

Digitális hangtechnika

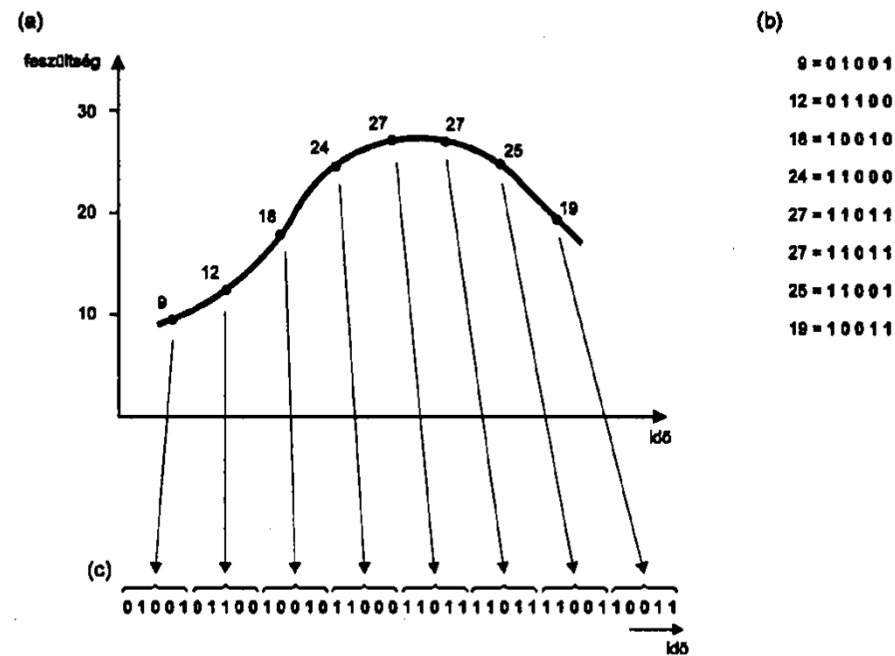
**Segédlet a Kommunikáció-akusztika
tanulásához**

Miért digitális?

- A hangminőség szempontjából:
 - a minőség csak az A/D – D/A átalakítástól függ, a jelhordozó médiumtól független
 - a felvételek minőségromlás nélkül másolhatók és sokszorosíthatók
 - a digitális tartományba való konvertálás új lehetőségeket nyit meg
- Gyártástechnológiai szempontból:
 - igen jól integrálható > olcsó és miniatürizálható
- Irodalom: Jákó Péter: Digitális hangtechnika
Simon Lászlóné kiadása, Budapest, 2000.

Alapok

- Analóg hullám helyettesítése számsorozattal



2. ábra. Analóg hanghullám helyettesítése számsorozattal. Az analóg jelet a jelből v minták nagysága szimbolizálja (a). A minták értékének konvertálása kettes számrendszerbe (b). Az egymást követő minták adatfolyammá rendezése (c).

A bináris számrendszer alapjai

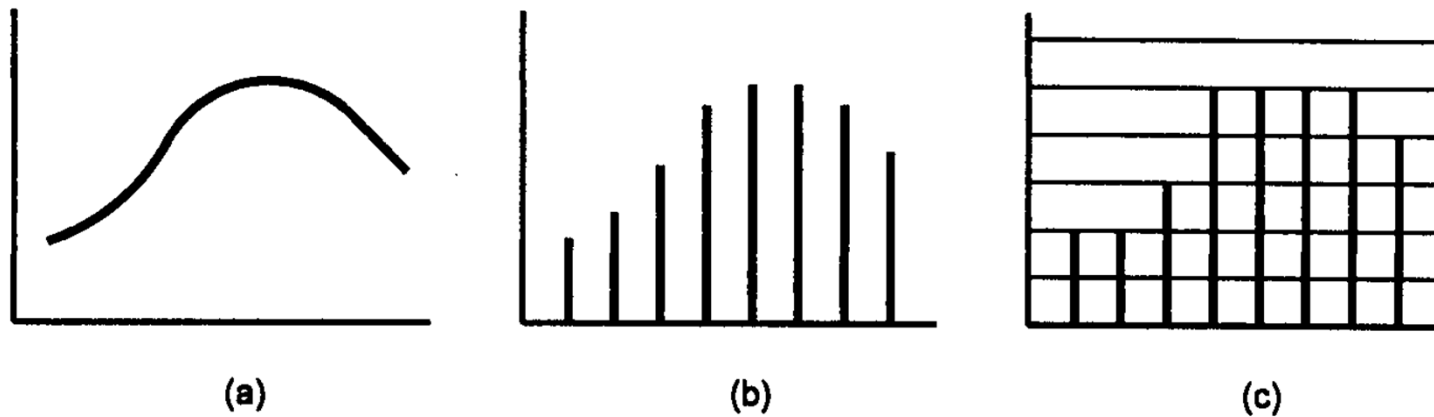
- **10-féle** ember létezik:
 - az egyik érti a bináris számrendszert,
 - a másik nem
- Tíz ujjunk van, ezért a modern korban a tízes számrendszer terjedt el
- Babilóniában a tizenkettes volt az uralkodó
- Maradványai:
 - a tucat,
 - indogermán nyelvekben a 11-12-re külön szó (elf/zwölf, eleven/twelve, onze/douze
 - az időszámítás: a nap = 2×12 óra, 1 óra = 5×12 perc stb.

- 2012 tízes számrendszerben:
 - $2 \times 1000 + 0 \times 100 + 1 \times 10 + 2 \times 1 = 2 \times 10^3 + 0 \times 10^2 + 1 \times 10^1 + 2 \times 10^0$
- Nem törvényszerű, hogy éppen a tíz hatványait kell használni, ez csak megszokás
- Kettes számrendszerben: nem a 10-et, hanem a 2-t kell hatványozgatni, egyébként ugyanaz
- Pl. 63 kettes számrendszerben:
 - $32 + 16 + 8 + 4 + 2 + 1 = 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0$

