

## Application Brief

# 在 RGB 和 XYZ 颜色传感器之间进行选择，以实现自适应照明调节



## 简介

随着客户需要利用有吸引力的显示界面提供更好的用户体验，全球色光传感器市场正在迅速增长。这种增长出现在各种工业、汽车和消费类应用中，例如笔记本电脑、平板电脑、汽车显示屏、电器、医疗设备和人机界面 (HMI)。色光传感器可检测入射光的亮度和色波长，使应用能够根据环境光照条件调整颜色和亮度。使用的颜色传感器技术类型会影响检测性能。本文比较了 RGB 和 XYZ 颜色传感器的技术差异，并提供了有关为应用选择传感器的指南。

## RGB 和 XYZ 颜色传感器概述

有两种类型的颜色传感器，即 RGB 和 XYZ。XYZ 传感器可检测完全标准化的颜色空间，而 RGB 可读取标准颜色空间的非标准化子集。然后，RGB 间接映射到标准化颜色空间以进行颜色校正或校准，从而导致不准确。选择一种颜色传感器而非另一种颜色传感器取决于应用的精度要求。

- **RGB**：如图 1 所示，RGB 颜色传感器可检测非标准化颜色空间，其中红色 (R)、绿色 (G) 和蓝色 (B) 值组合在一起以表示各种颜色。通常，R、G 和 B 值的范围为 0 到 255。所有三种颜色的值为 255 时会生成白色，所有三种颜色的值为 0 时会生成黑色。RGB 颜色空间没有通用标准，从而使 RGB 颜色传感器依赖于器件。不同的器件检测到的 RGB 值不同，测量的颜色因制造商而异，甚至在同一器件中也会随着时间的推移而变化。
- **XYZ**：RGB 面临的挑战之一是，未标准化的颜色空间无法观察所有颜色，从而导致该颜色空间不完整。CIE 1931 XYZ 颜色空间标准（如图 1 中的大曲线所示）有助于缓解此问题。这个标准化的颜色空间代表所有可见的颜色。该标准是绝对标准，不受器件或制造商差异的影响，与基于 RGB 颜色空间的传感器相比，该标准更准确、对颜色变化更敏感。此外，XYZ 传感器的 Y 通道具有视觉响应，可提取一个照度或亮度值。

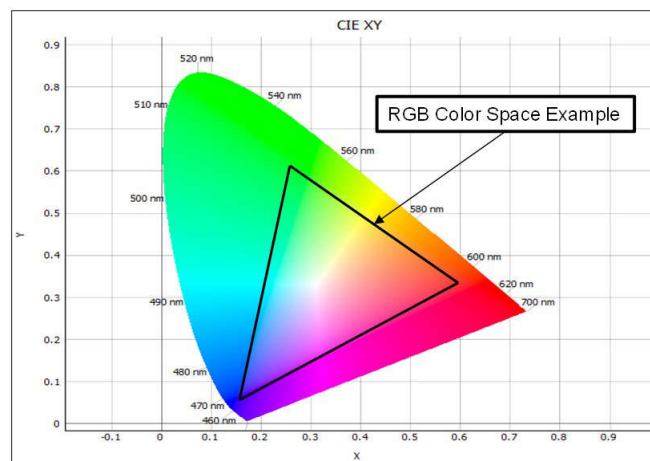


图 1. RGB 和 XYZ 颜色空间坐标

## RGB 和 XYZ 颜色传感器的比较

两种颜色传感器之间的选择取决于应用对颜色测量精度的要求。本节讨论了颜色传感器用例，并比较了每个用例的 RGB 和 XYZ 颜色传感器。

## 环境光颜色检测

环境光颜色检测是环境光相关色温 (CCT) 的检测，是颜色传感器的最常见用例之一。显示或照明系统的色温根据检测到的环境光颜色进行调整。摄像机可以使用 CCT 来校正输出视频或图像中的色温。大多数情况下，所需的颜色传感器输出是白光。不过，例如，在日落时，室外的光温较高，而午时的光温较低。显示应用使用 CCT 值（如图 2 中所示）来调整显示屏的色彩配置，以便通过与环境的光温相匹配而使图像看起来自然。此调整可改善显示或摄像头馈送的视觉外观（如图 3 所示），而不会在不进行调整的情况下导致光温产生强烈的对比度。

