

Elementi di multimedialità

Rev. Digitale 1.3 del 20/10/2020

Colori e Immagini	2
PPI e DPI	3
GIF	6
JPG	8
PNG	9
I segnali audio	10
I segnali video	12
I caratteri	14

Colori e Immagini

Il modello RGB : sintesi ADDITIVA

Una vasta percentuale dello spettro visibile può essere ottenuta miscelando i cosiddetti **colori primari** rosso, verde e blu (Red, Green, Blue, ovvero RGB) in diverse proporzioni ed intensità. “**Sommario**” questi colori tra loro si ottengono colori via via sempre più ricchi di componenti cromatiche, fino ad arrivare al bianco che rappresenta la somma “complessiva” di tutte le possibili componenti cromatiche. Questa composizione è detta **sintesi additiva**, nel senso che ogni colore è ottenuto come “somma pesata” dei colori primari.

I monitor dei computer generano luce colorata attraverso una apposita eccitazione di fosfori rossi, verdi e blu. La luce prodotta dai fosfori si compone mediante Sintesi Additiva producendo tutti i colori dello spettro.

Rappresentazione dei colori in un sistema informatico

Il modello di rappresentazione dei colori più usato è il modello **RGB**, in cui ogni informazione di colore viene memorizzata su 3 bytes, uno per il **Rosso**, uno per il **Verde** ed uno per il **Blu**, ed ogni byte può assumere valori compresi tra 0 e 255 (in esadecimale tra 00 e FF). Esempi:

FF 00 00	Rosso	FF FF 00	Giallo	00 00 00	Nero
33 00 00	Rosso Scuro	00 FF FF	Ciano	FF FF FF	Bianco
FF 99 99	Rosso Chiaro	FF 00 FF	Magenta		
00 00 00	33 33 33,	66 66 66,	99 99 99,	CC CC CC	FF FF FF
					Scala dei grigi

Le possibili combinazioni di questi 6 valori ($6^3 = 216$) generano i cosiddetti colori WEB SAFE, cioè quei colori riconosciuti da tutti i browser internet, anche su computer con vecchie schede video a 8 bit.

Esistono anche altri modelli di rappresentazione dei colori basati su un diverso numero di bytes :

1 Byte = 8 bit	=> Palette di 256 Colori fissi
2 Byte = 16 bit	=> Palette 65.536 Colori fissi (poco usato)
3 Byte = 24 bit	=> Modello RGB 16,8 Milioni di colori - True Color
4 Byte = 32 bit	=> Modello RGB + canale alfa relativo alla trasparenza - RGBA

Il modello CMYK : sintesi SOTTRATTIVA

In natura succede di solito il contrario di quanto finora descritto. **La sensazione di colore percepita dall'occhio umano, normalmente non è un fascio di luce colorata, ma è ciò che un oggetto, colpito da luce bianca, riflette dopo averne assorbito alcune componenti cromatiche.** Quando la luce bianca colpisce un qualunque oggetto, alcune componenti cromatiche vengono assorbite mentre altre vengono riflesse e percepite dall'occhio. Il colore riflesso dipende dalla “materia” che costituisce l'oggetto. Ad esempio un prato è visto verde in quanto l'erba riflette la componente verde delle luce mentre invece assorbe le componenti di frequenza rossa e blu.

Il modello **CMYK** (Cyan, Magenta, Yellow, black) e si basa sulla capacità propria di ciascun oggetto (es le tempere utilizzate per la pittura) di riflettere alcune componenti cromatiche e assorbire altre.

Ogni componente assorbita “sottrae” colore alla luce bianca incidente Per questa ragione i colori CMY sono detti colori sottrattivi e la loro combinazione è detta **sintesi sottrattiva** o **quadrivromia**

Teoricamente, i pigmenti puri di cyan (C), magenta (M) e giallo (Y) dovrebbero combinarsi per assorbire tutto il colore e produrre il nero Nella realtà tutti gli inchiostri per la stampa non producono un colore nero puro ma producono un colore marrone scuro. Per ottenere il nero vero e proprio devono essere combinati con un inchiostro nero (K di black, dove si usa K anziché B per non creare confusione con la B di Blue).

I colori sottrattivi (CMY) e i colori additivi (RGB) sono complementari.

Ogni coppia di colori sottrattivi crea un colore additivo e viceversa.

Grafica Raster: il formato Bitmap

Immagine come mappa di bit. Formato nativo privo di compressioni. Ad ogni pixel dell'immagine viene associato un colore memorizzato su 1, 2 o 3 Bytes. Nel caso in cui i pixel siano memorizzati su un solo Byte (256 colori), il bitmap avrà una minore occupazione di memoria, ma una peggiore risoluzione.

Una bitmap su 3 Byte, di dimensioni **1024 x 768 pixel** (area dello schermo) occuperebbe $3 \times 1024 \times 768 = 2.359.296$ Bytes, vale a dire circa **2,4 Mbyte** più ulteriori informazioni relative al formato del file (tipo di immagine, larghezza e altezza, etc). Su 2 Bytes occuperebbe $2 \times 1024 \times 768 = 1.572.864$ Bytes, circa 1,5 Mbytes.

Per scaricare una immagine di questo tipo da Internet, supponendo di disporre di un modem analogico a 100 Kbit / sec occorrerebbe un tempo $T = 8 * 2.400.000 / 100.000 = 192$ sec, cioè oltre 3 minuti.

Se questa immagine fosse lo sfondo di una pagina web, questo sarebbe il tempo di download della pagina !!

Fotografie Digitali

Quando si scatta una fotografia digitale, la macchina fotografica “memorizza” l'immagine come immagine bitmap su un certo numero di pixel che indica la risoluzione della macchina fotografica. Maggiore è il numero di pixel con cui viene “memorizzata” la fotografia bitmap, migliore sarà la qualità della fotografia stessa. Poiché normalmente il rapporto tra la base e l'altezza di una fotografia è sempre 4 : 3 segue che, dati i MPixel della macchina fotografica (area della fotografia) risulta automaticamente fissata anche la dimensione della fotografia espressa in pixel

$$\text{area} = \text{base} * \frac{3}{4} \text{ base}, \quad \text{da cui} \quad \text{base} = \sqrt{\text{area} * \frac{4}{3}}$$

Mpixel	Dimensioni	Bytes (BMP)
786 K pixel	1024 x 768	2,36 MB
3 M pixel	2048 x 1536	9,43 MB
5 M pixel	2582 x 1936	15 MB
7 M pixel	3072 x 2304	21,2 MB

Per risparmiare spazio la fotografia viene poi automaticamente compressa dalla macchina fotografica in formato JPEG. Notare che la compressione JPEG riduce l'occupazione di memoria in Bytes i una immagine, ma non le dimensioni in pixel dell'immagine, che continua ad avere sempre lo stesso identico formato.

Esercizio: Calcolare le dimensione in pixel di una fotografia scattata a 10 MPixel.

