

Telefoni - før og nu!



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

DTMF Dialing

Frequency	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

- **Dual Tone Multiple Frequency**
 - 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



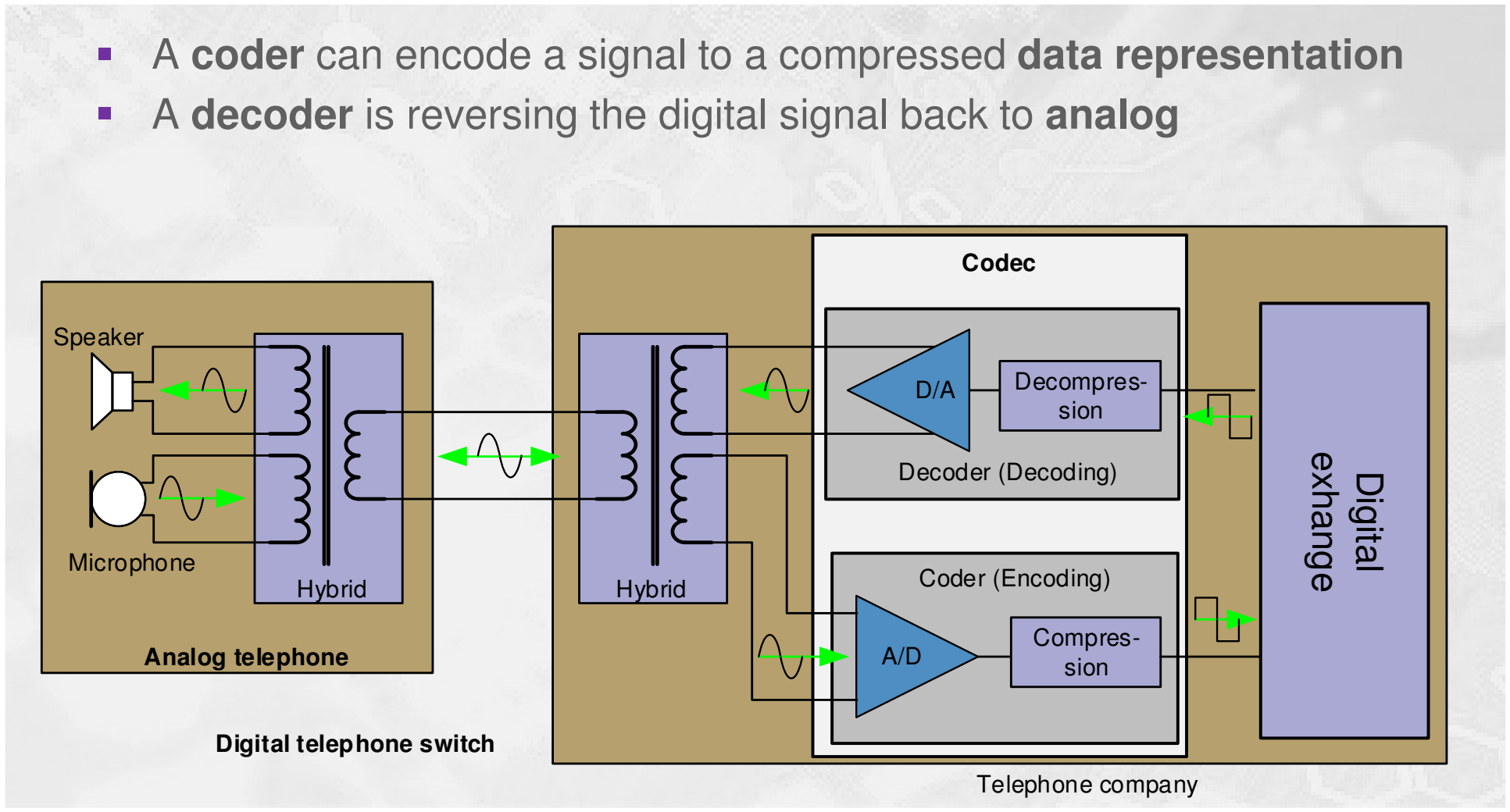
Other tones

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

Examples of events	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

Codec (coder - decoder)

- A **coder** can encode a signal to a compressed **data representation**
- A **decoder** is reversing the digital signal back to **analog**

