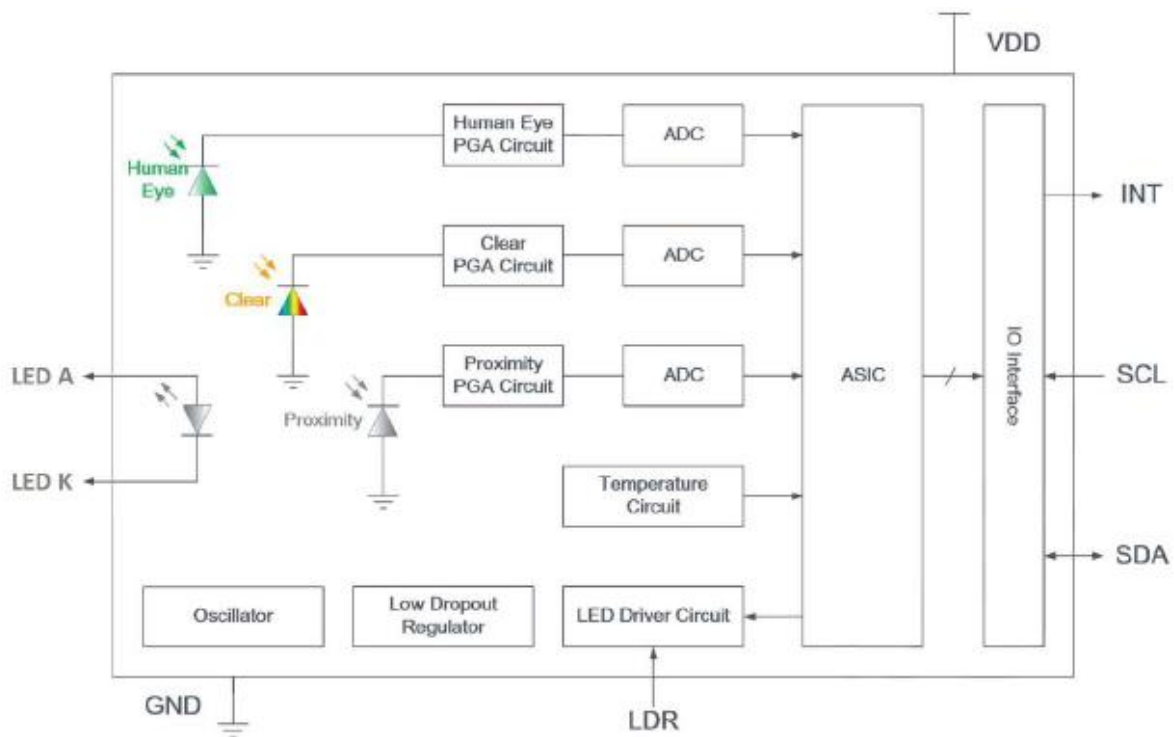


APM-16D24-310-DF8/TR8 應用手冊

一、簡介：

APM-16D24-310-DF8/TR8 為數位 I2C 介面之感測器，其中整合了環境光感測元件(Ambient Light Sensor; ALS)、接近式感測(Proximity Sensor; PS)與紅外線(IR)為一體之共同模組。ALS 可以感測到和人眼接收感覺類似的光源，並讓相關的應用產品根據感測到的光源資訊做相應的開、關及自動調整控制(例如：暗環境下的補光或是降低螢幕背光亮度)，以達到省電及安全的目的；PS 則是跟 IR 搭配用來偵測物體距離的遠或近，以此控制產品的開或關。



