



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
FACOLTÀ DI SCIENZE E TECNOLOGIE

Corso di laurea in Scienze Biologiche
A.A. 2012/13

Laboratorio di Informatica

Gruppi 1 e 4

Modulo 3 – Immagini

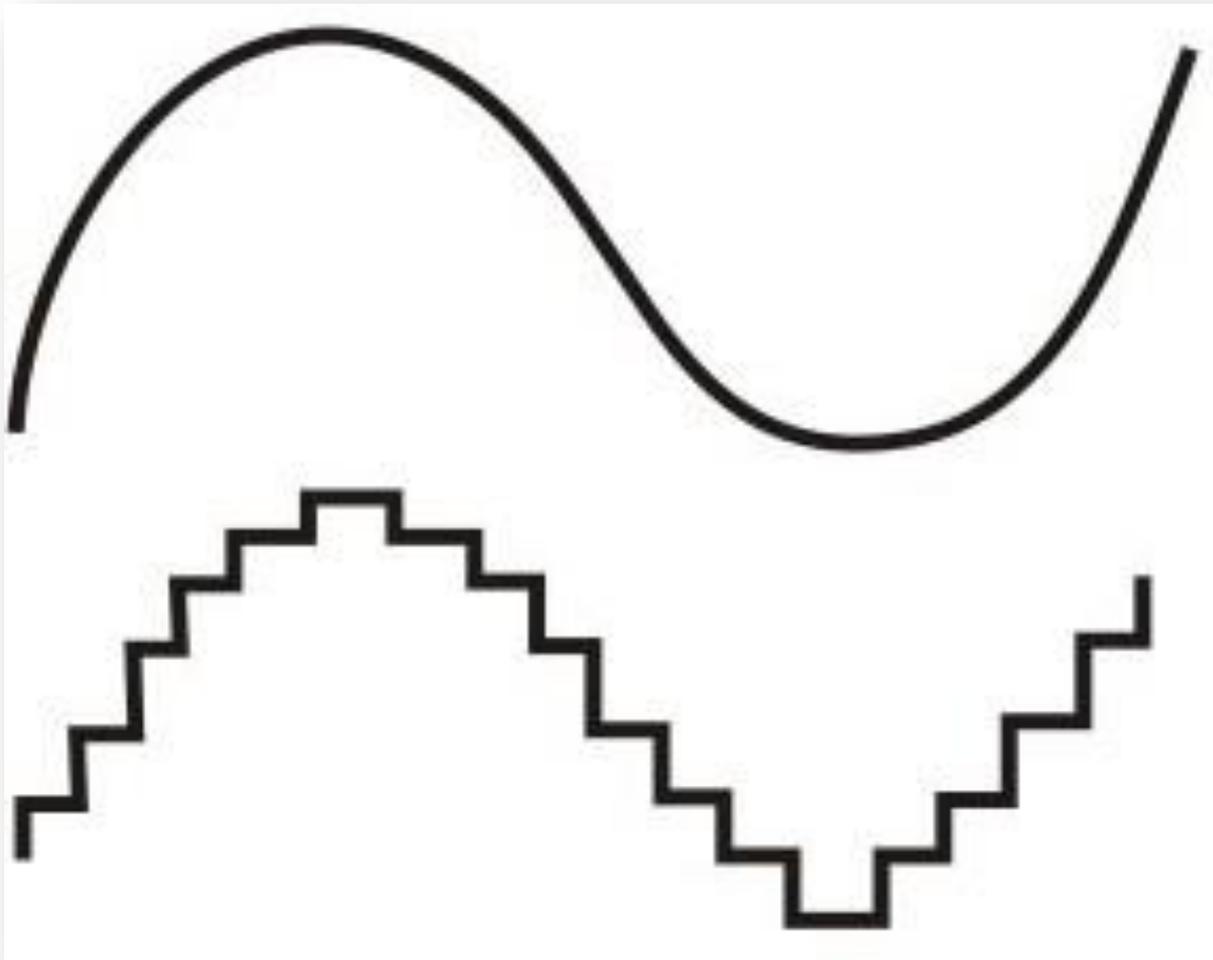
IMMAGINI

Liberamente rielaborato a partire da M. Alberti ©

Analogico e digitale

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

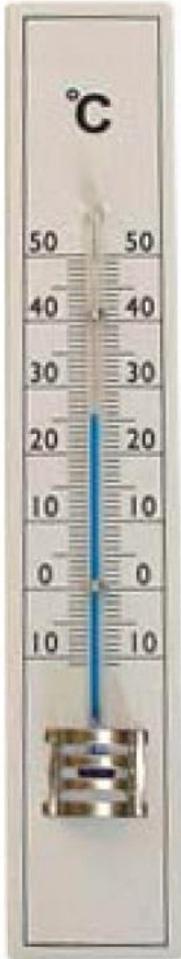
Analogico e digitale



Analogica o digitale?



Continuo vs discreto



Rappresentazione del segnale

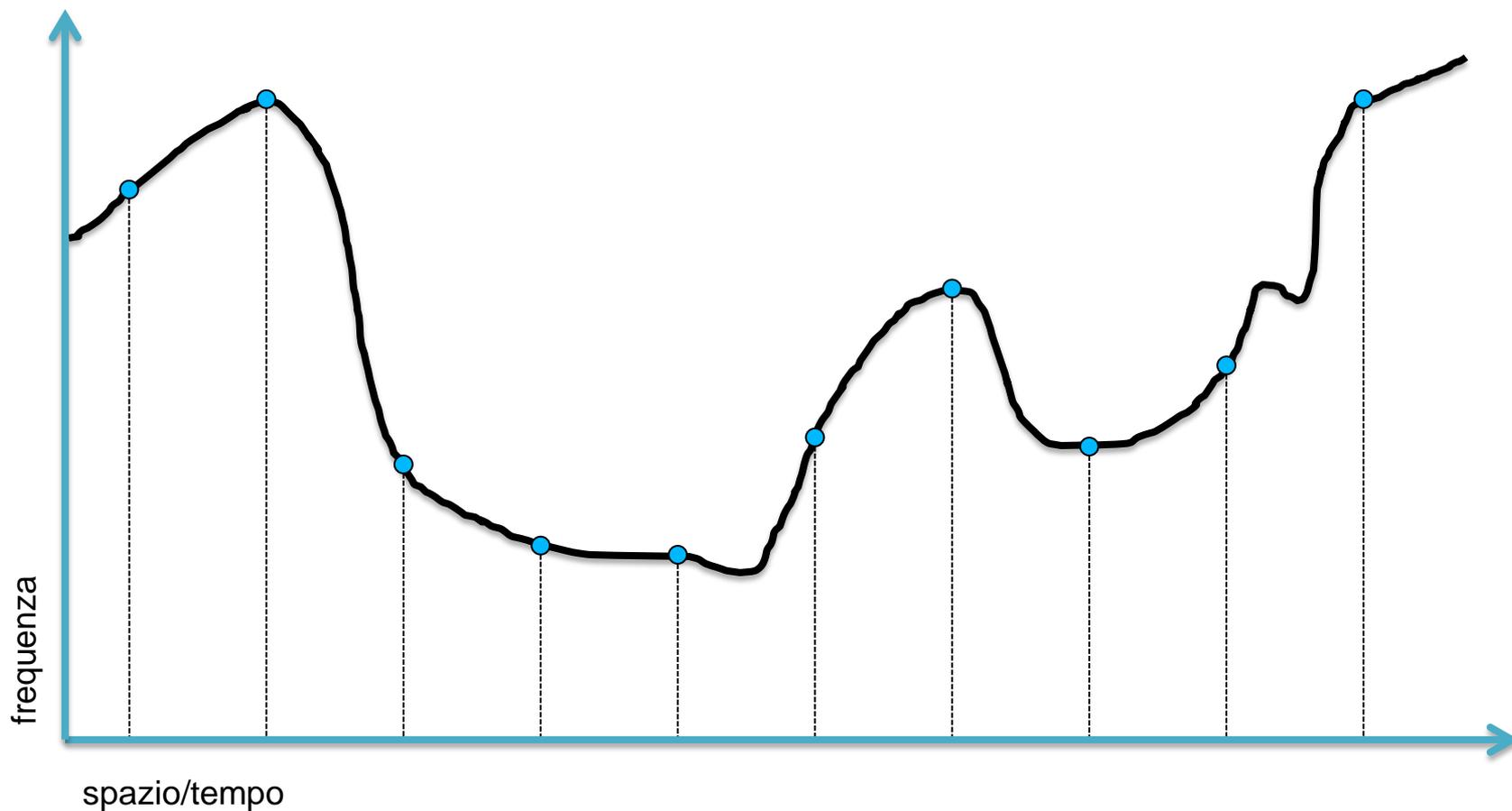
- Analogica
 - Il mercurio si espande all'innalzarsi della temperatura
 - La misurazione della temperatura è più precisa
- Digitale
 - I gradi e le frazioni di grado sono digitalizzati
 - il calcolo delle differenze di temperatura è più preciso

DIGITALIZZAZIONE

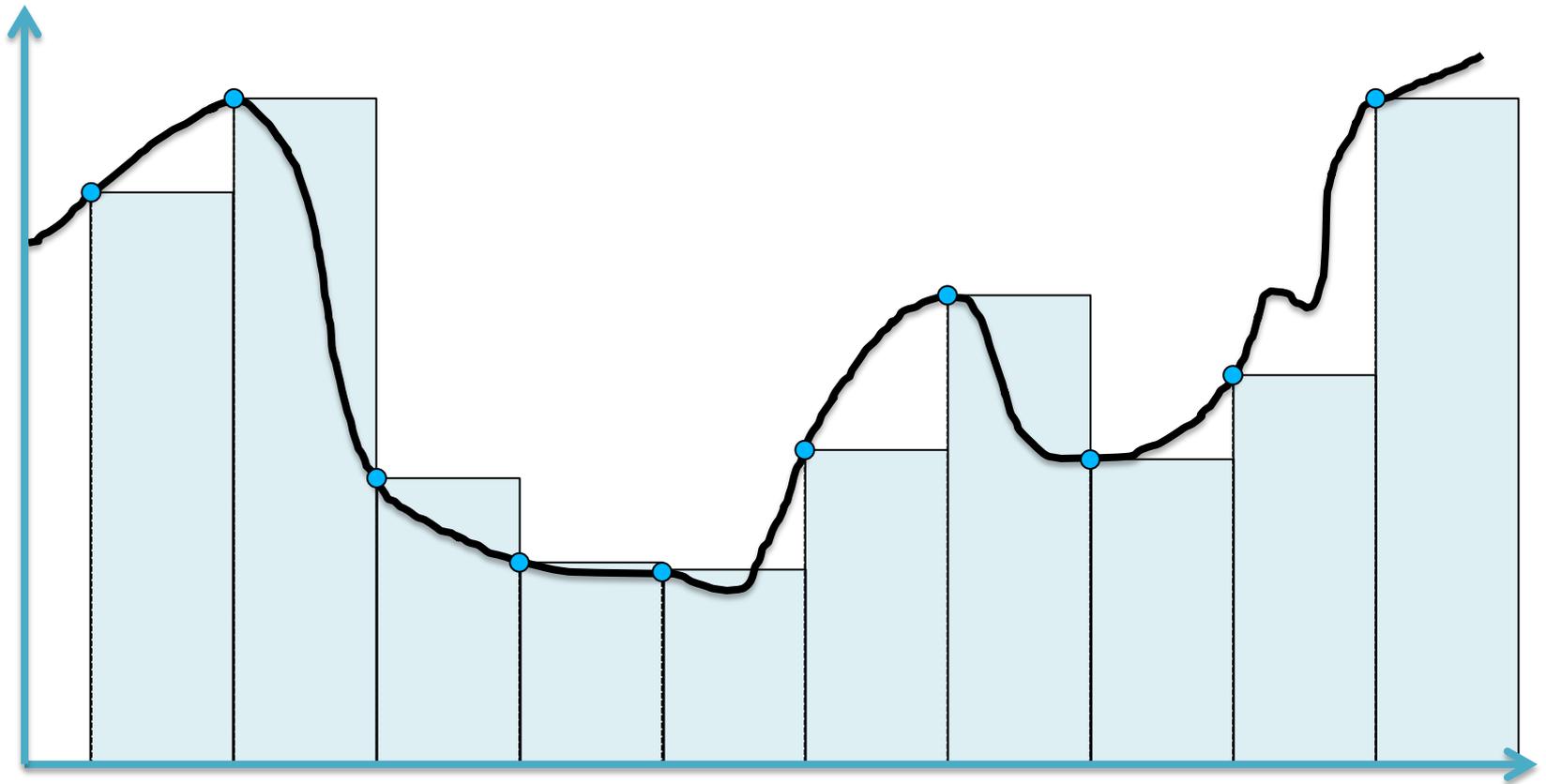
Digitalizzazione

- Un segnale continuo digitalizzato in 2 passi:
 - Il campionamento (sampling):
il segnale viene misurato a intervalli discreti
 - Frequenza di campionamento: numero di campioni in un dato intervallo di tempo
 - La quantizzazione:
i valori possibili sono prefissati
 - Livelli di quantizzazione corrispondono generalmente a intervalli regolari

Campionamento



Quantizzazione



Accuratezza

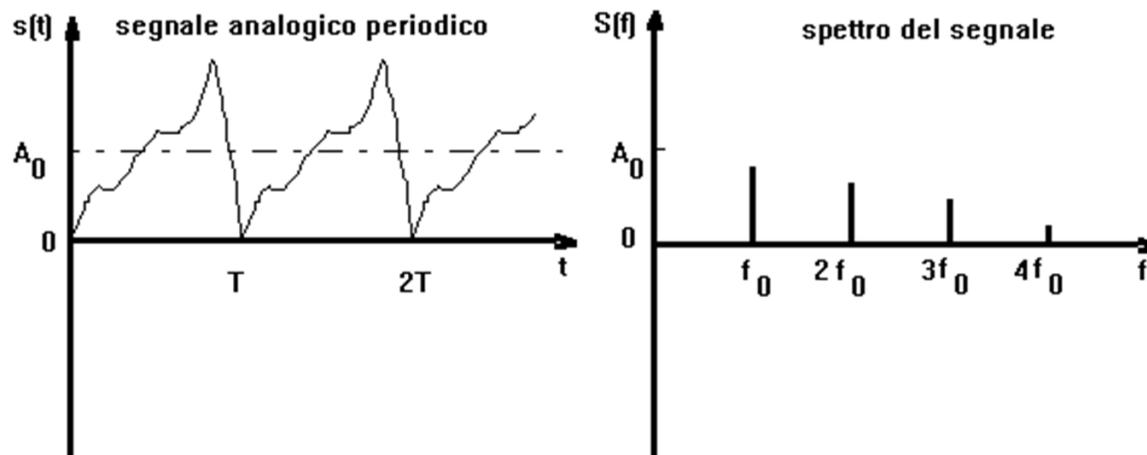
- Dopo aver campionato e quantizzato il segnale, come lo ricostruiamo?
- **Sample and hold**: il valore del campione viene mantenuto costante fino al nuovo campione

Come mai non ce ne accorgiamo?

- Percezione della soglia differenziale
 - differenza minima di intensità che uno stimolo deve presentare rispetto a un altro affinché essi vengano percepiti come diversi.
- NB: le «curve» della slide 54 sono entrambe digitali; l'intensità è stata opportunamente diversificata, per permetterci di cogliere immediatamente la differenza

Componenti di un segnale

- Ogni forma d'onda può essere decomposta in onde sinusoidali:
le componenti di frequenza
 - sia che il segnale vari nel tempo sia che vari 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 (1949)
 - 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)

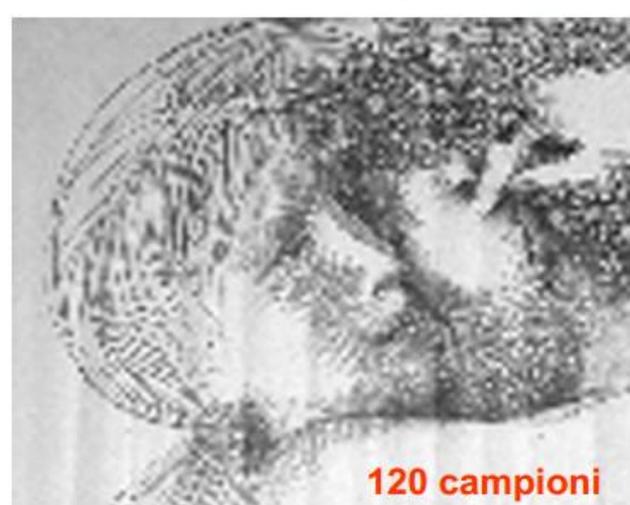
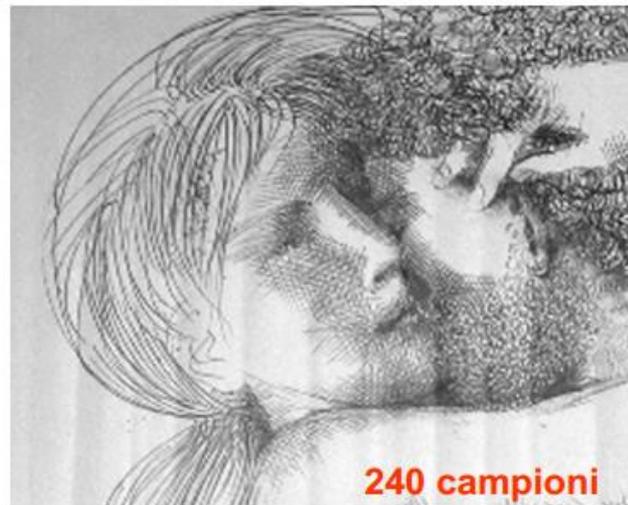
Frequenza di campionamento

- Sotto campionare significa perdere informazioni e distorcere (aliasing)
- La conseguenza sulla percezione finale dipende dalla natura del segnale
- Aliasing
- [Wagon wheel effect](#)

Sottocampionamento

- Campionamento a frequenza minore del valore Nyquist
 - La ricostruzione del segnale è imprecisa
 - Alcune frequenze vengono trasformate in altre
- Aliasing
 - Nel suono produce distorsione ([Esempi](#))
 - Nell'immagine (anche video) bordi confusi e talvolta i pattern di Moiré

Esempio sottocampionamento



Moiré

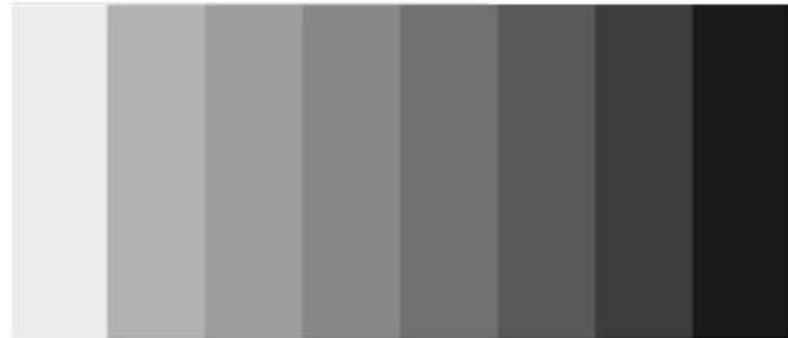


Livelli di quantizzazione

- 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 (greyscale)

- 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 →



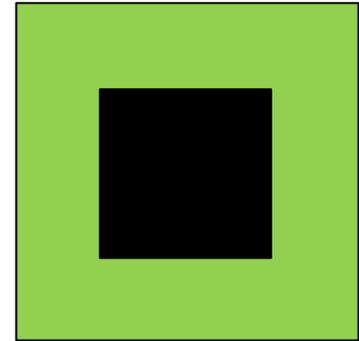
GRAFICA

Modellazione grafica

- Grafica bit-map
 - Immagine è rappresentata come un reticolo (raster) di punti (pixel = picture element) analogamente a quanto avviene sul display
 - 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
 - $72 * 1.78 = 128$ 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 un'informazione finita: i pixel
 - Un concetto simile al campionamento
- Il numero di pixel di un'immagine che ne determina la qualità
 - Es: 1024 x 768 (orizzontale x verticale) pixel
- Più alto è il numero di pixel, maggiore la qualità dell'immagine
- Il prodotto dei due fattori fornisce il peso dell'immagine in megapixel (1Mpx = 1.000.000 px)

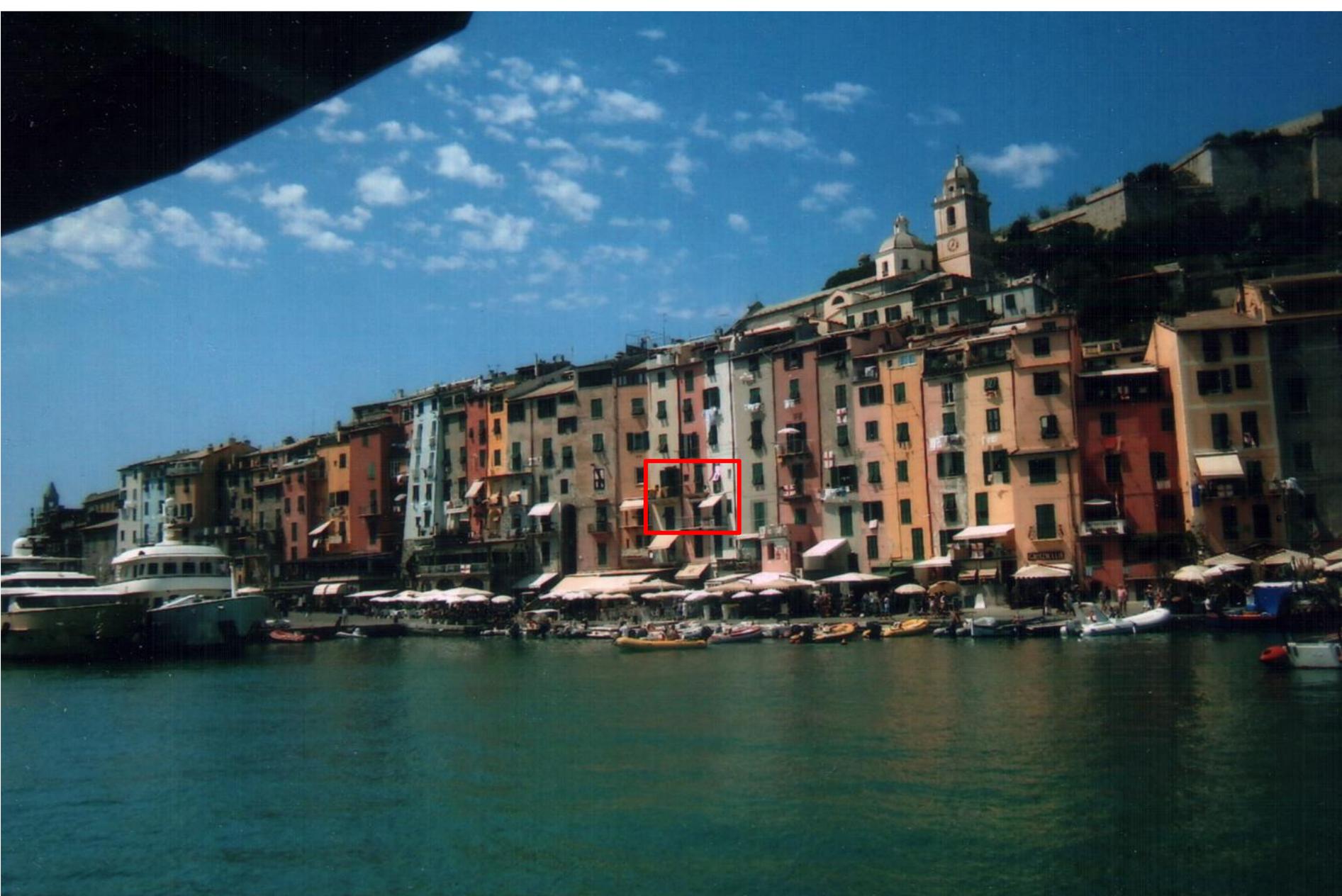
Risoluzione e dimensione

Dimensione fisica = dimensione in pixel / risoluzione del mezzo

- Più alta la risoluzione del mezzo, più piccola è l'immagine
- Per stampanti e scanner si misura in dpi (dots per inch)
 - Es: una stampante di bassa qualità oggi ha un risoluzione di 1200 dpi, per stampe di qualità si può arrivare anche a 8000
- Un'immagine larga 128 pixel viene visualizzata
 - 45 mm con device a 72 dpi [128px/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
- Il nostro occhio percepisce risoluzioni massime intorno ai 300dpi

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 $72/600=0.12$



300 dpi



75 dpi



150 dpi



300 dpi



600 dpi



1200 dpi



2400 dpi

Immagini per la stampa

- Scansione immagini: usare 300 dpi al minimo
- Grafici devono essere a risoluzione maggiore, altrimenti gli effetti di aliasing sono troppo visibili

Aliasing

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

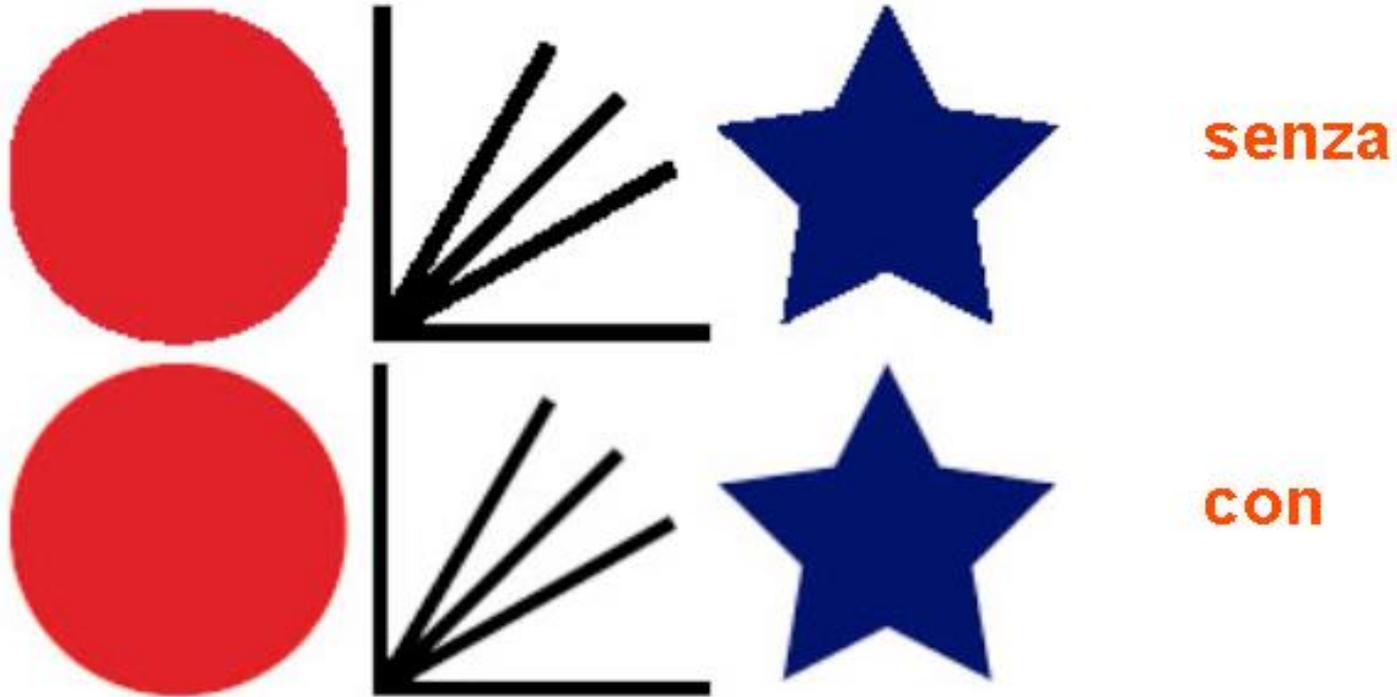
ABC ABC



Aliasing



Anti-aliasing



- NB: solo le linee oblique lo richiedono

Modificare risoluzione e dimensione

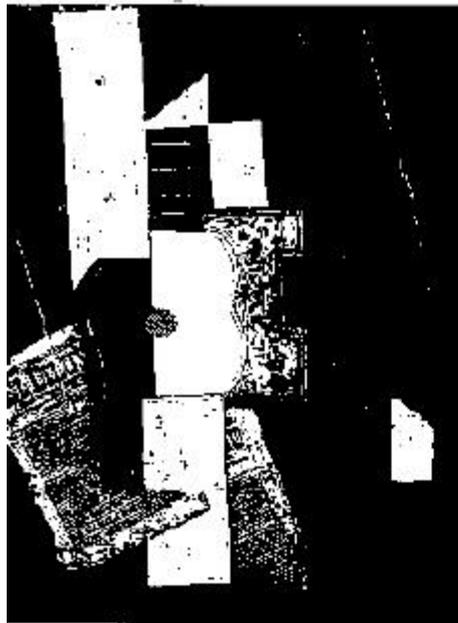
- Aumentare la risoluzione di immagini
 - Interpolazione.
 - L'applicativo crea nuovi pixel basandosi sulle info che ha nei pixel adiacenti
 - Non sempre consigliato
- Cambiare la dimensione e risoluzione senza interpolazione

COLORE

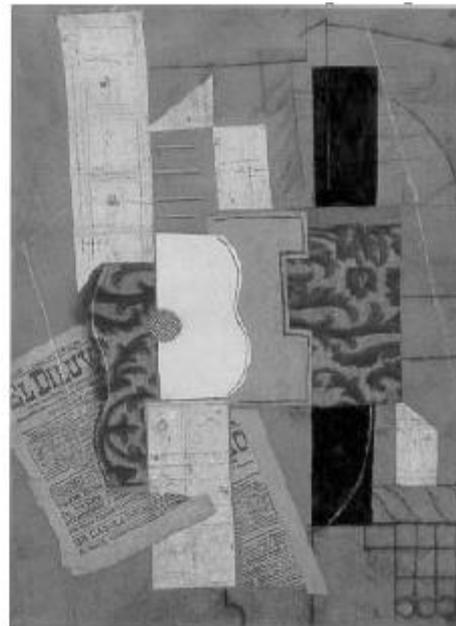
Colore

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

Bit map monocromatico e toni di grigio



11KB

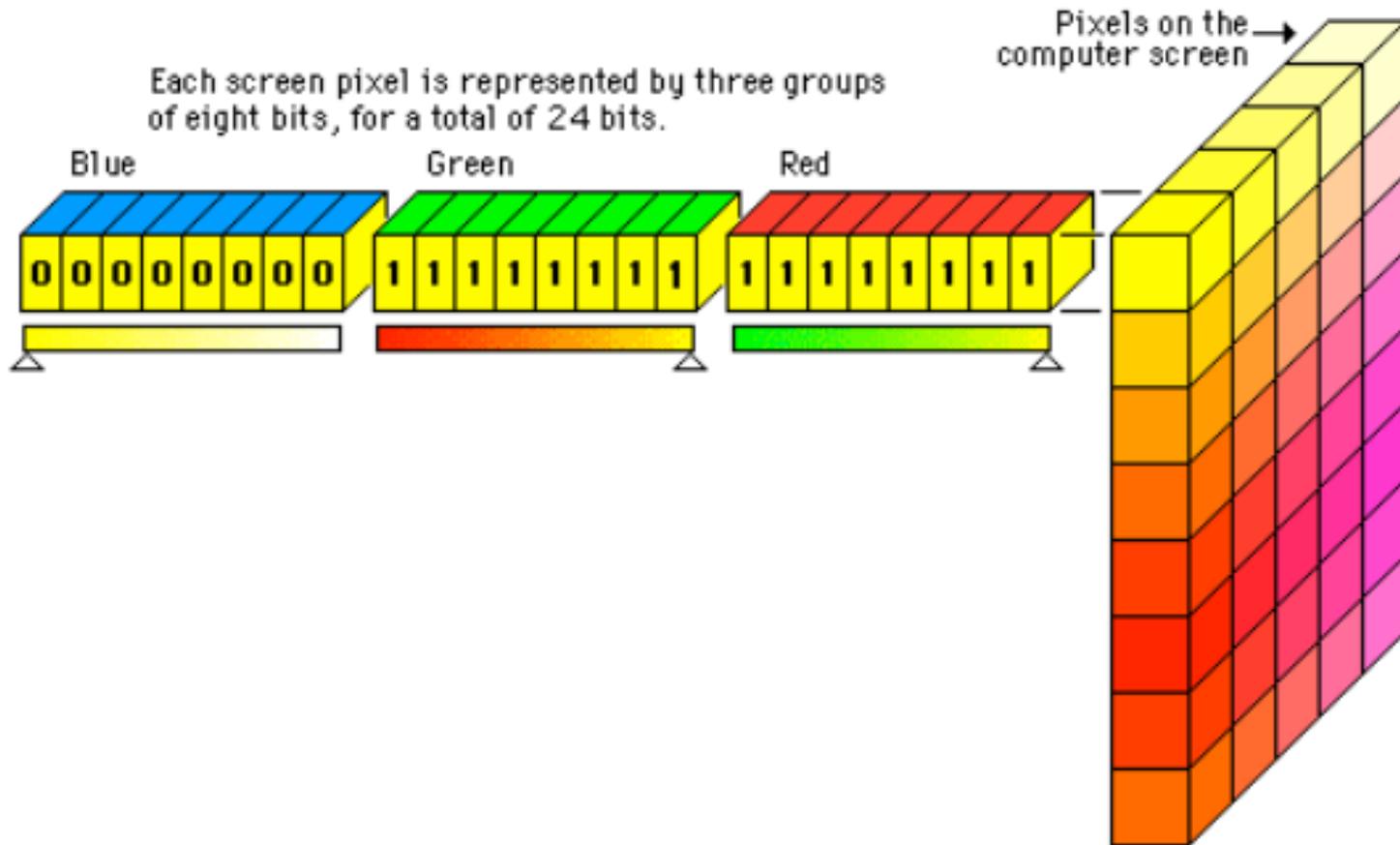


249 x 345 pixel 84 KB

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 per avere 256 sfumature
 - 24 bit per rappresentare un colore in RGB

RGB Color Display (24 bit: "TrueColor")



True color



Red Channel



Green Channel



Blue Channel



Quanti colori rappresentiamo?

Bit	2^{bit}	Colori rappresentabili
1	2	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)

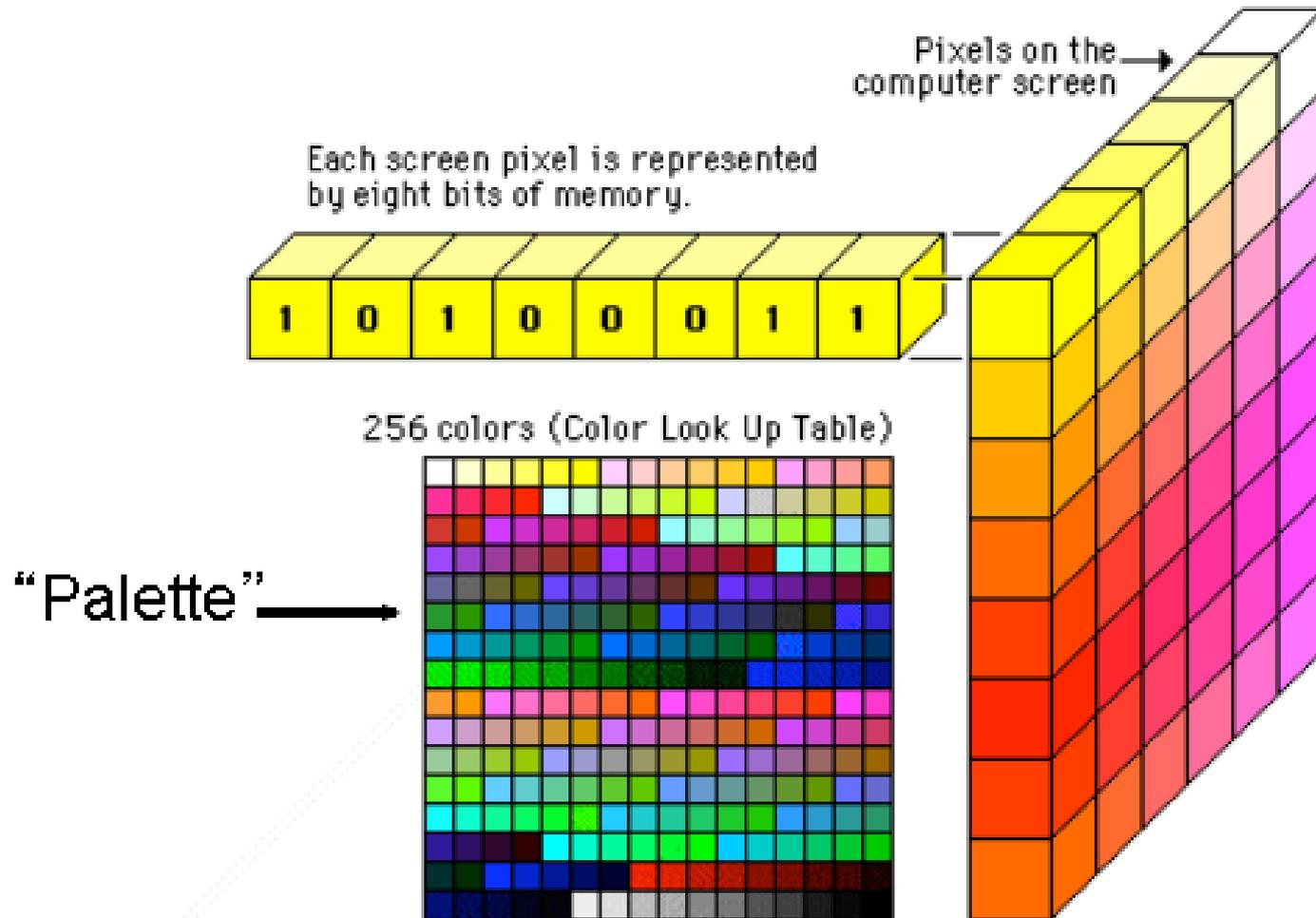


Immagine a 256 colori



Approssimazione (dithering)



**Immagine originale
(TrueColor)**



**Immagine approssimata
(256 colori)**

Dithering

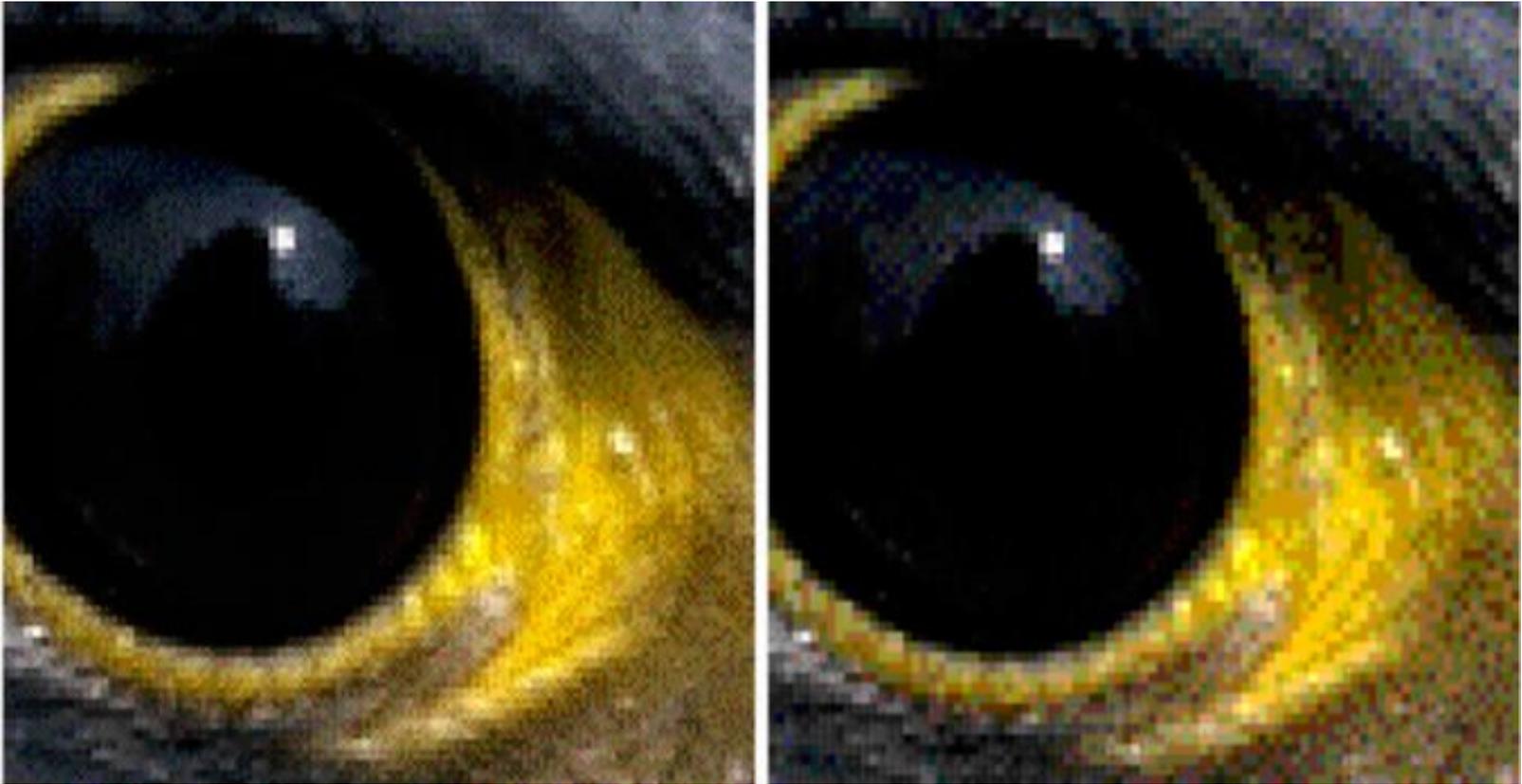


Immagine a 256 colori

- Ogni pixel è 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

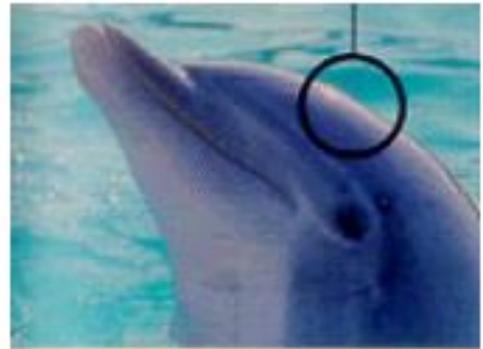
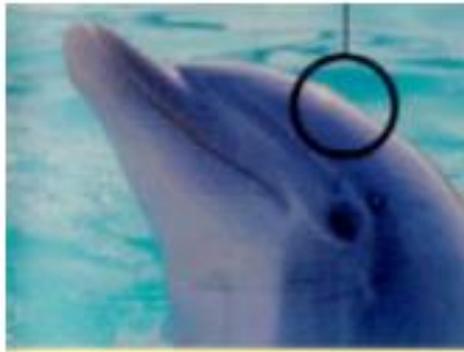
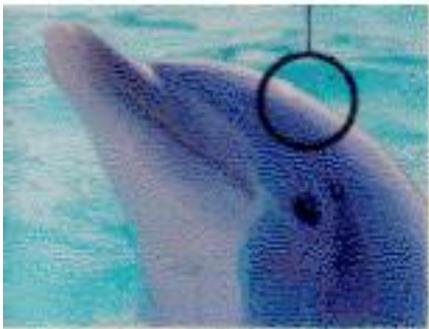


Immagine in true color

- 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

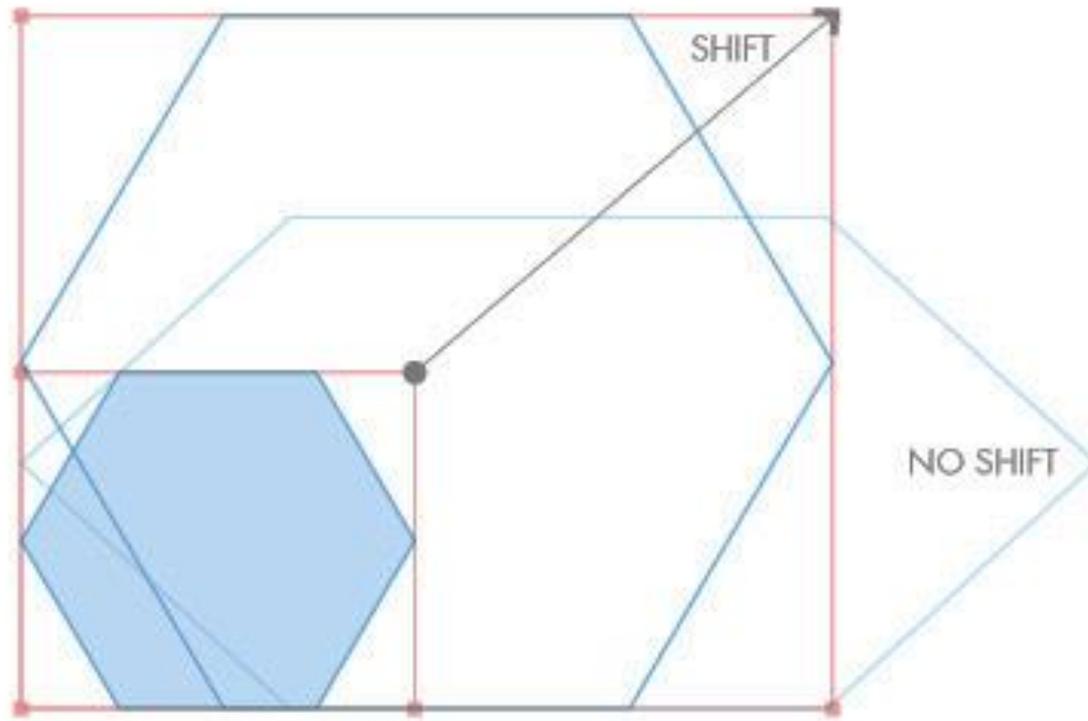
75 ppi

52 K

TRASFORMAZIONI E FORMATI

Scaling in grafica vettoriale

- Non c'è perdita d'informazione



Scaling in grafica bit map



Picasso, *Uomo con una chitarra*, 1911

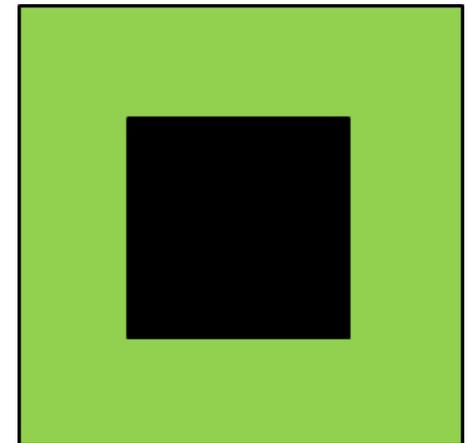
Scaling in grafica bit map

- 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 1 byte di 8bit ($256 = 2^8$)
- L'immagine occupa 16384byte, 16KB



Formati per immagini

- Diversi formati per rappresentare file di immagini
 - Dipendenti dalla piattaforma hardware/sistema operativo
 - 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 persi 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

(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

(Joint Photographic Experts Group)

- Supporta milioni di colori
- Compressione lossy
- Formato indicato per fotografie o immagini ricche di sfumature di colore



Formato PNG

(Portable Network Graphic)

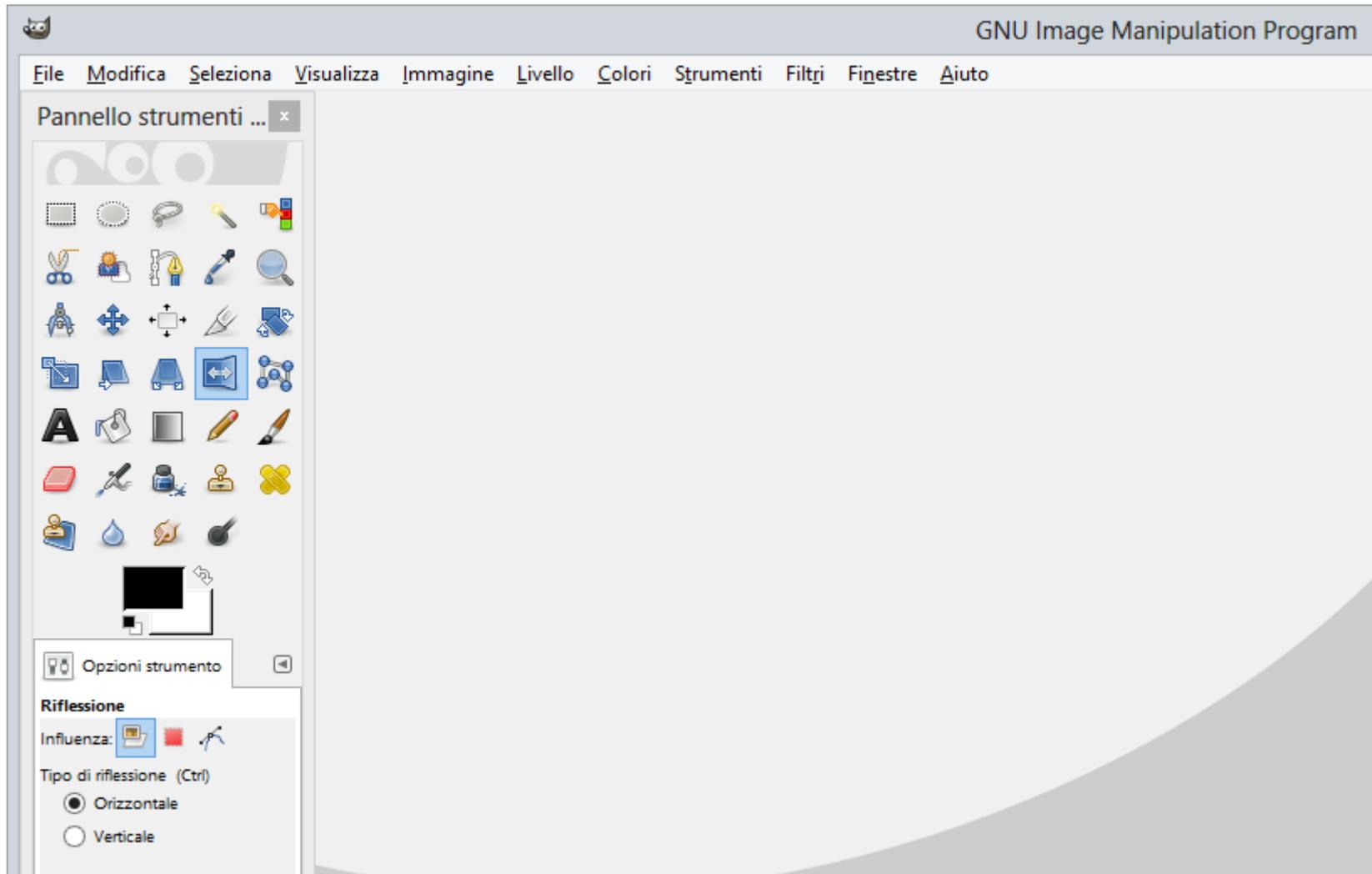
- Compressione lossless
- Non pone limiti nel colore
- Resa progressiva
- Gestione della trasparenza
- Usato per icone e img su dispositivi mobili



GIMP

GNU IMAGE MANIPULATION PROGRAM

Interfaccia



Apri

- Apriamo il file tiger-regal.jpg per
 - Ridimensionare l'immagine
 - Cambiare risoluzione
 - Cambiare formato in png (Esporta)
 - Cambiare luminosità e contrasto
 - Riduzione numero di colori
 - Rimozione dei colori

Ridimensionare e cambiare risoluzione



Immagine Livello Colori Strumenti Filtri Finestre Aiuto

100 0 100 200 300 400 500 600

Scala immagine

[tiger-regal] (importata)-3

Dimensione immagine

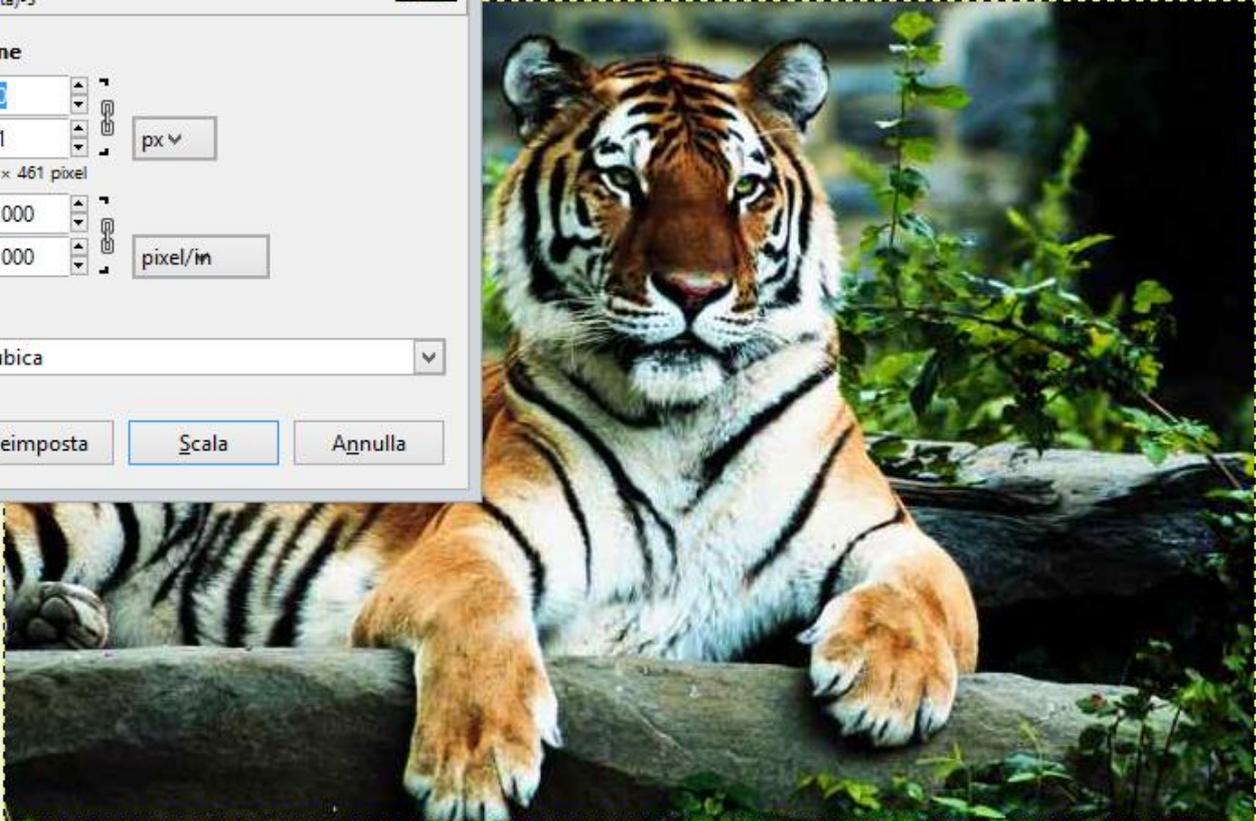
Larghezza: 690
Altezza: 461 px
690 x 461 pixel

Risoluzione X: 72,000
Risoluzione Y: 72,000 pixel/in

Qualità

Interpolazione: Cubica

Ajuto Reimposta **Scala** Annulla



Esportare



The screenshot shows a software interface with a menu bar at the top: File, Modifica, Selezione, Visualizza, Immagine, Livello, Colori, Strumenti, Filtri, Finestre, Aiuto. Below the menu bar is a ruler with markings at 200, 300, 400, 500, 600, and 700. The 'File' menu is open, listing various options with their keyboard shortcuts. The 'Esporta...' option is highlighted in blue, and a tooltip is displayed over it. The tooltip text reads: 'Esporta l'immagine in vari formati come PNG o JPEG' and 'Premere F1 per ulteriore aiuto'. Below the menu, there are several settings panels. The first panel has a checked box for 'Contigua'. The second panel is titled 'Ritocco interattivo (Ctrl)' and has two radio buttons: 'Marca il primo piano' (selected) and 'Marca lo sfondo'. Below this are two sliders for 'Pennello piccolo' and 'Pennello grande'. The third panel is titled 'Smussamento:' and has a slider set to 3. The fourth panel is titled 'Colore anteprima:' and has a dropdown menu set to 'Blu'. The fifth panel is titled 'Sensibilità colore' and has a plus sign icon. The background image is a tiger lying on a log in a natural setting. At the bottom of the interface, there is a partial view of the 'Esporta...' dialog box with the text 'Esporta l'immagine in vari formati come PNG o JPEG'.

File Modifica Selezione Visualizza Immagine Livello Colori Strumenti Filtri Finestre Aiuto

Nuova... Ctrl+N
Crea
Apri... Ctrl+O
Apri come livelli... Ctrl+Alt+O
Apri posizione...
Apri recenti
Salva Ctrl+S
Salva come... Maiusc+Ctrl+S
Salva una copia...
Ricarica
Soyrascrivi tiger-regal.jpg
Esporta... Maiusc+Ctrl+E
Crea un modello...
Impostazioni pagina
Stampa... Ctrl+P
Proprietà
Chiudi Ctrl+W
Chiudi tutto Maiusc+Ctrl+W
Esci Ctrl+Q

Esporta l'immagine in vari formati come PNG o JPEG
Premere F1 per ulteriore aiuto

Contigua
Ritocco interattivo (Ctrl)
● Marca il primo piano
○ Marca lo sfondo
Pennello piccolo Pennello grande
Smussamento: 3
Colore anteprima: Blu
Sensibilità colore

Esporta l'immagine in vari formati come PNG o JPEG

Luminosità e contrasto

The image shows a screenshot of the Adobe Photoshop interface. The main window displays a tiger image. The 'Colori' menu is open, showing options like 'Bilanciamento colore...', 'Tonalità-saturazione', 'Colora..', and 'Luminosità-contrasto...'. A tooltip for the 'Luminosità-contrasto' option reads: 'Strumento luminosità/contrasto: regola luminosità e contrasto. Premere F1 per ulteriore aiuto'. The 'Luminosità-contrasto' dialog box is open, showing the title 'Luminosità-contrasto' and the subtitle 'Regola luminosità e contrasto'. The dialog includes a preview of the tiger image, a dropdown menu for 'Preimpostazioni', and two sliders for 'Luminosità' and 'Contrasto', both set to 0. There are also checkboxes for 'Modifica queste impostazioni come livelli' and 'Anteprima', and buttons for 'Ajuto', 'Reimposta', 'OK', and 'Annulla'.

Visualizza Immagine Livello Colori Strumenti Filtri Finestre Aiuto

300 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600

Pannello strumenti ...

Opzioni strumento

Luminosità-contrasto

Questo strumento non ha opzioni.

Bilanciamento colore...
Tonalità-saturazione
Colora..
Luminosità-contrasto...
Soglia...
Livelli...
Curve...
Posterizza...
Desaturazione...
Inverti
Inverti valore
Auto
Componenti
Mappa
Informazioni
Blocco filtri...
Bollenti...
Colorazione...
Colore ad alfa...
Retinex...
RGB massimo...

Strumento luminosità/contrasto: regola luminosità e contrasto
Premere F1 per ulteriore aiuto

Luminosità-contrasto

Regola luminosità e contrasto
tiger-regal.jpg-19 ([tiger-regal] (importata))

Preimpostazioni: [dropdown] + -

Luminosità: [slider] 0

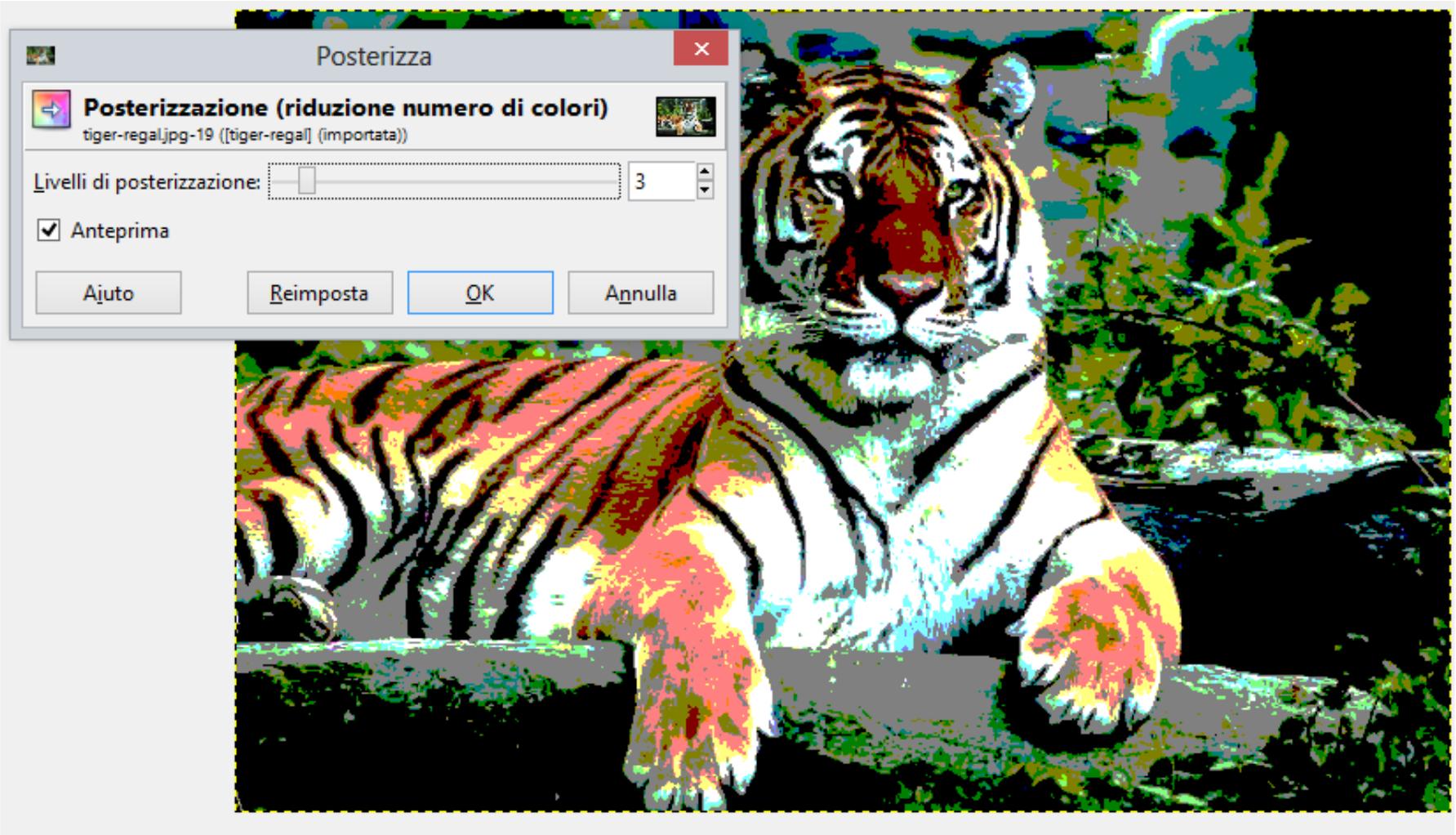
Contrasto: [slider] 0

Modifica queste impostazioni come livelli

Anteprima

Ajuto Reimposta OK Annulla

Colore > Posterizza



Colore > Desaturazione

