

BMS 超級任務②：電池健診 & 電量均衡

電池 GAUGE 與使用 因終端應用而異

■文：任莖萍



照片人物：德州儀器 (TI) 半導體行銷與應用類比應用經理林詠進

電池老化既是必然，又何必為它費心籌謀？德州儀器 (TI) 半導體行銷與應用類比應用經理林詠進表示，偵測電池健康度是預防電池老化的第一步，只要偵測夠準確，就能進一步採取保護措施。例如，設備商一旦評估系統無法承受電壓遽降至基礎工作電壓以下，或會主動減少電池負載；然而，此舉若未事先知會使用者，恐導致意外之災而引發民怨。TI 建議，可利用電力計量 (GAUGE) 診斷電池健康狀態，告知消費者何時須更換電池；

而 TI 的「阻抗追蹤」 (Impedance Tracking, IT) 演算法可估算老化電池內阻增加後的電壓突降，是系統開發的好幫手。

「阻抗追蹤」藉偵測放電洞悉電池健康

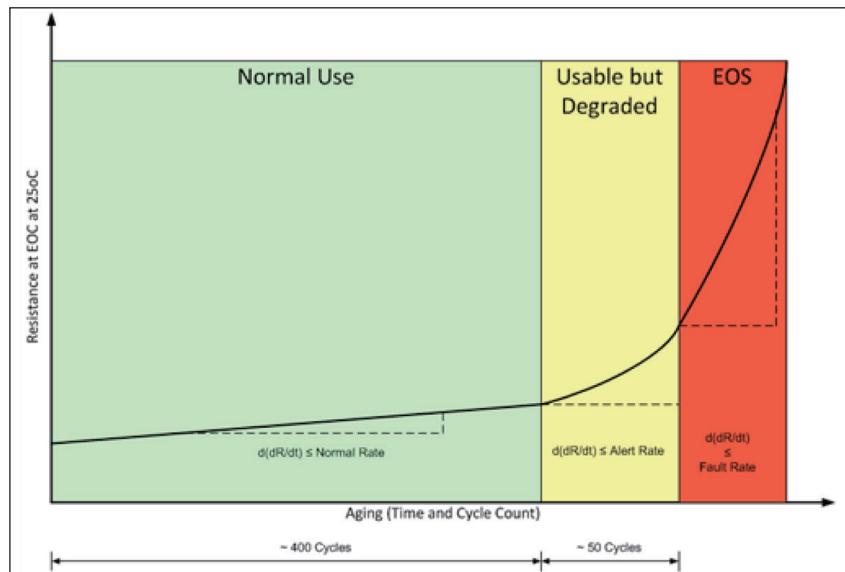
「相較於消費電子產品，儲能系統 (ESS) 或大串數系統對於可靠度和安全性有更高的要求，電池使用方式亦隨產品功能而異，需要不同 GAUGE 計算」，林詠進強調。例如，手機需重覆充放電循

環，但不斷電 (UPS) 系統卻是一直處於充飽電狀態。GAUGE 演算法可藉由「阻抗追蹤」偵測電池放電狀況，以計算電池內阻、判斷電池的健康程度。通常，手機充／放電往往大於 50% 的充放電總容量，Gauge 演算法會經由電池的放電狀況計算電池內阻，將它映射到電池在放電時的電壓差，就能瞭解電池的健康程度。

林詠進闡述，TI 挾著技術優勢，可將小串數的 GAUGE (1 ~ 7 串) 精準至 $\pm 1\text{mV}$ 的誤差範圍，表現不俗。此外，UPS 備援系統計量傳統上需借助人工放電至趨近 0% 水準，才能取得電池參數、據以判斷電池壽命。有鑑於此，TI 特別開發專屬的「不常放電演算法」 (Rarely Discharged Algorithm) 來解決這個困擾，允許系統選擇性放電 1 ~ 2%；只要透過小容量的放電就可計算電池內阻，且在檢查電池健康程度之際，仍可一如往常維持備援所需容量，大幅減少人工放電的時間以及放電中 (Learning) 系統遭遇停電的風險。

面對時有耳聞的電動車燒毀

圖 1：TI「服務終止」(EOS) 演算法，可為失去支援備份能力的元器件提出預警，以便在不影響支援備份能力的情況下檢測電池老化



資料來源：https://e2e.ti.com/blogs_/archives/b/fullycharged/archive

事故，電池設計的「安全可靠」是第一要務，而 BMS 更肩負以下重任：電池參數收集、健康狀態計算、能量管理、溫度偵測與管理、保護電路與安全管理、電壓均衡管理，以及所有訊息回報功能等。林詠進另就電池芯分析，基於原材料成本、充電速度、循環壽命、環保、工作溫度範圍等考量，磷酸鋰鐵與鋰三元是目前較多廠商考慮的材料；其中，「鋰三元」電池又以

