

電動汽車中的電流測量

用於高電流和高電壓的感測器

隨著電動汽車逐漸成為人們日常生活的一部分，對能夠雙向測量交流電和直流電的感測器的需求也在日益增加。它們要高效、準確、精巧，並且使用靈活。一款全新電流感測器可以滿足所有這些要求。

■作者：Ralf Hickl

儒卓力公司汽車事業部產品銷售經理

越來越多的車輛應用由電池供電，特別是在具有電動驅動的車輛上。同時，車輛電池和消費性電子裝置的功能也變得越來越強大，這導致了車輛電氣系統中出現更高的電壓和電流。為了應對更高的電壓，業界提出了其他標準和安全規定，例如與電氣系統的其他電壓層電氣隔離，以及更高成本的保護接觸。大電流導致電纜和任何存在歐姆電阻之元件的功率損耗更大。因此，電流測量需要使用能夠耗散高功率損耗的超低歐姆分流電阻。然而，它們的尺寸相對較大，這意味著較多的材料、重量和成本。

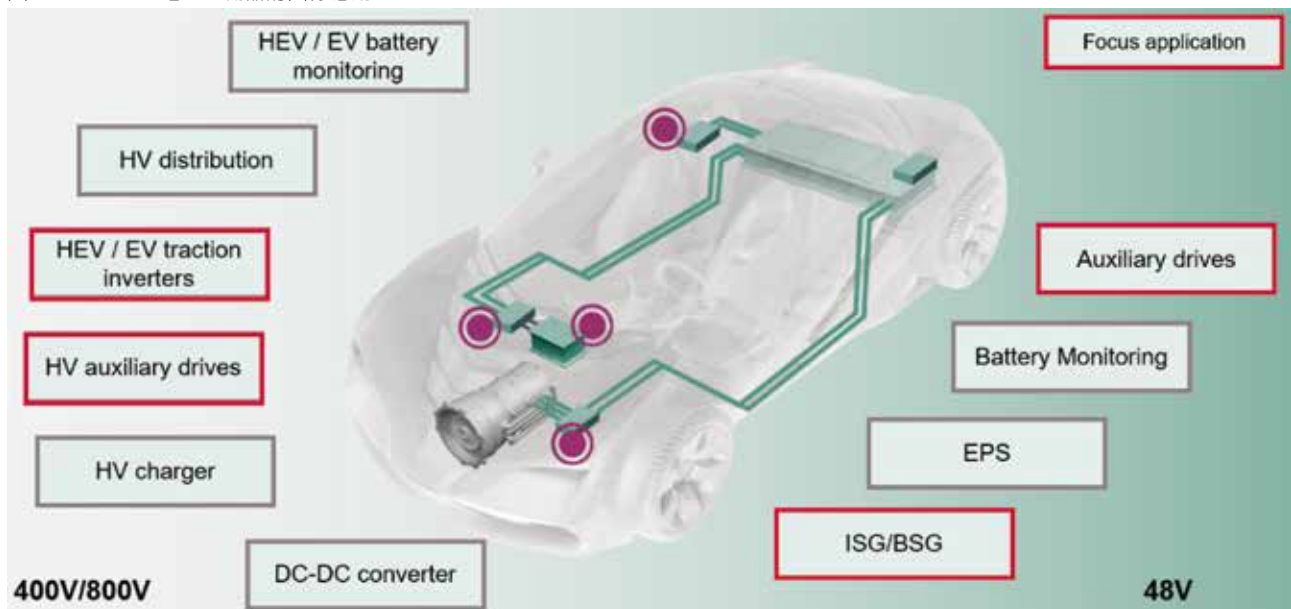
為了保護電池和車輛電氣系統的電氣線路免於負荷超載，必須測量電流，因為如果線束著火，可能會使車輛迅速報廢。這種保護功能過去是由保險

絲來實現的。未來，在發生過電流或短路的情況下，關閉電源將是半導體開關的工作，前提是要有準確的電流測量；此外，若要通過牽引變頻器來控制驅動運作，精準的電流測量也是必需的。

用於電氣隔離的磁場感測器

由於車輛中存在 12V、48V 和高壓等不同的電壓等級，對於這些電壓等級之間電氣隔離的需求越來越多。特別是在大電流情況下，感測器測量電流產生的磁場，並將其作為類比訊號傳輸，這樣具有很大的優勢：與使用分流器的基於電阻的電流測量方法相比，磁場感測器在提供電氣隔離的同時，還

圖 1：TLE4972 電流感測器的目標應用



能顯著降低功率損耗。這些特性對於高壓和大電流應用尤為重要，因為電氣隔離確保了對接觸的保護，而低功耗則保證了低自熱。

為了應對這些難題，英飛凌針對 TLI4971 電流感測器進行了進一步開發，專門用於汽車應用。在新型 TLE4972 中，測量電流並不像 TLI4971 那樣流經具有內部電流路徑的 IC 封裝；相反，感測器放置在 PCB 上或靠近帶電線路的電源軌上，而且沒有接觸。

TLE4972 是無芯的 ...

