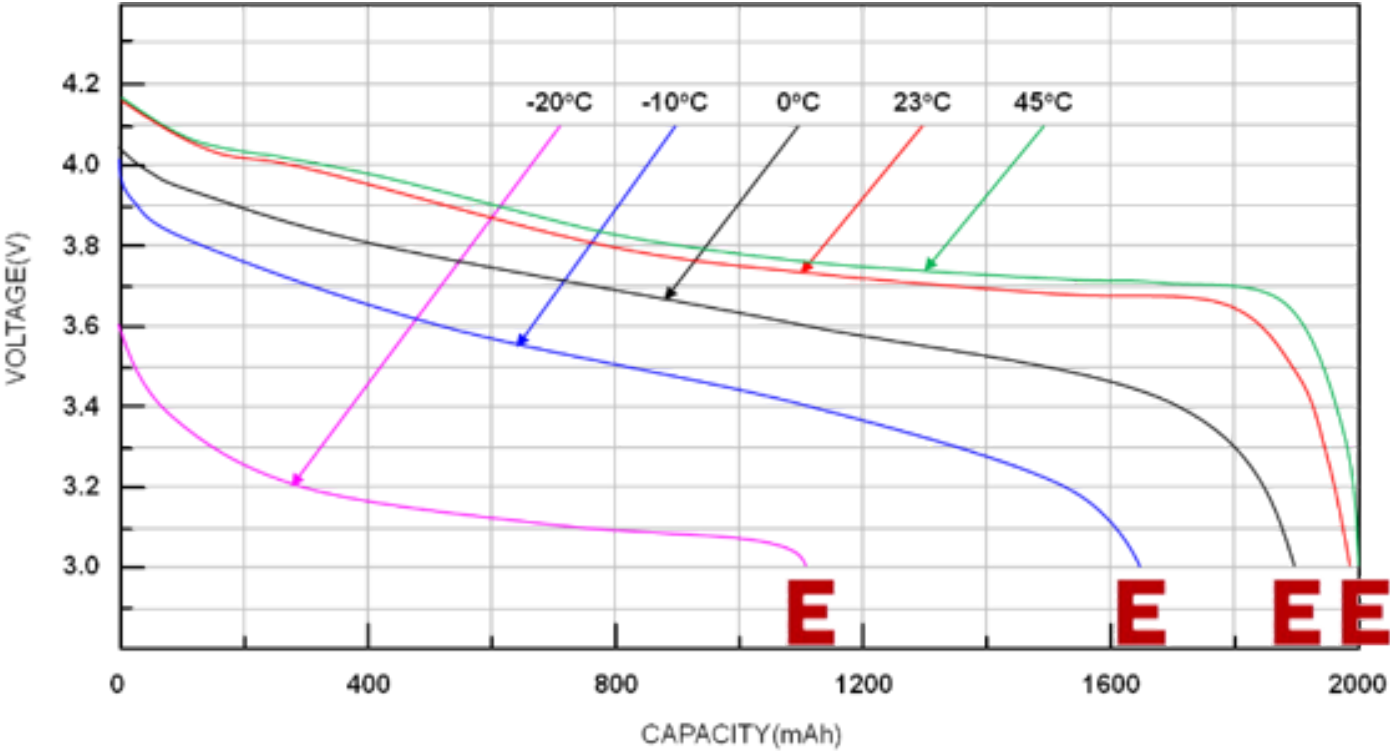


随着电池性能的大幅提升，越来越多的应用使用电池包提供能量。在电池管理系统中，如何准确地估算电池的SOC是设计者需要考虑的重点与难点。

随着电池性能的大幅提升，越来越多的应用使用电池包提供能量。在电池管理系统中，如何准确地估算电池的 SOC 是设计者需要考虑的重点与难点。

SOC，全称是 State of Charge，电池荷电状态，也叫剩余电量，常用百分数表示。当 SOC=0 时表示电池放电完全，当 SOC=100% 时表示电池完全充满。SOC 与我们的生活息息相关，如常见的手机电量，智能手表电量，电动车电量，都由 SOC 计算得出。由于电池复杂的化学特性导致 SOC 估算出现误差，在 SOC 估算时需要考虑电池复杂的应用条件，同时需要引入与电化学特性相关的多种变量。



