



Tecnologie digitali per il suono e l'immagine 2020/21

Vincenzo Lombardo
Corso di Laurea in DAMS
Università di Torino

Mutuato in parte da Elaborazione audio e musica
(Laurea Magistrale di Informatica)

Le immagini digitali

Introduzione

Immagini da (Coriasco et al.), (Gonzales, Woods) e [Wikipedia]

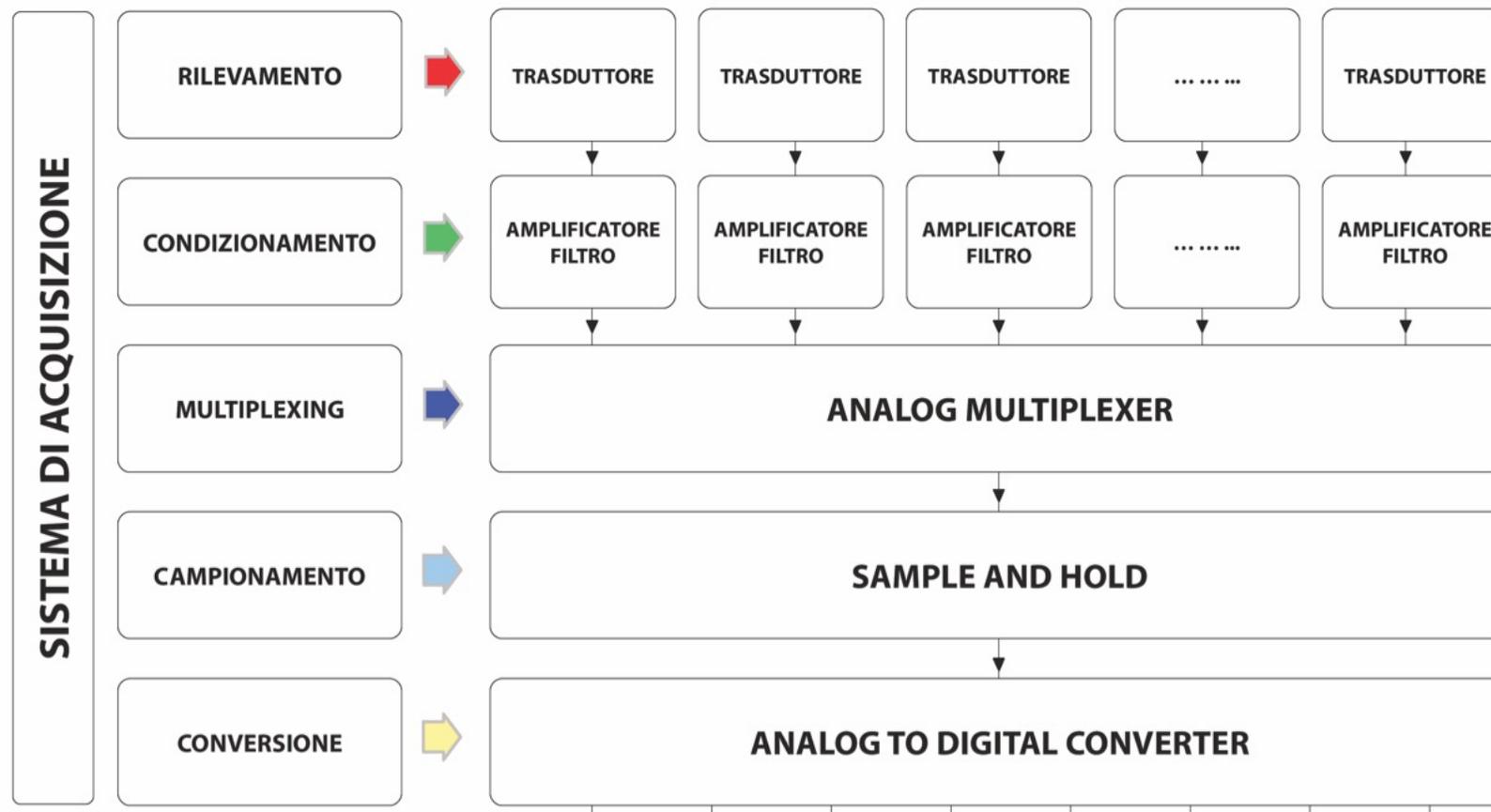
Cenni di rappresentazione digitale dei segnali

Ripasso dalla parte audio

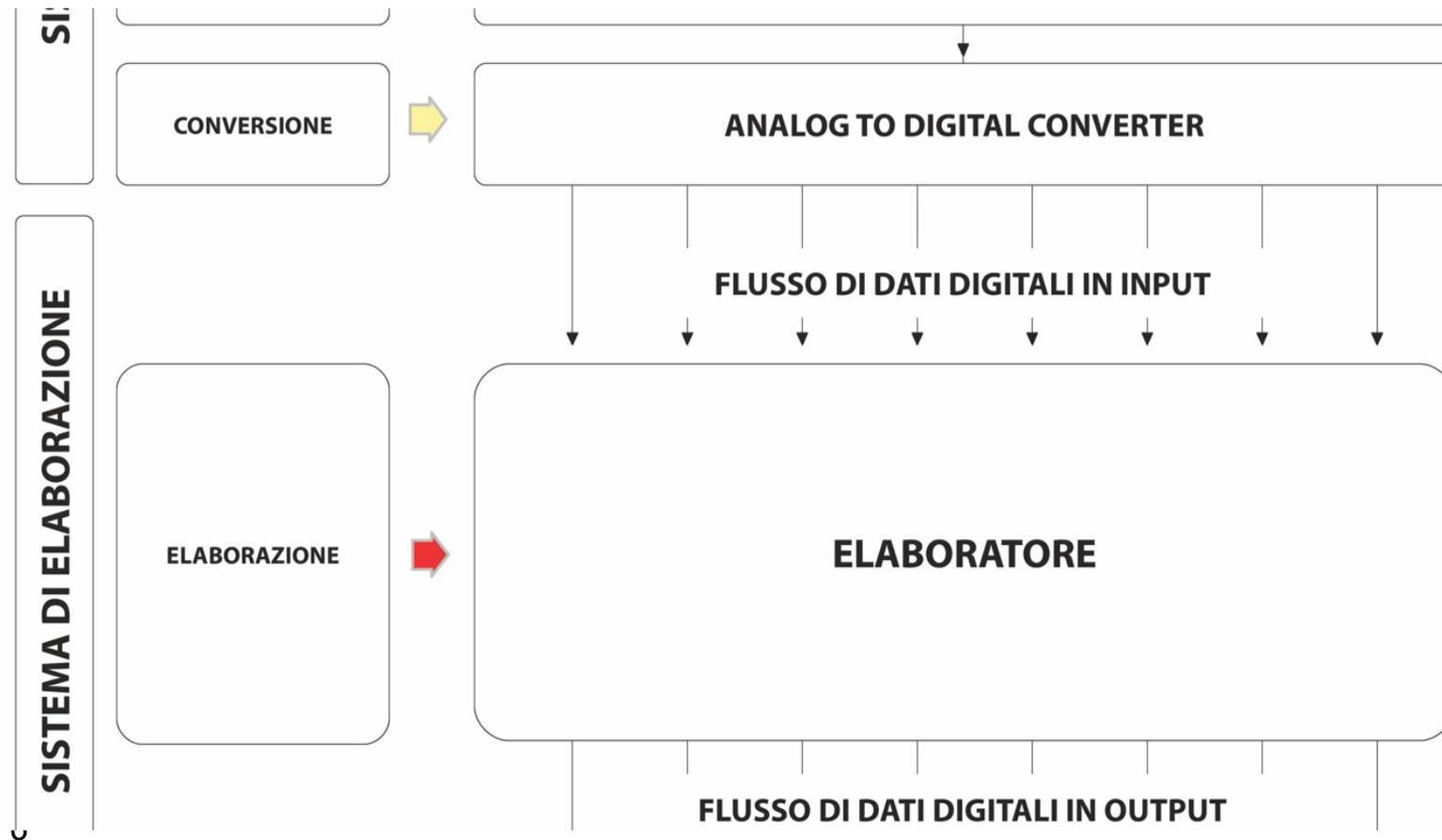
Schema elaborazione dei segnali



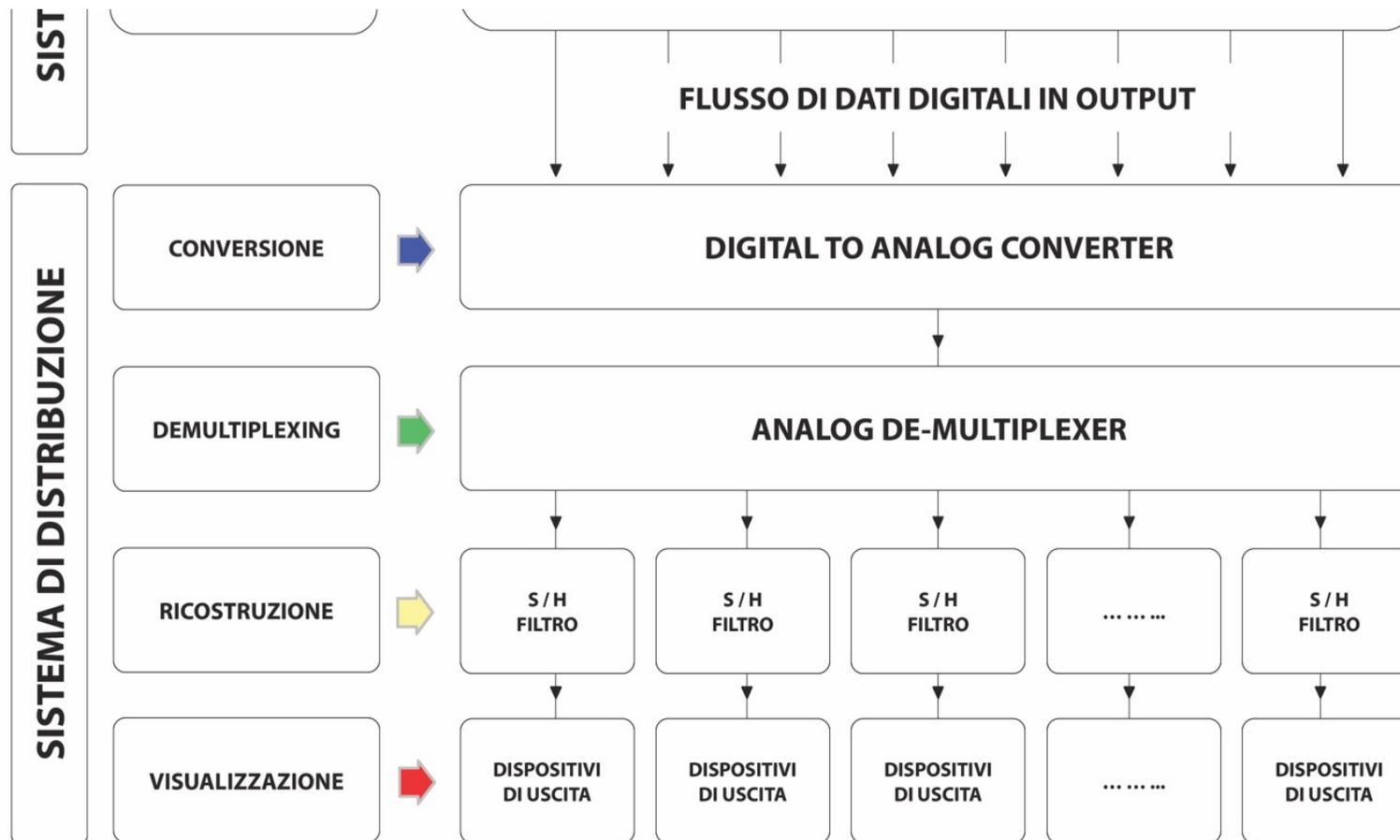
Acquisizione del segnale



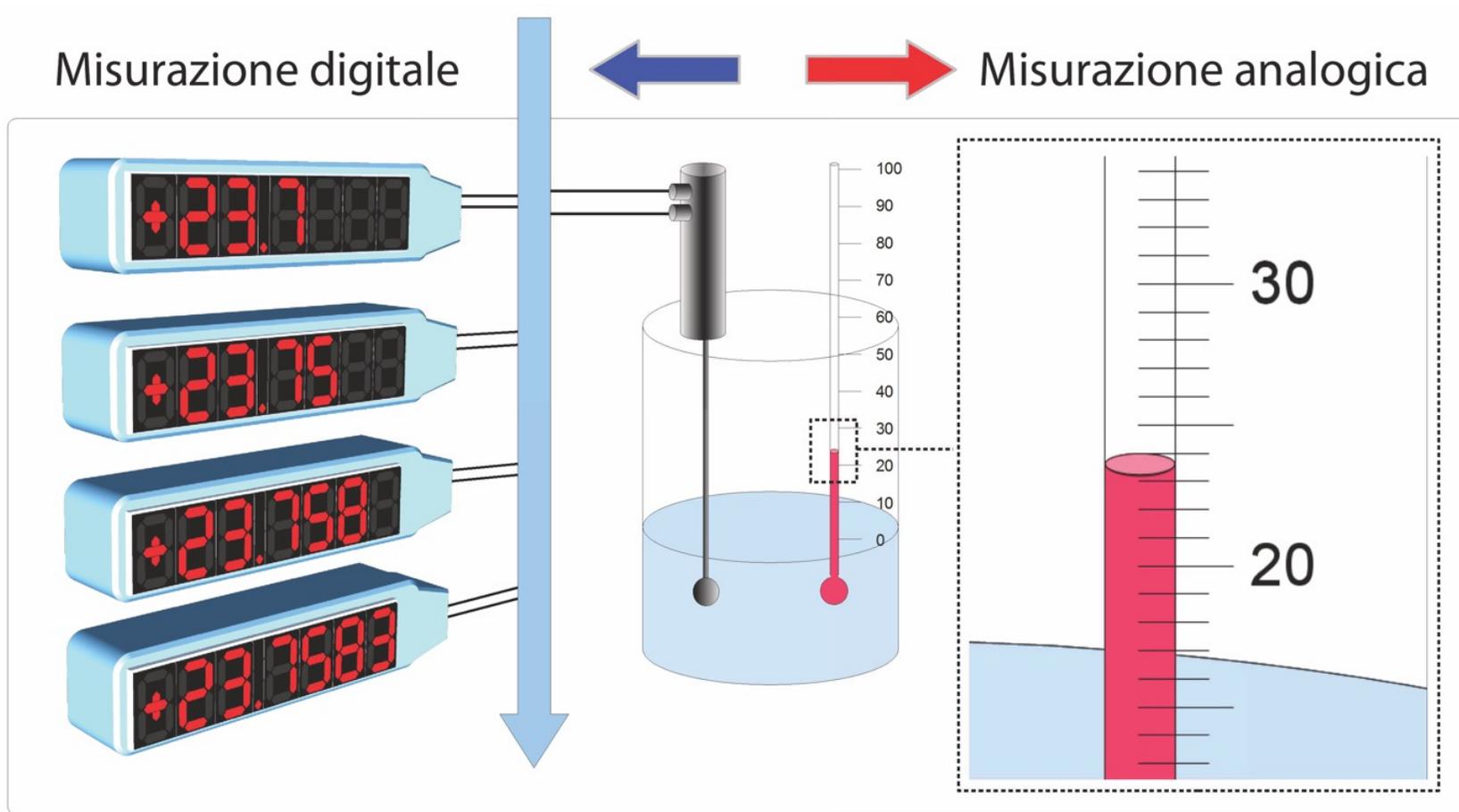
Elaborazione del segnale



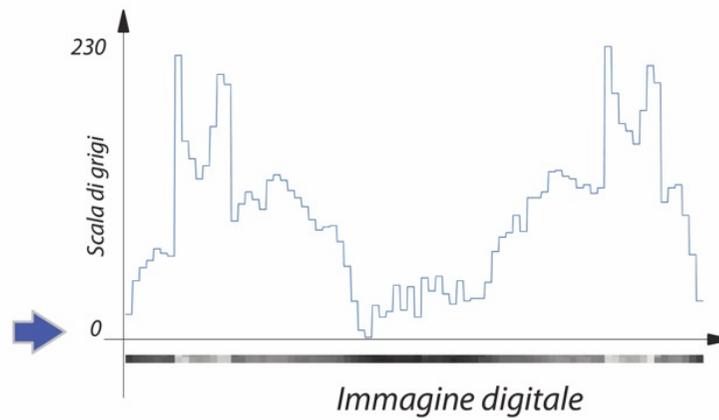
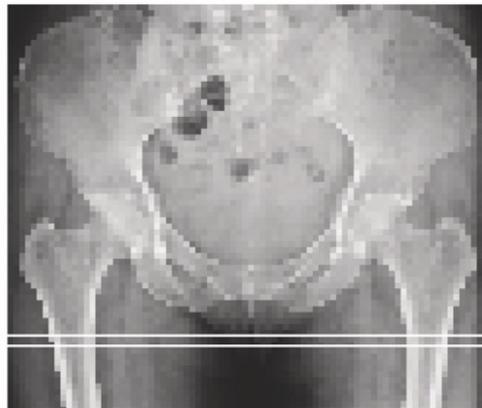
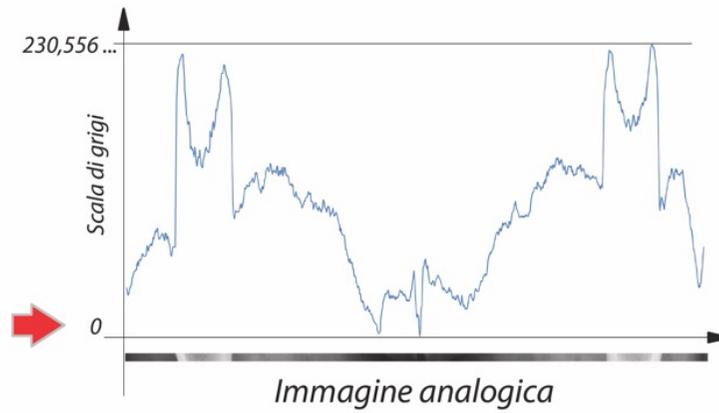
Distribuzione del segnale



