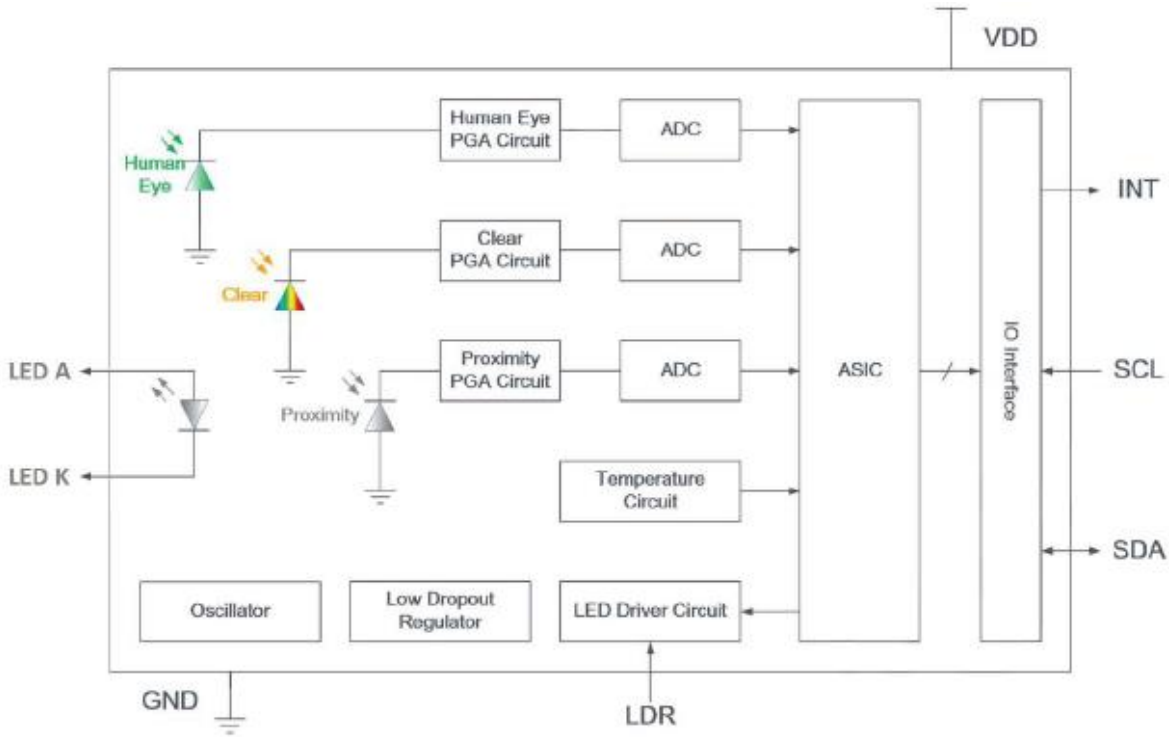


APM-16D24-310-DF8/TR8 应用手册

一、简介:

APM-16D24-310-DF8/TR8 为数字 I2C 接口之传感器,其中整合了环境光感测组件(Ambient Light Sensor; **ALS**)、接近式感测(Proximity Sensor; **PS**)与红外线(**IR**)为一体之共同模块。**ALS** 可以感测到和人眼接收感觉类似的光源, 并让相关的应用产品根据感测到的光源信息做相应的开、关及自动调整控制(例如: 暗环境下的补光或是降低屏幕背光亮度), 以达到省电及安全的目的; **PS** 则是跟 **IR** 搭配用来侦测物体距离的远或近, 以此控制产品的开或关。



