

# Elaborazione di Segnali e Immagini (ESI)

---

AA 2003-2004

**Paola Bonetto**

email: bonetto@disi.unige.it

Stanza: #110

Tel: 010 353 6643

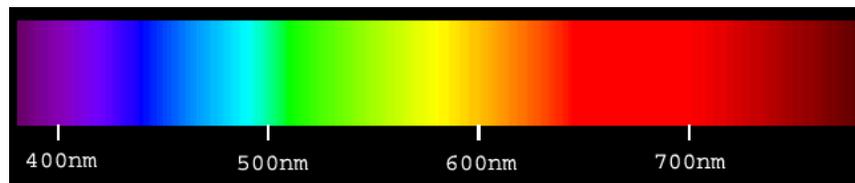
## Programma

- **Colore** e spazi di colore (CIE, RGB, HSV, gray, ...)
- Formati di **immagini** (jpg, gif, png, pcx, ...)
  - compressione
  - image processing & filtering
- ( Formati **audio** (mp3, wav, ...)
- Formati **video** (AVI, mpeg, ...)
  - Compressione )

## Il colore

Il colore puro è un'onda definita da

- Ampiezza (intensità o energia)
- Lunghezza d'onda



Elaborazione Segnali e Immagini

3

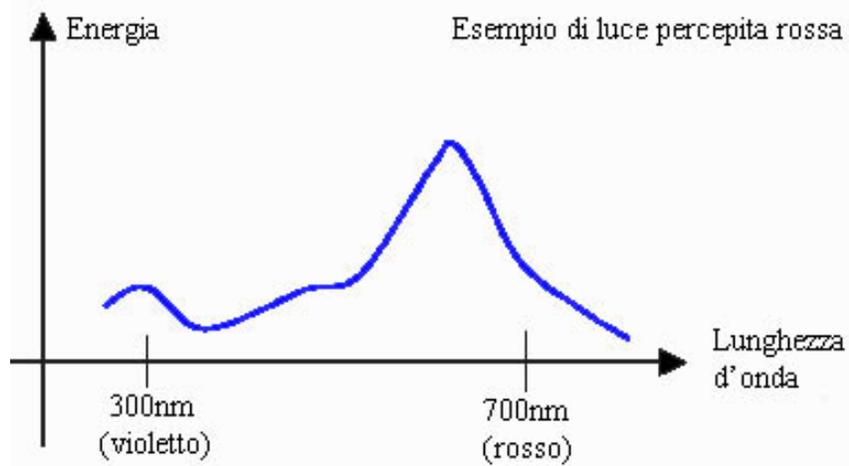
## Colore e luce

- Il colore ("non puro") è dato da una luce composta da diverse onde con proprie lunghezze e distribuzioni di energia
- La luce laser è una sorgente di luce con un'unica lunghezza d'onda (o con una banda molto ristretta di lunghezze d'onda)

