

以更好的電動車牽引效率 使電動車更具吸引力

■作者：Jonathan Liao / 安森美高級產品線經理

因續航能力有限而導致的「里程焦慮」是許多消費者尚未採用電動車的一個原因。增加電池密度和提高能量轉換過程的效率是延長車輛續航能力以緩解這種焦慮的關鍵。與能效至關重要的關鍵領域是主逆變器，它將直流電池電壓轉換為所需的交流驅動，以為電機供電。

在這篇技術文章中，我們討論 VE-Trac™ IGBT 和碳化矽 (SiC) 模組如何賦能更高的電池密度並提供更高效的轉換過程，以延長電動車的續航能力，從而幫助克服消費者的擔憂。

主逆變器是電動車的核​​心，連接電池和主驅電機。它們將直流電池電壓轉換為電機所需的交流驅動，功率水準通常為 80 千瓦至 150 多千瓦。電池電壓基於電池組的大小，通常在 400 V 直流電壓範圍內，但 800 V 直流電壓正越來越普遍，以顯著減小電流，從而降低損耗。

雖然鋰離子 (Li-Ion) 電池成本在過去三年中降低了 40%，或在過去十年中降低了 90%，但它仍是電動車中最高的成本項。降價的軌跡預計將持續到 2025 年左右，屆時價格將趨於穩定。鑒於這項成本，當務之急是盡可能有效地利用每一焦耳的存儲能量，以減小電池組的成本和尺寸。

這種電力驅動提供極高的扭矩和加速度。逆變器和電動馬達組合的反應能力直接關係到車輛的感知，因而也關係到消費者的駕駛體驗和滿意度。

開關元件的作用

電動車逆變器通常含三個半橋式元件，每個半

橋式元件由一對 MOSFET 或 IGBT 組成，稱為上橋和下橋開關。每個電機相位都有一個半橋，總共有三個，由閘極驅動器控制每個開關元件。

開關的主要作用是打開和關斷來自高壓電池的直流電壓和電流，為推動車輛的電機提供交流驅動。這是個要求很高的應用，因為它工作在高電壓、高電流和高工作溫度條件，而 800 V 電池可提供超過 200 千瓦的功率。

基於 400 V 電池系統的電動車逆變器要求功率半導體元件的 V_{DS} 額定值在 650 V 至 750 V 之間，而 800 V 方案將 V_{DS} 額定值要求提高到 1200 V。在一個典型的應用中，這些功率元件還必須處理持續時間長達 30 秒 (s) 的超過 600 A 的峰值交流電流，以及持續約 1 毫秒 (ms) 的最大交流電流 1600 A。

