

Távközlő hálózatok és szolgáltatások

Távközlő rendszerek áttekintése

Németh Krisztián
BME TMIT
2015. szept. 14, 21.



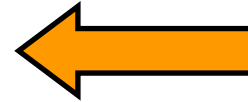
A tárgy felépítése



- 1. Bevezetés
 - Bemutatkozás, játékszabályok, stb.
 - Történelmi áttekintés
 - **Mai távközlő rendszerek architektúrája** ←
- 2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
- 3. VoIP, beszédkódolók
- 4. Kapcsolástechnika
- 5. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- 6. Jelzésátvitel
- 7. Mobiltelefon-hálózatok
- 8. Gerinchálózati technikák

Áttekintés

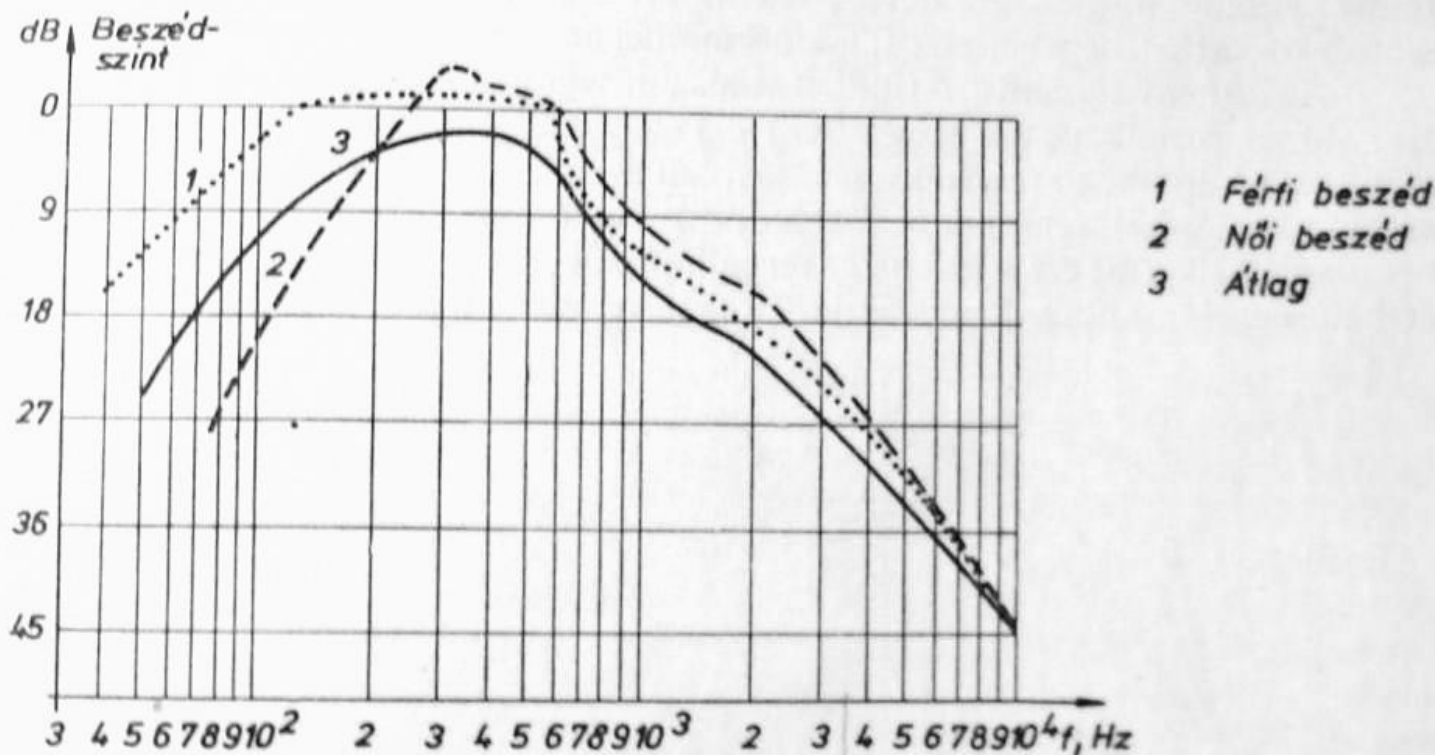
- Távközlő hálózati alapok
 - Távbeszélő hálózatok áttekintése
 - **Analóg és digitális beszédátvitel**
 - Számozás
 - ISDN
 - Újgenerációs hálózatok



Analóg beszédátvitel



- Végberendezés: hanghullám $\leftrightarrow$ analóg elektromos jel
- Mit tudunk e jelről?
 - Emberi fül kb. 20 Hz – 20 kHz-t hall meg
 - Ebből a beszédjel felső határa 6-7 kHz



