

雷射雷達工程要點

■作者：Edel Cashman

安森美應用程式經理

LiDAR (光偵測和測距) 是一種傳感技術，類似於雷達，但用光而不是無線電波。它利用反射光的原理和精確的時間來測量物體的距離。由於 LiDAR 高水準的深度和角度解析度，可實現卓越的深度感知。此外，由於採用紅外光發射器和接收器的有源方法，因此它能夠在所有光照條件下工作。

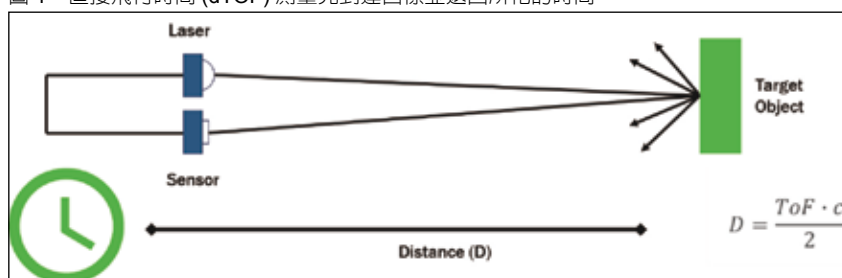
然而，LiDAR 比單純的測距更複雜。它還可用於三維製圖和成像，這使它在工程方面非常有吸引力，也是一項非常有用的實用技術。

光和飛行時間

LiDAR 有不同的測距方法，但最簡單易懂的是單脈衝直接飛行時間 (dToF) 系統。在這裡，一個光源 (通常是鐳射) 發出一個光脈衝，然後啟動一個計時器。當光脈衝擊中一個物體時，它被反射到通常與鐳射位於同一位置的感測器，且計時器停止計時。知道發射脈衝到接收回波之間的時間 (t)，利用光速常數 (c) 計算出與目標物體的距離 (D) 就很簡單了。

另一種方法稱為間接飛行時間 LiDAR (iToF)，傳輸的是連續的正弦波，iToF 根據發射和反射波形之間的相位差確定飛行時間 (t)。

圖 1：直接飛行時間 (dToF) 測量光到達目標並返回所花的時間



在這兩種方法中，iToF 較常見。一般來說，它更適用於短距離應用，和能夠很好地控制環境光照水準的情況。而 dToF 可用於長距離和短距離應用。此外，它的運行速度較快，可測量多個回波，從而實現對多個物體的探測。

為了使 LiDAR 系統高效地工作，回波訊號必須在系統工作的環境光內可探測到。顯然，這在室內是比較容易的，因為光線可以控制，但 LiDAR 的許多最令人興奮

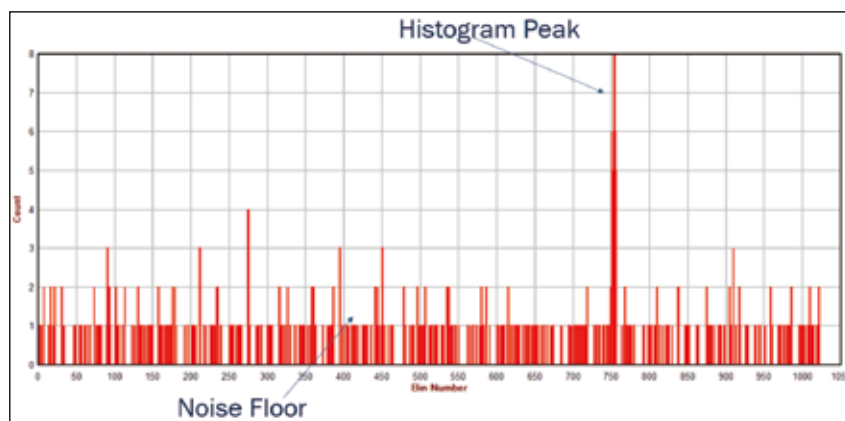
的應用是在室外，因此有必要提供一個解決方案。

提高信噪比 (SNR)

使用 ASTM G-173-03 太陽輻照度模型，可看出太陽雜訊 (光) 的峰值出現在波長 500 到 600 奈米的範圍內，即可見光譜。光譜中近紅外 (NIR) 部分 (約 905 nm) 的雜訊已降至一半，這意味著這一波長的光更容易被探測到。

在短波紅外範圍 (1550 nm 左

圖 2：多脈衝 dToF 使目標從背景雜訊中清晰地分辨出來



右)可達到更好的效果,但發射器和探測器更貴,因此近紅外範圍性價比最高。

直觀地看出,簡單地提高發射器的功率可解決信噪比問題,並提高 LiDAR 系統的精度和範圍,但發出的光可能對人類和動物有害。為此,BS EN 60825-1:2014 等國際標準規定了可發射的功率。

由於可用的功率有限,為了增加有效範圍,必須採用其他技術。使用多發射脈衝鐳射可顯著提高信噪比和範圍,同時保持每個脈衝內的能量較低。在這種方法中,發射多個脈衝,並創建探測到的回波的時間戳記長條圖。

