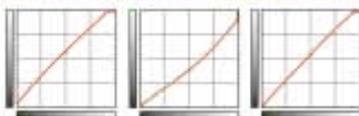


COME NASCE IL COLORE NEGLI STRUMENTI DIGITALI

Capire come si generano i colori è utile per intervenire sull'immagine. Vediamo quindi i diversi spazi di colore, in particolare HSB, RGB, CMYK.



ROSSO VERDE BLU

La disomogeneità del magenta (rosso e blu) dell'originale viene rimossa mettendo punti bianchi, neri e grigi in zone dove il magenta è predominante. Le curve caratteristiche mostrano come il rosso e il blu vengono alleggeriti rispetto al verde.



La maglietta della persona che suona il sassofono nella fotografia originale era viola. La maggior parte del magenta è stata eliminata e il cyan è stato alleggerito per simulare il blu denim.



È stato aggiunto magenta alla chitarra per farla sembrare più arancione, mentre nelle magliette rosse delle persone della fila posteriore il giallo è stato eliminato e il magenta è stato aumentato.

L'uso del colore nell'elaborazione delle immagini è divertente oltre che semplice, visto che tutti i programmi di fotoritocco per personal computer offrono una miriade di strumenti tramite i quali intervenire in modo più o meno pesante sugli attributi cromatici della nostra immagine. Talvolta l'utilizzo di tali strumenti può addirittura migliorare o 'salvare' alcune immagini che sarebbero altrimenti da scartare: entro certi limiti si può infatti recuperare qualche mezzo stop di sovra o sottoesposizione 'sfuggiti' in sede di ripresa, così come è possibile 'aggiustare' un'illuminazione troppo calda o troppo fredda anche dopo lo scatto.

È indubbio che l'uso del colore abbia delle forti valenze psicologiche nelle immagini che osserviamo, facendo talvolta la differenza tra un'immagine gradevole ed una appena passabile. E' quindi utile imparare a conoscere i limiti ed i modi di gestione nel mezzo digitale, che è così profondamente diverso da quello chimico, nella ge-

nesi e nel trattamento dei dati relativi ad esso.

Allo stesso modo è fondamentale comprendere come, malgrado tutte le questioni di gusto personale, vi siano situazioni in cui il colore deve rispettare certi canoni (sia estetici che tecnici) e, a tale scopo, deve poter essere sapientemente controllato da chi vi interviene.