圖一、APM-16D24-310-DF8/TR8 內部方塊圖

二、環境光感測部分：照度(Illuminance)轉換方式：

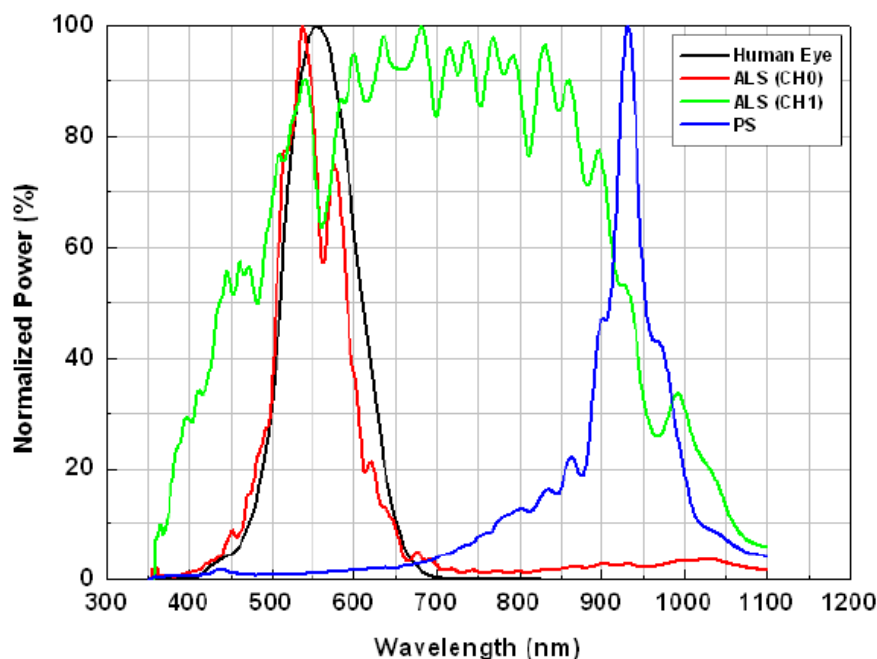
地球上充滿了各種波長的電磁波，依波長從短到長可分為紫外線(Ultraviolet; UV)、可見光(Visible Light)及紅外線(Infrared; IR)，而照度定義的可見光為人眼可見的電磁頻譜，其波長為 380~770nm，而 ALS 主要就是偵測此段波長的電磁波強度。



圖二、電磁波波長分類

在 380~770nm 的可見光波段中，在較明亮環境中人眼對 555nm 波長的綠色光最為敏感，而假設其他可見光波長跟 555nm 的光產生同樣亮暗感覺所需的光通量為 $X(\lambda)$ ，則 555nm 的光通量和其他 $X(\lambda)$ 的比值可描出所謂的視見函數(visual sensitivity function)。照度的定義是需參考視見函數的，因不同的光源在不同的波長會有不同的輻射強度，而 ALS 的鍍膜並不會跟視見函數完全相同，故 ALS 得到的 Count 值須經過轉換才能得到照度值(Lux)。不同光譜的光源可能會得到不同的 Count 值，這樣換算出的照度值也會有差異。

億光的 APM-16D24-310-DF8/TR8 因內部封有三顆不同鍍膜的光二極體(Photo Diode; PD)，如下圖三，不同的 PD 對不同光譜的光會有不同響應，利用此特性可區分出不同的光源，然後根據不同的光源給予不同的換算公式，如此可解決上述相同照度下，不同光譜的光源若用相同公式會得到不同照度值的問題。