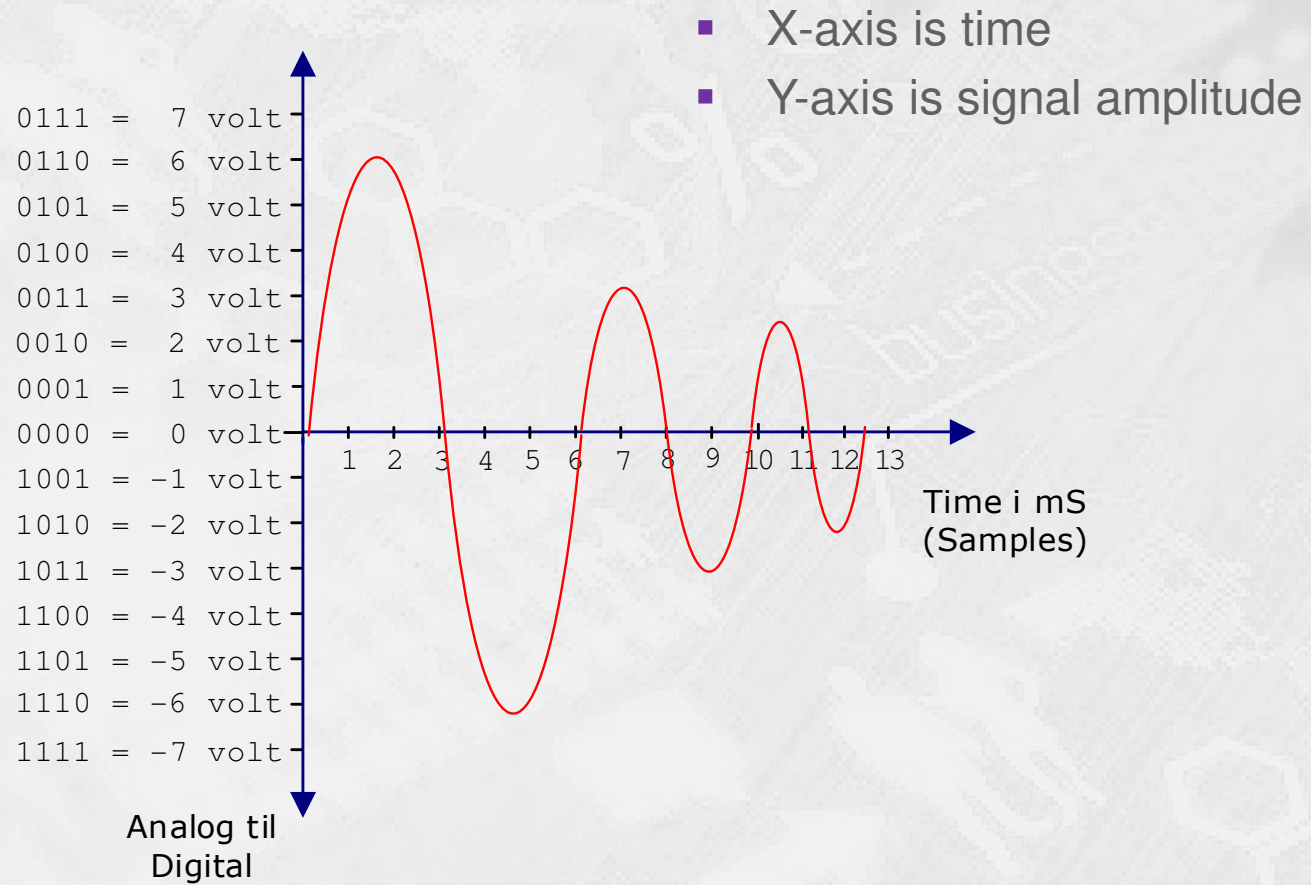


- Different kinds of audio codecs
 - Many codecs defined and used
 - G.standards developed by ITU-T



