

Sommario

Introduzione.....	2
Scanner a letto piano.....	4
Scanner a tamburo.....	9
Algoritmi di zooming	16
Risoluzione di acquisizione	20

Introduzione

Scanner è un termine in lingua inglese che indica uno strumento che effettua la scansione. Nel settore grafico/fotografico la scansione consiste in un'analisi per punti di un'immagine, al fine di tradurla in informazioni elaborabili da un computer. I punti di analisi sono molto vicini, fino a costituire una linea, e le linee molto vicine, fino a costituire una superficie. Assai eterogeneo, dal punto di vista delle caratteristiche tecniche e dei costi di acquisto, lo scanner è un elemento indispensabile anche al di fuori del contesto produttivo.

Attualmente il mercato offre due scelte di base: **scanner piani** e **scanner a tamburo**. La tipologia piana è quella che meglio si identifica con la tradizione DTP, mentre di scanner a tamburo si parla solamente in campo professionale medio-alto.

I primi modelli di scanner erano costituiti da tre parti:

- sezione I:** lettura per riflessione/trasparenza dell'originale;
- sezione II:** elaborazione analogica dell'immagine acquisita;
- sezione III:** scrittura dell'immagine retinata/delle selezioni retinate.

Le tre parti potevano essere fisicamente unite oppure indipendenti e connesse solo da cavi.



Queste scelte influivano sul layout del reparto, in quanto permettevano di avere scanner con unità di lavoro a luce ambiente, mantenendo altre parti in camera oscura. Altri puntavano su compattezza o grandi formati di scrittura, per ottenere matrici già nel formato per la stampa di poster.

La caratteristica fondamentale comunque era quella di lavorare **stand-alone** o **off-line**. Infatti, tali apparecchiature svolgevano integralmente le operazioni di selezione, ingrandimento, retinatura dei positivi. Un solo operatore era quindi in grado di produrre i positivi, partendo dagli originali e dalle indicazioni passate dall'ufficio tecnico.



Più tardi gli scanner vennero collegati a calcolatori, con specifiche console di lavoro, in modo da ottenere pagine finite e limitare la loro azione alla lettura e all'elaborazione.

In un primo momento si utilizzarono gli stessi modelli stand-alone, modificando solo il loro flusso operativo. In un secondo momento si introdussero sul mercato modelli costruiti appositamente per questo nuovo scopo.



La tendenza a rendere queste attrezzature sempre più rapide e automatizzate ha portato all'introduzione dei sistemi di composizione e impaginazione a basso costo, noti comunemente con il termine di sistemi **DTP (Desk Top Publishing)**, caratterizzati da scanner costituiti esclusivamente dall'unità di lettura e pilotati dal software dei computer, utilizzati in un secondo momento per effettuare anche l'elaborazione/impaginazione.

Scanner a letto piano

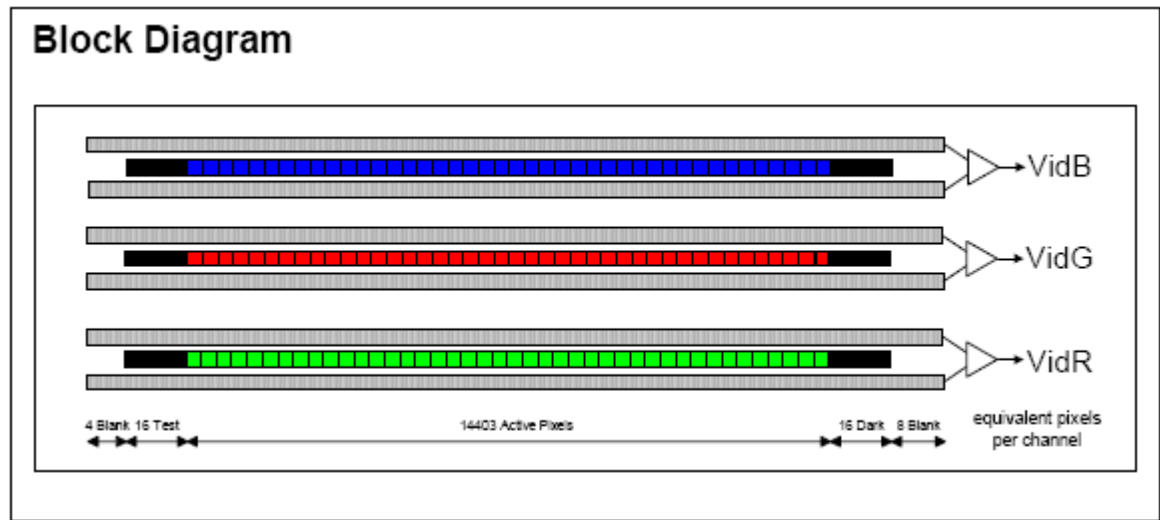
Denominati anche **scanner piani**, utilizzano una tecnologia di acquisizione che sfrutta, come dispositivo sensibile alla luce, il **CCD (Charged Coupled Device, dispositivo ad accoppiamento di carica)**.

I CCD impiegati sono costituiti da tre serie lineari di fotodiodi con dimensione unitaria di pochi micrometri e tuttavia in grado di leggere una riga completa di scansione. Il compito del CCD consiste nel trasformare il segnale luminoso in un segnale elettrico, di intensità proporzionale alla quantità di luce incidente.

Negli attuali scanner a colori il processo di acquisizione dell'immagine si avvale della scomposizione cromatica a singolo passaggio, in rosso, verde e blu, dell'originale illuminato dalla luce bianca emessa da una lampada fluorescente o da una fila di LED bianchi.