Elaborazione Segnali e Immagini

4

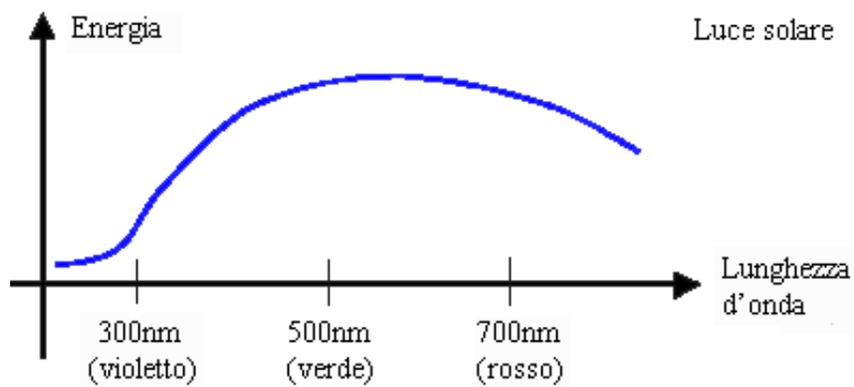
## Esempio colore rosso



Elaborazione Segnali e Immagini

5

## Esempio luce solare



Elaborazione Segnali e Immagini

6

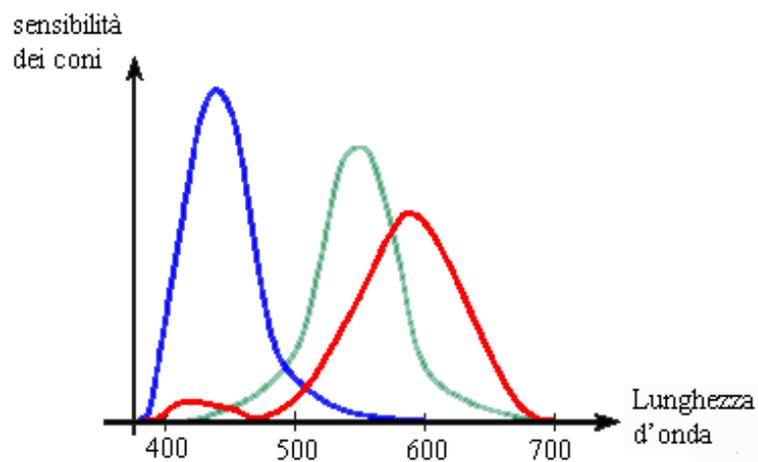
## Percezione umana del colore

- E' basata su tre tipi di "coni" ognuno dei quali è sensibile ad una particolare banda di energia di luce
- Le tre bande sono sovrapposte in modo irregolare

Elaborazione Segnali e Immagini

7

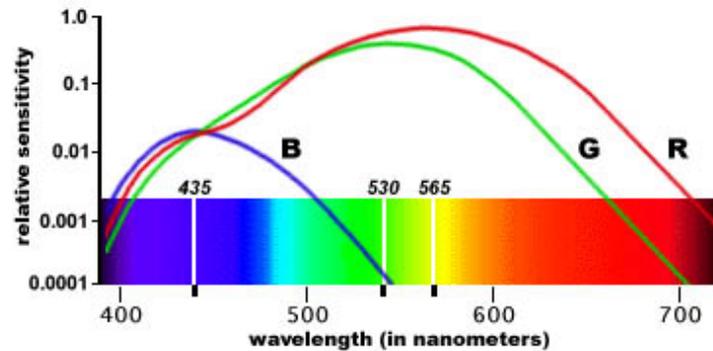
## Percezione umana del colore



Elaborazione Segnali e Immagini

8

## Percezione umana del colore



In scala semi-logaritmica...

Elaborazione Segnali e Immagini

9

## Rappresentazione matematica

Questo suggerisce di rappresentare ogni colore – indipendentemente dalla distribuzione di lunghezze d'onda di cui è composto - come la combinazione di tre sorgenti di colore puro:

$$X = rR + gG + bB$$

dove X è il colore da rappresentare,  
R, G, B sono i tre colori puri rosso, verde e blu e  
r, g, b sono le rispettive intensità

Elaborazione Segnali e Immagini

10

## Rappresentazione matematica (cont)

- Nota importante:  
Assegnando a  $r$ ,  $g$  o  $b$  eventualmente anche valori **negativi**, si possono rappresentare tutti i colori esistenti!
- In caso di intensità negative si parla di "**subtractive matching**" (colore per sottrazione)

## Rappresentazione matematica (cont)

- Senza nessuna perdita di informazione, ma con il guadagno di una maggiore semplicità, "mappiamo" i range utili di  $r$ ,  $g$  e  $b$  all'intervallo  $[0, \dots, 1]$
- imponiamo inoltre che

$$r + g + b = 1$$

## Rappresentazione matematica (cont)

L'ultimo vincolo si traduce in:

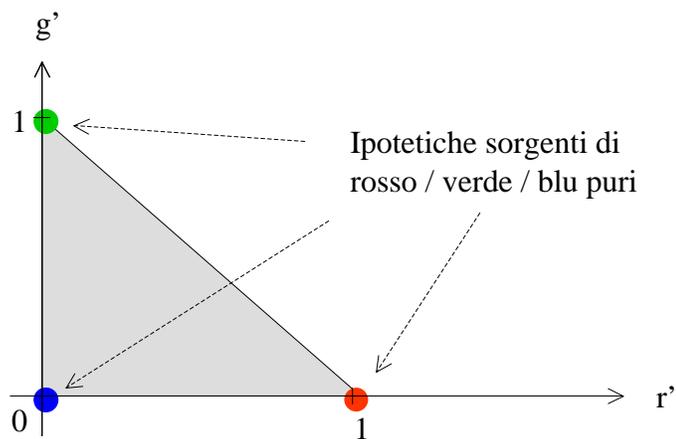
$$r' = r / (r+g+b)$$

$$g' = g / (r+g+b)$$

$$b' = b / (r+g+b) = 1 - r' - g'$$

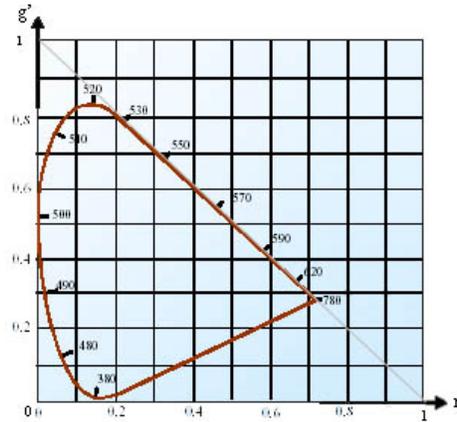
da cui si evince che l'insieme normalizzato di tutti i colori può essere rappresentato in uno spazio 2D

## Lo spazio normalizzato dei colori



## Lo spazio normalizzato dei colori (cont)

In realtà i colori effettivamente visibili sono solo un sottinsieme dei colori rappresentabili matematicamente:



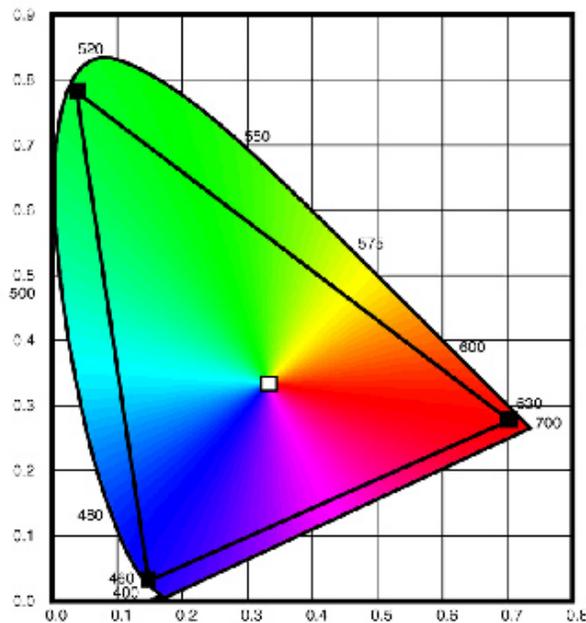
Elaborazione Segnali e Immagini

15

## CIE

(Commission Internationale de l'Eclairage)

International Commission on Illumination)



## CIE

- Il diagramma CIE è uno standard per la rappresentazione normalizzata del colore
- I colori **puri** stanno sul "bordo curvo"
- La linea retta congiungente rosso e blu non ha alcun equivalente puro: i colori possono essere ottenuti solo con "blending" (interpolazione) di colori puri
- Il diagramma è convesso, in quanto ogni possibile combinazione lineare di colori puri deve dar luogo ad un colore contenuto nel diagramma stesso

