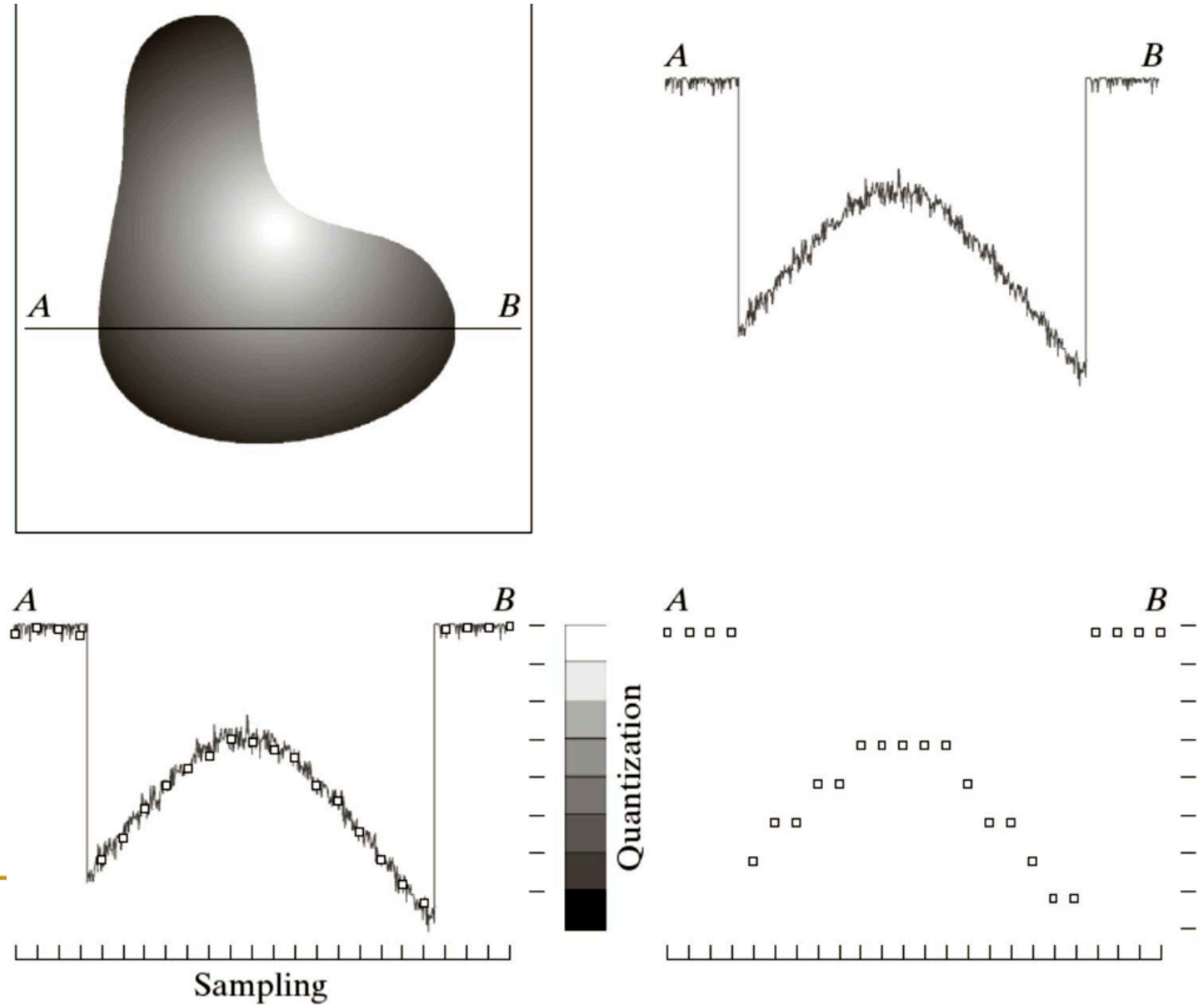
