

Vittorio Casella

DIET – Università di Pavia

email: vittorio.casella@unipv.it

Le immagini digitali - 1

Dispense

Come si produce un'immagine digitale

La versione digitale di una fotografia si ottiene con

- una discretizzazione spaziale;
- una discretizzazione radiometrica.

Discretizzazione spaziale

Si tratta di sovrapporre idealmente all'immagine, che è percepita come una variazione continua di forme e colori, una griglia e di scomporla così in una matrice le cui celle si dicono pixel. Si assume che ogni cella abbia un colore costante.

La discretizzazione spaziale produce dunque una approssimazione nella quale la dimensione dei pixel ha ovviamente importanti conseguenze. Si parla di risoluzione spaziale.

Discretizzazione radiometrica

Si associa ad ogni pixel un colore scelto in un insieme discreto.

Esempi - 1

particolare dell'immagine flowers.tif, con zoom 4X; i pixel sono chiaramente visibili [flowers_part_4X]



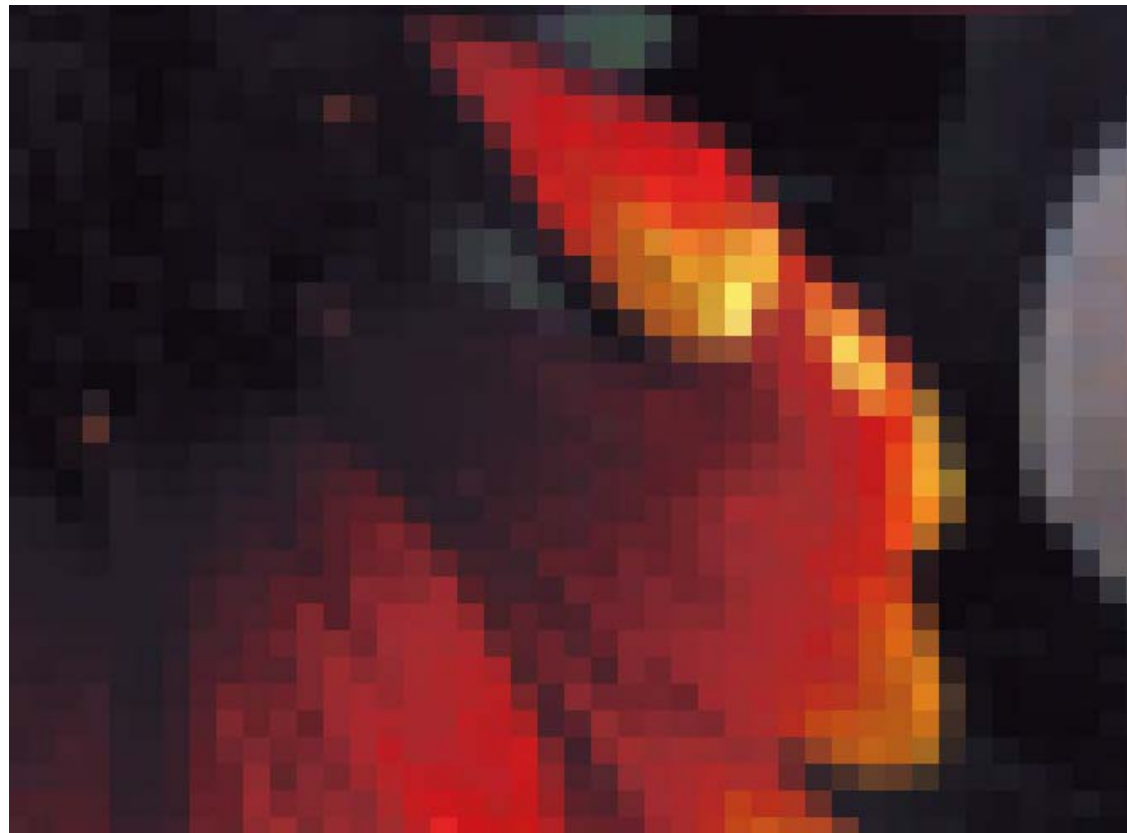
Esempi - 2

particolare dell'immagine flowers.tif, con zoom 8X; i pixel sono chiaramente visibili [flowers_part_8X]



Esempi - 3

particolare dell'immagine flowers.tif, con zoom 8X; i pixel sono chiaramente visibili e il loro colore è costante [flowers_part_16X.tif]



Esempi sulla risoluzione spaziale – 1

Immagine originaria, codifica RGB



Figura 1 - Dimensione 500 x 362 pixel; 3 bit per pixel
[flowers.tif]

Esempi sulla risoluzione spaziale - 2

Immagine con risoluzione dimezzata, codifica RGB



Figura 2 - Dimensione 250 x 181 pixel
[flowers_ris_1_2.tif]

Esempi sulla risoluzione spaziale - 3

Immagine con risoluzione spaziale ridotta a 1/4; codifica RGB



Figura 3 - Dimensione 125 x 90 pixel
[flowers_ris_1_4.tif]

Esempi sulla risoluzione spaziale - 4

Immagine con risoluzione spaziale ridotta a 1/8; codifica RGB



Figura 4 - Dimensione 62 x 45 pixel
[flowers_ris_1_8.tif]

Esempi sulla risoluzione spaziale - 5

Immagine con risoluzione spaziale ridotta a 1/16; codifica RGB. Molto visibile l'aliasing



Figura 5 - Dimensione 31 x 22 pixel
[flowers_ris_1_16.tif]

Esempi sulla risoluzione spaziale - 6

Particolari dell'immagine originaria [flowers_part1.tif] e di quella a risoluzione dimezzata [flowers_ris_1_2_part1.tif]



Esempi sulla risoluzione radiometrica – 1



Figura 6 - Dimensione 500 x 362 pixel; 1 bit per pixel
[flowers_color_8bit.tif]

