

Laboratorio di Informatica
Corso di laurea in Scienze biologiche

Prof. M.A. Alberti

AA 11/12

I dati digitali

Laboratorio 3

I dati

- Non sempre i dati sono prodotti in forma digitale
- I segnali analogici devono essere digitalizzati
 - Fotografie su carta, dischi audio
 - Il processo di digitalizzazione avviene tramite apparecchi, chiamati genericamente convertitori ADC (*Analogue Digital Converter*)

Rappresentazione del segnale

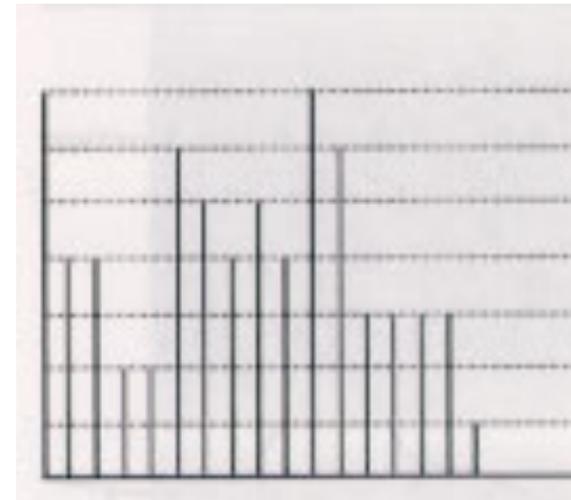
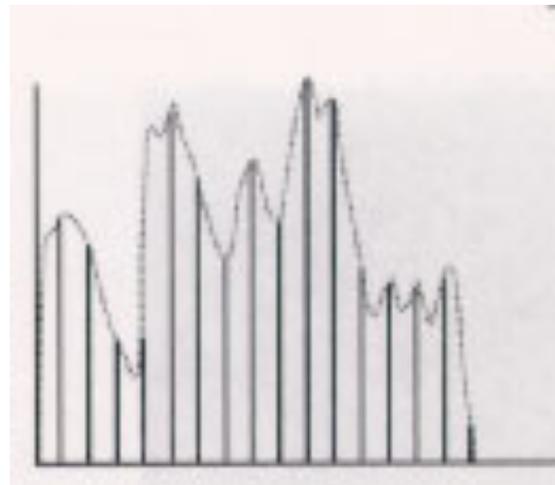
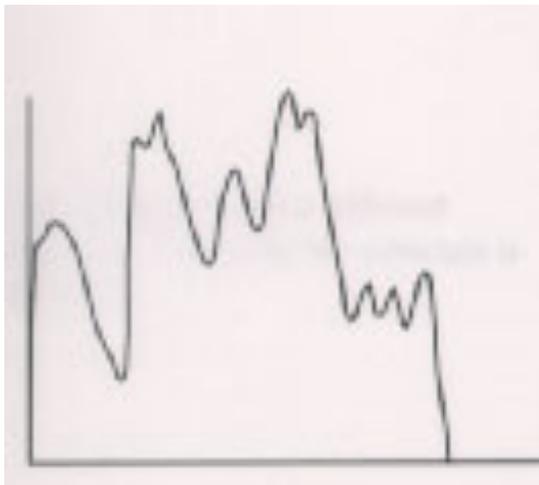
- Analogica
 - Lancetta dei minuti si muove con continuità (**quasi**)
 - Più preciso la valutazione del tempo (**quasi**)
- Digitale
 - I minuti mostrati sono discretizzati, cambiano ogni 60 secondi
 - Più preciso il calcolo delle differenze di tempo



Processo di digitalizzazione

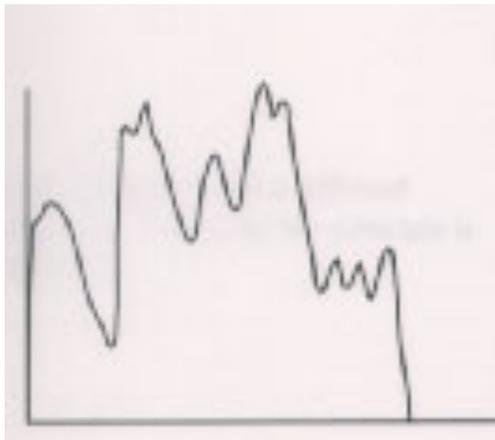
Digitalizzazione

- Un segnale continuo digitalizzato in 2 passi:
 - Il **campionamento**: segnale misurato a intervalli discreti
 - Frequenza di campionamento: numero di campioni in un intervallo di tempo
 - La **quantizzazione**: i valori possibili sono fissati
 - Livelli di quantizzazione generalmente a intervalli regolari



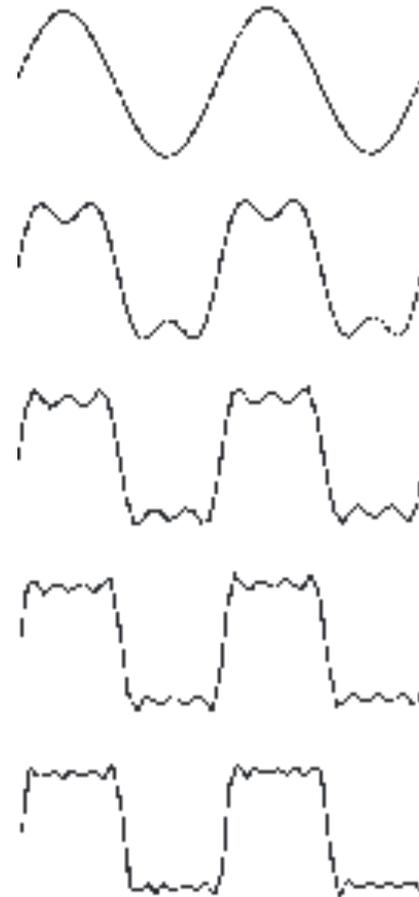
Accuratezza

- Dopo aver campionato e quantizzato il segnale, come lo ricostruiamo?
- *Sample and hold*: il valore del campione viene mantenuto costante fino al nuovo campione



Componenti di un segnale

- Ogni forma d'onda può essere decomposta in onde sinusoidali: le *componenti di frequenza*
 - Frequenza sia che il segnale vari nel tempo sia nello spazio
- Il *dominio delle frequenze* è l'insieme delle frequenze e ampiezze delle componenti del segnale



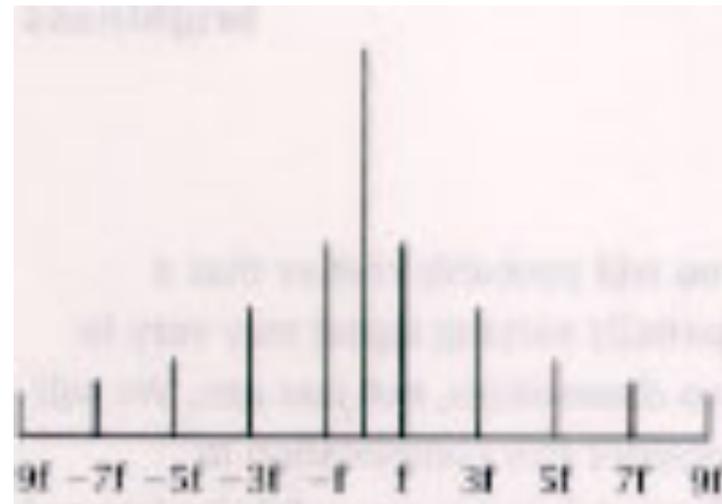
Spettro delle frequenze

- Rappresentazione del segnale nel dominio delle frequenze delle componenti
 - Mediante applicazione della trasformata di Fourier

Le componenti di frequenza più alta sono associate a transizioni brusche

Possiamo trascurarle o aggiungerle per avere ad es. immagini più precise o più sfumate.

Operazione implementata con filtri che gestiscono le componenti di frequenza in programmi applicativi

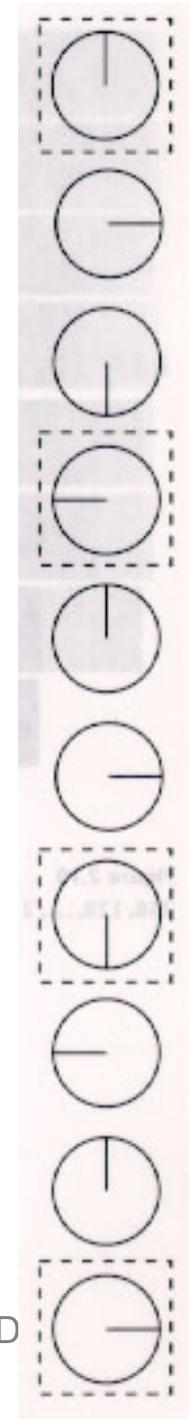


Frequenza ottimale

- Esiste una frequenza di campionamento che garantisce la ricostruzione fedele del segnale?
- Teorema del campionamento
 - Il segnale può essere **ricostruito** se è stato campionato ad una frequenza maggiore del doppio della frequenza della componente del segnale di frequenza più alta (*valore di Nyquist*)

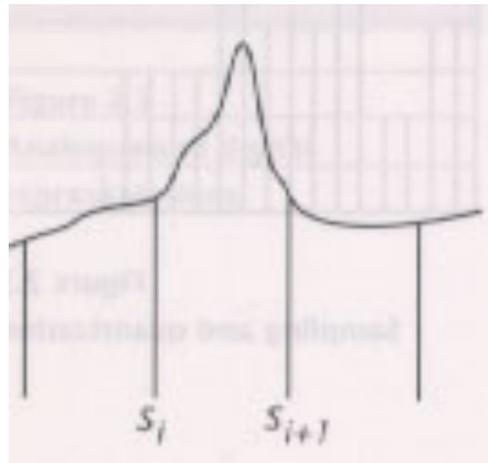
Esempio

- rotazioni in senso orario n/s
- campionamento con frequenza $4n/s$
 - vediamo che il disco muoversi in senso orario
- alla frequenza di Nyquist $2n$
 - vediamo la linea alternativamente sulle 12 o sulle 6 e non possiamo sapere la direzione del movimento
- alla frequenza $(4/3n)/s$
 - percepiamo il movimento in senso antiorario



Frequenza di campionamento

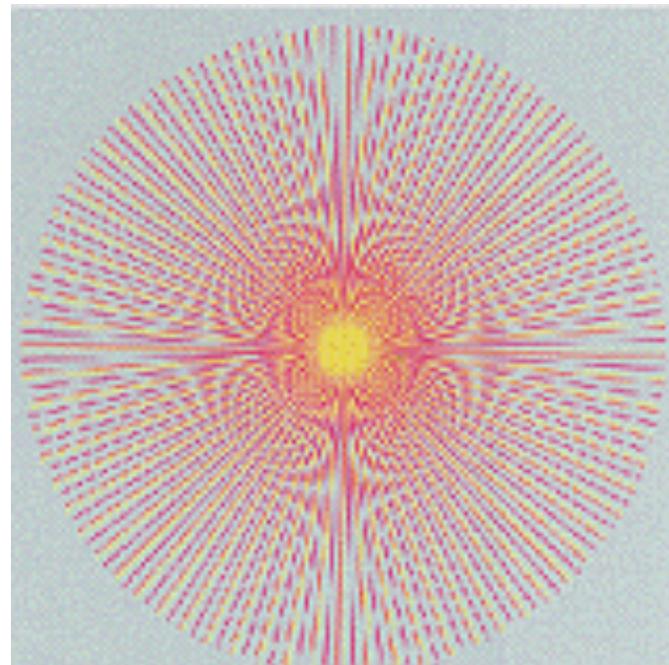
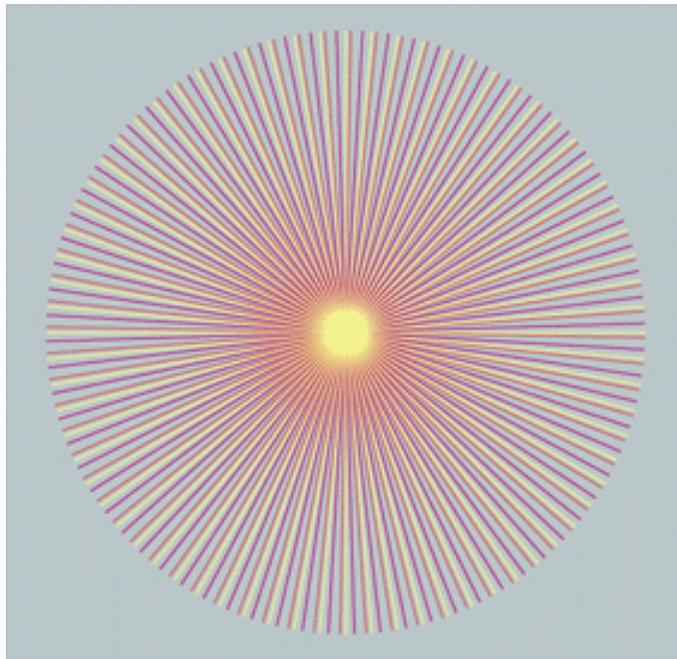
- Sotto campionare significa perdere informazioni e distorcere (*aliasing*)
- La conseguenza sulla percezione finale dipende dalla natura del segnale



Sottocampionamento

- Campionamento a frequenza minore del valore Nyquist
- La ricostruzione del segnale è imprecisa
 - Alcune frequenze vengono trasformate in altre
 - Come l'effetto dell'esempio del disco rotante
- Aliasing
 - Nel suono produce distorsione
 - Nell'immagine bordi confusi
 - In certe immagini i pattern di Moiré

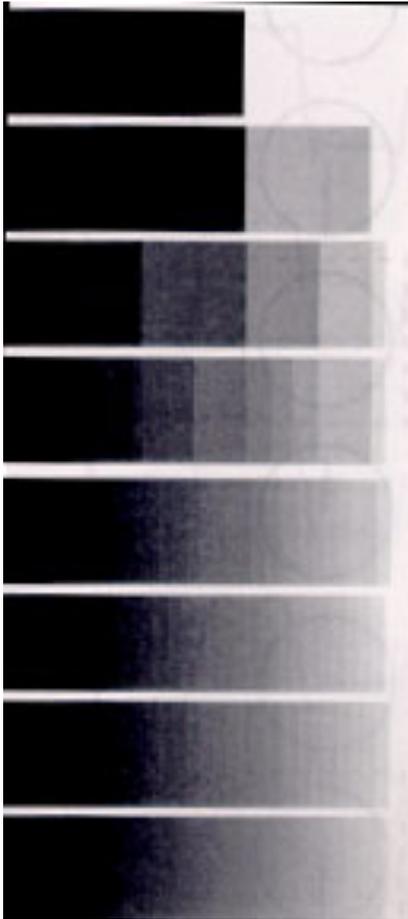
Effetto Moiré



Livelli di quantizzazione

- **Pochi livelli granularità grossa**
 - non si rappresentano passaggi graduali di valore
- **Nelle immagini**
 - 256 colori – 8 bit
 - 64 colori – 6 bit
 - 2 colori – 1 bit
- **Nel suono**
 - 256 – 8 bit (rete)
 - 65536 valori – 16 bit (CD)

Livelli di grigio



- Bianco e nero, 2 livelli di grigio, 1 bit
- 4 livelli, 2 bit
- 8 livelli, 3 bit
- 16 livelli, 4 bit
- 32 livelli, 5 bit
- 64 livelli, 6 bit
- 128 livelli, 7 bit
- 256 livelli di grigio, 8 bit

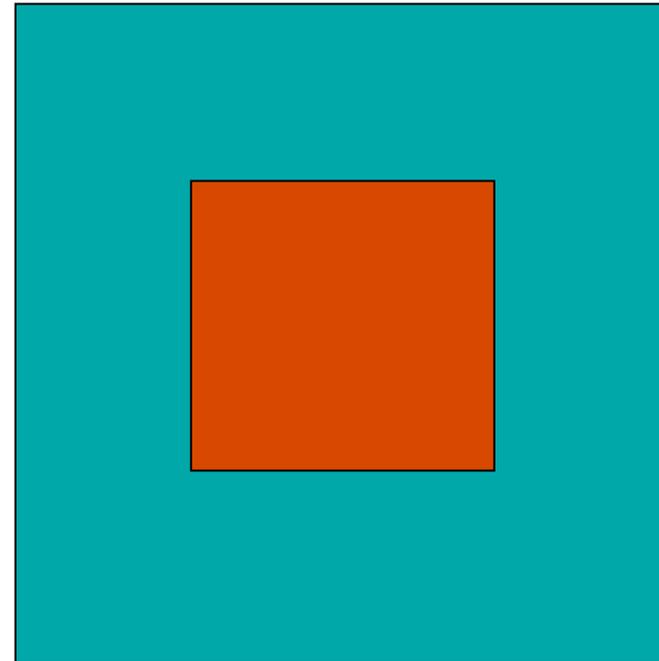
Grafica digitale

Grafica

- Due approcci alla modellazione grafica
 - **Grafica bit-map**
 - Immagine è rappresentata come un insieme di punti (**pixel**) esattamente come sul monitor
 - Non sempre i pixel logici dell'immagine coincidono con i pixel fisici del display
 - **Grafica vettoriale**
 - Una rappresentazione strutturata in cui le forme geometriche vengono descritte in termini matematici e l'immagine è una collezione di oggetti geometrici

Esempio

- **Bitmap**
 - A 72 ppi occorrono
 $72 \times 1.78 = 128$ pixel per lato
 - 128×128 per il quadrato
- **Grafica vettoriale**
 - 0 1 0 setrgbcolor
 - 0 0 128 128 rectfill
 - 1 0 1 setrgbcolor
 - 32 32 64 64 rectfill



Quadrato esterno di 45mm
ovvero 1.78"

1"=25.4mm

Risoluzione

- La misura di quanto un mezzo approssima immagini continue usando una informazione finita: i **pixel**
 - Un concetto simile al campionamento
- Il numero di pixel di un'immagine che ne determina la **qualità**
 - Es: 640 x 480 (orizzontale x verticale) pixel
 - Più alto il numero di pixel maggiore la qualità

Risoluzione e dimensione

Dimensione fisica = dimensione in pixel / risoluzione del mezzo

- Più alta la risoluzione del mezzo, più piccola l'immagine
 - Per stampanti e scanner si misura in dpi (dots per inch)
 - Es: una comune stampante è 600 dpi, per stampe di qualità deve essere almeno 1200 fino a 2700 dpi
 - Un'immagine larga 128 pixel viene visualizzata
 - 45 mm con device a 72 dpi [128p/72dpi=misura in inch]
 - 28 mm con device a 115 dpi [1 inch = 25,4 mm]
 - Stampata a 600 dpi risulta larga 5,4 mm

Risoluzione dell'immagine

- Risoluzione espressa in ppi (pixel per inch) per distinguerla da quella del device in dpi.
 - Immagine digitalizzata con scanner a 600 dpi si dice che ha risoluzione di 600 ppi
 - Immagine originaria 6"x4" produce una bitmap di 3600x2400 pixel
 - Visualizzata su schermo a 72 dpi risulta di 50"x33"
 - Per ottenere la sua dimensione reale va considerato il **fattore di scala** $72/600=0.12$