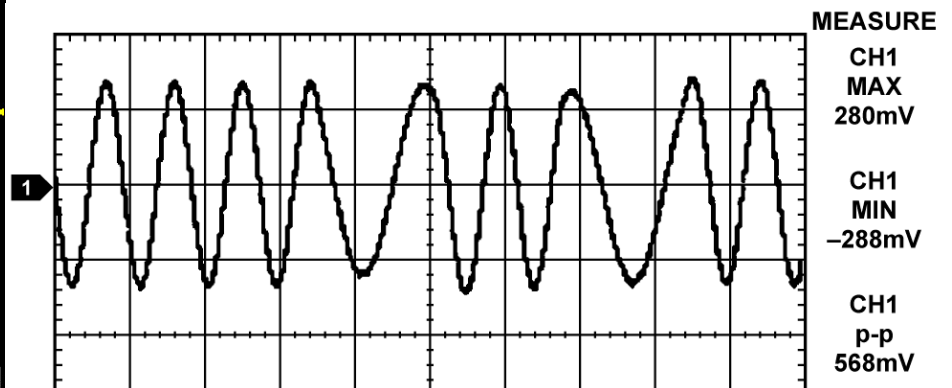
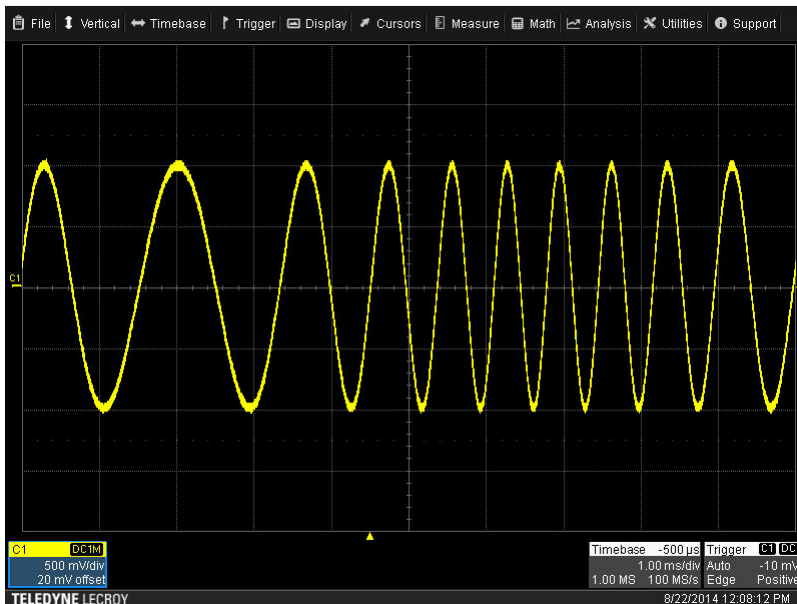
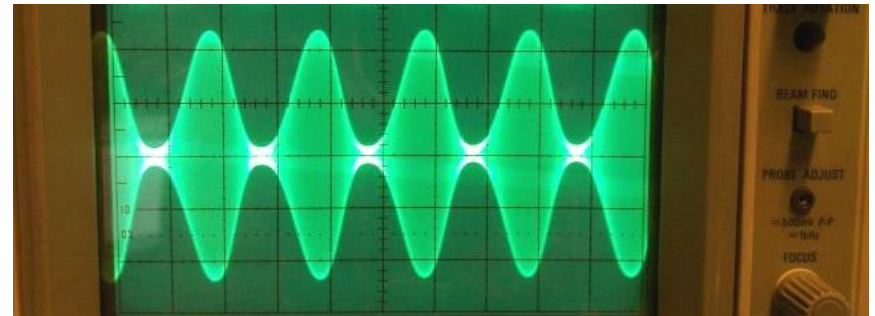
1.2-2. ábra.
Átlagos beszéd frekvenciaspektruma



- Hány Hz széles legyen egy beszédcsatorna?
 - cél pusztán az érthető beszéd átvitele
 - + gazdaságosság!
- Korai nyalábolt trónkók FDM-et használtak
 - minél keskenyebb egy beszédcsáv, annál több fér rá egy trónkvonalra
- Manapság: digitális átvitel: TDM, IP
 - de a bitsebesség itt is számít...
 - ...és arányos az átvitt sáv szélességgel (ld. majd: PCM)
- Érthetőség és beszédminőség az átvitt frekvencia függvényében:
 - 500...1000 Hz: rossz
 - 500...1500 Hz: tűrhető
 - 400...2000 Hz: kielégítő
 - 300...2500 Hz: megfelelő
 - 300...3400 Hz: jó
 - 200...3500 Hz: igen jó
- Döntés: **0,3 – 3,4 kHz-es sáv**
 - 3,1 kHz + védősávok = **4 kHz széles lesz egy beszédcsatorna**

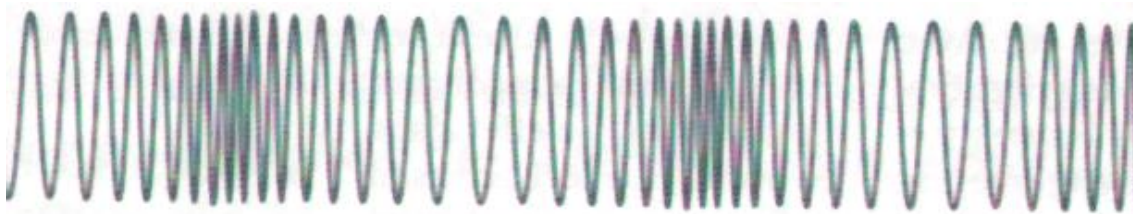
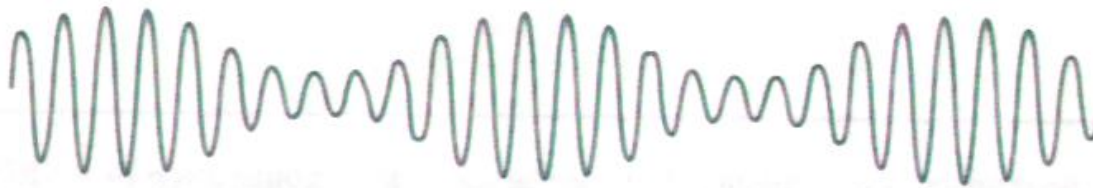
Analóg és digitális jelek

□ Az alábbi jelek analóg vagy digitális jelek?



Analóg és digitális jelek

□ Az alábbi jelek analóg vagy digitális jelek?



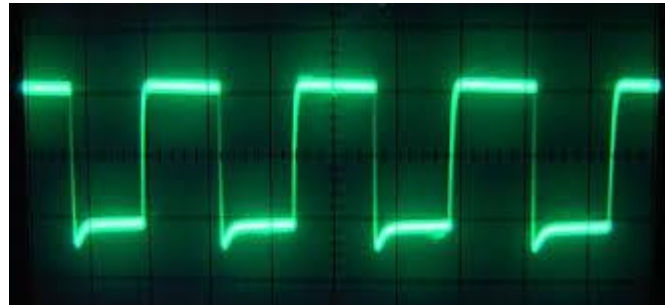
Analóg és digitális jelek

- Minden fizikai közegen megjelenő jel „analóg”
- *Akkor lesz digitális, ha annak értelmezzük*
 - nem feltétlenül négyszögjel, de lehet az is
 - az a fontos, hogy legyen néhány diszkrét állapot, amihez viszonyítunk
 - nem is feltétlenül csak kettő
 - Id. moduláció, vonali kódolás
- Ugyanígy: akkor analóg, ha annak értelmezzük

