

# 電池串數不斷攀升 怎能忽視 BMS ?

■文：任茲萍

電池管理系統 (BMS) 旨在控制負載環境、監測電池充電狀態 (State of Charge, SOC)，防止過度充電和電壓波動而損壞電路；雖然應用迴路只是整個供電系統的一部分，但若前端電池組的浪湧電流 (inrush current) 未經處理，恐會燒毀後端動力單元的高壓金屬氧化物半導體場效電晶體 (MOSFET)。有別於鉛酸電池加水即可復原，鋰電池還需「過放」保護，否則整組電池可能就此報銷；錫安市場研究 (zion market research) 報告顯示，2016 年全球 BMS 市值約 22.6 億美元，預估 2017 ~ 2024 年複合

成長率 (CAGR) 約 21.2%，屆時終值將超過百億美元。

## 鋰電池慎防過充、遇熱易燃

BMS 主要成長動能來自於電動車／電動自行車和可攜式設備，電池驅動的大眾交通需求增加亦將推升 BMS 銷售，而物聯網 (IoT)、數位化和雲端運算亦對各種不斷電系統 (UPS) 有推波助瀾之功。就區域觀察，北美位居全球 BMS 領導地位，2017 年市佔率約有 35%，日本、印度和中國是亞太地區先驅；

受惠於安全法規的落實，中國、巴西和印度等經濟體預料增幅顯著。拉丁美洲的有限採用率亦是業界關注焦點之一，與此同時，缺乏能源汽車基礎設施和政策的發展中經濟體，可能對市場產生負面衝擊。

鋰電池因重量輕、能量和功率密度高、待機損耗低，是 BMS 主體且 CAGR 料將持續上揚。本刊 2016.11【產業特輯】《設計安全電源，靠「量測」問診》(<http://compotechasia.com/a/2016/1114/34042.html>) 曾探討過：單串鋰電池的正常工作電壓約在 3.2 ~ 4.2V，當游移在正、負電極間的離子遇上易燃的電解液，一旦過充、過熱易引發爆炸。羅姆半導體 (Rohm) 即表明，鋰電池須將溫度控制在 0 ~ 60°C，以免電池升溫將電解液蒸發成氣體，導致局部壓力遽增、電池膨脹而燒毀隔離膜；遇零下冰點，則有結晶刺穿的危險。

## 可攜式裝置偏好「分佈式」拓樸，編程添靈活

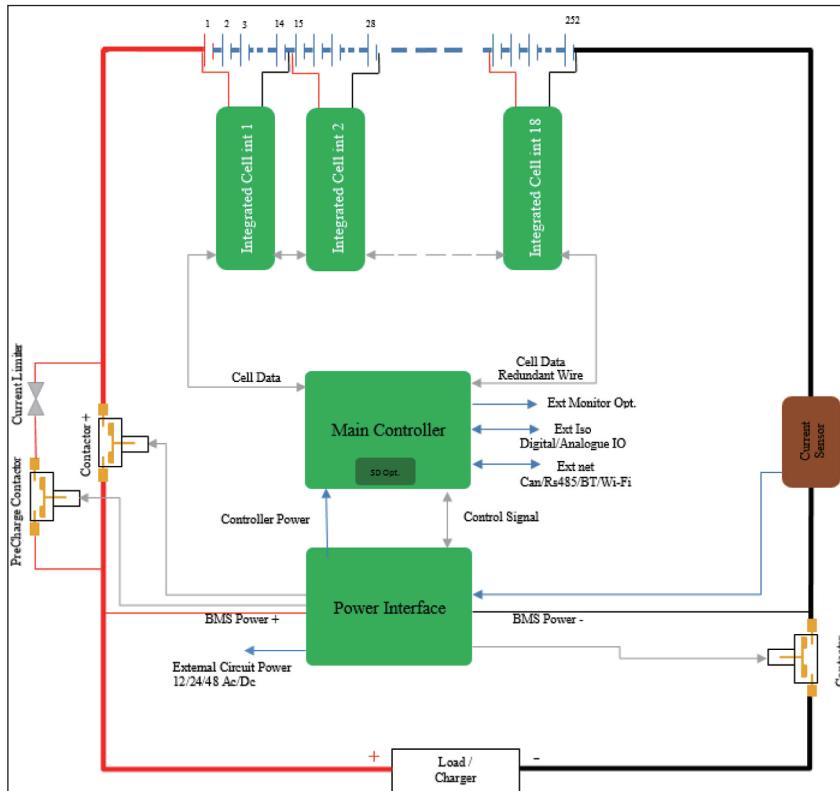
從電路型態分析，BMS 有分佈式、集中式和模組化三種拓樸：分佈式乃在每個單電池 (Cell) 皆安

圖 1：錫安市場研究 (zion market research) 預估全球 BMS 市場 2017 ~ 2024 年複合成長率 (CAGR) 達 21.2%



資料來源：<https://www.zionmarketresearch.com/report/battery-management-systems-market>

圖 2：分佈式電池管理系統 (Distributed BMS)



資料來源：By H\_flyouz - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=48682958>

裝通訊控制板；集中式是以單一控制器、藉通訊線路管理每個單電池；模組化是部署多個控制器，每個控制器負責處理一定數量的單電池。據統計，隨著個人行動裝置 (PMD) 普及，鋰電池所引發的火災事故屢見不鮮，2017 年的年增率更高達 52%。新加坡國立大學能源研究與技術中心直言，多數智慧手機只有單串電池，但 PMD 電池組可包含多達 35 串電池，基於安全起見，採用每個充電電池皆配備一個 BMS 的「分佈式」拓樸，可防止過度充電。

若系統商經由應用程式介面 (API) 與主機連接、即時提供電池健康狀況資訊，使用者便可了解

在當前情境下，該如何調整作業方式或更換電池的時間點，以免設備損壞或意外降載而有礙正常運作。然須留意的是，劣質和非原裝電池多缺乏良好的 BMS、且無法停止充電，將大幅提升釀災可能性；而經過認證的充電器會為電池提供正確的額定電流，是安全的第一道防線。作為 BMS 智能核心，可用於故障檢測、診斷服務、監控電池 SOC、健康狀況及性能的嵌入式軟體，亦將呈現高成長。

意法半導體 (ST) 的 STBC02/STBC03 電池充電管理晶片，整合了線性電池充電器、150 mA 低靜態線性穩壓器 (LDO)、兩個單軸雙切 (SPDT，又稱「單刀雙擲」) 開

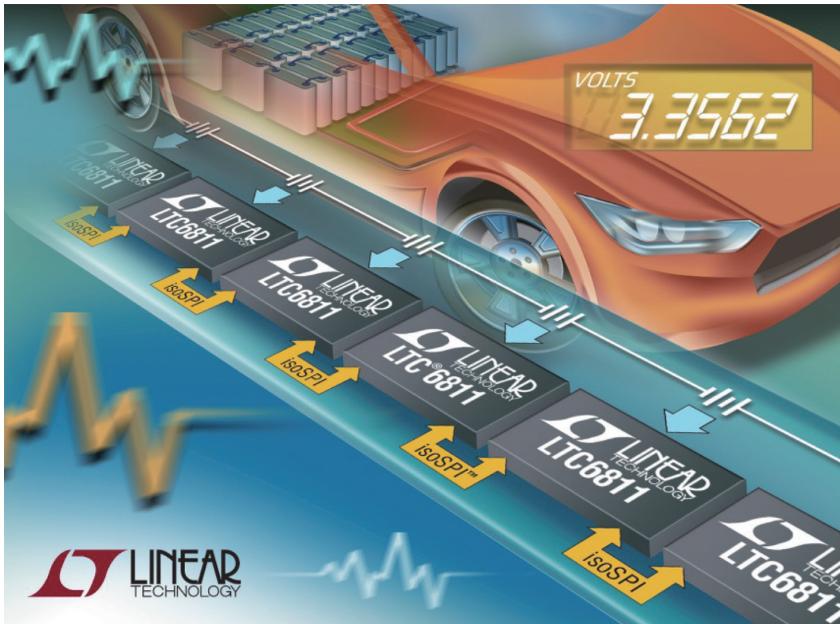
關和電池保護電路模組，以恆流／恆壓 (CC/CV) 演算法為電池充電，快速充電和預充電電流可借助專用電阻器獨立編程，電池浮動電壓值亦可編程，有效為穿戴和 IoT 裝置縮減應用成本、板面積和設計時間。上述兩款器件均設有充電器啓用輸入，可隨時停止充電；萬一輸入引腳未連接到有效電源，將切換至電池模式、由連接的電池自動供電。STBC02 並具數位單線介面和智慧重置／看門狗功能。

## 高功率動力傾向「模組化」架構，擴展更容易

雖然現今「分佈式」市佔最大，但以高效率和高可用性取勝的「模組化」架構漸獲工業 UPS、電動車／油電混合車 (EV/HEV)、無人機和儲能系統 (ESS) 等高功率 BMS 認同，用以管理一系列配置和電壓。凌力爾特 (Linear Technology，現併入亞德諾 ADI 旗下) 於 2015 年所發佈的 LTC6811 電池組監測器，可測量多達 12 串電池、堆疊架構能支援數百串電池就曾名噪一時；能個別控制脈寬調變 (PWM) 的工作週期 (Duty Cycle)，並直接以電池組或隔離式電源供電對每串電池的電荷做被動均衡，最大特點是誤差僅 1.2mV，且可在 290μs 內完成系統中所有電池的測量。

每個 LTC6811 有一個 isoSPI 介面，用於實現高速、抗射頻 (RF) 干擾的遠端通訊，有兩個版本——LTC6811-1 是將多個器件以菊鍊

圖 3 : LTC6811 適用於電動車／混合動力車、備用電池、電網儲能系統和高功率設備



資料來源：<http://www.linear.com/solutions/6983>

連接，且只要一根主處理器接線；LTC6811-2 是將多個器件並聯連接至主處理器，對每個器件進行個別定址。瑞薩電子 (Renesas) 近期為工業設備 (包括電動工具、電動自行車／電動馬達自行車) 所使用的鋰電池，首推兩種新型電池管理 IC 解決方案——RAJ240090 / RAJ240100，最多可支援 10 串電池、50V 電壓與超低功耗模式，電流消耗可低至  $25\mu\text{A}$ ，即使系統斷電、電池監控功能仍可繼續工作。

兩者皆集成 RL78 MCU，將剩餘容量測量和過壓／過流安全監控功能整合到一個封裝中，類比數位轉換器 (ADC) 和 MCU 已經過匹配和調整。除了內建安全功能並提供設計工具，還包括工業應用所需電源、場效電晶體 (FET) 驅動器和即時時脈等外設，可簡化 BMS 設計。另一方面，「電池間的均衡」——單電池均等充電、使電池組中各個

電池達到平衡一致，是業界正致力研究的一項 BMS 關鍵技術，期能降低成本，並提高汽車、航空航天等大型動力系統和電網儲能應用的效率，傳統上有主動與被動兩種。

## 高轉換效率 + 低待機功耗之外，「主動式電池均衡」受矚目

圖 4 : Microchip 提供多種小封裝尺寸、高效率、低待機功耗、高準確度且多功能的 BMS 解決方案，因應可攜式電源轉換挑戰

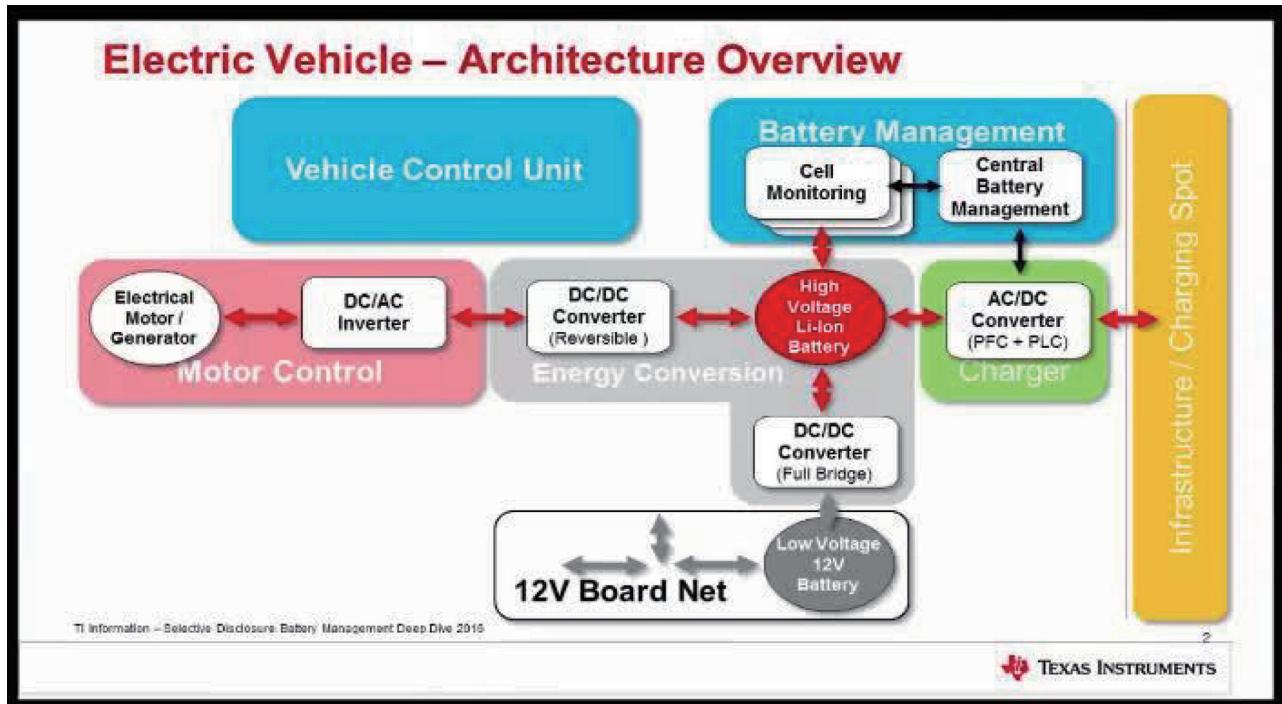


資料來源：[http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/30009610f\\_tw.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/30009610f_tw.pdf)

微芯科技 (Microchip) 指出可攜式應用為維持電池壽命，須同時滿足高轉換效率和低待機功耗——電池組需要降壓 (Buck) 轉換，單電池通常需要升壓 (Boost) 轉換，以利於電池放電時保持一致的電力水平；部分產品需要針對控制器、感測器或 RF 訊號處理做額定電壓調整，部分電路需要針對背光或電池充電調整額定電流。對於廣泛的輸入電壓範圍和高輸出電流應用，「交換式電源轉換器」較線性穩壓器更可顯著提高效率，進而延長可攜式應用的電池使用時間，而降壓轉換器用於調整永遠低於輸入電壓的輸出電壓。

使用「電感／電容」儲存能量，可使降壓轉換器的效率達 90%、甚至 95% 以上。Microchip 提供多種降壓轉換器和 PWM 控制器：轉換器整合功率型 MOSFET 開關，可提供一定的電流輸出，而控制器是依賴外部功率型 MOSFET 及高速二極體來切換轉換器的電流。Microchip 說明，同步型轉換

圖 5：電動車 BMS 提供充電狀態 (SOC) 與電池健康狀態資訊，包括：充放電控制、電池單元均衡、被動／主動保護



資料來源：<https://training.ti.com/demonstration-16-channel-active-cell-balance-solution>

器依靠兩個 MOSFET 同時運作控制電流方向，非同步型轉換器是以高速飛輪功率二極體取代其中一個 MOSFET；同步型轉換器可為低輸出電壓 (尤其是低於 3.3V 時) 提供更高的效率，而非同步型轉換器適用於較高的輸出電壓。

德州儀器 (TI) 近期則率先整合最新汽車電池管理監視器和保護器 bq76PL455A-Q1 與雙向 DC-DC 電池均衡器，推出全球首款 16 通道主動電池均衡參考設計 TIDA-00817，為大容量電池組提供高性能電池管理解決方案，允許 16 串電池輸入之任何一個按需充、放電，有 2 ~ 5A 的電流值餘裕，且完全隔離傳輸到外部 12V 電源／電池，模組可被堆疊達 1300V。不可諱言，現階段由於主動均衡器的單元成本仍居高不下，意味著擁有逾千個 Cell 的大

型電池組的成本動輒上看「5 位數」美元！因此，被動均衡器即使損耗高，但仍是目前主流。

## 折衷方案異軍突起，「雙電平均衡器」投石問路

一言以蔽之，BMS 功能包括：檢測電量、電路保護、電池均衡等，若 BMS 讀數不精確，也會牽動電池充電速率和儲能系統效率。特別一提，近來開始出現兼採主、被動之長，利用「雙電平均衡器」(bi-level equalizer) 平衡電池組中的電壓與被動電路，此專利技術能的亮點在於：為弱電池提升電量，而非迫使「有能者」犧牲小我、拉低自身水平，以成全其他電池達成均質性；更重要的是，其能量消耗僅約被動均衡器的 1/4、且成本不高，可提高電量

或縮短電網儲能系統的充電時間，現已授權電池管理系統製造商、以及電池組和車輛製造商。

美國托萊多大學 (University of Toledo) 的研究人員已開發一組包括 MCU 和連接硬體的改裝套件，可將現有 BMS 轉換為雙電平，改善固有主／被動均衡缺點以延長電池組壽命 (參照本期《「庫侖計數」獨立晶片精準解析瞬間電量衝擊》一文)。此外，羅姆半導體表示，電池外形與製程也會左右均衡：理論上圓形較佳，有利於電解作用、釋放電能且利於散熱；而製程是全自動生產或須輔以手工塗佈，皆會影響成品一致性。當電子應用越來越廣、電池串數越來越多，而能源卻越發珍貴，BMS 的發展腳步日益動見觀瞻。 CTA