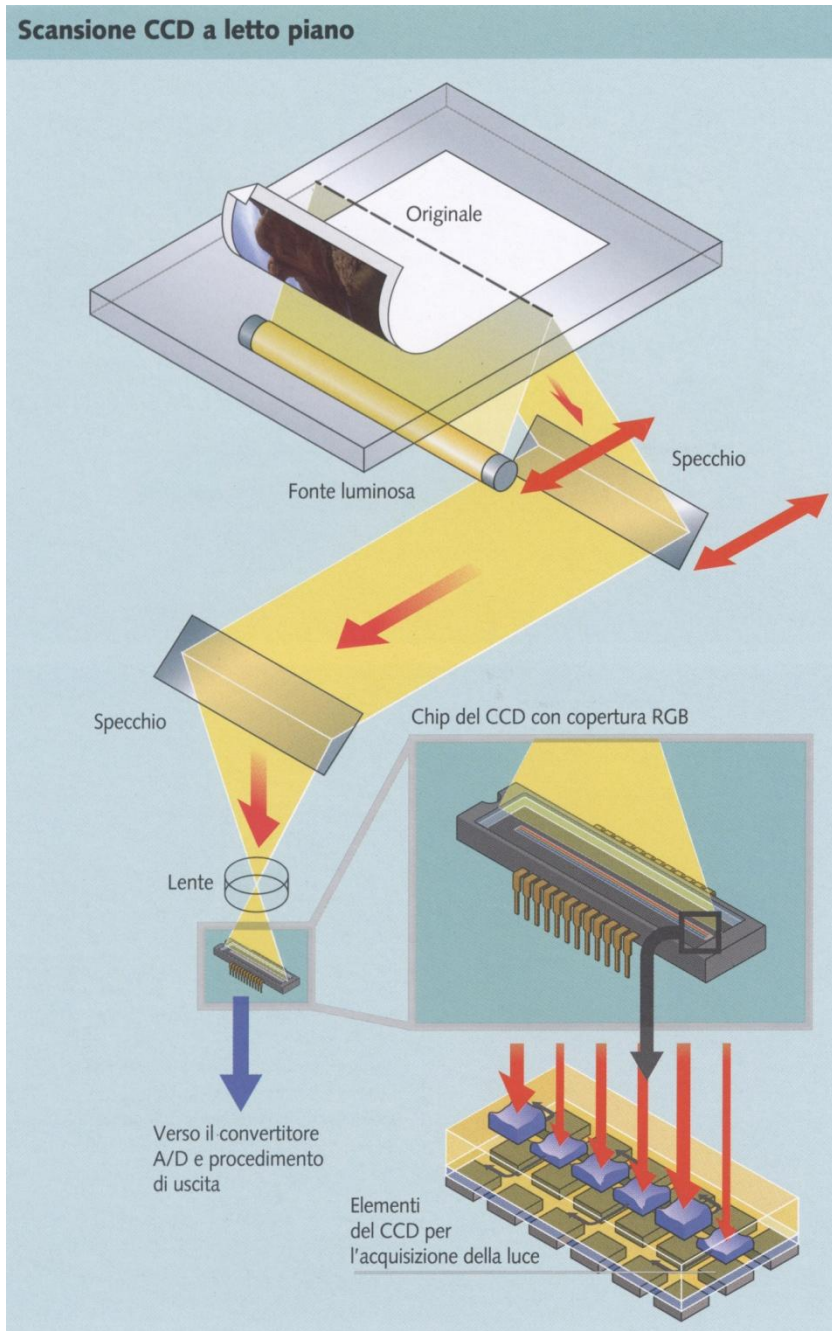


**CCD trilineare Kodak KLI-14403,
3x14404 pixel**



I modelli professionali sono dotati generalmente di due sorgenti luminose indipendenti: una, collocata nel coperchio, per la lettura in trasparenza ed una, posta sotto il piano in vetro, per la lettura in riflessione. La luce riflessa o trasmessa dall'originale è focalizzata sul CCD e costituisce un segnale analogico, così come il segnale elettrico in uscita dal fotosensore, ma il computer legge ed elabora solamente dati digitali in linguaggio

binario. Lo strumento che si occupa della conversione è rappresentato dall'**ADC (Analog to Digital Converter, convertitore analogico-digitale)**. Attualmente lo standard di conversione per i modelli professionali è di 14-16 bit, pari a 16384-65536 livelli di grigio.



Il parametro fondamentale per uno scanner è la **risoluzione ottica**, intrinseca dell'hardware. La risoluzione orizzontale è strettamente correlata al numero di elementi sensibili che costituiscono il CCD, mentre quella verticale è determinata dalla precisione della meccanica di traslazione del gruppo ottico di lettura. Generalmente i due valori coincidono, anche se a

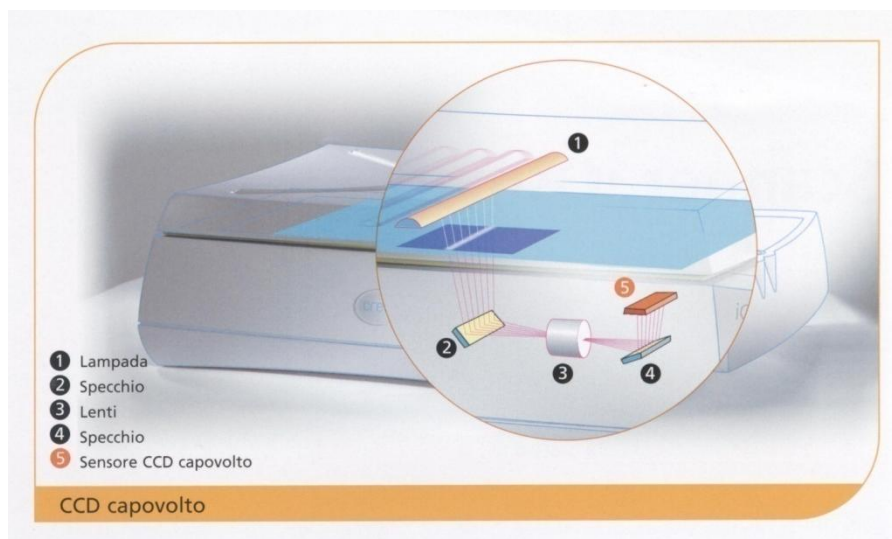
volte vengono presentati scanner che, di fatto, hanno una risoluzione ottica verticale doppia di quella orizzontale. Questa risoluzione differenziata sui due assi è resa possibile dal fatto che è abbastanza semplice aumentare la risoluzione verticale controllando più finemente l'avanzamento del gruppo ottico fra due righe di scansione successive, pur scontrandosi con limitazioni meccaniche legate alla precisione di tale avanzamento (ad esempio, a soli 300 dpi di risoluzione verticale, lo spostamento da una riga a quella successiva è inferiore al decimo di millimetro).