功能更強大的電池系統允許在正常運行和發生短路時出現更高的峰值電流。如果電流感測器具備帶有磁芯材料的磁通量集中器，則尺寸必須相應增大，否則，短路電流可能使其永久磁化，從而扭曲了系統的傳輸特性 (圖 2)。由於 TLE4972 是無芯的，即使在短路導致過電流的情況下，也不會發生磁芯飽和以及隨後的剩磁效應。這有助於實現高線性度，並避免了傳輸特性中的滯後現象。

圖 2：帶有磁通量集中器的磁場感測器必須具有較大的尺寸，以避免因短路而導致的永久磁化和系統傳輸特性的失真。



圖片來源：英飛凌

... 快速 ...

需要進行快速的過電流和短路檢測，特別是主電池開關。由於 TLE4972 有兩個獨立的開漏輸出，具有可配置的觸發閾值和可編程的雜訊脈衝濾波器，因此可以滿足要求。它們向微控制器或閘極驅動器等發出過電流訊號，過電流檢測 (OCD) 開漏輸

出引腳的典型回應時間小於 $1\mu\text{s}$ 。TLE4972 具有從 0Hz 到至少 120kHz 的較寬頻率範圍，有助於實現快速過電流檢測，而沒有軟體引起的延遲。

差分類比輸出也提供了高頻寬，因此可用於電動汽車中驅動馬達的扭矩控制。

... 精準 ...

由於採用差分測量方法，因此，由於相鄰導體的電流流動等引起的多餘雜散場，不會對測量訊號造成任何影響。晶片上的附加感測器還可以補償溫度和機械應力的影響。因此，提高了元件在整個使用壽命期間的準確性和穩定性。產品資料表顯示，在使用壽命內的溫度測量誤差小於 2%。

使用者可通過軟體配置和整個系統的機械設計來擴展 TLE4972 的測量範圍。

整體系統 (即感測器加上 PCB 或電源軌上的電流導體) 可以在組裝後進行校準，從而補償生產公差。通過 Aout 引腳在電源開啓的情況下進行通訊。

... 安全 ...

英飛凌根據 ISO 26262 汽車工業功能安全國際標準開發 TLE4972 感測器。該感測器具有出色的自我診斷能力，符合 ASIL B 標準安全性群組件功能安全要求 (SEooC)。

因此，特別推薦 TLE4972 用於需要滿足高度功能安全的應用。開發人員可以向英飛凌索取相關文件資料。這些資料可用於輕鬆計算並快速證明整體系統的可靠性。

... 以及靈活性 ...

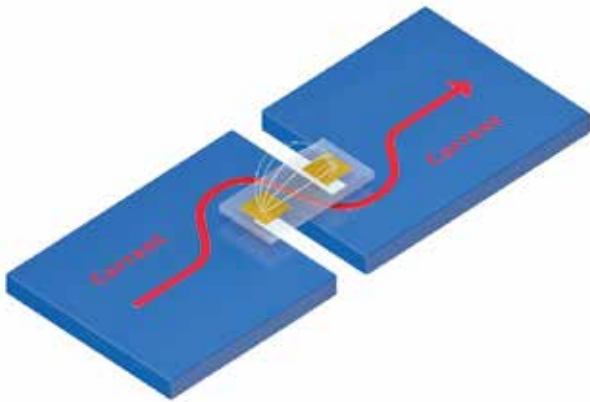
TLE4972 以類比形式輸出測量值。輸出可以配置為全差分、半差分或單端。對於單端輸出模式，感測器從外部來源導入參考電壓，例如連接的類比 / 數位轉換器 (ADC)。在半差分模式下，它將內部 Vref 輸出到一個引腳，與連接的 ADC 共用。這樣可以抵消共模雜訊，只要它在整個 ADC 轉換時間內是恆定的。

