



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO
DIPARTIMENTO DELL'INNOVAZIONE INDUSTRIALE E DIGITALE

Corso di Informatica modulo "Informatica di Base" – 6 CFU

Anno Accademico 2016/2017

Docente: ing. Salvatore Sorce

Immagini digitali: concetti di base

Scuola delle Scienze Umane e del Patrimonio Culturale

L'informazione grafica

*grafica a
caratteri*

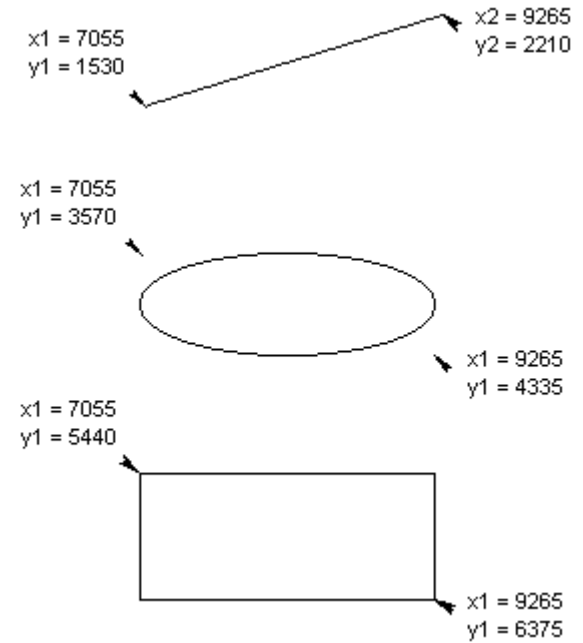
```
      x
xxxxxxx
xxxxxxx
xxx   xxx
xxx   xxx
```

L'informazione grafica

grafica a caratteri

```
      X
XXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXX
XXX      XXX
XXX      XXX
```

grafica vettoriale



L'informazione grafica

grafica a caratteri

```
      X
XXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXX
XXX   XXX
XXX   XXX
```

grafica vettoriale

x1 = 7055
y1 = 1530

x2 = 9265
y2 = 2210

x1 = 7055
y1 = 3570

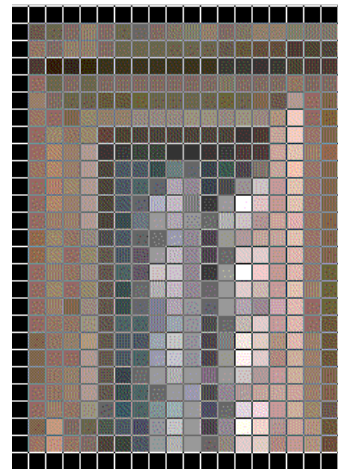


x1 = 9265
y1 = 4335

x1 = 7055
y1 = 5440



x1 = 9265
y1 = 6375



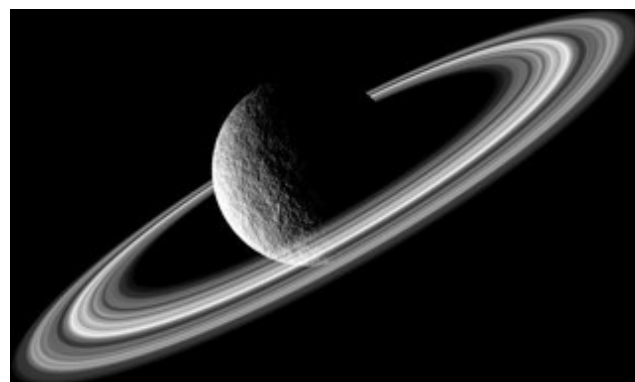
grafica raster

Due grandi categorie

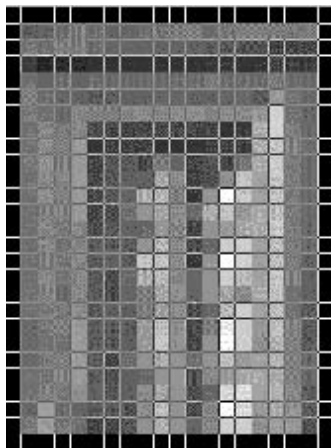
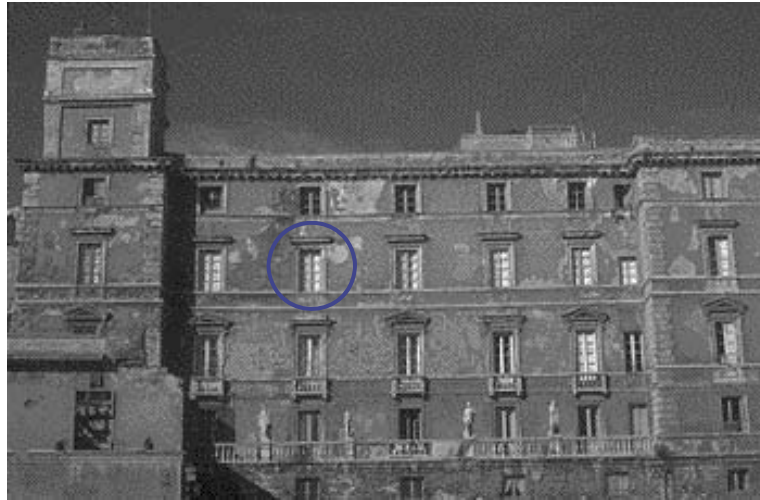
- Immagini reali: acquisite da una scena reale mediante telecamera, scanner, fotocamera, ...
- Immagini artificiali o di sintesi: generate all'interno del calcolatore
 - Non necessariamente oggetti reali
 - Possono simulare scene reali
- Immagini miste: ottenute da combinazioni tra componenti reali e sintetiche



