




- Den analoge transmission
  - Hver linieforstærker undervejs introducer støj. (Hvid støj)
  - Dette kaldes den akkumulerede støj.
- Den digitale transmission
  - Hver linieforstærker (Repeater) afkoder "0" eller "1"
  - Kvaliteten af det oprindelige signal bibeholdes.
  - Dette kaldes Pulse Code Modulation (PCM)

- **Dual Tone Multiple Frequencies**
  - Two tones sent simultaneously when button pressed

|        | 1209 Hz   | 1336 Hz | 1477 Hz | 1633 Hz |
|--------|---|---------|---------|---------|
| 697 Hz | 1   | 2       | 3       | A       |
| 770 Hz |  4 | 5       | 6       | B       |
| 852 Hz | 7   | 8       | 9       | C       |
| 941 Hz | *   | 0       | #       | D       |

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | A |
| 4 | 5 | 6 | B |
| 7 | 8 | 9 | C |
| * | 0 | # | D |

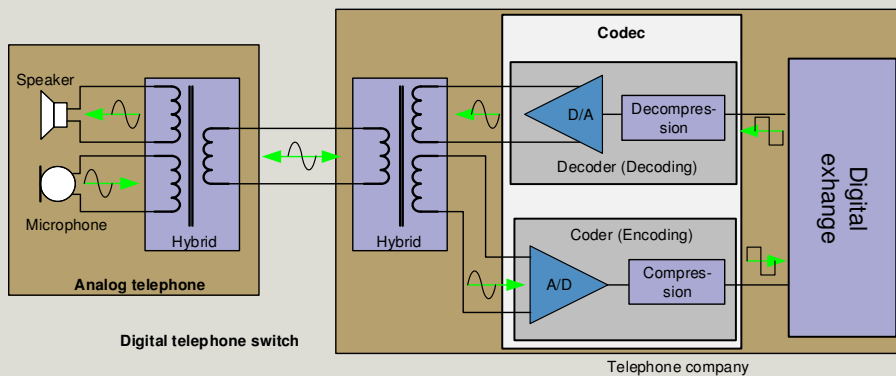
- Telephone sends dual tone when keypad pressed
- Exchange recognizes dual tones and interprets them as digits
- All tones are within the 300 to 3.400 Hz band
  - This is called in-band signaling
  - Voice and signaling carried in the same band

|        | 1209 Hz | 1336 Hz | 1477 Hz | 1633 Hz |
|--------|---------|---------|---------|---------|
| 697 Hz | 1       | 2       | 3       | A       |
| 770 Hz | 4       | 5       | 6       | B       |
| 852 Hz | 7       | 8       | 9       | C       |
| 941 Hz | *       | 0       | #       | D       |

- **Tones from exchange to telephone reports:**
  - status of line
  - equipment
  - status of calls

|                              | Low frequency | High frequency |
|------------------------------|---------------|----------------|
| Dial tone (Most of Europe)   | 425 Hz        | None           |
| Dial tone (UK and US)        | 350 Hz        | 440 Hz         |
| Busy signal (Most of Europe) | 425 Hz        | None           |
| Busy signal (UK)             | 400 Hz        | None           |
| Busy signal (US)             | 480 Hz        | 620 Hz         |

- A coder can encode a signal to a compressed data representation
- Decoding is the reverse of encoding

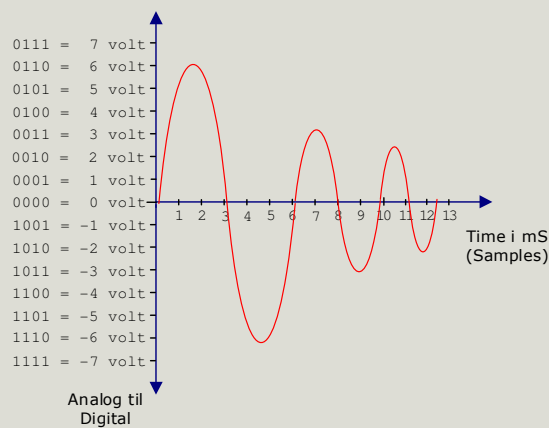


- Different kinds of audio codecs
  - Many codecs defined and used
  - G.standards developed by ITU-T

