

*Robotica – Robot Industriali e di Servizio*

*Lezione 8:  
Ancóra visione*

9 marzo 2012

*La lente:*

- ⇒ Elimina alcuni problemi:
  - Scarsa luminosità
  - Vignettatura
- ⇒ Ma ne introduce altri:
  - Aberrazioni geometriche
  - Aberrazioni cromatiche
  - Profondità di campo (nitido)

Lezione 8 Ancóra visione

9 marzo 2012 2

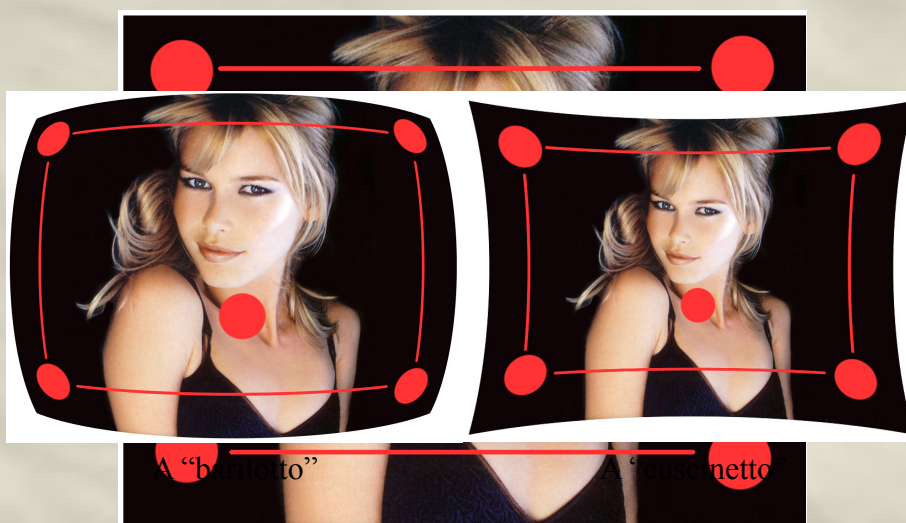
## Aberrazioni geometriche

- ⇒ La proiezione sul piano immagine non è geometricamente perfetta
  - La forma e le dimensioni degli oggetti proiettati dipendono dalla loro posizione nell'immagine

Lezione 8 Ancóra visione

9 marzo 2012 3

## Le aberrazioni geometriche



Lezione 8 Ancóra visione

9 marzo 2012 4

*Se pensate che abbia esagerato...*



Lezione 8 Ancóra visione

9 marzo 2012 5

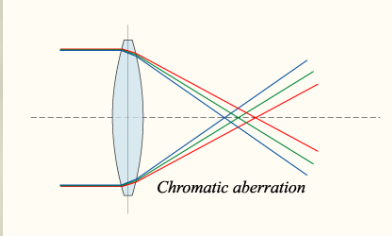
*Aberrazioni cromatiche*

⇒ L'angolo con cui la luce si rifrange dipende dalla sua lunghezza d'onda, → dal suo colore

