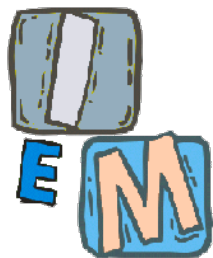


# Acquisizione delle immagini digitali

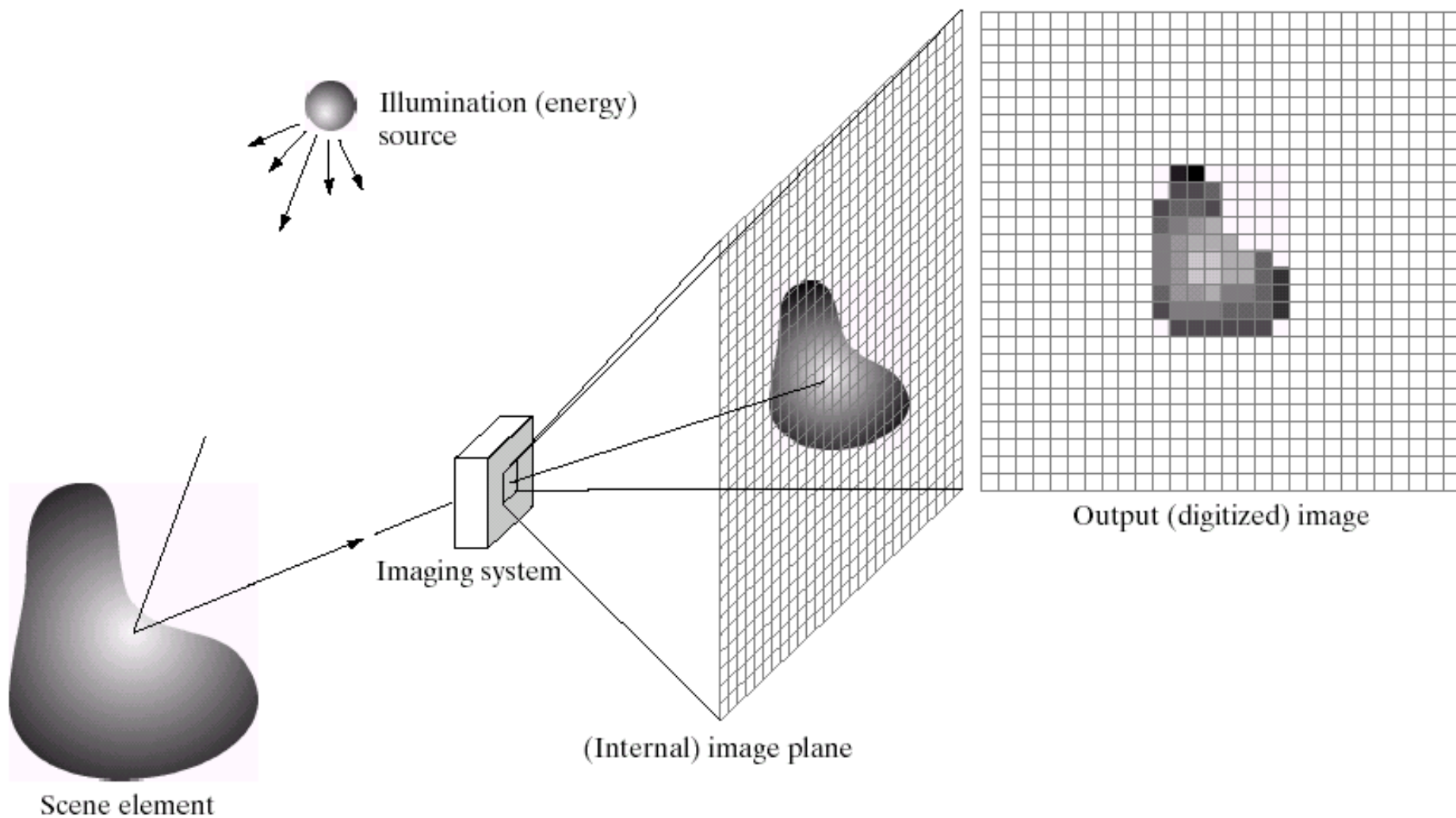
---



- Quando la luce colpisce un oggetto, una parte viene assorbita ed una parte viene riflessa.
- Quella che viene riflessa, da' origine al colore percepito.
- Per creare una immagine digitale, è essenziale che tale luce riflessa sia catturata da un sensore ed elaborata.



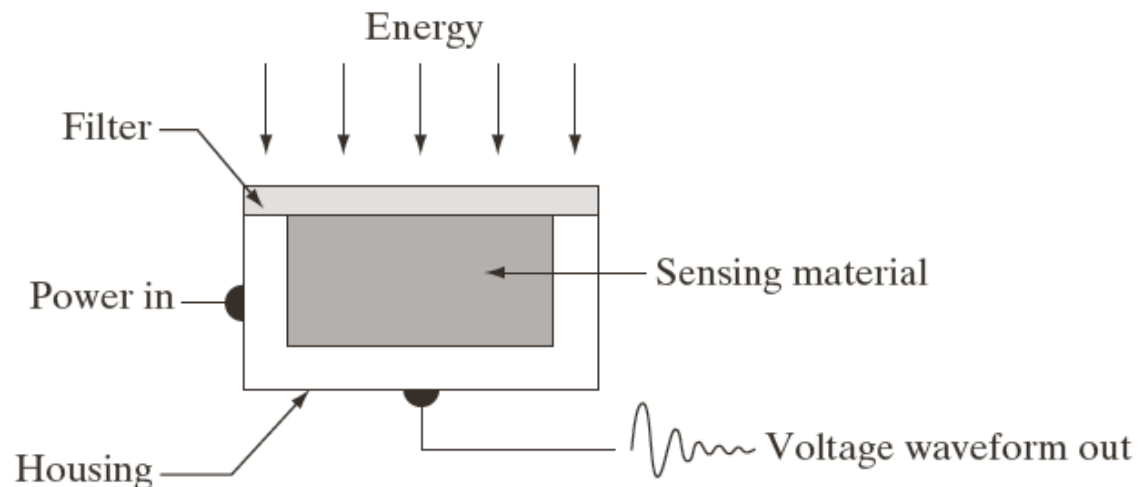
# Come si acquisisce una immagine





# Il sensore

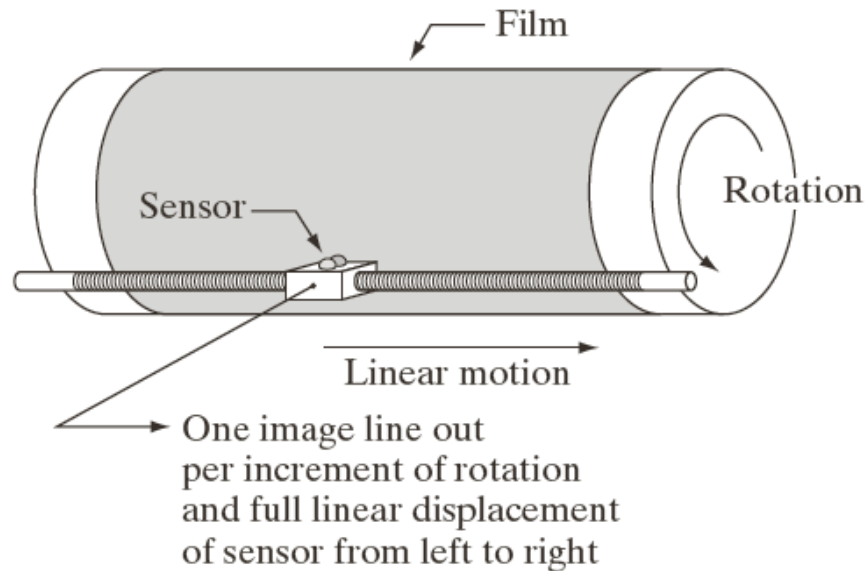
- L'energia che colpisce il sensore è trasformata in impulso elettrico dal sensore che è fatto di un materiale particolarmente sensibile alla luce. Tale impulso elettrico è successivamente digitalizzato.