Negli scanner piani professionali di ultima generazione il gruppo ottica-CCD è dotato di movimento sui due assi X e Y anziché solo su X. Il doppio movimento di traslazione consente di suddividere la scansione di un originale in più strisciate, ricomponibili in un'unica immagine dal software di gestione della periferica al termine dell'acquisizione. Risulta così possibile raggiungere una risoluzione verticale che è un multiplo del numero di fotodiodi presenti in ciascuna linea del CCD trilineare.



Più semplice è fare in modo che sia il software di gestione dello scanner, integrato nel firmware, ad incrementare il numero di pixel dell'immagine acquisita mediante algoritmi di interpolazione dei valori. Tale procedimento non garantisce una risoluzione realmente maggiore e quindi un dettaglio più fine, bensì soltanto una riduzione della scalettatura presente sui contorni dell'immagine. L'interpolazione dei valori è normalmente disponibile anche nei software di fotoritocco. In ogni caso, non si deve trascurare o sottostimare l'inevitabile perdita di qualità dell'immagine derivante dal processo di interpolazione.

L'attuale offerta di scanner piani professionali comprende modelli che dispongono di risoluzioni ottiche di 3000-6000 dpi, risoluzioni interpolate di 10000-15000 dpi, profondità di colore di 14-16 bit/canale, densità massime analizzabili pari a 4-4,5 e formati fino all'A3+.



Oggi, grazie ad una tecnologia sempre più raffinata ed affidabile, si può affermare che i CCD di ultima generazione sono in grado di leggere la gamma di densità di un originale con prestazioni paragonabili a quelle dei fotomoltiplicatori degli scanner a tamburo, ma con il vantaggio di una maggiore compattezza, una maggiore velocità di analisi, un costo ridotto, una maggiore flessibilità di connessione a sistemi di elaborazione e una richiesta di tensioni notevolmente più basse.

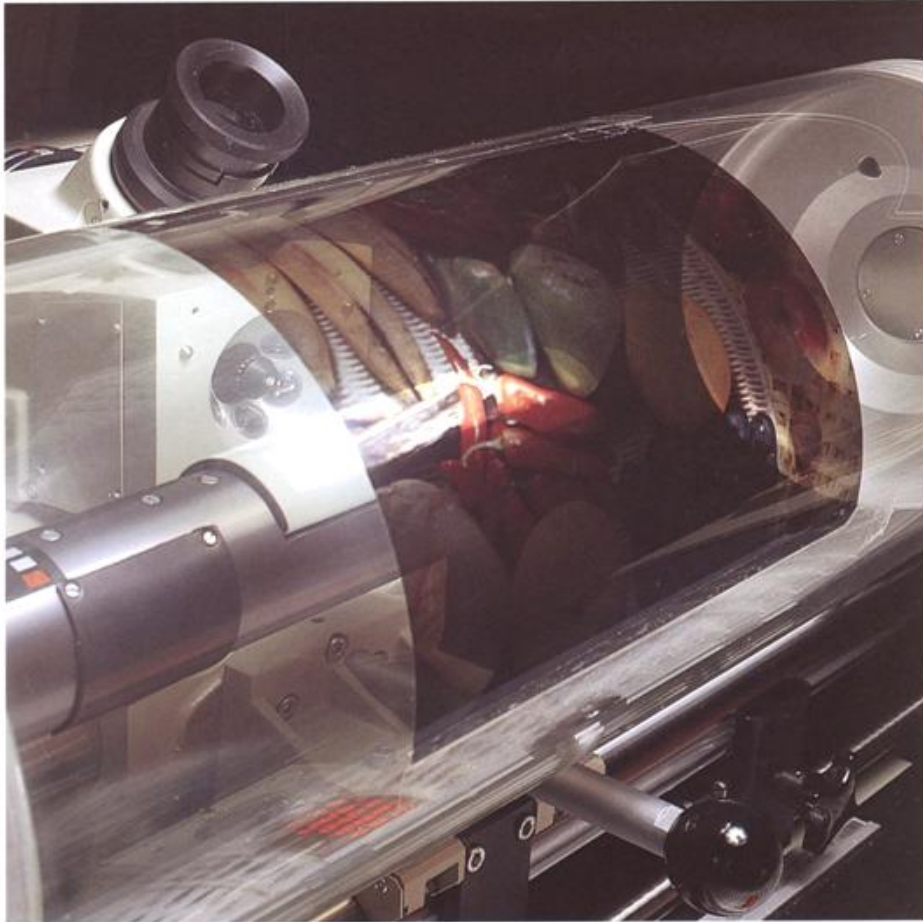
Scanner a tamburo

Sono periferiche di acquisizione di immagini tipicamente professionali, dato che il loro elevato costo di acquisto trova giustificazione soltanto in un contesto produttivo. Infatti, uno scanner a tamburo può costare anche dieci volte uno scanner piano di pari caratteristiche tecnico-operative.