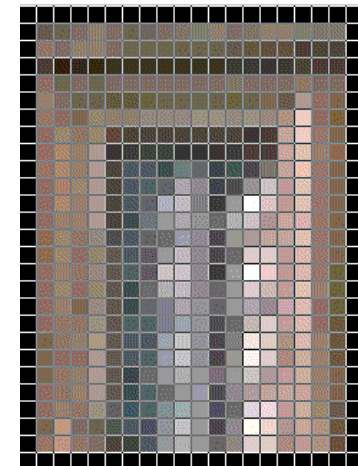
Esempi



I "punti" dell'immagine



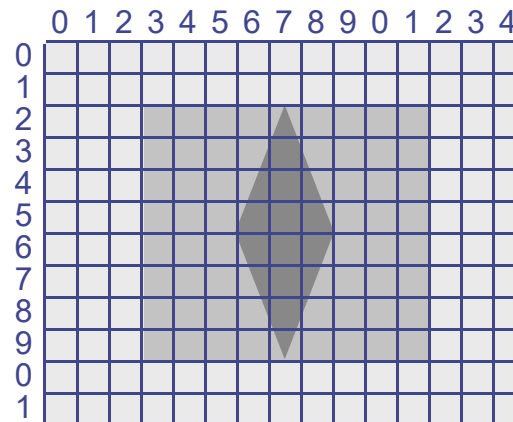
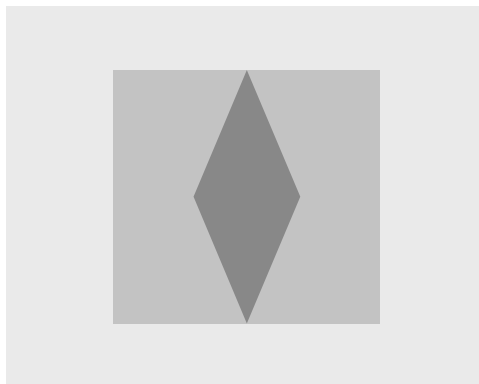
Ogni punto dell'immagine
è caratterizzato da intensità
luminosa e "colore"



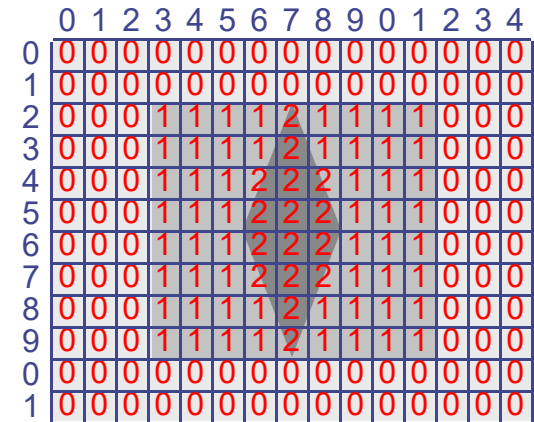
Digitalizzazione

- L'immagine deve essere tradotta in un insieme di numeri
- Due fasi
 - Campionamento spaziale
 - Quantizzazione

Esempio di digitalizzazione



Campionamento
15 x 12



Quantizzazione
3 valori {0,1,2}

Esempio di digitalizzazione: NOTA BENE



Immagine originale

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	1	1	1	2	1	1	1	1	0	0	0
3	0	0	0	1	1	1	1	2	1	1	1	1	0	0	0
4	0	0	0	1	1	1	2	2	2	1	1	1	0	0	0
5	0	0	0	1	1	1	2	2	2	1	1	1	0	0	0
6	0	0	0	1	1	1	2	2	2	1	1	1	0	0	0
7	0	0	0	1	1	1	2	2	2	1	1	1	0	0	0
8	0	0	0	1	1	1	1	2	1	1	1	1	0	0	0
9	0	0	0	1	1	1	1	2	1	1	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Immagine quantizzata

Esempio di digitalizzazione: NOTA BENE



Immagine originale

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	1	1	1	2	1	1	1	1	0	0	0
3	0	0	0	1	1	1	1	2	1	1	1	1	0	0	0
4	0	0	0	1	1	1	2	2	2	1	1	1	0	0	0
5	0	0	0	1	1	1	2	2	2	1	1	1	0	0	0
6	0	0	0	1	1	1	2	2	2	1	1	1	0	0	0
7	0	0	0	1	1	1	2	2	2	1	1	1	0	0	0
8	0	0	0	1	1	1	1	2	1	1	1	1	0	0	0
9	0	0	0	1	1	1	1	2	1	1	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Immagine quantizzata

Bitmap

00111121111000
0001111211110000000011122211100000001112221110000
000111222111000000001112221110000000111211110000
00011121111000000000000000000000000000000000000

Esempio di digitalizzazione: NOTA BENE



Immagine originale

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	1	1	1	2	1	1	1	1	0	0	0
3	0	0	0	1	1	1	1	2	1	1	1	1	0	0	0
4	0	0	0	1	1	1	2	2	2	1	1	1	0	0	0
5	0	0	0	1	1	1	2	2	2	1	1	1	0	0	0
6	0	0	0	1	1	1	2	2	2	1	1	1	0	0	0
7	0	0	0	1	1	1	2	2	2	1	1	1	0	0	0
8	0	0	0	1	1	1	1	2	1	1	1	1	0	0	0
9	0	0	0	1	1	1	1	2	1	1	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Immagine quantizzata

Bitmap

```

0000000000000000000000000000000000000000000111121111000
00011111211110000000011122211100000001112221110000
0001112221110000000111222111000000011121110000
000111121110000000000000000000000000000000000000000000
  
```

(In realtà: 00 00 00 00 00 00 ... 01 01 01 01 10 01 01 01 01 00 00 ...)

Esempio di digitalizzazione: NOTA BENE



Immagine originale

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	1	1	1	2	1	1	1	1	0	0	0
3	0	0	0	1	1	1	1	2	1	1	1	1	0	0	0
4	0	0	0	1	1	1	2	2	2	1	1	1	0	0	0
5	0	0	0	1	1	1	2	2	2	1	1	1	0	0	0
6	0	0	0	1	1	1	2	2	2	1	1	1	0	0	0
7	0	0	0	1	1	1	2	2	2	1	1	1	0	0	0
8	0	0	0	1	1	1	1	2	1	1	1	1	0	0	0
9	0	0	0	1	1	1	1	2	1	1	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Immagine quantizzata

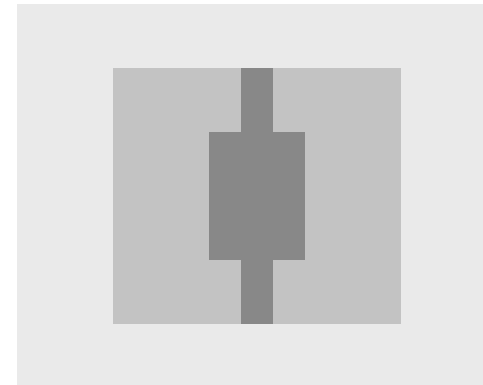
Bitmap

```

0000000000000000000000000000000000000111121111000
00011112111100000000001112221110000000000111222111000
00011122211100000000001112221110000000000111222111000
00011121111000000000000000000000000000000000000000
    
```

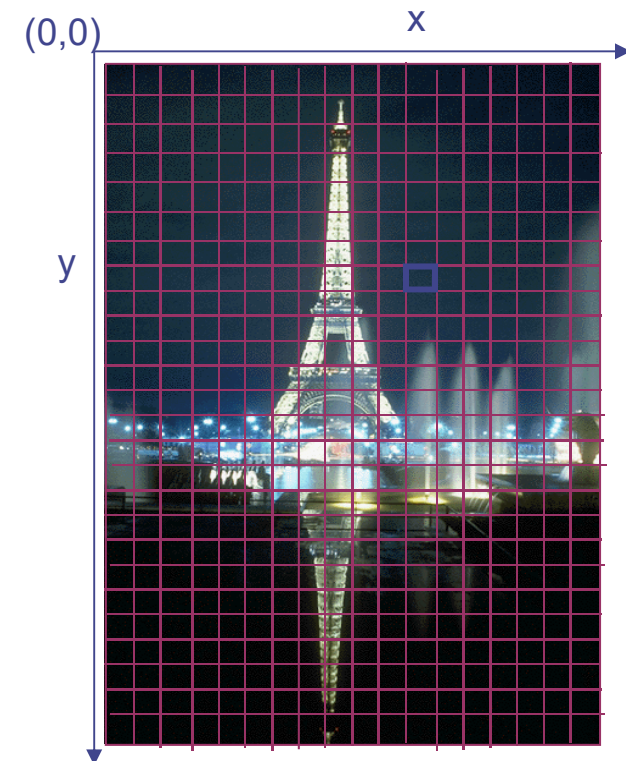
(In realtà: 00 00 00 00 00 00 ... **01 01 01 01 10 01** 01 01 01 00 00 ...)

Rendering (15 x 12)



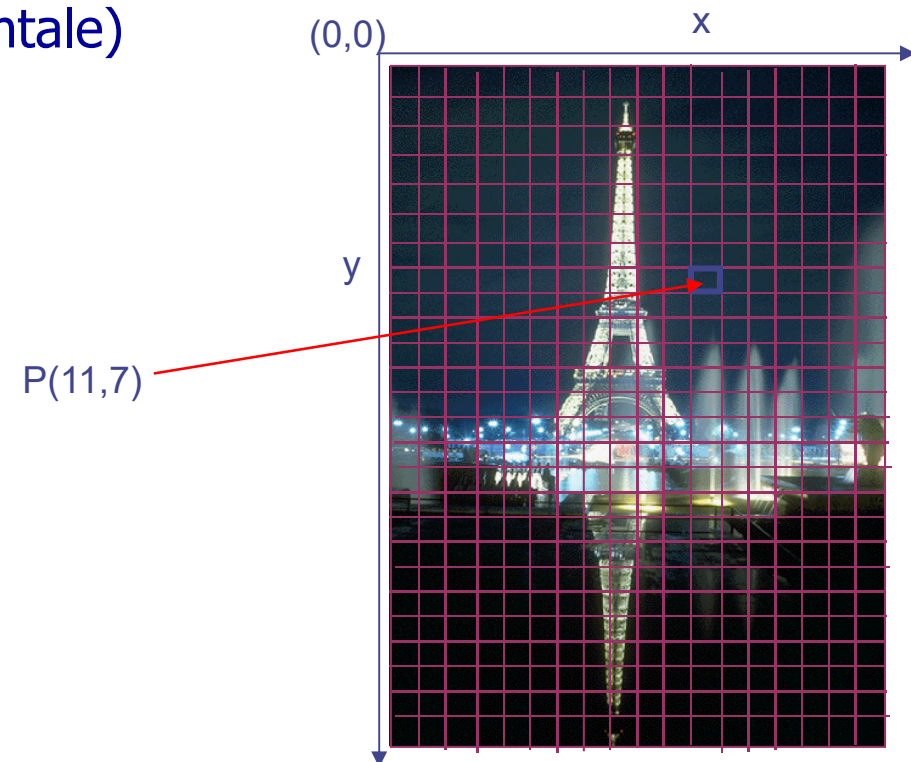
Campionamento spaziale

- Suddivisione della superficie dell'immagine in un determinato numero di rettangoli
- Pixel = picture element
- Pixel (x,y)
 - x = numero colonna (orizzontale)
 - y = numero linea (verticale)



Campionamento spaziale

- Suddivisione della superficie dell'immagine in un determinato numero di rettangoli
- Pixel = picture element
- Pixel (x,y)
 - x = numero colonna (orizzontale)
 - y = numero linea (verticale)



Aspect ratio di un'immagine



1:1
CCTV



1,33 : 1 (4:3)
NTSC (3:2)
PAL (5:4)



1,78 : 1 (16:9)
HDTV



2,35 : 1
Panoramico
(DVD)

Pixel aspect ratio

- Rapporto larghezza/altezza del pixel
 - pixel rettangolari su alcuni dispositivi
 - pixel 1:1 per elaborazione
- Con differenti PAR, immagini distorte