生成的長條圖清晰地顯示了在隨機時間探測到的環境光子,並在長條圖峰值兩側形成“本底雜訊”,在長條圖峰值處,大部分回波以相同的時間間隔返回,代表目標物體。

LiDAR 的演變

LiDAR 技術不斷發展,最近,探測器技術以及用於創建 3D 地圖的方法都有了進步。

早期的探測器通常是 PIN 二極體或雪崩光電二極體。這些已

被單光子崩潰二極體 (SPAD) 和矽光電倍增管 (SiPM) 所取代,它們將密集的 SPAD 感測器陣列整合到單個器件中。與早期的方案相比,SPAD 和 SiPM 感測器提供了低工作電壓、出色的一致性和非常高的增益,還能探測到單光子的光能。

雖然測量遠端目標物體的距離的能力非常有用,但 LiDAR 的真正優勢在於它能夠創建詳細和高度精確的表面 3D 地圖,無論是工廠環境中的物體,還是在更大範圍內的一大片地。

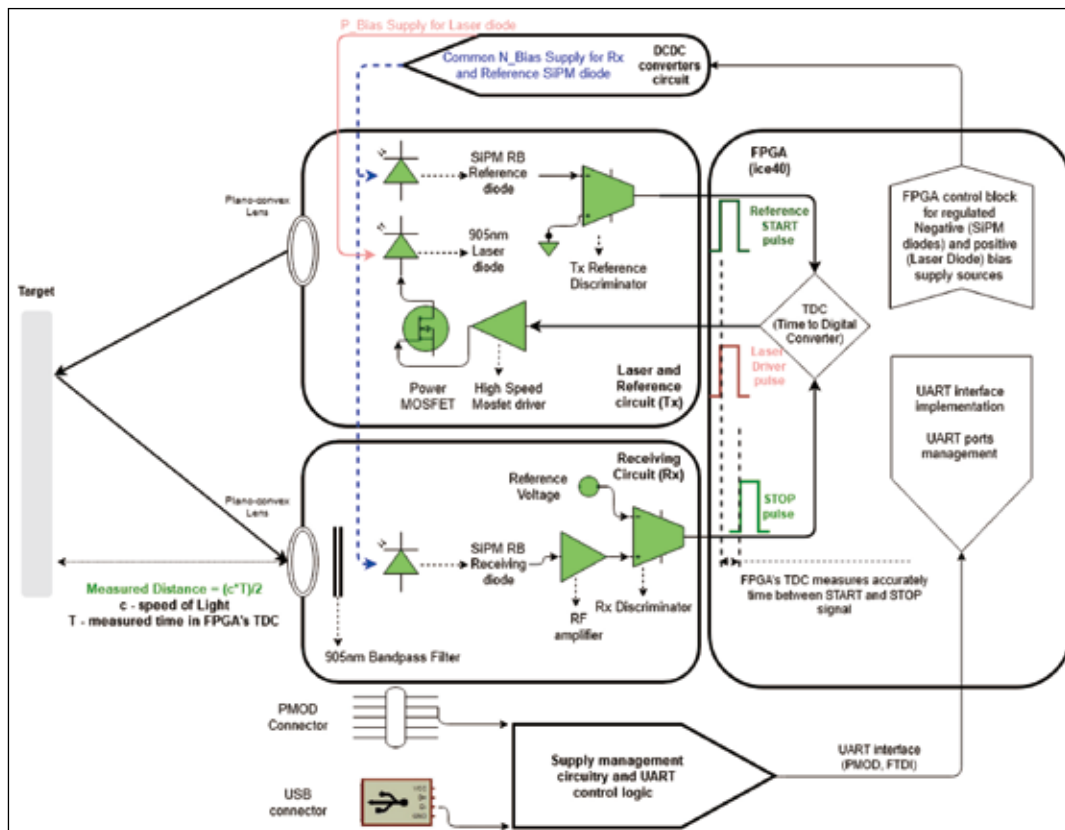
通過將 LiDAR 原理與掃描光電系統結合,可控制光束以創建場景的密集深度點雲。這可通過物理旋轉鐳射發射器以覆蓋場景的所有區域來機械地實現,但這種方式一

般體積大,成本高,且在對準方面存在挑戰。

一種更現代的方法是使用擬固態系統,如微機電系統 (MEMS) 微鏡、液晶超表面 (LCM) 和光學相控陣 (OPA) 來引導光束穿過系統。該方案幾乎是固態的,因此更可靠,對於長距離應用也很有效。

唯一真正的固態 LiDAR 測繪方法是使用發射器和感測器陣列 (SiPM 或 SPAD) 並對場景進行閃光。由於發射器的功率限制,閃光照明只適用於短距離或窄視場 (FoV)。可以使用多點閃光照明方法,即一個可定址的發射器陣列 (通常是可定址的垂直腔面發射雷射器 (VCSEL) 陣列) 依次照亮場景的不同部分,並與探測器的讀出