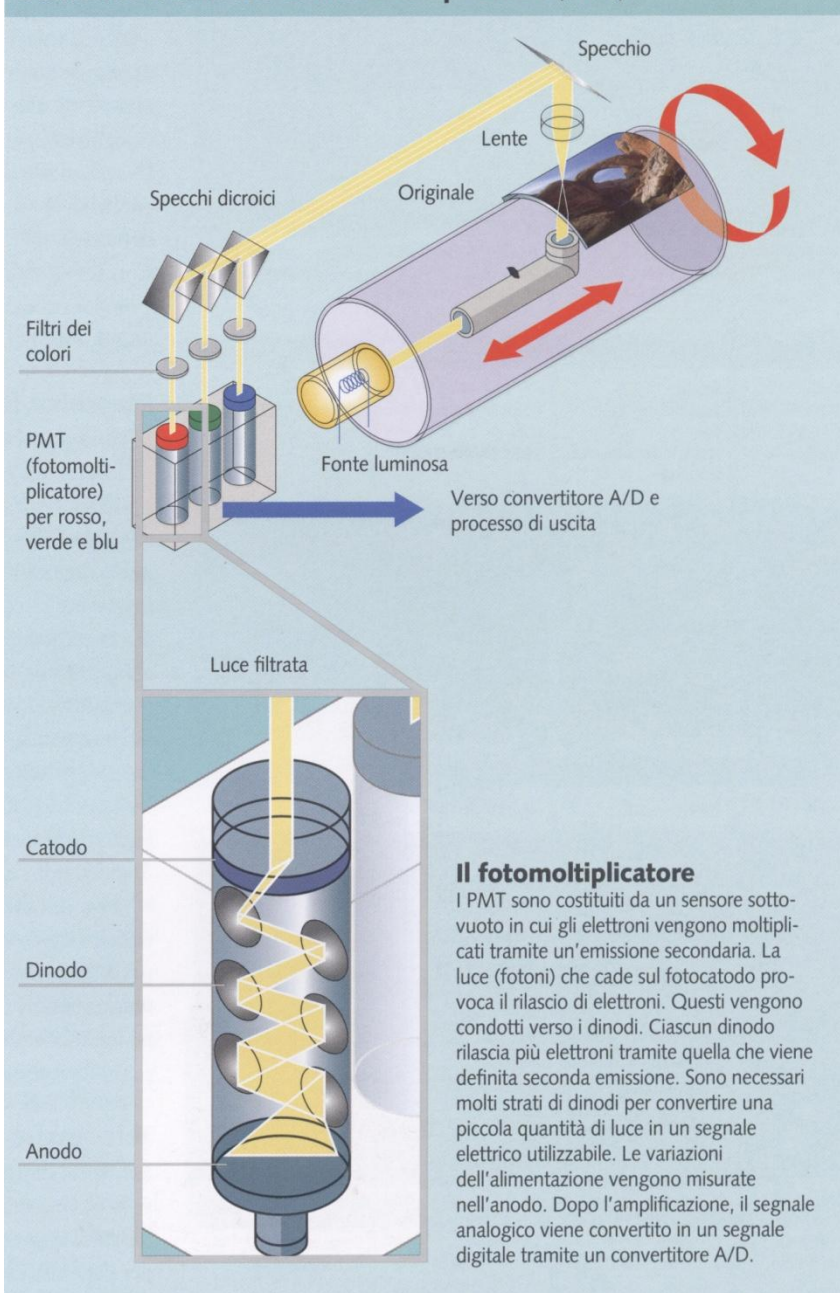
La struttura degli scanner a tamburo, al contrario di quella dei modelli piani, non consente la scansione di originali rigidi o di un certo spessore. In caso di necessità bisogna ricorrere ad una ripresa fotografica, con conseguente possibile alterazione delle tinte e delle curve tonali.

Lo scanner è dotato di un cilindro di plastica o vetro trasparente che funge da portaoriginali.



La traccia di lettura dell'originale è la combinazione della rotazione del tamburo e della traslazione del gruppo lampada-ottica di analisi lungo il tamburo stesso. La luce proveniente dalla lampada per letture in riflessione, collocata esternamente al tamburo, o da quella per letture in trasparenza, posta al suo interno, è messa a fuoco tramite un obiettivo sulla superficie dell'originale da digitalizzare e poi reindirizzata, attraverso un obiettivo di raccolta, sulle superfici sensibili dei fotomoltiplicatori, che hanno il compito di amplificare il segnale di corrente. Il raggio luminoso proveniente dal punto in esame dell'originale, prima di raggiungere i fotomoltiplicatori subisce la selezione delle sue componenti rossa, verde e blu tramite prisma tricromatico, analogo a quello utilizzato nelle telecamere a 3 CCD, o specchi interferenziali denominati **specchi dicroici**. Davanti ai fotomoltiplicatori sono collocati appositi filtri per un'accurata selezione cromatica, ottenendo così in uscita correnti proporzionali alle luci trasmesse dall'originale.

Scansione a tamburo con fotomoltiplicatore (PMT)



La lettura avviene dunque riga per riga e punto per punto, riducendo il rischio di avere macchie nelle selezioni, difetto tipico degli scanner a CCD di fascia medio-bassa, e garantendo una minor perdita di dettaglio a pari risoluzione. Il pennello di luce che effettua l'analisi è modulato dalle densità dell'originale, per cui emerge con intensità variabile, in seguito il sistema converte il segnale in differenze di potenziale elettrico. Il gruppo ottico di lettura è generalmente composto da un obiettivo, da una serie di diaframmi, da un sistema di filtri e dai fotomoltiplicatori. La luce che emerge dalla serie di diaframmi e che passa attraverso i filtri cromatici, è scomposta nelle bande del rosso, del verde e del blu, costituendo l'ingresso

dei dati di lettura per i fotomoltiplicatori. Anche nel caso degli scanner a tamburo, la lettura dell'originale avviene dunque in un solo passaggio, utilizzando tre fotomoltiplicatori e tre filtri.