Dimensione/risoluzione delle immagini

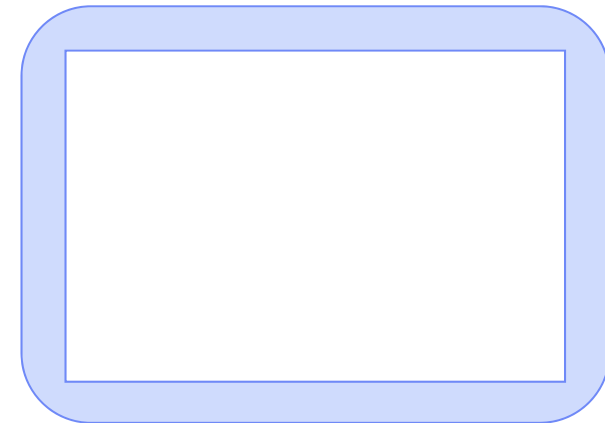
- Altezza e larghezza di un'immagine bitmap sono espresse in numero di pixel
- Dimensioni sullo schermo =
 - dimensioni in pixel dell'immagine +
 - grandezza del monitor +
 - impostazione del monitor



Dimensione delle immagini: esempio

- immagine 800 x 600
- monitor da 15 pollici
- impostazione 800 x 600

- riempie tutto lo schermo





Dimensione delle immagini: esempio

- immagine 800 x 600
- monitor 20 pollici
- impostazione 800 x 600

- riempi tutto lo schermo
 - singoli pixel dell'immagine più grandi
 - ogni pixel dell'immagine "copre" più punti del monitor (se il monitor ha una risoluzione nativa maggiore)





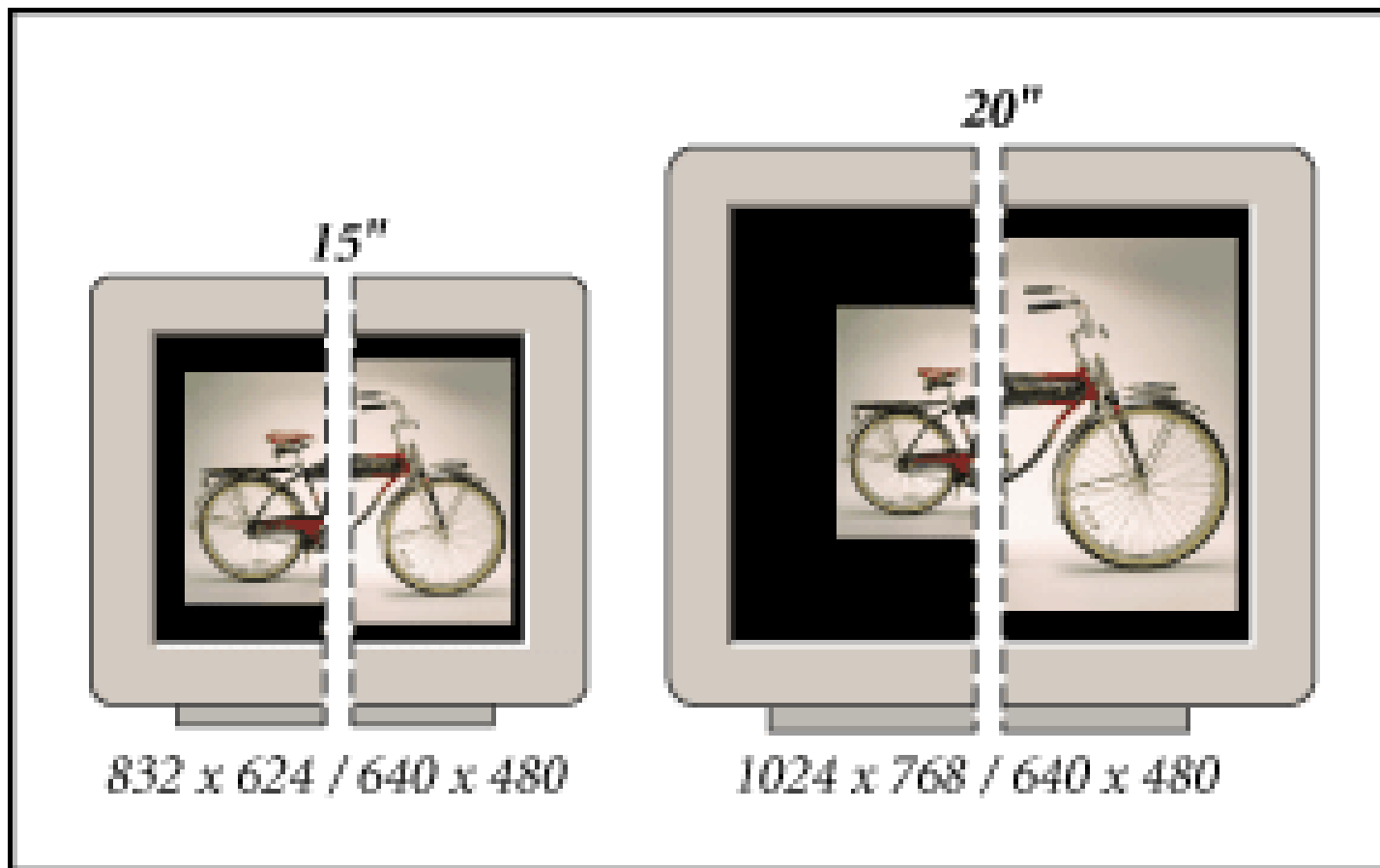
Dimensione delle immagini: esempio

- immagine 800x600
- monitor 20 pollici
- impostazione 1024 x 768

- Occupa una parte dello schermo
 - singoli pixel dell'immagine più piccoli
 - mappatura 1:1 tra pixel e punti (se il monitor ha 1024 x 768 punti)



Esempio: immagine 620 x 400



La risoluzione (?)

- ... di scansione
- ... ottica
- ... delle immagini
- ... del monitor
- ... di output finale
- ... della stampante
- ...