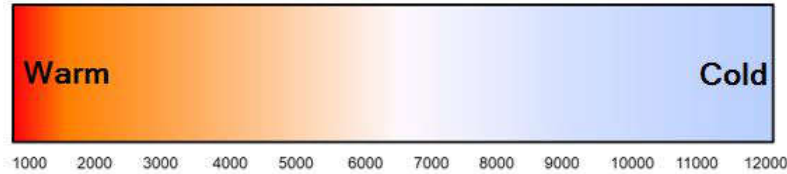


图 2. 相关色温 (CCT) 频谱

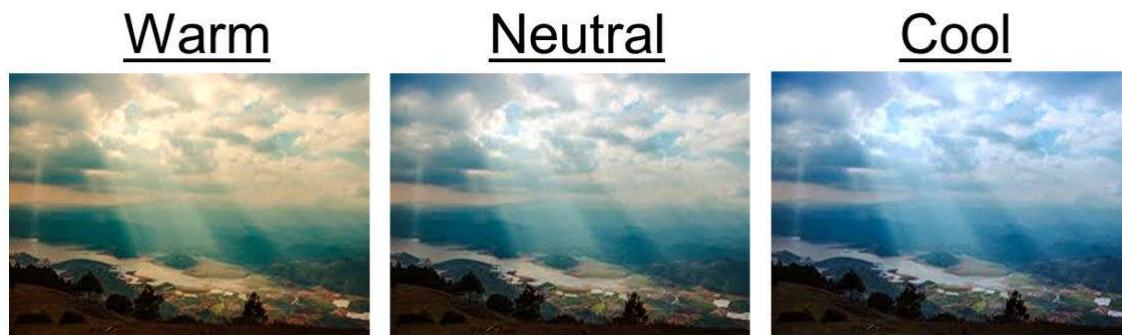


图 3. 热色、中性（一张纸）、冷色 CCT 示例

RGB 传感器没有标准化，通常需要校准才能将 RGB 坐标转换为 CCT 频谱。无法直接确定色点是否映射到 CCT 频谱。虽然一些制造商提供转换矩阵或简单的线性方程来将 RGB 颜色坐标转换为 CCT 频谱，但转换精度不同。此外，非白光通常映射到最接近的 CCT 值，并提供无效结果。

XYZ 传感器可在未校准的情况下映射到最近的 CCT 值。为了确定色点是否映射到 CCT 频谱，通常的做法是将 XYZ 坐标转换为 UV 颜色空间。借助一个简单的公式，确定色点与黑体曲线之间的距离。黑体曲线表示人眼在 CIE YX 和 CIE UV 空间中看到的颜色，如图 4 中所示，某些开尔文的黑体发出辐射。带有各种开尔文标记的交叉线是表示相同色温的等温线，为 CCT 值。CCT 通常仅在黑体曲线周围有效，在偏差过大时无意义。任何接近黑体曲线的颜色坐标都可以表示特定的 CCT。

