

Le immagini digitali



© Prof. Andrea Pizzirani

Le immagini digitali

Le immagini digitali sono tutte quelle immagini che possono essere scritte come una sequenza di bit e salvate come file digitale alla stessa stregua di un file di testo o un file musicale.

Queste immagini possono essere generate da strumenti come **scanner**, **videocamere** o **fotocamere digitali** oppure prodotte con **software** specifici. Possono essere visualizzate attraverso **monitor** o **display** oppure stampate. Possono inoltre essere salvate su **supporti ottici** o **magnetici**.

Esistono 2 tipi di immagini digitali:

- immagini **bitmap**;
- immagini **vettoriali**.



Immagine bitmap



Immagine vettoriale

≤ 1 ≥

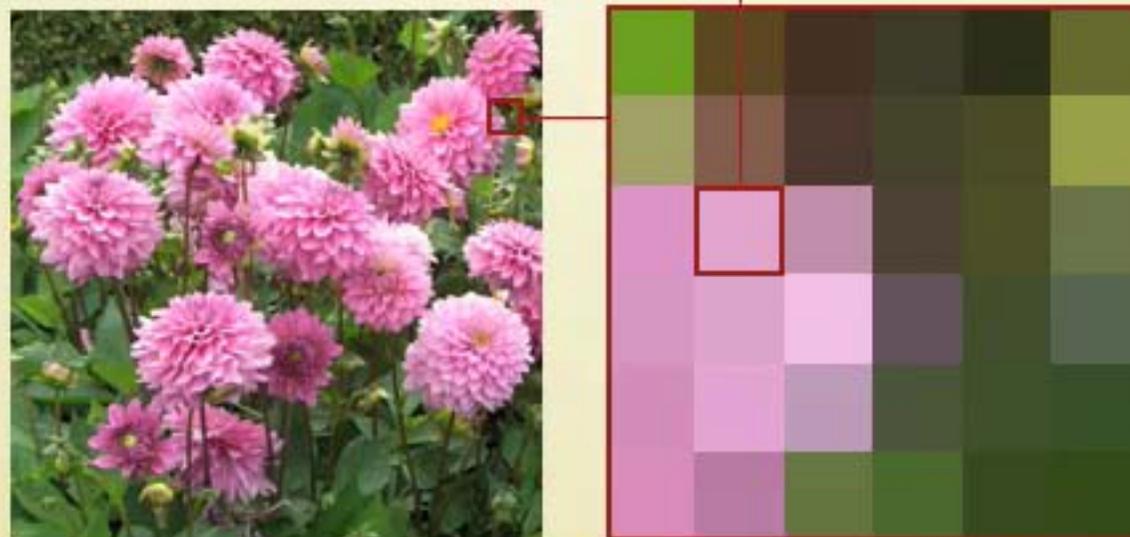
Le immagini bitmap

Le **immagini bitmap** (o *immagini raster*), sono definite da un mosaico (mappa di bit) di piccoli rettangolini (generalmente quadratini) detti **pixel** (*Picture Element*).

A ciascun pixel corrispondono un valore cromatico e due coordinate spaziali.

Quattro sono i parametri che differenziano le immagini digitali di tipo bitmap tra loro:

- **dimensioni,**
- **risoluzione,**
- **profondità di colore,**
- **formato.**



Le immagini bitmap

Dimensioni

Le dimensioni assolute di un'immagine bitmap dipendono direttamente dalle dimensioni e dal numero dei pixel che la compongono lungo l'altezza e la larghezza.

Le dimensioni si esprimono con una qualsiasi unità di misura lineare: in millimetri (**mm**), centimetri (**cm**) o pollici (**inch**).

Spesso le dimensioni vengono espresse anche in numero di pixel (ad esempio 800x600). In questo caso però sarebbe necessario conoscere la dimensione di ogni pixel, valore che non è dato sapere se non si conosce la risoluzione dell'immagine, cioè quel parametro che definisce il numero di pixel per unità di lunghezza lineare.

Le immagini bitmap

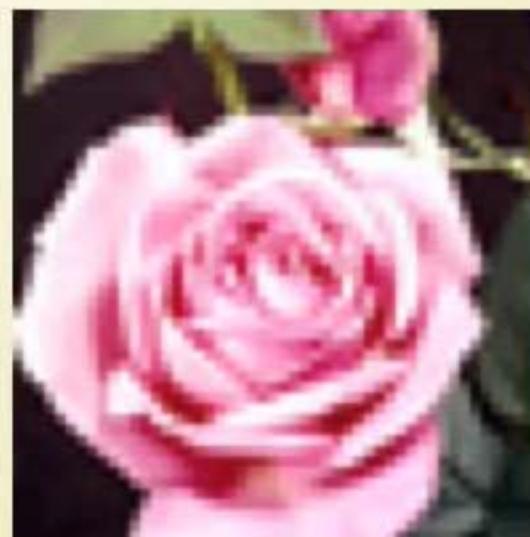
Risoluzione

Per risoluzione di un'immagine bitmap si intende il **numero di pixel presenti per ogni pollice lineare** (quindi sia in altezza che in larghezza) e si esprime con la notazione **ppi** (*pixels x inch*).

La risoluzione determina il dettaglio dell'immagine: maggiore è la risoluzione, migliore è la qualità dell'immagine (e maggiore il suo peso); un elevato numero di pixel permette di riprodurre maggiori dettagli e sfumature di colore migliori.



Dimensione = 1 Inch x 1 Inch
Risoluzione = 200 ppi
Pixel totali = 40.000



Dimensione = 1 Inch x 1 Inch
Risoluzione = 50 ppi
Pixel totali = 2.500

Le immagini bitmap

Risoluzione

Dimensione e risoluzione sono quantità legate da **proporzionalità inversa**; un'immagine ad alta risoluzione contiene pixel più piccoli e in maggior numero rispetto ad un'immagine delle stesse dimensioni ma con risoluzione inferiore.

Se non si desidera modificare questo rapporto, aumentando le dimensioni di un'immagine la sua risoluzione diminuisce e viceversa.

In tal caso l'immagine non viene alterata e il peso del file non muta.

Se invece si desidera modificare questo rapporto è necessario **ricampionare** l'immagine, cioè variare uno dei parametri tenendo fisso l'altro.

In tal caso l'immagine viene alterata e il peso del file aumenta o diminuisce a seconda che si aumenti o si diminuisca uno dei due parametri.

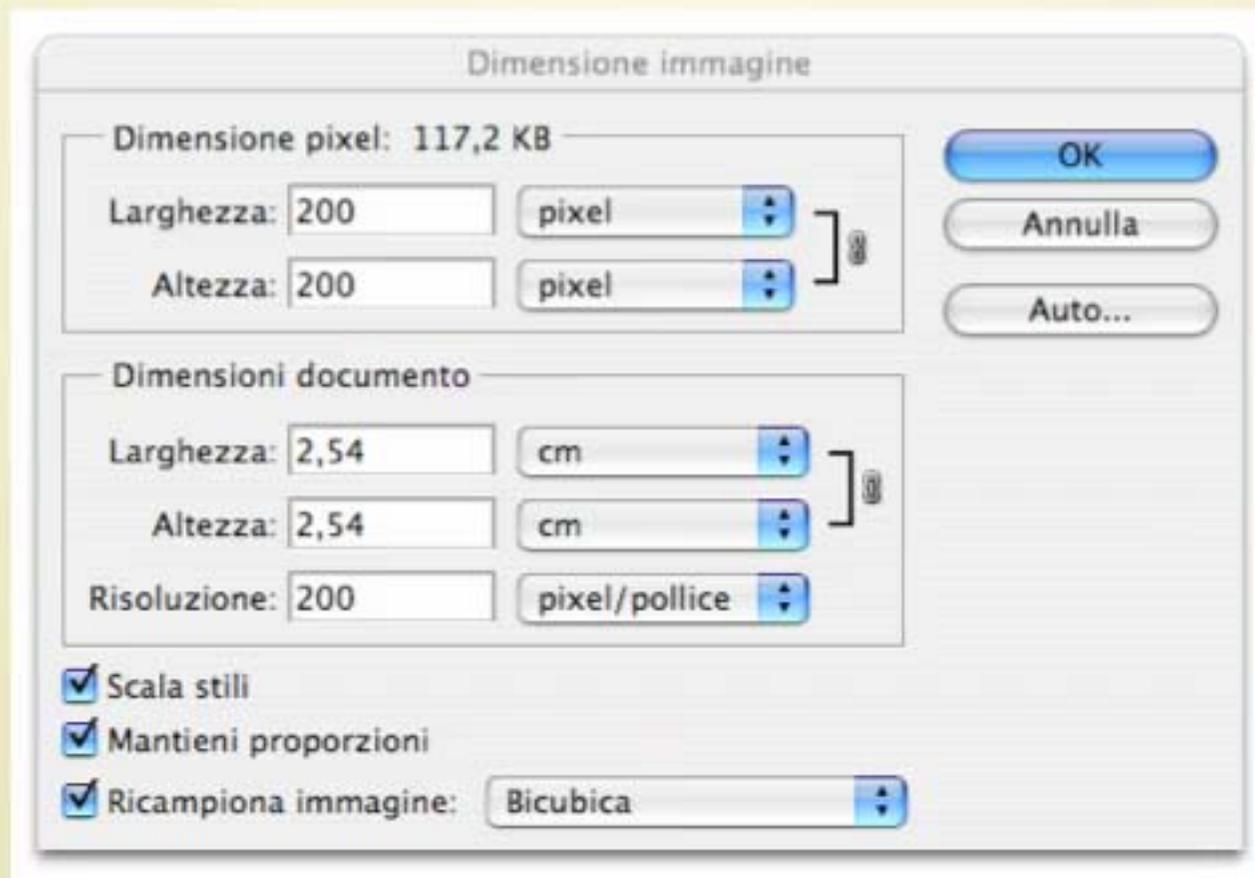
Bisogna comunque tener presente che ha poco senso aumentare la risoluzione di un'immagine bitmap tenendo fisse le sue dimensioni poiché tale operazione non aggiungerebbe dettaglio fotografico ma avrebbe come unico risultato quello di incrementare il peso del file. Lo stesso accadrebbe aumentando le dimensioni tenendo fissa la risoluzione.

Nel decidere la risoluzione migliore con cui salvare un'immagine digitale, è necessario considerare il dispositivo di output al quale è destinata: più bassa per le immagini destinate alla visualizzazione a monitor, più alta per quelle destinate alla stampa, come si vedrà in seguito.

Le immagini bitmap

Risoluzione

I programmi di fotoritocco permettono di gestire dimensioni e risoluzione attraverso semplici strumenti.



La finestra «Dimensione Immagine» di Photoshop® CS2

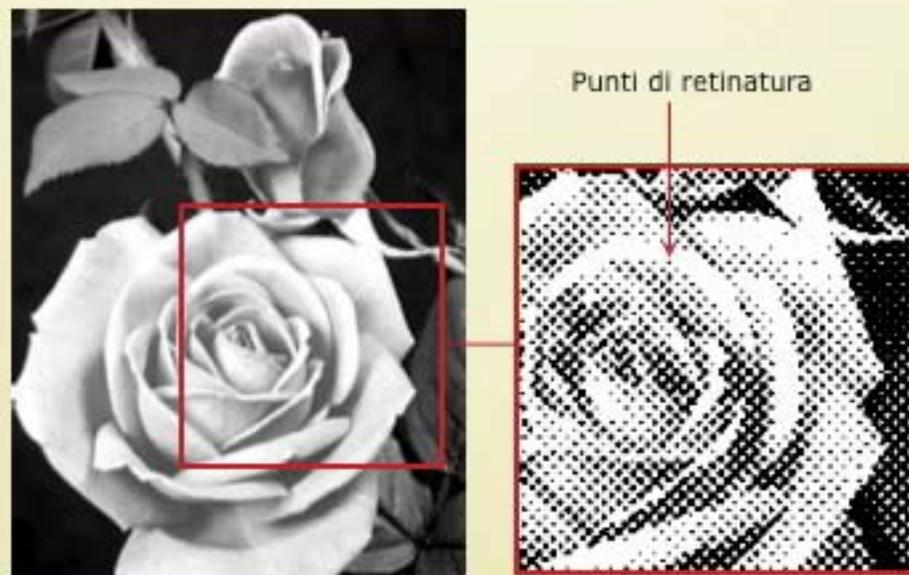
Le immagini bitmap

Risoluzione

La risoluzione di un'immagine bitmap può essere espressa anche in punti per pollice lineare o **dpi** (*dots x inch*). In tal caso ci si riferisce alla risoluzione di stampa.

Le immagini visualizzate a video sono a tono continuo, cioè mostrano passaggio graduale e continuo tra valori di grigio o colori adiacenti poiché, come si vedrà in seguito, possono avvalersi di oltre 16 milioni di colori o di sfumature.

Le stampanti non sono in grado di riprodurre il tono continuo, poiché utilizzano un numero limitato di inchiostri: generalmente 1 (nero) o 4 (CMYK). Per questo motivo, per creare l'illusione del tono continuo, in fase di stampa si ricorre al processo di **retinatura**, vale a dire alla scomposizione dell'immagine in tanti piccoli punti.



Le immagini bitmap

Risoluzione

Le stampanti quindi stampano punti di inchiostro sulla carta che saranno tanto più piccoli e frequenti quanto maggiore sarà la risoluzione della stampante. La risoluzione di una stampante esprime la sua capacità di stampare un certo numero di punti per pollice lineare, più essa è elevata, maggiore sarà la qualità dell'immagine stampata. Non esiste alcun rapporto diretto tra il pixel dell'immagine digitale e il punto di stampa.

Due sono le principali soluzioni adottate per la retinatura delle immagini destinate alla stampa:

- la **retinatura digitale AM** (*Amplitude Moderated screening*)
- la **retinatura a modulazione di frequenza FM** (*Frequency Modulated screening*).

La prima consiste nella scomposizione dell'immagine in punti discreti di dimensioni variabili che vengono stampati su posizioni fisse, secondo una *griglia di retinatura*. La seconda consiste nella scomposizione dell'immagine in punti discreti di dimensioni fisse che vengono stampati su posizioni casuali gestite via software. La caratteristica principale di una retinatura ben eseguita deve essere la sua invisibilità.

La risoluzione delle stampanti desktop varia dai **300** ai **600** dpi, la risoluzione dei dispositivi di stampa professionale possono arrivare a **1200 ÷ 2400** dpi e oltre.

Un'immagine digitale di tipo bitmap destinata alla stampa dovrebbe avere una risoluzione di almeno 300 ppi e comunque non meno di 150 ppi.

Le immagini bitmap

Risoluzione

Se un'immagine è destinata alla sola visualizzazione video (internet, supporto multimediale) è sufficiente che la sua risoluzione corrisponda a quella tipica dei monitor: **72** o **96** ppi.

Per risoluzione di un monitor si intende il numero di pixel per pollice lineare presenti sullo schermo, 72 ppi per Macintosh, 96 ppi per PC.

Spesso per risoluzione del monitor si intende anche il numero di pixel visualizzati sullo schermo orizzontalmente e verticalmente contemporaneamente. La risoluzione dipende quindi dalle dimensioni dello schermo e dalle sue impostazioni in pixel, per esempio un comune monitor da 13 pollici è definito da 640 pixel in orizzontale x 480 pixel in verticale.

Dimensioni e risoluzione dell'immagine e risoluzione del monitor sono variabili da cui dipende la modalità di visualizzazione a schermo di un file bitmap. Un'immagine con dimensione 640x480 pixel a 72 punti di risoluzione riempie completamente un video 640x480, la stessa immagine riempirebbe comunque un monitor più grande con le stesse impostazioni in pixel di 640x480, ma i pixel apparirebbero più grandi; un'immagine con dimensione 640x480 pixel a 144 punti di risoluzione occuperebbe uno spazio quattro volte più grande (doppio sia in altezza che in larghezza) su un video 640x480.

Le immagini bitmap

Profondità di colore

La profondità di colore (detta anche *profondità di bit*) si esprime in **bit** e, oltre a determinare il «peso» del file, definisce il numero massimo di sfumature (intervallo dinamico) o di colori che esso può assumere (espresso in potenza di 2).

I tipi di immagine più diffusi sono:

- bitmap o **al tratto**
 - a **mezzatinta** e in **scala di colore**
 - ad elevato numero di colori
 - su più canali **RGB**
 - su più canali **CMYK**
- 1 bit → $2^1 = 2$ colori
 - 8 bit → $2^8 = 256$ colori
 - 16 bit → $2^{16} = 65.536$ colori
 - 24 bit → $2^{8 \times 3} = 2^{24} = 16,7... \text{ milioni di colori}$
 - 32 bit → $2^{8 \times 4} = 2^{32}$



al tratto



a mezzatinta



in scala di colore



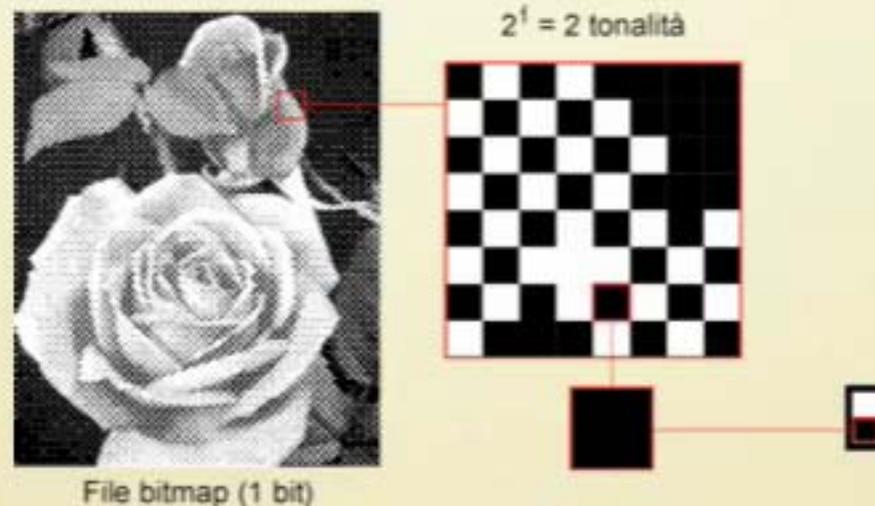
RGB

Le immagini bitmap

Profondità di colore

Le immagini a **1 bit** sono dette anche immagini **al tratto** o **bitmap** (*sensu stricto*).
Possono assumere soltanto **2 colori**, generalmente bianco e nero, ma anche 2 colori qualsiasi.

Sono file dal peso contenuto adatti a rappresentare immagini senza sfumature.



Le immagini bitmap

Profondità di colore

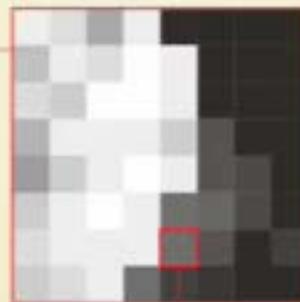
Le immagini **8 bit** possono essere di due tipi: a **mezzatinta** e in **scala di colore**.

Le immagini a mezzatinta contengono **256 sfumature** di uno stesso colore (tipicamente 256 livelli di grigio, ma anche 256 sfumature di un qualsiasi altro colore).

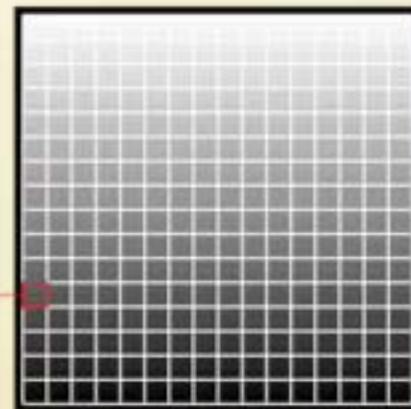
Sono file che pesano 8 volte più dei corrispondenti file al tratto e sono adatti per rappresentare immagini con sfumature di uno stesso colore.



File in scala di grigi (8 bit)



$2^8 = 256$ tonalità

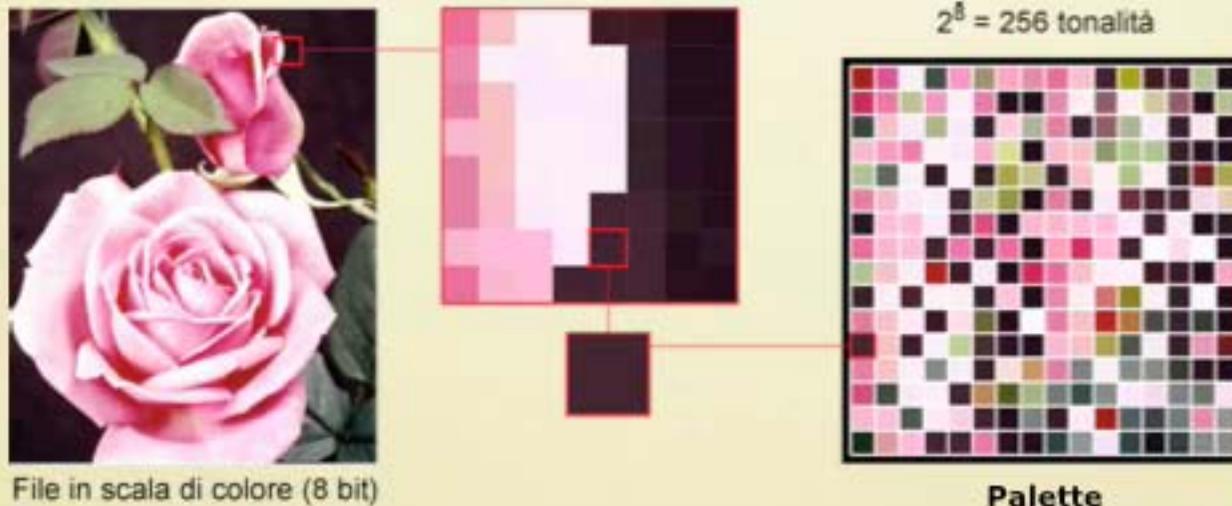


Le immagini bitmap

Profondità di colore

Le immagini in scala di colore contengono **256 colori** di qualsiasi tonalità, definiti in una specifica **palette**.

Sono file che pesano 8 volte più dei corrispondenti file al tratto e sono adatti per rappresentare immagini a colori piatti o con un limitato numero di sfumature.



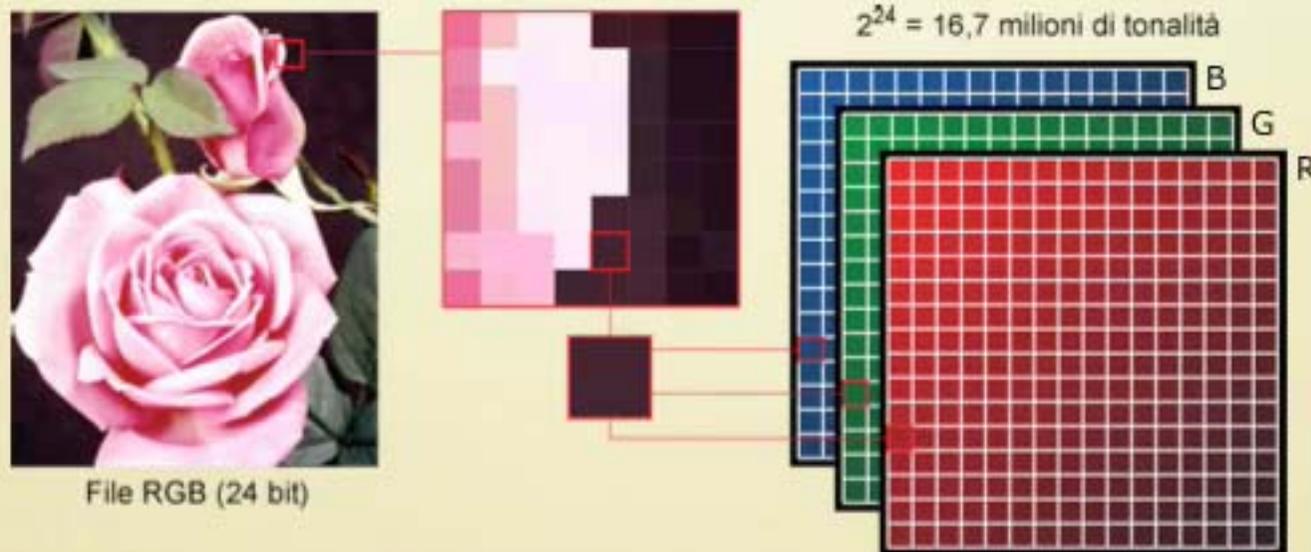
Le immagini bitmap

Profondità di colore

Alcune immagini riproducono il colore per combinazione di più **canali**, ognuno definito da 8 bit di informazioni, cioè 256 colori.

È il caso delle immagini a **24 bit** o **RGB** in grado di riprodurre un totale di **16,7 milioni di colori** utilizzando **3 canali** di colore (*red, green* e *blue*) da 8 bit ciascuno.

I file di questo tipo pesano 3 volte più dei corrispondenti file a toni di grigio e 24 volte più di quelli al tratto e sono adatti per rappresentare immagini con elevato numero di sfumature.



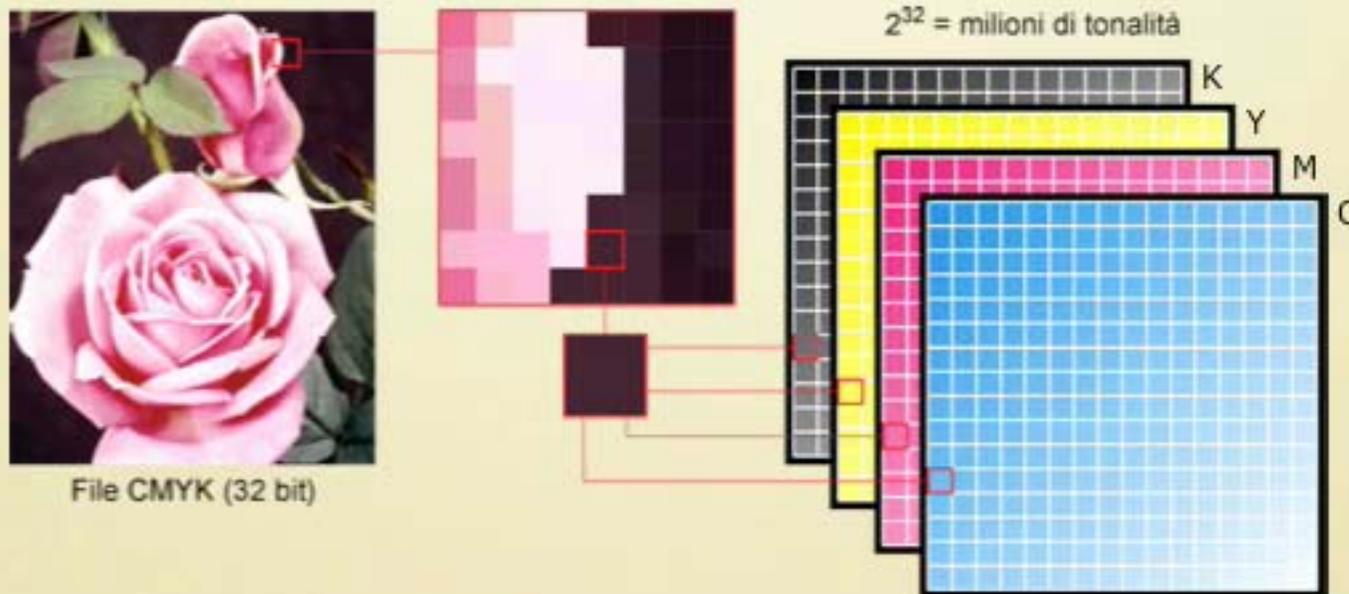
Le immagini bitmap

Profondità di colore

A più canali sono anche le immagini a **32 bit** o **CMYK** in grado di riprodurre anch'esse **milioni di colori** utilizzando **4 canali** di colore (*cyan, magenta, yellow* e *key*) da 8 bit ciascuno (K sta per *key color* = colore chiave e corrisponde al nero).

I file di questo tipo pesano 4 volte più dei corrispondenti file a toni di grigio e 32 volte più di quelli al tratto.

2^{32} in verità corrisponde a circa 280 mila miliardi, ma i monitor, utilizzando lo standard RGB, possono visualizzare solo 16,7 milioni di colori.



Le immagini bitmap

Profondità di colore

Le **immagini ad elevato numero di colori** sono definite da una profondità di bit variabile da 10 a **16 bit** per pixel, cioè da 1024 a **65536** colori.

I file pesano da 4,5 a 6 volte più dei corrispondenti file a toni di grigio e da 36 a 48 volte più di quelli al tratto.

Questo tipo di immagini è poco diffuso.

Se questa profondità di colore si utilizza per immagini su più canali (ad esempio RGB) la profondità di colore aumenta fino a 48 bit totali (16 x 3) con la possibilità di riprodurre migliaia di miliardi di colori.

Si tratta di un numero di gran lunga superiore al numero dei colori che l'occhio umano può discriminare contemporaneamente.

Canali alfa

Alcune tipi di immagine utilizzano canali aggiuntivi rispetto a quelli visti finora: i **canali alfa** (o *alpha channel*). I canali alfa non contengono informazioni sul colore, bensì possono gestire altre specifiche come **trasparenza**, **maschere** o **tracciati di ritaglio**.

Anche i canali alfa occupano 8 bit di memoria.



Le immagini bitmap

Formati

Numerosi sono i formati che i programmi utilizzano per generare, importare o esportare immagini. Di seguito i più diffusi formati di tipo bitmap.

BMP. E' il formato standard per la definizione delle immagini bitmap in ambiente Windows. Supporta i metodi RGB, scala di colore, scala di grigio e bitmap; non supporta canali alfa. Per le immagini a 4 e 8 bit è possibile usare la compressione RLE.

WBMP (*Wireless BitMap*). WBMP è lo standard grafico utilizzato per le immagini visualizzabili sui terminali WAP, ancora in via di definizione. Il WBMP di tipo 0, attualmente disponibile, è un formato molto povero, che permette la visualizzazione di piccole immagini monocromatiche. Si tratta in pratica di una versione a 1 bit (bianco e nero) del formato BMP a 8 bit.

PCX. E' un formato ormai caduto in disuso ma che ha rappresentato per lungo tempo uno standard per le applicazioni grafiche su piattaforma PC. Supporta i metodi RGB, scala di colore, scala di grigio e bitmap, ma non i canali alfa. Le immagini possono avere risoluzioni di 1, 4, 8 o 24 bit; è possibile usare la compressione RLE.

PICT/PICT2. Standard per la definizione di file grafici su piattaforma Macintosh. Supporta il metodo RGB con un canale alfa e i metodi scala di colore, scala di grigio e bitmap senza canali alfa. Efficace nella compressione di immagini che presentano grandi aree di colore uniforme e dei canali alfa. Le immagini RGB possono avere risoluzioni di 16 o 32 bit, quelle a scala di grigio 2, 4 o 8 bit per pixel.

Le immagini bitmap

Formati

TIF o TIFF (Tagged-Image File Format). È un formato sviluppato principalmente per essere utilizzato programmi di impaginazione, è supportato anche dalle principali applicazioni per l'elaborazione di immagini e disegno ed è trasferibile su diverse piattaforme. Supporta i metodi RGB, CMYK, scala di grigio con canali alfa, i file LAB in scala di colore e bitmap. I file TIFF possono essere compressi utilizzando la codifica LZW. Il formato TIFF può memorizzare la separazione dei colori CMYK all'interno di un unico file, generando automaticamente la selezione dei colori quando il file viene inserito all'interno di un documento destinato alla stampa. Può conservare un'immagine separata in livelli e supporta fino a 8 canali alfa. Tutti gli scanner sono in grado di produrre immagini TIFF. Non è supportato sul Web.

GIF (*Graphics Interchanges Format*). È un formato utilizzato per la definizione di immagini a mezzatinta o in scala di colore destinate ad essere utilizzate principalmente sul Web o in prodotti multimediali. Può utilizzare la compressione LZW. Supporta fino a 256 colori e consente di ottenere buoni risultati con immagini a tinte piatte o al tratto contenenti un numero limitato di colori, mentre è sconsigliabile per fotografie o immagini con molte sfumature. Può includere in un unico file più immagini in modo da creare animazioni di cui è possibile specificare la temporizzazione (GIF animate). Consente di memorizzare le immagini con una struttura tale che, all'atto della consultazione via Web, appaiano con una definizione via via migliore durante la fase di caricamento e visualizzazione (GIF interlacciate). Può assegnare una trasparenza ad uno qualsiasi dei colori della palette, in modo tale che attraverso le aree occupate da tale colore risulti visibile lo sfondo su cui l'immagine si trova (GIF trasparenti). È un formato proprietario.

Le immagini bitmap

Formati

JFIF (*JPEG File Interchange Format*) o **JPEG** o **JPG**. Si tratta di un formato grafico compresso secondo lo standard JPEG, largamente utilizzato per la definizione di immagini destinate alla pubblicazione sul Web o in prodotti multimediali. Utilizzabile per immagini fino a 16,7 milioni di colori, supporta i metodi RGB, CMYK, scala di grigio, ma non i canali alfa. L'algoritmo di compressione utilizzato per generare questo formato consente di ridurre drasticamente le dimensioni dei file, ma porta inevitabilmente ad una perdita di dati che ne compromettono in parte la qualità. Il fattore di compressione è variabile e può essere selezionato dall'operatore nei programmi che supportano tale metodo in un range che va da un fattore 2:1 (compressione senza perdita di dati) ad un fattore di 40:1. Naturalmente maggiore è il grado di compressione, minore è la qualità dell'immagine e viceversa. Una variante del JPEG è il JPEG progressivo che fornisce più rappresentazioni della stessa immagine corrispondenti a diversi valori di compressione via via meno elevati; all'atto della visualizzazione via Web un JPEG progressivo appare via via più definito man mano che procede il suo caricamento. Le immagini JPEG si decomprimono automaticamente all'apertura.

PNG (*Portable Network Graphics*). Formato compresso, adatto per il Web, è un formato open source pensato come alternativa al GIF. A differenza di quest'ultimo supporta immagini a 24 bit con una gamma fino a 16,7 milioni di colori e può produrre sfondi trasparenti di buona qualità. Supporta i metodi scala di grigio, RGB con un solo canale alfa, bitmap e scala di colore senza canali alfa. Progettato appositamente per consentire la compressione di file grafici senza alterazioni di qualità è adatto a qualsiasi tipo di immagine, ma non è supportato da tutti i browser.

Le immagini bitmap

Formato

RAW. Il RAW («crudo» in inglese) un formato che garantisce un buon compromesso qualità/peso dei file immagine e si sta diffondendo soprattutto nell'ambito della fotografia digitale. Non è ancora disponibile un formato RAW (estensione .raw) universalmente riconosciuto e ogni produttore propone un proprio RAW proprietario, per questo non può essere utilizzato direttamente ma deve essere prima convertito in TIFF o JPEG attraverso un software solitamente fornito dal produttore stesso.

Il RAW è un formato privo di compressione che raccoglie le informazioni digitali così come sono restituite dal sensore di una fotocamera, senza l'intervento di algoritmi matematici che le possano alterare.

È più leggero del TIFF ma molto più pesante del JPEG, tuttavia si sta imponendo tra i fotografi che desiderano ottenere il massimo della qualità dalle proprie fotografie digitali, senza scendere a compromessi imposti dal software.

Formati proprietari. I formati immagine visti finora sono formati universali di interscambio che possono essere esportati e importati dai più diffusi software per il trattamento delle immagini digitali. Ogni software però possiede un proprio formato proprietario che generalmente aggiunge caratteristiche proprie a quelle dei formati di interscambio. Per citare i più diffusi: **.psd** di PhotoShop® e **.xcf** di Gimp®.

Le immagini bitmap

Formati

Come si è visto numerosi file immagine adottano **tecniche di compressione** per ridurre lo spazio di memoria occupato dagli stessi. Le tecniche di compressione si dividono in «lossy» (con perdita di dati) e «lossless» (senza perdita di dati). I primi non alterano la qualità dell'immagine, i secondi sì, in modo irreversibile.

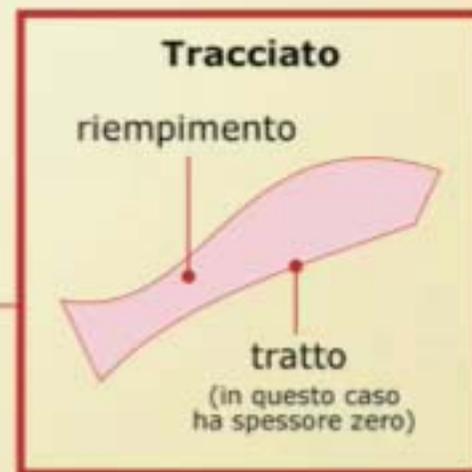
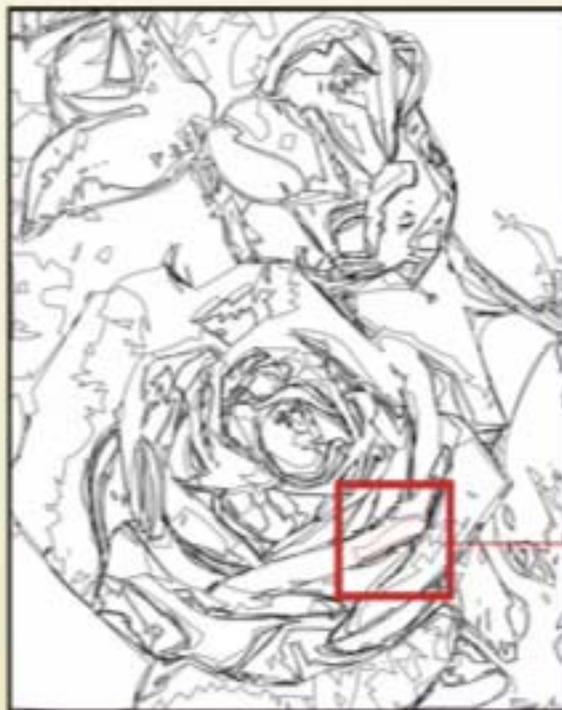
RLE (*Run Length Encoding*). Tecnica lossless supportata dai formati Photoshop e TIFF che non provoca perdita di dati e può ridurre le dimensioni dei file fino al 50%. Ideale per comprimere immagini con vaste campiture di colore uniforme.

LZW (*Lempel-Ziv-Welch*). Tecnica lossless supportata dai formati TIFF e GIF che non provoca perdita di dati e può ridurre le dimensioni dei file fino al 50%. Ideale per comprimere immagini al tratto o a tinte piatte con un numero limitato di colori.

JPEG (*Joint Photographic Experts Group*). Tecnica lossy supportata dal formato JPEG che provoca perdita di dati e può ridurre le dimensioni dei file fino al 400%. Garantisce i migliori risultati con immagini a tono continuo con molte sfumature come le fotografie.

Le immagini vettoriali

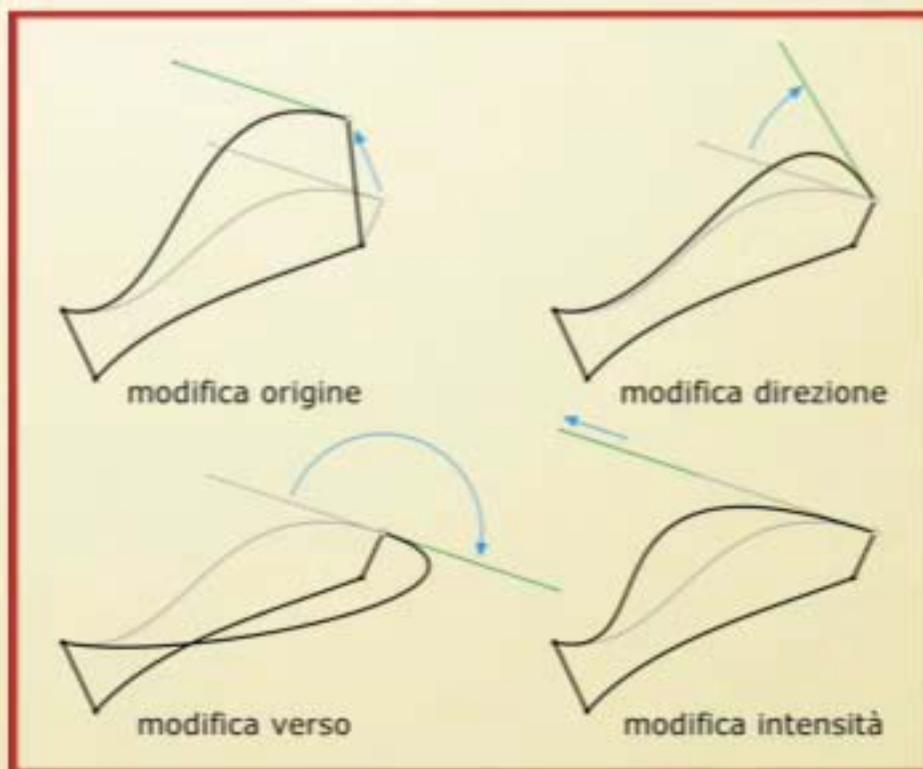
Le immagini vettoriali sono costituite da una serie di **tracciati** (segmenti, curve o poligoni) definiti con un tipo di linguaggio detto *PostScript*. Ogni tracciato ha un colore e uno spessore del *tratto* e un colore (o una sfumatura) di *riempimento*.



Le immagini vettoriali

I tracciati (*curve di Beziér*) sono caratterizzati dalla presenza di alcuni punti di controllo detti **nodi**, ognuno dei quali rappresenta appunto un vettore.

I vettori sono entità matematiche definiti da 4 parametri fondamentali: origine, direzione, verso e intensità; modificando graficamente tali parametri con l'utilizzo di opportune **maniglie** è possibile modificare l'andamento dei tracciati.



Le immagini vettoriali

Le immagini vettoriali possono essere scalate o ridimensionate senza perdere di qualità poiché le curve vengono continuamente ricalcolate matematicamente.

Possono essere stampate su qualsiasi periferica di output a qualsiasi risoluzione. Tutti gli elementi di un'immagine vettoriale vengono convertiti in mappe di bit prima della stampa secondo un processo detto di **rasterizzazione** in cui viene stabilita la risoluzione di output.

A monitor, date le caratteristiche delle tecniche di rappresentazione video, vengono visualizzate alla stessa stregua delle immagini bitmap, cioè suddivise in pixel.

Questo tipo di immagini digitali è l'ideale per la rappresentazione dei font e delle figure a tinte piatte come icone o logotipi.

Le immagini vettoriali

Formati

I formati vettoriali possono contenere anche immagini bitmap, le quali però conservano la loro caratteristica di non scalabilità. Segue un elenco dei più diffusi formati vettoriali.

PDF (*Portable Document Format*). È un formato creato da Adobe e utilizzato da Adobe Acrobat®, un software multiplatforma per l'editoria elettronica. I file PDF possono essere visualizzati con l'applicazione Acrobat Reader®. Come tutti i formati PostScript, di cui è un'evoluzione, il PDF può contenere sia immagini bitmap che vettoriali, oltre a funzioni di ricerca e navigazione all'interno del documento. Supporta i metodi RGB, CMYK, scala di colore, scala di grigio, bitmap, LAB, ma non i canali alfa. Supporta altresì la compressione JPEG.

EPS o **EPSF** (*Encapsulated PostScript*). Può descrivere sia immagini vettoriali che bitmap ed è riconosciuto da quasi tutti i programmi di grafica e di impaginazione. Il formato EPS può contenere tracciati di ritaglio per mascherare le immagini una volta importate in un programma di impaginazione. Supporta i canali alfa.

SVG (*Scalable Vector Graphics*). È un formato vettoriale basato su XML e usato per creare grafica per il Web che risponde alle azioni dell'utente con effetti sofisticati, quali evidenziamento, ricercabilità, accessibilità, consigli audio e animazioni. Gli oggetti grafici possono essere raggruppati in oggetti più comprensivi, muniti di attributi di stile e aggiunti ad altri oggetti precedentemente costruiti e visualizzati. Le figure possono essere dinamiche e interattive. SVG supporta il canale alfa.

Le immagini vettoriali

Formati

SWF (*ShockWave Flash*). È un formato proprietario di Adobe generato dal programma Flash®. Pensato per essere sufficientemente piccolo per la pubblicazione sul web, un documento SWF contiene animazioni e applet* con diverse funzioni e vari gradi di interattività.

*Il termine **Applet** (*application + gadget*) indica un programma che deve essere necessariamente eseguito come «ospite» all'interno di un altro programma (detto *container*). Inizialmente introdotto per gli Applescript, il termine oggi si riferisce comunemente alle applet Java. Adobe Flash Player® e Windows Media Player® sono altri esempi di applet.

DCS (*Desktop Color Separation*). È una versione dello standard EPS sviluppata da Quark. DCS1.0 supporta file CMYK; DCS2.0 supporta file multicanale CMYK con un canale alfa e più canali di tinte piatte.



Animazione in formato .swf.

Le immagini vettoriali

Formati

SWF (*ShockWave Flash*). È un formato proprietario di Adobe generato dal programma Flash®. Pensato per essere sufficientemente piccolo per la pubblicazione sul web, un documento SWF contiene animazioni e applet* con diverse funzioni e vari gradi di interattività.

*Il termine **Applet** (*application + gadget*) indica un programma che deve essere necessariamente eseguito come «ospite» all'interno di un altro programma (detto *container*). Inizialmente introdotto per gli Applescript, il termine oggi si riferisce comunemente alle applet Java. Adobe Flash Player® e Windows Media Player® sono altri esempi di applet.

DCS (*Desktop Color Separation*). È una versione dello standard EPS sviluppata da Quark. DCS1.0 supporta file CMYK; DCS2.0 supporta file multicanale CMYK con un canale alfa e più canali di tinte piatte.



Animazione in formato .swf.

© Prof. Andrea Pizzirani

I testi e i disegni di questa lezione sono di proprietà dell'Autore
e non possono essere copiati o diffusi al di fuori del contesto didattico
a cui sono destinati senza il suo consenso scritto.

Aprile 2008