

提升效率：ADI 電池管理解決方案

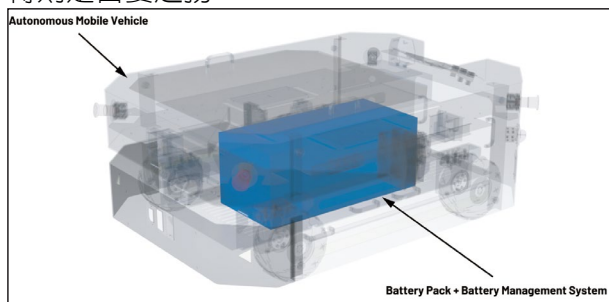
## 如何協助實現 更安全、更智慧的移動機器人

隨著自動化倉庫和製造設施的迅速發展，謹慎控制過程中的每個元件非常重要。即使是短暫的停機也會造成嚴重影響。自主移動機器人和自動導引車在該生態系統中發揮著重要作用，需要建置精準的監控和故障安全系統。另一個重點是有效監控電池，以便優化電池性能並延長電池的整體壽命，進而大幅減少不必要的浪費，保護寶貴的資源。本文將簡要介紹一些用於提升電池效率的重要指標，以及為這些應用選擇電池管理系統時需要考慮的關鍵因素。

■作者：Rafael Marengo / ADI 系統應用工程師

### 簡介

在設計如圖 1 所示的自主移動機器人 (AMR) 時，選擇合適的電池組及其配套的電池管理系統 (BMS) 是一個關鍵決策。在工廠和倉庫等緊密整合的環境中，每一秒鐘的運行都非常重要，確保所有元件能夠安全可靠地正常運行是首要之務。



BMS 解決方案能夠精準測量電池的充電和放電，進而大幅提高可用容量。此外，獲得精準的測量結果後，便可以準確計算充電狀態 (SoC) 和放電深度 (DoD)，這些重要參數有助於提高移動機器人工作流程的智慧程度。這些系統的安全性同樣重要，在為這些應用選擇系統時，請務必考慮能夠提供過充保護和過流檢測的 BMS 技術。

### 什麼是電池管理系統？

BMS 是一個電子系統，可用於密切監控電池組和 / 或其各個電池單元的各種參數。對實現電池的最大可用容量並確保安全及可靠運行而言，BMS 非常重要。高效的系統不僅能夠以安全的方式優化電池的可用容量，還能夠為工程師提供有價值的參數，例如電池單元電壓、SoC、DoD、健康狀態 (SoH)、溫度和電流，這些參數均有助於使系統發揮優異性能。

### 什麼是 SoC、DoD 和 SoH？為什麼它們對自動導引車 (AGV) 和 AMR 很重要？

SoC、DoD 和 SoH 是 BMS 中常用的一些參數，用於確定系統是否健康、早期故障檢測、電池單元老化以及剩餘執行時間。

SoC 表示充電狀態，定義為相對於電池總容量的電池充電水準。SoC 通常以百分比表示，其中 0% = 空，100% = 充滿。

$$\text{SoC} = \frac{C_{\text{releaseable}}}{C_{\text{rated}}} \times 100\% \quad (1)$$

SoH 表示健康狀態，定義為相對於電池額定容量 (Cmax) 的電池最大可釋放容量

(Cmax)。

$$\text{SoH} = \frac{C_{max}}{C_{rated}} \times 100\% \quad (2)$$

DoD 表示放電深度，與 SoC 指標相反，定義為相對於電池額定容量 (Creleased) 的電池已放電百分比 (Crated)。

$$\text{DoD} = \frac{C_{released}}{C_{rated}} \times 100\% \quad (3)$$

## 這些參數與 AMR 解決方案有何關係？

電池的 SoC 根據電池架構而變化，儘管如此，仍需要一個精準的系統來測量電池狀態。目前常用的電池主要有兩種類型：鋰電池和鉛酸電池。每種電池各有利弊，並包含不同的子類別。總體而言，普遍認為鋰電池更適合用於機器人，因為此類電池具有以下特點：

- 能量密度更高，可達到鉛酸電池能量密度的 8 到 10 倍。
- 鋰電池比相同容量的鉛酸電池更輕。
- 鉛酸電池所需的充電時間比鋰電池更長。
- 鋰電池的使用壽命更長，因此充電週期次數明顯更多。

然而，這些優勢表示成本增加，並帶來了一些挑戰，要想充分發揮其性能優勢，就需要解決這些挑戰。

為了在實際應用中更明確說明這一點，可

圖 2: 電池組電壓位準與 DoD

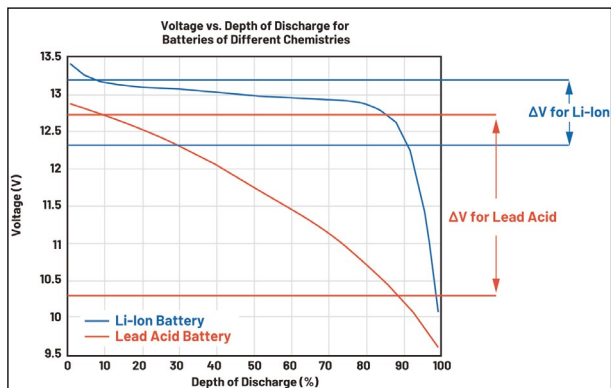
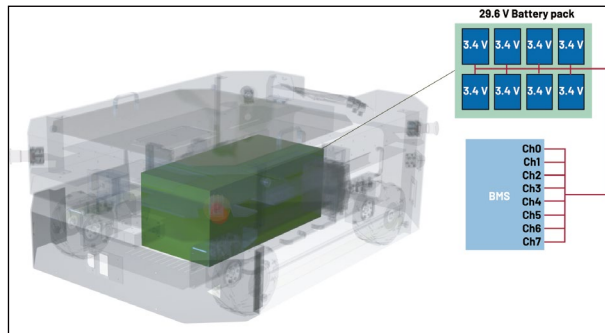


圖 3: AMR 通用電池和 BMS 架構。



以透過分析圖 2 來解釋，該圖比較了鉛酸電池和鋰電池的 DoD。可以觀察到，當鋰電池的 DoD 從 0% 增加到 80% 時，電池組電壓變化極小。80% DoD 通常是鋰電池的下限，如果低於該值，可能被視為危險水準。

然而，由於鋰電池的電池組電壓在可用範圍內的變化非常小，即使是微小的測量誤差也可能會導致性能大幅下降。

為了在真實場景中說明這一點，以下假設 AMR 是一個 24 V 系統，使用 27.2 V LiFePo4 電池組，其中每個電池單元充滿電時的容量為

表 1: LiFePo4 電池單元和電池組電壓的示例資料

SoC	電池單元電壓	電池組電壓
100%	3.4	27.2
90%	3.35	26.8
80%	3.32	26.6
70%	3.3	26.4
60%	3.27	26.1
50%	3.26	26.1
40%	3.25	26
30%	3.22	25.8
20%	3.2	25.6
10%	3	24
0%	2.5	20

3.4 V。參見圖 3。

此電池的常見 SoC 曲線如表 1 所示。

對於 LiFePo4 電池，可用範圍可能有所不同，但一個很好的經驗法則是考慮最小 SoC 為

10%，最大 SoC 為 90%。

如果低於最低水準，可能會導致電池內部短路，而如果充電超過 90%，這些電池的使用

壽命便將會縮短。

考慮表 1，請注意每個電池單元的電壓範圍為 350 mV，對於包含 8 個電池單元的 27.2 V 電池組，電壓範圍為 3.2 V。根據這一點，我們可以得出以下假設：