Scansione di una immagine : PPI

Quando si scannerizza una certa fotografia avente una certa dimensione fisica (ad esempio 17,3 cm x 13 cm), si può impostare come parametro di scannerizzazione il numero di **pixel per pollice** lineare (**PPI** pixel per inch dove 1 pollice = 2,54 cm) con cui si intende acquisire la fotografia. Ogni scanner è caratterizzato da un valore di **PPI max**, indicato in genere come **risoluzione ottica dello scanner** (tipicamente 960).

Maggiore è il PPI utilizzato per l'acquisizione, maggiore sarà il numero di dettagli acquisiti, maggiore sarà il numero di pixel che andranno a comporre l'immagine, maggiori saranno i bytes dell'immagine.

Ad esempio, data una fotografia grande **17,3 cm x 13 cm**, che espressa in pollici diventa **6,82" x 5,12"**, facendo una acquisizione a 100 PPI si ottiene una fotografia grande **682 pixel x 512 pixel** avente un'area di 350 K pixel ed una occupazione in memoria di circa 1 M Bytes-

Acquisendola invece a 200 PPI si ottiene una fotografia grande **1365 pixel x 1024 pixel** avente un'area di circa **1,4 M pixel** ed una occupazione in memoria di circa 4,2 M Bytes

La scelta del PPI da utilizzare in acquisizione dipende da come dovrà essere utilizzata l'immagine:

- Se l'immagine acquisita deve semplicemente essere utilizzata a video (come desktop o inserita su un sito web), date le dimensioni iniziali della fotografia (in cm) e le dimensioni finali che dovrà avere l'immagine su video espresse in pixel, risulta automaticamente definito il PPI da utilizzare in acquisizione. Ad esempio partendo dalla precedente fotografia **17,3 x 13** si ottiene

PPI	Dimensioni
72	482 x 361
100	682 x 512
200	1365 x 1024

Se si desidera ottenere una immagine 1024 x 768 pixel, un PPI di 150 potrebbe essere sufficiente. Se l'immagine di partenza è molto grande, sono sufficienti bassi PPI di acquisizione, mentre se l'immagine di partenza è molto piccola occorre una acquisizione con elevato PPI.

- Se l'immagine acquisita dovrà poi di nuovo essere stampata, per avere una stampa di qualità occorre acquisirla con elevati PPI in modo da avere una elevata quantità di dettagli

Esercizi

- Un'immagine 6 cm x 8 cm viene acquisita a 200 PPI. Calcolare la dimensione in pixel dell'immagine risultante, la sua occupazione di memoria ed il tempo di download con un modem a 100 kbit/sec.
- Si vuole acquisire una fotografia grande 9 cm x 12 cm. Supponendo di voler ottenere una immagine grande 1020 x 768 pixel, calcolare il PPI minimo necessario.

Considerazioni sulla visualizzazione di una immagine

Considerando una immagine 2048 x 1536 pixel, se questa immagine venisse utilizzata come desktop di un computer su cui è impostata una tipica risoluzione video di 1024 x 768, ovviamente deborderebbe oltre i bordi del video. A tal fine occorre fare alcune importanti osservazioni:

- Alcuni software, come ad esempio i **Browser** oppure Windows stesso, consentono di impostare dei **fattori di scala** dell'immagine. In pratica consentono di ingrandire o rimpicciolire l'immagine visualizzata, senza però modificarne le dimensioni. E' assurdo, in una pagina web, utilizzare una immagine 2048 x 1536 che occupa tantissimi byte (e tempo di download) e poi chiedere al Browser di visualizzarla ridotta.
- I software di **Image Editing** consentono di **modificare realmente le dimensioni di una immagine** (Larghezza e Altezza espresse in Pixel). Dunque prima di utilizzare una immagine all'interno di una pagina web occorre utilizzare un Editor di Immagini per ridurre le dimensioni dell'immagine fino ai valori desiderati. Questa riduzione comporterà l'eliminazione di un certo numero di pixel intermedi e dunque una notevole riduzione delle dimensioni del file. Se in futuro però si volesse di nuovo ingrandire la fotografia, i pixel rimossi non potranno più essere recuperati e la fotografia finale ingrandita avrà una qualità inferiore.

La massima risoluzione percepibile dall'occhio umano

<http://www.tecnologiasenzastress.com/smartphone/smartphone/dpi-dei-display-quanti-ne-vediamo-davvero.html>

Alcuni studi hanno dimostrato che l'occhio umano riesce a percepire, su un foglio stampato, una qualità massima di **300 PPI**, cioè 300 pixel per pollice lineare.

[Cioè l'occhio umano riesce a cogliere al max 6 righe nere per millimetro, cioè 12 punti alternati bianchi e neri per millimetro. Poiché un pollice = 25,4 mm, facendo 12 x 25,4 ecco il limite di 300 punti per pollice].

Il valore **PPI = 300** è utilizzato in tutte le riviste e cartellonistica in genere.

Oltre è inutile andare in quanto l'occhio umano non percepirebbe gli ulteriori dettagli

Per quanto concerne il **display**, anch'esso è caratterizzato da un valore di **PPI** fisso. Per calcolarlo è sufficiente conoscere la risoluzione orizzontale (ad esempio 2048 pixel), dividerla per la lunghezza in pollici ed il gioco è fatto. Idem per la risoluzione verticale. Tra l'altro non è detto che risoluzione verticale ed orizzontale coincidano.

Le dimensioni di un display sono in genere indicate in pollici riferiti alla diagonale del display. L'articolo citato all'inizio espone una semplice formula per il calcolo del **PPI** di un display a partire da:

- Risoluzione orizzontale (es **1440 px**)
- Risoluzione verticale (es **2560 pixel**)
- Lunghezza in pollici della diagonale (es **5,1 pollici**)

Con questi valori il risultante è **576 PPI**. Il primo ad arrivare a **300 PPI** è stato l'**iPhone4**, presentato il 7 giugno 2010 con il concetto di "**display retina**" cioè un display avente la stessa risoluzione dell'occhio umano.

L'articolo spiega che oggi spesso gli smartphone hanno un PPI superiore a 300 e che in realtà non esiste un limite ben definito per la risoluzione dell'occhio umano, ma questo limite dipende anche dalla tipologia di display (che può offrire o meno una migliore visione di colori), dalla migliore luminosità, da un angolo di visione più o meno ampio e non ultimo dalla persona. La conclusione è però quella che oltre i **500 / 530 PPI** è inutile andare.

Stampa di una immagine

Data una certa immagine avente una certa dimensione espressa in pixel, se la si vuole stampare a 300 PPI rimane automaticamente definita la dimensione della stampa. Viceversa se si desidera stampare una fotografia a 300 PPI avente una certa dimensione, rimane automaticamente fissata la dimensione in pixel che dovrà avere l'immagine.

La seguente tabella indica il numero di pixel necessari per stampare fotografie con qualità pari a 300 PPI:

Dimensioni della stampa	Pixel Necessari
cm 5 x 4	307 K Pixel (640 x 480)
cm 9 x 7	786 K Pixel (1024 x 768)
cm 17 x 13	3 M Pixel (2048 x 1536)
cm 22 x 16,5	5 M Pixel (2592 x 1944)

Esempio: 17,3 cm x 13 cm in pollici diventa 6,82" x 5,12", cioè $35 \text{ pollici}^2 \times 300^2 \text{ PPI} = 3 \text{ Mpixel}$

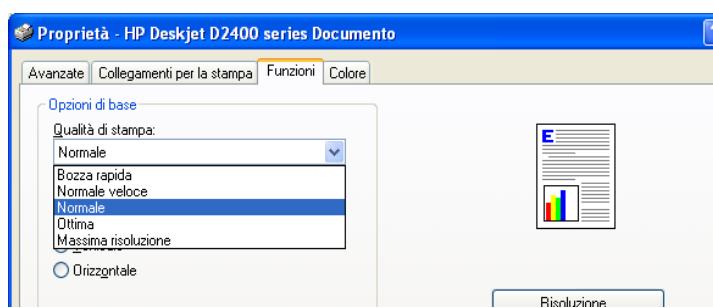
- Se la fotografia viene stampata con dimensioni più piccole rispetto a 17,3 x 13 significa che avrà un PPI maggiore di 300, dunque un livello di risoluzione maggiore rispetto a quella percepibile.
- Se la fotografia viene invece stampata con dimensioni più grandi rispetto a 17,3 x 13 significa che avrà un PPI minore di 300 dunque la risoluzione potrà sembrare imperfetta all'occhio umano.

Il DPI

Purtroppo una stampante a getto d'inchiostro o anche laser, a differenza delle lastre fotoincise tipografiche, con tre sole cartucce di colore non è in grado di riprodurre tutte le varie sfumature possibili di colore per cui, anche stampando a 300 PPI, la stampa avrà comunque una qualità inferiore rispetto all'immagine originale. Pertanto, per ottenere un passaggio tonale il più naturale possibile, la stampante scomponete i vari pixel in **molti punti ognuno formato da un colori base**. Tecnica utilizzata anche nella pittura dove si chiama **divisionismo**.

Questi punti si chiamano **DPI** (Dot Per Inch) e rappresentano il numero di punti monocromatici che la stampante riesce a stampare per pollice lineare. Una tecnica ad esempio è quella di stampare un pixel come un quadrato a 9 punti colorati. In questo modo una stampa a 300 PPI richiede una stampante a 2700 DPI. Ultimamente, per migliorare ulteriormente la qualità della stampa, sono comparse delle stampanti dette "fotografiche" che utilizzano due cartucce entrambe a tre colori (Ciano Magenta Giallo + Nero Rosa Celeste).

Il DPI di stampa può essere configurato come parametro della stampante nel parametro **Qualità di stampa**.



Una qualità di stampa normale indica che la stampa verrà eseguita con un DPI pari al PPI dell'immagine ricevuta. Le opzioni "Bozza rapida" e "Normale veloce" indicano una stampa con un DPI inferiore al PPI ricevuto, in modo da eseguire la stampa più rapidamente e con un minor spreco di inchiostro. Viceversa le opzioni "ottima" e "massima risoluzione" indicano una stampa con DPI maggiorato e dunque di migliore qualità.

Grafica Vettoriale

Le immagini bitmap sono poco scalabili, nel senso che, nel momento in cui si ingrandiscono, l'immagine perde le proprie caratteristiche risultando sempre più sgranata. Nella **Grafica Vettoriale** un'immagine è descritta mediante un insieme di primitive geometriche che definiscono punti, linee, curve e poligoni ai quali possono essere attribuiti colori e anche sfumature. La Grafica Vettoriale è basata sul concetto di **spline** che, in analisi matematica, è una funzione, costituita da un insieme di polinomi raccordati tra loro, il cui scopo è interpolare in un intervallo un insieme di punti (detti nodi della spline), in modo da essere continua (almeno fino ad un dato ordine di derivate) in ogni punto dell'intervallo.

Vantaggi:

- Occupazione di memoria molto inferiore rispetto alla grafica raster
- possibilità di ingrandire l'immagine arbitrariamente, senza che ci sia perdita di risoluzione dell'immagine stessa.

Formati:

- **FLA** (flash) – **DWG** (Autocad) - **SVG** (Scalable Vector Graphics) – **AI** (adobe Illustrator)

Compressione delle Immagini Bitmap

Per fare in modo che le immagini raster occupino una minore quantità di spazio, sono stati creati algoritmi di compressione che riducono l'occupazione di memoria dell'immagine, senza alternarne le dimensioni.

GIF Graphic Interchange Format

Primo formato grafico utilizzato in Internet. La compressione avviene in 2 fasi:

- **Riduzione del numero dei colori ai valori della Palette** (con perdita di informazione)
- **Compressione dei colori uguali** (algoritmo LZW senza perdita di informazione)

a) In una immagine GIF l'informazione relativa al colore viene memorizzata al max su 8 bit, dunque una immagine GIF può utilizzare al **max 256 colori** RGB. L'immagine viene dapprima indicizzata nel modo seguente: All'interno dell'immagine viene memorizzata, sotto forma di **tabella lunga 256 celle da 3 bytes**, la **palette di colori** RGB utilizzata per realizzare l'immagine. Per le immagini internet si utilizza normalmente la Web Safe Palette basata sui 216 colori del web. Ogni pixel dell'immagine conterrà memorizzato un puntatore al relativo colore all'interno della palette. I software di grafica, nel momento in cui si chiede di convertire una immagine a 16 Mi di colori in una immagine GIF a 256 colori, eseguono una approssimazione dell'immagine, approssimando ogni pixel al colore più vicino fra quelli presenti nella palette.

b) Ottenuta l'immagine indicizzata, viene applicata la compressione **LZW** che è una compressione “**lossless**”, **senza perdita di informazione**. Questa compressione sfrutta il fatto che nelle immagini molto spesso ci sono aree dello stesso colore, in cui un pixel presenta lo stesso colore dei pixel vicini. Ad esempio quando incontra una riga di 20 pixel blu, l'informazione relativa al colore viene memorizzata in soli 2 bytes nel formato “20 blue”, contro i 20 bytes richiesti dal bitmap nativo. Questo algoritmo perde evidentemente di efficienza nel caso di immagini con continue sfumature tipo le fotografie.

Interlacciamento

Una immagine GIF può essere salvata in modo interlacciato, ma in tal caso aumenta l'occupazione di memoria. **L'immagine interlacciata verrà visualizzata a righe alterne dalla cima verso il fondo**. L'immagine viene visualizzata come un mosaico aggiornato in 4 fasi successive. Viene inviata inizialmente al browser una riga ogni otto. Raggiunto il fondo dell'immagine (12,5% del totale, dunque 1/8 del tempo), la parte scaricata viene subito visualizzata. Gli aggiornamenti successivi vengono visualizzati al raggiungimento del 25%, 50% e 100%. In questo modo il visitatore può rapidamente rendersi conto del contenuto interrompendo eventualmente il download.

Palette Ridotte

Una immagine GIF può essere ulteriormente ridotta diminuendo il numero di bit di rappresentazione dei colori da 8 a 7, 6, 5, ... fino a 1 (bianco e nero). Questa riduzione non solo diminuisce l'occupazione di memoria, ma riunendo in uno stesso colore pixel vicini di colore simile aumenta l'efficienza della compressione LZW.

Dithering

Un altro possibile miglioramento ai fini della compressione dell'immagine è quello di impostare, durante la conversione del file, un filtro di riduzione del “**Dithering**” (tremolio). Durante la conversione può succedere che un pixel all'interno di un'area più o meno omogenea venga approssimato ad un diverso valore della palette rispetto agli altri. Ciò interromperebbe l'area contigua della compressione LZW. Impostando il filtro di riduzione del dithering i pixel di colore diversi vengono assimilati a quelli circostanti. La riduzione del Dithering (Dithering off) va bene nel caso di immagini con ampie aree flat (dove oltre ad aumentare le dimensioni è anche visivamente fastidioso), mentre il dithering viene di solito mantenuto (Dithering On) nel caso di conversione di immagini fotografiche.

Trasparenza

In una immagine GIF si può normalmente scegliere, mediante un apposito puntatore (eyedropper, contagocce), uno specifico pixel di colore e rendere trasparenti tutti i pixel di quel colore. Per il colore scelto si può impostare anche un indice di trasparenza (alpha channel) da 0 a 100, dove 0 = completamente trasparente, 100 = solido. Questa tecnica viene spesso applicata per rendere trasparente un colore uniforme di sfondo. Vengono però resi trasparenti tutti gli eventuali pixel di quel colore anche interni all'immagine. E' consentito eliminare la trasparenza da una o più aree in cui la trasparenza stessa risulta indesiderata.

Versioni

GIF87 versione originale del formato avente le seguenti caratteristiche basilari

- 1) Gestione dei colori tramite palette con max 256 colori.
- 2) Compressione indicizzata LZW (Lempel Zev Welch) (brevettata)
- 3) Possibilità di Interlacciamento

GIF89 Vengono aggiunte due nuove potenzialità:

- 1) Possibilità di trasparenza di un colore a scelta
- 2) Possibilità di animazioni (GIF animate).

GIF Animate

Una immagine GIF animata consiste in una serie di diapositive (normalmente denominate FRAME) ciascuna caratterizzata da un tempo di visualizzazione. Aprendo un file .gif animato si può vedere la sequenza delle diapositive che lo compongono, caratterizzate dalla sigla **F xx D yy** dove **F rappresenta il numero d'ordine della diapositiva, D il suo tempo di visualizzazione**, normalmente espresso in 1/100 sec (configurabile mediante tasto destro / properites).

Per realizzare l'immagine animata occorre comunque realizzare preventivamente tutti i diversi frames. Per ogni frame si può settare un **livello di trasparenza**. I metodi Disposal consentono di impostare diversi effetti di transizione tra un frame e l'altro. Ad esempio, se il nuovo frame ha una zona di trasparenza, si può fare in modo che il frame precedente rimanga visualizzato sotto l'area di trasparenza del frame successivo. Le GIF animate, così come le GIF statiche, memorizzano all'interno dell'immagine una **palette di 256 colori**. E' anche possibile utilizzare palettes multiple (una per ogni frame), a scapito di un notevole incremento delle dimensioni del file (normalmente si utilizza come palette unica la WebSafe). Per una GIF Animata, si può impostare un numero finito di **cicli di ripetizione** dell'animazione. Normalmente si usa il valore FOREVER. I vecchi browser supportano soltanto i valori NONE e FOREVER, e non un numero esatto di cicli. I singoli frames delle GIF Animate possono essere **interlacciati**. L'interlacciamento potrebbe però interferire con l'animazione.

Per quanto riguarda la **compressione**, oltre alla compressione LZW applicata ad ogni singolo frame, in genere viene anche ottimizzata l'occupazione di memoria dell'animazione evitando di memorizzare quei pixel che rimangono immutati tra un frame ed il successivo. A questo proposito esistono tre diverse strategie:

- 1) Minimun Bounding Rectangle Per ogni frame vengono memorizzate le aree rettangolari minime necessarie per racchiudere i pixel che hanno subito modifiche
- 2) Frame Differencicng Per ogni frame vengono salvati soltanto i singoli pixel che sono cambiati rispetto al frame precedente Non tutti i software di grafica sono in grado di applicare questa tecnica.
- 3) LZW Interframe Optimization Produce la migliore compressione. Utilizza la compressione LZW per registrare la frequenza dei cambiamenti di ogni singolo pixel all'interno della sequenza dei frames.

Molti software commerciali, come ad esempio Animation Paint Shop Pro consentono, (comando File / Animation Wizard), di applicare degli effetti particolari ad una qualsiasi immagine fissa, generando automaticamente le varie diapositive intermedie.

JPEG Joint Photographic Expert Group

Il nome JPEG deriva dal gruppo di lavoro istituito nel 1985 dall'ISO, (International Standard Organization, ente internazionale che si occupa di standard industriali a livello mondiale) con lo scopo di definire uno standard per la digitalizzazione, compressione e decompressione di immagini fotografiche.

Le immagini JPEG sono basate su un sistema **RGB a 3 Byte** (True Color).

Nei sistemi con schede video a 8 bit, il browser automaticamente adatta l'immagine jpeg alla Web Palette. In tal caso può insorgere il dithering, che comunque su una fotografia in genere contribuisce a migliorarne la qualità.

Mentre la compressione GIF opera per punti orizzontali, e dunque comprime poco in caso di barre verticali colorate, la compressione JPG opera per **quadrotti** grandi di solito **8x8 pixel** i cui colori vengono elaborati mediante complesse formule matematiche. Queste aree diventano chiaramente visibili quando si impostano elevati fattori di compressione. La compressione JPG si basa sul concetto di "**frequenza di variazione dei colori**" (o di concentrazione dei dettagli) all'interno dell'immagine. Le aree a variazioni ridotte (es un cielo blu) subiscono una maggiore compressione rispetto alle aree a maggiore variazione, dove c'è una maggiore concentrazione di dettagli. La compressione di ogni singola area si basa una tabella precalcolata di compressione (la cosiddetta **tabella di Huffmann**, che alcuni software consentono di sostituire con tabelle personalizzate).

Fattore di compressione o Fattore di Qualità

La compressione jpeg provoca sempre una **perdita di informazione**, (lossy) tanto maggiore quanto maggiore risulta il fattore di compressione utilizzato. Al momento della creazione del file, l'utente può impostare un fattore di compressione da 1 (bassa compressione) a 100 (alta compressione), fattore che alcuni software denotano come fattore di Qualità da 1 (bassa qualità, quindi elevata compressione) a 100 (alta qualità, bassa compressione).

Photoshop utilizza un fattore di qualità 0 – 10, dove lo 0 equivale al 30 della scala standard. Una piccola perdita di informazione su una fotografia visualizzata su un monitor è in genere impercettibile dall'occhio umano. Fino ad un fattore di compressione 20 (**Qualità 80**) la perdita di informazione è praticamente impercettibile. La scelta del fattore di compressione dipende dalla qualità finale che si desidera ma anche dall'immagine stessa. Una fotografia con bassa frequenza di variazione dei colori può essere fortemente compressa sempre con buona qualità. Viceversa su una fotografia ricca di dettagli una eccessiva compressione può causare perdita di qualità. La tecnica migliore è quella di eseguire alcune prove valutando la qualità risultante. Alcuni software, ad esempio Fireworks, mostrano una anteprima dell'immagine in base al fattore di compressione scelto. E' comunque bene tenere sempre una copia dell'immagine originale.

Qualità e Tempo di decompressione

In genere, a parità di qualità, una fotografia compressa jpeg ha una occupazione di memoria da 2 a 3 volte inferiore rispetto al gif. Il gif continua invece a rimanere preferibile su immagini con ampie aree flat. Occorre anche tenere presente che una immagine jpeg, prima di essere visualizzata, deve essere decompressa dal browser. Il tempo di decompressione di una immagine jpeg è decisamente superiore rispetto al tempo di decompressione di una immagine GIF.

Trasparenza e Interlacciamento

JPEG non gestisce la trasparenza né l'interlacciamento.

Esiste però la possibilità delle jpeg progressive, simili alle gif interlacciate, che vengono visualizzate mediante passi successivi mostrando via via un numero sempre maggiore di dettagli. In fase di realizzazione dell'immagine si può impostare il numero di scansioni da utilizzare in visualizzazione (3, 4 o 5).

PNG Portable Network Graphics

PNG (che si legge 'ping') è un nuovo formato per la gestione delle immagini pensato soprattutto per il web. PNG esegue una **compressione senza perdita** (come il GIF). Esistono due formati : **PNG-8** (256 colori) adatto per immagini con colori piatti o con un limitato numero di colori, mentre **PNG-24** (16.7 milioni di colori) adatto ad immagini fotografiche con più sfumature e gestione della trasparenza.

Perché PNG?

Perché si è sentita la necessità di sviluppare il PNG, quando GIF e JPEG svolgevano già il loro compito? Per capirlo bisogna risalire al 1995, quando la CompuServe e la Unisys, armate delle giuste autorizzazioni legali, annunciarono che da quel momento in poi l'implementazione del formato GIF in qualsiasi software avrebbe comportato il pagamento di una quota ad Unisys, quale detentrice a tutti gli effetti del brevetto per la compressione LZW utilizzata nel formato GIF. Dalla necessità di svincolarsi dal pagamento di questa quota, è nata l'idea di sviluppare un nuovo formato, completamente free, con caratteristiche simili allo standard GIF. Gli altri formati esistenti (esempio TIF, FIF) **sono tutti lossy**, cioè con perdita di informazione (come JPEG).

PNG a confronto con GIF e JPEG

- **Lossless** PNG e GIF, al contrario di JPEG, sono formati "lossless", ovvero senza perdita di informazione durante la compressione.
- **Formato** Il formato PNG, come il JPEG, supporta un formato colore a **24 bit**.
- **Trasparenza** JPEG non supporta la trasparenza, GIF permette di rendere completamente trasparente un solo colore della palette. PNG-24, invece, mediante il cosiddetto **canale Alfa**, supporta 256 livelli di trasparenza per ogni singolo pixel. Il formato PNG può memorizzare ogni singolo pixel nel cosiddetto formato **RGBA** su **32 bit** : 24 per il colore RGB + 1 Byte per il canale Alfa relativo alla trasparenza del singolo pixel. 0 significa trasparente, 255 significa solido
- **Interlacciamento** Sia PNG che GIF supportano l'interlacciamento (cioè la possibilità di visualizzare, mentre si scarica l'immagine completa, un'anteprima meno dettagliata della stessa, molto utile in caso di connessioni lente). La visualizzazione dell'anteprima in PNG è più veloce rispetto a GIF (la visualizzazione inizia dopo 1/64 del totale).
- **Immagini Animate** A differenza di GIF, JPEG e PNG supportano solamente **immagini statiche** (per le animazioni esiste un formato gemello di PNG, detto MNG). Si è preferito separare le 2 cose
- *Di GIF esiste una versione non compressa, mentre né PNG né JPEG la prevedono. E' stata volutamente omessa questa possibilità per PNG poiché, essendo quest'ultimo un formato pensato per il web, è sembrato inopportuno l'invio in rete di dati non compressi, inutilmente più pesanti.*
- *PNG supporta solo la codifica RGB che è la più portabile (meno dipendente dalla piattaforma). JPEG usa la codifica HSB (Hue Saturation Brightness) mentre GIF usa una palette di colori.*

PNG-24 è forse leggermente più pesante (cioè ha una dimensione in Kb più elevata) del JPEG per la compressione di alcune immagini, ma trattandosi di un formato senza perdita, al contrario di JPEG, resta comunque una alternativa interessante. Una particolarità degna di nota è che PNG è stato scelto dalla Macromedia come formato standard per le applicazioni Fireworks e Flash

Tanti pregi funzionali e il fascino di un nuovo standard gratuito sulla rete. Perchè allora, pur essendo funzionante e testato, PNG non è molto utilizzato? Perchè, per quanto efficiente possa essere, un algoritmo di compressione lossless non potrà mai arrivare ad un livello di compressione assimilabile ad un algoritmo lossy.

Applicativi per Grafica Bitmap

Adobe Photoshop, Windows Imaging, Macromedia Fireworks

Applicativi per Grafica Vettoriale

Adobe Illustrator, Windows Paint, Macromedia FreeHand

I segnali Audio

Come segnale acustico si intende l'insieme delle frequenze udibili dall'orecchio umano, insieme che si estende circa da **16/20 Hz a 20/24 KHz**. Un segnale audio stereofonico è costituito da due canali indipendenti (destro e sinistro) ognuno con larghezza di banda da 20Hz a 20 KHz circa.

La **digitalizzazione** di un segnale audio è basata sul teorema del campionamento di **Shannon** (1942 Bell Laboratories): **Per digitalizzare un qualunque segnale senza perdita di informazione occorre campionarlo ad una frequenza pari al doppio della massima frequenza contenuta all'interno del segnale**. Dunque per poter digitalizzare un segnale audio occorre campionarlo almeno a 40 KHz (40.000 campioni al secondo).

Per i CD Audio è stata adottata la frequenza di campionamento di **44,100 KHz** per canale (arrivando così a digitalizzare i toni acuti fino a 22 KHz) con memorizzazione del segnale in un formato a **16 bit**, cioè 2 Bytes. Per un segnale stereofonico occorrono:

$$\begin{aligned} 44.100 \times 2 \text{ (bytes)} \times 2 \text{ (canali)} &= 176.400 \text{ Bytes / sec.} \\ 176.400 \times 60 \text{ sec} &= 10.584.000 \text{ Bytes / min} = 10 \text{ Mbytes / min} \end{aligned}$$

Il file ottenuto è in pratica un file "nativo" (come il bitmap per le immagini) di qualità detta comunemente **QUALITÀ CD** e può essere memorizzato in formato **.cda** (formato usato nei CD audio, con specifiche definite all'interno del Red Book)

Esempio: Tempo di download di un brano musicale di durata pari a 5 minuti. Tenendo conto che 1 Byte = 8 bit, per scaricare questo brano utilizzando un modem da 100 Kbit/sec occorrerebbe un tempo pari a
 $T = 176.400 * 300 \text{ (sec)} * 8 \text{ (1 Byte = 8 bit)} / 100.000 = 423.360.000 / 100.000 = 4233 \text{ sec} / 60 = 70 \text{ min.}$

Il formato WAV (Waveform Audio Format)

.wav è un formato NON compresso nato per sistemi Windows ma diventato di fatto uno standard. I file wav sono files nativi esattamente come i cda, **lossless**, quindi con elevate dimensioni, spesso utilizzati dagli utenti professionali per memorizzare l'audio. Nel momento in cui si registra un file WAV è possibile scegliere fra diverse di campionamento (tip **48Kz**), diverse profondità di codifica (tip **24 bit**) e diverso numero di canali.

- **la frequenza di campionamento.** Valori tipici sono 8, 11, 22, 44.1, 48, 96 KHz). I valori più usati sono 44,1 kHz e soprattutto **48 kHz**, utilizzato nella **TV digitale, DVD video, DAT**, registrazioni professionali. 96 KHz è sovraccaricato e poco utilizzato.
- **il numero di bit di codifica.** Generalmente 8, 16 o 24. Le codifiche su 24 bit sono molto precise ma provocano un incremento delle dimensioni pari al 50 % (tre byte per campione contro due)
- **il numero dei canali.** Generalmente 1, 2, 4 o 6. Oggi addirittura 7 canali

Il Wav è un **formato proprietario a sorgente aperto** che può essere riprodotto da tutti i player musicali, ma non è direttamente riproducibile dai CD Player. **Per poter masterizzare un brano WAV su un CD occorre convertirlo in formato .cda.** Qualunque masterizzatore può convertire un file **.cda** in un file **.wav** e viceversa.

Formati simili al WAV sono :

- .aiff** (Audio Interchange File Format) standard Apple
- .au** (μ -Law, pronunciato myoo-Law) standard Unix

Esercizio: Calcolare l'occupazione di memoria di un brano .wav con durata 10 min, campionamento 48 KHz 24 bit, 2 canali

Il formato MP3

Sui segnali audio non è possibile eseguire una compressione significativa senza perdita di informazione.

Per questo motivo le tecniche di compressione dei segnali audio sono nate molto dopo rispetto a quelle delle immagini, e presentano fattori di compressione decisamente inferiori. La tecnica ormai diventata standard della compressione audio è la tecnica **MPEG3** (detta comunemente MP3, 1997).

Il nome MPEG (Moving Picture Expert Group) deriva dal nome del gruppo di lavoro (comprendente anche Microsoft e Apple) incaricato dalla ISO per mettere a punto un sistema completo per la codifica e decodifica di segnali multimediali audio video.

Lo standard MP3 prevede innanzitutto la possibilità di abbassare la frequenza di campionamento sotto i 44,100 kHz. In tal modo si perdono le componenti più acute del segnale, ma i successivi algoritmi di compressione risultano notevolmente semplificati. Dopo di che viene eseguita una compressione dinamica non lineare in cui vengono maggiormente compresse le frequenze con un basso valore di intensità. La compressione viene eseguita comprimendo le bande laterali (rispetto alla frequenza di **1 KHz**, considerata frequenza di centrobanda per la voce) in modo tanto più consistente quanto minore risulta il livello sonoro del segnale. Si arriva ad un fattore di compressione pari a circa 12 con perdite di informazioni percettibili ma accettabili.

Tenendo conto che un campionamento a 48 kHz – 16 bit – 2 canali equivale a **192 kBytes/sec = 1536 bit / sec**, i valori di campionamento utilizzati nelle compressioni MP3 sono:

Layer 1 (musica buona)	384 kbit/sec cioè 1/4 rispetto al campionamento 48 kHz (ottenibile con campionamento a 12 kHz x 16 bit x 2 canali, oppure 24kHz 16 bit 1 canale)
Layer 2a (musica compressa)	256 kbit/sec cioè 1/6 rispetto al campionamento 48 kHz
Layer 2b (musica compressa)	192 kbit/sec cioè 1/8 del campionamento 48 kHz (il più utilizzato)
Layer 3a (solo vocale)	128 kbit/sec cioè 1/12 del campionamento 48 kHz (web radio)
Layer 3b (solo vocale)	112 kbit/sec cioè 1/13 del campionamento 48 kHz

Un segnale compresso MP3 può essere riportato nelle versioni originarie .wav però non si possono certo ricostruire le informazioni perse durante la compressione ed il segnale finale avrà la stessa qualità del MP3

Cenni su altri formati : OGG e MIDI

OGG

Perchè Firefox non supporta mp3?: The MP3-compression algorithm is patent-protected by the Fraunhofer Institute IIS (iis.fraunhofer.de). If they would do that, they could no longer distribute Firefox for free. The better question is: Why don't Apple & Microsoft support ogg vorbis, which is (and always has been and always will be) a completely free file format, with quality and compression just as good as mp3, if not better...

Ogg è un **formato contenitore libero** per il trasporto di flussi di bit progettato con l'intento di permettere sia lo streaming che l'archiviazione in maniera efficiente. Il contenitore ogg include diversi codec indipendenti sia per il video che per l'audio. I file con l'estensione ".ogg" possono contenere uno qualsiasi dei formati supportati e i vari codec ogg sono stati incorporati in molti riproduttori multimediali, sia proprietari che liberi.

- Il nome deriva dall'espressione inglese *to ogg* con il significato approssimativo di "**intraprendere un'azione azzardata**, con esiti incerti e conseguenze probabilmente deleterie".
- Ogg è il formato ufficialmente preferito per i file audio e video di **Wikipedia**.
- Spesso il termine "ogg" è stato usato per indicare il formato di file audio **ogg vorbis**, cioè un file audio codificato con un codec Vorbis, che è stato il primo codec utilizzato nel contenitore ogg.
- Altri importanti codec sviluppati per il contenitore ogg sono **Theora** per la compressione video, e **Speex**, un algoritmo ottimizzato per la compressione del parlato.

MIDI (Musical Instrument Digital Interface)

Il formato MIDI nasce come standard di comunicazione fra strumenti musicali elettronici. Non contiene le tipiche informazioni audio (rappresentazioni digitali di segnali analogici), ma la **codifica di una partitura musicale mediante un insieme di formule matematiche che descrivono le differenti note musicali**.

- Queste note possono essere interpretate da un apposito **MIDI Player** (**sintetizzatori MIDI**) simulando (mediante opportuna impostazione) i diversi strumenti.
- I file MIDI possono contenere **soltanto note musicali** e non voce. Sono in genere file di dimensione molto minore rispetto a qualunque altro formato musicale.
- Possono essere considerati, rispetto ai files wav, l'analogo delle immagini vettoriali rispetto alle bitmap, cioè **un insieme di formule matematiche interpretate dal software di destinazione**.

I sistemi Audio Multicanale

Il Dolby Stereo

Proposto da Ray Dolby nel 1976 (colui che aveva già inventato negli anni 70 il sistema Dolby per la riduzione del rumore di fondo di radio e sistemi stereofonici), fu utilizzato nelle sale cinematografiche degli anni 70 – 80 ed inaugurato con il film “Guerre stellari”. Consiste in una codifica a **4 canali** costituiti da:

- Canali laterali dx e sx tradizionali
- un canale centrale per la **voce**, installato dietro lo schermo
- un canale posteriore, detto canale di **riverbero**, posto alle spalle dello spettatore, monofonico, ma di solito distribuito su 2 o più diffusori. Lo stesso suono riprodotto dai diffusori principali viene inviato, con alcuni millisecondi di ritardo, agli altoparlanti di riverbero. Questo contribuisce ad aumentare il senso di coinvolgimento dello spettatore il quale ha l'impressione di trovarsi al centro dell'evento.

Il tutto ottenuto senza l'ausilio di piste magnetiche aggiuntive, dunque compatibile all'indietro. Cioè chi non possiede un dispositivo Dolby Stereo può comunque “leggere” i segnali Dolby come normali segnali stereofonici.

Il Dolby Surround

Proposto sempre da Ray Dolby del 1982 e tutt'ora in uso, anche nelle versioni cosiddette **Home Theatre** (“Cinema a Casa”). Rappresenta una estensione del sistema precedente dove, sulle solite due piste magnetiche, vengono questa volta convogliati **6 segnali** indipendenti, diventati **7** nell'Home Theatre

- Uno speaker frontale per la **voce** (diventati due nell'Home Theatre, uno dx e l'altro sx)
- Due Canali laterali (uno dx e l'altro sx)
- Due canali posteriori indipendenti per il **riverbero** (uno dx e l'altro sx)
- un canale detto LFE (*Low Frequency Effects*) dedicato alle basse frequenze e diffuso da un altoparlante dedicato, denominato **subwoofer**

Con la nascita dell'audio digitale il sistema Dolby Surround diventa Dolby Digital o Dolby Pro Logic o altre single ancora, tutte sostanzialmente equivalenti (piccole variazioni tecniche e diversi diritti commerciali).

Tutti i DVD ed anche le trasmissioni TV **stereofoniche** sono oggi Dolby Surround. Per poter sfruttare questo effetto occorre però “decodificare” il segnale attraverso un opportuno decodificatore Dolby Surround.

I segnali Video

I video, contenenti sia immagini che audio, richiedono notevole occupazione di memoria.

Gli applicativi più conosciuti per la riproduzione di video sono:

- APPLE QuickTime.
- ADOBE AfterEffects
- Macromedia Director

Principali Parametri di un video

- **Dimensioni del frame.** Esistono diversi formati:

SD	Standard Definition	640x480
HD	Height Definition	1280 x 720
Full HD	Full Height Definition	1920 x 1080
HD 2k	Height Definition 2k	2048 x 1080 (2k pixel di larghezza)
UltraHD 4k	Height Definition 4k	4096 x 2160 (4k pixel di larghezza)

- **Numero di colori.** typ 24 bit per pixel

- **Durata del video.** Filmati della durata di uno o due minuti richiedono un notevolissimo impegno di risorse. Per durate maggiori è bene ricorrere a soluzioni di streaming.

- **Frame Rate.** Si esprime in frames / secondo. Lo standard utilizzato nella cosiddetta **Qualità TV** è **25 fps** (legato alla frequenza di rete 50 hz). 30 fps negli USA (frequenza di rete 60 Hz). In ambito cinematografico si usano **24 fps**. Nel web si usano normalmente frame rate di **15 / 18 fps**. Si gioca sull'incapacità della retina di distinguere la variazione dei frame quando questa supera i 15 – 18 fps. **Sotto questa soglia** l'occhio riuscirebbe a cogliere i singoli fotogrammi ed il filmato si vedrebbe "a scatti". Riguardo alla **soglia superiore** percepibile, nonostante sia opinione comune che l'occhio oltre i **30 FPS** non noti nessuna differenza, in realtà un occhio attento e "addestrato" (un videogiocatore o un videomaker...) nota sicuramente le differenze.

I test eseguiti su alcuni degli occhi più allenati del mondo, ovvero quelli dei piloti di **caccia militari**, hanno dimostrato che essi riuscivano a percepire un oggetto solo se compariva con una frequenza di almeno 1 fotogramma ogni circa **230**. Questo significa che se si aumentasse il numero di fotogrammi, la percezione di quelle immagini non avrebbe il tempo di fissarsi sulla retina e venire percepito dal cervello. **230 fps è considerata la soglia massima percepibile da un occhio estremamente allenato**. I videogiochi utilizzano normalmente **144 fps** e, con questo frame rate, i movimenti risultano molto più fluidi rispetto ai **60 fps** utilizzati in precedenza. I monitor "gaming" di ultimissima generazione utilizzano **240 fps**

Si tenga comunque sempre presente che maggiore è il frame rate, maggiore è l'occupazione di memoria. Una web cam utilizza tipicamente una risoluzione di 640 x 480 pixel - **30 fps**

Lo streaming

Ascoltare un brano o vedere un video in **streaming** significa che il brano viene eseguito dal player immediatamente all'arrivo dei primi dati e, mentre questi vengono eseguiti, in contemporanea il sistema prosegue con il download dei dati successivi. Per poter vedere il filmato senza interruzioni **la velocità di download (bitrate) deve essere maggiore rispetto alla velocità di riproduzione**. Se dopo l'esecuzione di alcuni frames, i frames successivi non sono pronti, il filmato si interrompe.

Dividendo le **dimensioni del file** (esempio 1,2 Mbytes) per la **durata del video** (es 2 minuti = 120 sec) si ottiene il **bitrate minimo** di download (nell'esempio 9,6 Mbit / 120 sec = 80 kbit / sec)

Principali formati video

Sui file video si applicano in genere sia compressioni **spaziali** (comprimendo i pixel dei singoli frames), sia compressioni **temporali**, applicate sulle sequenze di frames, in cui si sfrutta il fatto che alcune zone dell'immagine rimangono inalterate su vari frames successivi (concetto di Key Frame inseriti in corrispondenza di ogni variazione significativa). I seguenti sono tutti formati HD compressi:

mov	Il codec .mov è il primo formato video introdotto da Apple nel 1991 ed utilizzato da QuickTime . Formati simili qt, m4v
avi	Audio Video Interleave Formato compresso sviluppato da Microsoft agli inizi degli anni 90 come standard per i sistemi Windows.. In questo formato le informazioni Audio e Video sono strettamente interlacciate all'interno di ogni singolo frame. Compressione molto elevata e quindi qualità non molto elevata Compressioni simili: divx, .xvid, .ivf, .div,
wmv	Windows Media Video. Codec video sviluppato da Microsoft Compressione meno profonda rispetto ad avi, qualità migliore. Formati simili: asf (Advanced Systems Format), .asx, .dvr-ms
mpeg	Motion Picture Experts Group. Standard internazionale prodotto da MPEG LA , una associazione internazionale comprendente anche Microsoft ed Apple. Si tratta quindi di formati protetti per la cui codifica occorre pagare una licenza all'associazione. MPEG utilizza un gruppo di codec con diversi livelli di compressione (Layer-1, -2 - 3 - 4) di qualità crescente (ma con maggiore occupazione di memoria). mp4 utilizza AAC come codec audio e H.264 come codec video Formati simili: mpg, mp2, .m1v, .mpe, .m2v, .dat, .ifo, .vob, .vro, .mod, .mvv

Altri formati compressi:

ogg	Contenitore standard in grado di gestire diversi codec. Il codec più utilizzato per i file video è Theora . I file oggs contenenti un flusso video possono anche avere estensione ogv (og video) per distinguerli dai file audio
webm	WebM Project è un progetto sponsorizzato da Google dedicato a creare un formato video libero e royalty-free che abbia un'alta qualità nella compressione video per l'uso con HTML5. Utilizza il Codec Vorbis per l'audio ed il Codec VP8 per il video. Il progetto è stato sostenuto fin dall'inizio anche da Mozilla ed Opera.

Formati Full HD a bassa compressione:

HDV	MPEG-HD [High Definition Video]
MTS	<i>MPEG Transport Stream, (Flusso di trasporto MPEG)</i> Si tratta di Video in formato AVCHD (Advanced Video Codec High Definition), formato di registrazione ad alta definizione introdotto nel maggio 2006 da Sony e Panasonic
BDM BDMV	Standard Blue Ray Proposto da Sony fin dal 2003 [Blu-ray Disc MoVie]

Esistono in rete diversi **Video Converter** gratuiti. Verificare prima quali formati supportano.

FONT

Il tipo di carattere utilizzato è uno degli elementi più importanti di un sito Web ben realizzato.

I caratteri possono essere suddivisi in tre grandi famiglie:

- **Caratteri serif**, cioè maggiormente ricercati. Es Times, Times New Roman, Georgia
Vanno bene per i documenti stampati, quando si vuole dare una certa ufficialità / importanza al documento
- **Caratteri sans-serif** più sobri. Es Arial, Helvetica, Verdana, Trebuchet
Sono più facilmente leggibili sullo schermo.
- **Caratteri monospaziali** Es Courier e Courier New **Tutti i caratteri occupano lo stesso spazio**, come i caratteri di una macchina da scrivere.

Times	Verdana	Georgia
Georgia	Trebuchet	Courier
Arial		

Inoltre Windows e Mac indicano caratteri simili con nomi diversi

Sistemi Windows: Times New Roman, Arial e Courier New

Sistemi Mac OS: Times, Helvetica e Courier

Leggibilità dei caratteri sullo schermo

Da cosa dipende la leggibilità o meno di un font? Dipende soprattutto dalla cosiddetta **altezza x** (l'altezza di una x minuscola) del carattere. Così un tipo di carattere come **Times New Roman** ha una leggibilità media sullo schermo del computer perché ha un'altezza x moderata. Invece caratteri quali **Arial** e **Verdana** sono stati progettati per essere letti su schermo, infatti hanno altezze x molto maggiori se paragonati a tipi di caratteri più tradizionali con la stessa dimensione di punti.

Impostazione del font-family

Per ogni pagina web esiste la possibilità di associare alla pagina una lista di font-family. Se il browser dell'utente non trova il primo carattere elencato, tenta con il successivo e così via, in modo che la pagina sia visualizzabile correttamente su qualsiasi piattaforma. Le voci finali "serif" o "sans-serif" indicano al browser di utilizzare il proprio carattere serif / sans-serif di default che, nel caso di Chrome, sono rispettivamente Times New Roman e Arial.

Per dare maggiore leggibilità alle pagine è bene utilizzare sempre pochi font e poche dimensioni.

Formati di memorizzazione dei Font

I Font vengono memorizzati in appositi file in cui il costruttore fornisce una collezione indicizzata di glifi (segno, carattere), uno per ciascuna lettera dell'alfabeto, numero e carattere speciale.

Inizialmente i glifi contenevano l'immagine bitmap del carattere da visualizzare. L'immagine bitmap è però poco scalabile, nel senso che, nel momento in cui si ingrandisce il carattere, questo perde le proprie caratteristiche. Oggi i glifi sono TUTTI memorizzati con formati di grafica vettoriale.

Il formato più conosciuto ed utilizzato per la memorizzazione dei Font è il formato **TTF** (True Type Font) sviluppato originariamente da Apple alla fine degli anni 1980 in competizione con i font Type 1 usati da Adobe nel PostScript.. Esiste in Internet la possibilità di scaricare i più svariati font TTF che possono essere visualizzati ed eventualmente installati sulla propria macchina.

Altri formati sviluppati successivamente sono:

- del formato chiamato **Open Type Font (OTF)** sviluppato da Microsoft in collaborazione con Adobe nel 1996
 - **OTF Open Type Font** Formato sviluppato da Microsoft in collaborazione con Adobe. Mantiene la struttura base del True Type con alcune aggiunte per migliorare l'aspetto tipografico dei caratteri e poterli utilizzare il formato anche per la stampa in alternativa al PostScript. In sostanza contiene sia i profili True Type che quelli PostScript. La codifica del font è basata su Unicode per cui ogni font può avere fino a 65.536 glifi e quindi si può utilizzare il font per qualsiasi lingua o per più lingue insieme.
EOT è la versione embedded di OTF creata sempre da Microsoft per un utilizzo "embeded" all'interno delle pagine HTML. È un tentativo per affrontare i problemi di copyright di TTF e OTF durante la pubblicazione sul web. Esistono diverse utility che consentono di creare un file EOT a partire da un file TTF/OTF esistente. Comunque assai poco utilizzato
- **SVG Scalable Vector Graphics** è una tecnologia sviluppata nel 2001 dal W3C per memorizzare oggetti generici (compresi i font) in grafica vettoriale. Più specificamente si tratta di un formato derivato dall'XML.
- **WOFF Il Web Open Font Format** è un formato sviluppato nel corso del 2009 dal W3C ed è fortemente raccomandato per la standardizzazione del WEB da parte del Consorzio W3C. WOFF è un contenitore di font basati su grafica vettoriale (formati TTF, OTF) che sono stati compressi usando un tool di codifica WOFF in modo da incorporarli in una pagina web. Il formato utilizza la compressione zlib che permettendo di ottenere una riduzione della dimensione del file di un TTF di oltre il 40%. il Consorzio W3C si aspetta che WOFF diventi presto il "solo formato interoperabile" supportato da tutti i browser.

Il download dei Font insieme alla pagina web

In HTML5 / CSS3 è possibile caricare all'interno delle pagine web font non standard salvati fisicamente all'interno della directory del sito web. Questo consente di visualizzare correttamente il font su tutti i browser anche quando esso non è installato all'interno del PC dell'utente.

Tra lo scaricamento e la visualizzazione del font specificato può però passare un breve istante in cui gli elementi appaiono senza gli stili richiesti (il cosiddetto **flash of unstyled fonts**). Per questo motivo è bene specificare sempre, nel body, un alternativa simile al web font richiesto.