

# Távközlő hálózatok

Az előadás kivonat Németh Krisztián(BME TMIT)  
diasorozatának felhasználásával készült

# Távközlő hálózati architektúrák

## Analóg telefonhálózatok

- ▶ végberendezés: hanghullám  $\leftrightarrow$  elektromos jel
- ▶ kapcsolóközpont: elektromechanikus
- ▶ átviteli utak:
  - ▶ FDM (Frequency Division Multiplexing, frekvenciaosztásos nyalábolás, ld. Számítógép-hálózatok tárgy)
  - ▶ Milyen széles legyen egy beszédcsatorna?
  - ▶ Emberi fül kb. 20 Hz -- 20 kHz-t hall meg
  - ▶ Ebből a beszédjel maximuma 6-7 kHz
  - ▶ De: cél pusztán az érthetőség (és a gazdaságosság!)
  - ▶ Ehhez elég a 0,3 -- 3,4 kHz-es sáv
  - ▶ 3,1 kHz + védősáv = 4 kHz lesz egy beszédcsatorna



# Távközlő hálózati architektúrák

## ► FDM

- a nyalábolás hierarchikusan történik
- pl. 10.000 beszédcsatornához 40 MHz kellene, de a hierarchia miatt további védősávok szükségesek
- így a sávszélesség kb. 60 MHz lesz
- ez átvihető egyetlen koaxiális kábelben, vagy földfelszíni rádiós átvitelrel
- Ez *valós áramkörkapcsolás* (a nyalábolás ellenére): olyan mintha egy 4 kHz sávszélességű vezetékpár állna rendelkezésünkre
- FDM: fejlett országokban már nem használják. Hazánkban kb. 1990-ig volt

