

## Battery Electronic Unit per applicazioni high-rel

Mariano Severi  
Techno System Dev.

*Aeroflex ha progettato un sistema di monitoraggio dello stato delle batterie, che promuove la sicurezza nell'utilizzo e la longevità delle batterie a ioni di litio, pur minimizzando le perdite e fornendo misure precise mediante dati di telemetria inviati all'operatore del satellite*

**N**egli ultimi anni la tecnologia della batterie a ioni di litio, ormai dominante nel settore consumer, ha iniziato ad affermarsi anche nelle applicazioni aerospaziali. Le celle a Li-Ion sono infatti caratterizzate da una maggiore densità di energia e una più elevata tensione di lavoro (nominalmente fino a 3.7 V rispetto ad 1.2 V per i sistemi NiMH o NiCd) che consente di realizzare batterie con un numero minore di unità; questo comporta una significativa riduzione di pesi e ingombri, in linea con la tendenza alla miniaturizzazione che si sta facendo largo ormai anche in ambito spaziale. Le perdite di energia per autoscarica sono inoltre notevolmente ridotte, fino al 5% per mese (le celle NiCd arrivano a perdere anche fino al 10% della carica nello stesso periodo), consentendo una maggiore autonomia e durata delle batterie anche in condizioni di stand-by. Lo svantaggio principale tuttavia nell'utilizzo della tecnologia Li-Ion risiede nelle necessità di bilanciare l'energia tra le diverse unità nelle batterie a celle multiple, in particolare nelle configurazioni di serie. Infatti, a causa delle tolleranze costruttive e del degrado

dovuto all'invecchiamento, le specifiche di lavoro delle celle finiscono per variare da elemento a elemento; in particolare si osserva che sono distribuite secondo una statistica di tipo gaussiano, da cui deriva una distribuzione normale per le caratteristiche delle batterie assemblate con celle multiple. Uno dei parametri che maggiormente varia da caso a caso, in particolare, è proprio la capacità delle singole celle. Nelle batterie a celle multiple potrebbe quindi verificarsi che elementi con capacità ridotta rispetto alla

media siano soggetti a condizioni di sovra-carica o inversioni di tensione durante le procedure di carica e scarica della batteria; entrambe le condizioni tendono a danneggiare irreversibilmente la cella.

In ambito spaziale il problema del bilanciamento delle celle in una batteria assume una rilevanza fondamentale soprattutto nelle missioni di lunga durata (fino anche a oltre 20 anni nel caso di sonde per esplorazione dello spazio profondo) dove devono essere applicati rigidi stan-

**TABELLA 1 - CARATTERISTICHE DELLA BEU**

Descrizione	Modello
Bilanciamento di tensione	< 5-10 mV (BOL) 20 mV (EOL)
Corrente continua di bilanciamento	1 A
Accuratezza nella misura della tensione di cella	10 mV (BOL) 20 mV (EOL)
Accuratezza nella misura della tensione di batteria	0.3 % full-scale
Range operativo	[-34,+71]°C
Alimentazione	[20,36]VDC
Potenza	9.5 W (operativa)
Dimensioni (max.)	13.3 (H) x 13.3 (W) x 29.2 (L) cm3
Peso (max.)	3.73 Kg

dard di affidabilità. È quindi previsto che il sistema di distribuzione della potenza includa un circuito per il controllo delle fasi di carica e scarica della batteria per il bilanciamento delle singole celle, fino a differenze di tensioni inferiori a 100 mV. Caratteristiche fondamentali del sistema di bilanciamento sono una relativa autonomia, capacità di operare in maniera continua durante le diversi fasi, buona accuratezza nella misura dei parametri di lavoro delle celle, disponibilità di interfacce di comunicazione standard, elevata affidabilità e tolleranza ai fault da singolo evento, stabilità dei parametri rispetto agli effetti legati all'invecchiamento o alla esposizione prolungata a sorgenti di radiazione ionizzante, bassa dissipazione di potenza, pesi e ingombri contenuti. Durante l'ultima conferenza NASA Aerospace Battery tenutasi ad Huntsville, Alabama, Aeroflex Plainview, una delle principali aziende operanti nel settore aerospaziale, ha annunciato la commercializzazione di un sistema – denominato Battery Electronic Unit – di bilanciamento di celle a ioni di litio per applicazioni high-rel. “In molte applicazioni spaziali a lungo raggio che utilizzano batterie a ioni di litio, la necessità di sistemi di bilanciamento delle celle è ormai diventata ovvia” ha spiegato Joseph Castaldo, Direttore Marketing e Vendite. “Negli ultimi anni c'è stata una crescente richiesta di sistemi di monitoraggio dello stato delle batterie in missioni di lunga durata utilizzando standard che rispettassero i requisiti dei



**Fig. 1 - Battery Electronic Unit**

clienti. Tutti questi fattori hanno spinto Aeroflex a progettare un sistema che promuova la sicurezza nell'utilizzo e la longevità della batterie a ioni di litio pur minimizzando le perdite e fornendo misure precise mediante dati di telemetria inviati all'operatore del satellite”.

### Battery Electronic Unit: caratteristiche generali

La Battery Electronic Unit (Fig. 1) è un sistema di bilanciamento per batterie basate su celle a ioni di litio. Le funzionalità principali dell'unità sono:

- bilanciamento delle celle all'interno della batteria
- monitoring della tensione delle celle
- monitoring della tensione della batteria
- invio di telemetria mediante link MIL-STD-1553 al computer di bordo
- circuiti di driving dei relè di bypass
- controllo del carico di ricondizionamento.

Il progetto dell'unità si basa su uno

schema inizialmente proposto da Stanley Carter, Winnie Choy e Robert Martinelli e successivamente sottoposto a brevetto (Patent 6,873,134 B2) da Boeing Space System. Lo schema prevede l'utilizzo di convertitori DC/DC accoppiati mediante trasformatore che trasferiscono carica su un bus bidirezionale condiviso: la direzione e l'intensità delle correnti individuali di ogni cella sono proporzionali alla deviazione della tensione della cella dalla tensione media; in questo modo la corrente fluisce dalle celle a tensione più elevata verso il bus condiviso e da questo verso le celle a tensione più bassa.

Il rapporto di trasferimento della tensione rispetto alla corrente è 1 Ohm. Il progetto elettrico e meccanico della BEU è stato completato da Aeroflex in accordo alle specifiche della Boeing Space System, adottate ad esempio a bordo di aerei della serie Boeing 720b, e altre piattaforme avioniche e aerospaziali. In tabella 1 sono elencate le caratteristiche principali dell'unità.

La Battery Electronic Unit è disponibile in diverse configurazioni come riassunto in tabella 2. Modelli EM (engineering) ed EQM (Engineering and Qualification Model) sono stati assemblati e soggetti a test di qualifica con shock pirotecnico (per caratterizzare la risposta transiente al carico indotto sulla struttura dalla iniezione di dispositivi pirotecnici tipicamente utilizzati a bordo di spacecraft per separare le diverse parti strutturali), vibrazione e termo-vuoto.

**TABELLA 2 - CONFIGURAZIONI DELLA BEU**

Caratteristiche	Modello			
	BEU8635-24	BEU8637-12	BEU8638-12	BEU8640-24
Numero di celle	24	12 – duale	12 – duale	24
Ridondanza	No	Opzionale	Opzionale	Si
Controllo del carico di ricondizionamento	No	No	Si	Si
Capacità isolamento celle	No	No	Si	Si

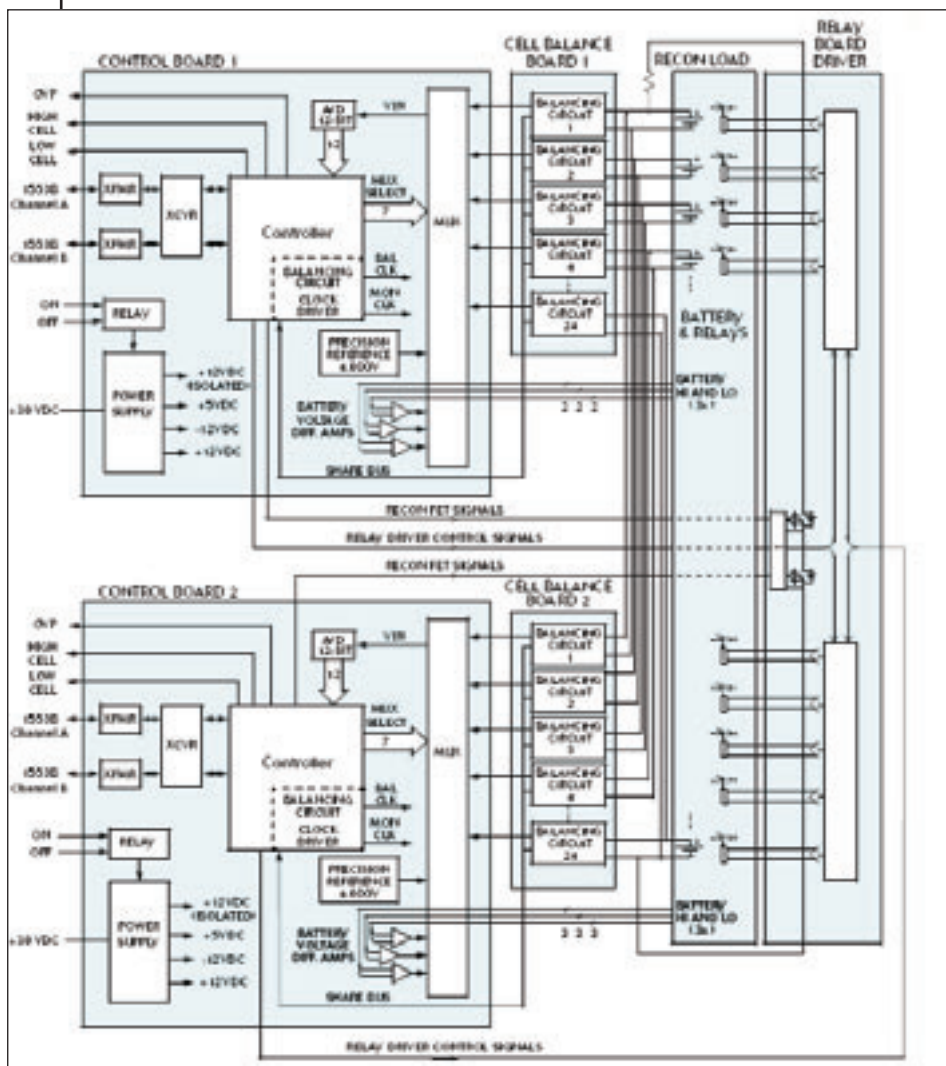


Fig. 2 - Architettura della Battery Electronic Unit

### Battery Electronic Unit: l'architettura

La figura 2 mostra uno schema di principio dell'architettura della BEU. Nella configurazione più completa, include:

- 2 Balancing Card
- 2 Control Card
- 1 Bypass/ Reconfiguration Load Relay Driver Card.

Le schede sono integrate in un cabinet in alluminio rivestito in nichel e soggetto a trattamento nero per ridurre i problemi di emissività (Fig. 1). La schede Balancing e Control Cards sono in configurazione ridondata per assicurare adeguata affidabilità.

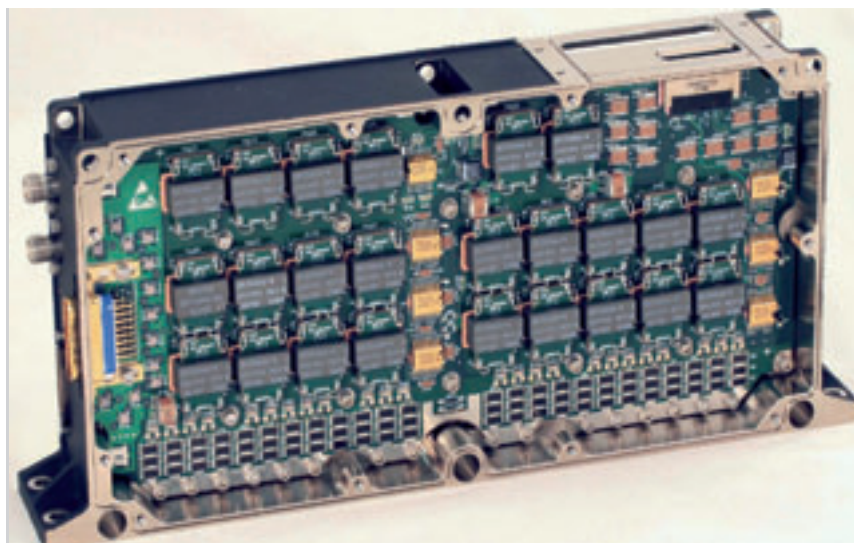
La scheda Balancing Card (Fig. 3), in particolare, include i circuiti di bilancia-

mento delle celle, basati su un convertitore DC/DC di tipo forward con reset risonante; la frequenza di risonanza è determinata dalla combinazione delle induttanze del trasformatore sul primario e delle capacità del circuito. Il secondario del trasformatore è connesso al bus di potenza interno condiviso con una resistenza equivalente di 1 Ohm; è previsto un fusibile di capacità 1 A come interruttore nel caso di celle in corto circuito.

La Control Card (Fig. 4) è invece dedicata al condizionamento della tensione di alimentazione in ingresso e al controllo dell'unità. Mediante PLL genera un segnale periodico che scandisce le fasi di on/off del bilanciamento e un clock di riferimento per la sincronizzazione dei circuiti di sample-and-hold per l'acquisizione delle tensioni delle celle; è utilizzato un ADC singolo a 12 bit con multiplexer esterni.

Le funzionalità di controllo sono integrate in un ASIC sviluppato da Aeroflex nella tecnologia rad-tolerant UT 0.6 micron CRH Commercial RadHard Gate che garantisce tolleranza a radiazioni fino a una dose totale assorbita di 100 Krad (Si). Il progetto logico è inte-

Fig. 3 - Balancing Card







**Fig. 4 - Control Card**



**Fig. 5 - Bypass Reconfiguration Load Relay Driver Card**

ramente sincrono con recovery delle macchine a stati in caso di stati illegali per assicurare tolleranza ad upset da singolo evento. L'ASIC gestisce le procedure di autocalibrazione per correggere pendenza e off-set della retta di bilanciamento e verifica la tensione di ogni singola cella rispetto a limiti prestabiliti e memorizzati in memoria PROM (tipicamente tra 3.2 e 4.2 V); è previsto un circuito hardware di protezione da sovratensione che interviene a 4.4 V nel caso di problemi nella procedura di carica/bilanciamento e con tempo di intervento inferiore a 50 millisecondi. La Control Card dispone inoltre di interfaccia MIL-STD-1553 per

l'invio dei dati di telemetria e la ricezione dei comandi; l'interfaccia è basata sul chipset SmMMIT Bus Controller già utilizzato con successo in altri programmi spaziali. La BEU richiede una tensione di alimentazione nel range [20,36] VDC; la Control Card deriva le tensioni di lavoro interne necessarie al funzionamento dell'elettronica mediante convertitore DC/DC con topologia flyback immune a SEU. La BEU soddisfa i requisiti MIL-STD-461C per quanto riguarda le specifiche di compatibilità elettromagnetica.

La Bypass/ Reconfiguration Load Relay Driver Card, infine, controlla i relè di bypass che consentono l'isolamento

delle celle e la selezione del carico fittizio durante le operazioni di ricondizionamento della batteria (il processo di scarica lenta che rimuove l'energia residua portando la tensione di cella a valori inferiori ad 1 V). È in grado di fornire per ogni linea impulsi di corrente fino a 2 A compatibili, ad esempio, con le richieste degli switch prodotti da NEA Electronics, azienda leader in questo campo nell'ambito delle applicazioni aerospaziali. Per ragioni di sicurezza, è previsto che siano inviati 3 comandi separati attraverso l'interfaccia MIL-STD-1553 per poter attivare un relè di bypass e 2 comandi per la selezione del carico di ricondizionamento; i circuiti di controllo sono inoltre intrinsecamente tolleranti fino a due fault simultanei rispetto a chiusure accidentali del contatto del relay nel caso dei relay di switch, rispetto a singolo fault nel caso, invece, di selezione involontaria del carico di ricondizionamento.

Le interfacce di controllo sono duplicate su ogni linea per consentire il controllo in una configurazione ridondata con due Control Card.

Battery Electronic Unit è quindi l'innovativa architettura proposta da Aeroflex per le soluzioni di problemi di bilanciamento delle celle nelle batterie a ioni di litio per impiego in applicazioni aerospaziali. Ridotta dissipazione di potenza, pesi e ingombri contenuti, elevata affidabilità, buone prestazioni, flessibilità e facilità di integrazione nelle piattaforme già esistenti grazie alla disponibilità di interfacce standard, sono solo alcune delle caratteristiche principali che concorrono a farne senza dubbio una soluzione di riferimento nel settore. ✍

**Techno System Dev.**  
**readerservice.it n. 27**

[1]  
<http://ams.aeroflex.com/productpages/beu.cfm>