

Costruzione di Interfacce

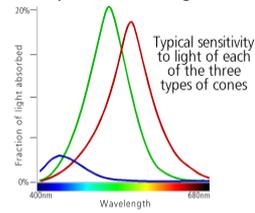
Lezione 2

Paolo Cignoni

p.cignoni@isti.cnr.it
<http://vcg.isti.cnr.it/~cignoni/CI>

Colore

- ❖ La luce è una forma di radiazione elettromagnetica
- ❖ La retina umana ha tre tipi di recettori, i coni, sensibili a particolari lunghezze d'onda



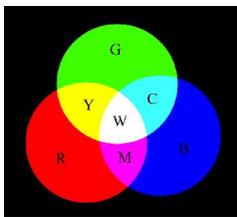
Modelli di colore

- ❖ Gli spazi colore o modelli colore sono dei sistemi particolari di coordinate che consentono di definire all'interno di un sottoinsieme di colori (detto *gamut*) un particolare elemento
- ❖ A noi interessano gli spazi: RGB (monitor, sintesi additiva), CMYK (stampe, sintesi sottrattiva), HSV (intuitivo)

RGB

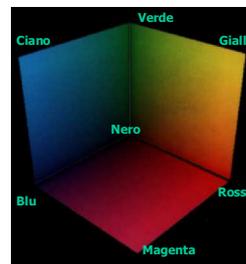
- ❖ Il gamut dei monitor a raggi catodici (CRT), è definito dalle primarie rosso, verde e blu o RGB (dall'inglese Red, Green, Blue)
- ❖ I monitor sintetizzano i colori eccitando tre tipi di fosfori (RGB), per cui un colore è ottenuto miscelando parti diverse di queste tre primarie

RGB



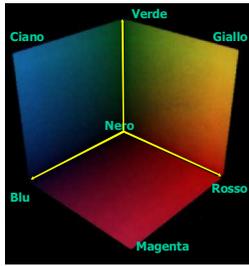
- ❖ Queste tre componenti si mescolano additivamente:
- ❖ L'area in cui si sovrappongono due componenti il colore si somma (entrambi i recettori vengono stimolati)

RGB



- ❖ La rappresentazione tipica dello spazio RGB è in forma di cubo
- ❖ Sui vertici si trovano il bianco, il nero, le primarie e i complementari

RGB



- ❖ Le tre coordinate RGB variano ciascuna da 0 (intensità minima) a 1 (intensità massima)
- ❖ Il colore nero si otterrà *spegnendo* tutti e tre i fosfori (cioè $R=0, G=0, B=0$),
- ❖ il colore bianco *accendendo* i fosfori al massimo (cioè $R=1, G=1, B=1$)

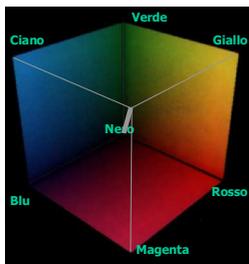
RGB

- ❖ I colori ciano, magenta e giallo sono detti complementari dei colori primari
- ❖ Ad esempio, il ciano è il complementare del rosso poiché deriva dalla sottrazione del rosso $(1,0,0)$ dal bianco $(1,1,1)$:

$$\begin{aligned} \text{bianco } (1,1,1) - \\ \text{rosso } (1,0,0) = \\ \text{ciano } (0,1,1) \end{aligned}$$



RGB

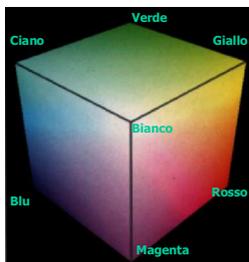


- ❖ La diagonale che unisce il nero con il bianco è detta linea dei grigi
- ❖ Infatti un grigio ha la caratteristica di avere tutte le tre componenti uguali, ad esempio, $(0.5,0.5,0.5)$ è un grigio

CMY(K)

- ❖ Ciano, Magenta e Giallo (Cyan, Magenta, Yellow CMY) sono i colori complementari di Rosso, Verde e Blu
- ❖ Quando vengono usati come filtri per sottrarre colore dalla luce bianca, questi colori sono chiamati **primarie sottrattive**

