

Technical Article

不只是石英：BAW 時脈如何重新定義 ADAS 與 IVI



Juan Rodriguez

在邁向更自主區域架構的過程中，軟體驅動的決策需仰賴精確的時脈與穩定可靠的時脈電路。從先進駕駛輔助系統 (ADAS) 到車用資訊娛樂系統 (IVI)，再到高速數據傳輸架構，車廠正逐步導入週邊設備元件互連 (PCIe) 6.0、Gigabit 乙太網路及串聯器與解串器 (SerDes) 技術，以提升安全性並強化駕駛體驗。這些高度整合的車用系統，背後仰賴的是 體聲波 (BAW) 時脈技術，其穩定精準的頻率，就如同車輛神經系統的節奏核心 (請參閱 圖 1)。

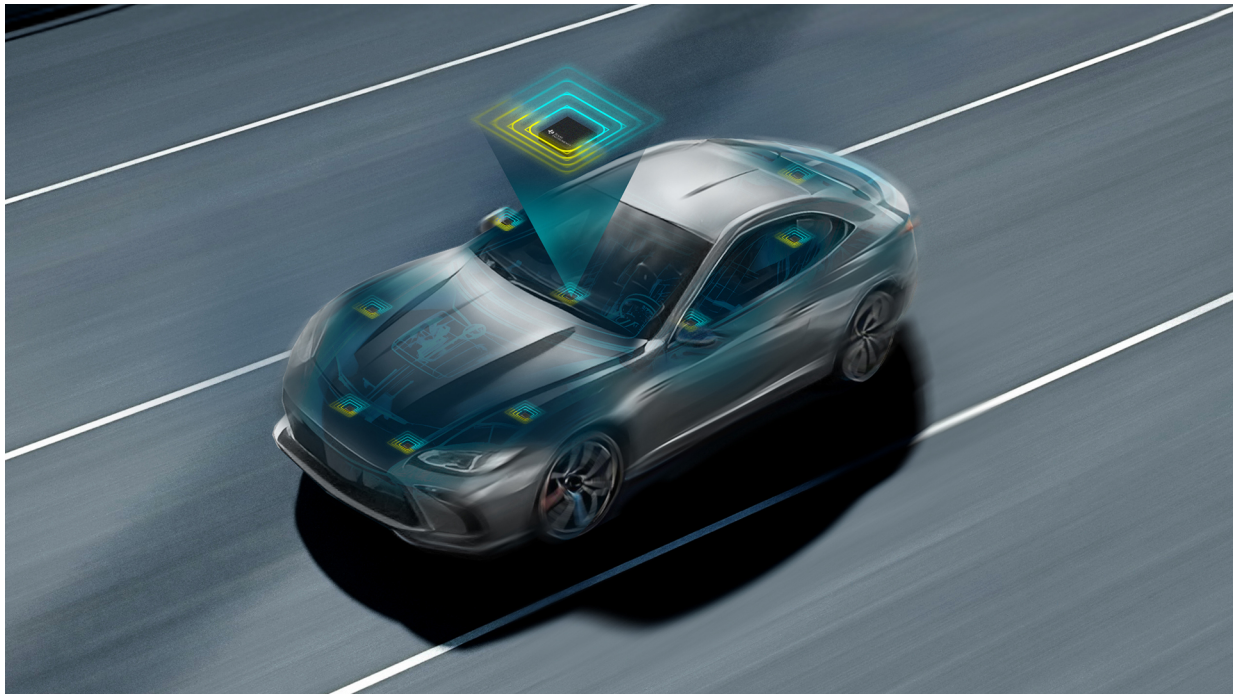


圖 1. BAW 時脈支援 ADAS 與 IVI 功能

自駕技術推動了對人工智慧微控制器與應用處理器的需求，也帶動了 FPDLink™ SerDes、乙太網路實體層、LiDAR 和雷達感測器的採用，以實現感測與影像顯示功能。

傳統石英與 BAW 時脈技術的差異

BAW 為一種諧振器技術，透過壓電換能產生 GHz 頻率與高 Q 值共振，可直接整合至標準塑膠封裝中，與其他積體電路共存。相較於石英，BAW 不僅能達成超低抖動，也具備更高的可靠性與效能，有助於提升操作安全性、讓資料通訊更穩定，並加快處理速度。

BAW 時脈可在長達 10 年的期間維持 $\pm 25\text{ppm}$ 的穩定性，有效降低因頻率漂移而影響感測器精準度的風險。其 1ppb/g 的抗振與耐衝擊性能，通過軍規標準 MIL-STD 方法 2007 與 2002 驗證，提升在惡劣車用環境中的韌性。