## Bianco, grigi e intensità

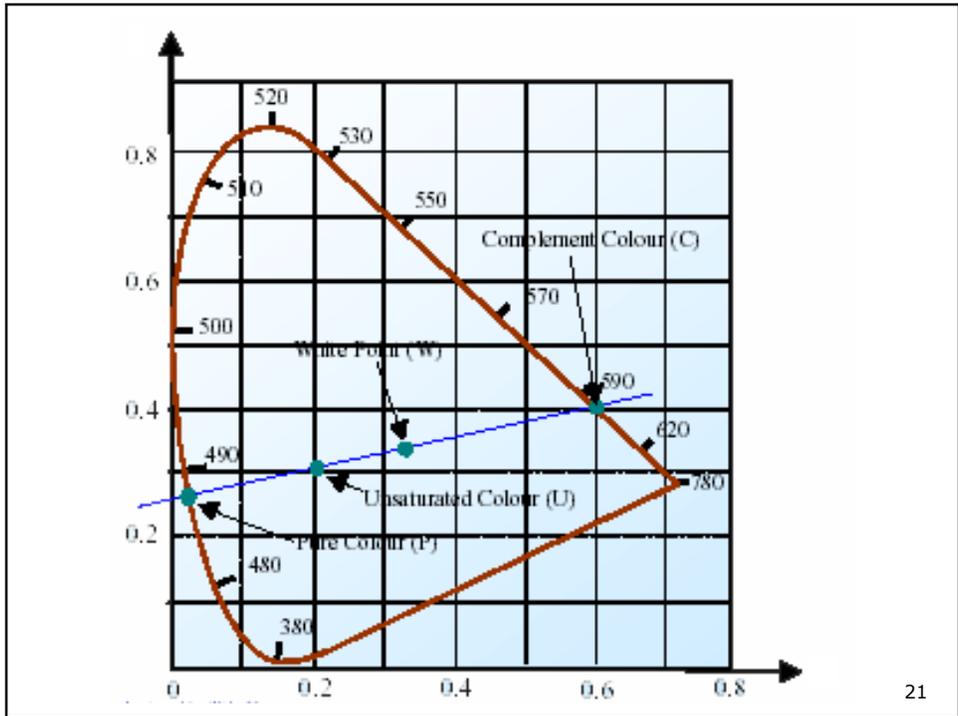
- I **grigi** si hanno per  $r = g = b$
- Nel diagramma CIE, dato che  $r$ ,  $g$  e  $b$  sono normalizzati, questo si riduce ad un unico punto, ovvero  $r' = g' = 0.33$ , che è il **bianco**
- I grigi dunque non sono contemplati nel modello CIE, a causa della normalizzazione. In altre parole, il modello CIE non rappresenta **l'intensità** ("intensity" o "brightness")
- Cambiando l'intensità i colori cambiano a livello percettivo

## Saturazione

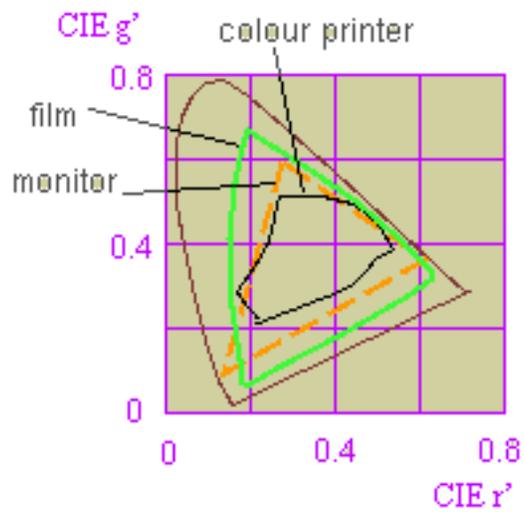
- I colori puri sono detti **saturo**
- Stanno sul bordo curvo del diagramma CIE
- Matematicamente la saturazione di un colore  $c$  è data dal rapporto tra due distanze  $A$  e  $B$ , dove
  - $A$  è la distanza tra il colore  $c$  e il punto bianco
  - $B$  è la distanza tra il punto bianco e il bordo del diagramma, passando per il colore  $c$

## Colori complementari

- Dato un colore saturo  $c$ , il suo colore complementare  $c'$  è quello che sta sul bordo opposto del diagramma, passando attraverso il bianco
- $c + c' = \text{bianco}$