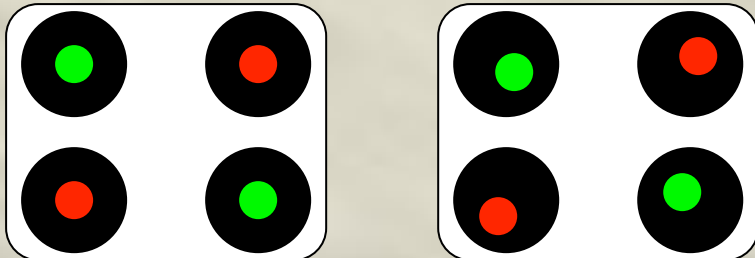
Lezione 8 Ancóra visione

9 marzo 2012 6

### Le aberrazioni cromatiche

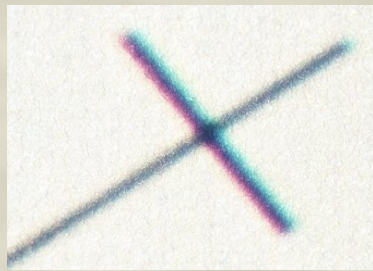
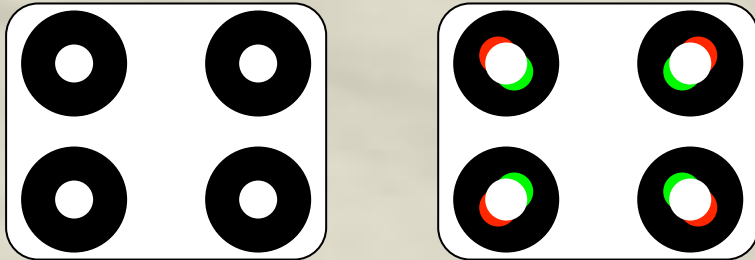


Chromatic aberration



Lezione 8 Ancóra visione 9 marzo 2012 7

### Le aberrazioni cromatiche

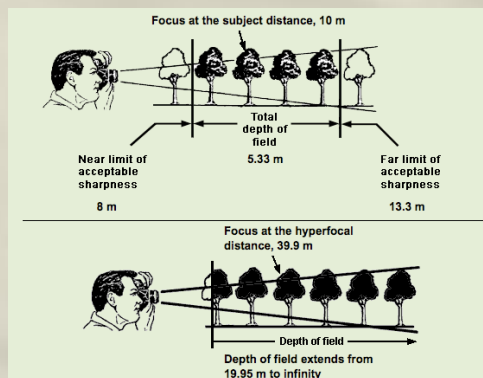


Lezione 8 Ancóra visione 9 marzo 2012 8

## Profondità di campo (depth of field)

⇒ Quando l'obiettivo è a fuoco per una certa distanza, mostra a fuoco anche gli oggetti che si trovano un po' più vicini o un po' più lontani

⇒ <http://www.dofmaster.com/dofjs.html>



Lezione 8 Ancora visione

## Cura delle aberrazioni:

- ⇒ Usare obiettivi di buona qualità
- ⇒ Usare solo la parte centrale dell'immagine
- ⇒ Usare luce monocromatica
- ⇒ Aberrazioni geometriche: correzione algoritmica
  
- ⇒ Per la profondità di campo
  - Aumentare l'illuminazione
  - Aumentare la sensibilità del sensore (ne riparleremo)
  - Chiudere il diaframma

Lezione 8 Ancora visione

9 marzo 2012 10

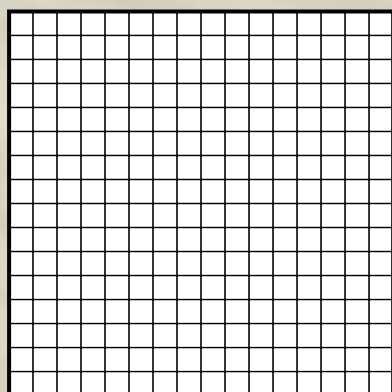
## *L'acquisizione dell'immagine*

- ⇒ Sensori a tubo elettronico (Image-Orthicon, Plumbicon, Vidicon, ecc.)
- ⇒ Sensori a stato solido (CCD e CMOS)
- ⇒ In bianco-nero o a colori
- ⇒ Matriciali o lineari

Lezione 8 Ancora visione

9 marzo 2012 11

## *Telecamere a stato solido: sensori discreti*



Sensore B/N

- ⇒ Ogni pixel contiene un condensatore inizialmente carico che si scarica se il pixel è illuminato
- ⇒ Ogni pixel fornisce una tensione il cui valore è (inversamente) proporzionale alla luce che è caduta su tutta la sua superficie durante il tempo di esposizione
- ⇒ Il problema è portare questa tensione fuori dal chip