CMY(K)

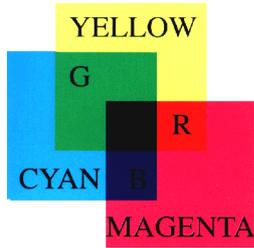


- ❖ Il modello CMY dal punto di vista geometrico è lo stesso di RGB con la differenza che, in questo caso, il bianco è l'origine (al posto del nero) e i colori sono definiti per sottrazione dalla luce bianca, anziché per addizione

CMY(K)

- ❖ Il modello CMY è usato nei dispositivi di stampa a colori (stampanti laser, *ink-jet*, a sublimazione, elettrostatiche) dove l'inchiostro colorato funziona come un filtro che sottrae alcune frequenze dal bianco del foglio

CMY(K)



- ❖ Ad esempio, un inchiostro ciano depositato su un foglio bianco riflette tutti i colori ad eccezione del rosso (in termini di primarie additive, ciano è dato da bianco - rosso o da verde + blu)
- ❖ Le aree in cui si sovrappongono ciano e magenta riflettono tutti i colori ad eccezione del rosso e del verde: quindi appaiono blu!

CMY(K)

- ❖ La relazione esistente tra CMY e RGB è definita dalle semplici formule
$$C = 1 - R$$
$$M = 1 - G$$
$$Y = 1 - B$$
- ❖ Usando questo modello per ottenere una superficie nera dobbiamo evitare che rifletta tutti i primari (rosso, verde e blu), dobbiamo quindi colorarla di ciano, magenta e giallo alla massima intensità

CMY(K)

- ❖ Nei dispositivi di stampa a colori si è pensato di aggiungere ai tre inchiostri CMY del vero e proprio inchiostro nero (detto colore K) per due motivi:
 - ❖ mettendo insieme C, M e Y non si ottiene un *nero puro* poiché i tre inchiostri non sono filtri perfetti
 - ❖ l'inchiostro nero costa meno di quelli colorati!

CMY(K)

- ❖ Quindi, anziché usare parti uguali di C, M e Y si usa K
- ❖ Si ha così il cosiddetto modello CMYK
- ❖ Si passa da CMY a CMYK con le formule:
$$K = \min(C, M, Y)$$
$$C' = C - K$$
$$M' = M - K$$
$$Y' = Y - K$$

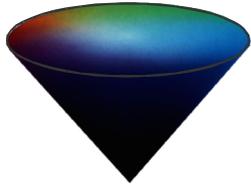
HSV

- ❖ Sia RGB che CMYK sono modelli *hardware-oriented*, destinati a semplificare la descrizione dei colore utilizzando dispositivi di visualizzazione o stampa
- ❖ Per un operatore umano non esperto selezionare un rosa, un viola o un marrone (in questi spazi) è un'impresa molto faticosa e necessita di numerosi tentativi

HSV

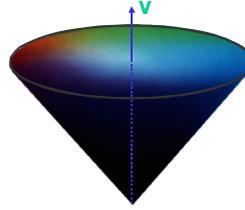
- ❖ Per questo problemi si introduce il modello HSV (Hue, Saturation, Value)
- ❖ Il modello nasce dall'idea di cercare di riprodurre il modo con cui un pittore prepara un suo colore sulla tavolozza: prende un colore puro e aggiunge del bianco per ottenere una tinta; poi aggiunge del nero per cambiare la luminosità ed ottiene un tono

HSV



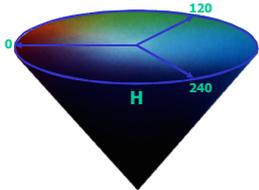
- ❖ La sua tipica rappresentazione geometrica è su un sistema di coordinate cilindriche come cono (o prisma a base esagonale) con il vertice rivolto verso il basso

