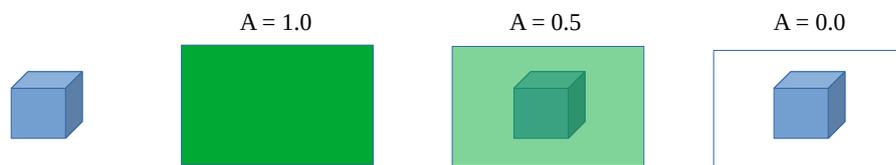


## Codifica di colore RGBA

La codifica di colori RGBA utilizzata nella grafica digitale descrive un colore attraverso i valori Red, Green, Blue a cui aggiunge il livello A (Alpha, detto anche *alpha channel*  $\alpha$ ) per descrivere l'opacità (o trasparenza) del colore. In particolare:

- R, G, B sono i livelli rispettivamente di Rosso, Verde e Blu contenuti nel colore. Ogni livello è un numero intero compreso tra 0 e 255
- A (oppure  $\alpha$ ) è un numero frazionario compreso tra 0 e 1 che esprime l'opacità del colore: A = 1.0 indica che il colore è totalmente opaco; A = 0.0 un colore totalmente trasparente; A = 0.5 un colore semi-opaco (o semi-trasparente)



Il colore  $rgba(243, 24, 18, 1.0)$  indica una tonalità di rosso completamente opaca – rappresentabile anche come  $rgb(243, 24, 18)$  – mentre  $rgba(30, 26, 238, 0.5)$  rappresenta una variante di blu semitrasparente.

## Rappresentazione del colore RGBA

All'interno del computer, un colore RGBA occupa 32 bit di memoria, di cui 8 bit dedicati a ciascuno dei canali R, G, B e 8 bit al canale A. Per questo motivo il valore frazionario di A è trasformato in un numero intero su 8 bit: per esempio  $A = 0.0 = 00000000_{(2)} = 0$  e  $A = 1.0 = 11111111_{(2)} = 255$ . Valori intermedi di A sono convertiti in intero mediante la formula  $A_{\text{intero}} = [A * 255]$  dove le parentesi [ ] indicano l'operatore di arrotondamento all'intero più vicino, per esempio  $A = 0.5 \Rightarrow [0.5 * 255] = [127.5] = 128$ .

I valori interi dei quattro canali sono spesso convertiti in esadecimale ed espressi con due cifre. È possibile esprimere un colore RGBA riportando i valori dei quattro canali in un'unica sequenza di 8 cifre esadecimali preceduta dal simbolo #. Per esempio, il colore  $rgba(156, 14, 209, 0.75)$  può essere rappresentato come **#9C0ED1BF** in quanto:

$$R = 156 = 9C_{(16)} \quad G = 14 = 0E_{(16)} \quad B = 209 = D1_{(16)} \quad A = 0.75 = [0.75 * 255] = 191 = BF_{(16)}$$

Analogamente, dalla codifica esadecimale di un colore è possibile ricavare i valori dei singoli canali R, G, B, A. Per esempio, dato il colore #C27AB28D si ricava:

$$R = C2_{(16)} = 194 \quad G = 7A_{(16)} = 122 \quad B = B2_{(16)} = 178 \quad A = 8D_{(16)} = 141 \Rightarrow 141/255 = 0.5529... \approx 0.55$$

da cui #C27AB28D =  $rgba(194, 122, 178, 0.55)$ . I colori totalmente opachi possono essere rappresentati sia mediante codice RGBA con canale A = 1.0 sia mediante codice RGB:

$$rgba(145, 60, 76, 1.0) = rgb(145, 60, 76) \quad \#E38B2AFF = \#E38B2A$$

## Sovrapposizione di un colore RGBA a un colore totalmente opaco

La sovrapposizione di colori parzialmente trasparenti produce in generale nuovi colori. Nell'elaborazione grafica di particolari immagini semitrasparenti sovrapposte è spesso importante conoscere con precisione i livelli dei colori risultanti. Iniziamo a considerare il caso in cui un colore parzialmente trasparente è sovrapposto a un colore totalmente opaco.