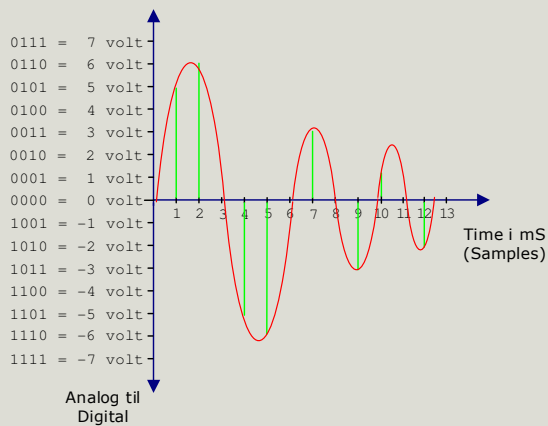


|          |           |              |                   |                          |
|----------|-----------|--------------|-------------------|--------------------------|
| G.711    | Telephony | 300-3.400 Hz | 64 Kbps           | Used on PSTN             |
| G.722    | Telephony | 50-7.000 Hz  | 48, 56 or 64 Kbps |                          |
| G.723    | Telephony | 300-3.400 Hz | 24 or 40 Kbps     | Superceded by G.726      |
| G.726    | Telephony | 300-3.400 Hz | 16, 24 or 32 Kbps | 32 Kbps used the most    |
| G.729    | Telephony | 300-3.400 Hz | 8 Kbps            | License required         |
| Audio CD | Audio     | 20-20.000 Hz | 1,411 Mbps        | HiFi stereo (2 channels) |
| MP3      | Audio     | 20-20.000Hz  | 128 to 320 Kbps   | Many data rates avail.   |

- X-axis is time
- Y-axis is signal amplitude

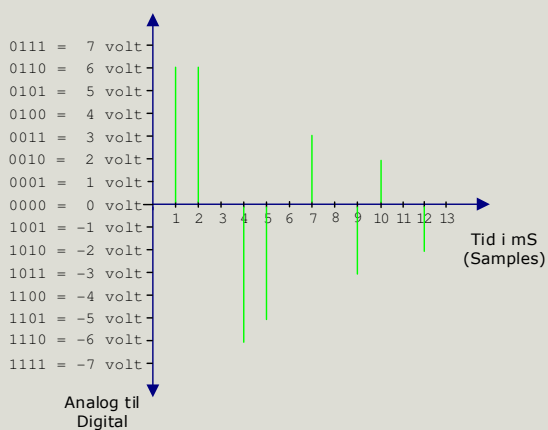


- Sample rate is 1000 times a second ( 1ms)
- Green lines illustrates samples



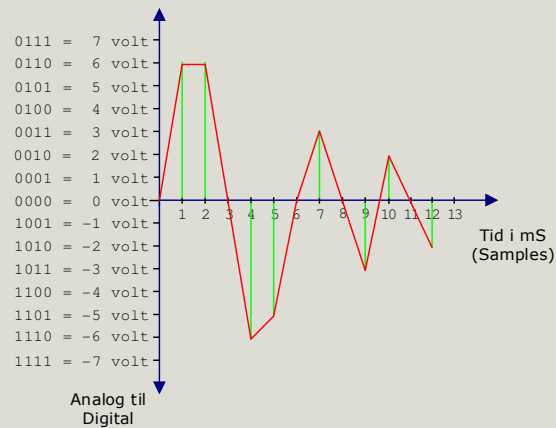
| Sample | Value |
|--------|-------|
| 1      | 0110  |
| 2      | 0110  |
| 3      | 0000  |
| 4      | 1101  |
| 5      | 1110  |
| 6      | 0000  |
| 7      | 0011  |
| 8      | 0000  |
| 9      | 1011  |
| 10     | 0010  |
| 11     | 0000  |
| 12     | 1010  |
| Sample | Value |

- D/A converter receives digital input
- Outputs analog value (Show in green)



| Sample | Value |
|--------|-------|
| 1      | 0110  |
| 2      | 0110  |
| 3      | 0000  |
| 4      | 1101  |
| 5      | 1110  |
| 6      | 0000  |
| 7      | 0011  |
| 8      | 0000  |
| 9      | 1011  |
| 10     | 0010  |
| 11     | 0000  |
| 12     | 1010  |
| Sample | Value |

- **Approximated analog waveform at receiver**
- **Outputs analog value to speaker**



- **Harry Nyquist**
  - Swedish scientist working for AT&T
- **In 1928 Nyquist stated**

To adequately represent an analog wave in digital form , you must sample the analog waveform at a rate at least twice that of the highest frequency to be transmitted



- **To transfer voice in the range 300 to 3.400 Hz**
  - Sample the signal at least  $2 \times 3.400 = 6.800$  pr. Second
  - To avoid aliasing (distortion) a higher frequency is used

- PCM er den mest almindelige kodning af lyd til telefoni.
- Anvender Nyquists teori:
  - For at opnå en god lyd kvalitet skal digitaliseringen (samplingen) foregå med den dobbelte frekvens af den højeste lyd-frekvens der skal overføres.
- Det analoge signal filtreres således at kun frekvenser under 4.000 Hz sendes videre til digitalisering.
- Det analoge signal samples med 8.000 Hz (Nyquist)
- Hver sampling fylder 8 bit.
- $8.000 \text{ samplinger/sekund} * 8 \text{ bit/sampling} = \underline{64.000 \text{ bits/sekund}}$