高能量密度、高成品率與一致性躋身主流。不過，具有高能量密度優勢的固態電池，日後若能克服介面阻抗較大及成本偏高等瓶頸，絕對是電動車電池的明日之星。

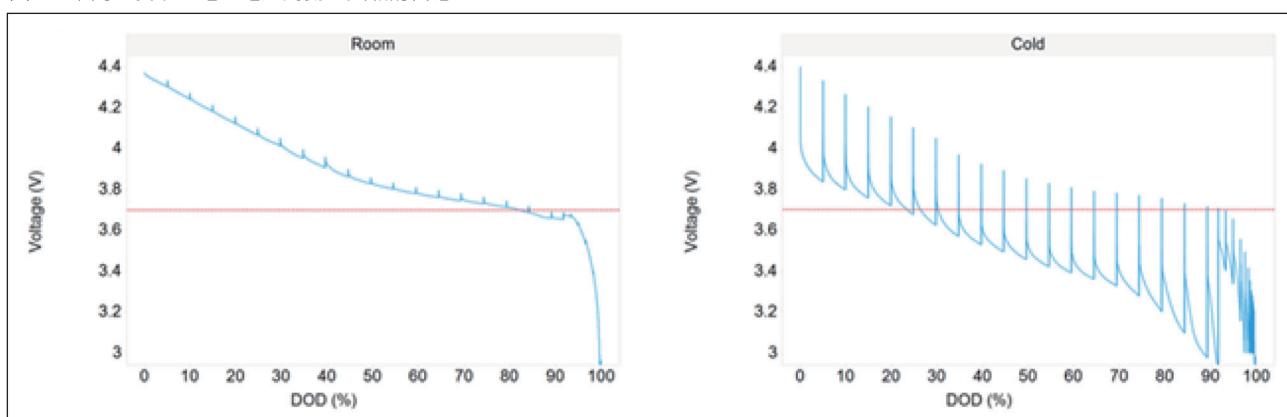
「Coulomb Counting」不會錯過瞬間突波

林詠進直言，無論是對電池的安全監控保護和管理，都是為

了提高電池的續航力及使用壽命，並減少成本；與此同時，還須兼顧電池應用的安全和可靠性。探索大串數電池模組 IC 製程的耐壓程度，並在寬幅溫度區間力求量測精準度，是各家供應商要求的通用規範、也是演算法的運算基礎；至於如何確保運作可靠性與高效性？正是各家演算法的核心技術所在！除了獨特專業的演算法之外，每個單電池 (Cell) 的 Chem ID (Chemistry ID) 代表「電池特性」，包含在高、低溫環境下的充放電曲線。