$$63_{10} = 111111_2 = 0111111$$

A leggyakoribb digitalizálás: PAM

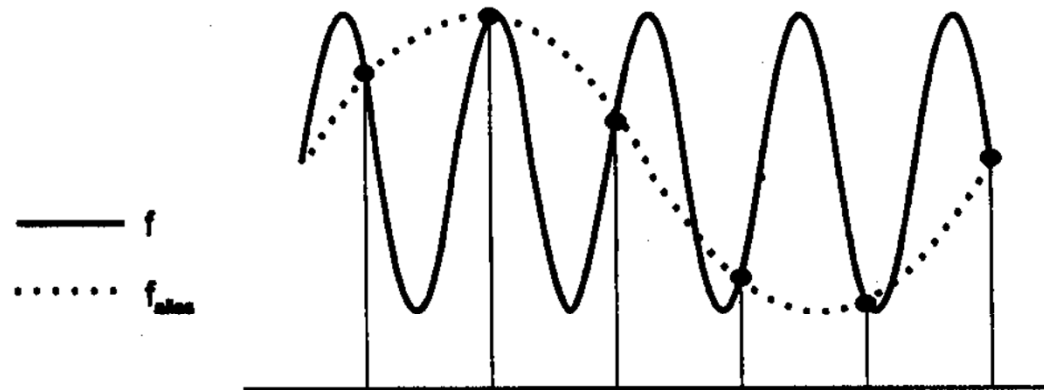
- Digitalizálás a Pulzus Amplitudó Moduláció (PAM) elvén
 - diszkretizálás időben és amplitudóban
 - mintavétel és kvantálás



7. ábra. Digitalizálás. Az analóg jel a mintavételezés előtt (a). A mintavételezéssel kapott PAM impulzusok (b). A PAM impulzusok kvantálásával nyert PCM impulzusok (c).

1. lépés: Mintavételezés

- A mintavételi frekvenciának kellően nagyoknak kell lennie
 - és ha nem: léckerítés-effektus



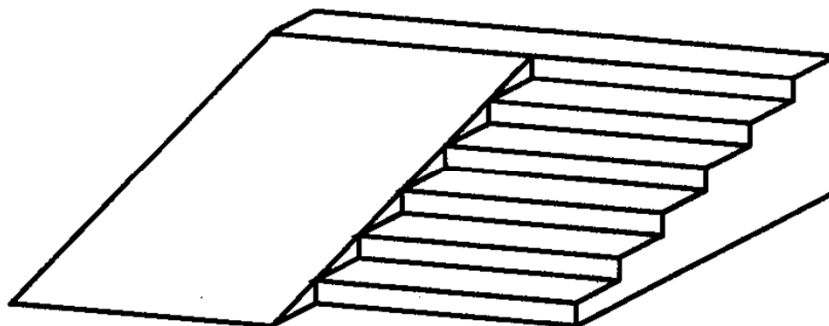
11. ábra. Az átlapolódás kialakulása. Ha a digitalizálandó jel frekvenciája (f) nagyobb, mint a mintavételi frekvencia (F_s) fele, akkor a mintavételezett jel spektrumában f helyett az $f_{alias} = F_s - f$ frekvencia jelenik meg.

A mintavétel alapszabálya: Nyquist-tétel

- A mintavételi sebességre vonatkozó alaptétel:
 - a mintavételi frekvencia, $f_{\text{sampling}} \geq 2f_{\text{maximum}}$
- Ha nem tartjuk be, torzítás jön létre: **aliasing**
- A tétel feltételeinek biztosítása kétféle úton:
 - igen nagy mintavételi frekvencia
vagy
 - a jel szűrése aluláteresztő szűrővel

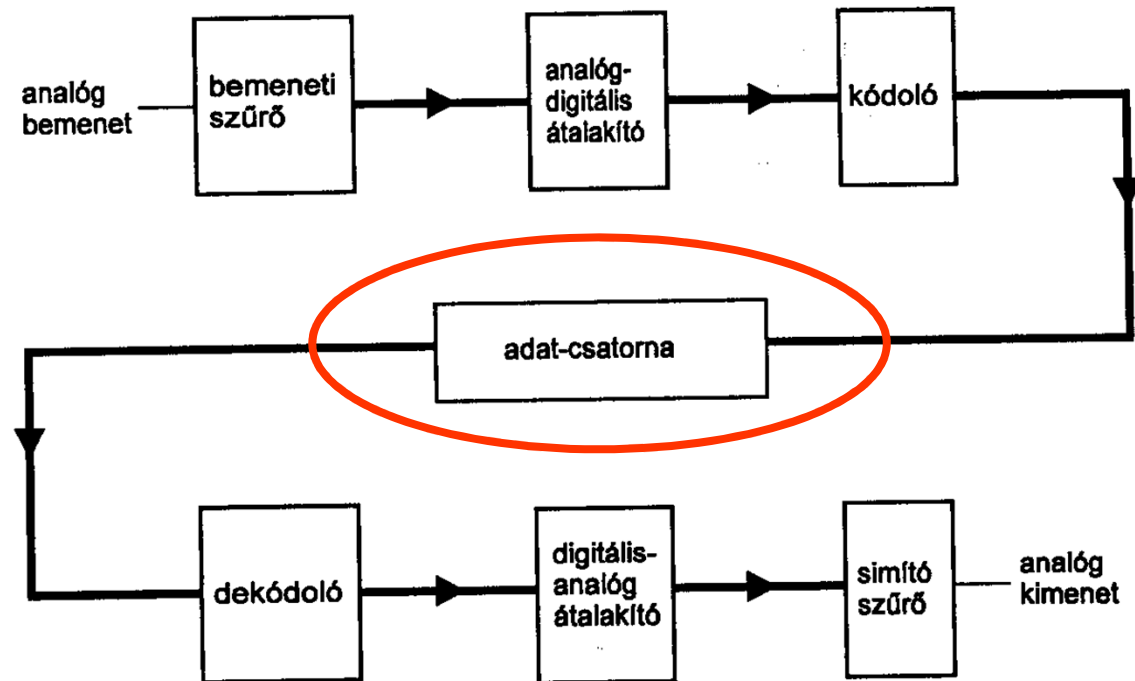
2. lépés: Kvantálás

- Mintavételi „lépcsők”



13. ábra. Folytonos és kvantált mennyiségek szemléltetése.