图一、APM-16D24-310-DF8/TR8 内部方块图

二、环境光感测部分：照度(Illuminance)转换方式：

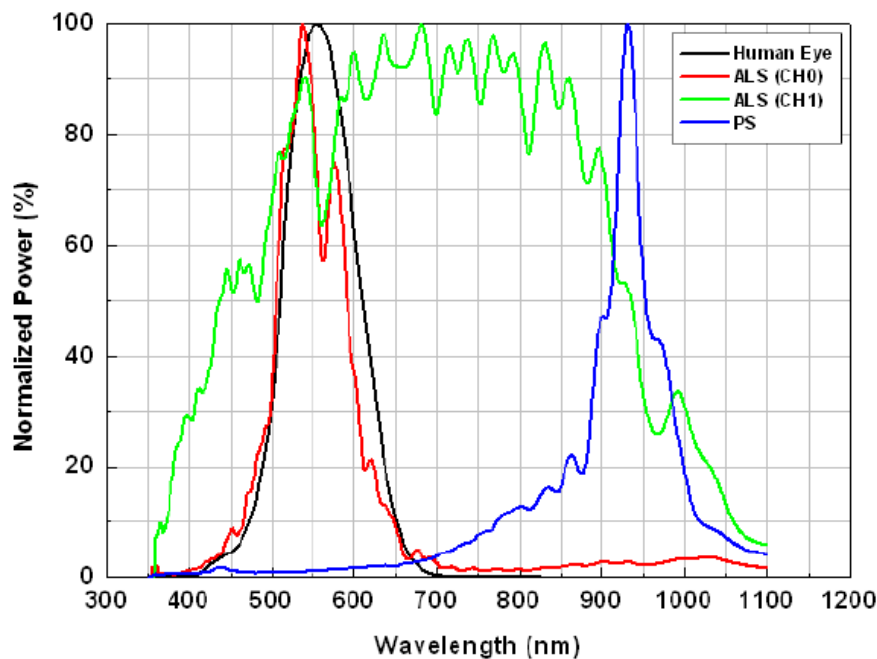
地球上充满了各种波长的电磁波，依波长从短到长可分为紫外线(Ultraviolet; UV)、可见光(Visible Light)及红外线(Infrared; IR)，而照度定义的可见光为人眼可见的电磁频谱，其波长为 380~770nm，而 ALS 主要就是侦测此段波长的电磁波强度。



图二、电磁波波长分类

在 380~770nm 的可见光波段中，在较明亮环境中人眼对 555nm 波长的绿色光最为敏感，而假设其他可见光波长跟 555nm 的光产生同样亮暗感觉所需的光通量为 $X(\lambda)$ ，则 555nm 的光通量和其他 $X(\lambda)$ 的比值可描出所谓的视见函数(visual sensitivity function)。照度的定义是需参考视见函数的，因不同的光源在不同的波长会有不同的辐射强度，而 ALS 的镀膜并不会跟视见函数完全相同，故 ALS 得到的 Count 值须经过转换才能得到照度值(Lux)。不同光谱的光源可能会得到不同的 Count 值，这样换算出的照度值也会有差异。

美特光的 APM-16D24-310-DF8/TR8 因内部封有三颗不同镀膜的光二极管(Photo Diode; PD)，如下图三，不同的 PD 对不同光谱的光会有不同响应，利用此特性可区分出不同的光源，然后根据不同的光源给予不同的换算公式，如此可解决上述相同照度下，不同光谱的光源若用相同公式会得到不同照度值的问题。

