

# 深度解析：雷射器與雷達如何搭配運作？

■文：艾邁斯歐司朗

近年來，LiDAR 技術 (雷射雷達) 得到了廣泛的關注和提及，但在實際應用中，其效果似乎尚未完全達到預期。雖然有些汽車已經配備了 LiDAR，但其潛在的效用尚未得到充分發揮。在汽車領域，如何充分利用 LiDAR 為自動駕駛或輔助駕駛帶來優勢仍是一個挑戰，產業還在摸著石頭過河。

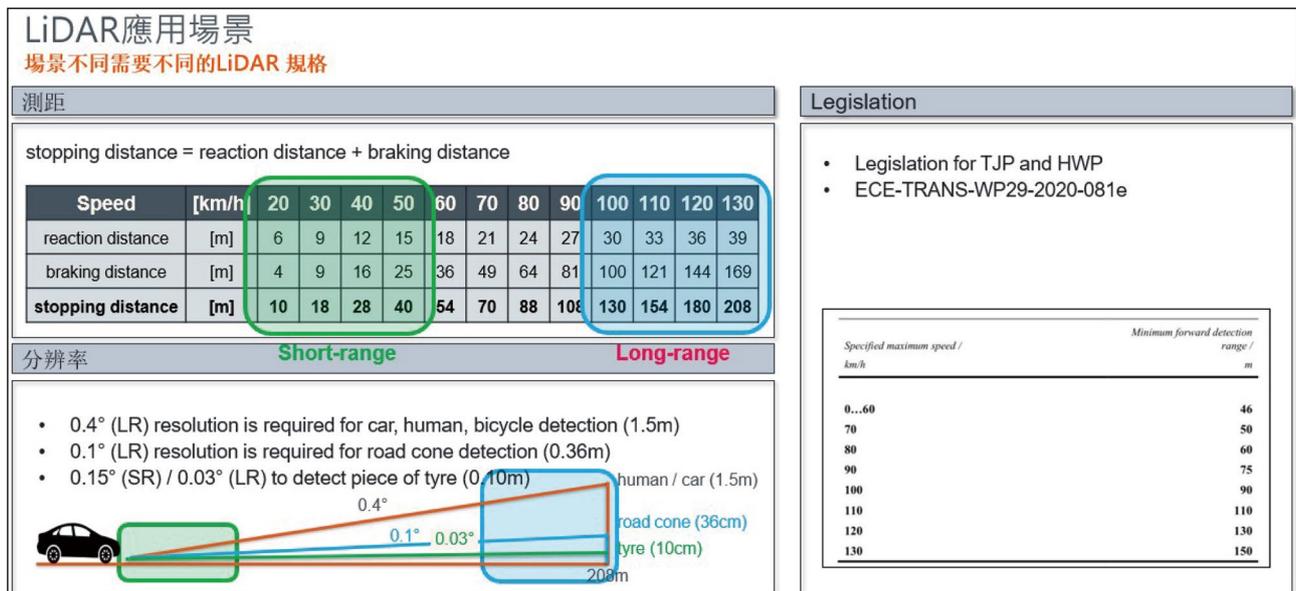
作為 LiDAR 技術的領導者，艾邁斯歐司朗從實際應用出發，深入洞察 LiDAR 的場景需求。基於此，艾邁斯歐司朗提供了一系列針對性的雷射器解決方案建議，旨在為客戶提供最佳的 LiDAR 解決方案。

## LiDAR 最原始的應用場景：測距

首先，明確 LiDAR 應用場景是最核心和最基本的一環。只有確定了適當的應用場景，我們才能確保 LiDAR 能發揮最大作用。那麼，在自動駕駛技術的快速發展過程中，LiDAR 的應用場景究竟應如何定義？「過去幾年，眾多 LiDAR 廠家都在效能、價格和各種技術參數上比拚，但實際應用場景定義仍然模糊不清。對此，我們嘗試回歸到 LiDAR 最基本的應用：測距，以此來對 LiDAR 進行進一步探討。」艾邁斯歐司朗中國區 LiDAR 應用資深行銷經理梁澤春指出。

在實際駕駛中，當遇到緊急情況需要進行

圖 1：LiDAR 應用場景 (圖片來源：艾邁斯歐司朗)