Esempi sulla risoluzione radiometrica – 2



Esempi sulla risoluzione radiometrica – 3



Figura 7 - Dimensione 500 x 362 pixel; 1 byte per pixel, toni di grigio
[flowers_bw_8bit.tif]

Esempi sulla risoluzione radiometrica – 4



Figura 8 - Dimensione 500 x 362 pixel; 1 bit per pixel, toni di grigio
[flowers_bw_8bit.tif]

La grafica - 1/2

- ◆ Il video è una griglia i cui 'tasselli' si chiamano pixel
- ◆ I pixel possono essere illuminati individualmente dai programmi
- ◆ A ogni pixel si può assegnare un colore scelto in una tavolozza
- ◆ Due parametri fondamentali:
 - quanti pixel: risoluzione geometrica
 - quanti colori: risoluzione radiometrica o profondità del colore

La grafica - 2/2

- ◆ Risoluzione geometrica: numero di pixel (nxm)
 - 640x480 (VGA)
 - 800x600
 - 1024x768
 - 1200x1024
 - 1600x1200
- ◆ Profondità del pixel (p)
 - 1 Byte: 256 colori
 - 2 Byte: 65.536 colori
 - 3 Byte: 16.777.216 colori (True Color)

VRAM

- ◆ VRAM=Video Ram
- ◆ VRAM deve contenere almeno l'immagine completa del video
- ◆ Dimensione minima: $n * m * p$

In True Color

- 640x480: 921.600 Bytes
- 800x600: 1.440.000 Bytes
- 1024x768: 2.359.296 Bytes
- 1200x1024: 3.686.400 Bytes
- 1600x1200: 5.760.000 Bytes

La rasterizzazione

- ◆ Rasterizzare o scandire significa: sovrapporre a un'immagine una griglia regolare di elementi quadrati (*pixel*, da picture element) e misurare il colore di ciascuno di essi
- ◆ Il risultato è una matrice di numeri (*immagine digitale*)
- ◆ Cosa si scandisce:
 - foto
 - diapositive
 - carte preesistenti

Significato della parola *raster*

- ◆ *RASTER*: percorso di scansione; “A predetermined pattern of scanning lines that provides substantially uniform coverage of an area”
- ◆ *RASTER SCANNING*: scansione sistematica; scansione a copertura completa

Produzione diretta di immagini digitali

Con macchine fotografiche digitali
amatoriali
per fotogrammetria terrestre
per fotogrammetria aerea

Con sensori da satellite

Con tecniche radar

Produzione indiretta di immagini digitali

Per scansione di fotogrammi esistenti

Per scansione di carte esistenti

Misure della risoluzione geometrica

Due maniere:

- dimensione lineare d del pixel
- numero R dei pixel che cadono in una distanza pari a un pollice (Inch, 25.4 mm)

Vale la formula

$$d [\text{mm}] = \frac{25.4 [\text{mm}]}{R [\text{dpi}]}$$

R (dpi)	d (mm)
300	0,085
600	0,042
800	0,032
1200	0,021
1800	0,014
2400	0,011
3200	0,008

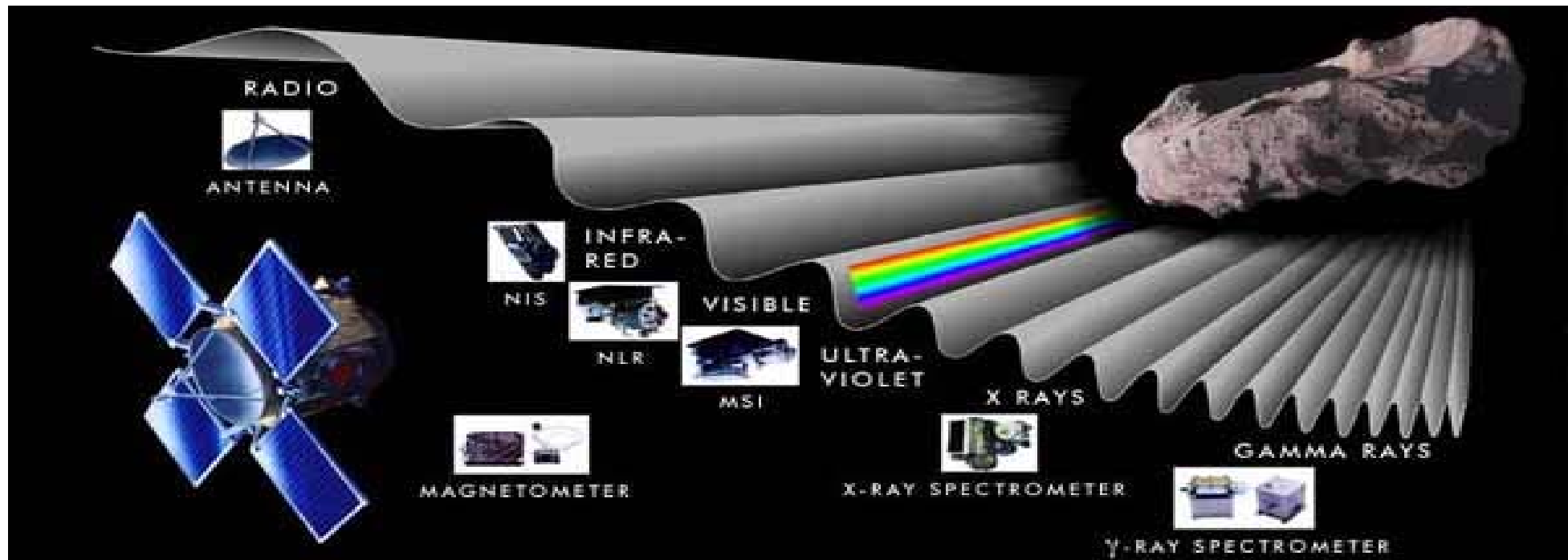
Quale informazione si associa ai pixel

Quale informazione radiometrica si associa ai pixel

- 2 colori, bianco e nero per le carte (1 bit per pixel)
- toni di grigio, di solito 256 (1 byte per pixel)
- colori in codifica RGB, Red, Green and Blu (3 byte per pixel)