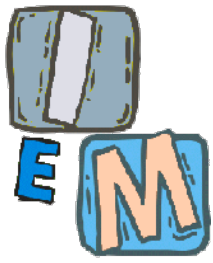




# Singolo sensore

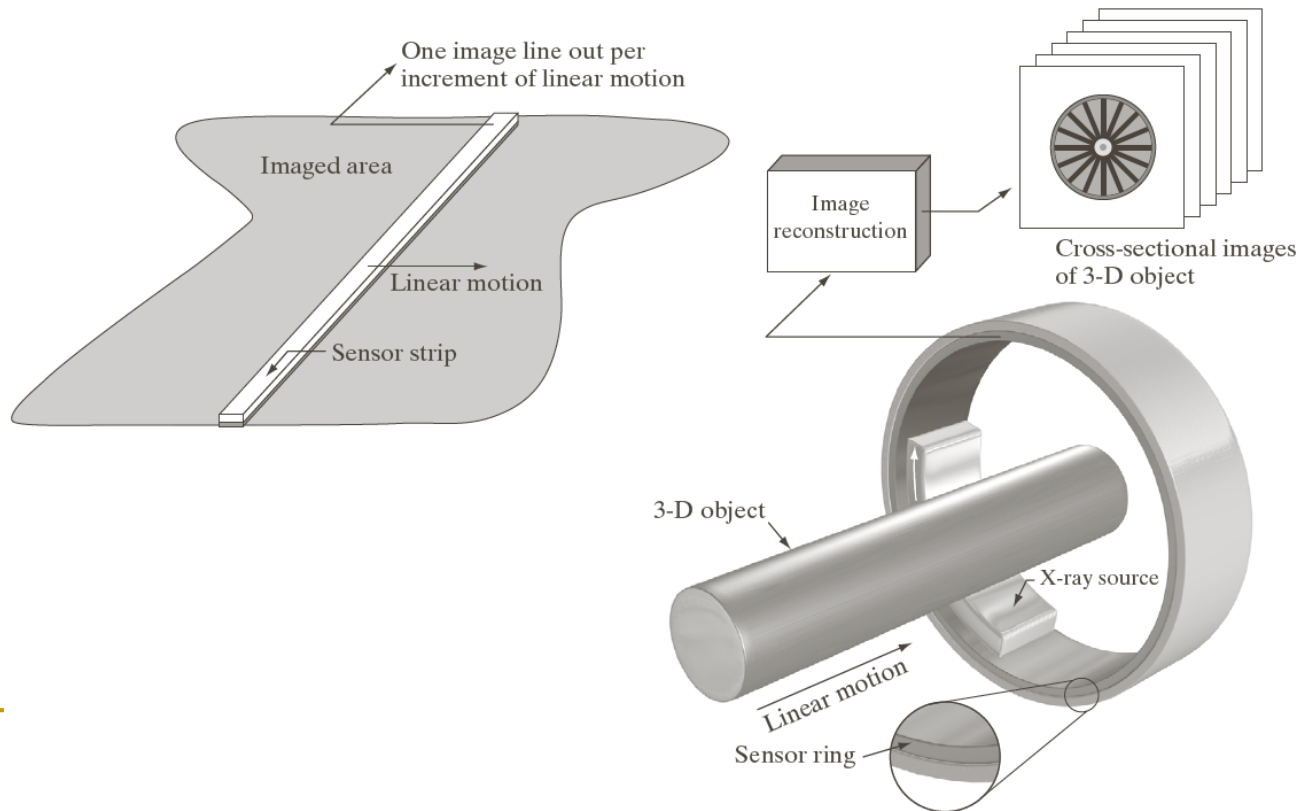
- Gli scanner usano un singolo sensore che viene spostato lungo la sorgente da digitalizzare.





# Sensori in linea

- Le macchine per fare le TAC usano dei sensori che sono disposti in un'unica linea.





## Sensori in 2D array

- Nelle macchine fotografiche digitali, i sensori sono disposti su una matrice.
- Non è necessario spostare il sensore, come nei casi precedenti, per effettuare una scansione.
- I più diffusi sensori di questo tipo sono i CCD



# CCD: Charged Coupled Device

- Si tratta di dispositivi elettronici che se colpiti da fotoni assumono una carica positiva.
- Le celle del CCD non possono caricarsi oltre un certo limite: sono dei secchi di acqua che non possono riempirsi oltre alla loro capacità (fenomeno di sovra-saturazione).
- Il numero di celle per area di esposizione è un parametro di qualità della fotocamera misurato in MEGAPIXEL

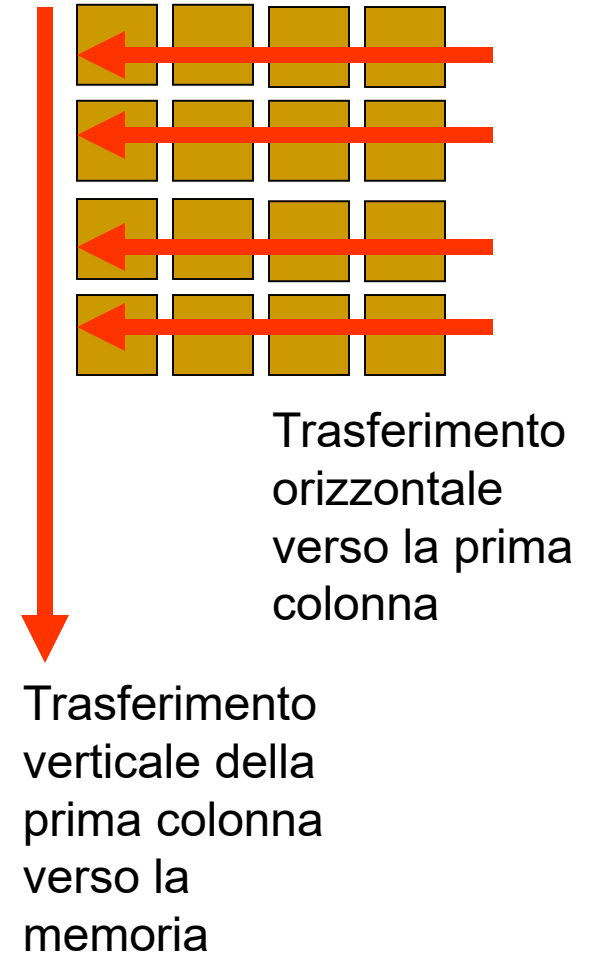


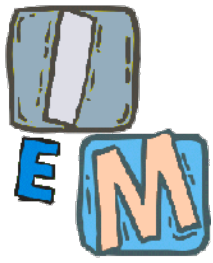


# CCD: lo schema di misurazione

Dopo che le cariche sono state acquisite da una matrice di celle esse debbono essere trasferite in una memoria digitale. La scansione avviene in C fasi, una fase per ciascuna colonna della matrice.