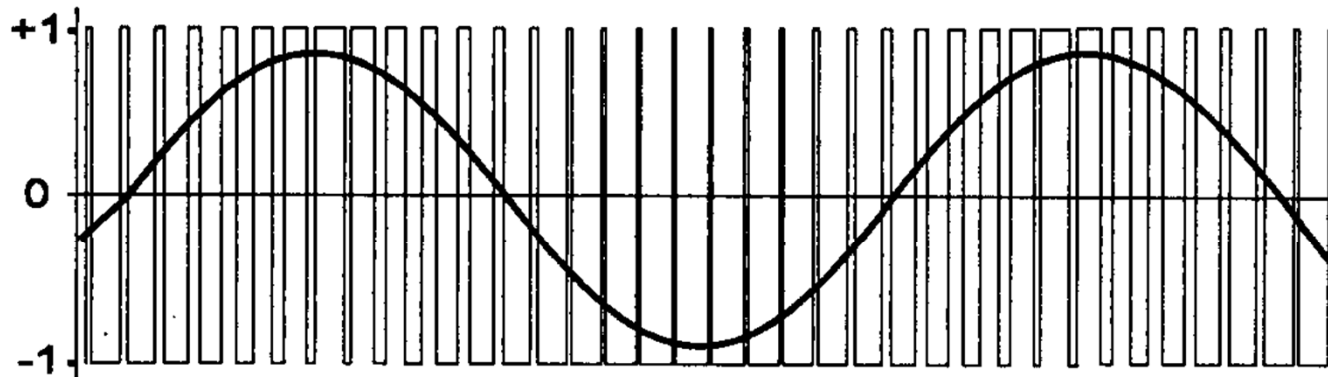
Általános blokkvázlat



25. ábra. A digitális rendszerek általános blokkvázlata.

Alternatív AD/DA átalakítás

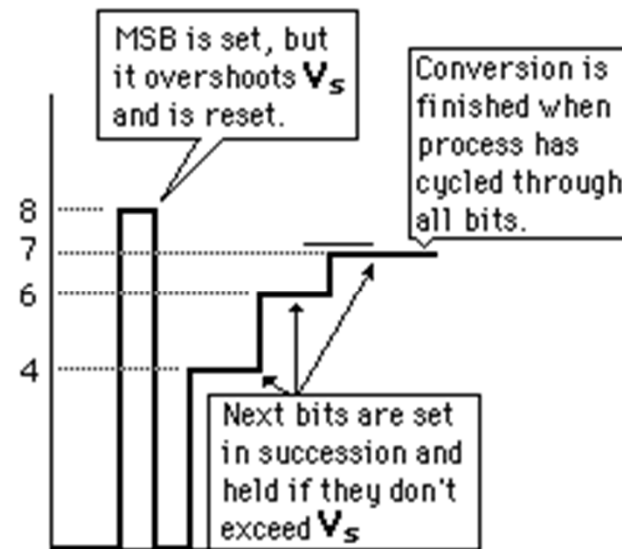
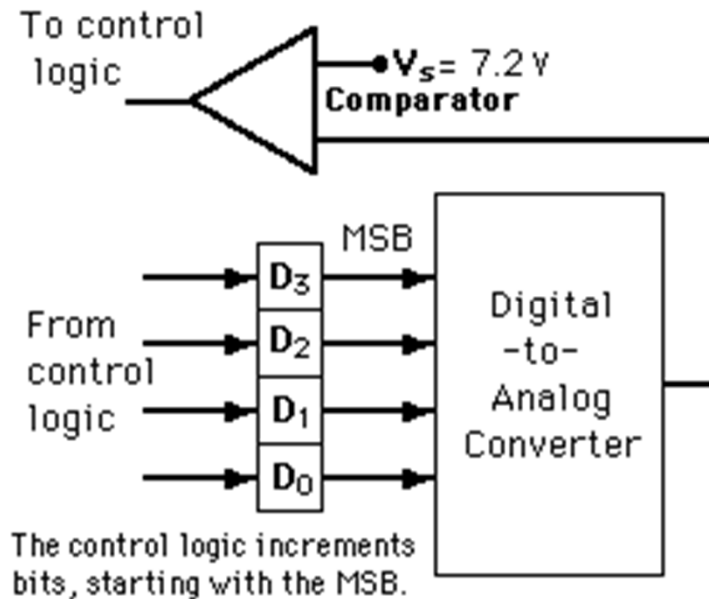
- Pulzusszélesség-moduláció (Pulse Width Modulation, PWM)
 - jobb hangerősítőkben is ez működik már



76. ábra. A PWM modulátor kimenetén megjelenő impulzussorozat kapcsolata az analóg kimenőjellel.