Risoluzione dell'immagine



**HIGH RESOLUTION
300dpi IMAGE**



**LOW RESOLUTION
72dpi IMAGE**

Immagini per la stampa

- Scansione immagini: usare 300 dpi al minimo
 - Oltre 300 dpi ricaviamo più info ma poi si devono fare i conti con le limitazioni delle stampanti
- Grafici devono essere a risoluzione maggiore (600 o 1200 dpi) altrimenti gli effetti di aliasing sono troppo visibili

Immagini per i monitor

- Immagini per il web sono in genere a risoluzione minore e quindi non adatte alla stampa
 - 72 ppi o max 150 ppi

Modificare risoluzione e dimensione

- Aumentare la risoluzione di immagini
 - Interpolazione. L'applicativo crea nuovi pixel basandosi sulle info che ha nei pixel adiacenti
 - Non sempre consigliato
- Cambiare la dimensione e risoluzione senza interpolazione

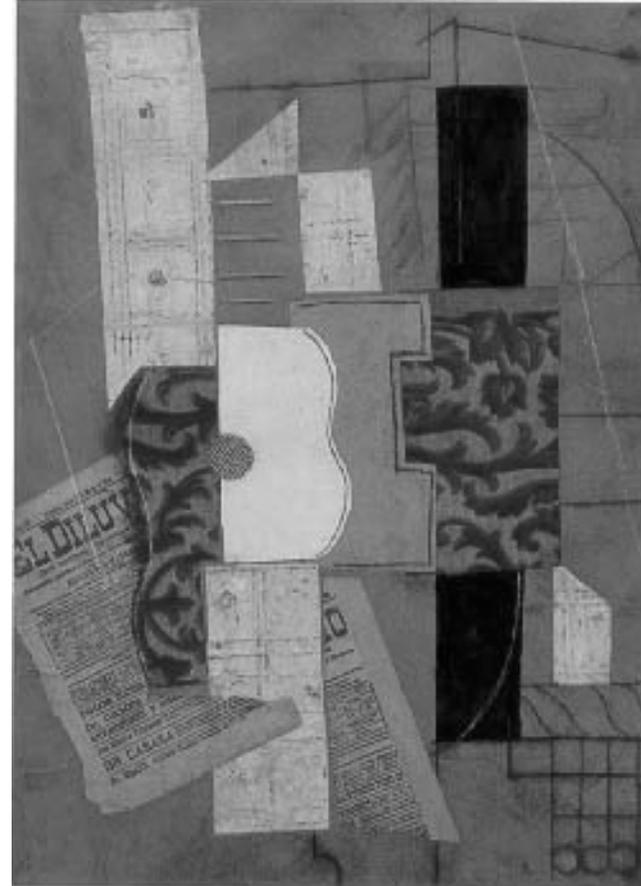
Colore

- Ogni pixel deve essere rappresentato
 - Bianco/nero: basta 1 bit per pixel (0 nero, 1 bianco)
 - Toni di grigio: di solito occorre 1 byte (8 bit) per contenere 0-255 valori di grigio
 - Colori: 3 valori per rappresentare rosso, verde e blu (RGB) i tre colori primari additivi

Bit map monocromatico e toni di grigio



11KB



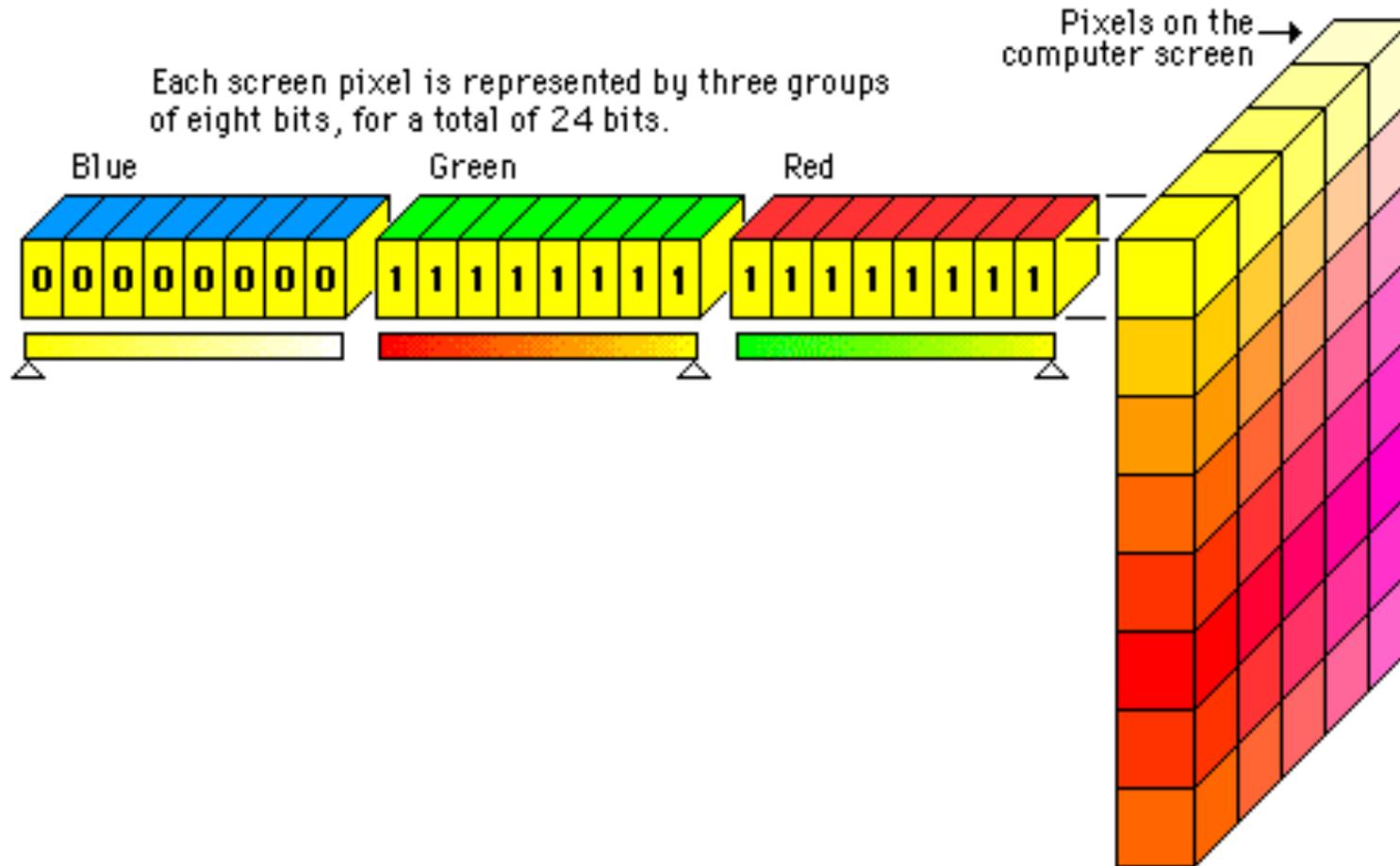
249 x 345 pixel

84 kB

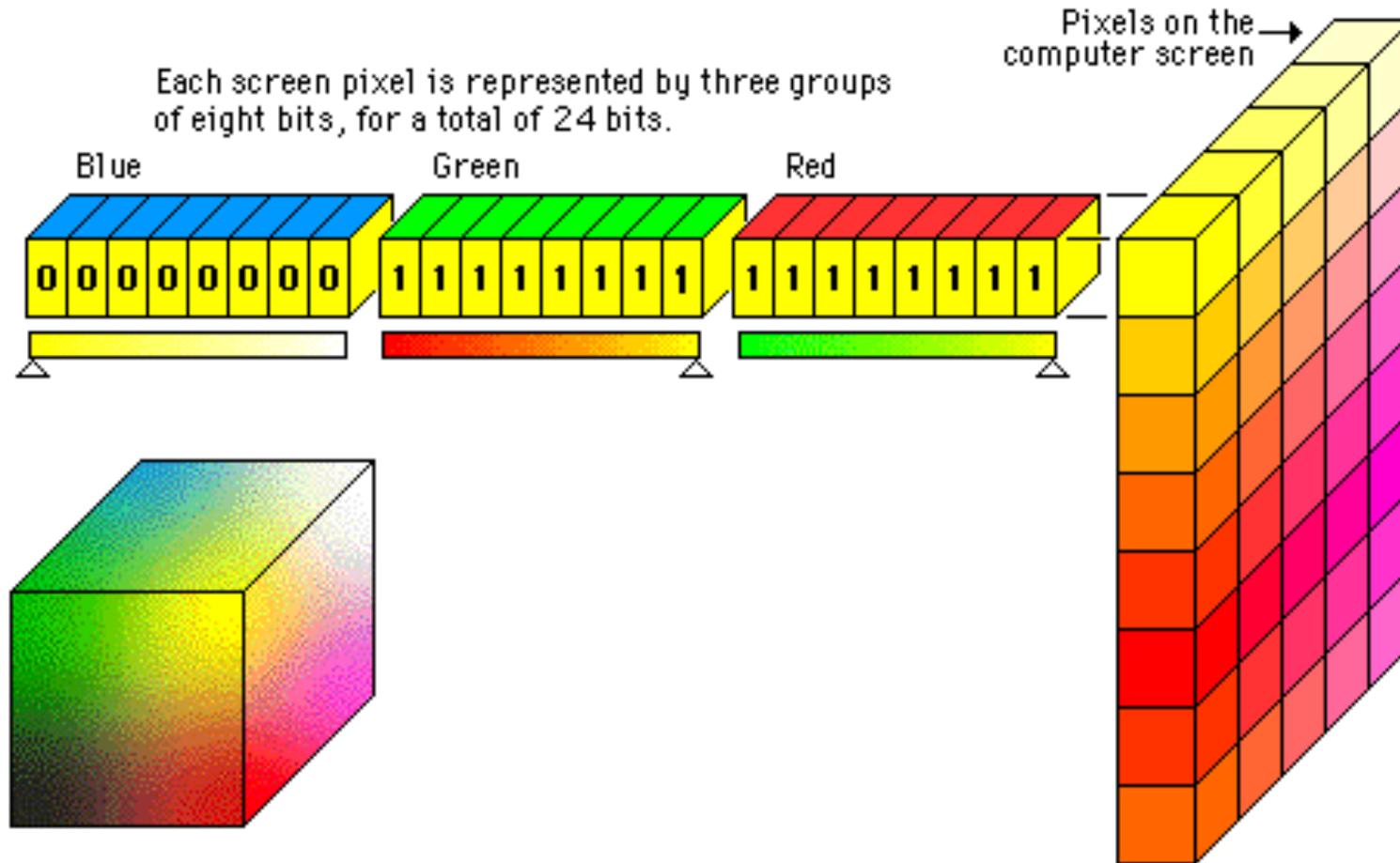
Bit map a colori

- Ogni pixel viene associato a 3 valori (RGB)
- La dimensione dell'immagine dipende dal numero di sfumature per ogni colore primario – **profondità** del colore
 - 8 bit per pixel
 - 24 bit

