

## Spazi colore

Raimondo Schettini  
DISCo - Università' di Milano Bicocca  
Raimondo.schettini@unimib.it



1

I docenti per lezioni ed esercitazioni si avvalgono di slide. Le slide superano abbondantemente il migliaio. Sono state fatte, rifatte, perfezionate negli anni, ma per quanto possano essere ben fatte non saranno mai, da sole, un esaustivo supporto per lo studio. Per comprendere gli argomenti si suggerisce caldamente di seguire attivamente il corso e di prendere appunti. Per lo studio a casa si suggerisce di usare le slide e gli appunti come indice agli argomenti da studiare sul libro, o sui libri a disposizione.

Da quest'anno le slide verranno rese disponibili PRIMA delle lezioni.

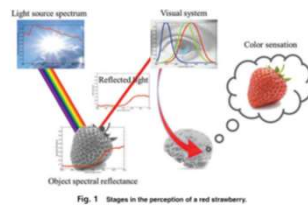
Le slide sono rese disponibili in formato elettronico e sono per uso personale.

2

## Come di descrive il colore ?

Il colore può essere descritto in termini:

1. **Fisici**: distribuzione spettrale di energia, fattore di riflessione (riflettanza), lucentezza (gloss),...;
2. **Sensoriali**: stimolazione dei fotorecettori dell'occhio o della camera da parte di una radiazione elettromagnetica "visibile".
3. **Psicologici**: un'impressione di colore soggettiva, condizionata dalla situazione dell'osservatore e frutto di una interpretazione mentale.



3

## Modelli del colore

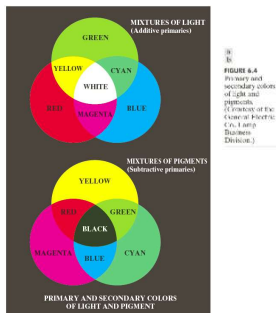
Scopo di un **modello del colore** è di consentirne la rappresentazione con modalità standardizzate, che fanno normalmente riferimento ad un sistema di coordinate 3-D, o meglio ad un suo sotto-spazio, nel quale ogni colore è rappresentato da un punto.

I modelli del colore più utilizzati in image processing per la rappresentazione sensoriale del colore e possono orientarsi o all'hardware (RGB, CMY), alla trasmissione (YUV, YIQ) e compressione (YCbCr), ed alla elaborazione "intuitiva" (HSI, HSV, ...)