如果光传感器上方有玻璃之类的盖板材料，则需要校准 RGB 和 XYZ 传感器。

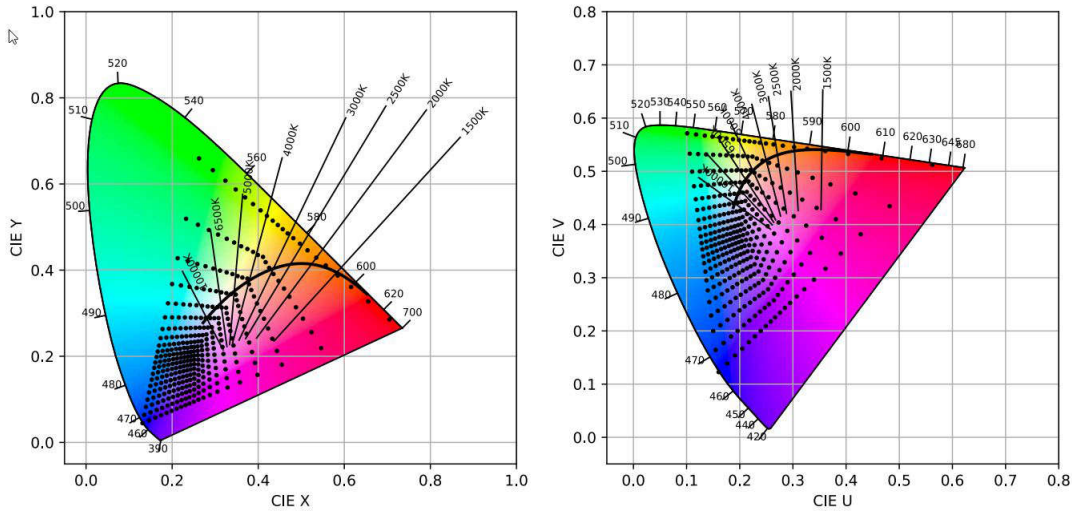


图 4. 颜色坐标的 CIE XY 和 CIE UV 空间图

### 相对颜色匹配

在很多应用（例如高架照明控制）中，使用颜色传感器作为反馈来保持照明颜色恒定。这些应用是相对颜色匹配的示例。

例如，LED 等光源会在温度、驱动器电流、PWM 调光和老化等不同条件下改变颜色。许多照明系统添加了蓝色和红色 LED，以抵消白色 LED 的任何颜色变化。如果颜色传感器显示色点偏离了原始工厂校准，则彩色 LED 会混合，直到工厂校准和检测到的颜色再次匹配为止。

RGB 和 XYZ 传感器在相对颜色匹配应用中有效，无需颜色校准。由于只有一个色点可以匹配并共享相同的颜色空间，因此 XYZ 传感器测量亮度的能力并不具备显著的优势。

### 绝对颜色匹配

还有一些应用需要测量精确的色点。在这种情况下，颜色并不受制于相对色点，而是要求两种颜色之间客观匹配，而不直接进行比较。这些应用需要绝对的颜色匹配。

例如，颜色传感器可以确定油漆颜色。由于暴露在高温和阳光下，油漆会随着时间的推移而变色。经过一段时间后，漆面的某些部分需要修补。整体漆色与原色相比发生了变化。新油漆与当前颜色匹配，以避免突出。如果颜色传感器使用传感器自己的颜色空间（例如 RGB 传感器），则无法让油漆颜色与其他颜色空间进行通信。油漆制造商很可能使用不同的颜色空间。将检测到的 RGB 颜色与特定制造商的油漆颜色进行匹配是个难题。

XYZ 传感器可检测标准化 CIE 1931 XYZ 颜色空间中的颜色。因此，即使油漆制造商在不同的颜色空间中工作，他们的颜色空间也可以转换为标准化 XYZ 空间。

相反，RGB 传感器通常需要复杂校准才能匹配两个空间。RGB 传感器的颜色精度受到限制。

### 环境光照度检测

在许多光感应应用中，需要测量光强度值（勒克斯）。为了获得尽可能好的用户体验，可使用照度值调整显示亮度以匹配环境光亮度。

对于 RGB 颜色传感器，检测照度更复杂且更有限。通常，RGB 颜色传感器的任何通道都不会提供明视响应。需要校准和矩阵，并且整个色域的精度各不相同。

使用 XYZ 颜色传感器，Y 通道具有明视响应并且与勒克斯呈线性关系。颜色传感器制造商通常提供比率或简单的单点校准来确定 Y 和照度比。

## 总结

总结一下，RGB 颜色传感器 (如 TI 的 [OPT4060](#)) 和 XYZ 颜色传感器 (如 TI 的 [OPT4048](#)) 能够检测并区分不同的颜色。与 XYZ 颜色传感器不同，RGB 颜色传感器不能表示整个可见光谱，而取决于光源和类型。虽然大多数应用都使用 RGB 颜色传感器或 XYZ 颜色传感器，但使用任一颜色传感器类型都有优缺点。虽然 RGB 传感器通常更具成本效益，但需要额外的校准和转换，与 XYZ 传感器相比，其精度通常较低。

有关 TI 光传感器的更多信息和培训，请访问[精密实验室培训视频：光传感器](#)。

## 重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司