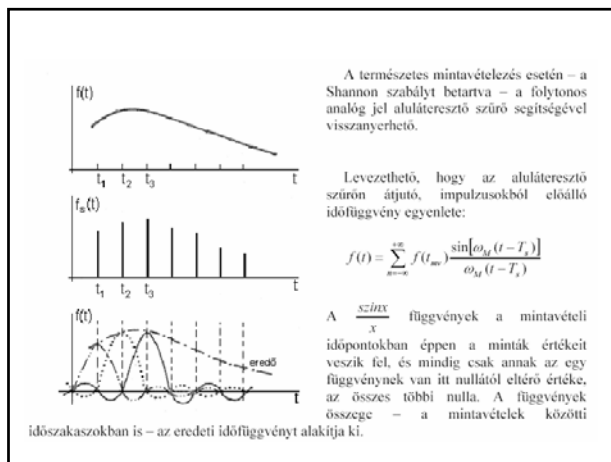
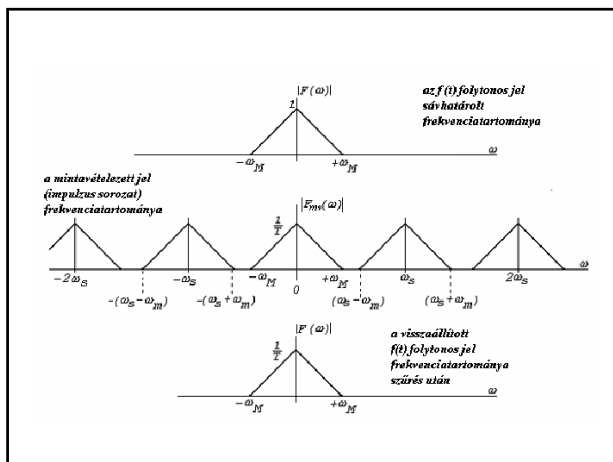
A/D átalakítás (2) és a PCM

- A kvantálás során a fenti értékeket most a másik tengely mentén diszkrétizáljuk. Az egész dinamikatartományt felosztjuk apró lépcsőkre (kvantálási lépcső), meghozza minél többre. Egy 8 bites kvantálás során minden „kódzó”, azaz minden lehetséges lépcsőfoknak egy 8 bites szót feleltetünk meg, ez összesen 128 darab lépcső. Ha még egy bitet hozzáadunk, akkor ez a lépcsőszám duplázódik, azaz a felbontás finomodik.
- A már időben diszkrét minták **amplitúdóban is diszkrét**é válnak. A finom részletek, kis változások (amelyek kisebbek, mint két lépcső közötti távolság fele) véglegesen elvesznek, tehát veszteséget, vissza nem állítható hibát csak a kvantálás okoz a digitális rendszerben, a mintavételezés nem.
- A kettő együtt együtt működik, és a cél az, hogy ezeket a hibákat már ne vegyük észre, ne lássuk meg a képen, ne halljuk meg a hangban.
- A túl finom felbontásra nincs szükség, hiszen egy idő után már a termikus, additív zajkomponenseket fogjuk kvantálni és finomítani, amire nincs szükség.



Az AAF és a kimeneti szűrő

- AAF = Anti Aliasing Filter
- A mintavételi frekvencia felénél vág, kötelező elem, különben „alias” hatás lesz.
- 1 kHz-es jelből 40 mintát veszünk. A 20 kHz-esből csak kettőt! Ebből a két mintából kvantáláskor egy 20 kHz-es négyszögjel lesz. Ennek spektruma tartalmazza a páratlan felharmonikusokat (60, 100 stb.). Ezért kell a D/A végére is egy 20 kHz-es LPF, ami ezeket levágja és csak az alapharmonikust tartja meg: a bemenő jelet!
- Pld. 44 kHz-es mintavétellel 32 kHz-es jelet digitalizálunk. A kimeneti szűrő levágja a 22 kHz-nél nagyobbakat, így a 32 kHz-es hasznos is. A mintavett pontok azonban tartalmazzák a 12 kHz-es jelet (44-32), ami megjelenik a kimeneten, pedig a bementben nem volt meg (spektrális átapolódás).
- Képteknika: a hátrafelé forgó kocsikérék a képen is ilyen hiba: a küllők mozgása nagyobb frekvenciájú, mint a képek másodpercenkénti száma, ami egyfajta mintavételezés.



- **Kvantálási zaj**-nak nevezzük a kerekítési hibát (pontosan a hiba négyzetes várhatóértékét). Amennyiben egyenletes a kvantálás (minden lépcső azonos magasságú és q nagyságú), akkor a kvantálási zaj teljesítménye: $q^2/12$.
- Általános ökölszabályként igaz, hogy amennyiben a kvantálást egy bittel megnöveljük a jel-zaj-viszony (és vele együtt a dinamika) +6 dB-el javul.

A hang fizikai leírása

- A hangnyomás időfüggvénye P

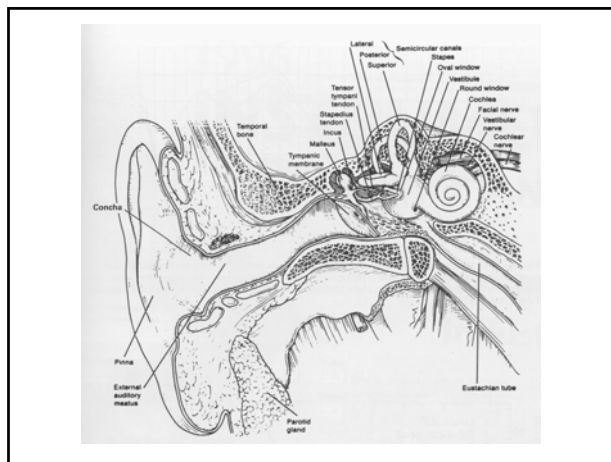
- Hangnyomás szint

$$L_p = 20 \lg \frac{P}{P_0}$$

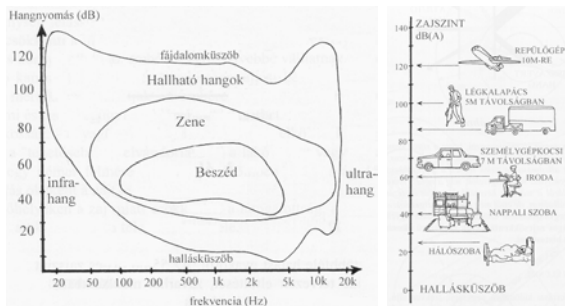
P_0 10⁵ Pa, p_0 20 μPa.

- $c = f\lambda = 344$ m/s (hőmérsékletfüggő)
- Időegység alatt felületegységen áthaladó energia
 I = intenzitás [W/m²]

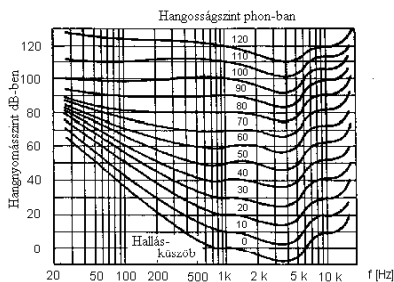
- ## Hallás
- Agy + fülek
 - Hallásküszöb, fájdalomküszöb (130 dB dinamika)
 - 20-20 kHz, öregséggel romlik
 - Skála: logaritmikus frekvenciában is: oktáv, terc, dekád
 - Irányhallás: a fül és a felsőtest hatása, idő és szintkülönbség a dobhártya jelében (sztereo hatás alapja)



A hallástartomány



- Szubjektív/objektív leírások?
- 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.

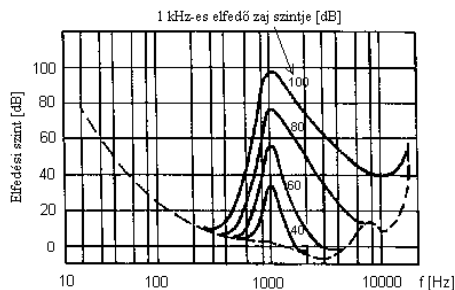


- Az egyidejűleg megszólaló hangok eredőjének meghatározására vezették be a *hangosság*ot, melynek jele *N* és mértékegysége a *sone*. A kiszámítás módja, ha a hangerősség meghaladja a 40 phont:

$$N = 2^{\frac{L_N - 40}{10}}$$

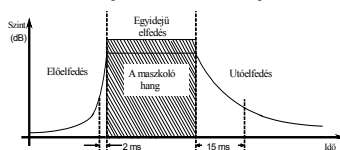
- Eszerint 10 phon hangerősség-növekedésnek kétszer akkora hangosság felel meg. Amennyiben a különféle hangok nem közeli frekvenciájúak, akkor a sone-ban kifejezett hangerősségeik összegezzethetők (1 sone + 1 sone = 2 sone, és ez kétszer olyan hangos hangot jelent, míg 40 phon + 40 phon = 80 phon nem). A 40 phon hangerősség 1 sone értékű.

Hangelfedés a frekvenciában



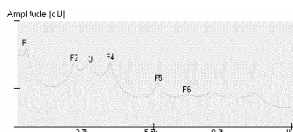
Elfedés az időben

- Időben is van elfedés: előre és utólag is!
- Előre nagyon rövid, oka: hangosabb hang gyorsabban terjed.
- Kihasználás: MP3 és társai, mindkét elfedést (lásd később).



A beszéd

- Legfontosabb akusztikai hangjel
- Energiájának 90% 4000 Hz alatt van
- Alaphang + felharmonikusok (mgh) vagy zajszerű hangok
- Formáns: adott mgh-ra jellemző helyi maximum(ok) a spektrumban
- 10 kHz felett egyénre jellemző részek
- A beszéd redundáns, hibajavítással bír
- Beszéderkérthetőség mérhető
- A beszéd teljesítmény átlaga kb. 20 μW, a kiabálás elérheti a 100 mW-ot. A dinamikatartomány (a leghalkabb suttogástól a leghangosabb kiabálás aránya) kb. 50 dB.

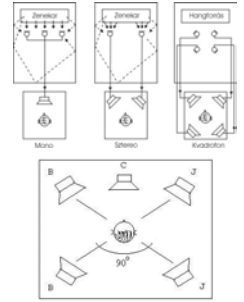


Átviteli jellemzők

- HiFi: 50 Hz-15 kHz, 0,1% torzítás
- Átviteli sáv: 3 dB-es pontok között van
- Dinamika: leghalkabb és leghangosabb aránya dB-ben. A dinamika kisebb-egyenlő a SNR-nál.
- A harmonikus torzítás (THD, total harmonic distortion) a többszörös frekvenciák effektív értékének és az alaphang (ált. 1 kHz) effektív értékének a hányadosa %-ban megadva.

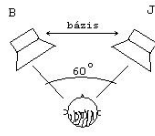
A hangtér előállítása

- Hangszórókkal vagy fejhallgatóval
- Felvétel: mikrofonokkal.
Mono = 1 csatornás, nincs benne irányinformáció.
- Manapság: sztereó vagy 5.1 (sokcsat.)



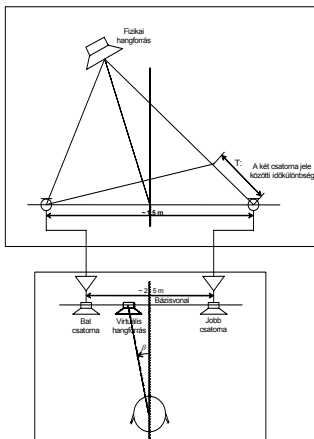
- A sztereó jel mono kompatibilis. Két elterjedt jelöléssel:
 S (Stereo, Seite) = $B - J$, az ún. különbségi jel, amit rádiózásban modulálásra használunk fel.
- M (mono, Mitte) = $B + J$, az összeg jel.
- A kettő matematikailag egyenértékű és egymásba átszámítható, egymással kiváltható.
- A két hangszóró közötti részt *bázis*nak hívjuk. Helyes polarizáció esetén a hang mindig a bázisban marad.
- Kisfrekvencián (600 Hz alatt) ellenfázisban kötött hangszóróval ki is kerülhet innen. Ha ellenfázisban kapcsolunk be egy vagy két hangszórót, az zavart okoz a térérzetben, ezért nagyon ügyeljünk a helyes polarításra!
- Közepes frekvenciáknál (600 – 1500 Hz) diffúz térérzet keletkezik, ami az irányinformáció elvesztését jelenti.
- Magas frekvenciák még ellenfázis esetén is a bázisban maradnak.

SM, XY sztereó

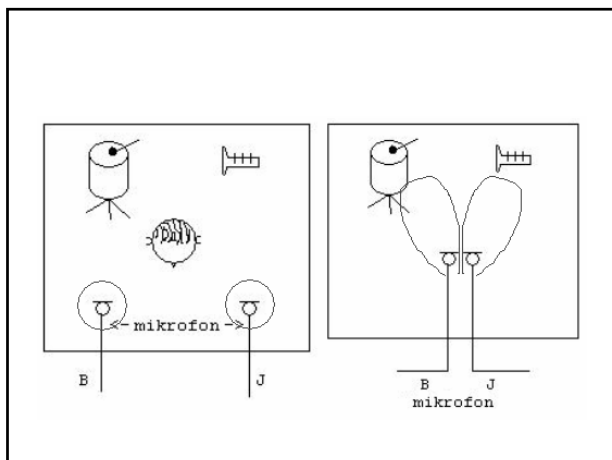
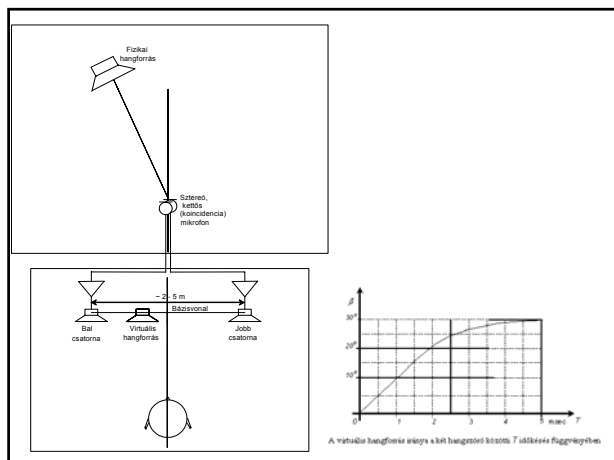


Intenzitásos és időkülönbséges sztereofónia

- Régen két lehetőség állt rendelkezésre (elvi szintű tárgyalás):
- Az ún. *időkülönbséges sztereofónia* alapja, hogy a két fülbe a jel **nem azonos időben** érkezik be (de azonos hangerősséggel). A forráshoz (most feltételezünk egy darab hangforrást) közelebbi fülbe előbb fog a hang beérkezni.
- Ha az időkülönbség túllép 1-10 ms-ot, már csak egyetlen forrást fogunk hallani akkor is, ha a másik (hangszóró) szintje akár 6-10 dB-el is hangosabb (érdemes otthon kipróbálni, hogy közelítünk az egyik hangszóróhoz, és egy idő után már csak azt fogjuk hallani, a másikat nem).
- 50 ms felett visszhangot fogunk érzékelni (echoküszöb).

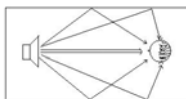


- Az ún. *intenzitásos sztereofónia* során a fülébe azonos időben érkezik két jel, amelyek hangerőssége, **hangintenzitása különböző**, azt fogjuk közelebbinek hallani, amelyik hangosabb.
- Két mikrofont egy pontban (koincidencia mikrofon) helyezünk el, de a nem gömbi iránykarakterisztikákat adott nyílásszögűre állítjuk, akkor a mikrofonok ezen érzékenységből adódóan létre fog jönni a térérzet (S-M jelleggel).
- Fontos, hogy ilyenkor (mivel a két mikrofon egy pontban van, tehát időkülönbség nem léphet fel), a térérzet a két csatorna közti intenzitás különbségből fog adódni, aminek fizikai oka a mikrofonok iránykarakterisztikája!
- Két hangszóró esetén 2 dB különbség már érezhető, 20 dB pedig teljes eltolódást okoz a hangosabbik irányába.
- A valóságban a két jelenség a fülünkben egyszerre lép fel: a közelebbi hangforrás hangosabb is lesz és egyben hamarabb is érkezik be a fülbe a hangja.
- Manapság sokcsatornás felvételtől keverik ki a sztereót.



Haas-hatás

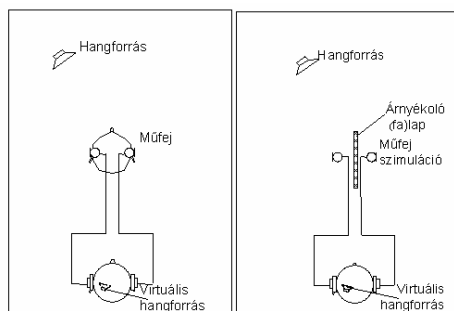
- Feltételezzünk egy szobát, egy hangforrással és egy vevővel (ember).
- A hang a forrásból egyrészt a közvetlen, direkt úton terjed a fülbe (elsőként érzékel be), majd a falakról reflexiók után másodlagos hangutak alakulnak ki, melyek időkésséssel és csillapítva érzékelnek meg.
- Ha az időkülönbség kisebb, mint 30 ms és a szintek közötti eltérés nem nagyobb, mint 6-10 dB, akkor az ember egyetlen hangforrást fog érzékelni, melynek minőségét a közvetlen út határozza meg (és nem a rosszabb minőségű reflexiók).



Koktélparti effektus

- A másik jelenség a *koktél-parti effektus*, mely nevét arról kapta, ahol a leggyakrabban tapasztaljuk.
- Egy síkban, élő beszéd esetén az emberi hallás képes arra, hogy a nagy zsivajban (háttérben sok beszélő) egy adott emberi beszédre oda tudjon figyelni, a többit pedig elnyomni és zajként tekinteni.
- Ugyanezt képes váltogatni, tehát másik emberre odafigyelni.
- A gépek erre nem vagy csak nehezen képesek, és az ember sem képes megoldani ezt a problémát, ha hangfelvételtől próbálja kinyerni az információt.

Műfejes technika



Felhallgatós sztereó-hangérvel műfejes és „szimulált” műfejes mikrofonpárral.