HSB

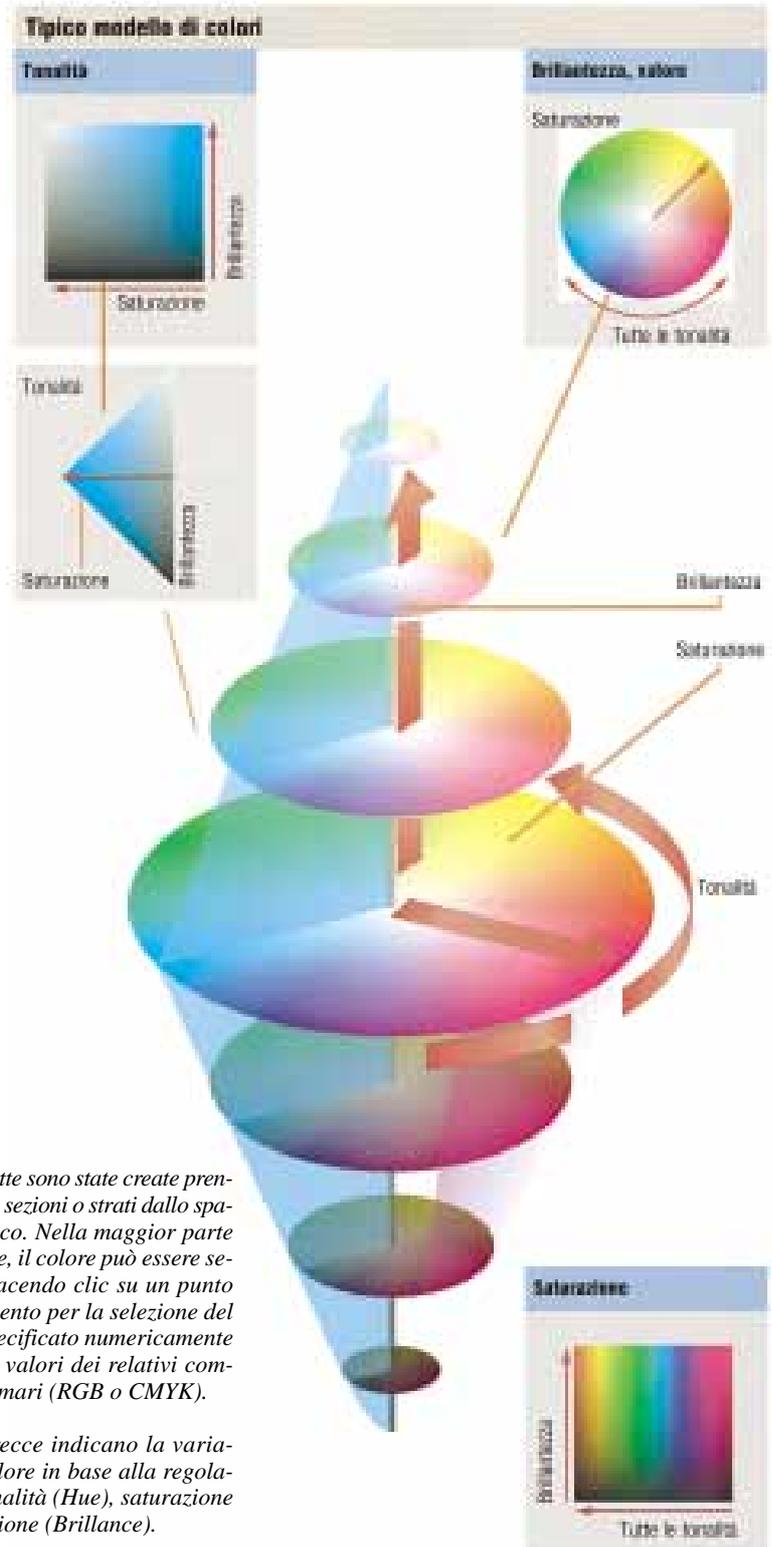
Vediamo come sia possibile iniziare a dare una definizione più o meno standard dei colori che ci si presentano; in altre parole cerchiamo un metodo che ci permetta, parlando con un ipotetico straniero, di spiegarli a quale colore ci riferiamo senza rischiare di dire giallo e fargli intendere blu. La definizione più comprensibile che sia possibile dare di un colore si avvale della codifica HSB, che è la medesima utilizzata in molti programmi di fotoritocco digitale, nonché in taluni ambiti della colorimetria. HSB è l'acronimo di Hue, Saturation e Brillance, termini che identificano rispettivamente la tinta, la saturazione e la luminosità del colore cui ci riferiamo.

È esperienza comune il riferirci ad un colore osservato con termini quali 'rosso chiaro' piuttosto che 'verde scuro'. Un po' meno frequente, ma comunque perfettamente comprensibile, è l'attributo 'saturato' riferito ad una tonalità cromatica.

La **tinta (Hue)** viene generalmente espressa in gradi, da 0° a 360°, riferendosi alla distribuzione dei colori sulla ruota cromatica, dove compaiono tutte le tinte generate dalla sintesi dei colori primari magenta, ciano e giallo oppure rosso, verde e blu. Va chiarito che questa duplice possibilità di intendere un colore come generato dalla sintesi di due diverse terne ha origine dalla possibilità di descrivere i colori attraverso la sintesi additiva (RGB ovvero rosso, verde e blu) o sottrattiva (CMY ovvero ciano, magenta e giallo).

La **saturazione** di un colore indica, tramite valori percentuali da 0% a 100%, l'ammontare della tinta di base rispetto al bianco. È ovvio che tutti i colori a saturazione 0% saranno dei grigi, comprendenti tra di essi gli estremi del bianco e del nero.

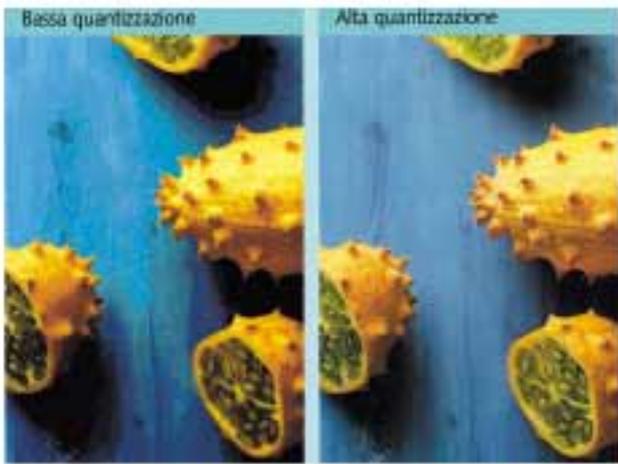
L'ultimo parametro, la **luminosità** o Brillance, identifica appunto l'apparente brillantezza del colore, da 0% a 100%, dove 0% corrisponde al nero e 100% al bianco. Abbiamo dunque trovato un metodo per ridurre un colore ad una terna di valori: lo stesso avviene in una fotocamera digitale o in un computer, sebbene con terne differenti, più adatte ad una rappresentazione oggettiva e digitale delle immagini. Più avanti vedremo esattamente come. Va considerato il fatto che, potendo disporre di una codifica numerica dei colori presenti nel-



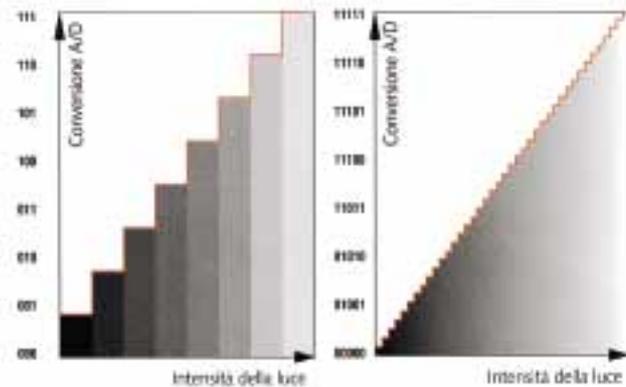
Queste palette sono state create prendendo varie sezioni o strati dallo spazio cromatico. Nella maggior parte delle palette, il colore può essere selezionato facendo clic su un punto nello strumento per la selezione del colore o specificato numericamente digitando i valori dei relativi componenti primari (RGB o CMYK).

Sotto: le frecce indicano la variazione di colore in base alla regolazione di tonalità (Hue), saturazione e illuminazione (Brillance).





L'aspetto di un 'omino' rappresentato su una griglia di 4x4 quadretti è molto più approssimativo rispetto a quello dello stesso soggetto disegnato utilizzando una base di 300x300 punti.



Qui le giunzioni tra le tonalità si possono vedere. Il termine quantizzazione viene spesso usato per 'criticare' la qualità, implicando passaggi digitali eccessivamente grandi che causano la posterizzazione. L'esposizione di un elemento del CCD alla luce produce un aumento corrispondente della carica elettrica all'interno dell'elemento. Il numero di livelli generati dal convertitore A/D dipende dalla sua struttura. Un convertitore a 3 bit limita l'intero gamut a 8 livelli di grigio, come mostrato.



La successione delle tre immagini indica il decadimento prestazionale dalla realtà, alla scansione, alla foto digitale.

l'immagine, scopriamo di avere a disposizione uno strumento che, nella gestione dei numeri, se la cava veramente bene: il personal computer. È questo un alleato della nostra fotocamera digitale, così come la camera oscura lo era, e lo è ancora, delle fotocamere tradizionali.

Dall'analogico al digitale

Dobbiamo ora capire quali possano essere le differenze nel trattamento dei dati colore in digitale rispetto alla tradizionale procedura chimica.

Quando riprendiamo un'immagine con una buona fotocamera, dotata di buone ottiche ed equipaggiata con una pellicola chimica di qualità, possiamo asserire che i colori riprodotti dalla nostra fotografia saranno, potenzialmente, tanti quanti l'occhio umano ne può percepire. In base alla pellicola che utilizziamo, a seconda della sua qualità e sensibilità, potremo inoltre notare o meno i granuli di argento che ne costituiscono la

parte sensibile, e che saranno tanto più visibili quanto più andremo ad ingrandire il negativo originale. Se ora andiamo a scansionare il nostro originale potremo notare che, sempre proporzionalmente alla qualità dei materiali e degli strumenti che abbiamo utilizzato, la qualità finale della foto ottenuta avrà subito una certa riduzione. Questo vale sia per ciò che riguarda la definizione dei dettagli più piccoli, sia per ciò che concerne le transizioni di colore ed il colore stesso. I passaggi da un colore all'altro potrebbero risultare meno fluidi, i colori più smorti o comunque diversi e la definizione dei particolari potrebbe risentirne in modo drastico.

Questo effetto può anche verificarsi quando andiamo ad effettuare una ripresa con una fotocamera o una videocamera digitali. Va notato però che nel caso si parli di videocamera, la diminuzione della qualità generale è in genere 'nascosta' dal continuo movimento delle immagini video, che non

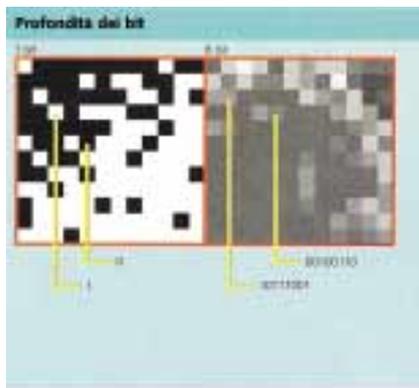
permette un'analisi statica di un dettaglio o di una sfumatura di colore, impedendo in tal modo di notare delle grosse anomalie nel flusso di fotogrammi.

