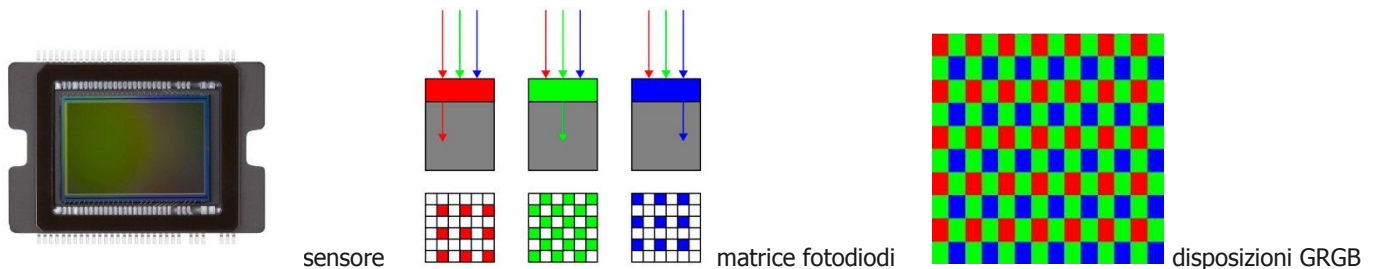


Il cuore della nostra digitale: il sensore.

Il sensore rappresenta il cuore di una fotocamera, ovvero lo strumento per mezzo del quale noi riusciamo a **catturare l'immagine** per poi convertirla in formato digitale. Questo componente, anche se in forme diverse, è sempre esistito. Basti pensare infatti che, al tempo delle macchine fotografiche analogiche, il sensore era rappresentato dalla sola pellicola fotografica sulla quale l'immagine veniva impressa. Al giorno d'oggi il sensore per fotocamere è lo stesso (o quasi) di quello utilizzato anche nelle videocamere e può essere generalmente di soli due tipi: **CCD** o **C-MOS**.



Cos'è il sensore e da cosa è composto?

Sia per il caso del sensore CCD che per quello C-MOS si parla di un **dispositivo al silicio con superficie fotosensibile**, basato su una matrice di **fotodiodi** in grado di trasformare e convertire un segnale luminoso, composto da fotoni, in un segnale elettrico, composto da elettroni, seguendo lo stesso principio delle più semplici celle solari (pannelli fotovoltaici) per la produzione di energia elettrica. La superficie di questo dispositivo è quindi composta da milioni di micro diodi, e quindi di micro sensori di luce, disposti secondo le linee di una griglia regolare. La somma dei valori forniti dai vari fotodiodi viene elaborato dal microprocessore della fotocamera che va a costruire l'informazione necessaria alla ricostruzione dell'immagine così catturata.

In che modo viene catturata l'immagine?

Il sensore, composto da milioni di elementi fotosensibili, cattura informazioni riguardanti le tre componenti RGB (Rosso-Verde-Blu) che compongono la luce della scena focalizzata sulla sua superficie. Quasi tutti i sensori, anche se in modalità diverse, hanno dei sensori che riescono a catturare solamente una sola componente cromatica della luce. Sulla superficie del sensore infatti è collocato un **filtro a mosaico** denominato **Color Filter Array (CFA)**. Il più diffuso è di tipo Bayer che a sua volta può presentare diverse varianti sul numero dei colori che vengono filtrati (3 o 4) e sulla disposizione dei colori disposti a matrice sulla superficie. Il più comune è quello denominato **GRGB** che ha il 50% dei photodetector che catturano il Verde (G), il 25% che catturano il Rosso (R) ed il rimanente 25 % che catturano il Blu (B).

Per ottenere una adeguata fedeltà cromatica dell'intera immagine, ogni pixel registrato in un file grafico a colori (fa eccezione il file di tipo RAW) deve contenere le informazioni cromatiche di tutte e tre le componenti RGB della luce incidente su ogni pixel visto che la riproduzione delle immagini luminose avviene per **mescolanza additiva** delle tre componenti primarie della luce. Ovviamente, visto che un fotodiodo cattura solo una delle tre componenti, esso non può fornire da solo tutti i dati per la formazione del singolo pixel. Le altre due informazioni cromatiche vengono così calcolate dal processore d'immagine attraverso un **procedimento matematico** basato sugli altri valori rilevati. Solo dopo questa procedura il singolo pixel diventerà rappresentazione più o meno fedele dei colori dell'immagine realmente percepita.

Differenze fra sensore CCD e C-MOS?