Lezione 8 Ancora visione

9 marzo 2012 12

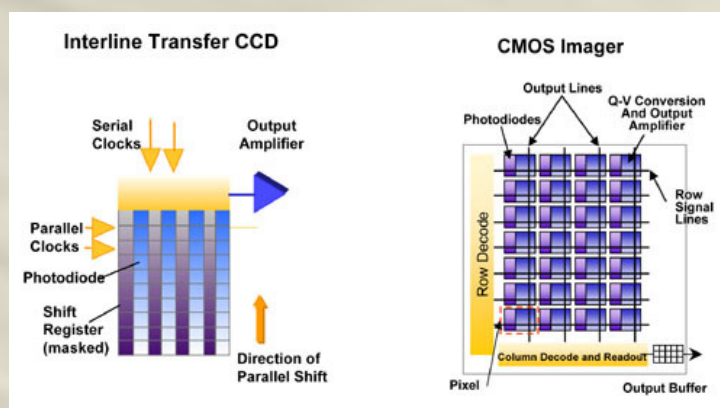
### *In altre parole:*

- ⇒ Tutti i condensatori vengono caricati in ugual misura
- ⇒ Tutti i condensatori vengono esposti alla luce per un certo tempo (tempo di integrazione), e ognuno si scarica in proporzione alla luce che lo ha colpito
- ⇒ Al termine dell'esposizione, ogni condensatore ha una