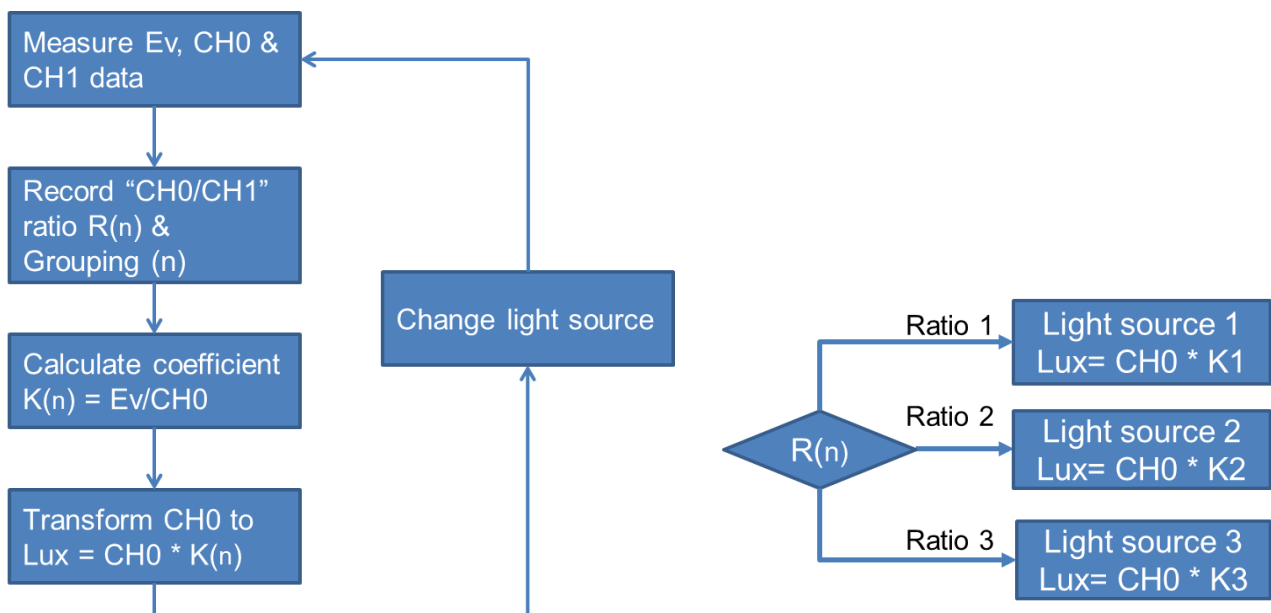


圖三、APM-16D24-310-DF8/TR8 各 PD 及人眼光譜響應圖

把 ALS channel 讀到的 count 值轉換成照度流程如下：

1. 準備不同的光源，例如：白光 LED、螢光燈、白熾燈及標準光源 D65...等，還有標準件(標準照度計)。
2. 使用第一種光源同時照射 ALS 及照度計，接著紀錄照度計的讀值 E_v ，並適當調整暫存器(Register) ALS_GAIN(0x04)及 ALS_TIME(0x05)的設定，同時記錄 ALS CH0(0x1C, 0x1D)及 CH1(0x1E, 0x1F)的讀值。調整時，需考量最大使用環境照度，設計當 ALS 的輸出飽和時的處理。
3. 把 CH0/CH1 的比值當成 $R(1)$ 。
4. 計算係數 $K(1) = E_v/CH0$ 。
5. 此光源的照度 $Lux = CH0 * K(1)$ 。
6. 換第二種光源並重複上述步驟 1~5，可得到不同的比值 $R(n)$ 及係數 $K(n)$ 。
7. 把相對應的光源跟比值 $R(n)$ 及係數 $K(n)$ 搭配就可得到不同光源的 Lux 轉換公式。

底下圖四為 ALS 讀值轉換成照度流程圖。

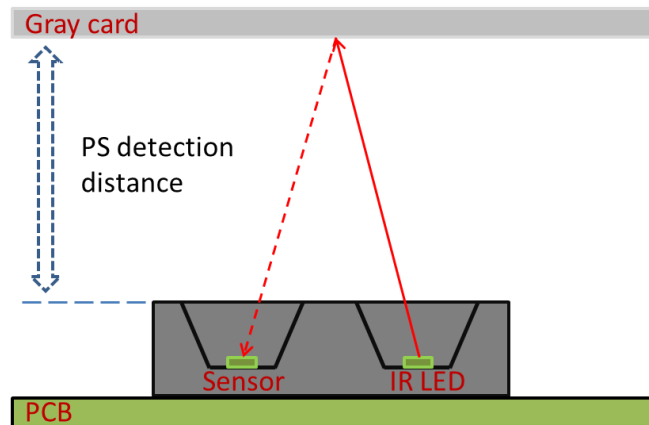


圖四、ALS 暫存器讀值轉換成照度流程圖

- 在做區分光源的 R(n)分組時，須保留切換緩衝區(buffer)。
- 計算係數 K(n)時，建議讓 K 值小於 2，若 K 值過大，可回到第 2 步調整暫存器 ALS_GAIN(0x04) 及 ALS_TIME(0x05)的設定。
- 每顆 APM-16D24-310-DF8/TR8 鍍膜及製程都會有些微差異，換算出的 Lux 也會有誤差，故若產品要求的精確度較高時，需針對每顆 APM 進行校準。
- ALS_TIME(暫存器 0x05)是 ALS 的 ADC 轉換時間，此暫存器值設越大表示積分時間越長，而輸出的解析度也會越高，此值最大為 0xFF，但只要設到 0x3F 就可得到 16 bit(0~65535)的最大輸出解析度。除非要量測非常低亮度的情況或是受限機構造成 ALS 進光量太少才須把值設超過 0x3F，此值越大 ALS 的量測時間也越久，詳細數字可參考規格書。
- ALS_GAIN(暫存器 0x04)則是調整 ALS 內部放大器的增益值(一般設定為 0x00 即可，除非進光量較小可設為 0x01)，此值越大，在同光源下的輸出值越大，此設定並不會增加 ALS 的量測時間。
- APM-16D24-310-DF8/TR8 也有中斷觸發功能，若有需要使用，詳細的使用方式及暫存器設定方式可參考規格書。
- 可利用程式控制實現 de-bounce 或 smooth 機制，避免環境光快速變化時，受控產品會有閃爍現象發生。

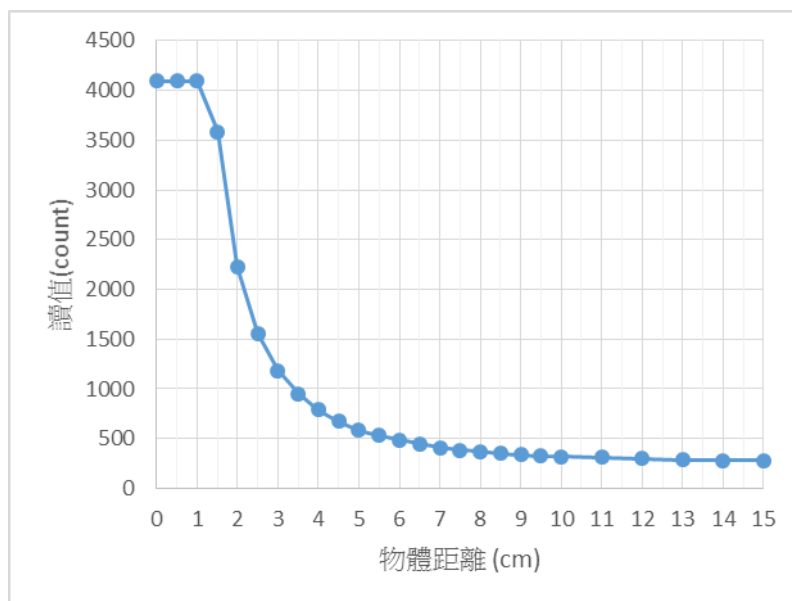
三、 接近感測(PS)部分：

接近式感測器通常使用在判斷物體與 APM 距離之遠、近。其原理為利用 IR LED 發射紅外線並靠 APM 內的 PD 偵測被物體反射回來的紅外線強度，利用其所偵測到的強度來判斷距離遠近。接近感測(PS)動作原理請參考圖五。



圖五、接近感測原理

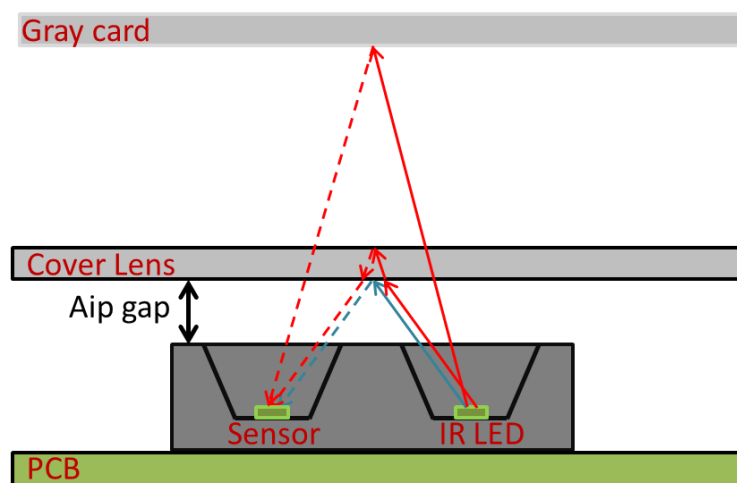
因外部環境可能也會有 IR 成分的干擾存在，為避免干擾，APM 並不會持續不間斷的發射 IR，而是利用脈衝(Pulse)的方式並偵測有發射及無發射時的變異量，判斷是否為物體接近時反射的 IR。當物體越靠近感測器，則 APM 讀到的的數值就會越高，把不同距離得到的讀值記錄下來可畫出類似圖六的距離跟 APM 讀值關係圖。以圖六為例，能分辨的距離範圍約為 1~7 公分。



圖六、物體距離偵測曲線圖

- 不同的材料會有不同的反射率。顏色越深，表面越粗糙的物體反射率越差，得到的讀值及畫出的曲線也會不同。
- 不同的暫存器(Register)設定會得到不同的特性曲線。

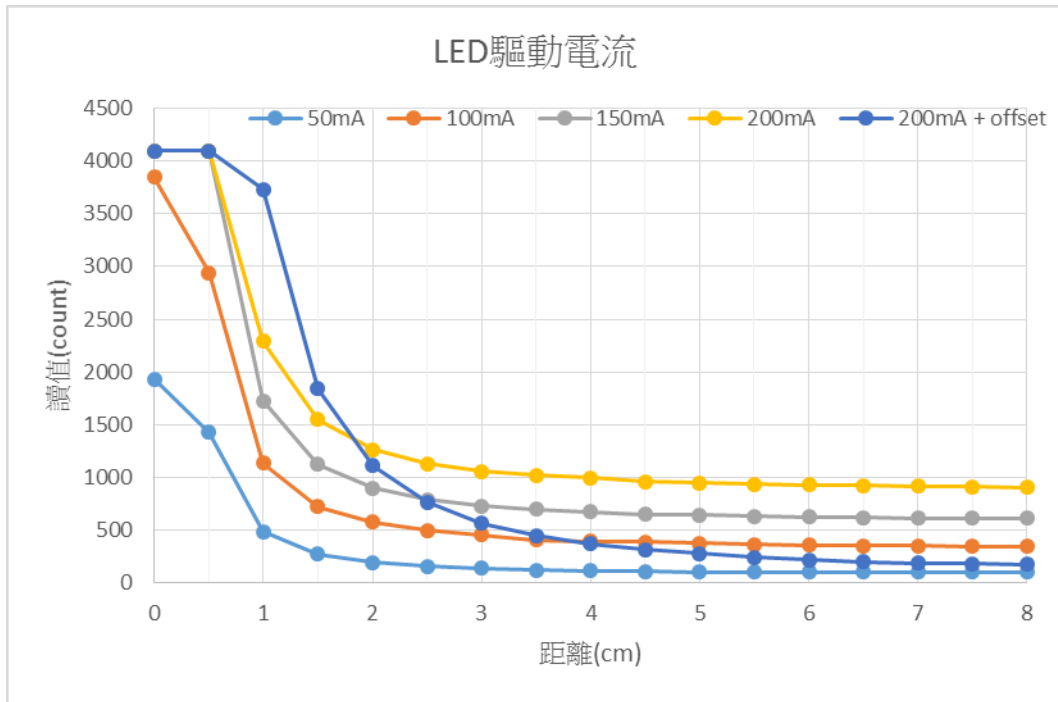
從圖六可發現在偵測距離最遠時的讀值不為 0，原因是若 ID 設計不想讓使用者直接看到 APM 本體，通常會在 APM 上方加半透明的 cover lens，而此 lens 會造成 IR 在機構內反射，使得 APM 會有一背景雜訊存在。APM 及 lens 間的空隙(gap)也會影響 PS 的性能，示意圖如圖七。



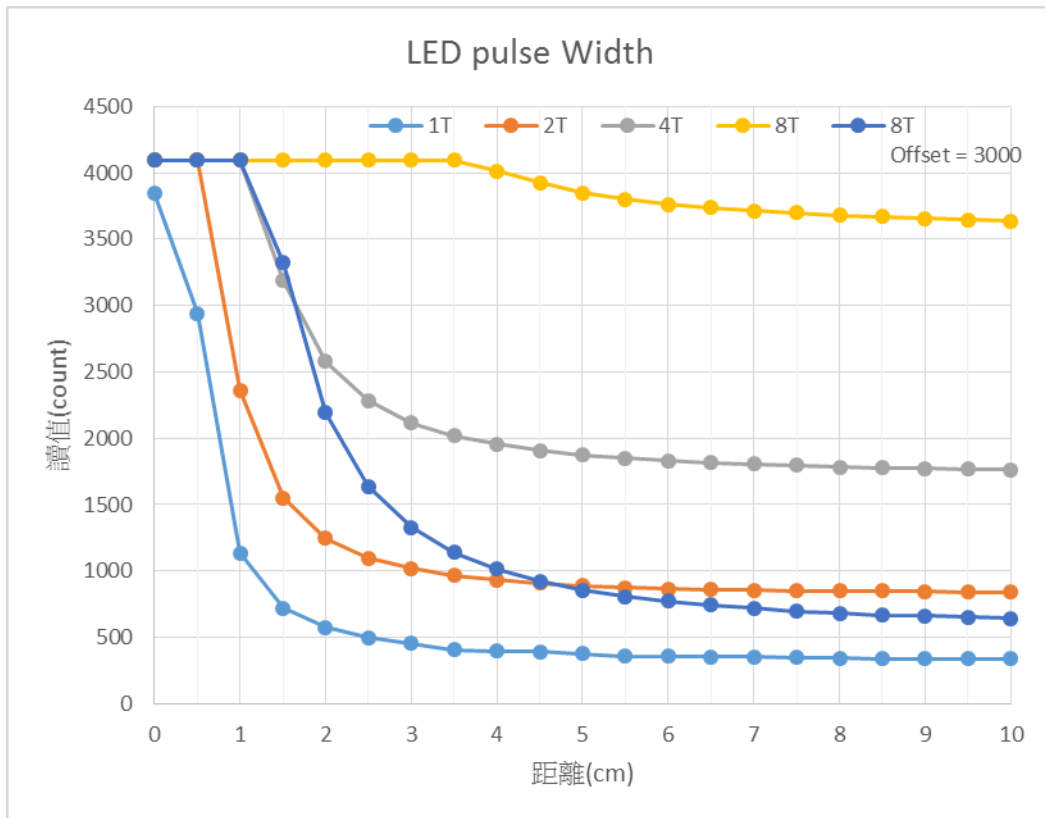
圖七、加上 Lens 後產生的機構內反射

PS 在調整參數時常會用到底下幾個暫存器，分別是 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 發射有關的暫存器；PS_GAIN、PS_TIME、PS_OFFSET_L 及 PS_OFFSET_H 則是跟 PD 接收有關的暫存器。底下為暫存器的特性說明：

- PS_GAIN 是調整 PS 內部放大器的增益值，預設值為 0，一般此值可設為 0x00 或 0x01。
- PS_TIME 是 PS 的 ADC 轉換時間，此暫存器值設越大表示積分時間越長，而輸出的解析度也會越高，此值最大為 0x0F，此時解析度為 12 bit(0~4095)。此值越大 PS 的量測時間也越久，詳細數字可參考規格書。若 APM 整體量測時間可接受，建議此值可設為 0x0F(最大解析度)。
- LED_CTRL 此暫存器有兩個功能，分別是 bit 6 及 7 的 IR LED 驅動電流調整及 bit 0~5 的 IR LED 脈衝寬度(pulse width)調整。圖八及圖九分別為其他條件固定下 IR LED 驅動電流及脈衝寬度調整造成的曲線變化趨勢圖。