La fisica del colore - 1

La luce è costituita da radiazione elettromagnetica (il complesso dei fenomeni descritti dalle equazioni di Maxwell) a particolari frequenze



Design by Eric Johnson & Lucy McFadden © 1996 University of Maryland NEAR images provided by Applied Physics Laboratory

La fisica del colore - 2

La luce è la radiazione em con lunghezza d'onda compresa fra 0.7 e 0.4 micron, circa

Fra tutta la radiazione em, la luce ha un particolare valore solo per gli essere viventi, i cui occhi sono sensibili a queste particolari frequenze e non ad altre: gioca in tutto questo la *percezione umana*

La luce ha le stesse (+/-) caratteristiche fisiche delle onde radio, ma gli uomini non vedono le onde radio.

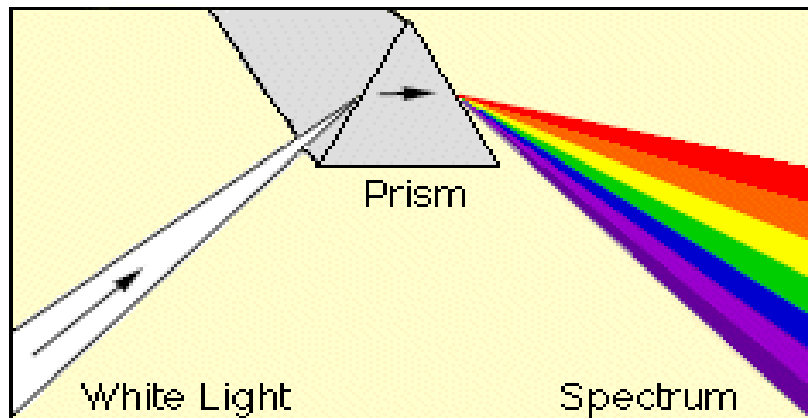
La fisica del colore - 3

La luce emessa dal sole è una sovrapposizione di tutte le lunghezze d'onda e appare bianca

Il nero corrisponde ad assenza di radiazione

Un'onda em con una precisa lunghezza d'onda ha un unico colore (onda monocromatica)

Fisicamente, colori diversi significa lunghezze d'onda diverse.

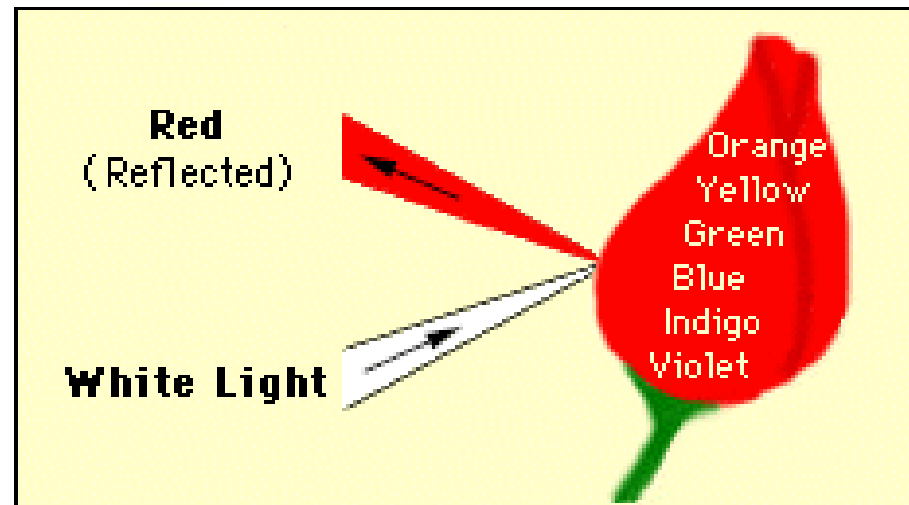


La fisica del colore - 4

Quando un corpo viene investito dalla luce, assorbe certe frequenze e riflette altre frequenze

Ciò avviene in conseguenza delle caratteristiche chimico-fisiche dei materiali che costituiscono il corpo

Noi vediamo il corpo colorato con i colori corrispondenti alle frequenze riflesse