tensione residua inversamente proporzionale alla quantità di luce che lo ha colpito
- ⇒ Aumentare il tempo di integrazione = aumentare la sensibilità del dispositivo, ma
  - Diminuisce la velocità di funzionamento
  - Oggetti in movimento risultano "mossi"

Lezione 8 Ancora visione

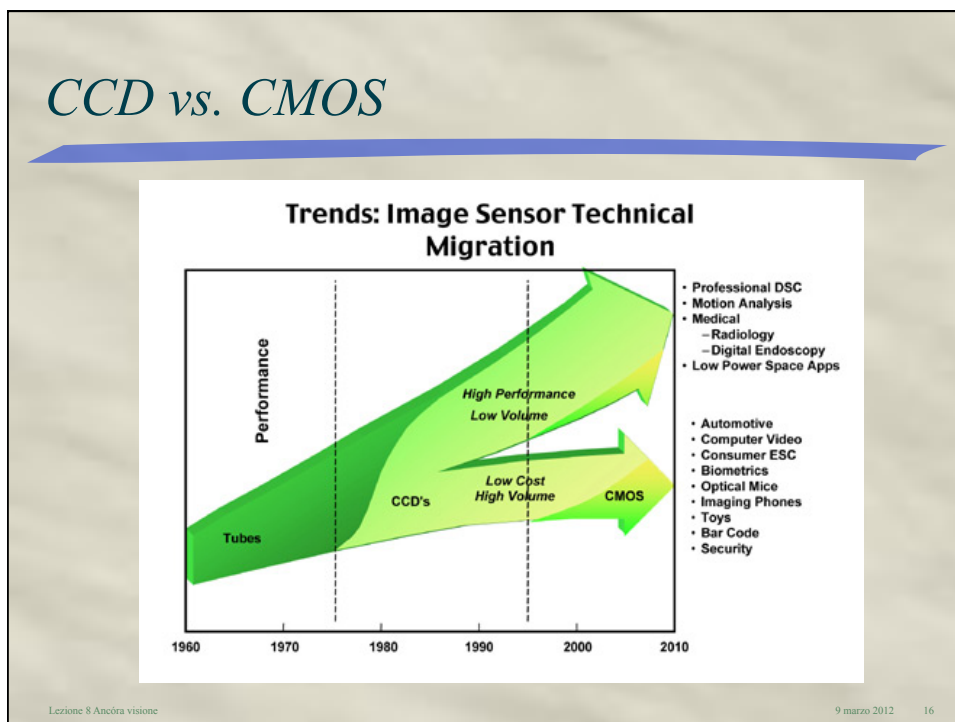
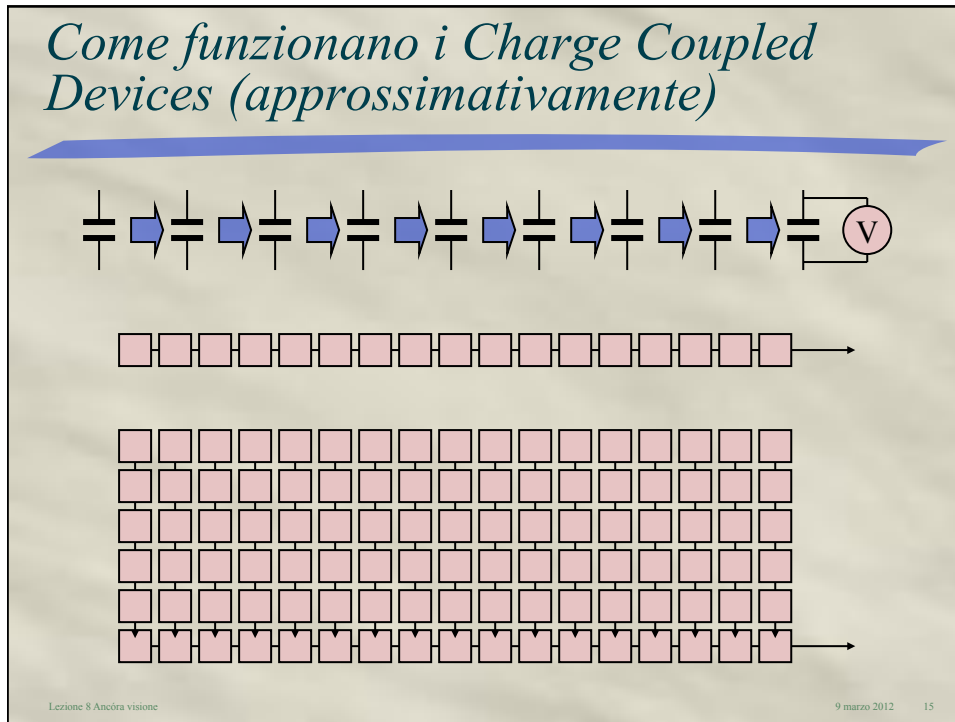
9 marzo 2012 13

