

1.3.4 Como sensoriar a temperatura do módulo em um BMS

As características operacionais de uma célula de bateria são profundamente dependentes de sua temperatura. Isso torna a medição precisa da temperatura uma pedra angular de qualquer Sistema de Gerenciamento de Bateria (BMS) eficaz. A necessidade dessa capacidade de sensoriamento decorre de vários fatores críticos:

- **Desempenho:** A resistência interna de uma célula é altamente sensível à temperatura, sendo tipicamente muito menor em temperaturas quentes e maior em temperaturas frias. Como a potência disponível está inversamente relacionada à resistência, o BMS precisa saber a temperatura da célula para calcular limites de potência precisos e seguros. Esses dados também são uma entrada crucial para os algoritmos que estimam o Estado de Carga (SOC) e o Estado de Saúde (SOH).
- **Longevidade:** A taxa na qual uma bateria se degrada, ou envelhece, é uma forte função da temperatura. Geralmente, as células se degradam muito mais rapidamente em temperaturas elevadas. O BMS depende dos dados de temperatura para controlar inteligentemente o sistema de gerenciamento térmico (resfriamento e aquecimento) a fim de manter as células dentro de uma faixa de temperatura ideal e prolongar sua vida.
- **Segurança:** Embora as altas temperaturas sejam uma preocupação, temperaturas muito baixas introduzem riscos únicos e severos. Tentar carregar uma célula de íon-lítio abaixo de aproximadamente 0°C pode desencadear um fenômeno perigoso conhecido como **deposição de lítio**, que pode causar danos rápidos e irreversíveis e criar um risco de segurança significativo. Além disso, qualquer mudança inesperada ou rápida na temperatura pode ser um indicador precoce de uma falha interna da célula, permitindo que o BMS tome uma ação protetora.

As Questões Práticas do Sensoriamento de Temperatura em um Pacote de Bateria

Em um cenário ideal, um BMS mediria a temperatura interna do núcleo de cada célula individual no pacote de bateria. No entanto, embutir um sensor dentro de uma célula selada não é fisicamente viável em um produto produzido em massa. Consequentemente, uma abordagem mais prática deve ser adotada.

Sensores de temperatura são montados externamente na carcaça de um número selecionado de células em locais estratégicos dentro de um módulo ou pacote. Como o hardware de sensoriamento de temperatura adiciona custo e complexidade, e como as diferenças de temperatura em um módulo bem projetado são tipicamente pequenas, não é comum ter um sensor em cada célula. Em vez disso, o BMS usa os dados desses poucos sensores físicos em conjunto com um **modelo térmico** do pacote de bateria. Este modelo permite que o sistema interpole e extrapole a partir dos pontos medidos para gerar uma estimativa precisa da temperatura para cada célula no pacote.

0 Princípio Fundamental: Convertendo Temperatura em Tensão

Um desafio chave no projeto eletrônico é que não existe um circuito que possa medir diretamente a temperatura. A medição fundamental que os sistemas eletrônicos podem realizar é a **tensão**, que é então convertida em um valor digital por um Conversor Analógico-Digital (ADC). Portanto, qualquer sistema de medição de temperatura deve primeiro empregar um sensor que converta de forma confiável uma mudança de temperatura em uma mudança correspondente de tensão. Vamos explorar as duas tecnologias principais para realizar essa conversão.

Método 1: 0 Termopar

Um termopar é um sensor criado pela junção de dois fios feitos de metais distintos. A junção desses dois metais forma uma bateria em miniatura, produzindo uma tensão muito pequena (na ordem de microvolts) que muda previsivelmente com a temperatura.



Especificamente, a tensão produzida é proporcional à diferença de temperatura entre a junção de medição (a ponta do termopar) e uma temperatura de referência em outro ponto do circuito. O principal desafio de projeto é a necessidade dessa temperatura de referência estável e precisamente conhecida, o que pode ser difícil e caro de implementar em um ambiente de produção. Embora adequados para testes de laboratório controlados, onde equipamentos de referência estão prontamente disponíveis, os termopares geralmente não são a escolha preferida para sistemas de gerenciamento de bateria produzidos em massa e sensíveis ao custo.