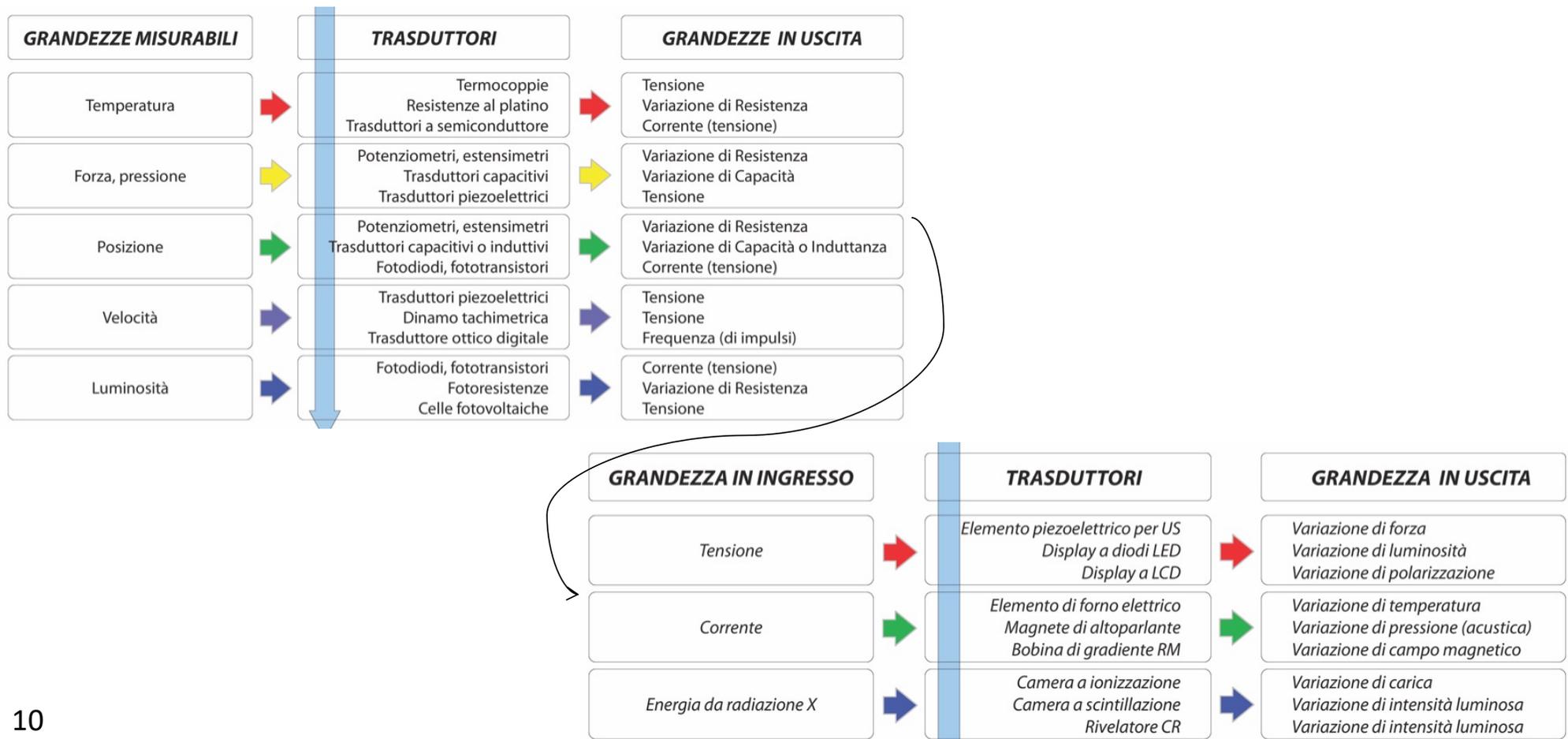
Rappresentazione analogica e digitale



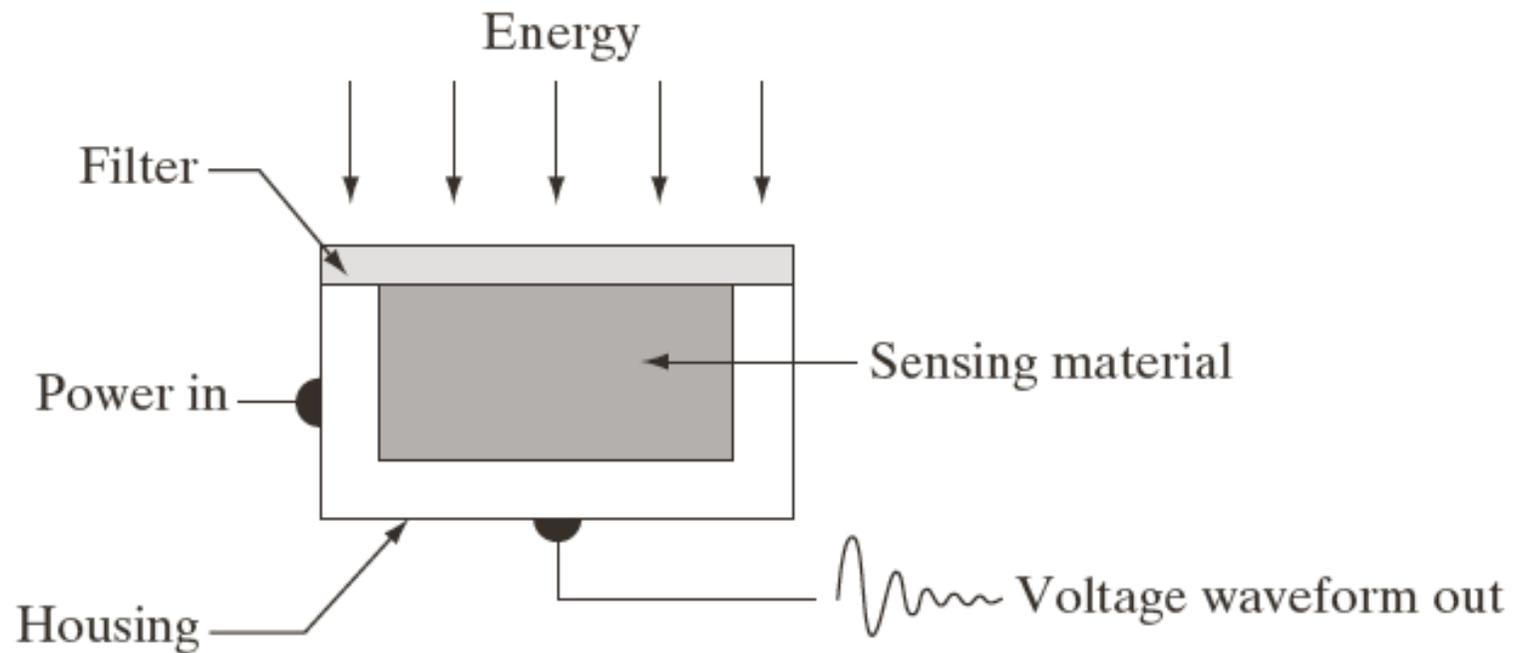
Andamento intensità luminosa



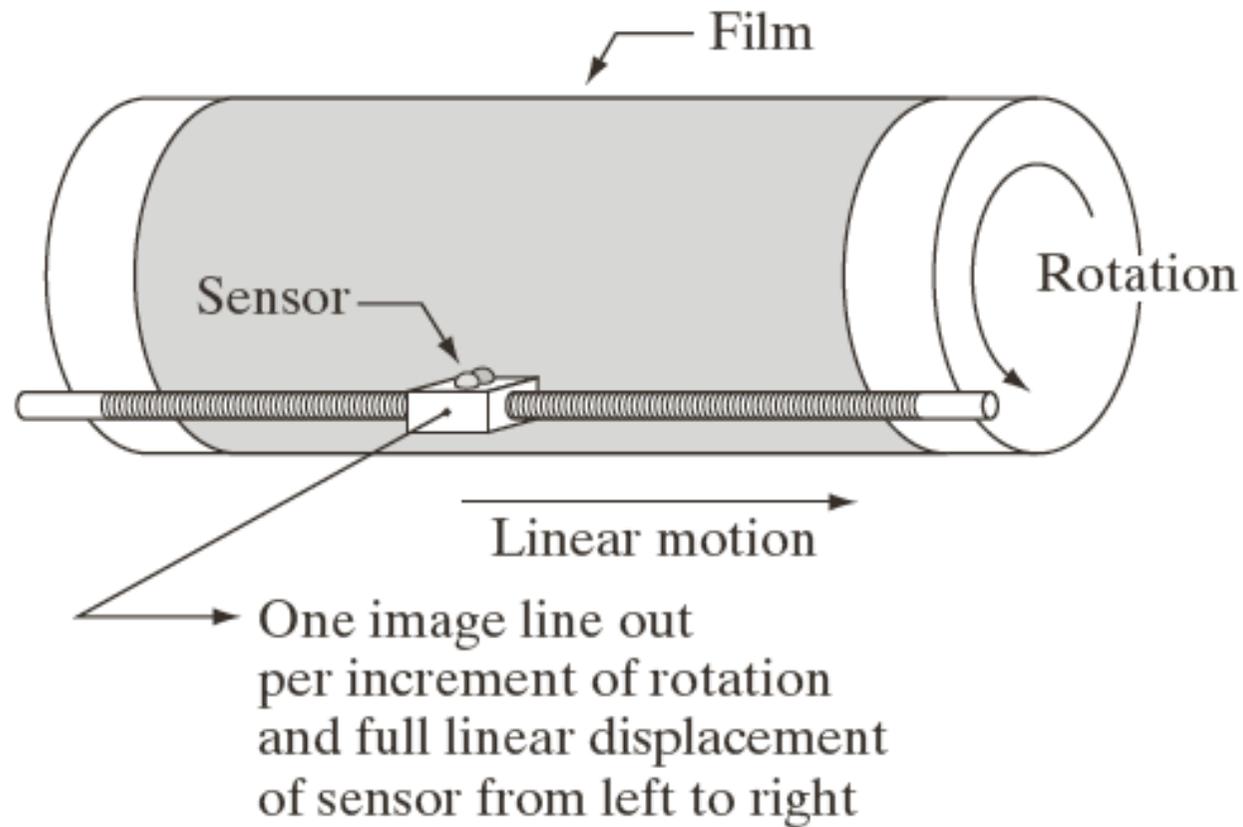
Trasduttori (in ingresso e in uscita)



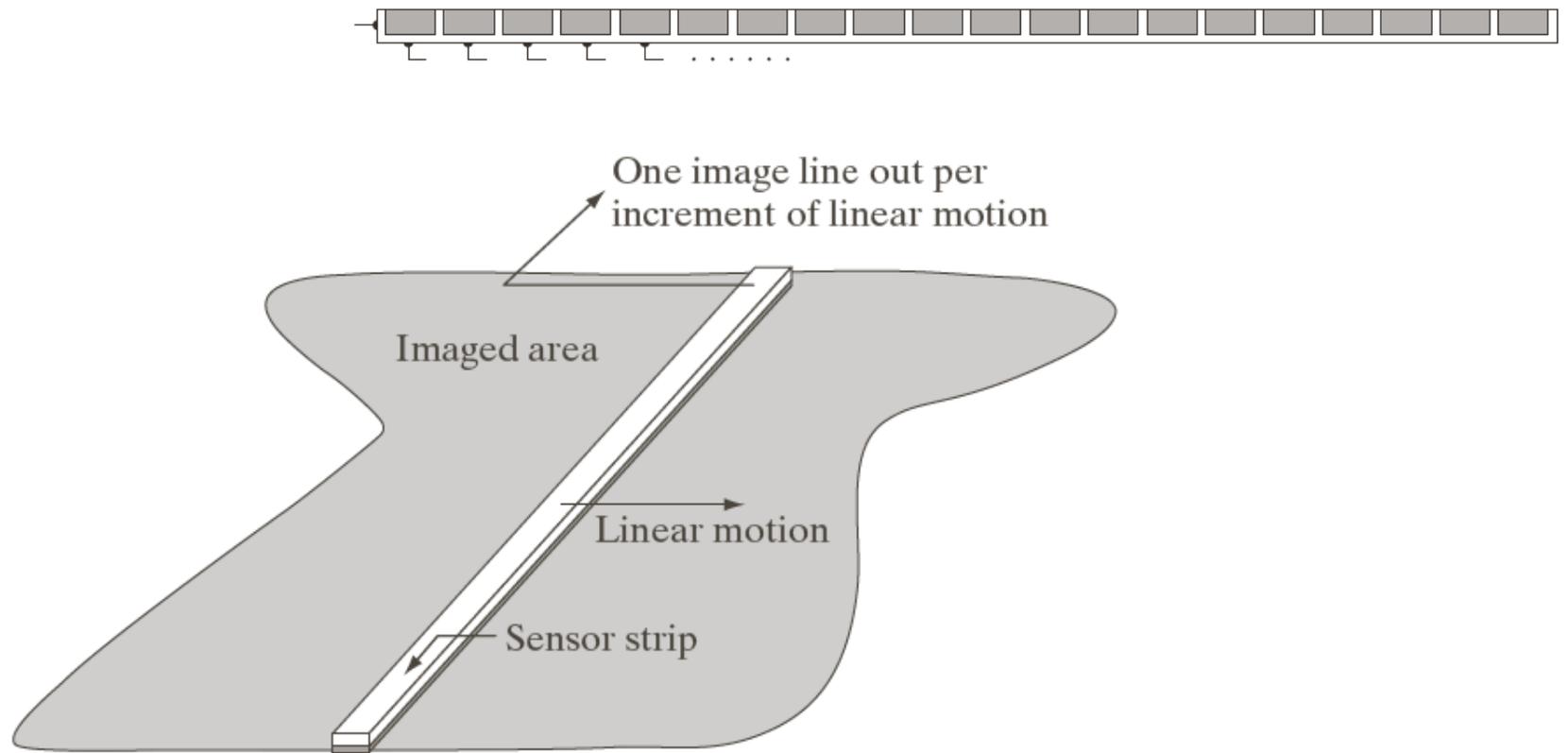
Sensori di acquisizione / trasduzione



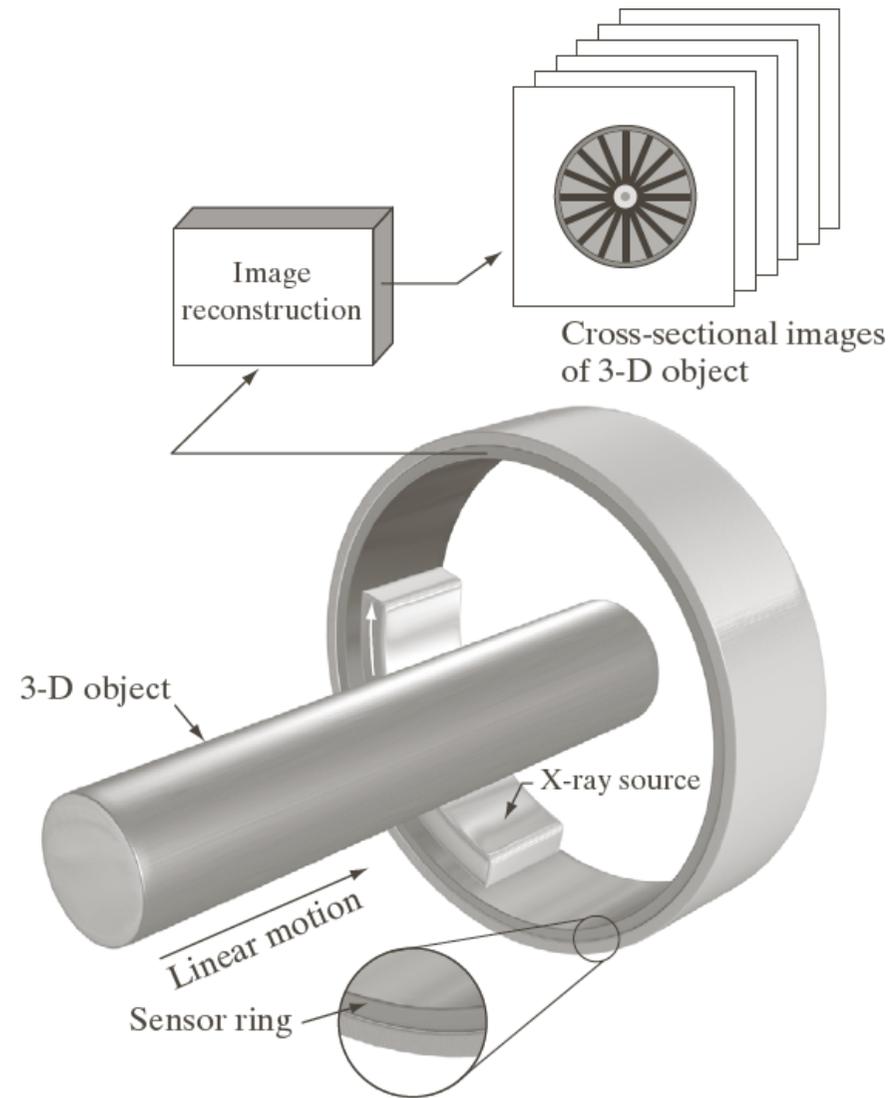
Sensore + movimento



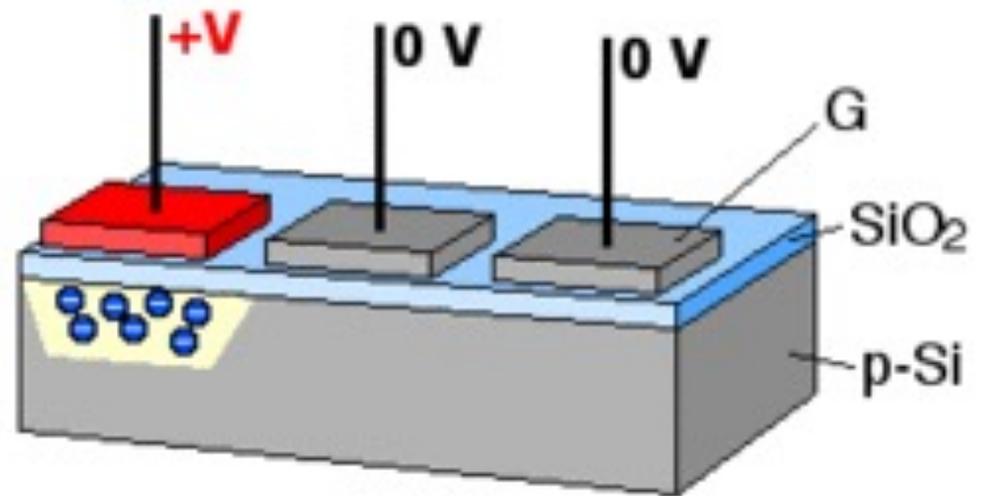
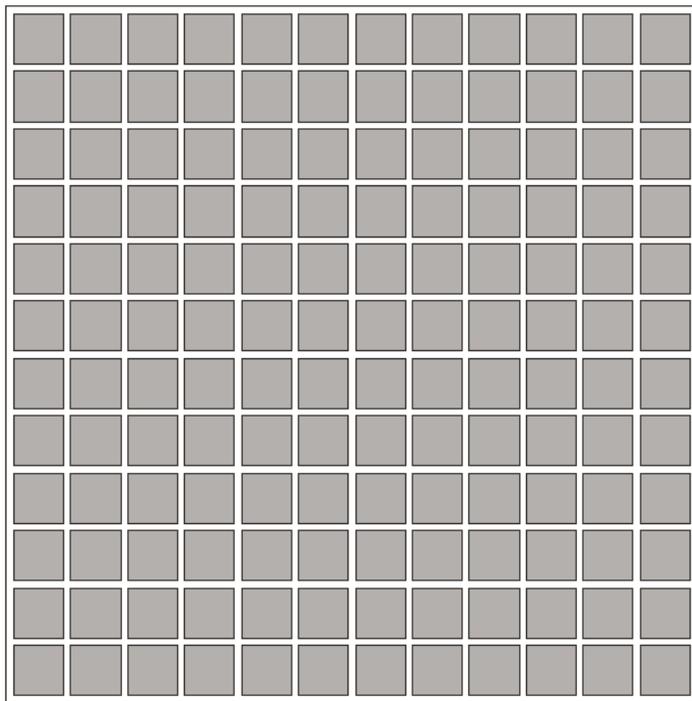
Acquisizione da sensori in linea: scanner