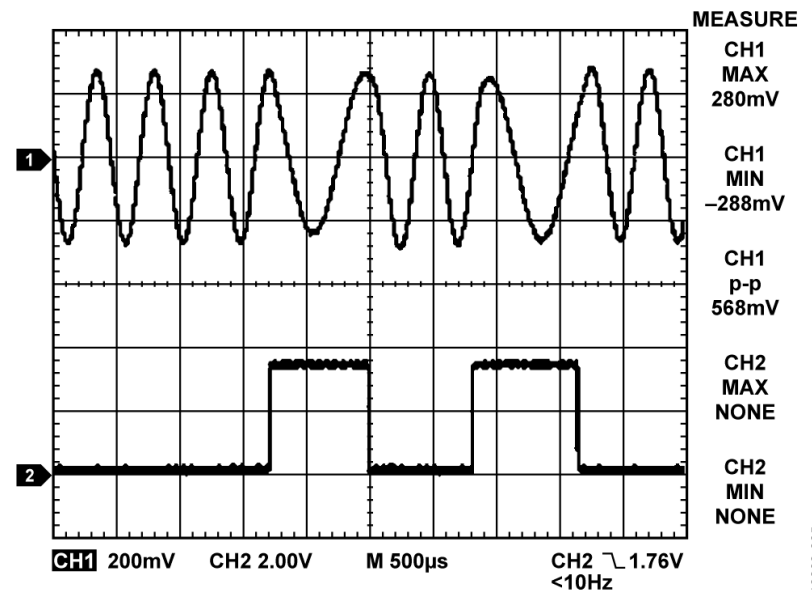
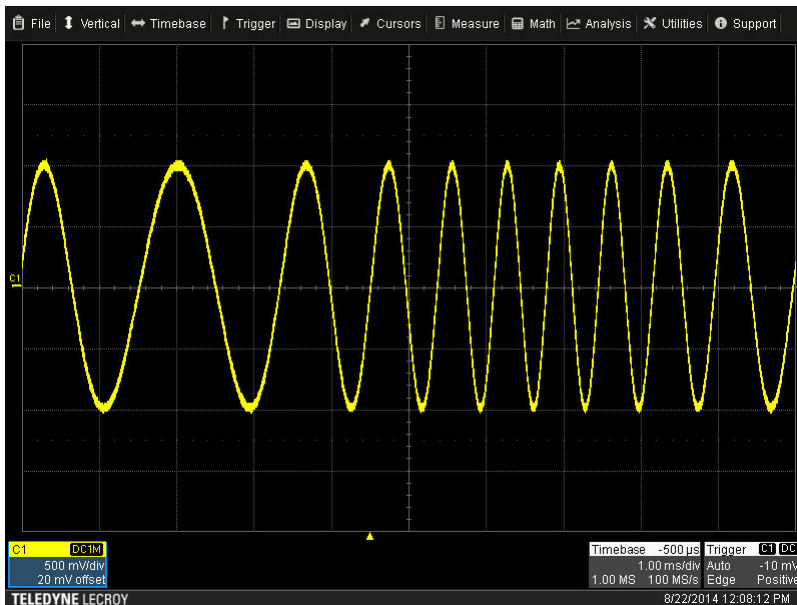
Analóg és digitális jelek

Ezek spec. digitálisnak voltak szánva:

□ négyszögjel:

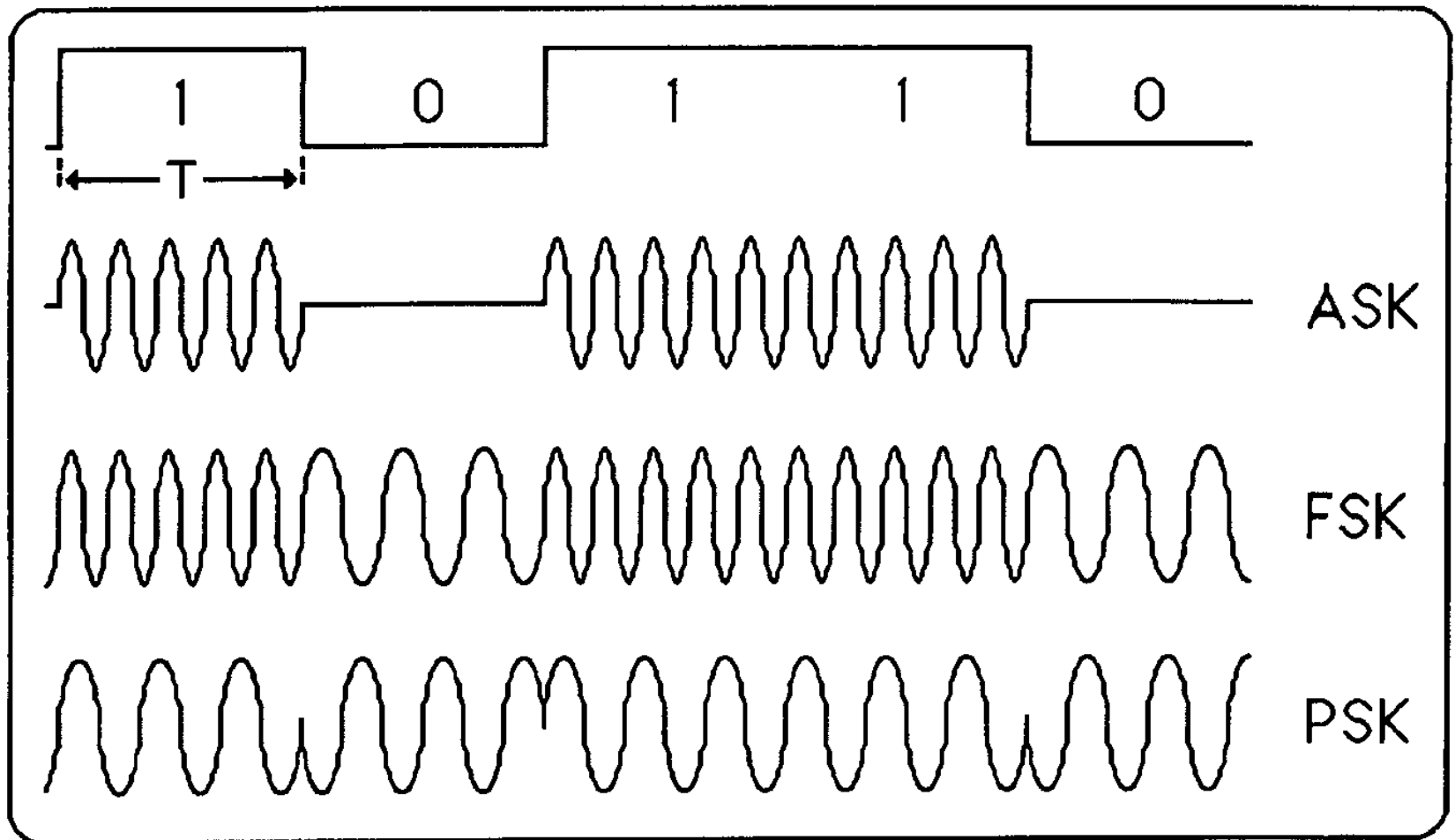


□ FSK (Frequency Shift Keying), frekvenciabillentyűzés:



Analóg és digitális jelek

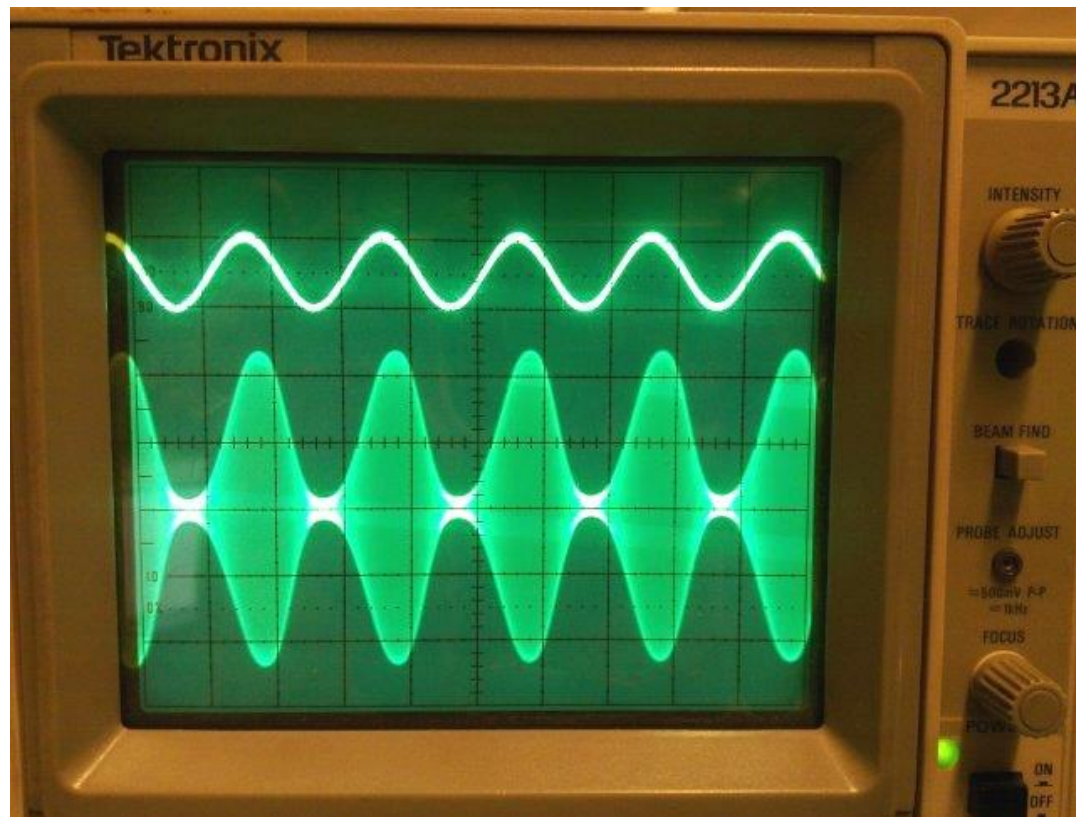
Ezek spec. digitálisnak voltak szánva:



Analóg és digitális jelek

Ezek spec. analógnak voltak szánva:

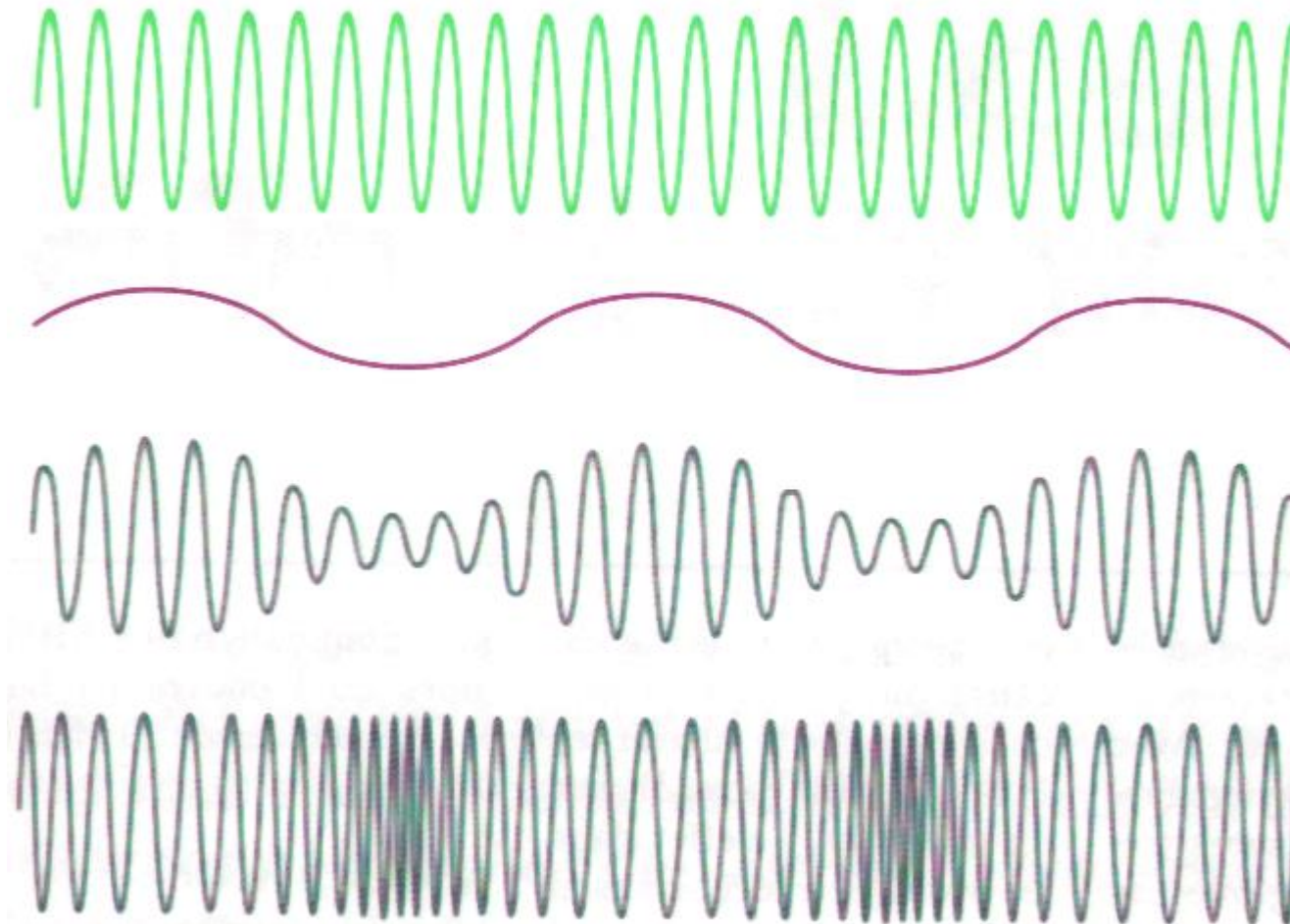
- AM, amplitúdómoduláció



Analóg és digitális jelek

Ezek spec. analógnak voltak szánva:

- AM, FM (frequency modulation, frekvenciamoduláció):

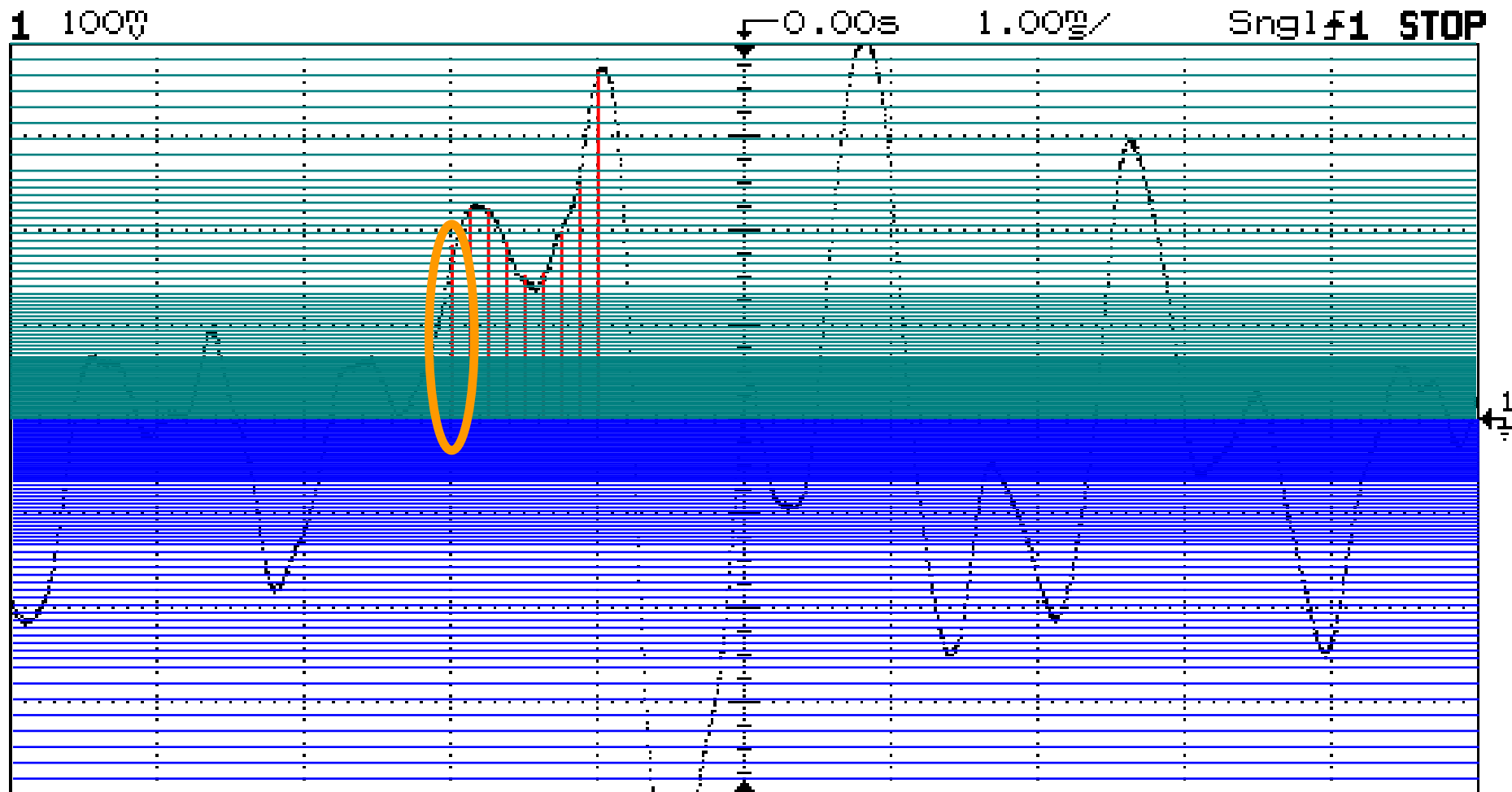


PCM

- ❑ PCM = Pulse Code Modulation, Impulzuskód moduláció
- ❑ Az elv régóta ismert
 - II. világháborúban már használták titkosításra
 - ❑ digitalizálás után binárisan titkosították
- ❑ Telefonhálózati alkalmazások: 1970-es évektől
- ❑ Mára az A/D átalakítás alapja
- ❑ Vannak nála jobb beszédkódolók
- ❑ Mégis még igen sok helyen használják beszédátvitelre is
 - kiváló hangminőségű
 - sok helyen a relatíve nagy adatsebessége (bitrate) sem gond