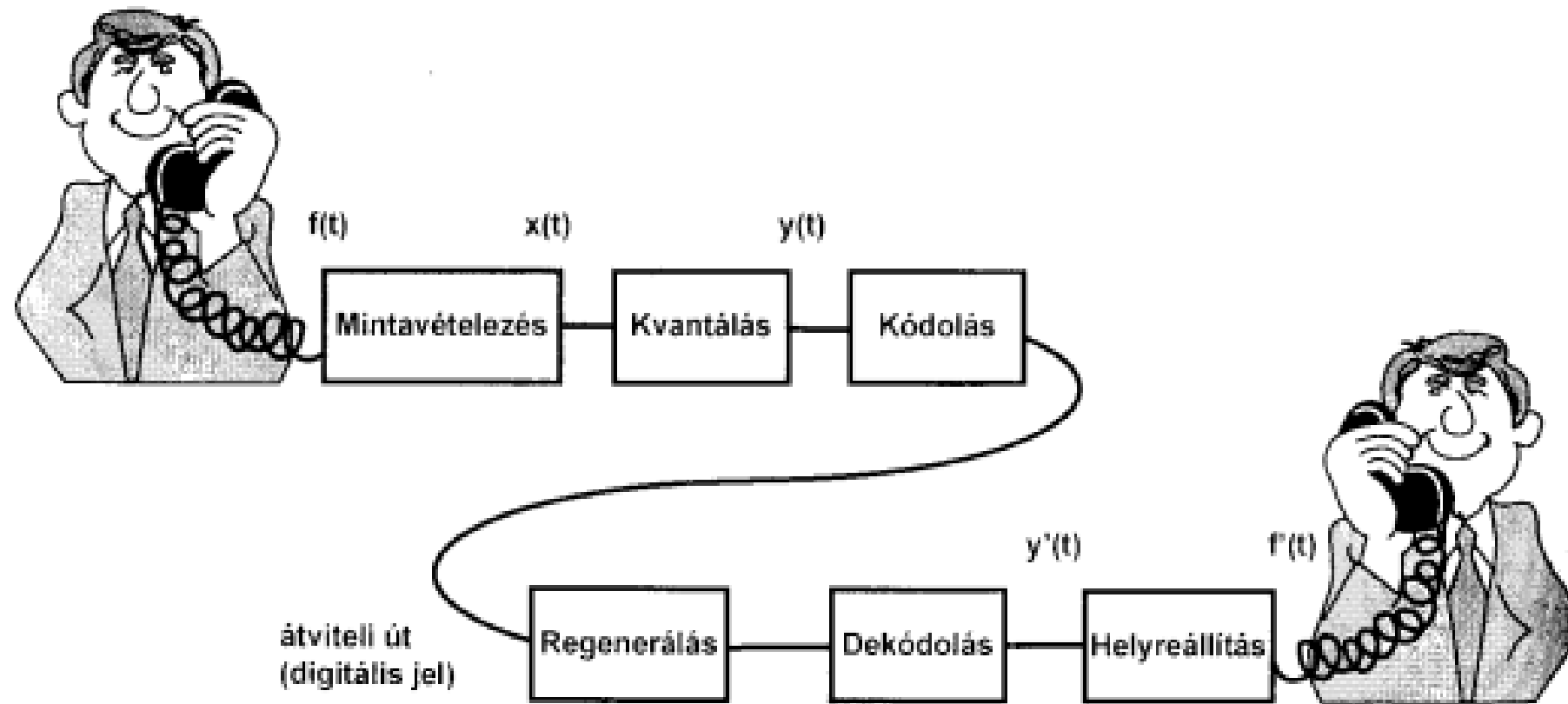
# Távközlő hálózati architektúrák



## Digitális telefonhálózatok

- ▶ először az átviteli utakat digitalizálták (USA, 1960-as, '70-es évek)
- ▶ utána hamarosan a központokat is
- ▶ 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
- ▶ átviteli utak:
  - ▶ TDM (Time Division Multiplexing, időosztásos nyálábolás) rendszerek
  - ▶ általános célú digitális átviteli hálózatok, nem csak telefonhálózatok jeleire
  - ▶ pl. PDH, SDH: lásd később