Sensori ad anello

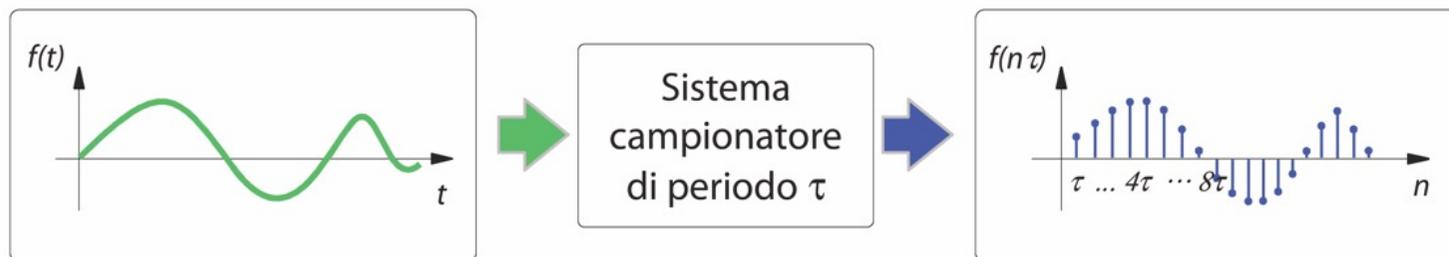
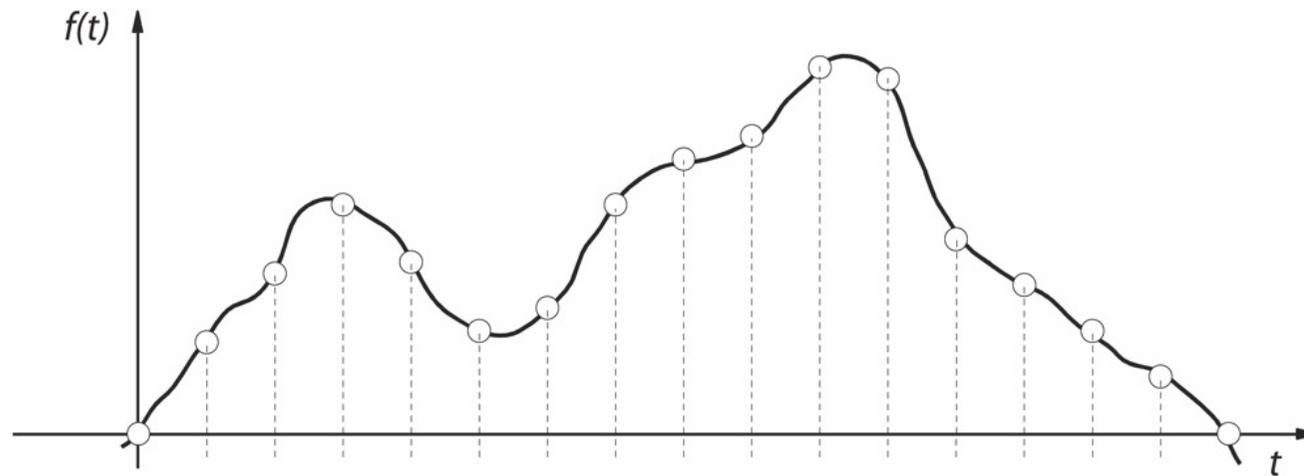


Matrice di sensori CCD



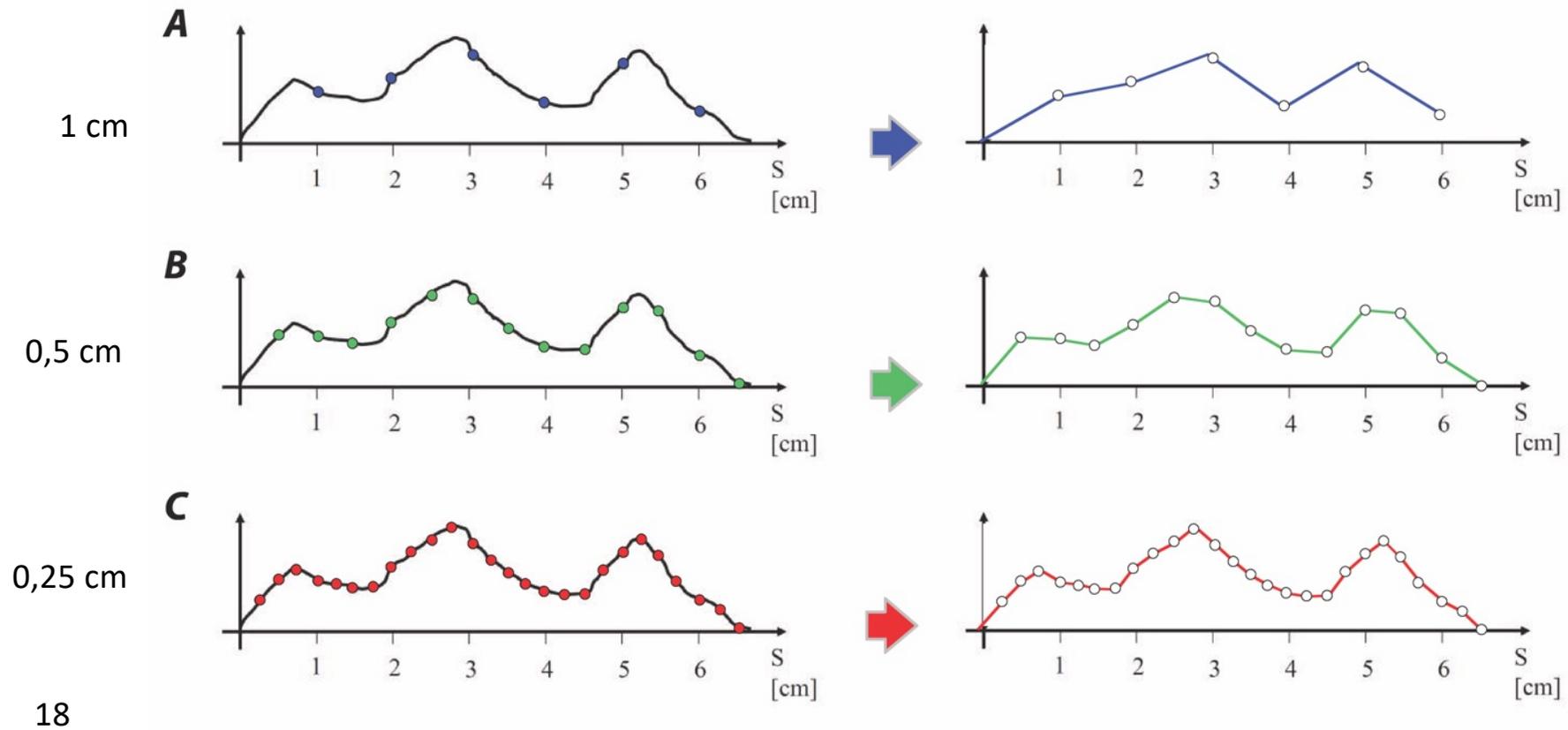
[Wikipedia]

Sistema campionatore

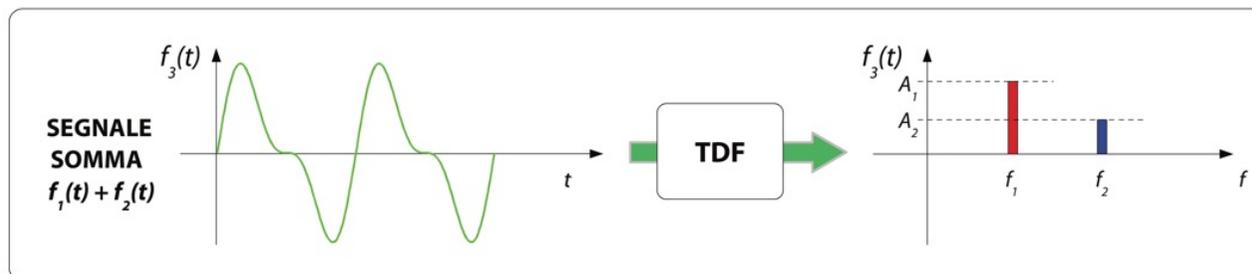
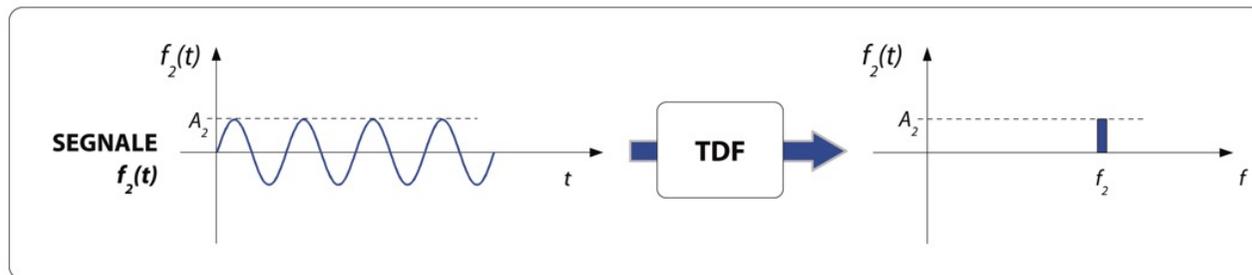
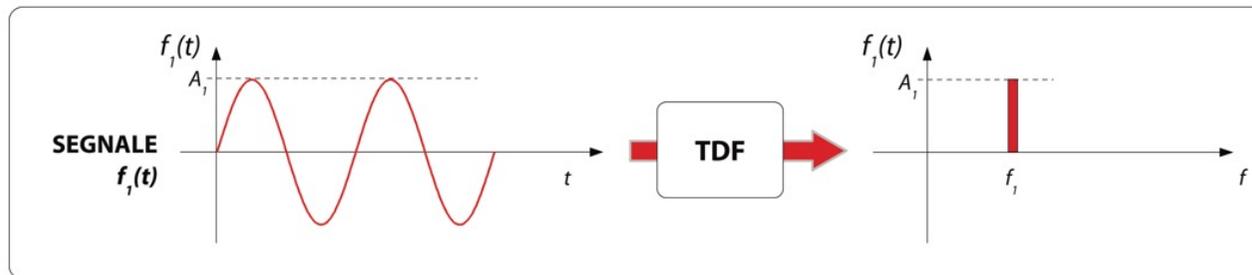


Campionamento

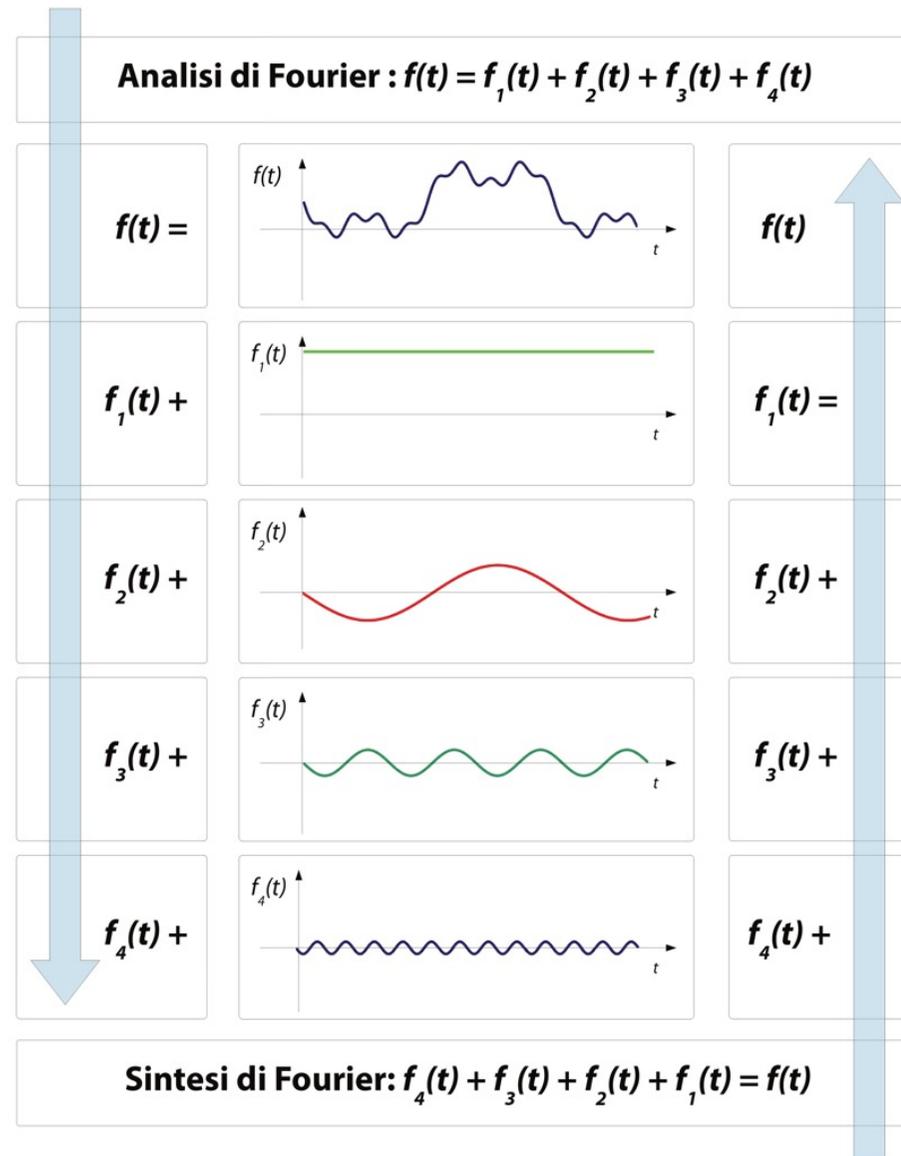
Periodi di campionamento



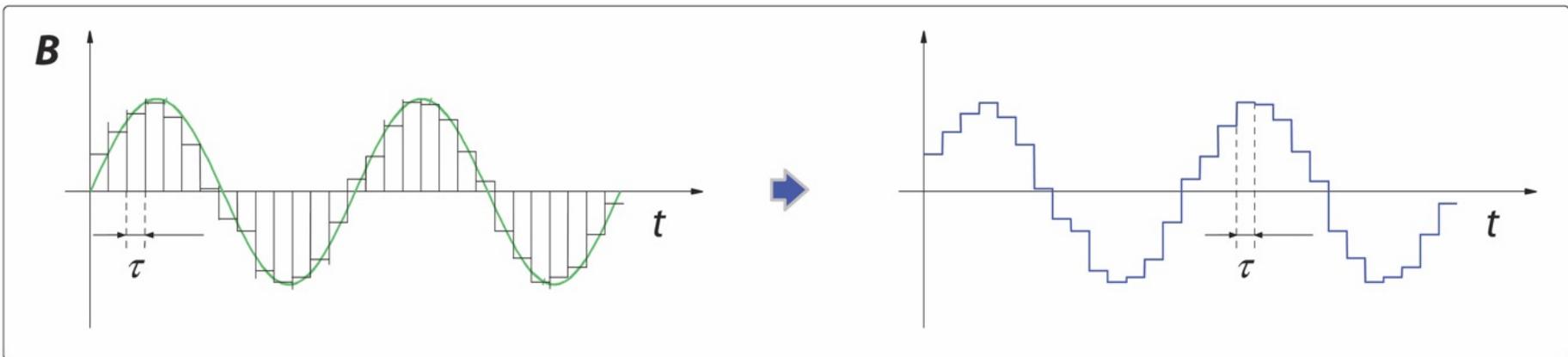
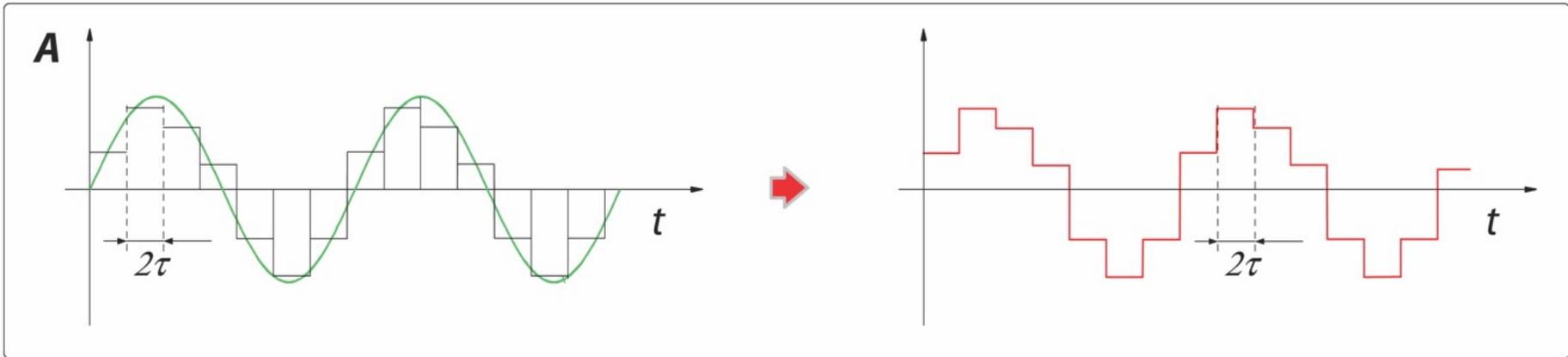
Frequenza min di campionamento: teorema di Fourier