Ad ogni fase viene trasferita in memoria la prima colonna della matrice, nello stesso tempo tutti gli elementi (dalla seconda colonna in poi) vengono trasferiti dalla propria colonna a quella precedente.





December 1975, Steven Sasson, an electrical engineer at Eastman Kodak Co., in Rochester, N.Y., became the first person to pick up a digital camera and take a picture.





# Prototipo Macchina Fotografica Digitale del 1975

- Peso di 4 Kg
- Risoluzione di 0,01 Megapixel
- Immagini di 100 x 100 pixel
- Memorizzazione su cassetta
- Tempo di memorizzazione di uno scatto su cassetta: 23 secondi.





- Il test finale fu nel dicembre 1975: Sasson convinse un suo assistente a posare per lui. La macchina impiegò 23 secondi per registrare l'immagine sulla audio-cassetta e altri 23 secondi per essere visualizzata su di una normale televisione. Il risultato? Si intravedeva solo la silhouette dei capelli ma, dopo una piccola taratura all'elettronica, il viso dell'assistente fu subito visibile.



Questa è considerata la prima foto ufficiale scattata con la "Kodak".



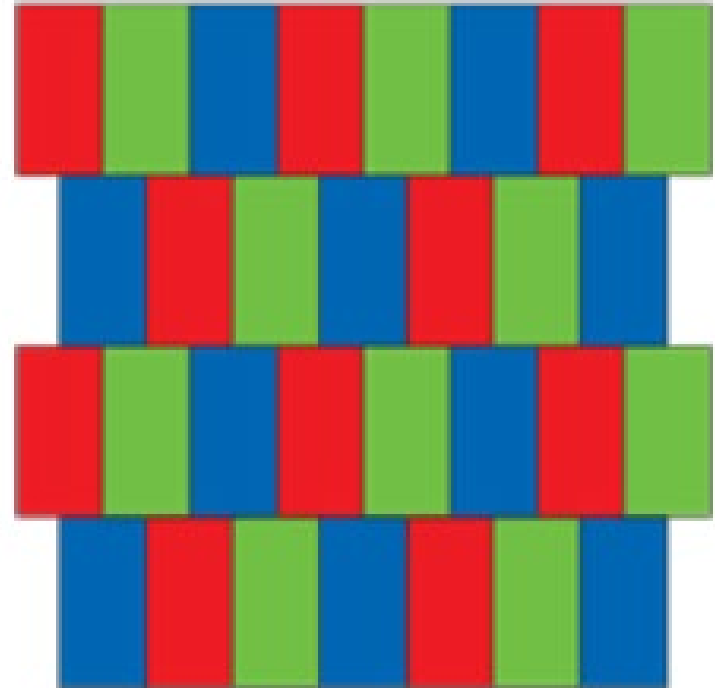
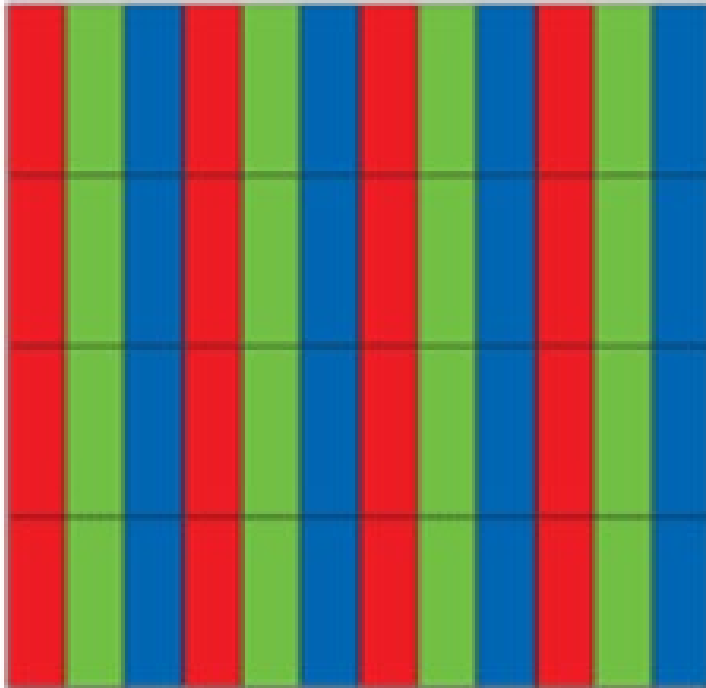


# CFA: Color Filter Array

- Poiché ogni cella memorizzerà **solo un colore** per volta e non una terna, occorre scegliere qual è il modello di memorizzazione ottimale (CFA).
- I due colori mancanti per completare la terna, saranno ottenuti per interpolazione dai pixel vicini (Color Interpolation).
- Il grado di accuratezza del risultato dipende da quanto è sofisticato il metodo di interpolazione.

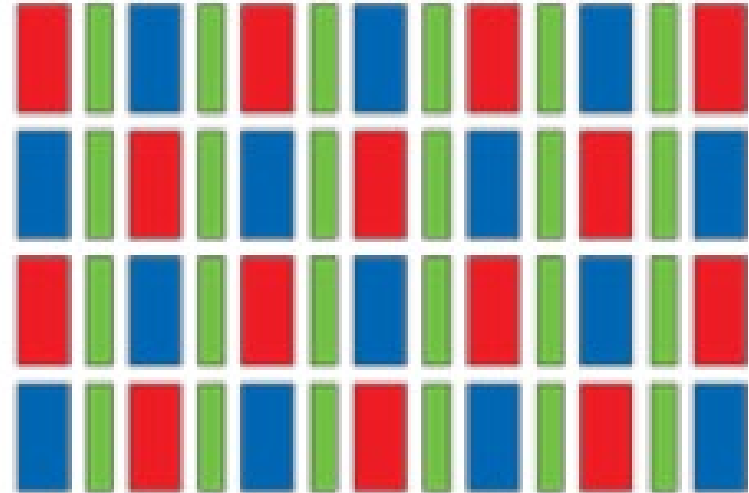
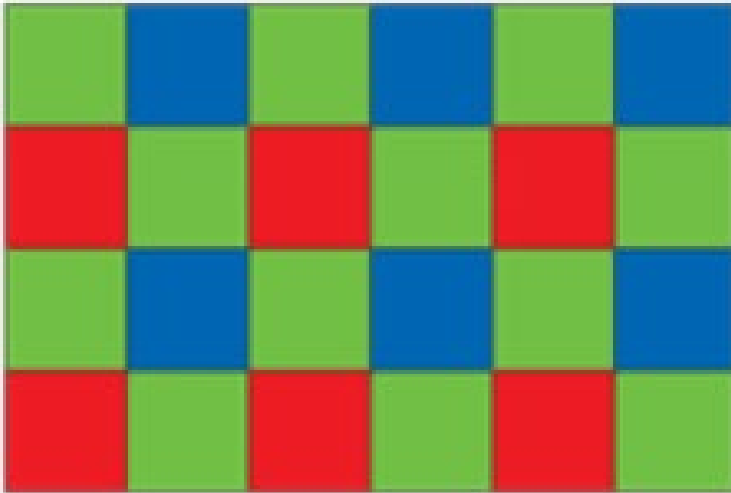