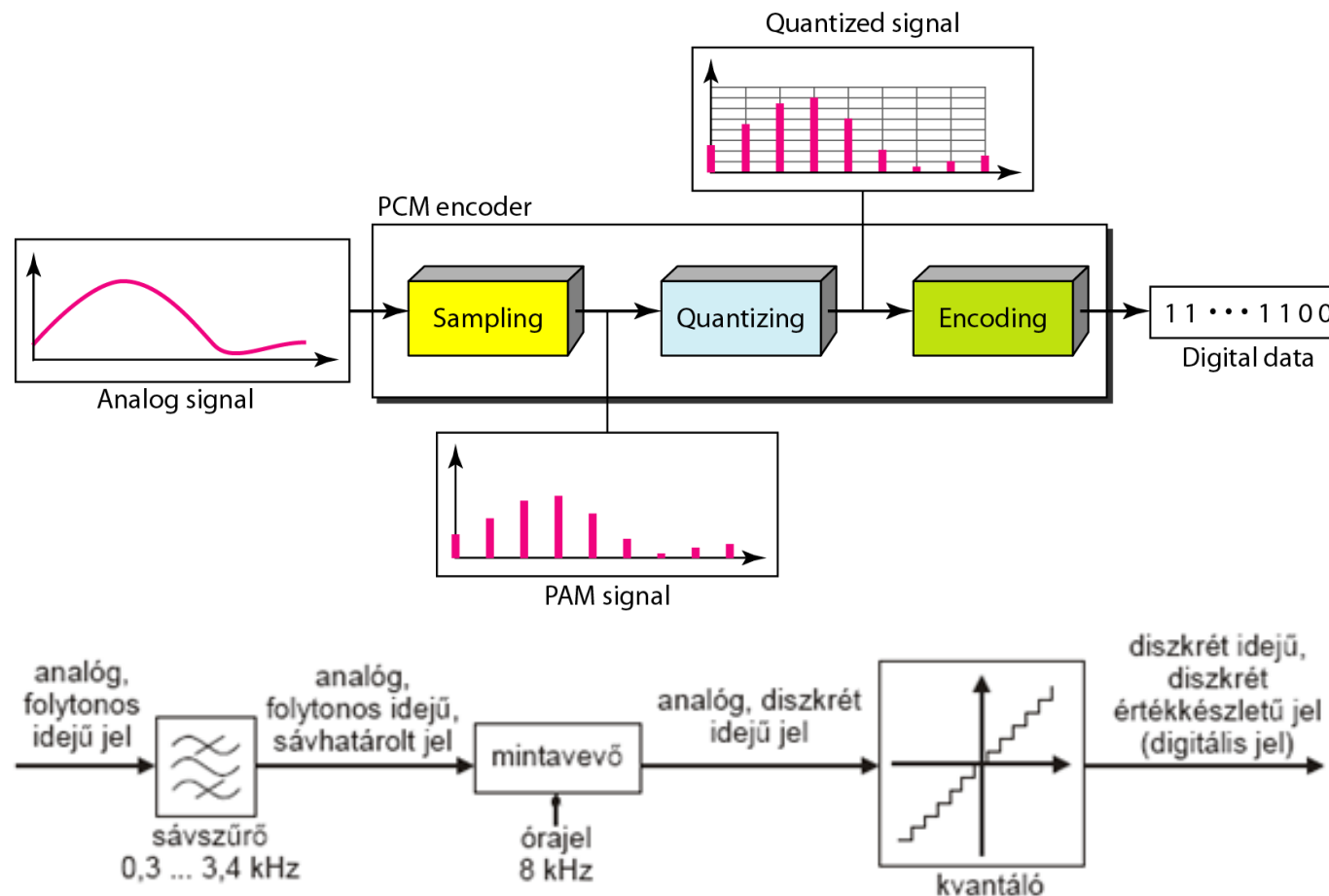
# PCM alapelvei

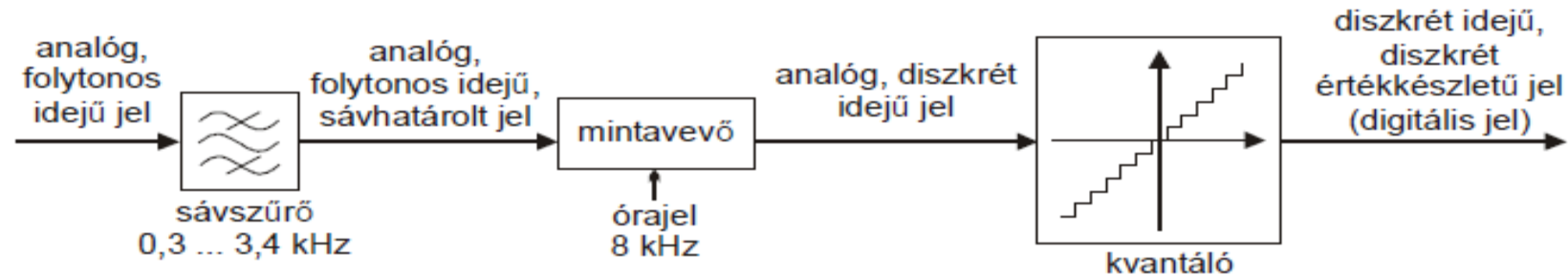


# Pulse Coded Modulation (PCM)

Egy analóg (folytonos) jel [Allen Reeves 1938] való átalakítása PCM jelre, 3 lépés van szükség:

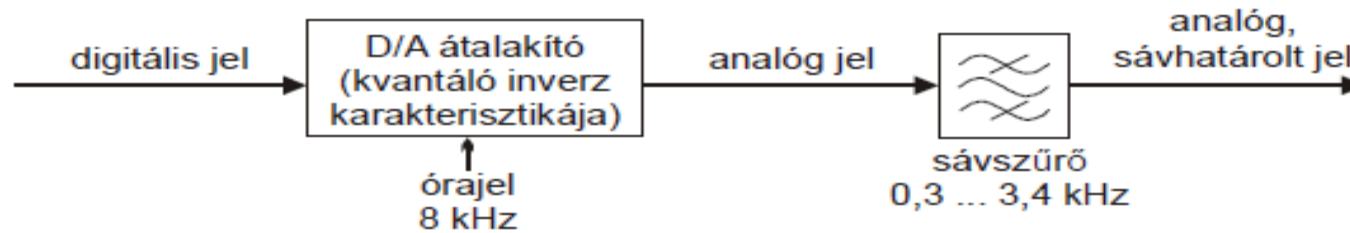
- mintavételezés
- kvantálás
- kódolás





*PCM kódolás*

Az analóg beszédjelet először egy szűrővel a 0,3 – 3,4 kHz-es tartományra korlátozzák, majd ezt 8 kHz-el mintavételezik. Ekkor a mintavételi törvény értelmében egy maximum 4 kHz-es frekvenciát tartalmazó jel teljesen visszaállítható: ez a 3,4 kHz-hez képest tartalmaz egy kis tartaléket is. Ezt a kvantálás követi, amely azonban nem egyenletesen, hanem logaritmikusan történik. Ennek oka, hogy a kvantálót az emberi fül karakterisztikájához illesztették, amely a kis amplitúdójú jelek kis változásaira érzékenyebb, mint a nagy amplitúdójú jelek apró változásaira. E logaritmikus kvantálásra a gyakorlatban két eljárás is elterjedt, amelyek egyébként egymáshoz igen hasonlóak: Európában, Ausztráliában, Dél-Amerikában és még néhány helyen, az ún. A-törvényű (A-law) kvantálót használják, míg főleg Észak-Amerikában és Japánban az ún.  $\mu$ -törvényt ( $\mu$ -law).



*PCM dekódolás*

A PCM jelek dekódolása a kódolás fordított sorrendjében történik. Egy D/A átalakítóban a kvantáló karakterisztikájának inverzét alkalmazva megkapjuk az eredeti jel amplitúdóját: ezt az átalakítást a jelsebességnek megfelelően, másodpercenként 8000-szer elvégezzük. Az így előállított jelet ismét egy sávszűrőn engedjük át, így biztosítva, hogy a D/A átalakítás után esetleg jelen lévő nagyfrekvenciás tagok ne jussanak a kimenetre.

# Digitális telefonía

- ▶ Ez is valós áramkörkapcsolás
  - ▶ TDM ellenére olyan, mintha egy fix 64 kb/s csatornánk lenne
- ▶ Mekkora (analóg) sávszélességet igényel ennek az átvitele?
  - ▶ Távközlő hálózatokban, hosszú távú átvitelnél egy ökölszabály, hogy  $1 \text{ b/s} \approx 1 \text{ Hz}$ .
    - ▶ Kivételek persze vannak. Pl. beszédsávi modem kb 30 kb/s 3,1 kHz-en.
    - ▶ Függ a modulációtól, jel/zaj viszonytól (ld. Shannon törv., alább). Ezek praktikus értékeire igaz a fenti közelítés.
  - ▶ Shannon törvénye:
$$C = B \cdot \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right)$$
    - ▶ C: csatornkapacitás (b/s), B: csatorna sávszélessége (Hz), S, N: jel, zaj teljesítmény
- ▶ Azaz  $64 \text{ kb/s} \approx 64 \text{ kHz}$