Alcuni scanner sono dotati di un quarto fotomoltiplicatore per l'utilizzo dell'Unsharp Mask, nel caso che siano presenti solo tre fotomoltiplicatori, la gestione dell'USM è di tipo esclusivamente software. Questa maschera non serve ad aggiungere dettagli, ma aumentare il contrasto ai bordi degli oggetti per renderli più nitidi.

I segnali in uscita dai fotomoltiplicatori costituiscono l'input per tre operazioni fondamentali:

- bilanciamento cromatico dei segnali provenienti dall'originale (controllo delle dominanti ed equilibrio cromatico);
- correzione tonale dell'immagine e degli inquinamenti cromatici negli inchiostri da stampa;
- regolazione e generazione dei neri, in funzione del tipo di originale e della destinazione d'uso dell'immagine acquisita.

Unità ottica degli scanner a tamburo

Obiettivo

Regola la messa a fuoco sull'originale da sottoporre a scansione. La possibilità di utilizzare un obiettivo di ripresa per la messa a fuoco di un soggetto è un elemento importante nella configurazione di uno scanner: infatti, l'operatore può in tal modo regolare la messa a fuoco in base al tipo di soggetto ed alla sua natura trasparente o riflettente.

Importante è la possibilità di operare un vero e proprio **descreening**, vale a dire la riduzione in fase di acquisizione dell'effetto moiré su soggetti già retinati. In tal senso, la sfocatura tende ad impastare i punti, eliminando, a volte solo parzialmente, gli spiacevoli effetti creati dalle interferenze di retino. Il processo è gestibile anche in automatico via software. L'area di taglio, scelta dall'operatore, viene interpretata in base a soglie di valori di contrasto, grazie alle quali si riesce a determinare il corretto valore di messa a fuoco.

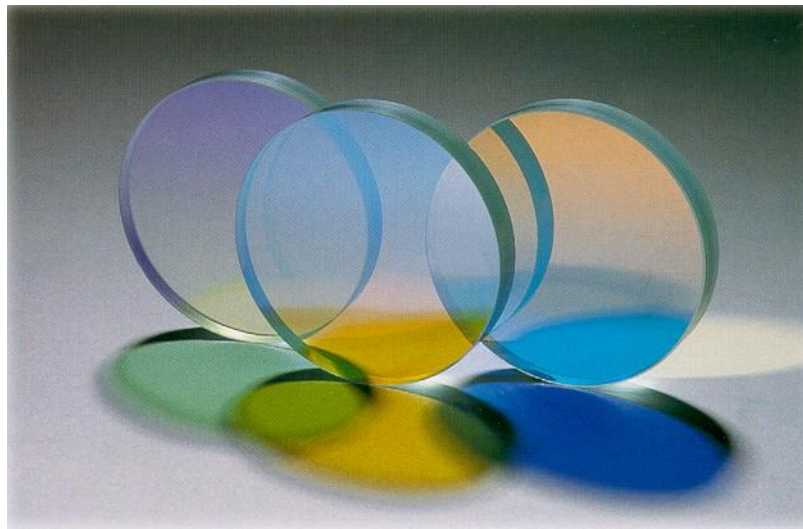
Diaframmi

Una doppia struttura (una principale ed una secondaria) collima l'impulso luminoso in un sottile raggio per il

segnale principale, relativo alla lettura RGB, e in un raggio più largo per il segnale secondario della maschera di contrasto. In funzione dell'ingrandimento da ottenere, l'apertura del diaframma è scelta automaticamente dalla logica di controllo della periferica di analisi; alcuni scanner prevedono anche una regolazione manuale del valore di diaframma. È importante notare che ad ogni valore di diaframma deve corrispondere un'accurata taratura del bianco, cioè la neutralizzazione dei fotomoltiplicatori; quindi, in caso di automatismo, anche quest'ultima operazione dovrà essere fatta per l'intero range ammesso.

Specchi diecrici

Il filtro diecrico è un substrato di vetro su cui viene deposta una successione alternata di strati di materiali dielettrici. Sono il numero e lo spessore degli strati che differenziano i filtri di vari colori, ad esempio un filtro rosso da uno giallo o una blu da uno verde. Lo spessore diverso determina curve di trasmissione diverse.

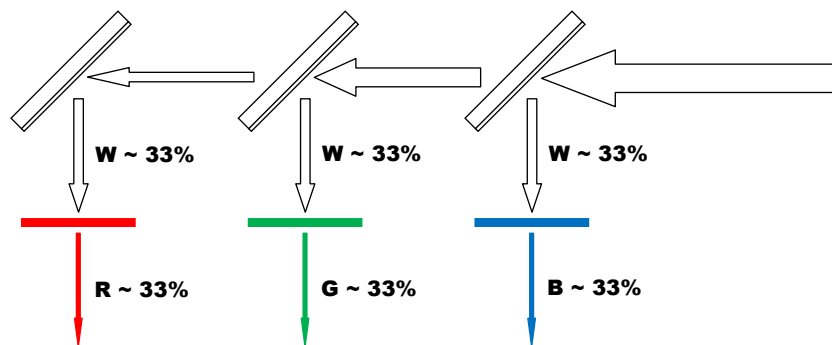


Ad esempio, un filtro blu permette solo alle radiazioni al di sotto di 500 nm di passare ed il resto della luce viene riflesso. Ciò significa che la luce trasmessa è blu e che quella riflessa è gialla. I filtri diecrici possono essere quindi usati anche come specchi colorati. Un filtro che permette la trasmissione di radiazioni con lunghezza d'onda sotto i 510 nm (cioè 10 nanometri in più del blu precedente) seleziona una luce trasmessa che sarà

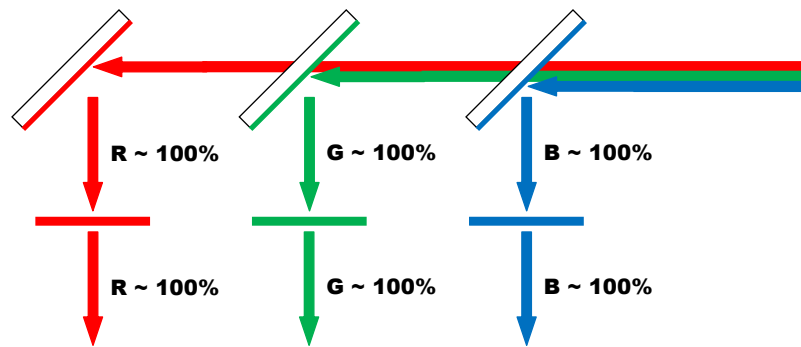
ancora blu, ma ora di un blu più chiaro tendente al verde.