Consideriamo un colore  $S = rgba(R_S, G_S, B_S, A_S)$  (sorgente) parzialmente trasparente e sovrapponiamolo a un altro colore  $D = rgb(R_D, G_D, B_D)$  (destinazione) totalmente opaco. La sovrapposizione dei due colori si indica con il simbolo  $\Rightarrow$  (oppure con l'operatore *over*) e produce come risultato un nuovo colore R:

$$R = S \Rightarrow D \quad \text{oppure} \quad R = S \text{ over } D$$

Il risultato R è un colore totalmente opaco i cui livelli RGB posso essere calcolati mediante le seguenti formule:

$$R_R = R_S * A_S + R_D * (1 - A_S)$$

$$G_R = G_S * A_S + G_D * (1 - A_S)$$

$$B_R = B_S * A_S + B_D * (1 - A_S)$$

Esempio: sovrapponiamo il colore  $S = rgba(187, 38, 99, 0.7)$  al colore  $D = rgb(52, 16, 215)$ , arrotondando i risultati all'intero più vicino:

$$R = S \Rightarrow D$$

$$R_R = 187 * 0.7 + 52 * (1 - 0.7) = 187 * 0.7 + 52 * 0.3 = [146,5] = 147$$

$$G_R = 38 * 0.7 + 16 * (1 - 0.7) = 38 * 0.7 + 16 * 0.3 = [31,4] = 31$$

$$B_R = 99 * 0.7 + 215 * (1 - 0.7) = 99 * 0.7 + 215 * 0.3 = [133,8] = 134$$

da cui  $R = rgb(147, 31, 134) = \#931F86$ . Il colore è equivalente a  $rgba(147, 31, 134, 1.0)$ .

## Sovrapposizione di due colori RGBA

Consideriamo ora il caso in cui S e D sono due colori entrambi parzialmente trasparenti. Il risultato della loro sovrapposizione  $R = S \Rightarrow D$  è ancora un colore parzialmente trasparente, ma le formule per determinarne i livelli sono piuttosto complesse, dato che ora sono presenti due livelli di opacità  $A_S$  e  $A_D$ .

È possibile ottenere formule più semplici trasformando i codici RGBA iniziali (detti RGBA "piatti" o "lineari") dei colori mediante un'operazione di *pre-moltiplicazione*.

Pre-moltiplicare un colore significa moltiplicare ciascuno dei livelli R,G,B per il valore frazionario di A. Per esempio, dato il colore "piatto"  $S = rgba(134, 219, 67, 0.65)$ , pre-moltiplicando i livelli di colore per 0.65 e arrotondando opportunamente si ottiene:

$$s = rgba(0.65*134, 0.65*219, 0.65*67, 0.65) = rgba(87, 142, 44, 0.65)$$

Il nuovo valore s rappresenta la codifica RGBA "pre-moltiplicata" del colore S.

Analogamente, dato il colore RGBA piatto  $D = rgba(87, 211, 250, 0.42)$ , la sua versione pre-moltiplicata è pari a:  $d = rgba(0.42*87, 0.42*211, 0.42*250, 0.42) = rgba(37, 89, 105, 0.42)$ .

L'operazione di sovrapposizione  $r = s \Rightarrow d$  applicata ai codici RGBA pre-moltiplicati produce i seguenti risultati:

$$R_r = R_s + R_d * (1 - A_s)$$

$$G_r = G_s + G_d * (1 - A_s)$$

$$B_r = B_s + B_d * (1 - A_s)$$

$$A_r = A_s + A_d * (1 - A_s)$$

Che costituiscono la versione "pre-moltiplicata"  $r$  del risultato finale.

