

Elaborazione di Segnali e Immagini (ESI)

AA 2002-2003

Paola Bonetto

email: bonetto@disi.unige.it

Stanza: #110

Tel: 010 353 6643

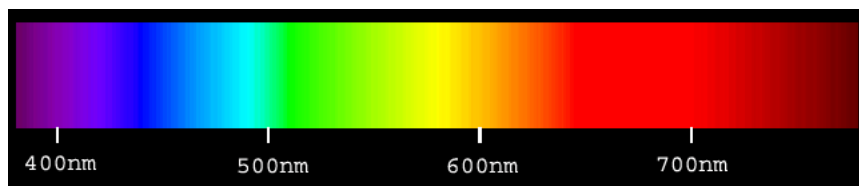
Programma

- **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

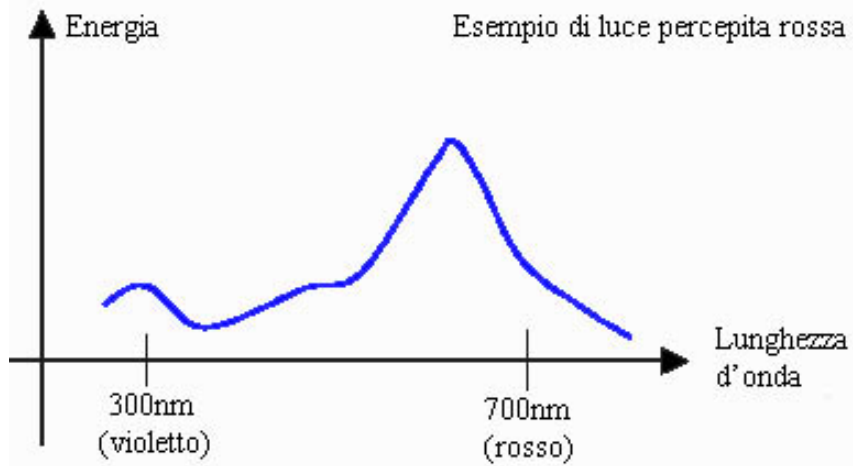
Colore e luce

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

Elaborazione Segnali e Immagini

4

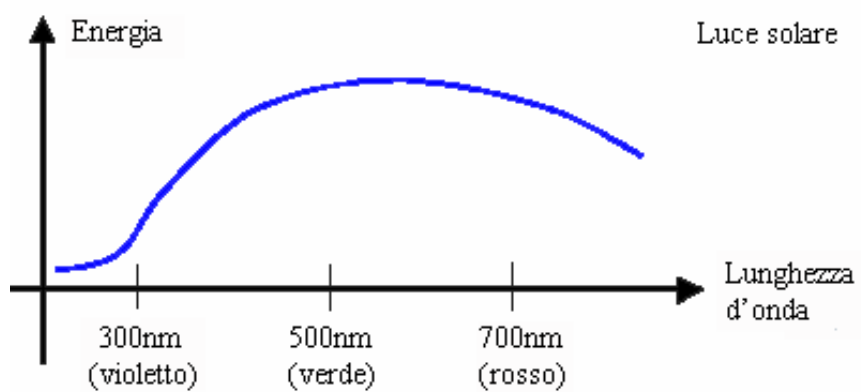
Esempio colore rosso



Elaborazione Segnali e Immagini

5

Esempio luce solare



Elaborazione Segnali e Immagini

6

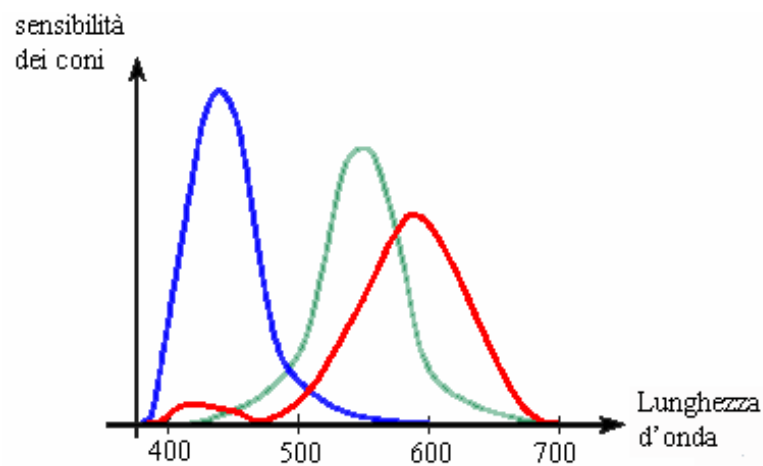
Percezione umana del colore