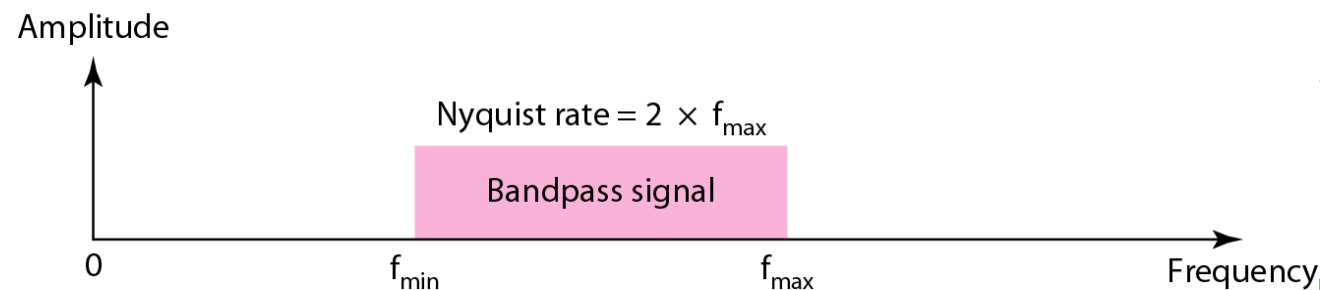
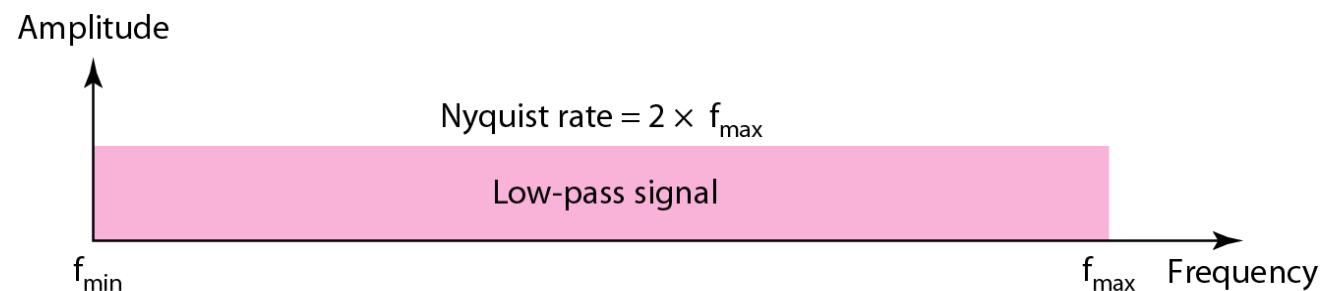
# PCM ALAPELVEI

## Mintavételezési tétel

A mintavételezési tétel (Nyquist - Shannon) meghatározza azt a legkisebb mintavételezési sűrűséget, amellyel egy analóg jelet le kell tapogatni ahhoz, hogy a jel visszaállítása során ne történjen információvesztés.

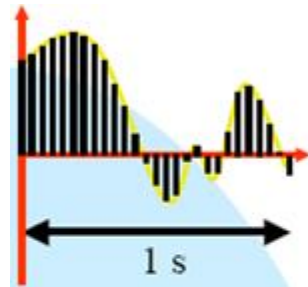
A mintavételezési frekvencia ( $f_m$ ) több mint kétszerese kell hogy legyen az analóg jel legnagyobb frekvenciájú komponensének ( $f_{\max}$ ):

$$f_m > 2f_{\max}$$



# PCM ALAPELVEI

Példa:



L' échantillonnage est lié au critère de Nyquist :

$$f_e > 2 f_m$$

	Bande passante	$f_e$
Téléphone	300 - 3 400 Hz	8 000 Hz
Audioconférence	50 - 7 000 Hz	16 kHz
CD	20 - 20 000 Hz	44,1 kHz

On ne peut pas diminuer la fréquence d' échantillonnage lorsque la bande passante est fixée