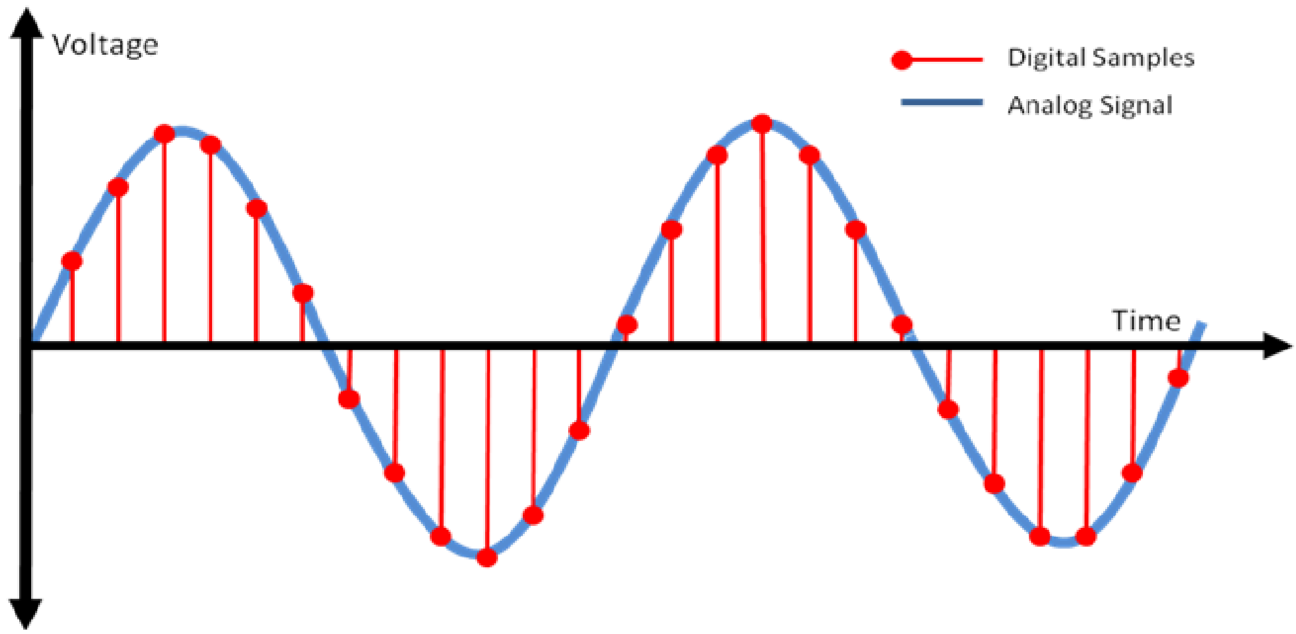
5 Campionamento_Quantizzazione