A/D konverzió

- Fokozatosan közelítő A/C konverter

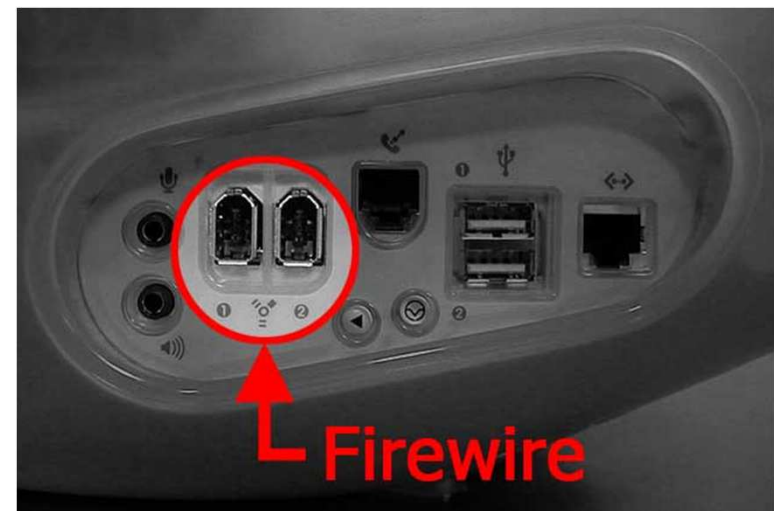


Végeredmény: 0111

Most Significant Bit: MSB, Least Significant Bit: LSB

Adatátviteli/rögzítési lehetőségek

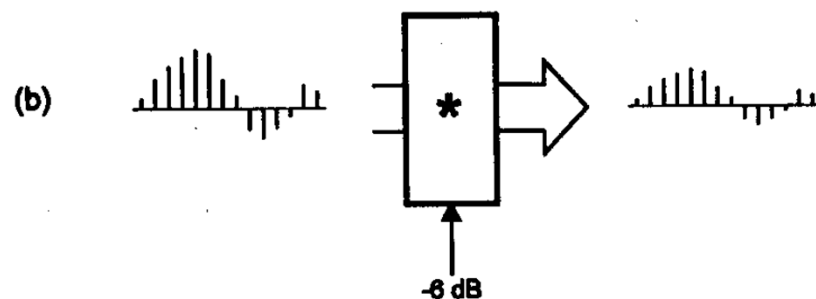
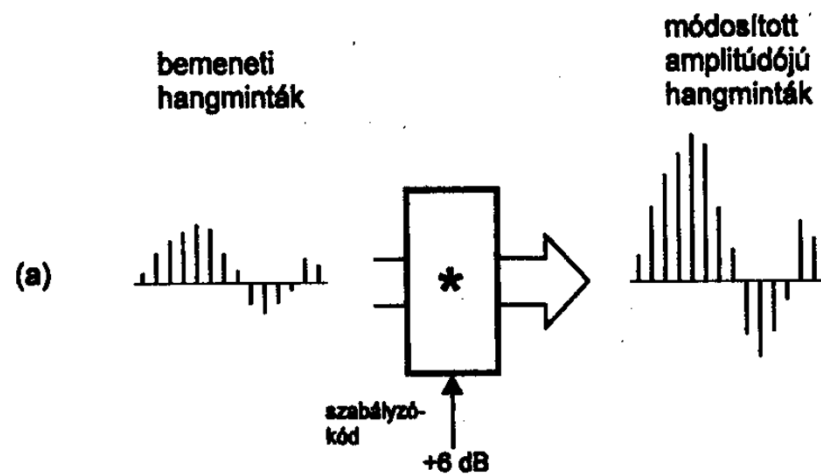
- Párhuzamos átvitel
 - pl. nyomtatókábel
 - 8-16 bit + vezérlő jelek
- Soros adatátvitel
 - pl. USB, firewire, optikai kábel...
 - egyik vezetékpáron a jel, másikon a vezérlés
- Optoelektronikai tárolás (CD)
- Mágneses tárolás (HDD)
- Tisztán elektronikus tárolás (szilárdtest memóriák)



Digitális jelfeldolgozási lehetőségek

- Hangerőszabályozás
- Szintek kompressziója, limitálása
- Adattömörítés
- A frekvenciamenet kiegyenlítése: ekvalizáció
- szűrés, zajeltávolítás
- Zengetés/visszhangosítás
- Zengés, visszhang eltávolítás
-

Pl. a digitális hangerő- v. szintszabályozás

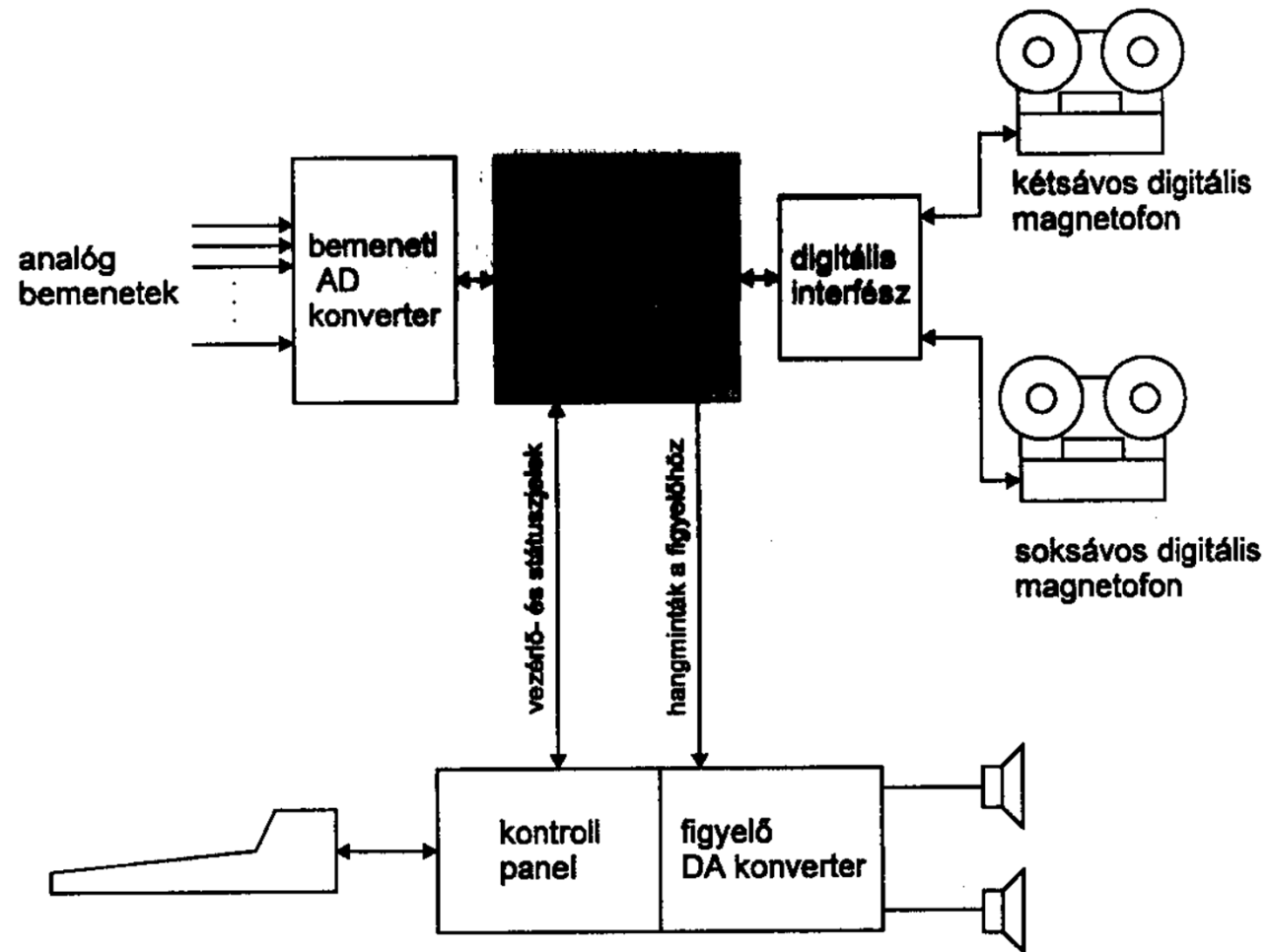


Pl. szorzás 2-vel:

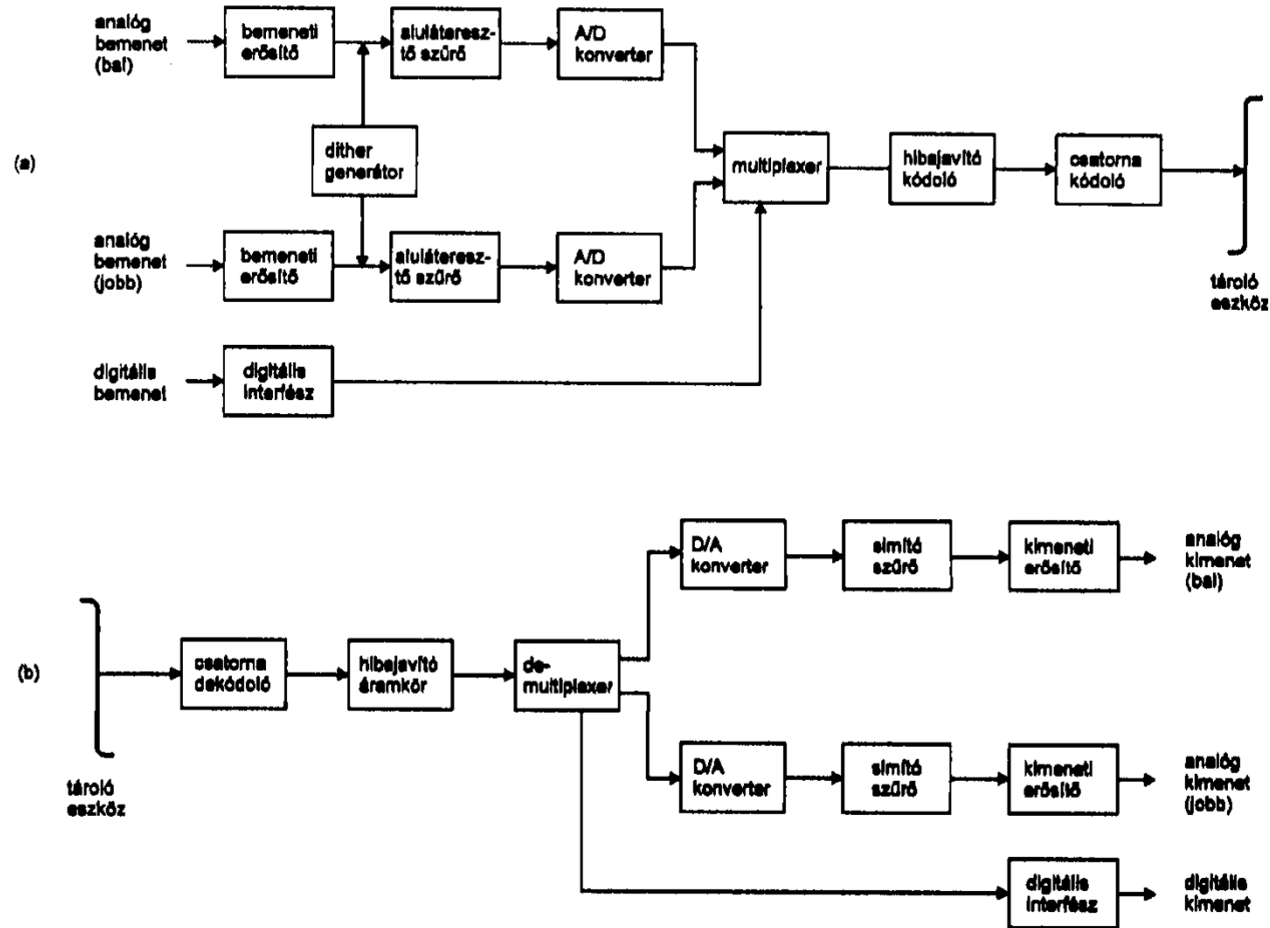
$$9 = 8 + 1 = 2^3 + 2^1 = \cancel{0}0001001$$

$$18 = 16 + 2 = 2^4 + 2^2 = 0001001\mathbf{0}$$

Egy teljes rendszer: digitális keverőasztal

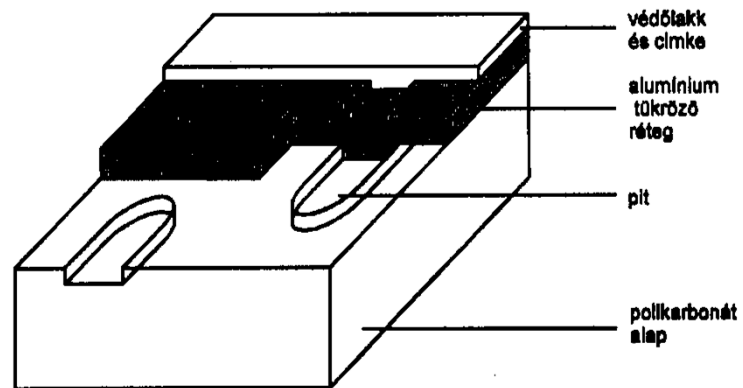


Hangrögzítés

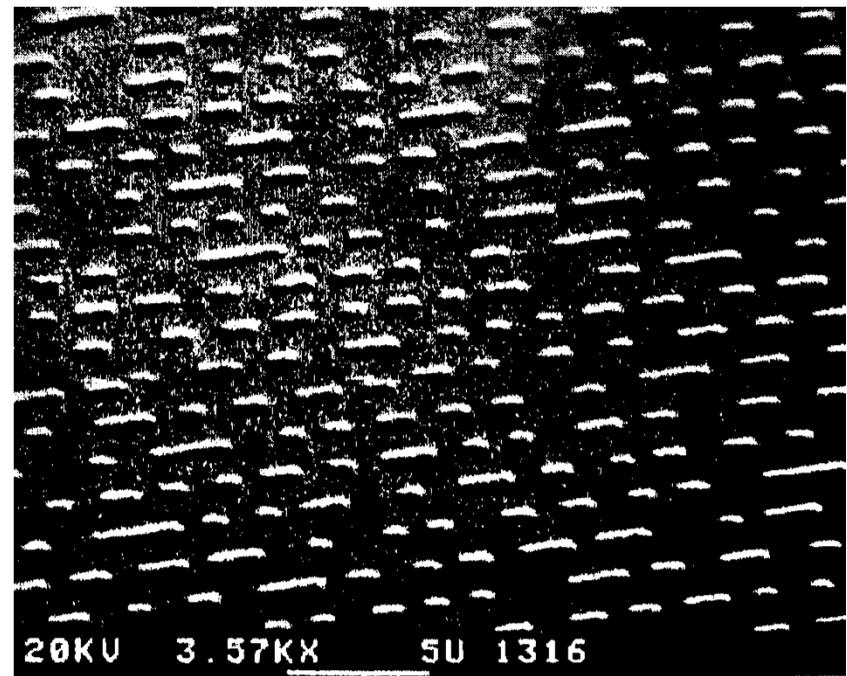


91. ábra. A digitális hangrögzítők általános blokkvázlata. Felvevő (a), lejátszó (b).