La fisica del colore - 5

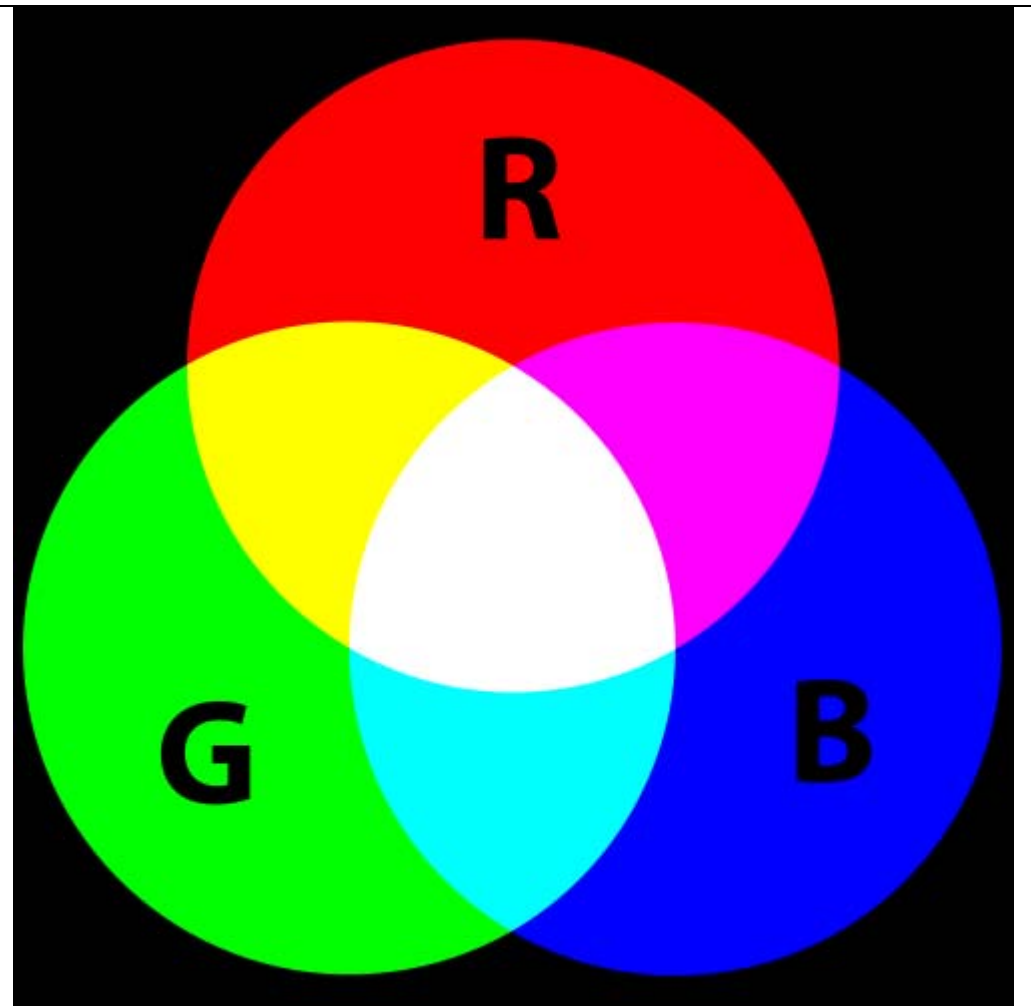
I corpi bianchi riflettono tutta la luce

I corpi neri assorbono tutta la luce

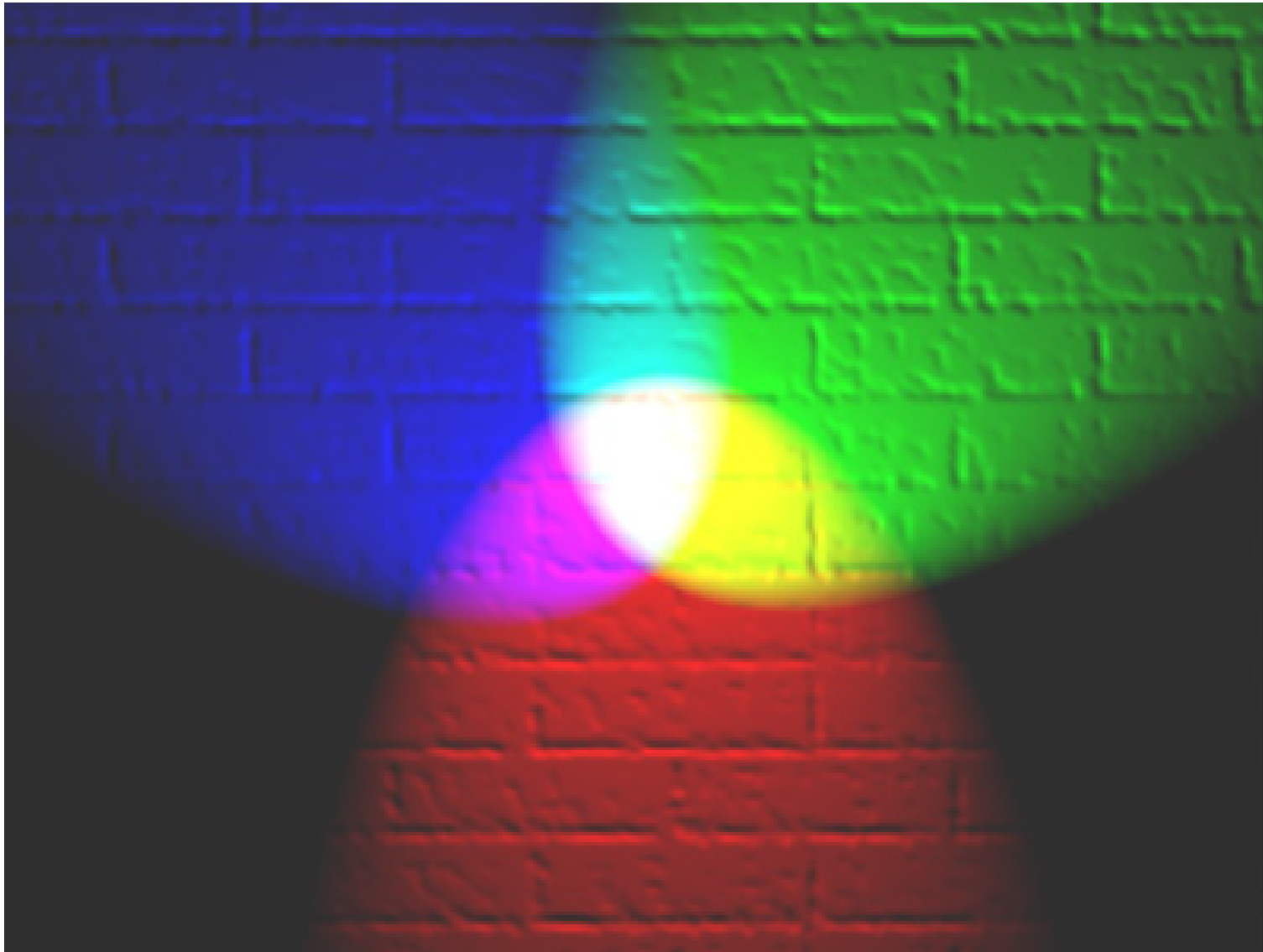
La percezione umana

Si può affermare che, per le caratteristiche della percezione umana, ogni colore può essere ottenuto come sovrapposizione di opportune quantità dei colori fondamentali rosso, verde e blu