Entrando più nel dettaglio, la differenza fra i due tipi di sensore è la seguente:

- **Sensore CCD (Charge-Coupled Device):** applica la conversione del livello di luce in dato digitale all'esterno del sensore grazie all'implementazione di un **chip dedicato**. In un sensore CCD la carica registrata da un fotodiodo viene trasportata attraverso tutto il chip da una riga della matrice a quella adiacente. Una volta giunta al bordo del sensore, il tutto viene trasferito in un apposito registro di output dove verrà letto dal **convertitore A/D esterno al sensore**. E' inoltre esterno il processo di temporizzazione regolato da un segnale di clock generato da un circuito dedicato. Per poter completare questo processo senza perdita di informazione, i sensori CCD sono costruiti con un particolare processo ad **alta qualità**, che li rende però anche particolarmente **costosi**. Dopo l'avvenuta lettura di ogni riga di sensori, esse vengono scartate, comportando quindi, al termine della lettura dell'immagine, l'azzeramento di tutte le cariche sul sensore.
- **Sensore CMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor):** la **conversione** del livello di luce in dato digitale avviene direttamente **all'interno del sensore** mediante l'amplificatore ed il convertitore A/D di ciascun fotodiodo. Curiosamente, questi sensori utilizzano la stessa collaudata tecnologia produttiva dei normali microprocessori (CPU) e dei chip di memoria, risultano quindi essere più economici da produrre grazie al fatto che non richiedono fabbriche specializzate per essere costruiti. Proprio perchè la struttura dei sensori CMOS è la stessa dei normali microprocessori, diventa allora più facile integrare i circuiti accessori, richiesti per diverse operazioni, direttamente sul chip del sensore, ovvero il circuito di conversione A/D. In un sensore CMOS infatti, accanto ad ogni fotodiodo, sono posizionati **minuscoli transistor** e circuiti che amplificano e trasformano il segnale. Visto che ogni fotodiodo ha accanto a sè dei circuiti che

occupano dello spazio sulla superficie del sensore, esso sarà in generale meno sensibile alla luce di un analogo CCD, in quanto parte dei fotoni colpirà i circuiti "di servizio" anziché la parte del fotosito sensibile alla luce. Un sensore CMOS, in condizioni di luce scarsa, necessita quindi di maggiori aperture o di tempi di esposizione leggermente più lunghi rispetto a quelli di un sensore CCD. Per cercare di ovviare in parte a questo problema, vengono spesso utilizzate sopra ad ogni singolo fotodiodo delle **micro lenti**, che intercettano la luce destinata a cadere sui circuiti di servizio e la convogliano sulle parti fotosensibili oltre che a cercare di ridurre sempre di più le dimensioni dei circuiti "di servizio".

I sensori CCD, per il loro particolare funzionamento, richiedono molta più energia dei sensori CMOS; tipicamente **un sensore CCD consuma 100 volte di più di uno CMOS**. I sensori CCD però, data l'alta qualità costruttiva, sono meno soggetti a fenomeni di disturbo (il "rumore") dei sensori CMOS e forniscono immagini di alta qualità. I sensori **CMOS** sono tuttavia molto **più economici** da produrre rispetto ai sensori CCD. In termini di qualità, riferita a prodotti di consumo, una tecnologia non prevale sull'altra. Solo su sistemi ai massimi livelli il CCD risulta qualitativamente ancora superiore, avendo la possibilità di convertire gli innumerevoli livelli del segnale luminoso tramite un chip dedicato, ottimizzato per questa funzione.

Il formato del sensore

Parliamo adesso delle dimensioni e del formato. Il sensore ha generalmente **forma rettangolare** con dimensioni che variano da costruttore a costruttore e da modello a modello.

Formati-immagine delle fotocamere digitali



4:3 Formato-immagine di uno schermo televisivo tradizionale. (adottato nelle fotocamere di fascia medio-bassa).



3:2 - Formato-immagine specifico del formato fotografico a pellicola (adottato nelle fotocamere digitali reflex e prosumer di fascia alta e medio alta). *formato immagini*

I sensori di alcune fotocamere reflex professionali hanno il sensore in formato 3:2 "**Full Frame**" con un rapporto 1:1 di dimensioni con il fotogramma della pellicola, una dimensione quindi di **24x36mm**. Grazie a queste grandi dimensioni, oltre ad avere un basso rumore e una maggior sensibilità del sensore alla luce, risulta possibile garantire che l'**angolo di campo** delle ottiche non sia alterato mantenendo questo rapporto 1:1 fra angolo di campo della fotocamera con sensore e quella a pellicola.



SENSORE FULL FRAME



SENSORE APS-C



SENSORE MICRO 4/3



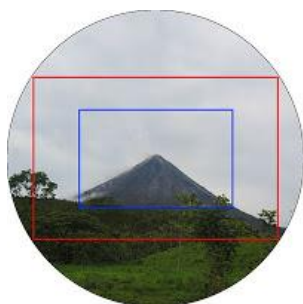
SENSORE DA 1/3.2"



SENSORE DA 1/4"



SENSORE DA 1/4.5"



il cerchio rappresenta l'immagine proiettata dall'obiettivo, in rosso lo spazio catturato da un sensore full frame ed in blu quello che riesce a registrare un sensore APS-C.