在全差分模式下，TLE4972 提供兩個相位相反的輸出訊號。這種工作模式與具有差分輸入的 ADC 結合在一起，可確保最好地抑制類比傳輸路徑上的共模雜訊訊號。在這方面，TLE4972 是英飛凌可編程系統單晶片 (PSoC) 系列 4、5 和 6 的理想選擇，因為它們具有帶差分輸入的 12 位元 ADC，並與感測器共用 3.3V 左右電源電壓範圍。

兩種封裝形式

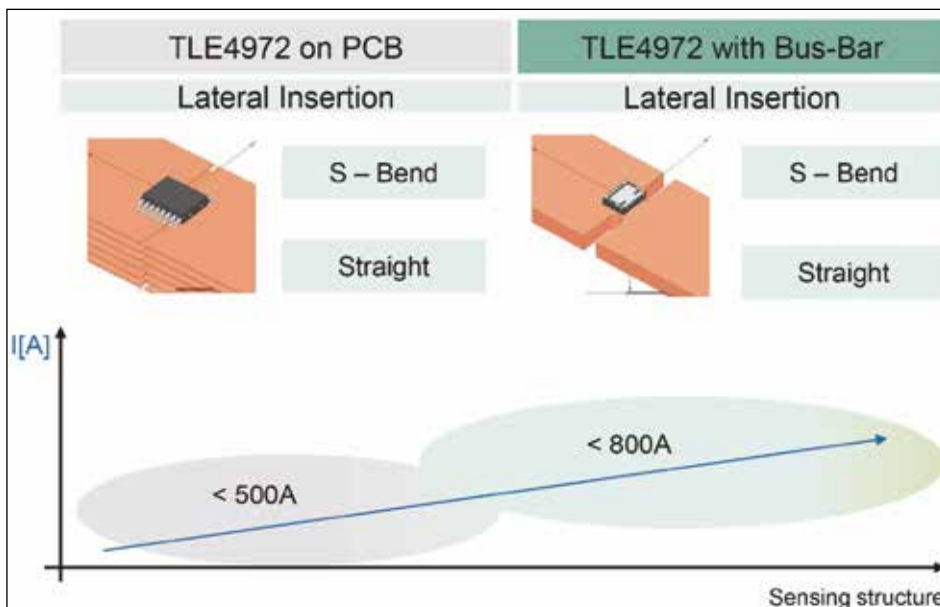
TLE4972 有兩種封裝形式：TDSO-16 封裝適用於測量在普通多層板上流經軌道的高達約 400 A

圖 3：安裝在銅軌上方或下方，TLE4972 適用於測量最高大約 800A 電流。



圖片來源：英飛凌

圖 4：TLE4972 兩個封裝型款提供多種安裝選項，適用於測量 200 A 至 800 A 電流。



電流。對於最高大約 800 A 的更高電流，英飛凌建議將之安裝在特殊形狀的銅軌上 (圖 3 和 4)。

對於 400 A 和 2 kA 之間的電流測量，使用 TSON-6 封裝的 TLE4972 是理想選擇，它的尺寸為 4.5 mm × 3.5 mm，可以垂直安裝在電源導軌切口處。

原廠提供支援

英飛凌通過全新模擬工具支援使用 TLE4972 的開發專案，這款工具可通過英飛凌合作平臺 (Infineon's Collaboration Platform) 線上使用 (需要啟動)。此外，英飛凌還為各種測量範圍提供了四塊評測板。TLE4972 EVAL STD PCB (最高約 200 A 電流)、TLE4972 EVAL INLAY (最高約 400 A 電流)、TLE4972 EVAL LAT BAR (最高約 580 A 電流) 和 TLE4972 EVAL VER (最高約 830 A 電流)。

結論

TLE4972 是用於高雙向電流應用的無電位測量元件，能自主地發出過電流訊號，並符合 ASIL B 標準 SEooC 要求。這款感測器特別適用於馬達控制。此外，它可以結合 PSoC 的類比和數位功能，巧妙地實現高壓保險絲電子元件。

儒卓力汽車事業部 (Automotive Business Unit) 專業團隊設想這款元件在眾多目標應用中得到應用，包括測量牽引 BLDC 驅動、輔助驅動、電子渦輪 (e-turbo)、整合啟動器 / 發生器、皮帶啟動器 / 發生器，以及高壓路徑中的電子保險絲、電池管理系統 (BMS) 和電池或負載斷路開關的馬達相位電流。