# Possibili modelli di CFA





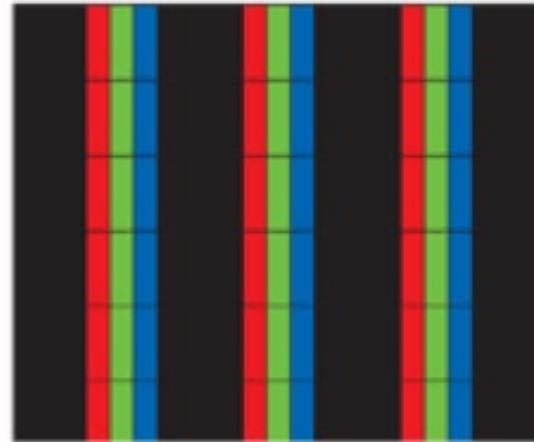
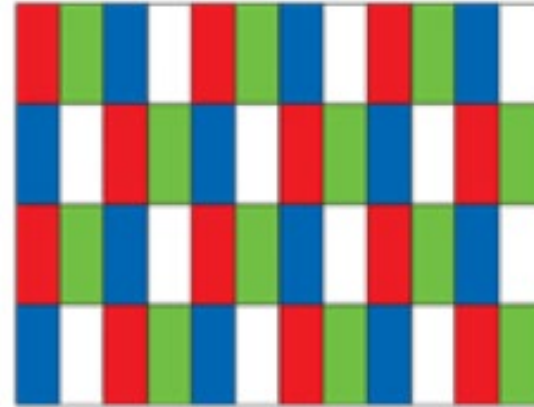
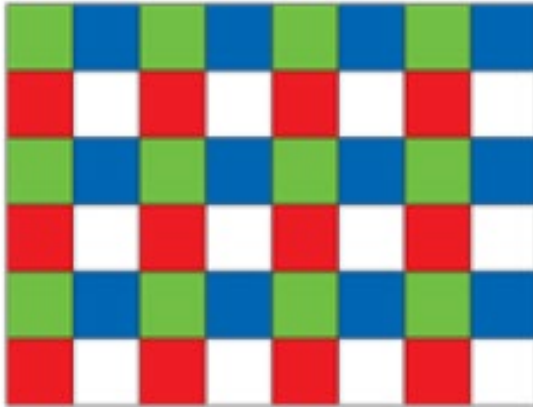
# Possibili modelli di CFA

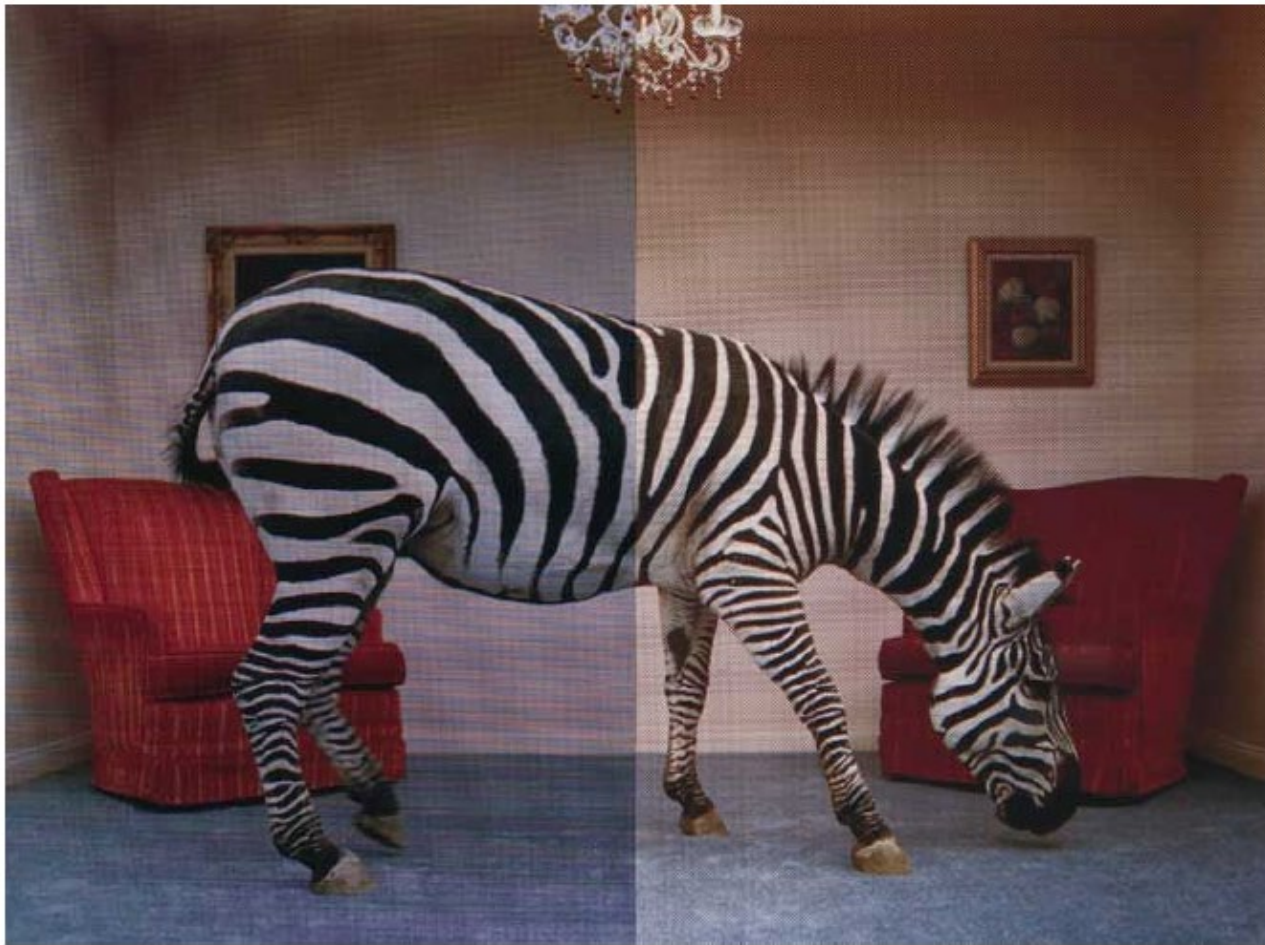






# Possibili modelli di CFA





+ sharpening

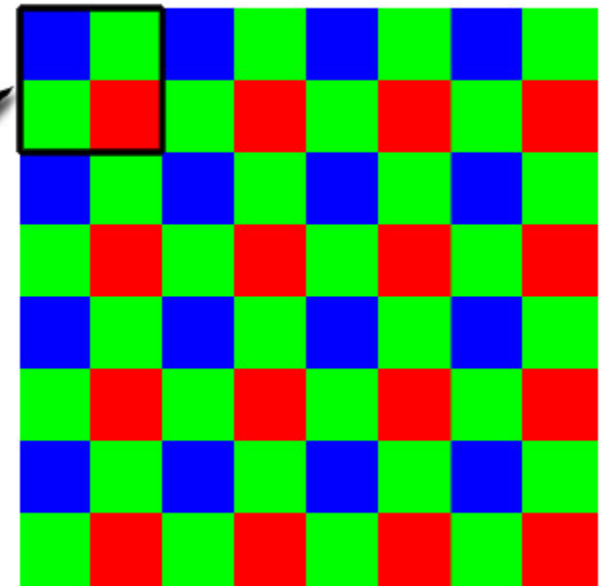


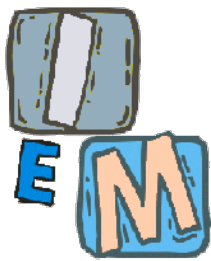


# Qual è il migliore? Il Bayer Pattern

- Lo schema più utilizzato è il BAYER PATTERN. È stato proposto nel 1976 dal Bryce Bayer ed utilizzato dal 1980 in tutti i dispositivi elettronici.
- Esso presenta un rapporto 1:2:1 per R:G:B, dove i pixel verdi sono disposti sulle “diagonali”.
- Esso privilegia le misure nel canale verde perché è quello più importante per la percezione umana.
- Una immagine in Bayer Pattern è conservata nel formato “raw”.