### *CCD vs. CMOS*

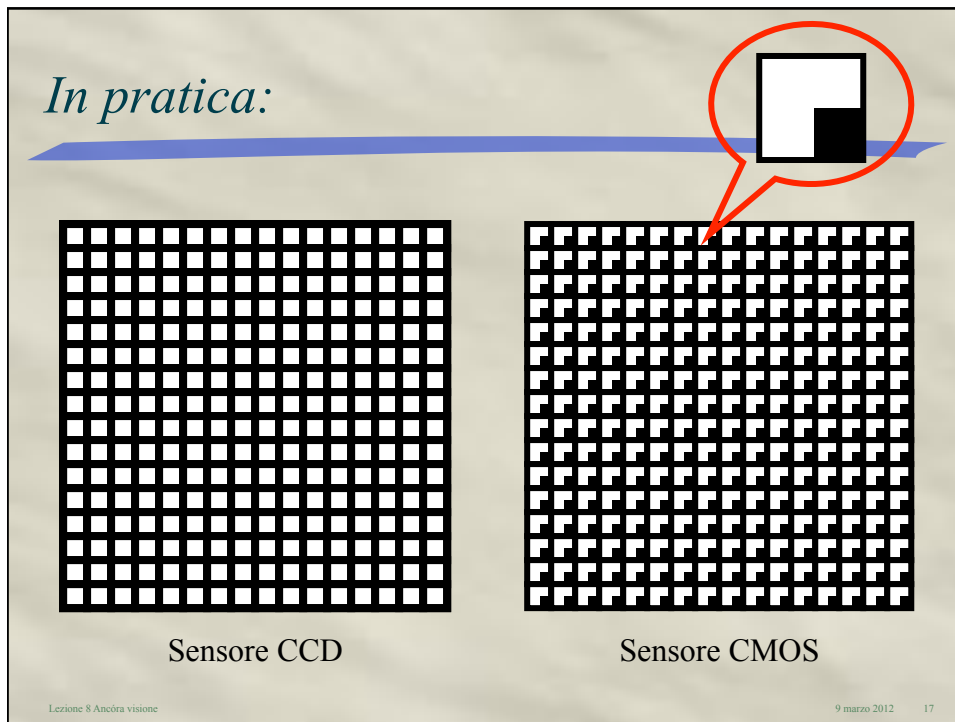


Lezione 8 Ancora visione

9 marzo 2012 14







## *Differenze fra CMOS e CCD*

- ⇒ CCD sensors create high-quality, low-noise images. CMOS sensors, traditionally, are more susceptible to noise
- ⇒ Because each pixel on a CMOS sensor has several transistors located next to it, the light sensitivity of a CMOS chip tends to be lower. Many of the photons hitting the chip hit the transistors instead of the photodiode.
- ⇒ CMOS traditionally consumes little power.
- ⇒ CMOS chips can be fabricated on just about any standard silicon production line, so they tend to be extremely inexpensive compared to CCD sensors.
- ⇒ CCD sensors have been mass produced for a longer period of time, so they are more mature. They tend to have higher quality and more pixels.

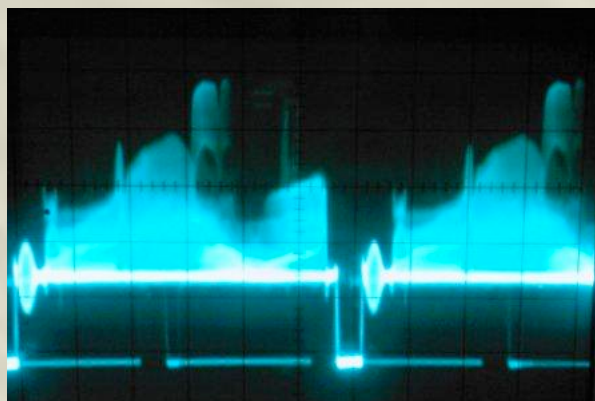
## *Caratteristiche dei CMOS*

- ⇒ Tecnologia uguale a quella delle memorie
- ⇒ Molte funzioni implementate direttamente sul chip: conversione analogico/digitale, controllo dell'immagine, otturatore elettronico (shuttering), sincronizzazione, taratura del bianco e prime fasi di elaborazione dell'immagine.
- ⇒ I CMOS sono in continua, rapidissima evoluzione (Foveon X3, sensori IVP MAPP, ecc.)

Lezione 8 Ancóra visione

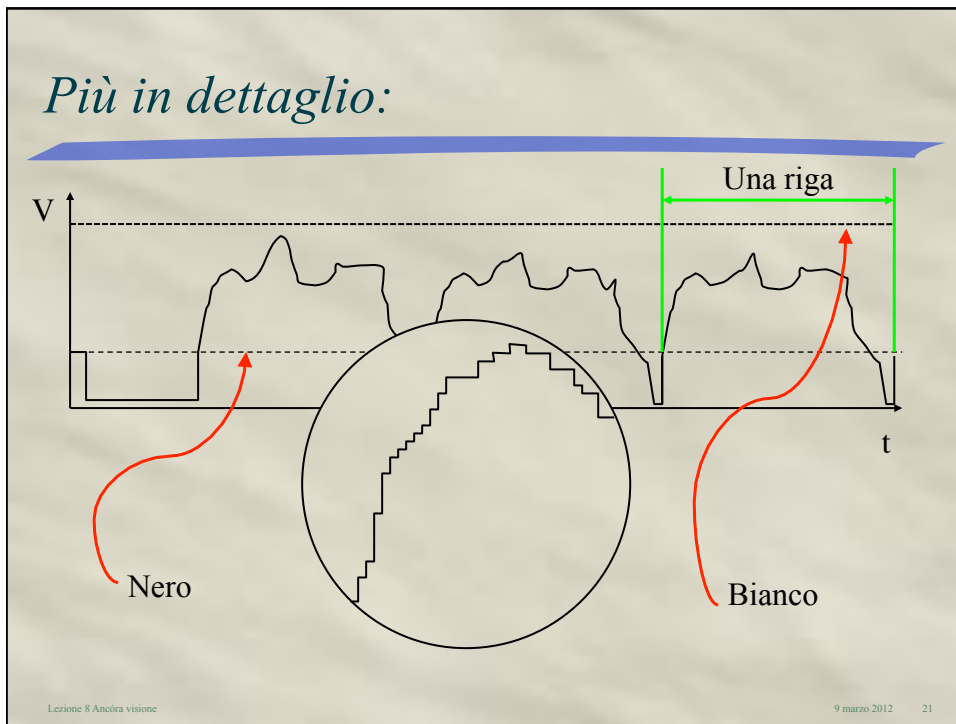
9 marzo 2012 19

## *Il segnale video*



Lezione 8 Ancóra visione

9 marzo 2012 20



*Dopo la digitalizzazione:*

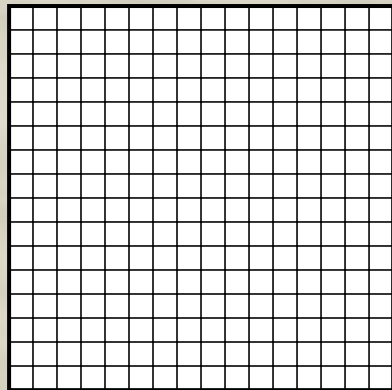
- ⇒ Una matrice di N righe per M colonne di numeri interi
- ⇒ Ogni numero occupa 8, 12, (16 o più) bit
- ⇒ Ogni numero rappresenta il livello di luminosità di quel particolare pixel.

35	36	40	45	45	47	47	47	45	47	50	56	...
33	33	37	40	45	46	47	48	46	46	51	54	...
40	45	44	47	49	53	53	54	60	65	65	60	...
42	46	46	45	54	60	65	65	70	75	75	78	...
48	48	50	54	58	61	67	68	69	74	77	80	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Lezione 8 Ancora visione

9 marzo 2012 22

### *Torniamo al nostro sensore ideale:*



Sensore B/N

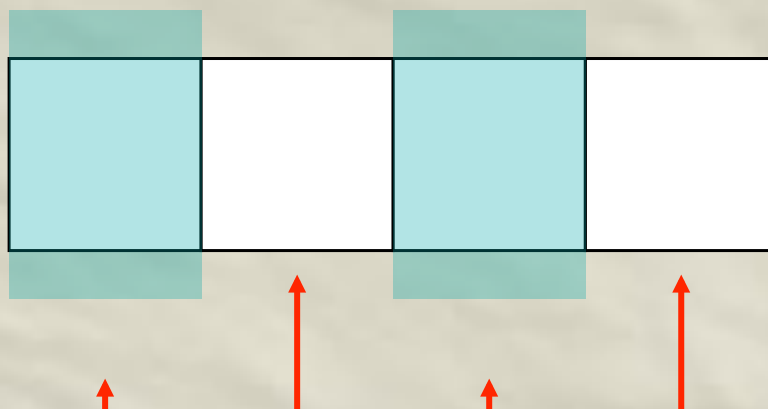
- ⇒ Quanti pixel ci occorrono?
- ⇒ Il teorema del campionamento dice:  
*Dato un segnale, con larghezza di banda finita e nota, la frequenza minima di campionamento di tale segnale deve essere almeno il doppio della sua massima frequenza.*

Lezione 8 Ancora visione

9 marzo 2012 23

### *Il potere risolvente*

- ⇒ Capacità di distinguere due oggetti vicini



Lezione 8 Ancora visione

9 marzo 2012 24

*Così evidentemente non funziona!*

⇒ Questo dà luogo al fenomeno dell'aliasing

Lezione 8 Ancóra visione 9 marzo 2012 25

*Il potere risolvente*

⇒ Shannon aveva ragione!