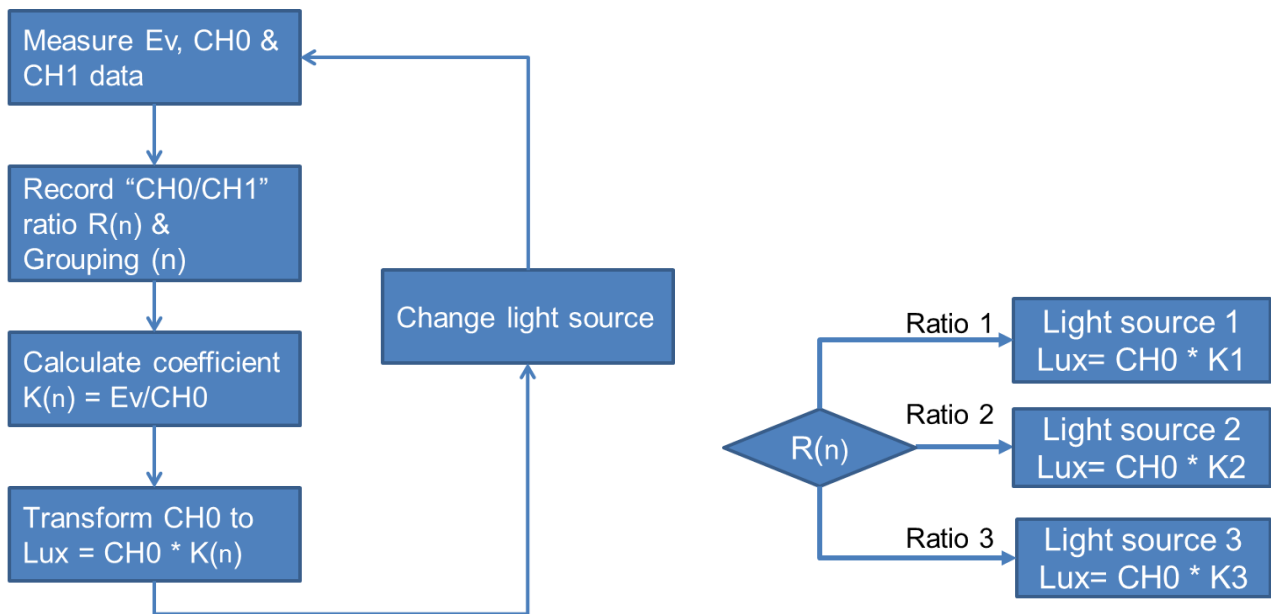


图三、APM-16D24-310-DF8/TR8 各 PD 及人眼光谱响应图

把 ALS channel 读到的 count 值转换成照度流程如下：

1. 准备不同的光源，例如：白光 LED、荧光灯、白炽灯及标准光源 D65...等，还有标准件(标准照度计)。
2. 使用第一种光源同时照射 ALS 及照度计，接着纪录照度计的读值 E_v ，并适当调整寄存器(Register) ALS_GAIN(0x04)及 ALS_TIME(0x05)的设定，同时记录 ALS CH0(0x1C, 0x1D)及 CH1(0x1E, 0x1F)的读值。调整时，需考虑最大使用环境照度，设计当 ALS 的输出饱和时的处理。
3. 把 CH0/CH1 的比值当成 $R(1)$ 。
4. 计算系数 $K(1) = E_v/CH0$ 。
5. 此光源的照度 $Lux = CH0 * K(1)$
6. 换第二种光源并重复上述步骤 1~5，可得到不同的比值 $R(n)$ 及系数 $K(n)$ 。
7. 把相对应的光源跟比值 $R(n)$ 及系数 $K(n)$ 搭配就可得到不同光源的 Lux 转换公式。

底下图四为 ALS 读值转换成照度流程图。

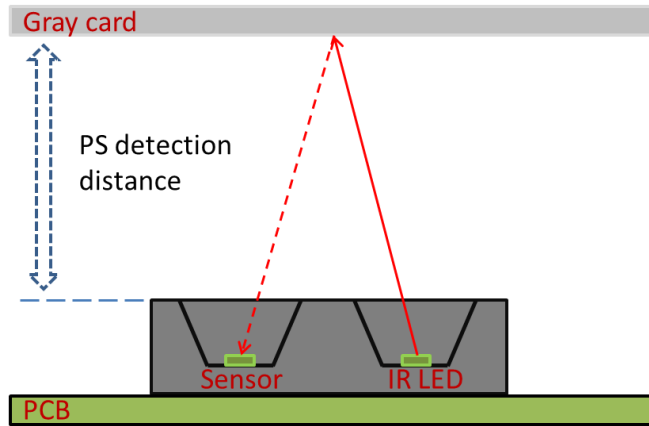


图四、ALS 寄存器读值转换成照度流程图

- 在做区分光源的 R(n)分组时，须保留切换缓冲区(buffer)。
- 计算系数 K(n)时，建议让 K 值小于 2，若 K 值过大，可回到第 2 步调整寄存器 ALS_GAIN(0x04) 及 ALS_TIME(0x05)的设定。
- 每颗 APM-16D24-310-DF8/TR8 镀膜及制程都会有些微差异，换算出的 Lux 也会有误差，故若产品要求的精确度较高时，需针对每颗 APM 进行校准。
- ALS_TIME(寄存器 0x05)是 ALS 的 ADC 转换时间，此寄存器值设越大表示积分时间越长，而输出的分辨率也会越高，此值最大为 0xFF，但只要设到 0x3F 就可得到 16 bit(0~65535)的最大输出分辨率。除非要量测非常低亮度的情况或是受限机构造成 ALS 进光量太少才须把值设超过 0x3F，此值越大 ALS 的量测时间也越久，详细数字可参考规格书。
- ALS_GAIN(寄存器 0x04)则是调整 ALS 内部放大器的增益值(一般设定为 0x00 即可，除非进光量较小可设为 0x01)，此值越大，在同光源下的输出值越大，此设定并不会增加 ALS 的量测时间。
- APM-16D24-310-DF8/TR8 也有中断触发功能，若有需要使用，详细的使用方式及寄存器设定方式可参考规格书。
- 可利用程控实现 de-bounce 或 smooth 机制，避免环境光快速变化时，受控产品会有闪烁现象发生。