Hangok a teremben

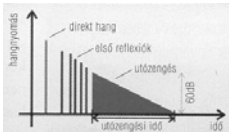
- Egy fal felületére beeső hang egy része reflektálódik, egy része áthatol rajta, egy nagyon kis hányada pedig elnyelődik, hő formájában felszabadul.
- Ha I a beeső intenzitás és α a falfelület elnyelési tényezője (abszorpciós fok), akkor αI mennyiség áthatol a falon, $(1-\alpha)I$ pedig visszaverődik, ha a veszteségeket elhanyagoljuk.
- A terem további fontos geometriai adatai: a térfogata és a különböző falfelületek nagysága (felülete) a hozzá tartozó α -értékekkel.

- A sok visszaverődés diffúz hangteret hoz létre. Ebben nincs kitüntetett hangterjedési irány és bármely térfogategységben azonos az energiasűrűség. Az energia eloszlása tehát egyenletes, amennyi egy adott térfogatba beáramlik, annyi ki is, a hangnyomás időátlagos helyfüggetlen.

Utóhangési idő

- A legfontosabb mérhető paraméter az *utóhangési idő*.
- A hangforrás kikapcsolása utáni hangenergia exponenciális „lecsengése”.
- Értéke akár több másodperc is lehet, de stúdiókban 1-1,5 másodpercnél nem lehet hosszabb.
- A hangnyomásszint 60 dB-el esik
- Ezt mérhetjük ill. számolhatjuk is.
- Kis utóhangési idő jó beszédérthetőséget tesz lehetővé, de a cél nem a nulla elérése, mert az túl „szárazzá” teszi a hangfelvételt. A zenei élményhez szükség van reflexiókra is! A stúdióban frekvencia független utóhangési idő a cél, beszédhez kb. 0,5 s., zenéhez másfél másodperc ajánlott.

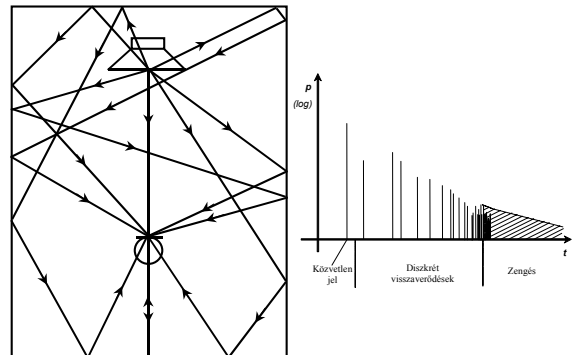
Echogram



Geometriai számítások



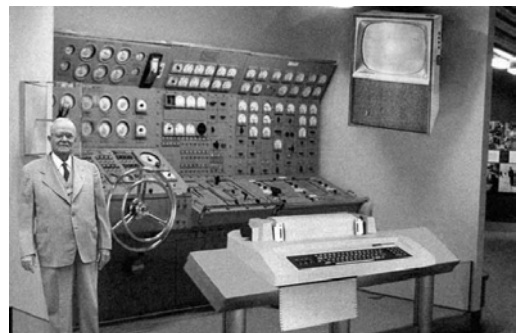
- Mesterséges mérőszobák: süket, zengő.



Rögzítők

- A stúdiótechnika legfontosabb része a hang (és a kép) megfelelő minőségben történő rögzítése. Az ehhez szükséges felvevő berendezéseket rögzítőknek hívjuk.
- Léteznek mágnesszalagos analóg és digitális, merevlemez alapú vagy memóriakártyás, illetve optikai elven rögzítő lézerlemez rendszerek.

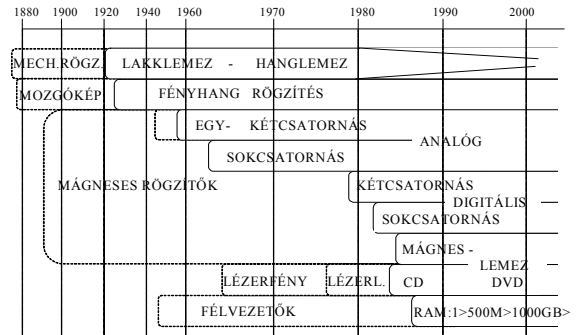
- A digitális technika megállíthatatlan: 1958-as újság:



Scientists from the RAND Corporation have created this model to illustrate how a "home computer" could look like in the year 2000. However the needed technology will not be economically feasible for the average home. Also the scientists readily admit that the computer will require new yet invented technology to actually work, but in years from now scientific progress is expected to solve these problems. With teletype interface and the Fortran language, the computer will be easy to use.

Analóg	Digitalis	
Fonográf	-	Mechanikai
Hanglemez (bakelit)	-	
Sztereó magnó (38 vagy 19 cm/sec szalagseb.)	Nagyszámítógép	Magnesszalagos
Sokcsatornás magnók	Álvideó (pseudo-video): SONY PCM UMATIC BETA	
-	Állófejes magnók (DASH)	
-	Forgófejes magnók: A-DAT R-DAT	
-	HDD (vincseszter), „nem lineáris rögzítők”	Mágneslemez
-	CD, DVD, MOD stb.	Lézerlemez (optikai)

Egy kis hangrögzítés történelem



Korai analóg mágnesszalagos rögzítés



- Digitális korszak
- Álvideó rendszerek: videomagnót és szalagot használtak hangrögzítésre, digitális formában.
- Az első A/D-átalakító processzor a SONY PCM processzor volt, az akkoriban elérhető 44100 Hz-es mintavételi frekvenciával és 16 bites felbontással
- Az állófejes magnók kora hamar leáldozott
- A forgófejes rendszerekben a magnófej „ellenforog” a szalag haladási irányának, ezzel növelve a kettőjük közötti relatív sebességet.
- Az R-DAT a digitális mágneses rögzítés stúdióban is elfogadott, veszteségmentes, CD-minőségű írható/törölhető formátuma.



Kihalt digitális formátumok

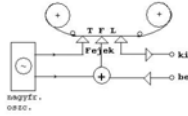
- Analóg kompakt kazettás magnókkal kompatibilis digitális rendszer: Philips DCC (Digital Compact Cassette)
- Veszteséges tömörítést alkalmaz: PASC (Precision Audio Subband Coding)
- A készülék nem igazán hordozható, drága, és mivel szalagos, a hozzáférés „soros”.
- Manapság: **Pioneer CT-S670D**, mint digitális kazettás magnó.
- Az analóg bemenetére érkező jelet digitalizálja, DSP kezeléssel esik át, majd újabb D/A következik és analóg jel kerül a szalagra. A lejátszott jelet aztán ismét digitalizálják és egy jelprocesszoron át kerül a D/A-ra, végül pedig az analóg kimenetre.
- A készülék természetesen rendelkezik optikai digitális bemenettel CD-hez és MD-hez.

- A mai világ a stúdióban szinte teljesen digitális és „nem lineáris”.
- A felvételt készítés és lejátszás nem soros (lineáris) hozzáférésű, hanem párhuzamos.
- Nem kell a szalagot csévélni, hanem a merevlemezen tetszőlegesen, gyorsan lehet ugrani, ami növeli a munka gyorsaságát.
- A mai kor lehetővé teszi a hangfeldolgozáshoz szükséges háttérkapacitás és számolási igény otthoni elérését is, így ez már nem akadály.
- A végleges tárolás azonban optikai lemezekon történik.

Mágnesszalagos rögzítés

- A fizikai elvet az alábbi eredő mágnesezési (indukciós) egyenlet írja le:

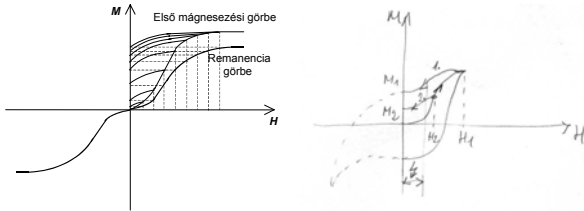
$$B = \mu_0(H+M).$$



- A H a mágnesező térerősség, az M a mágnesezettség, azaz ami megmarad a szalag mágnesrétegében, miután az belekerült a H -térbe.
- Az M -függvény a H -térerősségtől függ, és ha ábrázoljuk az M - H síkon, akkor az ismert hiszterézis görbe első szakaszát kapjuk. Ez az $M=f(H)$ függvény az ún. *remanencia függvény*.

- A remanencia függvény nem lineáris, azaz torzított átvitelt valósít meg.
- A zene, amit rögzíteni kívánunk, a mikrofonból kilépve elektromos jellé alakul. Az elektromos jel egy elektromágnesen keresztül a magnó felvevő fejében „átalakul” vele arányosan egy H -mágneses térre.
- A mágnesréteg a szalag mozgásával együtt áthalad a magnófej által létrehozott H -térben és így egy M -mágnesezettség marad meg benne.
- Később, a kiolvasáskor a folyamat ellentétesen zajlik le: a szalagban „maradt” M -mágnesezettség a kiolvasó fejben megváltoztatja a H -teret, ami elektromos feszültséget hoz létre a kapcsokon, amit erősítés után a hangszórókra vezetünk.
- A cél, hogy a H -térerősség és az M -mágnesezettség lineárisan képeződjön le egymásba.

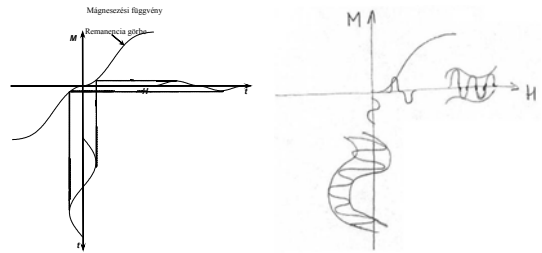
A remanencia (maradék mágnesezettség) függvény



A remanencia függvény nem lineáris átvitele és ellenszere

Lineáris szakasz

Nem lineáris szakasz



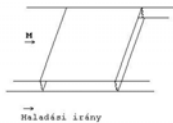
- A megoldás erre a problémára elvi szinten kettős, gyakorlatban csak a nagyfrekvenciás előmágnesezést alkalmazzák. Elvileg DC előmágnesezés (eltolás) is használható lenne, amikor a rögzíteni kívánt jelet „eltoljuk” a lineáris szakaszra. Ettől azonban más részek szenvednek torzulást.
- A nagyfrekvenciás előmágnesezés olyasmi, mint az amplitúdó moduláció. Különböző mágnesréteghez különböző frekvenciájú és nagyságú előmágnesezés lenne szükséges (bias fine).

Nagyfrekvenciás előmágnesezés

- A nagyfrekvenciás jelet egy oszcillátor állítja elő az 50-100 kHz tartományban.
- Ez a jel nem csak a felvételhez, hanem a törléshez is szükséges. A törlés ugyanis mindig megelőzi a felvételt, a törlő fej *után* következik a felvevő fej a magnóban.
- Ezért nincs szükség előre törlésre (formattálásra), mert a felvétel-gomb automatikusan a törlést is aktiválja.
- A törlés nem más, mint a nagyfrekvenciás mágnesezés által történő telítésbe vezérlés. A mágnesréteg a szalagon ilyen gyors és nagy amplitúdójú H -térben telítésbe vezérlődik és elveszti információtartalmát.

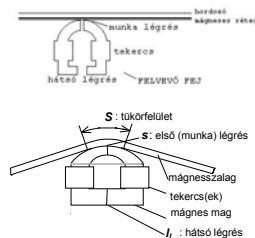
Felvétel

- A felvétel során ugyanez a nagyfrekvenciás jel „modulálja” a rögzítendő jelet, ami mintegy „ráül” arra.
- A remanencia függvény ugyanolyan nemlineáris marad, csak a torzítás a nagyfrekvenciás jel finomstruktúrájában jelentkezik (a vivőben), annak burkolója azonban, amely a hasznos jelet hordozza, torzítatlan marad!
- Ez nem AM, az ugyanis mindig szimmetrikus az időtengelyre, ez a jel azonban nem feltétlen.
- Mivel a hasznos torzítatlan jel a burkolóban van, azt egy egyszerű aluláteresztő szűrővel kinyerhetjük a lejátszás során.
- A rögzítés iránya megegyezik a szalag haladási irányával, mert a maximális jelsűrűség így érhető el.



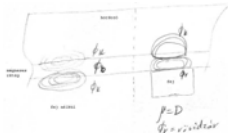
A fej-szalag kapcsolat

- Tükörfelületnek nevezzük (jele S) azt a felületet, ahol a magnófej a szalaggal érintkezik.
- A **törőfej** viszonylag nagy munkalégrésű (0,22 mm), vasból készült fej. A tekercsek rajta kis menetszámúak, nagy áramúak.
- Ugyanez igaz a **felvevő** fejekre is, bár a munkalégrés kisebb (10 mikron körüli) és létezik egy hátsó légrés is (kb. 0,1 mm). A tekercsek a külső zavaró terek ellen nyújtanak védelmet.
- A **lejátszó** fejeken nincs hátsó légrés, a munkalégrés 1 mikron körüli. Tekercseik nagy menetszámúak és kis áramúak. Olcsóbb eszközökben a felvevő és lejátszó fej egybe van építve.



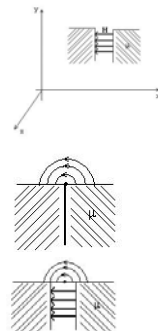
A lejátszás

- A szalagon lévő M-mágnesezettség rendelkezik egy Φ_b belső fluxussal és egy Φ_k külső fluxussal.
- A fluxusvonalak mindkét irányban kilépnek: a hordozó felé is (vesztés) és a magnófej felé.
- Fej nélkül ez a két külső fluxus kb. egyenlő, változás akkor áll be, ha a külső fluxus találkozik a lejátszó fejjel.
- A lejátszó fej mágneses rövidzárként funkcionál (a hatalmas, gyakorlatilag végtelen permeabilitás miatt) és így a fejben Φ_{rzs} rövidzárási fluxus fog létrejönni – ez indukálja majd a feszültséget.
- Ahogy az időben folyamatosan érkeznek ezek, jön létre a kiolvasás (ez a merevlemezes rögzítésnél sincs másképp).



Résmodellek

- A magnófej a H-teret a munkalégrésében hozza létre.
- Ennek matematikai kezelése nem egyszerű, így különböző *résmodellekkel* könnyítjük meg dolgunkat.
- A legegyszerűbb feltételezés a *homogén* résmodell, amikor végtelen permeabilitást és csak x-tengely irányú erővonalakat képzelünk el.
- A *hengeres* modell ezzel szemben (szinte) nulla légrést és éppen ezért félkör alakúan kilépő erővonalakkal számol.
- A valóságos, *vastagré*s modell a kettőt egyesíti, és mindkettőt figyelembe veszi.



A lejátszás átviteli függvénye

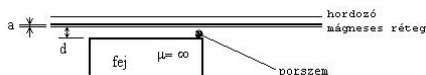
- A bemenő jel a Φ_b belső fluxus, a kilépő pedig egy feszültségérték.
- Cél: a felvenni kívánt jel egyezzen meg a lejátszottal, vagyis a felvétel legyen egyenlő a lejátszás inverzével (ún. reciprocitás elve).
- Kiolvasáskor a fejben létrejövő (rövidzárási) fluxus a fontos, az időfüggvényét nagyon bonyolult felírni.

Az ideális átvitelt rontó tényezők

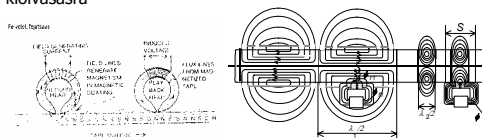
- A résfüggvény
 - A lejátszófej mérete nem végtelen nagy, így a kapcsolódás a szalaggal sem lehet végtelen nagy felületű ($S \neq \infty$).
 - Nagyfrekvenciás határolás: az ezt leíró átviteli függvényt résfüggvénynek nevezzük.
 - A $-1/S$ alakú függvény a tükörfelület helyén érvényes, azon kívül a térbeli eloszlása a gerjesztésnek zérus.
 - Kellően közel kell maradni a réshez mert attól távolodva egyre romlik az átvitel és a kiolvasás „minősége”.

- 2. Távolsági és vastagsági függvények
- A valóságban a rés felett nem nulla a távolság a mágnesrétegig. Pld. por miatt egy $d \neq 0$ távolság jön létre a fej és a szalag között (távolsági függvény).
- Ideális átvitelhez végtelen vastag mágnesréteg lenne szükséges, hogy a hosszú hullámhosszú fluxusvonalak is benne maradjanak. Azonban a mágnesréteg $a \neq \infty$ vastagsággal rendelkezik (vastagsági függvény).
- Ezt a két hatást együtt kezelve az alábbi taggal bővül majd az átviteli függvényünk (LPF):

$$\phi_{rdr}(t) = konst \frac{1 - e^{-\frac{2\pi a}{\lambda}}}{\frac{2\pi a}{\lambda}} e^{-\frac{2\pi d}{\lambda}}$$



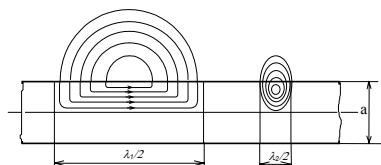
- 3. Tükrőfüggvény
- Az egyetlen felüláteresztő szűrő-jellegű
- DC jelet fel lehet írni a szalagra, de lejtátszani nem.
- Oka, hogy a frekvenciától függően, a nagyhullámhosszú (mélyfrekvenciás) erővonalak egy része megkerüli a nem végtelen nagyságú lejtátszófejet. Ezek a fejen kívül zárodnak és nem kerülnek kiolvasásra



- A nagy frekvenciák nem szenvednek ettől a hibától, hiszen ahhoz kis hullámhossz tartozik.
- Ebből a szempontból a szögletes alakú fejek jobbák, mint a gyűrű alakúak. Jobb a mélyfrekvenciás átvitele, ugyanakkor az átviteli függvénye jobban ingadozik.

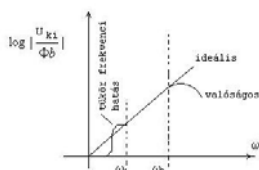
4. Önlemágneseződés

- Legfőbb oka, hogy a rétegvastagsághoz képest kis hullámhosszú erővonalak nem lépnek ki. Így a fej ezt nem tudja kiolvasni.
- Pongyolán fogalmazva, a kis hullámhossz (nagy frekvencia) „lusta” és egyre kevésbé lép ki a külső fluxussal.



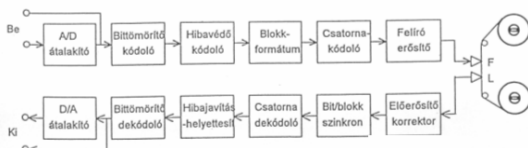
- Az átvitelbe belejatszik továbbá a mágneskör és az elektromos részek átvitele is. Ezek mindegyike szintén aluláteresztő-jellegű, utóbbi ráadásul másodfokú szűrő. A lejtátszás eredő átviteli függvénye tehát ilyen alakú:

$$\frac{u_{ki}}{\Phi_0} = indukció * el.kör * mág.kör * résfgv * táv.fgv * vastagságfgv * tükrőfgv.$$



Digitális rögzítés

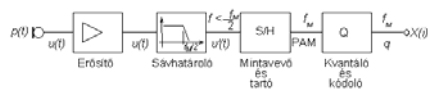
- A korábbi elvek igazak analóg és digitális rögzítésre is.
- A hibák másképp jelentkeznek, hiszen digitális rögzítéskor csak az a cél, hogy kiolvasáskor a bitek helyesen legyenek dekódolva. Az időfüggvény torzulásai mindaddig nem lényegesek, amíg ezt hibamentesen megtehetjük. Az általános blokkvázlat az alábbi:



A/D és D/A

- A/D: erősítő, a Shannon-tételt betartó AAF (LPF), mintavétel és kódolás.
- D/A: dekódolás, a PAM jel simítása (szép impulzusokká alakítása), visszaállító szűrő (LPF, interpoláló szűrő), erősítés.

A/D, D/A ÁTALAKÍTÁS

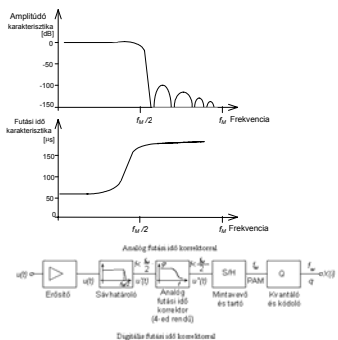


A köztartóim működőképes A/D átalakító



A köztartóim működőképes D/A átalakító

■ Az analóg sávhatároló (LPF) szűrő karakterisztikái:



A hibákról...

- A hibáknak kétféle nagy csoportja van.
- Az első, az ún. *egyszeri* vagy *véletlen* hiba, amikor az átvitel során a zaj vagy más hibaforrás miatt egy-egy bit vagy szimbólum hibásodik meg.
- Sokféle hatékony **hibajavító kódolási eljárás** létezik, melyek bizonyos számú bithibát képesek felismerni és/vagy ki is javítani.
- A Hamming-távolság és kód a legegyszerűbb ezek közül, de ennél hatékonyabbak is vannak.
- Egy egész kódcsalád a Reed-Solomon kódok családjá, melyből az audio kódolás is felhasznál egy-két változatot. Az RS-kódok több bitnyi hibát is képesek kijavítani, melyek véletlenszerűen fordulnak elő a jelfolyamban.
- Az RS-kódok ún. *szószervezésű*, *szisztematikus* kódok. A szisztematikus kódok azért előnyösek, mert az eredeti minta, amit alávétünk a hibajavításnak, eredeti formájában megmarad a bitfolyamban.

- A hibák másik tipikus csoportja a *hibacsomó* vagy *burst*.
- Ilyenkor jellemzően nem egy-egy minta sérül meg, hanem csomószerűen sok egymás utáni. Jellemzője, hogy rövid ideig tartó zavar (pld. a rádiós összeköttetésben vagy egy karcolás a CD lemezen) sok egymás utáni mintát fog hibássá tenni.
- Ellene az ún. *keresztátzövés* vagy *interleaving* a jó védelem.
- Az elv: nem időfolytonosan vesszük át/rögzítjük a mintákat, hanem „szétszórjuk” azokat.
- A lemezen egymás melletti minták időben nem szomszédok a valóságban.
- A „szétszórás” szigorú kötött szabályok szerinti, amit a dekódoló is ismer és azokat ismét helyes sorrendbe rendezi.
- A sorrend visszarendezése után a hibacsomó szétesik egyedi hibákra! Ezeket pedig a RS-kód már képes kijavítani. A kettő tehát együtt hatékony, pld. a CD lemezekben alkalmazott CIRC kód a Cross Interleave Reed-Solomon Code rövidítése, magyarul a keresztátzövést is alkalmazó RS-kód a hibajavítás alapja.

Redundancia és interpoláció

- A hibajavítás tehát először a *deinterleaving*, a keresztátzövés visszaalakítása, majd az egyedi hibajavítás.
- Az egyedi hibajavítás mindig redundanciát visz a rendszerbe. A redundancia a „felesleg”, az a járulékos információ, melynek célja pusztán a hibajavítás.
- Minél nagyobb a redundancia mértéke, annál jobb a hibajavító képesség, annál megbízhatóbb a rendszer, de annál kevesebb hasznos adat vihető fel.
- Tehát a CD lemez azért olyan jó minőségű és áll ellen az időnek, mert a karcok és egyéb véletlen hibákat nagyon jól ki tudja javítani. Ha pedig már ez sem sikerül, túl nagy a sérülés, akkor jön az *interpoláció*.
- Az interpoláció során a minőség romlik, hiszen számított minták kerülnek a jelbe, minél több, annál jobban fognak eltűnni a nagyfrekvenciás jelek, az interpoláció ugyanis átlagol, simít.

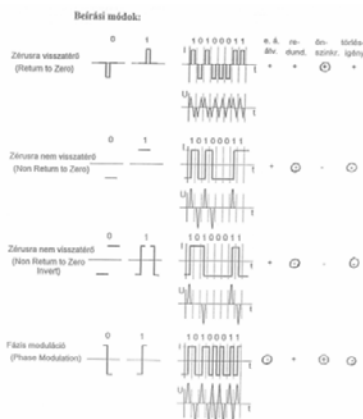
Jelfeldolgozási eljárások

- 1. Futásidő korrekció
- A futásidő korrekció lehet analóg is digitális DSP alapú is. A futásidő idő dimenziójú mennyiség, de a frekvencia függvényében ábrázoljuk: elmondja, hogy a rendszerben a különböző frekvenciájú komponensek milyen sebességgel terjednek. Matematikailag a fáziskarakterisztika frekvencia szerinti deriváltja:

$$\tau(f) = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{d\Phi}{df}$$

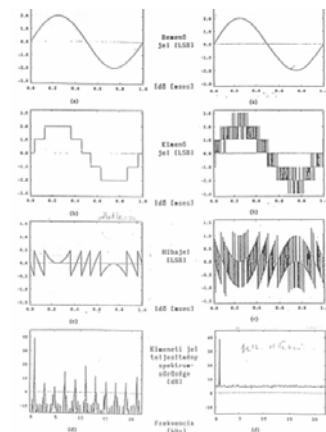
- Ennek nagysága általában 50-200 μs és frekvenciafüggő, oka lehet pld. az A/D konverter szűrője. Ezt korrigálni kell, hogy minden komponens azonos sebességgel terjedjen. A korrektor az adott diagrammal ellentétes karakterisztikát valósít meg. Ilyen csoportfutási idő hibák tipikusan jellemzők a nagy meredekségű bementi szűrők okán.

Beírási módok



Zajmoduláció (dither)

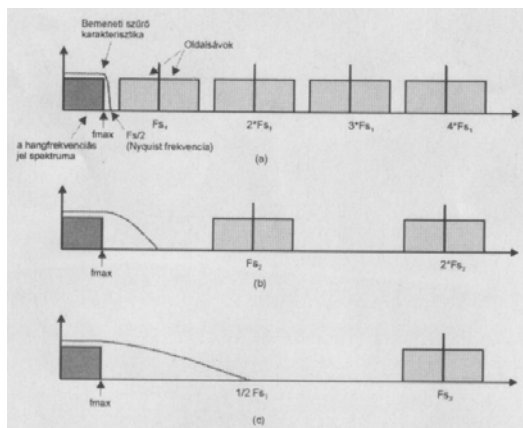
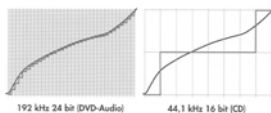
- A kvantálási zaj függ a jel alakjától, azaz jelfüggő. Megfelelő jelnél akár zérus is lehet, másnkál viszont maximális.
- A hallásunk speciális tulajdonsága (és ez a látásra is igaz), hogy sokkal érzékenyebbek vagyunk és jobban zavar minket a nem lineáris (felharmonikus) torzítás, mint a jel zajossága.
- A zajmoduláció során az átalakítandó jelhez direkt, speciálisan megszerkesztett zajt adunk hozzá, amely befolyásolja a kvantálási zajt (a hibajelet az eredeti és az átalakított jel között). Végeredményben az „elrontott” időfüggvényű jelből egy zajosabb kimenetet kapunk, de kevésbé torzítottat.



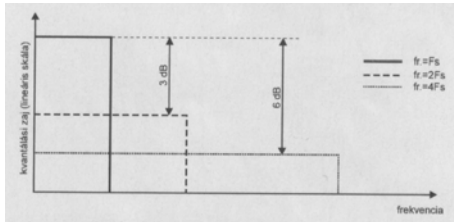
- Dither-re akkor van szükség, ha a bitszámot csökkentjük egy adott jel ábrázolásánál. Ha pld. a 16 bites szavakat 8 bitessé csökkentjük. Ilyenkor a csomolás és a kerekítés helyett – amely harmonikus és intermodulációs torzítást okozhat – a hozzáadott zaj „szétkeni a hibát időben”, mint szélessávú zaj.
- Hasonlóan, már egy analóg jel rögzítésekor is alkalmazhatunk dither zajt. Két 16 bites szám összeszorozásának eredménye egy 32 bites szó. Egyszerű lekerekítés helyett dither-t lehet alkalmazni. Ilyen szorzás előfordul mixelésnél (keverésnél) vagy erősítéskor.
- A szoftverek ezt tudják, ezért automatikusan dithereznek, ha szükséges. Kellően magas bitszámnál (24 bit, 32 bites lebegőpontos) nem kell dither.
- Lásd jegyzet részletes példája!

- 3. Túlmintavételezés
- Egyenletes lépcsőkű kvantálás: minden kvantálási lépcső egyforma, q -nagyságú.
- A kvantálási zaj egyenletes eloszlású a frekvenciában.
- A hiba maximális értéke egy mintánál $q/2$
- Úgy lehet csökkenteni, hogy növeljük a bitszámot, a kvantálási lépcsők finomságát (tárolókapacitás!)
- Szélsőséges esetben egy szinuszhullám, ami 16 biten még felismerhető, 1-bites kvantálásnál négyzögjelle torzul, hiszen csak 1 vagy 0 értéket vehet fel a mintája. Ez nagyon durva torzítás.

- Egyenletes kvantálásnál a zaj teljesítménye $q^2/12$ értékű. (csupán számításból adódik)
- Ez egy téglalap, melynek területe $q^2/12$ értékű.
- Ha a túlmintavételezés ennél nagyobb, tipikusan négyszeres, 16, 32 vagy 64-szeres, akkor ennyiszor kisebb lesz a magassága a zajnak.
- CD probléma, hogy a 20 kHz-es jelet még át kell engedni az A/D átalakító felé, de a 22,05 kHz-est már teljesen ki kell szűrni: nagyon meredek bemeneti AAF szűrők kellenek.



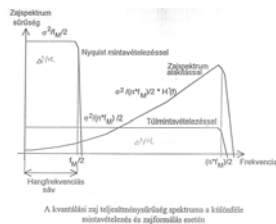
- Nagyon fontos hatás: minél nagyobb a túlmintavételezés, annál kevesebb bit elegendő a jel ugyanolyan leírásához.
- A mintavételi frekvencia négyeszerése egy-egy bit elvonásával egyenértékű! Tehát 16 bites jelek négyeszeres túlmintavételezésekor elég 15 bit a leírásához, hogy a minőség állandó maradjon.
- Kétszeres túlmintavételezéshez fele zaj tartozik a hasznos sávban (-3 dB), míg négyeszeresnél már csak negyede (-6 dB). 6 dB dinamikaváltozás tartozik 1 bithez, tehát ha nyerünk 6 dB-t a zajban azzal, hogy túlmintavételezzünk négyeszeresen, akkor ezt visszakaphatjuk azáltal, hogy egy bitet elhagyunk és azt „visszarontjuk” az eredeti állapotába.
- Nem éri meg az eljárás, hiszen négyeszer annyi 15 bites minta több helyet igényel, mint a 16 bitesek azonos minőség mellett.



- A Super Audio CD esetén megismert DSD eljárás: akkora mintavételi frekvenciát választ, ami mellett 1 bitre lehet csökkenteni a szóhosszt: ezt nevezzük 1-bites átalakítónak, más néven Sigma-Delta modulátornak.
- Az ilyen átalakítót sok helyen használják, mert olyan egyszerű, hogy a mintavételi értéket az alapján választja meg, hogy az az előzőnél nagyobb-e (1-es bit) vagy kisebb (0-s bit).
- Ez a sorozat nem PCM jel, és ha ilyen felvételt készítünk utána PCM szavakba kell azt átalakítani. Az SACD előnye, hogy ezt nem teszi meg, hanem közvetlenül az 1-bites jelet rögzíti.
- 1-bites jelnél kevesebb szűrő kell és nem kell olyan jó minőségű sem.

Zajspektrum alakítás (noise shaping)

- Az egyenletes eloszlású kvantálási zaj spektrumát kell ilyenkor alakítani és formálni.
- A téglalap területét átrendezzük és többé nem lesz egyenletes az eloszlás: úgy módosítjuk a spektrumot, hogy a zajteljesítmény minél nagyobb része kerüljön a felsőbb tartományokba.
- Ha sokszoros a túlmintavételezés, akkor a több száz kHz-es tartományt úgysem fogjuk átvenni és használni, tehát nyugodtan „áttelepíthetjük” a zajteljesítmény 20 kHz alatti részét a felsőbb régiókba – ezzel tovább javítjuk a jel-zaj-viszonyt.

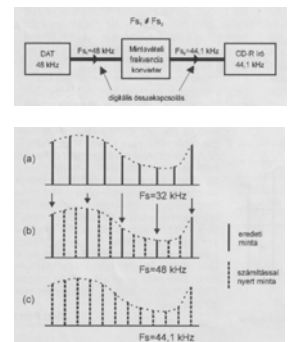


- Zajspektrum alakításra lehetőség van túlmintavételezés nélkül is, ekkor a legérzékenyebb 3-5 kHz-es tartományból a 15 kHz feletti részbe transzformáljuk a kvantálási zaj egy részét.
- Így működött a Sony Super Bit Mapping (SBM) eljárása, amely nagyon jó minőségű lejátszást tett lehetővé, és amely fejlettebb formájában visszaköszön a Super Audio CD-nél is.

Jitter

- D/A átalakító környezetében bukkan fel, az órajel átmeneteinek az ideális órajeltől való eltérése, általános hibája.
- Keletkezhet a forrás oldalon vagy magában az átalakítóban.
- Az órajel jitter az analógba visszakonvertált jelben felbontás csökkenést és torzítást okozhat.
- Az 1 ns-nál kisebb jittert az órajel oszcilloszkópos vizsgálatával nem lehet észrevenni.
- Adott jitter a nagyfrekvenciás részt jobban torzítja, és az jobban is hallható.

- A mintavételi frekvencia konvertálása is számítási feladat, amely lehet nagyon egyszerű és bonyolult is. Az eredeti minták vagy megjelennek a konvertált jelben, vagy nem, attól függően hogy a frekvenciák aránya milyen egymáshoz képest.



A digitális mágnesszalagos rögzítés rendszerei

- Kezdetben mágnesszalagos rögzítőn tárolták.
- Legelőször az ún. álvideó rendszerek jöttek létre, amelyek kihasználták az akkori videomagnók nagyobb szalagsebességét, szélesebb szalagját, nagyobb kazettáját.
- A módosított videofelvétők aztán szokványos, jó minőségű videoszalagra képinformáció helyett több csatornás, rövidebb idejű digitális hangfelvételt tettek lehetővé.
- A SONY PCM 1610-es processzorral egészítették ki (44100 Hz és 16 bit)
- Manapság a 24 bit/96 kHz a minimum elvárás
- A félprofi álvideó rendszerek a SONY PCM 100-as processzort és BETAMAX készüléket használtak.
- A PCM 1600 1977-ben mutatkozott be a profi iparban, és U-Matic videóba építették. A processzor kétszatornás volt, az eszköz $\frac{3}{4}$ hüvelykes (forgófejes) videoszalagra rögzített. Az editálást módosított videó editáló eszközökkel végezték.

44100

- A digitális kódjel a videó képinformáció helyére kerül, de a készülék csak szinkronjelet is tartalmazó analóg jelet tudott rögzíteni, ezért a szinkron maradt (soridó).
- Az aktív soridőbe (NTSC-nél) 30 Hz kép frekvencia mellett 490 TV sor fér el. Egy TV sorban 12 szót helyeznek el, amiből 6 hibajavító. Azaz 1 sorban átlagban 3-3 (bal és jobb csatorna) mintát lehet elhelyezni.

$$f_{mv} = 3 \text{ darab minta} * 30 \text{ Hz} * 490 = 44100 \text{ Hz/csatorna}$$

$$\text{Európai: } 3 * 25 * 588 = 44100 \text{ Hz}$$

Állófejes magnók

- Az állófejes rendszer, mely sokáig használatban volt a DASH rövidítést kapta (Digital Audio Stationary Head). Az állófejes rendszerek nagy hibája, hogy a szalag relatív sebessége a fejhez képest (mivel az áll) korlátozott, lassú. Ennél fogva a rögzíthető jelsebesség (bps-ben megadva) szintén korlátozott.

f_{mv}	48 kHz	44,1 kHz	32 kHz
működési seb.	Fast	Medium	Slow
szalag seb. cm/s	76	38	19
csík sűrűség	1	2	4
szalag vágás	DASH I.	DASH II.	

- A DASH rendszer szabványos formátum, mely kompatibilis a SONY PCM-alapú többsávós rögzítőkkel.
- Eredetileg támogatta a 2/8/16/24 csatornás felvételt szalagra. A 8 és 16 csatornások azonban nem kerültek forgalomba, és a $\frac{1}{4}$ collos (6,3 mm) két csatornás verziót sem gyártják már.
- A szalagon található analóg hangsáv is, vezérlő sáv és idő kód jelek.
- A Sony és a Studer közös megegyezéssel alakította ki a rendszer paramétereit.
- Az eredeti SONY 3324-es gép és a legjobb 24 csatornás modellek is a normál csíksűrűséget támogatják a fél collos szalagon. Az újabb, 3348-as típus 48 csatornát tud rögzíteni ugyanarra a szalagra. Ezeket a rendszereket már elektronikusan (olló nélkül) vágjuk.



- Modern Sony 8 csatornás DASH



Forgófejes magnók

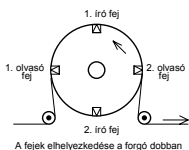
- Az első forgófejes rendszer az Alesis cég DAT magnója volt (A-DAT).
- CD masteringhoz használták régebben, 48 kHz, 16 bites minőséget tett lehetővé.
- Nyolc csatornát tudott rögzíteni, egy S-VHS kazettára kb. 40 percnyi anyag fér rá, de a szalagot előtte formálni kellett.
- 1990-ben jelent meg, azóta mintegy százezer darabot értékesítettek és a mai napig létező eszköz és formátum. Az első felvevő volt a moduláris digitális felvevők piacán (modular digital multitracks (MDMs)).
- A rendszer 16 egységet tud szinkronizálva kezelni, és így azok kaszkádba kapcsolva működnek. A szállíthatóság és a moduláris felépítés nagy előnye, továbbá viszonylag olcsó is (volt). A kapcsolatot digitális optikai szal valósítja meg (Alesis Lightpipe Interface).



- Az ADAT HD24-es rögzíti már 24 csatornát képes rögzíteni és beépített IDE-merevlemezrel rendelkezik. A külvilággal az ADAT-protokollal kommunikál, lehetőség van 88,2 és 96 kHz mintavételre is, 24 bites felbontás mellett. A hátlapon jól látható a 24 analóg bemenet és az optikai digitális ADAT ki/bemenetek.



A-DAT formátum



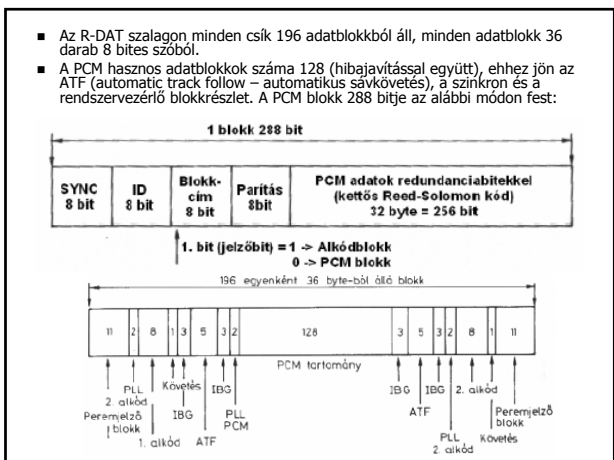
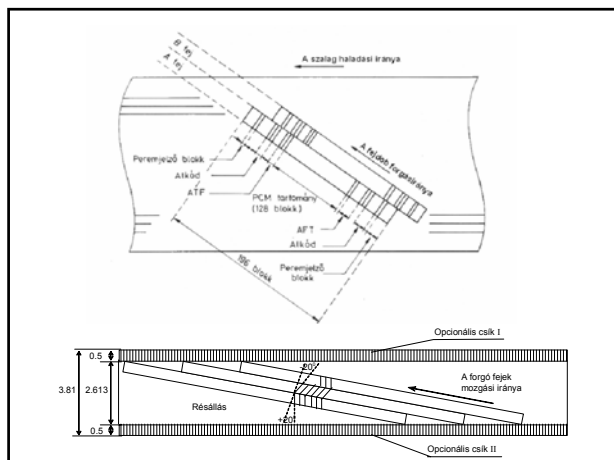
R-DAT

- Az R-DAT (rotary-head digital audio tape) a mai technológia legjobb szalagos digitális rögzítője.
- Nincs veszteséges adattömörítés, CD minőségű
- A profi, félprofi és konzum eszközök nagyon hasonlóak: közös a kazetta, kódolás, fejdob, formátum stb. A különbség egy profi DAT-magnó és egy házi között pusztán a szolgáltatásokban rejlik (távkapcsoló, dizájn, szalagbeállítások).
- Gyakorlatilag a születésekor elbukott Philips DCC rendszer jogos utódja az R-DAT (de nem kompatibilis a kompakt kazettákkal).
- Elég drága és a stúdiókön kívül nem is nagyon elterjedt el.
- A CD írók házi megjelenése: arra készítik el digitális felvételeket. Utóbbi nagy előnye, egyrészt a párhuzamos hozzáférés (nem kell a szalagot tekergetni), a minőség jobb tartása és hogy kompatibilis a CD-R lemez a már meglévő lejátszókkal.

Az R-DAT műszaki adatai

	Az R-DAT műszaki adatai			
	Normál	magnók	Csak lejátszó magnók	
	Ajánlott	Opció 1-3	Normál	Széles csík
Csatorna	2	4	2	2
Mintavételi ft.	48	32	44.1	44.1
Felbontás	16	12 nonlin.	16	16
Szalagsebesség, V	8.15	4.075	8.15	12.225
Információ seb.	2.46	1.23	2.46	2.46
Írás-sűrűség	61.0	61.0	61.0	61.0
Redundancia	37.5	58.3	42.6	42.6
Segéd kódok	273.1	136.5	273.1	273.1
Kazetta méret	73 x 54 x 10.5		(MK: 100 x 63	
Szalagvastagság			13	
Szalaghossz			58.7	
Játékidő	120	240	120	80
Gyors keresés	200-400 x V			

- Az R-DAT 2-4 csatorna rögzítését teszi lehetővé, 44100, 48000 és 32000 Hz-es mintavétellel.
- A kvantálás 16 bites, vagy nem lineáris 12 bites.
- A redundancia mértéke 37-60%, a felvételi módtól függően 120-240 perc rögzíthető a szalagon.
- A csatornakódolás itt is az ETM (lásd a CD audiónál).
- Csak forgófejjel valósítható meg az átviteli sebesség. Ilyenkor a fejdobban nem egy kiolvasó fej, hanem 2, 4 darab helyezkedik el. Ezek „váltásban” olvassák ki az adatokat.
- Az R-DAT-ban a két fej 180 fokkal elforgatva helyezkedik el a fejdobban, a fordulatszám 2000/perc, a szalag relatív sebessége 3,133 m/s, az átviteli sebesség 7,5 Mbps. Ez az érték az 1,53 Mbps hasznos adatsebességből, a hozzáadott 0,93 Mbps hibajavítással és a csatornakódolásból adódik ki. A beírás NRZ mód.



- A hibajavítás itt is, ahogy az összes digitális szalagos felvételnél a páros-páratlan minták és a burstös hibák elleni védelmet, mely az RS-kódoló után jön.
- Ez valósítja meg az interleaving-et, a burstös hibák elleni védelmet, mely az RS-kódoló után jön.
- Így létrejönnek bal-páros, bal-páratlan, jobb-páros és jobb-páratlan minták. Ha ezeket ügyesen „szórjuk szét”, akkor hatékony lesz az interpoláció a rendszerben.

Befűzés, csikelrendezés

- A szalag a fejdob előtt 8,15 mm/s -os sebességgel halad el. A szalag futási irányához képest a fejdob 6 fokkal dől, így a fej és a szalag között 3,133 m/s-os relatív sebesség jön létre.
- Az áthallások elkerülése végett a két fej között ún. azimut eltolást alkalmaznak: a fejrészek egymáshoz képest +/- 20 fokkal elforgatott helyzetűek.
- Az adott sávot csak a megfelelő résferdeségű fej képes olvasni. A ferde sávokat a szalagon hosszanti irányban két segédsáv határolja, melyeknek különleges funkcióik vannak.
- A fejdob forgása merőleges ill. elforgatott a szalag haladási irányára, ezért alakul ki a ferdesáv (helikális befűzés).
- A mágnesszalagot adott szögben egy dob körül vezetik úgy, hogy a szalag emelkedése a mágnesszalag szélességének feléljen meg.

Digitális mágneslemezes rögzítés

- Két alapvető fajtája van: a veszteségmentes, hard-disk alapú professzionális felhasználás, illetve az általában veszteséges adattömörítést alkalmazó konzumelektronikai.
- Az előbbivel a sokcsatornás stúdiómegoldás és az otthoni (CD grabbelés)
- Utóbbi: MiniDisc (MOD)

MiniDisc (MOD)

- MiniDisc nem professzionális eszköz, a stúdiókhoz alkalmazatlan (ellentétben az R-DAT-al), mert veszteséges adattömörítést alkalmaz.
- MP3-szerű, itt ATRAC-nak hívják az eljárást.
- Célja volt: hordozható (MiniDisc walkman) és könnyen felhasználható irható/törölhető eszközt adni a felhasználók kezébe.
- Nem professzionális és nem is életképes (nem kompatibilis, drága)
- Alternatíva: MP3 (CD-n vagy memórián)
- MOD a Magenta-Optical-Disc rövidítése, magyarul a mágneses-optikai lemez. Az ilyen lemezek tulajdonsága, hogy a rögzítés a lemezen mágneses elven történik (doménekben), de a kiolvasás optikai utón, lézerrel történik. A lézer a beírás során is részt vesz a folyamatban. A MOD lemezt tehát úgy képzeljük el, mint egy kis floppy lemezt, amit lézerrel olvassunk ki.

- MiniDisk 1992, CD-R 1989
- Otthonra a CD-R drága, PC is kell hozzá, és nem mobil (rázkódás!)
- MiniDisk: rázkódásvédelmes, törölhető, párhuzamos hozzáférésű, de veszteséges.
- A CD-ROM megvalósításához hasonlóan az MD Adat rendszer is az audio MD-re épül. A 140 Mbyte-os kapacitás.
- Két különböző típusú hordozó réteg és háromféle lemez létezik. Az egyik a CD-hez hasonló szokványos lemez, amely alumínium fényvisszaverő réteggel és beleégetett jel mintázattal (pittek) rendelkezik.
- A második típus az írható lemez, amely széles barázdákkal bevont magneto-optikai hordozó réteggel rendelkezik.
- A harmadik típusú lemezen van előre égetett és írható réteg is. Minden MD rendszernek képesnek kell lennie ezt a három típusú lemezt lejátszani.

- Az optikai fej és a lemezhez érő mágneses fej egymással szemközt helyezkednek el a lemez két oldalán, közrefogva azt. Mágnesesmező moduláció esetén egy félvezető lézer folyamatosan megvilágítja a felületet, mintegy 4,5 mW teljesítménnyel. Amikor a fénypont a lemezre esik, a felszíni réteg hőmérséklete kb. a Curie pontig emelkedik (kb. 180 °C). Amint a fénypont továbbhalad a réteg hőmérséklete csökkenni kezd. Ez a folyamat állandóan ismétlődik. Amikor N (E) vagy S (D) mágneses mezőbe kerül a pont amit a lézer besugárzott egy-egy 1-t vagy 0 -t rögzít a rendszer.
- Az előre elkészített és az írható MD rögzített jele nagyon hasonlít a CD-nél alkalmazotthoz: EFM-et (Eight-to-Fourteen Modulation) és CIRC-t (Cross Interleaved Reed-Solomon Code) alkalmaznak.
- ATRAC: Adaptive Transform Audio Coding

Analóg és digitális soksávú rögzítés

- Kezdetben a sztereó felvételeket két mikrofonnal készítették.
- A többcsatornás rögzítés azt jelenti, hogy annyi csatornánk van, ahány mikrofonunk. Ez tipikusan 4, 8, 16, 24, 48 stb. csatornaszámok szoktak lenni.
- A szalagosokat lineáris editoroknak is nevezzük, hiszen a hozzáférés az adatokhoz, a csatornák egyes részeihez soros módon történik: oda kell csévélni a szalagot. Ez nagyon sok időbe telik és pontos időköz szinkronizációt igényel. Lineáris editor tehát lehet analóg és digitális is, de mindenképpen szalagos. A nem lineáris editorok ennél jobbák, ez a szinonimája a hard-disk alapú merevlemez rögzítőknek. A PC otthon is ilyen eszköz.
- Az ilyen felvevőknek (szalagos esetben) annyi lejátszó, felvevő és törőfeje van, ahány csatornán dolgozik. A hozzá tartozó szalag is lényegesen vastagabb a megszokottnál, mert párhuzamosan több csatorna fut.

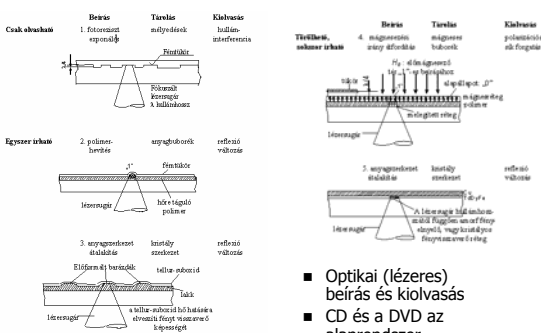


- A sztereó hangkép nem a felvétel során áll elő, hanem a hangmérnök keveri ki a keverőasztalnál a felvett csatornákból.
- A nagy előnye a dolognak, hogy nem kell egyszerre zenélni (rájátszás).
- Különösen az énekes szokott többször próbálkozni, és akár tucatszor is felénekel ugyanazt a számot, majd kiválogatják belőlük a legjobban sikerült részeket.
- Az utólagos korrekciós lehetőségek is szélesebbek: nem kell az egész felvételt, elég az adott sávokat változtatni, vágni, erősíteni, sebességet változtatni, effektekkel dúsítani.
- Van undo!
- A csatornaszámmal együtt a szalag szélessége is növekedett (4 sávhoz 1 collos szalag, 24 sávhoz már 2 collos kellett).
- Manapság merevlemezesezések vannak.

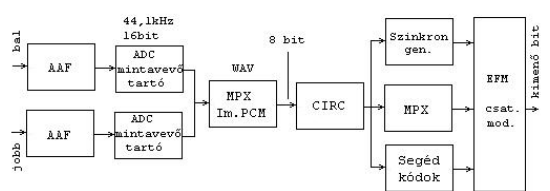
- Fostex 8 csatornás merevlemez rögzítő, 1.3GB SCSI HDD-vel



Lézerlemez rendszerek



CD felvétel

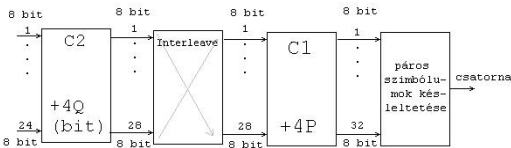


Az AAF szűrőnek 2050 Hz-es tartományban kell lefutnia: 9-ed rendű meredek szűrő: rossz a fáziskarakterisztikája (70 dB csillapítás).

Tűlmentételezés segít ezen: pld. kétszeres frekvencia, majd digitális LPF és végül minden második minta elhagyása.

Hibajavítás

- CIRC
- A szabvány 220 hibás blokkot enged meg (/sec), míg a kiolvasott mennyiség 7350 blokk/sec. Ezek javíthatók.
- A keresztátszövés max. 450 bájt hosszú hiba ellen véd.
- Bithibaarány (nyers) $10^{-5} - 10^{-6}$, CIRC javítás után $10^{-9} - 10^{-10}$



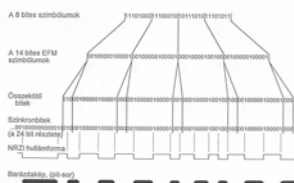
Csatornakód

- A csatornakódoló a „hordozóhoz illeszti” a bitfolyamot.
- Az R-DAT-nál ETM volt a neve. Előbbi az eight-to-fourteen (nyolc a tizennégyhez) míg utóbbi az eight-to-ten (nyolc a tízhez) modulációt hajtja végre.
- A bemenetre érkező nyolcbites szóhoz (akármit is jelentsen az) egy tizennégy (illetve a másik rendszer egy tíz) bites szót rendel, lecseréli azt.
- 8 bites szavakból 256 van, 14 bitesekből ennél 2^6 -szor, azaz 64-szer több. Ebből azonban mi továbbra is csak 256 darabot fogunk felhasználni, de úgyesszen kiválogatjuk előbb a „legjobb” 256 darabot.
- A CD elve az, hogy bármelyik kódszó között ilyenkor legalább 3 bitnyi különbség (Hamming-távolság) legyen. A maximumra is van korlát: 11-nél nagyobb távolság sem megengedett (a szinkron bitek miatt).
- Ki tudunk választani 256 darab 14 bites kódszót, amire ez igaz. Ha tehát bithiba történik, azt felismerhetjük és javíthatjuk is. Az alábbi táblázat néhány példát mutat a kódszavak megfeleltetésére, magyarára a kódolás nem több, mint egy táblázat két oszlopának összevetése.

Az EFM (Eight to Fourteen Modulation) kódolás

Adat szimbólumok	Csatorna szimbólumok
0 00000000	01001001000000
1 00000001	10000100000000
2 00000010	10010000100000
3 00000011	10001000100000
4 00000100	01000100000000
5 00000101	00000100010000
6 00000110	00010000100000
7 00000111	00100000100000
8 00001000	01001001000000
9 00001001	10000001000000
10 00001010	10010001000000

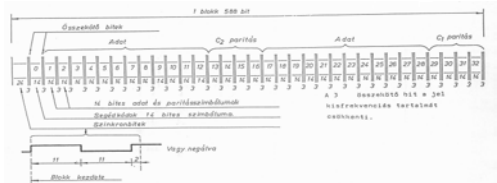
A kódolás táblázat



A csatorna szimbólumok konverziója a kódolási táblázat alapján

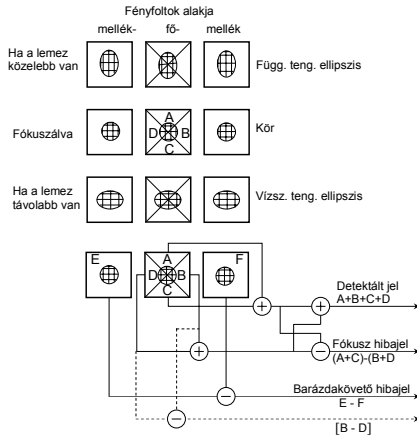
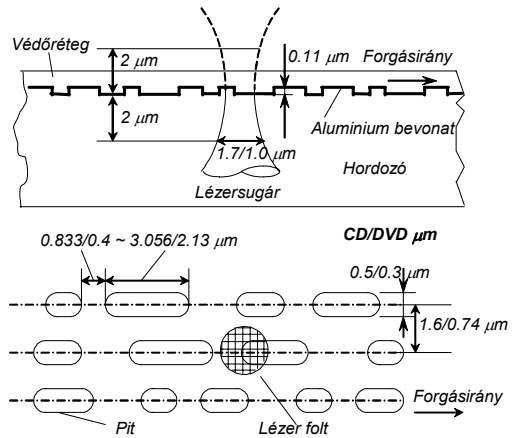
Bitkiosztás

- A csatorna blokk 32 darab 8 bites szimbólumból áll. Az ETM modulátor ezeket 14 bitesre cseréli le.
- Az utolsó lépés, az ún. kislekencés segédbitek, amelyek 3 bitből állnak és minden 14 bites szó közé bekerülnek. Ezek célja csak az, hogy megelőzzék a túl hosszú 1-ből és/vagy 0-ból álló sorozatokat.
- A szinkron 24 bite 11-11 darab egyesből és nullából + 2 bitből áll, ami a keret elejére kerül – így adódik ki az 588 bit. (0,163 mm)

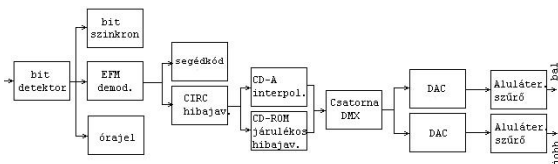


Kiolvasás

- A redundancia tehát a hibajavító, csatorna, szinkron kódokkal kb. háromszorosra növeli az adatmennyiséget (4,3 Mbps).
- A kiolvasás (lejátszás) elve a hulláminterferencia. A hordozó műanyag (poliakrilát) törésmutatója pontosan 1,5. A beeső lézer 30 fokban érkezik, amely 20 fokban törési szögben folytatódik a hordozóban. A fókuszálás a hordozón áthaladva a tükrös felületre van beállítva. A kiolvasandó felület tehát a címke oldalán van a lemezen, belül. Nem csak a piteket (mélyedések), hanem a land-ek (normál felületek) és a spirálok közötti „senkiföldje” is tükröz, visszaveri a lézert.
- A mélyedések mélysége pontosan szabályozott: a kiolvasó lézer hullámhosszához a negyede. A beeső lézerrel tehát két dolog történhet: vagy nem lát mélyedést és úgy verődik vissza, vagy igen, és akkor a mélyedés aljáról. Utóbbi esetben a $\lambda/4$ mély gödörből visszaverődve, összesen $\lambda/2$ útkülönbséggel hosszabb utat fog bejárni ahhoz képest, mint a mélyedésből verődnie vissza.
- A lézer hullámhossza a polikarbonát hordozóban 500 nm-re csökken, ezért a pitmélység 125 nm.
- Nem is egy lézertípust használnak, hanem hármat (két segédfolttal), melyek iránytartása segít a barázdakövetésben.



- Lineáris kerületi sebesség: CLV:**
 - A beégetés állandó sebességgel égeti a lemezt
 - A lemezen a lyukméret állandó
 - A lemez fordulatszáma csökken, ahogy a fej középről kifelé halad
 - 2,52 a sebességváltozás aránya
 - A 60 percnél hosszabb lemezek 1,4 helyett 1,2 m/s sebességűek
- A beérkező sugár 70%-a verődik vissza kiolvasáskor, ill. 25% „kioltáskor”.
- A beírás NRZI: a pitek széle 1-es, közöttük a pit vagy a land „0”. A minimális hibamentes működéshez legalább két 0 kell két 1 közé: 3T korlát. 10-nél több nulla nem lehet, mert kiesik a rendszer a szinkronból: ez a 11T korlát. A csatornakód (14 bites EFM + 3 bites összekötők) szerepe ennek biztosítása.



- Interpoláció vagy mintaérték-tartás (max. 13282 minta)
- CD-ROM-nál nincs interpoláció: járulékos hibajavítás (Row ill. Column Check Byte)

Lejátszók

- Multibites D/A meredek kimeneti aluláteresztő szűrővel (futásidő torzítás!)
- Túlmintavételező digitális szűrő*, multibites D/A, lankásabb analóg kimeneti aluláteresztő szűrő
- Kevés-bites (akár 1 bites), digitális szűrők, igen szolid kimeneti aluláteresztő szűrő.

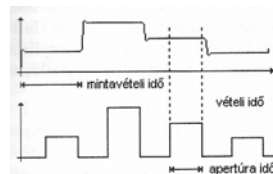
*A lejátszóban található 20-24 bites átalakítók számítási eredmények miatt pontosabbak, de ettől még a lemezen 16 bites adat van.

Digitális túlmintavételező szűrő

- Digitális szám jön be és megy ki
- Ideális aluláteresztő szűrő a digitális tartományban (D/A előtt)
- FIR szűrő
- Nullával való feltöltés: pld. 8x esetben minden minta közé hét nulla kerül
- Ezt a sorozatot digitális 22050 Hz-en vágó szűrőre vezetik (ezt nevezik interpoláló szűrőnek), mert a kimeneten a nullával figyelembe vett értékek interpolációval kapnak értéket.
- A kimeneti interpolációs pontok bitértéke nagyobb a számítások miatt: 20-28 bit.

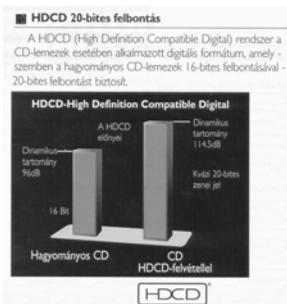
Kimeneti mintavételezés

- Gyakran van a lejátszóban a D/A UTÁN egy mintavevő-tartó.
- Célja a hibák csökkentése, pld. több-bites átalakító bitjei nem egyszerre kapcsolnak (apró tüskék, glitch-ek keletkeznek, ami torzít)
- A mintavevő csak akkor vesz mintát a D/A kimenetéből, ha az már „beállt” és így tartja, rekonstruálja az eredeti „szép” mintavett jelet.



HDCD

- High Definition Compatible Digital, amely a 16-bites CD-kel kompatibilis, de nagy felbontású, nagy dinamikájú felvételeket tesz lehetővé.
- A CD szabvánnyal kompatibilis, de megfelelő készülékkel jobb minőséget szolgáltató rendszer és lemezek.
- A korongok lejátszhatók bármely CD lejátszón (a jobb analóg és ditherelési eljárások okán a szokásos 16 bitesnél is jobb minőségben), de HDCD üzemmódhoz a megfelelő dekóder chip is szükséges.
- A HDCD kódolás öt lépése: az analóg jel digitalizálása, a 88,2 kHz PCM folyam 44,1-re törtenő decimálása, a 120 dB-s dinamika 96-re csökkentése, ditherezés és a dekódoláshoz szükséges rejtett vezérlőkódok beillesztése.



- A vezérlőkódok a lejátszónak szükségesek, amely képes „kibontani” a 16 bites mintákból a 20 biteseket. A felvételkor az analízátor nem csak a kódernek ad parancsokat (parancsszavakat), hanem azokat beteszi kód formájában a mintákba is.
- Ezek a kódok a legkisebb helyiértékű 16-dik bitbe kerülnek.
- Hogy a mintákat ez ne zavarja meg, az interleave-hez hasonló eljárással összekeverik azt és így a mintákban mint véletlen zaj fog megjelenni.
- Mivel a parancsok az időnek csak 2-5%-ban jönnek, ennyi „vesztesség” elfogadható, hiszen az ilyen minták csak 15 bitesek, nem pedig 16. Így bármilyen PCM rendszer tudja használni az ilyen mintasorozatot.



- A hátrány, hogy az ilyen mintákon semmilyen utómunkát nem lehet végrehajtani (mint ahogy egy WAVE adatsoron), mert a 16-dik bit szoros kapcsolatban áll 38 másikkal mellette. Beavatkozáshoz dekódolni kell az anyagot 20 bitesre. (Az MP3 is ilyen rendszer: ott sem lehet a mintákat szerkeszteni, csak dekódolás után.)
- A dekóderben a 16-dik bit mindig kiolvasásra kerül egy inverz-leptetőregiszterrel és ha parancskódot talál, akkor azt kinyeri.
- A dekóder egyetlen monolit IC.

A kapacitás számolása

- Az írható és újrainírható lézerekkel gyakran zavaró módon tüntetik fel a tárolókapacitást. Egy CD esetében a számolás így néz ki (nettó):

$2352 \text{ [byte/sector]} * 75 \text{ [sector/sec]} * 60 \text{ [sec/min]} = 10\,584\,000 \text{ [byte/min]}$
 $44100 * 16 \text{ [bit/sec]} * 2 \text{ csatorna} * 60 \text{ [sec/min]} / 8 \text{ (bit/byte)} = 10\,584\,000$

$10\,584\,000 / 1024 / 1024 = 10,093688 \text{ MByte/perc.}$

- A „74 perces-640 MB” CD esetén (nettó)
 - 747 MByte raw space szükséges a zenéhez
 - 640 áll rendelkezésünkre adathoz. Az utolsó 14 perc a lemez szélétől 5 mm-re esik, itt sok lehet a hiba, ezért a korlátozás
- A logikai szektorok mások a különböző típusokhoz (CD-ROM-hoz) és van járulékos hibajavítás is.
- Csatornasebesség: $588 \text{ bit} * 98 \text{ frame/sector} * 75 \text{ sector/sec} = 4,321,800 \text{ bps}$.
- Egyszeres CD lejátszás sebessége: $2048 * 75 = 150 \text{ kbyte/sec}$.
- A 4,7 GB felíratú írható DVD lemezekre sem fér rá ennyi, csak mindössze 4,35 GB. Ugyanis a $4,35 * 1024 * 1024 * 1024 = 4,7 \text{ GB}$, de a felíratnál a Gígát egyszerűen 10^9 -nek vették.

DVD



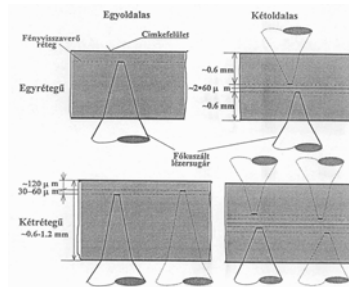
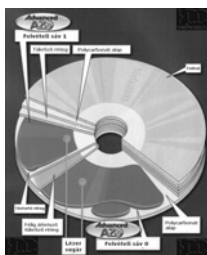
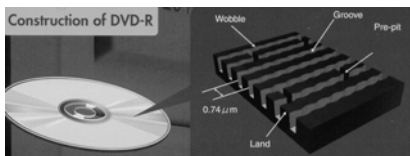
- A DVD rövidítés: Digital Versatile Disc (sokoldalú lemez), vagy az újabb a Digital Video Disc.
- A cél az volt, hogy
 - megtartsák a CD-nél megszokott 12 cm átmérőjű lemezt.
 - A DVD lejátszók kompatibilisek legyenek „lefelé”, azaz képesek legyenek lejátszani a CD-ket (gyárit és írottat), valamint a VCD (Video CD) lemezeket is.
 - Ráférjen legalább egy film, extra szolgáltatásokkal, melyek a videón nem lehetségesek (pld. több nyelvű hang, feliratok, közvetlen jelenetválasztás, extrák stb.)
 - Régiókódolt legyen és másolásvédezt.
- A probléma megoldás kettős volt: egyrészt a lemez technológiailag lett fejlettebb: sűrűbbek és vékonyabbak a pitek, így eleve több adat kerülhet egy oldalra. Továbbá, két réteget hoztak létre, amely ismét megduplázta egy oldal adatmennyiségét.

- A kétrétegű lemezek „felső” rétege féligáteresztő jellegű, így arra a lézer nem csak ráfókuszálni tud, hanem át is haladni. A kiolvasás elve pontosan ugyanaz, mint a CD-nél, csak itt pontosabb fókusz és sávkövetés szükséges.
- Lehetőség van továbbá két oldalas/két rétegű lemezek gyártására is, azonban utóbbi nem terjedt el. Ennek oka, hogy technológiailag egyszerűbb és olcsóbb két darab egyoldalas lemezt elkészíteni, és „látványosabb” is.

Írható formátumok

- A DVD-knél is előkerült az írható, újrainírható szabvány:
 - A VHS videózást előbb-utóbb leváltja
 - DVD-R és a DVD+R, sőt, a Panasonicnál a DVD-RAM szabvány is.
 - DVD+R DL (dual layer) írók és lemezek. Ezek a 4,7 GB helyett már két rétegben tudnak 8,5 GB-t felírni.
 - A 4,7 GB valójában 4,35 GB, mert előbbinél nem az 1024-es váltószámot használják.

Construction of DVD-R



Lemez típusok kapacitása

Átmérő	EgyRétegű EgyOldalas	Kétrétegű EgyOldalas	EgyRétegű KétOldalas	Kétrétegű KétOldalas
12 cm	4.7 GByte	8.5 GByte	9.4 GByte	17 GByte
8 cm	1.4 GByte	2.6 GByte	2.9 GByte	5.3 GByte

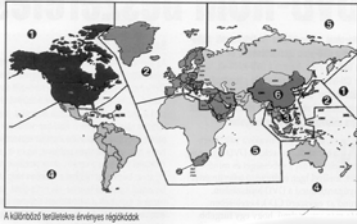
1 GByte (dec.) = 10^9 Byte = 1 000 000 000 Byte,
 1 GByte (bin.) = 2^{30} Byte = 1 073 741 824 Byte.

Tömörítés (MPEG)

- 5 GB sem elég a tömörítetlen adatok rögzítésére. Ne feledjük, hogy a színes kép sebessége 80-200 Mbps, a sztereó hangé újabb 1,4 és ekkor még nincs semmiféle hibajavító kódolás!
- A megoldás aztán az MPEG 1 és 2 kép- és hangtömörítési eljárás.
- A többletszolgáltatások: interaktív, animált (mozgó) menük, amelyeket a távkapcsolón át érhetünk el, összesen 8 különböző hangsv (nyelv) és 32 felirat helyezhető el a szabvány szerint, melyek bármelyike lehet többszörös tömörített (Dolby Digital, dts) vagy lin. PCM. Változó képarányok (4:3, 16:9, anamorf szélesvásznú), gyermekzár, koncerteknél különböző kameraállások, karaoke opció és kiváló képmínőség tartozik a lehetőségek közé.
- Az MPEG-2 egy kifinomult tömörítési technológia, amelyet a **Motion Pictures Expert Group** (Mozgóképek Szakértők Csoportja) fejlesztett ki. Számos algoritmust tartalmaz, amelyek a videóképeket ismétlődés és redundancia szempontjából vizsgálják. Ezzel lehetővé válik a lejátszáshoz szükséges adatok nagyságrendekkel történő csökkentése. Minden DVD lejátszó beépítésben található egy MPEG-2 dekódoló chip, amely a film kitömörítéséről gondoskodik a lejátszás során.

Jogok

Régiókód



A különböző területekre érvényes régiókódok

Másolásvédelem (már feltörték) „ripelés”

Macrovision

Hogyan tovább?

- Kilenc nagy vállalat: a Blu-ray lemezek a jelenlegi 4,7GB helyett 27GB adatot bírnak tárolni, azaz filmre átszámítva, VHS-minőségben 133 perc helyett 13 óra fér az új lemezekre.
- 405 nm ultraibolya lézer, 0,16 mikronos min. pithosszúság
- Bitsebesség: 36 ill. 72 Mbps (1x ill. 2x).
- Kisebb forgási sebesség, kisebb lézerteljesítmény
 - 10000 RPM, ami 12x sebesség, a külső peremen elérhető adatsebesség 400 Mbps
 - Terv a 8x, ami 288 Mbps
- A digitális televízió (HDTV) műsorainak rögzítéséhez szükség lesz a megnövelt tárhelyre, ezekből az adásokból ugyanis a 27GB-ra is csak két óra fog felférni.
- Támogatja a lejátszó a WMV formátumot is.
- A Blu-ray lemezek a két lézerről kapták nevüket. A vörös lézert leváltó technológia jóval nagyobb sűrűségben képes jeleket préselni a hagyományosan 12 centiméter átmérőjű korongokra. A Blu-ray lemezek természetes evolúciója lesz az egyrétegű, 30GB-os lemez, majd a kétrétegű 50GB adatot felhalmozó változat.
- A HD-DVD ennek konkurenciája volt, de 2008 tavaszán „kihalt”.

BD vs. DVD

Parameters

Storage capacity (single-layer)
Storage capacity (dual-layer)
Laser wavelength
Numerical aperture (NA)
Protection layer
Data transfer rate (1x)
Data transfer rate (movie application)
Video compression

BD-ROM

25GB
50GB
405nm
0.85
0.1mm
36.0Mbps
54.0Mbps (1.5x)
MPEG-2
MPEG-4 AVC
SMPT VC-1

DVD-ROM

4.7GB
9.4GB
650nm
0.60
0.6mm
11.08Mbps
10.08Mbps
MPEG-2

A BD lemezek maximális tudása 1920*1080 (1080p) pixel a képszabványban, mely a HDTV-t is felülmúlja, csak megfelelő megjelenítő és HDMI 1.3 kell hozzá.

Parameter	BLU-RAY-R	DVD-R	CD-R
Média típus	Egyszer írható	Egyszer írható	Egyszer írható
Hullámhossz (felvevő)	405 nm	635 - 645 nm	775 - 795 nm
Hullámhossz (lejátszó)	405 nm	635 - 650 nm	770 - 830 nm
Felvételi lézer teljesítmény	nincs adat	6 - 12 mW	4 - 8 mW
Lencsenyílás (felvétel)	0.85	0.60	0.50
Lencsenyílás (lejátszás)	0.85	0.60	0.45
Tükrözés	nincs adat	R14H > 0.6	RTOP > 0.65
Lemez átmérő	120 mm	120 mm	120 mm
Lemez vastagság	1,2mm	nincs adat	nincs adat
Optikai tükröző/védő réteg	0,1 mm	nincs adat	nincs adat
Jelméret	0,16-0,138 µm	0,4 µm	0,834µm
Legkisebb vajat- távolság	0,32 µm	nincs adat	0,8 µm
Video formátum	MPEG2 video	nincs adat	nincs adat
Audio formátum	AC3,MPEG1, Layer2 stb.	nincs adat	nincs adat
Video-audio multiplex formátum	MPEG2 transport stream	nincs adat	nincs adat
Másolás védelmi típusok	ID alapú, nem közzölt	CSS, CPRM	nincs adat
Cartridge méret	12X131X7 mm		

HD DVD

- Toshiba és NEC
- Olcsóbb, könnyebb előállítani
- Szintén kék lézert használ
- Lásd még: <http://www.blu-ray.com/>

Parameters	BD-ROM	HD-DVD-ROM
Storage capacity (single-layer)	25GB	15GB
Storage capacity (dual-layer)	50GB	30GB
Laser wavelength	405nm	405nm
Numerical aperture (NA)	0.65	0.65
Protection layer	0.1mm	0.1mm
Data transfer rate (1x)	36.0Mbps	36.55Mbps
Data transfer rate (movie application)	54.0Mbps (1.5x)	36.55Mbps
Video compression	MPEG-2 MPEG-4 AVC SMPTE VC-1	MPEG-2 MPEG-4 AVC SMPTE VC-1

Parameters	BD-R -RE	HD-DVD-R -RW
Storage capacity (single-layer)	25GB	15GB
Storage capacity (dual-layer)	50GB	30GB
Laser wavelength	405nm	405nm
Numerical aperture (NA)	0.65	0.65
Protection layer	0.1mm	0.1mm
Data transfer rate (1x)	36.0Mbps	36.55Mbps
Video compression	MPEG-2 MPEG-4 AVC SMPTE VC-1	MPEG-2 MPEG-4 AVC SMPTE VC-1

HD hangformátumok

	HD DVD			Blu-ray Disc		
	Státusz	Maximális csatornaszám	Maximális adatátviteli sebesség	Státusz	Maximális csatornaszám	Maximális adatátviteli sebesség
DOLBY TRUEHD	Kötelezően választható	8	18 Mbit/sec	Opció	8	18 Mbit/sec
MLP LOSSLESS	Kötelezően választható	6	9,6 Mbit/sec	-	-	-
DOLBY DIGITAL PLUS	Kötelezően választható	7.1	3 Mbit/sec	Opció	7.1	1,7 Mbit/sec
dtc-HD Master Audio	Opció	8	18 Mbit/sec	Opció	8	24,5 Mbit/sec
dtc-HD High Resolution Audio	Opció	8	3 Mbit/sec	Opció	8	6 Mbit/sec

DD+

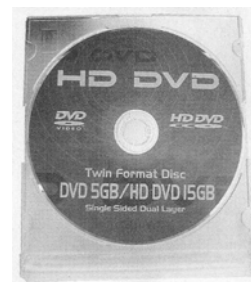
- A hálózathoz csatlakozó médialejátszó egy lemez lejátszása közben képes megszolgáltatni a párhuzamosan az Internetről érkező (streaming) hangműsort.
- Akár 6 Mbps adatátviteli sebesség mellett, az 5.1-csatornás, 640 kbps Dolby Digital-hoz képest, sokkal jobbminőségű 7.1-csatornás hang, vagy akár 13.1 diszkrét hangcsatorna kezelése lehetséges.
- A HDMI csatlakoztatást használja.
- Csatornaszámban rugalmasan bővíthető mivel mind a nagy-, mind a korlátozott sávszélességű rendszerekhez megfelelő kódolási hatékonyságot kínál.
- Ezek a tulajdonságok alkalmassá teszik a Dolby Digital Plus-t, hogy bármilyen más szoftverrel párhuzamosan lehessen vele hangtartalmat továbbítani, például kábelén vagy Interneten.

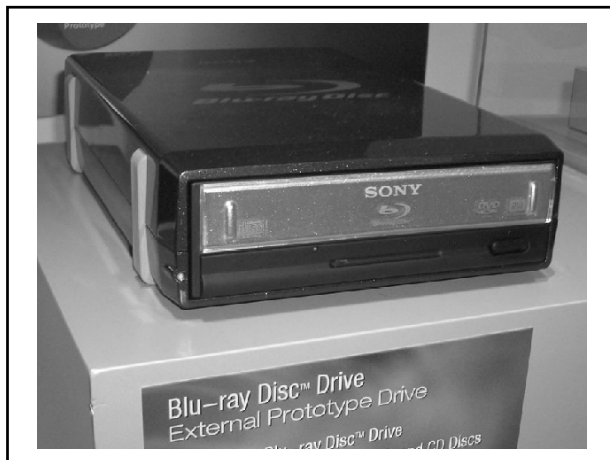
MLP lossless, DTS HD

- A DVD-Audio lemezekeken már használatos MLP Lossless technológiát is „mandatory” formátumként választották a kétcsatornás, tömörítetlen, nagyfelbontású hangok megszolgáltatásához.
- A DTS++ jelzéssel azonosított technológia nagyobb adatátviteli sebességet, tömörítetlen hangátvitelt és további csatornák átvitelét teszi lehetővé. Találkozhatunk majd 1,5 Mbit/sec adatátviteli sebességű, tömörítetlen, azaz az ún. „master” hanggal bitről-bitre megegyező DTS++ hangsávval. Természetesen lehetőséget biztosít a technológia a nagyobb mintavételi frekvenciájú DTS 96/24 és akár 7.1 csatorna továbbítására is az új Blu-ray Disc és HD-DVD lemezekeken.

Dolby TrueHD

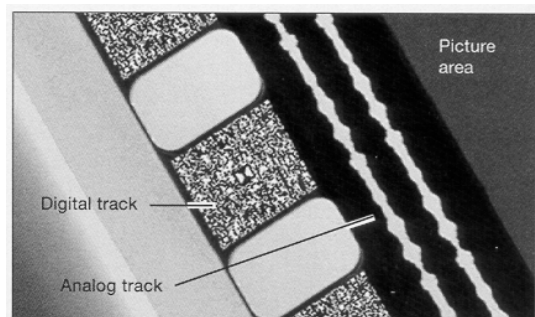
- A *Dolby TrueHD* a leghatékonyabb veszteségmentes (lossless) kódolást biztosító audió technológia, mely nagyfelbontású hanglejátszást garantál minden lejátszóról.
- 18 Mbit/sec maximális adatátviteli sebességével támogatja a 96 kHz/24 bites felbontást, a jelenlegi lemezformátumok esetében nyolc (7.1 csatornás surround) csatornán, de ez akár 14-re is bővíülhetne.



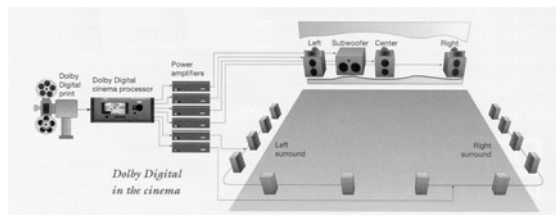


Filmszínház és hangrendszerek

- A Dolby Digital 5.1 csatornát hordoz (1992 Batman visszatér)
- A nagy vászon miatt és a nagy terem miatt nem egy, hanem több hangszóró is sugározza ugyanazt a csatornát.
- A filmszalag szélén egy kétdimenziós kód hordozza a digitális hanginformációt.
- A DD EX extrapolálja a hátsó középső csatornát a két hátsó szélsőből. Az analóg hang minden szalagon megtalálható.
- A DD kód a filmszalag perforációja között van, ami kihasználatlan terület volt ez idáig és a legkevésbé sérülékeny rész.
- A hagyományos hangcsík érintetlenül marad a kompatibilitás céljából. Ugyanezt a DD-t használják a televízió műsorszórásban, amihez természetesen digitális beltéri egységre van szükség és azt digitálisan kell összekötni a dekódoló egységgel.
- A DD eljárás elég flexibilis, és megengedi a bitrate, csatornaszám stb. változtatását, maga az eljárás csak a kódolás módját tartalmazza (Audio Coding 3 = AC3).



Dolby Digital 35 mm print



dts, dtsES

- A DTS nagyon hasonló felépítésű, de a hanganyag nem a filmen van, hanem külön álló CD-n (általában két CD lemezen).
- A lejátszó és a CD egy időköddel van szinkronizálva.
- A DTS-ES hasonlóan kompatibilis és tartalmazza a hátsó középső csatornát.
- A dts nagyobb mint 100 dB dinamikát tesz lehetővé és általában jobb minőségű, mint a DD.



SDDS

- Sony Dynamic Digital Sound (SDDS) (1994 Utolsó Akcióhős) egy ritkábban használt formátum.
- Vagy 8 csatornás (center, center left, center right), vagy csak a szokásos hat.
- A nyolc csatornás csak kellően nagy vásznon esetén használható. A hang a filmen van rögzítve, nem CD-n.
- A digitális csatornák a lyukakon kívül vannak a film mindkét oldalán. A film fizikai korlátai miatt az SDDS 5.1-hez adattömörítést használ (ATRAC, mint a MiniDisc-nél). Átvitel 20-20000 Hz, 44.1 kHz mintavétel, 90 dB minimális dinamika.
- Hátránya, hogy drága és sérülékeny.



THX

- THX egy minősítési eljárás és egy minőségi bizonyítvány a mozi számára (tehát nem hangrendszer, hanem „quality control”) a Lucasfilm védjegyével.
- Tartalmazza a terem borítását, méretét, külső zavarok elnyomását, hangszórók elhelyezését, a vetítés megengedett szögét, az alkalmazott hangszórók, erősítők és kábelek minőségét, a fényeket, mindezek kalibrálását, mérését és minősítését.
- Amikor egy filmszínház megépül, THX szakemberek jönnek ki bemérni és bevizsgálni a követelményeket, majd minden évben ellenőrzik és adják ki a „THX Certified” minősítést.



DivX

- Digital Video Express
- A normál DVD módosított változata és három fő részből áll. Divx lemez, Divx lejátszó és elektronikus kapcsolat modemén keresztül a Divx díjbeszedő központjával.
- Külsőre a Divx és a DVD lemezek azonosak, de a Divx lemezekre kódolt formában kerül fel a film. A lejátszáshoz egy külön dekódoló részre van szükség a készüléken belül, ami drágábbá teszi a Divx lejátszókat a hasonló kategóriájú DVD játésszókhoz képest.
- Ezzel ellentétben a Divx lemezek ára valamivel kedvezőbb, de használhatóságuk korlátozott. A filmet az első indítástól számított 48 órán belül lehet megnézni. Ez lehet a vásárlás napján vagy hónapokkal később is.
- A 48 órás időszakon belül a film bármikor megállítható ill. újraindítható. A 48 óra lejárat után újabb összeg befizetésével a film újra nézhetővé válik. A Divx központba a lejátszó a modem segítségével elektronikus úton küldi a befizetésről szóló információt.

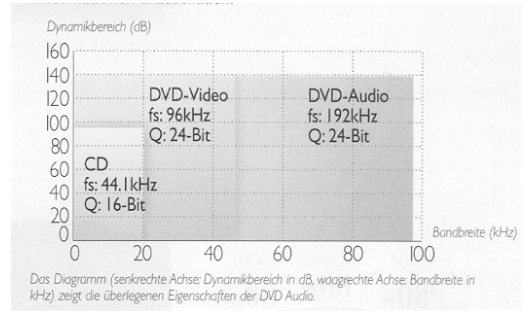
- Manapság ez másképp van, a divx egy elterjedt FORMÁTUMMÁ vált, amit számítógépen lehet lejátszani.
- Tartozik hozzá egy kódér illetve egy dekóder.
- A mai asztali DVD lejátszók ritkán támogatják a divx dekódereket, habár az MP3 már általános szolgáltatásuk.
- A Divx kodek beépül az operációs rendszerbe, így az összes lejátszó (Media Player, stb.) használni tudja.
- A kódolásra is van lehetőség, beállítható a hang és a kép paraméterei, felbontása, bitsebessége stb., és egy másfél órás film szinte DVD minőségben kerülhet rá egy CD-R lemezre (max. sztereó hanggal).
- A mai lejátszók képesek arra is, hogy a külön szövegfájlban (.sub kiterjesztés), a filmmel azonos nevű fájlban tárolt (egyébként egyszerű szövegfájl a megjelenítendő szövegről és annak időtartamáról) a filmeket automatikusan feliratozzák.

High definition audio

- A DVD Video és Audio alapja a DVD ROM. Ugyanaz a hordozó, csak eltérő mennyiségű és minőségű hang ill. képanyaggal.
- DVD-V: AC3 (Dolby Digital) 5.1 hangsáv kerül a lemezre, mely max. 448 kbit/s bitsebességet engedélyez.
- A DVD Audio esetén a hangsúly a hangon van. A szabvány szerint lehetőség van hat csatornán kihasználni a 96 kHz/24 bit felbontást az ún. Meridian Lossless Packing (MLP) veszteségmentes tömörítő eljárással, hasonlóan a WinZip elvéhez.
- Továbbá lehetőség van egy sztereó 24bit/192 kHz-es hang rögzítésére is. Lehetőség van az ún. "Scalable Audio" megoldásra, ahol a hat csatorna eltérő mintavételi frekvenciával dolgozik egy időben.

- Videoanyag is rögzíthető a korongra, de tekintettel a nagy hangadatra, ez általában rövid és inkább állóképek sorozata.
- Lehetőség a Real-time-text, amely vagy a lejátszó kijelzőjén vagy a monitoron (TV-n) jelenik meg, pl. kotta vagy dalszöveg.
- Az MPEG video itt legfeljebb egy videoklip hosszúságú lehet (esetleg Making of Video) és teljesen megfelel a DVD-Video szabvány előírásainak.
- A DVD Audio player mindegyike lejátszsa a DVD Video formátumú lemezeket is. A csak DVD Video lejátszók nem tudják a DVD Audio információt lejátszani.

- A DVD Audio nem védett régiókkal.
- A másolásvédelem első lépése a CSS-2 (Copy Scrambling System) illetve a SACD-nél is ismert vízjel. Ez egy el nem távolítható "származási azonosító", amely alapján másolatok sokasága után is visszakövethető az eredet.
- A vízjel nem akadályozza meg a másolást, de a másolatot illegálisnak tüntet(het)i fel. A cél nem a saját célú másolások megakadályozása, hanem a nagyüzemi hamisítás.
- DVD AUDIO READY kell legyen minden eszköz!



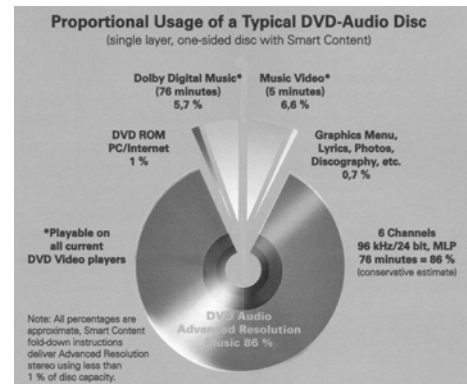
DVD-Audio versus DVD-Video

DVD-Audio

- Audio format
- 44.1 - 192 kHz
- 16 - 24 bit
- 1 - 6 channels
- ≤ 9.6 Mbps for audio → compression less often required. Lossless Packing is standard.
- Simple TOC-navigation for audio-only players (walkman, car audio)

DVD-Video

- Audio format
- 48 & 96 kHz
- 16 - 24 bit
- 1 - 6 channels
- ≤ 6.144 Mbps for audio → compression is desirable: Dolby Digital, MPEG or DTS
- Navigation with visual menus

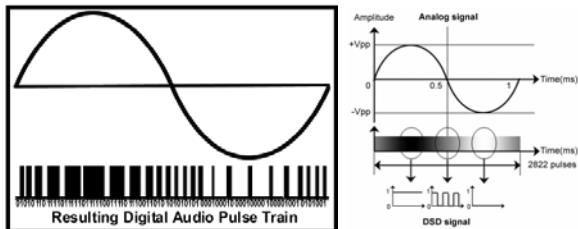


SACD

- A DSD felvételi eljárás (Direct Stream Digital) nagyon jó minőségű felvételt eredményez.
- A rögzítés közvetlenül a hangforrás után történik.
- Itt az analóg jelet 64-szeres túlmintavételezéssel 1-bites digitális jelle alakítják, de a PCM-el ellentétben nem hoznak létre multibites szavakat.
- A felvétel az eredeti 1 bites formátumban áll elő és eléggé érzékeny az átviteli útra és a csatornára.
- A mintavevő-tartó negatív visszacsatolás útján dönt a kimeneti bitről: ha egy mintavételi idő alatt a bemenő jel feszültsége nagyobb, mint a negatív visszacsatolásban érkező érték (ami az előző mintából származik), a kimeneti bit 1 lesz. Ennek következménye lesz, hogy a pozitív hullámforma 1, a negatív 0 bitet eredményez, míg a zérust az alternáló 101010...sorozat reprezentálja.

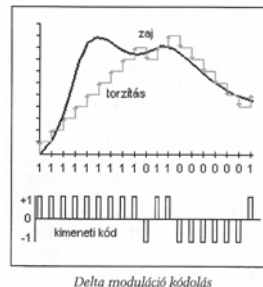
- A dekódoláshoz tehát elég egy egyszerű aluláteresztő szűrő.
- A bitsebesség 2 822 400 bps. A Super Bit Mapping Direct lehetővé teszi ennek 16 bites kompatibilis PCM-é alakítását, a maximális jelminőség megőrzése mellett.
- Könnyedén konvertálható egyszerű szorzással és osztással minden szokványos PCM mintavételi frekvenciára.
- A DSD bitfolyamból (mivel 1 bites jelsorozat) az analóg jel "láthatóan" előállítható, ellenben a PCM jellel, ahol a digitális PCM jelből az analóg jel viselkedése nem rekonstruálható.
- PDM: pulzus sűrűség moduláció: a pillanatnyi jelváltozással arányos az 1-0-sorozat sűrűségével.

DSD jelfolyam (PDM)

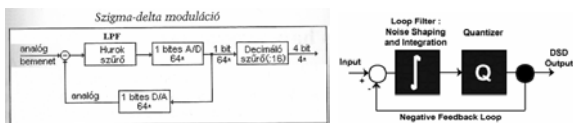


1-bites szigma-delta modulátor

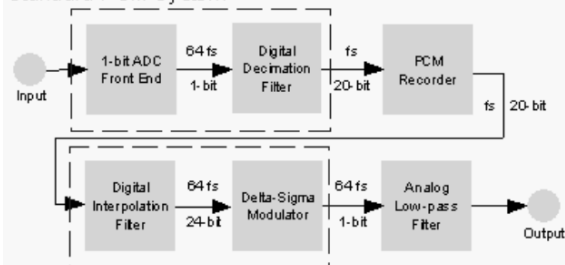
- Magas mintavételi frekvencia okán csak az egymás utáni minták különbségét „kódolja”.
- A túl meredek jelet torzítással viszi át (korlátozni kell a meredekséget), mert ha átlép egy meredekségi szintet, akkor is csak egy darab 1-t tud létrehozni. Nagyobb mintavételi frekvencia kell ennek elkerülésére. Létezik adaptív eljárás, ami a lankás (ill. egyenes) szakaszokhoz hosszú időt rendel, a meredekhez meg sűrűbb mintavételt.
- Az egy-bites AD-DA 64x túlmintavételezést használ.