**Problema**: troppi modelli, nomi spesso ambigui, differenti versioni dello stesso modello.

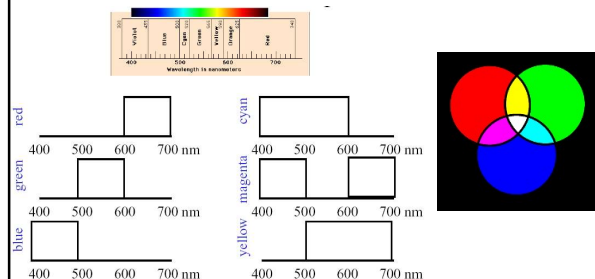
4

## Sintesi additiva e sottrattiva dei colori

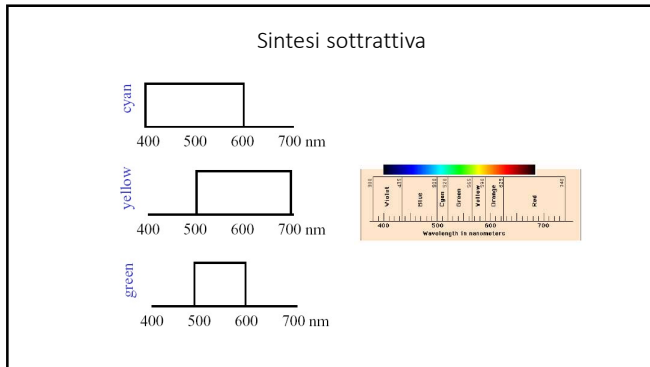


5

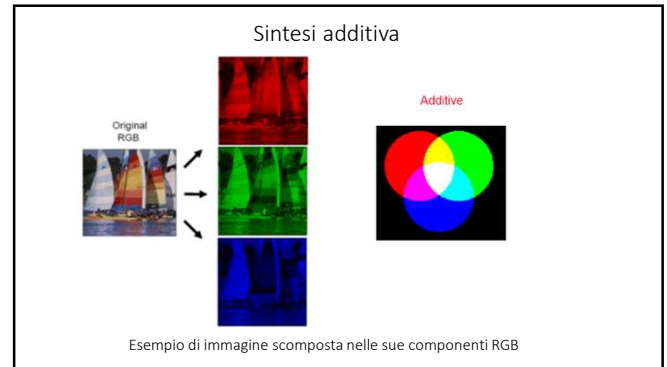
## Sintesi additiva



6



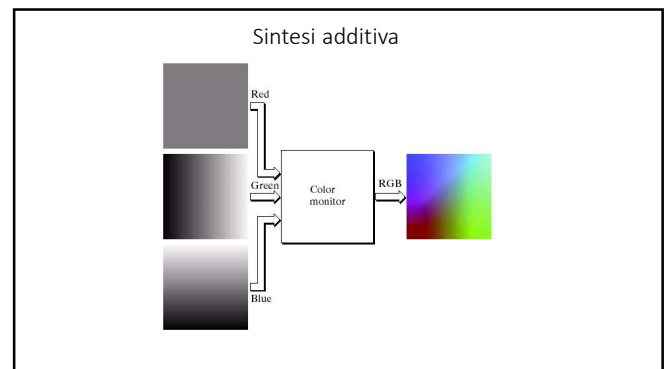
7



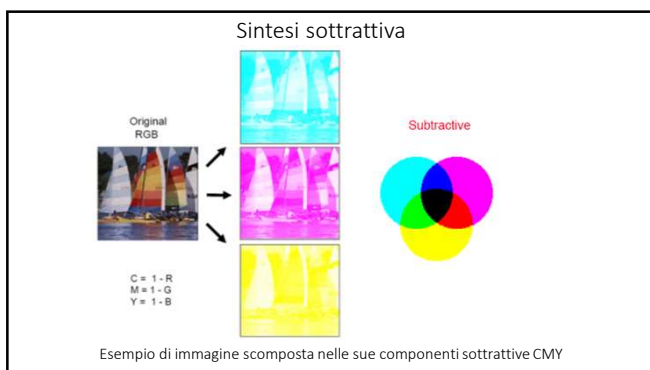
8



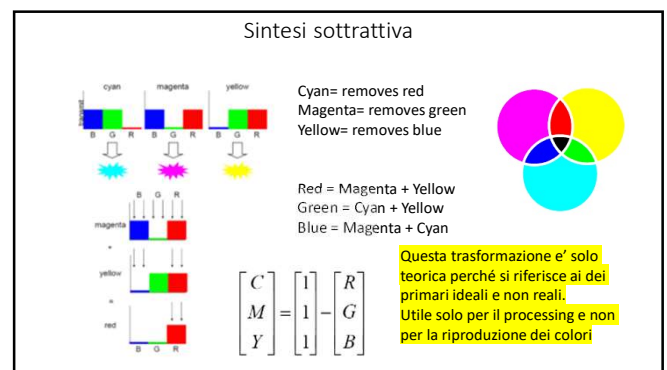
9



10



11



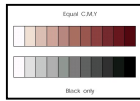
12

## Sintesi sottrattiva

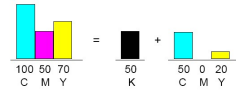
Under-color Removal (gray component replacement)

 $C + M + Y = K$  (black)

- usare tre colori per il nero e' costoso
- $C+M+Y$  = non un nero puro
- Black al posto di  $C+M+Y$  produce contrasti più netti definiti



Black (K) = minimum of C,M,Y  
 $Cyan_{CMYK} = (C - K)/(1 - K)$   
 $Magenta_{CMYK} = (M - K)/(1 - K)$   
 $Yellow_{CMYK} = (Y - K)/(1 - K)$



## Sintesi sottrattiva

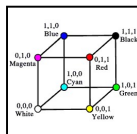
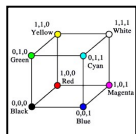


Esempio di immagine scomposta nelle sue componenti CMYK, dove i pixel canale K (black) sono il minimo dei pixel corrispondenti sui canali C, M, Y.