- 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

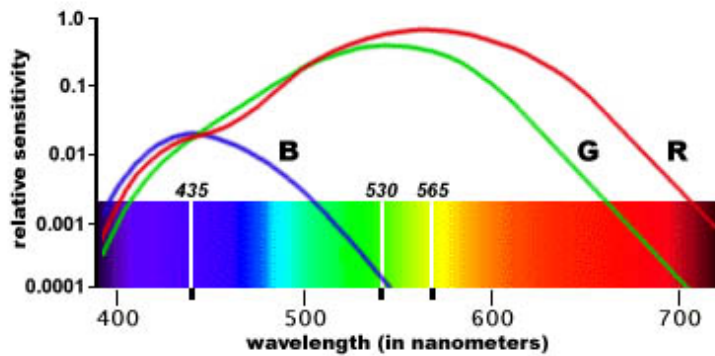
Percezione umana del colore



Elaborazione Segnali e Immagini

8

Percezione umana del colore



In scala semi-logaritmica...

Elaborazione Segnali e Immagini

9

Rappresentazione matematica del colore

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:

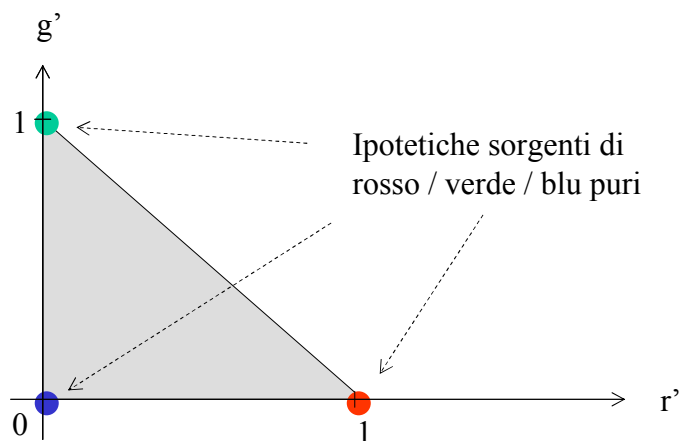
$$r' = r / (r+g+b)$$

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

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

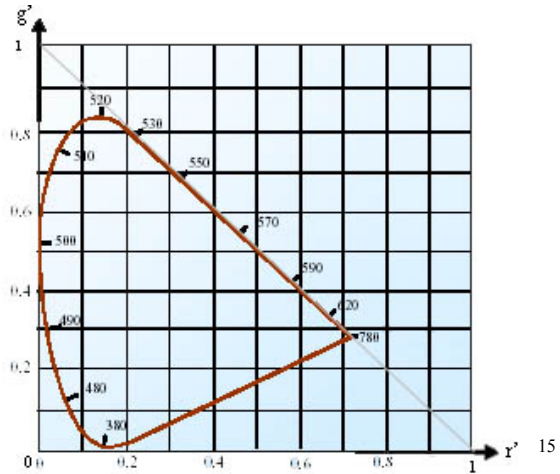
da cui si evince che l'insieme normalizzato di tutti i colori può essere rappresentato in uno spazio 2D