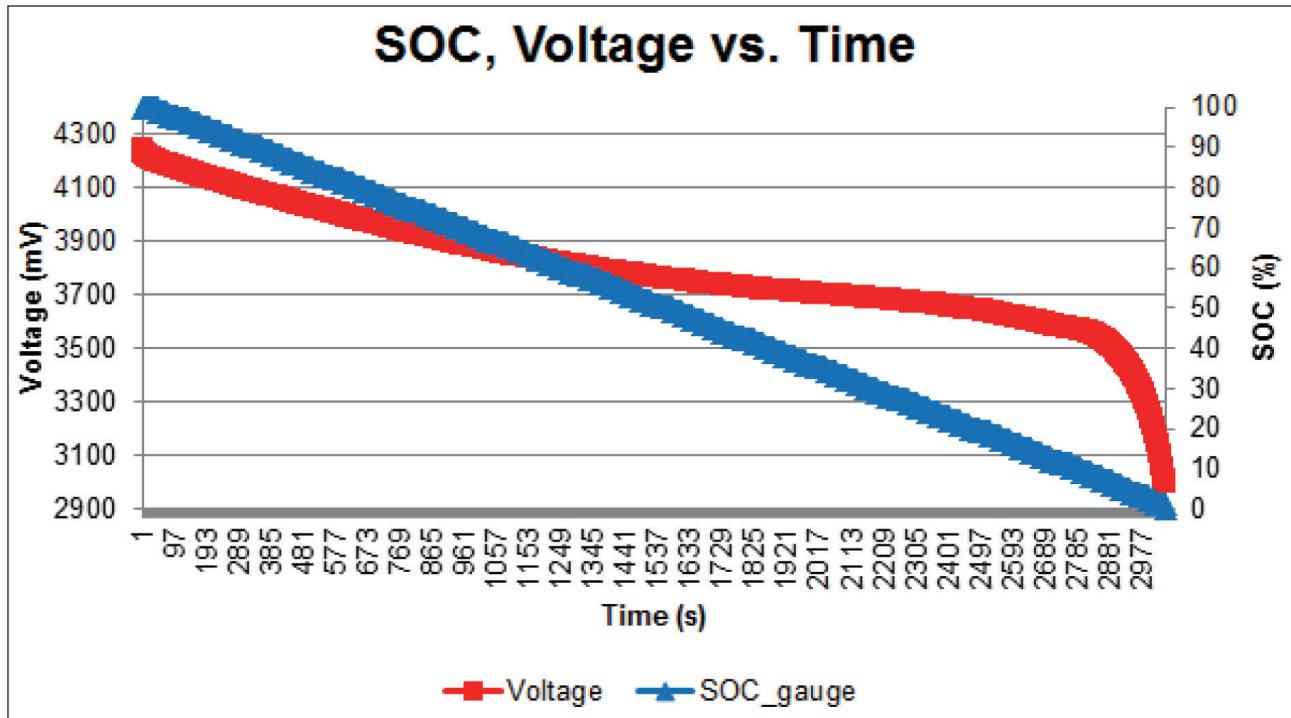
「每一個電池跑完 Chem ID 的充放電曲線，不同的電池（電池種類、電壓），都需紮實地跑過近一個月時間的曲線特性、收集資料，這些龐大的資料庫又成了設計上的一大考驗」，林詠進說。另一方面，放電容量的累積、計算若只依靠電流的取樣進行估算，恐錯過一些突波重載 (System Dynamic Loading)。既有取樣方法的最大弱點在於：精準度深受取樣率 (Sample Rate) 主宰。假設每 100ms 取樣一次，前次取樣與

圖 2：不同溫度下，電池電壓對動態負載的響應



資料來源：http://e2e.ti.com/blogs_/b/powerhouse

圖 3：充電狀態 (SOC) 和電壓 vs. 時間變化



資料來源：https://e2e.ti.com/blogs/_archives/b/fullycharged/archive

下次取樣之間若有一個電流突波出現，是無法被計算到的；若想提高精準度就須加快取樣率，變成每 50ms 取樣一次。

但不管多快的取樣率，都可能漏失瞬間突波電流，所以林詠進建議改用「電流積分」(Current Integration) 偵測。TI 名為「Coulomb Counting」(庫侖計數) 的電流偵測技術，是以庫侖為單位、每固定時間會回報給 IC 目前已累積多少庫侖？意即：不存在取樣率問題，不用擔心會遺漏任何突波電流。再者，若須串聯多個電池，維持電池的電壓在充／放電時的均衡顯得格外重要，TI 多串數 GAUGE 內置電壓均衡電路，可將多餘的電容量經由內部金屬氧化物半導體場效電晶體 (MOSFET) 開

