

BMS 超級任務①：檢測電量 & 保護電路

「庫侖計數」獨立晶片 精準解析瞬間電量衝擊

■文：任笠萍



照片人物：羅姆半導體台灣設計中心副主任工程師粘承允

不少智慧手機或可攜式裝置，都是不可自行替換電池的設計。為防通訊意外中斷，使用者越來越依賴電池容量估算功能，讓電池管理系統 (BMS) 地位日隆。羅姆半導體 (Rohm) 台灣設計中心副主任工程師粘承允表示，「電池容量檢測」是 BMS 主要功能之一，通常以庫侖計數 (Coulomb count) 估量；解析越精準，不僅可降低誤差容忍度、不致高估剩餘電量，還能縮小整個電池組的體積。傳統電池組的庫侖計數架構是用電流感測放

大器監測即時電流，再由微控制器 (MCU) 軟體演算數值，但羅姆建議開發者改採專用庫侖 IC、以硬體計算整合後的數值。

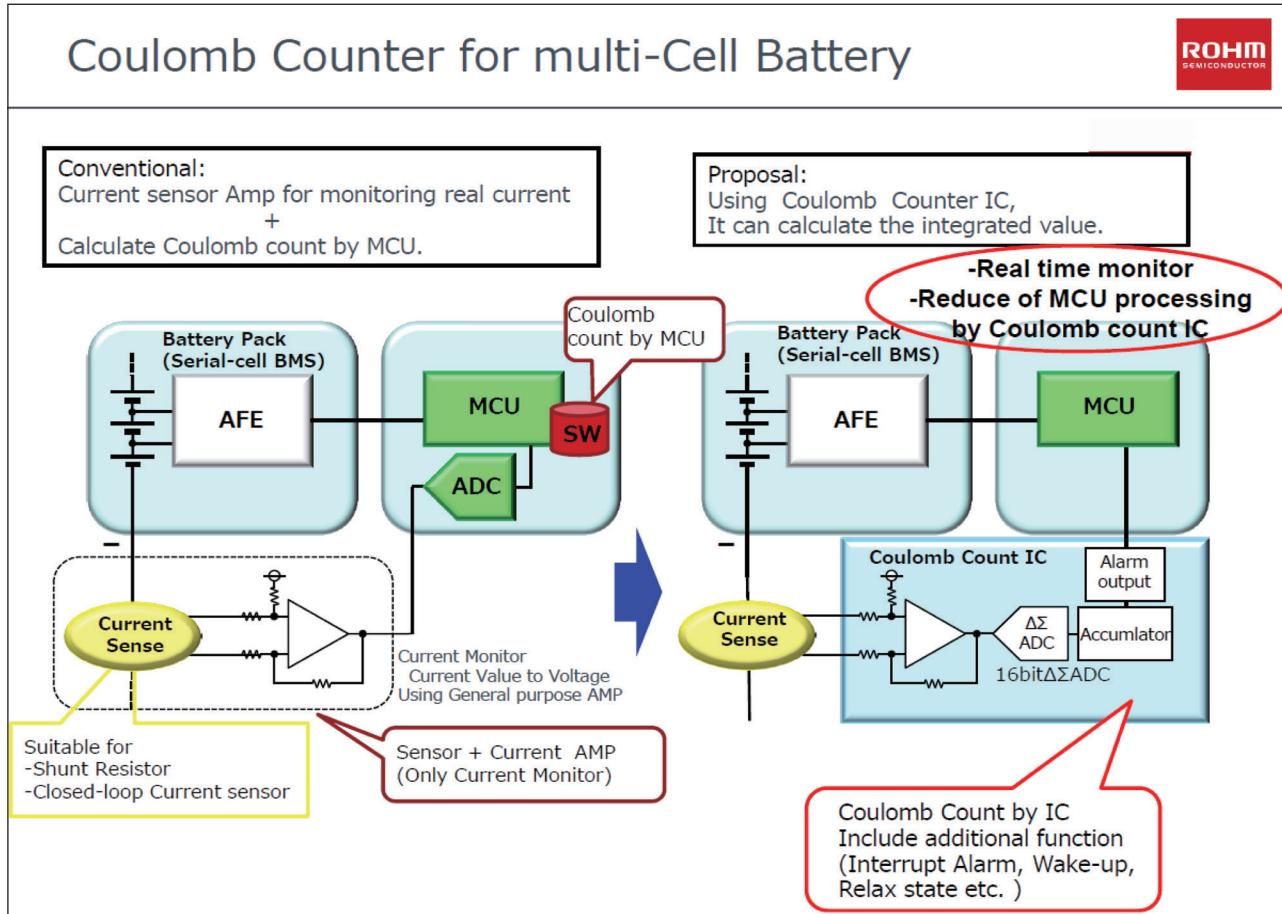
粘承允說明，傳統庫侖計數架構須外掛放大器，且周邊的類比數位轉換器 (ADC) 和類比前端 (AFE) 又各自存在細微誤差，通常需經過 3 ~ 5% 不等的校正程序——視採樣速度和 ADC 解析度而定，更有高達 10% 者。因此，頂多適用於分流器 (Shunt) 電阻或閉環電流感測器，若用來估算整個

電池組的電量，恐力有未逮。反觀專用晶片 (例如，BD7220FV-LA 庫侖計數晶片) 能減少 MCU 工作負載，還可加載中斷警示、喚醒、休眠等額外功能，更便於「即時」監控短至幾百毫秒的瞬間變化 (開發者可定義時間單位)。

BMS 可延長電池組壽命？未必！

粘承允介紹，極致整合的電池充電狀態 (State of Charge, SOC) 功能可涵蓋：過電流保護 (OCP)、過電壓保護 (OVP)、欠電壓保護 (UVP)、過溫度保護 (OTP)、短路保護 (SCP)，高階版本還包括低溫保護 (UTP)。他特別提到，大串數電池的 BMS 挑戰在於：須用許多隔離元件以確保電氣運作，若是自行採購分離式元件、組態，頗為耗電，且整體材料清單成本 (BOM Cost) 與整合式產品相差無幾，未必划算；另內部通訊介面的整合也有難度，前端遇到的問題解決後，難保後端不會再次發生狀況，煩瑣工作著實不少。搭載 BMS 的另一個訴求是：有助於延長電池壽命。

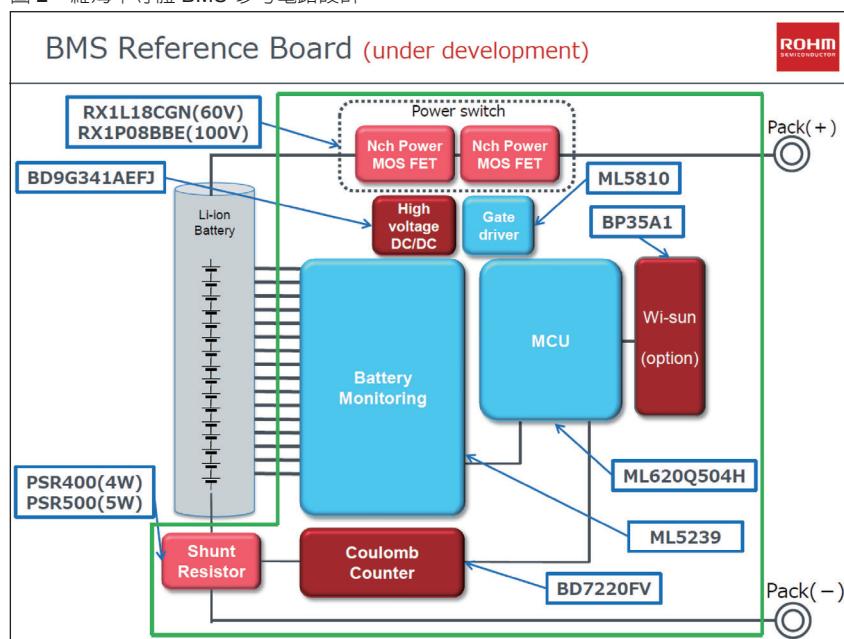
圖 1：用於電池組的庫侖計數器架構比較



資料來源：羅姆半導體

可惜，它並非電池組「延年益壽」的萬靈丹。粘承允闡述，單電池 (Cell) 理論上無疑義，但串聯成電池組 (Battery Pack) 可就不一定了！由於每串電池的電化學反應不可能一模一樣，假如電池組中某個 Cell 出問題，基於 BMS 「維持電池間均衡」理念，與其串聯的電池夥伴會前來馳援，旨在使電池組中的各串電池達到均衡一致；如此一來，恐形成互相拖累、掣肘之勢，會減損整體電池組的壽命。這可借用知名的「木桶效應」解釋：一隻木桶最終能盛蓄多少水量，非由桶壁上最高的那塊木板做主，關

圖 2：羅姆半導體 BMS 參考電路設計



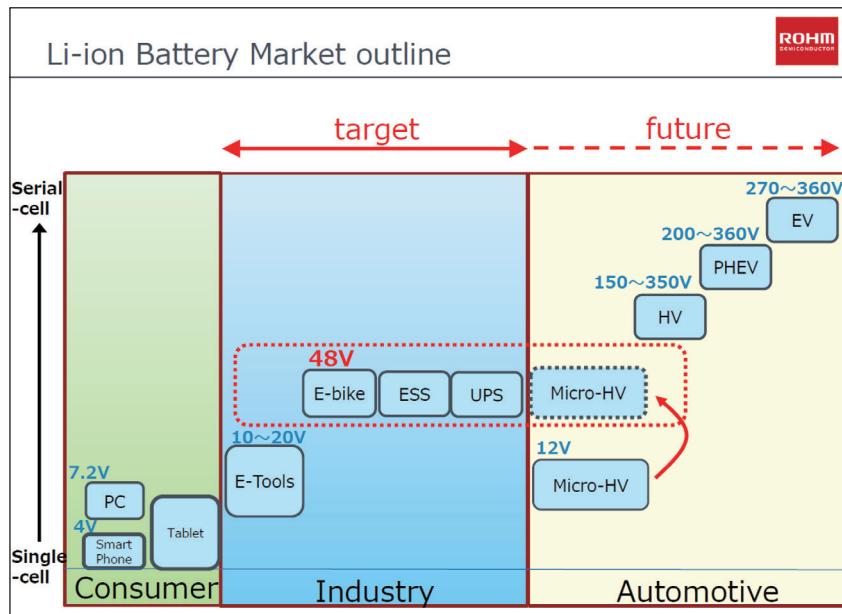
資料來源：羅姆半導體

鍵還得最短的那塊木板說了算。

「木桶效應」暗喻：組員功力相當，才真正向加乘效果

惟有桶壁上的所有木板皆一般高，才能杜絕內容物從缺了的一角外洩。投射在 BMS 即為：整體電池組的蓄電能力，取決於內部性能最差的電池。假如電池組中的各個 Cell 皆身強體健，自然能加倍發揮戰力；但若有「豬隊友」扯後腿，反會加速電池組老化。粘承允分析，實現「電池均衡」有兩種途徑：一是利用電容、電感等被動元件積極介入能量轉移、調節，已有半導體大廠申請相關專利；二是齊頭式平等，不論單電池當下體質如何？只管等額注入電量，屬消極式管理。那麼，將多串電池濃縮成單串，是否較容易管理？

圖 3：鋰鐵電池市場一覽



資料來源：羅姆半導體

粘承允不忘叮囑它有一個前提是：保護區間須等比例擴充。他統整 BMS 有三大評判重點：

1. 解析度：是論斷 BMS 好壞的關鍵指標，消費電子若能解析到 1mV 水準、電動車約 3~4mV，即堪稱優等，坊間產品優劣的極端差距可達 10mV；
2. 消耗電流：IC 本身也有功耗，且會隨採樣速度呈正比增長；
3. 功能多寡：單一功能的獨立式產品因價格便宜，仍是當今主流，而集成前端和 MCU 的整合式產品因須採用超低功耗元件，成本較高：以 300 Ah(安培 X 小時) 的電動機為例，整個 BMS IC 成本約落在 0.7~3 美元。