A compact disc (CD, tömörlemez)

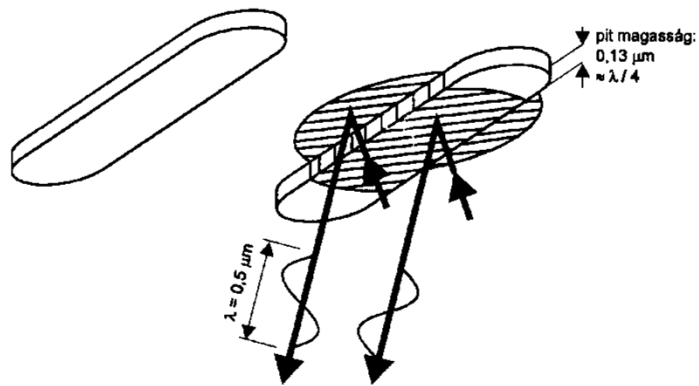


93. ábra. A Compact Disc metszete.

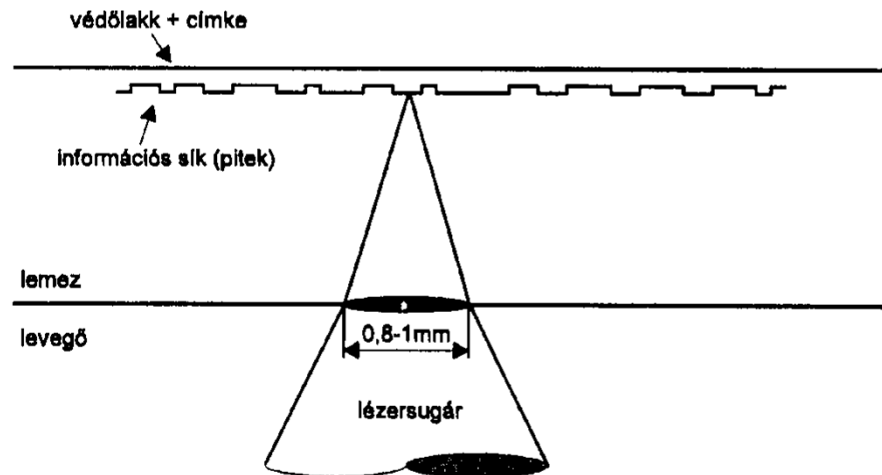


94. ábra. Elektronmikroszkópos felvétel a pitekről. A kép alján lévő felirat alatti vízszintes vonal hossza 5 μm.

CD működési elve /1



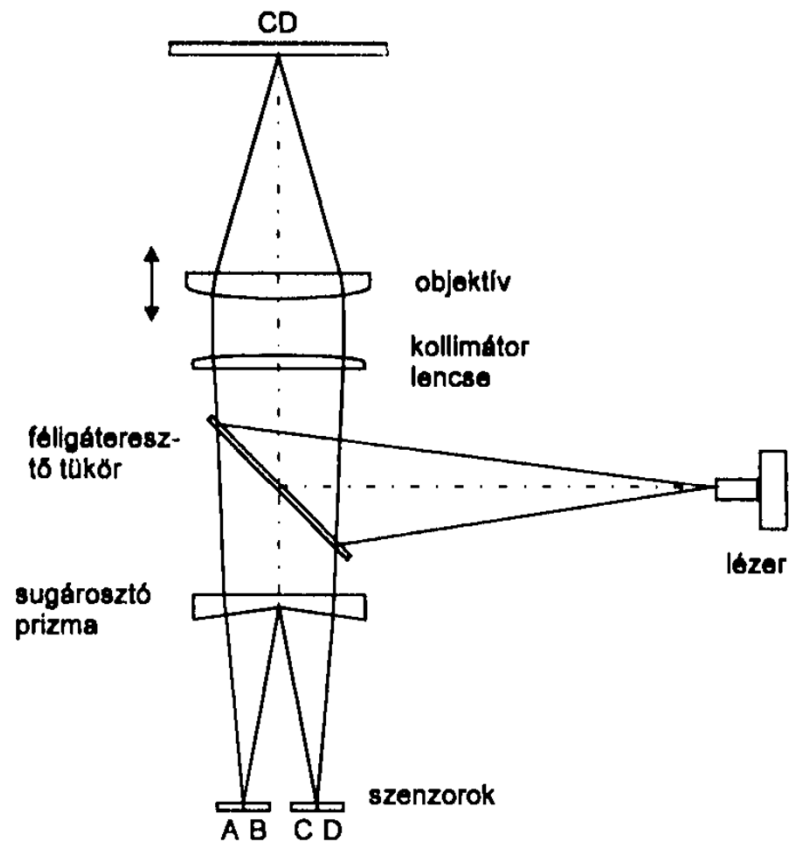
107. ábra. Az interferencia-elven történő adatkiolvasás. A pitről és a lemeztükörről visszaverődő sugárnyalábok gyengítik egymást.



108. ábra. A lemezbe belépő lézersugár átmérője kb. ezerszer nagyobb a piték méreténél. Így a lemez felületére tapadt porszemek nem befolyásolják az adatok kiolvashatóságát.