此外，BAW 的啟動時間小於 3ms ，有助於提升即時影像分析與系統反應速度，支援 ADAS 功能，實現更遠距的偵測、更高效的感測器融合與更快速的處理，相較石英晶體的啟動時間 (小於 6ms) 具有顯著優勢。

區域架構雖然提升了時脈樹的複雜性，但 BAW 相較石英最多可節省 55% 的電路板空間，同時透過穩定的供應鏈協助設計者滿足功能安全規範。

BAW 時脈：為汽車而生的解決方案

TI 的車用 BAW 技術具備功能安全能力，可協助設計人員以低於石英方案的 FIT 值 (每十億小時故障率) 達成 ASIL D 標準，並在 ADAS、IVI 和雷達/光達系統中提供更長效的可靠性。

FIT 率是指每十億小時運作的預期故障次數，較低的整體系統 FIT 率有助於簡化 ASIL 認證。根據國際電子電機委員會 TR 62380 和國際標準化組織 ISO 26262 標準，CDC6C-Q1 振盪器 FIT 值低至 3；根據聯合電子裝置工程委員會 JESD85 標準，其可靠性為石英的 100 倍，FIT 僅為 0.3 (相較石英為 30)，有助於降低非預期故障機率並延長系統壽命。

TI 的 BAW 時脈具備低 FIT 值、強悍的環境耐受力與高時脈精度，可為各種車用子系統提供穩定且高效的解決方案。

以下終端設備範例展示了 BAW 技術如何提升性能、簡化設計並增強功能安全性。

前置攝影機：在不同架構中提升安全性

在 ADAS 中，前置攝影機透過高解析度影像進行顏色識別，能夠偵測旁觀者、限速標誌，並提供車道維持輔助及停車回饋。前置攝影機必須符合 ISO 26262 中 ASIL B 至 ASIL D 級標準。

目前與下一代的前置攝影機採用相同的時脈架構 (如 圖 2 和 圖 3 所示)，

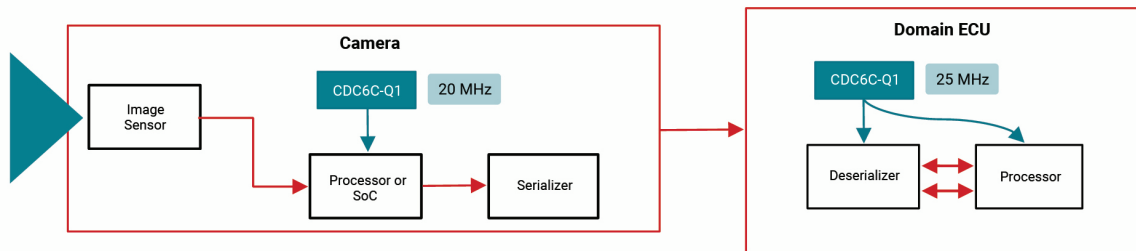


圖 2. 皆採用 CDC6C-Q1 振盪器來支援晶片系統 (SoC)，並於電子控制單元 (ECU) 中搭配兩組時脈。

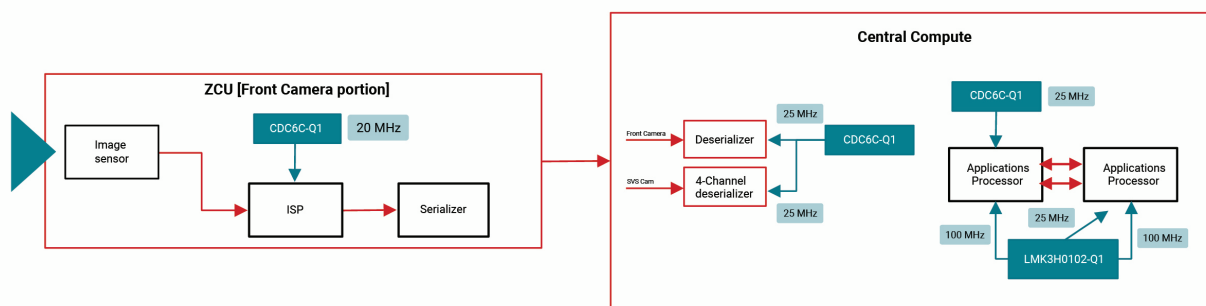


圖 3. 新一代架構採用 CDC6C-Q1 振盪器，支援處理器與解串器

在環景攝影機中，中央運算區由 ECU 與解串器構成。CDC6C-Q1 與石英不同，可驅動兩部解串器，進而減少元件數量、電路板空間及整體物料清單成本。

IVI : 簡化時脈架構

TI 振盪器、時脈產生器與時脈緩衝器支援軟體定義車輛中的各種處理架構。設計人員可以減少複雜 IVI 平台中的時脈數量，以簡化系統設計。LMK3H0102-Q1 時脈產生器 (具備低功耗高速電流導向邏輯輸出) 內建的 BAW 諧振器，以及 LMK3C0105-Q1 低電壓互補式金屬氧化半導體時脈產生器，皆可省去外部時脈來源，透過分數輸出分頻器，依各元件需求頻率產生輸出，如 图 4 所示。