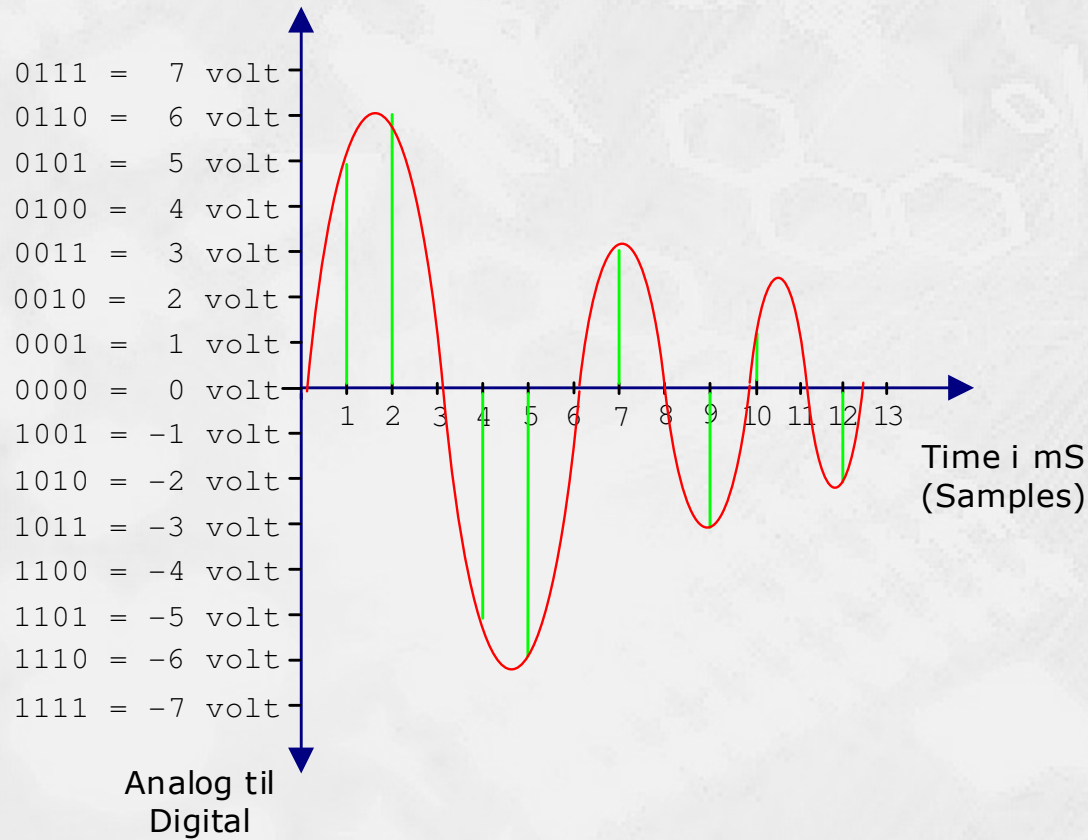
Codec	Use	Bandwidth	Data rate	Comment
G.711	Telephony	300-3.400 Hz	64 Kbps	Used on PSTN
G.722	Telephony	50-7.000 Hz	48, 56 or 64 Kbps	
G.723	Telephony	300-3.400 Hz	24 or 40 Kbps	Superceded by G.726
G.726	Telephony	300-3.400 Hz	16, 24 or 32 Kbps	32 Kbps used the most
G.729	Telephony	300-3.400 Hz	8 Kbps	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.

A/D converter



A/D converter

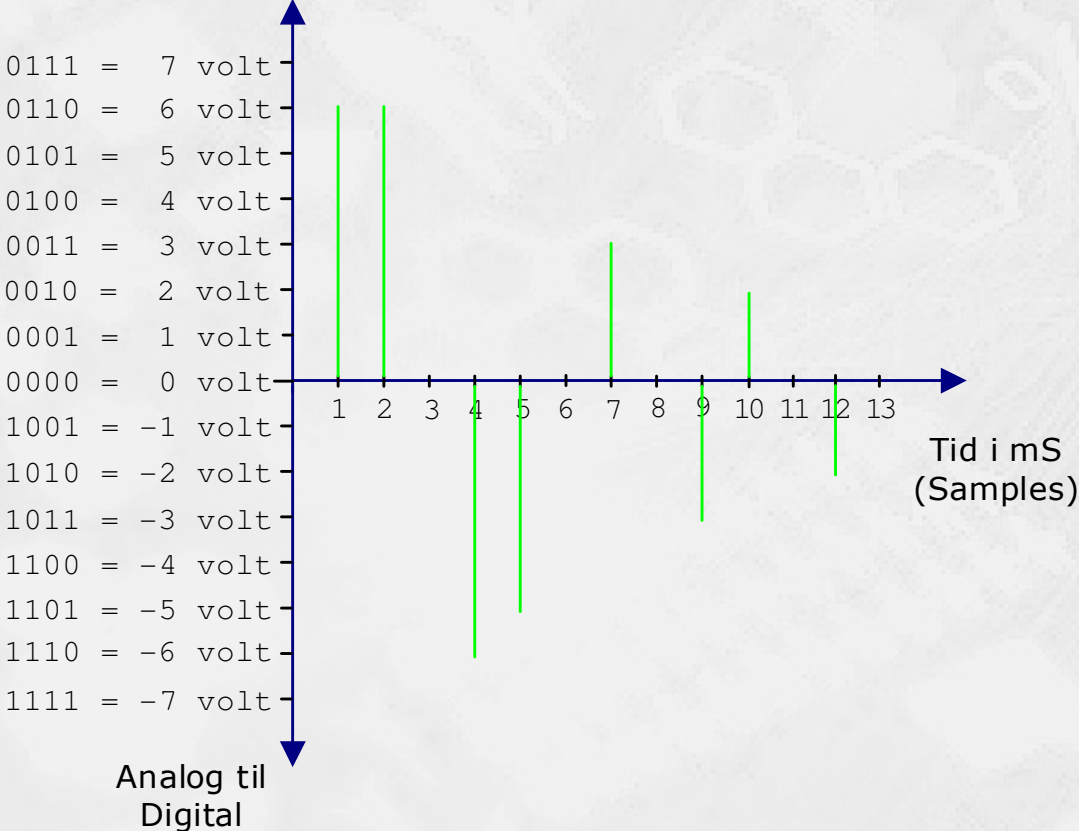
- Sample rate is 1000 times a second (1ms)
- Green lines illustrates samples