Queste differenze derivano da piccolissime variazioni dello spessore degli strati depositi, costituiti da ossidi e fluoruri metallici. E se lo spessore totale di un rivestimento è compreso tra 500 e 1000 nm, vale a dire al massimo un millesimo di millimetro, si può capire quanta precisione sia richiesta nel depositare uno strato di questo tipo, per ottenere spessori uguali e quindi colori uguali. Inoltre, non è solo lo spessore a far variare la curva di trasmissione di un filtro; subentrano, infatti, altri parametri molto complessi legati alle caratteristiche fisiche ed ottiche dei materiali depositati.

Se gli scanner a tamburo fossero dotati di normali specchi semiriflettenti e riflettenti, la selezione cromatica sarebbe affidata interamente ai filtri posti davanti ai fotomoltiplicatori, che riceverebbero pertanto solo 1/3 di ciascuna componente colorata presente nel fascio luminoso proveniente dall'originale:



Gli specchi dicroici effettuano invece una selezione cromatica riflettendo integralmente ciascuna componente colorata; i filtri a valle si limitano semplicemente ad affinare la separazione delle bande R, G, B:



Ognuno dei fotomoltiplicatori lavora quindi su un segnale luminoso 3 volte più intenso di quello del caso precedente, con un evidente aumento di efficienza complessiva del sistema.

Fotomoltiplicatori

Sono tubi elettronici sotto vuoto che svolgono una doppia azione:

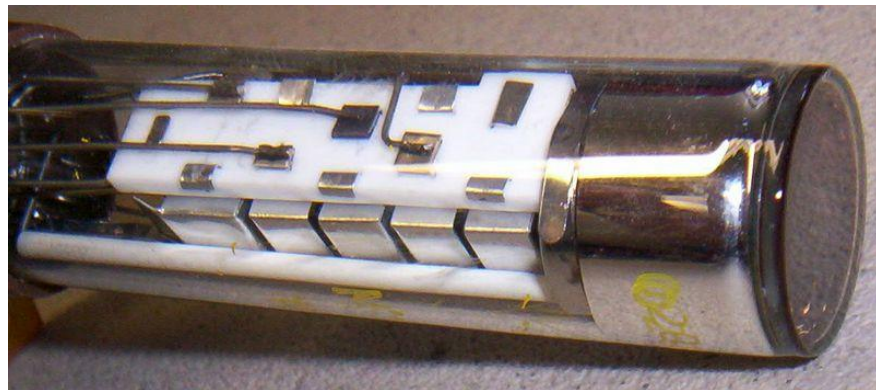
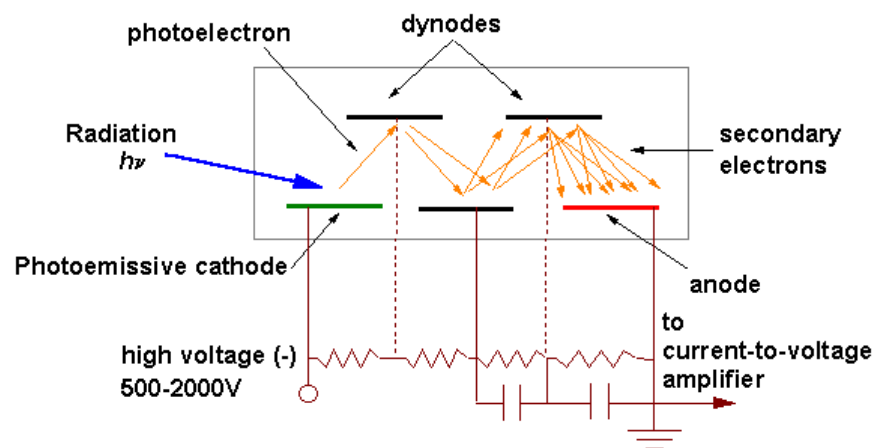
- 1) fotoemissione: per ogni fotone assorbito è emesso un elettrone,
- 2) moltiplicazione: ad ogni stadio, il numero di elettroni del segnale è moltiplicato per il fattore di amplificazione.

Il fascio di fotoni che giunge sul **fotocatodo**, che costituisce la superficie fotosensibile del tubo, provoca il rilascio di elettroni per **effetto fotoelettrico**.

L'azione amplificatrice del segnale elettrico è resa indispensabile dal numero di elettroni liberati dal fotocatodo per fotoemissione insufficiente per ottenere un segnale analizzabile. Questo segnale a bassissima intensità è dovuto alla velocità di rotazione del tamburo (tipicamente qualche centinaio di giri/minuto) e quindi al brevissimo tempo di esposizione di ciascun punto dell'originale. In serie al fotocatodo ed a valori di tensioni crescenti, sono disposti alcuni elettrodi caricati positivamente, detti **dinodi**. Gli elettroni fotoemessi sono accelerati dal campo elettrico verso il primo dinodo ed impattano ad alta velocità sulla sua superficie. Nell'urto, ciascun elettrone ne libera altri a bassa velocità e quindi a bassa energia. Questo nuovo flusso di elettroni, definito **emissione secondaria**, viene

accelerato verso il secondo dinodo, dove si ripeterà quanto successo sul primo. L'effetto a cascata fa sì che l'anodo raccolga una corrente elettrica, in uscita dal tubo, di intensità sufficiente ad essere campionata e digitalizzata.