Lo spazio normalizzato dei colori



Lo spazio normalizzato dei colori (cont)

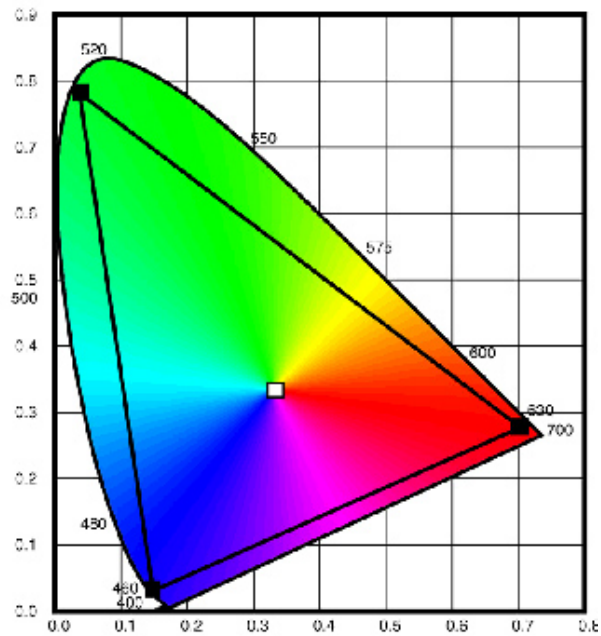
In verità i colori effettivamente visibili sono solo un sottinsieme dei colori matematicamente rappresentabili:



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” del diagramma
- 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