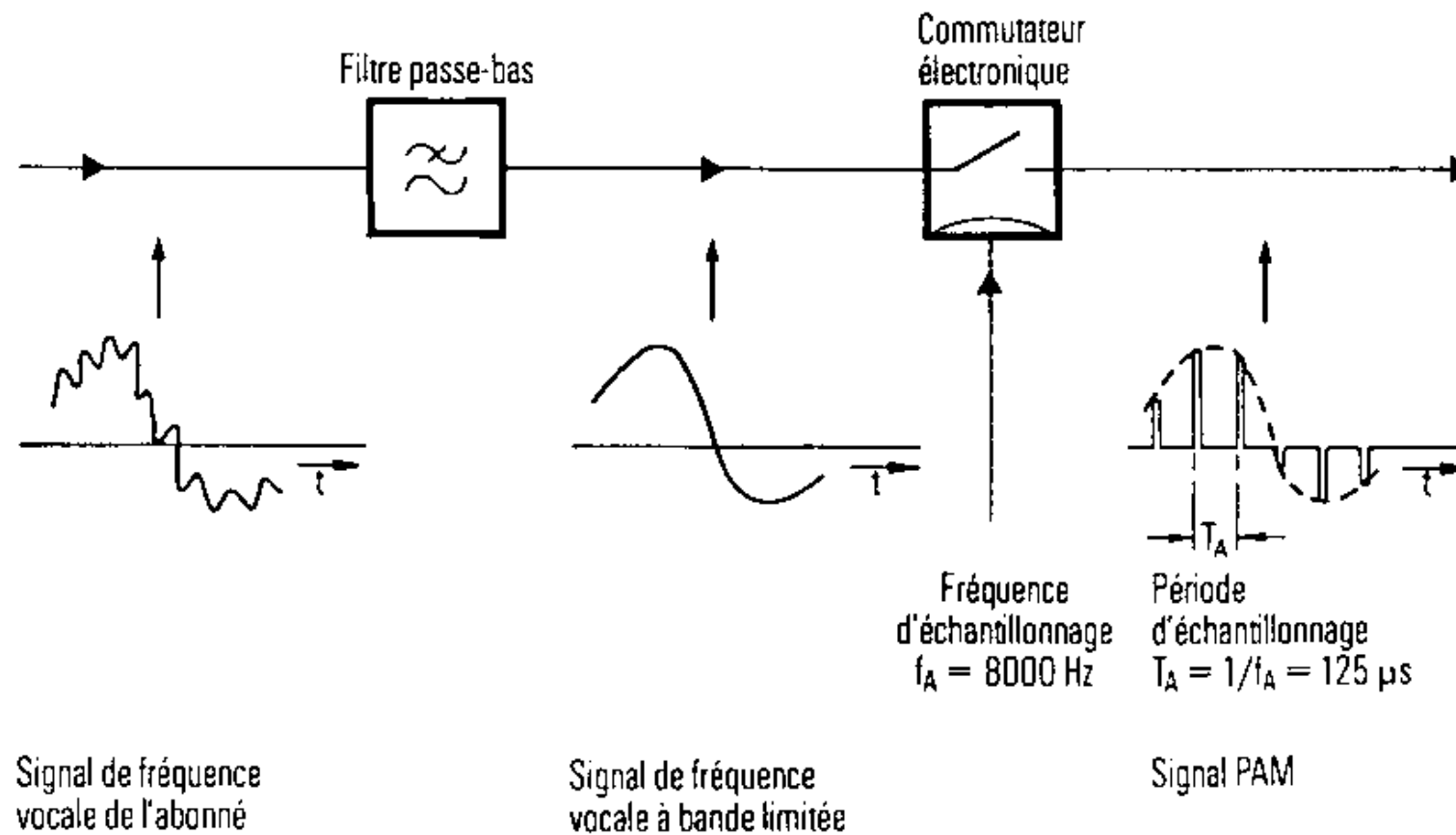
# PCM ALAPELVEI

## Mintavételezés

A telefonrendszerek esetében használt frekvenciasáv (300 Hz - 3400 Hz) mintavételezési frekvenciája ( $f_m$ ) nemzetközi megállapodás szerint 8000 Hz, vagyis a telefonjelekből másodpercenként 8000-szer vesznek mintát. Két egymás utáni minta között eltelt idő ( $T_m$  mintavételezési időköz) a következőképpen számolható:

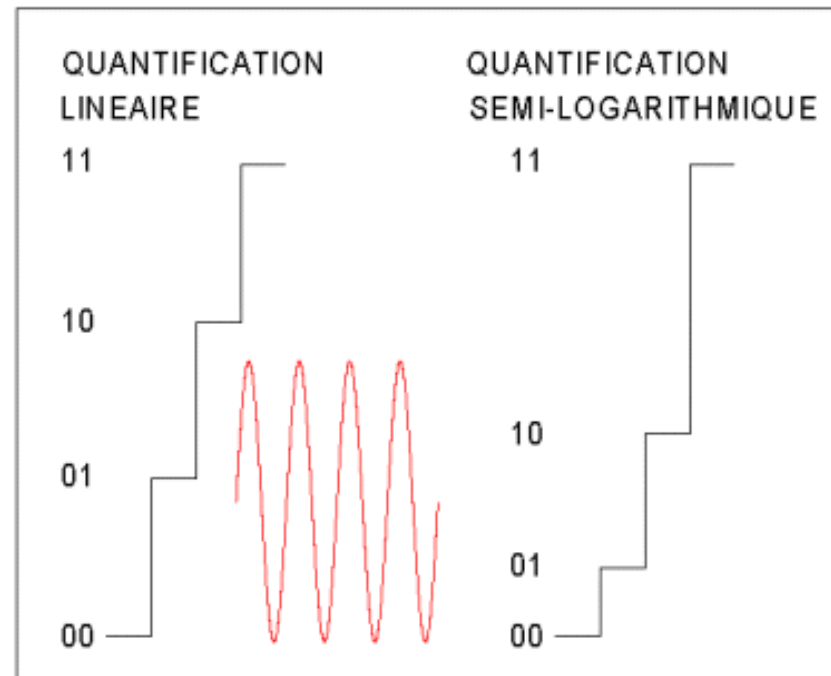
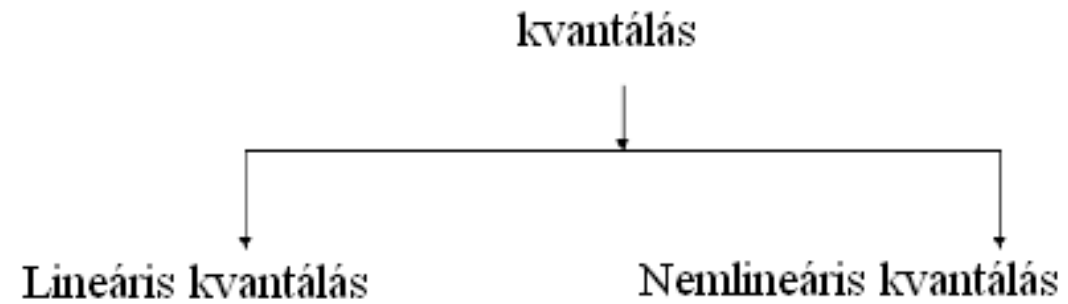
$$T_m = \frac{1}{f_m} = \frac{1}{8000 \text{ Hz}} = 125 \text{ us}$$

# PCM ALAPELVEI

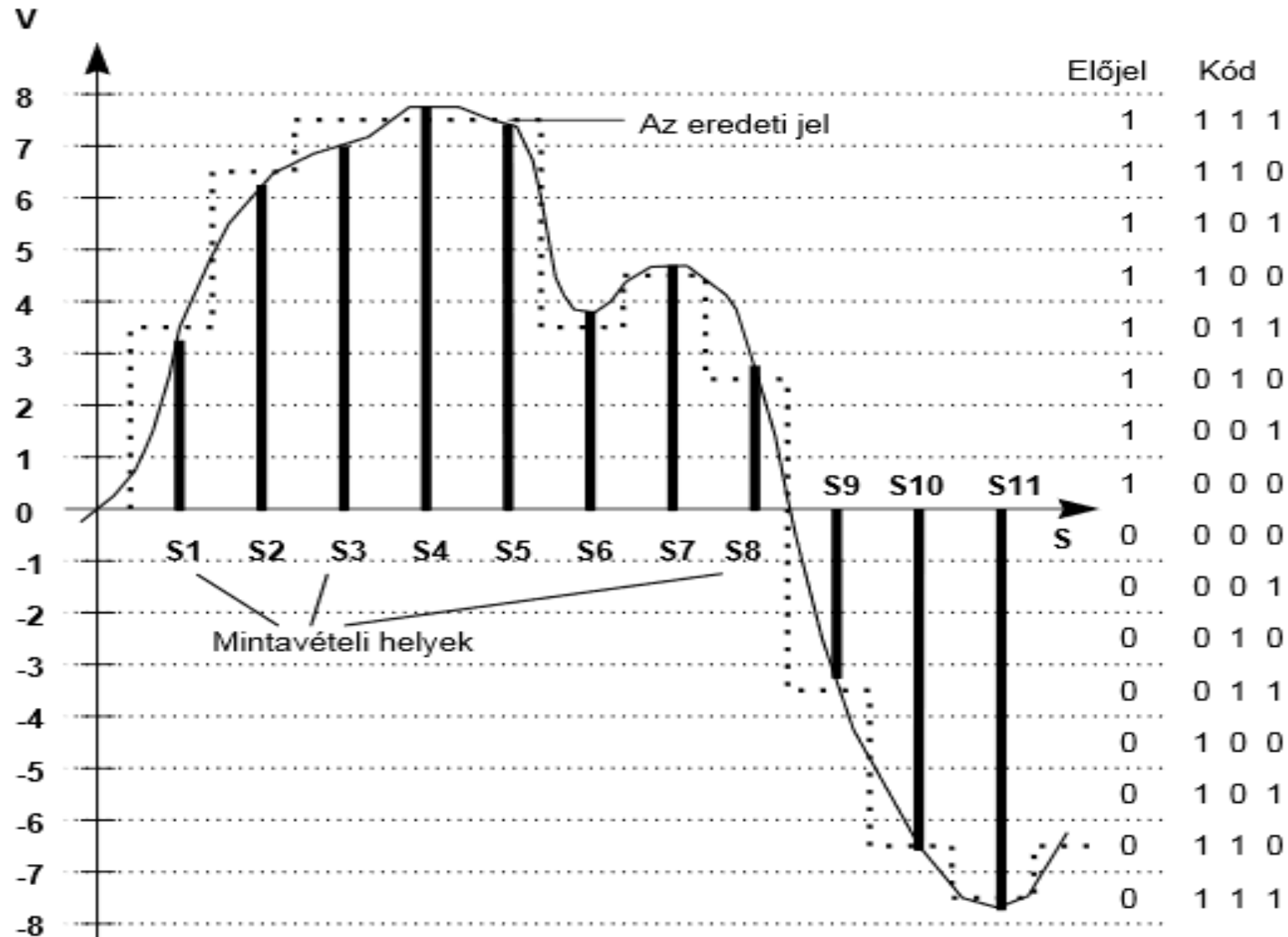


A PAM jel előállítás

# PCM ALAPELVEI



## Lineáris