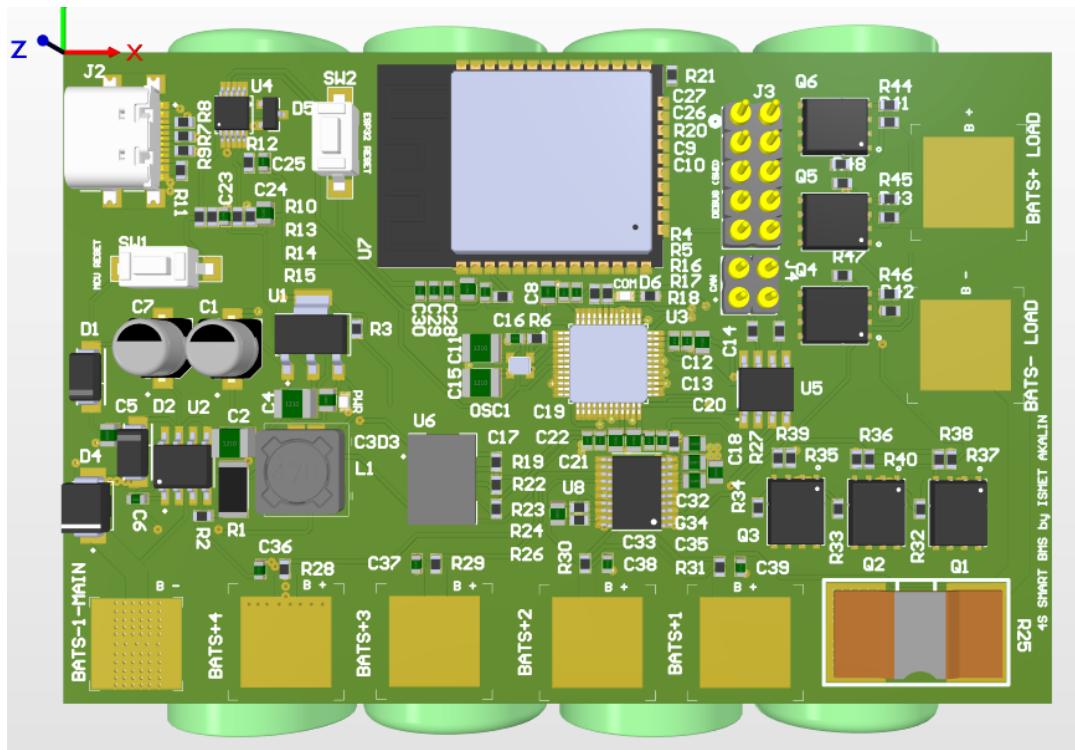


4S SMART BATTERY MANAGEMENT SYSTEM

1. Genel Bakış

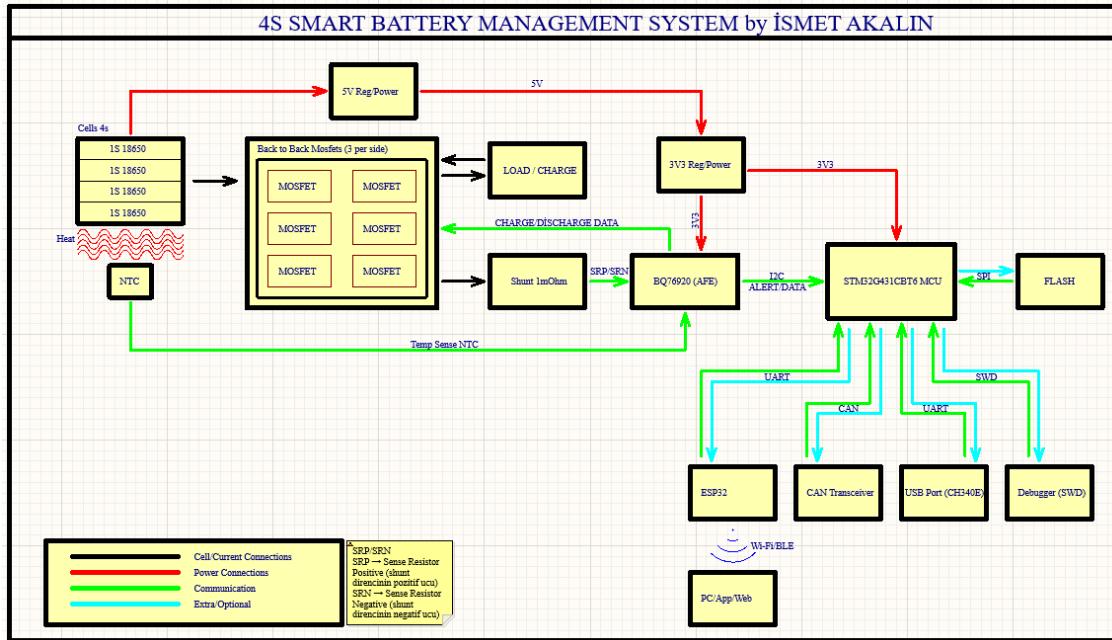


Bu sistem, 4 hücreli (4S) Li-ion batarya paketi için tasarlanmış akıllı bir Battery Management System (BMS)'tir.

Maksimum Akım Kapasitesi ;

Sürekli Deşarj Akımı: ~30 A

Kısa Süreli Peak Akımı: ~50–60 A



Blok diyagramda görüldüğü üzere mimari üç ana katman üzerine kuruludur:

Güç Katmanı: Hücreler, MOSFET'ler, shunt direnç ve regülatörler

Algılama ve Koruma Katmanı: BQ76920 AFE, NTC sensör ve koruma devreleri

Kontrol ve Haberleşme Katmanı: STM32 MCU, flash bellek, ESP32, CAN transceiver ve USB arayüzleri

Bu yapı sayesinde sistem, güvenlik, enerji yönetimi ve kullanıcı iletişimini entegre bir şekilde yürütür.

2. Güç ve Koruma Katmanı

Hücreler (4×18650): Seri bağlı 4 hücre toplamda maksimum 16.8 V sağlar.

Back-to-Back MOSFET'ler (6 adet): Şarj/deşarj kontrolü ve izolasyon için kullanılır. Yüksek akım kesme kapasitesine sahiptir.

Shunt Direnci (1 mΩ): Akım ölçümü için yerleştirilmiştir. BQ76920 bu direncin üzerindeki voltaj düşümünü okuyarak akımı belirler.

NTC Sensörü: Pack sıcaklığını izler. Termal koruma algoritmalarına girdi sağlar.

Güç Regülatörleri:

5V Regülatör: Hücrelerden alınan enerjiyi sisteme 5V sağlar.

3.3V Regülatör: MCU, AFE ve haberleşme modüllerini besler.

3. Algılama ve Yönetim Katmanı (AFE + MCU)

BQ76920 (AFE):

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:

I²C 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 ayırrı.

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 sıcaklıklarını 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

Bileşen	Çalışma Koşulu	Akım (typ.)	Güç
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)