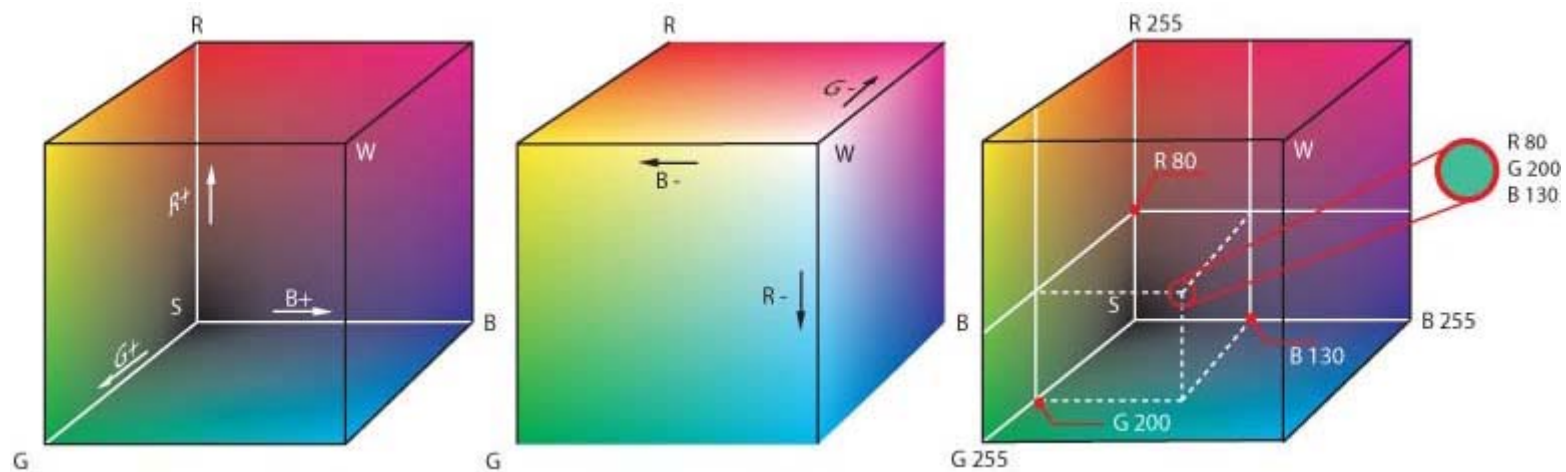
Se ho tre proiettori a luce rossa, verde e blu, capaci di variare l'intensità della luce emessa e li faccio convergere in un unico punto, al variare delle intensità vedo scorrere tutti i colori dell'iride