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

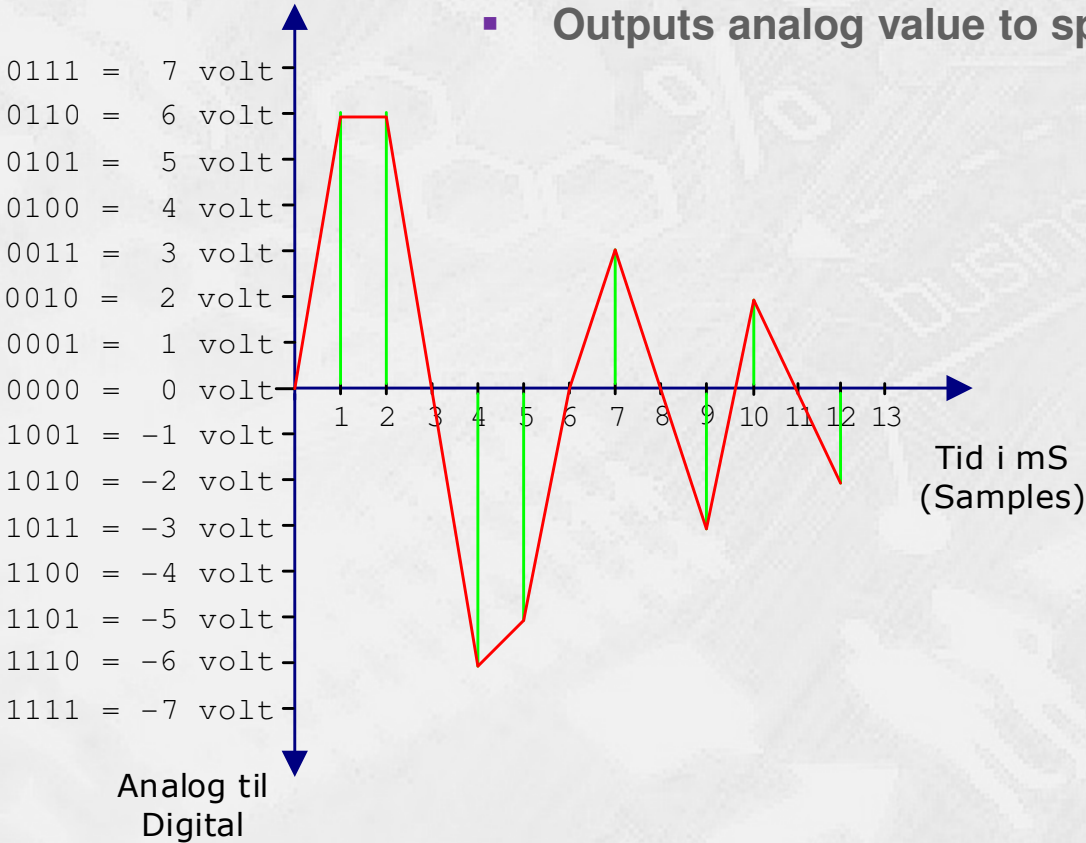
- D/A converter receives digital input
- Outputs analog value (Show in green)



