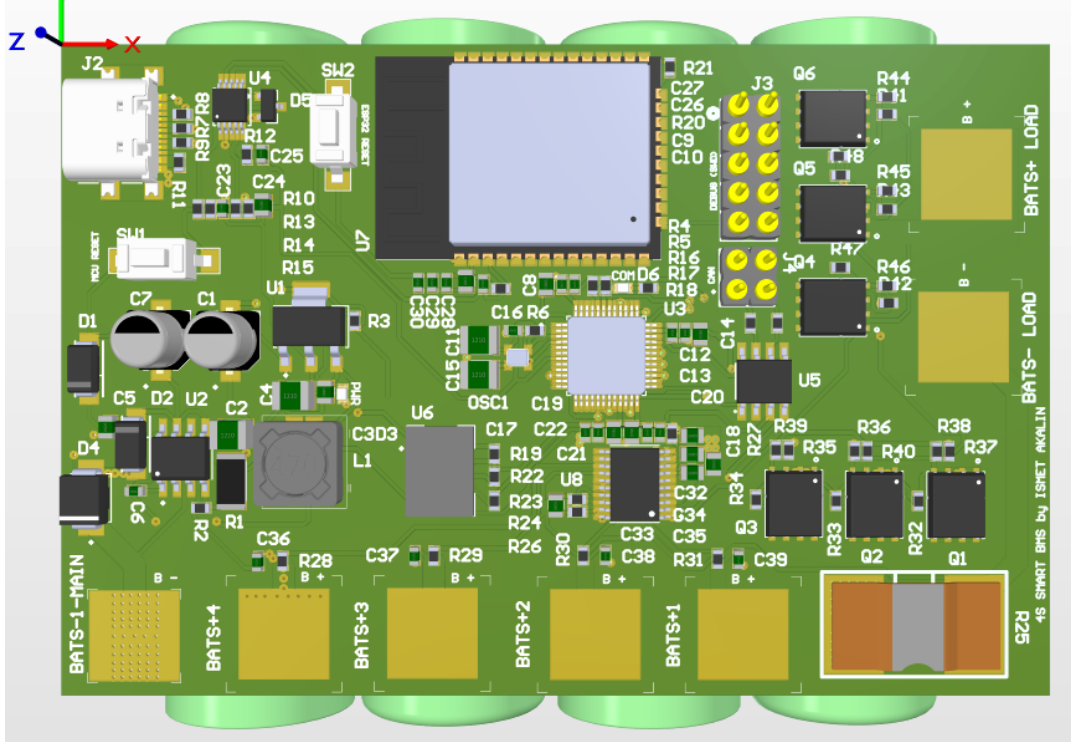


# 4S SMART BATTERY MANAGEMENT SYSTEM

## 1. Genel Bakış



Bu sistem, 4 hücreli (4S) Li-ion batarya paketi için tasarlanmış akıllı bir Battery Management System (BMS)'tir.

Maksimum Akım Kapasitesi ;

Sürekli Deşarj Akımı: ~30 A

Kısa Süreli Peak Akımı: ~50–60 A

**4S SMART BATTERY MANAGEMENT SYSTEM by İSMET AKALIN**

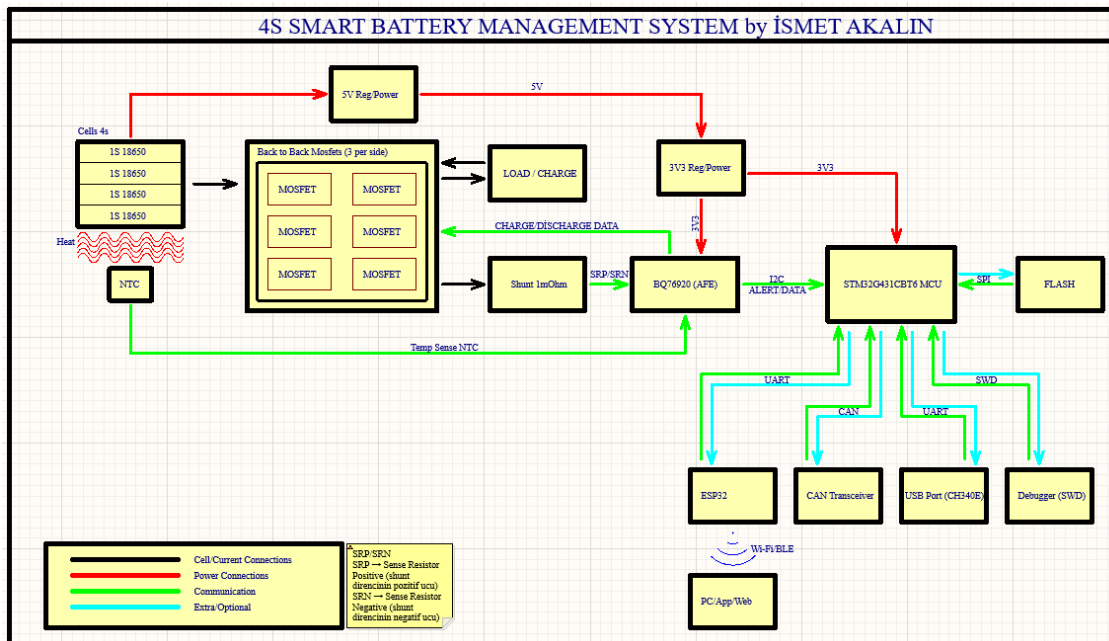
The diagram illustrates the system architecture for a 4S battery pack. The battery pack (Cells 4s) is connected to the BMS (Back to Back MOSFETs) and an NTC. The BMS is connected to a 5V Reg Power supply and a 3V3 Reg Power supply. The BMS outputs CHARGE/DISCHARGE DATA to a BQ76920 (AFE) and a Shunt 1mOhm. The AFE outputs SRP-SRN to the BMS and IIC ALERT/DATA to the STM32043/CB76 MCU. The MCU is connected to a FLASH, ESP32, CAN Transceiver, USB Port (CH340E), and a Debugger (SWD). The MCU also has UART, CAN, and SWD connections to the ESP32, CAN Transceiver, and USB Port. The MCU is connected to a PC/App/Tab via Wi-Fi/BLE.

**Legend:**

- Cell Current Connections
- Power Connections
- Communication
- Extra Optional

**Legend:**

- SRP-SRN
- SEN → Sense Resistor Positive (shunt direnctans pozitif ucu)
- SRN → Sense Resistor Negative (shunt direnctans negatif ucu)



Hücre voltajlarını ayrı ayrı ölçer.

Akım bilgisini shunt üzerinden alır.

NTC'lerden sıcaklık verisi toplar.

Anormallik durumlarında (OV/UV, OCD, SCD) ALERT sinyali ile MCU'yu uyarır.

STM32G431 MCU:

I<sup>2</sup>C üzerinden AFE ile haberleşir.

Dengeleme Algoritması: Hücreleri pasif balans devreleri üzerinden eşitler.

SoC (State of Charge): Coulomb counting + voltaj düzeltme ile kapasite hesaplar.

SoH (State of Health): Hücre iç direncini ve kapasite trendini izler.

Flash Bellek (SPI): Olay kaydı, hata loglama ve firmware güncellemeleri için kullanılır.

#### **4. Haberleşme ve Kullanıcı Arayüzü**

CAN Transceiver (MCP2562): Araç içi haberleşme protokollerine uyumludur, telemetri için kullanılır.

USB (CH340E): PC bağlantısı, debug, firmware update.

ESP32 (Wi-Fi + BLE): Mobil dashboard, OTA (Over-The-Air) güncelleme ve kablosuz telemetri sağlar.

SWD Debugger: Yazılım geliştirme ve hata ayıklama için.

#### **5. Güvenlik ve Test Fonksiyonları**

Koruma: Over-voltage, under-voltage, over-current, short-circuit ve aşırı sıcaklık durumlarında MOSFET'ler yükü ayırır.

Watchdog + Brown-out Detect: MCU'nun stabil çalışmasını garanti eder.

Diagnostik Modlar: Sensör kontrolü, balans testi ve koruma devrelerinin kontrollü testleri yapılabilir.

ESD/EMI Önlemleri: TVS diyotlar, CAN hattında common-mode choke\* ve USB için ESD koruması.

\*Common-Mode Choke (Ortak Mod Bobini)

Bir tür EMI filtreleme indüktörü.

Yapısı: Aynı manyetik çekirdek üzerine sarılmış iki veya daha fazla bobin.

Görevi: İki hattaki (ör. + ve – besleme, ya da TX ve RX veri hatları) ortak mod parazit akımlarını bastırmak, ama diferansiyel sinyali (istenen sinyal) etkilememek.

## **6. Mekanik / PCB Tasarımı**

PCB: 4 katmanlı yapı, güç ve sinyal yolları ayrılmıştır.

Termal Yönetim: MOSFET ve shunt bölgelerinde geniş bakır yüzeyler ve thermal via'lar bulunur.

Silkscreen İşaretleme: Hücre yönleri, P+/P- ve test noktaları net işaretlenmiştir.

## **7. Sistem Çalışma Akışı**

Hücreler enerjiyi sağlar, MOSFET'ler şarj/deşarj yolunu kontrol eder.

Shunt direnç üzerinden geçen akım BQ76920 tarafından ölçülür.

Hücre voltajları ve NTC sıcaklıkları AFE'ye gider.

STM32, karar algoritmalarını çalıştırır; balans, koruma ve logging fonksiyonlarını yönetir.

Haberleşme katmanları (CAN, USB, ESP32) üzerinden kullanıcıya telemetri ve kontrol imkanı sunulur.

Flash bellek sayesinde olay kaydı tutulur ve yazılım güncellenebilir.

## **8. Güç Tüketimi**

<b>Bileşen</b>	<b>Çalışma Koşulu</b>	<b>Akım (typ.)</b>	<b>Güç</b>
STM32G431	170 MHz aktif, periferikler açık	~25 mA	~82 mW
BQ76920 (AFE)	Hücre ölçüm + balans	~100 µA (ölçüm) / ~2 mA (balans aktif)	~0.3–6.6 mW
ESP32 (Wi-Fi/BLE)	BLE düşük güç: 10 mA, Wi-Fi Tx: 150–200 mA	33–660 mW	
CAN Transceiver (MCP2562)	Haberleşme aktif	~20 mA	~66 mW

USB-UART (CH340E)	Çalışırken	~8 mA	~26 mW
Flash Bellek (W25Q128JV)	Okuma: 10 mA, Yazma: 25 mA, Idle: 1 mA	3–83 mW	
MOSFET Gate Drive + Leakage	Çok düşük	<1 mA	<3 mW
NTC Sensörler	Bölücü üzerinden	<0.5 mA	<1.5 mW
Regülatör Kayıpları	Verim %85–90	~%10 ek kayıp	~50–100 mW

#### Toplam Tüketim Senaryoları

Bekleme (Idle, Wi-Fi kapalı, sadece ölçüm): 50–80 mW

(~15–25 mA @ 3.3V)

Normal Çalışma (MCU + AFE + CAN aktif, ESP32 BLE açık): 200–300 mW

(~60–90 mA @ 3.3V)

Yoğun Çalışma (MCU + AFE + ESP32 Wi-Fi Tx + Flash yazma): 0.8–1.0 W

(~250–300 mA @ 3.3V)