Quantizzazione e visualizzazione

Fino ad ora abbiamo introdotto la digitalizzazione di segnali e immagini senza specificare come il “digit” ovvero il numero associato al bin, pixel o voxel venga rappresentato nel calcolatore per poi essere elaborato.

Numero di bit (B)	Numero livelli (2^B) rappresentabili	Valore massimo rappresentabile (interi senza segno)	Occupazione di memoria per una immagine 512x512 senza compressione
1	2	1	4 Kb
8 (unsigned char)	256	255	(512x512x8)bit = 256 Kb
16 (int)	65536	65535	(512x512x16)bit = 512 Kb
24 (colori: 3 int)	16 10^6	255 (per colore)	(512x512x8)x3 bit = 768 Kb
32 (long int,float)	4 10^9	2^{32}-1	(512x512x32) bit=1 Mb

Come vedremo da gli esempi che seguono la quantizzazione, ovvero la scelta della profondità, influisce sulla visualizzazione, ma è fondamentale quando si deve trattare con segnali e immagini “scientifiche”

1 bit

8 bit (1 byte)

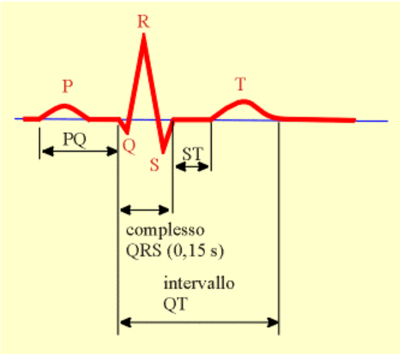
16 bit (2 byte)

24 bit (true color: 1 byte per colore)

Nel caso di segnali digitali provenienti da uno strumento o di immagini astronomiche, ovvero acquisite da un telescopio, o immagini mediche la scelta della quantizzazione è fondamentale, se non si vuole perdere l'informazione contenuta nel segnale.

Vediamo alcuni esempi significativi:

Segnale elettrocardiografico:



Per determinare la quantità di bit necessari per rappresentare un segnale che assume valori compresi tra min e max, con una certa precisione P si utilizza la seguente relazione

$n\_bit=\log_2 [(max-min)/P]$

Nel caso dell'elettrocardiogramma, dopo l'amplificazione, il segnale varia tra –5V e +5V.

Se si vuole avere la precisione di 1 mV si ha

$n\_bit= \log_2[(max-min)/P] = \log_2(10/0.001)=13.28$

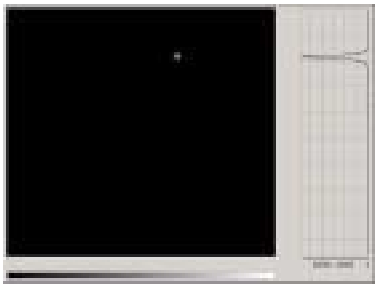
quindi non si possono usare meno di 14 bit.

Secondo esempio: immagini astronomiche

Nel caso di immagini astronomiche posso avere variazioni di luminosità all'interno del campo che arrivano a 10^{10}-10^{12}. Quindi in questo caso anche se non abbiamo bisogno di una grande precisione abbiamo invece una grande variazione.

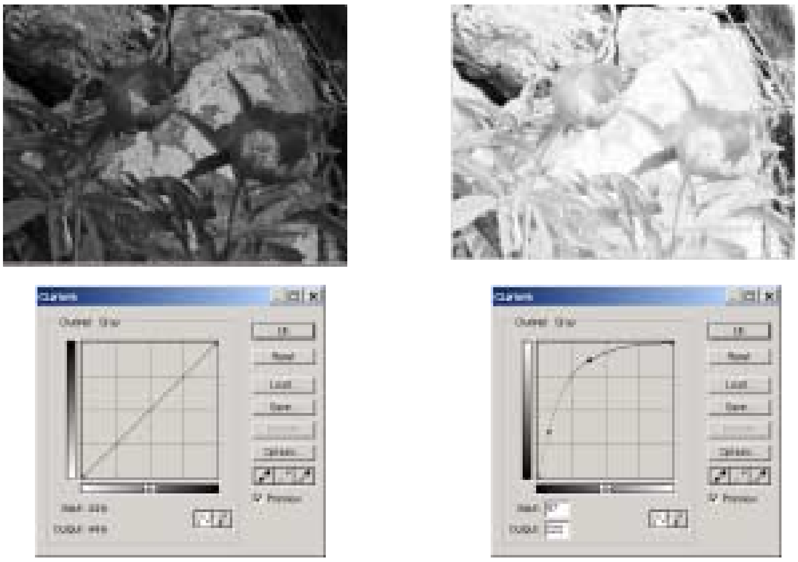
$n\_bit=\log_2(10^{12}/100)=33$ ovvero con 32 bit riusciamo a quantizzare una variazione di 10^{12} con una precisione di ....

Con variazioni di luminosità di quest'ordine di grandezza c'è anche un problema di visualizzazione, infatti guardando l'immagine qui sotto si potrebbe pensare che attorno alla stella non ci sia nulla !

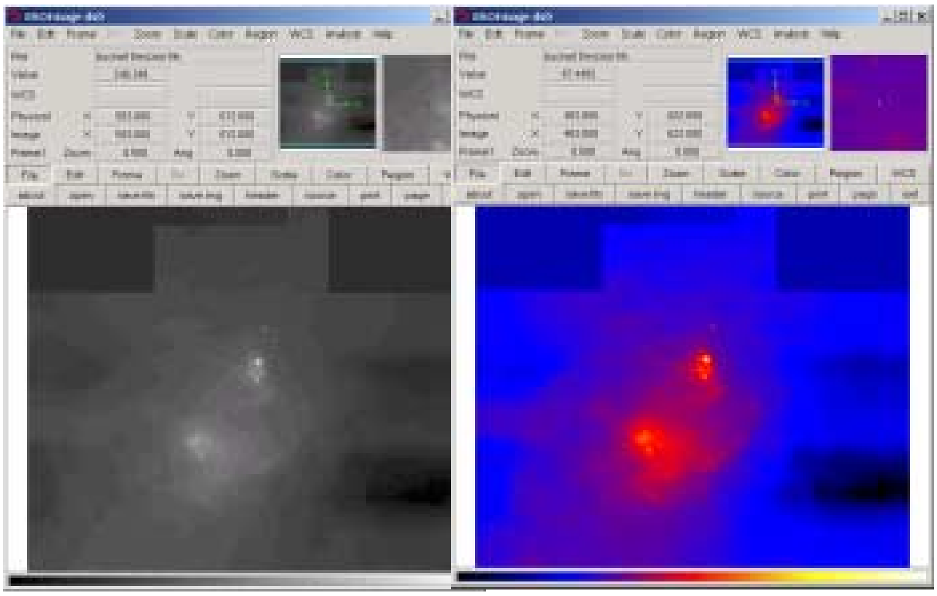


scala dei grigi lineare

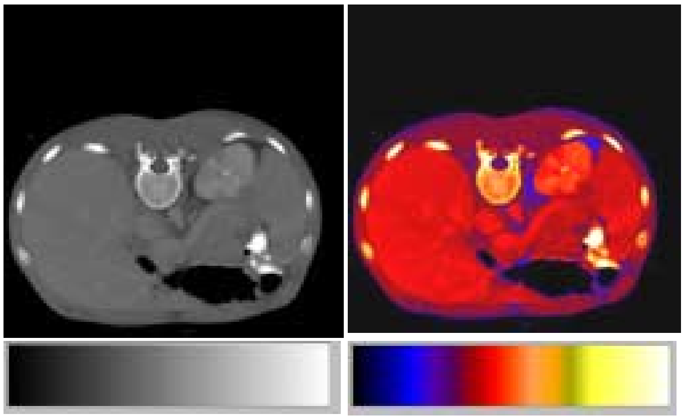
scala dei grigi logaritmica



Visualizzazione e falsi colori



Immagini mediche



Rumore

Al processo di misura ed acquisizione di un segnale è sempre associato un disturbo che è intrinseco nel processo di acquisizione stesso: *il rumore (noise).*

Il rumore non è noto esattamente e su di esso si possono fare solo ipotesi di tipo statistico. Le cause del rumore possono essere molteplici, dall'agitazione termica nei conduttori, al rumore dovuto al campionamento e alla quantizzazione o al rumore dovuto al conteggio di fotoni.

In questo corso daremo alcuni concetti basilari su due tipi di rumore: rumore gaussiano e poissoniano

Il primo è sempre presente nel processo di acquisizione:

- è principalmente dovuto all'elettronica
- è descritto da una distribuzione di probabilità gaussiana (media=0)
- è indipendente dal segnale
- è additivo

Il secondo tipo di rumore è presente in tutti quei casi in cui il segnale è il risultato di un conteggio di fotoni (CCD, immagini mediche, astronomiche etc..)

Esso è legato alla natura corpuscolare della luce. Il numero di fotoni che incide su un elemento di un CCD per unità di tempo è una variabile aleatoria a valori interi positivi con le seguenti caratteristiche:

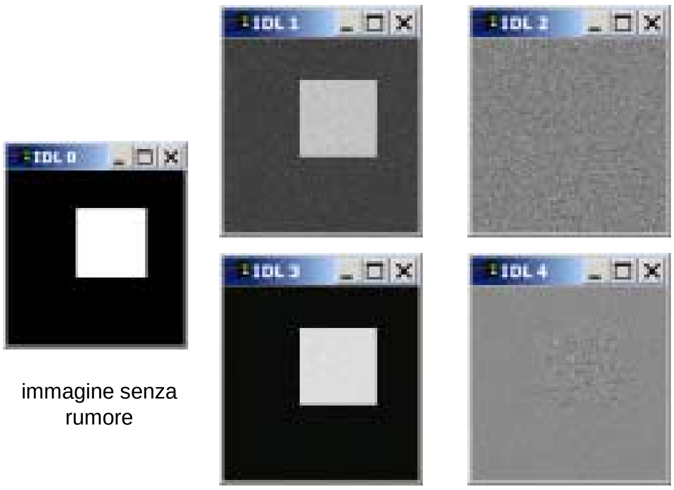
• ha una distribuzione di probabilità poissoniana

• la deviazione standard è uguale alla radice quadrata del valore medio. Tanto più basso è il valore medio tanto più grande sarà l'errore relativo sui conteggi.

Il rumore poissoniano è dipendente dal segnale! Quindi non si può considerare addittivo

$$p(x-x_0,\sigma)=\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}}e^{-\frac{(x-x_0)}{2\sigma^2}} \qquad p(n,\lambda)=\frac{\lambda^n}{n!}e^{-\lambda}$$

Rumore gaussiano



Rumore poissoniano