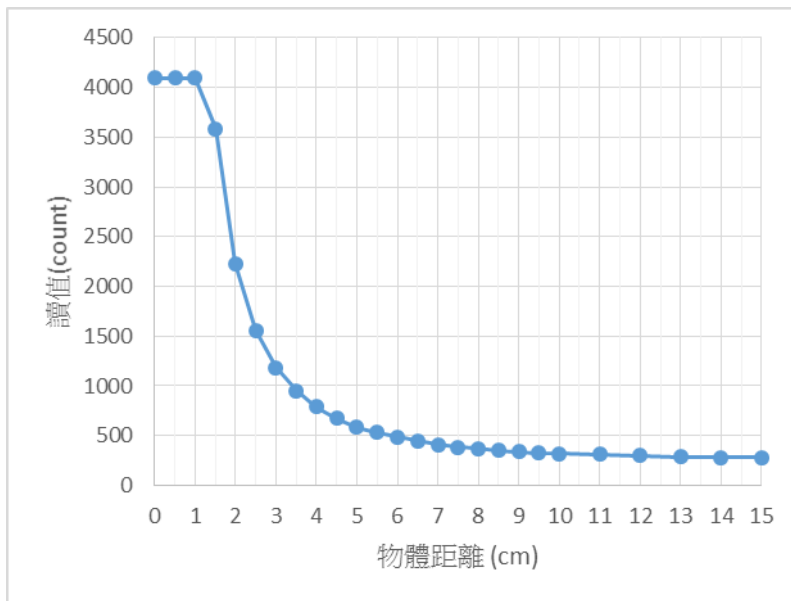
三、 接近感测(PS)部分:

接近式传感器通常使用在判断物体与 APM 距离之远、近。其原理为利用 IR LED 发射红外线并靠 APM 内的 PD 侦测被物体反射回来的红外线强度,利用其所侦测到的强度来判断距离远近。接近感测(PS)动作原理请参考图五。



图五、接近感测原理

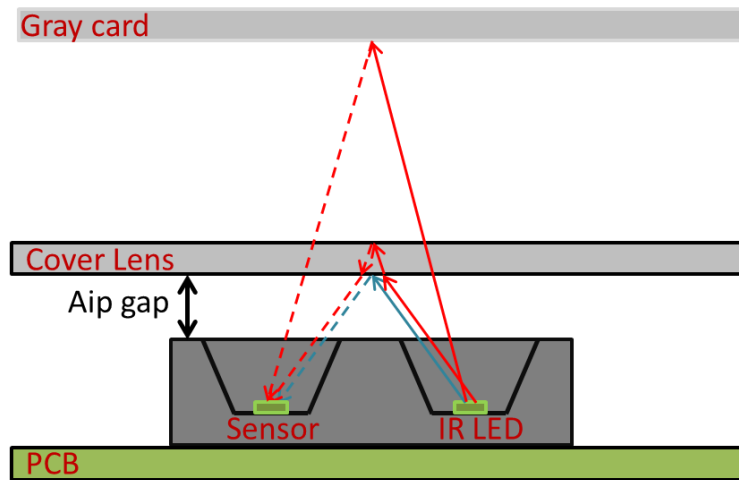
因外部环境可能也会有 IR 成分的干扰存在,为避免干扰, APM 并不会持续不间断的发射 IR,而是利用脉冲(Pulse)的方式并侦测有发射及无发射时的变异量,判断是否为物体接近时反射的 IR。当物体越靠近传感器,则 APM 读到的数值就会越高,把不同距离得到的读值记录下来可画出类似图六的距离跟 APM 读值关系图。以图六为例,能分辨的距离范围约为 1~7 公分。



图六、物体距离侦测曲线图

- 不同的材料会有不同的反射率。颜色越深，表面越粗糙的物体反射率越差，得到的读值及画出的曲线也会不同。
- 不同的寄存器(Register)设定会得到不同的特性曲线。