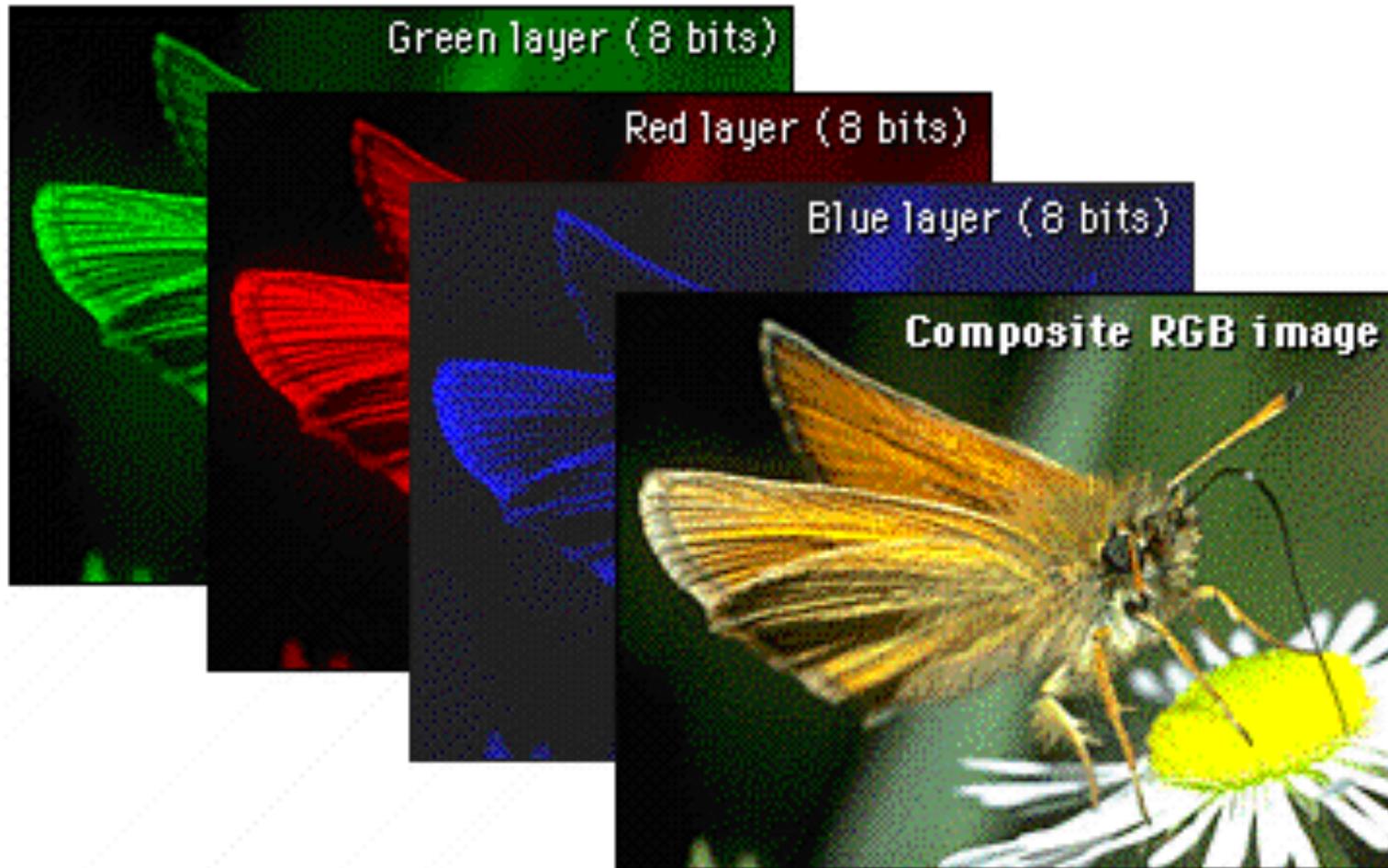
RGB Color Display (24 bit: "TrueColor")



RGB Color Display (24 bit: "TrueColor")



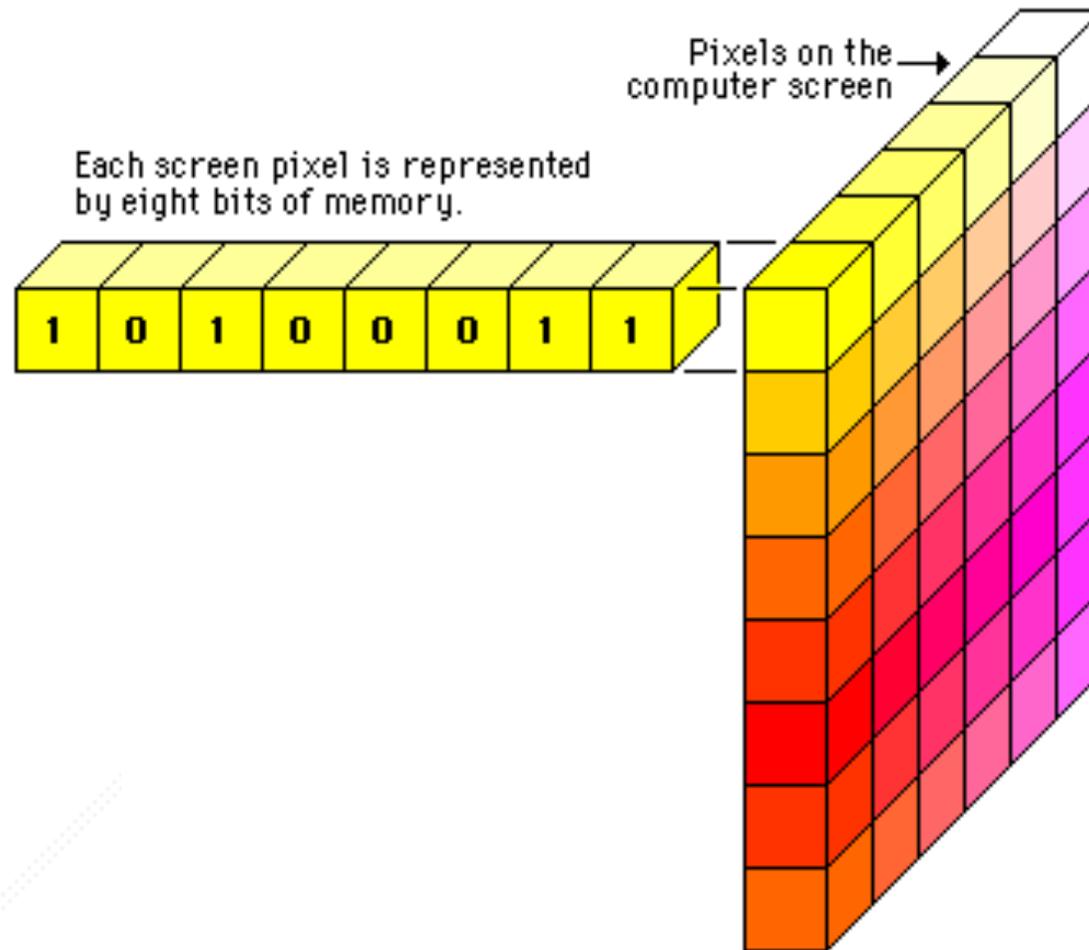
TrueColor (24 bit)



Quanti colori?