13

14

## Trasformazione fra spazi colore RGB e CMY

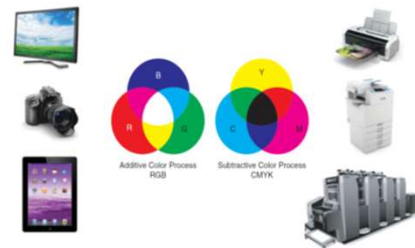


**IMPORTANTE:** Questa trasformazione è solo teorica perché si riferisce ai dei primari ideali e non reali. Utile solo per il processing e non per la riproduzione dei colori

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

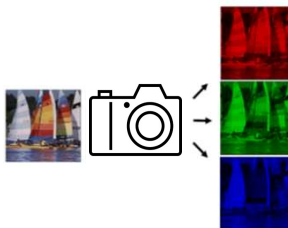
15

## Dispositivi colore



16

## Spazio colore RGB dei dispositivi



17

## Spazio colore RGB dei dispositivi di acquisizione

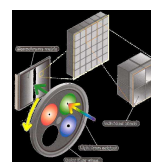


Figure 2.2b Use of three color-separation filters for trichromatic image capture in a three-sensor video camera.

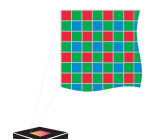
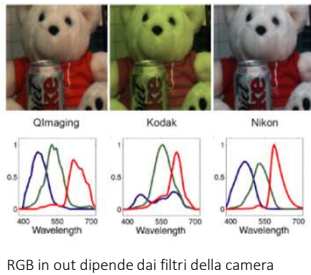


Figure 2.2a Trichromatic image capture can be achieved using a CCD sensor with an integral mosaic of red, green, and blue filters. In this example, the filters are arranged in a Bayer pattern.

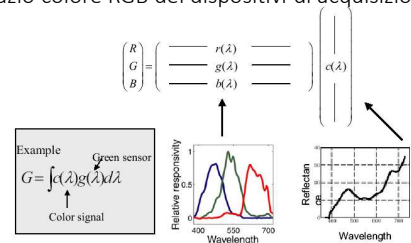
18

## Spazio colore RGB dei dispositivi di acquisizione



19

## Spazio colore RGB dei dispositivi di acquisizione

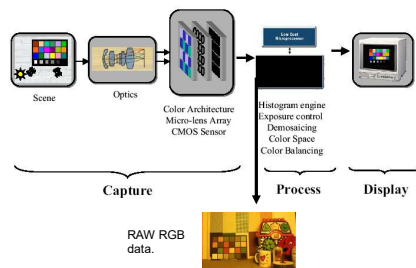


Diversi set di filtri corrispondono a diversi valori RGB.

Se ci fermassimo qui nella elaborazione chiameremmo questi RGB: RAW RGB data.

20

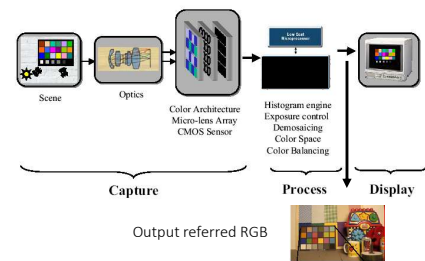
## Spazio colore Raw RGB



All'interno delle camere avvengono però moltissime elaborazioni di image processing

21

## Spazio colore - Output referred RGB



Lo spazio colore dell'immagine risultante è spesso chiamato solo RGB, dovremmo chiamarlo Output referred RGB.

22

## Spazio colore - Output referred RGB

Scene referred RGB



Il processo attraverso cui mappiamo la scene referred RGB image nella Output referred RGB image, prende in Nome di **RENDERING**

Output referred RGB



Il processo di rendering non produce generalmente una immagine fedele ma una immagine che dovrebbe avere "visually pleasing color".

23

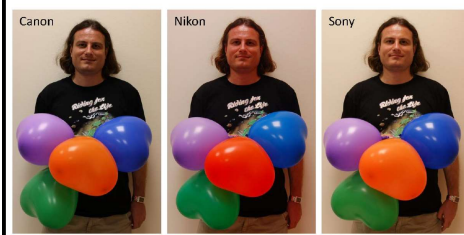
## Spazio colore - Output referred RGB

Per output referred color space, "Visually pleasing color" ha significati diversi per diversi costruttori, quindi questa trasformazione non è standardizzata.



24

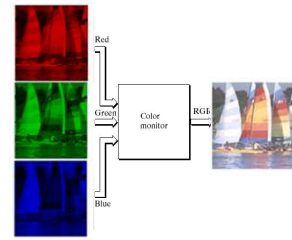
## Spazio colore - Output referred RGB



Three different cameras with same aperture, exposure, white-balance and picture style, etc. . .

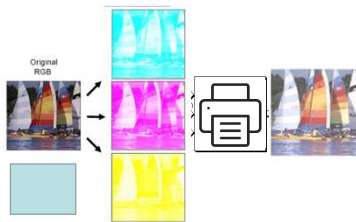
25

## Display RGB color space



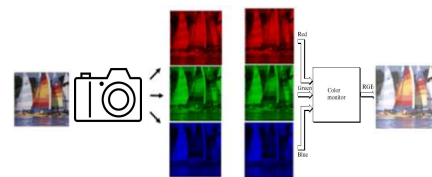
26

## Printer CMY color space



27

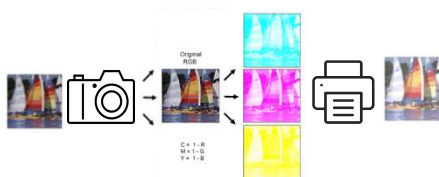
## Camera and Display RGB



Non gli stessi colori percepiti!

28

## Camera (or display) and printer

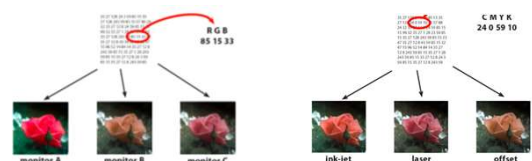


Non gli stessi colori percepiti!

29

## Spazi colore dipendenti dal dispositivo

Gli spazi colore dipendenti dei dispositivi non sono standard. Quindi la riproduzione del colore è più complessa di come può sembrare. Questi spazi colore vengono chiamati spazi colore dipendenti dal dispositivo (device dependent)



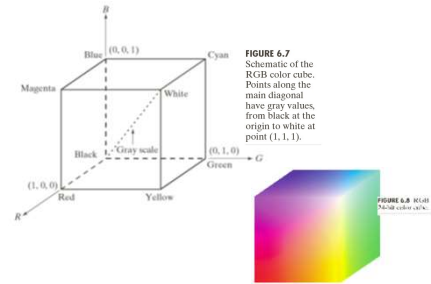
30

### Lo spazio RGB per l'elaborazione delle immagini

- E' molto comune descrivere i colori riferendosi allo spazio colore RGB (**Red**, **Green**, e **Blue**).
- Lo spazio RGB è basato sul fatto che ogni colore possa essere
- rappresentato da una "miscela" dei tre colori primari **Red**, **Green**, e **Blue**.
- I vari contributi sono assunti indipendenti l'uno dall'altro (e quindi rappresentati da direzioni perpendicolari tra loro).
- La retta che congiunge nero e bianco è la retta dei grigi.
- lo spazio RGB può essere rappresentato graficamente tramite il **cubo RGB**



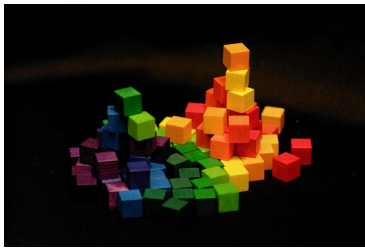
### Lo spazio RGB



31

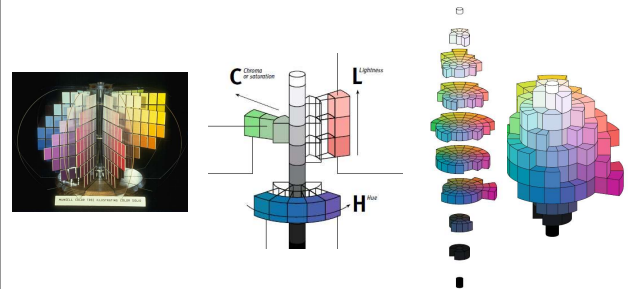
32

### Sapreste metterli in ordine?



33

### Descrizione del colore in termini psicologici (soggettivi)



34

### Descrizione del colore in termini psicologici (soggettivi)

**Hue** (tinta): attributo della sensazione visiva secondo cui un'area osservata appare simile ad uno o a una combinazione secondo opportune proporzioni di due dei seguenti colori percepiti: rosso, giallo, verde, blu.

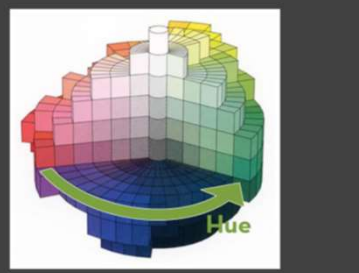
**Lightness** (chiarezza): attributo del colore secondo cui si giudica la brillantezza di un'area rispetto ad un'area similmente illuminata che appare bianca.

**Colorfulness**: pienezza della sensazione visiva secondo cui una area appare piu' o meno ricca della sua tinta. Spesso impropriamente chiamata **saturation** (saturazione).

**Hue, Lightness, Colorfulness** sono grandezze psicologiche, non hanno associata nessuna metrica.

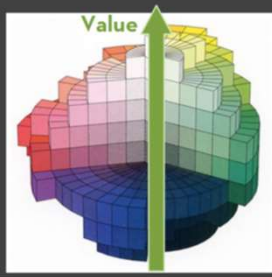
35

### Hue, Value, Chroma



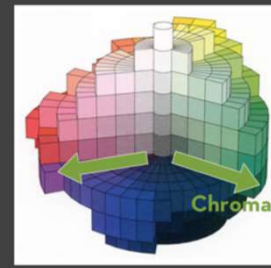
36

## Hue, Value, Chroma



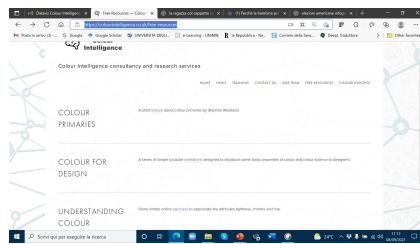
37

## Hue, Value, Chroma



38

## Descrizione del colore in termini psicologici (soggettivi)

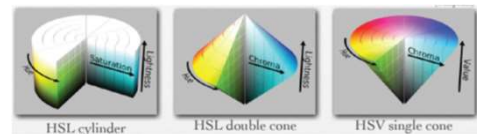


Free Resources — Colour Intelligence

39

## Spazi colore HSI; HSV, HLS,...

- Gli spazi RGB (e CMYK) sono stati concepiti in funzione dei dispositivi di visualizzazione (monitor e stampanti), ma non rispecchiano affatto la nostra percezione.
- Un modello alternativo molto più vicino al nostro modo di "vedere" i colori sono i modelli HSL (Hue, Saturation, Lightness), HSI (Hue, Saturation and Intensity), o HSV (Hue, Saturation and value).
- I modelli HSI o HSV vengono spesso usati nell'ambito dell'analisi di immagini.



40

## Spazi colore: HSI

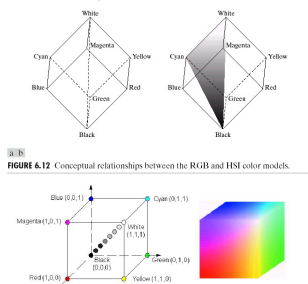


FIGURE 6.12 Conceptual relationships between the RGB and HSI color models.

41

## Spazi colore: HSI

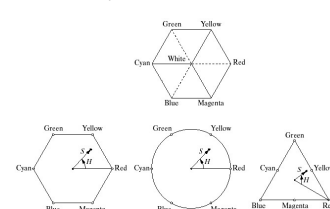
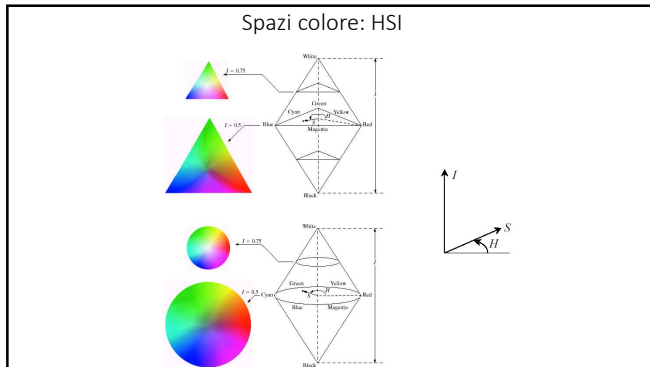
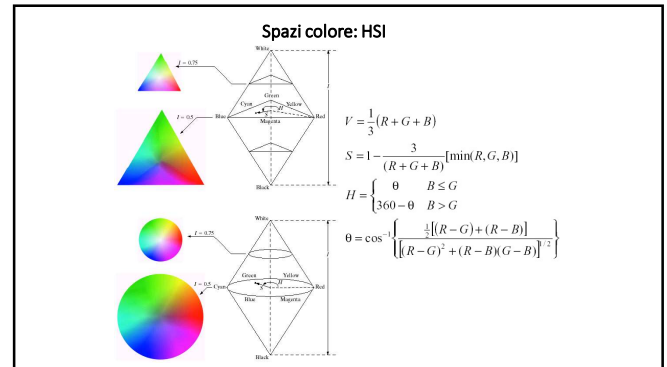


FIGURE 6.13 Hue and saturation in the HSI color model. The dot is an arbitrary color point. The angle from the red axis gives the hue, and the length of the vector is the saturation. The intensity of all colors in any of these planes is given by the position of the plane on the vertical intensity axis.

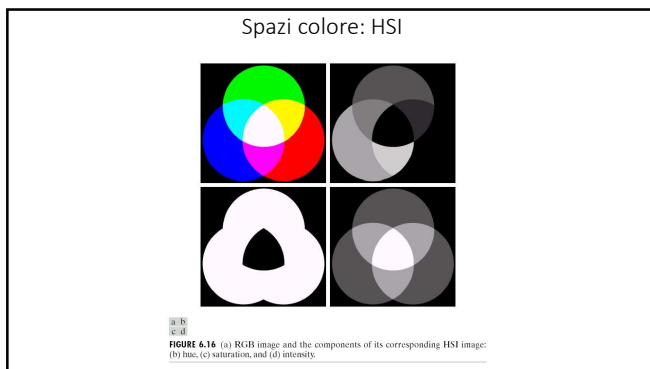
42



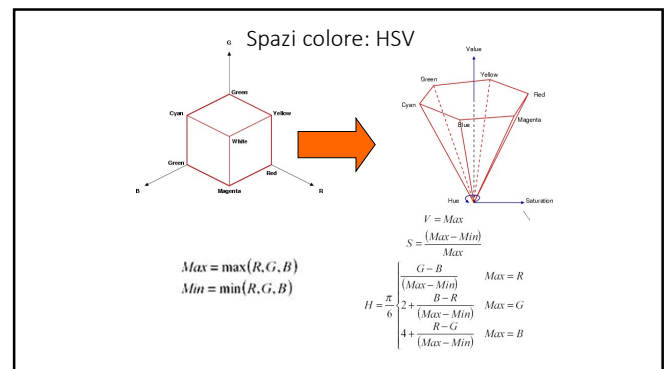
43



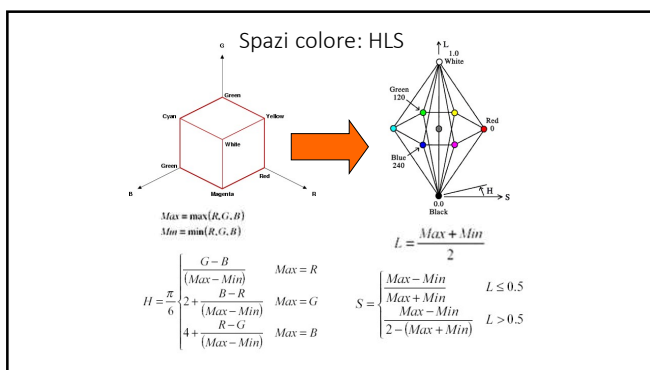
44



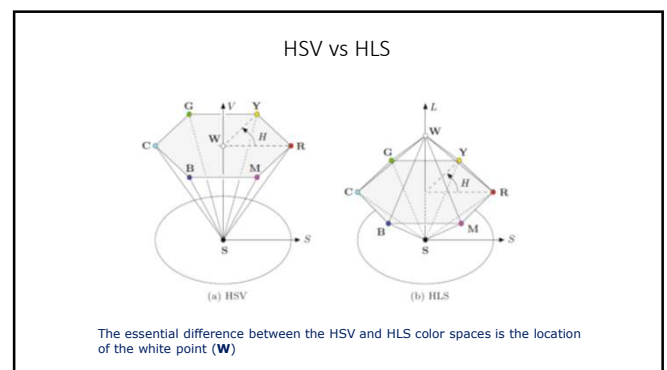
45



46

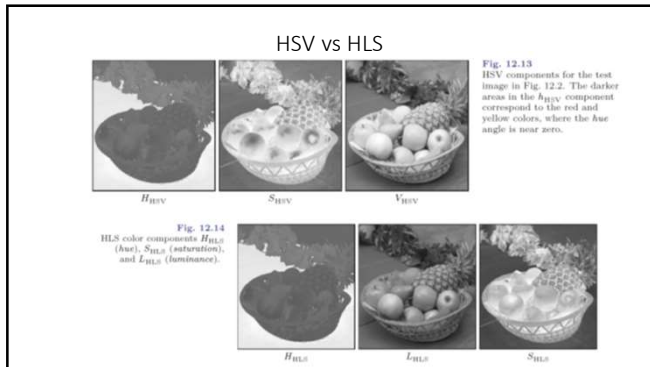


47

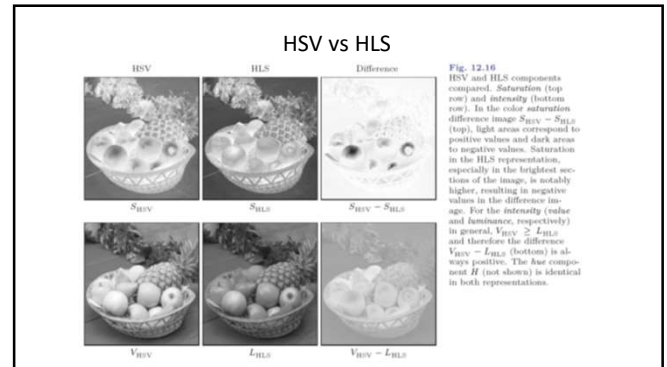


48





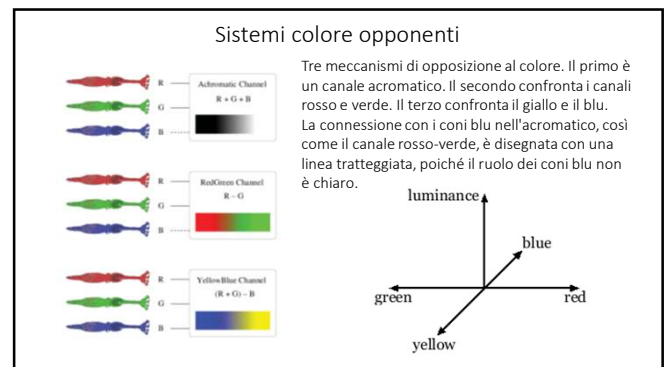
49



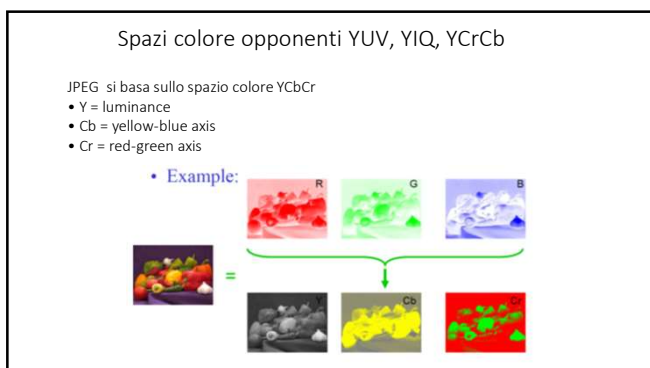
50



51



52



53

**Spazio  $Y_c, C_b$**

**Digital NTSC Color Standard**

$$Y = 0.326\bar{r} + 0.578\bar{g} + 0.096\bar{b}$$

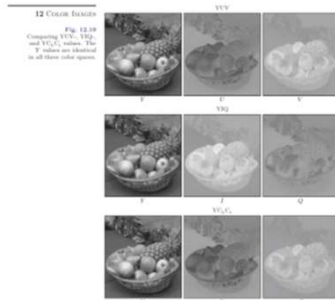
$$\begin{bmatrix} Y_d \\ C_b \\ C_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 219Y' + 16 \\ \frac{112(b-Y')}{0.886} + 128 \\ \frac{112(r-Y')}{0.701} + 128 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} Y_d \\ C_b \\ C_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 65.738 & 129.057 & 25.064 \\ -37.945 & -74.494 & 112.439 \\ 112.439 & -94.154 & -18.285 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{r} \\ \bar{g} \\ \bar{b} \end{bmatrix}$$