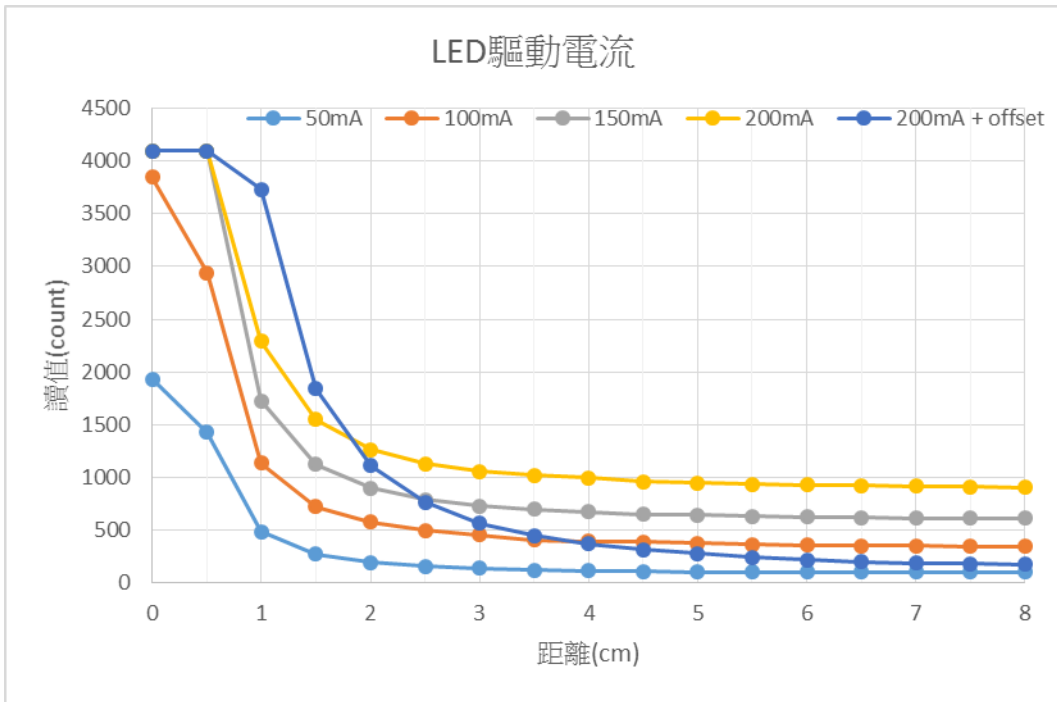
从图六可发现在侦测距离最远时的读值不为 0，原因是若 ID 设计不想让使用者直接看到 APM 本体，通常会在 APM 上方加半透明的 cover lens，而此 lens 会造成 IR 在机构内反射，使得 APM 会有一些背景噪声存在。APM 及 lens 间的间隙(gap)也会影响 PS 的性能，示意图如图七。



