

## BMS: Especificações de Hardware e Software

A Tabela 1 apresenta a lista de componentes que compõem uma unidade da placa principal do BMS, com a respectiva descrição de características e função dentro do protótipo. De forma análoga, a Tabela 2 apresenta o *hardware* para a placa de aquisição de temperatura.

**Tabela 1:** Especificações BMS: placa principal.

Componente	Descrição	Função	Qtd
Arduino MEGA 2560	Placa de desenvolvimento com microcontrolador ATMEL ATmega2560; memória Flash de 256kB; 8kB de RAM; 4kB de EEPROM; clock de 16 MHz; 54 GPIOs; Tensão de operação de 5V; corrente máxima por I/O até 20mA; protocolos serial, I2C e SPI	Processamento e comunicação	1
ADS1115	Conversor analógico digital de 16 bits; ganho programável; 4 entradas; comunicação em I2C; alimentação 2V-5V; consumo médio de 150µA	Aquisição de tensão	1
CD4051B	Multiplexador/demultiplexador analógico de 8 canais; alimentação de até 20V	Aquisição de tensão	2
LM358	Amplificador operacional duplo; alimentação simples (3V a 32V) ou simétrica (+/-1,5V a +/-16V); consumo típico de 0.7mA, offset de 2mV	Aquisição de tensão	1
Resistor 100kΩ	-	Divisor de tensão	13
Resistor 220kΩ	-	Divisor de tensão	3
Resistor 300kΩ	-	Divisor de tensão	1
Resistor 470kΩ	-	Divisor de tensão	1
Resistor 680kΩ	-	Divisor de tensão	3
Resistor 1MΩ	-	Divisor de tensão	3
Capacitor 220nF	Capacitor Poliéster 220nF/63V	Aquisição de tensão	10
Diodo Zener 5,1V	-	Proteção entradas ADC	4
Modulo Cartão SD	Módulo para leitura e escrita em cartão SD; formatos de arquivo FAT16 e FAT32; alimentação de 3,3V ou 5V; interface SPI; nível lógico 3,3V	Gravação de Dados	1
RTC DS3231	Relógio em tempo real; alimentação 5V; operação 3,3V a 5V; consumo 500nA; interface I2C	Gravação de Dados	1
Conversor Lógico	Conversor de nível lógico 3,3V - 5V	Gravação de Dados	1
Fonte ajustável	Fonte ajustável regulada 3,3V ou 5V; tensão de entrada 6,5VDC – 12VDC; corrente máxima 700mA	Alimentação	1
INA219	Sensor de corrente por resistor shunt; alimentação de 3V a 5,5V; bidirecional; ADC 12 bits (precisão de 0,5%); interface I2C; tensão de barramento de 0V a 26V; corrente máxima de medição +/- 3,2A	Aquisição de Corrente	1
ACS712ELCTR-30A-T	Sensor de corrente por efeito hall; alimentação em 5V; bidirecional; saída analógica 0V - 5V; corrente máxima de medição +/- 30A	Aquisição de Corrente	1

**Tabela 2:** Especificações BMS: placa de temperatura.

Componente	Descrição	Função	Qtd
Módulo MAX6675	Módulo com chip MAX6675 para leitura de termopar tipo K; alimentação 3V a 5,5V; consumo de 0,7mA; interface SPI; medição entre 0°C a 700°C; resolução de 0.25°C (12 bits); erro máximo +/- 5°C	Aquisição de temperatura	8
Termopar tipo K	-	Aquisição de temperatura	8
CD4051B	Multiplexador/demultiplexador analógico de 8 canais; alimentação de até 20V	Aquisição de temperatura	1
Resistor 5.1kΩ	-	Aquisição de temperatura	8
Fonte ajustável	Fonte ajustável regulada 3,3V ou 5V; tensão de entrada 6,5VDC – 12VDC; corrente máxima 700mA	Alimentação	1

As especificações de *hardware* e *software* são:

- **Hardware:** BMS composto por uma placa de desenvolvimento Arduino MEGA 2560, conectada a duas placas para aquisição e gravação de dados: principal e temperatura. **Placa principal:** 8 canais de medição de tensão prontamente habilitados, com dois canais que podem ser adicionados, totalizando até 10 canais de tensão (faixa de medidas por canal de 0V a 5V); sistema ADC de 16 bits; sistema de gravação de dados em cartão de memória; relógio em tempo real RTC com sensor de temperatura; entrada para sensor externo de corrente (interface I2C ou analógica); 29 portas de entrada e saída para conexão com microcontrolador, sensores externos de corrente e, alimentação (SPI – 4 portas, I2C – 4 portas, MUX – 6 portas, ADC – 4 portas; 3,3V – 1 porta); alimentação em 5V por meio de fonte ajustável com entrada para conector USB e P4, com tensão CC de entrada entre 6,5V e 12V; alimentação em 5V via bornes de alimentação. **Placa de temperatura:** 8 canais de medição de temperatura para termopar tipo K; 8 portas de conexão (SPI – 3 portas; DEMUX – 3 portas); alimentação em 5V por meio de fonte ajustável com entrada para conector USB e P4, com tensão CC de entrada entre 6,5V e 12V; alimentação em 5V via bornes de alimentação.
- **Software:** Algoritmo implementado na placa de desenvolvimento Arduino MEGA 2560, desenvolvido e carregado via IDE Arduino v1.8.5. A atual versão do algoritmo possibilita o monitoramento individual de até 10 células de bateria, monitoramento de corrente utilizando sensor INA219 ou ACS712, e monitoramento de 8 canais de temperatura. Foi implementado função de gravação de dados com informações de tempo (hora e data), parâmetros monitorados e estimados no algoritmo. Para estimação do SOC, o algoritmo possui implementado: método de contagem de Coulomb, utilizado para monitoramento de uma célula ou multicelular (sem restrição de tecnologia) em carga e descarga; método EKF e contagem modificada para estimação durante etapas de descarga e repouso para apenas uma célula (íons de lítio 18650 ou Na-NiCl<sub>2</sub>) em

monitoramento. O algoritmo contém implementação para interface serial que possibilita o monitoramento utilizando *prompt* da IDE (taxa de 115200 bits por segundo), ou então via interface desenvolvida no *software* Node-RED v1.0.6 e plataforma IoT IBM Watson. Na versão atual deste trabalho, não foram implementadas ações de controle ativo sobre o SAE monitorado. Com relação à ocupação de memória da placa de desenvolvimento, utilizou-se 47990 bytes (18%) do espaço de armazenamento para programas, e 1871 bytes (22%) de memória dinâmica associadas às variáveis globais. O acesso aos algoritmos desenvolvidos está disponível mediante contato com o autor.

O custo aproximado para aquisição de componentes para uma unidade de *hardware* do BMS foi **US\$ 125,00**. Com os processos de prototipação para as PCBs principal e de temperatura, considerando importação e as taxas relacionadas, o custo unitário do BMS ficou em cerca de **US\$ 149,00**.