關旁路導通 (bypass)，確保每一串電池的均衡並延長電池壽命。

電池均衡的兩大關鍵技術：電流偵測精準 + 均衡電壓電路

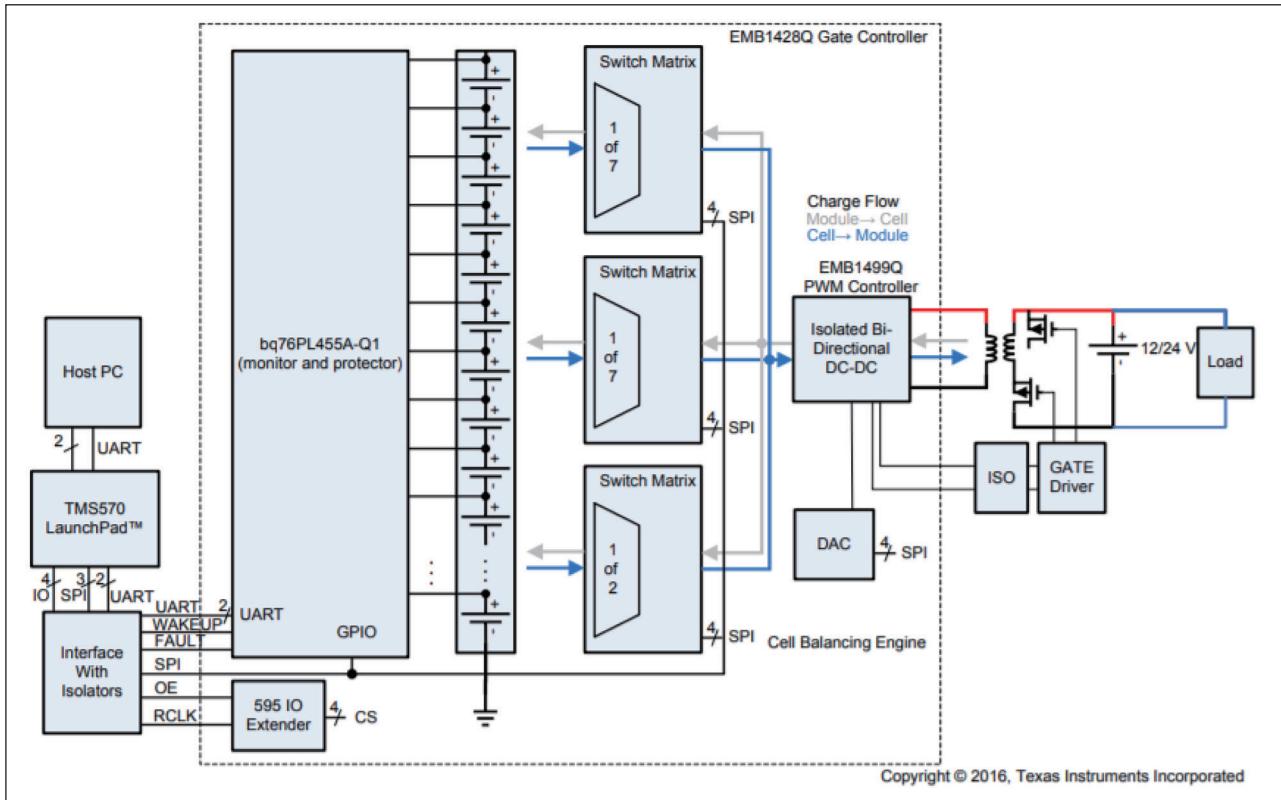
林詠進指出，TI 在多串數系統已提供電池均衡功能，有針對電壓自動均衡的硬體與針對電池本身容量均衡的演算法；不僅現有產品已有相關技術，「電池均衡的效率和速度」亦是未來新產品規劃的要素。他補充，要做到電池間的均衡須同時擁有兩大技術：一是電流的偵測要精準，二是有均衡電壓的電路 (內建硬體)。TI 的電流偵測技術如前所述，是採用 Coulomb counting，比取樣精準，而電壓均衡技術是採用內部 MOSFET 導通

方式達到每串電池充／放電的均衡；另提供所謂內部／外部被動均衡 (Passive Balancing) 和主動均衡 (Active Balancing)。

林詠進舉例，內部被動均衡就是當 A 電池的電壓容量比 B 電池高時，連接到 A 電池的那條電路在 IC 內部的 MOSFET 會導通、並將電流分流，讓充入 A 電池的電流減少，維持 A、B 電池的均衡。整體而言，以 BMS 實現智慧電源有以下必備條件或檢核準則：

1. 高品質的電池芯；
2. 電池健康程度的監控：高精度的 GAUGE 演算法、精準的電流偵測技術、量身訂做的 Clem ID、充／放電電壓均衡技術……；
3. 保護機制的安全性與可靠度；
4. 高整合度的使用者介面 (UI)。

圖 4：TI 16-Cell 鋰電池主動均衡參考設計——TIDA-00817 區塊圖



資料來源：<http://www.ti.com/lit/ug/tidubz7/tidubz7.pdf>

最後談到無線充電議題，林詠進認為不管是 Qi 或 AirFuel 陣營，未來如果想要讓使用者廣泛運用、進而變成充電的主要途徑，充電速度須大幅提升。現今使用者

遠較過去更為依賴手機，一天充電兩、三次實屬平常，甚至每天都要攜帶行動電源出門，消費者亟需快速充電功能；因此，提高無線充電的效率和瓦數是重要一環。值得關

注的是，向來擁有廣大用戶支持的 Apple，一度傳出有意另創無線充電獨規的說法；對此，林詠進回應：只要能滿足快速與高效的前提、讓使用者買單，也非不可能。 CTA

Imec 與 Renesas 聯合推出藍牙 5 及以上的超低功耗收發器

在 2018 年國際固態電路會議上，奈米 (nm) 電子和數位技術研究與創新中心 imec 與高級半導體解決方案主要供應商 Renesas 聯合發佈了低電壓 (0.8V) 超低功耗藍牙 5 收發器，用於物聯網應用領域。低電源電壓 (同類最低) 可延長電池使用時間 (最多可提高 50%)。