kvantálás



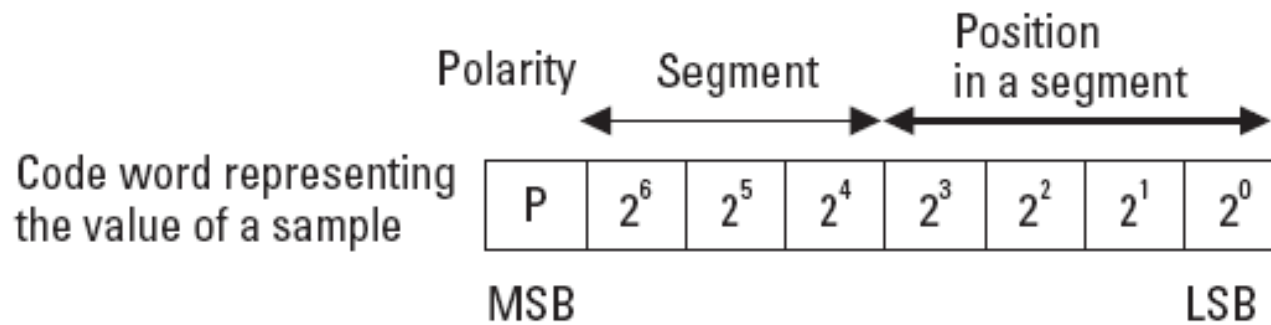
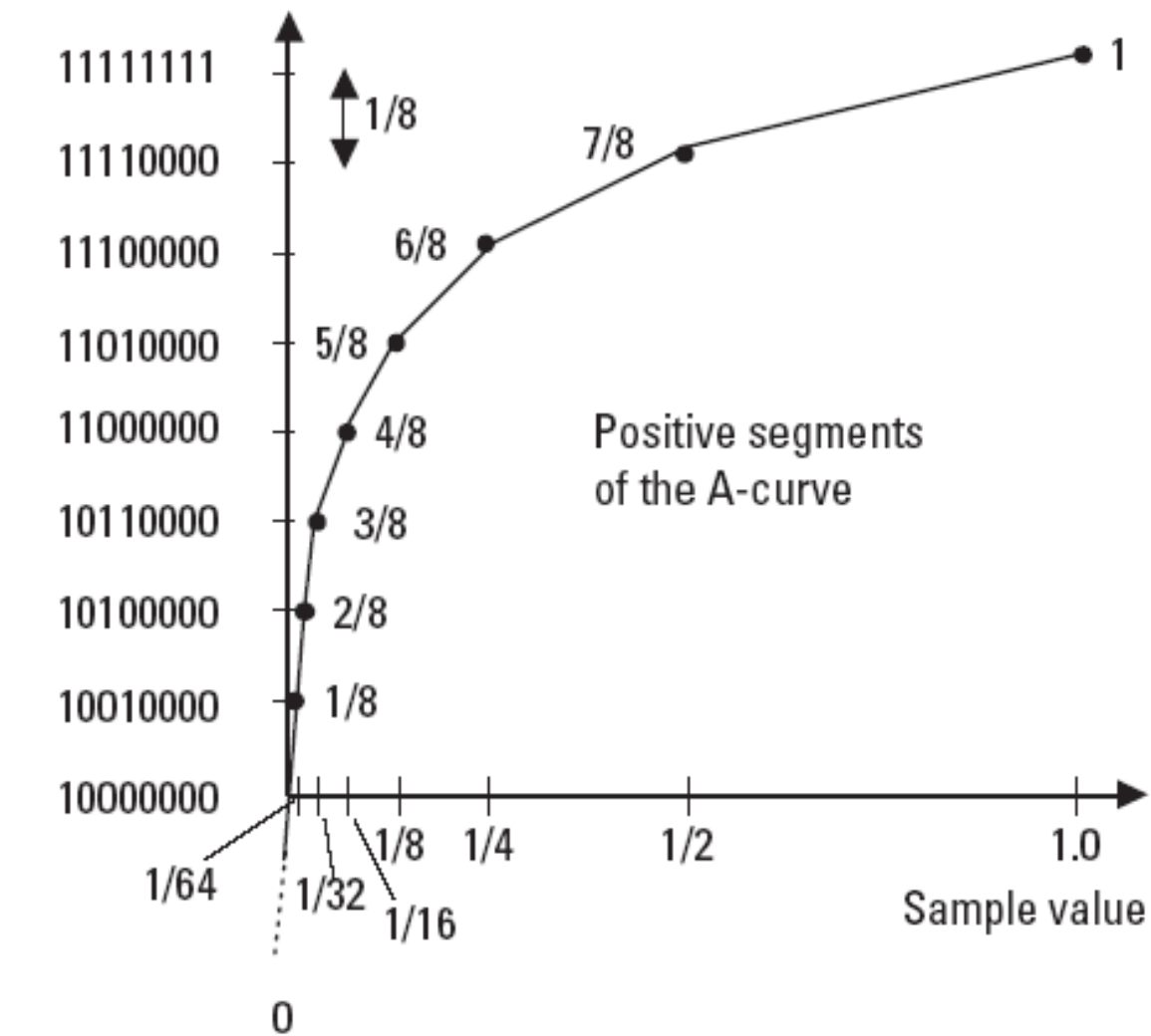
# PCM ALAPELVEI