Risoluzione: due misure

- dpi = dots per inch (punti per pollice)
 - per le periferiche (scanner, stampanti, ...)
 - Esempio: risoluzione di scansione
- ppi = pixel per inch (pixel per pollice)
 - misura riferita all'immagine digitale
 - Esempio: risoluzione di immagine pronta per una periferica

Risoluzione di input

- Densità delle info catturate nella digitalizzazione di un'immagine
- Scanner a letto piano
 - = risoluzione di scansione
- Fotocamera digitale
 - = numero totale di pixel sulla griglia CCD (es: 8 MegaPixel)

Risoluzione di output

- Densità di info richieste per l'output finale (su più dispositivi di stampa o display)
- Dipende da ...
 - risoluzione stampante (frequenza di retinatura)
 - risoluzione del monitor

Dimensioni e risoluzione

- Le *dimensioni in pixel* determinano il livello di dettaglio (es.: 640 x 480 pixel)
- La *risoluzione* determina la superficie su cui vengono impressi tali pixel (es.: 72 ppi)



Confronto tra due risoluzioni di input

300 ppi



72 ppi



Risoluzione del monitor

- pixel (o punti) visualizzati per ciascuna unità di lunghezza del monitor (unità di misura dpi)
- dipende da grandezza del monitor (in pollici) e dalle impostazioni (es. 1024 x 768)
- Risoluzioni tipiche: 72 dpi, 96 dpi

Dimensione immagini sul monitor

- Pixel dell'immagine convertiti in pixel del monitor
- Se risoluzione immagine > risoluzione monitor, immagine monitor > immagine stampata

- Esempio
 - immagine 1x1 pollici, risol. 144 ppi, monitor 72 dpi
 - immagine occupa 2 x 2 pollici sullo schermo
 - immagine occupa 1 x 1 pollici sulla stampa

Risoluzione della stampante

- Il numero di dpi di inchiostro prodotti dalla stampante
- Tipiche risoluzioni
 - stampanti a getto di inchiostro:
 - ◆ supportano risoluzioni di 300 o 600 dpi
 - ◆ garantiscono stampa di qualità per risoluzione max 150 ppi
 - stampanti laser: 300 o 600 dpi
 - fotounità: 1200 dpi o superiore (2400 dpi)

Confronto tra dimensioni a parità di risoluzione



160x105 vs 320x210



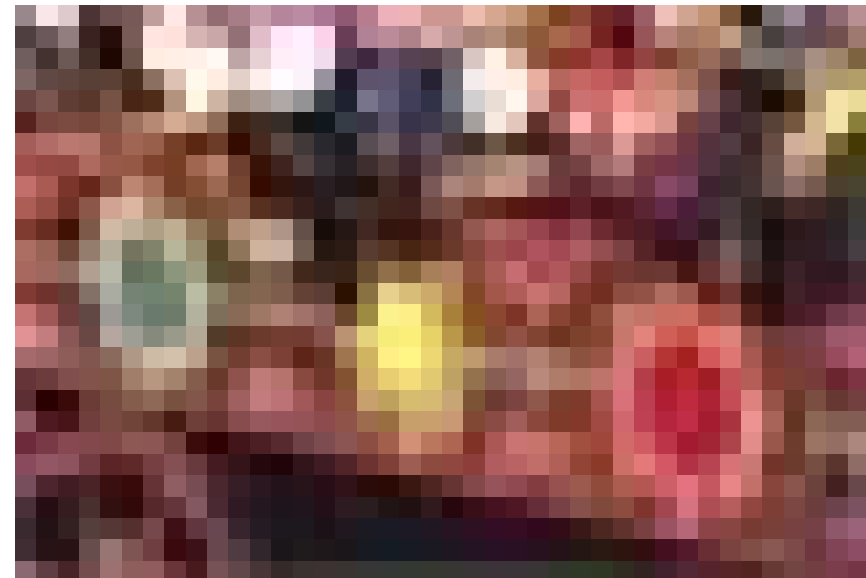


80x52 vs 320x210





40x26 vs 320x210



Quantizzazione

- Occorre assegnare ai pixel valori finiti di intensità luminosa
- I valori dipendono dal numero di bit: con N bit, 2^N valori

Gamma dinamica (livelli di grigio)



Esempio



4 bit



8 bit



2 bit

Errore di quantizzazione

- Quanto il valore quantizzato differisce dall'intensità reale
- E' mediamente pari alla metà della regione di quantizzazione

4 bit (16 livelli di grigio)

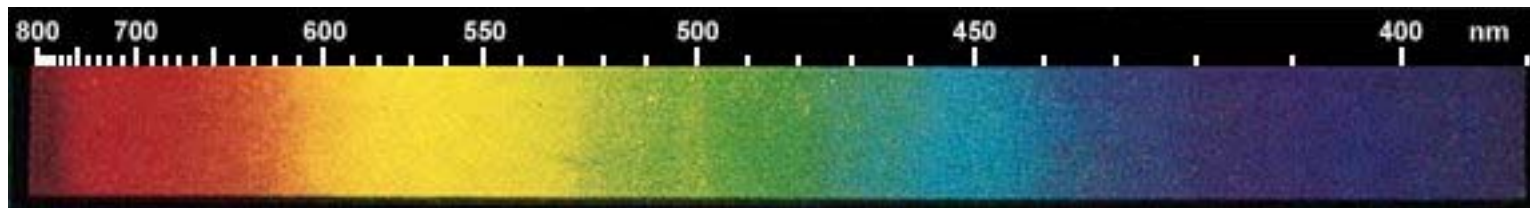


8 bit (256 livelli di grigio)