Il motivo di questo decadimento prestazionale è dovuto al fatto che gli apparecchi digitali (scanner o fotocamere che siano) hanno la necessità di trasformare i dati colore e grafici in numeri per poterli gestire ed è quindi necessario approssimare gli infiniti punti dello spazio e le infinite sfumature di colore della realtà ad un qualche numero intero gestibile dal calcolatore. Molto tecnicamente i processi che permettono questa approssimazione vengono detti campionatura e quantizzazione.

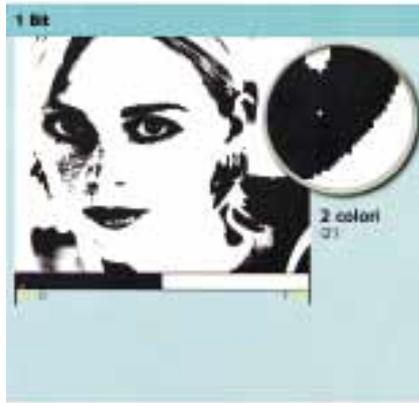
La campionatura

Si può facilmente intuire come, avendo a disposizione una grande quantità di numeri per definire i dettagli o i colori di una scena, essa non potrà che risultare più realistica, essendo sempre meno visibile lo

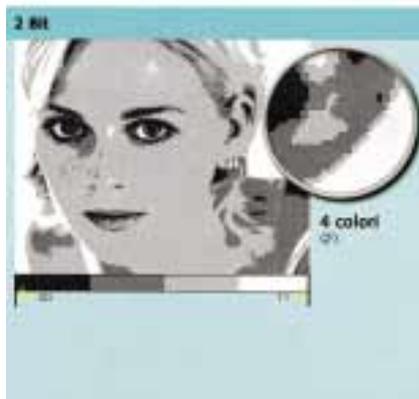
Maggiore è il numero di bit usati e maggiore è il numero di colori diversi che possono essere memorizzati dal computer.



Un pixel descritto da un solo bit può essere uno solo tra due colori, nero o bianco. Man mano che si aggiungono bit, il numero di colori che possono essere descritti aumenta in modo esponenziale.



Una profondità di 2 bit aggiunge due tonalità al nero e al bianco, per un totale di 4 livelli.



'stacco' presente tra un colore ed un altro o tra un punto e l'altro. Le immagini digitali generate da fotocamere, scanner e videocamere vengono descritte qualitativamente in termini di risoluzione e profondità di bit colore, altrimenti detta profondità di pixel.

Si può immaginare di dover rappresentare un uomo su un foglio a quadretti, riempiendo completamente ogni quadretto o lasciandolo vuoto: se abbiamo un foglio di 4x4 quadretti sarà difficile dare l'idea di una persona, a differenza del caso in cui avessimo a disposizione una superficie di 300x300 riquadri. In questo caso la risoluzione del nostro foglio ci permetterebbe la rappresentazione del nostro omino.

Allo stesso modo una scritta giallo scuro su sfondo giallo limone risulta impossibile da tracciare avendo a disposizione una sola matita gialla. Un solo colore è in tal caso una profondità di colore insufficiente per il nostro scopo. È stato fatto riferimento

ai termini bit e pixel ed è forse il caso di chiarire finalmente questi concetti.

Il computer, e quindi anche le fotocamere digitali, 'pensa' in termini di bit (binary digits), cioè di cifre binarie 0 e 1. Tutti i dati che un computer sa gestire, di qualsiasi tipo, sono un ammasso monotono di zeri ed uni, che all'elaboratore piacciono molto. Ogni bit può dunque assumere solo due valori: 0 oppure 1 che, a livello dell'elettronica del personal computer equivalgono grossomodo a piccoli interruttori accesi o spenti. Se pensiamo allo 0 come al nero e al bianco come 1, abbiamo un modo per rappresentare sullo schermo delle immagini composte solo di due colori: dove l'immagine è bianca scriviamo 1 e dove è nera scriviamo 0. Diremo in questo caso che la nostra immagine ha una profondità colore di un bit, poiché ogni singolo punto dell'immagine può essere descritto tramite un solo bit di valore 0 o 1 (bianco o nero). Se vogliamo utilizzare due bit (cioè

numeri composti da due cifre binarie) per descrivere il colore di un pixel, dobbiamo vedere quante possibili combinazioni di zeri e di uni si possono ottenere utilizzando questi due bit: esse sono 00, 01, 10 e 11 cioè quattro in tutto, ovvero 2 elevato alla 2. È infatti la stessa cosa che facciamo contando, solo che noi utilizziamo le dieci cifre da 0 a 9, riuscendo così a contare 100 numeri con l'uso di due cifre: 10 elevato alla 2 fa infatti 100. In tal modo è possibile calcolare a quanti colori corrispondono i vari bit di rappresentazione.

A 3 bit equivarranno dunque otto colori, a 4 bit sedici colori e a 24 bit oltre sedici milioni di colori.

Il numero dei bit colore gestibile è molto spesso utilizzato come termine di qualità per i vari dispositivi digitali, ma non va scordato che dobbiamo sempre avere presente l'uso che vogliamo fare di tali apparecchi, oltre al fatto che una cosa è il numero di colori rappresentabile e cosa ben

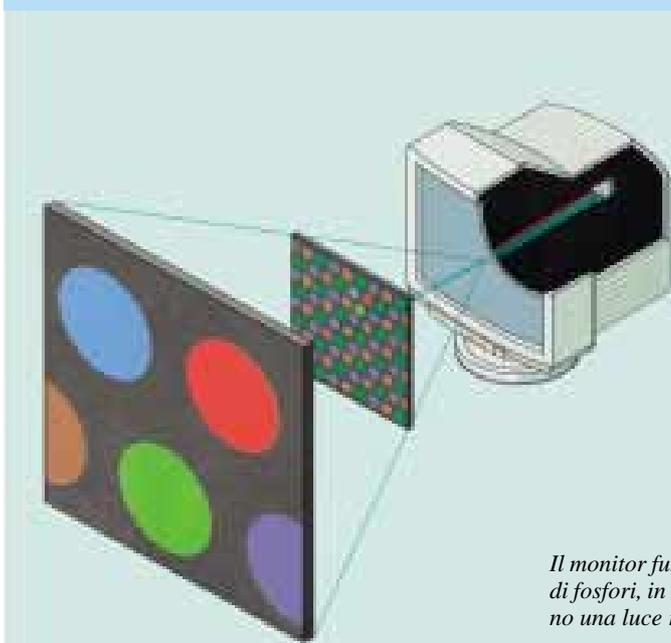


IL SISTEMA ADDITIVO



Nel sistema additivo le luci rossa, verde e blu si sommano creando gli altri colori. La combinazione al 100% dei tre colori primari genera la luce bianca.

COLORI SULLO SCHERMO



Il monitor funziona eccitando tre tipi di fosfori, in modo che questi emettano una luce rossa, verde e blu.

diversa è la fedeltà con cui lo strumento trasporta i colori dalla realtà all'elaboratore.

Anche per ciò che riguarda la risoluzione, una corrispondenza simile può riscontrarsi tra il numero di bit con cui l'elaboratore è in grado di gestire i dati ed il numero di punti (pixel) visualizzabili sullo schermo. Quest'ultimo aspetto è però più complesso ed implica ulteriori parti hardware per cui verrà accennato alla risoluzione in termini più sintetici più avanti.

Altri spazi colore

Ci torna ora utile il discorso fatto sulla possibilità di dare ad un colore una descrizione

tramite tre valori distinti, tre coordinate. Abbiamo citato lo spazio colore HSB, molto utilizzato nei programmi di fotoritocco, ma meno congeniale all'elaboratore rispetto ad un altro spazio: il modello RGB. Nella stragrande maggioranza dei casi, infatti, i personal computer immagazzinano i dati delle immagini come una serie uniforme di valori che si riferiscono alla quantità di rosso, verde e blu presente in ogni singolo pixel dell'immagine. Essi pensano dunque ad un colore come ad una sintesi dei tre primari additivi, ai quali è già stato fatto già riferimento prima. Le fotocamere digitali ed i monitor misce-

lano le tre componenti cromatiche primarie per ottenere tutte le possibili tinte generabili dalla loro unione: il modello HSB è quindi solo un passo in più fatto dal programma di fotoritocco al fine di dare all'utente una descrizione alternativa della tonalità voluta.

Da quanto detto sinora si può evincere che, se il totale dei colori che la nostra fotocamera è in grado di visualizzare corrisponde a 24 bit colore, ovvero oltre 16 milioni di colori, dovremo dividere questi 24 bit nei tre canali principali (rosso, verde e blu, ovvero Red, Green, Blu: RGB) ottenendo per ogni canale 8 bit disponibili, ovvero 256 tonalità di quel colore (2 elevato alla 8). È questo il motivo per cui nei software dedicati alla grafica si può molto spesso trovare il controllo dei primari espresso come indice che va da 0 a 255 per ognuno dei tre colori.

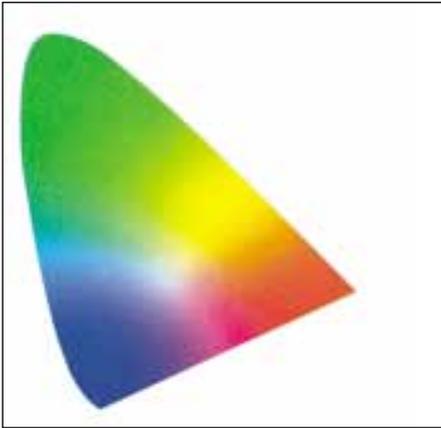
Un valore pari a 0 per un dato canale indica che il colore risultante non contiene nessuna parte di quel primario: per esempio un viola puro avrà il valore del canale verde sicuramente a 0, visto che è generato miscelando solamente rosso e blu. Può comunque essere interessante riflettere sul fatto che, malgrado abbiamo a disposizione 16 milioni di colori, saremo in grado di 'creare' solo 256 tonalità di rosso puro (nero...rosso scuro...rosso chiaro...rosa...bianco), non essendo possibile destinare i bit non utilizzati dagli altri canali al solo canale di interesse.

Allo stesso modo, se decidiamo di utilizzare per la nostra immagine la sola scala dei grigi, che non corrisponde ad altro che all'equivalente del canale Brillanza dell'HSB, potremo usufruire di sole 256 sfumature di grigio su di un computer che lavora con 24 bit colore.

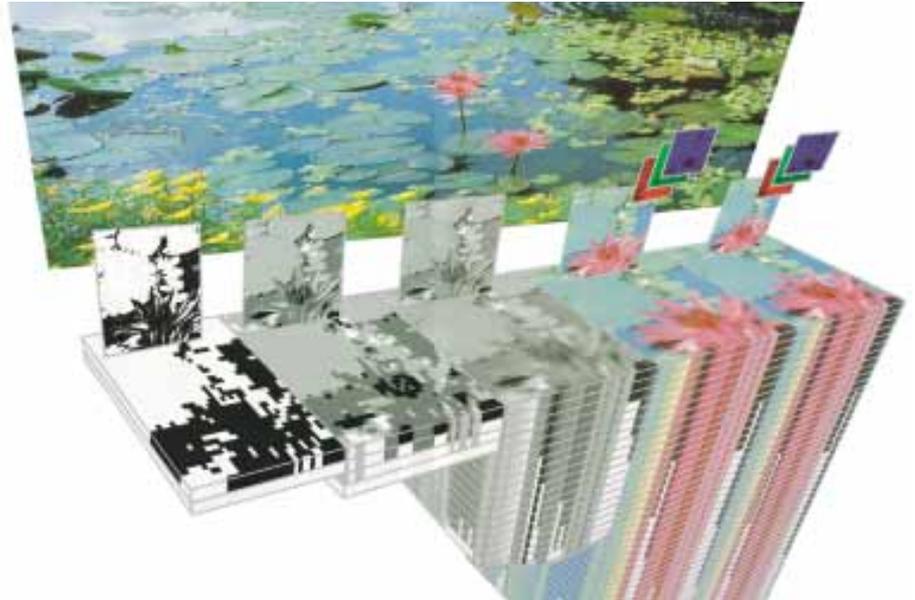
Quanto detto finora si riferisce al modo in cui il computer o la fotocamera digitale gestiscono i dati colore. Ben diversa è la tecnica utilizzata per racchiudere le immagini nei file che siamo abituati a vedere salvati sul nostro PC. Sebbene più avanti verremo a contatto più specificamente col problema del salvataggio dei dati, è bene accennare a qualche particolare.

I formati di file che maggiormente rispettano la codifica RGB utilizzata dall'elaboratore sono i formati bitmap: a mappa di bit. Essi si basano sull'elencazione esaustiva delle componenti RGB di ogni singolo punto dell'immagine. I file generati da essi sono molto dettagliati, ma estremamente ingombranti.

Una ulteriore possibilità, al fine di utilizzare meno bit per descrivere i dati colore di un'immagine, può essere quella di decidere a priori i colori che verranno maggiormente utilizzati nell'immagine, per esempio 256 colori, di memorizzare la tabella che contiene la solita codifica a 24



Il nostro sistema visivo è molto più sensibile agli stimoli colore di composizione giallo-verde.



bit dei 256 colori in memoria e quindi di riferirsi a questa tabella con indici che vanno da 0 a 255 ogni volta che ci occorrerà un colore di questa tavolozza virtuale. Tale metodo prende il nome di 'color lookup table' ed il sistema che ne fa uso prende il nome di 'indexed color'.

Questo metodo è utilizzato dalla codifica delle immagini GIF, ampiamente utilizzata nel web: di contro vi è, in tale caso, l'eventualità che, se fosse necessario inserire nello stesso contesto più immagini diverse, la tavolozza andrebbe decisa mediando le necessità delle varie immagini, cosa non sempre facile da realizzarsi. Altri metodi per il salvataggio delle immagini verranno esaminati oltre.

Attualmente la codifica delle immagini digitali viene sempre più spesso eseguita tramite l'utilizzo di 24 bit colore, se non anche di 32 bit, essendo praticamente tutti i monitor in grado di supportare tale profondità colore ed essendo ormai scesi drasticamente i prezzi delle schede video true-color, che sono in pratica uno standard nella dotazione di serie di qualsiasi elaboratore sul mercato. Una nota interessante riguarda il fatto che, nel caso di utilizzo di una profondità colore di 16 bit, vengono destinati dall'elaboratore 5 bit ai canali rosso e blu mentre al canale verde ne sono assegnati 6. Questo avviene poiché il nostro sistema visivo è molto più sensibile agli stimoli colore di composizione giallo-verde che non agli altri.

Fino a questo punto abbiamo accennato praticamente ai soli metodi RGB e HSB per la descrizione delle immagini. Basti pensare alle stampanti ink-jet che creano le sfumature utilizzando colori primari differenti, ciano, magenta, giallo, con l'aggiunta del nero.

Vi sono poi altri metodi che vengono utilizzati a seconda del dispositivo di visualizzazione.



Sistema di numeri binari.

I computer digitali usano milioni di interruttori elettronici collegati per eseguire calcoli ed elaborare tutti i dati. Ciascun interruttore può essere ON oppure OFF e rappresenta rispettivamente il valore di uno o zero. Per eseguire i calcoli con numero uno e zero si deve utilizzare il sistema binario. Con il sistema decimale standard, ogni cifra aumenta da zero a nove prima di tornare allo zero e di incrementare la cifra a sinistra (09 diventa 10). Le cifre binarie, detti bit, aumentano solo da zero a uno prima che la cifra successiva venga incrementata. Un numero binario a 2 bit (2²) ha solo quattro valori possibili: 00,01,10,11 (che rappresentano 0, 1, 2, e 3 in valori decimali). Un numero binario a 8 bit (2⁸) fornisce 256 valori diversi.

Mappe di bit e dimensioni dei file.

Dimensioni, risoluzione, profondità dei bit e tipo di colore influenzano le dimensioni del file digitale di un'immagine e determinano lo spazio su disco necessario per memorizzarlo. Le dimensioni del file sono anche in stretto rapporto con il tempo di calcolo usato dal processore del computer durante la riproduzione dell'immagine. Se la risoluzione di un'immagine viene raddoppiata, le dimensioni del file vengono quadruplicate, poiché il numero di pixel raddoppia sia in larghezza che in altezza. Un file CMYK a 32 bit ha una dimensione 32 volte superiore a una versione al tratto a 1 bit della stessa immagine.

I file di immagini digitali possono usare da 1 a 48 o più bit per memorizzare il colore per ciascun pixel dell'immagine. Quando un file di immagini si basa su più di 24 bit per pixel, qualche software può sfruttare le informazioni supplementari per determinare quali sono i colori che appaiono con maggior frequenza e quindi usare i colori più importanti quando avviene la riduzione a 24 bit dei dati. Una procedura simile viene completata quando l'immagine a colori viene visualizzata su un monitor che non è in grado di gestire l'intero gamut di colori del file di immagini. In questo caso, il monitor deve fare affidamento sul colore indicizzato per creare una palette personalizzata usando un numero inferiore di bit per pixel.

I disegni di questo articolo sono tratti dai manuali Agfa e disponibili in Foto-libreria .

Il disegno mostra la differente possibilità cromatica di dispositivi che operano con geni cromatica differente.

SORGENTI DI LUCE



LA REALTÀ



IL MONITOR



LA STAMPA

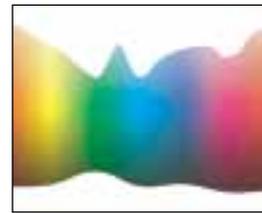
GAMMA CROMATICA



Lo spettro effettivo della luce è composto da milioni e milioni di colori.



Un monitor a colori è in grado di visualizzare oltre 16 milioni di colori.



Molti colori creati per rifrazione della luce attraverso uno schermo non possono essere riprodotti combinando inchiostri sulla carta. Allo stesso modo, molti colori CMYK o di processo non possono essere mostrati nello spazio RGB.

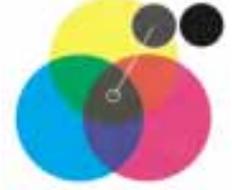
COMPONENTI



Lo spettro visibile è composto da molti milioni di colori, non tutti visibili a occhio nudo.



I colori visualizzati sui terminali dei computer sono composti da fosfori rossi, verdi e blu che, insieme, generano la luce bianca.



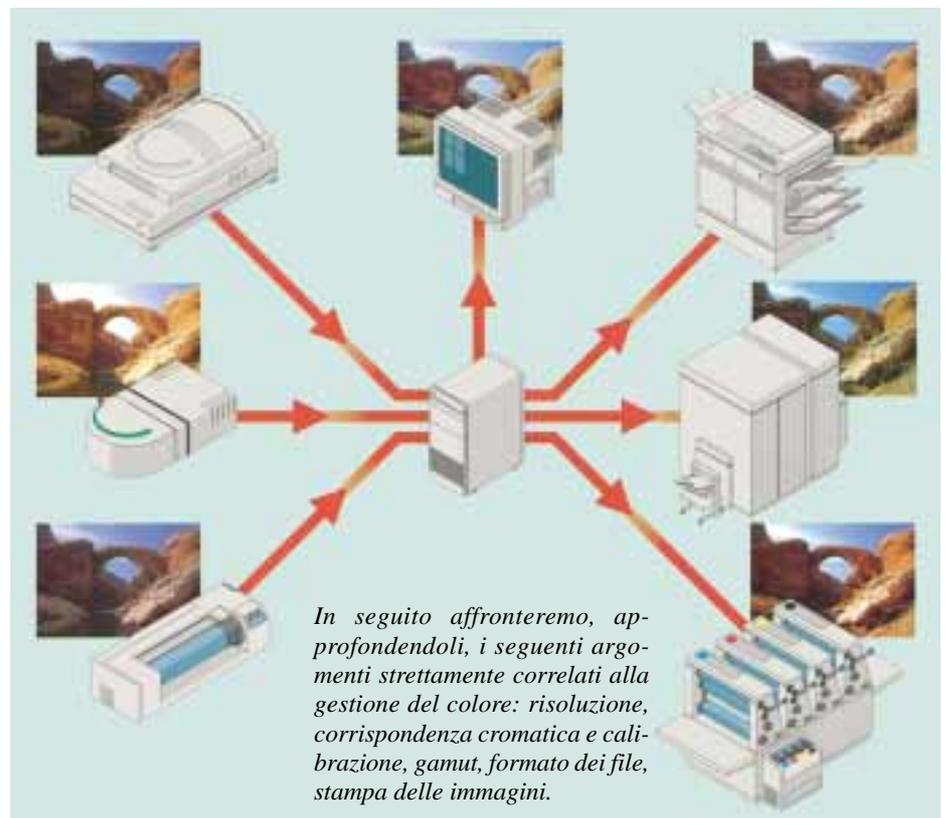
I componenti del colore per la stampa sono il ciano, il giallo e il magenta. Il nero viene aggiunto per accentuare le ombre e come nero puro per caratteri e tratti.

lizzazione verso cui il colore definito è diretto. Modelli colore utilizzati, o meglio spazi colore, sono il CIELuv, il CIELab, il CIEXyz, HSV, HSI e l'Ac1c2 oltre agli standard utilizzati dalla televisione PAL o SECAM.

Il solo accennare a questo insieme di vari modelli per la gestione del colore ci porta inevitabilmente ad una considerazione. Al giorno d'oggi siamo ormai abituati a trattare con una miriade di mezzi d'informazione. Allo stesso modo siamo assuefatti all'idea di poter trasferire immagini, suoni o quant'altro da un sistema di informazione, o media, all'altro: è quasi normale pensare di videoregistrare un film d'animazione senza considerare che esso è nato su carta, dipinto magari a pennello, fotografato su pellicola, scansionato, trasmesso via satellite, videoregistrato su nastro magnetico e forse riacquisito tramite personal computer.

Ma come facciamo a sapere se, in tutti questi passaggi di mezzo (e anche di spazio colore), esso sia giunto a noi come era stato pensato? Questo annoso problema della corrispondenza cromatica tra i dispositivi di visualizzazione riguarda anche chi si interessa di fotografia digitale, visto che sulle nostre scrivanie è facile che siano ormai presenti, oltre alla onnipresente stampante ink-jet, uno scanner e forse una fotocamera digitale. Sarà certo capitato a molti di riprendere una scena con la digitale e vederla con tonalità diverse sullo schermo, per poi avere un'immagine naïf stampata dalla ink-jet

Eugenio G. Tursi
(3-Continua)



In seguito affronteremo, approfondendoli, i seguenti argomenti strettamente correlati alla gestione del colore: risoluzione, corrispondenza cromatica e calibrazione, gamut, formato dei file, stampa delle immagini.