Bit	Numero di colori	
1	2^1	2
2	2^2	4
3	2^3	8
4	2^4	16
5	2^5	32
6	2^6	64
7	2^7	128
8	2^8	256
16	2^{16}	65.536 (16 bit True Color)
24	2^{24}	16.777.216 (True Color)
32	2^{32}	24 bit True-Color + 8 bit Alpha Channel

256 Color Display (8 bit)



256 Color Display (8 bit)

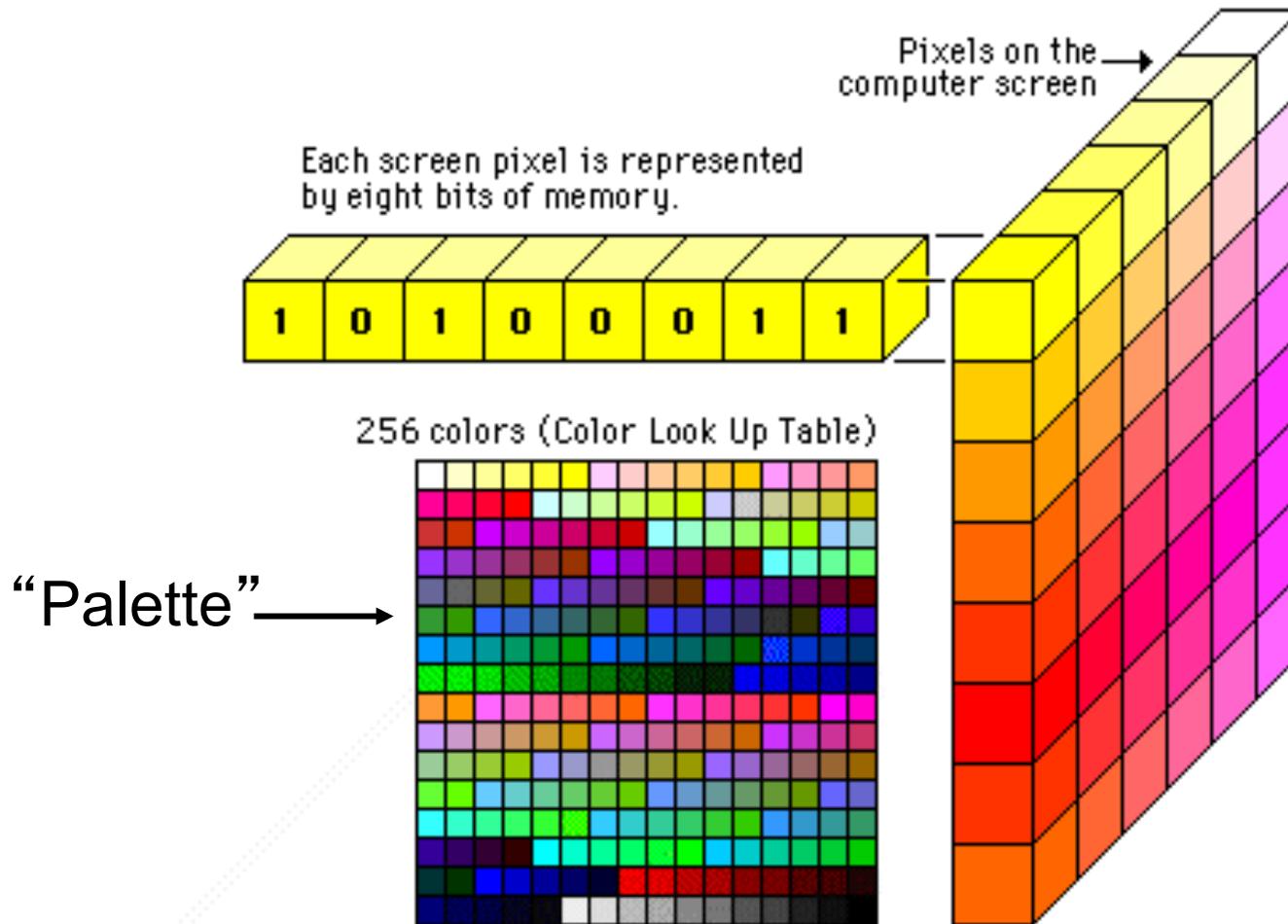
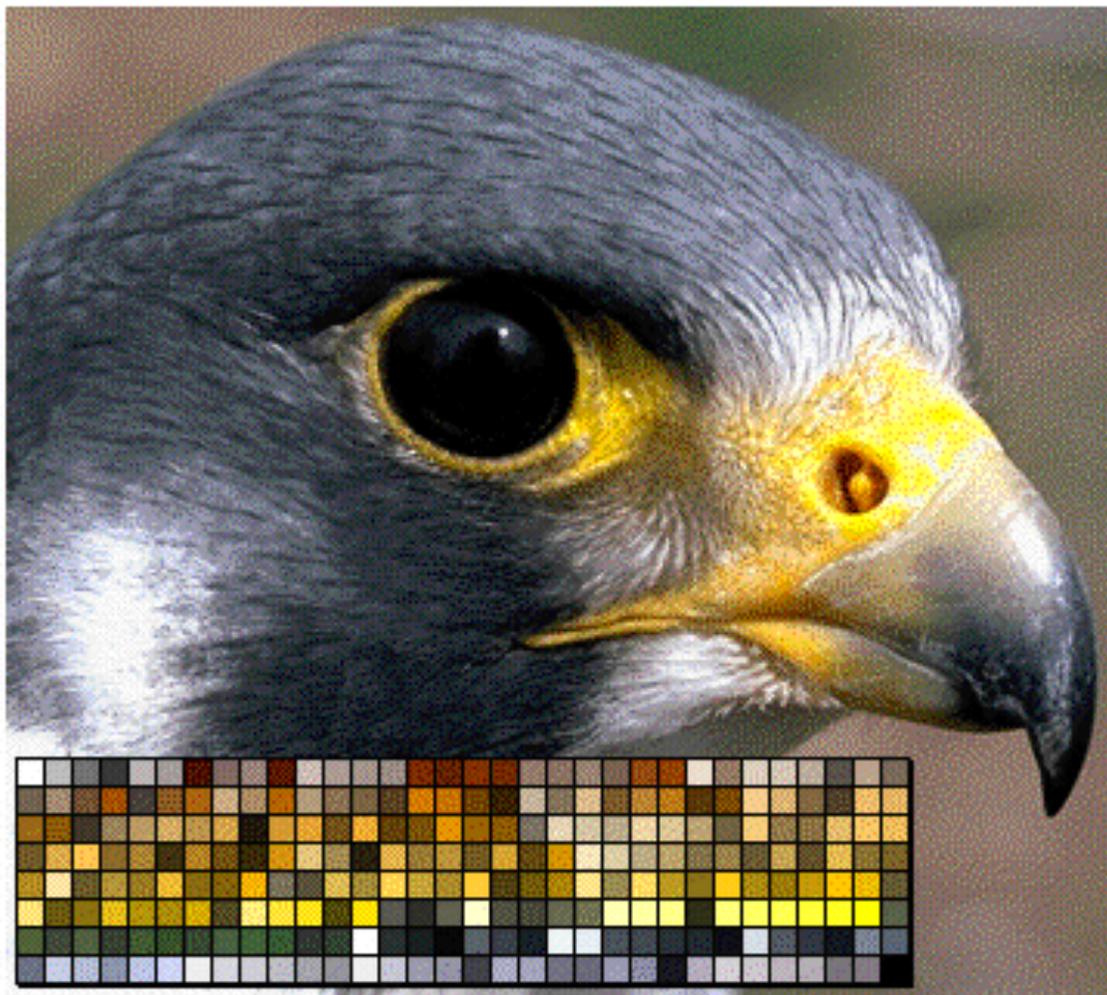


Immagine a 256 colori



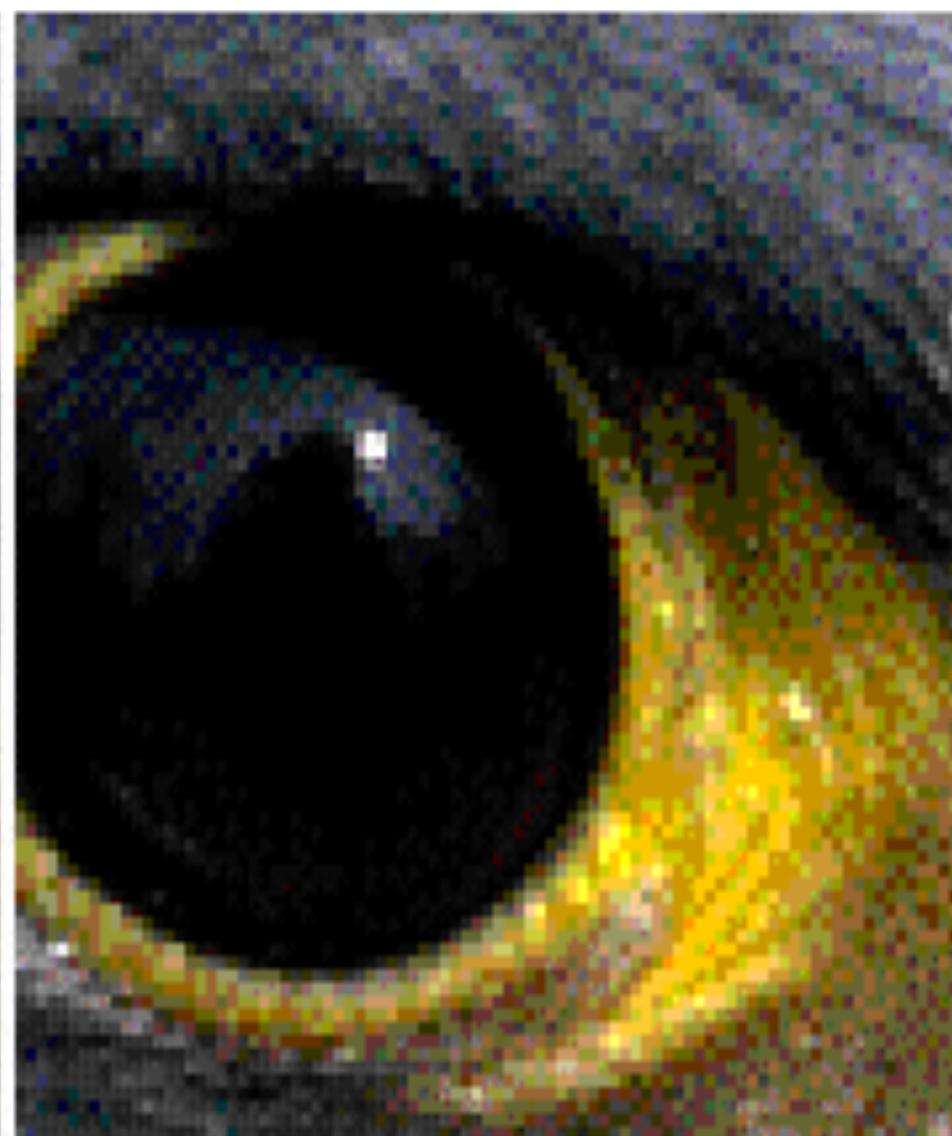
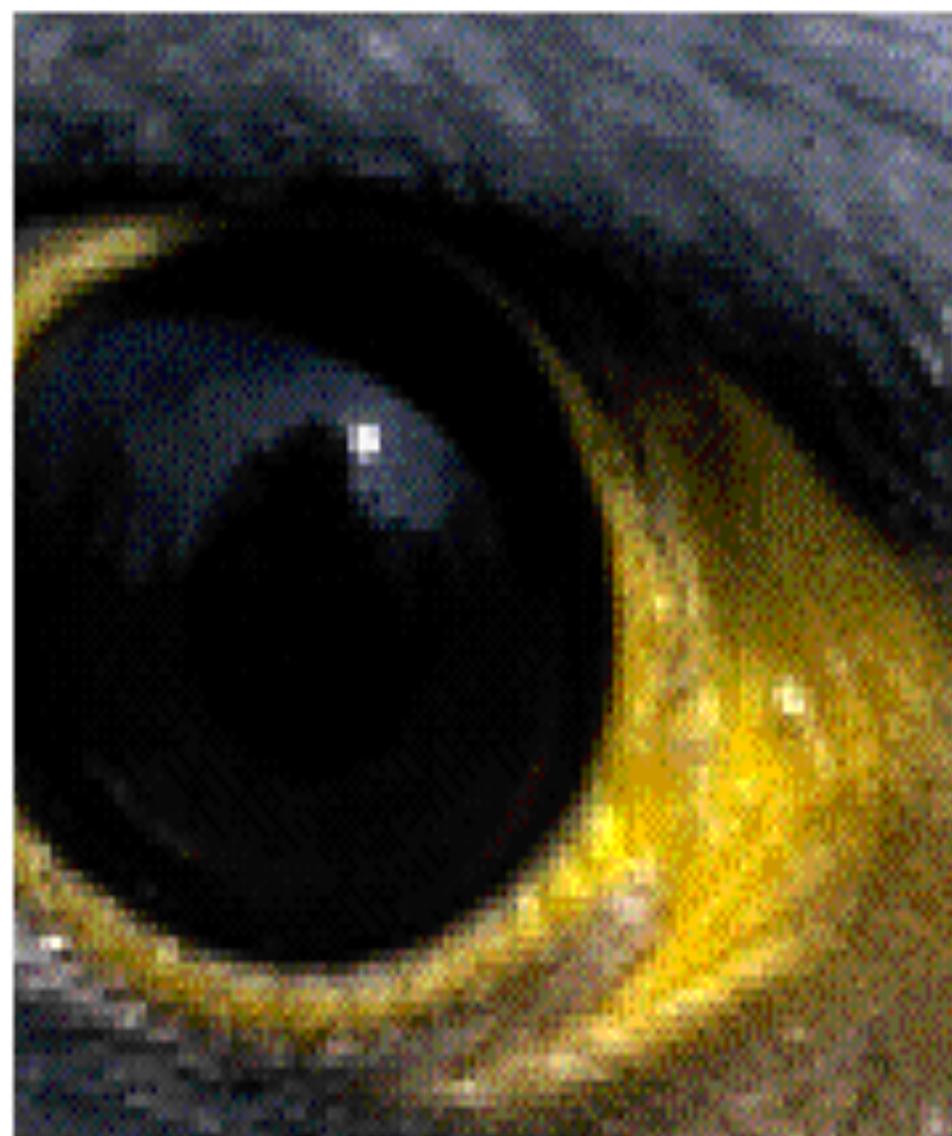
Approssimazione (“dithering”)