Lo spettro della luce

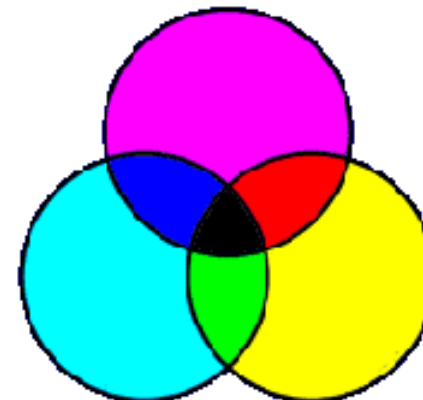
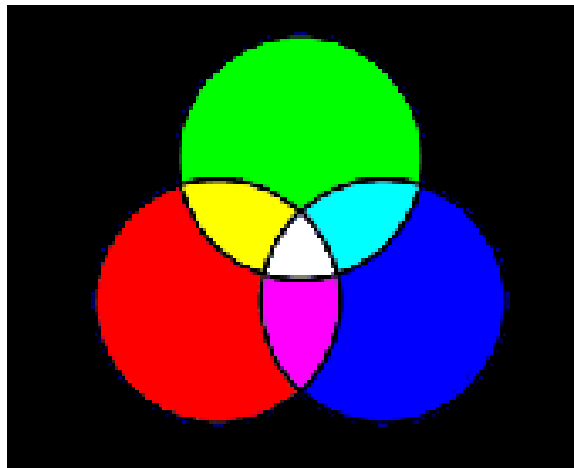
- E' una piccola porzione della piccola porzione che arriva sulla Terra
- Lunghezze d'onda dello spettro visibile
 - da 380 nm (10^{-9} m), luce violetta
 - a 760 nm, luce rossa
- Sotto i 380 nm, ultravioletti
- Sopra i 760 nm, infrarosso
- Fino a circa 1 mm le percepiamo come calore



Intuitivamente

- Molti colori si possono ottenere mescolando pochi colori di base
- Si sommano luci, sintesi additiva
- Si sommano pigmenti, sintesi sottrattiva

*Colori
complementari*



Spazio di colore

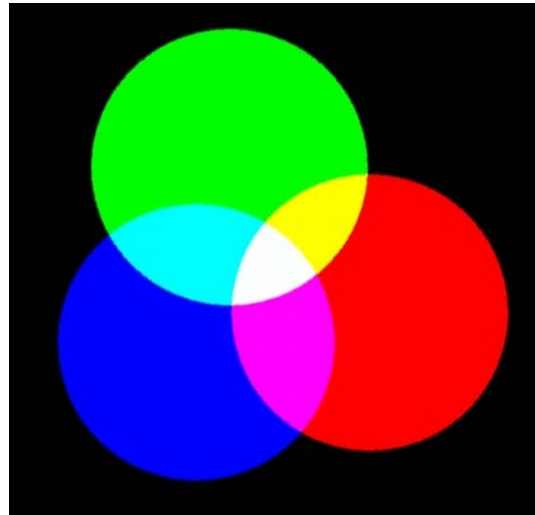
- Variabili rappresentate su assi cartesiani (descrivono spazi geometrici)
- Due gruppi
 - **Spazi relativi (device dependent)**
 - Spazi assoluti (device independent)

Modelli additivi

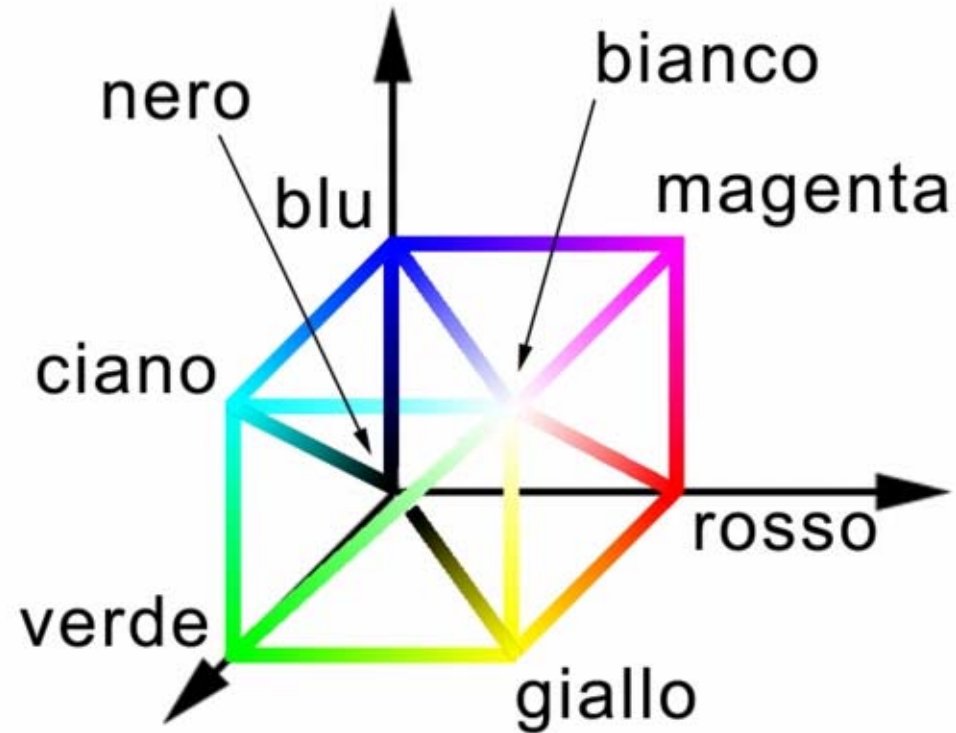
- I colori si creano aggiungendo colori al nero fino al bianco
- Gli ambienti dove viene utilizzato il colore additivo sono quelli ad emissione propria (monitor)