緊急剎車時，LiDAR 來測距主要考慮兩個核心因素：1、反應時間：即駕駛發現障礙物到真正開始剎車的時間間隔。這段時間內，車輛將繼續前進，形成一個所謂的“反應距離”。2、剎車距離：即從駕駛開始剎車到車輛完全停穩所需的距離。例如在車速為 50km/h 時，可能需要 40m 的剎車距離；而當車速達到 130km/h 時，這一距離可能擴展至 200m。如圖 1 表格中所示。

因此，根據這兩大因素，LiDAR 測距可區分長距離、遠距離和中距離三大主要應用場景。

此外，解析度也是決定雷達效能的關鍵因素之一，它決定了 LiDAR 能夠檢測到的物體的大小和清晰度。我們假設了三種基本場景：人的身高（約 1.5m）、路標（約幾十釐米高）以及較小的障礙物，如掉落的輪胎或礦泉水瓶。根據這些物件的高度，以及 LiDAR 的工作距離，就可以確定所需的角速度解析度。

除了測距和解析度，幀頻也是一個考慮因

素。由於幀與幀之間存在時間差，必須考慮這一時間差帶來的測量偏差。

所以，一個好的 LiDAR 方案需要綜合考慮測距、角度解析度以及幀頻等多種因素。

按照測距的方式來劃分的話，又可以定義如下場景：交通阻塞輔助 / 自動駕駛，城市交通 / 自動駕駛、或高速輔助 / 自動駕駛、停車輔助、L4 以上的自動駕駛。這幾種場景基本上覆蓋了 70% 至 80% 的常見應用，為 LiDAR 的進一步應用釐清了方向。

各種場景都有其特定的需求，這導致我們需要採納不同的技術策略。圖 3 展示了艾邁斯歐司朗針對城市交通輔助和先進自動駕駛等 LiDAR 長距離應用提出的基準參考標準。

對於短距離應用，停車場是一個明確且常見的參考點（見圖 4）。從中，我們可以看到其垂直視場角度與長距離應用截然不同。長距離的垂直角度為 25°，短距離需要達到 90°。而

圖 2：LiDAR 在汽車應用中的場景（圖片來源：艾邁斯歐司朗）

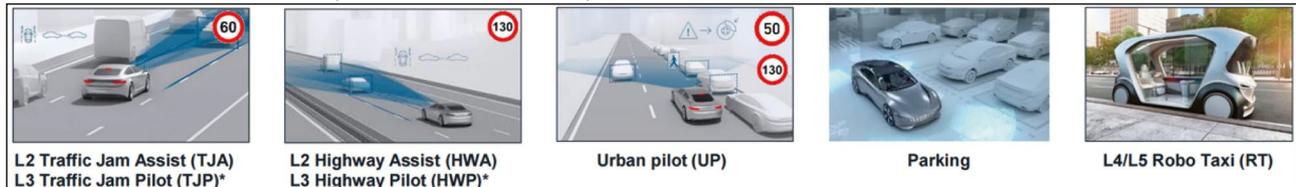


圖 3：LiDAR 長距離使用案例（圖片來源：艾邁斯歐司朗）

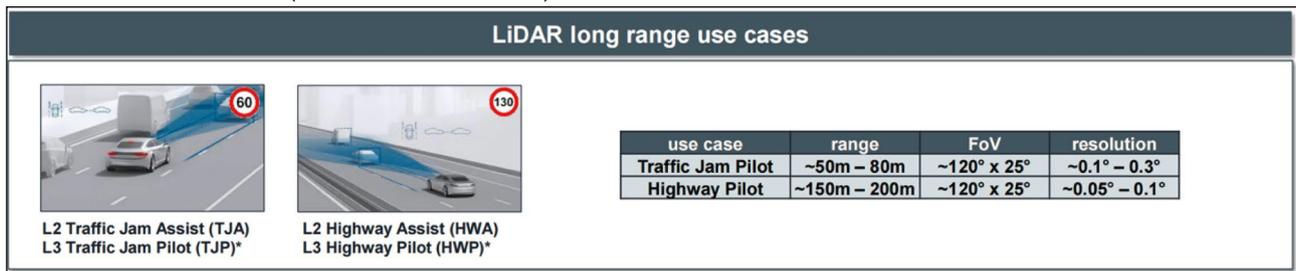
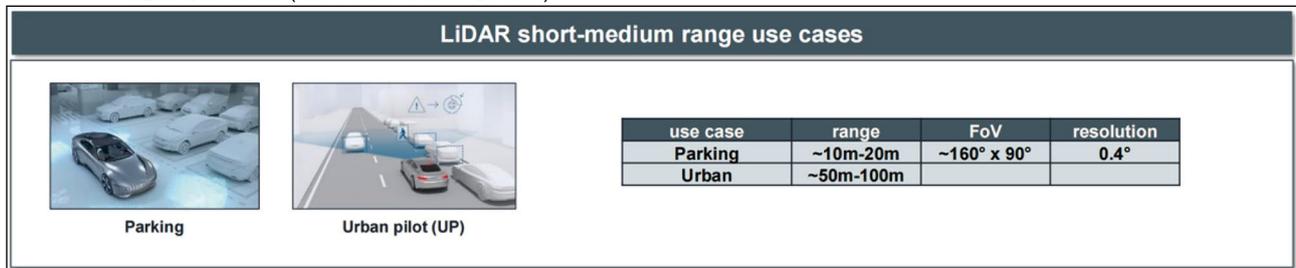


