

Understanding ISP Pipeline - Hue



刘苏宁  
Camera技术专家

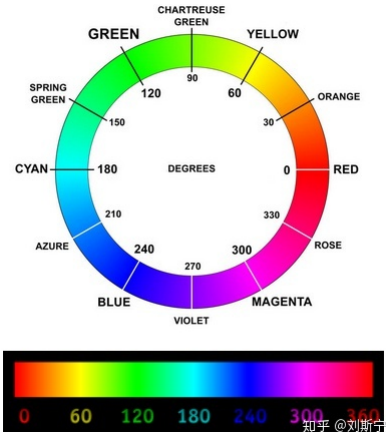
已关注

11 人赞同了该文章

色调 (Hue)

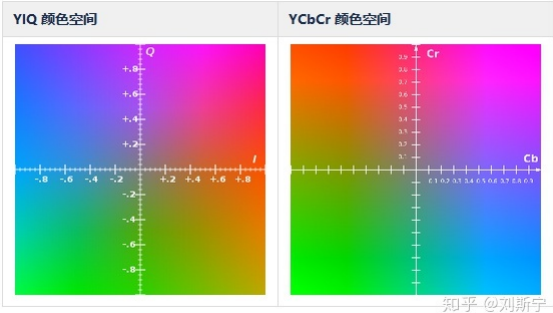
色调是对一幅图像的整体颜色的概括评价，是对该图像呈现色彩的基本倾向的总结。一幅图像中虽然会出现各种不同的颜色，但是在总体上往往会有一定的倾向性，是偏蓝（偏冷）还是偏红（偏暖），这种颜色上的倾向就是一副图像的色调。

为了定量地研究颜色与颜色之间的数量关系，人们发明了一个有效的设备叫做色轮，英文是color wheel，原本是一个由马达带动的圆盘装置，工作时以每分钟3000~5000转的速度高速旋转，通过控制RGB三基色的平均亮度实现混色效应。色轮定义红、绿、蓝三基色分别位于0度，120度和240度。黄色由红、绿等比混合生成，所以位于60度，青色由绿、蓝等比混合生成，所以位于180度。橘红由红、黄等比混合而成，所以位于30度。以此类推，可以实现从R经G向B连续地过渡，周而复始。而色调即可定义为色轮上的一个角度，如下图所示。



假设一幅图像颜色偏暖，则需要在色轮上向蓝色的方向旋转一定的角度，以减少红色成分，增加蓝色成分。如果是出于微调白平衡的目的，一般旋转角度会限定在很小的范围内。

色调的旋转在YIQ空间会比较简洁，与YCbCr空间类似，YIQ中的Y是Luma，I是红色分量，Q是蓝色分量，可以理解为I-Q平面是再Cb-Cr平面上顺时针旋转120度然后再水平映像得到。下表是两个颜色空间的对比示意图。



颜色从RGB空间变换到YIQ空间使用如下变换矩阵如下，

如果用H表示色调需要旋转的度数(0~360)，则YIQ空间的旋转矩阵如下，

该矩阵的意义为保持Luma分量不变，(i,q)分量在I-Q平面上旋转θ角。

在旋转之后还可以用另外一个矩阵调整颜色饱和度，



然后用一个矩阵调整亮度，

最后变换回RGB空间

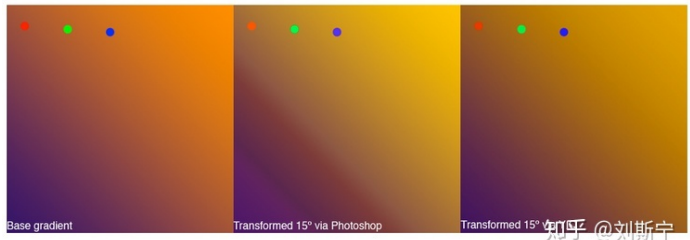
总的变换矩阵如下，

$$T_{HSV} = \begin{bmatrix} 1 & 0.956 & 0.621 \\ 1 & -0.272 & -0.647 \\ 1 & -1.107 & 1.705 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V & 0 & 0 \\ 0 & V_{SU} & -V_{SW} \\ 0 & V_{SW} & V_{SU} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.274 & -0.321 \\ 0.211 & -0.523 & 0.311 \end{bmatrix}$$
$$= \begin{bmatrix} .299V + .701V_{SU} + .168V_{SW} & .587V - .587V_{SU} + .330V_{SW} & .114V - .114V_{SU} - .497V_{SW} \\ .299V - .299V_{SU} - .328V_{SW} & .587V + .413V_{SU} + .035V_{SW} & .114V - .114V_{SU} + .292V_{SW} \\ .299V - .3V_{SU} + 1.25V_{SW} & .587V - .588V_{SU} - 1.05V_{SW} & .114V + .886V_{SU} - .203V_{SW} \end{bmatrix}$$

下面是分别调整色调、饱和度、亮度参数的效果示例。



研究发现，Photoshop中的HSL调整采用了一种不太相同的技术思路，该技术对非渐变的色块有较好的效果，但是处理渐变色时则表现不佳，下图给出了两种技术的效果对比。



一些与颜色特效

sepia / sepiagreen / sepiablue

所谓的复古（绿，蓝）就是在灰阶的基础上，对UV值额外再做了一个offset，将灰度图转换成某种颜色的梯度图。理论上为了获得蓝色效果，应该增加蓝色差信号，减小红色差信号。即增大U，减小V。

```
以sepiablue效果为例，这里的字节的MSB表示符号位：所以88为+88，158为-30。
SET_HUE_U_GAIN(0);
SET_HUE_V_GAIN(0);
SET_HUE_U_OFFSET(88);
SET_HUE_V_OFFSET(158);
```



知乎 @刘斯宁

negative

所谓负片效果，就是将图像的颜色反转，看起来就像是在看胶片底片时的效果。这从理论上也很容易理解和处理，就是在RGB空间，取其补色，具体的操作就是用255分别减去RGB得到新的RGB值。通常会在ISP中实现该功能。



知乎 @刘斯宁

编辑于 2019-12-31 17:18

[图像信号处理器ISP \(Image Signal Processor\)](#) [Camera](#) [图像](#)