Método 2: O Termistor - O Padrão da Indústria

A abordagem mais comum para o sensoramento de temperatura em um BMS usa um componente conhecido como **termistor**. Um termistor é um tipo especial de resistor que foi intencionalmente projetado para ter uma resistência que muda de forma significativa e previsível em função da temperatura.

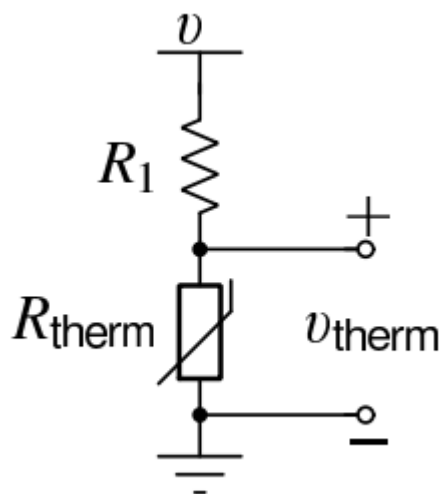


Existem dois tipos principais:

- **Coeficiente de Temperatura Negativo (NTC)**: Sua resistência diminui à medida que a temperatura aumenta.
- **Coeficiente de Temperatura Positivo (PTC)**: Sua resistência aumenta à medida que a temperatura aumenta.

O Circuito Divisor de Tensão: Convertendo Resistência em Tensão

Como um ADC só pode medir tensão, a resistência variável do termistor deve ser convertida em uma tensão variável. Isso é mais comumente realizado usando um circuito divisor de tensão.



Neste circuito, um resistor de referência (R_1) conhecido e estável é conectado em série com o termistor (R_{term}). Uma tensão de alimentação (V) precisa e constante é aplicada ao par. O ADC é então conectado para

medir a queda de tensão no termistor (V_{term}). De acordo com a Lei de Ohm, a tensão medida é dada pela equação:

$$V_{term} = V \cdot (R_{term} / (R_1 + R_{term}))$$

$$v_{therm} = \frac{R_{therm}}{R_1 + R_{therm}} v$$

À medida que a resistência do termistor muda com a temperatura, a proporção das resistências no divisor muda, produzindo uma mudança correspondente na tensão medida, V_{term} .

Da Tensão Medida à Leitura Final da Temperatura

O BMS segue um processo de várias etapas para ir da tensão medida a um valor final de temperatura.

1. **Calcular a Resistência:** O BMS primeiro reorganiza a equação do divisor de tensão para calcular a resistência atual do termistor com base nos valores conhecidos de V e R_1 , e no valor medido de V_{term} .

$$R_{therm} = \frac{v_{therm}}{v - v_{therm}} R_1$$

2. **Relacionar Resistência à Temperatura:** O fabricante do termistor fornece uma folha de dados (*datasheet*) com uma fórmula precisa (muitas vezes uma relação exponencial envolvendo um parâmetro do dispositivo chamado Beta) que define a relação entre sua resistência e sua temperatura.

$$R_{therm} = R_0 \exp \left(\beta \left(\frac{1}{273.15 + T} - \frac{1}{273.15 + T_0} \right) \right)$$

3. **Determinar a Temperatura (Tabela de Consulta):** Embora o BMS pudesse resolver essa equação complexa a cada vez, um método muito mais eficiente do ponto de vista computacional é usar uma **tabela de consulta** (*lookup table*). Durante a fase de projeto, a relação entre a tensão medida e a temperatura é pré-calculada e armazenada na memória do BMS. Em tempo real, o BMS mede uma tensão, encontra o valor mais próximo na tabela e simplesmente "consulta" a temperatura correspondente. Isso fornece uma leitura de temperatura muito rápida e precisa.