CAMPIONAMENTO

Ogni segnale nella realtà è un segnale continuo (analogico), se dobbiamo trasportarlo in digitale abbiamo bisogno di campionarlo in un numero finito ovviamente, il valore in ogni singolo punto del segnale è un numero reale, per rappresentarlo in digitale serve prendere dei numeri discreti





ERRORI NEL CAMPIONAMENTO
Un campionamento troppo basso può portare a perdita di informazione andando ad approssimare troppo rispetto al dato reale oppure può portare ad una modifica del dato originale aggiungendo informazioni errate/false in questo caso si parla di aliasing

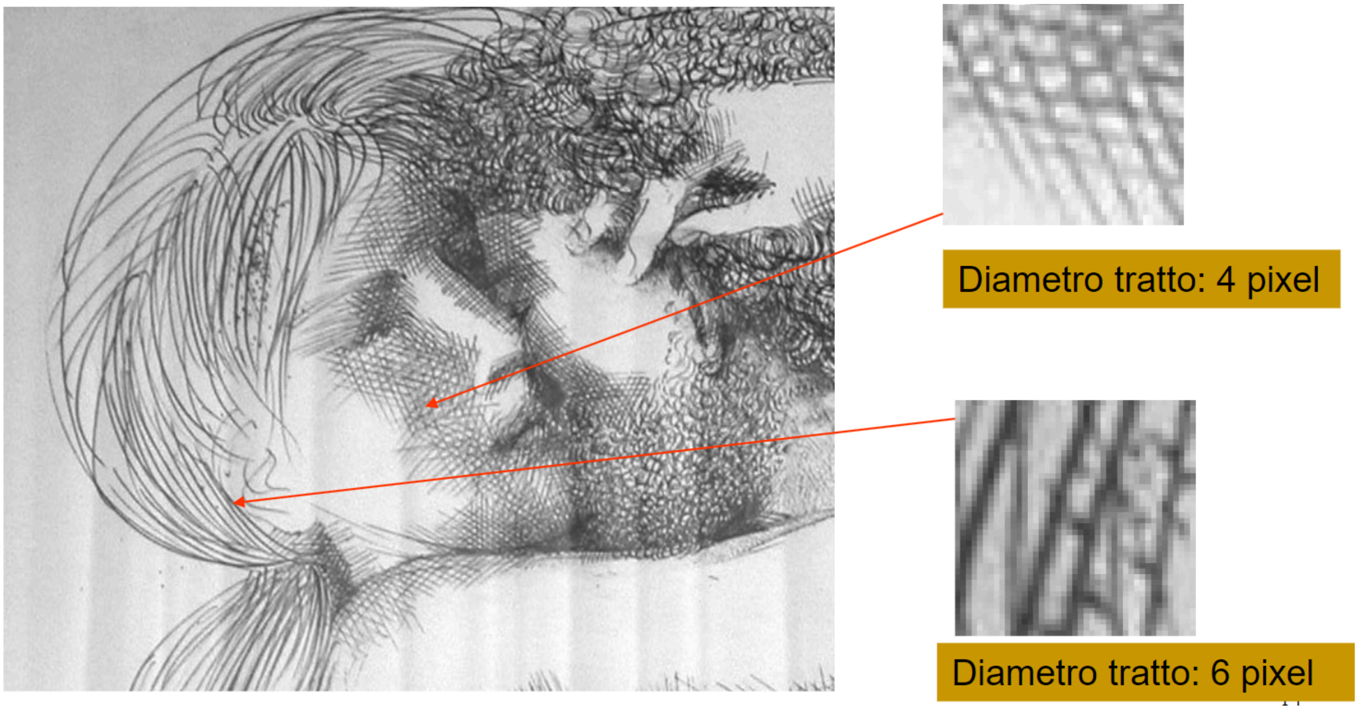
COME SI CAMPIONA IN MODO CORRETTO?
Per campionare in modo corretto si utilizza il **teorema di shannon** che prende in considerazione una misura chiamata **Nyquist rate**

Nyquist rate
Si definisce Nyquist rate il doppio della più alta frequenza in un segnale continuo e limitato

Nella pratica:
Si osservi un fenomeno che si svolge in un intervallo a…b
• Se il fenomeno è (approx) costante durante tutto l'intervallo, la più alta frequenza del segnale è 1: il fenomeno si svolge in un unico ciclo.
• Altrimenti si divide l'intervallo in 2 parti e si controlla per ciascun intervallino il fenomeno si mantiene (approx) costante (esso può però variare da intervallino ad intervallino).
• Si procede in tal modo dividendo l'intervallo in 3, 4, … parti fino a trovare una suddivisione tale che entro ciascun intervallino il fenomeno sia in pratica costante.
Sia tale suddivisione in N parti. 2xN si dice Nyquist rate del fenomeno sull'intervallo osservato

Teorema di shannon
Se si raccolgono campioni con frequenza più alta del Nyquist rate il segnale può essere ricostruito FEDELMENTE in ogni suo punto!