HSV



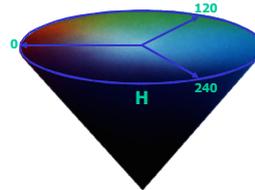
- ❖ La coordinata V (*Value*) corrisponde alla luminosità e assume valori nell'intervallo da 0 (scuro) a 1 (chiaro)
- ❖ V è rappresentata dall'asse verticale

HSV



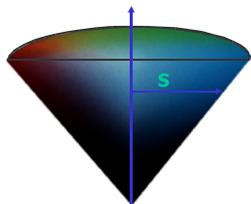
- ❖ La coordinata H (*Hue*) corrisponde al colore o alla tonalità ed è la misura dell'angolo attorno all'asse verticale (V)
- ❖ Il rosso vale 0°, il verde vale 120° e il blu 240°

HSV



- ❖ I colori complementari sono opposti (+180°) ai primari

HSV



- ❖ La coordinata S (*Saturation*) corrisponde al livello di saturazione ed è rappresentato da un asse orizzontale avente angolo H
- ❖ S varia da 0 (bianco o completamente desaturato) a 1 (colore puro o completamente saturo)

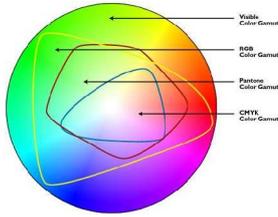
Caveat

Gli spazi dei colori sono un astrazione
In realtà ci sono vari aspetti da tenere in considerazione

- ❖ I device di output non possono visualizzare tutti i colori che possiamo vedere.
- ❖ Limitazioni sull'insieme dei colori sintetizzabili
- ❖ Non linearità nel mappaggio di colori dallo spazio in cui sono definiti a quelli reali

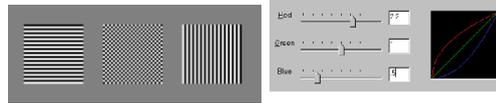
Gamut

- ❖ Ogni device può sintetizzare solo un sottoinsieme dello spazio dei colori detto *gamut*



Gamma Correction

- ❖ I device fisici mappano i colori in maniera fortemente non lineare:
- ❖ in generale non e' vero che il grigio RGB (.5,.5,.5) e' luminoso la metà di (1,1,1)
- ❖ Gamma correction si mappa ogni colore (r, g, b) in (r', g', b') dove γ è un valore nel range 0.2 ~ 4

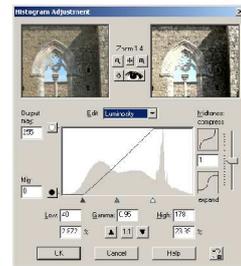


Range

- ❖ Un altro problema e' il significato di nero e bianco.
- ❖ **Nero** = assenza totale di luce.
 - ❖ In realta' se va bene significa "il colore del monitor da spento", grigio scuro o del telo del proiezione a proiettore spento.
- ❖ **Bianco**: che significa?
 - ❖ *esposizione*. Quello che si percepisce come bianco e' dipendente dall'illuminazione complessiva dell'ambiente.
 - ❖ Bianco overflow rispetto a quel che puo' percepire la nostra retina.
 - ❖ Nero underflow rispetto a quel che puo' percepire la nostra retina
 - ❖ Ovviamente tutto dipende da come e' chiusa la nostra pupilla.

Range

- ❖ 8 bit sono sufficienti per rappresentare la luminosita' una volta scelto il range
- ❖ Per rappresentare correttamente le immagini in maniera indipendente dall'esposizione occorrerebbe canali rgb in floating point.



High Dynamic Range images

- ❖ Immagini HDR possono essere ricostruite a partire da immagini normali a differenti esposizioni



Nozioni di geometria per la grafica

Introduzione

- ❖ Punti e vettori sono due cose diverse
- ❖ Basi e sistemi di riferimento (coordinate systems and frames)
- ❖ Coordinate omogenee
- ❖ Trasformazioni Affini

Punti e vettori

- ❖ Punto
 - ❖ Entità il cui unico attributo è la sua posizione rispetto ad un sistema di riferimento
- ❖ Vettore
 - ❖ Entità i cui attributi sono lunghezza direzione
- ❖ Spesso si visualizza un punto come un vettore dall'origine a quel punto: *pericoloso*. Sono oggetti diversi.