Nel nostro esempio:  $r = s \Rightarrow d$ , da cui  $r = rgba(87, 142, 44, 0.65) \Rightarrow rgba(37, 89, 105, 0.42)$ . Applicando le formule:

$$R_r = 87 + 37 * (1 - 0.65) = [99.95] = 100$$

$$G_r = 142 + 44 * (1 - 0.65) = [173.15] = 173$$

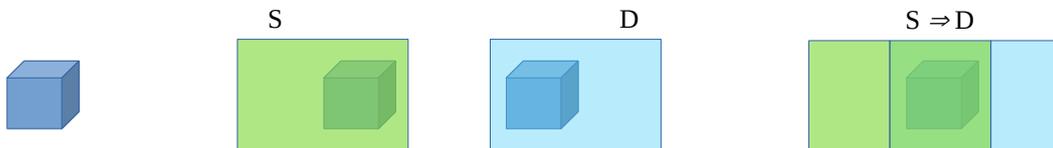
$$B_r = 44 + 105 * (1 - 0.65) = [80.75] = 81$$

$$A_r = 0.65 + 0.42 * (1 - 0.65) = 0.797 \approx 0.80$$

Il valore pre-moltiplicato del risultato è dunque  $r = rgba(100, 173, 81, 0.80)$ . Per ricavare la versione "piatta" del colore risultante (necessaria per la sua corretta visualizzazione), si dividono i livelli R,G,B per il valore del livello A:

$$R = rgba(100/0.80, 173/0.80, 81/0.80, 0.80) = rgba(125, 216, 101, 0.80) \quad (\text{valori RGB arrotondati})$$

Il risultato ottenuto è effettivamente un colore parzialmente trasparente.



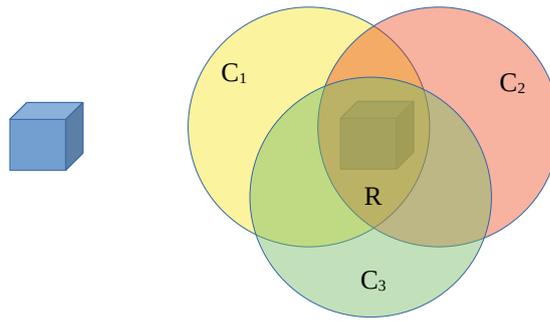
## Sovrapposizione di tre o più colori RGBA

I valori RGBA pre-moltiplicati permettono di calcolare agevolmente il risultato della sovrapposizione di tre o più colori parzialmente trasparenti.

Consideriamo un disco di colore  $C_1 = rgba(248, 231, 59, 0.5)$  a cui è parzialmente sovrapposto prima un secondo disco di colore  $C_2 = rgba(235, 64, 18, 0.4)$  e successivamente un terzo disco di colore  $C_3 = rgba(119, 188, 101, 0.45)$  come riportato in figura.

Il colore della parte centrale, risultato della sovrapposizione dei tre dischi, è definito da  $R = C_3 \Rightarrow C_2 \Rightarrow C_1$ . Utilizzando i colori pre-moltiplicati, si può ricavare  $r$  in modo iterativo eseguendo prima la sovrapposizione  $c_2 \Rightarrow c_1$ , quindi sovrapponendo  $c_3$  al colore ottenuto:

$$r = c_3 \Rightarrow (c_2 \Rightarrow c_1)$$



Applicando l'algorithmo ai colori pre-moltiplicati:

$$c_1 = \text{rgba}(0.5*248, 0.5*231, 0.5*59, 0.5) = \text{rgba}(124, 116, 30, 0.5)$$

$$c_2 = \text{rgba}(0.4*235, 0.4*64, 0.4*18, 0.4) = \text{rgba}(94, 26, 7, 0.4)$$

$$c_3 = \text{rgba}(0.45*119, 0.45*188, 0.45*101, 0.45) = \text{rgba}(54, 85, 45, 0.45)$$

si ottiene:

Step 1:  $c_{2,1} = c_2 \Rightarrow c_1$

$$R_{c_{2,1}} = R_{c_2} + R_{c_1} * (1 - A_{c_2}) = 94 + 124 * (1 - 0.4) \approx 168$$

$$G_{c_{2,1}} = G_{c_2} + G_{c_1} * (1 - A_{c_2}) = 26 + 116 * (1 - 0.4) \approx 96$$

$$B_{c_{2,1}} = B_{c_2} + B_{c_1} * (1 - A_{c_2}) = 7 + 30 * (1 - 0.4) = 25$$

$$A_{c_{2,1}} = A_{c_2} + A_{c_1} * (1 - A_{c_2}) = 0.4 + 0.5 * (1 - 0.4) = 0.7$$

da cui  $c_{2,1} = \text{rgba}(168, 96, 25, 0.7)$

Step 2:  $r = c_3 \Rightarrow c_{2,1}$

$$R_r = R_{c_3} + R_{c_{2,1}} * (1 - A_{c_3}) = 54 + 168 * (1 - 0.45) \approx 146$$

$$G_r = G_{c_3} + G_{c_{2,1}} * (1 - A_{c_3}) = 85 + 96 * (1 - 0.45) \approx 138$$

$$B_r = B_{c_3} + B_{c_{2,1}} * (1 - A_{c_3}) = 45 + 25 * (1 - 0.45) \approx 59$$

$$A_r = A_{c_3} + A_{c_{2,1}} * (1 - A_{c_3}) = 0.45 + 0.7 * (1 - 0.45) \approx 0.84$$

da cui  $r = \text{rgba}(146, 138, 59, 0.84)$

Step 3: Determino la versione "RGBA piatta" del risultato:

$$R = \text{rgba}(146/0.84, 138/0.84, 59/0.84, 0.84) = \text{rgba}(174, 164, 70, 0.84)$$

Il colore RGBA della zona trasparente è  $\text{rgba}(174, 164, 70, 0.84)$  ed è parzialmente trasparente.

## Esercizi

1. Determinare la codifica esadecimale del colore  $C_1 = \text{rgba}(212, 187, 56, 0.75)$  e la codifica decimale del colore  $C_2 = \#4E2CF0E2$ .  
[R.  $C_1 = \#D4BB38BF$ ;  $C_2 = \text{rgba}(78, 44, 240, 0.89)$  ]

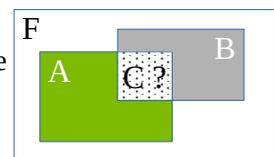
2. A un foglio opaco di colore bianco è stato sovrapposto un foglio parzialmente trasparente, delle stesse dimensioni e di colore  $C = \text{rgba}(21, 165, 105, 0.40)$ . Qual è il colore risultante in formato RGBA? Tale colore è totalmente oppure parzialmente opaco?

[R.  $\text{rgba}(161, 219, 195, 1.0)$ ; *totalmente opaco* ]

3. Ripetere l'esercizio precedente, nell'ipotesi che ora il foglio abbia colore  $F = \text{rgba}(45, 218, 177, 0.67)$ .

[R.  $\text{rgba}(32, 192, 141, 0.8)$ ; *parzialmente opaco* ]

4. A un foglio F si applica un primo rettangolo A di colore  $\text{rgba}(124, 187, 0, 0.35)$  e successivamente un secondo rettangolo B di colore  $\text{rgba}(168, 168, 168, 0.62)$ , come rappresentato in figura. Determinare il colore RGBA della zona centrale, nell'ipotesi che il colore del foglio F sia: a) nero totalmente opaco; b) nero totalmente trasparente.



[R. a)  $\text{rgba}(120, 129, 104, 1.0)$ ; b)  $\text{rgba}(160, 171, 138, 0.75)$  ]

5. **[premultiplicato]** - Scrivere un programma che richieda in input i quattro livelli RGBA di un colore C piatto, validando opportunamente i dati immessi (i livelli di colore devono essere numeri interi compresi tra 0 e 255, il livello Alpha un numero reale compreso tra 0 e 1). Successivamente il programma calcola e stampa il colore RGBA pre-moltiplicato di C.
6. **[piatto]** - Scrivere un programma che richieda in input i quattro livelli RGBA di un colore c pre-moltiplicato, validando opportunamente i dati immessi. Successivamente il programma calcola e stampa il colore RGBA piatto di c.
7. **[sovrapposto]** - Scrivere un programma che richieda in input i quattro livelli RGBA di un colore S, validando opportunamente i dati immessi. Successivamente il programma calcola e stampa il colore risultante dalla sovrapposizione di S a uno sfondo bianco opaco.