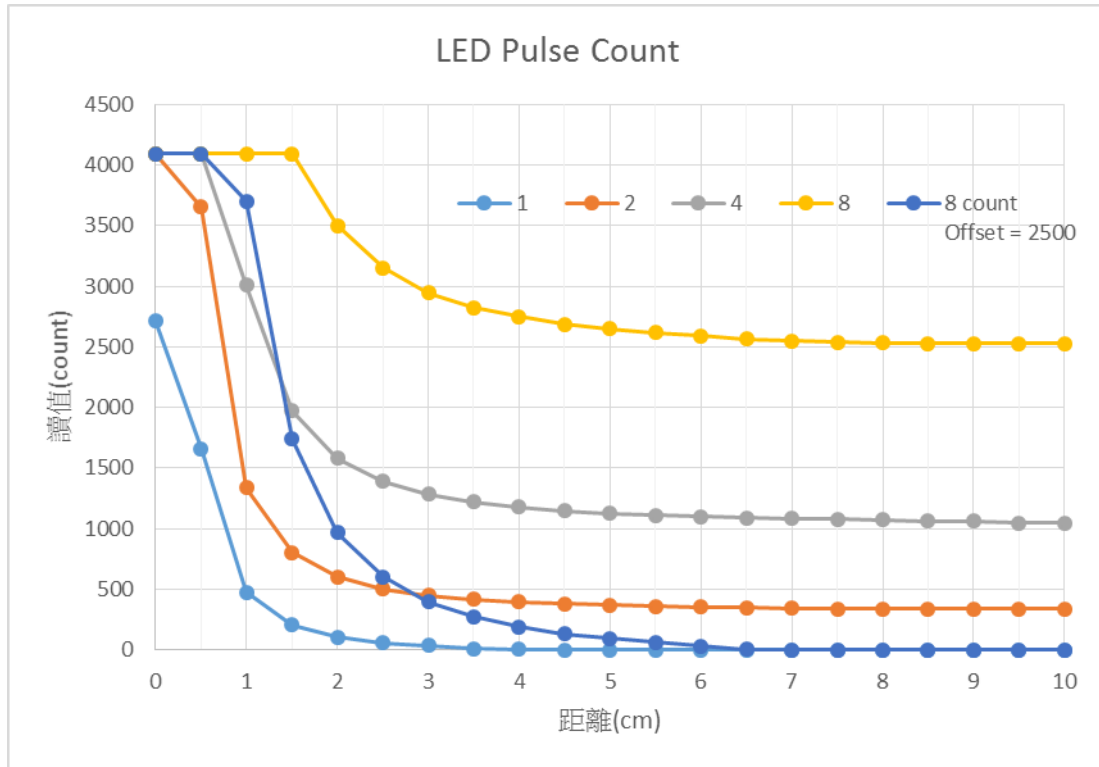


圖八、LED 驅動電流調整變化趨勢



圖九、LED 脈衝寬度調整變化趨勢

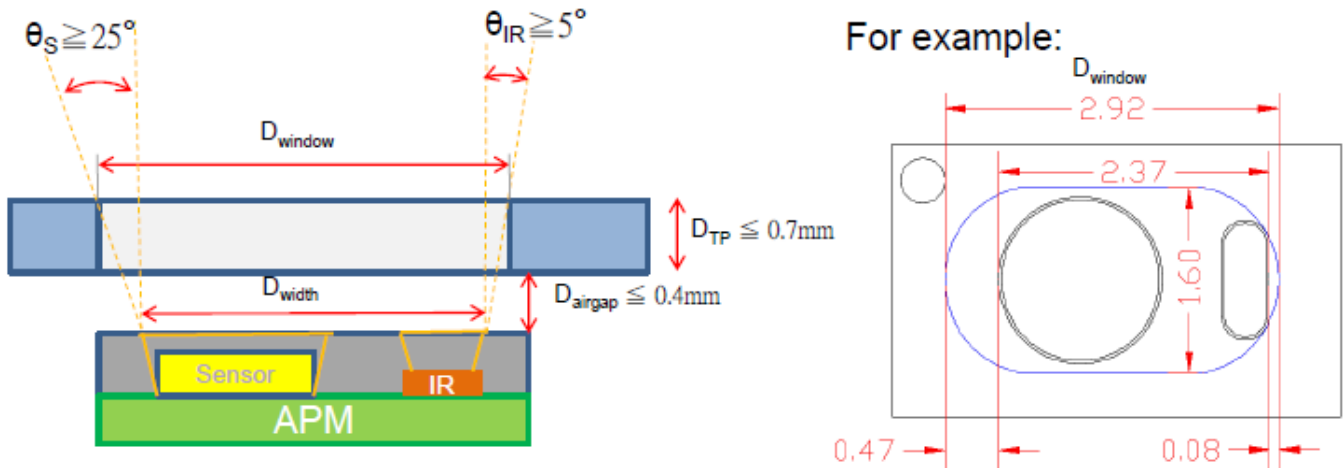
- PS_PULSE 是調整每個週期 IR LED 發射 PULSE 的次數，此值越大 PS 的偵測週期就越久，圖十為其調整趨勢變化圖。



圖十、調整 LED pulse count 趨勢變化圖

- PS_OFFSET_L 及 PS_OFFSET_H 是用來補償底噪造成的干擾(尤其是有加上 lens 的情況)，圖八~十可看出加入 PS_OFFSET 對 PS 功能的影響，其設定值建議稍低於量出的底噪值(若高於底噪值會造最大量測距離縮短)。

四、機構開孔建議：



圖十一、開孔建議

- 增加 D_{window} 長度、縮短 D_{airgap} 距離或降低 D_{TP} 厚度可增加 APM 的效能。
- D_{airgap} 建議小於 0.4mm， D_{TP} 建議小於 0.7mm。
- 開孔的建議公式可參考如下：

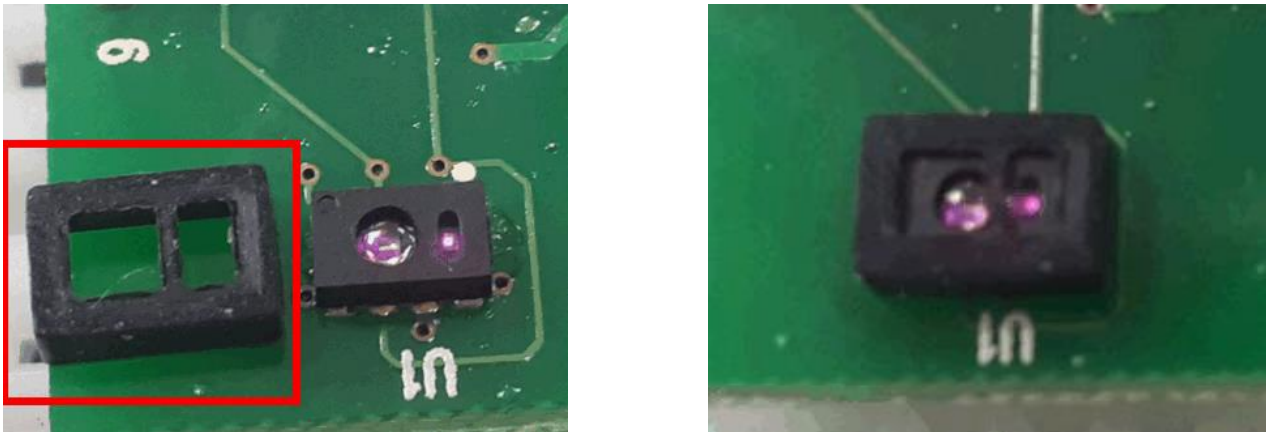
$$D_{window} = \tan\theta_{IR} \times (D_{airgap} + D_{TP}) + \tan\theta_S \times (D_{airgap} + D_{TP}) + D_{width}$$