Spazio Vettoriale

- ❖ Spazio dove ci sono due entità
 - ❖ scalari α, β, γ
 - ❖ vettori u, v, w
- ❖ Operazioni:
 - ❖ Somma e moltiplicazione tra scalari
 - ❖ Somma vettore-vettore
 - ❖ Moltiplicazione scalare-vettore

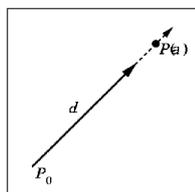
Spazio affine

- ❖ Spazio dove ci sono tre entità
 - ❖ Scalari, α, β, γ
 - ❖ vettori, u, v, w
 - ❖ punti P, Q, R
- ❖ Operazioni:
 - ❖ Quelle di uno spazio vettoriale
 - ❖ Somma punto:vettore \rightarrow punto $P = v + Q$
 - ❖ Sottrazione punto:punto \rightarrow vettore $v = P - Q$

Linea in uno spazio affine

- ❖ Rappresentazione parametrica di una linea

$$P(\alpha) = P_0 + \alpha d$$



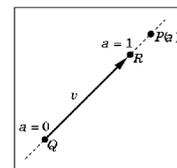
Somma Affine

- ❖ In uno spazio affine NON ci sono somma tra punti e moltiplicazione tra scalare e punto
- ❖ Somma affine

$$v = R - Q$$

$$P = Q + \alpha v$$

$$P = Q + \alpha(R - Q) = \alpha R - (1 - \alpha)Q$$



Convessità

- ❖ **Somma affine**

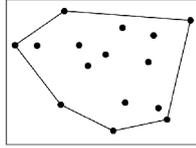
$$P = \alpha_1 Q + \alpha_2 R \quad \alpha_1 + \alpha_2 = 1$$

- ❖ **Generalizzata**

$$P = \alpha_1 P_1 + \alpha_2 P_2 + \dots + \alpha_n P_n \quad \alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n = 1$$

- ❖ **Involuppo convesso,**
l'insieme dei punti che posso ottenere quando

$$\alpha_i \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, n$$



Prodotto scalare

- ❖ **Dot product o inner product,** introduce il concetto di *misura*

$$u \cdot v = v \cdot u$$

$$(\alpha u + \beta v) \cdot w = \alpha u \cdot w + \beta v \cdot w$$

$$v \cdot v > 0 \Leftrightarrow v \neq 0$$

- ❖ **Ortogonalità**

$$u \cdot v = 0$$

- ❖ **Magnitudo**

$$|v| = \sqrt{v \cdot v}$$

- ❖ **Distanza tra punti**

$$|P - Q| = \sqrt{(P - Q) \cdot (P - Q)}$$

- ❖ **Angolo tra vettori**

$$u \cdot v = |u||v|\cos\theta$$

Piano in uno spazio affine

- ❖ **Dati tre punti P, Q, R non allineati,** si può trovare i punti all'interno del triangolo PQR

$$S(\alpha) = \alpha P + (1 - \alpha) Q \quad 0 \leq \alpha \leq 1$$

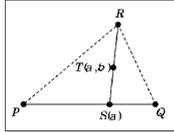
$$T(\beta) = \beta S + (1 - \beta) R \quad 0 \leq \beta \leq 1$$

$$T(\alpha, \beta) = \beta(\alpha P + (1 - \alpha) Q) + (1 - \beta) R$$

$$T(\alpha, \beta) = P + \beta(1 - \alpha)(Q - P) + (1 - \beta)(R - P)$$

P +

$$T(\alpha, \beta) = P_0 + \alpha u + \beta v$$



Sistemi di coordinate

- ❖ **In uno spazio vettoriale 3d** si può rappresentare univocamente un vettore *w* in termini di tre vettori linearmente indipendenti; I tre vettori usati sono una base di quello spazio

$$\{v_1, v_2, v_3\} \quad w = \alpha_1 v_1 + \alpha_2 v_2 + \alpha_3 v_3$$

$$\mathbf{a} = \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \end{bmatrix} \quad w = \mathbf{a}^T \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{bmatrix}$$

Prodotto vettore

- ❖ **Dati due vettori non paralleli *u, v*** trovare un vettore *w* tale che:

$$u \cdot w = v \cdot w = 0$$

- ❖ **Siano**

$$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \quad \beta_1, \beta_2, \beta_3$$

- ❖ **Le componenti di *u, v* in un particolare sistema di coordinate,** allora in quel sistema si definisce:

$$w = u \times v = \begin{bmatrix} \alpha_2 \beta_3 - \alpha_3 \beta_2 \\ \alpha_3 \beta_1 - \alpha_1 \beta_3 \\ \alpha_1 \beta_2 - \alpha_2 \beta_1 \end{bmatrix}$$

Prodotto vettore

- ❖ **Nota il prodotto vettore è consistente con l'orientamento della base del sistema di coordinate:**

- ❖ **Se siamo in un sistema right-handed allora, anche *w* segue la regola della mano destra:**

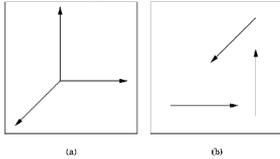
$$x \times y = z$$

- ❖ **Magnitudo:**

$$\sin\theta = \frac{|u \times v|}{\|u\|\|v\|}$$

Sistemi di riferimento

- ❖ Una base (tre vettori, linearmente indipendenti) non basta per definire la posizione di un punto.



- ❖ Occorre anche un punto di riferimento, l'origine.

Sistemi di riferimento

- ❖ Un *frame* (sistema di riferimento) necessita quindi di un punto di origine P_0 e di una base. In esso si può rappresentare univocamente un punto

$$P = P_0 + \eta_1 v_1 + \eta_2 v_2 + \eta_3 v_3$$

- ❖ *Nota*: bastano tre scalari per rappresentare un punto, come per un vettore...

Cambio sistemi di coordinate 1

- ❖ In uno spazio vettoriale, date due basi.

$$\{v_1, v_2, v_3\} \quad \{u_1, u_2, u_3\}$$

- ❖ Esprimiamo una in termini dell'altra:

$$u_1 = \gamma_{11}v_1 + \gamma_{12}v_2 + \gamma_{13}v_3$$

$$u_2 = \gamma_{21}v_1 + \gamma_{22}v_2 + \gamma_{23}v_3$$

$$u_3 = \gamma_{31}v_1 + \gamma_{32}v_2 + \gamma_{33}v_3$$

- ❖ Questo definisce la matrice 3x3 M di cambiamento di base

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} & \gamma_{13} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} & \gamma_{23} \\ \gamma_{31} & \gamma_{32} & \gamma_{33} \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{bmatrix} = \mathbf{M} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{bmatrix}$$

Cambio sistemi di coordinate 2

- ❖ Dato un vettore w

$$w = \alpha_1 v_1 + \alpha_2 v_2 + \alpha_3 v_3$$

$$\mathbf{a} = \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \end{bmatrix} \quad w = \mathbf{a}^T \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{bmatrix}$$

- ❖ Ne ottengo la sua rappresentazione nell'altro sistema di coordinate usando la matrice M

$$w = \beta_1 u_1 + \beta_2 u_2 + \beta_3 u_3$$

$$\mathbf{b} = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \end{bmatrix} \quad \mathbf{a} = \mathbf{M}^T \mathbf{b}$$

Cambio sistemi di coordinate 3

- ❖ Nota che si sta parlando di vettori e non di punti
- ❖ Questi cambi di base lasciano l'origine immutata (cambiano vettori)
- ❖ In altre parole rappresentano solo rotazioni e scalature.
- ❖ Un cambio di sistema di riferimento coinvolge anche un cambio del punto di origine.

Riepilogo

- ❖ Punti vs Vettori
- ❖ Spazio Vettoriale vs Spazio Affine
- ❖ Sistemi di coordinate
- ❖ Cambio di base in spazi vettoriali