動態記錄電池容量，車用市場潛力大

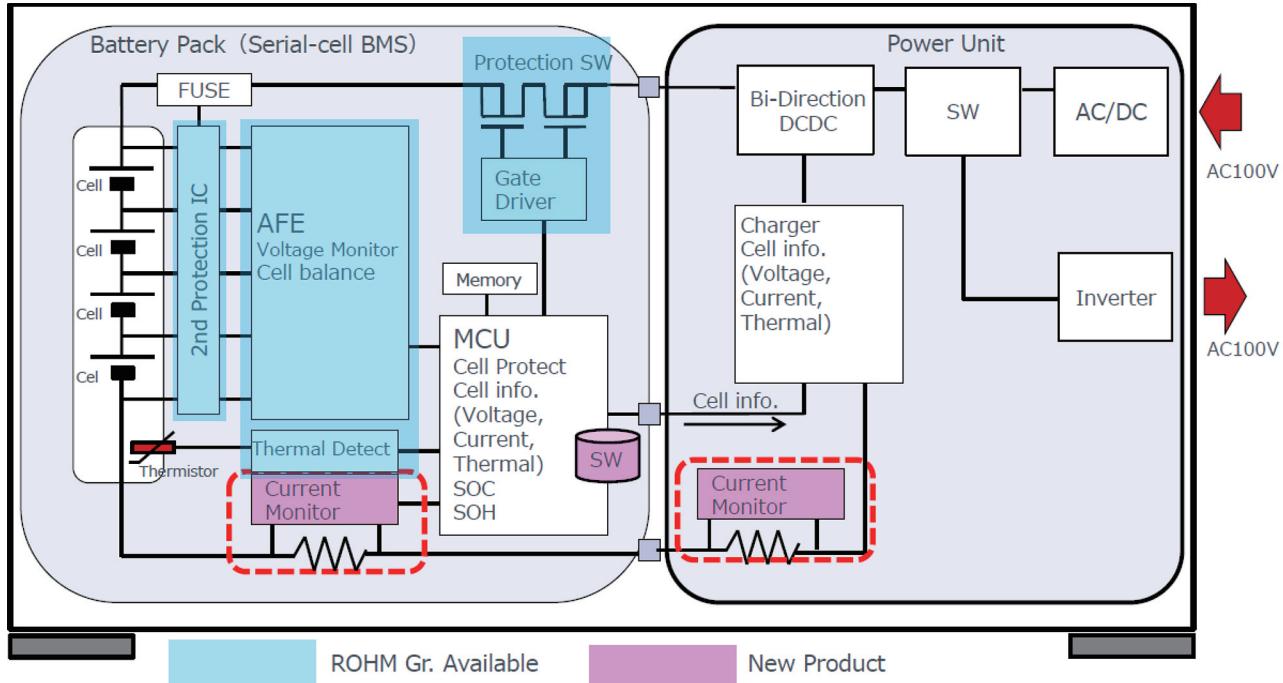
粘承允觀察，未來 30 年內的

車載四大趨勢分別會是電動車、車聯網、先進駕駛輔助系統 (ADAS) 以及自動駕駛，且在環保意識抬頭的情況下各國都訂立出了環保相關的法令，例如，德國聯邦參議院已要求在 2030 年之前禁售引擎汽車。Volvo 從善如流，宣佈將於 2019 年開始停止生產汽、柴油引擎，而法國也計劃於 2040 年終止汽柴油動力的販售；歐盟部分國家開始制訂時程表，最快擬於 2030 年全面禁止生產汽、柴油引擎。可見汽車走向電動化勢在必行，而 BMS 本身即為電動車不可或缺的元件之一。

因此，未來市場對 BMS 需求是可期的。此外，大型動力電池若要兼顧提取便利性和能量密度，重量在 10 公斤以內的 48V、10~15 Ah 容量的電池，是電動自行車、儲能系統 (ESS) 和不斷電系統 (UPS) 的理想規格，輕度混合動力車 (Micro HV) 則是下一個重點應用。48V 動力電池多由 13~14 串 18650 鋰電池 (或 16 串鋰鐵電池) 組成，一般電池芯通常需經過 2,000 次生命週期 (Life Cycle)，但多串數的系統會因一致性問題而有所減少。各家廠商也基積極的開發 BMS 系統、以達成 7 年 700 次 Life Cycle 目標。

粘承允透露，藉由記錄當下電力消耗動態及充、放電資料上傳雲端，可做深層車聯網應用。考量此類產品具有少量多樣特性，羅姆目前是以客製化方式提供；未來待整體環境成熟，不排除推出標準品，且一定會經過 AEC-Q100 認

圖 4：完整的電池系統包括「電池組」和「動力單元」兩大區塊



資料來源：羅姆半導體

證才上市。

後端動力單元亟需 BMS 保護電路

電池過度充、放電輕則會導致蓄電量下降，重則將損壞電池。一般鋰電池系統可分為「電池組」和「動力單元」兩大區塊來看，羅姆在前端保護 IC、AFE、保護電阻（開關）和閘極驅動器（Gate Drivers）擁有不小的市佔率，近來再新增電流監測產品。粘承允笑

說，這樣的產品藍圖彷彿顯得理所當然——羅姆的英文拼字正是取自「電阻 (R) + 歐姆 (ohm)」而來，被動元件和電流本就是核心優勢。他認為，「動力設備的後端系統，尤其需要 BMS 協助因應電動機的電感突波電流；一旦逼近電流容忍值門檻，須採取緩啓動 (soft start) 等必要措施以保護電路」。

粘承允亦注意到電池材料的趨勢演進，十分肯定近來特斯拉 (Tesla) 等電動車大廠力拱的「三元聚合物鋰電池」（三元鋰）後勢：

以現有的電池生產模銷售模式來看、可以將電池分成幾個級距來做分級，讓生產出來的電池都有市場可以銷售——A 級特優品供車用，其餘 B、C、D 仍然可依不同品質等級用於各式消費電子。更重要的是，能量密度大於磷酸鋰鐵；這意味著：同樣蓄電能力下、電池體積更迷你，或是同樣體積的電池、續航力更佳。不過粘承允預言：能量密度更高、且可完全根除電解液外流所引發爆炸疑慮的「固態電池」，將更備受期待。 CTA

下期預告：
感測器