Spazio RGB

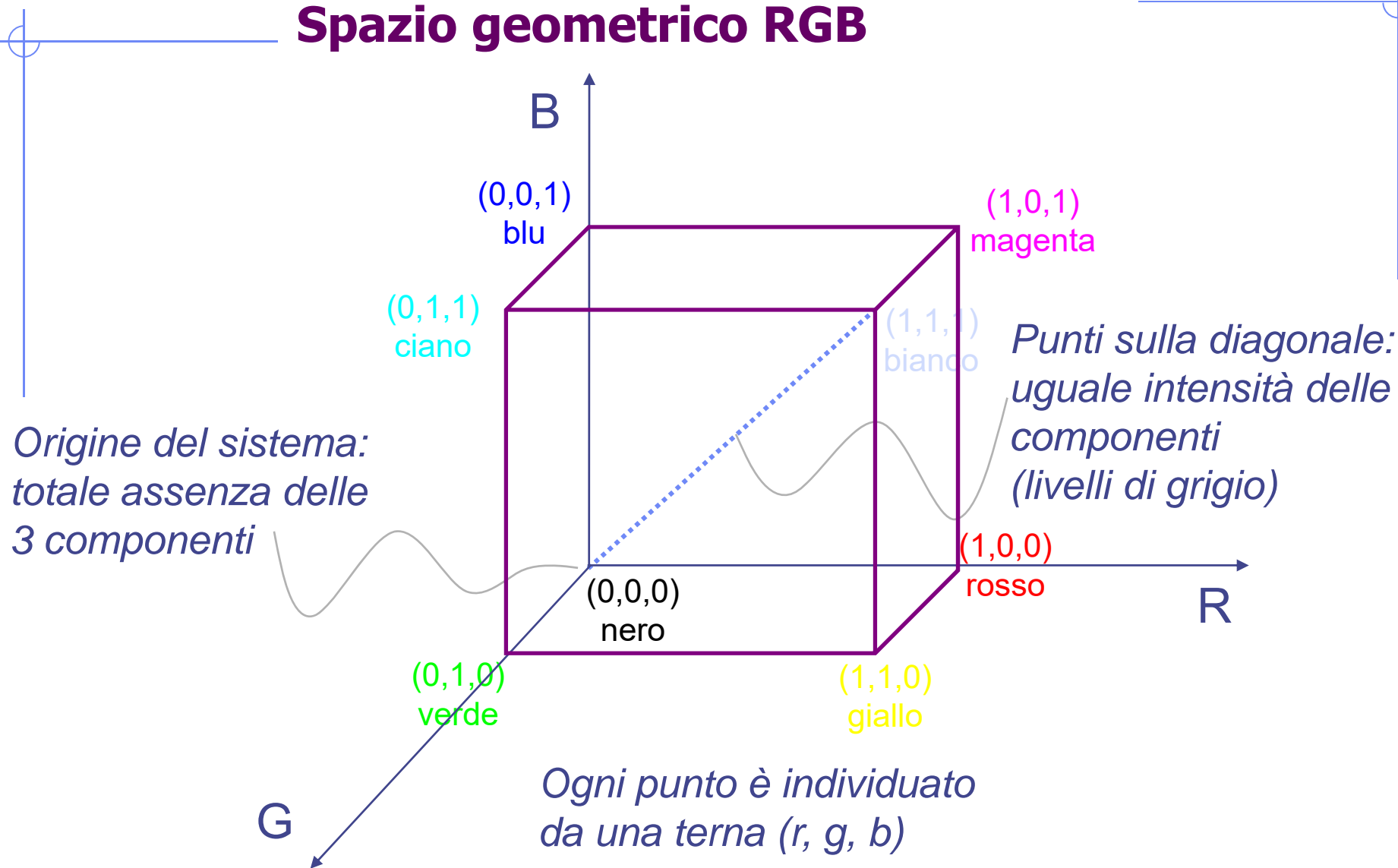
- Modello di tipo additivo: il contributo di ogni colore è sommato per formare il colore finale
- Base di tre colori: Red, Green, Blue



Spazio geometrico RGB



Spazio geometrico RGB



Spazio dei colori nelle immagini digitali

- Non valori continui per le tre componenti, ma discreti
- Esempio: un byte per componente ($3 \times 8 \text{ bit} = 24 \text{ bit}$)
- Modalità TrueColor

Digitalizzazione delle immagini

➤ Rappresentazione binaria dei colori RGB

- un colore sul monitor è specificato da tre componenti: rosso, verde e blu
- l'intensità di ogni colore è rappresentata da una quantità (da 0 a 255)
- Ogni intensità RGB è rappresentata da un byte (8 bit)
- l'intensità più bassa è 0000 0000, la più alta è 1111 1111

➤ Alcuni esempi:

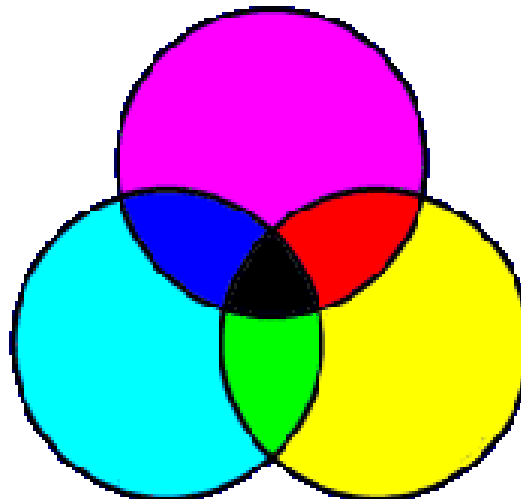
- **Rosso** -> R 1111 1111 G 0000 0000 B 0000 0000 (0xFF0000)
- **Verde** -> R 0000 0000 G 1111 1111 B 0000 0000 (0x00FF00)
- **Blu** -> R 0000 0000 G 0000 0000 B 1111 1111 (0x0000FF)
- -> R 1111 1111 G 1111 1111 B 1111 1111 (0xFFFFFFFF)
- **Nero** -> R 0000 0000 G 0000 0000 B 0000 0000 (0x000000)
- **Giallo** -> R 1111 1111 G 1111 1111 B 0000 0000 (0xFFFF00)
- **Magenta** -> R 1111 1111 G 0000 0000 B 1111 1111 (0xFF00FF)
- **Ciano** -> R 0000 0000 G 1111 1111 B 1111 1111 (0x00FFFF)
- **Grigio** -> R 0100 1010 G 0100 1010 B 0100 1010 (0x4A4A4A)

Modelli sottrattivi

- Colori primari sottratti al bianco per ottenere tutti i colori fino al nero
- Gli ambienti sottrattivi sono quelli riflettenti di natura (un'immagine a colori su carta)