Elaborazione Segnali e Immagini

17

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

Elaborazione Segnali e Immagini

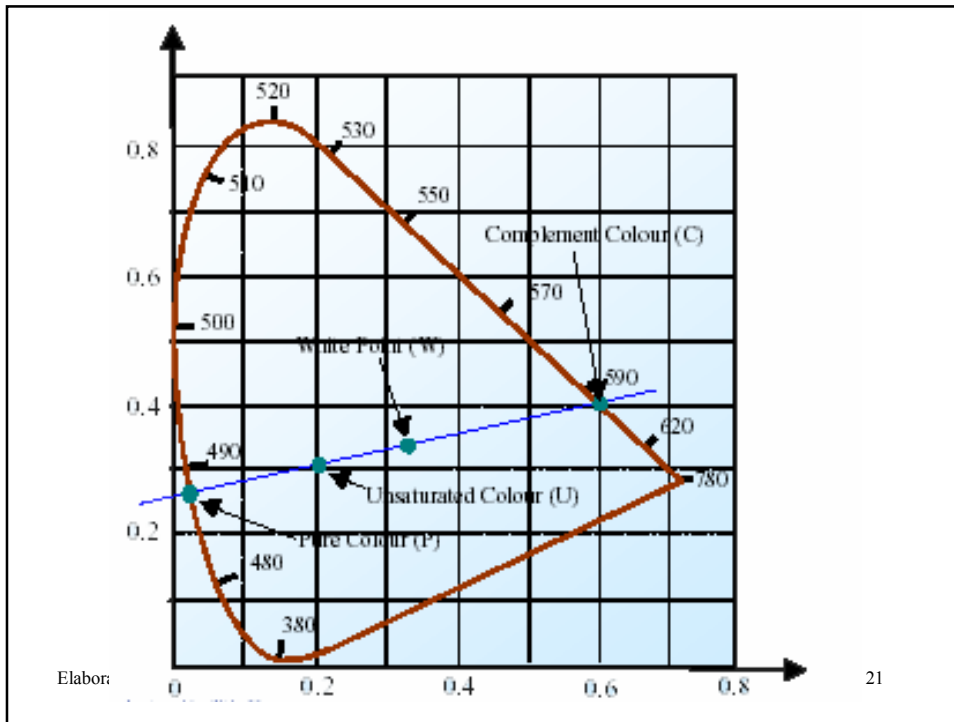
18

Saturazione

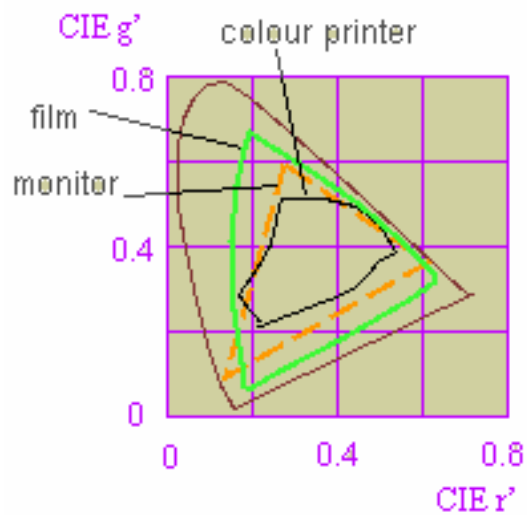
- I colori puri sono detti **saturo**
- Stanno sul bordo curvo del diagramma CIE
- Matematicamente la saturazione di un colore c è data dal rapporto tra due distanze A e B, dove
 - A è la distanza tra il colore c e il punto bianco
 - B è la distanza tra il punto bianco e il bordo del diagramma, passando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



Il modello RGB

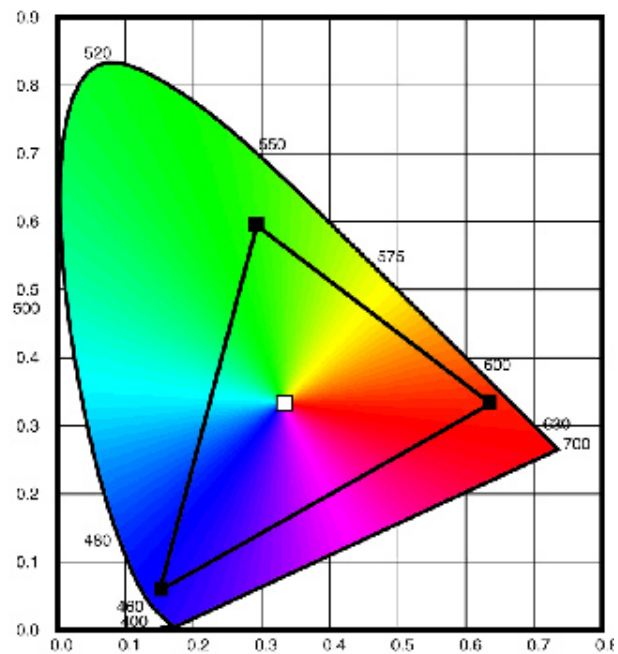
- I monitor rappresentano il colore sommando l'output di tre fosfori - rosso, verde e blu rispettivamente
- Si può individuare la posizione sul diagramma CIE del colore emesso da ognuno dei tre fosfori, con la seguente tabella:

	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



Elaborazione Segnali e Immagini

RGB -> CIE

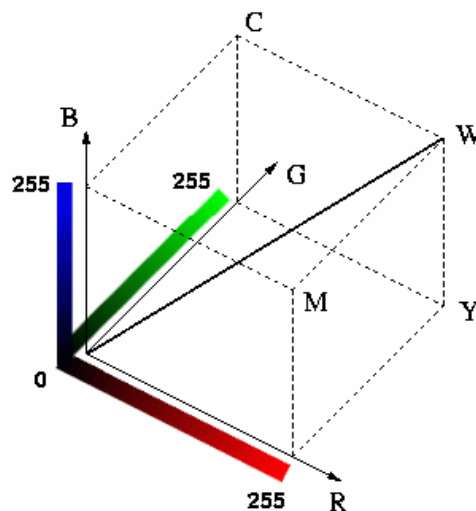
- Viceversa, si ottengono i valori CIE di un colore specificato nello spazio RGB con la seguente trasformazione