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

D/A converter

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

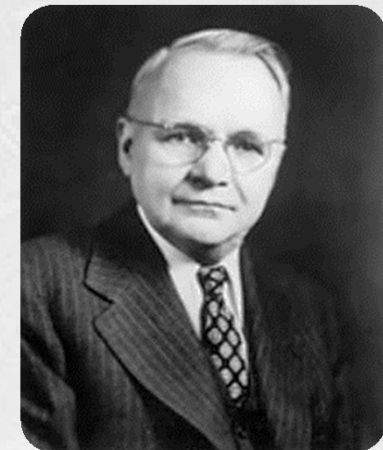


Nyquist theorem



- 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

- Pulse Code Modulation, PCM, er den mest almindelige kodning af lyd til telefoni (Wiki om [PCM](#))
- Anvender Nyquists teori:
 - For at opnå en god lydkvalitet 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
- $8.000 \text{ samplinger/sekund} * 8 \text{ bit/sampling} = 64.000 \text{ bits/sekund}$

Digital kodning med PCM

- De mest anvendte former for 64 Kbps PCM kodninger er
 - **A-law**
 - Anvendes i Europa
 - **μ -law** (Udtales my-law)
 - Anvendes i USA
- Begge kodninger anvender en logaritmisk kompression
 - Større opløsning ved mindre lydtryk.
- De to kodninger er ikke kompatible
- Regel:
 - Hvis der ringes fra en type PCM kodning til en anden type, så har μ -law ansvaret for konverteringen til A-law

Sammenligning: μ -law og A-law

NUMERICAL VALUE	Bit Number	
	Mu-Law 12345678	A-Law 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 **telefonlinje**.
- Forbindelser mellem to CO kaldes en **Trunk**.

- Signalering er overførsel af information mellem to punkter.
- Der findes to hovedtyper af signalerig
 - Bruger til netværks signalerig (telefon til CO)
 - Netværk til netværk signalerig (CO til CO)
- Der findes to principper til signalerig
 - In-band signalerig (Almindelig DTMF telefon)
 - Out-of-band signalerig (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 signalering er SS7 (C7 i europa)
 - SS7 er en Out-of-band signalering mellem CO'er.
- SS7 anvendes til at overføre beskeder om at:
 - etablere telefonopkald
 - vedligeholde telefonopkald
 - 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 ($24 * 64 \text{ Kbps} + 8 \text{ Kbps}$)
- E1 er 2,048 Mbps – anvendes i europa ($32 * 64 \text{ Kbps}$)