Sono necessari molti stadi di amplificazione (dinodi) per convertire una piccola quantità di luce in un segnale elettrico utilizzabile; l'effetto di moltiplicazione finale raggiunge tipicamente un fattore $10^7 - 10^8$. Il rapporto tra la quantità di luce che colpisce il sensore e l'intensità di corrente in uscita è praticamente lineare.



Algoritmi di zooming

L'**interpolazione** o **ricampionamento** permette di aumentare o diminuire il numero di pixel di un'immagine digitale. Gli algoritmi utilizzati per modificare la risoluzione dell'immagine sono definite **algoritmi di zooming**. La scelta di quale algoritmo utilizzare deve inevitabilmente

tenere conto dei problemi che l'ingrandimento o la riduzione via software comportano. Infatti, la qualità dell'ingrandimento dipende dai seguenti fattori:

- appiattimento del contrasto,
- generazione di artefatti nella ricostruzione dei dettagli,
- efficienza computazionale in termini di tempo e di occupazione della memoria del computer.

Gli algoritmi di zooming si prefiggono di preservare il più possibile le informazioni nell'immagine e ridisegnare l'informazione mancante dell'immagine finale.

Un'ampia classe di tecniche di zooming ricorre all'applicazione dei seguenti tipi fondamentali di interpolazione:

- interpolazione per replicazione,
- interpolazione bilineare,
- interpolazione bicubica,
- interpolazione frattale.

Questi algoritmi sono presenti in tutti i software di elaborazione delle immagini. Sfortunatamente, anche se preservano la struttura generale dell'immagine sorgente, non sono ugualmente abili a trattare i dettagli fini; ne consegue che nell'immagine interpolata viene a mancare la dovuta nitidezza con conseguente scadimento della qualità complessiva.

Interpolazione per replicazione

Questa tecnica, conosciuta anche come **Nearest Neighbour**, è il metodo di interpolazione più semplice e consiste in una semplice copia ingrandita o ridotta dei pixel dell'immagine di input. Il colore di ciascun pixel di output è quello del pixel più vicino dell'immagine di input.

Ad esempio, se si ingrandisce un'immagine del 200%, ogni pixel di output occupa un'area pari a 2x2 volte quella del pixel di input conservandone il colore.

La maggior parte dei software di visualizzazione e fotoritocco si servono di questo tipo di interpolazione per permettere l'esame preventivo

dell'immagine digitale ingrandita senza attuare modifiche di colore ed interventi di antialiasing e quindi con tempi di elaborazione molto rapidi. Per gli stessi motivi, non è però in grado di fornire ingrandimenti di qualità accettabile a causa della dentellatura sui bordi particolarmente evidente.

Interpolazione bilineare

Questa tecnica, conosciuta anche come **First-Order**, determina il valore di ciascun pixel di output come media ponderata dei 4 pixel adiacenti, sui lati, al pixel di input.

La media ha un effetto antialiasing, generando una dentellatura sui bordi relativamente ridotta e quindi meno evidente (**smoothing**).

Interpolazione bicubica



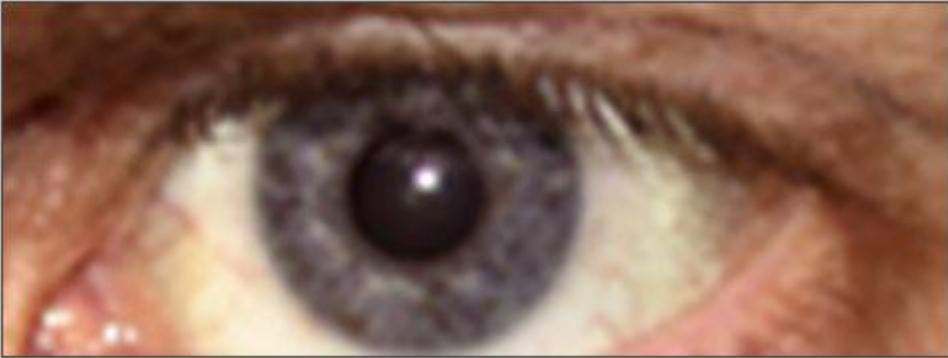
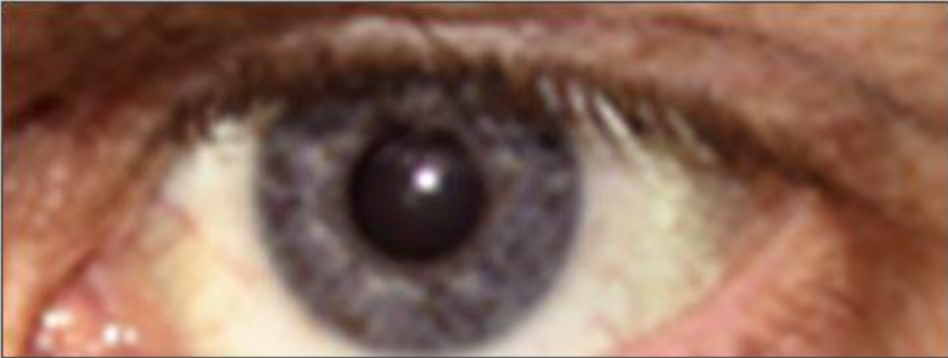
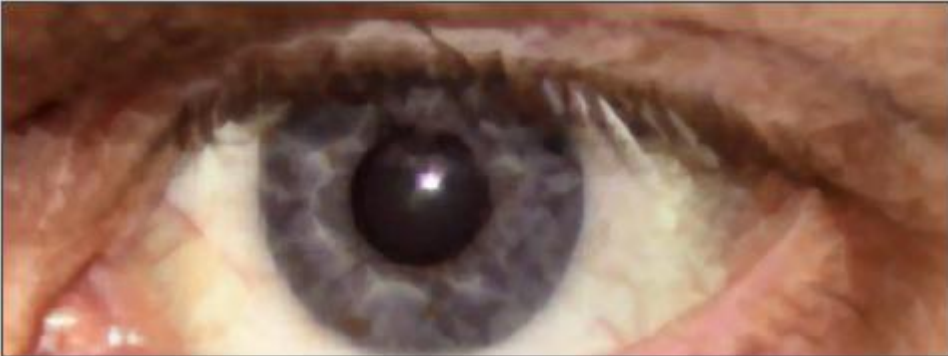
Questa tecnica è più sofisticata e genera bordi più lisci rispetto ai metodi di interpolazione precedenti, a fronte però di un calcolo computazionale più gravoso. Calcola il valore di ciascun pixel dell'immagine di output facendo la media dei 16 pixel che circondano il pixel di input.