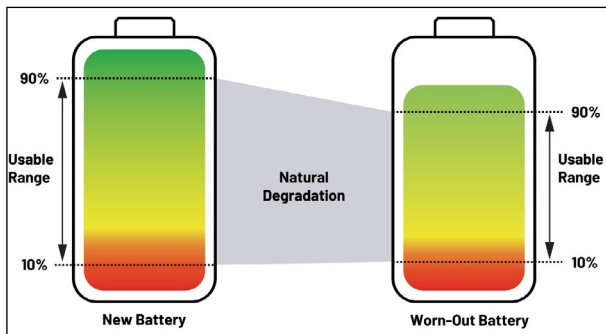
如果 LiFePo4 電池的可用電池單元電壓範圍為 350 mV，則每 1 mV 的電池單元測量誤差會使範圍減小 0.28%。

如果電池組成本為 4000 美元，誤差成本為：  
 $4000 \text{ 美元} \times 0.28\% = \text{每 mV 誤差 } 11.20 \text{ 美元}$ ，表示電池組在該範圍內未得到充分利用。

雖然 0.28% 的範圍看似微不足道，但當擴展到多個 AMR 系統時，該百分比可能要乘以數百甚至數千，其就變成了一個重要因素。如果考慮到電池的自然退化，該因素變得更具相關性。

自然退化對電池健康也產生重要作用，因為隨著時間的推移，電池的最大 SoC 將降低 (圖 4)，因此即使在自然退化之後，精準測量電池單元也是維持卓越性能水準的有效方式。

圖 4: 由於自然退化導致最大可用範圍減少。



監控所有參數並精準控制電池的使用能夠有效延長電池使用壽命，並充分利用每個電荷單元。

## ADI BMS 解決方案如何提高生產力並解決問題？

在移動機器人應用領域，ADI 的 BMS 可以

提供哪些技術來增強和實現高性能？

透過精準測量電池單元，精準的電池管理可明顯提升電池效率，進而更精準地控制和估算各種電池化學成分的 SoC。單獨測量每個電池單元可確保安全監控電池的健康狀況。該精準監控有助於平衡充電，防止電池單元過度充電和放電。此外，同步電流和電壓測量可提高已捕獲資料的精準性。超快速過流檢測可實現快速故障檢測和緊急停止，確保安全性與可靠性。

ADBMS6948 提供移動機器人所需的所有關鍵規格，但對於移動機器人，BMS 設計時要考慮的一些關鍵規格包括：

- 使用壽命期間的總測量誤差 (TME) 小 (-40°C 至 +125°C)
- 電池單元電壓的同時和連續測量
- 內建 isoSPI 介面
- 支援熱插拔，無需外部保護
- 被動電池平衡
- 低功耗電池單元監控 (LPCM) 用於關斷狀態下的電池單元和溫度監控
- 睡眠模式電源電流低

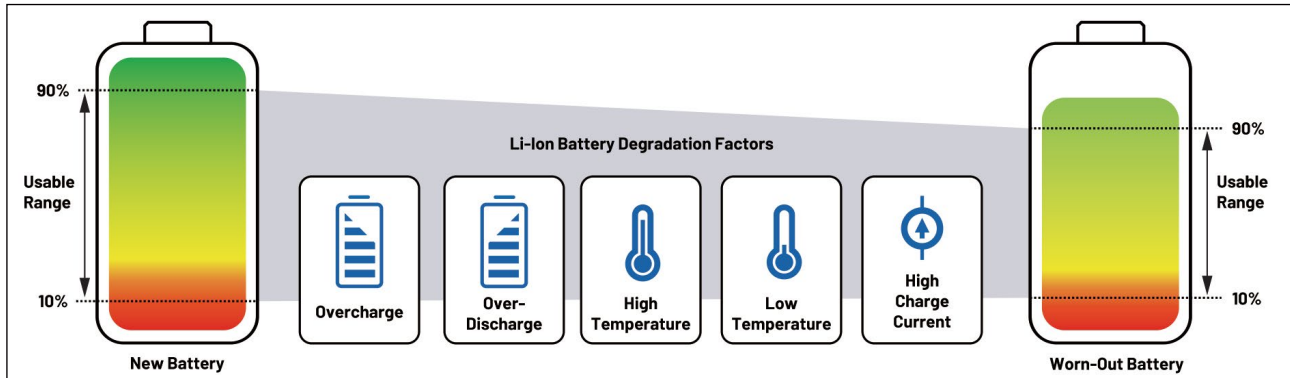
## 減少浪費，保護環境

國際能源署在 2023 年的一份關於電池的報告中提到，「電池是潔淨能源轉型的重要建構模組<sup>1</sup>」。認識到妥善管理這些資源的重要性非常關鍵。構成電池的材料很難從環境中提取，這突顯了優化電池利用的必要性。透過有效管理充電和放電參數，我們可以延長電池的使用壽命，使其能夠使用更長時間，無需更換。

ADI 的 BMS 功能提供的過流保護是低風險因素，可實現安全運行，並降低電池和作為負載連接的系統損壞的風險。

圖 5 列舉了造成鋰電池退化的一些因素。值得注意的是，這些因素可能會引起燃燒和爆

圖 5: 鋰電池的主要退化因素。



炸等危險情況，並且可能會迅速釀成災難<sup>2</sup>。

對於影響電池退化的所有參數，均可進行測量、處理並採取相應行動，進而為系統提供在所需使用壽命內運行的適宜條件。延長電池使用壽命是減少浪費的重要因素，因為目前若透過優化管理，電池將可以使用更長時間，這可以進一步有效減少不必要的電池單元處理。

## 結論

總之，我們可以得出結論，BMS 不僅能透過精準控制每個參數來提升系統的整體性能，還可以降低成本，減少浪費。在不斷發展的製造環境中，自動化程度日益提高，人們希望繼續提升其移動機器人的性能，於是，精準控制

和管理資產變得非常重要。

欲詳細瞭解有關 ADI 為工業移動機器人提供的產品，請瀏覽機器人解決方案頁面：<https://www.analog.com/cn/solutions/industrial-automation-technology/industrial-robotics.html>。

## 參考文獻

- 1 「電池和安全能源轉型」。國際能源署，2023 年。
- 2 Xiaoqiang Zhang、Yue Han 和 Weiping Zhang。「回顧鋰電池壽命的影響因素」。電氣和電子材料彙刊，第 22 卷，2021 年 7 月。CTA

## 資策會通過 ISO 17020 認證！助臺灣企業全面迎戰國際資安挑戰

隨著全球供應鏈資安需求日益嚴格，財團法人資訊工業策進會資安科技研究所（資策會資安所）於去（113）年 12 月成功通過美國實驗室認證協會（A2LA）ISO 17020 認證，並獲得美國國家標準與技術研究院（NIST）SP 800-171/172 的驗證資格，成為推動國際供應鏈資安合規的重要力量。這兩項認證顯示資策會在資安評估領域的國際實力，透過提供合規評鑑報告服務，將提升臺灣企業在全球供應鏈中的資安能力和競爭力，尤其在半導體與電子製造業等高風險領域，將大幅提升資安防護，強化在國際市場的競爭優勢。

NIST SP 800-171/172 是美國聯邦政府和國防部供應鏈資安的重要規範，亦是 CMMC 2.0（網路安全成熟度模型驗證）的核心基礎。資策會也通過 ISO 17020 認證，是臺灣具備多項資格之驗證機構，不僅能提供專業的 NIST SP 800-171/172 資安合規評鑑驗證服務，更能進一步引導企業逐步達成 CMMC 2.0 標準要求，提升資安成熟度與供應鏈信任。這不僅對臺灣企業應對國際資安挑戰至關重要，也讓企業在全球市場中獲得更多商業機會。