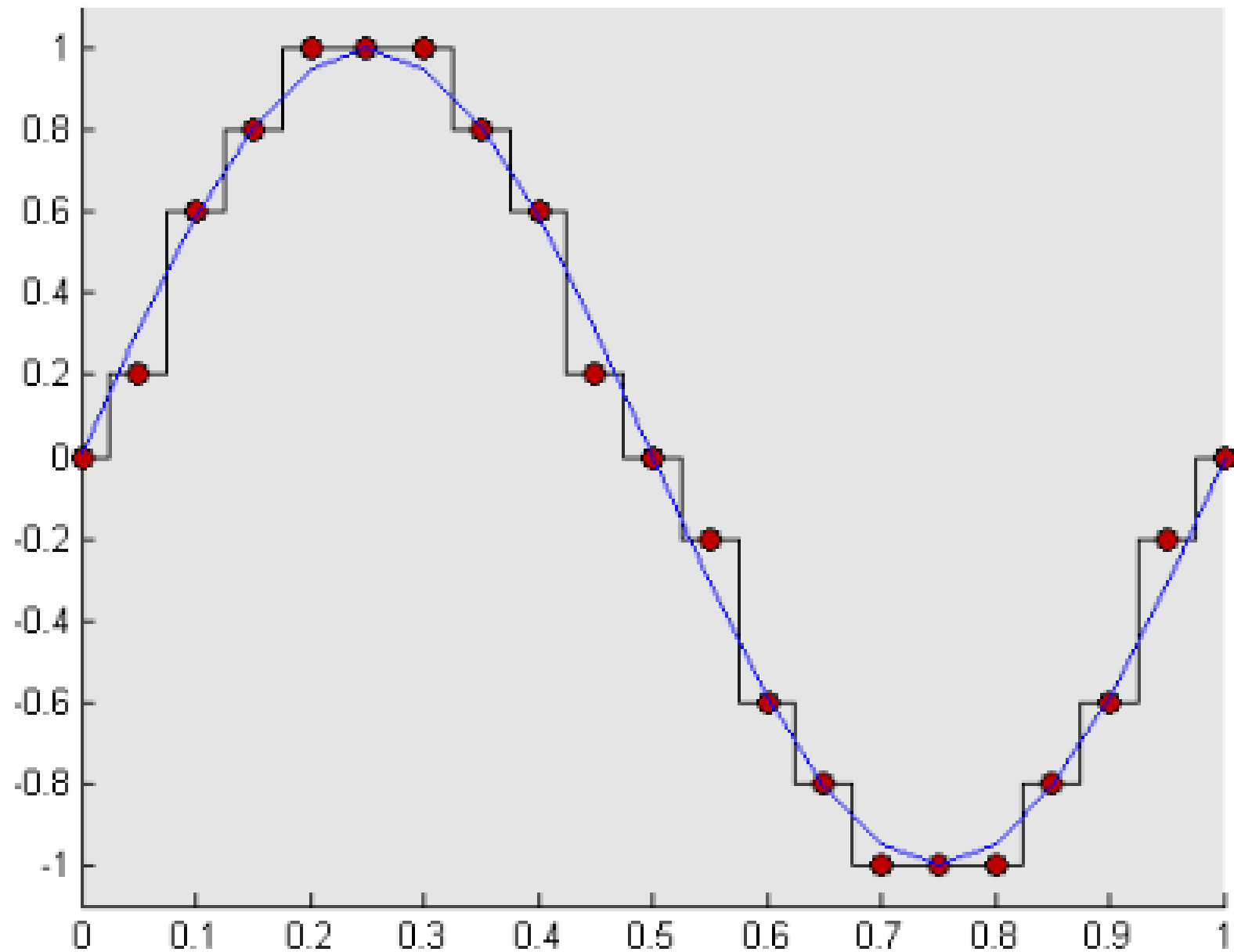
PCM kodek egy példán keresztül



Beszédhang

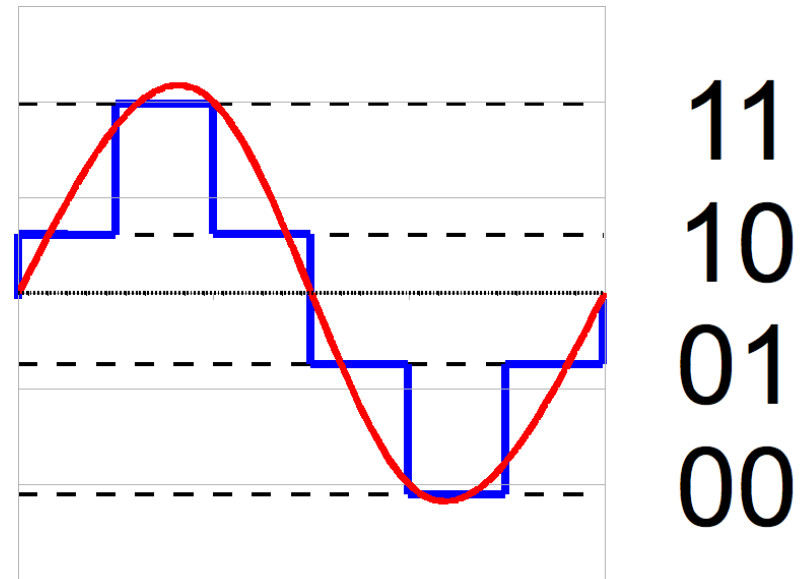
Vonatkozó bitsorozat (kb. 180 mV-hoz): 10100110 (első bit az előjel)

Mintavételes kvantálás

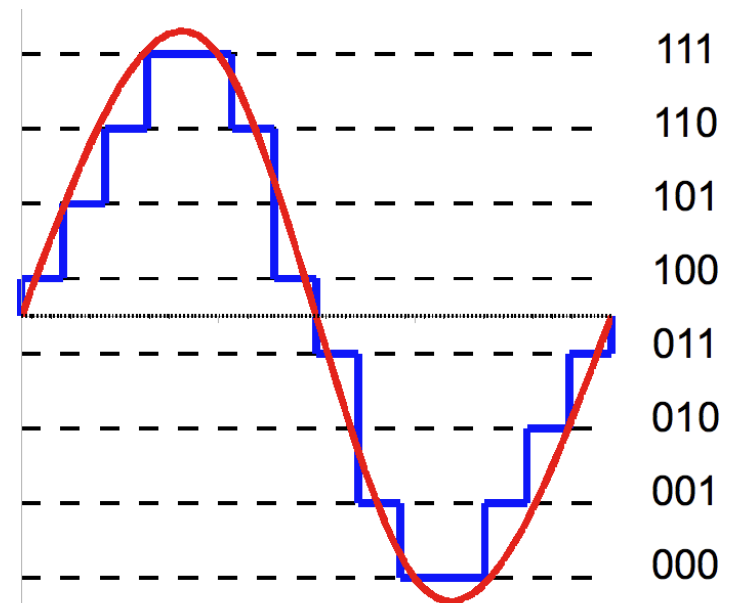


Kvantálás és digitális kódolás

$4 = 2^2$ szintű kvantálás és
2 bites digitális kódolás:

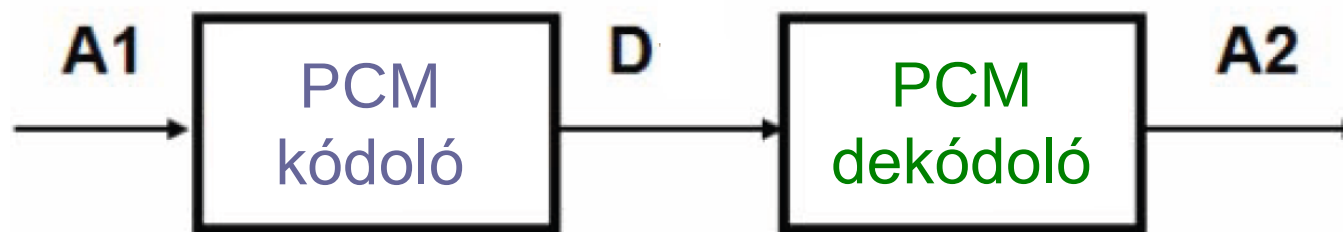


$8 = 2^3$ szintű kvantálás és
3 bites digitális kódolás:



Kvantálási torzítás

Mintavétel + kvantálás + digitális kódolás +
analóg jel visszaállítása:



- A1: eredeti analóg jel
- A2: mintavett + kvantált jel, analóg visszaállítás után
- A2-A1: analóg kvantálási hibajel, analóg visszaállítás után

Kvantálás beszédjelhez illesztése

Beszédjel:

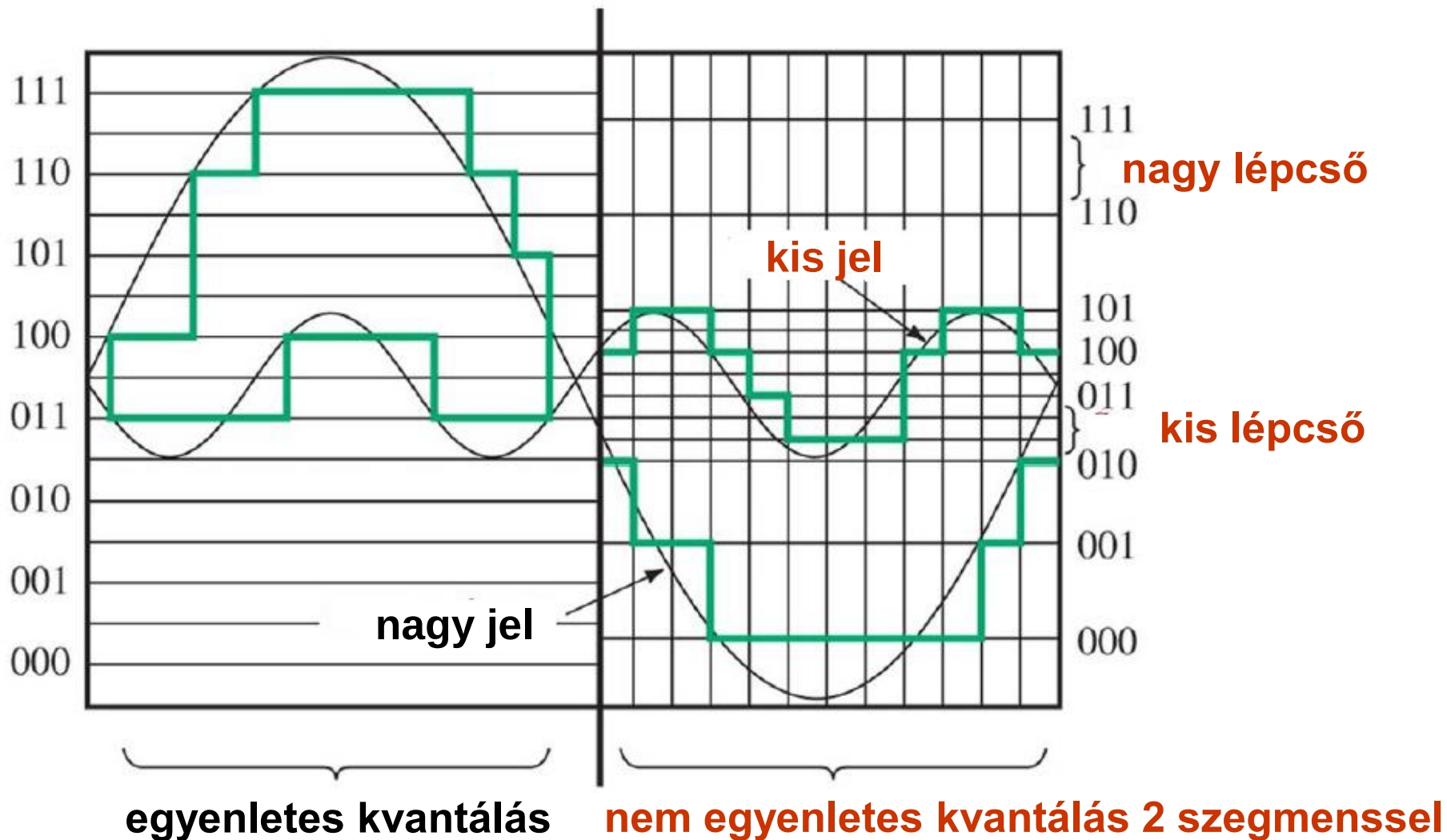
- gyakori mássalhangzók kis amplitúdóval
- jelentősen befolyásolják a beszéd érthetőségét
- kis amplitúdó esetén
kisebb kvantálási hibajel szükséges

Megoldás:

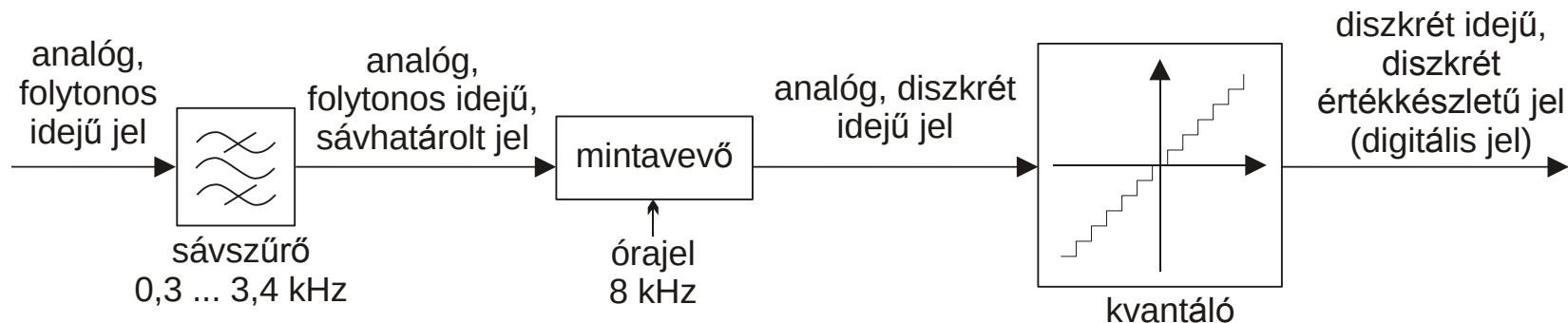
- nem egyenletes kvantálás

Nem egyenletes kvantálás hatása

Kvantálás 3 bites digitális kódolással:



□ A/D átalakítás (kódolás):



□ sávszűrés:

- A sávnál magasabb frekvenciák a mintavételezés után sávon belüli zajként látszanának

□ kvantálás: logaritmikus karakterisztikával (az emberi fül is ilyen)

- USA: μ törvényű kvantáló (μ -law)
- Európa: A törvényű kvantáló (A-law)
- hasonló, de nem kompatibilis, átkódolás kell

□ 8 kHz mintavétel

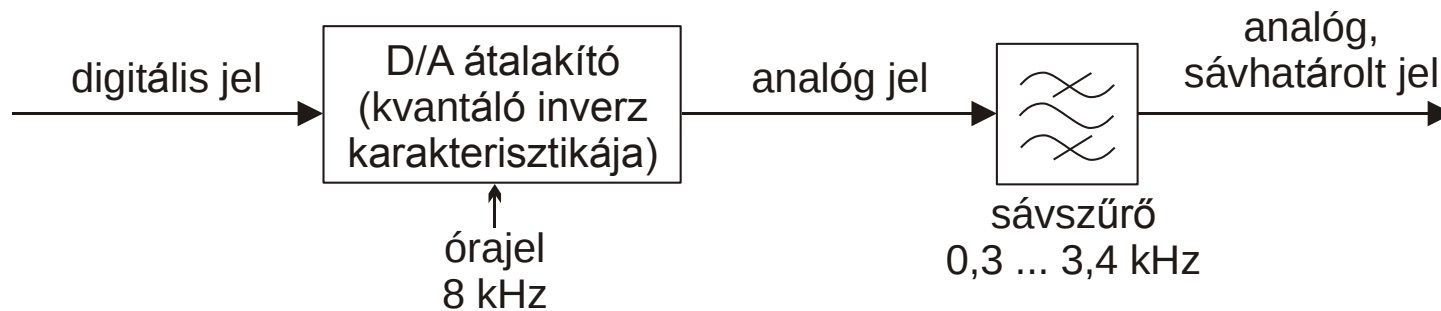
- a max. frekvencia duplája (Nyquist tétele)

□ 8 bitre kvantálás: $8 \text{ kHz} \cdot 8 \text{ bit} = 64 \text{ kb/s}$

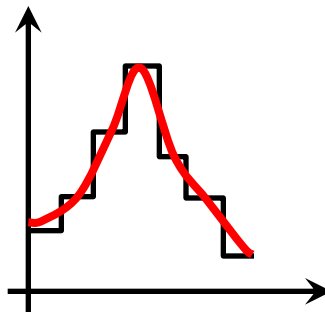
□ vannak újabb, sok szempontból jobb kodekek

- Id. majd a „beszédkódolók” résznél

□ PCM dekódolás:



- sávszűrő szerepe:
kimenet simítása:

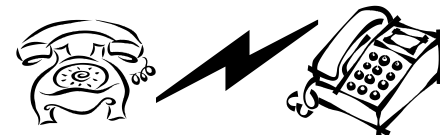


Analóg vs. digitális telefónia



- Analóg átvitel: egy csatorna 4 kHz
- Digitális átvitel (PCM): egy csatorna 64 kb/s
- Mekkora (analóg) sávszélességet igényel ennek az átvitele?
 - sok mindentől függ (pl. alkalmazott moduláció, jel/zaj viszony (S/N) a közegen), de *határozottan szélesebb sáv kell, mint analóg esetben*
- Ugyanakkor:
 - analóg S/N igény: kb. 60 dB
 - digitális S/N igény: kb. 20 dB (10^{-6} bithibaaarányhoz)
- Ráadásul digitális esetben regenerátorokat alkalmazva a zaj nem adódik össze
 - (de: a bithibák igen)

Analóg vs. digitális telefónia



- A digitális technika további előnyei
 - megvalósítása egyszerűbb és megbízhatóbb
 - napjainkban már olcsóbb
 - a jel/zaj viszony független a hálózat méretétől (igaz, a bithibaarány függ)
 - a digitális berendezések gyártása nem igényel egyenkénti beállítást
 - kisebb helyigény
 - alacsonyabb tápigény
 - magasabb fokú hálózati intelligencia valósítható meg
 - sokkal kifinomultabb jelzésátvitel lehetséges
 - adat és beszédjelek egységesen kezelhetők
 - egyszerűbb a karbantartás
 - kapcsolás megvalósítható mozgó alkatrészek nélkül
 - ráadásul: újabb kodekek: kisebb sáv szélesség
- Ezek elsőprő előnyök



□ Analóg nyalábolás: FDM

- a nyalábolás hierarchikusan történik
 - közeg: koax kábel, mikrohullámú rádiós összeköttetés
- egyetlen koax kábelben 1920, ill. 2700 beszélgetés
- ez kb. 10 MHz lenne, de a hierarchia miatt további védősávok szükségesek
- külföldön létezett 10.000 beszédcsatornás, kb. 60 MHz-es rendszer is
- már nem használják. Hazánkban kb. 1990-ig voltak FDM trónkók üzemenben

□ Analóg kapcsolás

- mechanikus, elektromechanikus rendszerek
- hosszú út a Strowger központoktól a keresztrudas (crossbar) kapcsolókig
- Ezt sem nem használják. Magyarországon 1990 és 2000 cserélték le a központokat digitálisra

Digitális távbeszélő hálózatok



- először az átviteli utakat digitalizálták (USA: 1960-as, '70-es évek)
 - klasszikusan TDM (Time Division Multiplexing, időosztásos nyalábolás) rendszerek
 - általános célú digitális átviteli hálózatok, nem csak telefonhálózatok jeleire
 - pl. PDH, SDH (lásd majd a Gerinchálózati technikák fejezetet)
 - ma már sokszor IP is
- utána hamarosan a központokat is
 - TDM központok (lásd majd a Kapcsolástechnika fejezetet)
- a (vezetékes hálózati) végberendezések nagy része ma is analóg!
 - ami nem, az ISDN, ld. nemsokára
 - helyi kapcsolóközpontban történik meg az A/D – D/A átalakítás



- a vezetékes végberendezések javarészt analógok
 - a minőség megfelelő
 - kevesen fizetnek a plusz funkciókért
 - ezek nagy része ráadásul már elérhető analóg végberendezéssel:
 - intelligencia a központban, nem a készülékben!
 - digitális kiegészítések: hívószámkielzés, SMS
 - Id. hamarosan az ISDN-nél!

A távbeszélő központok kapacitása és digitalizáltsága Magyarországon (1995-2007)