圖 4：LiDAR 短距離使用案例（圖片來源：艾邁斯歐司朗）



在水準方向，要實現充分的短距離覆蓋，角度需至少為 140° 或 150°。然而在短距離應用中城市駕駛的場景較為複雜，涉及多種速度和環境。目前，城市駕駛的 NOA 標準仍在討論中，大致上有兩個建議：1、制訂全新的規格，需要考慮到測距、角度等多方面因素，要求極高；2、結合短、長距離雷達，如採用一顆主雷達 + 兩顆輔助雷達，或者其它如 2 + 2、2 + 3、2 + 4 的雷達組合方案。

### 雷達雷射器技術發展分析

確定了 LiDAR 應用場景之後，讓我們來看看雷射器的發展情況。雷射器技術主要有三種：邊緣發射雷射器 (EEL)、垂直腔表面發射雷射器 (VCSEL)，還有光纖雷射器。這三種技術各有優缺點：

- EEL：具有非常高的功率密度，達到 60000W/ 每平方毫米，大約是 VCSEL 的數十倍 (圖 6)，因此，其在光功率密度佔據絕

圖 5：三種雷射器技術 (圖片來源：艾邁斯歐司朗)

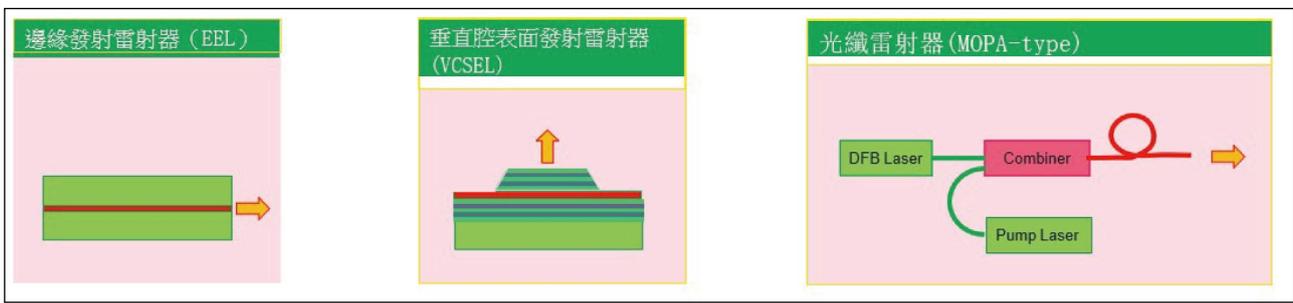


圖 6：EEL 和 VCSEL 兩種技術的關鍵參數一覽 (圖片來源：艾邁斯歐司朗)