此外，開關電晶體和用於該元件的閘極驅動器必須能夠處理這些大的負載，同時使主驅逆變器保持高能效。

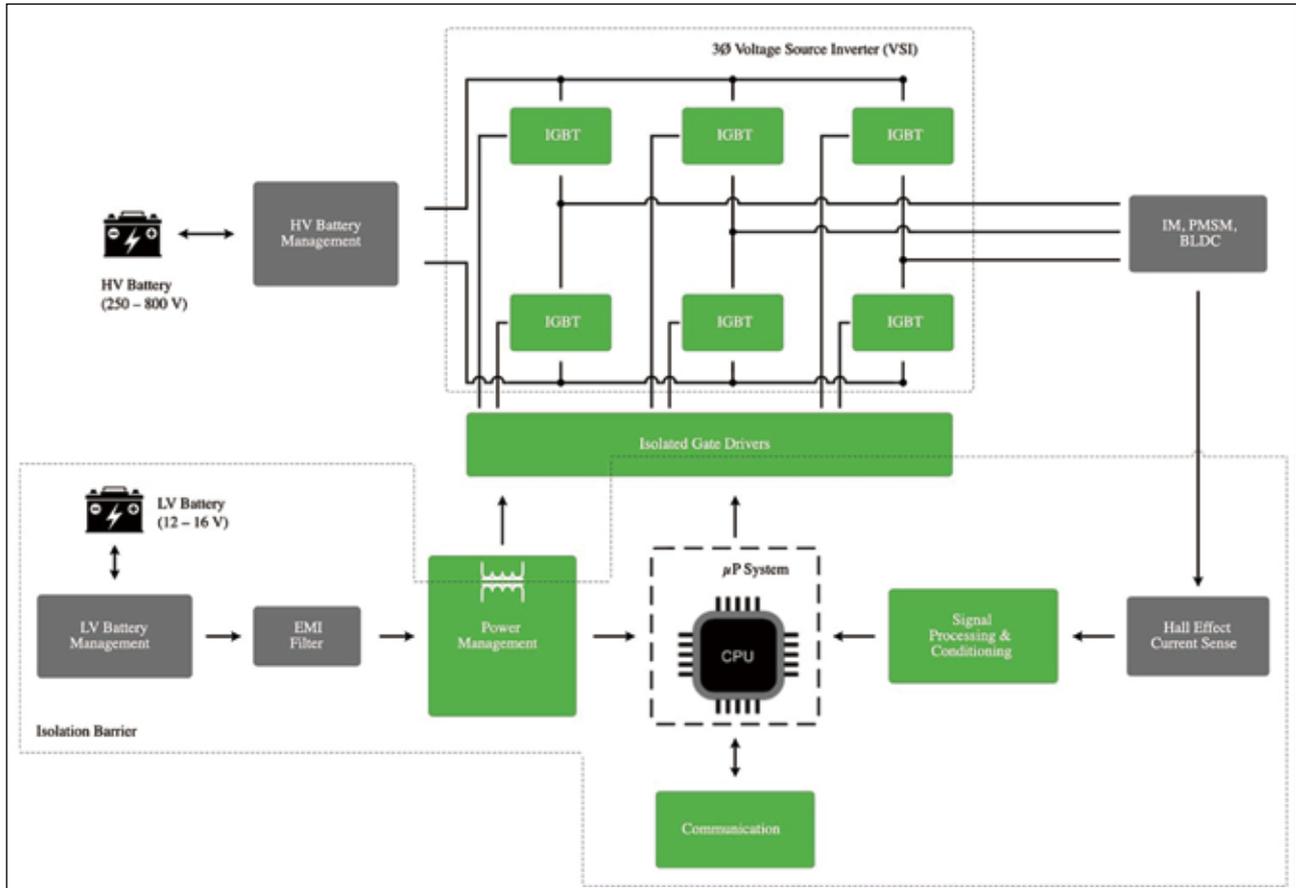
IGBT 一直是電動車逆變器應用的首選元件，因為它們可以處理高電壓，快速開關，帶來高能效的工作，並滿足汽車行業具挑戰性的成本目標。

開關和功率密度

現代汽車極為擁擠，至少含技術的空間是如此。這說明功率密度是個重要參數，整體動力的功率密度尤為重要。物理尺寸 (和重量) 必須最小化，因為任何重量都會導致車輛續航能力降低。

除了元件的物理尺寸外，設計的能效也是主要的驅動因素。能效越高，產生的熱量就越少，逆變

圖 1：電動車逆變流程圖



資料來源：<https://www.digikey.com/en/articles/how-to-design-in-sic-mosfets-to-improve-ev-traction-inverter-efficiency>

器的結構就越緊湊。

開關（無論是 IGBT 還是 MOSFET）對產生熱量的損耗有最重要的影響。較低的導通電阻 ($R_{DS(ON)}$) 值可減少靜態損耗，而閘極電荷 (Q_g) 的改進可減少動態或開關損耗，使系統的開關速度加快。如果開關速度更快，那麼就可以大大減小磁鐵等被動元件的尺寸，從而提高功率密度。

開關的最高工作溫度也會影響功率密度，因為如果元件能在更高的溫度下工作，需要的冷卻就更少，從而進一步減少設計的尺寸和重量。

模組化方案增加功率密度

在許多主驅逆變器的設計中，關鍵元件通常是單獨的分離封裝，雖然這是個非常有效的方法，但它不一定能提供最緊湊或最高功率密度的設計。

另一種方法是使用預配置的模組來構成主驅逆變器所需的半橋。安森美 (onsemi) 的 VE-Trac 功率整合模組 (PIM) 就是這樣一種方案，它專用於汽車功能電子化應用，包括逆變器。