**Immagine originale
(TrueColor)**

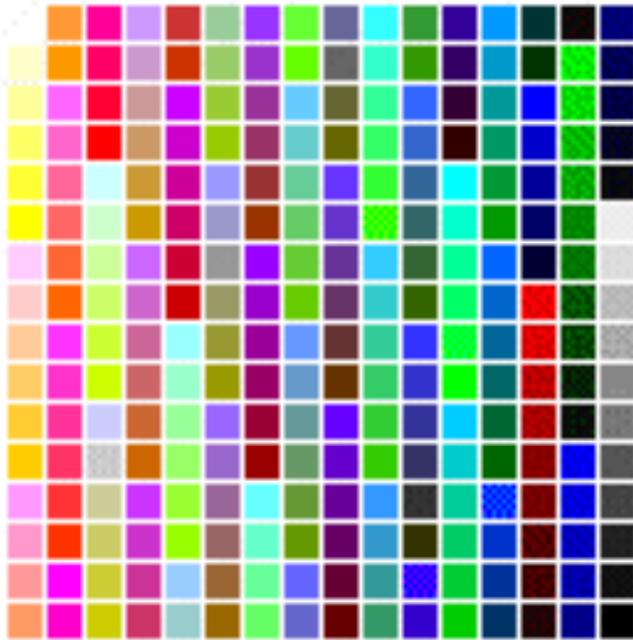


**Immagine approssimata
(256 colori)**



Palettes

Macintosh system palette



Windows system palette

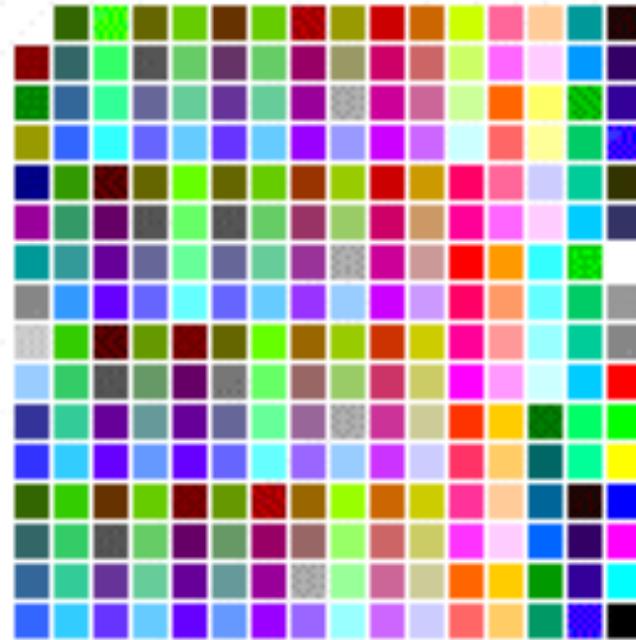


Immagine a 256 colori

- Ogni pixel descritto da 1 colore tra 256
 - CLUT Color Look Up Table per identificare i 256 colori tra i milioni possibili
 - Immagine 640 x 480 occupa 307.2 KB
 - Come nel caso a 256 toni di grigio

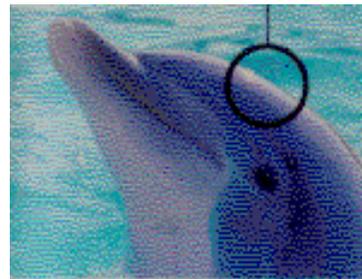
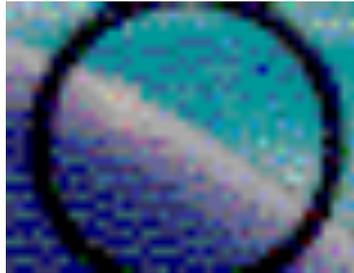


Immagine in true color

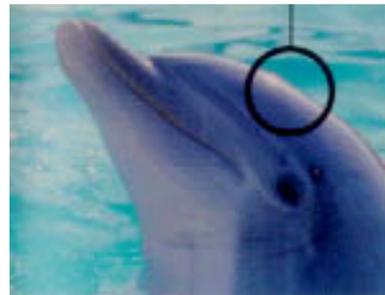
- Ogni valore RGB è rappresentato da 8 bit, cioè 256 sfumature di colore primario e 16.777.216 colori combinati
 - Un'immagine 640 x 480 occupa 921.6 KB