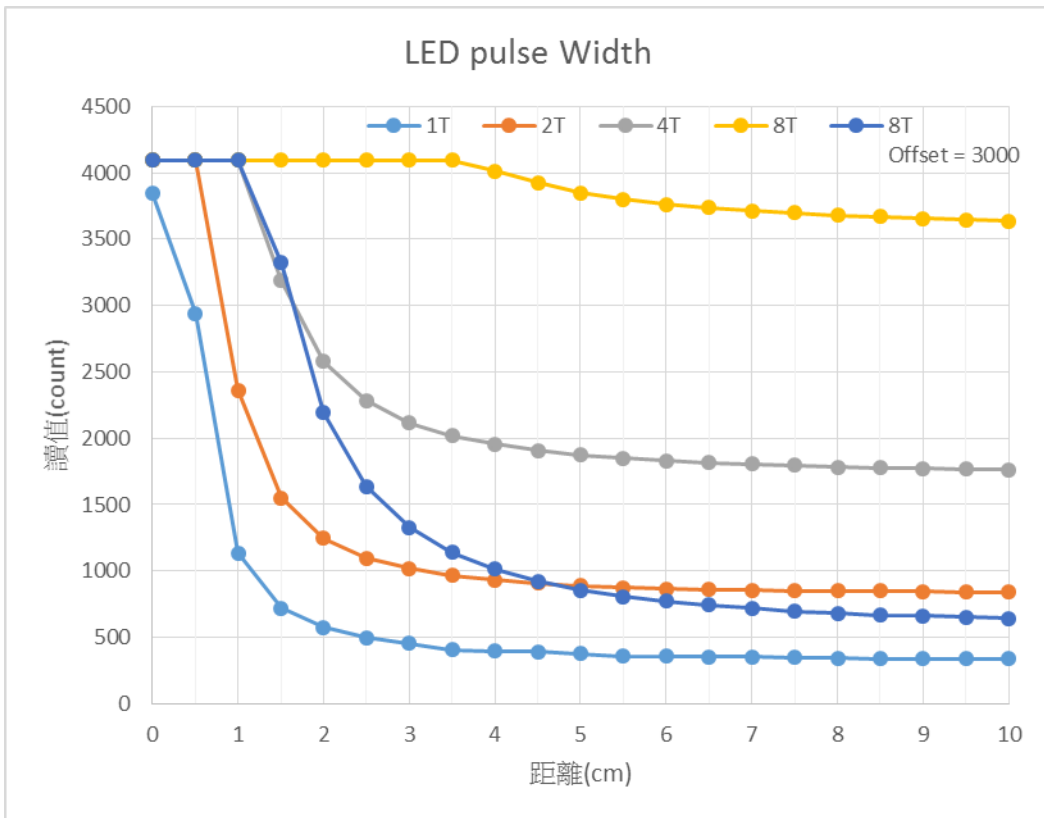
图七、加上 Lens 后产生的机构内反射

PS 在调整参数时常会用到底下几个寄存器，分别是 LED_CTRL(0x06)、PS_GAIN (0x07)、PS_PULSE (0x08)、PS_TIME(0x09)、PS_OFFSET_L(0x14) 及 PS_OFFSET_H(0x15)。其中 LED_CTRL 及 PS_PULSE 是跟 IR 发射有关的寄存器；PS_GAIN、PS_TIME、PS_OFFSET_L 及 PS_OFFSET_H 则是跟 PD 接收有关的寄存器。底下为寄存器的特性说明：

- PS_GAIN 是调整 PS 内部放大器的增益值，默认值为 0，一般此值可设为 0x00 或 0x01。
- PS_TIME 是 PS 的 ADC 转换时间，此寄存器值设越大表示积分时间越长，而输出的分辨率也会越高，此值最大为 0x0F，此时分辨率为 12 bit(0~4095)。此值越大 PS 的量测时间也越久，详细数字可参考规格书。若 APM 整体量测时间可接受，建议此值可设为 0x0F(最大分辨率)。
- LED_CTRL 此寄存器有两个功能，分别是 bit 6 及 7 的 IR LED 驱动电流调整及 bit 0~5 的 IR LED 脉冲宽度(pulse width)调整。图八及图九分别为其他条件固定下 IR LED 驱动电流及脉冲宽度调整造成的曲线变化趋势图。

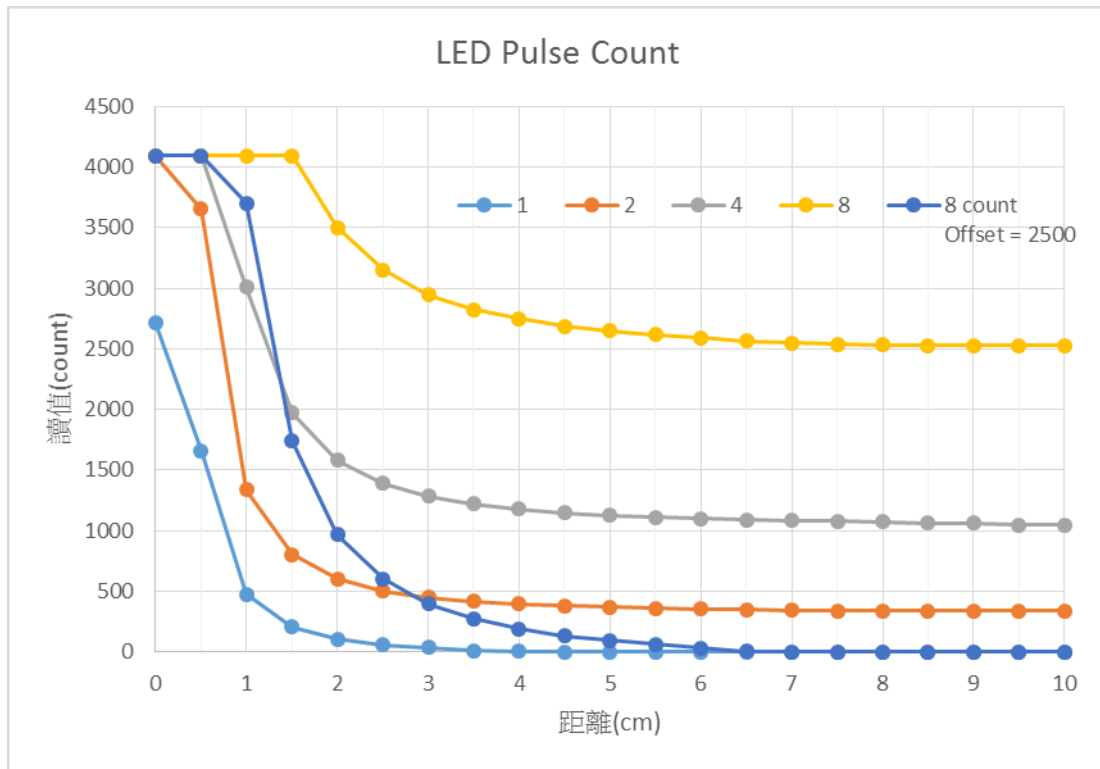


图八、LED 驱动电流调整变化趋势



图九、LED 脉冲宽度调整变化趋势

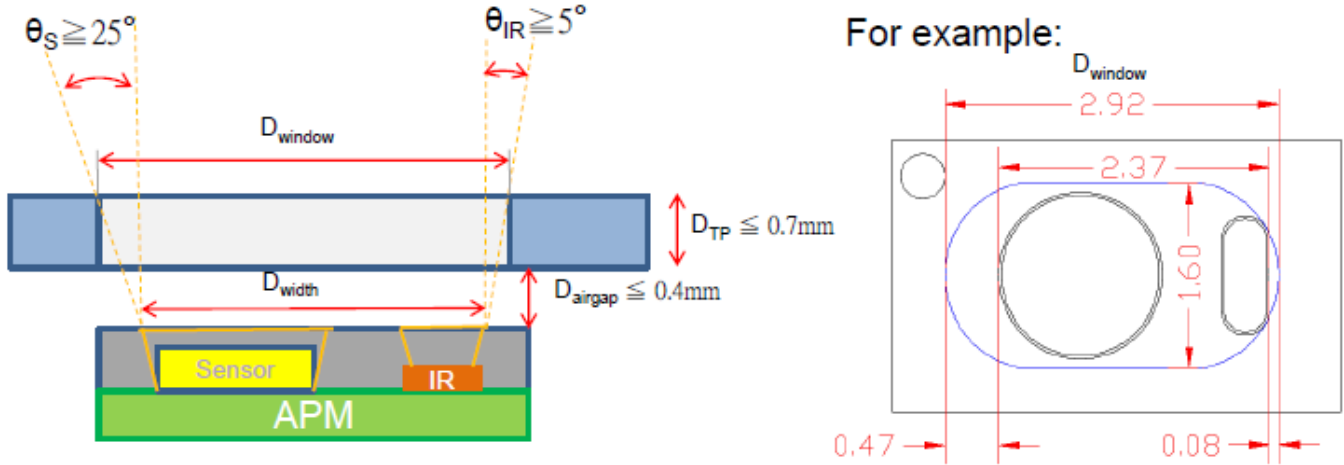
- PS_PULSE 是调整每个周期 IR LED 发射 PULSE 的次数，此值越大 PS 的侦测周期就越久，图十为其调整趋势变化图。



图十、调整 LED pulse count 趋势变化图

- PS_OFFSET_L 及 PS_OFFSET_H 是用来补偿底噪造成的干扰(尤其是有加上 lens 的情况)，图八~十可看出加入 PS_OFFSET 对 PS 功能的影响，其设定值建议稍低于量出的底噪值(若高于底噪值会造最大量测距离缩短)。

机构开孔建议:



图十一、开孔建议

- 增加 D_{window} 长度、缩短 D_{airgap} 距离或降低 D_{TP} 厚度可增加 APM 的效能。
- D_{airgap} 建议小于 0.4mm, D_{TP} 建议小于 0.7mm。
- 开孔的建议公式可参考如下:

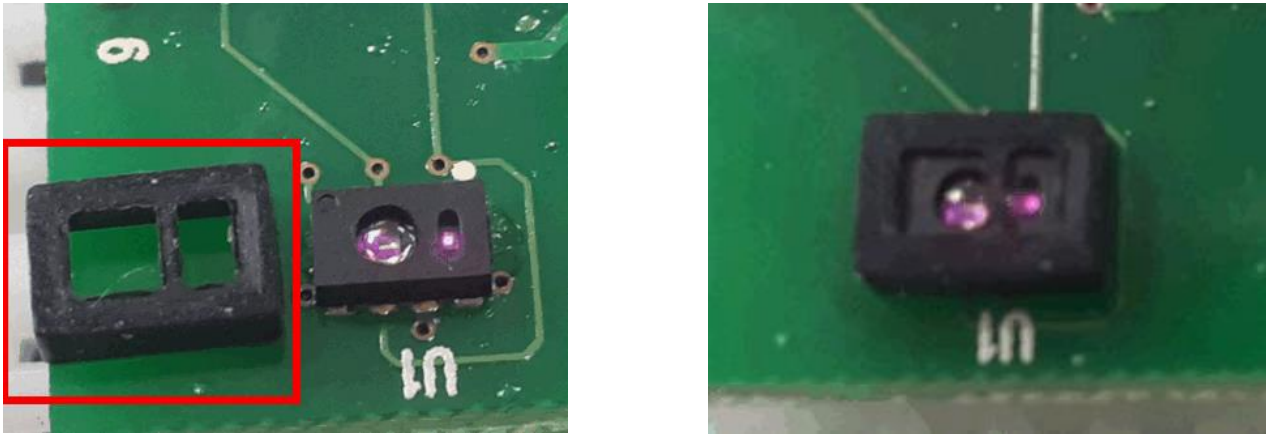
$$D_{window} = \tan\theta_{IR} \times (D_{airgap} + D_{TP}) + \tan\theta_S \times (D_{airgap} + D_{TP}) + D_{width}$$