VE-Trac Dual 電源模組在一個半橋式架構中整合了一對 1200 V 超場截止 (UFS) IGBT。這些元件採用了穩定可靠且經過驗證的溝槽 (Trench) UFS IGBT 技術，提供高電流密度、穩定可靠的短路保護以及 800 V 電池應用所需的更高阻斷電壓。該智慧 IGBT 整合了電流和溫度感測器，使其具有獨特的優勢，並對過電流 (OCP) 和過溫度等保護功能提供更快的反應時間，從而提供一個更穩定可靠的方案。

這些晶片被封裝好、安裝在具有 4.2 kV (基本) 絕緣能力的 Al₂O₃ 覆銅基板 (DBC substrate)，兩側都有銅和冷卻性能。沒有線綁定的模組比含有線

綁定的類似外殼模組預期壽命增加一倍。將該 IGBT 和一個二極體共同封裝，可以減少功率損耗和實現軟開關，從而提高整體能效。

VE-Trac Dual 模組將裸晶片封裝在一個小巧的尺寸中，更易於整合到緊湊的設計中。高效的工作、低損耗和雙面水冷確保輕鬆實現熱管理，同時持續工作在 175°C 允許向牽引電機提供更高的峰值功率。

主逆變器的每一相通常需要一個 VE-Trac Dual 模組，其機械設計本身可用於多相應用，提供簡單的可擴展性，包括將模組並聯以在每個單相提供更多的功率。

雖然基於 IGBT 的 VE-Trac 模組足以滿足大多數汽車應用的要求，但基於 SiC MOSFET 的增強版也可用於最高要求的應用。這款產品採用了最新的寬能隙 (WBG) 技術，進一步減小主驅逆變器設計的尺寸並提高能效。

總結

讓電動車在兩次充電之間行駛得更遠是我們當前的一大技術挑戰。由於政府要求，且人們期望改善環境，這些車輛將在未來幾年內被迅速採用。

如果減輕消費者的「續航里程焦慮」，電動車會更有吸引力，那麼採用的速度會更快。實現這的最佳途徑是提高能效，這不僅延長續航里程，還增加功率密度和提升可靠性。

半導體開關是實現高能效的關鍵，雖然分離元件具有出色的性能，但最好的方案是專為汽車應用而設計的 PIM，如安森美的 VE-Trac 模組。這些基於 IGBT 的設計提供所需的高能效、高性能和可擴展性，外形小巧，簡化了熱設計。 

工研院推動草根運動 攜手產學研 孕育綠領人才

因應全球淨零排放趨勢，帶動新能源產業商機與人才需求蓬勃發展，根據國際能源總署 (The International Energy Agency, IEA) 統計，預估 2030 年將有 1400 萬個綠領人才職缺。為因應綠領領域人才需求大增，工研院推出「大專校院與電網學校跨域培訓方案」，期望深入大學推動電力與能源課程，以搭配離岸風電大廠等業師進行經驗授課，現與臺大合作設置的「智慧電網與綠能跨域專長」學程，已於今年 9 月正式上路。工研院日前更前進臺大舉辦「綠領新貴崛起－新能源的職涯前景與商機座談會」，邀請大同公司、104 人力銀行、台達電子專家開講，讓學子一窺儲能等新能源產業商機、職場現況與產業人才需求，並由工研院專家及新能源職場新兵，分享培訓管道進行傳承；期待可如草根運動般攜手各界，即早為有志投入新能源產業的下一代布局關鍵職場競爭力，為臺灣打造永續能源新未來。

在新能源人才培育上，工研院以草根運動精神，於 4 年前號召產學研共組電網人才發展聯盟，透過獎學金、專業課程培育人才，至今已頒獎 172 名優秀學子，讓這些優秀學子在能源產業發光發熱。

另外，因應全民對於供電穩定與減碳需求，工研院也已擘劃的「2030 技術策略與藍圖」，將低碳電力議題歸納入「永續環境」領域中，期待能攜手產官學研的力量，突破產業框架，發揮臺灣的淨零永續的價值，發展相對應的先進技術，搶先布局未來所需的競爭力。

下期預告

可穿戴設備