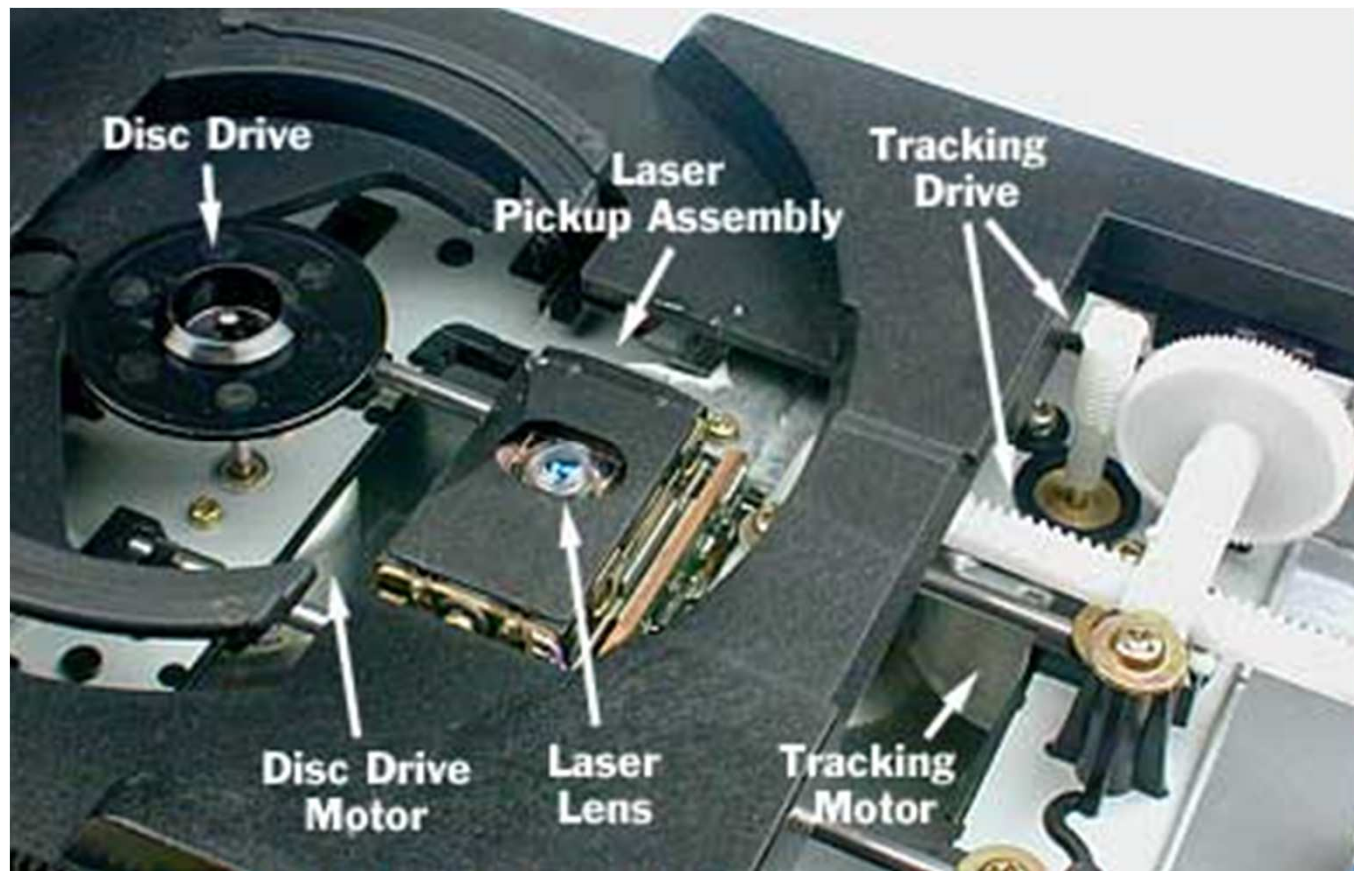
A CD működési elve /2

- Letapogatás



110. ábra. Az egysugaras letapogató felépítése.

A CD író/lejátszó belseje



Paraméterek

- Műsoridő: max. 74 perc 33 s
- Pályasebesség: 1,2 – 1,4 m/s
- Pit-hosszak: 0,9 μm – 3,3 μm
- Pitmélység: 0,11 μm
- Fókuszmélység: $\pm 2 \mu\text{m}$
(ha a CD-olvasó fej 900 km/h sebességű repülőgép lenne, ez a pontosság $\pm 0.4 \text{ mm}$ hibával tartott magasságnak felelne meg!)
- Kvantálás: 16 bit
- Mintavételi frekvencia: 44,1 kHz
- Sávszélesség: 20Hz – 18 kHz
- Dinamika: 96 dB
- Csatorna adatsebessége: 4,3 Mb/s
 - 18 kHz $\Rightarrow$ sok MHz!