- 举例:

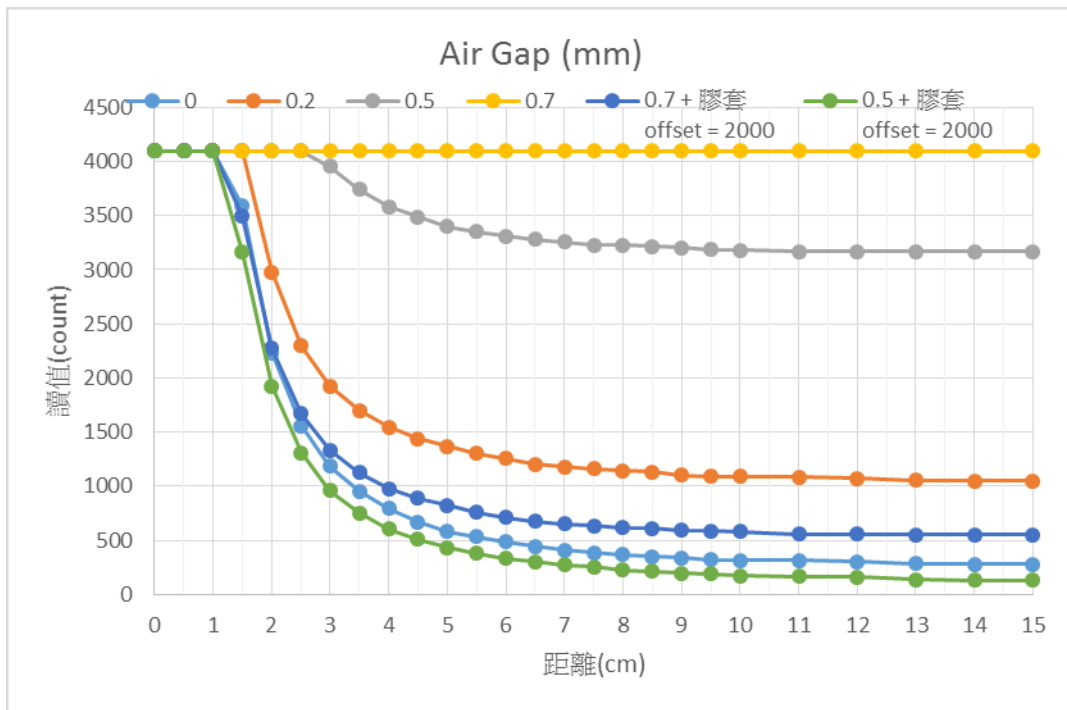
假设 $D_{airgap} = 0.3mm$, $D_{TP} = 0.7mm$, $D_{width} = 2.37mm$, $\theta_{IR} = 5^\circ$, $\theta_S = 25^\circ$

则 $D_{window} = \tan 25^\circ \times (0.3 + 0.7) + \tan 5^\circ \times (0.3 + 0.7) + 2.37 \approx 2.92mm$

- 开孔尺寸算出后,可依预估组装公差,加大开孔尺寸。
- 若有加 Lens,则穿透率越高越好,若考虑 ID 设计无法设太高,建议穿透率 550nm > 25%; 940nm > 85%。
- 若 D_{airgap} 太大,可加装如图十二的软性胶套增加密合度,降低底噪。
- 上述图八~十都是在加上一 550nm 穿透率 17%、940nm 穿透率 90% 的 lens 且在 APM 及 lens 中间无间隙的情况下量出的曲线。 D_{airgap} 对距离感测的性能影响可参考图十三。



图十二、加装软性胶套图



图十三、Air gap 对 APM 的影响

本应用手册信息仅提供客户设计参考，实际使用请客户自行验证，若有其他问题请与美特光电子联系取得进一步技术支持。