## CIE e sistemi di riproduzione



## Il modello RGB

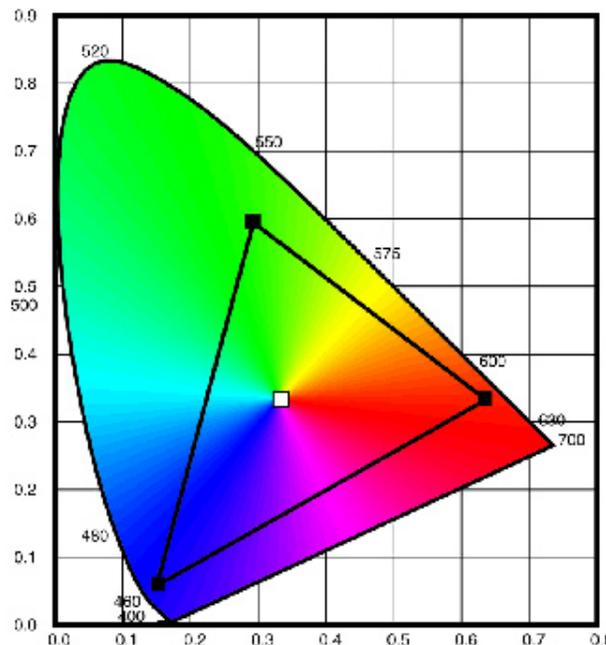
- I monitor rappresentano il colore sommando l'output di tre fosfori - rosso, verde e blu
- La posizione sul diagramma CIE del colore emesso da ognuno dei tre fosfori, è data da:

	$r'$	$g'$	$b'$
rosso	0.628	0.346	0.026
verde	0.268	0.588	0.144
blu	0.15	0.07	0.78

Elaborazione Segnali e Immagini

23

## RGB



## RGB -> CIE

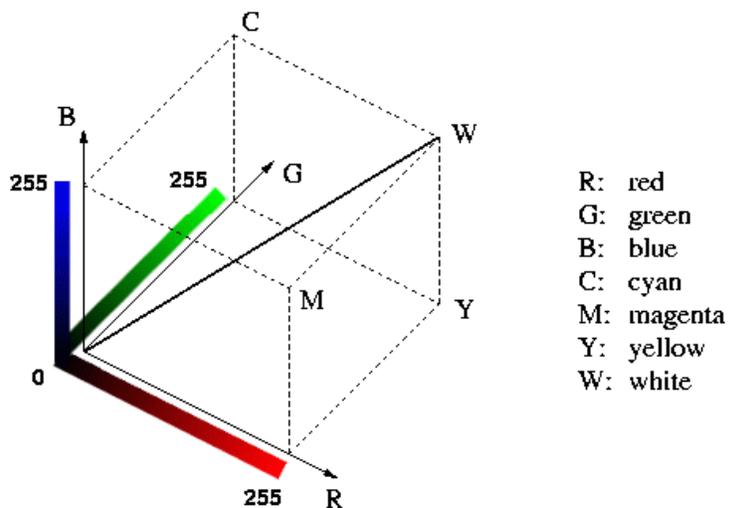
- Viceversa, si ottengono i valori CIE di un colore specificato nello spazio RGB con la seguente trasformazione

$$(r', g', b') = \begin{pmatrix} 0.628 & 0.268 & 0.15 \\ 0.346 & 0.588 & 0.07 \\ 0.026 & 0.144 & 0.78 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

Elaborazione Segnali e Immagini

25

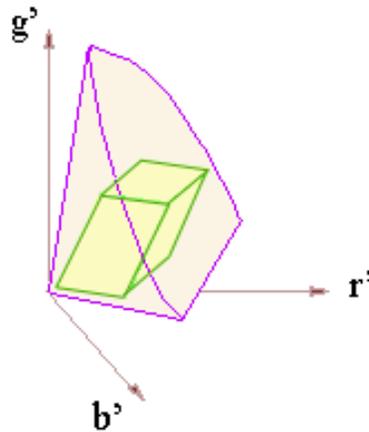
## Rappresentazione grafica dello spazio RGB



