

1. La conversione Analogico/Digitale

- ☐ Segnale telefonico
- ☐ Campionamento
- ☐ Quantizzazione
- ☐ Il canale numerico PCM

1

Note

This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Il segnale telefonico



La generazione del segnale elettrico associato alla voce del parlatore avviene nel microfono, che funge da trasduttore acusto/elettrico.

Le caratteristiche di questo segnale variano in funzione della lingua parlata nonché del sesso del parlatore.

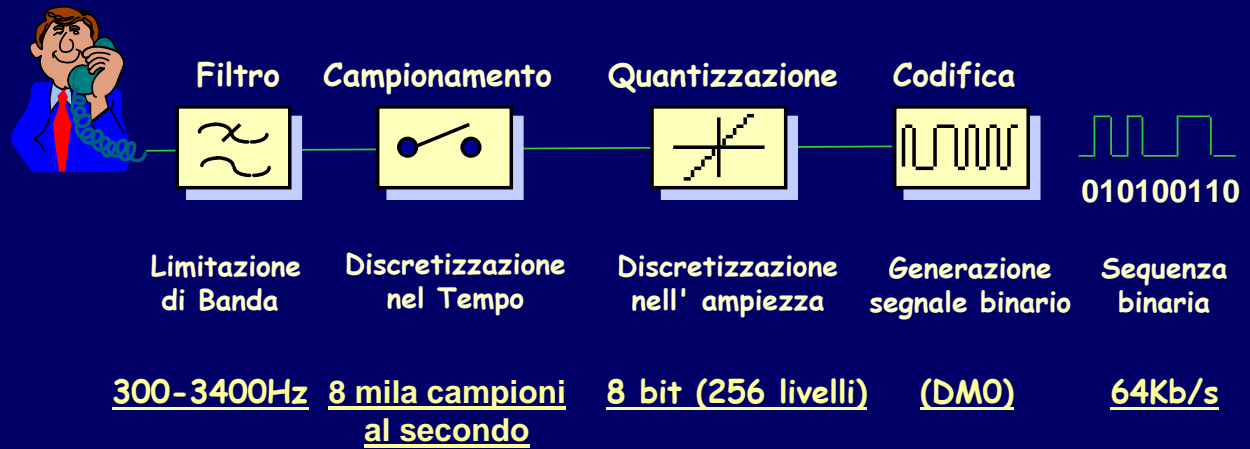
Le osservazioni spettrali di questo segnale hanno comunque permesso di definirne l'occupazione tra 300 e 3400 Hz.

2

Note

This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Conversione Analogico/Digitale



Il PCM è una tecnica in grado di convertire un segnale analogico (voce) in un segnale digitale per permetterne la trasmissione a distanza. Il segnale fonico viene convertito in un segnale digitale di 64Kb/s.

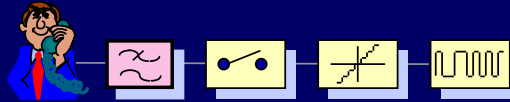
3

Note

This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

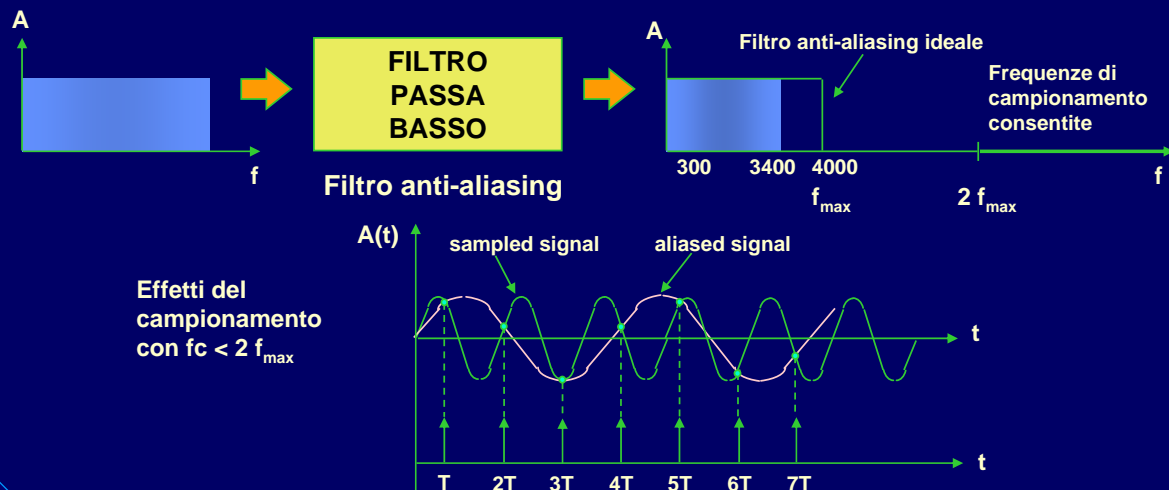
Filtro

Teorema di Shannon



Al fine di ricostruire esattamente il segnale funzione continua del tempo $A(t)$, è necessario campionare $A(t)$ con una velocità maggiore del doppio della sua componente avente il valore di frequenza massimo

Poiché i segnali fonici si possono estendere ben oltre la banda prevista, occorre precondizionare il segnale analogico in ingresso al campionatore limitandone la banda. Tale limitazione si ottiene con un filtro anti-aliasing (generalmente di tipo passa-basso).



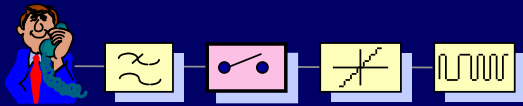
L'introduzione al teorema del campionamento di C.E. Shannon nel 1949 pone restrizioni sul contenuto spettrale del segnale funzione del tempo $f(t)$ e può essere enunciata nel seguente modo: **Al fine di ricostruire esattamente $f(t)$ è necessario campionare $f(t)$ ad una velocità maggiore di due volte la componente avente frequenza più alta.** Ad esempio, se un segnale ha una frequenza massima di 4KHz è richiesto un campionamento ad una frequenza maggiore di 8KHz al fine di preservare e recuperare esattamente la forma d'onda originale.

La conseguenza di un campionamento con una velocità inferiore dà origine ad un fenomeno conosciuto come **aliasing**. Questo concetto risulta in una frequenza completamente diversa che si origina in fase di ricostruzione la quale attraversa gli stessi punti identificati dai campioni del segnale originario.

Questo effetto è simile a quello che si osserva nei film western quando, guardando la ruota della diligenza sembra che questa ruoti lentamente in senso contrario. Questo effetto stroboscopico è il risultato di ogni fotogramma che campiona la ruota ad una velocità inferiore rispetto al movimento dei raggi. Risulta evidente la difficoltà nel determinare la reale frequenza di rotazione della ruota.

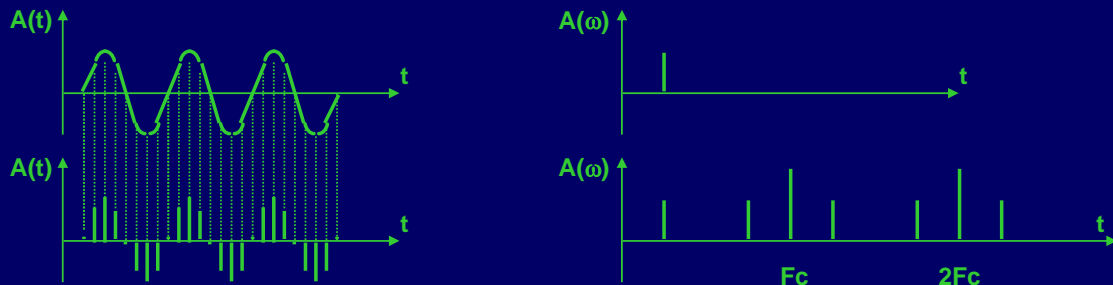
In prima battuta sembrerebbe semplice dire che l'anti-aliasing può essere ottenuto campionando ad una frequenza doppia rispetto alla massima frequenza presente nel segnale da campionare. Di fatto molti segnali reali sono caratterizzati da un ampio spettro con componenti che si estendono da quelle desiderate a quelle presente nel rumore bianco. Per recuperare esattamente tali segnali il sistema richiederebbe una velocità di campionamento irrealizzabile. Pertanto si preferisce agire sul segnale di ingresso con una funzione di filtraggio mediante il filtro anti-aliasing, ad esempio di tipo passa-basso, in modo tale che il sistema di campionamento riceva un segnale analogico con spettro contenuto nella metà inferiore rispetto alla frequenza di campionamento.

Campionamento

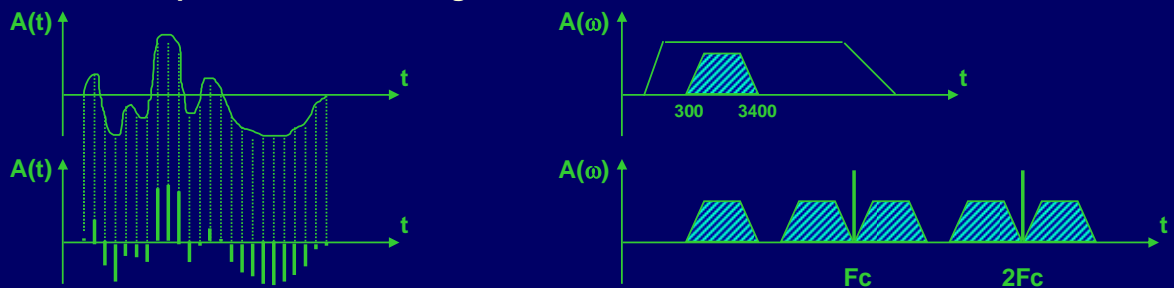


Discretizzazione nel dominio del tempo

Campionamento di un segnale sinusoidale



Campionamento di un segnale vocale



5

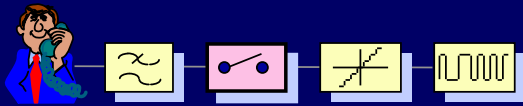
Una volta filtrata, l'informazione viene campionata. L'idea che sia possibile eseguire il campionamento di una funzione continua del tempo limitata in frequenza trova giustificazione logica nel fatto che, poiché l'informazione portata da tale funzione deve essere finita, non tutti i suoi punti contengono informazione; quindi, necessariamente, solo un numero finito di punti sono tra loro indipendenti. Basta quindi trasmettere questi per trasmettere tutta l'informazione contenuta nella funzione.

Il primo problema che si pone nella realizzazione di un sistema di questo genere riguarda quindi il numero di impulsi necessario per riprodurre, senza degradamento di informazione, la funzione continua.

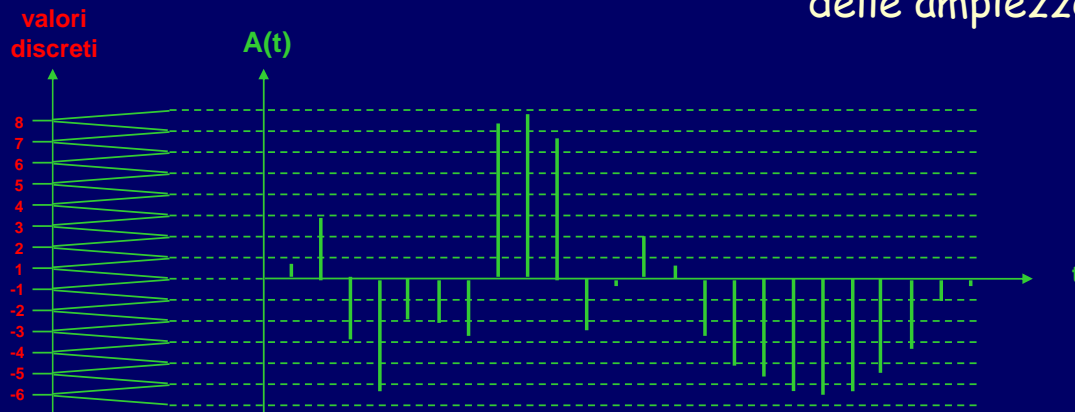
La risposta a tale problema viene da un teorema della teoria dell'informazione detto "teorema del campionamento", elaborato da C.E. Shannon che dice: "se una informazione, che sia una funzione reale e continua del tempo, è campionata ad intervalli regolari e ad una velocità doppia della massima frequenza contenuta nel messaggio, i campioni così ottenuti contengono tutta l'informazione intrinseca del messaggio originale".

Questo teorema trova dimostrazione intuitiva se si suppone di dover campionare un'informazione costituita da componenti che vanno dalla frequenza zero ad una massima. Ogni componente a frequenza f è individuabile da due parametri, ampiezza e fase, per cui al fine di riconoscere una qualunque di esse sono necessari almeno due prelievi nella unità di tempo; ne consegue che, per ricostituire la suddetta informazione sono necessari almeno $2f$ prelievi al secondo e cioè occorre effettuare il campionamento ad una frequenza f , almeno doppia della massima da trasmettere.

Quantizzazione



Discretizzazione delle ampiezze



Si tratta di approssimare gli infiniti valori che il campione può assumere ad uno dei valori finiti appartenenti alla scala di quantizzazione.

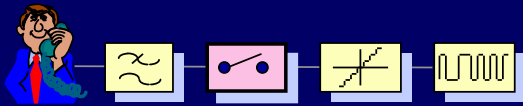
Tale approssimazione genera il "rumore di quantizzazione".

6

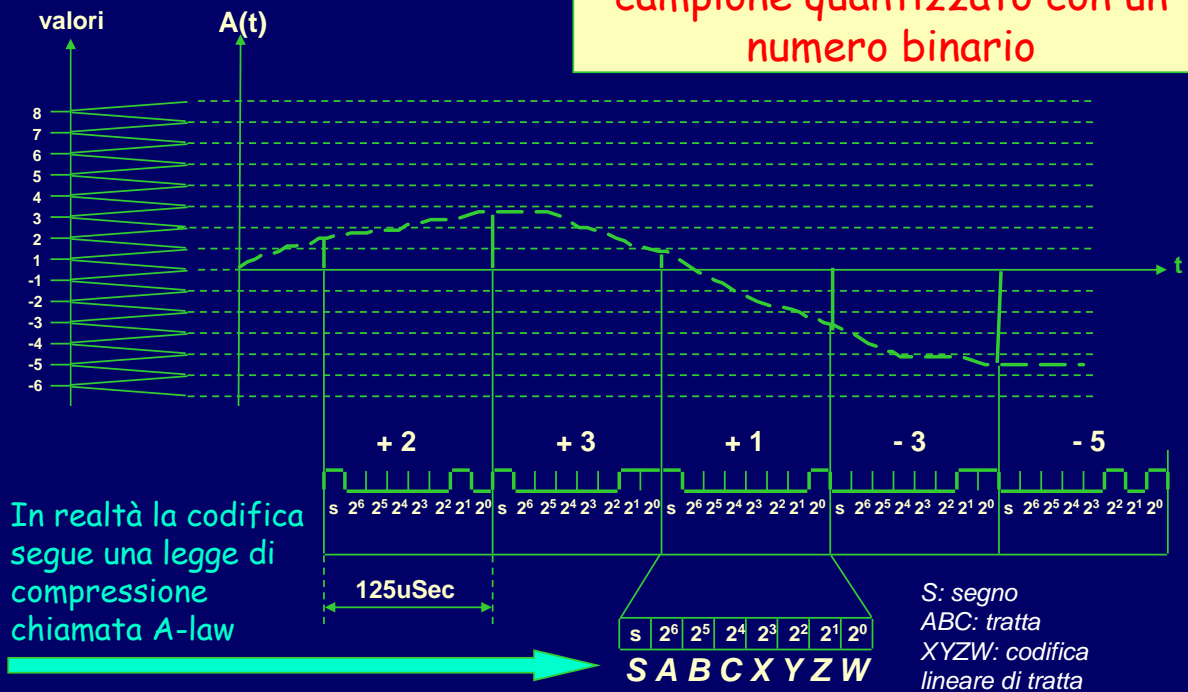
Note

This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Codifica



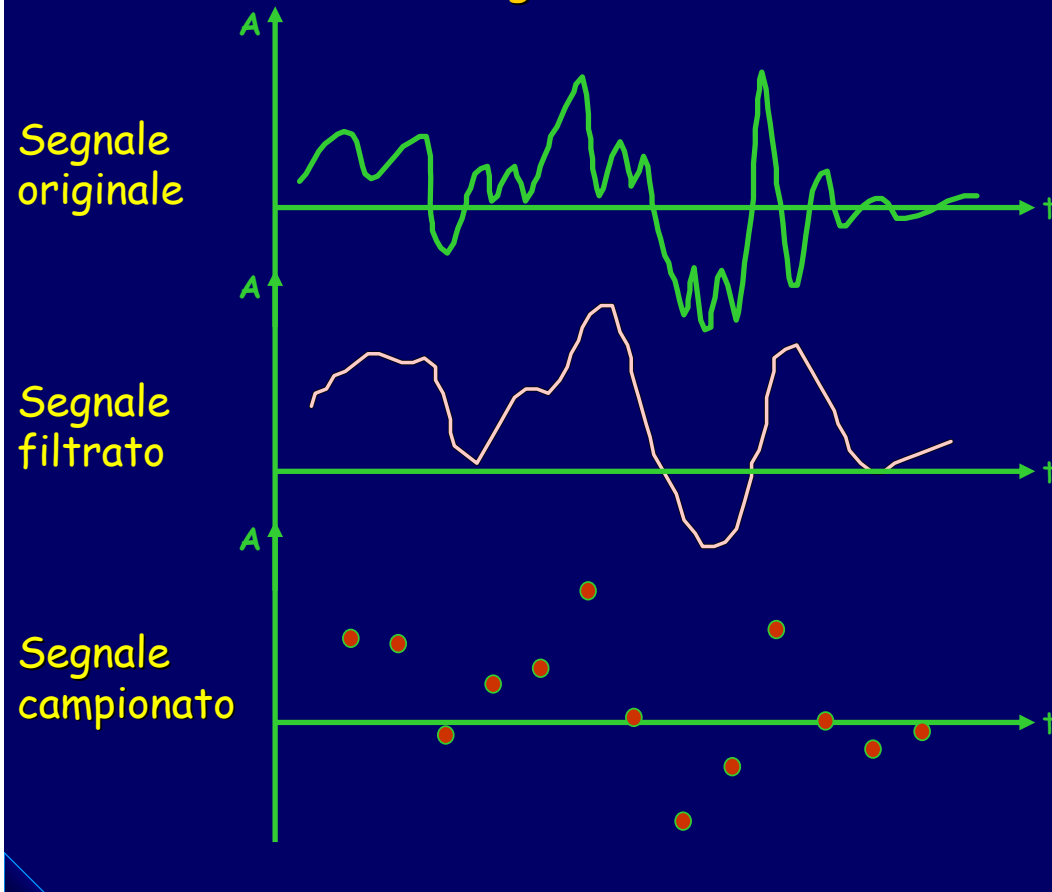
Rappresentazione del valore del campione quantizzato con un numero binario



7

Note

Informazioni utili del segnale

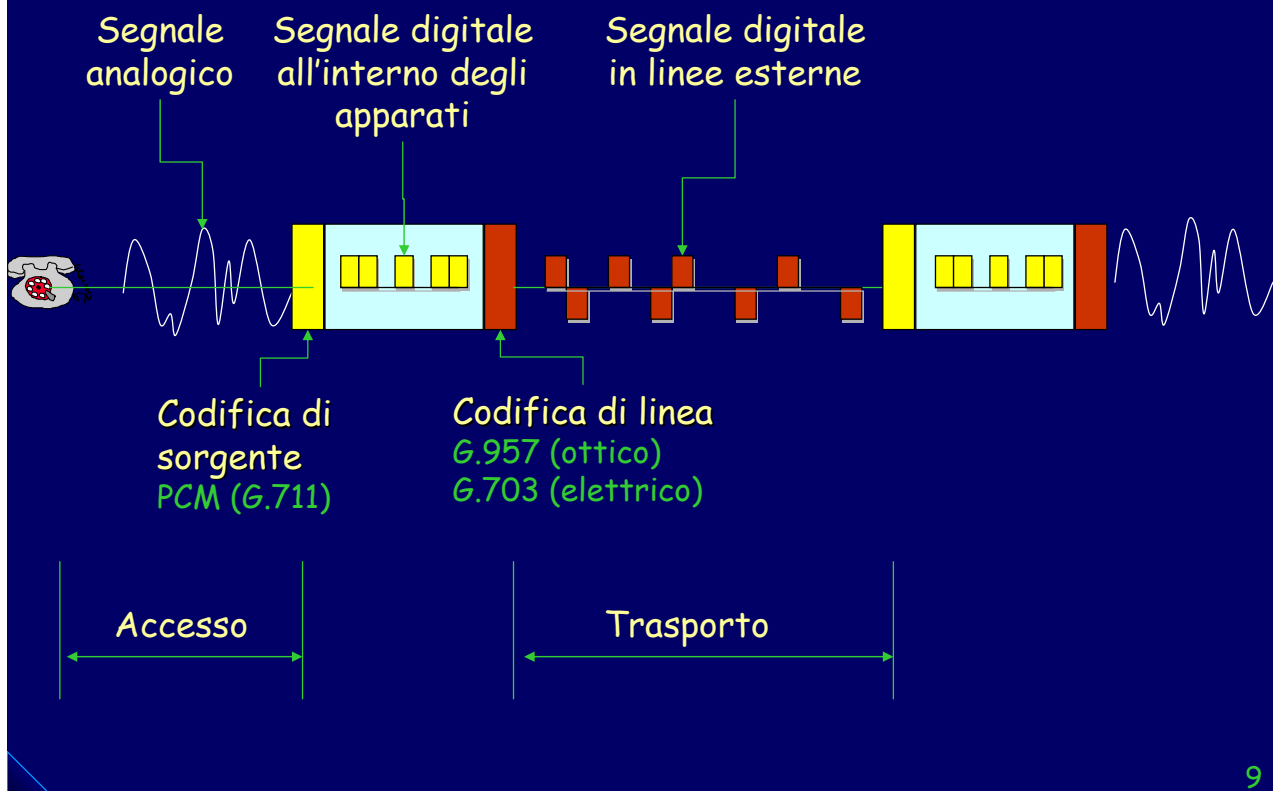


8

Rendere discreto nelle ampiezze un campione PAM, e cioè quantizzarlo, equivale, come noto, a rendere finiti (e quindi numerabili) i suoi possibili livelli di ampiezza all'interno della dinamica prefissata.

Si ricorda che prima della quantizzazione il campione può assumere invece infiniti livelli di ampiezza all'interno della dinamica e quindi è ancora a tutti gli effetti una grandezza analogica (analogica cioè al messaggio di partenza). Con una definizione più corretta si può dire che quantizzare consiste nel paragonare i campioni PAM ad una scala di tensioni prefissate.

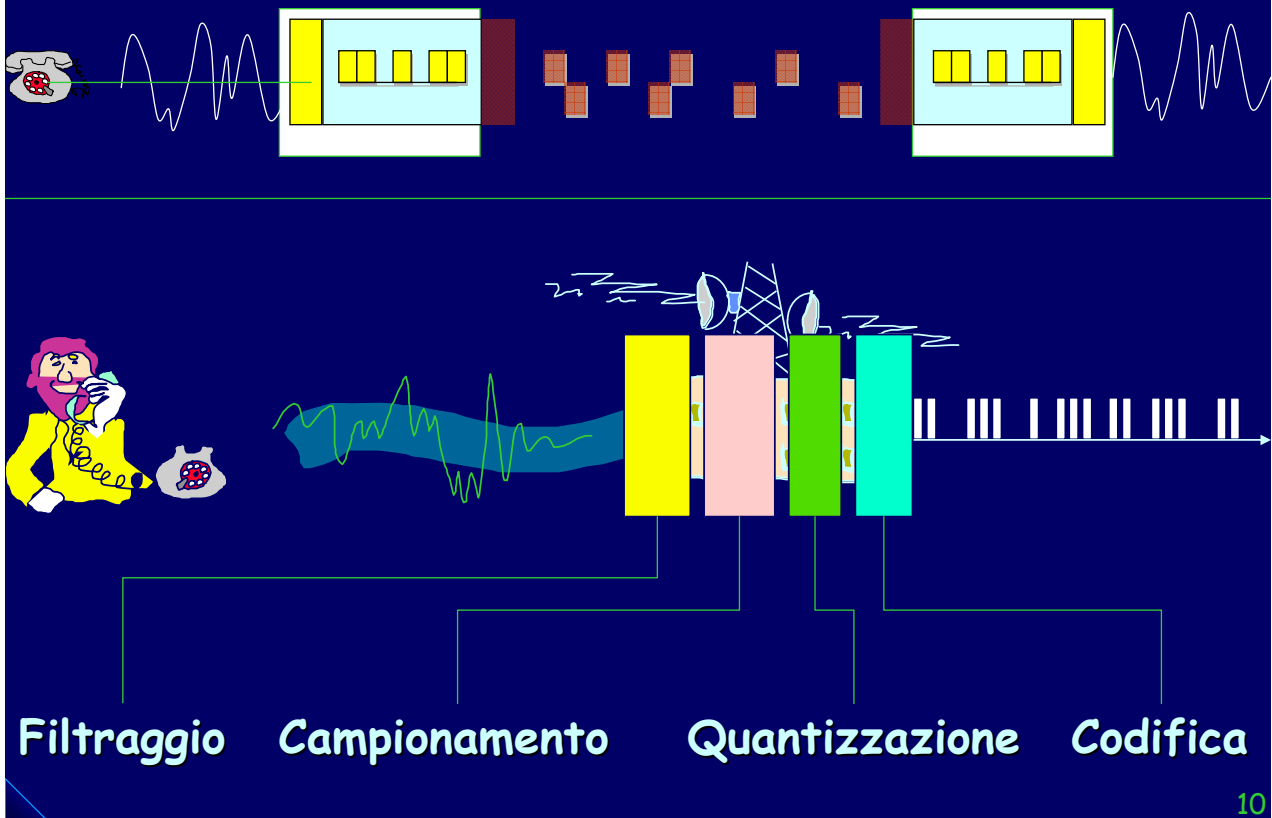
Processi di conversione analogico/digitale e codifica di linea del segnale PCM



Il PCM è una tecnica in grado di convertire un segnale analogico (voce) in un segnale digitale per permetterne la trasmissione a distanza.

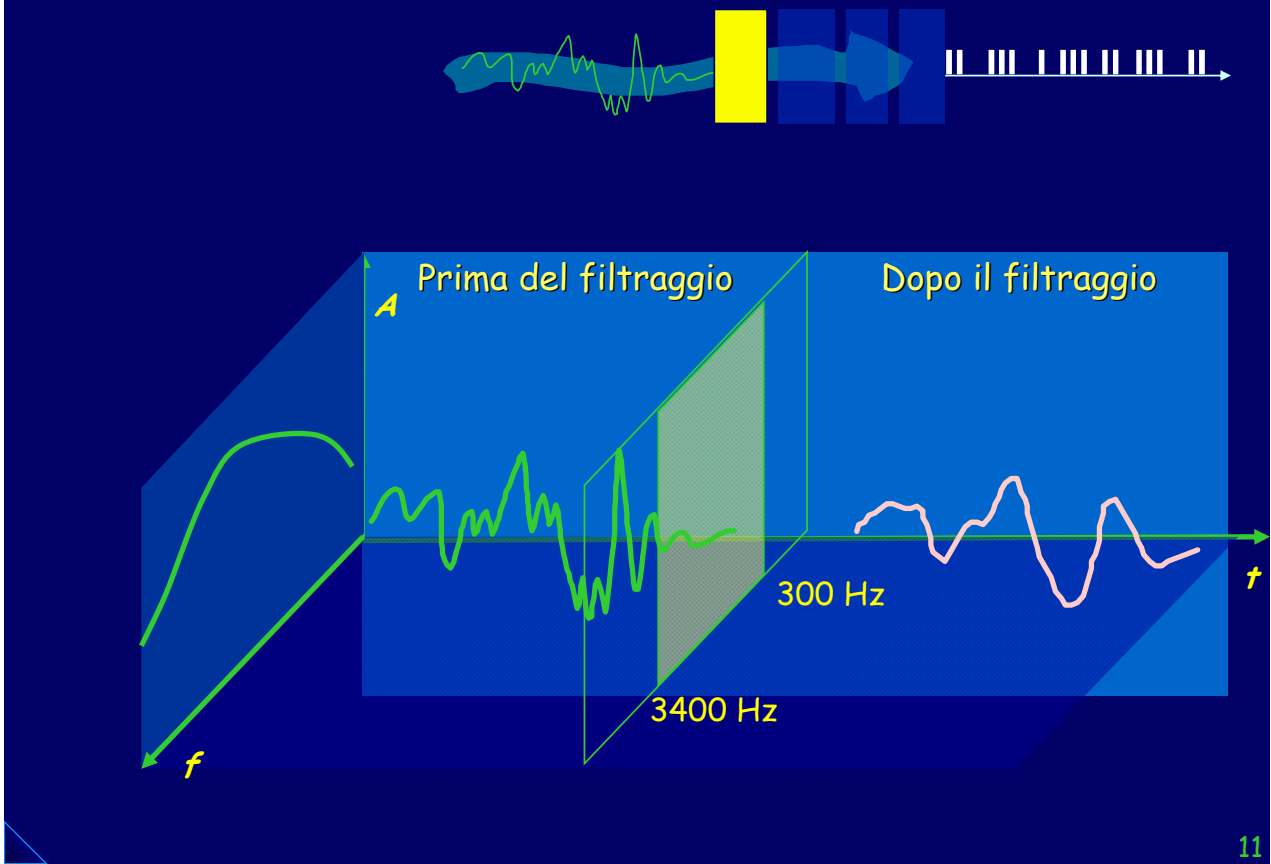
Il segnale fonico viene convertito in un segnale digitale di 64Kb/s.

Fasi della costruzione del segnale PCM (Racc. ITU-T G.711)



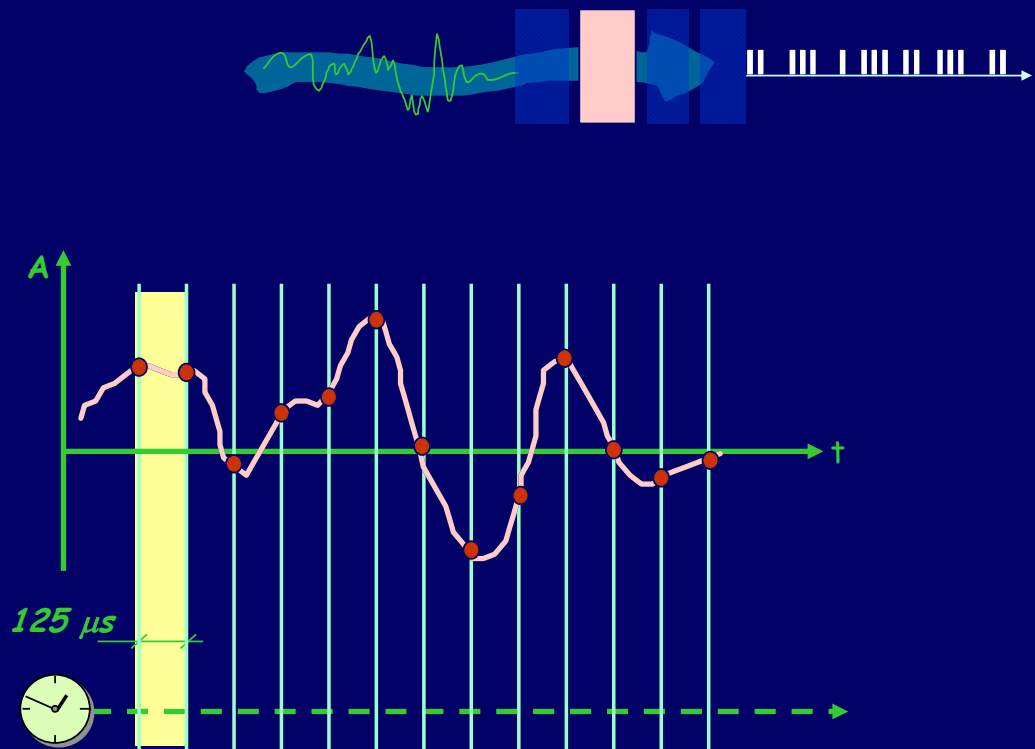
Note

[illegible]

Filtraggio: 300 Hz - 3400 Hz

Note

Campionamento: 125 μ s (8000 Hz)

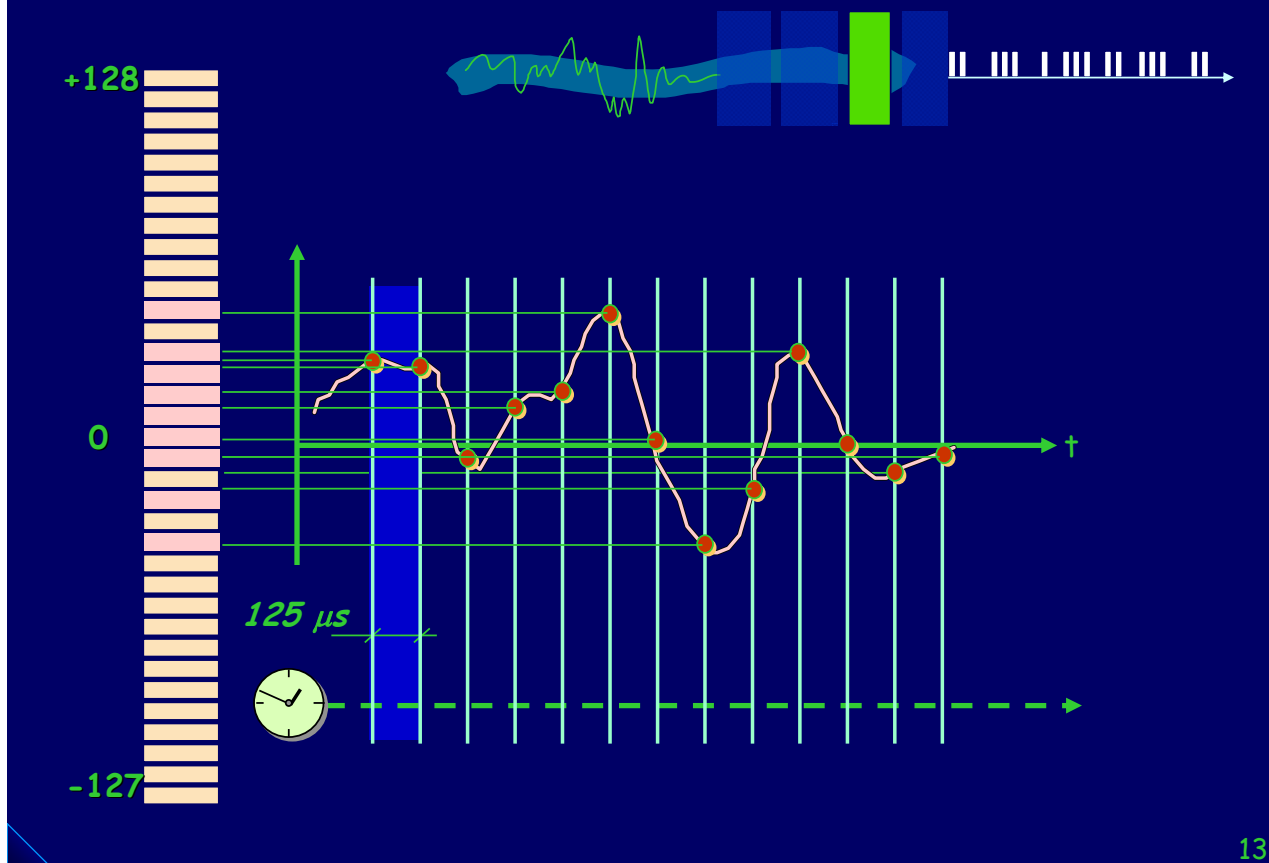


12

Note

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

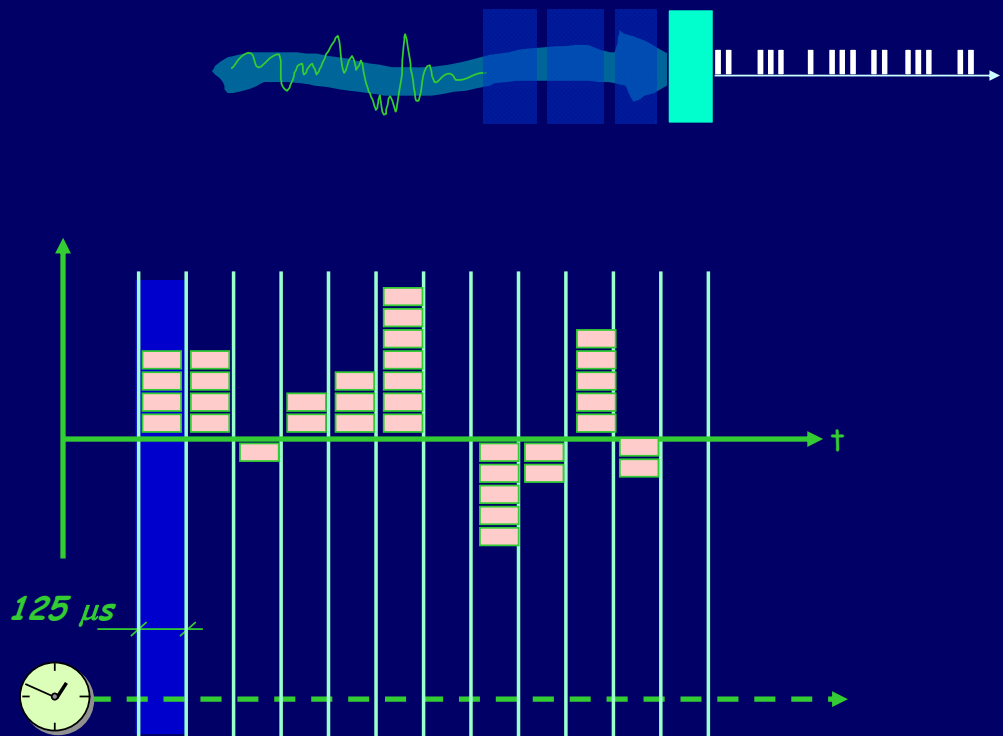
Quantizzazione: 256 livelli



13

Note

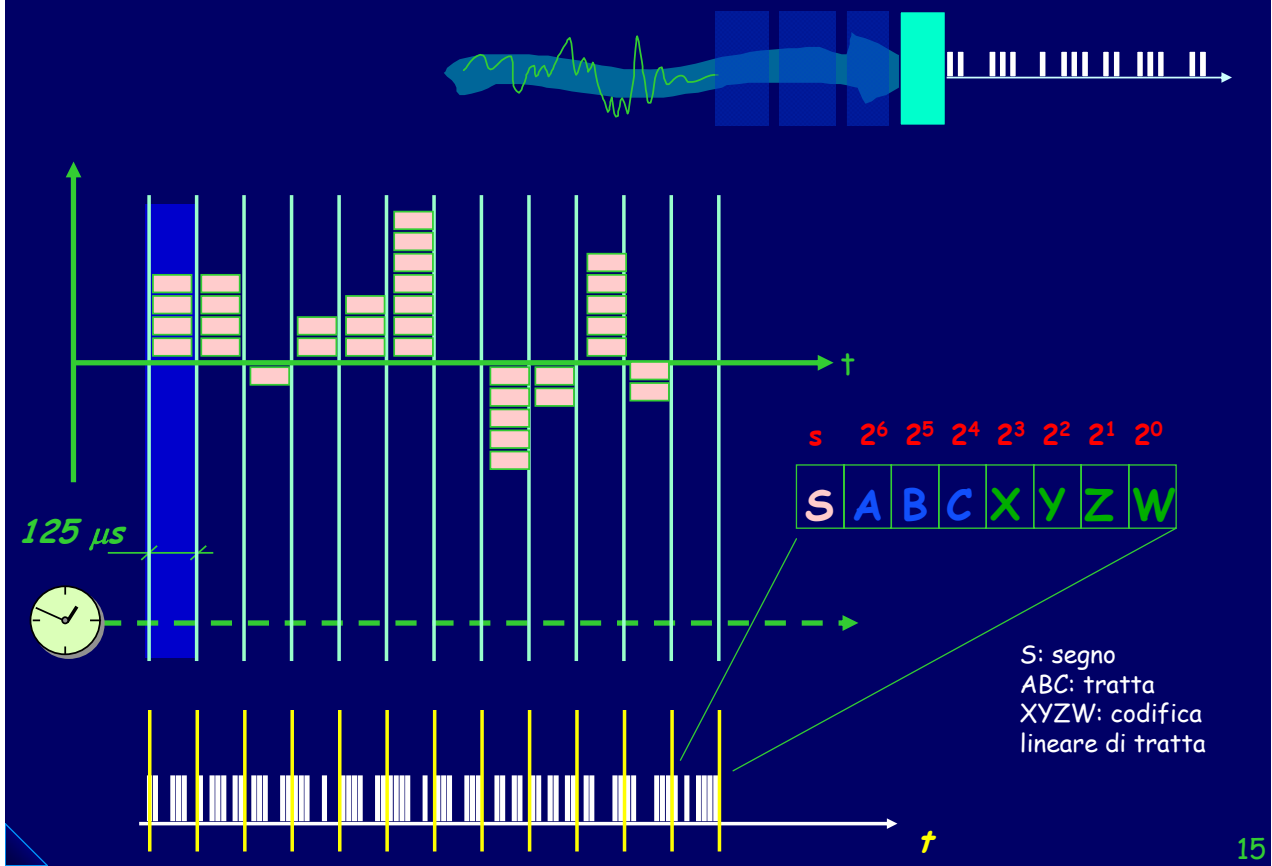
Pulse Amplitude Modulation



14

Note

Codifica PCM: 8 bit



L'operazione fondamentale della modulazione a codice d'impulsi, vale a dire la trasformazione analogico-numerica del segnale, viene normalmente definita codifica e l'organo preposto a tale conversione è il codificatore. Già si è visto in precedenza il significato pratico di una tale conversione: essa consiste nella rappresentazione di un campione di segnale, ottenuto con la PAM, attraverso un numero di una serie predisposta all'atto della quantizzazione.

Il numero, con il quale si contraddistingue il valore dell'ampiezza quantizzata dei campioni, deve costituire un segnale elettrico affinché possa essere trasmesso sul mezzo, ed esso non può essere che una sequenza di impulsi se si vuole che la presenza degli stessi possa essere riconosciuta facilmente all'estremo ricevente. Si tratta di disporre questi impulsi in modo che abbiano a rappresentare il valore numerico dell'ampiezza dei campioni prelevati dalla funzione continua del tempo, ossia si tratta di numerare utilizzando solo la presenza o l'assenza di impulsi ordinati in un dato intervallo di tempo.

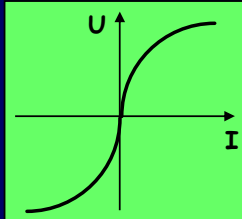
In altre parole, se la presenza dell'impulso viene caratterizzata dal simbolo 1 e l'assenza dal simbolo 0, si tratta di numerare con questi soli due simboli ovvero di Introdurre una numerazione binaria.

La ragione per la quale si è scelto un codice binario anziché un altro qualsiasi, quali il ternario od il decimale, sta nel-fatto che esiste un'estrema facilità nel trovare dispositivi elettronici capaci di assumere due stati diversi, (chiuso o aperto, conduttore o interdetto, ...), e ciò comporta una notevole facilità e semplicità di realizzazione del codificatore e degli organi di trasmissione.

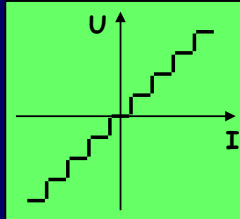
Leggi di compressione della codifica

Tecnica analogica

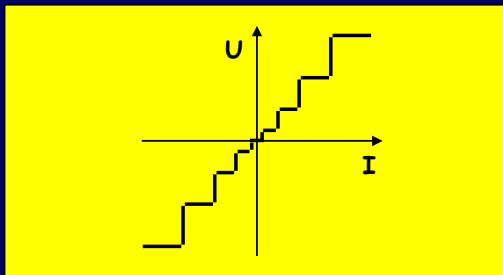
Compressore
Analogico



Quantizzatore
lineare

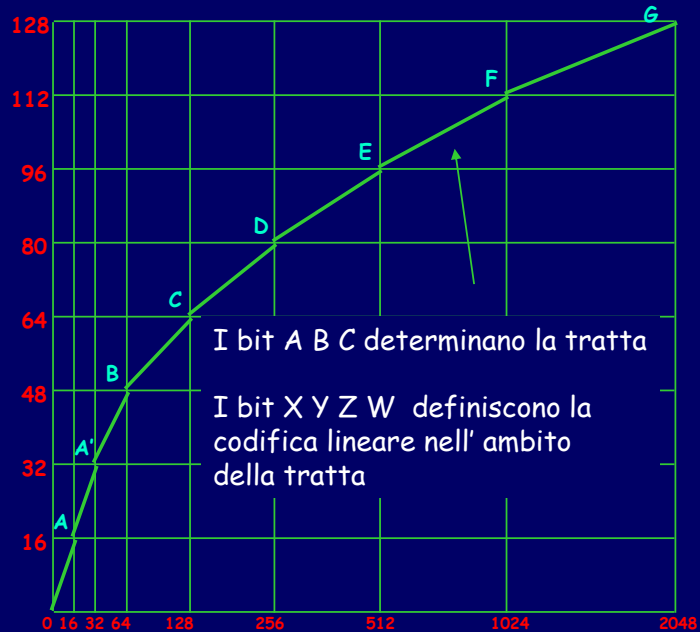


Tecnica numerica



Compressore Numerico

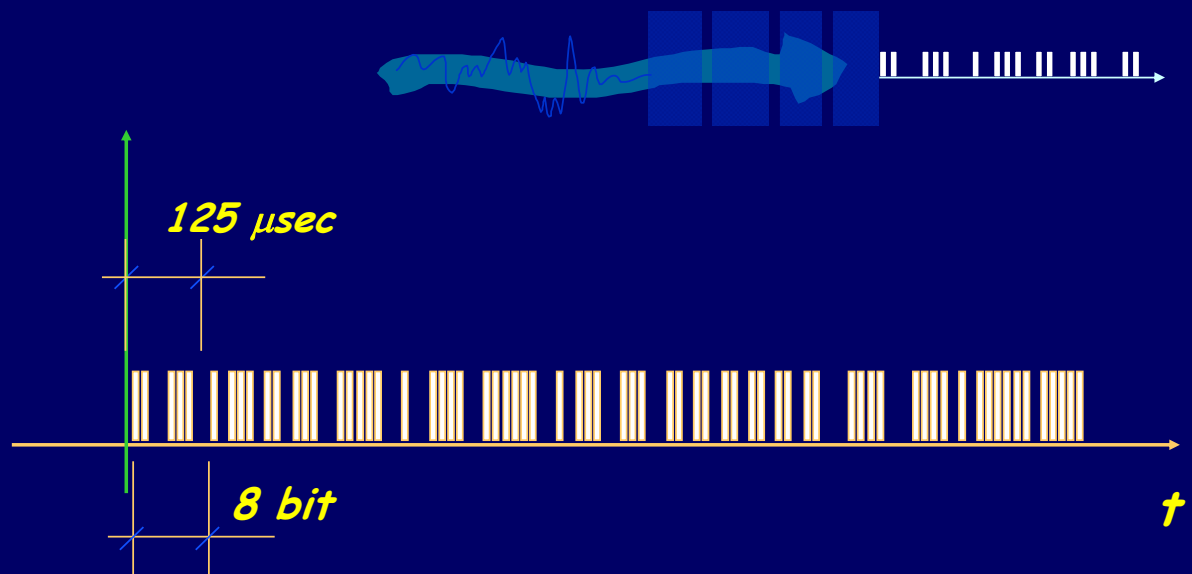
Compressore numerico A-law con $A=87,5$
Caratteristica di trasferimento numerica



16

Note

Segnale PCM a 64 kbit/s



17

In conclusione, nel campo della telefonia, si è adottata una conversione del segnale analogico in digitale mediante una codifica PCM che fornisce un segnale a 64kb/s, essendo 125ms l'intervallo di campionamento con una codifica binaria di 8 bit per campione.