

QUANTIZZAZIONE NON LINEARE

* * *

*microseminario
prof. ing. Angelo Bisceglia*

PREMESSA

Nel seguito si indicherà il modo di determinare il numero di bit e la distanza tra i vari livelli di quantizzazione per una “buona codifica” del segnale PCM (quantitativamente legata al rapporto segnale/rumore di quantizzazione).

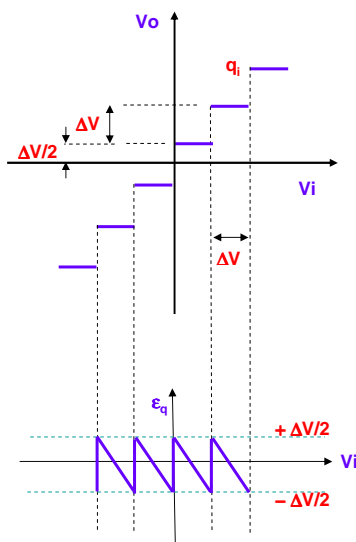
RICHIAMI SU QUANTIZZAZIONE LINEARE (o UNIFORME)

La quantizzazione è l'operazione che consente di rendere discrete le ampiezze del segnale PAM in $2^8 = 256$ livelli distinti.

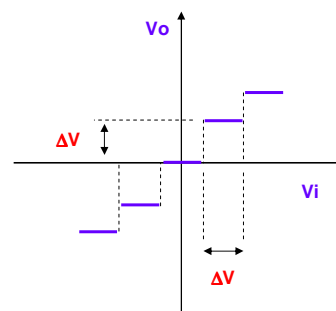
La quantizzazione lineare si ottiene dividendo l'intervallo delle ampiezze in 255 intervalli di quantizzazione ΔV uguali e trasmettendo tutti i valori dei campioni PAM, che cadono nello i -simo intervallo ΔV , con il livello q_i associato all'intervallo stesso.



3



Caratteristica di trasferimento di quantizzazione NON SILENZIATA



Caratteristica di trasferimento di quantizzazione SILENZIATA

4

La denominazione di quantizzazione non silenziato deriva dal fatto che il livello di restituzione è diverso da 0 nel caso di segnali PAM con ampiezza compresa da $\pm q$.

Viceversa, nel quantizzatore silenziato, i livelli PAM compresi tra $\pm q/2$ sono restituiti come livello 0: tale quantizzatore risulta immune ai rumori di fondo ed agli effetti di diafonia di ampiezza minore di mezzo quanto ($q/2$).

Per contro introduce un effetto fastidioso di granularità nel segnale fonico ricevuto che può incidere sulla comprensione della comunicazione.

Per tali motivi nella pratica si usa il quantizzatore non silenziato, più sensibile ai rumori di fondo ma fornitore di un segnale più gradevole e più intelligibile.

5

ERRORE DI QUANTIZZAZIONE (Uniforme)

$$\varepsilon = V_r - V_i$$

Errore assoluto

[V_i tensione di ingresso ; V_r tensione restituita]

$$\varepsilon \in \left[-\frac{\Delta V}{2} \div +\frac{\Delta V}{2} \right]$$

Intervallo per l'errore assoluto

[ΔV distanza costante tra 2 livelli]

$$\varepsilon_{eff}^2 = \int_{-\Delta V/2}^{+\Delta V/2} \varepsilon^2 d\varepsilon = \frac{\Delta V^2}{12}$$

Potenza di rumore

$$\varepsilon_{eff} = \frac{\Delta V}{\sqrt{12}}$$

Tensione di rumore

6

Determinazione del rapporto Segnale / Rumore (di Quantizzazione)

$$\frac{P_S}{P_\varepsilon} = \frac{V_{S_eff}^2}{\varepsilon_{eff}^2} \quad \left| \quad V_{S_eff} = \frac{V_{S_MAX}}{K} \quad K = \text{fattore di picco} \right.$$
$$V_{S_MAX} = \frac{1}{2}(2^n - 1)\Delta V \cong 2^{n-1}\Delta V$$
$$\frac{P_S}{P_\varepsilon} = \frac{\left[\frac{2^{n-1}\Delta V}{K} \right]^2}{\frac{\Delta V}{12}} = \frac{2^{2n}3}{K^2}$$

$$\left(\frac{S}{N} \right)_{dB} = 10 \lg 3 + 20n \lg 2 - 20 \lg K$$

7

DETERMINAZIONE DEL NUMERO n DI BIT (N° LIVELLI)

$$\left(\frac{S}{N} \right)_{dB} = 10 \lg 3 + 20n \lg 2 - 20 \lg K$$

Per segnale sinusoidale $K = \sqrt{2}$

$$\left(\frac{S}{N} \right)_{dB} = 1,8 + 6n$$

La dinamica del segnale telefonico è circa 50 dB

Per una discreta intelligibilità delle ampiezze di minor valore sono richiesti almeno 26 dB

$$\left(\frac{S}{N} \right)_{dB} = 1,8 + 6n - 50 = 26dB \quad n = \frac{76 - 1,8}{2} \approx 12bit$$

8

ERRORE ASSOLUTO ED ERRORE RELATIVO

$$\varepsilon = V_r - V_i \quad \rightarrow \quad \varepsilon_{MAX} = \pm \frac{\Delta V}{2}$$

$$\varepsilon_{rel} = \frac{V_r - V_i}{V_r} = \frac{\varepsilon}{V_i}$$

L'errore di quantizzazione relativo non è uniforme su tutta la gamma dei valori analogici ma cresce al diminuire dell'ampiezza del segnale.

[V_i tensione di ingresso ; V_r tensione restituita]

9

QUANTIZZAZIONE NON LINEARE

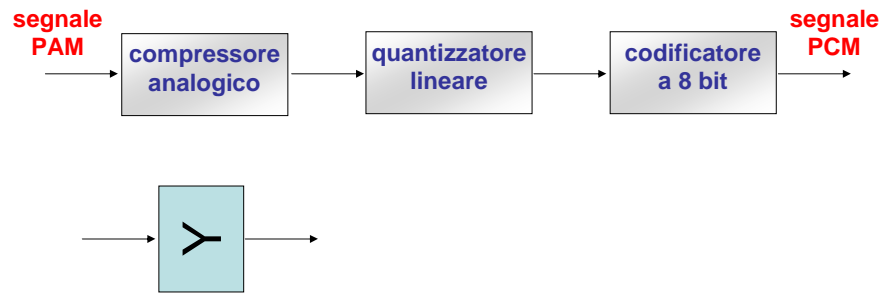
Scopo della quantizzazione non lineare è quello di migliorare l'errore relativo ai bassi livelli del segnale.

Lo si può ottenere attraverso:

- la quantizzazione non lineare analogica
- la quantizzazione non lineare digitale

10

QUANTIZZATORE NON LINEARE ANALOGICO



11

Il segnale PAM prima di essere convertito in digitale attraversa un compressore analogico, sostanzialmente un amplificatore logaritmico, che ha lo scopo di amplificare i livelli più bassi del segnale PAM e comprimere quelli alti.

L'apparato ricevente PCM deve contenere un organo denominato espansore, complementare al compressore in grado di ripristinare i livelli originali.

12

COMPRESSIONE ANALOGICA: espressioni

$$0 \leq |x| \leq \frac{1}{A} \Rightarrow y = \frac{A|x|}{1 + \ln A}$$
$$\frac{1}{A} \leq |x| \leq 1 \Rightarrow y = \frac{1 + \ln(A|x|)}{1 + \ln A}$$

valori normalizzati:

ampiezza generico campione PAM
 $x = V_i / V_{i \max}$
ampiezza segnale PAM quantizzato
 $y = V_r / V_{r \max}$

13

COMPRESSIONE ANALOGICA: scelta di parametri

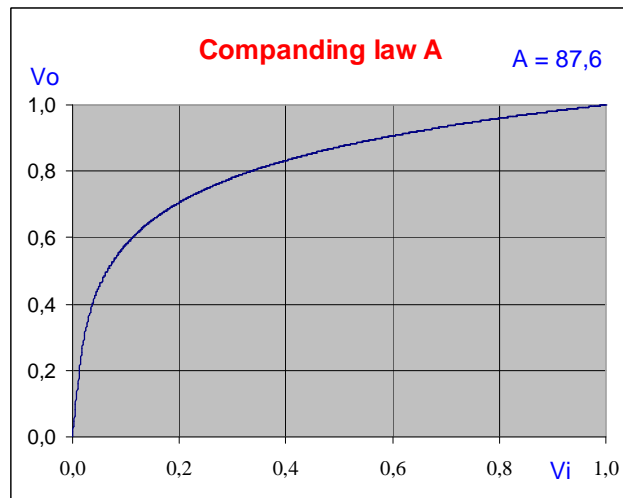
Rapportando la potenza del segnale a quella del rumore di quantizzazione si ottiene l'espressione [dovuta a B. Smith] relativa al rapporto segnale-rumore in valori efficaci, di un segnale di ingresso sinusoidale in corrispondenza al massimo, in funzione di A e di Q (= numero di livelli di quantizzazione):

$$\frac{S_m}{N} = \frac{Q\sqrt{3}}{\ln A}$$

Al fine di assicurare risultati sufficientemente buoni sia per il rumore di fondo, la diafonia ed il limite inferiore di sensibilità, un buon compromesso porta a scegliere:

$$A = 87,6$$

14



COMPANDING = COMpression and **exPAN**sion

15

QUANTIZZATORE NON LINEARE NUMERICO



16

Il segnale PAM è convertito immediatamente in digitale a 12 bit.

Successivamente un compressore numerico trasforma i dati in forma seriale a 8 bit.

Anche la compressione numerica segue una legge logaritmica simile a quella analogica.

L'apparato ricevente PCM deve contenere un organo denominato espansore, complementare al compressore in grado di ripristinare i livelli originali.

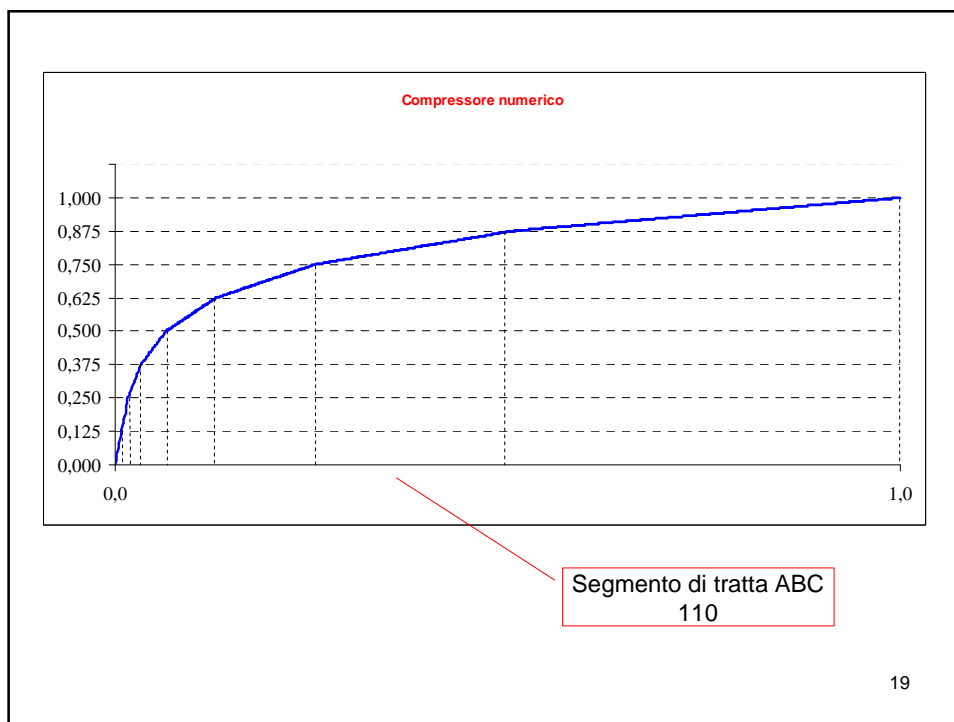
17

Un compressore numerico trasforma una parola a 12 bit (4096 combinazioni) in una a 8 bit (256 combinazioni).

La curva del compressore analogico con legge A è approssimata con una spezzata costituita, secondo le norme CEPT, di 8 segmenti (relativa ai segnali positivi => entrano 11 bit escono 7 bit) ricavati dividendo in 8 parti uguali l'asse delle ordinate.

L'asse delle ascisse è così diviso in "segmenti di tratta". ABC numerati da 000 a 111.

18



Dato in ingresso il codice a 12 bit:

$$N_{in} = S N_{10} N_9 N_8 N_7 N_6 N_5 N_4 N_3 N_2 N_1 N_0$$

Il compressore numerico fa corrispondere il codice a 8 bit:

$$N_{out} = S A B C D E F G$$

S è il bit segno (1 negativo)

$A B C$ è il segmento di tratta

$D E F G$ è il codice binario corrispondente
all'interpolazione lineare dentro la tratta.

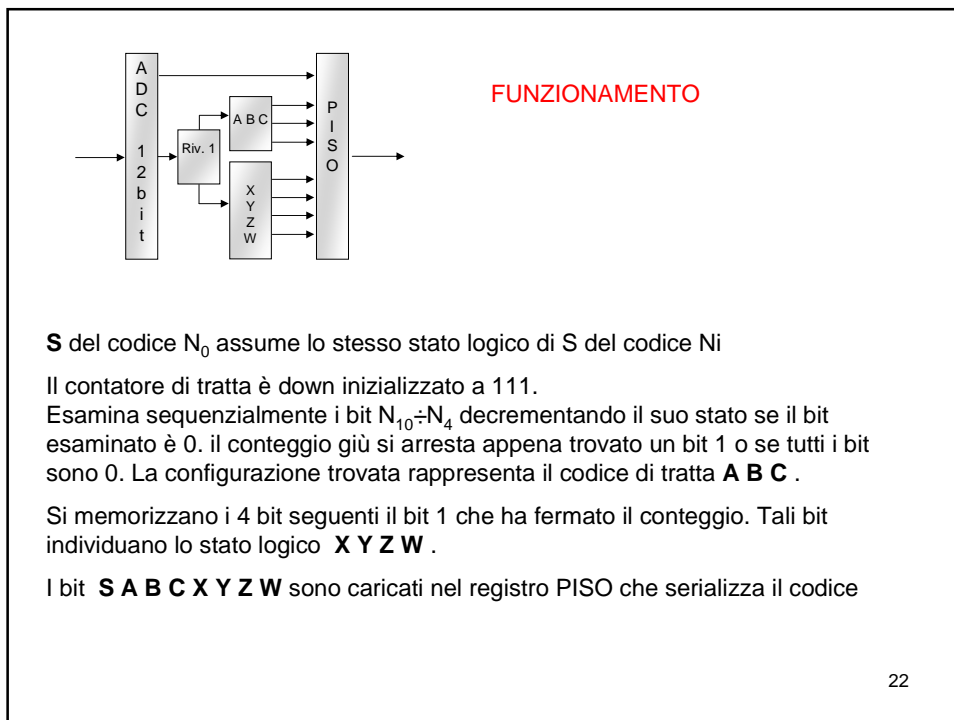
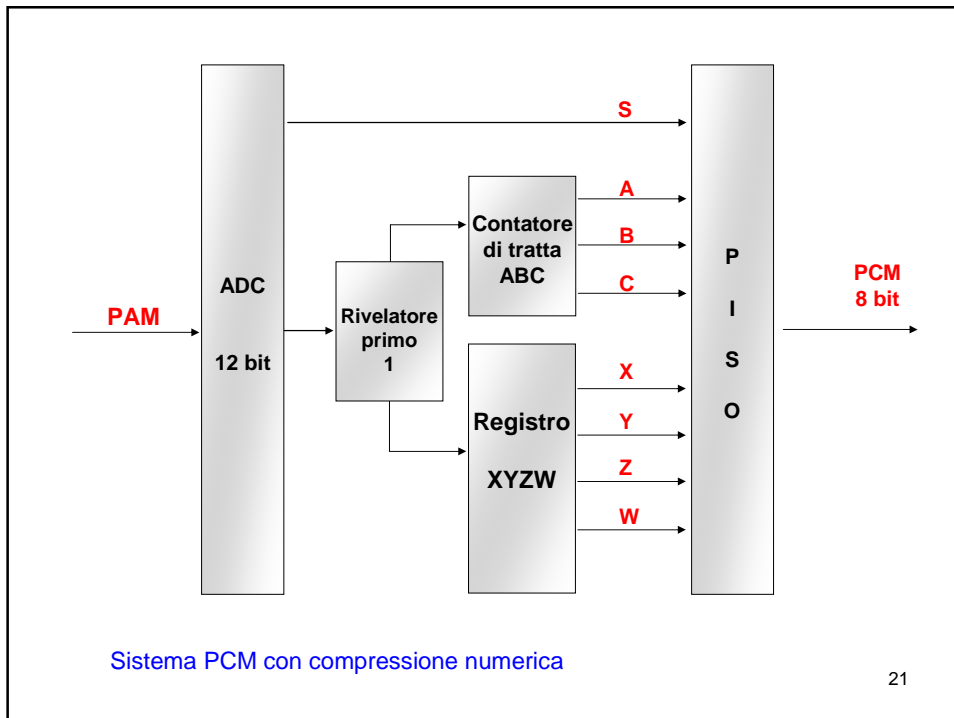


Tabella di compressione numerica 12 → 8 bit

Codice a 12 bit												Codice a 8 bit							
S	N ₁₀	N ₉	N ₈	N ₇	N ₆	N ₅	N ₄	N ₃	N ₂	N ₁	N ₀	S	A	B	C	D	E	F	G
S	1	X	Y	Z	W	*	*	*	*	*	*	S	1	1	1	X	Y	Z	W
S	0	1	X	Y	Z	W	*	*	*	*	*	S	1	1	0	X	Y	Z	W
S	0	0	1	X	Y	Z	W	*	*	*	*	S	1	0	1	X	Y	Z	W
S	0	0	0	1	X	Y	Z	W	*	*	*	S	1	0	0	X	Y	Z	W
S	0	0	0	0	1	X	Y	Z	W	*	*	S	0	1	1	X	Y	Z	W
S	0	0	0	0	0	1	X	Y	Z	W	*	S	0	1	0	X	Y	Z	W
S	0	0	0	0	0	0	1	X	Y	Z	W	S	0	0	1	X	Y	Z	W
S	0	0	0	0	0	0	0	X	Y	Z	W	S	0	0	0	X	Y	Z	W

livelli

* Bit che si perde nella compressione 12 → 8 bit

23

12 bit	8 bit	rapporto compressione
0-63	0-63	1-1
64-127	64-95	2-1
128-255	96-127	4-1
256-511	128-159	8-1
512-1023	160-191	16-1
1024-2047	192-223	32-1
2048-4095	224-255	64-1

24

ESPANSORE

L'apparato ricevitore PCM svolge le funzioni complementari del trasmettitore.

La decodifica del segnale numerico deve ridare linearità ai livelli del segnale fonico; ciò attraverso il dispositivo denominato ESPANSORE (dispositivo non lineare).