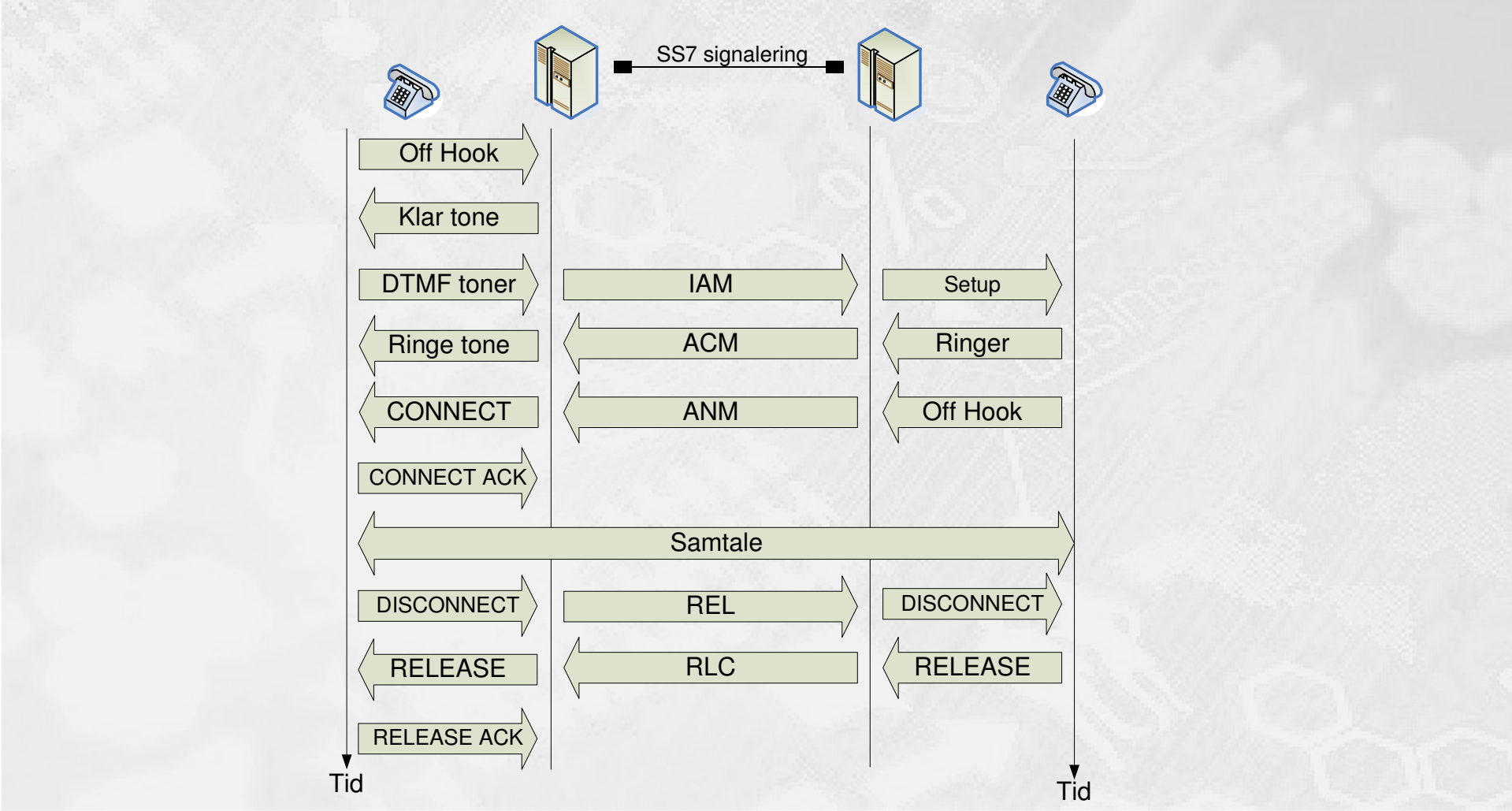
- **T3/E3**

- T3 er $28 * T1 = 672 * 64 \text{ Kbps} = 44,736 \text{ Mbps}$
- E3 er $16 * E1 = 512 * 64 \text{ Kbps} = 34,368 \text{ Mbps}$

- **Synchronous Optical Network (SONET)**

- OC-3 = $2430 * 64 \text{ Kbps}$ = 155,52 Mbps
- OC-12 = $9720 * 64 \text{ Kbps}$ = 622,08 Mbps
- OC-48 = $38875 * 64 \text{ Kbps}$ = 2,488 Gbps

Eksempel på en PSTN samtale



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

ITU-T nummer plan E.164

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

CC			NDC + SN																				

Maksimalt 15 cifre

- NDC = National Destination Code
 - Region og udbyder opdelt
 - +4586 = Midtjylland, århus område
 - +45404 = Mobil – TDC
 - +45405 = Mobil – Sonofon
- SN = Subscriber number
 - Abonnementens telefonnummer
- 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 på skift
- God kvalitet, da kredsen er koblet fast igennem

- **ISDN** – Integrated Services Digital Network
 - Digital overførsel mellem endepunkter
 - Kredsløbs koblet overførsel af tale og data.
 - To opkoblingsformer ISDN2 og ISDN30 (flex)
 - Anvender out-of-band signalering
 - Signaleringen er kompatibel med SS7
 - Mange funktioner:
 - 3.1 Khz audio (modem data) eller 64 Kbps digital data
 - Lukkede brugergrupper (PBX-funktionalitet)
 - Banke-på funktion
 - Viderestilling
 -

- 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.

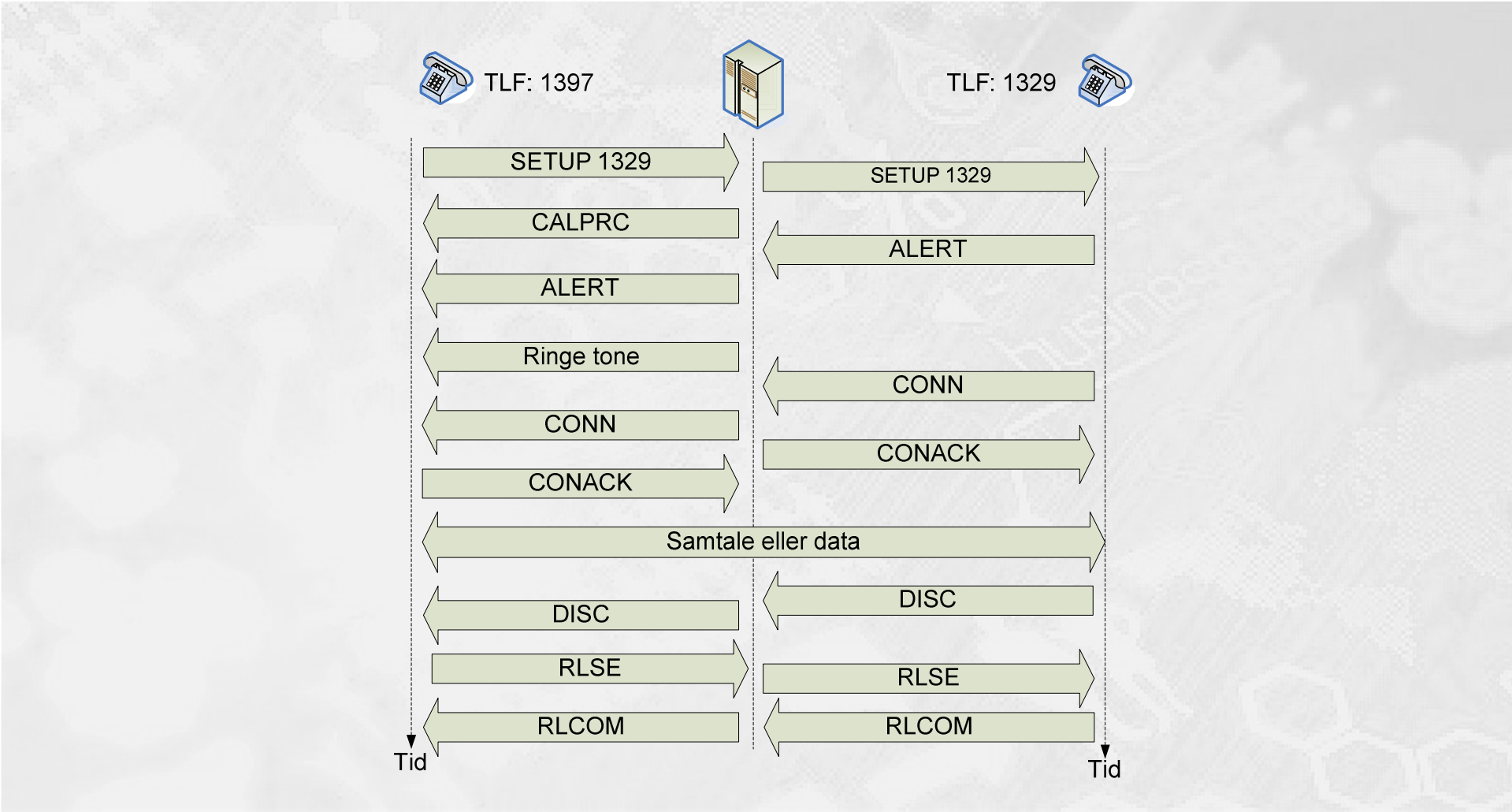
- Digital Subscriber Signalling System 1 – **DSS1**
 - Opererer på både ISDN lag 2 og lag 3
- Signaleringen på ISDN lag 2
 - leverer fejlfri forbindelse mellem to endepunkter
 - kaldes også for Link Access Procedures on the D channel – eller LAPD
 - LAPD har ansvaret for selve dataoverførslen i D kanalen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

- Digital Subscriber Signalling System 1 – DSS1 (fortsat)
- ISDN lag 3 definerer beskederne mellem TE og CO
 - Lag 2 har kun ansvaret for selve overførslen.
- ISDN lag 3 har ansvaret for
 - etablering af opkald
 - vedligeholdes af opkald
 - nedbrydning af opkald
- Lag 3 standarden er defineret i Q.931
 - Q.931 beskriver hvilke beskeder der overføres mellem TE og CO, samt hvad de betyder.

Q.931 besked eksempler

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

ISDN opkald med Q.931 signalering



Q.SIG

- 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 Signalling 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