圖 3: 安森美的 SiPM dToF LiDAR 平臺的原理架構



同步。

LiDAR 的應用

LiDAR 是一項非常有價值的技術：它適合的應用跨越了許多領域，包括汽車、工業、交通、農業和勘測。

感知車輛行駛路徑中物體的能力使得自我調整巡航控制 (ACC) 等系統得以實現，與前車保持間距，LiDAR 將成為未來全自動駕駛車輛的關鍵推動力。

LiDAR 系統體積小、重量輕，可由無人機攜帶，這開闢了一種比人工方法更快（因此成本更低）、更精確的大面積勘測方式。其應用幾乎是無限的，包括監測環境影響，如海岸侵蝕、洪水或冰川消融。可迅速而安全地評估自然災害的影響，如火山地震，從而更迅速而有效地提供援助。

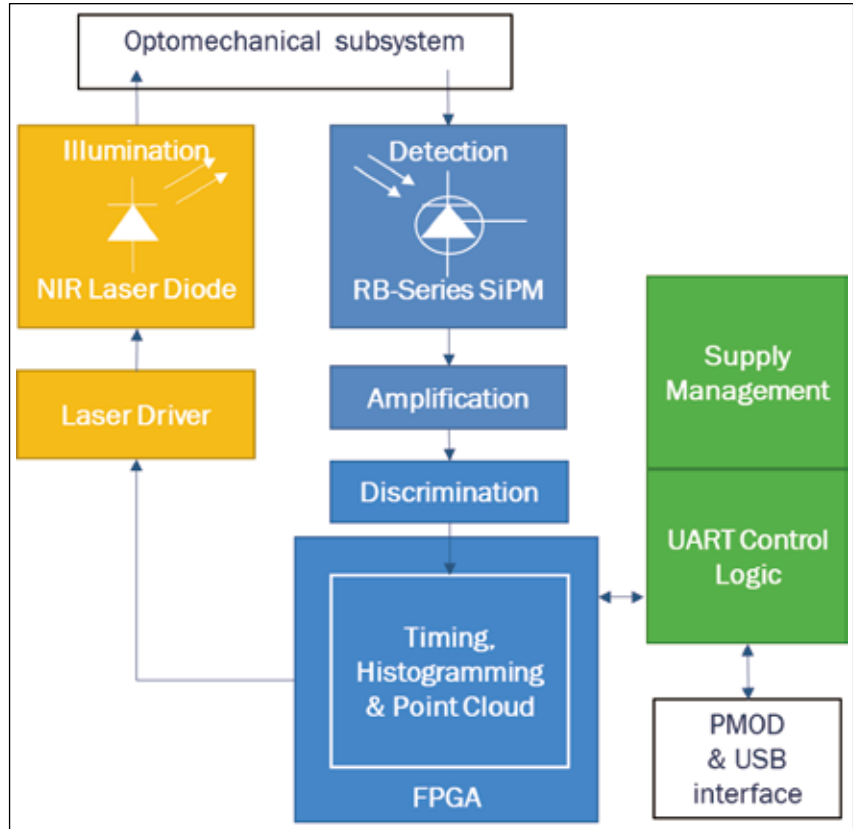
農民可利用 LiDAR 勘測土地，評估農作物的狀況，而公路或鐵路等基礎設施項目則可輕鬆勘測擬建路線，並繪製進度圖。

靜態 LiDAR 可安裝在大型容器如料倉或儲罐中，無需接觸內容物就能準確地測量內容物。

感測器和解決方案

安森美的 RB 系列高回應、快速 SiPM 具有很高的抗溫度波動性。有三種微單元尺寸 (10 μm ，20 μm 或 35 μm)，每個器件的有源傳感面積為 1 mm x 1 mm。這些高增益 (高達 1.7×10^6) 的器件採用小型 (1.5 mm x 1.8 mm) 封裝。

圖 4：安森美 SiPM dToF LiDAR 平台的高階架構



為了支持剛接觸 LiDAR 技術的公司或時間緊迫的專案，安森美設計了一個用於工業應用的全面的 SiPM dToF LiDAR 開發平台。

該隨插即用的平台結合一個近紅外鐳射發射器和一個 RB 系列 SiPM 探測器，用於單點測距。

鐳射發射器被指定使用 1 類鐳射，因而符合所有的眼睛安全標準，同時使工作範圍擴展到 23 米。通過包含一個簡單易用的圖形化使用者介面 (GUI)，平台的配置和監控變得簡單。

一旦開發和調試完成，就可以無縫過渡到製造，因為該成本優化的平台可隨時大規模部署，且所有必要的製造檔都已準備就緒。

總結

LiDAR 是種非常有用的技術，它支援輕鬆地測距和創建精確而詳細的 3D 圖。即使功率和鐳射發射器功率受到安全限制，但通過精心選擇波長和使用多射光脈衝，也可提高信噪比，實現長距測量。

LiDAR 技術的應用非常廣泛，未來它將使我們更好地瞭解我們的世界，同時也使我們的世界更安全。CTA