Lezione 8 Ancóra visione 9 marzo 2012 26

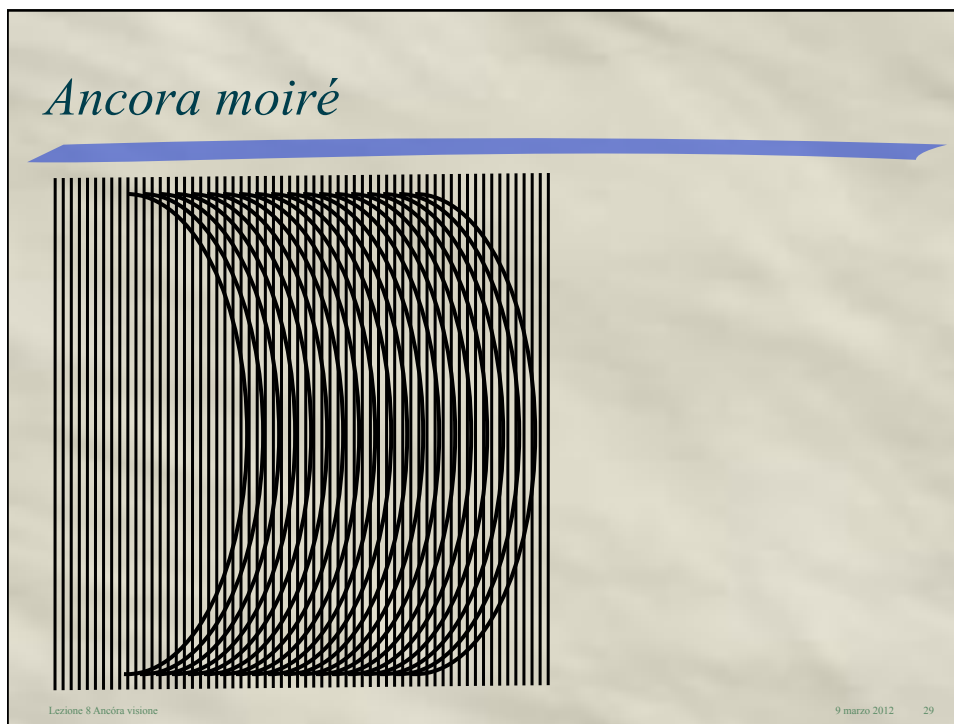
### *Il potere risolvente*

⇒ La max. frequenza spaziale deve essere la metà della frequenza dei pixel (più o meno)

Lezione 8 Ancora visione 9 marzo 2012 27

### *Effetto moiré*

Lezione 8 Ancora visione 9 marzo 2012 28



*Quindi il potere risolvente teorico è*

$$R = \frac{\text{pixel} / \text{mm}}{4} = \frac{1}{4 \cdot \text{passopixel}} [\text{coppie} / \text{mm}]$$

- ⇒ Ma attenzione! Dipende da molti altri fattori
- ⇒ Esistono tecniche algoritmiche per migliorare la risoluzione

Lezione 8 Ancóra visione 9 marzo 2012 30

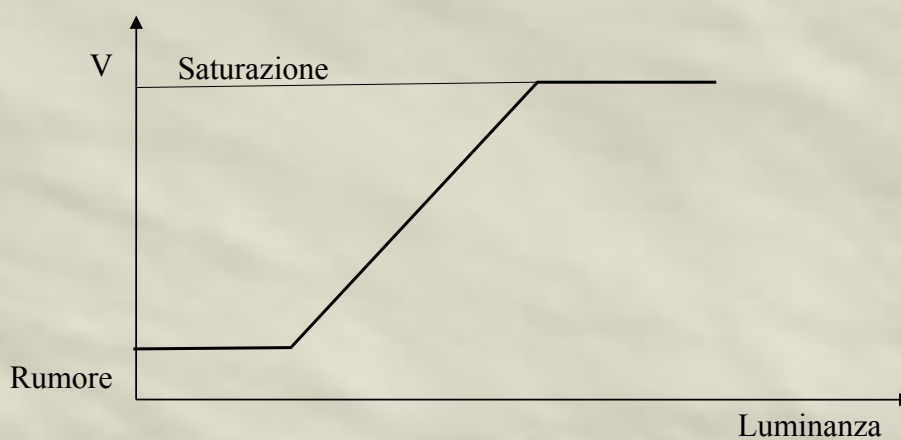
## *La dinamica*

- ⇒ The human vision system exhibits an enormous optical dynamic range (DR) of about 200dB, as it can adapt to an extremely high brightness range. Digital imagers compare poorly with the human eye: conventional CCD imagers typically exhibit a DR of about 50-70 dB.

Lezione 8 Ancóra visione

9 marzo 2012 31

## *La gamma dinamica:*



Lezione 8 Ancóra visione

9 marzo 2012 32



## La dinamica:

