

APPLICATION NOTE

EVERLIGHT
EVERLIGHT
EVERLIGHT

数字 RGBW 颜色光传感器 CLS-16D24-44-DF8/TR8 应用手册

一、简介：

亿光电子所推出的 CLS-16D24-44-DF8/TR8 颜色光传感器(Color Light Sensor, CLS)封装大小采用 $2\text{mm} \times 2\text{mm} \times 0.63\text{mm}$, 该传感器内含五个光接收二极管, 分别能够侦测红色光(Red)、绿色光(Green)、蓝色光(Blue)、白光(White)及红外线(Infrared light, IR), 并附带可程序增益放大器, 该 CLS 可使用微控制器(Microcontroller Unit, MCU), 透过 I2C 直接对缓存器做读、写, 以此调整内部放大器增益、输出分辨率、操作时间等; 除了对传感器的功能调整, CLS-16D24-44-DF8/TR8 亦能透过写入缓存器, 开启省电功能提供低功耗应用开发使用。

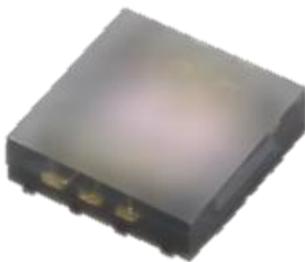


图 1. CLS-16D24-44-DF8/TR8 封装

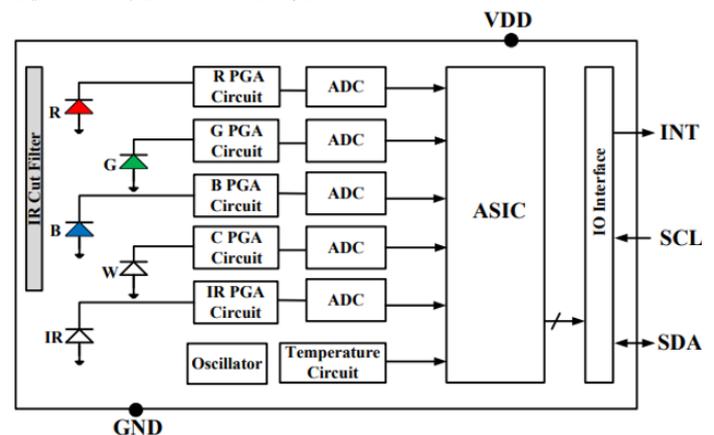


图 2. CLS-16D24-44-DF8/TR8 内部方块图

下面将介绍 CLS 常见侦测物体颜色的方法, 以及如何将读取到的数值做进一步的转换, 如 CIE1931 xyY、CIE 1931 XYZ 等, 并且简单介绍 CLS-16D24-44-DF8/TR8 缓存器功能。所列建议仅提供开发参考, 实际使用时仍需依据应用情境自行调整。

二、 CLS 侦测物体颜色方式：

在使用 CLS 时，应注意待测物是否能够自体发光，根据待测物的不同，大致上可分为两种情况，使用时需要为其设计不同的侦测方法：

1. 侦测非自发光物体的颜色
2. 侦测自发光物体的颜色

在侦测非自发光物体的颜色时，可参考图 3 外加光源，利用不同颜色表面会反射不同光谱的特性来侦测颜色，使用外加光源时，除了隔离环境光源外，在 CLS 与外加光源间也需增加隔离，以避免环境光或外加光源造成干扰；若是侦测自发光物体，则可参考图 4，只需要隔离环境光，便能直接接收待测物的发射光谱，以进行颜色的辨别。

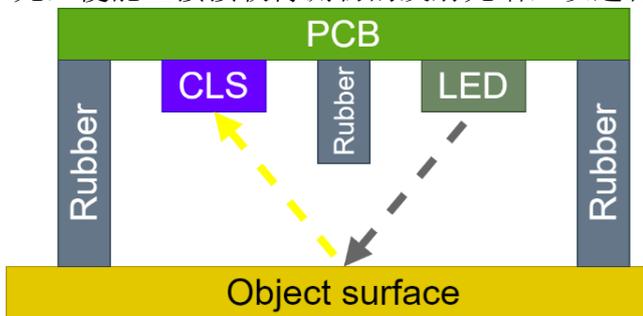


图 3. 侦测非自发光物体

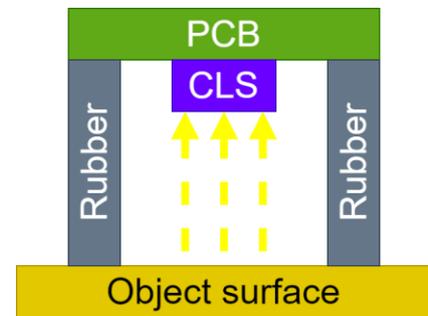


图 4. 侦测自发光物体

三、 CLS 读取 RGB 数值转换 CIE 1931 色彩坐标：

地球上充满了各种波长的电磁波，如图 5 所示，依波长短到长可依序分为紫外线(Ultraviolet, UV)、可见光(Visible Light)及红外线(Infrared, IR)，其中可见光为人眼可见的电磁波谱，其波长范围为380-770nm，不同波长的可见光，表现出来的颜色也有所不同。



图 5. 电磁波波长分类

CLS-16D24-44-DF8/TR8 内部有五个光接收二极管，其分别对不同波长的电磁波有不同响应，下图 6 为其响应图。

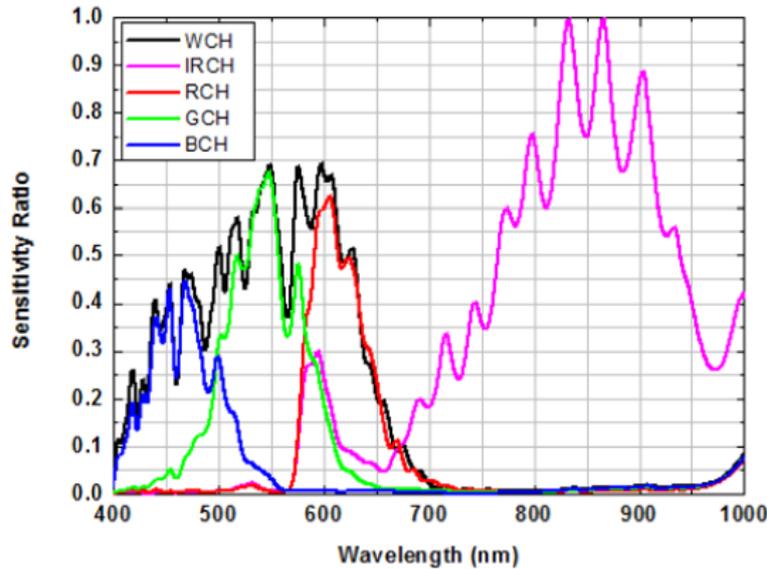


图 6. CLS-16D24-44-DF8/TR8 对不同波长电磁波响应频谱

以下介绍如何将 CLS 读取之 RGB 数值转换为 CIE 1931 XYZ、CIE 1931 xyY 以及色温计算：

1. 准备不同光源及色彩照度计(如 CL-200A、CS-200 等)。
2. 使用准备好的光源照射 CLS 及照度计，适当调整 CLS_GAIN、CLS_TIME。
3. 记录照度计 XYZ、CLS RGB 读值。切换不同光源，重复此步骤。
4. 根据公式(1)计算出系数矩阵 C_{XYZ} 。
5. 得到 C_{XYZ} 后，即可透过公式(2)将后续 CLS 读到的 RGB 值转换成 CIE 1931 XYZ。
6. 透过公式(3)则可以计算出 CIE 1931 xyY。
7. 透过公式(4)可以进一步计算出色温。
8. 以上转换流程亦可参考图 7 流程。

注意：

- 调整 CLS_GAIN、CLS_TIME 时，建议使 CLS RGB 数值在 1000 左右，并注意避免达到饱和。
- 公式(1)中，矩阵下目标数字分别代表不同光源所得到的资料。
- 每颗 CLS 会因镀膜、制程有些微差异，在同样光源下所读到的 RGB 数值也会有误差，若对精确度要求较高则需要自行校正并调整公式。

$$\begin{bmatrix} C_{X1} & C_{X2} & C_{X3} \\ C_{Y1} & C_{Y2} & C_{Y3} \\ C_{Z1} & C_{Z2} & C_{Z3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & X_2 & X_3 \\ Y_1 & Y_2 & Y_3 \\ Z_1 & Z_2 & Z_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R_1 & R_2 & R_3 \\ G_1 & G_2 & G_3 \\ B_1 & B_2 & B_3 \end{bmatrix}^{-1} \quad (1)$$

$$\Rightarrow C_{XYZ} = \begin{bmatrix} X_1 & X_2 & X_3 \\ Y_1 & Y_2 & Y_3 \\ Z_1 & Z_2 & Z_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R_1 & R_2 & R_3 \\ G_1 & G_2 & G_3 \\ B_1 & B_2 & B_3 \end{bmatrix}^{-1}$$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = C_{XYZ} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\text{CIE 1931 } xyY = \begin{cases} x = \frac{X}{X+Y+Z} \\ y = \frac{Y}{X+Y+Z} \\ Y_{(Lux)} = Y \end{cases} \quad (3)$$

$$CCT = -449n^3 + 3525n^2 - 6823.3n + 5520.33, \text{ Where } n = \frac{x-0.332}{y-0.1858} \quad (4)$$

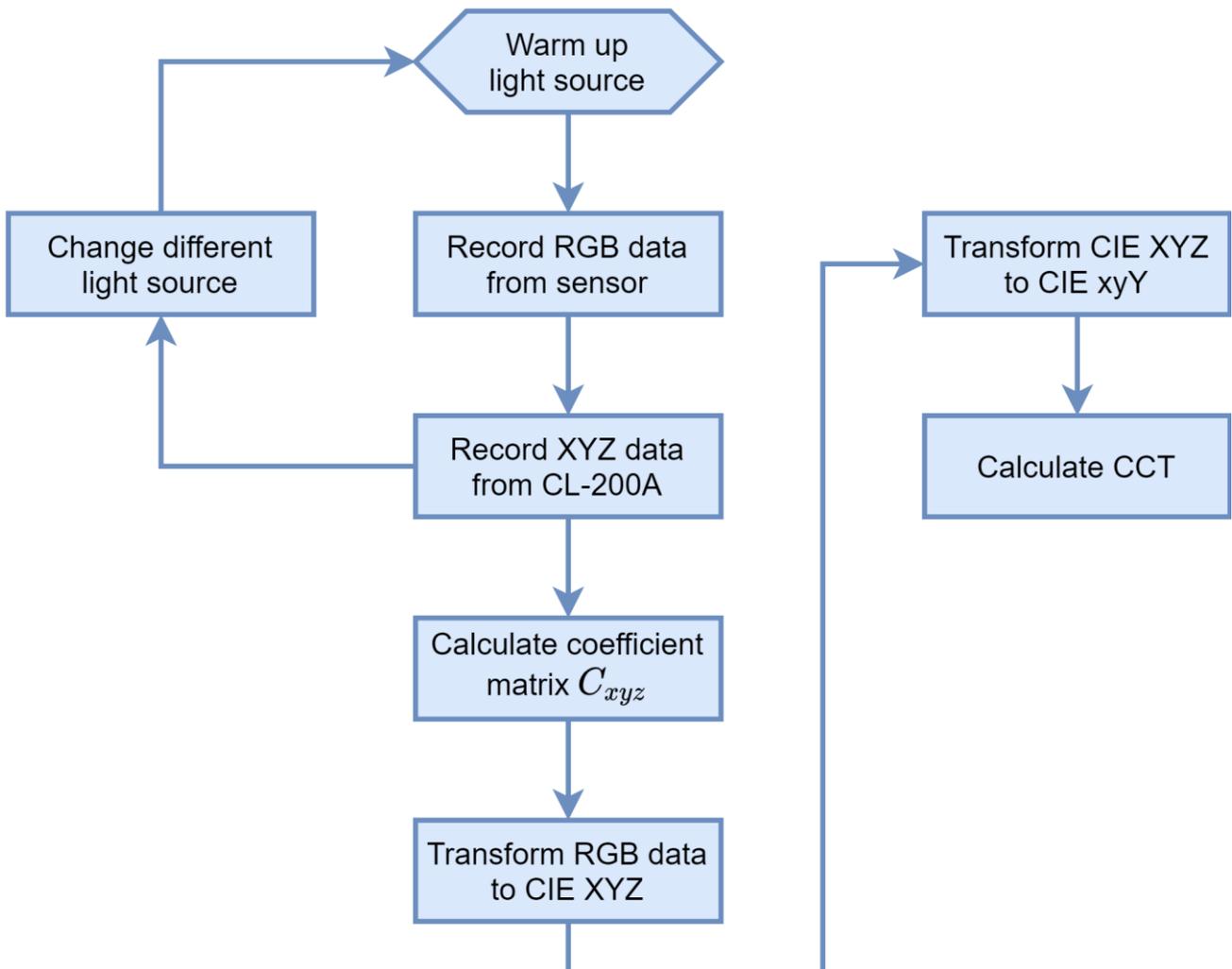


图 7. CLS-16D24-44-DF8/TR8 读值转换 CIE 1931 色彩空间流程图

四、CLS 缓存器功能说明及 Firmware 流程图：

CLS-16D24-44-DF8/TR8 的 I2C 地址为 0x38(7 位)，初始化步骤如下：

1. 系统开机稳定后可先读取缓存器 PROD_ID(0xBC、0xBD)，并确认读值为 0x12、0x07，藉此判断 I2C 是否正常动作及 CLS 打件正确。
2. 设定 INT_POR=0(0x02 bit 7)，该位在开机后、电压不稳或 CLS 重设时会自动被设为 1，因此在每次读取 DATA 前都需确认此位是否为 0，以确保缓存器未被重设。
3. 设定缓存器 EN_CLS=1(0x00 bit 0)，以致能 CLS。
4. 初始化 WAIT_TIME(0x03)、CLS_GAIN(0x04)及 CLS_TIME(0x05)。
5. 等待 $T_{CLS} + \text{Total waiting time}$ 毫秒，并确认 INT_POR=0 后，即可读取各颜色数据 (0x1D-0x25)。

注意：

- 缓存器 CLS_TIME 可设定 CLS 的 ADC 转换时间，时间越久表示积分时间越长，输出的分辨率也会越高。在设置为 64T(0x03、0x32 或 0xF1)时，即可有 16 位的最高输出分辨率(0-65535)。因 CLS_TIME 设置越大，CLS 量测时间越久，若有量测低亮度需求或者受外观设计限制导致进光亮不足时，才需将其设定超过 64T。
- 转换时间 T_{CLS} 由 CLS_CONV(CLS_TIME first 4 bits)及 INT_TIME(CLS_TIME last 2bits)组成，其公式为： $T_{CLS} = \text{INT_TIME} \times (\text{CLS_CONV} + 1)$ 。
- 若要启用 wait time 功能，则需要将缓存器 EN_WAIT(SYSM_CTRL bit 6)设定为 1，在 CLS 非侦测时令 IC 进入省电模式，藉此降低平均功耗。
- 等待时间(Total waiting time)由 WAIT_TIME 控制，其计算公式为： $\text{Total waiting time} = \text{WAIT_TIME} \times 10\text{ms}$ 。
- CLS 内部放大器的增益值由 DIOD_SELT(CLS_GAIN bit 7)及 PGA_CLS(CLS_GAIN last 5 bits)控制，其增益公式为： $\text{Gain} = \text{DIOD_SELT} \times \text{PGA_CLS}$ 。
- 建议针对目标侦测光源调整 CLS_GAIN，使各色输出 count 值在 1000 附近(为使后续转换 CIE 1931 xyY 时能有小数后最少三位的精度)。在相同光源下，CLS_GAIN 设定的愈高，所得到的 count 值也愈大，另外该设定不影响 CLS 量测时间，可视应用情况调整。
- CLS-16D24-44-DF8/TR8 的中断触发功能可参考规格书以取得详细使用方式及相关缓存器设定。

图 8 为 CLS-16D24-44-DF8/TR8 的基本 Firmware 流程。如使用上有问题，可参考图中建议流程以确认传感器正常工作。

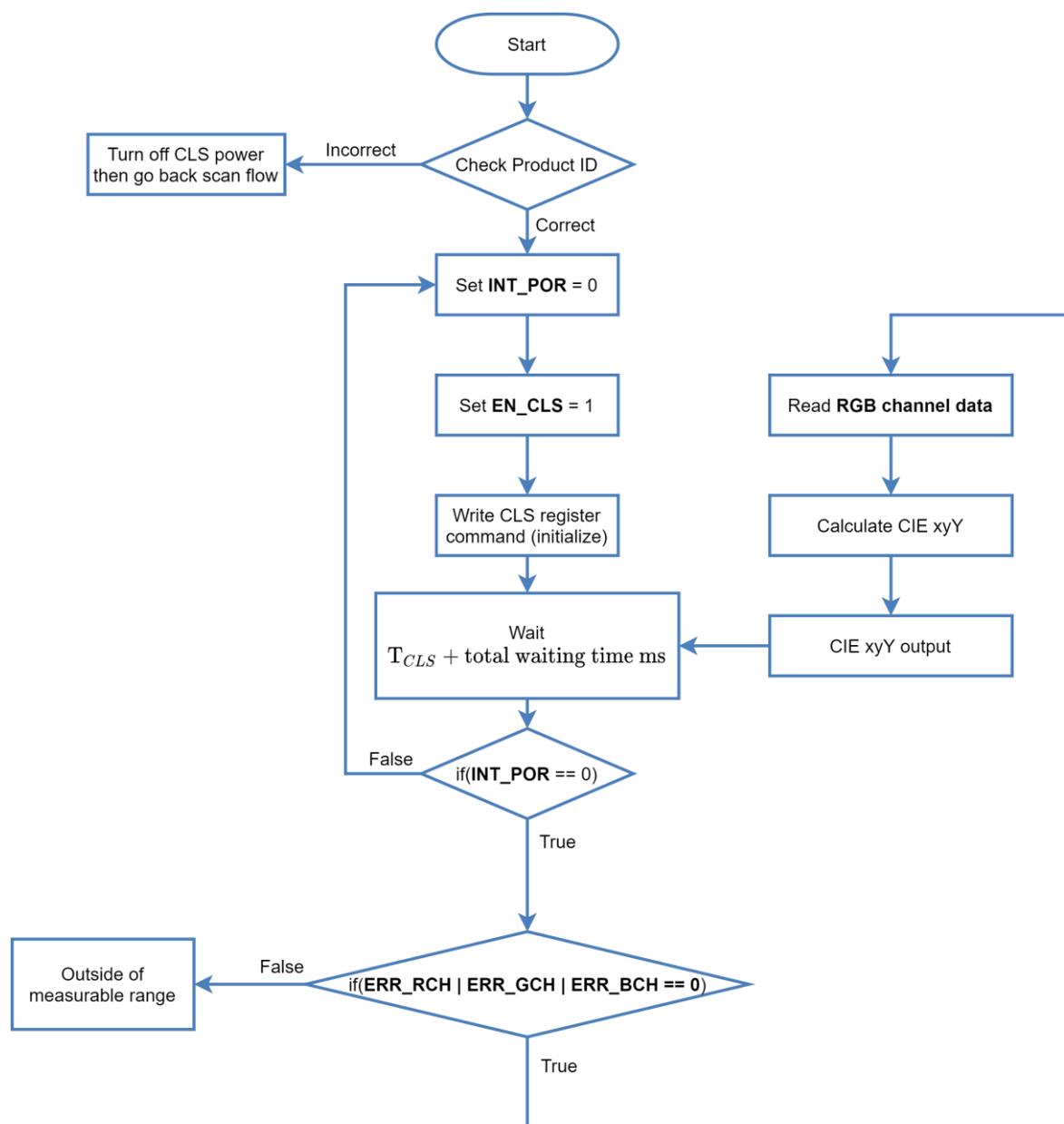


图 8. Firmware 流程图

本應用手冊資訊僅提供客戶設計參考，實際使用請客戶自行驗證，若有其他問題請與億光電子聯繫取得進一步技術支援。