- 舉例：

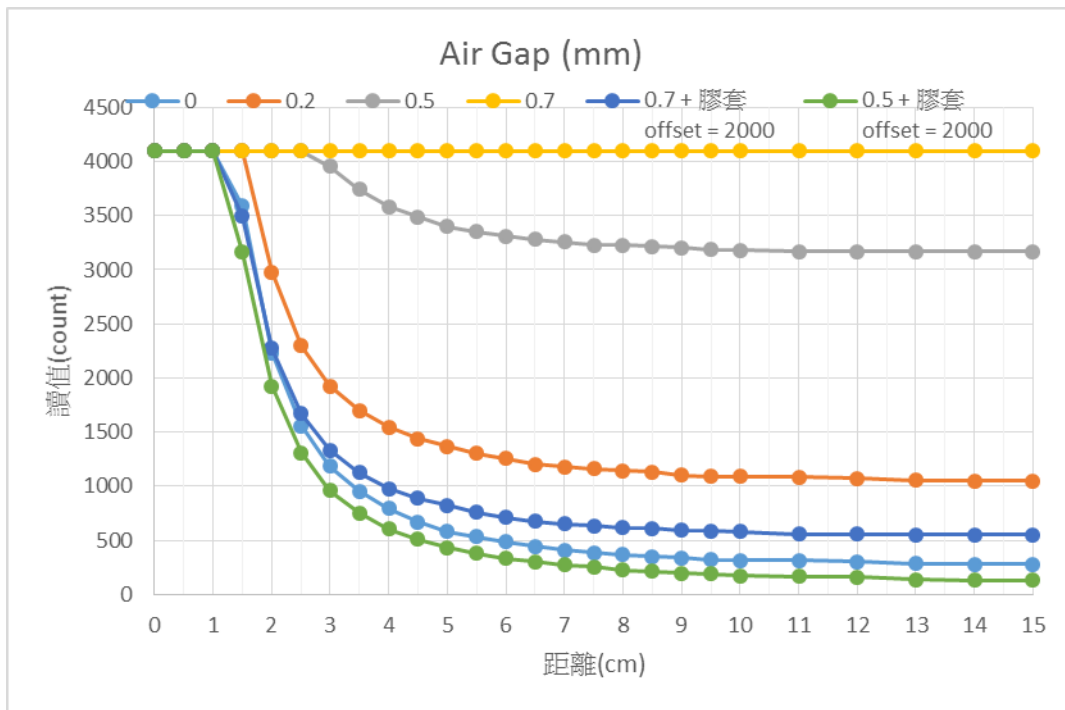
假設 $D_{airgap} = 0.3\text{mm}$, $D_{TP} = 0.7\text{mm}$, $D_{width} = 2.37\text{mm}$, $\theta_{IR} = 5^\circ$, $\theta_S = 25^\circ$

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

- 開孔尺寸算出後，可依預估組裝公差，加大開孔尺寸。
- 若有加 Lens，則穿透率越高越好，若考量 ID 設計無法設太高，建議穿透率 550nm > 25%; 940nm > 85%。
- 若 D_{airgap} 太大，可加裝如圖十二的軟性膠套增加密合度，降低底躁。
- 上述圖八~十都是在加上一 550nm 穿透率 17%、940nm 穿透率 90% 的 lens 且在 APM 及 lens 中間無間隙的情況下量出的曲線。 D_{airgap} 對距離感測的性能影響可參考圖十三。



圖十二、加裝軟性膠套圖



圖十三、Air gap 對 APM 的影響

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。