*Matrice 2x2,  
replicata più volte  
su tutto il sensore*





U203

EASTMAN KODAK COMPANY

Date May 24, 1974

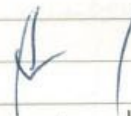
Problem: Providing color in a ~~CCD~~ camera using photosensor array

Suppose a camera uses an  $m \times n$  array of photodetectors to record a picture. How shall color be recorded?

One way is to superimpose over the array of photosensors an array of filters or other optical system such that different elements record different colors. For example, we might use the following arrangement:



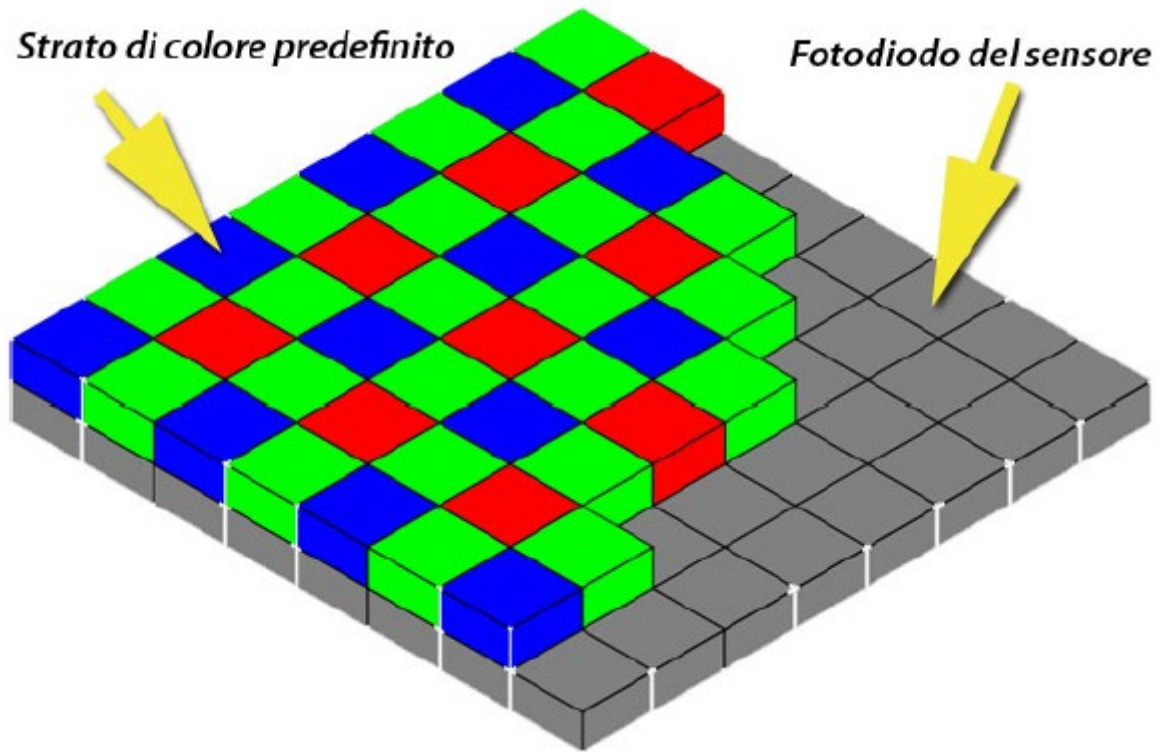
Each of the red, green, and blue records are sampled in regular arrays, with twice as many points for green, which is most important to sharpness. Such regular arrays are easy to filter to avoid evidence of sampling artifacts in final display.



Barry E. Bayer

Joyce Olson







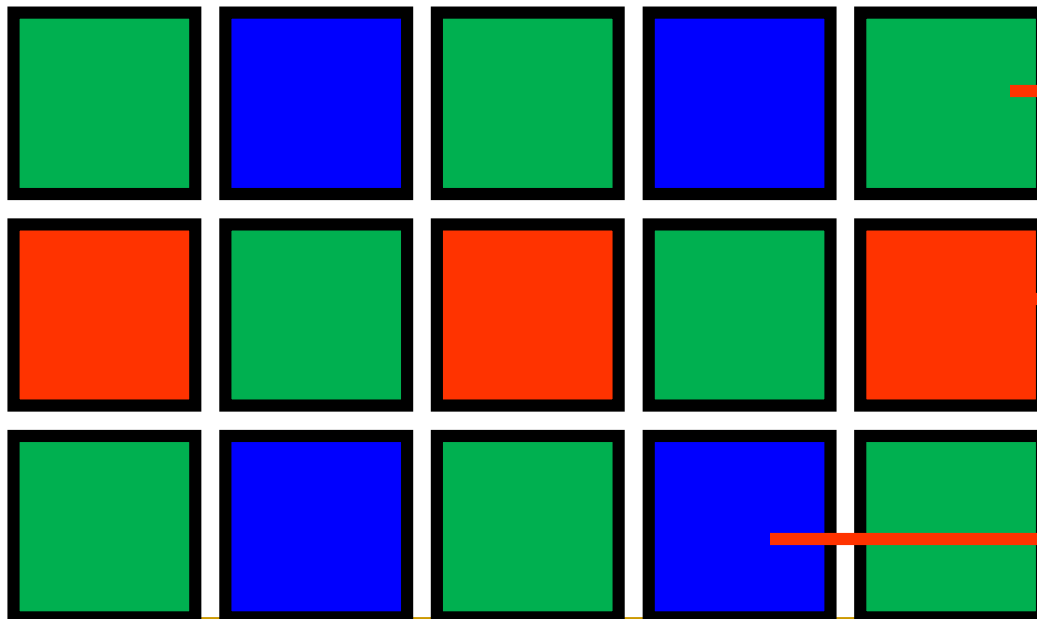
# Formati proprietari Raw

- Canon: **CRW** (Canon RaW, estensione file: \*.CR2);
- Epson: **ERW** (Epson RaW);
- Foveon: **X3F**.
- Fuji: **RAF** (RAw Fuji);
- Hasselblad: **3FR**.
- Kodak: **DCR** (Digital Camera Raw);
- Minolta: **MRW** (Minolta RaW);
- Nikon: **NEF** (Nikon Electronic Format);
- Olympus: **ORF** (Olympus Raw Format);
- Pentax: **PEF** (Pentax Electronic Format).
- Sony: **ARW** (Alpha RaW).
- Samsung: **SRW** ( Samsung RaW)



# Bayer Pattern

Se per ogni pixel, si memorizza solo una componente di colore, tutte le altre dovranno essere ottenute per interpolazione dai pixel vicini.