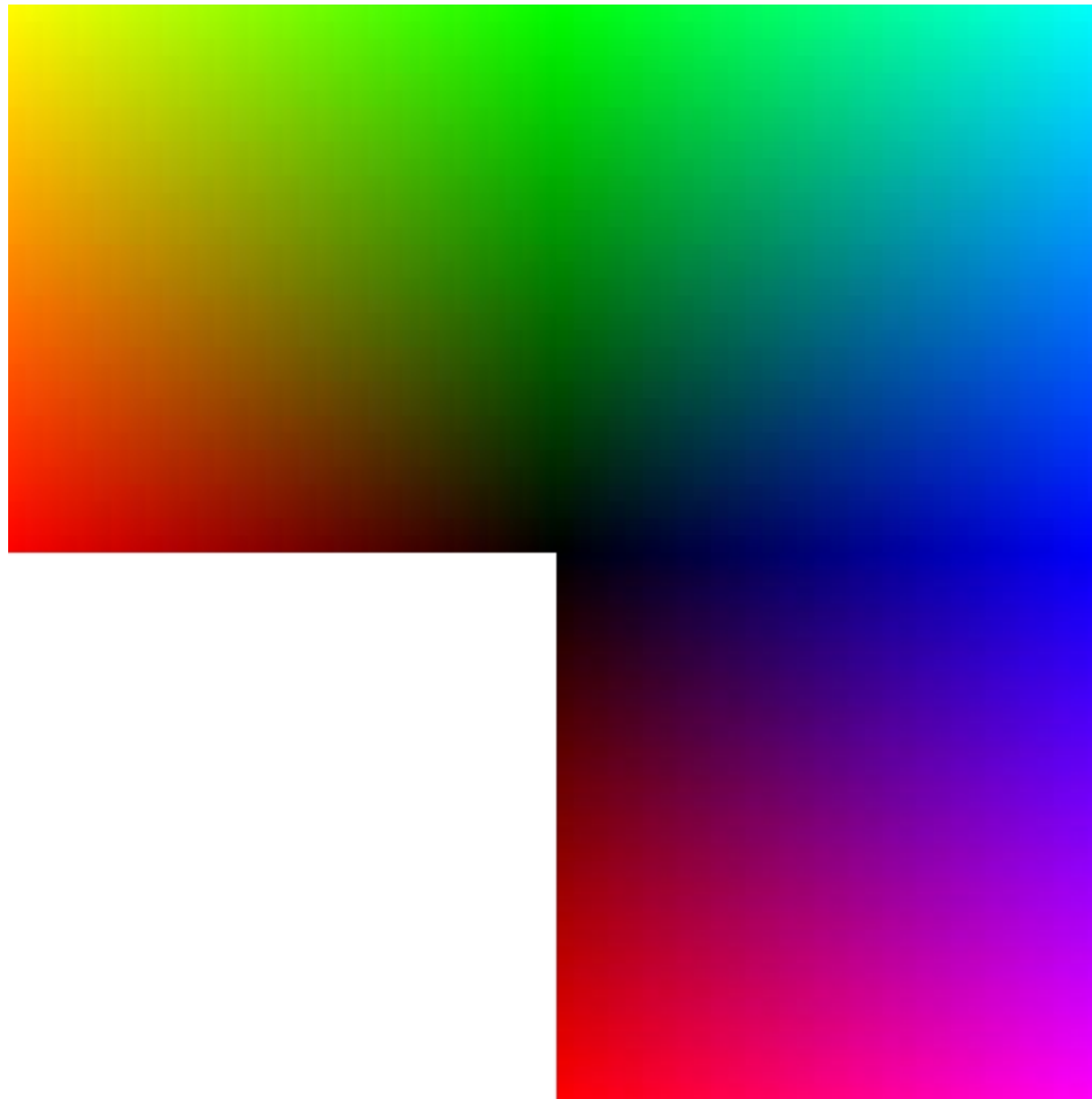
L'idea dei proiettori



Il cubo RGB



Il cubo RGB aperto



Colori additivi

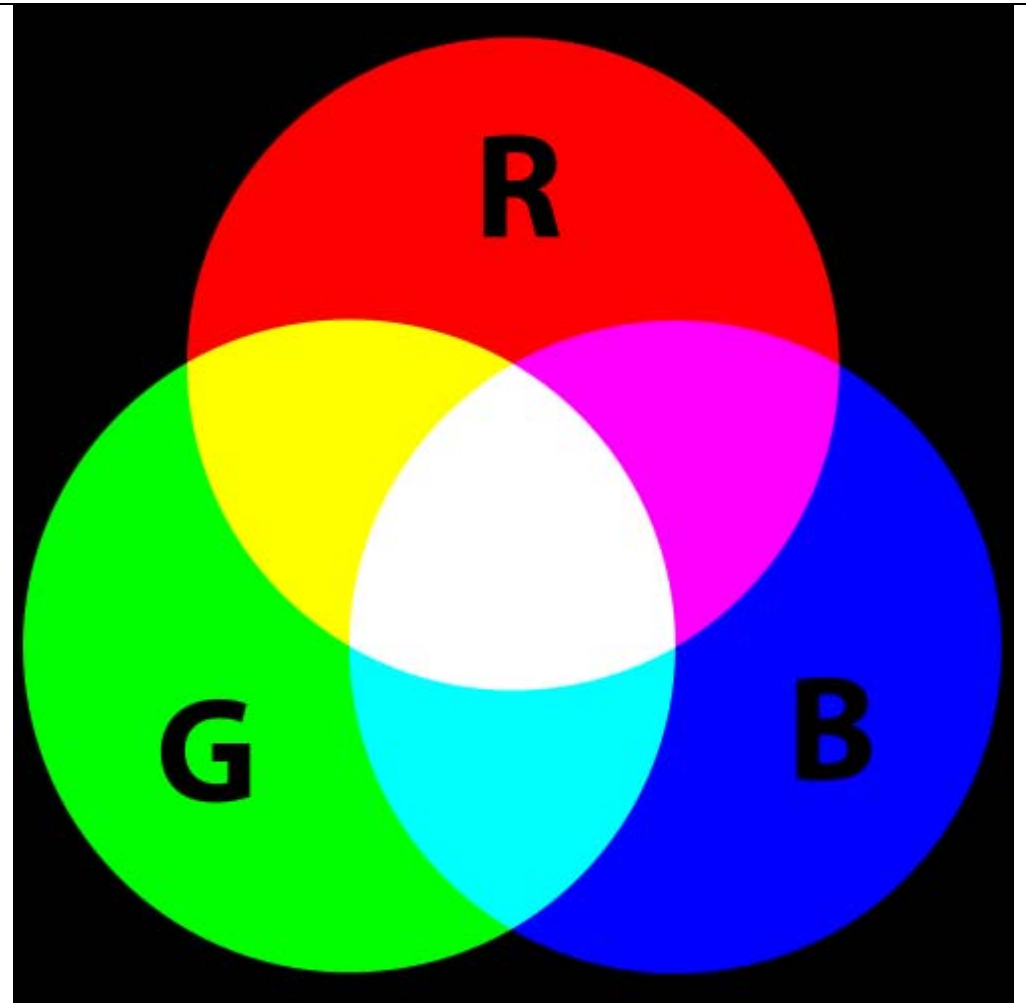
Quelli che si ottengono con la radiazione elettromagnetica sommando fasci.
Le regole per la somma sono date dal disegno

