

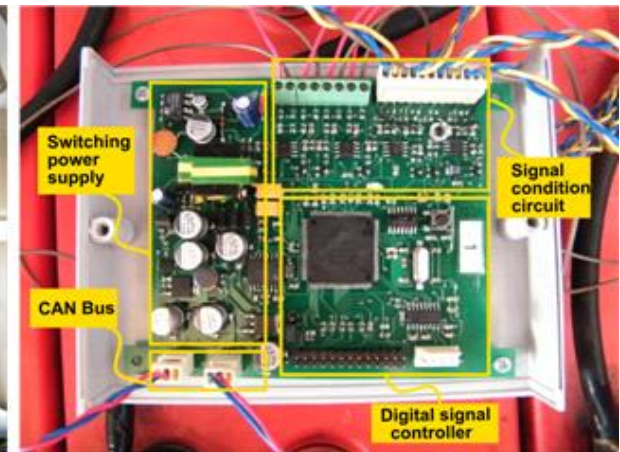
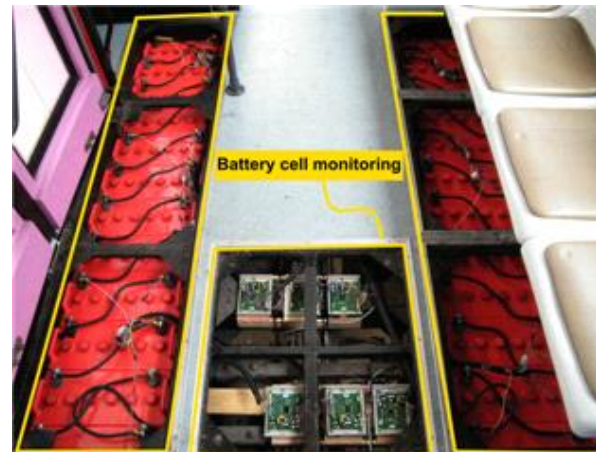
Battery Management System for Electric Vehicle

Bundit Tanboonjit

The Sirindhorn International Thai-German Graduate School of Engineering
King Mongkut's University of Technology North Bangkok

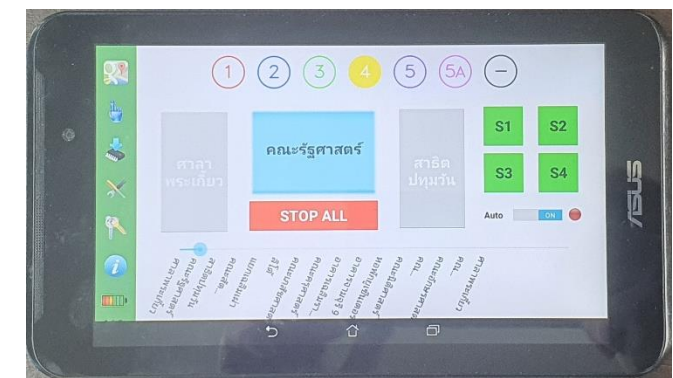
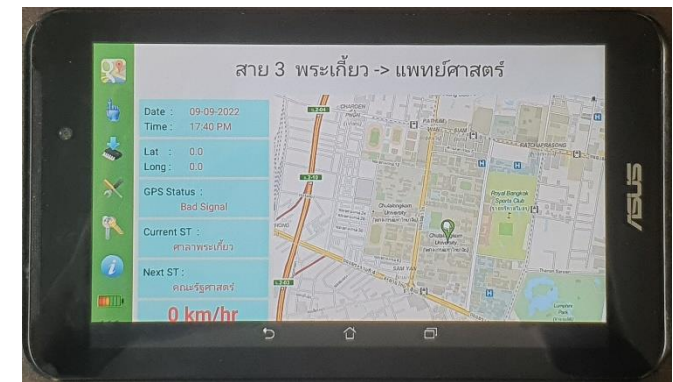
ความเป็นมาของการวิจัยระบบจัดการแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้า

- การพัฒนาระบบจัดการแบตเตอรี่สำหรับรถบัสไฟฟ้า (2552 - 2554)



ความเป็นมาของการวิจัยระบบจัดการแบตเตอรี่ในรถไฟฟ้า

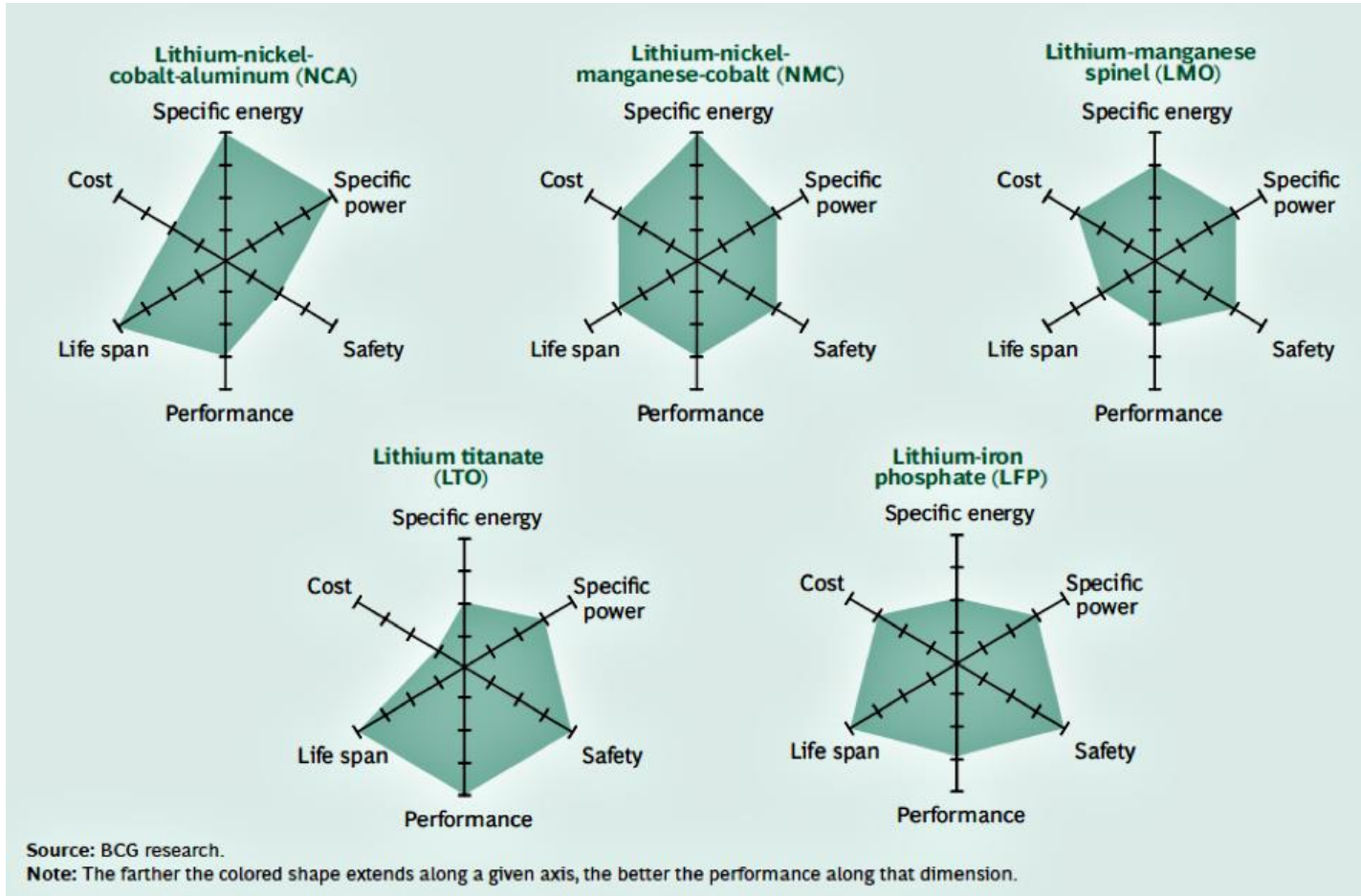
- การพัฒนาระบบจัดการแบตเตอรี่สำหรับรถบัสไฟฟ้า (2558)



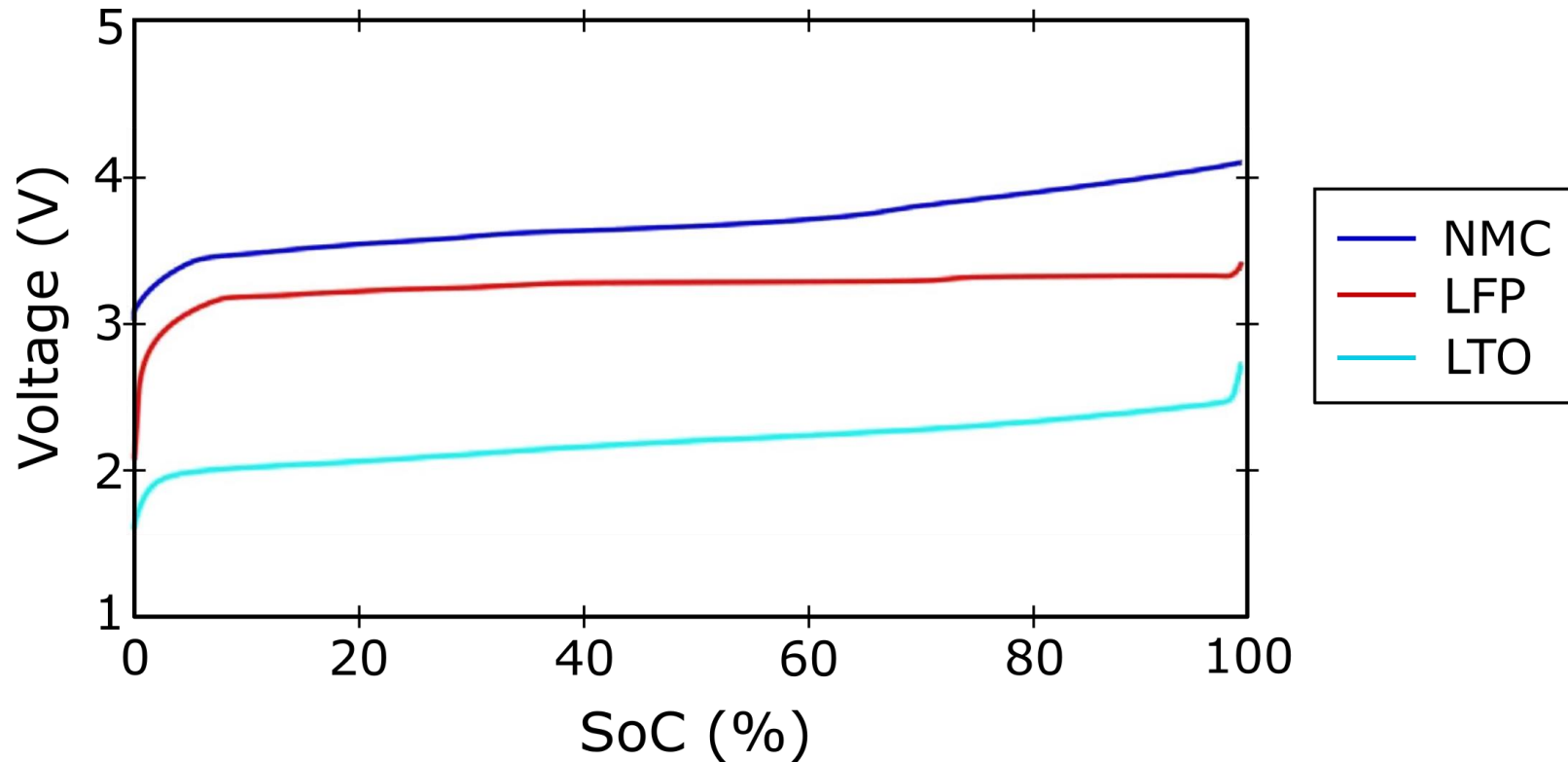
ระบบจัดการแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้า

- ประเภทของแบตเตอรี่ลิเธียมและการนำมาใช้งาน
- หน้าที่ของระบบจัดการแบตเตอรี่
- ไอซีวงจรรวมระบบจัดการแบตเตอรี่
- โครงสร้างของระบบจัดการแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้า
- ระบบจัดการแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าในท้องตลาด
- ระบบจัดการแบตเตอรี่ที่จำหน่ายในท้องตลาด
- การพัฒนาความสามารถเพิ่มเติมของระบบจัดการแบตเตอรี่ในปัจจุบัน
- ต้นแบบระบบจัดการแบตเตอรี่ที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัย

ประเภทของแบตเตอรี่ลิเทียมและการนำมาใช้งาน



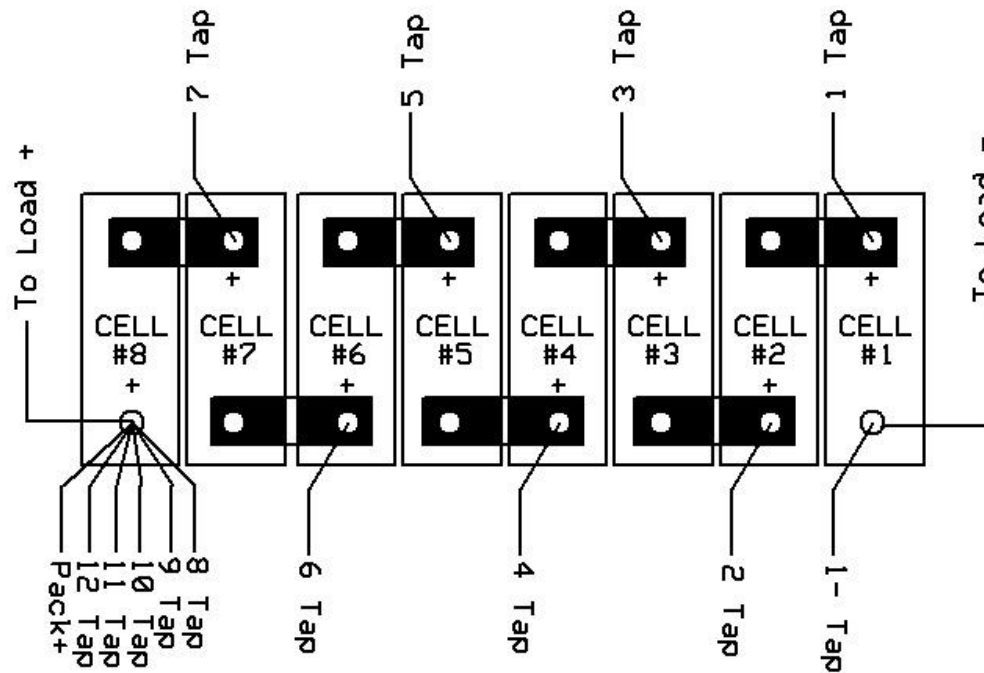
ประเภทของแบตเตอรี่ลิเทียมและการนำมาใช้งาน



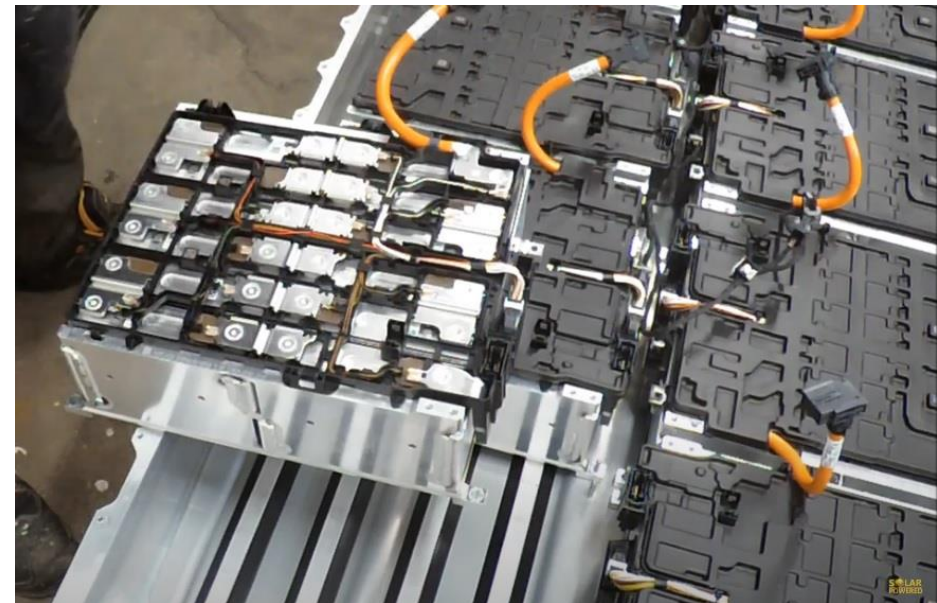
- NMC 2.7 – 4.2 V, Nominal voltage : 3.7 V
- LFP 2.5 – 3.65 V, Nominal voltage : 3.2 V
- LTO 1.8 – 2.85 V, Nominal voltage : 2.4 V

ประเภทของแบตเตอรี่ลิเทียมและการนำมาใช้งาน

Cell in series connection



BMW I3 Battery Module (12S)

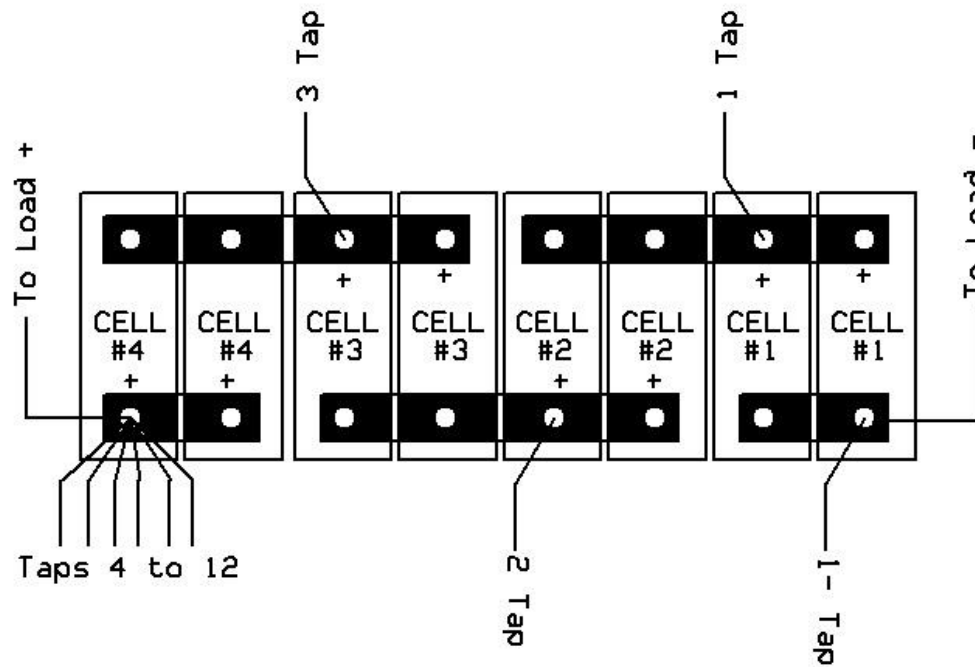


Source : orionbms, persteel channel

ประเภทของแบตเตอรี่ลิเทียมและการนำมาใช้งาน

Tesla Model S/X Battery Module (74P6S)

Cell in parallel connection



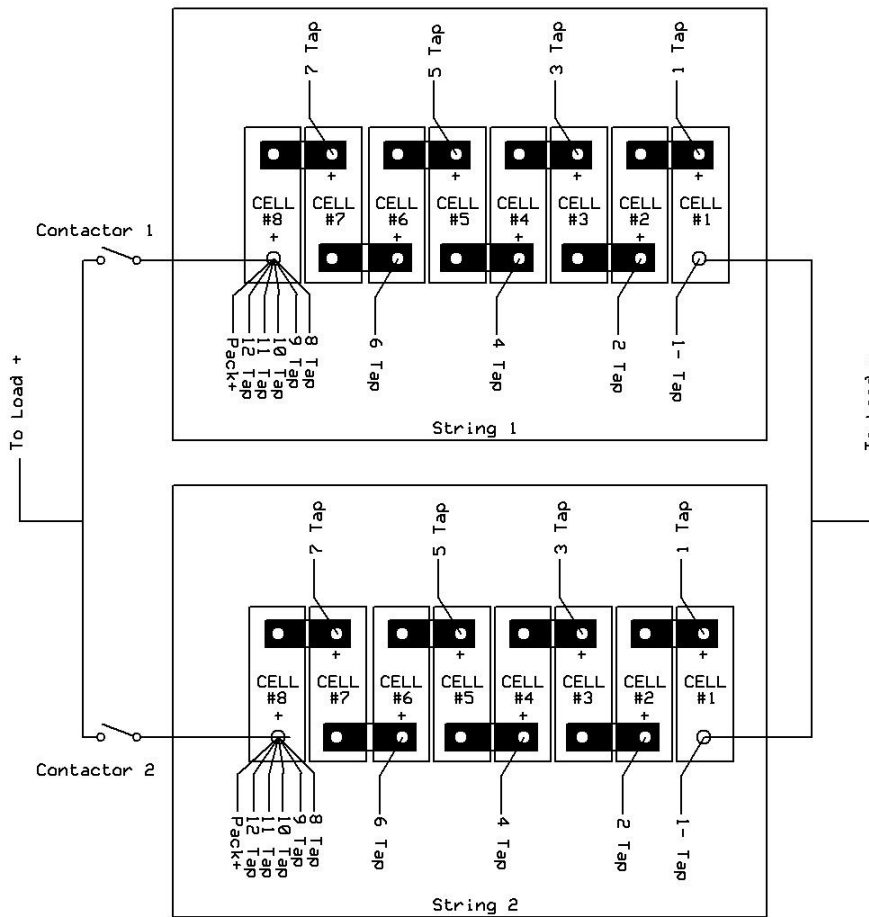
Nissan Leaf Battery Module (2P2S)



Source : orionbms, ebay

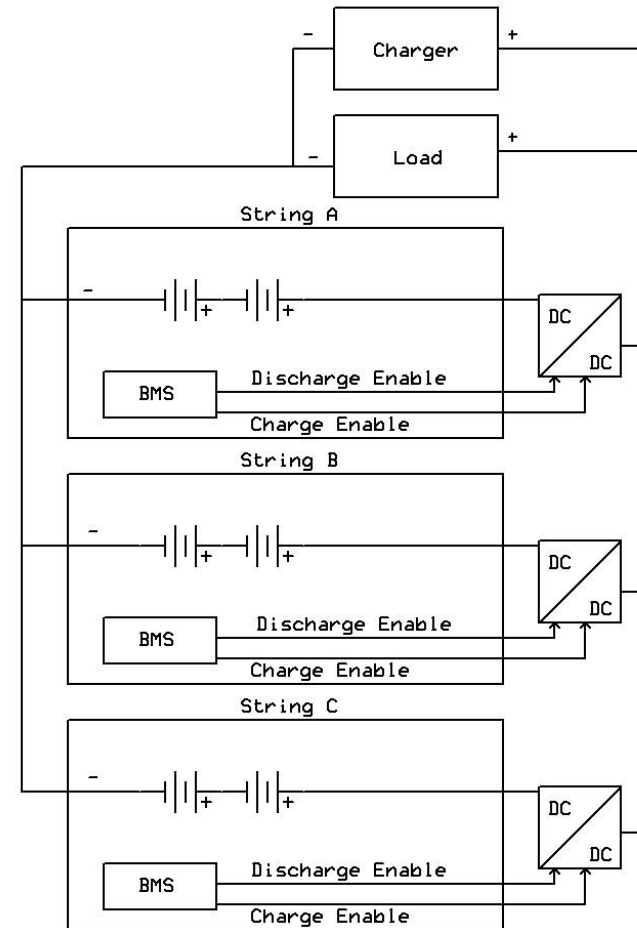
ประเภทของแบตเตอรี่ลิเทียมและการนำมาใช้งาน

Paralleled string connection



Source : orionbms

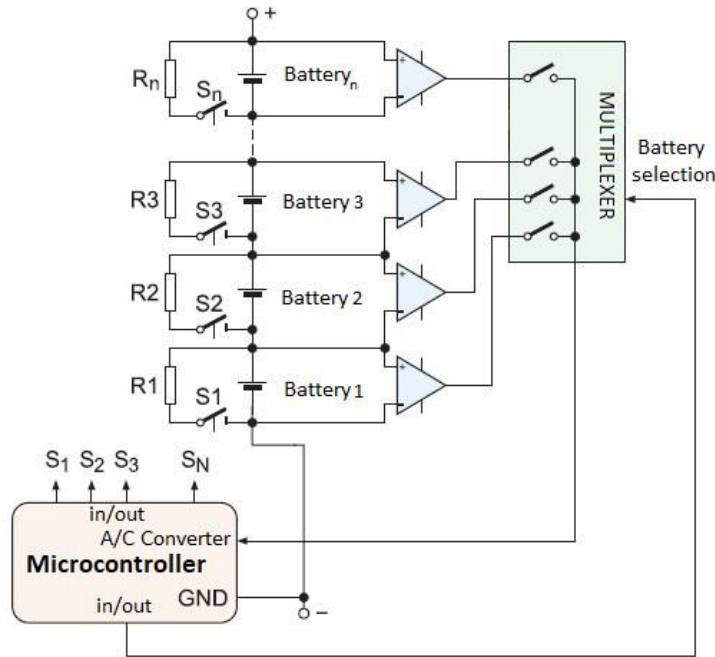
Micro-inverters or Dc to DC converters



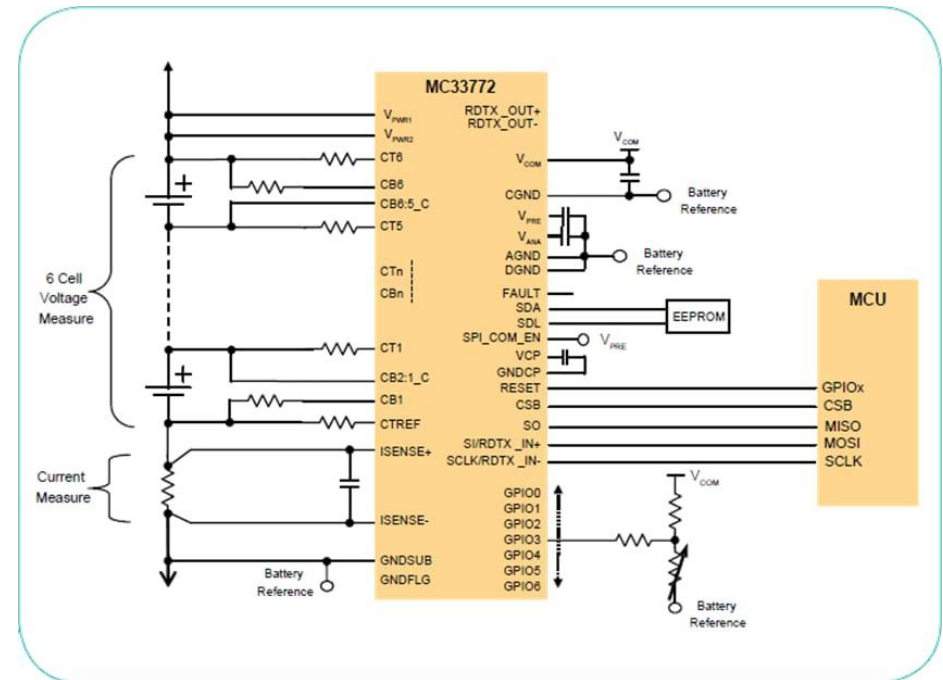
หน้าที่ของระบบจัดการแบตเตอรี่

- To monitor the battery
 - Cell voltage

ADC with multiplexer



BMS-IC

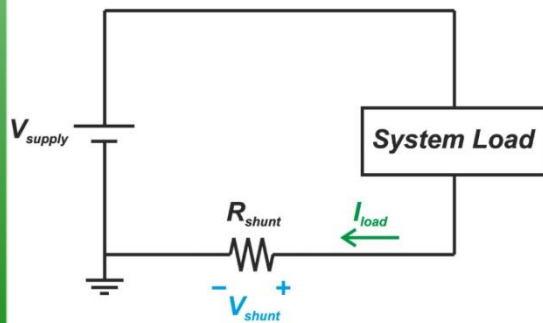


Source : Tests of BMS Battery Management System with active and passive system of balancing the battery capacity

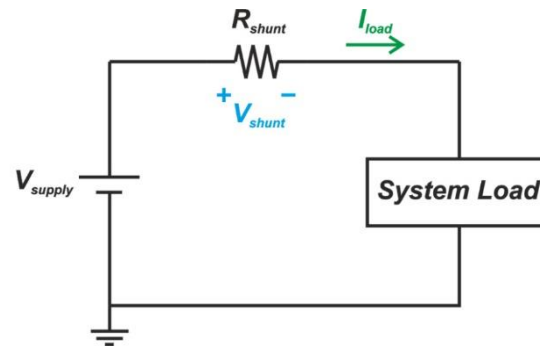
หน้าที่ของระบบจัดการแบตเตอรี่

- To monitor the battery
 - Battery pack current
 - Hall-effect current sensors
 - Current shunt resistors

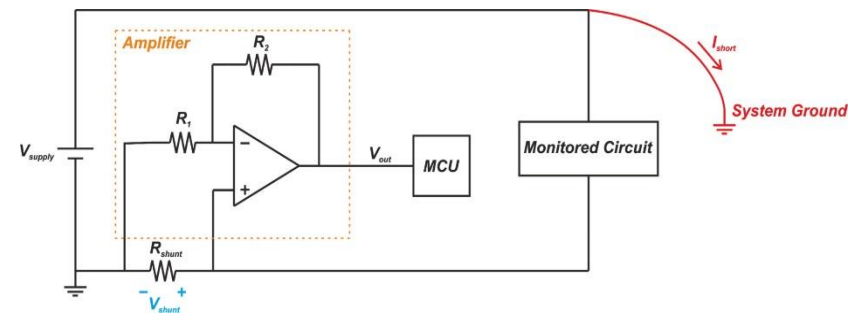
Low-side sensing



High-side sensing



Fault condition



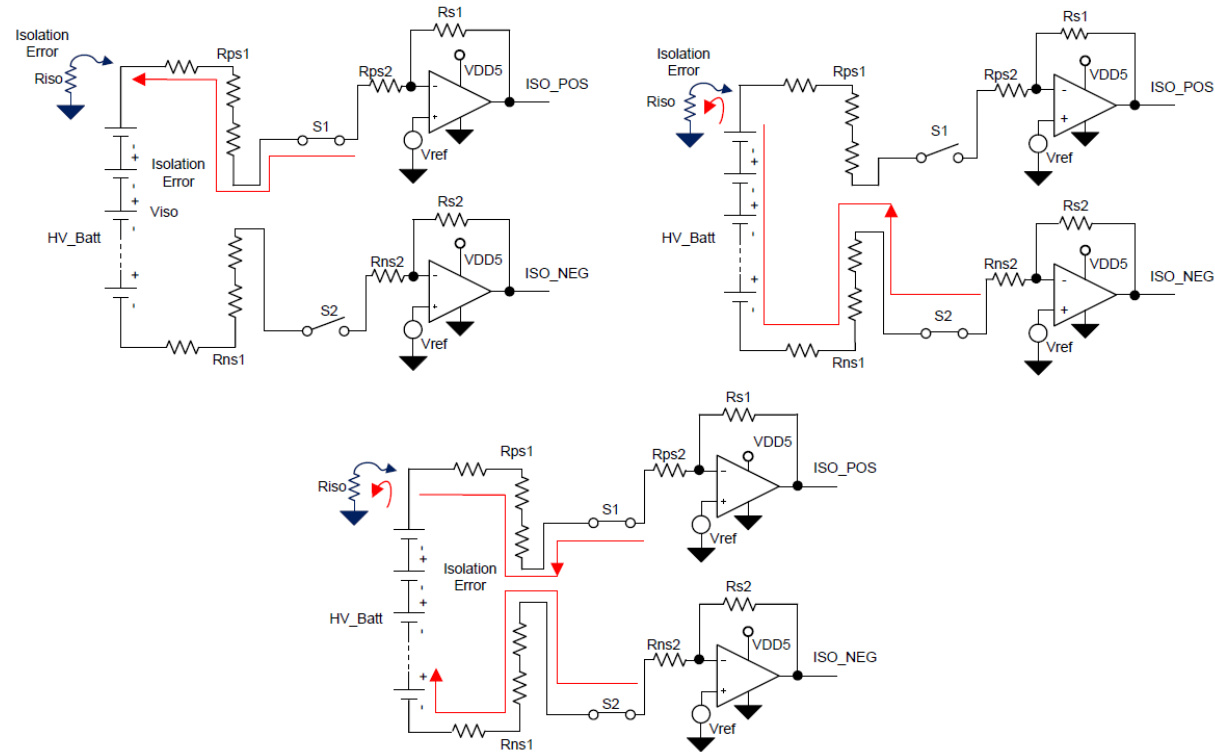
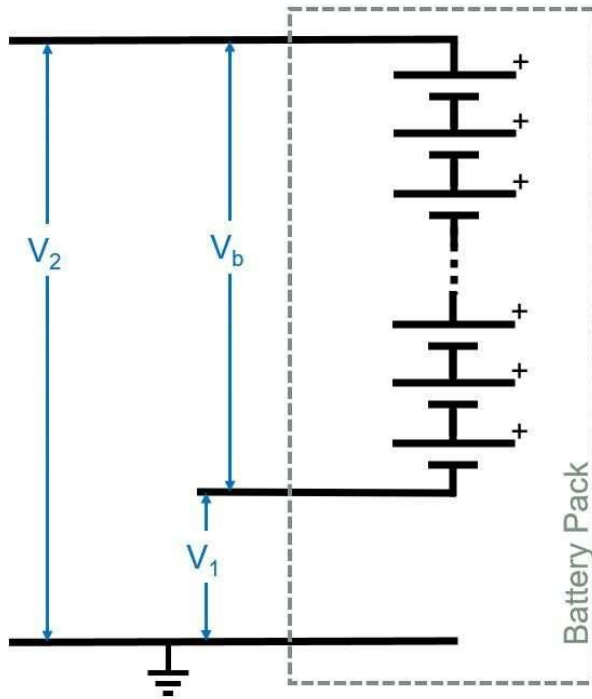
Source : Dr. Steve Arar

หน้าที่ของระบบจัดการแบตเตอรี่

- To monitor the battery
 - Cell temperature or battery pack temperature
 - Thermocouple
 - NTC thermistor

หน้าที่ของระบบจัดการแบตเตอรี่

- To monitor the battery
 - Isolation leakage current (Insulation resistance)

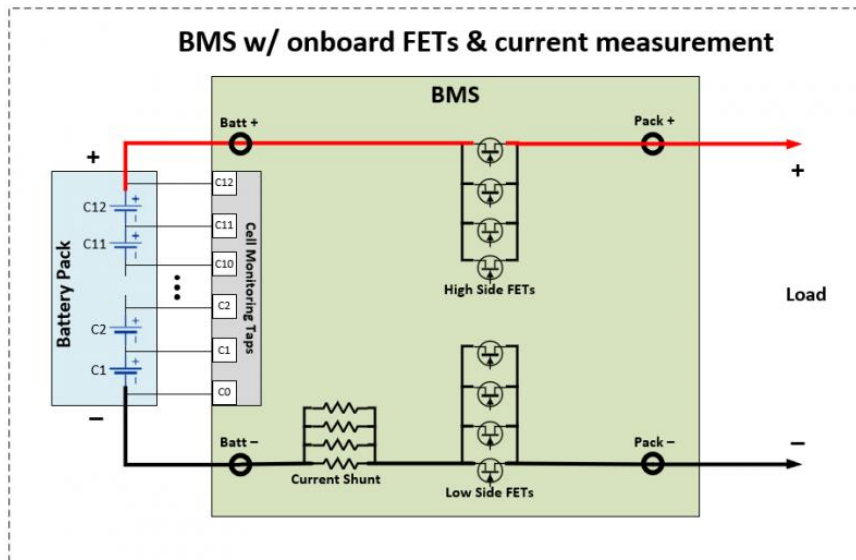


Source : <https://www.batterydesign.net/isolation-resistance-of-a-pack/>, TI Designs: TIDA-01513

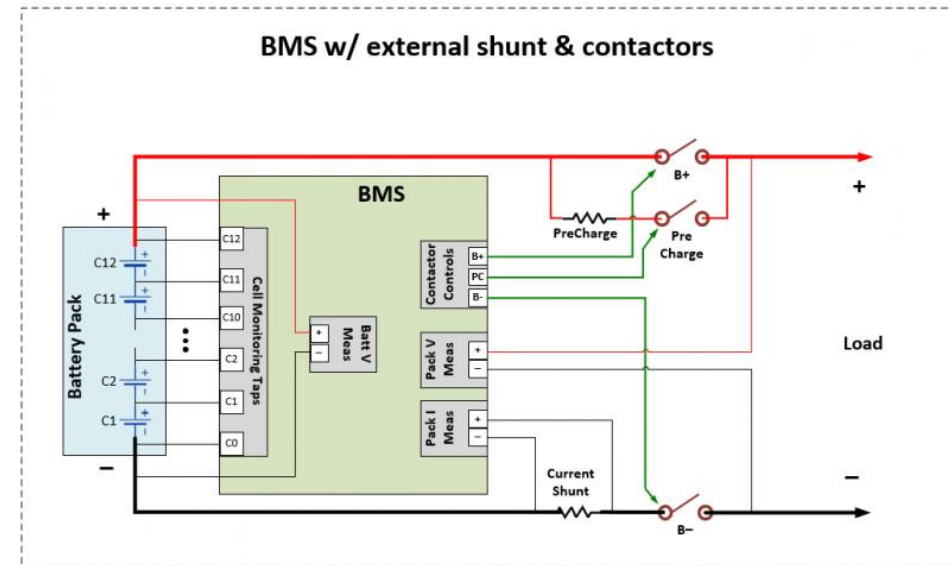
หน้าที่ของระบบจัดการแบตเตอรี่

- To protect the battery
 - Cell overvoltage
 - Overcurrent charge and discharge
 - Over temperature

MOSFET



DC Contactor



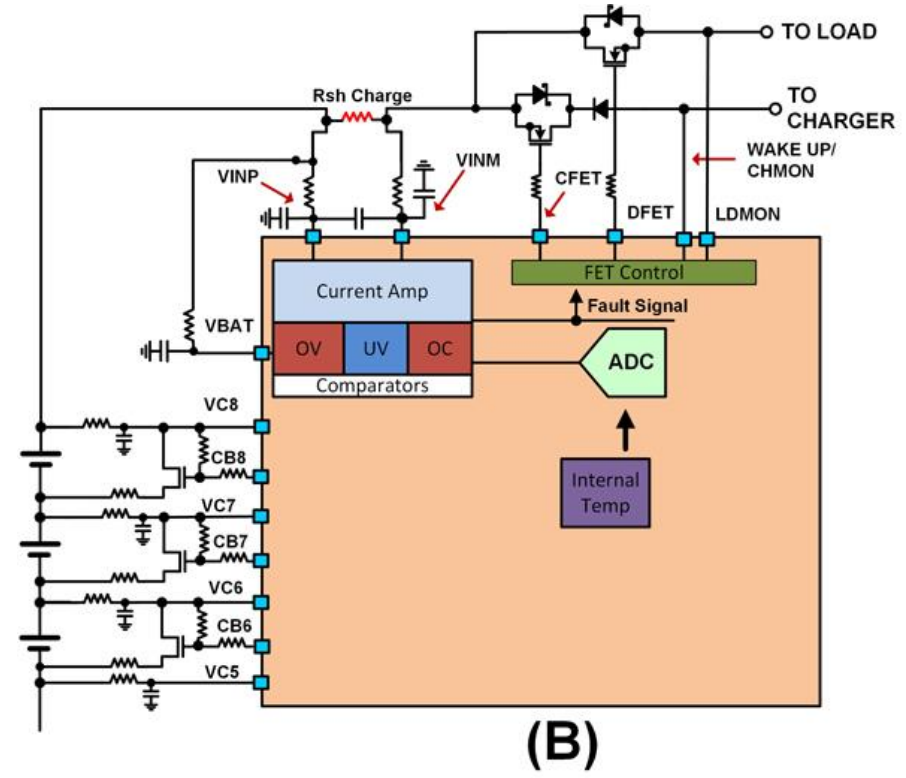
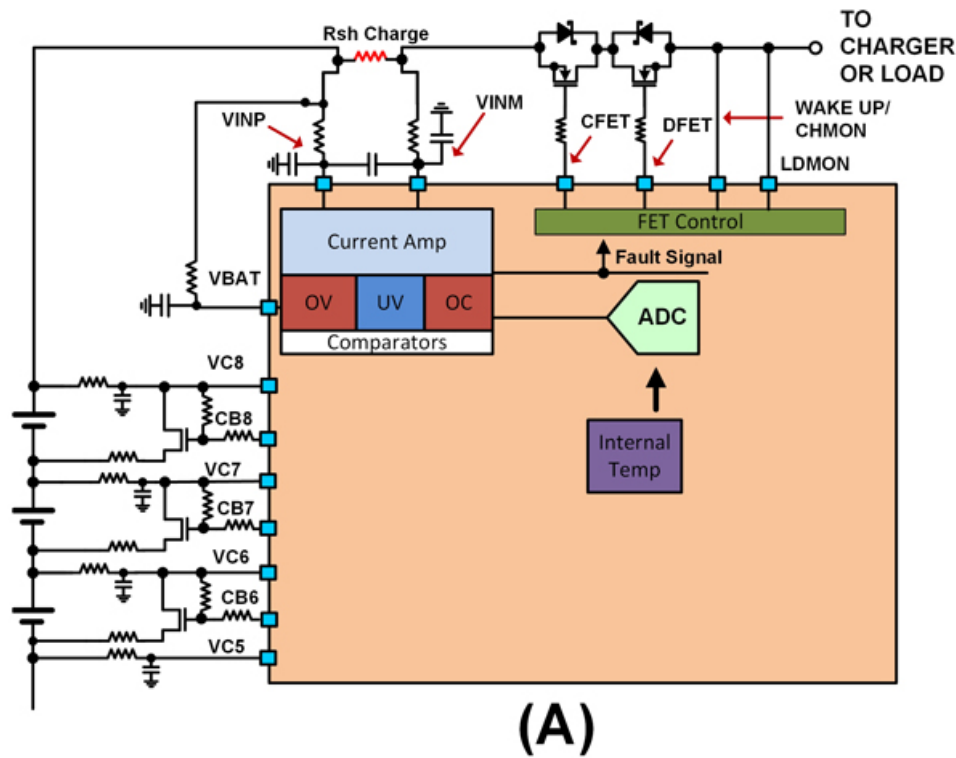
Source : <https://www.bloomy.com/>

หน้าที่ของระบบจัดการแบตเตอรี่

- To protect the battery

Single terminal

Two terminal



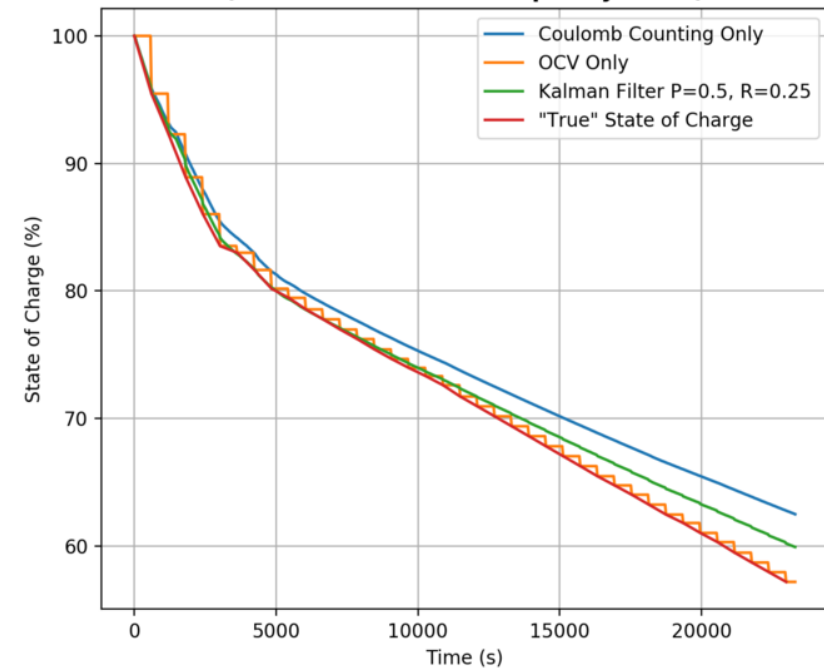
Source : <https://www.renesas.cn/>

หน้าที่ของระบบจัดการแบตเตอรี่

- To estimate the battery's state
 - The state of charge (SOC) and Capacity
 - The state of charge (SOE)
 - The state of power (SOP)
 - The state of health (SOH)



Battery State of Charge vs Time Using Various Estimation Methods (OCV Measurement Frequency: 600s)

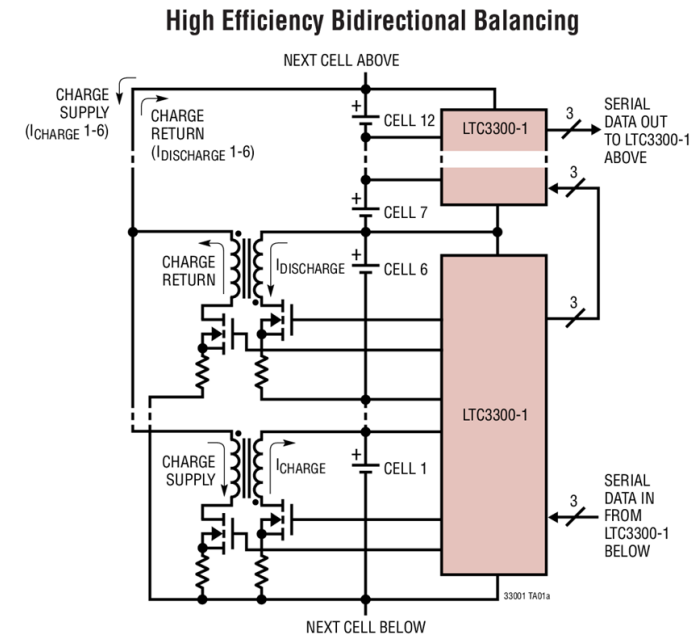
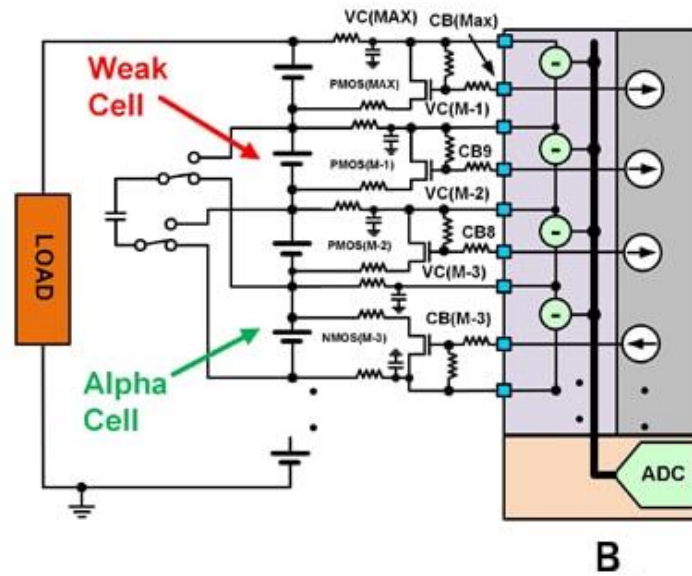
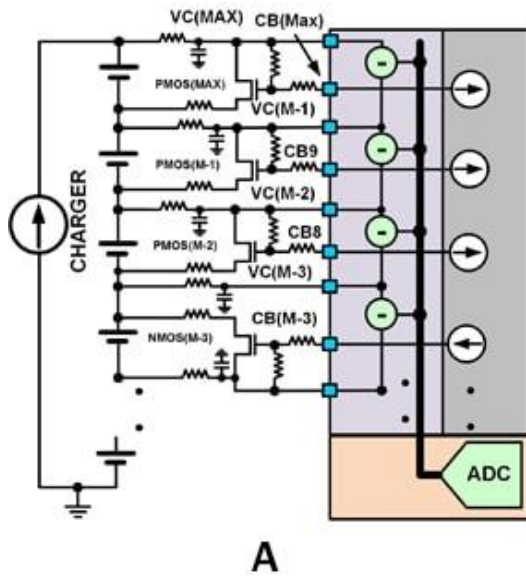
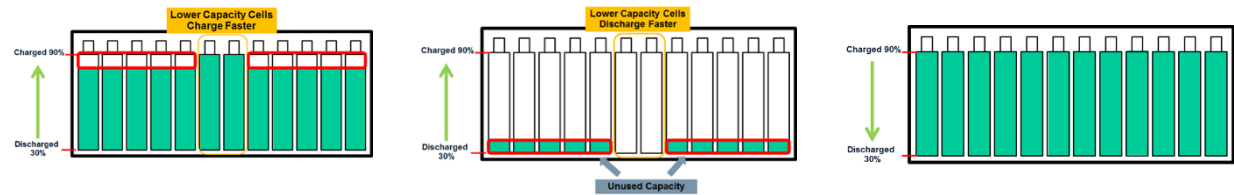


Source : <https://www.jackogrady.me/battery-management-system/state-of-charge>

Source : <https://leasing.com/car-leasing-news/what-happens-when-you-run-out-of-battery-in-electric-car>

หน้าที่ของระบบจัดการแบตเตอรี่

- To maximize the battery's performance
 - Passive balancing
 - Active balancing



Source : <https://www.renesas.cn/>, <https://www.analog.com/en/technical-articles/active-battery-cell-balancing.html>

หน้าที่ของระบบจัดการแบตเตอรี่

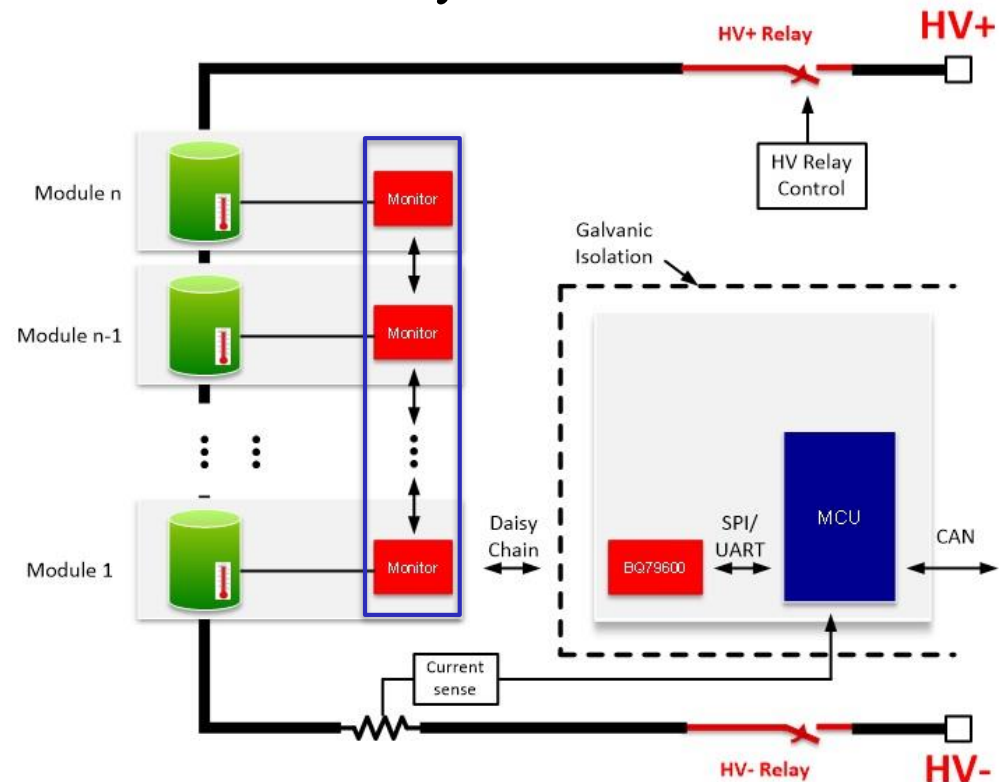
- To report to users and/or to communicate external devices
 - Wire communication
 - RS-485
 - CAN Bus
 - Wireless communication
 - Bluetooth
 - Wifi
 - 3G/4G

ไอซีวงจรรวมระบบจัดการแบตเตอรี่

- 6 cells/IC - bq76PL536, MC33772
- 12 cells/IC - ISL94212, LTC6804, LTC6811
- 14 cells/IC - MC33771
- 15 cells/IC - LTC6812
- 16 cells/IC - bq76pl455
- 18 cells/IC - LTC6813

400V
or 800V

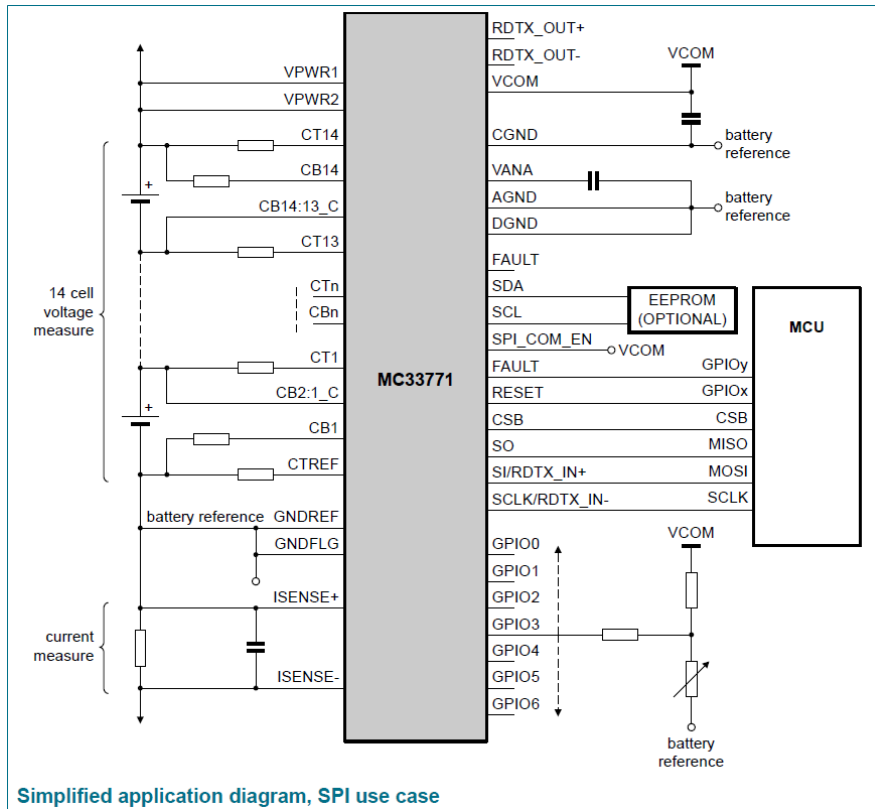
Battery monitor structure



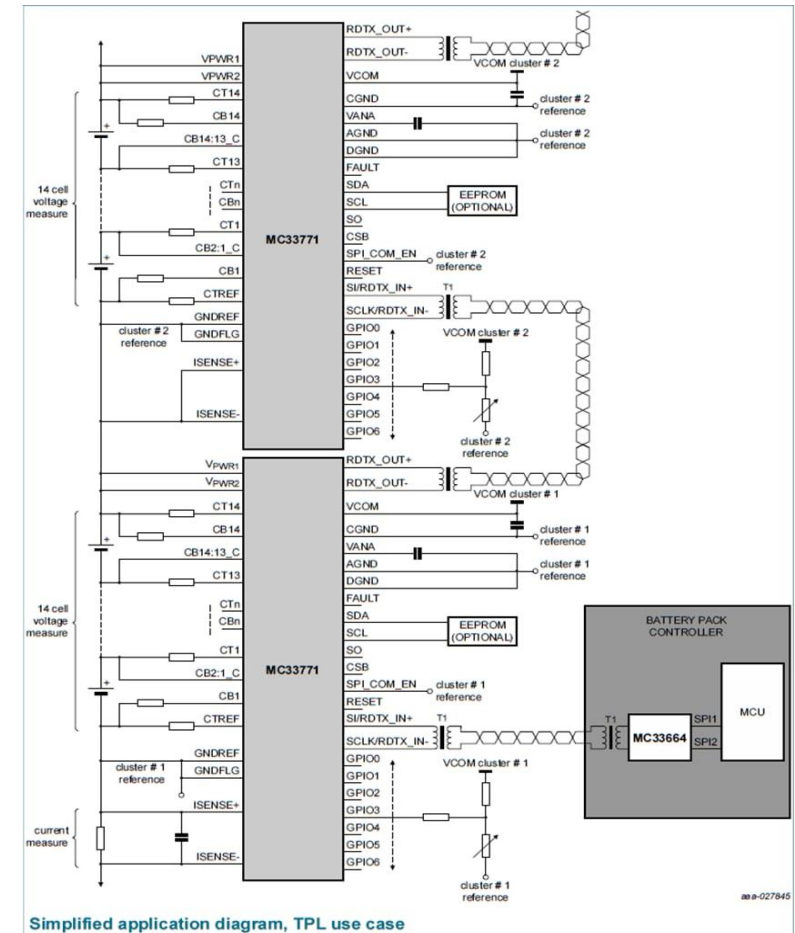
Source : Taylor Vogt, <https://www.ti.com/>

ไอซีวงจรรวมระบบจัดการแบตเตอรี่

● BMS-IC application diagram



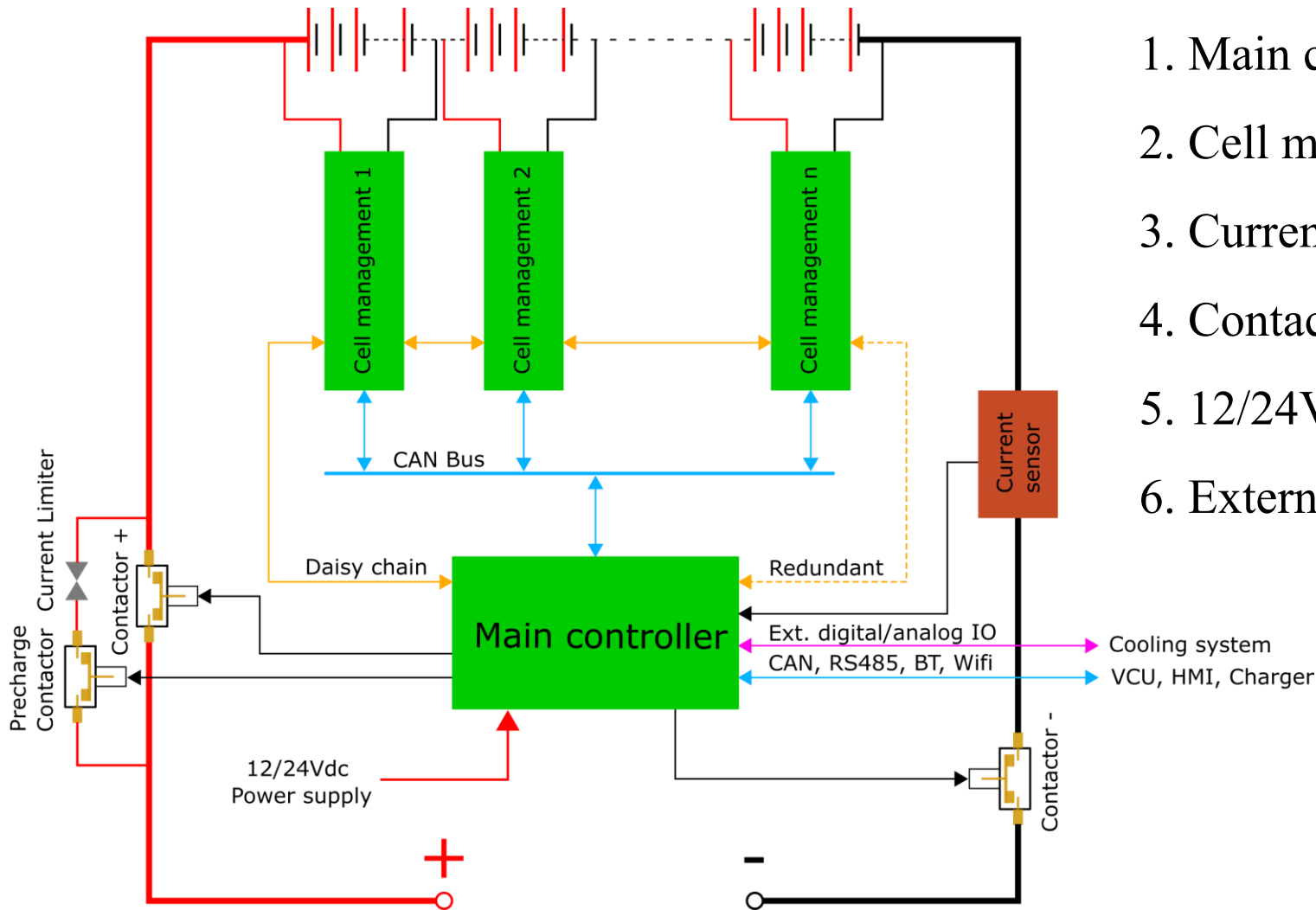
SPI Interface



TPL Interface

Source : <https://www.nxp.com/>

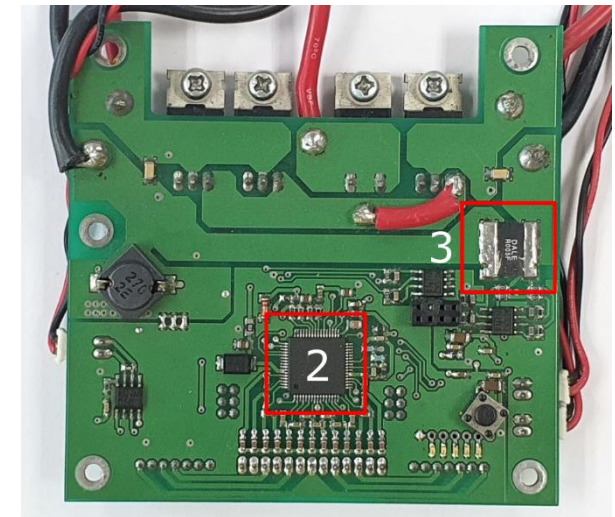
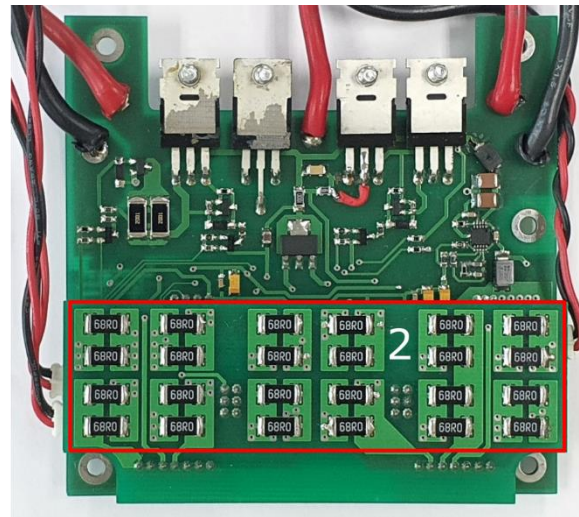
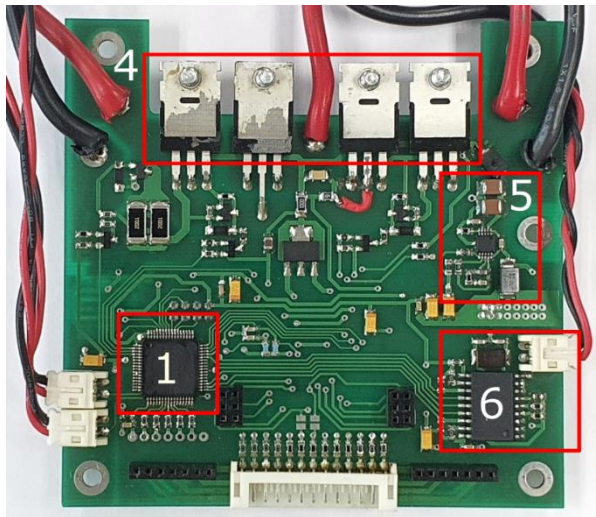
โครงสร้างของระบบจัดการแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้า



1. Main controller
2. Cell management
3. Current sensor
4. Contactor
5. 12/24Vdc Power supply
6. External communication

โครงสร้างของระบบจัดการแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้า

- ตัวอย่างระบบจัดการแบตเตอรี่สำหรับเซลล์ลิเทียมไอออน 12 เซลล์



1. Main MCU (MSP430)

2. BMS-IC with passive balancing (ISL94212)

3. Low-side current sense resistor

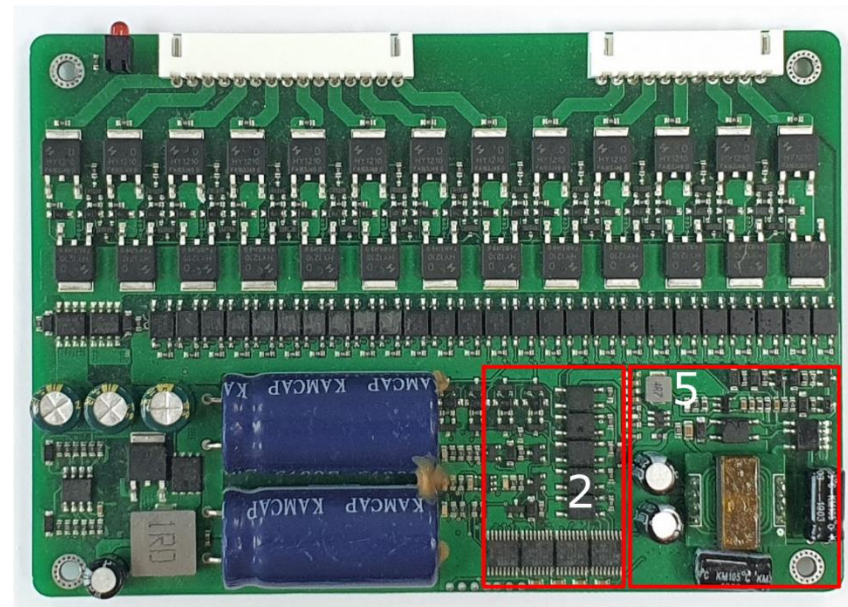
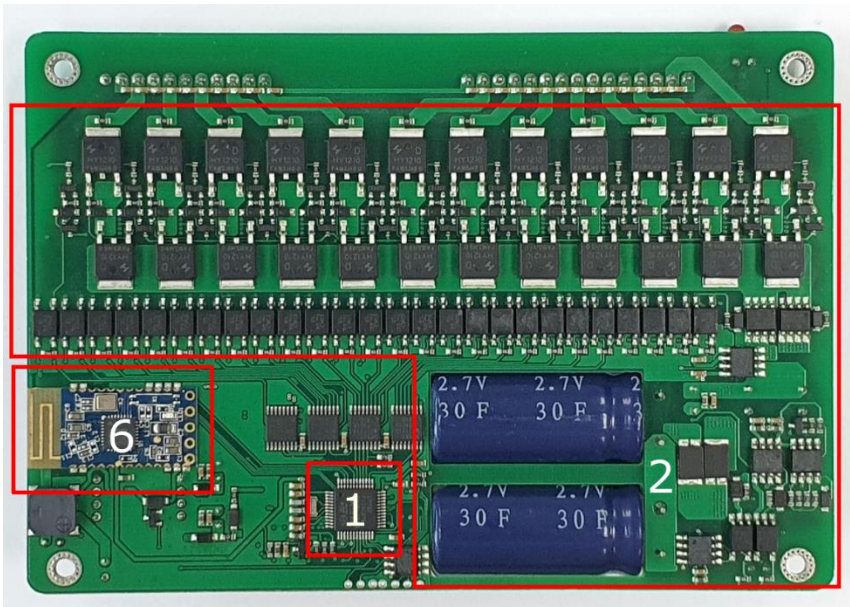
4. High-side MOSFET

5. Buck converter

6. CAN Bus

โครงสร้างของระบบจัดการแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้า

- ตัวอย่างระบบจัดการแบตเตอรี่สำหรับเซลล์ลิเทียมไอออน 24 เซลล์

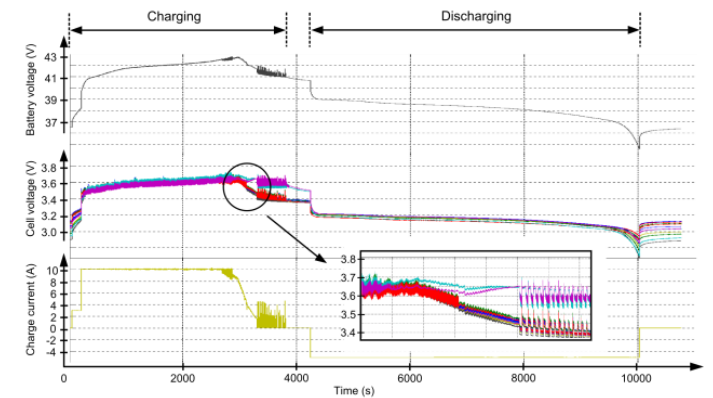
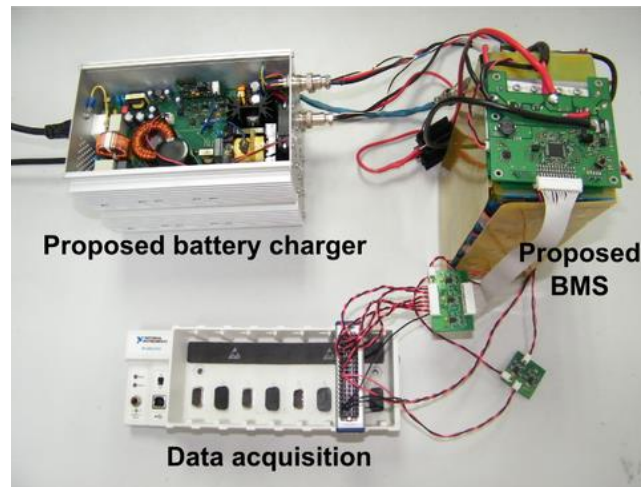
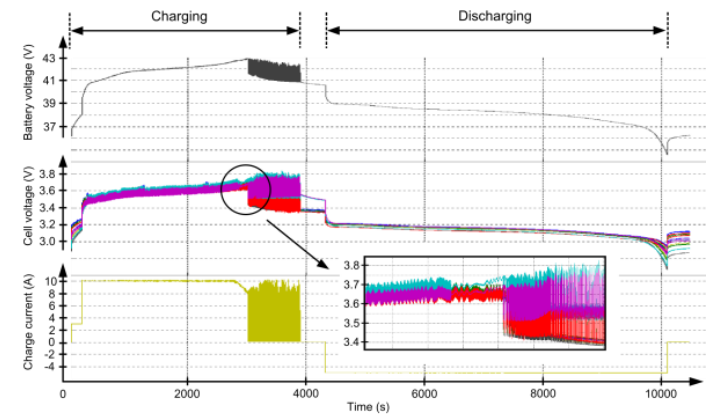
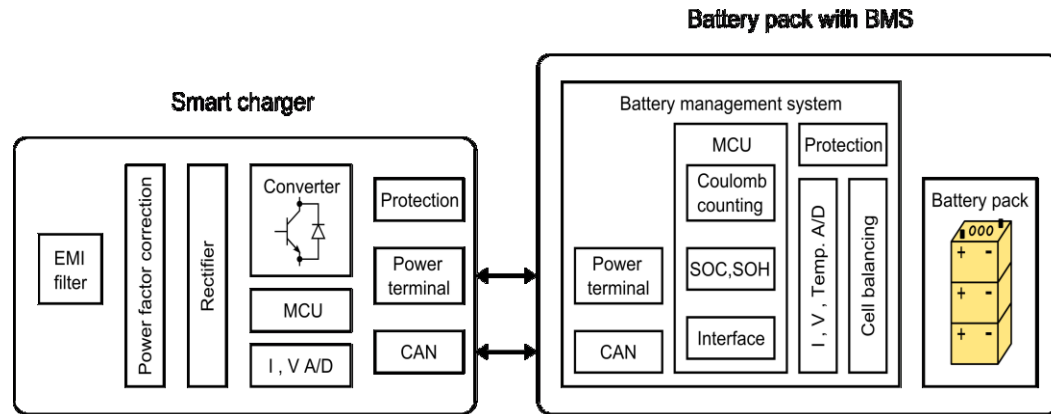


1. Main MCU (STM32F103)
2. ADC multiplexer with active balancing
3. -

4. -
5. Isolated flyback converter
6. Bluetooth

โครงสร้างของระบบจัดการแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้า

- ระบบจัดการแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าขนาดเล็ก



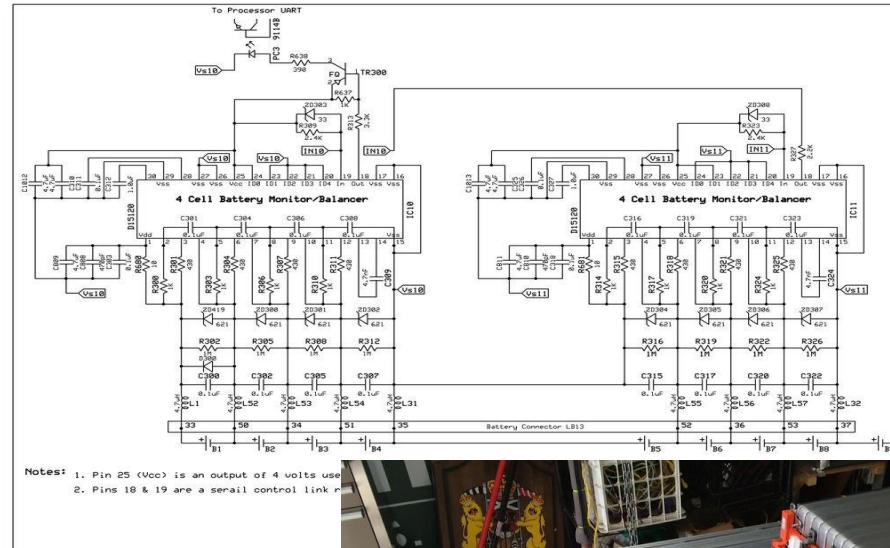
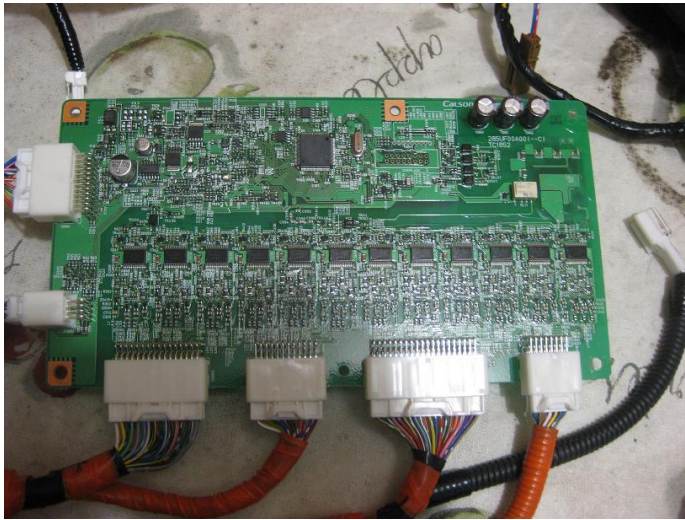
โครงสร้างของระบบจัดการแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้า

- ระบบจัดการแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าขนาดกลางและใหญ่



ระบบจัดการแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าในท้องตลาด

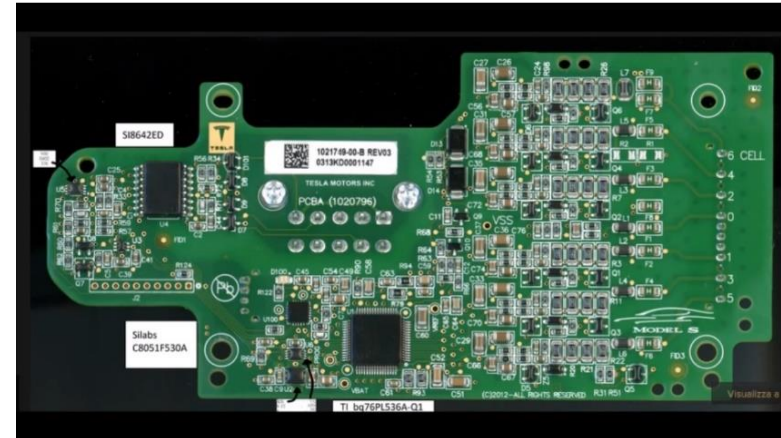
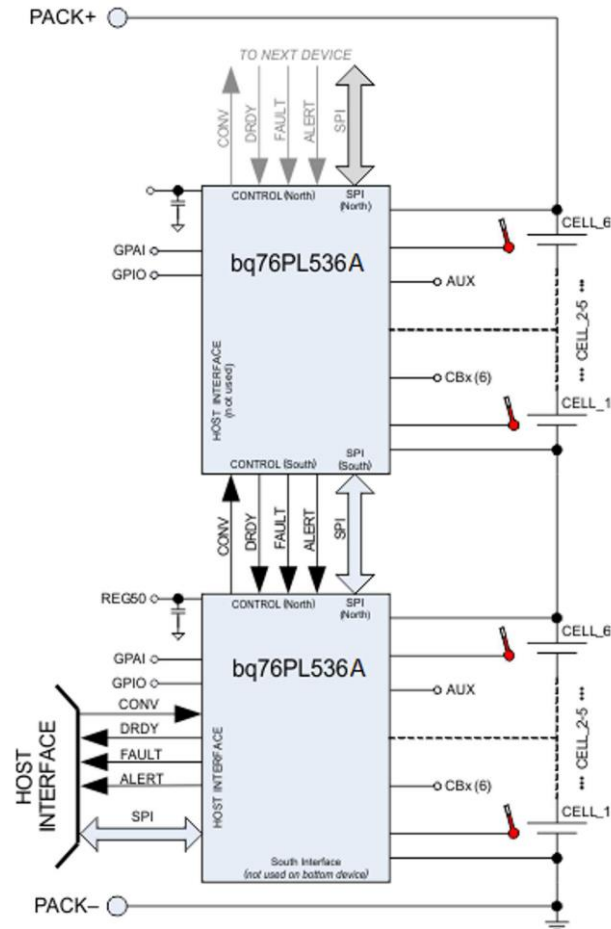
- Nissan Leaf



Source : <https://www.diyelectriccar.com/>, <https://forums.aeva.asn.au/>

ระบบจัดการแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าในท้องตลาด

- Tesla Model S/X

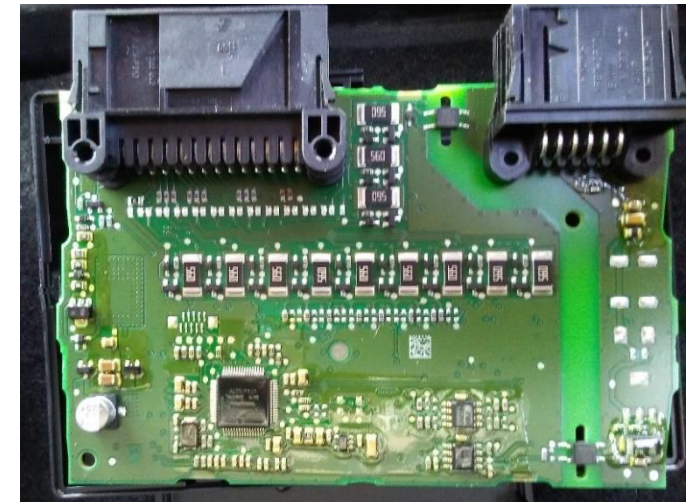
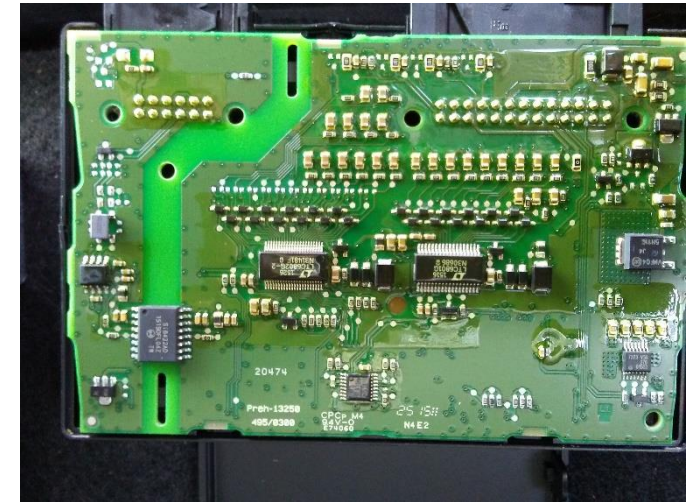
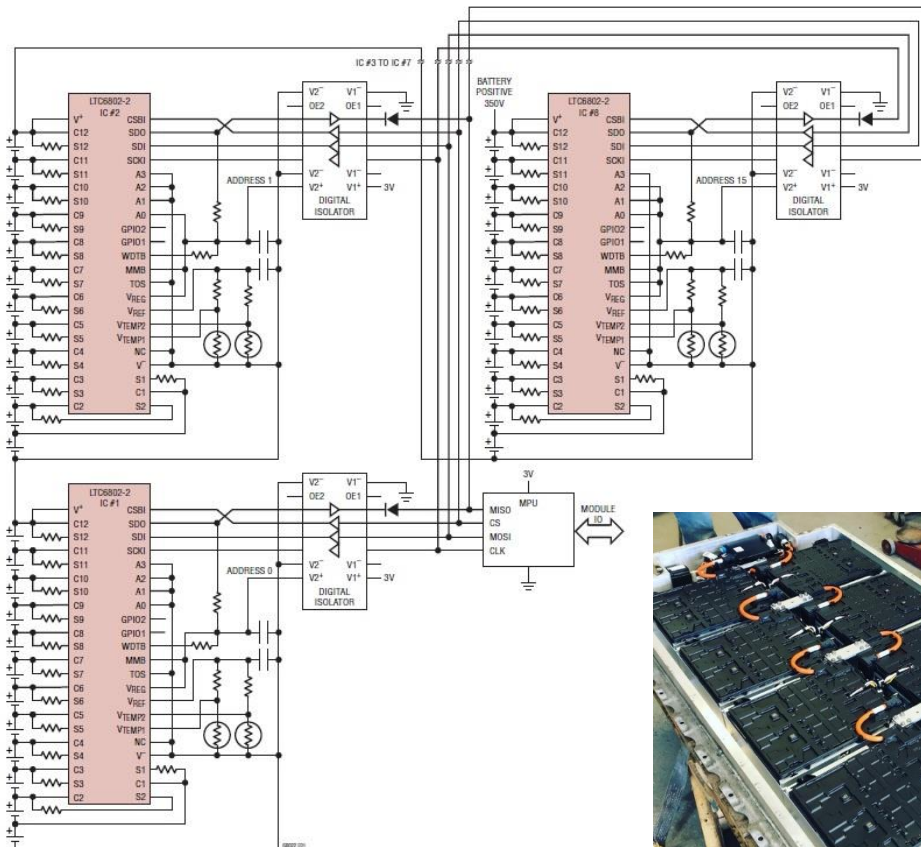


Source : FoxTech Channel

Source : Mehmet Ugras Cuma, Design considerations of high voltage battery packs for electric buses

ระบบจัดการแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าในท้องตลาด

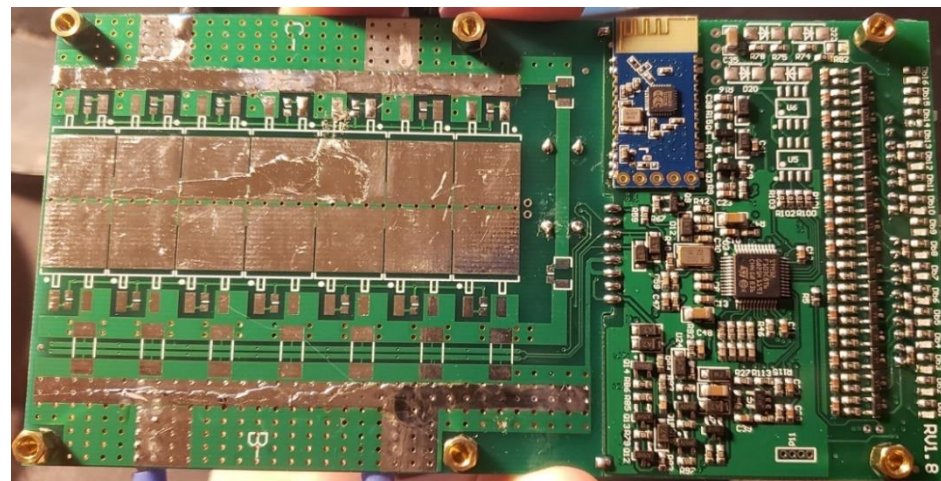
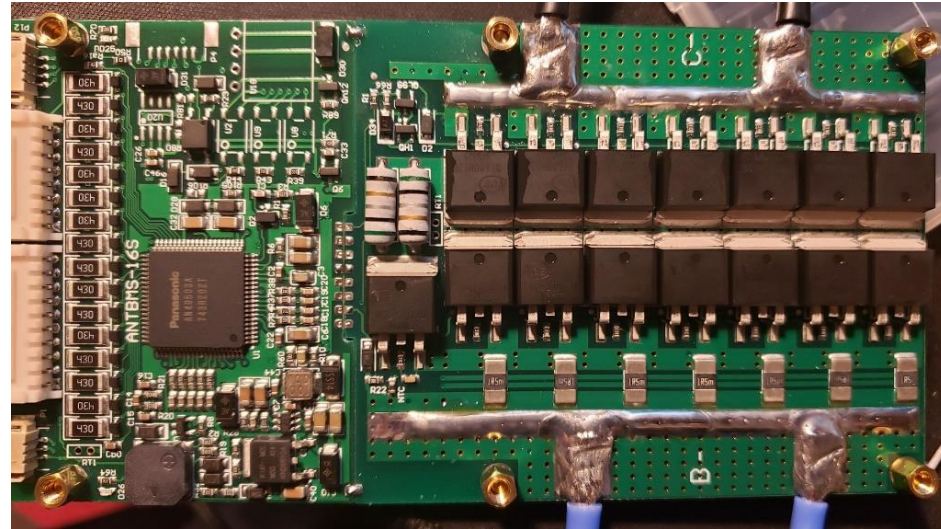
● BMW I3



Source : <https://www.diyelectriccar.com/>, <https://zero-ev.co.uk/>

ระบบจัดการแบตเตอรี่ที่จำหน่ายในท้องตลาด

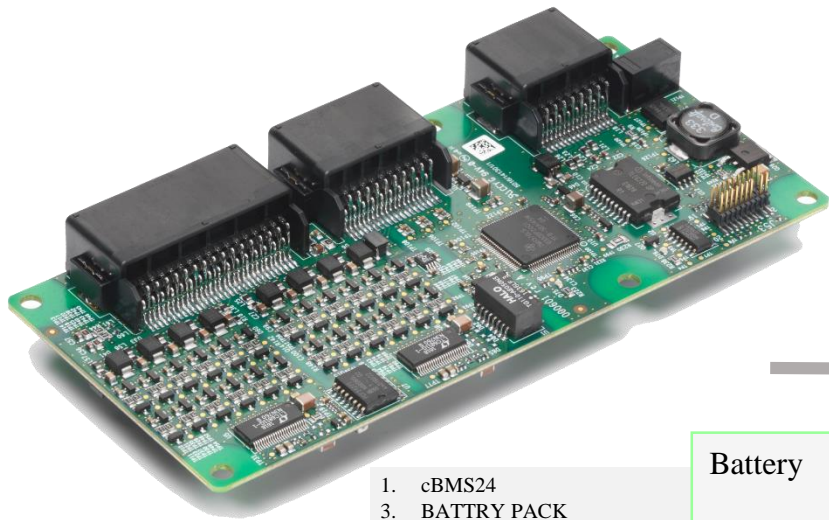
- ANT BMS



Source : <https://forum.esk8.news/>

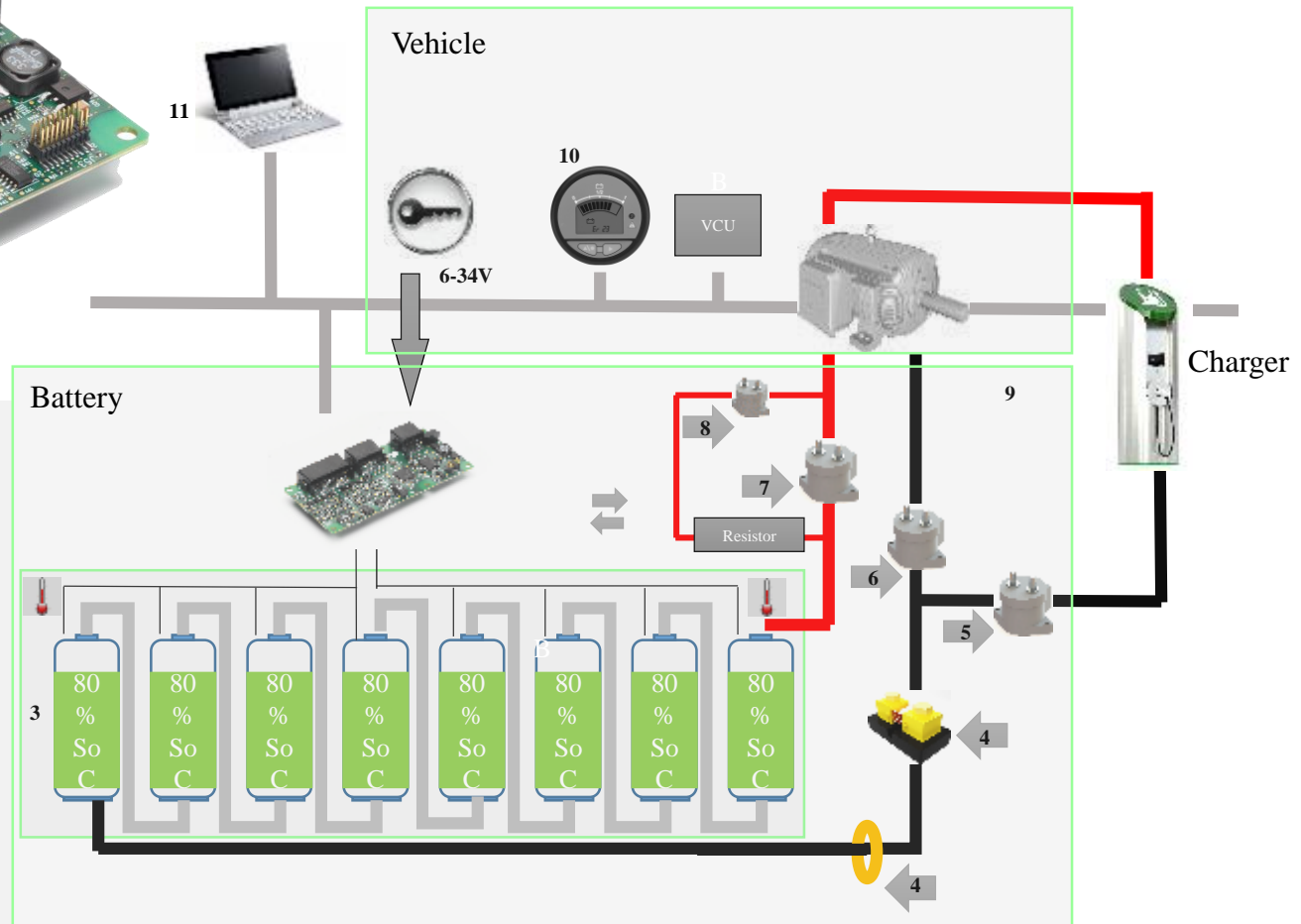
ระบบจัดการแบตเตอรี่ที่จำหน่ายในท้องตลาด

● Lithium balance BMS



1. cBMS24
3. BATTERY PACK
4. SHUNT/HAL
5. CHARGE CONTACTOR
6. HV- MAIN CONTACTOR
7. HV+ MAIN CONTACTOR
8. PRE-CHARGE CONTACTOR
9. CHARGER (CAN or PWM)
10. CAN DISPLAY
11. DIAGNOSTIC TOOL

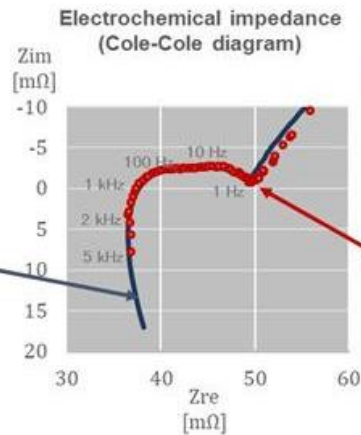
- HV +
- HV -
- CELL MONITORING
- TEMPERATURE MONITORING
- CAN 1
- CAN 2
- INPUT SIGNALS
- OUTPUT SIGNALS
- KEY SWITCH



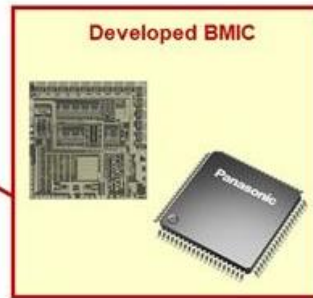
การพัฒนาความสามารถเพิ่มเติมของระบบจัดการแบตเตอรี่ในปัจจุบัน

● Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) for Batteries

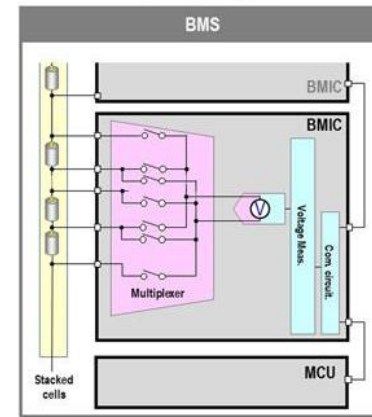
(Conventional)
Laboratory measurements



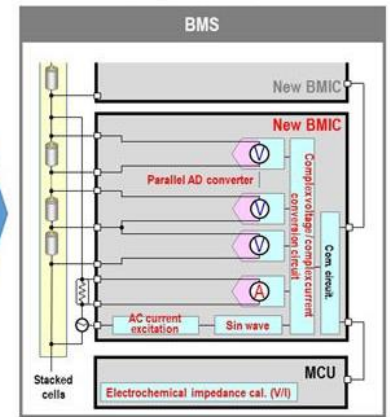
(New technology)
BMIC measurement



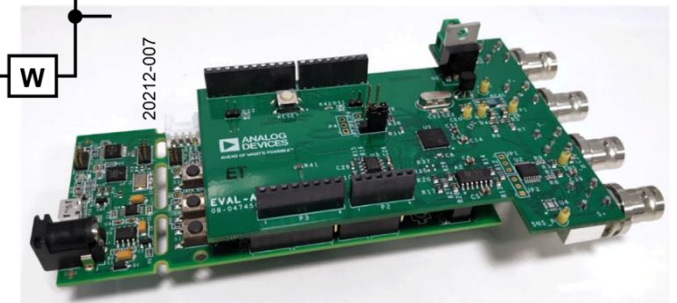
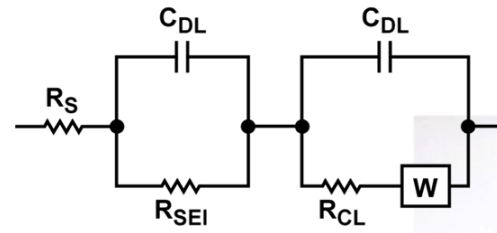
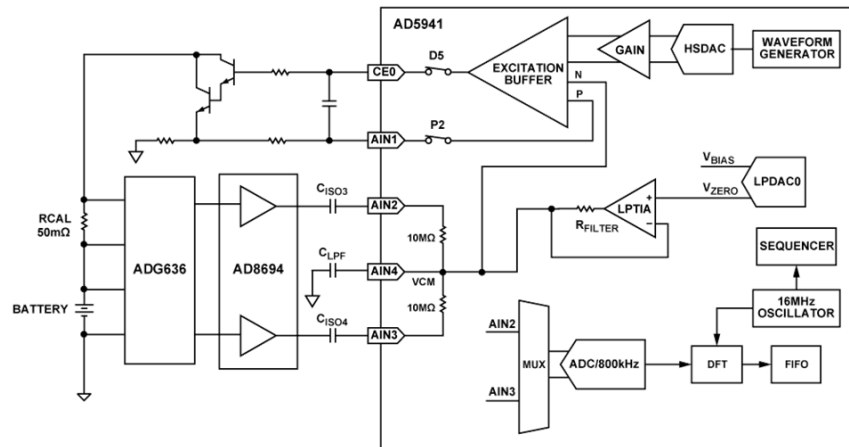
< Conventional system >



< New technology >



The new technology can be installed simply by replacing the BMIC



Source : <https://news.panasonic.com/global/press/en191114-2>

Source : <https://www.analog.com/en/design-center/reference-designs/circuits-from-the-lab/cn0510.html>

การพัฒนาความสามารถเพิ่มเติมของระบบจัดการแบตเตอรี่ในปัจจุบัน

- Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) for Batteries

AIR ENERGY 🇩🇪 🇬🇧 info@airenergy.de

Start Services Activities History Contact

EIS-BMS

Battery management system with integrated impedance spectroscopy
Central Innovation Programme for SMEs (Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand, ZIM)

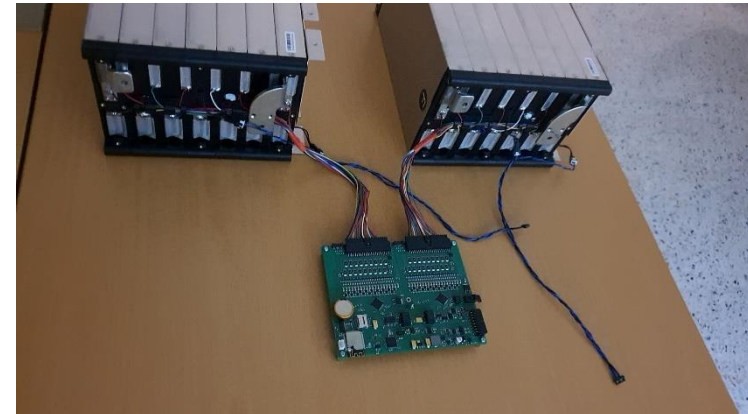
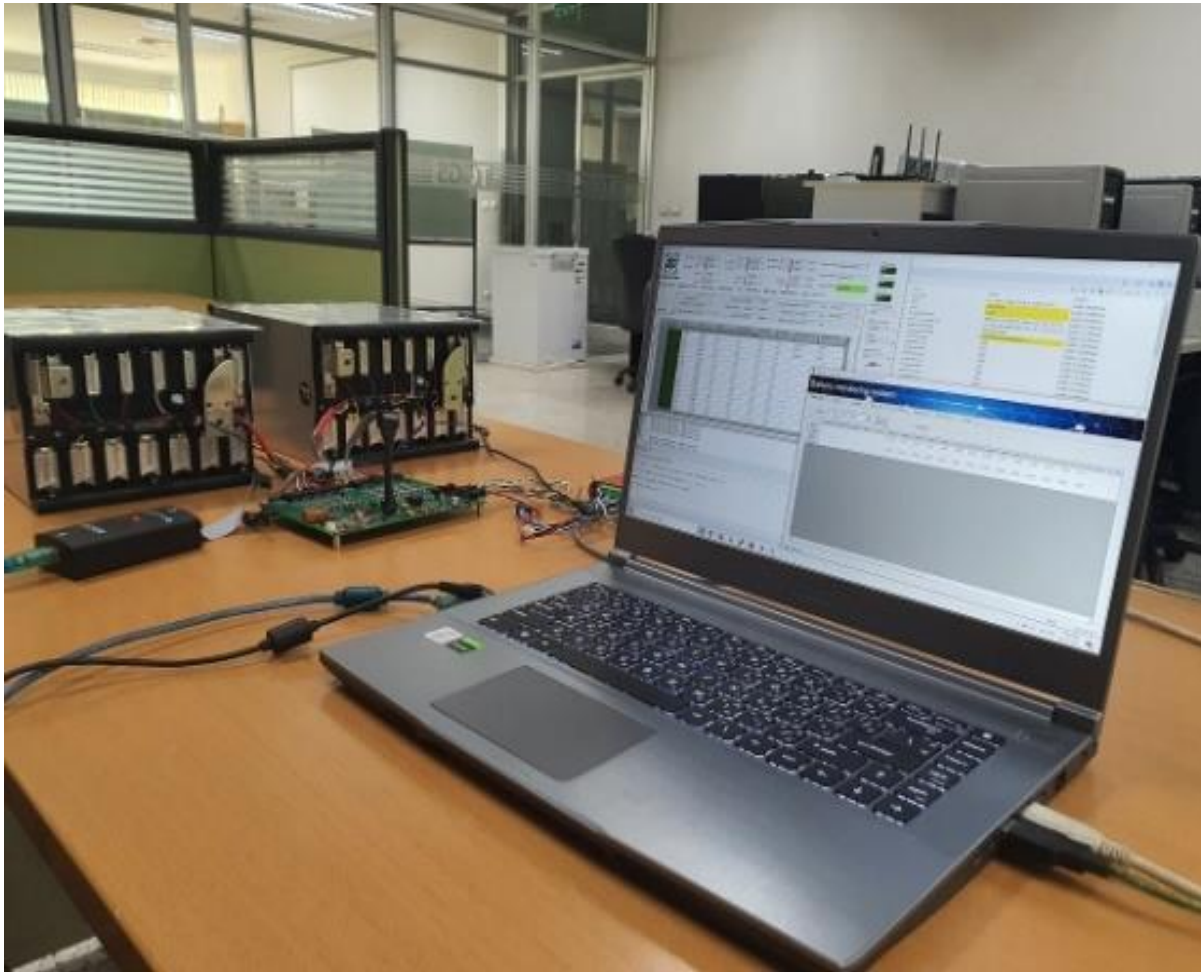
Partner
TU Chemnitz

Within the scope of a ZIM project, Air Energy has integrated and tested measurement hardware for electrochemical impedance spectroscopy (EIS) in a high-voltage battery management system. The EIS allows a detailed analysis of the impedance behavior of the battery cells. Battery parameters, such as the aging state, can be determined from the impedance values. For applications with high availability and reliability needs, this system offers the possibility to detecting cell degradation at an early stage. Thus, maintenance work or, if necessary, replacement of the battery can be planned in time.

ZIM
Zentrales
Innovationsprogramm
Mittelstand

Source : <https://www.airenergy.de/en/referenzprojekte/eis-bms/>

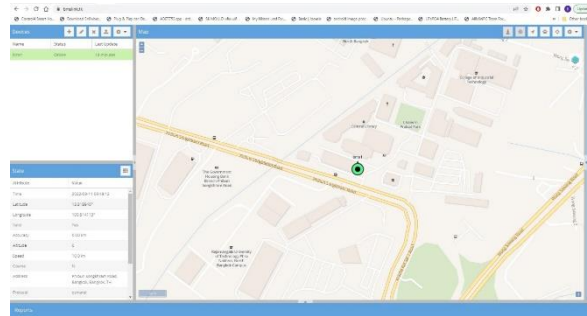
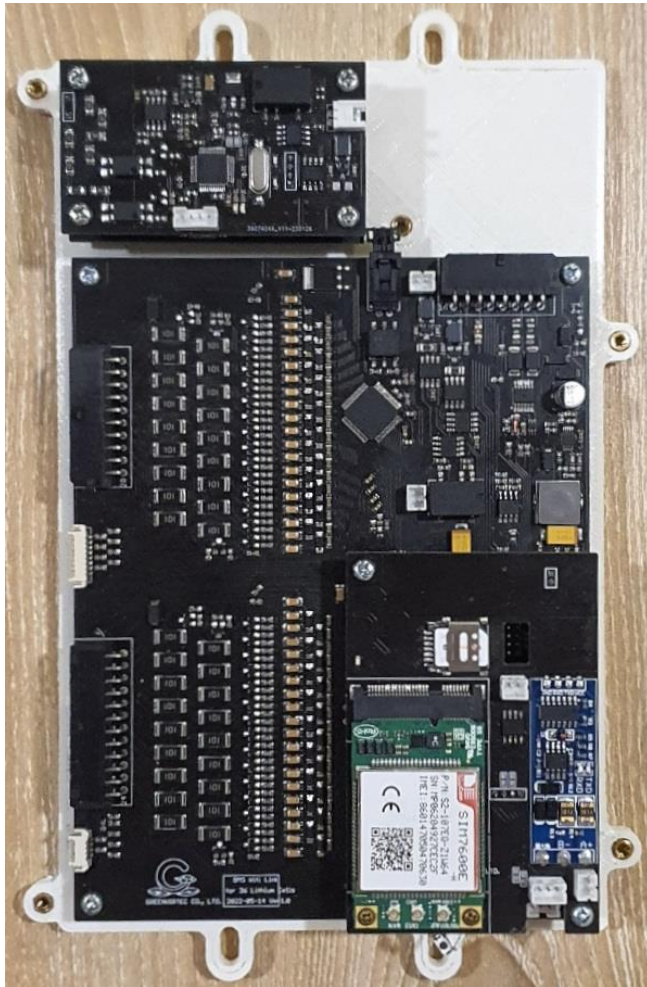
ต้นแบบระบบจัดการแบตเตอรี่ที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัย



Index	Voltage	Current	Temperature
Cell 1	3.20	1.00	35.0
Cell 2	3.19	1.00	35.0
Cell 3	3.18	1.00	35.0
Cell 4	3.17	1.00	35.0
Cell 5	3.16	1.00	35.0
Cell 6	3.15	1.00	35.0
Cell 7	3.14	1.00	35.0
Cell 8	3.13	1.00	35.0
Cell 9	3.12	1.00	35.0
Cell 10	3.11	1.00	35.0
Cell 11	3.10	1.00	35.0
Cell 12	3.09	1.00	35.0
Cell 13	3.08	1.00	35.0
Cell 14	3.07	1.00	35.0

ต้นแบบระบบจัดการแบตเตอรี่ที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัย

- BMS with 4G Data Logger & Tracker



Battery Management System for Electric Vehicle

Bundit Tanboonjit

The Sirindhorn International Thai-German Graduate School of Engineering
King Mongkut's University of Technology North Bangkok