| Parameter            | EEL   | VCSEL   |
|----------------------|---|---|
| Laser技術              | InGaAs/GaAs   | GaAs  |
| 波長                   | 905nm   | 905nm / 940nm                                       |
| 發射結構                 | 邊緣發射  | 垂直表面發射  |
| 光譜寬度                 | 7nm   | 1nm   |
| 光功率                  | 由腔體長度調節   | 由面積調節   |
| 功率密度 (發射面積)          | 125W @ 0.0022mm <sup>2</sup><br>~ 60,000W/mm <sup>2</sup> | 1000W @ 1mm <sup>2</sup><br>~1,000W/mm <sup>2</sup> |
| 輻射特性                 | Elliptical<br>e.g. ± (5° x 12°)                           | Gaussian<br>e.g. ± 10°                              |
| 波長漂移與 T <sub>j</sub> | 0.3 nm/K -> <0.07 nm/K*                                   | 0.07 nm/K   |
| 功率下降與溫度              | -0.25 %/K   | -0.15 %/K   |
| 溫度範圍 T <sub>j</sub>  | -40°C ... 125°C   | -40°C ... 125°C                                     |
| 上升和下降沿時間             | < 1 ns  | < 1 ns  |

對優勢，特別適用於遠距應用。

■ **VCSEL**：VCSEL 的優勢在於其垂直發射結構，以及其較小、圓形的光斑。這使得 VCSEL 在某些需要特定光學結構的應用中具有優勢。另外，相比邊緣發射，VCSEL 的溫度漂移問題相對較小，這意味著在變化的環境溫度下，它可以提供更穩定的效能。VCSEL 在短距固態應用中有優勢，但在中長距離應用中會有挑戰。

■ **光纖雷射器**：輸出功率高、光束品質好、速度快，是高效能系統的理想選擇。但其複雜性顯著增加，而且成本以及過車規是挑戰，市場接受度相對較狹窄。並非長期發展之選。

根據知名分析機構 Yole 的報告，在雷達雷射器方面，EEL 佔據市場主導地位，VCSEL

圖 7：幾種雷射器的市場佔有率 (資料來源：Yole LiDAR report Aug. 2022)

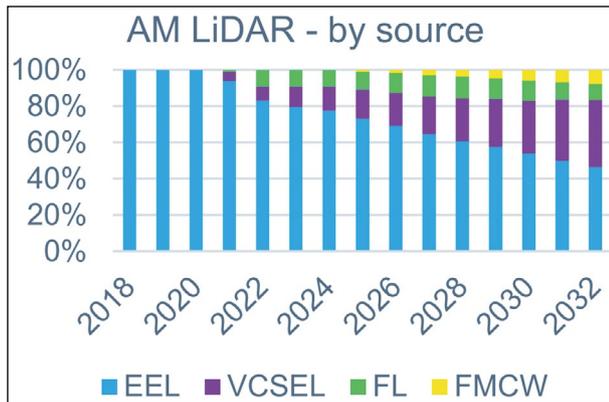
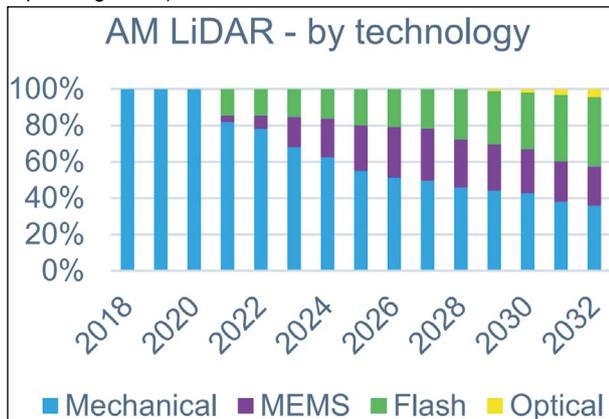


圖 8：雷達技術市場佔有率發展趨勢 (資料來源：Yole LiDAR report Aug. 2022)



也開始逐漸被應用。其他幾種技術如 FL 和 FMCW 的市占率則相對較小。

所以，EEL 和 VCSEL 這兩種主要的雷射器技術正在全力賽跑，各大公司根據自身的雷達技術路線和策略，選擇採納不同的雷射器技術，導致市場上出現了多種技術並存、競相輝映的現象。

## LiDAR 與雷射器如何搭配？

LiDAR 技術主要包括機械旋轉式、MEMS 及 Flash 雷達等多種技術路線。根據知名分析機構 Yole 的報告，當前市場上主要採用機械旋轉式 LiDAR，佔據較大的市場占有率。儘管 MEMS 雷達在市場占有率上尚處於較小狀態，但預期其在未來三年將會迅速增長。長遠看來，Flash 雷達技術可能會成為主流。