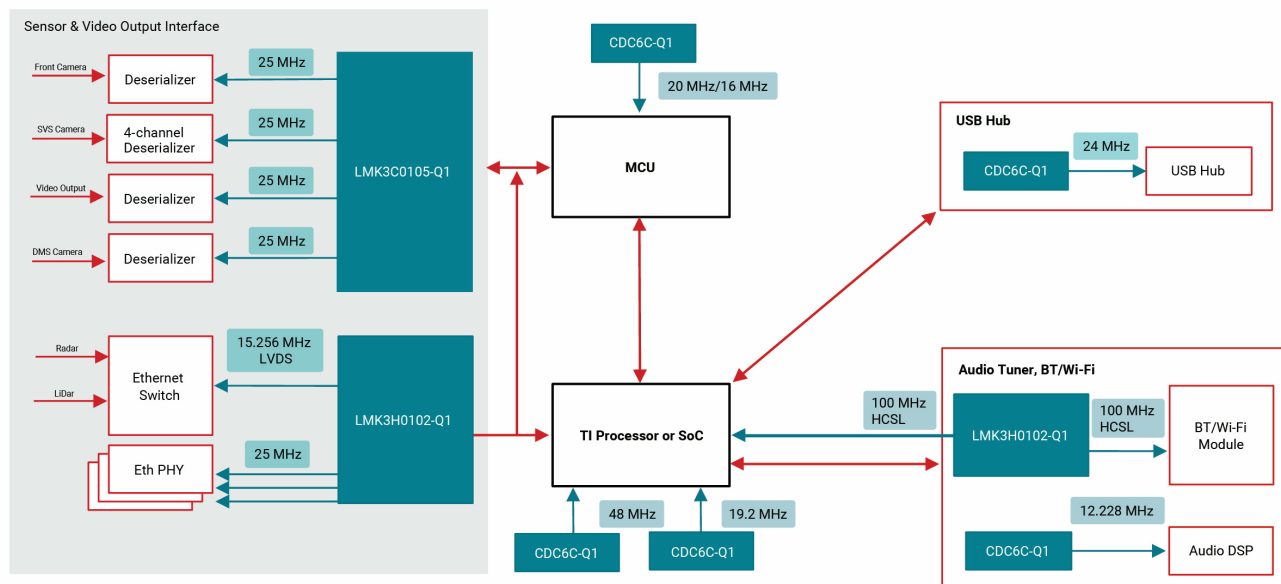


图 4. IVI 時脈拓撲

LMK3H0102-Q1 與 LMK3C0105-Q1 均具備 TI 功能安全能力，依據 ISO 26262 標準，其 FIT (Failures In Time) 失效率為 9。這些元件在走線長度達 300mm 時，所有頻帶均通過國際無線電干擾特別委員會 (CISPR) 25 Class 5 標準認證，透過展頻時脈選項維持時脈穩定性，同時降低電磁干擾。CDC6C-Q1 的電壓轉換率控制選項可以在裝置層級上控制電磁干擾，並在符合 ISO26262 標準的情況下實現低至 3 的 FIT 率，提供比石英更高的可靠性。BAW 時脈設計可支援多種元件，且相較於石英技術，其故障風險更低，有助於以更少的元件實現 IVI 平台最佳化，並降低 BOM 成本。

HPC : ADAS 網域控制器

隨著車用電子技術發展，現代車輛必須在極低延遲下處理更大量的資料。伺服器、儲存裝置及輸入/輸出周邊設備，能夠支援高效能處理器與 SoC 所需的高速資料傳輸，並兼容從 PCIe 5.0 至 PCIe 6.0 規格。為提升自動駕駛能力，ADAS SoC 越來越複雜，未來車用資料傳輸量將逐步趨近資料中心的規模。

目前 SoC 製造商與原始設備製造商皆在開發自家處理器，以支援 PCIe 5.0 與 6.0 的高速傳輸需求。LMK3H0102-Q1 支援 PCIe 6.0 所需的 100fs，並提供 34.5fs 的通用時鐘抖動。

TI 的功能安全型 BAW 時脈，專為整合 ADAS 與 IVI 的嵌入式高效能運算 (HPC) 系統而設計，這類系統結合來自攝影機、雷達與光達的感測輸入，可協助提升行車安全，保護駕駛與乘客。圖 5 展示 HPC 時脈拓撲結構。