- A mintavételezett analóg jelet LPF után 1 bites/64x-es jellé alakítjuk.
- Majd a hurokban negatívan visszacsatoljuk az analóg jelet (D/A után)
- A hurokszűrő az aktuális jelet és az előző minta kvantálási hibájának a különbségét kapja és integrálja: ha a minta nőtt az előzőhöz képest „1”, ha nem „0”.
- 1-bites átalakítónál a kvantálási hiba nagy, ezért a decimáló (mintaritkító) szűrő átlagolja azt, pld. 16-al osztja a frekvenciát és 4-bites PCM szavakat képez.
- Pld: 16 egymás utáni minta: 1001 0010 1100 0100, akkor az átlagolás értéke 6 (darab egyes van 16 darab bitben), ami négy biten a 0110 szónak felel meg. Így lehet 1-bites jelet „PCM szavakba decimálni”. E szűrő és lejátszói párja (az interpoláló szűrő) sok (re)kvantálási zajt ad hozzá, elhagyása javítja a felvétel minőségét: DSD!



Standard PCM System

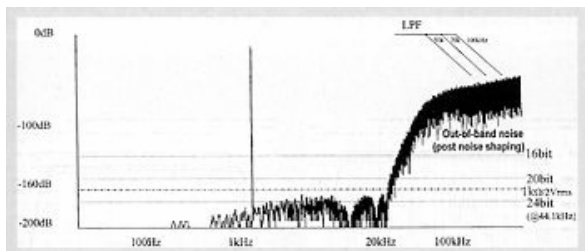


DSD System

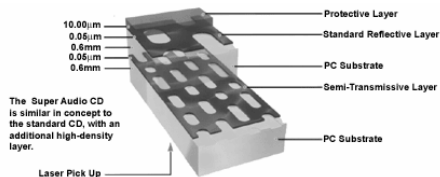


SACD spektrum

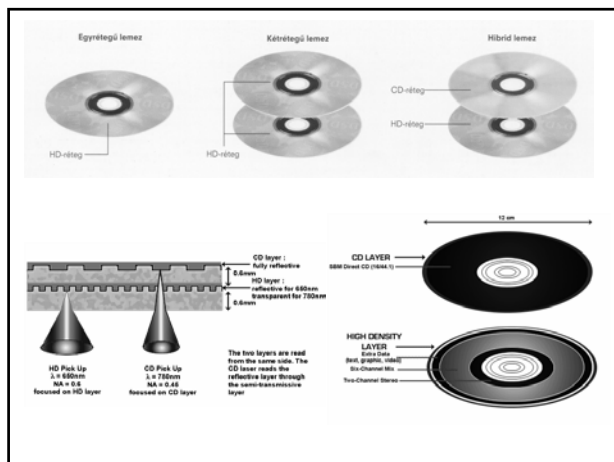
- Full-scale (0 dB) 1 kHz szinus jel, a 24 bites PCM minőség nem érhető el a sávban és a jel/zaj erősen romlik 20 kHz felett. A DVD-A 46 kHz-ig tudja a teljes „24 bites” minőséget.



- A SACD három változatban létezik: egy, két illetve hibridrétegű. Ez utóbbi egy normál CD réteggel és egy HD (high density) réteggel rendelkezik.
- A HD réteg tartalmazhat két vagy többszatomás (max. 6 csat) DSD folyamat, szöveget (dalcim, dalszöveg), videoklipet vagy grafikát. A CD rétegben egy különösen jó minőségű sztereó PCM hangfelvétel tárolható, amit a szokványos CD lejátszók is kezelni tudnak.

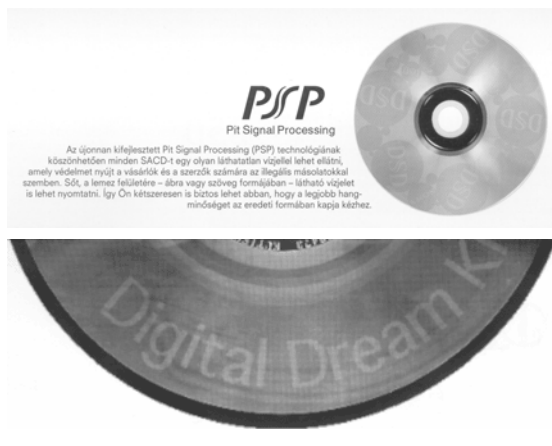


- A SACD lejátszók kezelik a régi CD formátumot is.
- A Direct Stream Transferring eljárással a DSD jel veszteségmentesen részben tömöríthető. A legegyszerűbb veszteségmentes tömörítés a futamhossz kódolás, amikor 8 egymás után következő azonos bitet 8*bit formátumban kódolunk. A DST ennél sokkal kifinomultabb (keretbefoglalás, predikció, entrópia kódoló), és jelentős 50%-os redukció érhető el vele!



- A másolásvédelem két különálló eljárást tartalmaz: A PSP (Pit Signal Processing) technológia lehetővé teszi, hogy egy szemmel is látható vízzel kerüljön a lemezre, ami lehet szöveg vagy ábra, grafika is.
- Mivel ezt nagyon nehéz reprodukálni, a kalózmásolatok szemmel is könnyen felismerhetők.
- A technológia továbbá lehetővé teszi egy láthatatlan vízzel elhelyezését is, amivel ismertetőjelet lehet hagyni a lemezen, pl. vonalkód formájában vagy egyéb törölhetetlen információt. A kalózmásolatot a lejátszó felismeri, és nem játsza le.
- A PSP rész tartalmaz a dekódoláshoz (descrambling) szükséges információt. Jelenleg lehetetlennek tűnik a házi íróknak, hogy PSP-t állítsanak elő. A másolt lemez, PSP nélkül nem játszható le más eszközön (pl. DVD-n) mert hiányzik a dekódoláshoz szükséges információ. PSP információ csak SACD hordozóra írható.

- A létező PC meghajtók nem tudják olvasni a SACD lemezt, mert a lead-in rész titkosított (scrambled). Ez rejtve tartja azokat a paramétereket, ami a lejátszáshoz, inicializáláshoz szükséges. Ezt SACD Mark eljárásnak hívják.
- A titkosítás feltörése drága és időigényes. Ha feltételezzük, hogy sikerült merevlemezre írni a titkosított DSD adatot, hónapokba telne a dekódolókulcs megtalálása (80 bit).
- Minden SACD lemezhez más és más kódot kéne feltörni.
- SACD formattáló és PSP kódoló nem kaphatók. Szabványos digitális interfészek használat (egyelőre) nem megengedett.



DVD-Audio	DVD-Video	SACD
44.1 kHz		44.1 kHz PCM (hibrid)
48 kHz	48 kHz	
96 kHz	96 kHz	2.8 MHz DSD
192 kHz		
16 - 24 bit	16 - 24 bit	16 bit PCM, vagy 1 bit DSD
1 - 6 csatorna	1 - 6 csatorna	2 csatorna PCM, vagy 1 - 6 csatorna DSD
PCM, vagy vesztésmentes tömörítés	PCM, vagy vesztésmentes töm. DD, DTS, MPEG	PCM, vagy vesztésmentes tömörítés
144 dB max. dinamika	~ 96 dB dinamika	~ 120 dB dinamika
5Hz - 96 kHz átviteli sáv	20 Hz - 20 kHz átviteli sáv	DSP: DC - 100 kHz

Zenei hangok forráskódolása

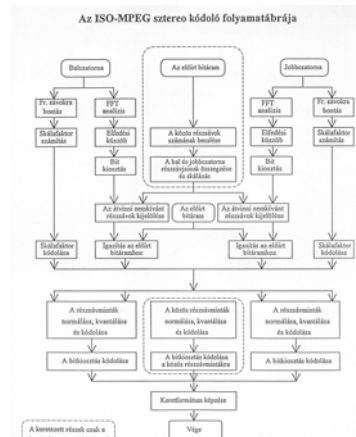
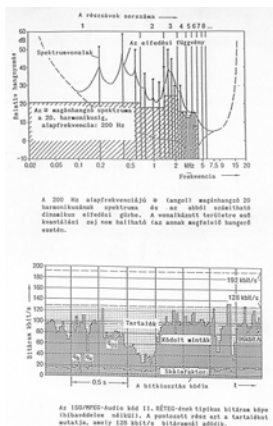
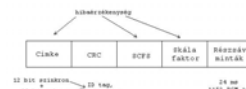
- A kép átviteli sebessége túlságosan nagy ahhoz, hogy praktikus, olcsó hordozón rögzítsük és/vagy kisugárzásra kerüljön a műsorszórában.
- Tömörítés: *vesztéssel* (lossy coding) vagy *vesztésmentesen* (lossless coding). Utóbbi sokkal jobb minőségű, hiszen visszaalakításakor nem vesz el információ, azonban maximum 50% körüli tömörítés érhető el. Ha ennél nagyobb szeretnénk (80-90 %), akkor vesztéssel tudunk csak tömöríteni, ami a minőség romlásához vezet(het).
- MPEG: szabványos tömörítési eljárás képre, hangra, amely lehetővé teszi a digitális televíziózást és a DVD elterjedését (inkább létrejöttét)
- A feladatokat és az eredményeket is felosztották csoportokba (Layer-ek), melynek során kialakult az MPEG-1, később az MPEG-2 szabvány, ami manapság mindennek az alapja.
- Vesztéses, pszichoakusztikai (érzeti) kódolás.

MPEG1, MPEG2

- MPEG-1: **hordozón** történő rögzítésre találták ki (lézerlemezek, VCD).
- A kép kisebb felbontású és maximálisan sztereó hangot tudunk rögzíteni.
- Egy jobb minőségű VHS felvételnek felel meg, egy CD-n kb. 70-75 perc anyag rögzíthető.
- A kép és a hang paraméterei állíthatók egy MPEG-1 kódolóban, de ez nem szabványos.
- Az MPEG-2 **műsorszórásra** lett kitalálva, a digitális tévék MPEG2 képet használnak.
- 5+1 hangot MPEG-2-vel már lehet kódolni (ez nem a Dolby Digital).
- A hordozókon is megjelent így ez a formátum, nagyobb felbontásban, jobb minőségben (SVCD, DVD), de tetszőlegesen itt sem állíthatunk át mindent.
- Az MPEG-1 kép és hang együttes adatfolyamat 1,5 Mbps sebességű, míg a DVD szabvány megengedi MPEG-2 adatfolyamra a 9 Mbps sebességet is, de már 4-5 Mbps is szinte tökéletes kép és hangminőséget nyújt.

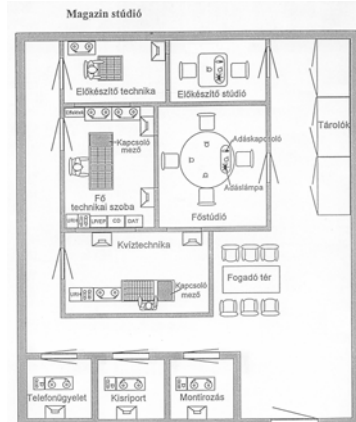
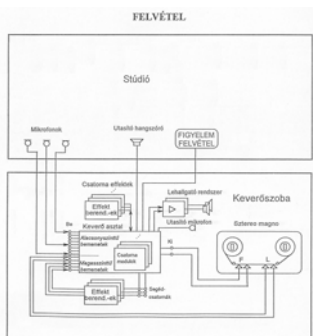
- Az MP3 blokk az alábbi tagokból áll:
Címke (12 szinkron bit + 20 bit adat)
CRC
Bitkiosztás információ (4 bit, ha lineáris, 3 bit ha közepes frekvenciák is vannak, 2 bit a nagyfrekvenciáknak)
SCFS (ha van)
Skálafaktorok (6 bit)
Részszávminták (12 szegmens, 3*32 kódolt mintája, 1152 PCM jelnek felel meg, 24 ms)
- Az MP3 címkéjében van az ID tag, layer info, bitrate, sample frequency stb. Nagyobb bitsebességhez nagyobb fájl fog létrejönni.
- Torzítás ellen: ha pld. 128 kbps-al dolgozunk de egy adott időablakban szükség lenne a torzítás elkerülésére 160 kbps-re, akkor a hiányzó információt be tudja pakolni oda, ahol viszont csak 96 kbps-re van szükség.

MP3 blokk formátum

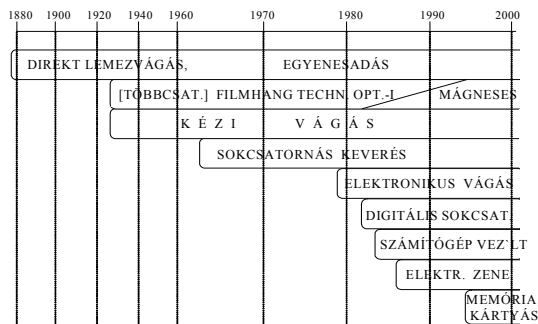


Stúdiótechnológiák

- A stúdió



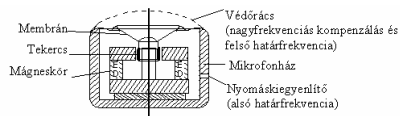
Stúdiótechnológia történelem



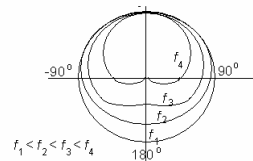
Mikrofonok

■ Dinamikus mikrofon

- Keskenysávú
- Általános célú
- Mérésre nem jó
- Tápfeszültség nem igényel



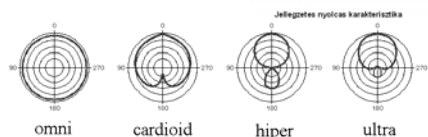
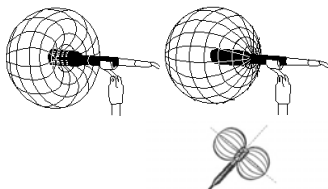
Az elektrodinamikus nyomásmikrofon vázlata.



Az elektrodinamikus nyomásmikrofon iránykarakterisztikája a frekvencia függvényében.

Íránykarakterisztika

- Gömbi
- Nyolcas
- Kardiod

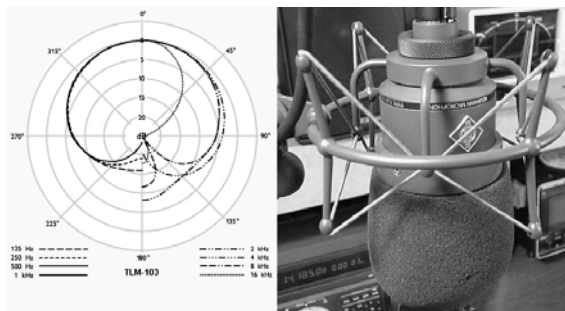


■ A kondenzátormikrofon

- Mérési célokra is
- Jobb, drágább
- Tápfeszültséget, előerősítőt igényel



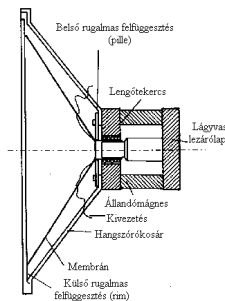
Neumann kondenzátor stúdiómikrofon hangfelvételhez

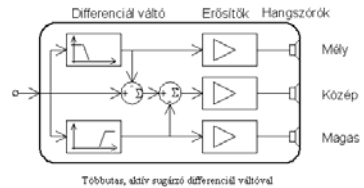
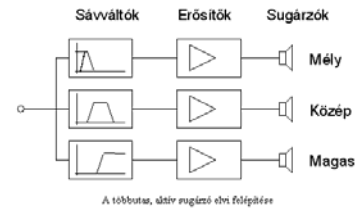
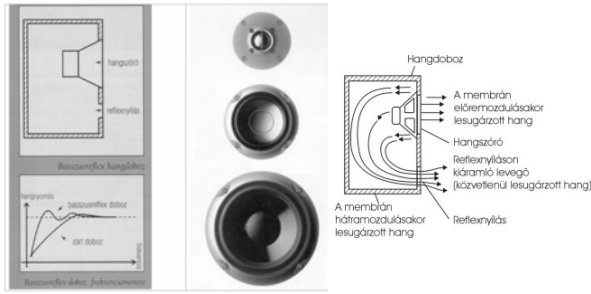


Hangsugárzók

■ Dinamikus hangsugárzó

- Hatásfok 1-2%
- Terhelhetőség
- Átviteli tartomány
- Névleges impedancia
- Több-utas kivitel dobozba építve

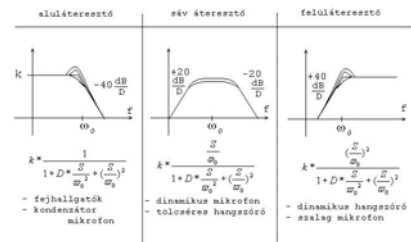




Fejhallgatók

- Mágneses (telefonkagyló)
- Dinamikus
 - Stúdiócélu
 - Átviteli függvény a lezárással együtt
 - Ideális aluláteresztő

Elvi átviteli jelleggörbék



Lehallgató rendszer

- A lehallgató rendszer a stúdió egyik kritikus része, hiszen ezen hallgatjuk vissza a készterméket, itt dől el, milyen lesz a hangzás.
- Ide tartozik a hangszóró, az erősítő, a kábelek és a terem akusztikája. Ezt nevezzük monitorláncnak.
- Az erősítőnek is nagy teljesítménytartalékkal kell rendelkeznie. Nem csak a nagy teljesítményű lehallgatáshoz, hanem a torzítatlan transziensek is igénylik ezt.
- Az aktív többutas rendszerek a legjobbak, ez tartalmazza az erősítővel egybeépített hangszórót, általában további (teljesítmény) erősítőt és aktív keresztváltót.
- A többutas megoldás mindenképpen előnyös, így a mélyfrekvenciák nem modulálják meg (Doppler hatás) a magasakat.
- Tény, hogy a kábelek okozhatnak hangzásbeli különbséget, de ennek szerepe nem olyan lényeges, mint amennyire misztifikálják.