Elaborazione Segnali e Immagini

26

## Rapporto tra RGB e CIE nello spazio

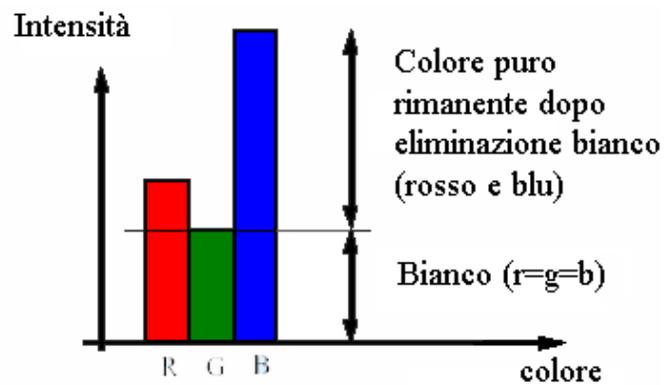


Elaborazione Segnali e Immagini

27

## RGB e saturazione

Nel sistema RGB si può vedere ogni colore come *colore puro* "contaminato" da bianco



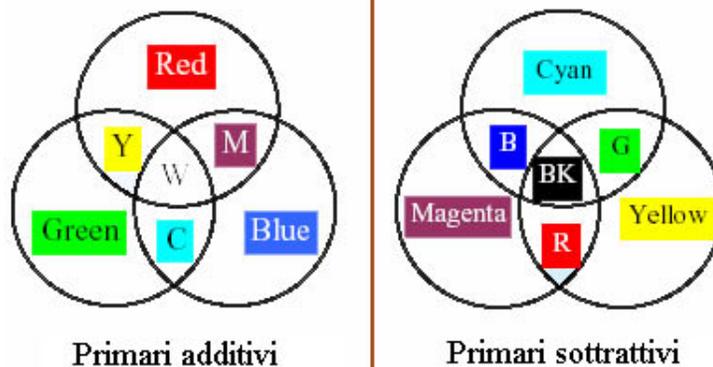
Elaborazione Segnali e Immagini

28

## Sottrazione di colori

- Gli inchiostri usati per la stampa assorbono determinate lunghezze d'onda della luce incidente: ciò significa che per generare un dato colore "sottraggono" alcune componenti
- Per questo, nella stampa come anche in altri casi, per la rappresentazione del colore conviene usare un **modello sottrattivo**
- In realtà il modello sottrattivo permette di rappresentare un range di colori ben più ampio che non il modello additivo

## Colori primari per i due sistemi additivo e sottrattivo



## Il modello CMY / CMYK

- E' un modello sottrattivo
- Si basa sui tre colori sottrattivi primari cyan - magenta - yellow
- Usato per esempio per la stampa (vd. cartucce per stampanti a getto)
- Spesso si usa il modello CMYK, cyan - magenta - yellow - black

## RGB & CMY

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

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

## Il modello HIS / HSV / HSB

- I sistemi CIE, RGB e CMY(K) sono efficienti dal punto di vista pratico, ma non riflettono il modo in cui l'occhio umano percepisce il colore
- L'occhio umano distingue:...

## Hue (tinta)



...128 tinte (Hue)