## Nemlineáris kvantálás:

Lineáris kvantálás esetén a teljes amplitúdó viszonylag jelentős eltérések adódnak. Ezek az eltérések ugyanabban a nagyságrendben lehetnek, mint maguk a bemenő jelek, és a jel/kvantálási zaj arány nem lenne elég nagy. Emiatt 256 nem egyenlő nagyságú kvantálási intervallumot használnak a gyakorlatban (nemlineáris kvantálás):

- ▶ a kis amplitúdójú jelek számára keskeny kvantálási intervallumok.
- ▶ a nagyobb amplitúdójú jelek számára nagyobb kvantálási intervallumok.

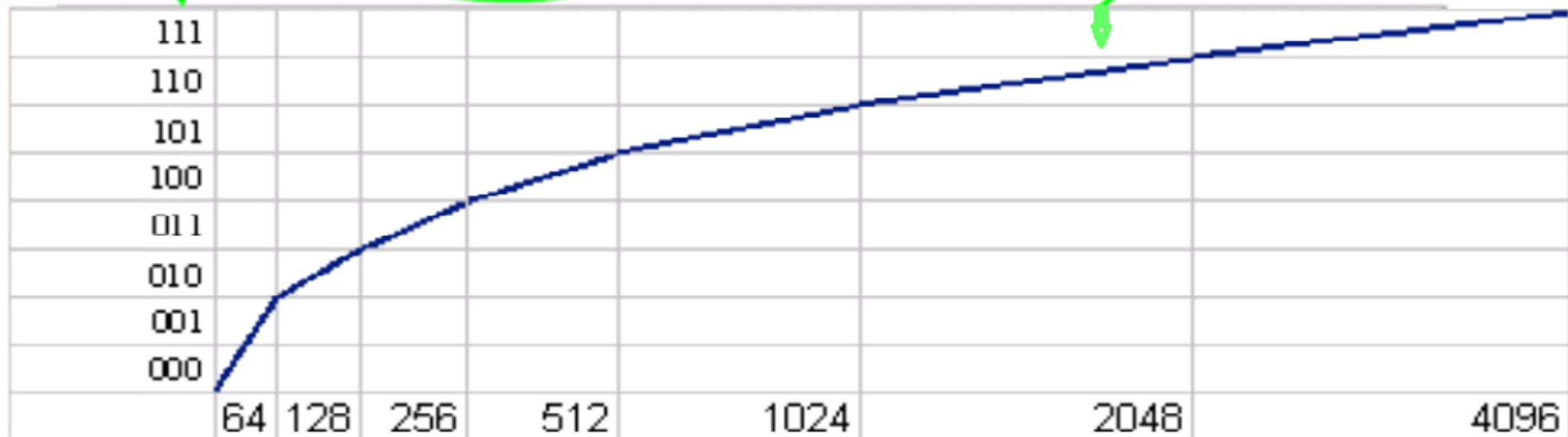
(Ennek oka, hogy a kvantálót az emberi fül karakterisztikájához illesztették, amely a kis amplitúdójú jelek kis változásaira érzékenyebb, mint a nagy amplitúdójú jelek apró változásaira)





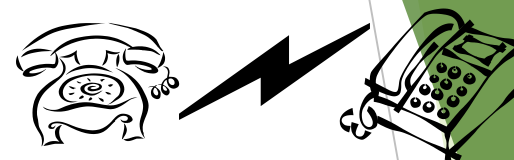
# PCM ALAPELVEI

Polaritás	Szegmens			Lineáris kódolás a szegmensen belül			
0,1	1	1	0	1	1	1	0



## Analóg vs. digitális telefónia

- ▶ Analóg: 4 kHz. Digitális: 64 kHz.
- ▶ Akkor miért digitálisat?!
- ▶ Mert:
  - ▶ 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 sávszélesség
- ▶ Emiatt a központok, az átvitel a fejlettebb országokban tisztán digitális



## Analóg vs. digitális telefónia



- ▶ De: a vezetékes végberendezések javarészt analógok
  - ▶ a minőség megfelelő
  - ▶ kevesen fizetnek a plusz funkciókért
  - ▶ ezek nagy része ráadásul már elérhető analóg végberendezéssel:
    - ▶ digitális kiegészítések: hívószámkielzés, SMS
    - ▶ intelligencia a központban, nem a készülékben!