*Altre trasformazioni (simili) per altri primari*

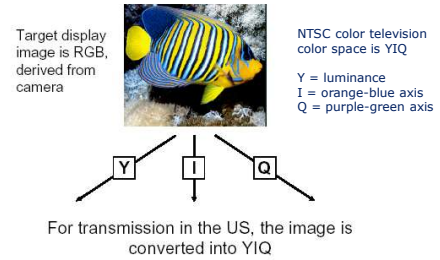
54

## Spazi colore opponenti YUV, YIQ, YCrCb



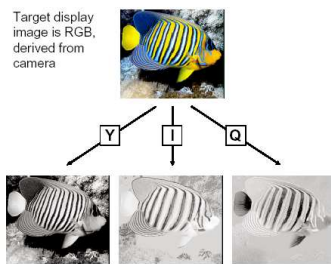
55

## Spazi colore opponenti – esempio YIQ



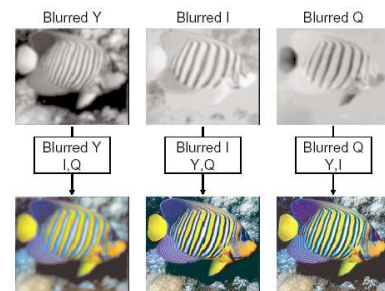
56

## Spazi colore opponenti – esempio YIQ



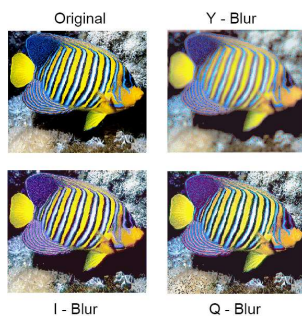
57

## Spazi colore opponenti – esempio YIQ



58

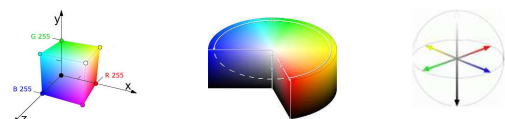
## Spazi colore opponenti – esempio YIQ



59

## Spazi colore - recap

- Gli spazi RGB (e CMY) sono stati concepiti in funzione dei dispositivi di visualizzazione (monitor e stampanti), ma non rispecchiano affatto la nostra percezione. Sono spazi colore cartesiani.
- Spazi colore molto più vicino al nostro modo di "vedere" i colori sono i modelli HSL (Hue, Saturation, Lightness), HSI (Hue, Saturation and Intensity), o HSV (Hue, Saturation and value). Sono spazi colore cilindrici.
- Spazi colore come Ycbcr vengono spesso usati per la codifica e compressione di immagini. Sono spazi colore opponenti.



60