- De mest anvendte former for 64 Kbps PCM kodninger er
- A-law
  - Anvendt i Europa
- $\mu$ -law (Udtales mu-law)
  - Anvendt i USA
- Begge kodninger anvender en logaritmisk kompression
  - Større opløsning ved mindre lydtryk.
- Er ikke kompatible
- Regel: Hvis der ringes fra en PCM kodning til en anden
  - $\mu$ -law har ansvaret for konvertering til A-law.

| NUMERICAL<br>VALUE | Bit Number         |                   |
|--------------------|--------------------|-------------------|
|                    | Mu-Law<br>12345678 | A-Law<br>12345678 |
| +127               | 10000000           | 11111111          |
| + 96               | 10011111           | 11100000          |
| + 64               | 10111111           | 11000000          |
| + 32               | 11011111           | 10100000          |
| 0                  | 11111111           | 10000000          |
| 0                  | 01111111           | 00000000          |
| - 32               | 01011111           | 00100000          |
| - 64               | 00111111           | 01000000          |
| - 96               | 00011111           | 01100000          |
| -126               | 00000001           | 01111110          |
| -127               | 00000000           | 01111111          |

- Local Loop er kobber par der går fra den lokale central (Central Office Switch) fremover benævnt CO til en abonnent.
- Når Local Loop er tilsluttet en telefon i abonnentens ende og den anden ende er tilsluttet CO kaldes det en telefonlinie.
- Forbindelser mellem to CO kaldes en Trunk.





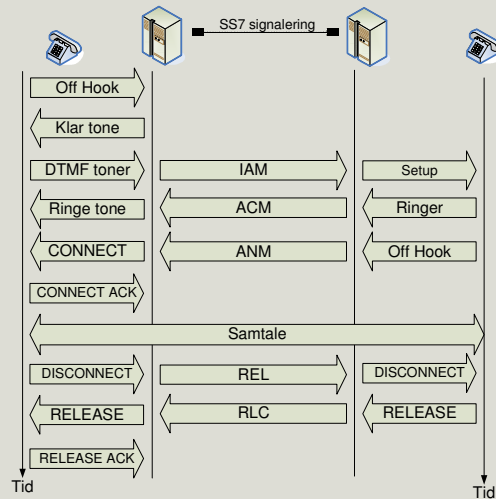
- Signalering er overførsel af information mellem to punkter.
- Der findes to hovedtyper af signalering
  - **Bruger til netværks signalering (telefon til CO)**
  - **Netværk til netværk signalering (CO til CO)**
- Der findes to principper til signalering
  - **In band signalering (Almindelig DTMF telefon)**
  - **Out of band signalering (ISDN's D-kanal)**



- Hele telefonnettet kaldes PSTN
  - **Public Switched Telephone Network**
- Analog telefoni – In band sigalering
  - **Der overføres informationer om kaldt nummer i det hørbare område.**
  - **DTMF (Dual Tone Multiple Frequency)**
  - **Også kaldet POTS – Plain Old Telephone Service**
- ISDN telefoni – Out of band signalering
  - **ISDN2 (BRI) har to B kanaler af 64 Kbps samt en D kanal på 16 Kbps**
  - **D-kanal er beregnet til overførsel af signalering**

- Den mest anvendte signaler er SS7 (C7 i europa)
  - SS7 er en Out of band signalering der forgår mellem CO'er.
- SS7 anvendes til at overføre beskeder mellem CO'er om at
  - At etablere telefonopkald
  - Vedligeholde telefonopkald
  - At afslutte telefonopkald
- SS7 overfører informationer om et opkald i separate kanaler mellem CO'erne

- T1/E1
  - T1 er 1,544 Mbps – anvendes i USA og Japan ( 24 \* 64 Kbps + 8 Kbps)
  - E1 er 2,048 Mbps – anvendes i europa ( 32 \* 64 Kbps )
- T3/E3
  - T3 er 28 \* T1 = 672 \* 64 Kbps = 44,736 Mbps
  - E3 er 16 \* E1 = 512 \* 64 Kbps = 34,368 Mbps
- Synchronous Optical Network (SONET)
  - OC-3 = 2430 \* 64 Kbps = 155,52 Mbps
  - OC-12 = 9720 \* 64 Kbps = 622,08 Mbps
  - OC-48 = 38875 \* 64 Kbps = 2,488 Gbps



- Call Waiting – Banke på
  - Abonnenten får en tone under igangværende samtale, at der er en der ringer op.
- Call Forwarding – Viderestilning
  - Abonnenten sender opkald videre til et andet nummer
- Konference
  - Tre eller flere abonnenter taler sammen
- Display – Nummer visning
  - Abonnenten kan se hvilket nummer opkald kommer fra
- Call Blocking
  - Afviser opkald fra bestemte numre.
- Calling ID blocking
  - Hemmeligt nummer under opkald. Blokerer opkaldte abonnents nummer viser.