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

Elaborazione Segnali e Immagini

25

Rappresentazione grafica dello spazio RGB

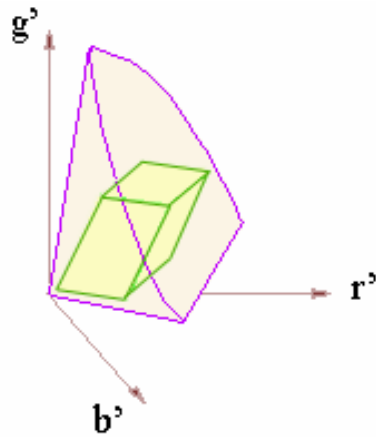


R: red
G: green
B: blue
C: cyan
M: magenta
Y: yellow
W: white

Elaborazione Segnali e Immagini

26

Rapporto tra RGB e CIE nello spazio

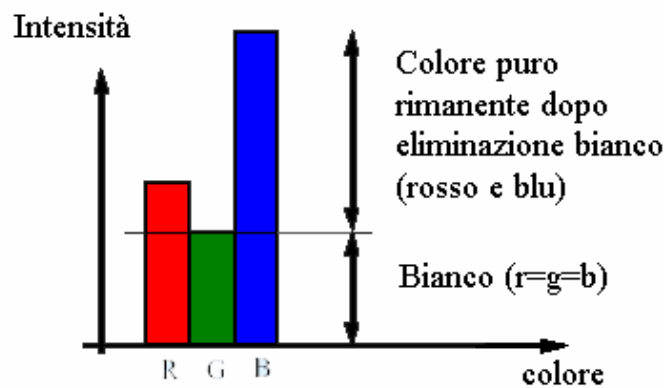


Elaborazione Segnali e Immagini

27

RGB e saturazione

Nel sistema RGB si può considerare ogni colore come colore puro “contaminato” da bianco



Elaborazione Segnali e Immagini

28

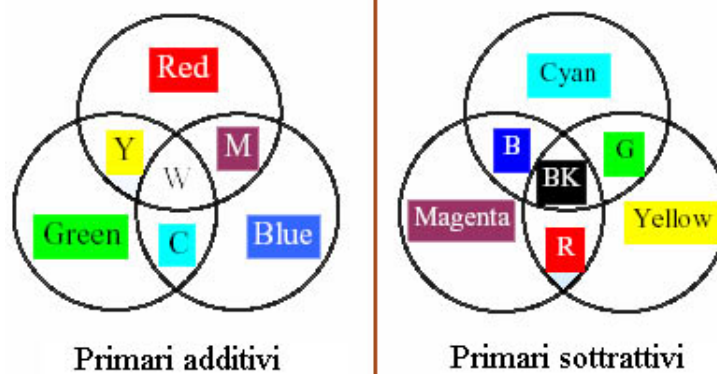
Sottrazione di colori

- 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, nel caso della stampa come anche in altri casi, viene comodo usare un **modello sottrattivo** per la rappresentazione del colore
- In realtà il modello sottrattivo permette di rappresentare un range di colori ben più ampio che non il modello additivo

Elaborazione Segnali e Immagini

29

Colori primari per i due sistemi additivo e sottrattivo



Elaborazione Segnali e Immagini

30

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

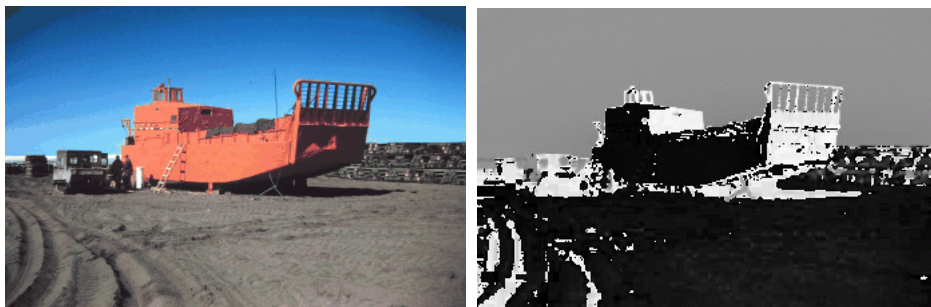
$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

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

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
- Tipicamente 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

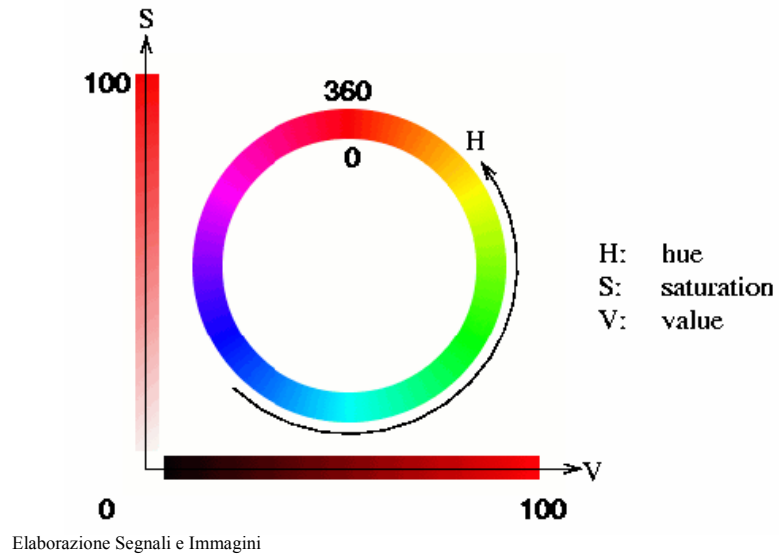


...Fra i 60 e i 100 livelli di intensità

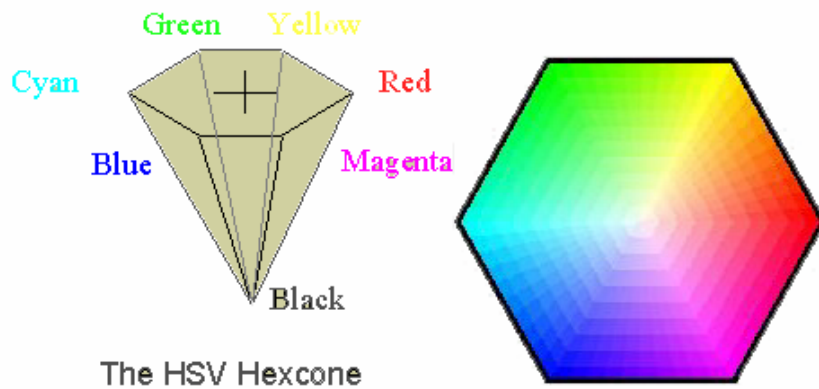
Elaborazione Segnali e Immagini

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!

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

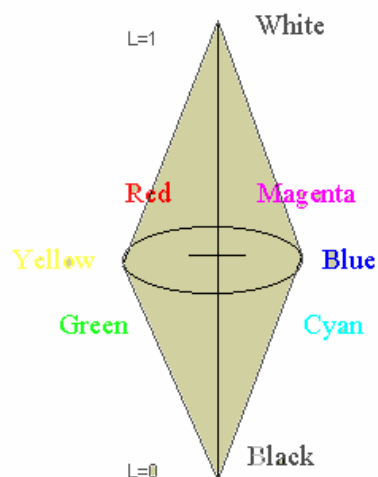
$$S = 1 - \frac{3}{R+G+B} [\min(R, G, B)]$$

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

Elaborazione Segnali e

39

Lo spazio HLS Hue, Luminance, Saturation



Elaborazione Segnali e Immagini

40

The HLS Double Cone

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 compressione MPEG

YUV / YIQ e RGB

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

Riassunto

