

輕型電動車輛用模組化電池 管理系統

◎作者：周裕福*、吳佳裕**

現職：工研院材料所微小型燃料電池計畫* 研究員、** 副研究員

在電動車的應用上，開發一組新的模組化電池從設計組裝到實車測試，需要歷經很多系統驗證的工作，良好的電池管理系統方能使電池的特性在實際應用上獲得充分發揮，特別是在將鋰電池導入電動車相關應用的發展初期更是如此。本文中我們將介紹一種可獨立運作，且具有良好擴充性的模組化電池管理系統，此系統除了具備基本的電池監控能力外，亦可藉由光耦合器來建立起不同電池模組間的即時通訊及控制網絡，因之可以依不同電動車輛的額定電壓及功率的要求，彈性地增減電池模組來滿足其多樣化的需求，此一特點可以大幅降低評估開發各類型相關應用的時程。

關鍵詞：電池(Battery)、電池管理系統(Battery Management)、鋰離子電池(Lithium-ion Battery)、充電狀態(State of Charge)、Scooter

系統介紹

1. 發展緣由

過去的十多年來，鋰離子電池在很多應用上已被證實具有良好的電氣特性，其電池組的串接並應用在安全性方面已大幅改善至可以滿足電動車的一般需求。然而，從電動腳踏車、電動機車、高爾夫球車到混合動力的芳鄰車，其額定電壓及功率需求不盡相同。相較於筆記型電腦及手機的電池管理系統來說，這些不同的電壓與功率額定的應用，似乎很難找到一個標準共通的解決方案。以小型的鋰離

子電池來說，以電壓比較為基礎的硬體保護電路晶片已經普遍受到採用，可用來監測單一模組中包含4顆單元電池或是少於4顆單元電池的模組。保護功能包括：避免單元電池受到過充、過放或是操作電流過大等問題。此外，一種用來監測單元電池的電壓、溫度、電流及電荷等狀態，並加以數值數位化的電池殘電容量積體電路也廣泛應用在筆記型電腦。然而就輕型的電動車來說，其電壓與功率規格種類繁多，以致無法像筆記型電腦的電池管理系統一樣地單純，因此要設計一個滿足各種電動車規格的電池管理系統，幾乎是不可能達成的工作。

過去幾年來，工研院材料所不斷研發多種不同型態的中型鋰離子電池⁽¹⁻⁴⁾，在電動車的應用方面，包含 10 安培小時的鋰離子單元電池及電池管理系統的電池模組^(3,5)。為推廣鋰離子電池到廣泛的應用市場，並針對不同的電動車應用進行電池性能的評估，如何快速提供適當的電池管理系統的電路設計，以應付各式應用需求的規格要求，已經成為其中的瓶頸。主要的原因在於：一旦電池模組的單元電池數目改變，就得變更電路設計來滿足監測各個單元電池電壓的功能；另一個原因則為：一旦額定電壓值改變則電子元件的選用條件就隨之不同。因此發展「分散式電池監測電路系統」，並藉以組合出需要的多串電池管理系統，是我們針對未來市場需求的因應之道^(6,7)。在本篇文章中，我們將介紹一種可彈性變通串接電池數目的電池管理系統，由其分散在各個電池模組中的電池監測電路，因應各種不同電池模組的需求，提供合適的解決方案。

2. 分散式電池控制電路

如同由六個單元電池串接而成，額定電壓 12 V 的鉛酸電池，若串接四個鋰離子單元電池，其額定電壓值大約為 14.4V，因此有機會承接 12V 鉛酸電池的廣泛市場。在我們的模組中，除了單元電池是分散在各個不同的模組中之外，控制電路也同樣分散在各個不同的模組中來施行監控保護的動作，在技術層面上我們建立一標準的電池控制電路在各個最多包含 4 顆單

