

BMS : I CIRCUITI PER LA PROTEZIONE DELLE BATTERIE AL LITIO

IW2BSF – Rodolfo (2023)

I circuiti per la protezione delle batterie al litio sono dei circuiti usati per proteggere da una serie di condizioni sfavorevoli le celle al litio.

Questi circuiti sono chiamati anche **BMS** ovvero **Battery Management System** oppure **Battery Protection Circuit** e servono ad aumentare la vita delle batterie e a proteggerle da condizioni che le danneggerebbero o creerebbero situazioni di pericolo.

Molte volte smontando le batterie del cellulare si nota un piccolo circuito al di sopra della cella, quel circuito è un BMS.

I dispositivi di basso livello permettono la protezione da sovraccarica, da sovrascarica, da corrente massima e da cortocircuito.

La prima protezione fa in modo che le celle si scollegano dal caricatore quando si raggiunge la tensione di massima carica, La protezione da sovrascarica stacca le celle invece dal carico. La protezione da cortocircuito e da corrente massima scollegano le celle dal carico quando avviene una di queste due condizioni.

I circuiti di livello alto invece dispongono anche della protezione termica, ovvero scollegano le celle quando si supera una certa temperatura. I BMS sono veramente utili per caricare le celle in serie, questo perché semplificano il caricatore ed evitano rotture soprattutto in fase di carica.

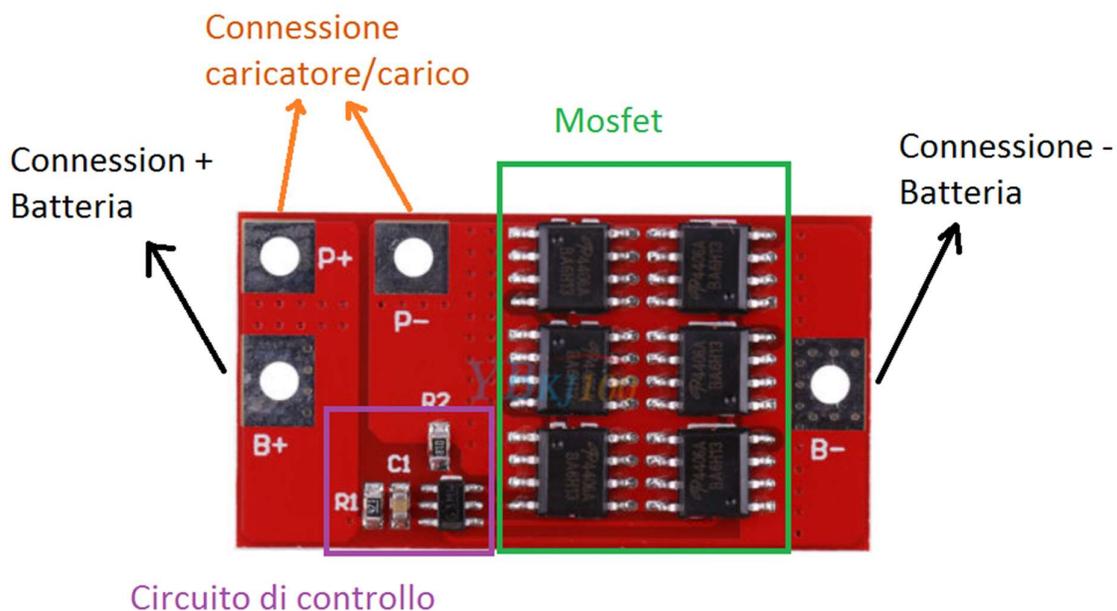
Il tipo di circuito da usare dipende sia dalla corrente sia dal numero di celle collegate in serie.

Per indicare il numero di celle collegate in serie si usa il numero delle celle seguite dalla lettera S.

1S significa che vi è una sola cella, 2S significa che si sono due celle collegate in serie e così via.

CIRCUITO PER SINGOLA CELLA

Un tipico circuito per singola cella è così fatto:

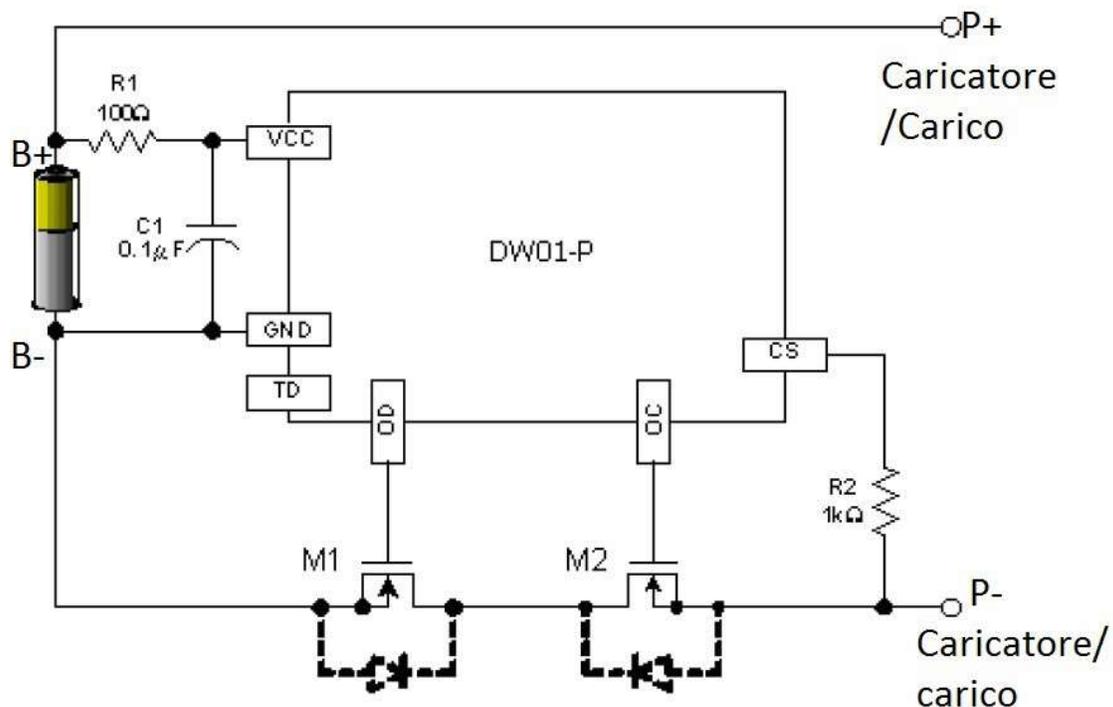


La batteria viene connessa come indicato facendo attenzione alla polarità, Il caricatore viene connesso ai poli P+ e P-.

Il circuito è composto da un integrato che funge da controllore e da due o più mosfet che servono per scollegare la cella quando è in condizione di pericolo.

Il numero dei **mosfet** dipendono dalla corrente di uscita, ad esempio in figura si ha un BMS da 10A. Il circuito di controllo è solitamente composto da un **integrato DW01-p** anche se costruttori diversi possono usare diversi integrati.

Lo schema del **circuito di protezione** è il seguente:



Anche se sembrerebbe che i mosfet essendo in controfase non possono condurre entrambi, questo è possibile grazie alla logica di controllo.

Un parametro molto importante che riguarda i mosfet è la resistenza interna, questo perché si crea una perdita di potenza che dipende da essa. Inoltre l'integrato assorbe una piccola potenza anch'esso, in ogni caso le perdite di potenza dei mosfet e dell'integrato sono trascurabili.

Per ogni modulo vi sono delle caratteristiche che dipendono dall'integrato usato e dai mosfet.

Per il modulo di figura le caratteristiche sono:

- Tensione di sovraccarica: **4.28±0.025V**
- Tensione di sovrascarica: **2.8±0.08V**
- Massima corrente: **10A.**
- Resistenza: **10 mOhm**

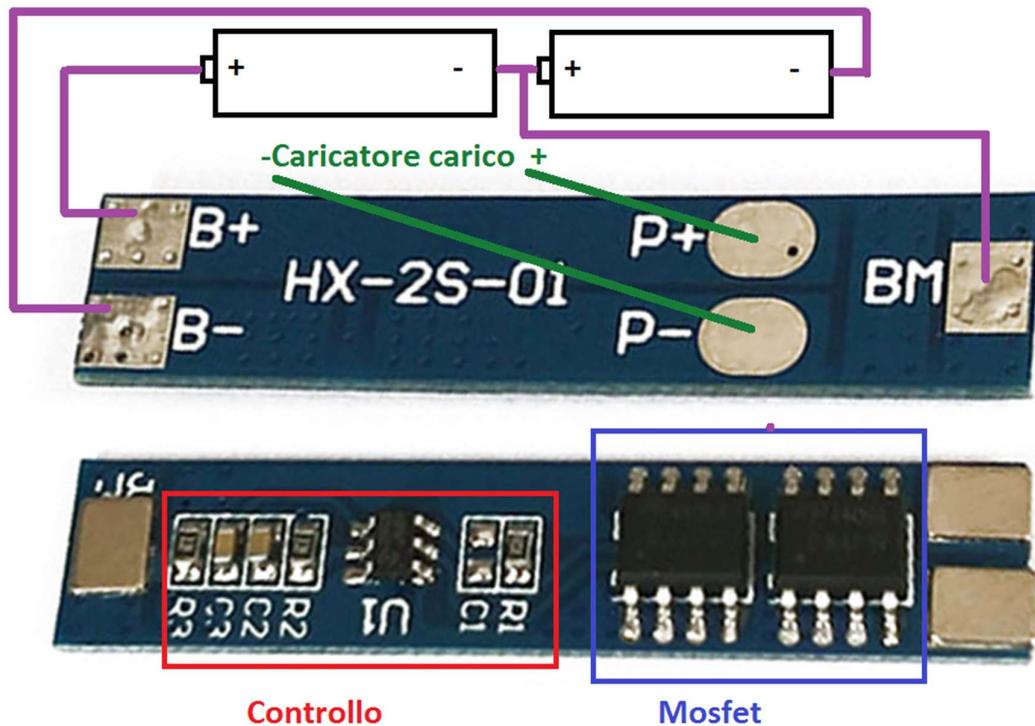
Queste informazioni ci dicono **che il caricatore viene scollegato dalla cella quando la tensione è pari a 4.28V** con un errore pari a 25mV, la batteria viene scollegata dal carico quando raggiunge una scarica pari a 2.8V con un errore di 80mV e la corrente massima è 10A.

La resistenza dovuta ai mosfet è di 10mOhm ovvero 0.01 Ohm, quindi su 10A si crea una caduta di tensione di 100mV e quindi si perde una potenza di 0.1W al massimo della corrente erogata (circa 42-28W) quindi 0.1W è una quantità molto piccola.

Per quanto riguarda la corrente massima non conviene mai usare un BMS con corrente maggiore di quella che serve, ad esempio se il mio circuito assorbe al massimo 1.5A un BMS da 2A è perfetto perché mi protegge il circuito da sovracorrenti, al contrario usare uno da 10A per un circuito che assorbe al massimo 1.5A mi permette di avere correnti di 10A che brucerebbero completamente il circuito, inoltre il BMS da 10A ha un costo maggiore.

CIRCUITO DI PROTEZIONE PER DUE CELLE

Un classico circuito di protezione per due celle in serie è il seguente:



In questo caso come circuito di controllo si utilizza un [R5460](#) oppure un [S2562](#), un circuito di controllo in grado di controllare singolarmente le due celle.

Infatti questo circuito dispone del contatto BM ovvero il contatto mediano della connessione in serie. In questo modo il circuito di controllo è in grado di misurare la sovraccarica e la sovrascarica di entrambe le celle in modo tale da staccare le batterie dal caricato quando una

delle due raggiunge una tensione di carica pericolosa o una tensione di scarica troppo bassa, proteggendo la singola cella nel caso una sia più carica o più scarica dell'altra.

Le caratteristiche del circuito di figure sono:

- Tensione di sovraccarica: **4.25±0.05V**
- Tensione di sovrascarica: **2.75±0.05V**
- Massima corrente: **5A**
- Resistenza: **21mOhm**
- Assorbimento del circuito di controllo: **10uA**

Anche in questo caso attenzione al collegamento e non attenzione a ben dimensionare la corrente del circuito.

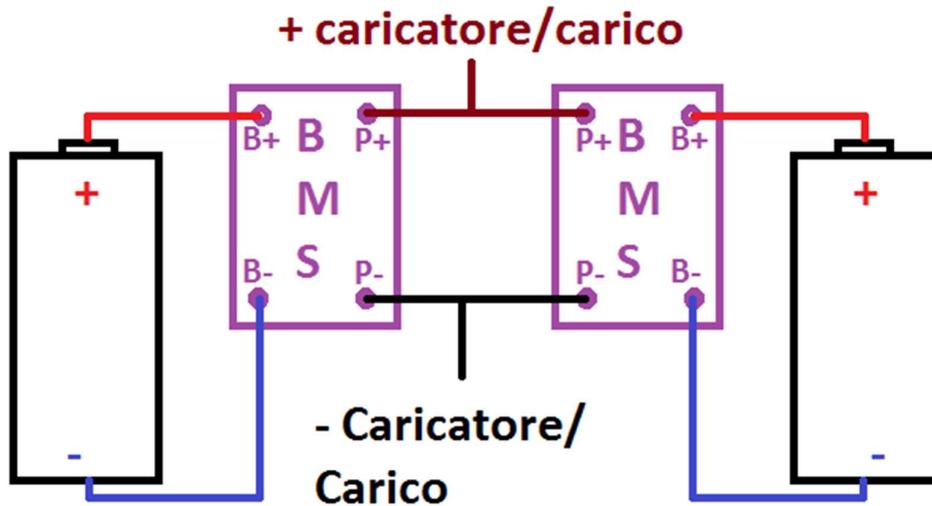
CIRCUITI PER PIÙ DI DUE CELLE E CELLE IN PARALLELO

Esistono circuiti di protezione per tre celle in serie, detti 3S, in grado di fornire 10.4V, ma esistono anche **circuiti 4S e 5S per avere 4 o 5 serie rispettivamente.**

Anche in questo caso, come visto in precedenza per i circuiti 2S oltre agli estremi della serie bisogna connettere i contatti centrali. Nel caso dei 3S vi saranno 2 contatti centrali, nei 4S ve ne saranno 3 e nei 5S ve ne saranno 4.

Se il circuito di protezione delle batterie dispone di un sensore di temperatura questo va connesso al centro del pacco batteria. **I circuiti visti fin ora sono adatti sia per le celle agli ioni di litio sia per le celle LiPo.**

Se bisogna collegare due celle in parallelo si consiglia di usare un BMS per ogni cella e poi collegare l'uscita dei circuiti insieme, ovvero:



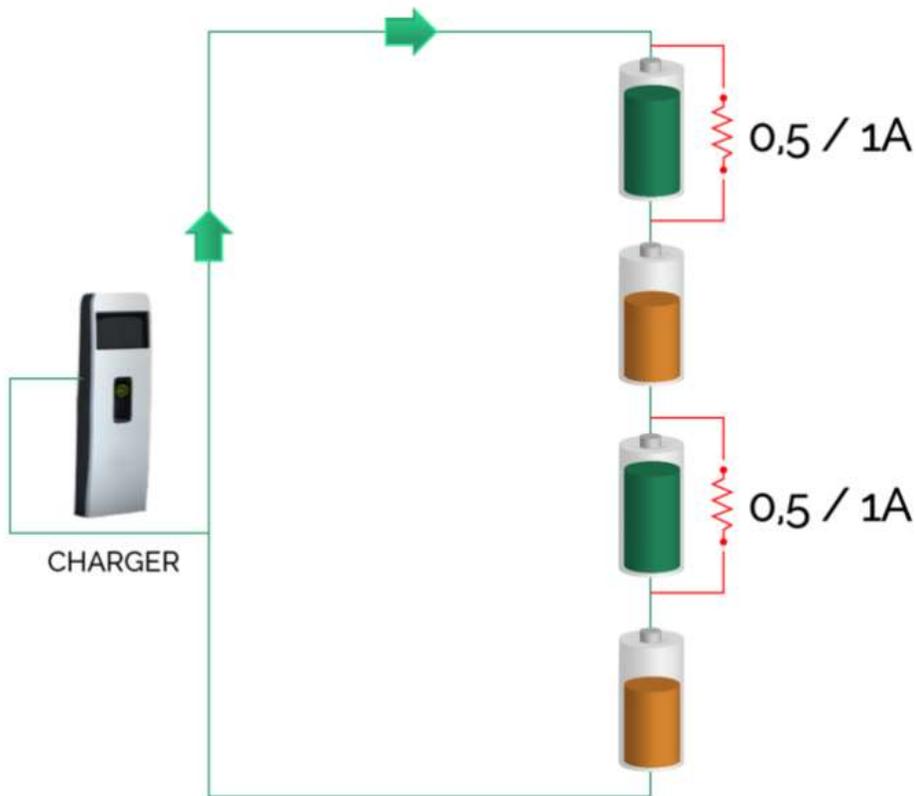
La stessa cosa per le celle in serie, ovvero se si vuole il parallelo di due celle in serie collego la prima serie con un BMS 2S, la seconda serie la collego in modo uguale e poi metto in parallelo i contatti P+ e P- dei due BMS. Stessa cosa per il parallelo di due serie da tre e così via. Se si vogliono invece paralleli di più di due celle ci vogliono più di due BMS e la connessione è uguale.

Molte volte si vedono le celle in parallelo collegate con un solo BMS, questa tecnica si può usare ma non protegge la singola cella da sovracorrenti.

A volte alla prima accensione i circuiti non forniscono tensione in uscita. In questo caso basta collegare il pacco batterie con il BMS al caricatore per pochi secondi oppure ad un generatore di tensione di valore opportuno.

Come agiscono i BMS tradizionali sul bilanciamento

Per contrastare questo fenomeno, i comuni sistemi BMS delle batterie **applicano una resistenza alle celle più alte** aspettando che le celle più basse arrivino allo stesso livello.



Vediamo quali sono i vantaggi e gli svantaggi di questa tecnologia:

PRO

- Economicità del sistema BMS, l'architettura semplice permette di contenere i costi dell'elettronica.

CONTRO

- **Estrema lentezza nella fase di bilanciamento** a causa della bassa corrente di bilanciamento (normalmente da 0,1A a 1A) occorrono dalle 6 alle 12 ore per completare questa fase. Ecco un esempio per capire quali sono i reali tempi di carica con un sistema di questo tipo: *Una batteria da 400Ah a cui sono stati utilizzati 300Ah con un caricabatterie da 100A reintegra l'energia in 3 ore, a cui andranno aggiunte le 6-12 ore per terminare il bilanciamento. Totale tempo di carica 9-15 ore.*

- **Riduzione progressiva dell'energia disponibile.** Il litio è utilizzato principalmente per le sue caratteristiche di carica rapida, ma i tempi lunghi di bilanciamento di un sistema tradizionale fanno sì che in applicazioni industriali, la batteria venga spesso utilizzata prima che il processo di bilanciamento sia terminato, con questo la differenza tra la cella più carica e quella più scarica aumenta progressivamente riducendo sempre più la capacità nominale del pacco (la cella più alta limita la carica e la più bassa limita la scarica), questo si traduce in macchinari che non terminano la loro missione e veicoli che perdono percorrenza ad ogni ciclo.
- **Alti costi per la manutenzione** con l'utilizzo di un BMS tradizionale non si può cambiare un elemento on-site, normalmente le batterie con questi sistemi vengono rimandate al costruttore sostenendo gli alti costi di spedizione.

E per finire il sistema nella **automobili elettriche** :

BMS – Battery management system: cos'è e come funziona

Il sistema di monitoraggio della carica di una batteria (comunemente denominato Battery Management System o BMS) permette di **gestire in maniera intelligente l'autonomia e la sicurezza di un veicolo** e-mobility, riducendo a sua volta i costi di alimentazione. Il BMS gestisce l'intero array di celle al litio (singole celle o interi pacchi batteria), determinando un'area operativa sicura, ovvero un'area di sicurezza all'interno della quale il pacco batteria garantisce le migliori prestazioni tecniche ed energetiche. Il BMS è in pratica un sistema elettronico per il controllo completo di tutte le funzioni diagnostiche e di sicurezza per la gestione dell'alta tensione a bordo del veicolo e il bilanciamento della carica elettrica. Le grandi batterie agli ioni di litio sono formate da centinaia o addirittura migliaia di singole celle della batteria che devono essere gestite con precisione. Le tensioni tra le celle devono essere attentamente **monitorate ed equilibrate**.

Lo scopo di un BMS è quello di rivelare lo stato di funzionamento sotto forma di stato di carica e stato di salute (capacità), indicare la fine del ciclo di vita quando la capacità scende al di sotto della soglia di target impostata dall'utente. I sistemi di gestione delle batterie per autoveicoli devono essere in grado di soddisfare caratteristiche critiche come il monitoraggio della tensione, della temperatura e della corrente, **lo stato di carica della batteria (SoC) e il bilanciamento delle celle delle batterie agli ioni di litio (Li-ion)**. Le funzioni più basilari sono la protezione della batteria e la visualizzazione dello stato di carica (SoC).

Sebbene il SoC sia utile, la lettura è incompleta senza tenere traccia della capacità quando la batteria si esaurisce.

La capacità è l'indicatore principale dello **stato di salute della batteria (SoH)**.

Conoscere SoC e SoH fornisce lo **stato di funzionamento (SoF) del sistema complessivo**.

Il SoH è il rapporto tra la carica iniziale e la quantità di carica che si è deteriorata nel tempo misurata con il metodo del conteggio di Coulomb.

In pratica, le funzioni principali di un sistema di gestione della batteria per veicoli elettrici possono essere riassunte nei seguenti punti:

- **Protezione della batteria** per impedire operazioni al di fuori della sua area operativa sicura;
- **Monitoraggio della batteria** stimando lo stato di carica (SoC) e di salute (SoH) durante le operazioni di carica e scarica.
- **Ottimizzazione della batteria** grazie al bilanciamento delle celle che ne migliora la durata e la capacità, ottimizzando così l'autonomia di guida per veicoli e-mobility.

Tecnologie per sistemi BMS

Un sistema di gestione della batteria può essere composto da numerosi blocchi funzionali tra cui:

FET di cutoff, un monitor della **tensione delle celle**, un clock in tempo reale (**RTC**), un **monitor della temperatura** e una macchina a stati.

Sono disponibili molti tipi di circuiti integrati di gestione della batteria. Il raggruppamento dei blocchi funzionali varia ampiamente da un semplice front-end analogico che offre bilanciamento e monitoraggio e richiede un **microcontrollore (MCU)**, a una soluzione autonoma altamente integrata che funziona in modo autonomo (figure 1).

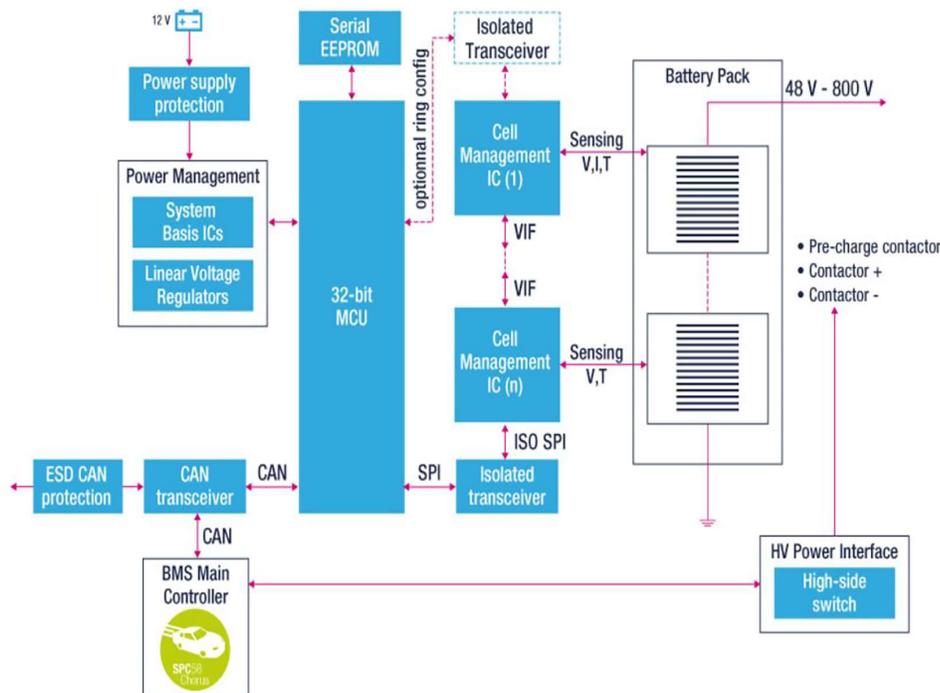


Figure 1: Un diagramma semplificato degli elementi costitutivi di un sistema di gestione della batteria

Il monitoraggio della tensione delle celle di ciascuna cella all'interno di un pacco batteria è essenziale per determinarne lo stato generale. Tutte le celle hanno una finestra di tensione operativa per garantire il corretto funzionamento e la durata della batteria. Il funzionamento della batteria al di fuori dell'intervallo di tensione riduce significativamente la durata della cella e può rendere la cella inutile.

Le celle agli ioni di litio possono anche essere danneggiate se scaricate al di sotto di una determinata soglia, circa il 5 percento della capacità totale. Se le celle vengono scaricate al di sotto di questa soglia, **la loro capacità può ridursi permanentemente**.

Il BMS fornisce anche protezione durante la carica e la scarica; in particolare disconnette la batteria se vengono superati i limiti impostati o se si verifica un guasto.

Alcuni **standard BMS** stabiliti sono **SMBus** (System Management Bus) utilizzati principalmente per applicazioni portatili, **CAN Bus** (Controller Area Network) e il più semplice **LIN Bus** (Local Interconnect Network) per uso automobilistico implementato nel circuito integrato MM912_637.

Ques'ultimo supporta una misurazione precisa della corrente tramite un resistore shunt esterno e della tensione della batteria tramite un resistore serie direttamente sul polo positivo della batteria.

Altri blocchi funzionali BMS includono l'autenticazione della batteria. Il blocco di autenticazione della batteria impedisce all'elettronica BMS di essere collegata a un pacco

batteria di terze parti. Tra le soluzioni che il mercato ci offre troviamo il **MAX17843** che utilizza un approccio a 2 scansioni per raccogliere misurazioni di celle con un'eccellente precisione in termini di temperatura e rapporto segnale/rumore (SNR). Il MAX17843 fornisce comunicazione **UART differenziale**, elevata immunità ai disturbi, e supporto per segmenti daisy-chain lunghi 100 m. Un **convertitore A/D** ad approssimazione successiva e ad alta velocità (SAR) viene utilizzato per digitalizzare le tensioni delle celle a una risoluzione di 14 bit con sovra-campionamento.

IW2BSF – Rodolfo (2023)