## Saturation



...30 livelli di Saturazione per ogni tinta

Elaborazione Segnali e Immagini

35

## Intensity / Value / Brightness

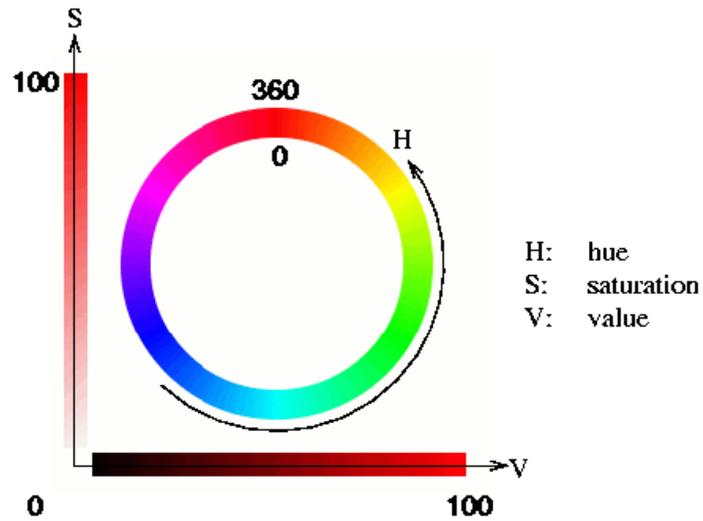


...Fra i 60 e i 100 livelli di intensità

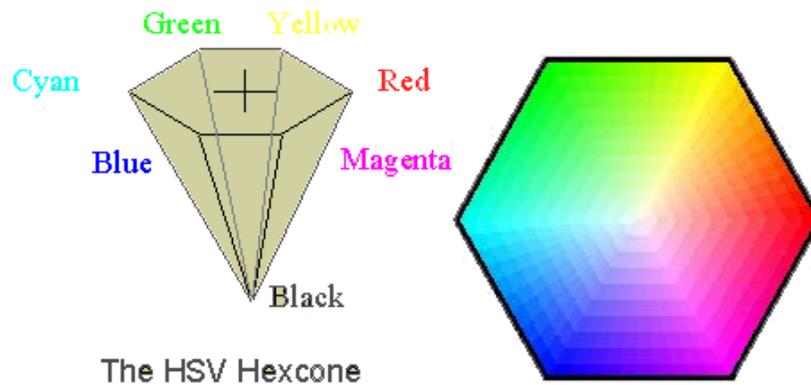
Elaborazione Segnali e Immagini

36

## Il diagramma HIS / HSV / HSB



## HIS/HSV/HSB: rappresentazione classica



## HIS/HSV/HSB e RGB

La forma esagonale dello spazio HSV può essere ottenuta guardando il cubo RGB lungo la diagonale che rappresenta i grigi!

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2}[(R-G) + (R-B)]}{\sqrt{(R-G)^2 + (R-B)(G-B)}} \right\}$$

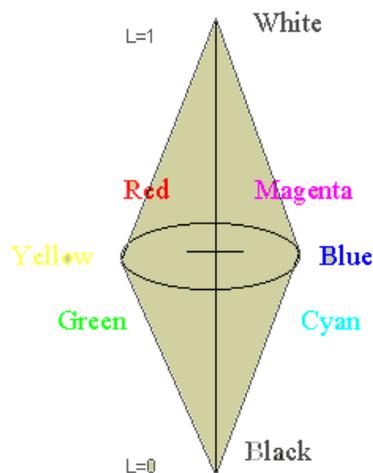
$$S = 1 - \frac{3}{R+G+B} [\min(R, G, B)]$$

$$I = \frac{1}{3} (R+G+B)$$

Elaborazione Segnali e Immagini

39

## Lo spazio HLS Hue, Luminance, Saturation



The HLS Double Cone

40

## Lo spazio YUV / YIQ

- Come l'RGB è uno spazio orientato all'hardware, ma invece di riflettere il funzionamento di sensori e fosfori è legato al broadcasting.
- Y è la luminanza: compatibilità con TV monocromatiche!
- I e Q (U e V) sono le componenti cromatiche:
  - I = rosso-cyan (simile a un rosso-arancione)
  - Q = magenta-verde; è il complemento di I

## Lo spazio YUV / YIQ

- L'occhio umano è meno sensibile alla cromaticità che all'intensità. Quindi lo standard YIQ riduce la larghezza di banda per I e Q, risultando assai efficiente nella trasmissione del segnale video.
- Utilizzato per TV in Europa e per compressione MPEG

## YUV / YIQ e RGB

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \\ A \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 & 0 \\ 0.596 & -0.275 & -0.321 & 0 \\ 0.212 & -0.523 & 0.311 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \\ A \end{bmatrix}$$

Elaborazione Segnali e Immagini

43

## Riassunto