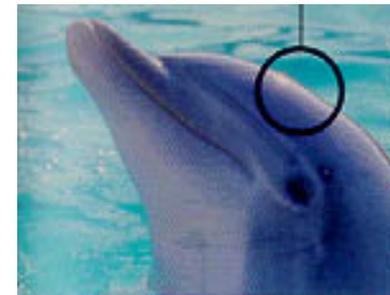
Profondità del colore



256 colori
Risoluzione: 75 ppi
17 K



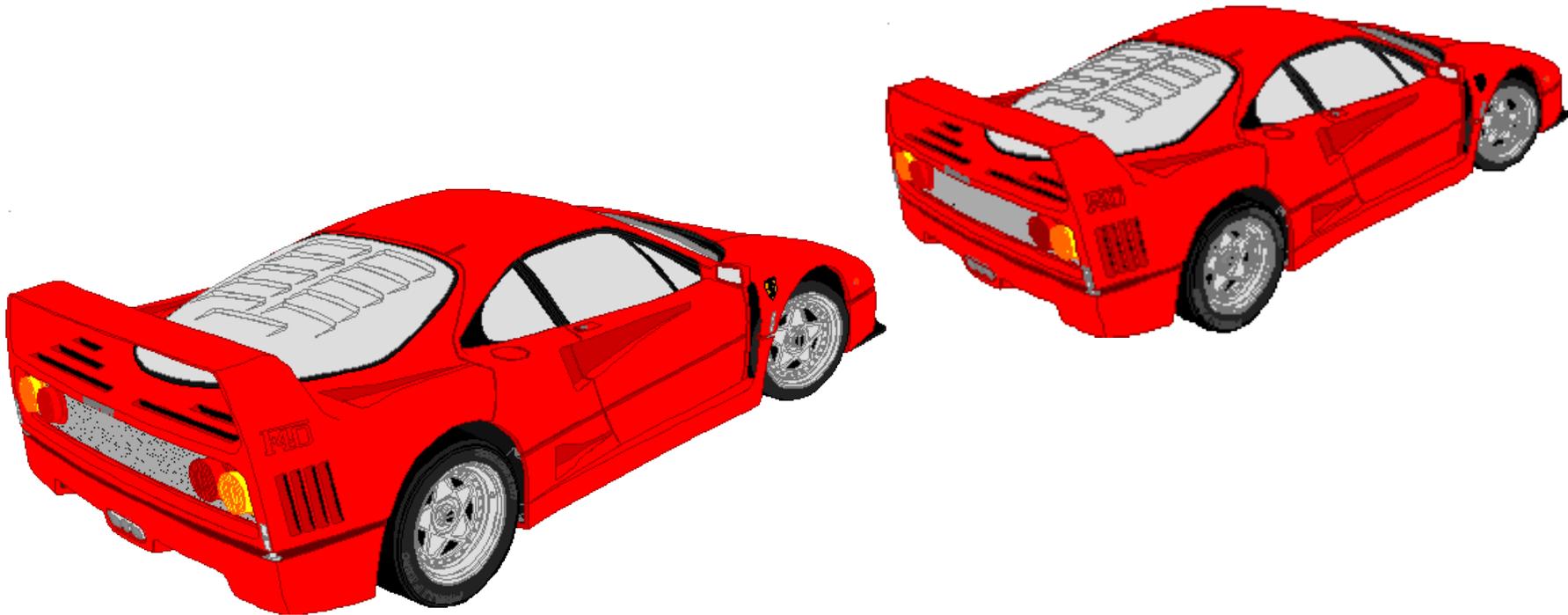
Milioni di colori
75 ppi
52 K



Sharp millions of colors
75 ppi
52 K

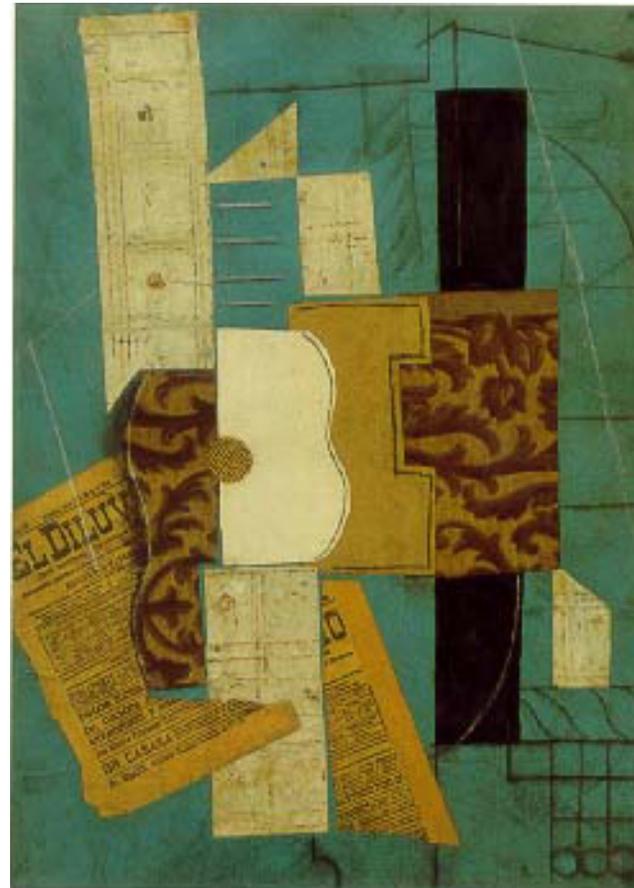
Scaling in grafica vettoriale

- Non c'è perdita d'informazione



Scaling in grafica bit map

- C'è perdita d'informazione



Picasso *La chitarra*, 1913

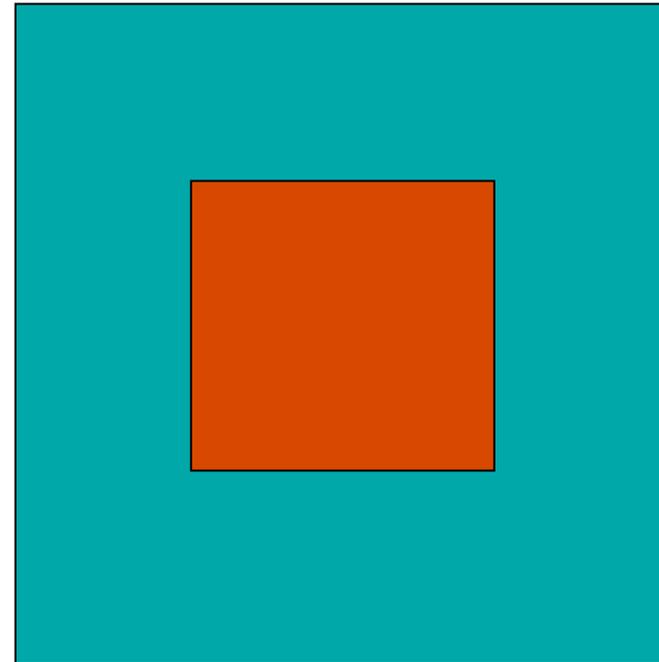
Scaling in grafica bit map

- C'è perdita d'informazione



Necessità della compressione

- A 72 ppi occorrono $(72 \cdot 45) / 25.4 = 128$ pixel per lato
- $128 \cdot 128 = 16384$ pixel per il quadrato
- Per visualizzarla a 256 colori ogni pixel deve essere descritto da 1byte di 8bit ($256 = 2^8$)
- L'immagine occupa 16384byte, 16Kb



Quadrato esterno di 45 mm

Formati per immagini

- Diversi formati per rappresentare file di immagini
 - Dipendenti dalla piattaforma hardware/ sistemi operativi
 - Indipendenti, e perciò i file sono trasportabili tra piattaforme
- I formati includono metodi di **compressione**
 - **Lossless**: il file originale può essere ricreato senza perdita d'informazione
 - **Lossy**: alcuni dettagli dell'immagine sono perduti durante la compressione e l'originale può essere ricostruito solo approssimativamente

Compressione lossless

- **Diverse tecniche**
 - Riconoscere pixels di ugual colore (RLE run length encoding) e codificare il colore solo una volta
 - Codificare i colori più frequenti in modo da occupare meno
 - L'efficacia dipende dalla particolare immagine

Compressione lossy

- Le immagini come il suono originate su mezzi analogici supportano bene un certo livello di perdita di informazione durante il processo di compressione
 - Una compressione che disturba la percezione si dice che introduce **artefatti** di compressione

Formato GIF

- GIF (Graphic Interchange Format, Compuserve)
 - Formato proprietario di Unisys che richiede un pagamento di diritti
 - Ristretto a 256 colori
 - Compressione lossy
 - Adatto per grafica di icone o di immagini semplici tipo cartoni animati

Formato JPEG

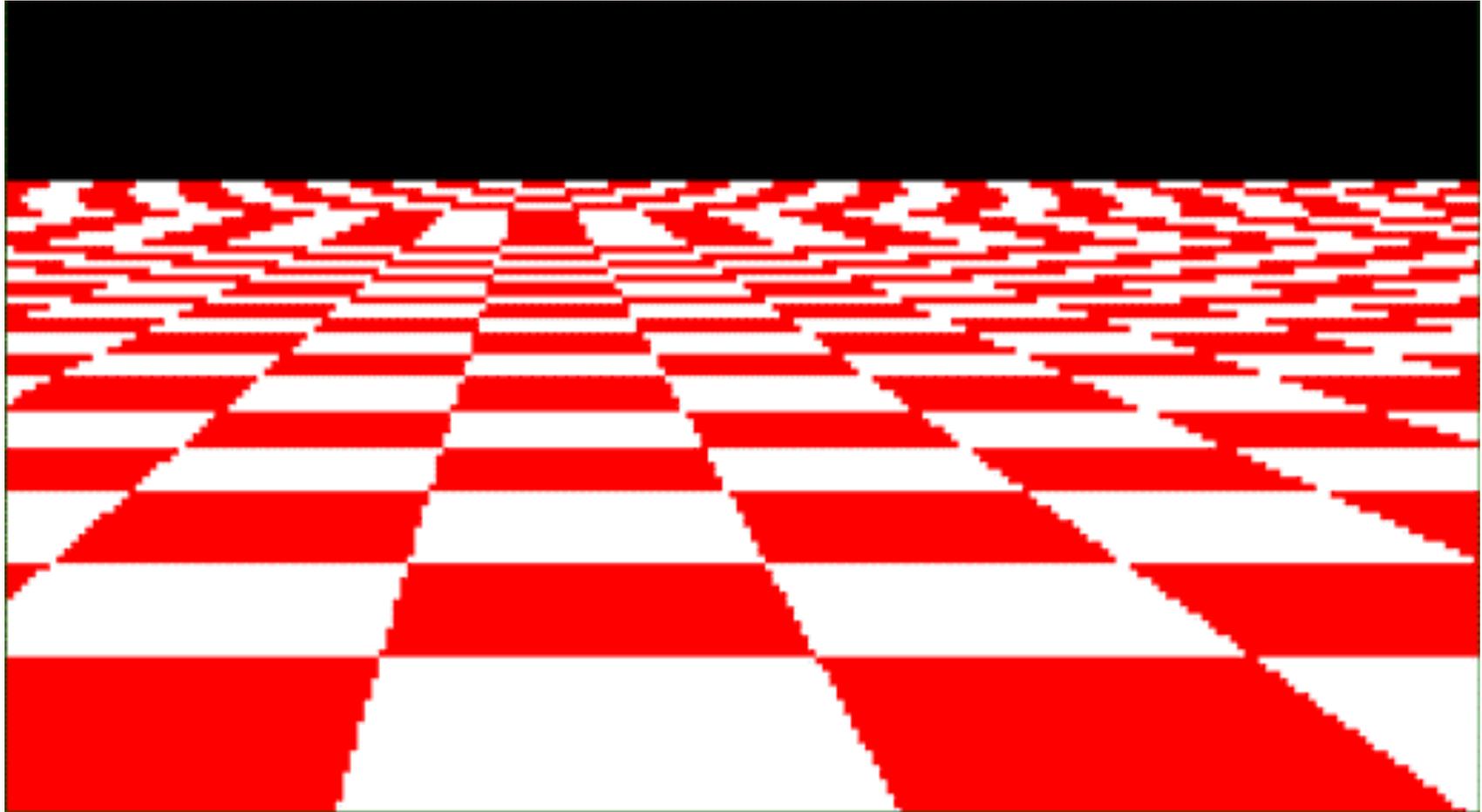
- JPEG (Joint Photographic Experts Group)
 - Supporta milioni di colori
 - Compressione lossy
 - Formato indicato per fotografie o immagini ricche di sfumature di colore