- A lehallgató helység akusztikája a legnehezebben megragadható paraméter.
- Kevés párhuzamos felület lehet a szobában és sok hangelnyelő anyag.
- Az utóhang idő beállítása és a reflexiók megszüntetése a cél.
- A közéleti monitor: közel tesszük a hangmérnökhöz, aki csak a direkt hangterjedéssel szembesül, így az akusztikai kialakítást megspóroljuk.
- Ezek általában nem adják vissza a teljes frekvenciasávot.
- A közeli falak és felületek hatását ugyancsak nem lehet kiküszöbölni, különösen a keverőpult helyezett típusok magas hangjai verődnek vissza a pultól (ezért jobb a monitorokat a keverő mögé és nem rá helyezni).
- Arra is számítsunk, hogy a hangszóró környezetében lévő akadályokba beleszámít a felvételi és a lehallgatási szobát elválasztó üvegablak, ami a legrosszabb hatást okozza. Erdemest ezt elfüggönyözni, eltakarni a keverőskor.
- Ennek ellenére sokan élnek ezzel a kompromisszummal, mert olcsó megoldás, de nagyon fontos a hangszóró minősége.

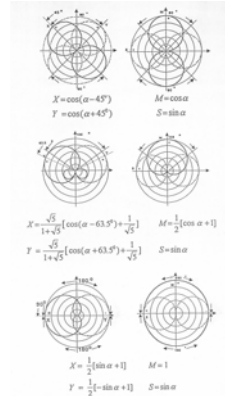
- A sarokhatás: sarokba (a falakhoz egyre közelebb) helyezett hangsugárzó mélyfrekvenciás átvitele módosul, általában erősödik.
- A legnagyobb ingadozások az átvitelben akkor következnek be, ha a három faltól egyenlő távolságra van a hangszóró.
- A hangzás azonban mélyhiányt is okoz, így pld. lehet, hogy 125 Hz-en túl erős döngés, míg 70 Hz-en eltűnő mélyek lesznek az eredményben.
- A jó beállításokat próbálkozással lehet elérni, ekkor a legrosszabb, akár 20 dB-es ingadozásokat 3 dB alá szoríthatjuk.
- Jó kiindulás, ha a sugárzót beállítjuk az oldalfal mellé szorosan.

Technikák

- A stúdiótechnológiák része a felvétel, a rájátszás, az összeírás (kópiakészítés) és a montírozás.
- Rájátszáskor már meglévő felvételt játszanak be a zenésznek, aki a hiányzó hangszert, éneket „rájátssza” ugyanarra a sokcsatornás rögzítőre.
- Az összeírás, keverés, vágás (editálás, montírozás) folyamata során a felvételre került csatornák közül a hangmérnök elkészíti a sztereó mixet, különböző arányban hozzáadva adott csatornákat az első két hangsugárzóhoz.
- A felvétel sorrendje elvileg tetszőleges, gyakorlatilag a ritmus (dobok, taps, gép dob stb.) kerül rögzítésre, melynél gyakran egy külön sáv a metronómot tartalmazza. Ezután jön a kísérlet, ritmusgitárok, basszus(gitár). A vokál néha megelőzi az ének felvételt, ami tipikusan az utolsó fázis. A szólóhangszerek (gitárszólók, szaxofon stb.) a kísérlet után kerül rögzítésre. Néha azonban egyszerre játszanak fel minden sávot.

Mikrofonozás

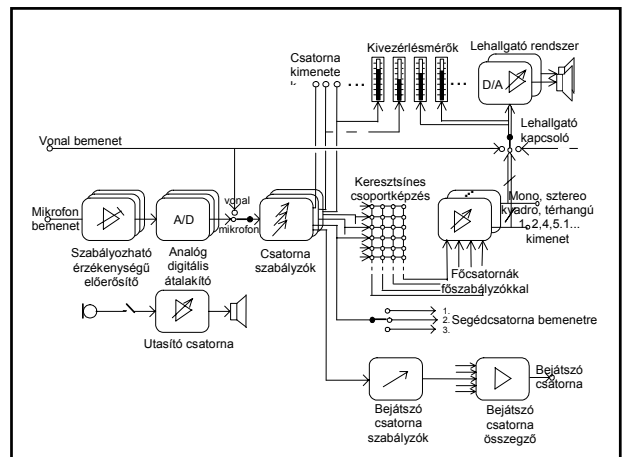
- Korábban sztereó felvételhez két mikrofont használtak intenzitásos vagy időkülönbséges sztereofónia elvén.
- Ekvivalens iránykarakterisztikák: XY-mikrofonozásnak nevezzük az első megoldást, amikor a végeredmény a bal és a jobb csatorna jele.
- MS-mikrofonozásnak nevezzük azt, amikor a kimenő jelek az összeg (mono, mitte) és a különbségi jelek (stereo, seite). Utóbbi inkább a modulációhoz alkalmas, előbbi a hangfelvételhez.



Az egyenértékű fontosságú iránykarakterisztikák és egyenlő intenzitású sztereófelvételek készítése

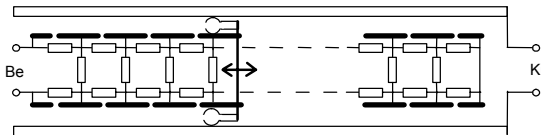
A keverőasztal

- A keverőasztal csatornamoduljai azok, amelyek különböző feladatokat látnak el a hangkeverés, mixelés során.
- Ez lehet egyszerű hangerősség változtatás (szintszabályzók), lehet ún. iránykeverő, hangszínszabályzó, sávhatároló és szűrő, csúcszátároló vagy limiter. De ide tartoznak az effektek és a kivezérlésmérés is.

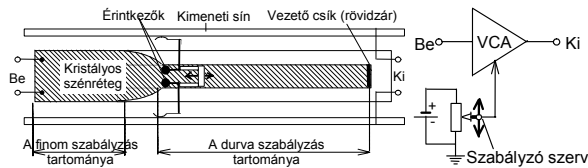


Szintszabályzó

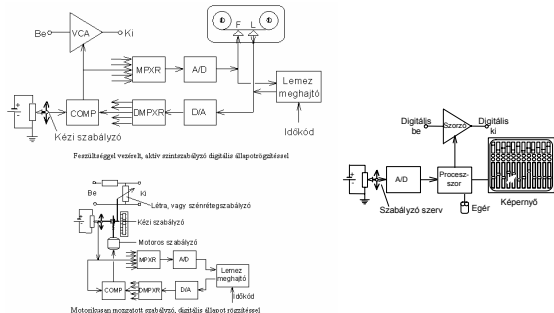
- **Szintszabályozásnak** nevezzük az egyes csatornák erősségének (hangerejének) beállítását.
- Ez tipikusan potméterekkel történik vagy grafikus felületen.
- A legkorábbi megoldás az ellenálláslánc (ellenállás létrahálózat) volt, amely diszkrét értékeket tett lehetővé egy csúszóerőintézővel.



- A fejlettebb csúszóérintkezős megoldás már nem ellenállásokat kapcsolt, hanem egy kristályos szénrétegen csúszott. Ez folyamatos és pontos szabályozást tett lehetővé.
- A következő lépcső a fejlődésben a feszültségvezérlő erősítők megjelenése volt. Ezek a VCA-k (voltage controlled amplifier) DC feszültséggel voltak vezérelhetők.



- Legmodernebb fajtájuk már digitális vezérlésű és az állapotjárólás is megoldható. Egyes esetekben maga a potméter motorikusan mozgatható, így a kimentett állapot későbbiekben motorikusan automatikusan visszaállítható. Manapság a szabályozás számítással történik, közvetlenül a mintákon (digitális osztás, szorzás).



- Iránykeverésnél a csatornák dinamikus egyensúlya megmarad, a „közép” fog eltolódni a nagyobb erősítés felé. Iránykeverés lehetséges XY és MS technikában is. Például, ha

$$\begin{aligned} X_2 &= X_1(1+a) \\ Y_2 &= Y_1(1-a), \end{aligned}$$

akkor egyetlen szabályozható paraméter (a) mindkét csatornát befolyásolja: egyiket erősíti, másikat csökkenti.

Szélsőséges esetben, $a=0$, nem történik semmi. Másik esetben, ha $a=1$, akkor $X_2=2X_1$ lesz a végeredmény, magyarul az egyik csatornát kétszeresére hangosítjuk, míg a másikat kikapcsoljuk (ezzel egyidőben). Ekkor az egész hangkép egy csatorna, amiben a „közép 50%-al van benne.

Iránykeverés és szabályozás



- MS-technikában az iránykeverést bázisszélesség szabályozásnak is nevezzük, mert az α -paraméter állítása a két hangszóró közötti távolságot csökkenti vagy növeli. (A bázis a sztereó hangsugárzók közötti távolság, ahol a virtuális hangforrások megjelennek.)
Ilvenkor:

$$\begin{aligned} S_2 &= aS_1 \\ M_2 &= M_1 \end{aligned}$$

Az α -paraméter állításával az S-csatorna érzékenysége nő vagy csökken, az M-csatorna pedig változatlan marad. A csatornák dinamikus egyensúlya ekkor is megmarad.

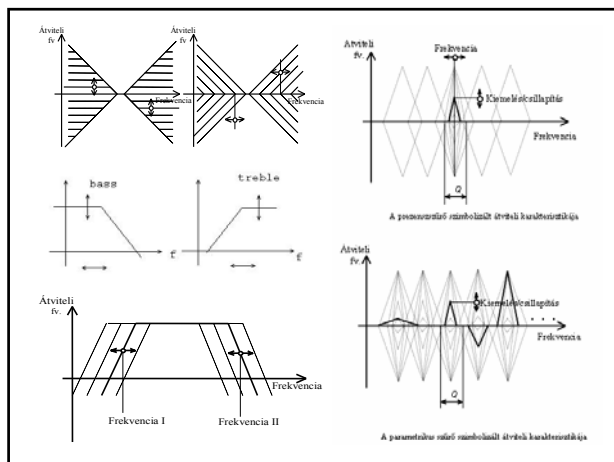
- A mono irányszabályozás képes egy mono csatornát (M) bárhová bekeverni a bázisba:

$$\begin{aligned} X_2 &= aM_1 \\ Y_2 &= (1-a)M_1 \end{aligned}$$

A sztereó iránykeverő két mono összesítéséből adódik, amelynek „alapállapotában” az egyik potméter teljesen balra, a másik teljesen jobbra van állítva.

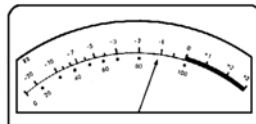
Hangszínszabályozás

- A *hangszínszabályzó* egyszerű elsőfokú szűrő. Aluláteresztő vagy felüláteresztő jellegű.
- A *sávhatároló* ugyanezt a célt szolgálja, törésponci frekvenciák, kiemelés állítható (másodfokú szűrők).
- A *prezensez-szűrő* szintén másodfokú, célja a beszélő egyéni jellegének kiemelése (prezensez-jelenet). Ezek is sávszűrők, de egy adott beszélő, énekes első kélsávsávjának kiemelését szolgálják, amely a szűrt áttűt a magánhangzók spektrumában – a beszélő jellegzők.
- A *Parametrikus szűrő* többfrekvenciás prezensez-szűrő, a különbség csak annyi, hogy nem szabályozhatjuk sávközépfrekvenciát (nem hangolhatjuk), hanem csak sávszűrésleltől válogathatunk.
- A digitális FIR-szűrőkkel megvalósított *grafikus szűrő*, „mindent” lehetvén tesznek, tetszőleges paramétert állíthatunk. Figyei azonban kell a fázisviszonyokra, mert könnyen létrehozhatunk átlapoldó szűrőket, ezért az ilyenek kezelése nem egyszerű. Lehetőség van oktávsvás, harmadoktávsvás (tercsáv) szűrésre is.



Kivezérlésmérők

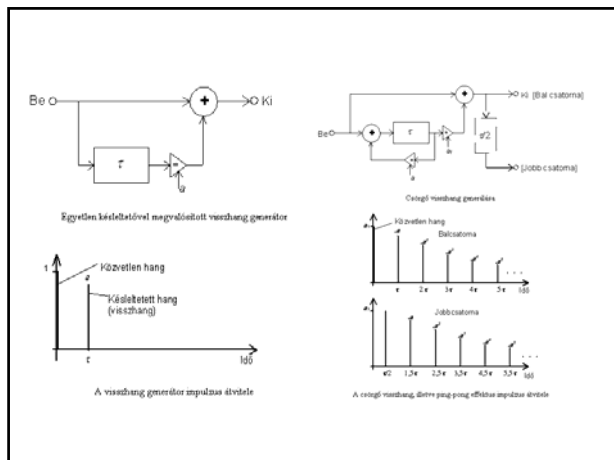
- A legegyszerűsített kivezérlésmérő a VU-mérő (Voltage Unit). Gyakorlatilag a mutató műszer. nevezetk így, amely analóg és tisztán elektrodinamikus elven működik.
- Az átválasztás a által mechanikai tehetetlenség által valósl meg (annak tömeget kell növelni nagyobb időállandóhoz).
- Az átválasztási idő viszonylag nagy, 100-200 ms nagyságrendű, ezért a nagy „beütések” nem látszanak (kiátlagolódnak).
- Kijelzőskor az átválas energia tartományában mozog a műszer, ahol az átválas ideje a fenti.



- A fénymutatók sűrűsszintmérő vízszintes, forgó tükrökkel skálázott üvegre vetített fénycsom. Az átlagolás a mozgórész mechanika rendszerével és elektromos áramkörrel történik. A felfutási idő 10-20 ms, a visszafutási 1-2 s. Utóbbi elektronikusnak kell megvalósítani.
- A legerjetlenebb a világító diódás kijelző (bar graph). Ez általában függőleges LED-oszlop, alul zöld (vagy sárga), a felső tartományban pedig piros. Az átlagolás elektronikus, felfutási idő 0,12 ms, a visszafutási idő 1-2 másodperc. Lehetőség van sűrűsszint-tartásra (peak-hold), melynek ideje több másodperc is lehet. Ugyanez a funkció digitálisan is megvalósítható (a már említett Winamp is képes erre, beállítható módon még azok „leesési” ideje is szabályozható).
- Régebben használatos volt még a **goniometer**, ami egy egyszerű két csatornás oszcilloszkóp, melynek egyik csatornája a bal, másik a jobb jelet kapja, a kijelzőn pedig „XY-modban” az MS csatornák jelennek meg, azaz a hangképek irányeloszlását szemlélteti (hasonlóan a Lissajou-ábrákhoz).

Effekte

- A legegyszerűbb effekt a *visszhang*. Ezt egy egyszerű előrecsatolt késleltetővel tudjuk realizálni, hiszen a visszhang nem más, mint az eredeti hang és annak késleltetett, kisebb amplitúdójú verziója. Ha tehát összegezzük az eredeti hangot, és annak T-vel késleltetett és a-val szorzott verzióját ($a < 1$), kész a visszhang-effekt. Ennek bonyolultabb, többszörös visszaverődések által létrehozott fajtája az ún. *csörgővisszhang*.
- A *hangzásszínezés* az összefoglaló neve azoknak az effekteknek, melyek a hangzást „dúsítják”. Ilyen lebegtetés, elhangolás, fázislebegtetés, kórus, aural exciter (zengetés). Kórus-hatást úgy érhetünk el, ha periodikusan ismétlődő és változó késleltetéssel adtuk hozzá önmagához a jelet. Ettől fog úgy tűnni, mintha többen énekelnék azt. A periodikus késleltetés egy kislefrekvenciás oscillátorral állítható meg. *Zengetések*nek nevezzük a felharmonikusban dúsítást, amikor szűrővel levasaltjuk az eredeti jelből a felharmonikusokat, és azokat erősítve adjuk vissza az eredeti jelhez.



Csörgővisszhang

- A jól visszaverő, egymással szemben levő párhuzamos falak között ide-oda verődik a tapsolási hangja, és a visszavert hang szabályos időközönként éri el a fülünket.
- A csörgővisszhang impulzuszerű, sok nagyfrekvenciás összetevőt tartalmazó hangokkal hozható létre
- Különböztük ki az egymással szemben levő párhuzamos felületek okozta csörgővisszhangot. Ezt legegyszerűbben úgy érhetjük el, hogy a két felület visszaverő képességét nagymértékben eltérőre állítjuk be. Ha például a padlót szőnyeg borítja, a mennyezet és a padló között már nem alakulhat ki csörgővisszhang.

Hangminták

- Csörgővisszhang üres szobában



- Konyhában



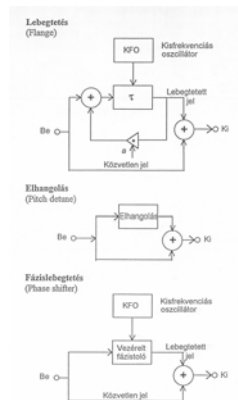
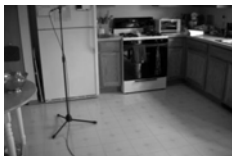
- Konyhában (fele sebesség)



- Konyhában csillapítással



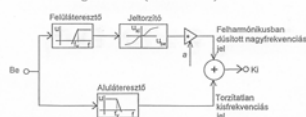
- Konyhában csillapítással (fele sebesség)



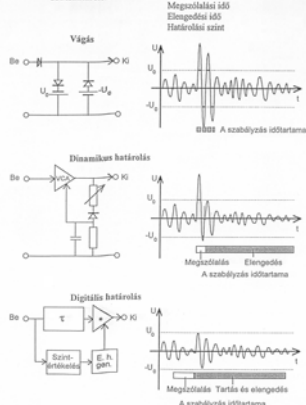
Stereo kórus, periódikusan imitálódó és változó késleltetéssel



Hangzásszínező (Aural exciter)



Csúcsatárólok



Csúcsatárólok

- A *zajkapu* feladata, hogy többmikrofonos felvételtör a szomszéd hangszerek „zajt” elnyomja. Rendelkezik egy komparálási szinttel, amelyet a kimenő jel át kell lépjen ahhoz, hogy a mikrofon bekapcsoljon. Ez egy vezérelt kapcsoló, ami egy ahhoz, hogy bekapcsoljon a mikrofon, és ha a hangszer elhallgat, akkor kikapcsol. Kb. 50 dBm (mW, ahol 1 dBm = 10 log P/1mW) szinteltérés kell a kapcsoláshoz, melynek ideje μ s nagyságrendű.