Applicazione alle immagini

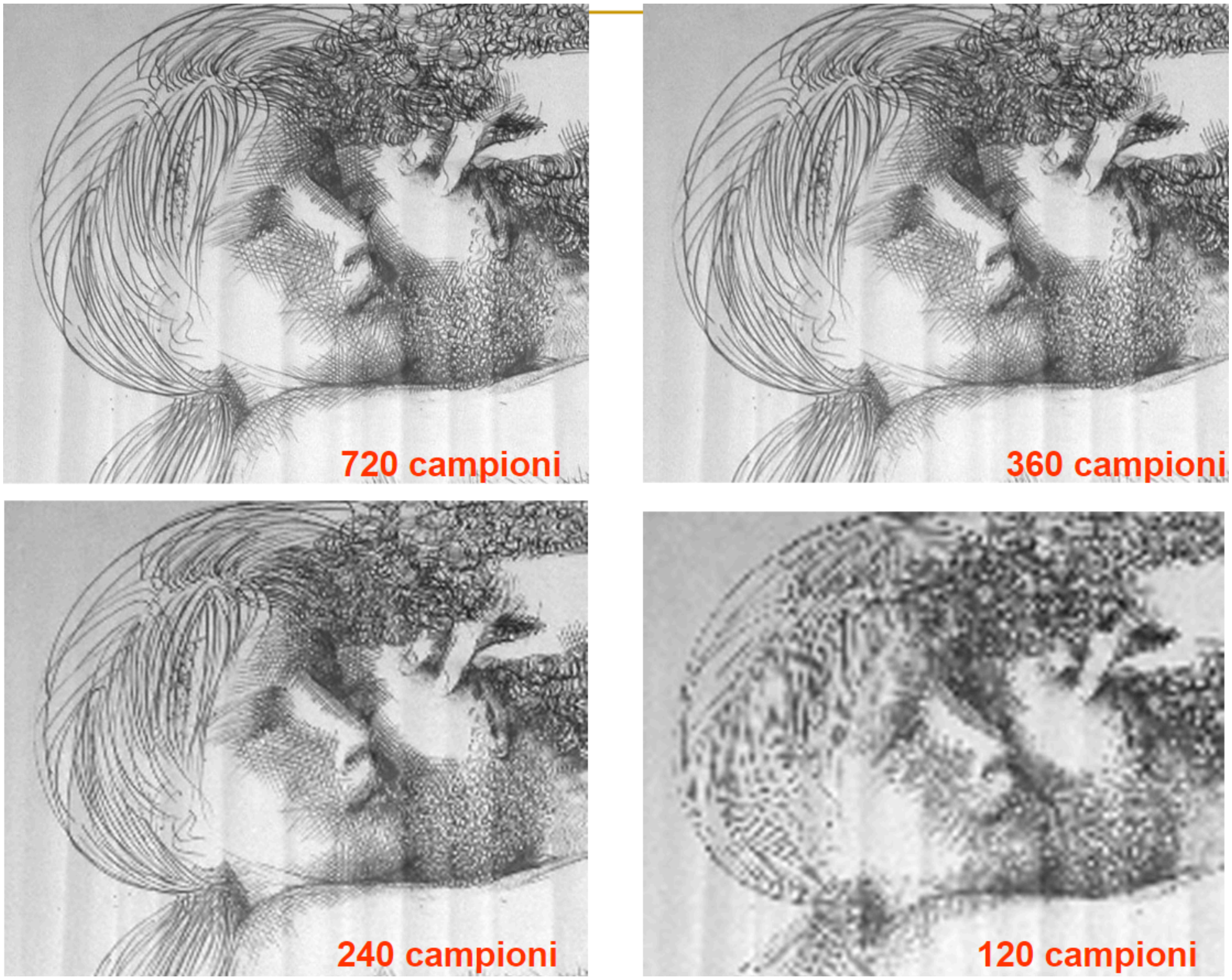


Usiamo i tratti fini. Se preserviamo questi, allora abbiamo preservato anche gli altri. La nostra «frequenza più alta» è allora:

- dimensione quadro 720 pixel, dettaglio massimo 4 pixel, possiamo dividere l’intervallo in 720/4=180 tratti.
- Il doppio di tale frequenza è il Nyquist rate: 360. Prenderemo allora solo 360 campioni e ricostruiremo con l’interpolazione bilineare l’immagine.

Originale con 720 x 720 campioni

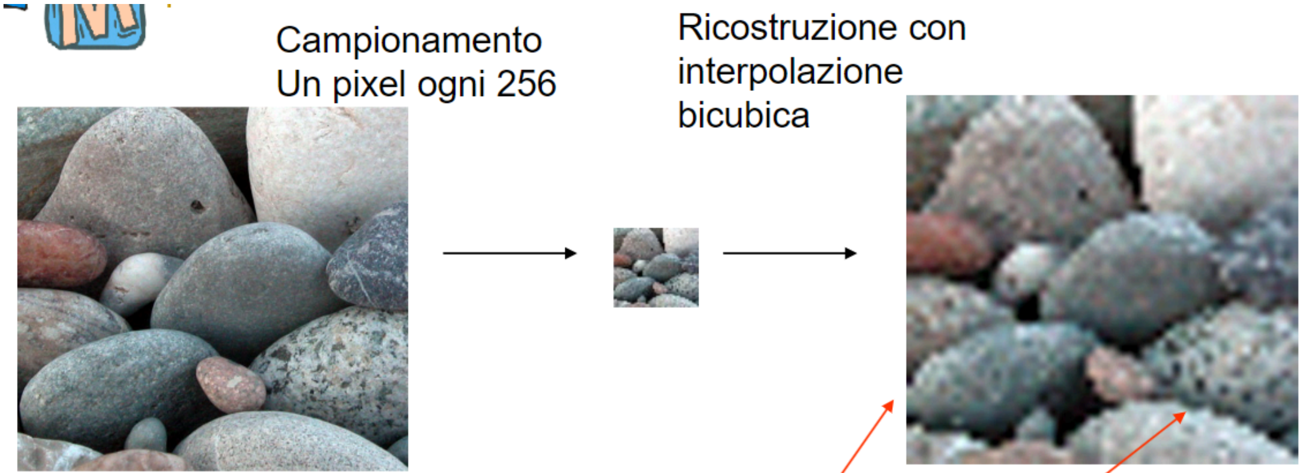
Campionata con 360 x 360 campioni



Se campiono sotto il Nyquist rate perdo informazione e aggiungo dettagli che non sono presenti nell'originale

Aliasing

- Questo fenomeno è detto frequency aliasing o semplicemente aliasing
- Con l’aliasing le alte frequenze sono “mascherate” da basse frequenze e trattate come tali nella fase di campionamento.
- Aliasing proviene da Alias cioè falsa identità!



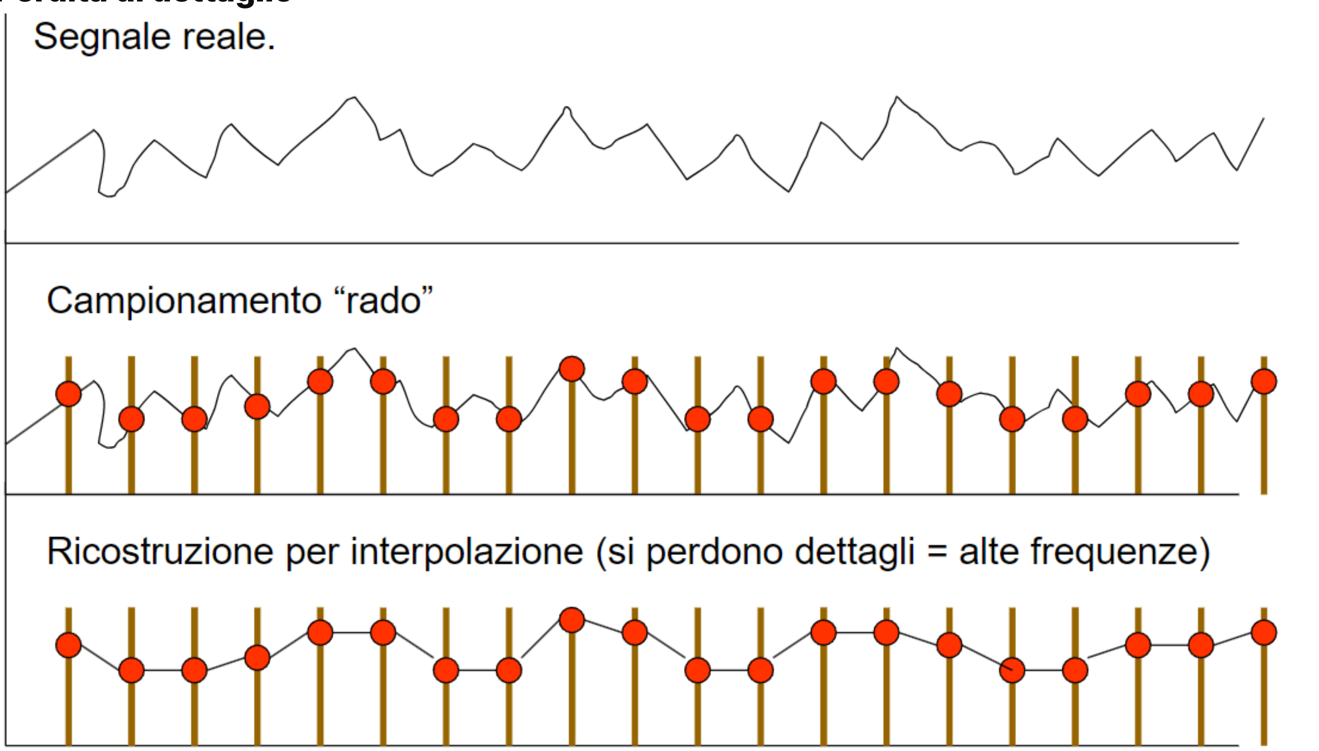
Si perdono dettagli, graffi e disegni sulle rocce sono divenuti indistinguibili e sono apparsi NUOVI dettagli!

a) Ovvie scalettature sui bordi dei sassi.

b) Fori che non erano presenti nell'originale!

L'aliasing esiste sempre solo che meno campioni prendo più è evidente, si può però ridurre attraverso l'anti-aliasing che smussa il segnale originale prima del campionamento

Perdita di dettaglio



QUANTIZZAZIONE

▦ I sensori sono apparecchiature analogiche: forniscono misure di luminosità come numeri REALI.

È utile arrotondare tali valori e mantenerli in un certo range.
Tale processo si chiama QUANTIZZAZIONE

In più i sensori sono soggetti a piccoli errori dovuti all'imprecisione dei sensori o a fattori ambientali esterni al sensore

Nei CCD anche a obiettivo chiuso ci sono correnti parassite che inducono rumore dentro il dispositivo elettronico dette “dark current”

Procedura generale

I valori da quantizzare sono nel range $[a, b]$ e si vuole quantizzare su n livelli:

- Si fissano $n+1$ numeri $(t_0, t_1, ...t_n) \in [a, b]$ tali che:

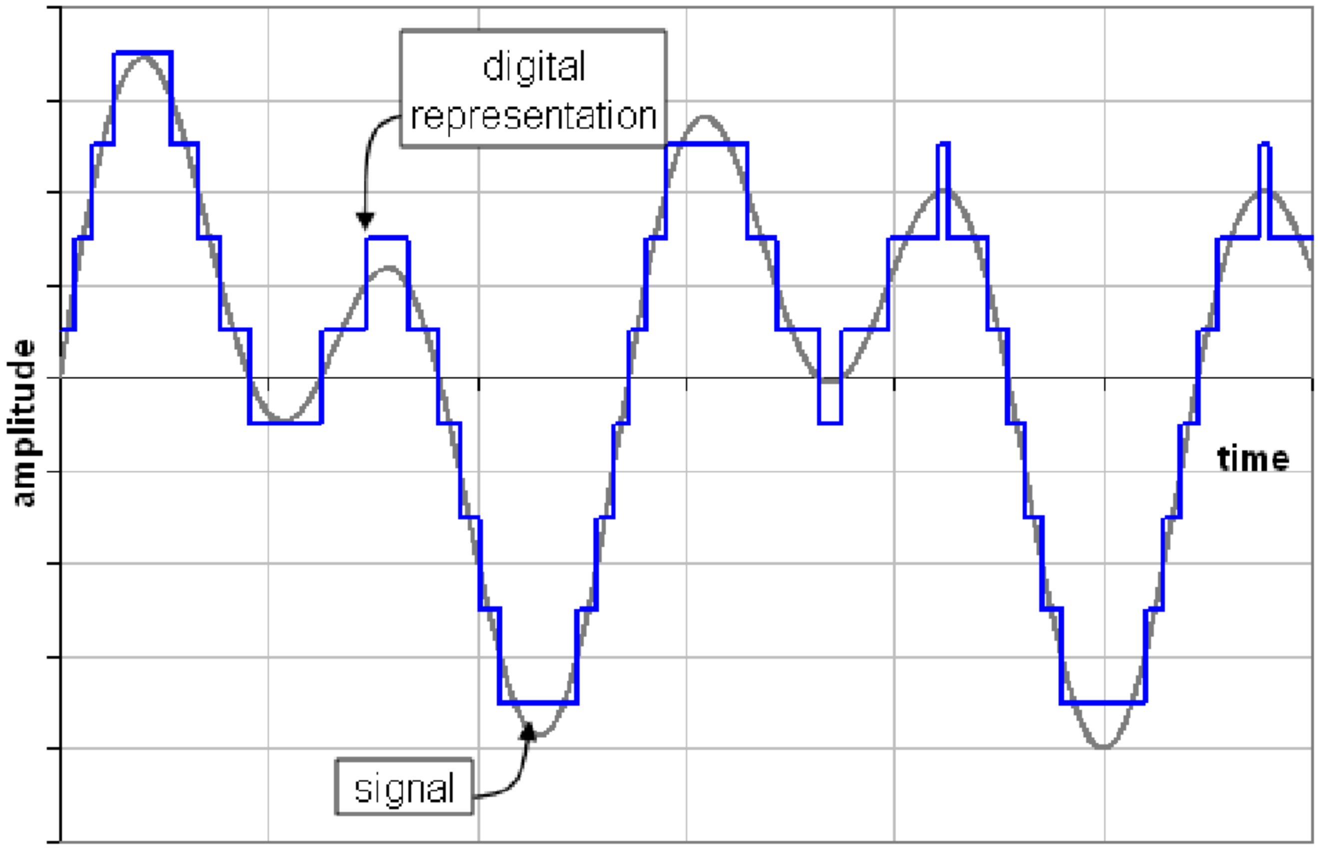
$$t_0 = a < t_1 < t_2 < ... < t_n = b$$

- Il numero $x \in [a, b]$ verrà assegnato al livello di quantizzazione k se risulta:

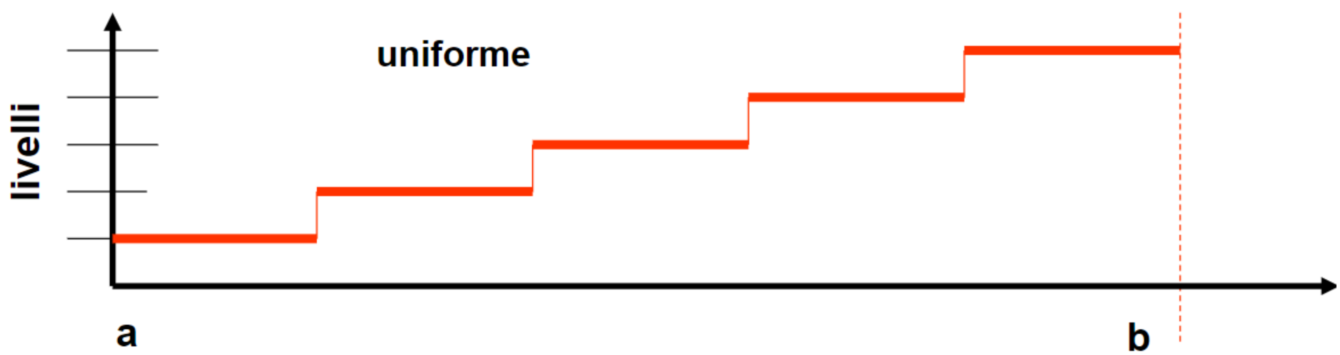
$$t_k \leq x < t_{k+1}$$

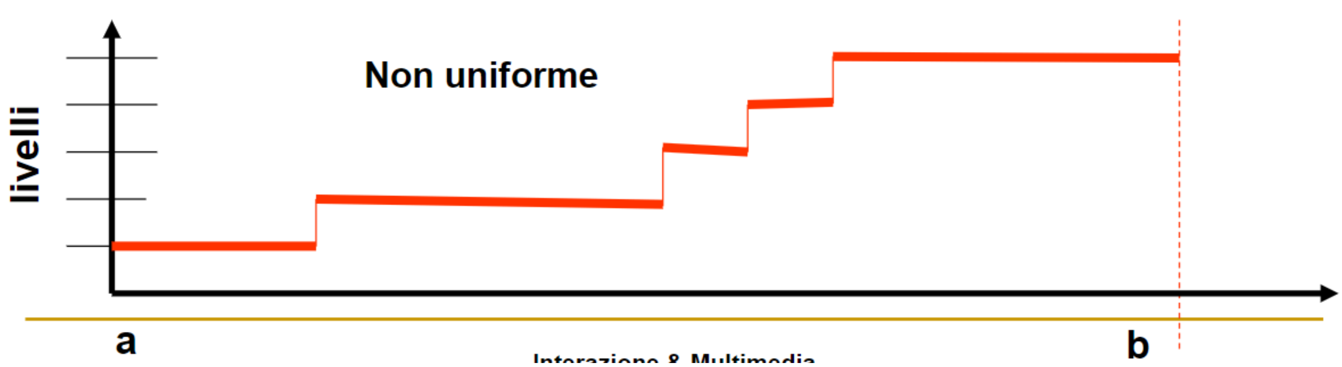
  b viene assegnato a t_k.