È il metodo più comunemente usato dai software di fotoritocco, dai driver delle stampanti e dalle fotocamere digitali per visualizzare particolari ingranditi della scena ripresa. Nella realtà, l'interpolazione bicubica può portare talvolta a risultati peggiori rispetto a quella bilineare e molto dipende dall'immagine di input.

Interpolazione frattale

Questa tecnica è utile soprattutto per elevati rapporti di ingrandimento, come nel caso di stampe di grande formato. È in grado di riprodurre la forma degli oggetti nell'immagine di input in modo più

preciso rispetto al metodo di interpolazione bicubica, con bordi più nitidi e contrastati e meno aloni, a fronte di un calcolo computazionale gravoso.

Immagini interpolate	
Originale	
Interpolazione per replicazione	
Interpolazione bilineare	
Interpolazione bicubica	
Interpolazione frattale	

Risoluzione di acquisizione

Il parametro della risoluzione gioca un ruolo estremamente importante nel quadro complessivo della scansione. Espressa generalmente in **dpi (dot per inch, punti/pollice)**, la risoluzione massima a cui uno scanner può acquisire un determinato originale pone dei vincoli operativi derivanti dal massimo ingrandimento effettuabile. In altri termini, più l'immagine deve essere ingrandita e più pixel deve contenere per unità di lunghezza (pollici o centimetri). Per capire meglio l'importanza della risoluzione quando si parla di scanner, bisogna necessariamente ragionare in funzione del tipo di prodotto che si vuole ottenere: i tratti in bianco e nero, le mezzetinte, le selezioni a colori sono, infatti, immagini con caratteristiche diversificate che richiedono valutazioni operative differenti.

Nel caso di soggetti al tratto, che presentano solo livelli di bianco e livelli di nero, maggiore è la risoluzione in acquisizione e semplicemente migliore è la digitalizzazione dell'immagine. Risulta invece problematico capire quale sia il livello di risoluzione minimo per ottenere un buon risultato: con 600 dpi si ha una qualità discreta, a patto che l'originale da riprodurre non presenti dettagli finissimi.

Se lo scanner possiede una risoluzione elevata, superiore a 1200 punti/pollice, le basi per avere un buon tratto indubbiamente ci sono, anche se si presentano effetti collaterali di una certa consistenza: il tempo di scansione aumenta notevolmente al crescere della risoluzione di acquisizione, così come aumentano le dimensioni occupate dall'immagine memorizzata sul disco fisso, nonché quella della RAM necessaria a gestire, in tempi operativamente accettabili, l'intera operazione di scansione e fotoritocco.

Per quanto riguarda la gestione delle fotografie in bianco e nero ed a colori, bisogna tenere conto di altri fattori.

Il primo è la lineatura in uscita della fotounità o del plotter, in quanto influenza direttamente il corretto valore di acquisizione da utilizzare. Diverso è, infatti, acquisire in funzione di un'uscita a 30 linee/cm o di una a 60 linee/cm.

Il secondo è il livello qualitativo desiderato, suddivisibile in tre fasce: basso, medio ed alto, in funzione della qualità dell'originale e del prodotto finito, tenendo quindi conto del tipo di stampa adottato, della carta e dell'inchiostro utilizzati, ecc.

Il terzo è legato alla variazione dimensionale dell'originale rispetto alla riproduzione, in quanto l'ingrandimento e la riduzione comportano differenti problematiche.

Riassumendo, è possibile determinare il valore corretto di acquisizione dell'originale sulla base delle seguenti relazioni:

***Risoluzione scanner [dpi] in bassa qualità =
= lineatura fotounità (· 2,54 se espressa in linee/cm) ·
· fattore qualità (= 1,0) · fattore di ingrandimento***

***Risoluzione scanner [dpi] in media qualità =
= lineatura fotounità (· 2,54 se espressa in linee/cm) ·
· fattore qualità (= 1,5) · fattore di ingrandimento***

***Risoluzione scanner [dpi] in alta qualità =
= lineatura fotounità (· 2,54 se espressa in linee/cm) ·
· fattore qualità (= 2,0) · fattore di ingrandimento***

Il fattore di qualità massimo è quindi 2, ad indicare che comunque serve a ben poco acquisire un'immagine andando oltre questo parametro, poiché le dimensioni dell'immagine potrebbero eccedere le capacità di elaborazione delle normali macchine DTP. Viceversa, per fattori inferiori a 1, la qualità è completamente pregiudicata, in quanto la fotounità o il plotter non dispongono di dati sufficienti per ciascuna linea di retino. A questo proposito è utile notare che molti software che pilotano lo scanner si occupano essi stessi del calcolo relativo alla corretta risoluzione, in funzione dell'ingrandimento e della lineatura utile impostati dall'operatore.