Digitális hibavédelem

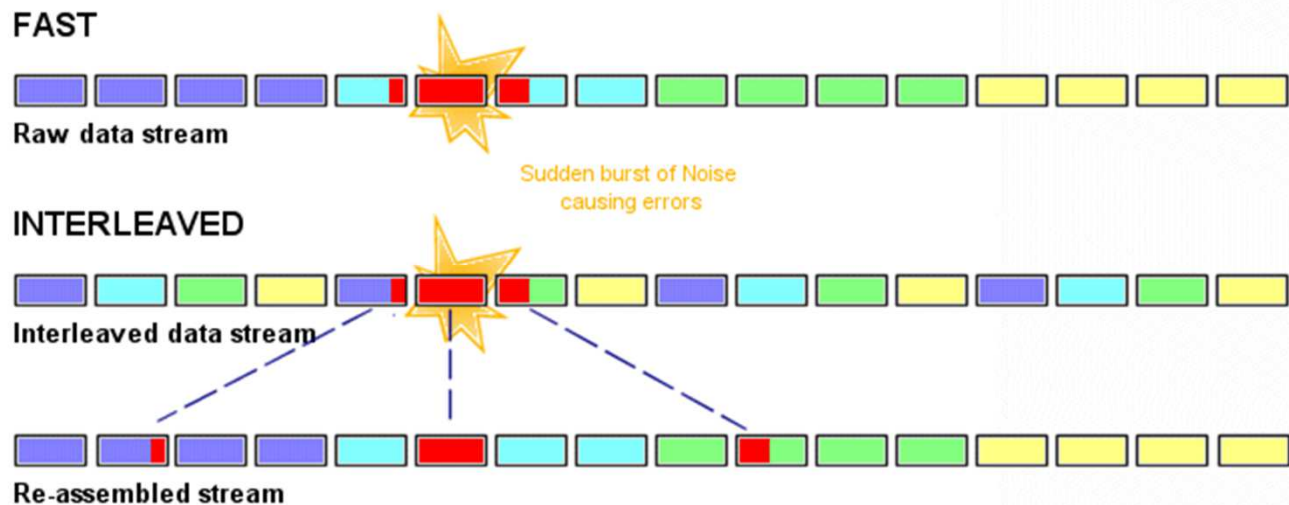
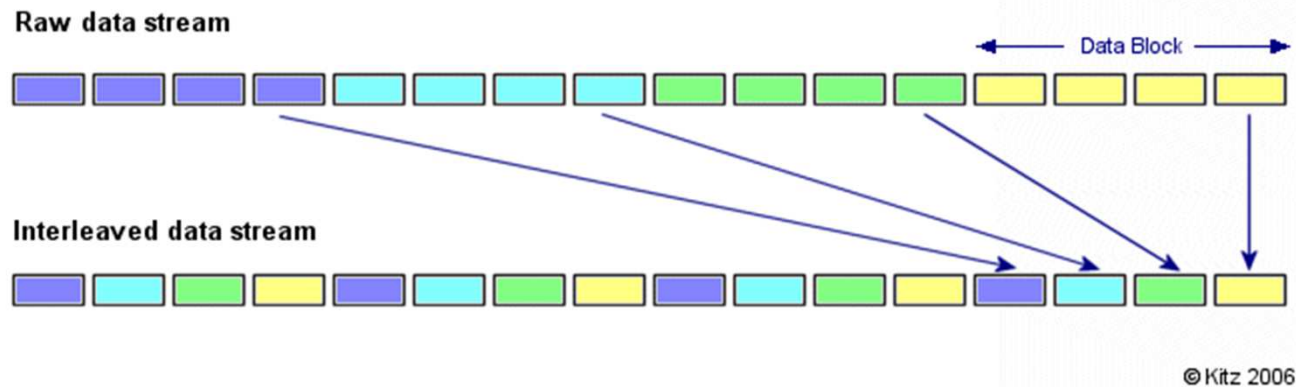
- Kódolás
 - American Standard Code for Information Interchange (ASCII)
 - eredetileg 7 bites
 - aztán 8
 - ma már 16 bites, Unicode
- Paritásbit alkalmazása: hibafelismerés

	Eredeti kód	Paritás-bit	Új kód
X ₁	0000	0	00000
X ₂	0001	1	00011
X ₃	0010	1	00101
X ₄	0011	0	00110
X ₅	0100	1	01001
X ₆	1000	1	10001

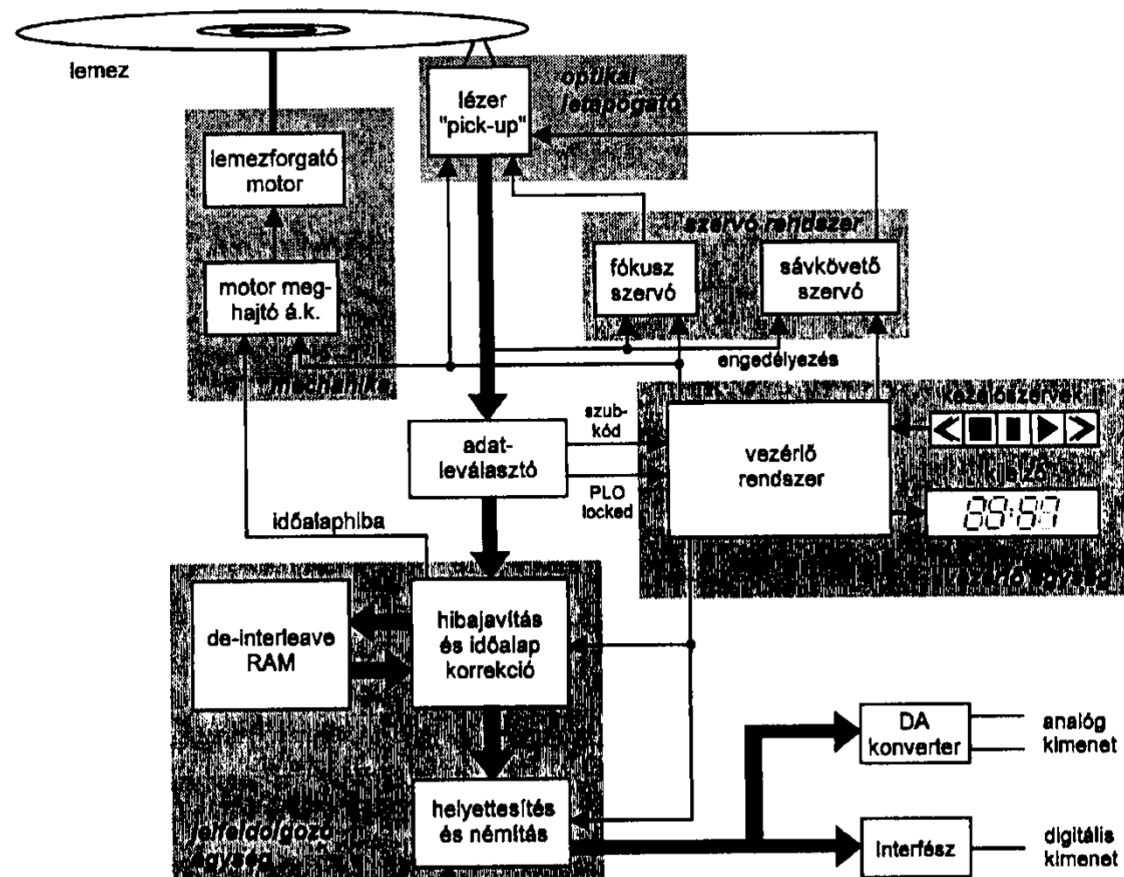
- Hibajavító kódok: nem 1, hanem több paritásbittel az is megmondható, hogy hol volt a hiba

Hibavédelem CD felírásakor

- Interleaving (összefésülés): a hibacsomósodás elkerülésére szolgál



CD lejátszó blokkvázlata



105. ábra. A CD-játszók általános blokkvázlata. A hanginformáció útját a vastag, a vezérlő információ útját a vékony nyilak mutatják.

Sony DAT (digital Audio Tape) technológia

- 1989 óta létezik
- ma a hosszú idejű és professzionális tárolás olcsóbb módja