Quantizzazione - Esempio



Quantizzazione uniforme e non uniforme





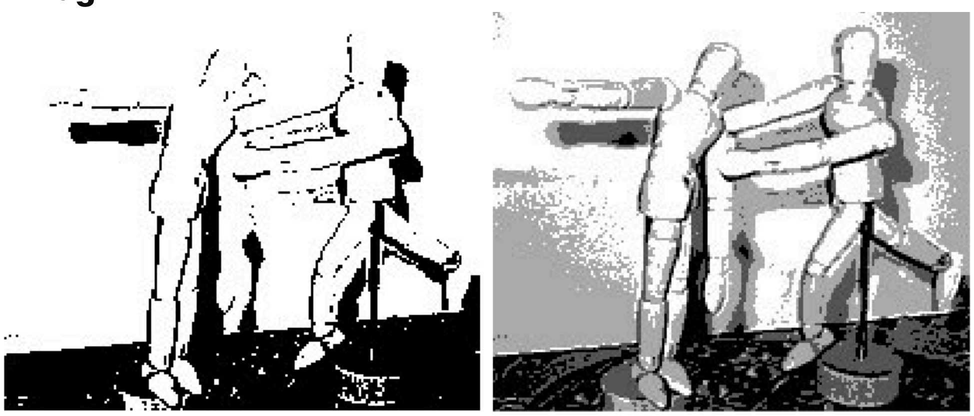
La quantizzazione effettuata dagli scanner commerciali e dalla fotocamere digitali è non uniforme e logaritmica: ciò permette di assegnare più livelli nella area dei toni scuri e meno livelli nella area dei toni chiari
Questo è particolarmente importante quando si elaborano dati medici (es. radiografie)

Quantizzazione uniforme

Quantizzazione logaritmica

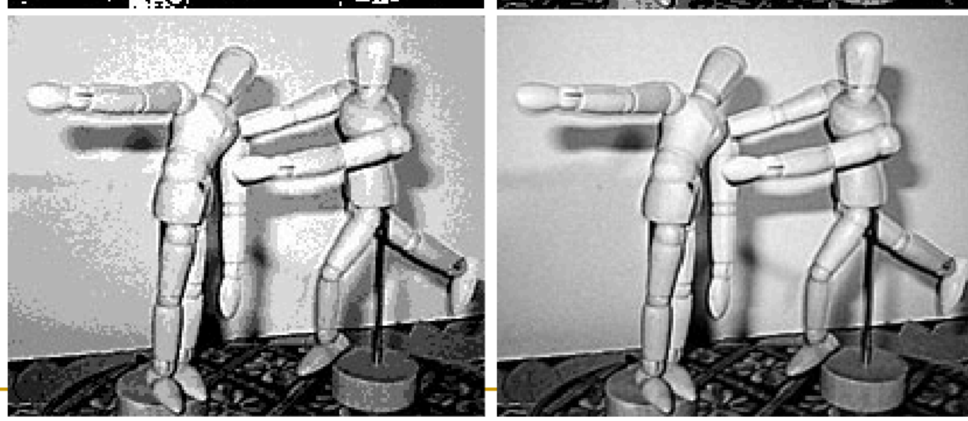
Effetti sulle immagini

2 livelli 1 bit



4 livelli 2 bit

8 livelli 3 bit



256 livelli 8 bit

La quantizzazione avviene per mezzo di una funzione lineare

$$L' = \frac{L \cdot K}{N}$$

Dove:

- L è il livello di ingresso rappresentato da un intero.
- L' è il livello post-quantizzazione.
- N è il numero di livelli del range in ingresso $(0, ..., N - 1)$.
- K è il numero di livelli del range in uscita $(0, ..., K - 1)$.

Esempio di quantizzazione a 8 bit (8 livelli)

Immagine a 8 bit $\Rightarrow$ 256 livelli.
$N = 256$

$$M = \begin{bmatrix} 0 & 100 \\ 50 & 200 \end{bmatrix}$$

Vogliamo quantizzarla a 3 bit $\Rightarrow$ 8 livelli.
$K = 8$

$$L'_{11} = (0 \cdot 8)/256 = 0$$

$$L'_{12} = (100 \cdot 8)/256 = 3,125$$

$$L'_{21} = (50 \cdot 8)/256 = 1,56$$

$$L'_{22} = (200 \cdot 8)/256 = 6,25$$

Prendiamo solo la parte intera dei numeri reali ottenuti. Matrice risultante:

$$M' = \begin{bmatrix} 0 & 3 \\ 1 & 6 \end{bmatrix}$$

La quantizzazione non uniforme avviene per mezzo di una funzione nella forma

$$L' = \frac{f(L) \cdot K}{f(N)}$$

Dove:

- L è il livello di ingresso rappresentato da un intero.
- L' è il livello post-quantizzazione.
- N è il numero di livelli del range in ingresso $(0, ..., N-1)$.
- K è il numero di livelli del range in uscita $(0, ..., K-1)$.
- $f(n)$ è una funzione a scelta. La più tipica, è quella logaritmica $log_2(n)$, e quindi:

$$L' = \frac{\log_2(L) \cdot K}{\log_2(N)}$$

L'esempio è analogo

Tra quantizzazione uniforme e non, la differenza è l'ampiezza dell'intervallo (come nell'immagine di prima)