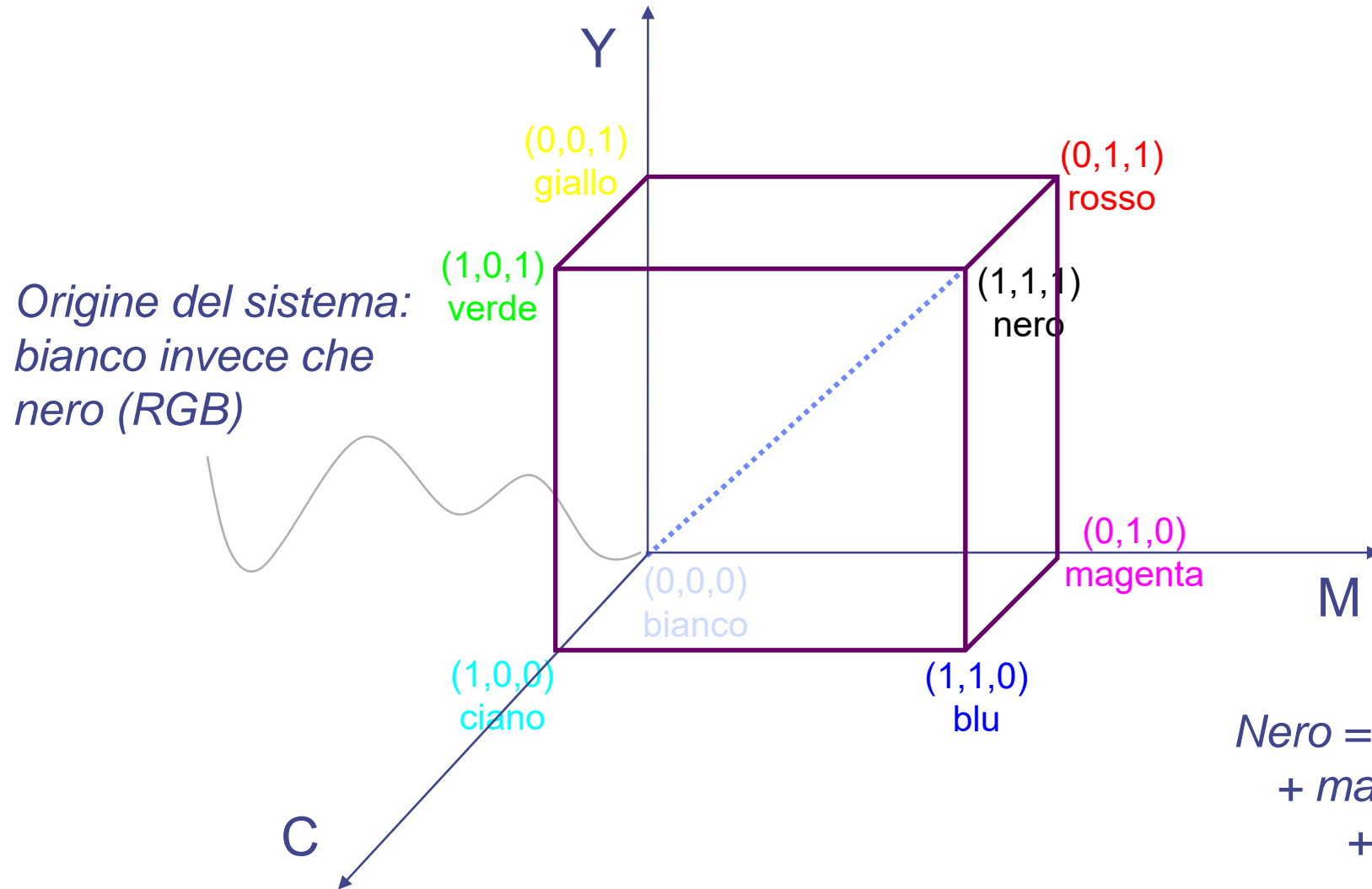
Lo spazio CMY

- Modello duale del modello RGB
 - tipo sottrattivo: componenti sottrattive rispetto alla luce bianca
 - stampa (colore di base bianco - foglio di carta)
- Ciano, magenta, giallo sono i colori complementari di rosso, verde e blu



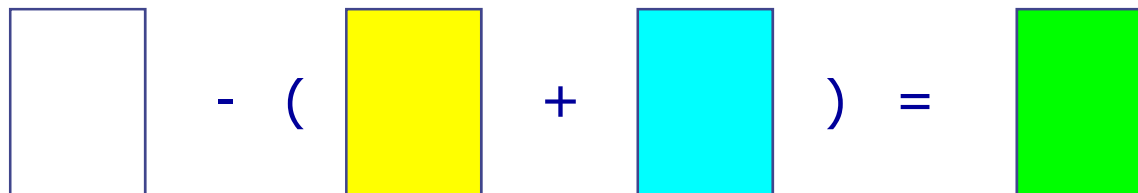
*Colori duali:
ciano - rosso
magenta - verde
giallo - blu*

Spazio geometrico CMY



La stampa

- Il colore di sfondo è rappresentato dal foglio di carta (in genere il bianco)
- Inchiostri dei vari colori sottraggono componenti alla luce riflessa (C sottrae R, M sottrae G, Y sottrae B)
- Esempio: superficie bianca (R+G+B) con strati di colore C e Y assorbirà le componenti R e B lasciando che solo il G (verde) sia riflesso



Relazioni CMY - RGB

- Un vettore indica un certo colore

$$\begin{pmatrix} C \\ M \\ Y \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

- Si può passare da un sistema all'altro:
il vettore unitario rappresenta il bianco in RGB

$$\begin{pmatrix} C \\ M \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} C \\ M \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 255 \\ 255 \\ 255 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

- Viceversa (il vettore unitario rappresenta il nero in CMY)

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} C \\ M \\ Y \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 255 \\ 255 \\ 255 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} C \\ M \\ Y \end{pmatrix}$$