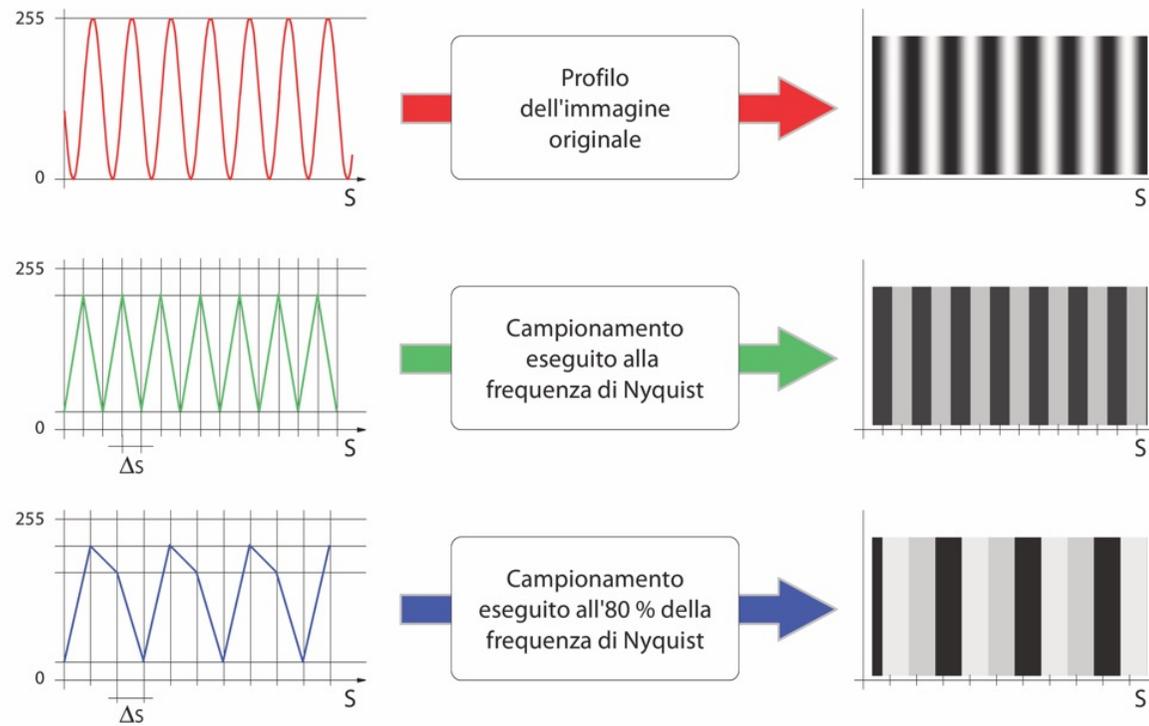
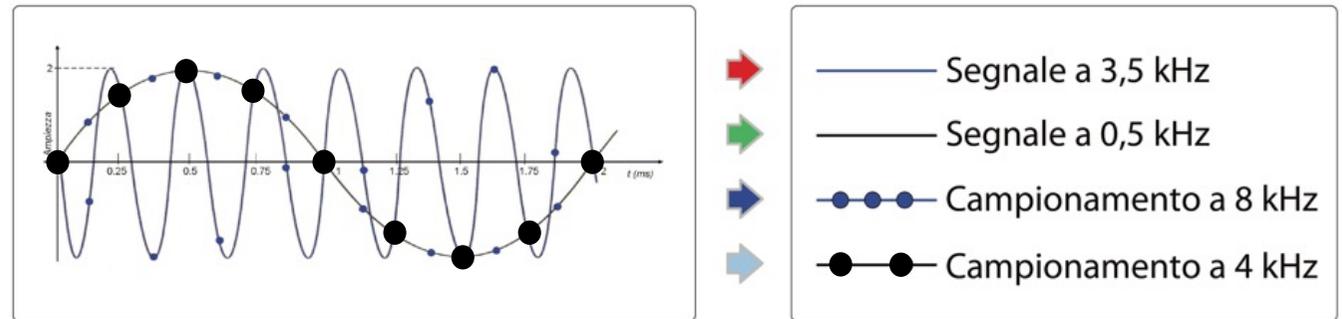
Analisi/sintesi di Fourier



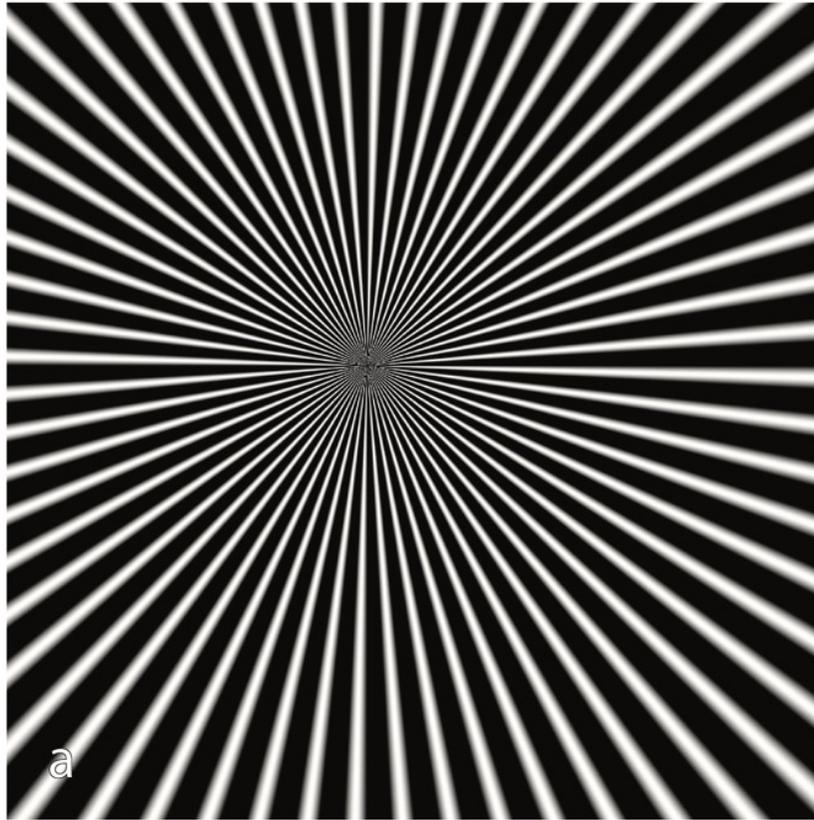
Frequenza di Nyquist



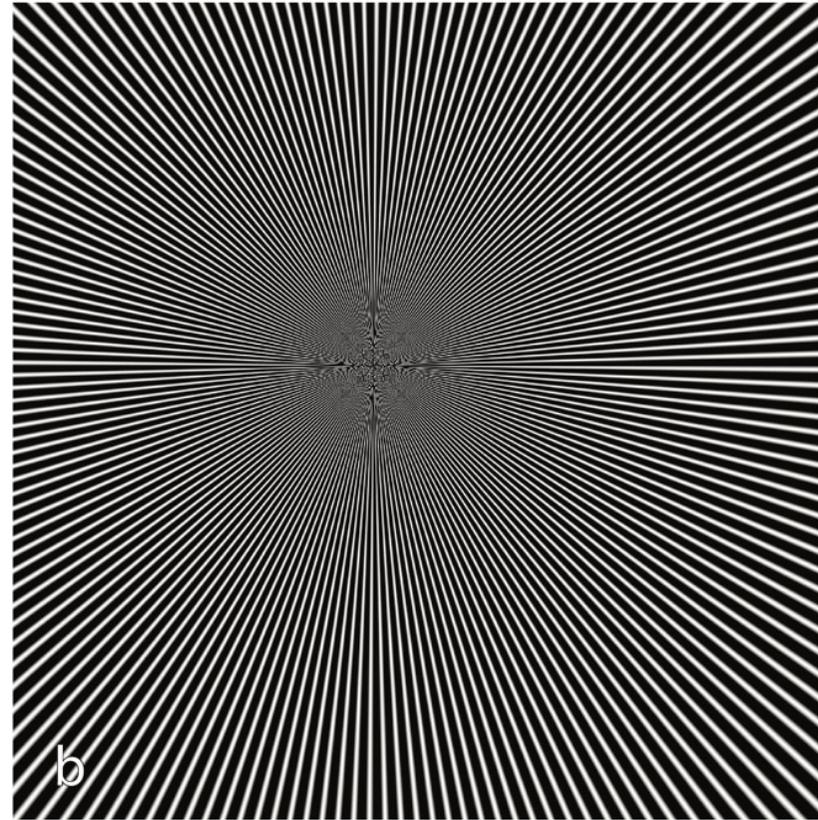
Aliasing



Aliasing nelle immagini reticolari



Minor frequenza spaziale

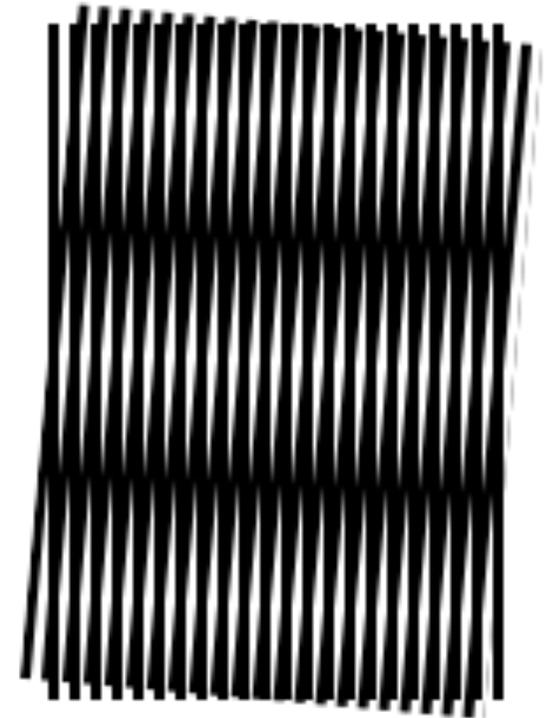


Maggior frequenza spaziale

Pattern Moirè

Figura di interferenza

- griglie uguali sovrapposte con diversa angolatura
- griglie parallele con maglie distanziate in modo diverso



[Wikipedia]

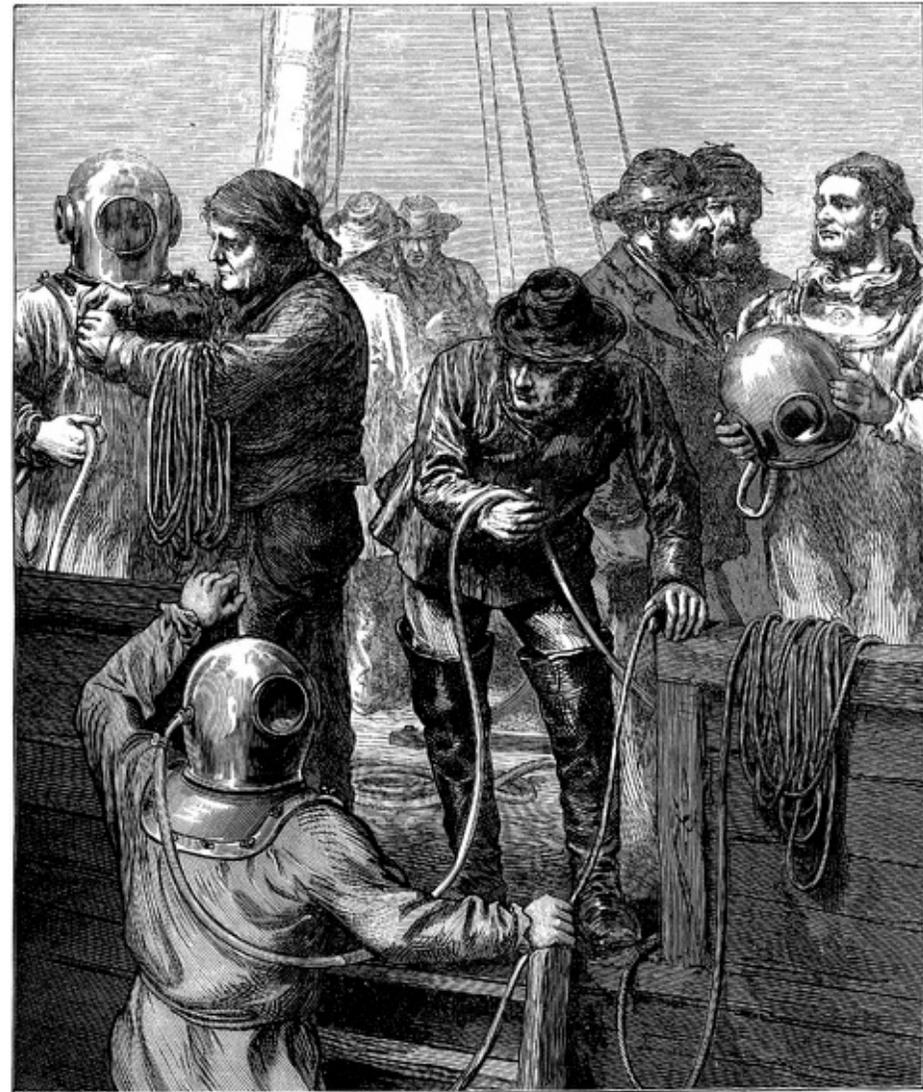
Moiré: tessuto con effetto cangiante che ricorda onde o acqua

Pattern Moirè

In tipografia: effetto indesiderato



[Wikimedia commons]
Divers Preparing for Work.
Front cover illustration of the February 6, 1873
The Illustrated London News.



DIVERS PREPARING FOR WORK.

Pattern Moirè

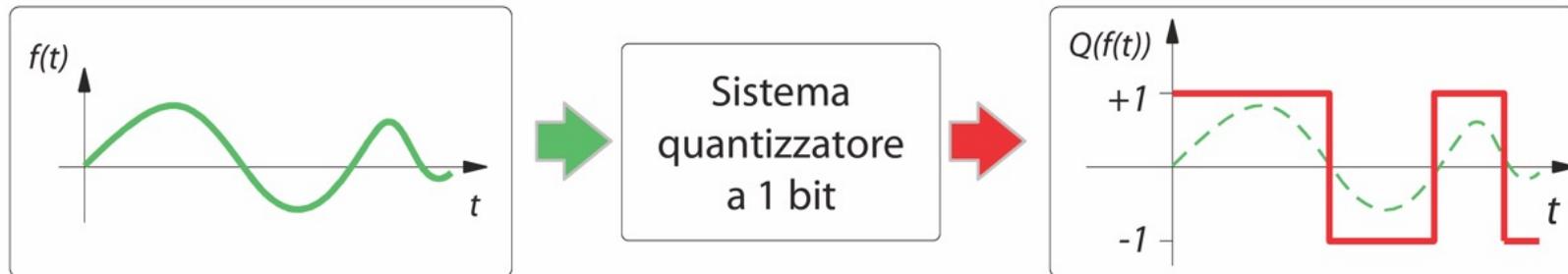
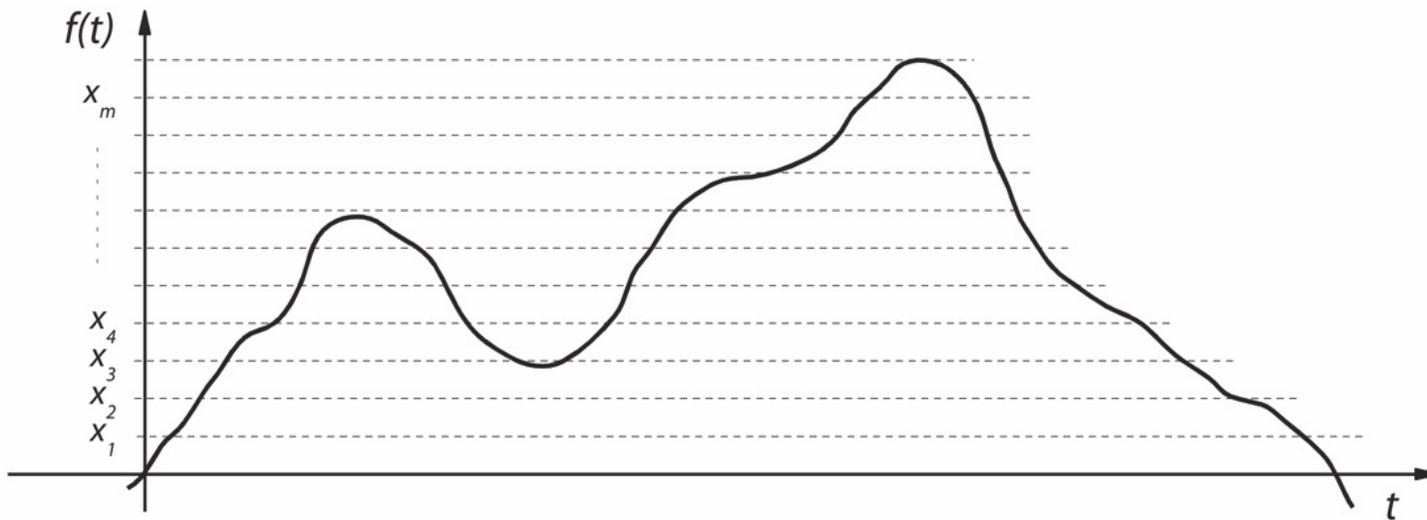


Campionamento e banda di un segnale

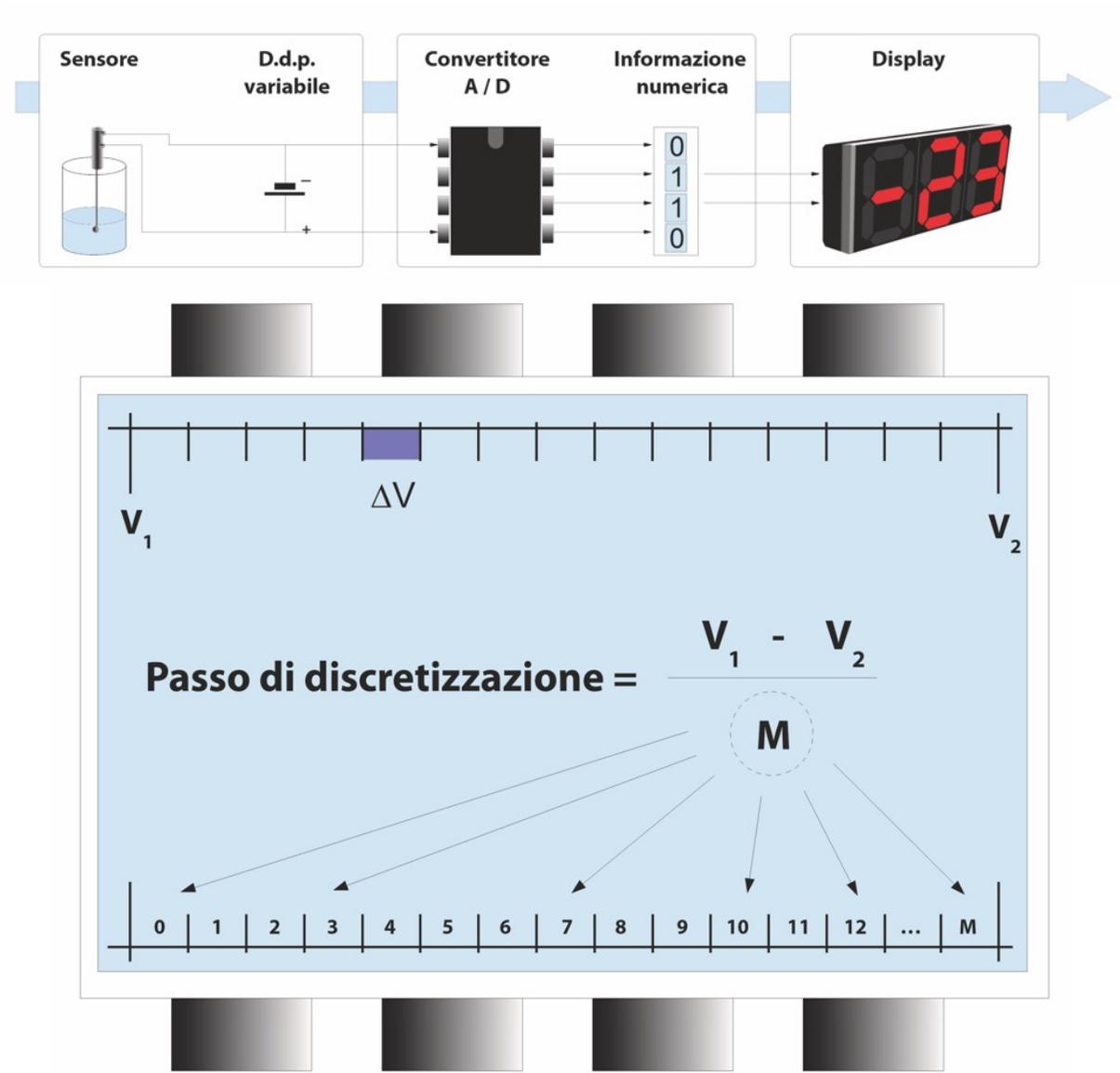
Tipo di Segnale	Banda Occupata	Frequenza minima di campionamento
Audio vocale telefonico	4 kHz	8 kHz
Audio proveniente da CD	22 kHz	44.1 kHz
Audio di una videocamera	24 kHz	48 kHz