- CC = Country Code
  - 1 = USA
  - 45 = Danmark
  - 299 = Grønland

| CC |  |  | NDC + SN |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----|--|--|----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|    |  |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|    |  |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|    |  |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

- NDC = National Destination Code
  - Region og udbyder opdelt
  - +4586 = Midtjylland, århus område
  - +45404 = Mobil – TDC
  - +45405 = Mobil – Sonofon
- SN = Subscriber number
  - Abonnementens telefonnummer

Maksimalt 15 cifre

- [www.numberingplans.com](http://www.numberingplans.com)

- Dedikeret kanal på 64 Kbps hvor samtalen overføres.
- Er bidirektionel
- Er altid til rådighed selvom der ingen "data" er.
- Telefonsamtaler foregår oftest i halv duplex
  - En taler og en lytter.
- God kvalitet da kredsen er koblet fast igennem.



- Digital overførsel mellem endepunkter
- Kredsløbskoblet overførsel af tale og data.
- To opkøblingsformer ISDN2 og ISDN30(flex)
- Anvender out-og-band signalering.
- Signalering kompatibel med SS7
- Mange funktioner
  - 3.1 Khz audio (modem data) eller 64 Kbps digital data
  - Lukkede bruger grupper (PBX)
  - Banke på
  - Viderestilning
  - .....



- ISDN2 eller BRI (Basic Rate Interface)
  - 2 B kanaler på 64 Kbps til overførsel af lyd eller data.
  - 1 D kanal på 16 Kbps til signalering eller data.
- ISDN30 (Europa) eller PRI (Primary Rate Interface)
  - 30 B kanaler på 64 Kbps til overførsel af lyd eller data.
  - 1 D kanal på 64 Kbps til signalering.

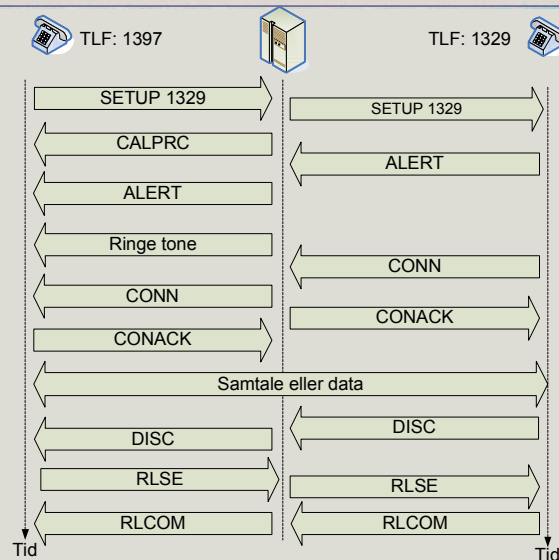


- Digital Subscriber Signalling System Nr. 1 – DSS1
- Opererer på lag 2 og lag 3.
- ISDN lag 2 leverer fejlfri forbindelse mellem to endepunkter
- ISDN lag 2 kaldes også for Link Access Procedures on the D channel – eller LAPD
- LAPD har ansvaret for selve dataoverførsel i D kanalen mellem TE og CO.
  - Specificeret i ITU-T standarderne Q.920/Q.921



- Lag 3 – eller L3 – har definerer beskederne mellem TE og CO.
  - **L2 har ansvaret for selve overførslen.**
- L3 har ansvaret for
  - **Etablering af opkald**
  - **Vedligeholdes af opkald**
  - **Nedbrydning af opkald**
- L3 standard Q.931
- Q.931 beskriver hvilke beskeder der overføres mellem TE og CO og hvad de betyder.

| Besked                   | Mnemonic | Værdi    |
|--------------------------|----------|----------|
| Setup Message            | SETUP    | 00000101 |
| Setup Ack. Message       | SETACK   | 00001101 |
| Call proceeding Message  | CALPRC   | 00000010 |
| Progress Message         | PROG     | 00001111 |
| Alerting Message         | ALERT    | 00000011 |
| Connect Message          | CONN     | 00000101 |
| Connect Ack. message     | CONACK   | 00000111 |
| Disconnect Message       | DISC     | 01000101 |
| Release Message          | RLSE     | 01001101 |
| Release Complete Message | RLCOM    | 01011010 |
| Information Message      | INFO     | 01111011 |





- Q.SIG er en Peer-to-Peer signalerings system brugt til signalering mellem blandt andet PBX'er.
- Q.SIG er også kendt som PSS1
  - **Private Signaling system No. 1**
- Q.SIG opererer på Lag 3, og er derfor uafhængig af L1 og L2 teknologi.
- Baseret på Q.931
- Anvendes i forbindelse med VoIP signalering.