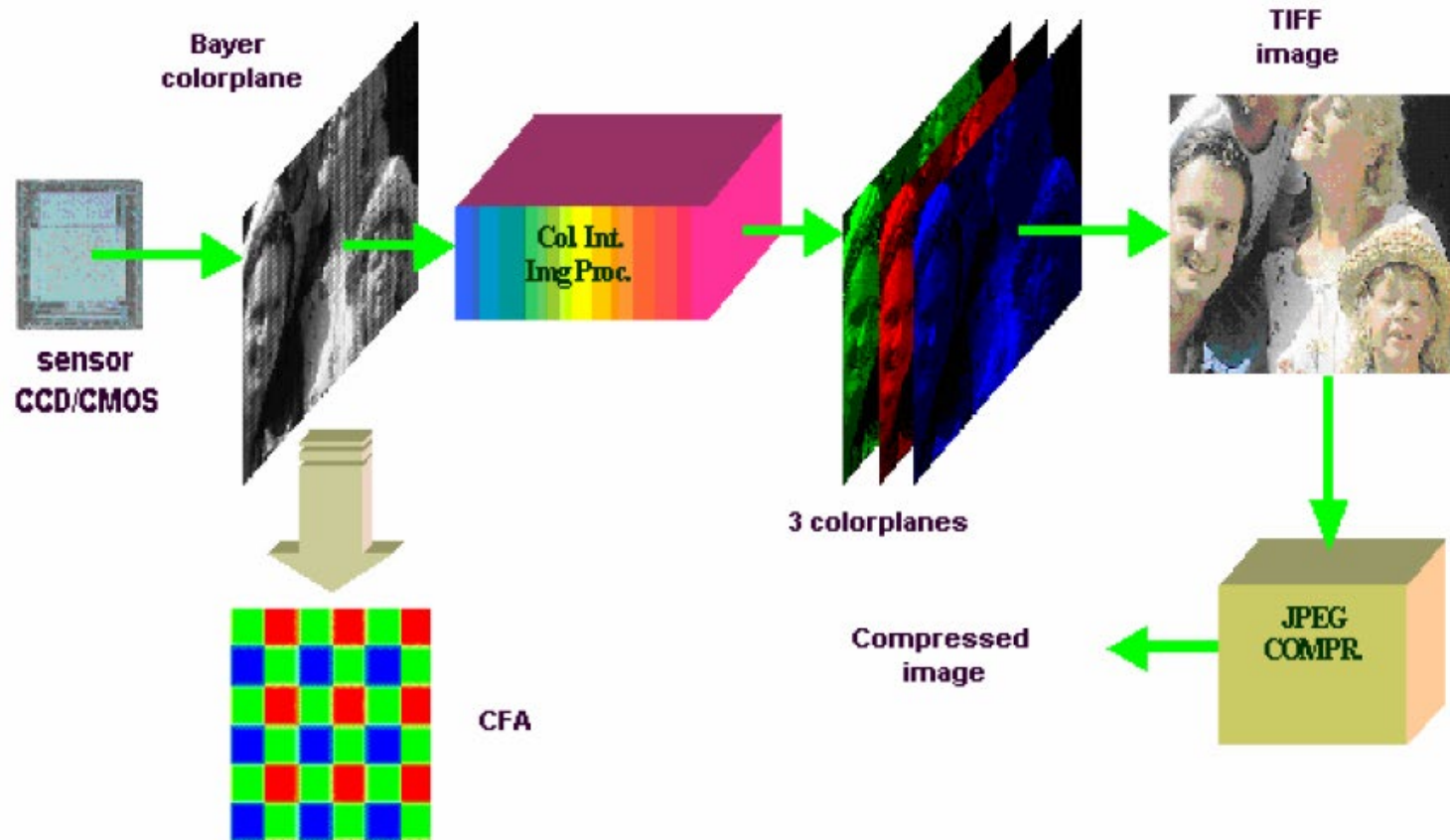
Il valore R e B per questo pixel sono ottenuti per “interpolazione” dai valori vicini

Il valore G e B per questo pixel sono ottenuti per “interpolazione” dai valori vicini

Il valore R e G per questo pixel sono ottenuti per “interpolazione” dai valori vicini



# Più dettagliatamente







# Color Interpolation

- La matrice di dati rilasciati dal sensore può essere visualizzata come immagine. In questo caso si vedrebbe una immagine in scala di grigi.
- L'aver conservato solo una componente della terna del colore comporta la visione dell'immagine come se fosse composta da un mosaico.
- Per ottenere una immagine a colori occorre procedere con un algoritmo di color interpolation che ricava i valori mancanti per ogni singola terna dai dati dell'intorno.
- Poichè dall'immagine a colori sparisce l'effetto a mosaico, l'algoritmo di color interpolation viene anche chiamato algoritmo di «demosaicking».