Valgono le regole

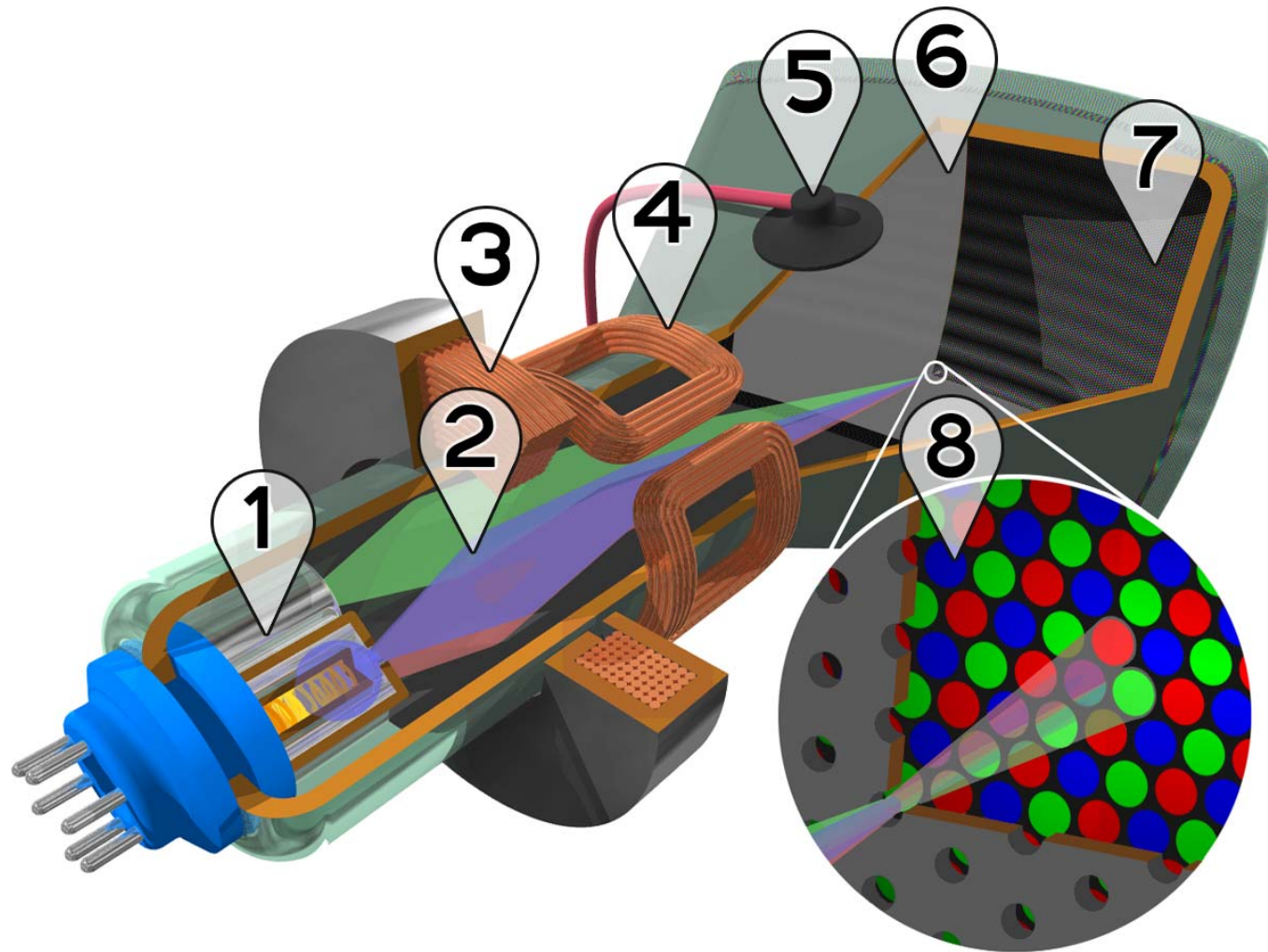
$$R+G=Y$$

$$G*B=C$$

$$B+R=M$$



Come funziona uno schermo CRT (Cathode Ray Tube)



Colori sottrattivi

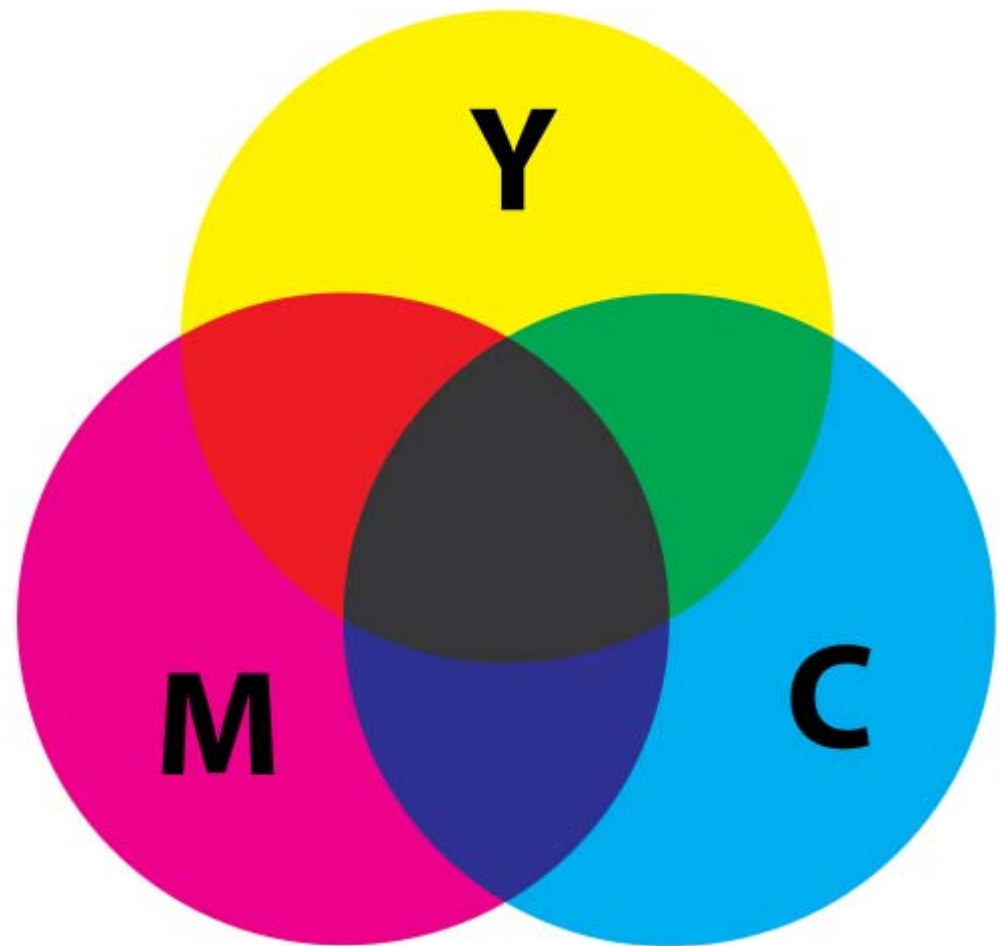
Quelli dei pigmenti. Le regole per la somma sono date dal disegno