Può essere realizzato con

- Tecnologie analogiche
- Tecnologie digitali

25

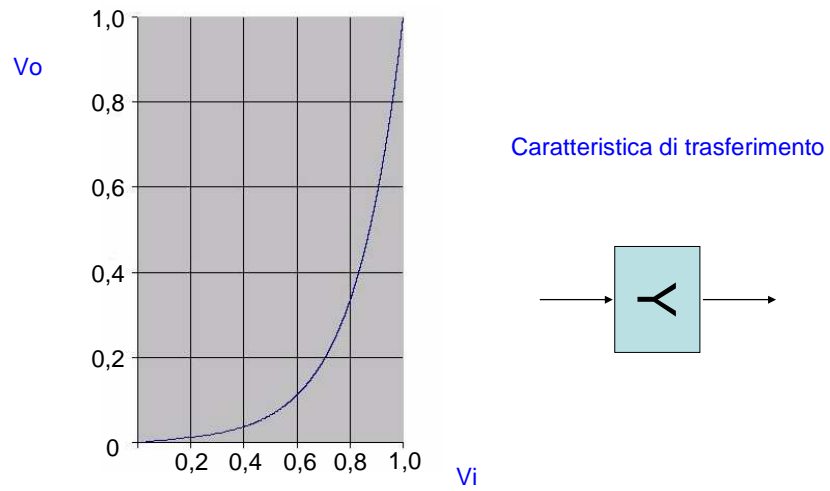
ESPANSORE ANALOGICO

È sostanzialmente un amplificatore antilogaritmico avente una caratteristica di trasferimento complementare a quella del compressore numerico con legge A.

Il dispositivo è inserito tra il DAC ed il filtro di ricostruzione.

26

ESPANSORE ANALOGICO



27

RICEVITORE PCM CON ESPANSORE NUMERICO

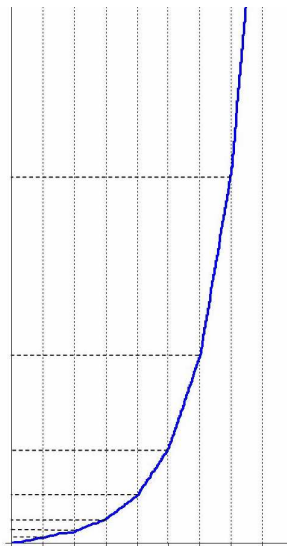


28

Tabella di espansione numerica 8 → 12 bit

Codice a 8 bit								Codice a 12 bit												
S	A	B	C	D	E	F	G	S	N ₁₀	N ₉	N ₈	N ₇	N ₆	N ₅	N ₄	N ₃	N ₂	N ₁	N ₀	
S	1	1	1	X	Y	Z	W	S	1	X	Y	Z	W	1	0	0	0	0	0	
S	1	1	0	X	Y	Z	W	S	0	1	X	Y	Z	W	1	0	0	0	0	
S	1	0	1	X	Y	Z	W	S	0	0	1	X	Y	Z	W	1	0	0	0	
S	1	0	0	X	Y	Z	W	S	0	0	0	1	X	Y	Z	W	1	0	0	
S	0	1	1	X	Y	Z	W	S	0	0	0	0	1	X	Y	Z	W	1	0	
S	0	1	0	X	Y	Z	W	S	0	0	0	0	0	1	X	Y	Z	W	1	
S	0	0	1	X	Y	Z	W	S	0	0	0	0	0	0	1	X	Y	Z	W	
S	0	0	0	X	Y	Z	W	S	0	0	0	0	0	0	0	1	X	Y	Z	W

29



30

bibliografia

- AA.VV. [Telecom Italia]
Manuale di reti di telecomunicazioni e trasmissione dati
edizioni Calderini [pag. 678 e seg.]**
- E. Pannella – G. Spalierno
Corso di telecomunicazioni 2
edizioni CUPIDO [pag. 112 e seg.]**
- F Granatelli – L. Nardi – L. Pace – G.B. Pompa Pacchi
Fondamenti di telecomunicazioni 2
edizioni CUPIDO [pag. 146 e seg.]**