元鋰離子電池串聯的模組中⁽⁷⁾，除了基本的監控功能及充放電開關控制外，它可以跟其它同類型的電池模組相互串接在一起。這意謂著不需要重新設計電路來符合其它各種不同額定電壓的規格需求。模組控制電路之間可藉由相同的介面信號，將不同模組間的電池狀態資訊送回主控端，因此，包含異常的充電或放電電流的產生，會有由各模組電池發出的斷路訊號來通知所有電池模組立即做出反應。所有的數位化數據也都可以經由主控端於蒐集後，提供後續電源管理的分析處理。

電池管理系統的電路架構

開發本系統的研究計畫目標在於建構一模組化的電池管理系統，在此一模組化系統中，基本的電池管理功能都由各個分散於各模組中的電路來施行，這些電路的功能包括電壓保護、單元電池監測、單元電池充電平衡及過電流中斷。更詳細的功能方塊圖及各個模組間的相連情形將在後文中討論。

1. 模組中的功能區塊

(1) 硬體電路之電壓保護

如圖一所示，藉由市售的 MM1414CV 晶片可以用來對各單元電池進行電壓偵測及保護的動作，一旦任何一個單元電池超出正常工作電壓範圍之外，將會觸發保護機制的啟動。觸發訊號包括充電截止訊號和放電停止訊號，藉由電池模組內斷路開關的配合，斷開充電路徑或是放電路徑以

達到保護的功能。這樣的模組電池保護功能除了可獨立運作於各個電池模組之外，並可在串接供電上，也同樣達到各單元電池的保護功能。

(2) 電流開關

如圖一所示，在模組電池的負端串接 2 個電流斷路開關，分別控制充電與放電時的電流路徑，除了由前述電壓保護之硬體電路觸發之外，斷路開關也必須受到串接的其他模組產生的充電截止信號或放電截止信號控制。

(3) 單元電池監控（量測）

模組中用來監測各個單元電池並數位化量測是由新德公司所提供型號為 NT1908D 的電池能量監測器 (Gas-gauge IC)，此多功能類比前端處理的 IC 可以滿足電池量測上的需求，如各個單元電池的及時電壓、溫度、電流及模組的庫倫數。經由 SMBus 的通訊介面將這些資料由主控

端電腦或是單晶片控制器讀回，提供後續電池管理參數的估計。這些參數可以包含有開路電壓、充電狀態、電池內阻及殘餘電量等資料，是一模組電池控制器用來有效操控電池管理時的重要資訊。

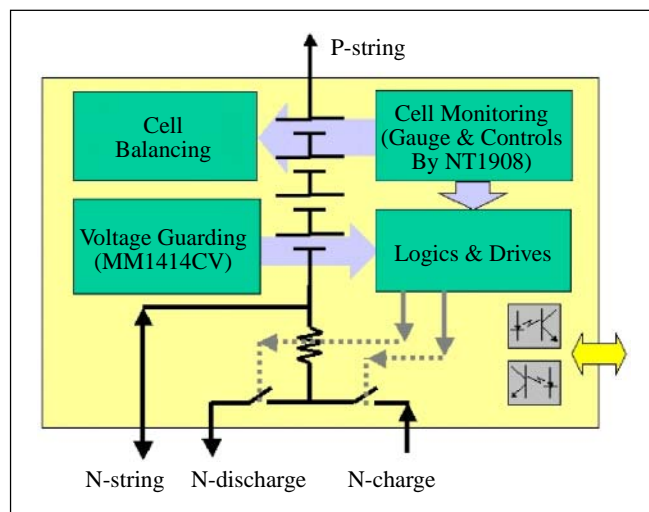
(4) 電池平衡

前述的 NT1908 也同時具備 6 個輸出控制信號，通常這些數位信號是用來外接 4 個或 5 個 LED 燈，以顯示目前模組電池的殘電容量。而在我們的模組電池中，運用方式則有所不同。我們利用其中 4 個輸出信號來控制單元電池間的消耗式等化動作，藉由 SMBus 寫入 NT1908 的暫存器中，電池控制單元可不斷地更新等化動作，以快速達成單元電池間的等化作用。

2. 電池模組間的連接設計

(1) 模組間的連接方式

如圖二所示，多個電池模組可經由串接在一起以提供較高的額定電壓。直流電力的流通路徑是由串聯不同的電池模組間的正負端點來設立。每一模組有一正端 ("P-string") 及 3 個負端 ("N-ch.", "N-dis." and "N-string")。在模組電池與模組電池的連接方法上，一組 "P-string" 的端點要與另一組的 "N-string" 端點連接在一起，只有位處最低電位的電池模組中才會使用 "N-ch." 端及 "N-dis." 端點來連接形成各別的充電路徑及放電路徑。這意謂著其它非位處最低電位電池模組的分流器及充電放電開關是不需要安裝的，因此可以避免掉連接不必要的分流器電阻及開關造成電池組之內阻



▲圖一 模組電池內部之功能狀態圖

值的增加，同時也節省零組件成本。

(2) 模組間的開關控制

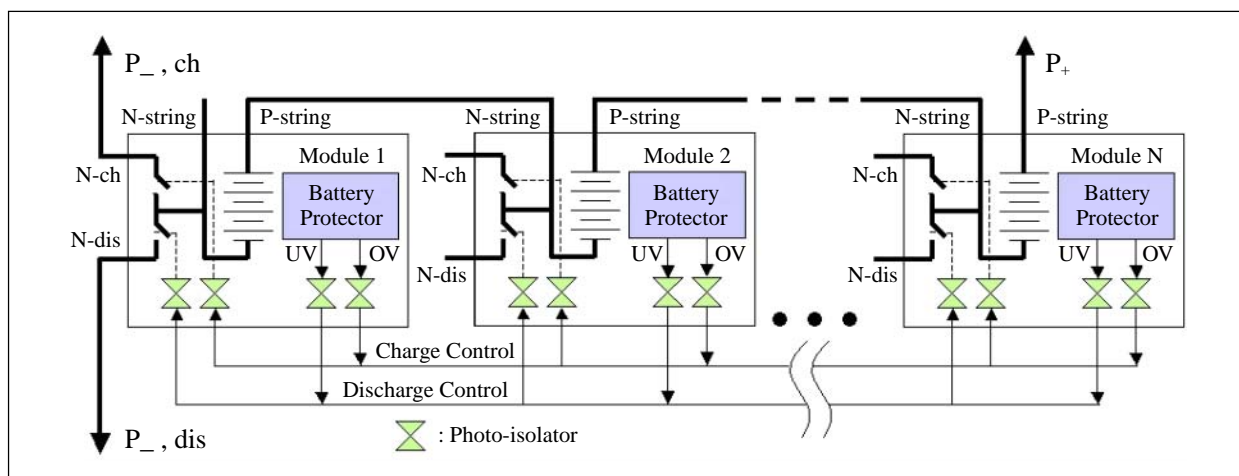
如上述所提，各個模組電池的開關動作可經由訊號傳送介面而被各連接模組所觸發，如圖二所示，經由各模組電池間的兩條光隔離訊號路徑，可以送出電壓保護訊號到各個電池模組，它們藉由傳送及接收的訊號線連接所有電池模組，並控制充放電開關。經由各模組電池的光耦合器，一組模組電池中若發生過電壓的情況，隨即會將此一訊息在各模組間傳播開來，並將所有在充電路徑上的充電開關全數斷開，同理，過低電壓保護也會斷開所有在放電路徑上的開關。為了降低成本及減少因開關所造成的歐姆效應，在多個串連的模組中，冗餘的充放電開關是可以被移除或者根本不必焊接開關，藉由先前提到的訊號傳播方式，可以確保同時觸發充放電開關來作動。

(3) 各電池模組的資料蒐集

對於電池電量監測(Gas-gauge)IC的資料與命令處理是透過 SMBus 來施行，它是採用一種雙向同步半雙工的數位訊號傳送接收方式。由於各個電池模組間的電位不同，所以需要光耦合器來隔離，以便與處於不同地電位模組及控制器間的資料傳輸。為了能從各電池能量監測 IC 來取得單元電池的資訊，各模組的光耦合 SMBus 是以分時共享的方式來避免各個模組資料傳遞時的碰撞問題。如圖三所示，資料與時脈訊號是由光隔離裝置連接於模組。各個模組電池與主控電腦間的 SMBus 時脈訊號的接收是依照模組電池上的選擇開關所決定的位址來決定，只有特定位址(ID)上的 IC 才收得到時脈訊號，因此才能接收到資料訊號。

模組電池的運用

1. 模組電池的運作



▲圖二 光耦合器的資料匯流排，用來控制各模組間充放電開關的動作

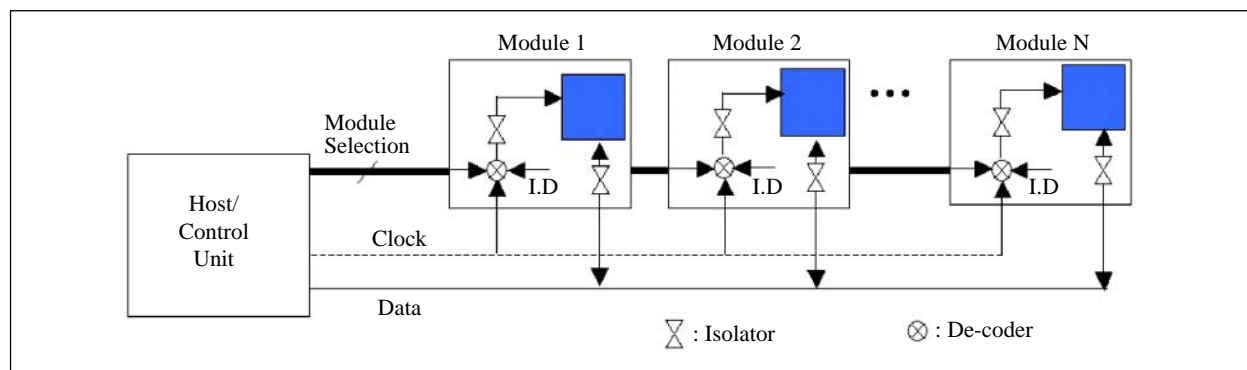
本系統模組電池管理系統的設計目的除了單一的模組電池能獨立運作之外，更要能與其它模組電池連結使用。當單一模組電池被用來提供電力時，保護 IC 會監測每一單元電池的電壓，並直接控制內部斷開迴路。若是為了提供更高的額定電壓，則藉由與其它模組電池來串接使用，只有在最末端的模組電池需要接上充放電開關。各模組間的運作方法則是透過訊號傳播介面來控制各個模組電池的斷開迴路，因此可以保護每個模組電池內的任何一個單元電池。

藉由電池系統中內建一專責的電池控制單元，負責從各模組電池取得每一單元電池的狀態資訊，以便確實掌握電池的性能狀態。如果能配合加入電池特性的專業知識，內建於電池特性的追蹤與判斷，便能實現具備獨立判斷電池機能的電池系統。除了模組中的電壓保護功能外，電池的電壓、溫度、電流與電量也是直接由模組內的監測系統所提供。在電動車的應用上，如果電池管理的策略不是很複雜，電

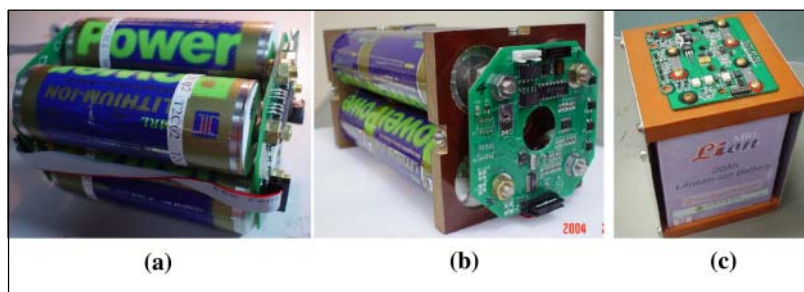
池控制單元的角色可以藉由借用車輛控制單元的運算時間及 I/O 的資源來達到電池狀態監測的功能。對於電池電壓額定的提昇，只要藉由外加更多的模組電池，即可達到擴展的需求。如圖二、三所示，電池串接數目的增加只需在直流供電路徑以串連的方式連接，而控制訊號路徑則是以並聯的方式連接。電池串接數目的主要限制在於斷路開關所容許的電壓上限，以及多串模組時對各別模組 Polling 所花的時間而造成的資料有效性等問題。

2. 應用實例

本系統開發的電路技術以四串單元鋰離子電池來實現。到目前為止，我們已經用在三種中大型的鋰離子電池的評估，其中第一型是以外型直徑 40mm、長 113mm 的圓筒形鋰鈷電池；第二型是直徑 45mm 長 180mm 的圓筒形鋰錳電池；第三型是長寬高為 127mm×28mm×194mm 的長方體鋰錳電池。這三型電池的額定容量分別為 10Ah、15Ah 及 20Ah，各別的控制電路



▲圖三 透過光耦合器的 SMBus 取得模組內單元電池資訊時，以分時共享的方式傳遞各模組狀態信號的示意圖



▲圖四 不同種類的模組電池及其電池管理系統的圖片。(a)容量為10安時的圓柱狀鋰鈷單元電池，(b)容量為15安時的圓柱狀鋰錳單元電池，(c)容量為20安時的長方體鋰錳單元電池

其結構大致相同，不同的部份為針對不同應用的額定電壓及額定電流值會採用不同規格的斷路開關及分流器。單一模組與多模組串接的電池系統，藉由搭配電池控制器的電池監測與管理功能，已經在實驗室經過測試驗證。這些電池目前已經陸續安排進行不同的應用測試，它們分別用在電動助行車、油電混合動力機車及混合動力的芳鄰車，做各別的模組電池實車測試。如圖四(a)所示，第一型的模組電池為一四串單元電池的模組，串接另一組三串單元電池的模組電池，整個模組電池可應用在額定電壓為25.2V的電動助行車上。圖四(b)顯示第二型的模組電池，該單元電池是針對油電混合動力的車輛來設計⁽⁴⁾，具有高功率的放電性能。串接3組同型式的模組電池將可提供超過3kW的電力供給，作為油電混合動力機車在起動加速期間提供高扭力所需的電力。圖四(c)顯示第三型模組電池的外觀，藉由使用串接六組這樣的模組電池，提供混合動力的芳鄰車所需的88.8V的額定電壓。此一電池系統

維持介於50%與80%的殘電容量，作為充放電的操作範圍，以滿足系統所需的放電能力與充電接受能力的最低要求。此系統的電源管理所依據的電池狀態訊息信號，是透過光耦合器作隔離的SMBus取得各模組電池的監測訊息來進行的。

結 論

針對串接模組電池中的單元電池做電壓監測及保護是電池管理方面基本的要求，尤其是針對鋰電池的應用更是如此。對於廣大的應用市場來說，要找到一種能符合各種額定電壓範圍要求的解決方案並非一件容易的事。本文中，我們提出了由工研院材料所近來發展的模組化電池管理系統。此一電池管理系統不但能保護所有的單元電池免於過充或過放的危險，同時也提供電池的狀態資訊給外部的主控端，因此可以把多個模組電池串連起來，以期達到應用上額定電壓的要求。藉由並聯各個模組電池的控制訊號，各個模組電池內在充放電路徑上具備充電斷路開關及放電斷路開關來作保護，同樣地可以取得各個模組電池的數位化資料。☑

參考文獻

1. Mo-Hua Yang, Cheng-Hsing Hsieh and Bing-Ming Lin, Development of Li-ion Battery for Electric Bike Application, The 18th international electric vehicles symposium, Berlin, Germany, 2001.

2. Yuh-Fwu Chou, Kuo-Kuang Peng, Mei-Fang Huang, Ho-Yin Pan, Chi-Sang Lau, Mo-Hua Yang and Geoffrey W. Shuy, A Battery Management System of Electric Scooter using Li-ion Battery Pack, The 18th international electric vehicles symposium, Berlin, Germany, 2001.
3. Mo-Hua Yang, Jui-Chin Fang, Huikang Wu, Ching-Yih Yao, The Performance Improvement of the Power Type 10 Ah Lithium-ion Battery Module for Electric Bike Application, The 19th international electric vehicles symposium, Busan, Korea, 2002.
4. Mo-Hua Yang, Jui-Chin Fang and Shen-Fa Yen, Development of Power Type 15Ah Lithium Ion Battery for Light Hybrid Electric Vehicle (LHEV) Application, The 20th international electric vehicles symposium, Long Beach, California, 2003.
5. Bing-Ming Lin, Mo-Hua Yang, Kuo-Kuang Peng, Yuh-Fwu Chou, Ching-Yih Yao, The Development of Lithium-ion Battery Module for Electric Bike Application, The 19th international electric vehicles symposium, Busan, Korea, 2002.
6. Mo-Hua Yang, Yuh-Fwu Chou, Bing-Ming Lin and Kuo-Kuang Peng, A modularized Li-ion battery with distributed status monitoring and charge equalization system for hybrid electrical vehicles, The Advanced Automobile Battery Conference 2003, Nice, France, 2003.
7. Yuh-Fwu Chou, Kuo-Kuang Peng, Bing-Ming Lin, Po-Yin Tseng and Mo-Hua Yang, Modular Batteries with Distributed Status Monitoring and Charge Equalization System for Various Vehicle Applications, The 20th international electric vehicles symposium, Long Beach, California, 2003.

MEMS 市場

本文摘自富士 Kimera 總研 2005 年的 MEMS 市場調查。調查對象產品：光 MEMS、MEMS 元件、MEMS 製造設備與服務、MEMS 應用產品。2004 年以感測元件與生物科技等的 MEMS 為主，市場為 927,375 百萬日圓，未來會與奈米材料一起加速發展，預估到 2010 年 MEMS 市場將達 2,251,045 百萬日圓，2020 年的市場將為 2004 年的 4 倍，達 3 兆 6848 億 025 百萬日圓的規模。其中，在 MEMS 市場中受到矚目的動向有：

① 相關設備與服務：Deep RIE 設備為利用乾式蝕刻進行深溝挖掘的工程設備，預測今後將以兩位數成長。2004 年 80 億日圓，2005 年預測為 95 億日圓，2010 年將達 143 億日圓。② MEMS 代工服務：2002 年起在日本已開始有 MEMS 元件委託生產，加上 2003 年日本經產省 /NEDO 推出「MEMS 計劃」，所得成果實用化所確立的 MEMS 技術，適用於代工服務，因而帶動代工市場。2004 年全球市場 1370 億日圓，2005 年預測為 1700 億日圓，2010 年 5800 億日圓。代表性廠商如 Olympus 公司，代工服務包括 MEMS 的產品設計、試作、委託生產等。③ MEMS 相關材料：SOI 晶圓（MEMS 用）幾乎都利用厚膜型氧化膜，信越化學為擁有最大佔有率的公司。2004 年全球市場 15 億 095 百萬日圓，2005 年預測為 17 億 080 百萬日圓，2010 年 31 億 045 百萬日圓。◆