Valgono le regole

$C+M=B$

$M+Y=R$

$Y+C=G$



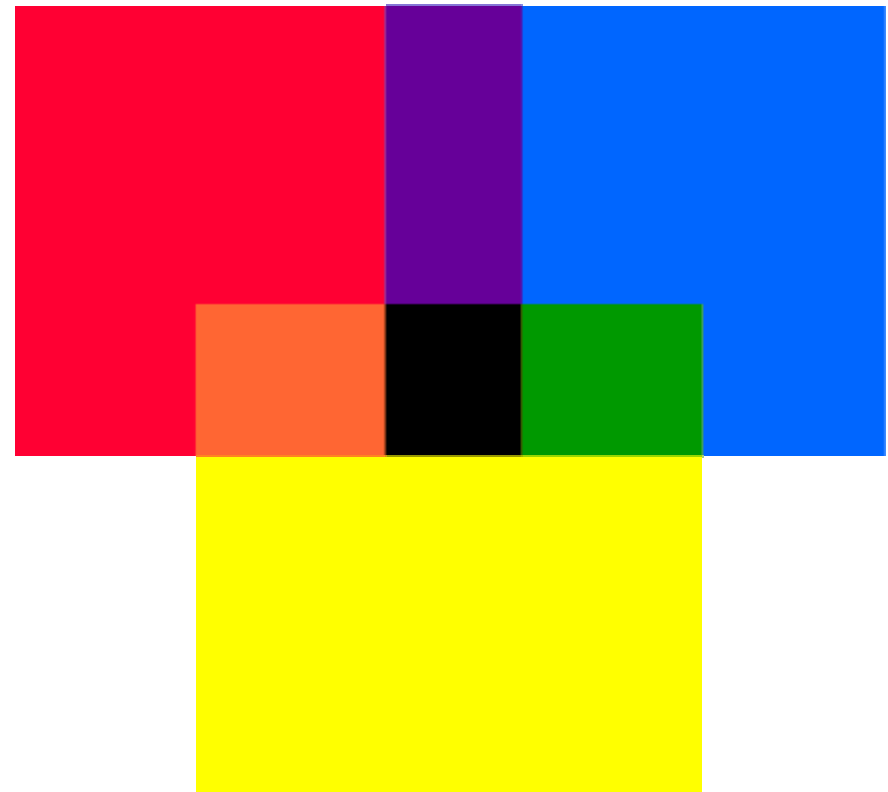
Colori sottrattivi - 2

Esistono altre scelte per i colori sottrattivi

Red

Yellow

Blue



Profondità del pixel – immagini al tratto

- ◆ Esistono solo bianco (1) e nero (0)
- ◆ Adatto per le scansioni delle carte
- ◆ Per ogni pixel è necessario 1 bit (1/8 di byte)
- ◆ Profondità del colore, $P=1/8$
- ◆ Il problema della soglia

Profondità del pixel – immagini bianco e nero

- ◆ Il tono continuo fra il nero e il bianco viene suddiviso in 256 livelli:
Nero=0
Bianco=255
- ◆ Adatto per le scansione delle foto (anche a colori)
- ◆ Per ogni pixel è necessario 1 byte

Profondità del colore, $P=1$

Profondità del pixel – immagini a colori

- ◆ Un qualunque colore C viene descritto e ottenuto come somma di opportune dosi di rosso, verde, blu. E' la codifica RGB, Red, Green, Blu

$$C = xR + yG + zB$$

$$0 \leq x, y, z \leq 255$$

- ◆ Adatto per le scansione delle foto a colori
- ◆ Per ogni pixel sono necessari 3 byte

Profondità del colore, P=3

Memoria necessaria

- ◆ Sia S la superficie in cm^2 del foglio da scandire
- ◆ Sia R la risoluzione in dpi, per esempio 300 o 600
- ◆ Sia P la profondità del pixel; $P=1/8, 1, 3$
- ◆ La dimensione D in byte dell'immagine prodotta è:

$$D = \frac{S}{(2.54)^2} \frac{R^2 P}{(1024)^2}$$

Raddoppiando R , D quadruplica, la dipendenza dalla risoluzione è quadratica!

Memoria necessaria - 2

- ◆ Foto aerea. Lato=23 cm
- ◆ $S = 23 * 23 \text{ cm}^2 = 529 \text{ cm}^2$
- ◆ $R=600 \text{ dpi}$
- ◆ $P = 1$: toni di grigio

$$\begin{aligned} D &= \frac{529}{(2.54)^2} \frac{600^2 * 1}{(1024)^2} = \\ &= \frac{529 * 360000}{6.4516 * 1048576} \\ &= 28.151 \text{ MB} \end{aligned}$$

Memoria necessaria – Foto aerea

	Dimensioni in MB	
R (dpi)	Toni di grigio	Colori
300	7,04	21,11
600	28,15	84,45
800	50,05	150,14
1200	112,60	337,81
1800	253,36	760,07
2400	450,41	1351,24
3200	800,73	2402,20

Memoria necessaria – Carta raster

- ◆ $S=70 * 100 = 7000 \text{ cm}^2$
- ◆ $P=1/8$ (immagine al tratto)

Dimensioni in MB

R (dpi)	Dimensioni in MB
300	11,64
400	20,69
500	32,34
600	46,56
700	63,38
800	82,78