從雷射器的選擇和搭配當中來看，機械旋轉雷達方案中目前是 EEL 為主，有少量 VCSEL 的方案。在 MEMS 和稜鏡式雷達中，也基本都是以 EEL 為主。而在分區覆蓋的 1D、2D 的應用中，只有 VCSEL 能做。在全覆蓋固態雷達方面最大的挑戰是長距的應用，目前看 EEL 和 VCSEL 都難以勝任。

## 艾邁斯歐司朗：EEL 與 VCSEL 技術的創新引領者

為了推動 EEL 與 VCSEL 雷射器技術的應用發展，艾邁斯歐司朗正在從多個角度出手。

### (一) EEL 雷射器的技術提升方向

- 1、從單通道擴展到多通道，逐步向線光源和面光源發展。
- 2、繼續提高光功率和效率，這是核心之爭。透過晶片技術的革新帶來的多結技術。其所帶來的直觀提升是，以前的功率為 65W 的設

圖 9：雷達光源的選擇 ( 圖片來源：艾邁斯歐司朗 )

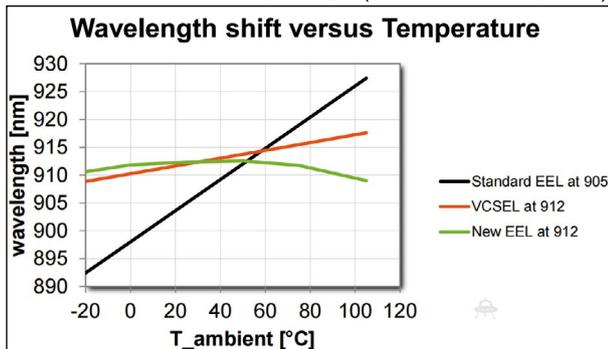
| LiDAR 光源選擇      |  |  |  |
|-----------------|--|--|--|
| EEL和VCSEL       |  |  |  |
|                 | 短距<br>0 m – 40 m<br>City Traffic,<br>Freeway lane change | 中距<br>1 m – 90 m<br>City Traffic,<br>Interurban road crossing<br>Freeway rear view | 長距<br>1 m – 250 m<br>Freeway, long distance view |
| 全覆蓋固態 LiDAR     | EEL<br>VCSEL   | EEL<br>VCSEL   |  |
| 分區覆蓋固態 LiDAR    | VCSEL  | VCSEL  | VCSEL  |
| MEMS 和稜鏡式 LiDAR | EEL  | EEL  | EEL  |
| 機械旋轉式 LiDAR     | EEL<br>VCSEL   | EEL<br>VCSEL   | EEL<br>VCSEL                                     |

備，現在可以在相同的體積和驅動條件下，增加到 100W。同樣地，原先 120W 的設備現在有可能達到 180W 甚至 200W。

- 3、與 VCSEL 不同，EEL 並不能透過增大面積來提高功率，但透過提升諧振腔的腔長，可以在相同的發光口徑下增加其功率和功率密度。
- 4、減小出光口尺寸也是一個主要方向。原來的 220mm 的尺寸現在已經減少到 110mm，並有望進一步減小到 60mm 或 50mm。

關於溫度漂移的問題，對艾邁斯歐司朗而

圖 10：EEL 雷射器波長穩定性大幅提升 ( 圖片來源：艾邁斯歐司朗 )



言已不是難事。如圖 10 綠色線條所示，艾邁斯歐司朗已將邊發射雷射器的技術做到，在 -20°C 到 105°C 的溫度範圍內的偏移空間從 35nm 減少到 10nm。首批客戶回饋表明，減少 30nm 的波長偏移可以透過降低背景雜訊 (SNR1 增加) 使測量範圍增加約 40%。

### (二) VCSEL 雷射器的發展方向

功率密度是 VCSEL 的一個弱點。因此，技術研發團隊一直在利用其天然的優勢，特別是在定址能力上，無論是 1D 還是 2D，其優勢都十分明顯。具體而言，為了提高 VCSEL 的功率密度，一方面是通過提升結數，從三結、五結提升到六結到八結，甚至是更多；另一方面是提升填充因數。

## 艾邁斯歐司朗的車規級 VCSEL 產品路線

VCSEL 在短距離中的應用前景廣闊，但在

LiDAR 市場，VCSEL 的高度客製化帶來了巨大投資壓力。為此，艾邁斯歐司朗首先推出了標準化產品來協助客戶評估其系統，部分已經通過晶片部分相關的車規或正在認證的路上。