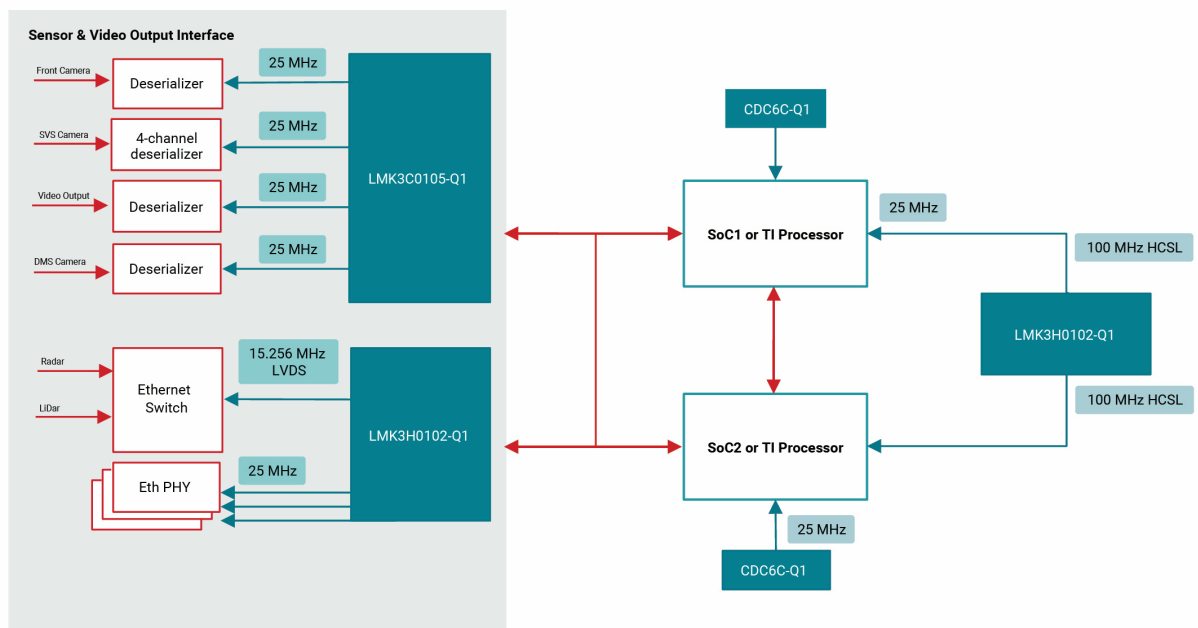


图 5. HPC 時脈拓撲結構

結論

為實現零碰撞的願景，ADAS 功能的導入正加速對高精度時脈解決方案的需求，這些方案需具備長期穩定運作能力，以因應車輛整個生命週期。車廠也正加速從石英型方案轉向 BAW 時脈技術，打造更安全、更智慧、更具彈性的車用架構。

其他資源

- 立即訂購 [CDC6CEVM](#) 或 [LMH3H0102EVM](#) 評估模組。
- 前往 [Clock Tree Architect](#) 線上工具，開始設計您的 BAW 時脈架構。

註冊商標

所有商標皆屬於其各自所有者之財產。

重要聲明與免責聲明

TI 均以「原樣」提供技術性及可靠性數據（包括數據表）、設計資源（包括參考設計）、應用或其他設計建議、網絡工具、安全訊息和其他資源，不保證其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的擔保，包括但不限於對適銷性、適合某特定用途或不侵犯任何第三方知識產權的暗示擔保。

所述資源可供專業開發人員應用 TI 產品進行設計使用。您將對以下行為獨自承擔全部責任：(1) 針對您的應用選擇合適的 TI 產品；(2) 設計、驗證並測試您的應用；(3) 確保您的應用滿足相應標準以及任何其他安全、安保或其他要求。

所述資源如有變更，恕不另行通知。TI 對您使用所述資源的授權僅限於開發資源所涉及 TI 產品的相關應用。除此之外不得複製或展示所述資源，也不提供其它 TI 或任何第三方的知識產權授權許可。如因使用所述資源而產生任何索賠、賠償、成本、損失及債務等，TI 對此概不負責，並且您須賠償由此對 TI 及其代表造成的損害。

TI 的產品均受 [TI 的銷售條款](#) 或 [ti.com](#) 上其他適用條款，或連同這類 TI 產品提供之適用條款所約束。TI 提供所述資源並不擴展或以其他方式更改 TI 針對 TI 產品所發布的可適用的擔保範圍或擔保免責聲明。

TI 不接受您可能提出的任何附加或不同條款。

郵寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATA SHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, regulatory or other requirements.

These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you will fully indemnify TI and its representatives against, any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to [TI's Terms of Sale](#) or other applicable terms available either on [ti.com](https://www.ti.com) or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products.

TI objects to and rejects any additional or different terms you may have proposed.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated