

Design and Implementation of a Battery Pack with Integrated BMS for Small Electric Vehicles

Rodrigo M. Schierloh
UTN – FRP
Paraná, Argentina

rodrigoschierloh@frp.utn.edu.ar

José L. Godoy
UTN – FRP
INTEC – CONICET
Santa Fe, Argentina

jlgodoy@santafe-conicet.gov.ar

Facundo Romero
UTN – FRP
Paraná, Argentina

facundoromero@alu.frp.utn.edu.ar

Juan L. Meyer
UTN – FRP
Paraná, Argentina

juanmeyer@alu.frp.utn.edu.ar

OBJETIVOS DEL TRABAJO

- Objetivo general: desarrollar un pack de celdas de litio para vehículos eléctricos pequeños, que tenga capacidad modular y que integre protección frente a fallas.
- Objetivos particulares:
 1. Identificar qué celdas utilizar para la manufacturación del módulo considerando las disponibles en el mercado;
 2. Diseñar y fabricar el módulo de celdas de litio en función de las necesidades del vehículo a energizar.
 3. Diseñar y fabricar un BMS aplicable al módulo de celdas.

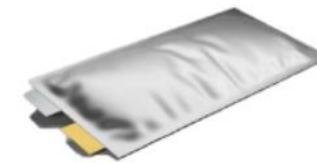
TIPOS DE CELDAS EN EVs



CYLINDRICAL BATTERY CELLS



PRISMATIC BATTERY CELLS



POUCH BATTERY CELLS



CELL



MODULE



BATTERY PACK

Celdas cilíndricas más utilizadas



Scooters, e-bikes y monopatines

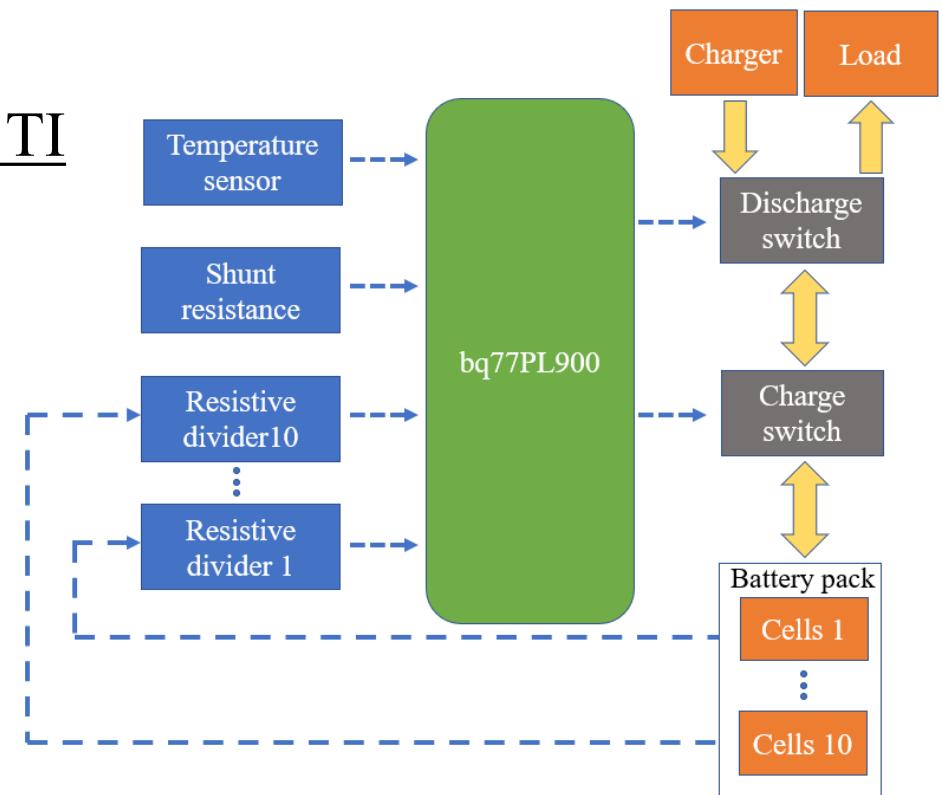
BMW y TESLA

PROTECCIÓN DE BATERÍAS

¿Qué es un BMS?

Características del integrado dedicado bq77PL900 de TI

- Protecciones:
 - Sobreconsumo y cortocircuito
 - Protección de sobre-carga y sobredescarga
 - Exceso de temperatura
- Modos de operación:
 - stand-alone
 - Host
- Parámetros de protección configurables.
- Balance de carga
- Series de celdas soportadas: desde 5 hasta 10



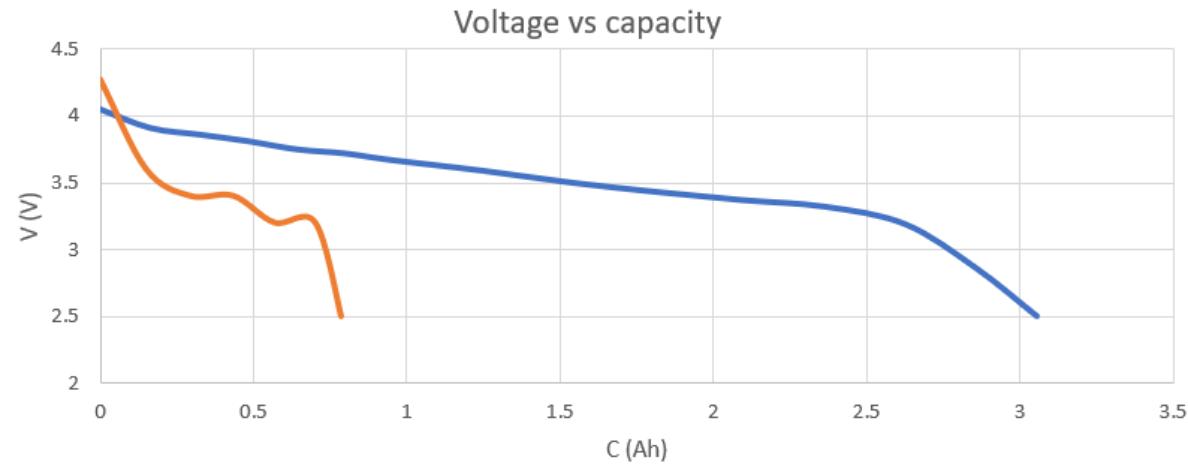
ENSAYO DE CAPACIDAD CELDAS DEL MERCADO

LG Chem MJ1 vs celda X

Parámetro	LG Chem MJ1	X
Química	Litio NCA (nickel-cobalt-aluminium)	Lithium-ion
Formato	18650	18650
Capacidad nominal (mAh)	3500	5000
Corriente de descarga continua (A)	10	No data
Tensión nominal	3.63	3.7
Tensión máxima	4.2	4.2
Tensión mínima	2.5	2.5

Ensayo de descarga:

1. Carga al 100% con cargador de celdas de litio
2. Se descargan a través de una carga constante de $\sim 2 \Omega$



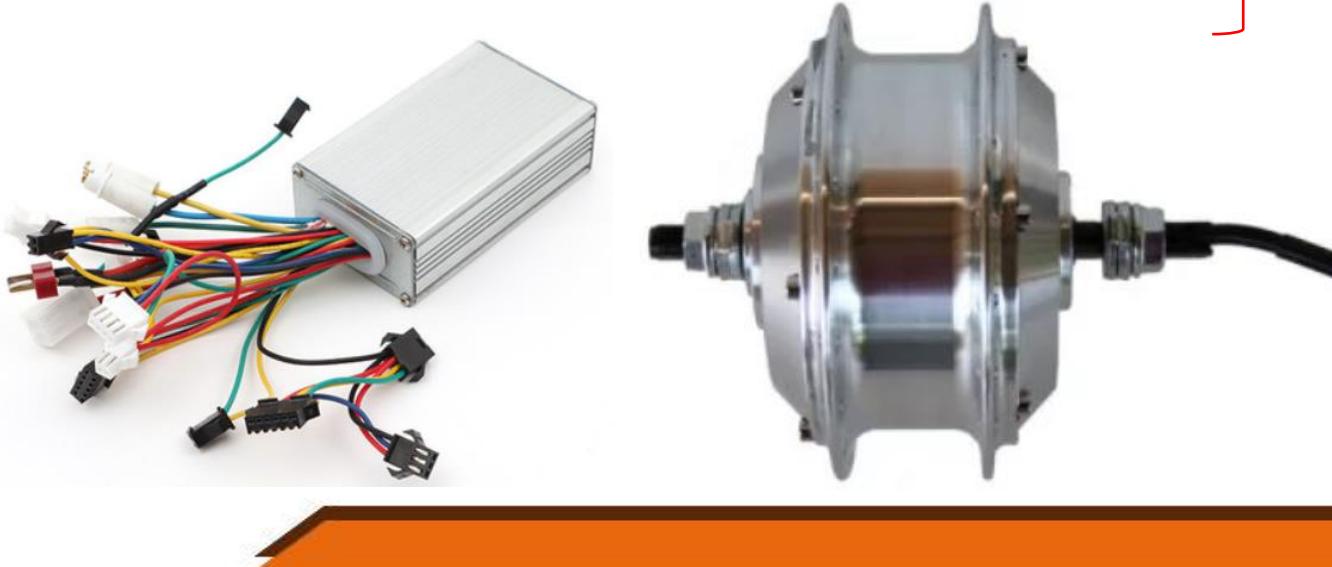
Resultados

- Capacidad celda X:
- Capacidad celda LG Chem MJ1: 3.06 Ah

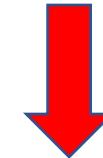
DISEÑO DEL MÓDULO DE ION-LITIO

Características del motor a alimentar

- Aplicación: monopatines o e-bikes
- BLDC
- Potencia: 350 W
- Tensión nominal del motor y controlador: 36 V



- Dado que la tensión de la celda es 3.6 V, se requieren 10 celdas en serie.
- Considerando la potencia del motor, se estima una capacidad de 7000 mAh



Características del pack

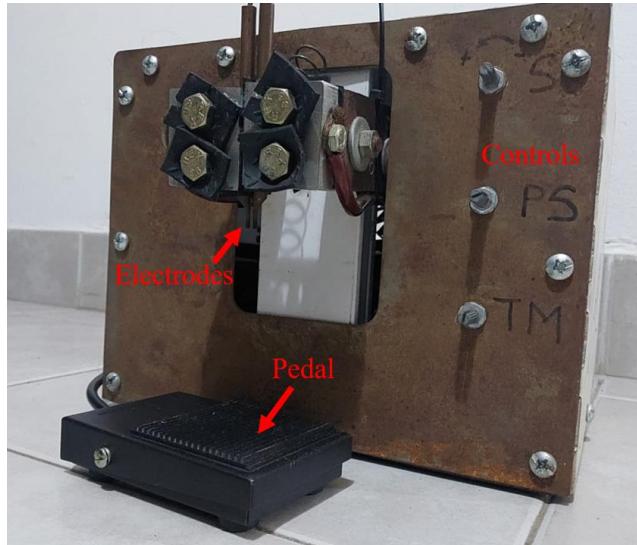
- Celdas: LG Chem MJ1
- Configuración: 10S2P

SOLDADO DE CELDAS Y ARMADO DEL MÓDULO

Soldadora de punto

Configuración de la soldadura:

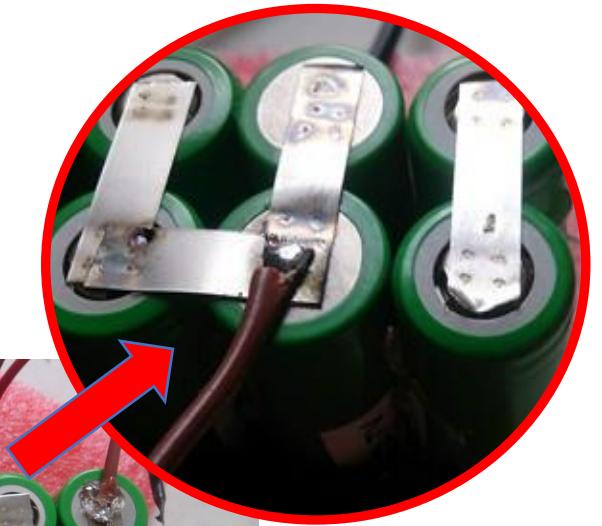
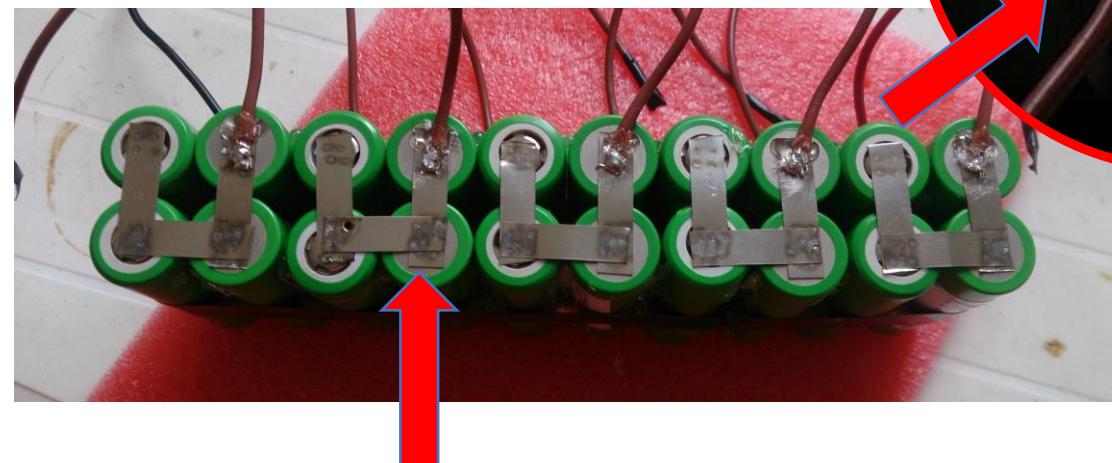
- Tiempo de soldado
- Potencia de soldado



Soldado de celdas

Configuración de la soldadura:

- Tiempo de soldado
- Potencia de soldado

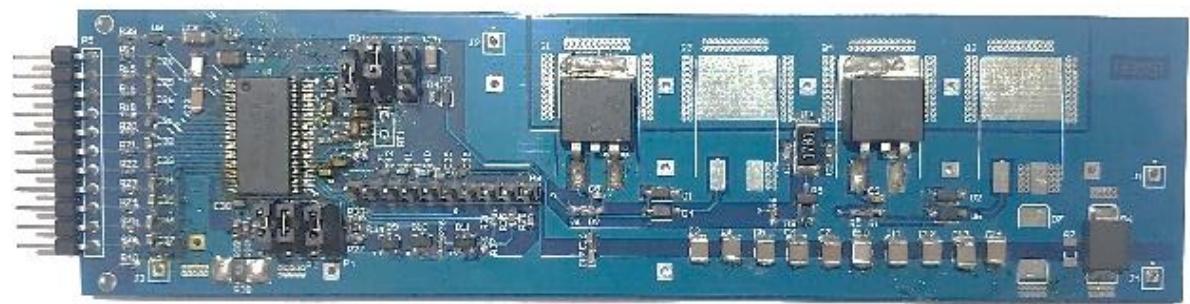


Conexiones entre celdas con tiras de níquel de 0.15 mm de espesor (30 A)

DESARROLLO Y CONFIGURACIÓN DEL BMS

Configuración del BMS

- Modo de operación: Stand-Alone
- Tensión máxima de carga: 4.2 V por celda
- Tensión mínima de descarga: 2.5 V por celda
- Corriente máxima de descarga: 20 A (10 A por celda)
- Corriente de cortocircuito: 60 A (30 A por celda)
- Balance de carga: habilitado.

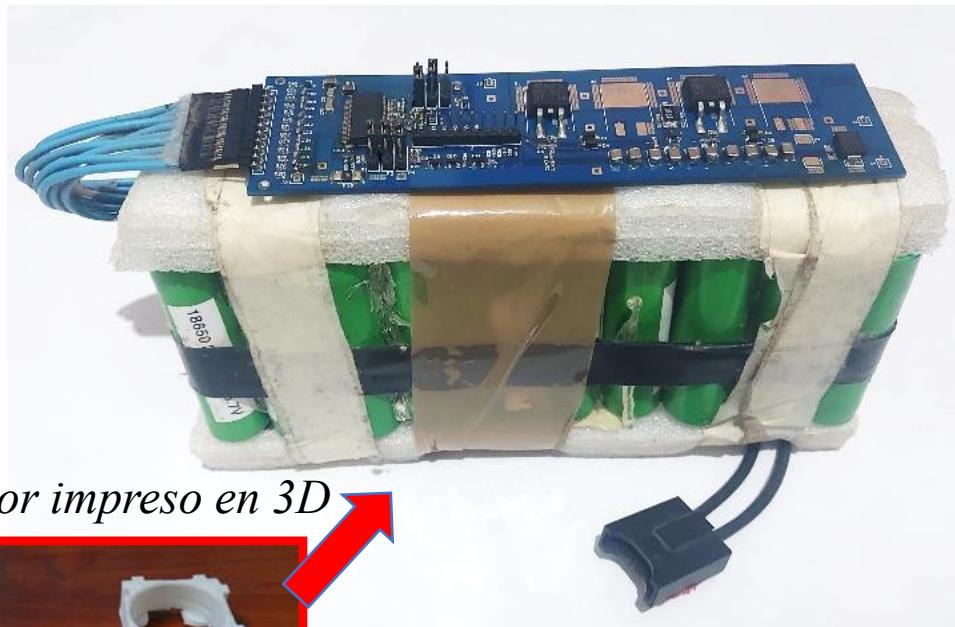


Programador EV2300
para configurar el BMS



RESULTADOS

Integración del módulo de ion-litio y el BMS



Contenedor impreso en 3D



Ensayo de carga

- Cargador: cargador de e-bike de 36 V nominales y 1.8 A.
- Tiempo de carga: 215 minutos
- Tensiones finales del pack: 40.23 V

Grupo de celdas	Tensión (V)
1	3.89
2	4.04
3	4.05
4	4.05
5	4.03
6	3.98
7	4.05
8	4.04
9	4.06
10	4.04

SOC~ 65% → (Celdas 1 y 9)

SOC~ 85% → (Celdas 2-8)

SOC~ 90% → (Celda 10)

RESULTADOS

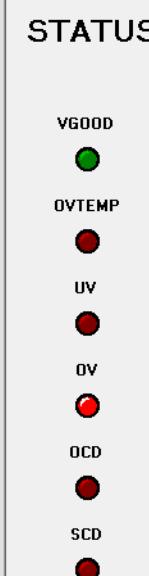
Protección de sobrecarga y balance de celdas

Registros del bq77PL900 frente a sobrecarga

Control		EEPROM								Registers	
Addr	Name	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	Hex	
0x00	STATUS	CHG	DSG	VGOOD	OVTEMP	UV	OV	OCD	SCD	44	
0x01	OUTPUT_CNTRL	FS	PFALT	RSVD	RSVD	GPOD	CHG	DSG	LTCLR	00	Write
0x02	STATE_CNTRL	IGAIN	VGAIN	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	HOST	SHDN	00	Write
0x03	FNCTN_CNTRL	CBAL10	CBAL9	TOUT	BAT	PACK	IACAL	IAEN	VAEN	00	Write
0x04	CELL_BALANCE	CBAL8	CBAL7	CBAL6	CBAL5	CBAL4	CBAL3	CBAL2	CBAL1	00	Write
0x05	CELL_SEL	RSVD	CAL2	CAL1	CAL0	CELL4	CELL3	CELL2	CELL1	00	Write
0x06	OV_CFG	OVD2	OVD1	OVD0	OVH1	OVH0	OV2	OV1	OV0	01	
0x07	UV_LEVEL	SOC_DIS	UVFET_DIS	UVH1	UVH0	UV3	UV2	UV1	UV0	0B	
0x08	OCV_UV_DELAY	UVD3	UVD2	UVD1	UVD0	OCD3	OCD2	OCD1	OCD0	02	
0x09	OCDELAY	CBEN	ZVC	SOR	OCD4	OCD3	OCD2	OCD1	OCD0	C0	
0x0A	SCD_CFG	SCDD3	SCDD2	SCDD1	SCDD0	SCD3	SCD2	SCD1	SCD0	00	

Bit Color Legend: 1 (Green), 0 (Red)

Read All Scan



- Una vez que un grupo de celdas alcanza una tensión de 4.2 V, comienza el balance de carga mientras el cargador esté conectado.
- El balance de carga finaliza cuando todas las celdas alcanzan el valor requerido.
- El ciclo de balance consta de 10 ms de medición por 40 ms de descarga.
- La corriente de balance en este caso es de ~2.76 mA.

RESULTADOS

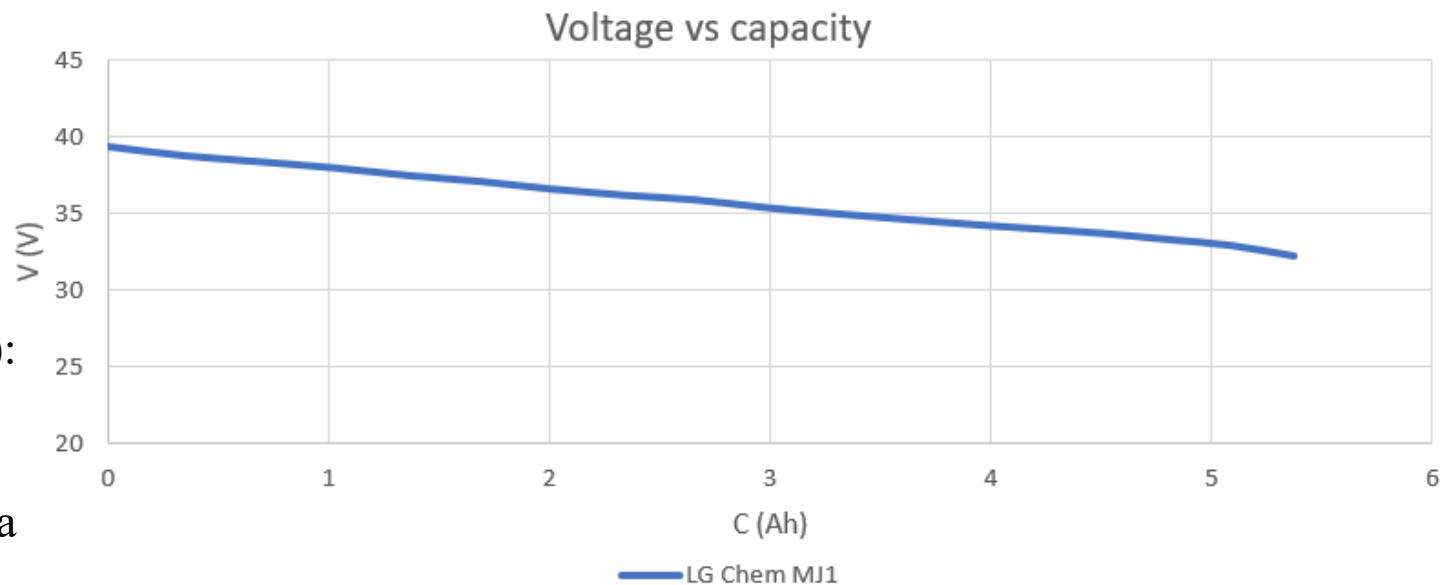
Ensayo de descarga

Características del ensayo:

- Resistencia de descarga (carga): $9.3\ \Omega$
- Tensión de inicio (en descarga): 39.4 V

Resultados

- Tensión final (en descarga, previa a cortar): 32.2 V
- Tiempo de descarga: 85 minutos
- Capacidad medida: 5.37 Ah (76% de la autonomía teórica)



RESULTADOS

Ensayo de cortocircuito

Características del ensayo 1:

- Cable utilizado: 1.5 mm²
 - Falla: cortocircuito directo con 3 m de cable
- El BMS sale de estado de falla luego de 12.5 s y posterior conexión al cargador.

Características del ensayo 2:

- Cable utilizado: 4 mm²
- Falla: cortocircuito directo con 0.3 m de cable.

Resultado:

- Un MOSFET IRF4905S de descarga se dañó.
- La velocidad de la protección no fue suficiente.



		Control								EEPROM								Registers	
Addr	Name	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	Hex									
0x00	STATUS	CHG	DSG	VGOOD	OVTEMP	UV	OV	OCD	SCD	01									
0x01	OUTPUT_CNSTRL	FS	PFALT	RSVD	RSVD	GPOD	CHG	DSG	LTCLR	00								Write	
0x02	STATE_CNSTRL	IGAIN	VGAIN	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	HOST	SHDN	00								Write	
0x03	FNCTN_CNSTRL	CBAL10	CBAL9	TOUT	BAT	PACK	IACAL	IAEN	VAEN	00								Write	
0x04	CELL_BALANCE	CBAL8	CBAL7	CBAL6	CBAL5	CBAL4	CBAL3	CBAL2	CBAL1	00								Write	
0x05	CELL_SEL	RSVD	CAL2	CAL1	CAL0	CELL4	CELL3	CELL2	CELL1	00								Write	
0x06	OV_CFG	OVD2	OVD1	OVD0	OVH1	OVH0	OV2	OV1	OV0	01									
0x07	UV_LEVEL	SOC_DIS	UVFET_DIS	UVH1	UVH0	UV3	UV2	UV1	UV0	0B									
0x08	OCV_UV_DELAY	UVD3	UVD2	UVD1	UVD0	OCD3	OCD2	OCD1	OCD0	02									
0x09	OCDELAY	CBEN	ZVC	SOR	OCD4	OCD3	OCD2	OCD1	OCD0	C0									
0x0A	SCD_CFG	SCDD3	SCDD2	SCDD1	SCDD0	SCD3	SCD2	SCD1	SCD0	00									

Read All

Bit Color Legend
1 0

Scan

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

- Conclusiones:
 - ✓ Las celdas seleccionadas brindan la autonomía necesaria para la aplicación, aunque la capacidad total del pack se vio disminuida por la diferencia inicial de carga.
 - ✓ El BMS funcionó correctamente frente a todas las fallas, aunque en cortocircuitos de baja resistencia la activación de las protecciones puede ser lenta, lo que puede producir daños en los transistores de carga/descarga. Por esto, se recomienda utilizar un inductor que elimine los picos altos de corriente para protegerlos y un fusible.
- Trabajo futuro:
 - ✓ Utilizar este pack para alimentar una e-bike cuyo controlador se encuentra en fase de diseño.
 - ✓ Además, integrar a este pack un banco de supercapacitores que permita maximizar la absorción de energía durante el frenado regenerativo.

AADECA 2025

¡Gracias por su atención!
¿Preguntas?

Información de contacto

Rodrigo Manuel Schierloh
rodrigoschierloh@frp.utn.edu.ar

I N T E C