在 Flash 雷達領域，目前，艾邁斯歐司朗從五結層到八結層的產品樣品已達到 2000W/平方毫米的功率密度。在 1D 和 2D 領域，艾邁斯歐司朗的 OSLO 和 Riga 平臺可以與主流 SPAD 有非常好的匹配。

## 艾邁斯歐司朗的 EEL 產品規劃

EEL 領域的裸片產品，如 65W、125W，以及低溫漂和多通道產品，可能已為大家所熟知。我們更推薦封裝產品，封裝產品不僅將裸片的處理難題交由元器件廠家解決，還採用了低成本的標準化封裝方式，如常見且已經達到車規標準的 QFN 封裝。因此，我們建議優先選擇封裝產品，而不是裸片。

此外，艾邁斯歐司朗可以提供完全滿足車規要求的 SMD 封裝技術，支援從單通道到多通道，從 125W 增至 500W，8 通道更可達 1000W。而艾邁斯歐司朗的研發還不止於此，也涉及更多通道更高功率更小體積的解決方案。

## 結語

無論是邊緣發射雷射器 (EEL) 還是垂直腔表面發射雷射器 (VCSEL)，艾邁斯歐司朗均專注於提供高度專業化的 LiDAR 技術解決方案。我們的產品線涵蓋從低功率到高功率，從單通道至多通道，以及從 Flash 技術到 1D 和 2D 掃描技術。除此之外，艾邁斯歐司朗還深耕於車規級別的產品認證，確保產品的安全與可靠性。全球範圍內，無論是哪種技術應用架構，我們都與頂級的 Tier1 供應商和 OEM 廠商保持長期而成功的合作夥伴關係。CTA



Automotive AI-powered IMU  
with high temperature range and ASIL B



## 意法半導體推出汽車級慣性模組 協助車商打造 ASIL B 級功能性安全應用

意法半導體 (ST) 推出新款 ASM330LHBG1 車用三軸加速度計、三軸陀螺儀模組，以及安全軟體庫，提供車商一個具成本效益之功能安全性應用解決方案。

ASM330LHBG1 符合 AEC-Q100 一級標準，適用於 -40°C 至 125°C 運作溫度，可安裝在引擎艙周邊和陽光直射區域等環境。這些模組可以提升汽車導航、車身電子、駕駛輔助設備以及高度自動化駕駛系統的定位準確度和可靠性。典型應用包括導航系統、數位防手震鏡頭、光達和雷達、主動懸架、車門模組、車聯網 (V2X) 系統、自我調整車燈、動作啓動功能。

ASM330LHBG1 配備意法半導體的機器學習核心 (Machine-Learning Core, MLC) 和可程式設計有限狀態機 (Finite State Machine, FSM)，可以執行人工智慧 (AI) 演算法，具有極低的功耗和智慧功能。新款 IMU 與意法半導體的車規 IMU 腳位對腳位相容，採用相同的暫存器配置，具有較高的運作溫度範圍，可無縫升級。

此外，該模組還包含嵌入式溫度補償功能，確保模組在寬範圍運作條件下的定位穩定性，六路同步輸出可以提升航位推算演算法的準確度。模組還提供 I<sup>2</sup>C、MIPI I<sup>3</sup>C 和 SPI 串列介面、智慧可程式設計中斷和 3KB FIFO 埠，可簡化感測器資料管理任務，最大限度地減少主機處理器的工作負荷。

模組配套軟體庫經過協力廠商獨立測試認證，其符合 ISO26262 標準，利用兩個 ASM330LHBG1 模組可以製作出符合相關安全標準的冗餘系統。這種通用硬體組合符合獨立安全要素 (SEooC) 的要求，使系統認證能夠達到 ASIL B 級 (車用安全完整性等級)。該軟體庫包含感測模組配置軟體、資料獲取前操作認證軟體，以及感測資料獲取處理軟體。每個操作步驟若偵測到故障時，就會出現一個錯誤代碼。該解決方案由兩個相同的感測器組成，為應用提供冗餘配置，用於檢查來自不同感測源的資料是否一致。

ASM330LHBG1 現已量產，其採用 14 腳位、2.5mm x 3mm VFLGA 塑膠焊盤網格陣列封裝。