Formato PNG

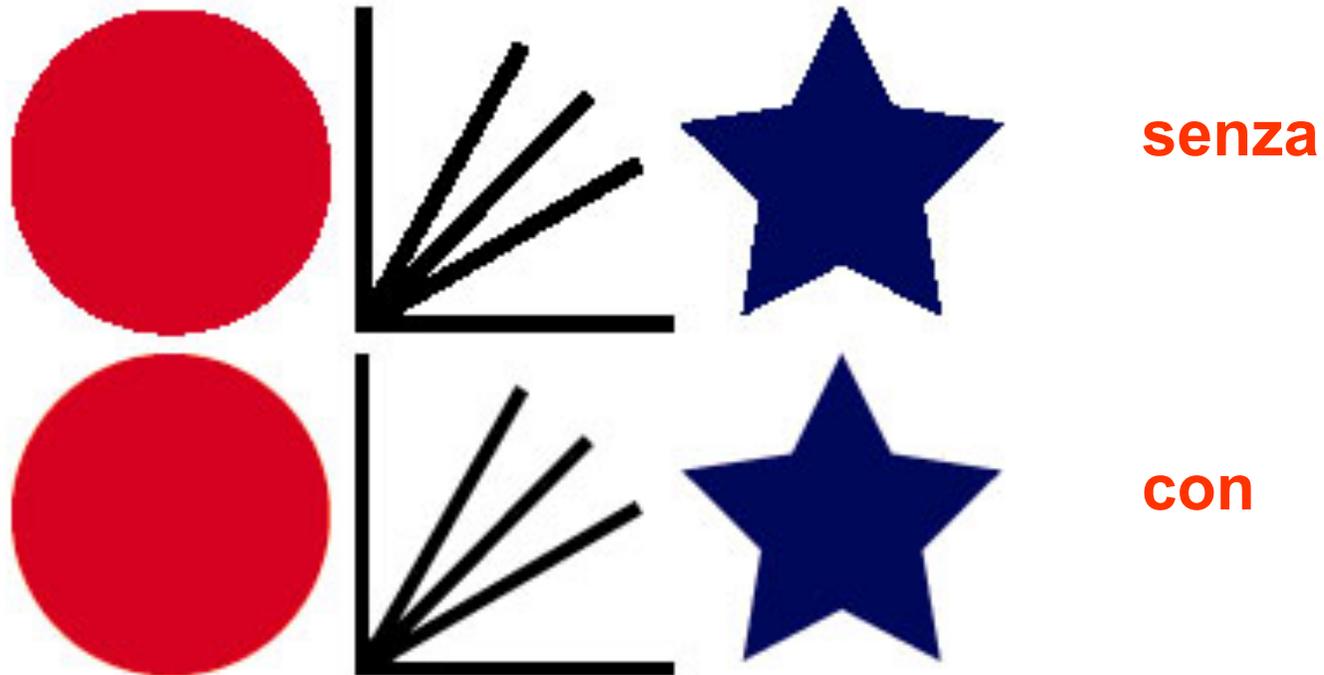
- PNG (Portable Network Graphic)
 - Disegnato per superare i limiti del formato GIF
 - Compressione lossless e non pone limiti nel colore

Aliasing

- La resa di un'immagine su un display introduce errori, detti *artefatti*
 - Effetti di seghettatura
 - Perdita di dettaglio
 - Disintegrazione di textures



Anti-aliasing



- Notare che le linee orizzontali e verticali non hanno bisogno di anti-alias, solo quelle oblique.

Hello World

Hello World

A demonstration





Il suono digitale

Concetti di base

- Il processo di digitalizzazione del suono si chiama *encoding*
- Problematiche simili a quelle della digitalizzazione di immagini
- **Frequenza di campionamento**: il numero di campioni presi al secondo
 - Espressa in KHz: CD 44.1 KHz
 - Frequenze tipiche: 8, 11.025, 11.127, 22.05, 44.1, 48 KHz

Concetti di base – 2

- **Risoluzione del campionamento** (bit depth)
 - 8 bit per un segnale tipo quello telefonico
 - 16 bit per una qualità CD
- **Canali**
 - 1 canale, audio mono
 - 2 canali, audio stereo
- **Compressione**
 - Come per le immagini, per ridurre la dimensione dei file

Formati dei file audio

- AIFF-Audio Interchange File Format (.aif),
WAVE (.wav)
 - Supportano fino a 6 canali, arbitraria frequenza di campionamento e risoluzione
 - Campionamenti tipici 8 e 11.27 KHz con bit depth a 8, 16
- S μ -Law (.au)
 - Supporta audio mono o stereo, frequenza di campionamento a 8, 22.05 e 44.1 KHz
 - Piattaforma Unix

Formato MIDI

- MIDI (Musical Instrument Digital Interface)
 - Non contiene informazioni sul suono
 - Linguaggio di descrizione della musica
 - Sta agli altri file audio come la grafica vettoriale sta alla grafica bitmap
 - Richiede un MIDI player per essere suonato
 - I file sono molto compatti

Formato MPEG

- MPEG (Moving Picture Expert Group)
 - Supporta video, audio e streaming (sincronizzato per audio e video)
 - Compressioni lossy
 - Elimina rumori non percettibili all'orecchio umano
 - Diversi MPEG standards:
 - MPEG1 per video qualità VHS
 - MPEG2 migliore qualità per trasmissioni televisive
 - Uso di differenti livelli di compressione (Layer I, II o III)
 - .mp2, .mp3, .mpa indica un file mpg solo audio

Streaming audio

- Introdotta per bilanciare i tempi di attesa dello scaricamento dalla rete (anche x video)
 - L'esecuzione inizia quasi immediatamente dopo la richiesta e continua durante le operazioni di trasferimento del file
 - Essenziale per trasmissioni in tempo reale
 - I file audio/video non vengono scaricati su disco
 - Richiede componenti sw diverse:
 - **Encoder** che converte il suono (un file statico o segnale audio diretto) nel formato streaming
 - **Player** necessario all'utente finale, generalmente gratuito
 - **Server** che gestiscono diversi stream insieme. Molto costosi.

Formati streaming audio

- RealNetworks, RealAudio (.ra)
 - Soluzione client/server
 - Usa il **client** RealPlayer disponibile per tutte le piattaforme
- Shockwave, Macromedia (.swa)
 - Richiede un **plugin** per browser
 - Buona qualità e alta compressione
 - Non specifico per audio, ma per trasmissione di contenuti interattivi. Soluzione economica.

Formati streaming audio – 2

- QuickTime, Apple (.mov)
 - Parziale streaming: legge il file dalla cache
 - Soprattutto usato per il video, per l'audio supporta diverse frequenze di campionamento e risoluzioni
 - File audio statici possono essere trasformati in formato QuickTime

Il video digitale

Concetti di base

- **Dimensione del frame**
 - A pieno schermo 640x480 pixel, più tipicamente 160x120 o 120x90
- **Frequenza dei frame**
 - Numero di immagini al secondo
 - Qualità TV 30 al s, sul web scende a 15/10 al s
 - Con poco movimento anche meno

Concetti di base – 2

- **Profondità colore**
 - Come per le immagini, per ridurre l'occupazione di spazio meglio avere colori a 8 bit
- **Data Rate**
 - La velocità di trasmissione dei frame
 - Si misura in Kb al s, Kb/s o kbps, ottenuti dividendo l'occupazione totale del file per la sua durata
 - Spezzone di 1.9 MB di 40s ha un data rate di 47.5Kb/s
 - Parametro più importante dell'occupazione e della durata totale per lo streaming video
 - Trasmissione via rete: una rete ISDN a 128 Kb/s consente un'effettiva trasmissione di soli 16Kb/s

Compressione

- Come sempre può essere **lossy** o **lossless**, ma date l'elevate occupazioni di spazio dei file video una compressione è **essenziale**
- **Spaziale**: compressione sul singolo frame
- **Temporale**: su più frame analizzando ciò che rimane costante tra i frame

Codec video

- Codec: algoritmi di compressione e decompressione
 - Cinepak. Ottima compressione, sia spaziale sia temporale, compatibile con formati QuickTime e AVI.
 - MPEG. Produce video in formato MPEG incompatibile con altri formati.

Formati dei file video

- QuickTime Movie, Apple (.mov)
 - Il più diffuso, sia su Apple sia su Windows
 - I browser hanno plugins quindi i video possono essere visti nelle pagine html
 - Ottima compressione
 - Inglobato nelle specifiche di MPEG4
 - Supporta lo streaming

Formati dei file video –2

- AVI-Audio Video Interleaved (.avi)
 - Implementato per la piattaforma Windows
- MPEG (.mpg)

Streaming video

- Real Networks, RealVideo (.rm)
 - Usa il RealServer e può supportare distribuzione di riprese video dirette
 - Ottimizzato per stream in rete a 14.4, 28.8, 56 e 112 kbps
- NetShow, Microsoft (.asf)
 - Soluzione per trasmettere audio, video e audio sincronizzato con presentazioni