Quantizzazione

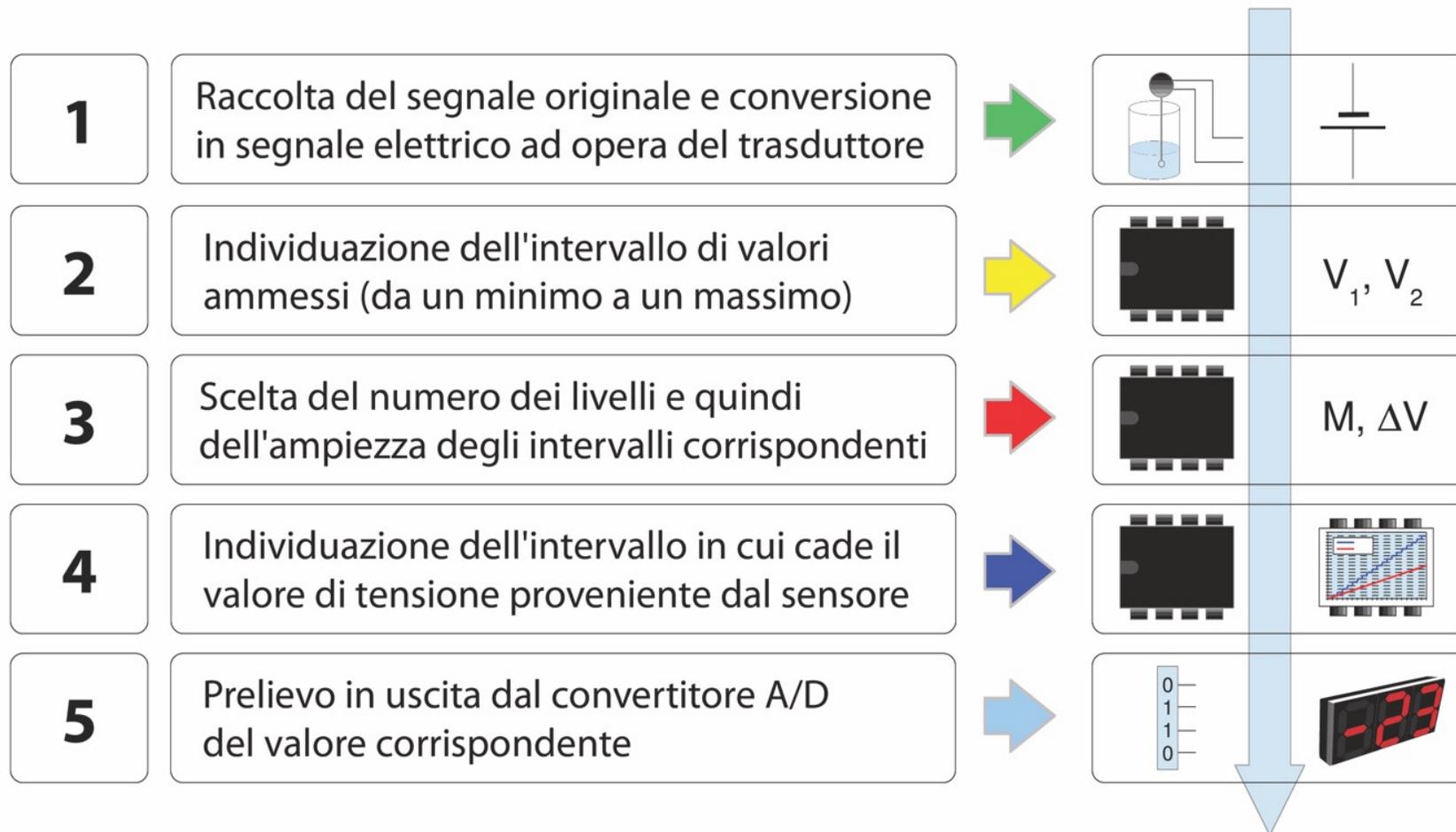
Sistema quantizzatore



Convertitore A/D

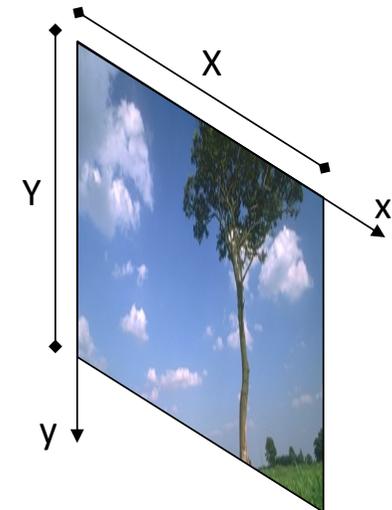
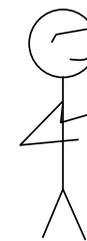
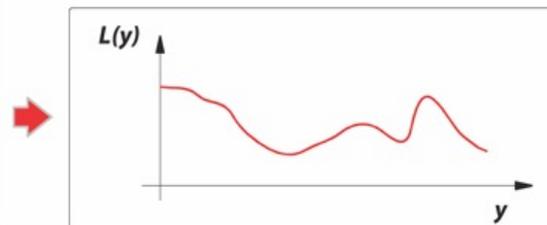
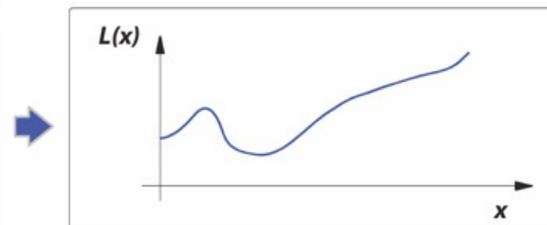
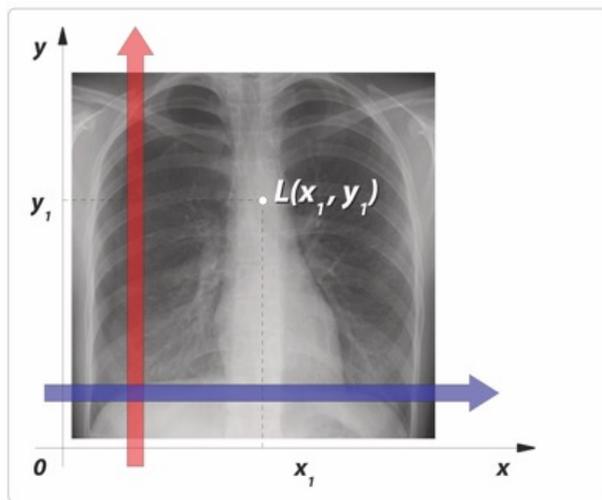


Schema conversione A/D



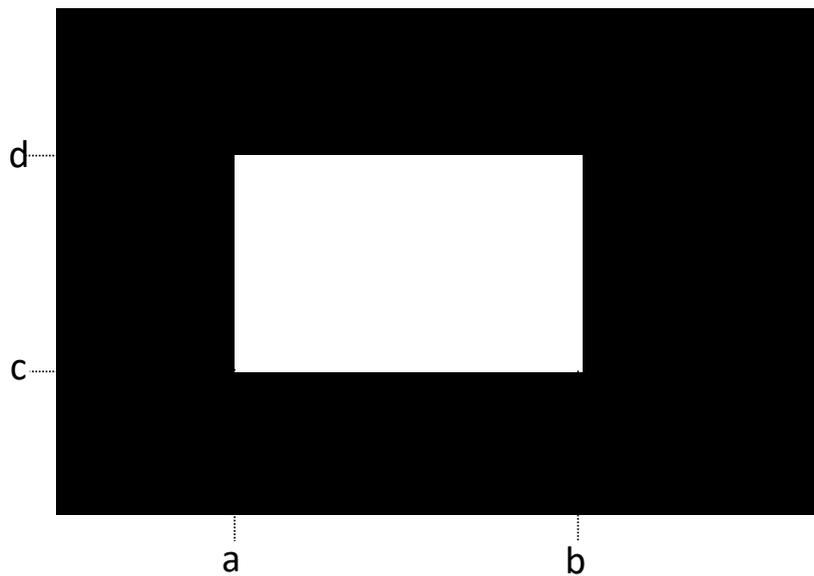
Definizione di immagine

Superficie 2D di dimensioni finite con una determinata distribuzione di intensità luminosa e di colori



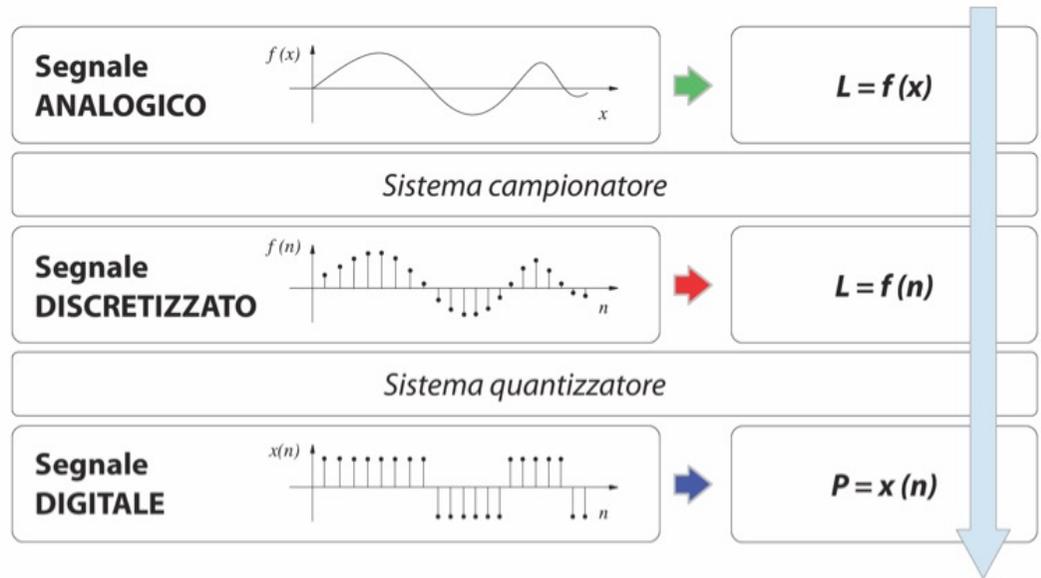
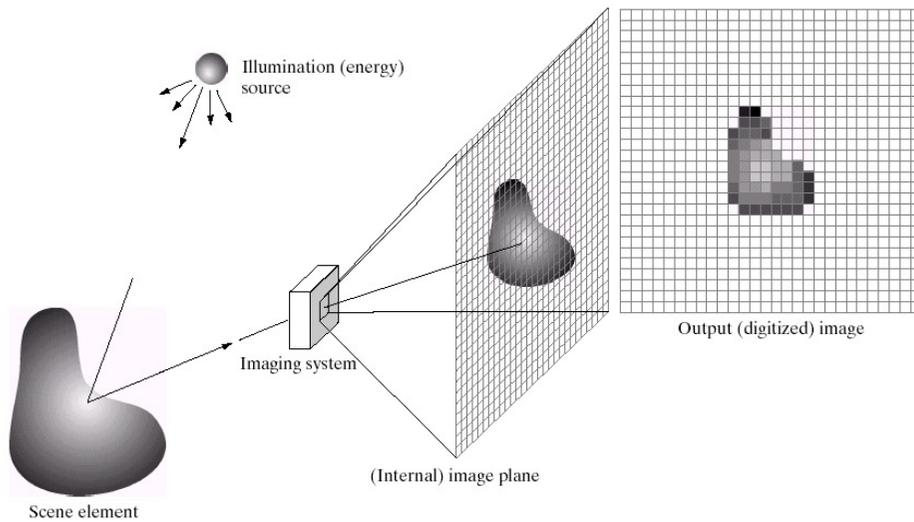
$$L(x,y) = \text{intensità luminosa in } (x,y)$$

Esempio

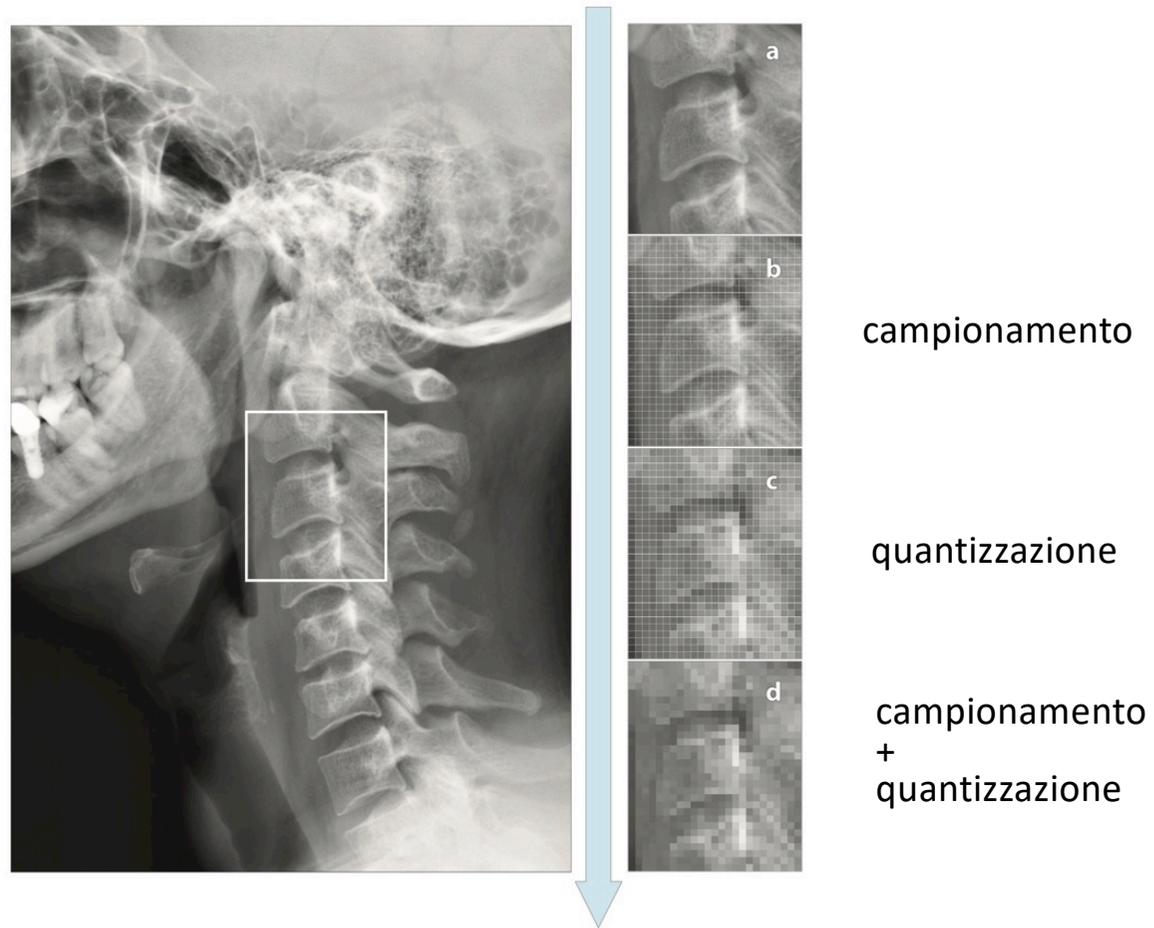


$$L(x,y) = \begin{cases} 1 & a \leq x \leq b, c \leq y \leq d \\ 0 & \text{altrimenti} \end{cases}$$

Da analogico a digitale



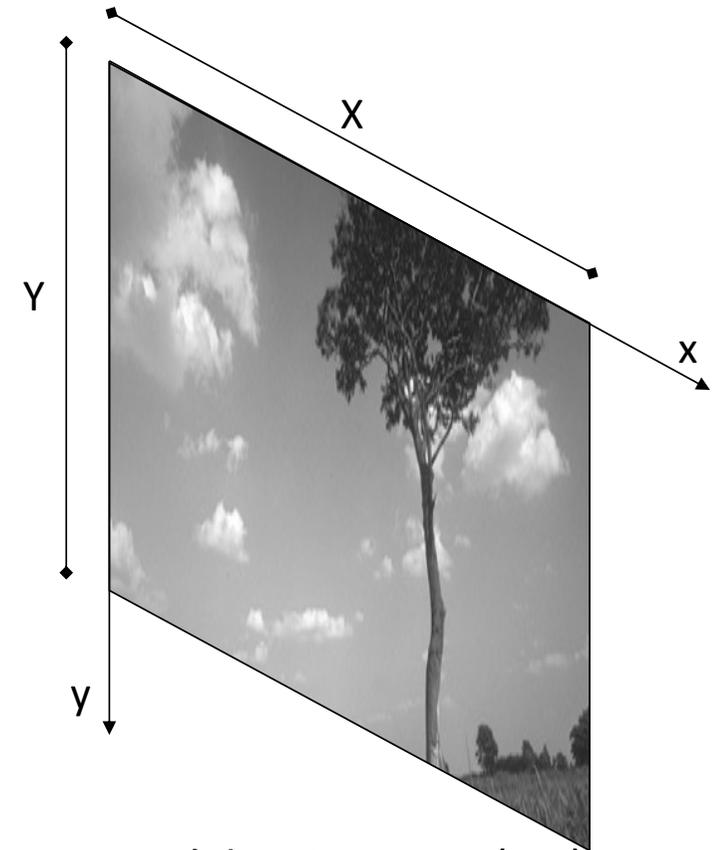
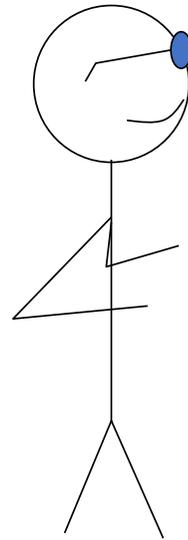
Esempio di digitalizzazione



La natura fisica della luce

Un'immagine digitale

- Dimensioni finite (X,Y)
- No profondità inerente
- Numero finito di pixel
- Rappresentazione numerica dell'energia luminosa



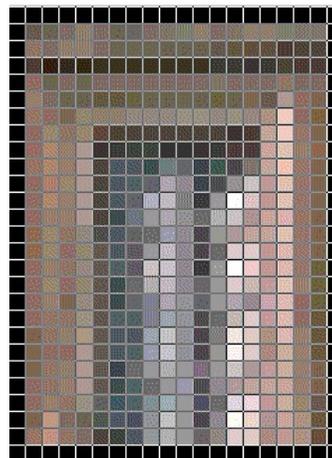
$f(x,y)$ = intensità luminosa in (x,y)

L'informazione grafica

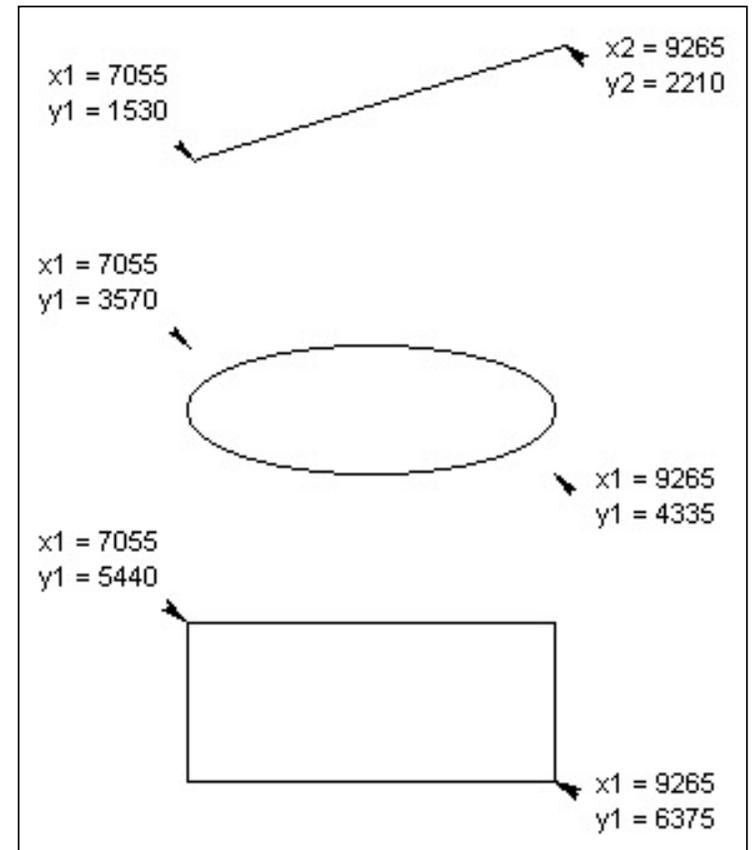
```
      X
XXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXX
  XXX   XXX
  XXX   XXX
```

grafica a caratteri

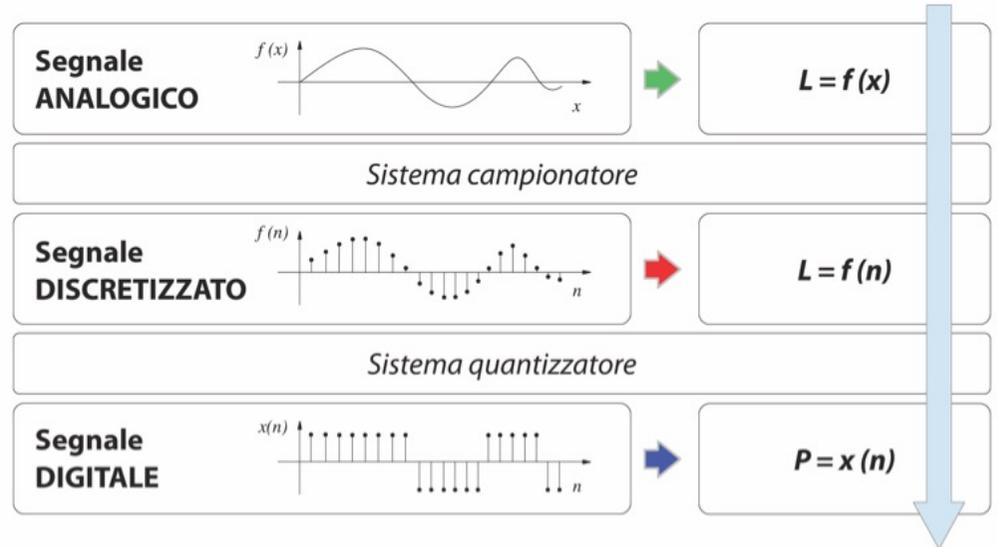
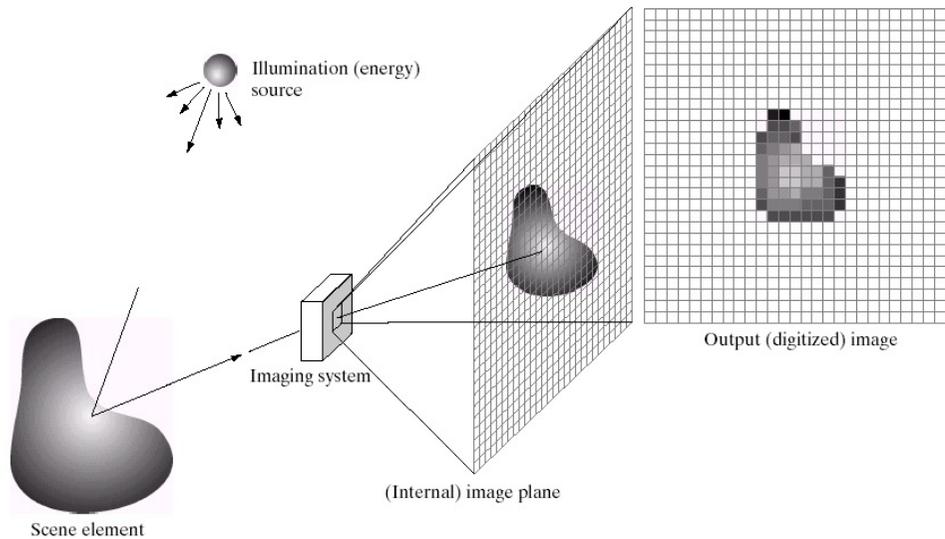
grafica vettoriale



grafica raster



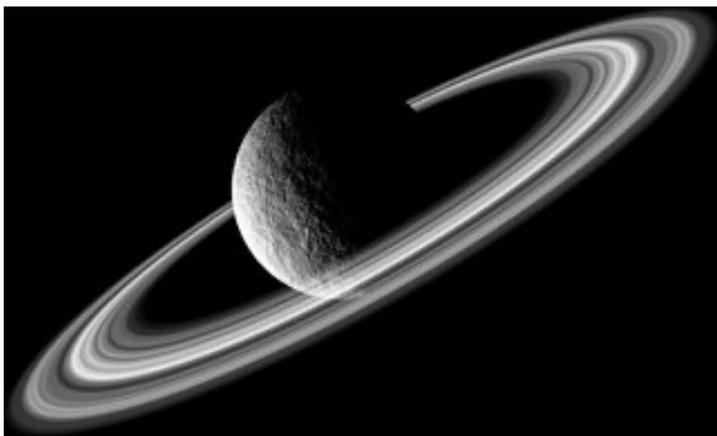
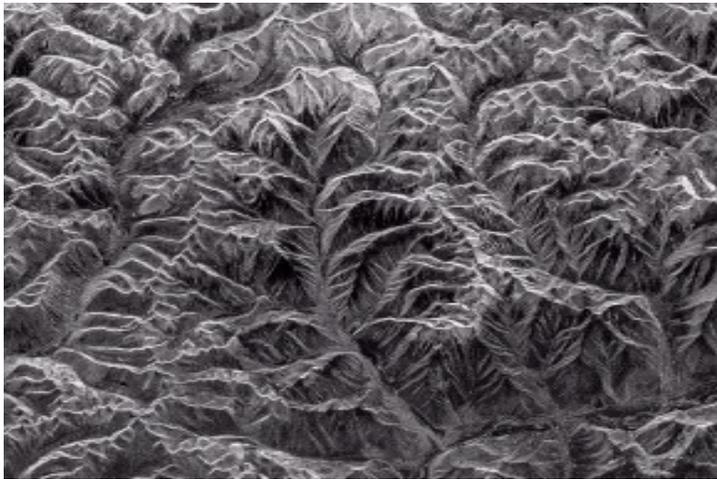
Da analogico a digitale



Categorie

- Immagini reali: acquisite da una scena reale mediante telecamera, scanner, ...
- Immagini artificiali o di sintesi: generate all'interno del calcolatore
- Immagini scientifiche: dati di qualche natura ricondotti a immagine

Esempi



Il fenomeno luminoso

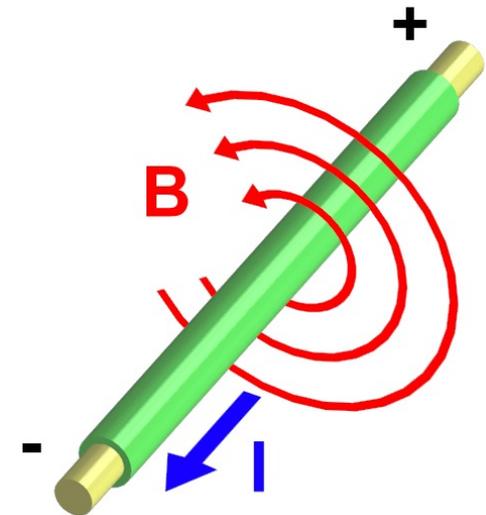
Fisica della luce

e

grandezze fotometriche

Teoria ondulatoria: Forza elettromotrice e campo magnetico

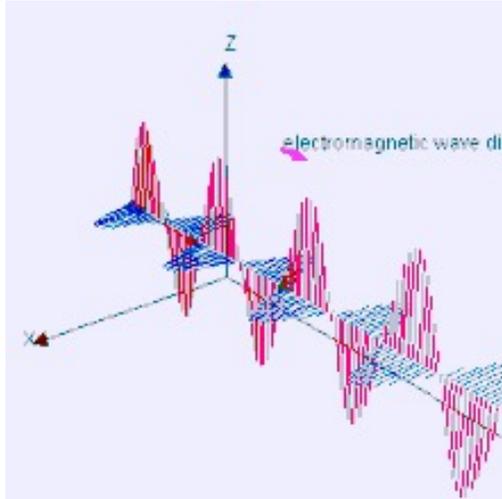
- Da f.e.m. a c.m.
 - f.e.m. crea corrente elettrica in un circuito
 - Cariche in movimento creano c.m. intorno al circuito
- Da c.m. a f.e.m.
 - C.m. in movimento crea f.e.m. in un circuito elettrico
 - f.e.m. causa corrente elettrica nel circuito



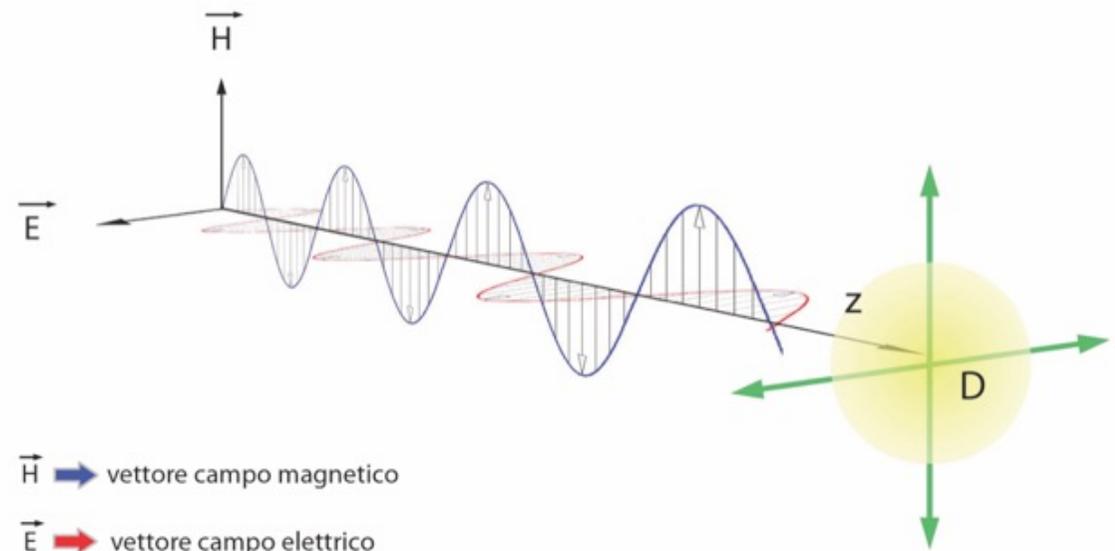
Onde elettromagnetiche

Scambio di energia tra campo elettrico e campo magnetico: equazioni di Maxwell

- I due campi si auto-sostengono
- Si propagano nello spazio alla velocità della luce



[CC-BY-SA 3.0 Lookang](#) many thanks to [Fu-Kwun Hwang](#) and [author of Easy Java Simulation = Francisco Esquembre](#)



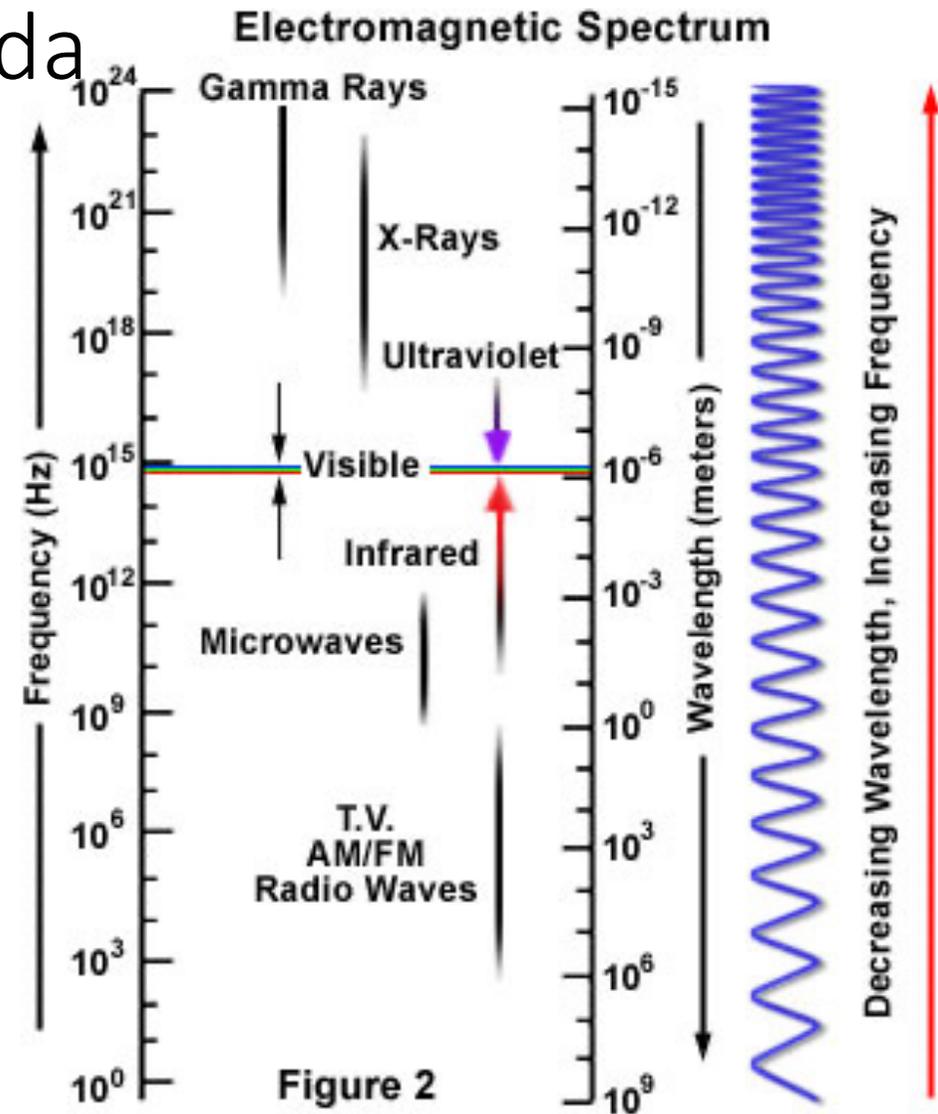
I parametri

- Velocità di propagazione, $c = 300 \times 10^6$ m/sec
- periodo T (s); frequenza $f = 1/T$ (Hz), tasso c.e./c.m.
- lunghezza d'onda $\lambda = cT = c/f$ (in nm)

Frequenza/lunghezza d'onda Spettro elettromagnetico

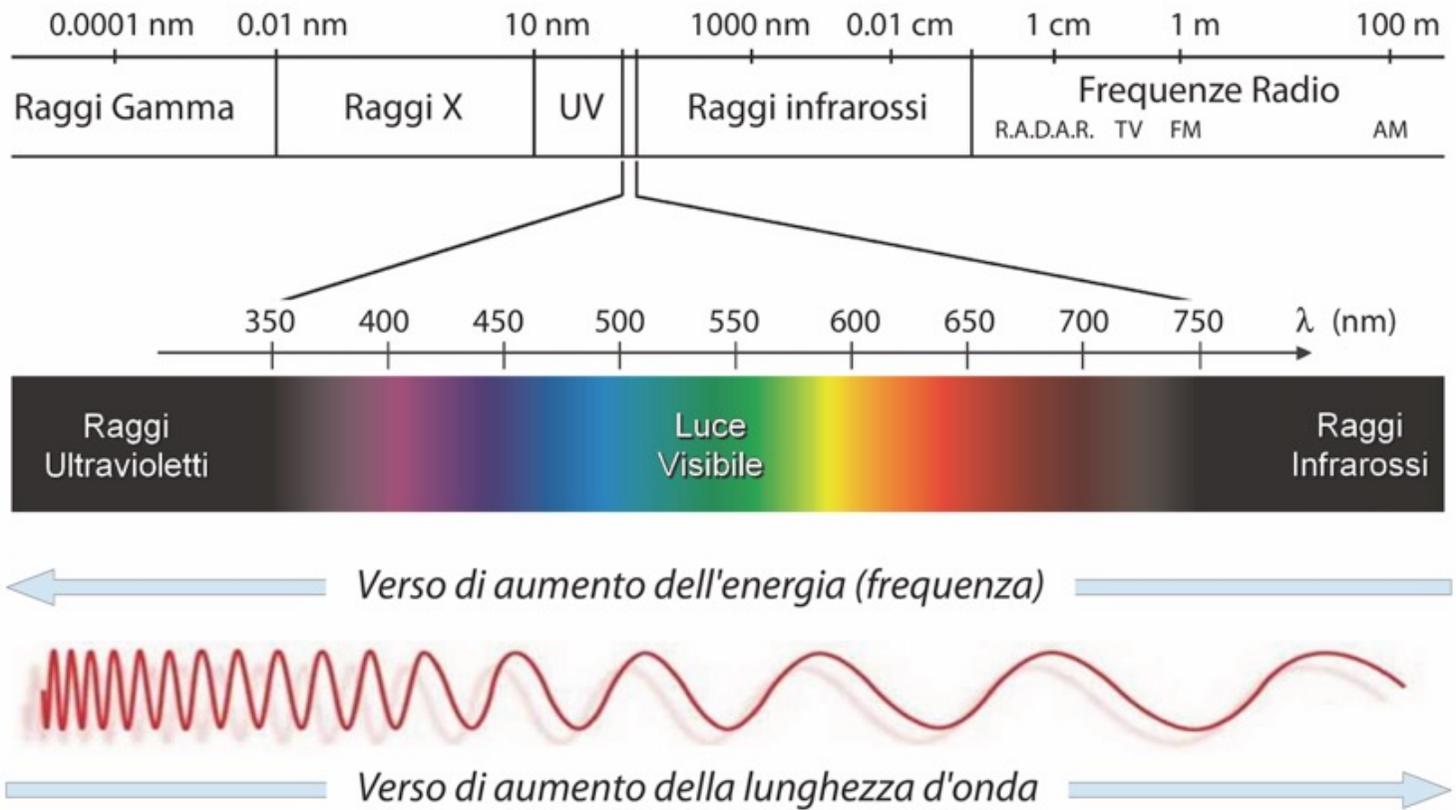
$$\lambda = c / \nu$$

λ lunghezza d'onda
 c velocità della luce
 ν frequenza



[Wikipedia]

Lo spettro della luce visibile



Lunghezze d'onda del visibile da 380 nm (10^{-9} m) a 760 nm
Fino a circa 1 mm le percepiamo come calore

Le grandezze fotometriche

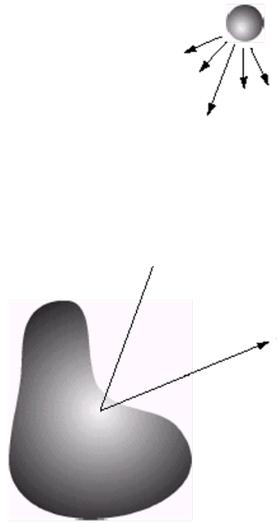
Confrontare più sorgenti di luce

Psicofisiologia

Integrato da <http://www.arm.ac.uk/~csj/essays/Imagill/glossary.htm>

Le grandezze fotometriche

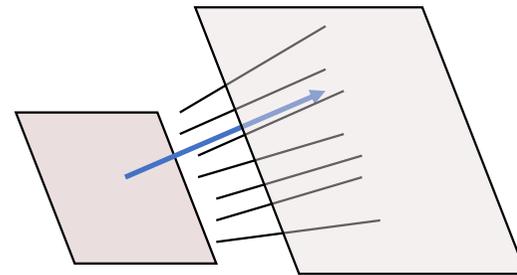
- Grandezze definite per sorgenti luminose e superfici illuminate
- Il “metro” deve tener conto degli effetti percepiti da un osservatore umano



Grandezze radiometriche di base

Si parte da:

- Energia radiante Q (in joule)
- Flusso radiante o potenza F (in watt o joule/sec)
- Intensità radiante: flusso per angolo solido (watt / steradiante)

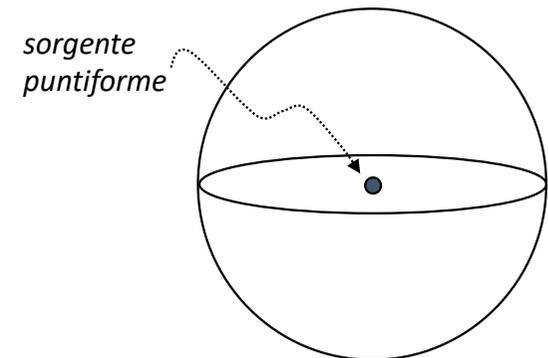
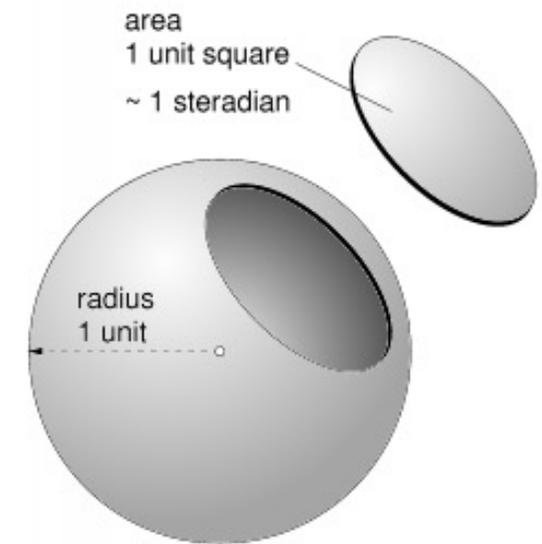


Angolo solido unitario

Un angolo solido si misura in **steradiani**

steradiante: angolo solido sotteso da raggio unitario e area unitaria.

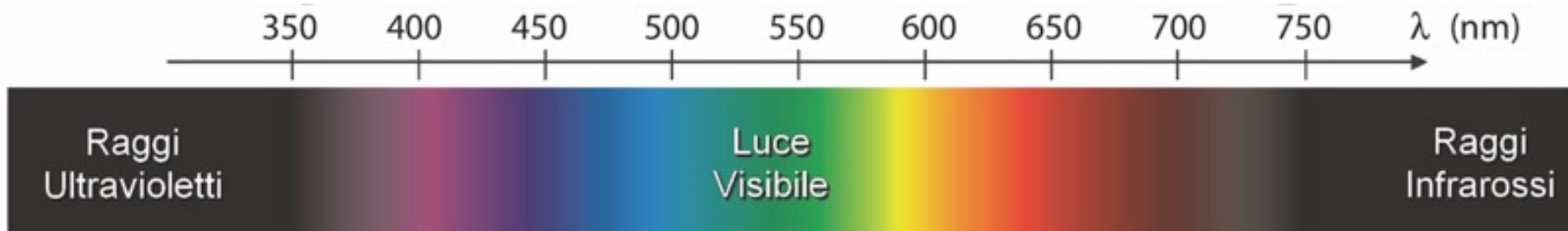
Una sfera ha un angolo solido di 4π steradiani



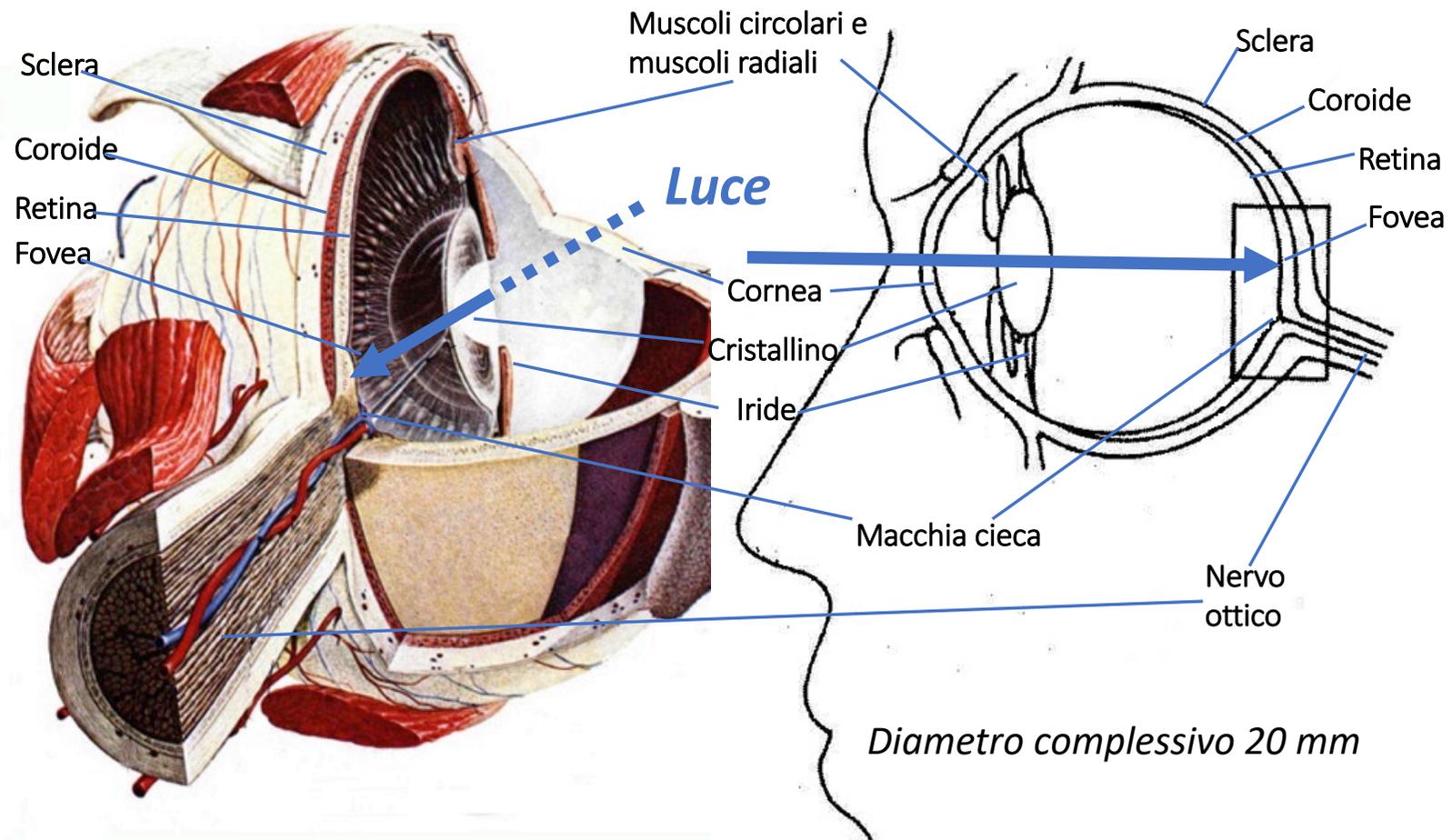
Dalla radiometria alla fotometria

Limitazione a una banda di lunghezze d'onda $\Delta\lambda$
centrate intorno a una lunghezza d'onda λ

Le quantità specifiche vengono denotate con $Q(\lambda)$

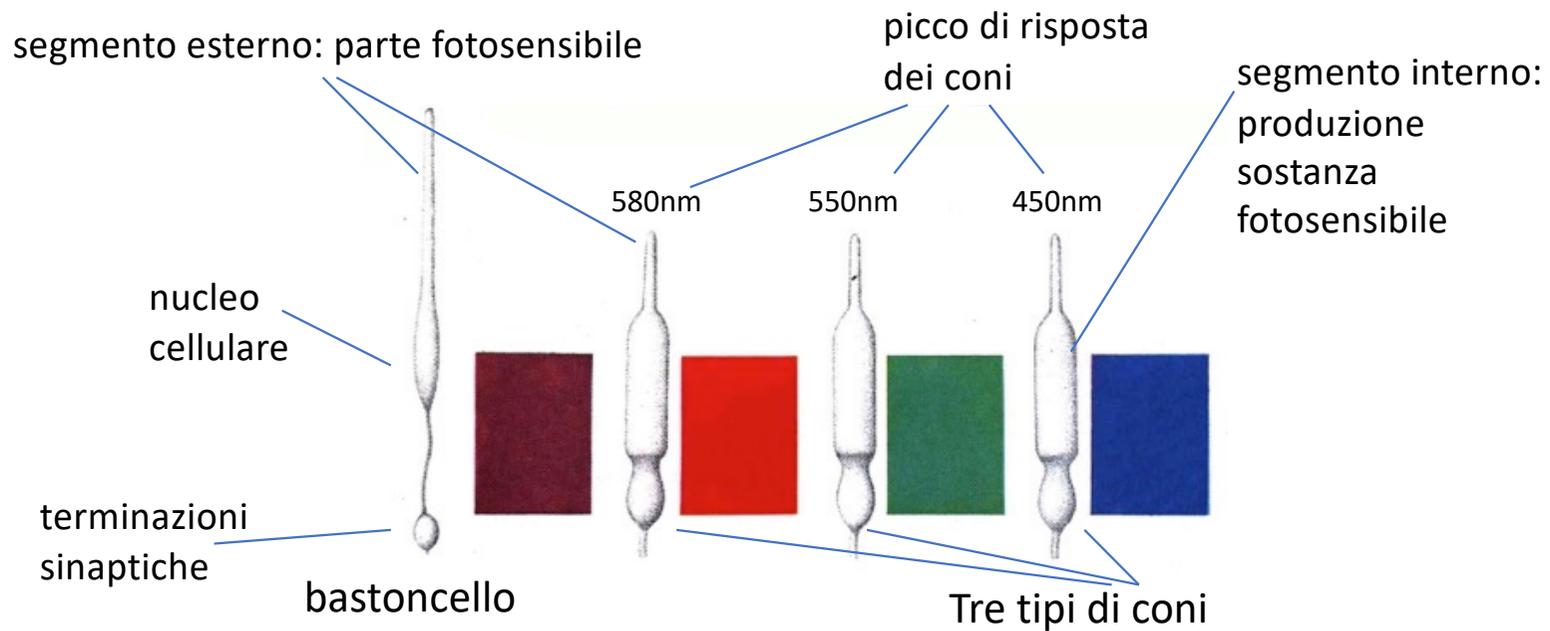


L'occhio: sistema ottico + sistema sensoriale

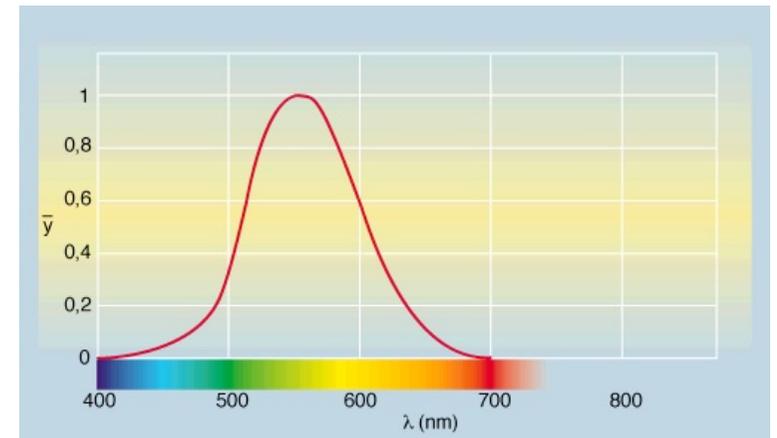
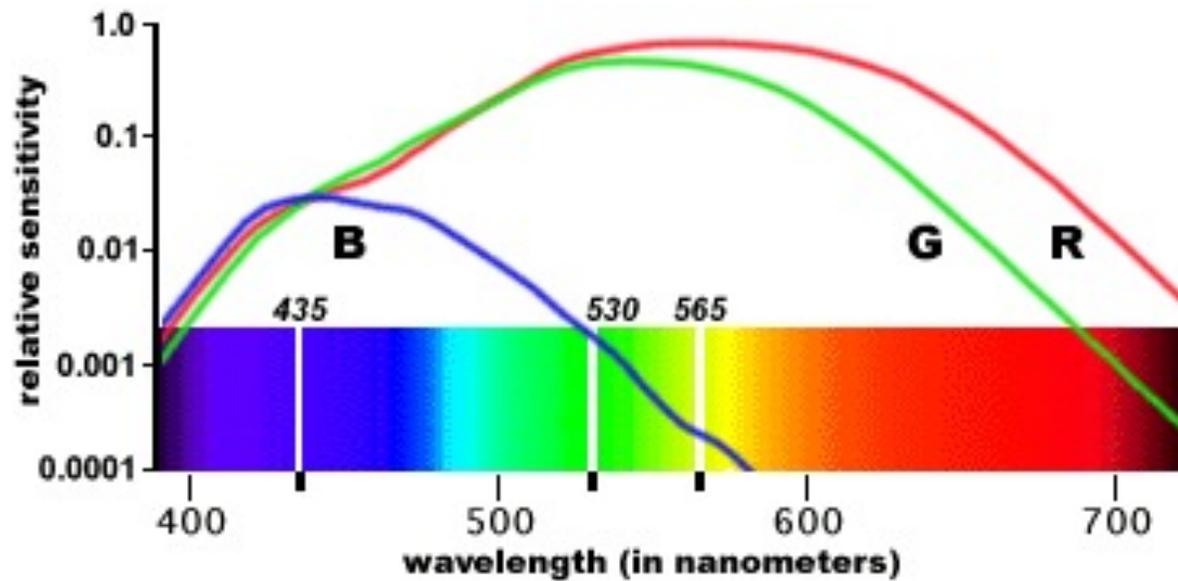


Ipotesi del tristimolo

Qualsiasi colore reale come somma pesata delle risposte dei tre pigmenti allo stimolo di colore



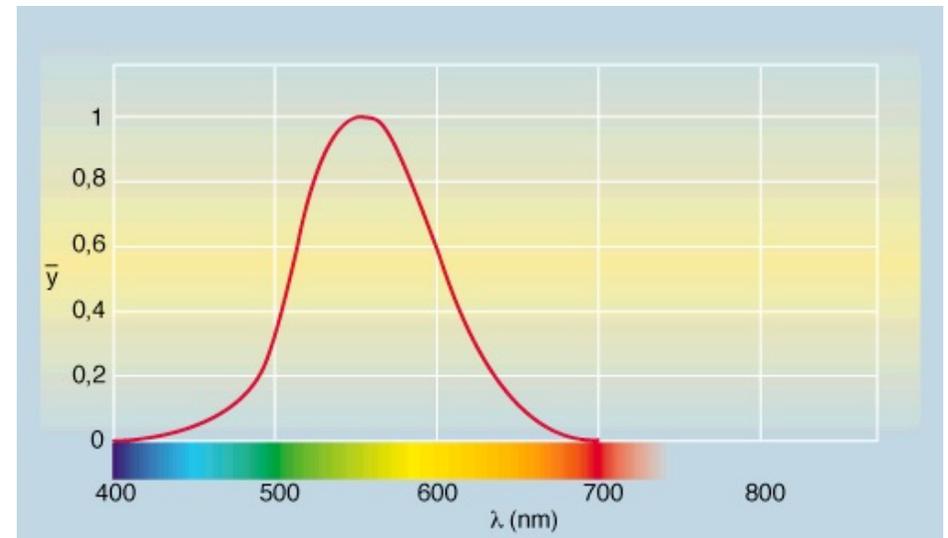
Efficienza luminosa dei fotorecettori



<http://www.physics.utoronto.ca/~jharlow/cones.html>

La sensazione luminosa

- La sensazione luminosa dipende da
 - energia emessa dalla sorgente
 - forma e dimensioni della sorgente
 - il colore della luce
- *Efficienza luminosa relativa $\bar{y}(\lambda)$*



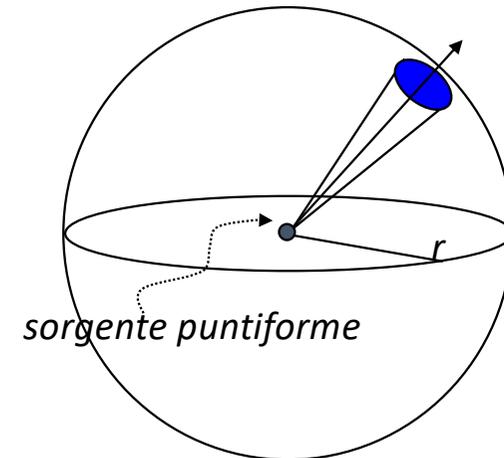
Flusso luminoso

- Potenza luce visibile che una sorgente emette in tutte le direzioni
- Flusso luminoso $\Phi(\lambda) y(\lambda)$
- Φ totale dipende da $\int_{380}^{780} \Phi(\lambda) y(\lambda) d\lambda$
- Si misura in lumen
- Due lampade della stessa potenza producono differenti flussi luminosi

Intensità luminosa I (sorgente puntiforme)

I : flusso di energia luminosa emesso in una direzione (per angolo solido unitario)

Si misura in lumen/steradiani o *candele*



La gamma di intensità luminosa

- Una gamma enorme
- Luce più intensa che si può guardare senza offesa fisica o dolore è miliardi di volte più intensa della luce più debole

Decibel

- # dB = $10 \log (I / I_0)$
- I_0 : intensità luminosa di riferimento (10^{-6} candele)
- Esempi
 - $1 \text{ dB} = 10 \log (10^{-5,9}/10^{-6}) = 10 [-5,9 - (-6)] = 10 \times 0,1$
 - $60 \text{ dB} = 10 \log (10^0/10^{-6}) = 10 [0 - (-6)] = 10 \times 6$
... un'intensità un milione di volte maggiore di I_0

Intensità e decibel

$$I_0 = 10^{-6} \text{ candele}$$

I	dB	I	dB
0.000001	0	1000000	120
0.00001	10	100000	110
0.032	45	31.6	75
0.16	52	6.3	68
0.25	54	4.0	66
0.50	57	2.0	63
0.79	59	1.6	62
1	60	1.3	61

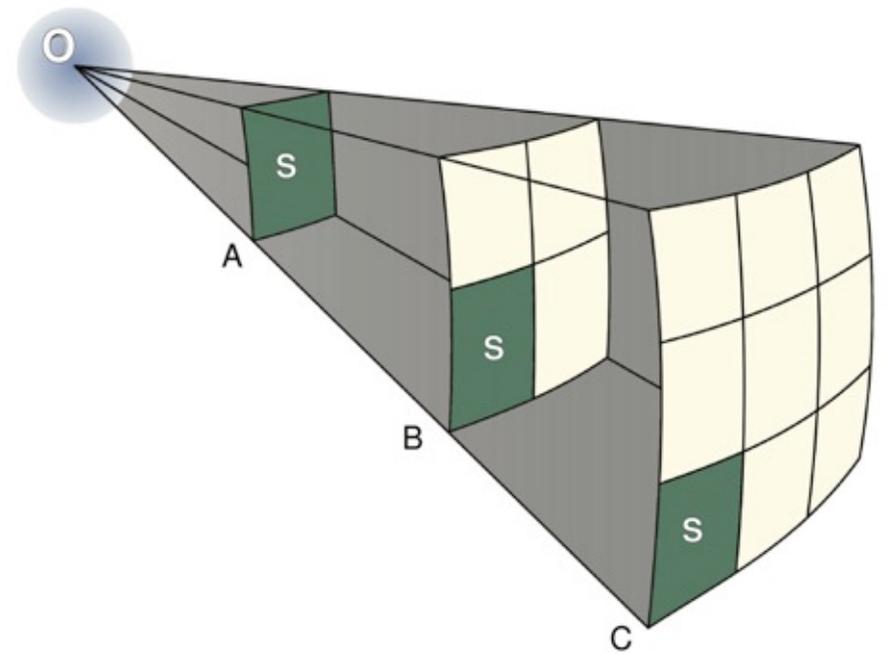


Comuni intensità luminose

<i>Correlati psicologici (dB)</i>	<i>Intensità (dB)</i>
	160
	140
Soglia del dolore	120
Sole	
	100
Carta bianca in luce media	80
Schermo televisivo	60
	40
Luce minima per la visione di colore	
	20
Soglia di visibilità per l'occhio adattato all'oscurità	0

Illuminamento di una superficie: LUX

- Flusso (lumen) per unità di superficie: $E = \Phi / S$
- Luce su una superficie
- Unità di misura: *lux*
- *1 lux* = illuminamento prodotto su una superficie di 1 m^2 sulla quale incide uniformemente il flusso di 1 lumen



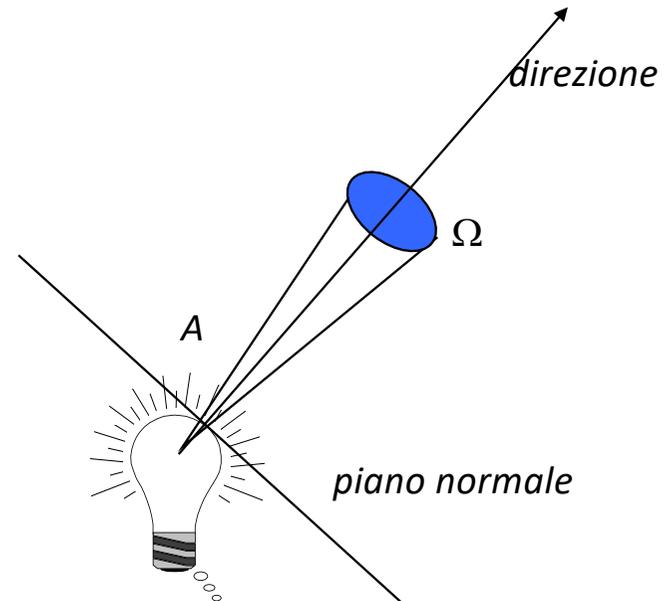
Luminanza

$L: I / S$

flusso emesso da sorgente estesa per
unità di area e per unità di angolo solido
(misura in watt / (steradiani m^2) o nit)

Flusso di luce da un'area unitaria

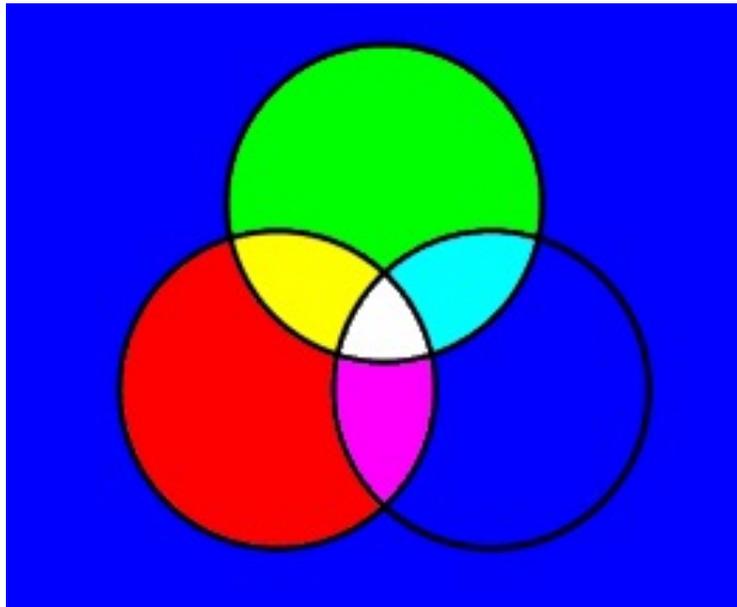
Un oggetto flebile vicino e un oggetto
luminoso lontano possono avere lo stesso
illuminamento, ma differenti luminanze



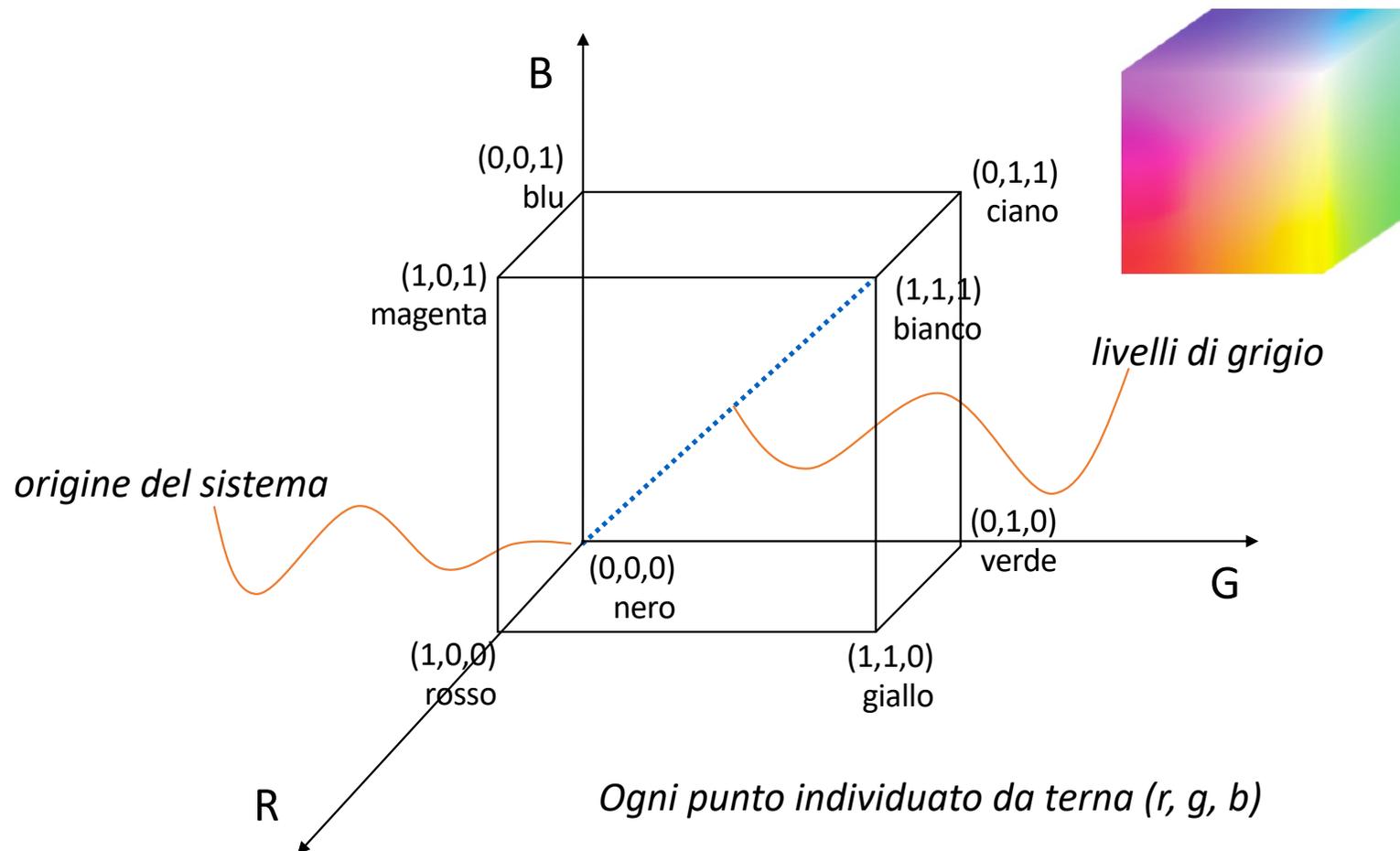
Colore e spazio RGB

Spazio RGB

- Modello di tipo additivo: somma di ogni colore
- Base di tre colori: Red, Green, Blue



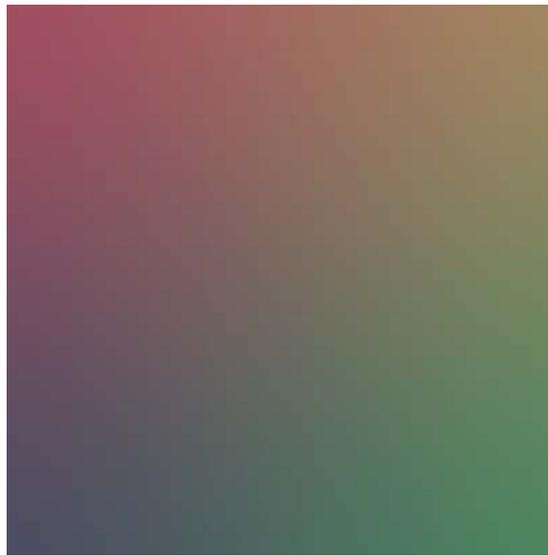
Spazio geometrico RGB



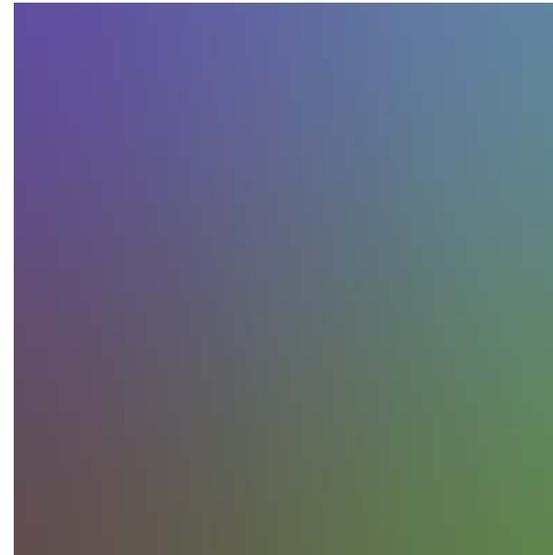
Spazio dei colori nelle immagini digitali

- Non valori continui per le tre componenti, ma discreti
- Esempio: un byte per componente ($3 \times 8 \text{ bit} = 24 \text{ bit}$)
- Modalità TrueColor

Esempi di sottospazio (piani del cubo)



Rosso costante (=128)



Blu costante (= 128)

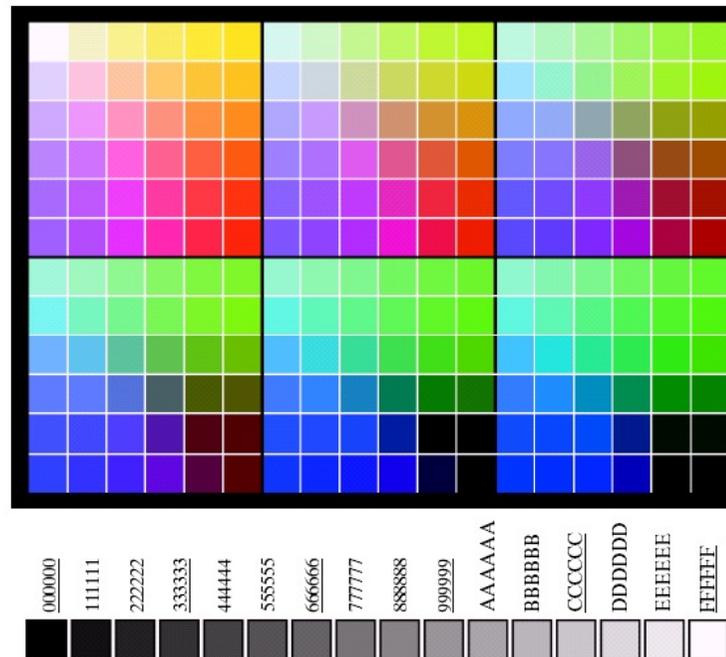
Colori RGB sicuri e colori browser sicuri

$$6^3=216$$

Number System	Color Equivalents					
Hex	00	33	66	99	CC	FF
Decimal	0	51	102	153	204	255

TABLE 6.1

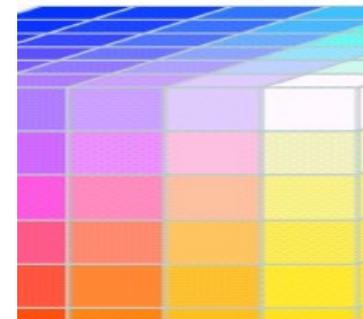
Valid values of each RGB component in a safe color.



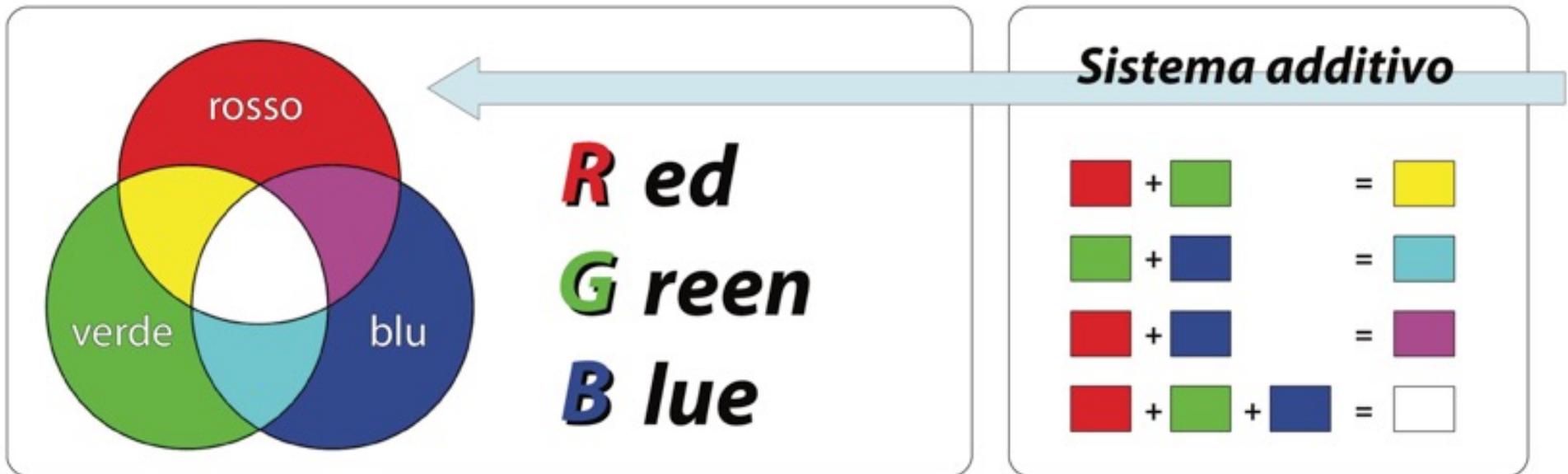
a
b

FIGURE 6.10

(a) The 216 safe RGB colors.
(b) All the grays in the 256-color RGB system (grays that are part of the safe color group are shown underlined).



RGB: riassumendo



Grazie dell'attenzione