# Bayer pattern

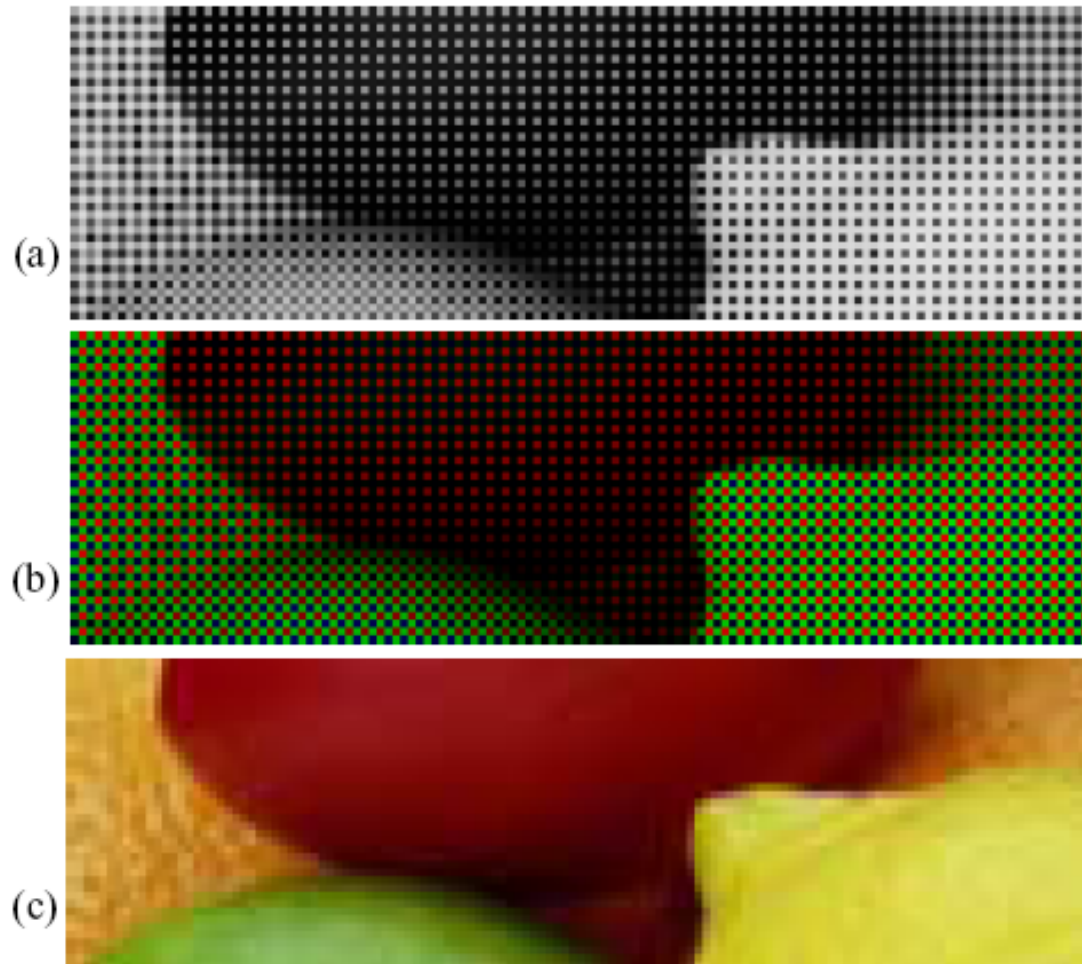
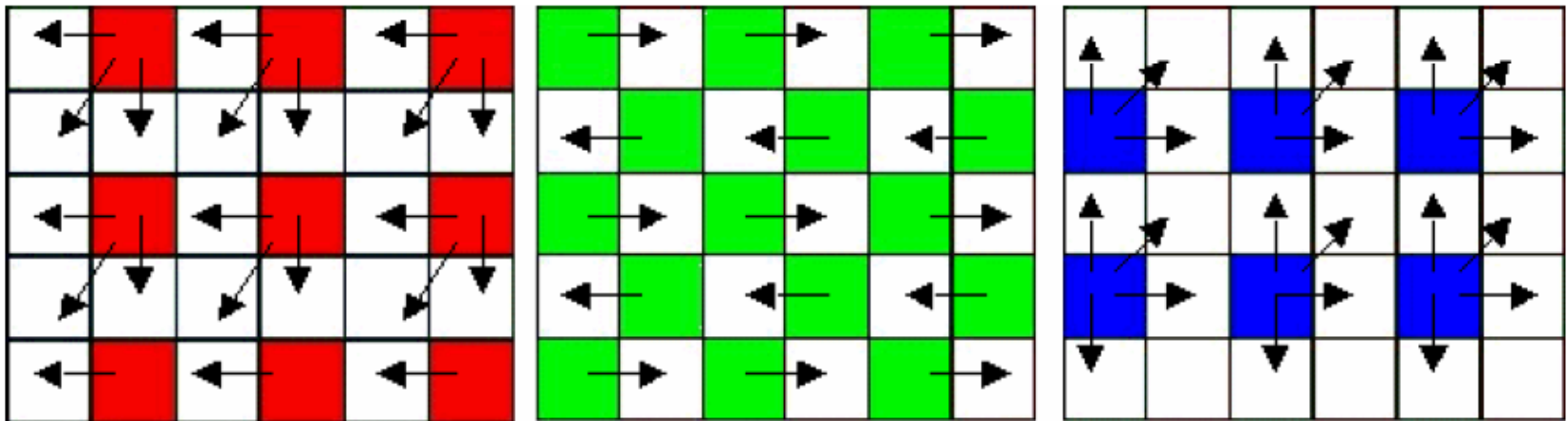


Fig. 1. Single-sensor imaging: (a) mosaic-like gray-scale CFA image, (b) color variant of the CFA image, (c) demosaicked full-color image.



# Color interpolation: replication

- Per ogni singolo pixel gli elementi mancanti della terna vengono copiati dall'intorno.
- Questa tecnica viene anche chiamata «**Nearest-neighbor interpolation**»



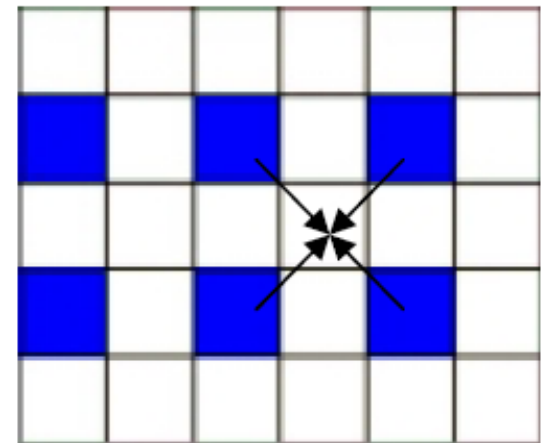
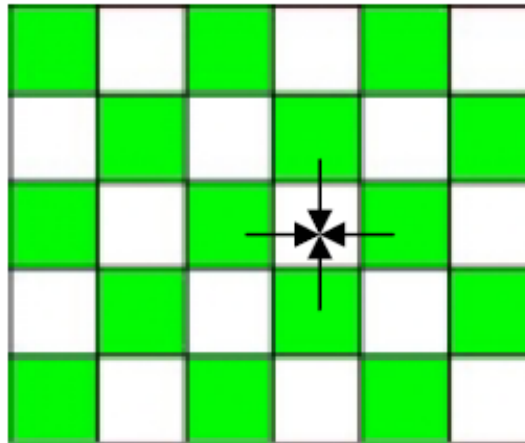
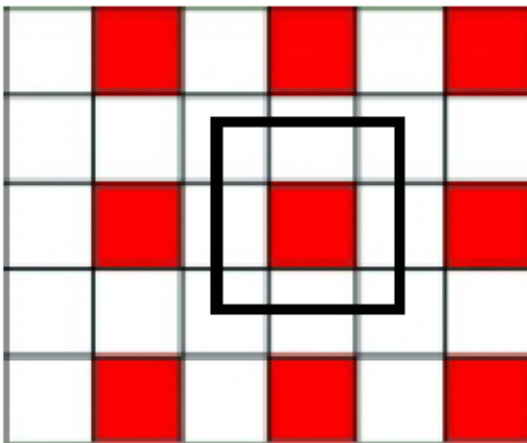


## Color interpolation: bilinear

abbiamo l'informazione di R e manca G e B

- Nella matrice di R non si deve fare nulla.
- In G occorre ricavare i dati da un intorno selezionando i 4 valori rilasciati dal sensore.
- In B occorre ricavare i dati da un intorno selezionando i 4 valori rilasciati dal sensore.

Red position:



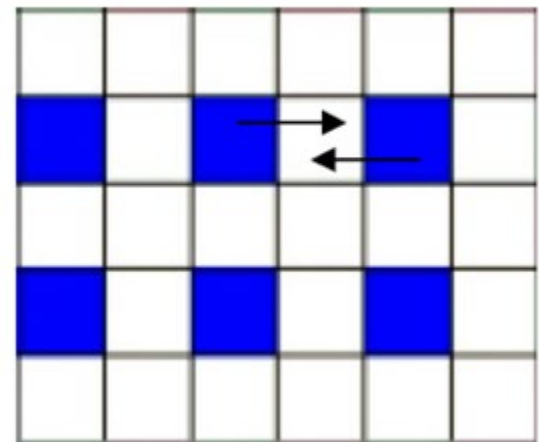
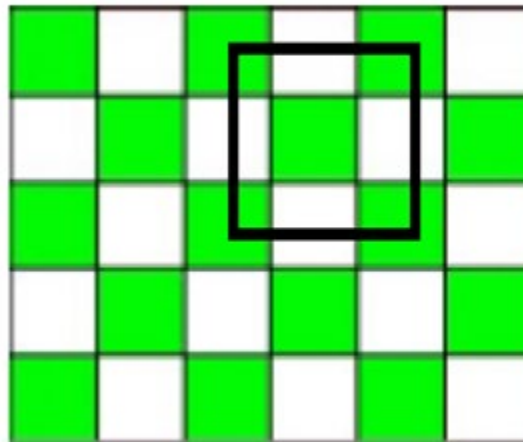
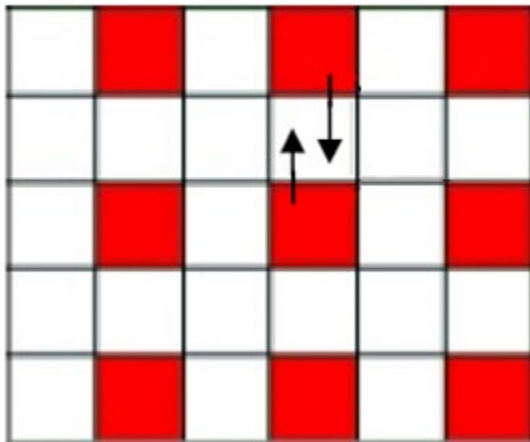


## Color interpolation: bilinear

abbiamo l'informazione di G e manca R e B

- Nella matrice di G non si deve fare nulla.
- In R occorre ricavare i dati da un intorno selezionando i 2 valori rilasciati dal sensore.
- In B occorre ricavare i dati da un intorno selezionando i 2 valori rilasciati dal sensore.

Green position:



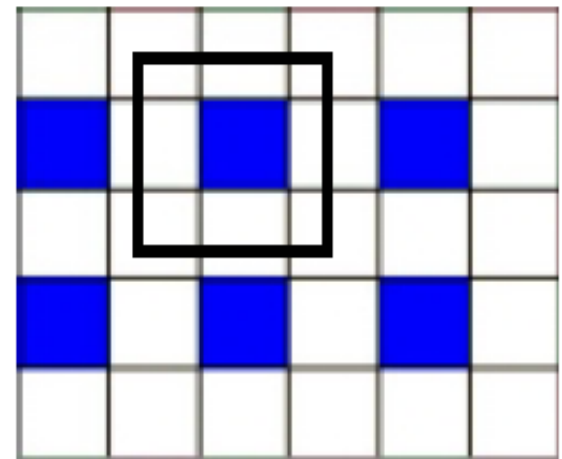
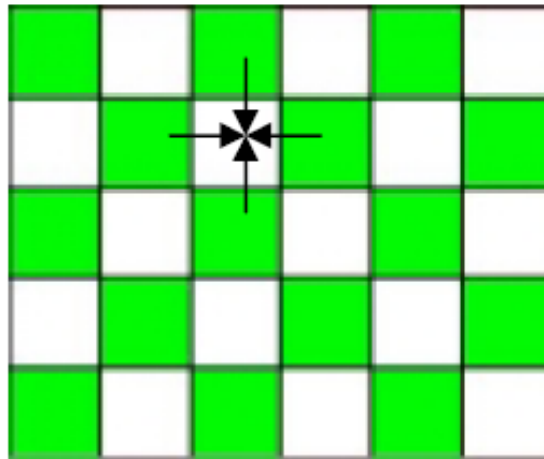
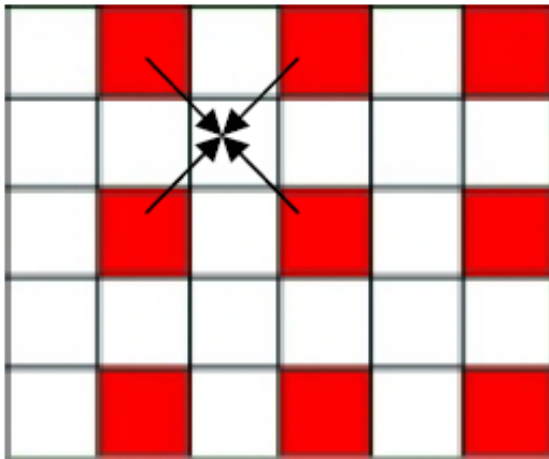


## Color interpolation: bilinear

abbiamo l'informazione di B e manca R e G

- Nella matrice di B non si deve fare nulla.
- In R occorre ricavare i dati da un intorno selezionando i 4 valori rilasciati dal sensore.
- In G occorre ricavare i dati da un intorno selezionando i 4 valori rilasciati dal sensore.

Blue position:





# Bilinear

- Nell'interpolazione bilineare si utilizzano i quattro pixel più vicini per stimare l'intensità da assegnare a ciascuna nuova posizione. Supponiamo che  $(x, y)$  siano le coordinate della posizione cui si deve assegnare un valore di intensità e che  $v(x, y)$  equivalga al valore dell'intensità. Per l'interpolazione bilineare il valore assegnato si ottiene mediante l'equazione

$$v(x, y) = ax + by + cxy + d$$

Dove i quattro coefficienti sono determinati a partire dalle quattro equazioni nelle quattro incognite ottenibili utilizzando i quattro pixel più vicini al punto  $(x, y)$ .

- L'interpolazione bilineare produce dei risultati migliori rispetto alla replication con un incremento modesto nella complessità di calcolo.



# Bicubic

- L'interpolazione bicubica utilizza i sedici pixel più vicini al punto. Il valore di intensità assegnato al punto  $(x, y)$  si ottiene attraverso l'equazione

$$v(x, y) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 a_{ij} x^i y^j$$

- Dove i sedici coefficienti sono determinati a partire da sedici equazioni in sedici incognite che possono essere scritte utilizzando i sedici punti più vicini a  $(x, y)$ .
- Generalmente l'interpolazione bicubica preserva meglio i dettagli rispetto all'interpolazione bilineare. L'interpolazione bicubica è la tecnica standard utilizzata nei programmi commerciali di editing come Adobe Photoshop e Corel Photopaint.

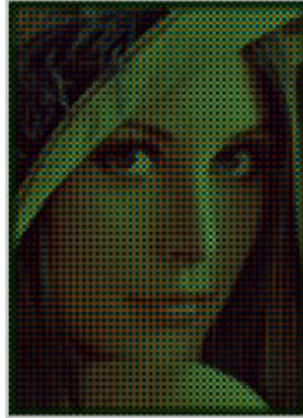




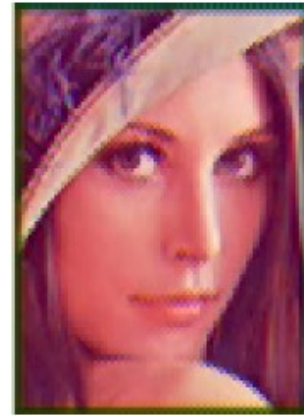
# Risultati ottenuti usando diverse color interpolation



Ideale



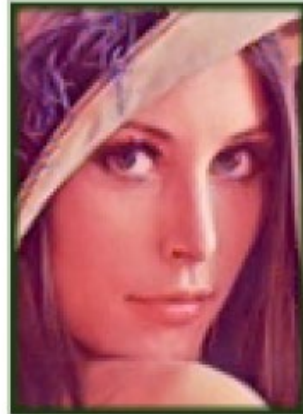
Bayer Pattern



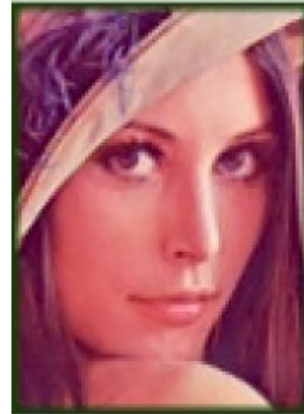
Replication



Bilineare



Bicubico



Altro