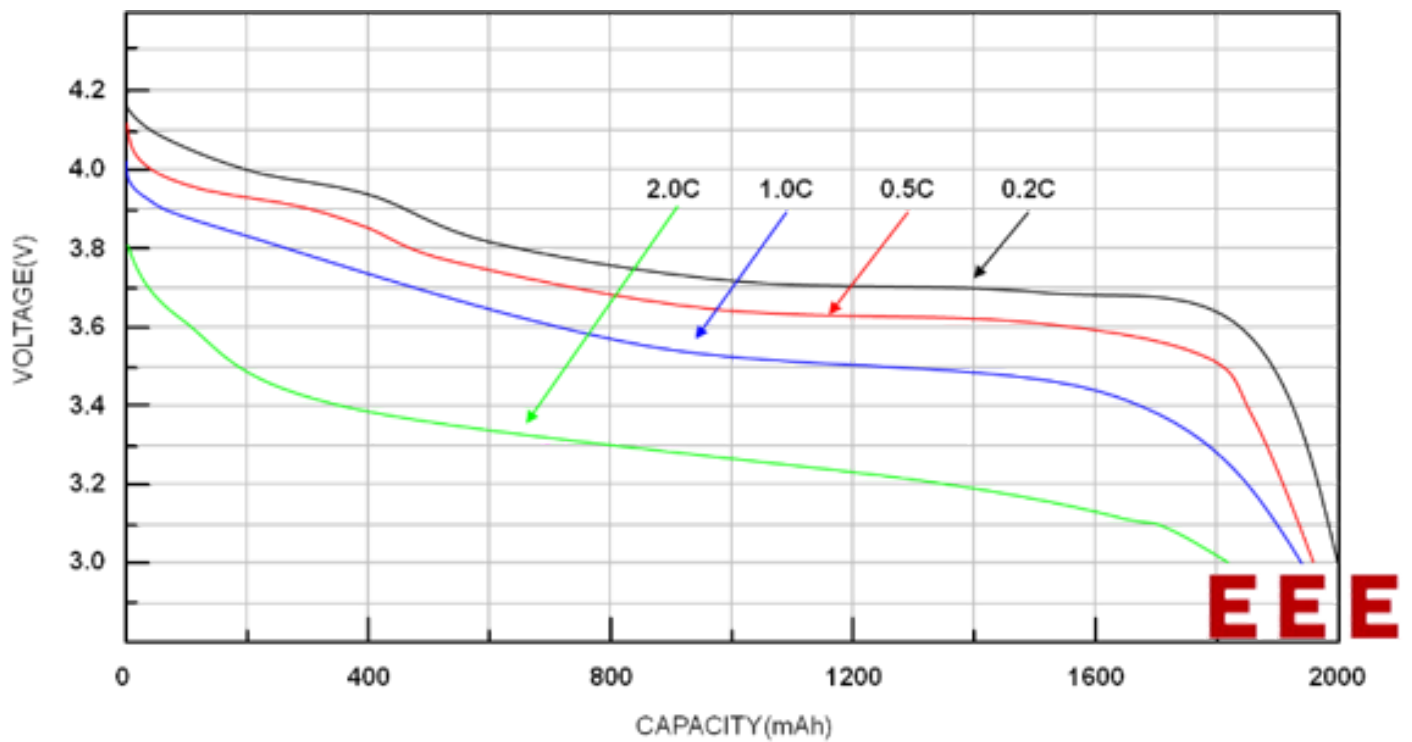


图1：电池容量与温度和放电率的关系示意图

## 1 SOC 难估算的原因 01

放电时，电池电压小于一定值，认为电池放空；充电时电池恒压充电当电流小于一定值时，认为电池充满。在电池放空到充满的过程中，由于以下因素，电池的容量是不一样的。

充放电倍率。由于电池存在内阻，充放电倍率不同，导致电池可以使用的容量不同。

温度状态特性。不同材料的电池都会受到温度的影响，特别是在低温状态下电池的性能会有所降低。

电池寿命状态特性。电池在使用的过程中寿命将逐渐衰减，衰减机理主要在于正负极材料晶体的塌陷和电极的钝化导致了有效锂离子的损失。总电量也将从 BOL (Beginning of Life) 向 EOL (End of Life) 状态趋近。因此在计算 SOC 时需要考虑是采用 BOL 时刻的总容量，还是当前寿命下的实际总容量。

02 电池包每节电池的 SOC 状态会影响总电池包的 SOC 的计算。多节电池串联时候，常常存在电池电压不平衡的状况。

## 2 SOC 算法介绍

### 01 基于内阻补偿的开路电压法

开路电压法 (OCV) 是最早的电池容量测试方法之一，开路电压法是根据电池的开路电压与电池内部锂离子浓度之间的变化关系，间接地拟合出它与电池 SOC 之间的——对应关系。

开路电压法简单便捷，但是估算的精度并不高。该方法只能在电池长时间静置状态下估算 SOC，当电池有电流通过时，电池内阻产生的压降会影响 SOC 估算精度。同时电池存在电压平台，特别是磷酸铁锂电池，在 SOC30%-80% 期间，端电压和 SOC 曲线近似为直线，这种情况下 SOC 的估算误差会放大。

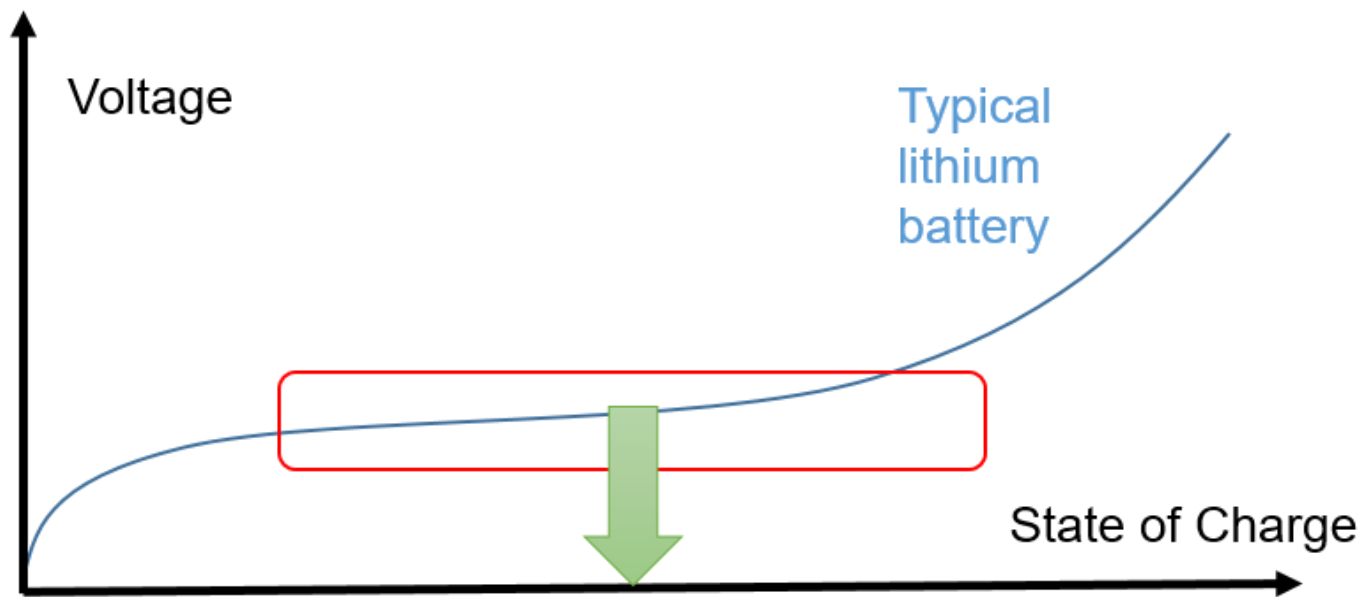


图2：锂电池开路电压与 SOC 关系示意图

基于以上问题，设计人员对开路电压法做了补充，引入了电池内阻进行校正，准确估算 OCV。当电池通过电流时，通过将实际测得的电池端电压减去  $I \cdot R$  来校正负载下的电压，然后使用校正电压来获得当前的 SOC。

$$V = OCV - I \cdot R(SOC, T)$$

基于内阻补偿的开路电压法提升了 SOC 的估算精度，但是实际应用时由于其复杂的电化学特性，电池电压不会立即对负载的变化作出反应，而是有一定延迟。该延迟与电池电压响应的时间常数相关联，范围从毫秒到数千秒。同时电池的内部阻抗在不同条件下变化较大，因此 SOC 的精准估算依赖于阻抗的精准估算。

## 02 安时法（库伦计数法）

经典的 SOC 估算一般采用安时积分法（也叫电流积分法或者库仑计数法）。即电池充放电过程中，通过累积充进和放出的电量来估算 SOC。充电时，进入电池的库仑全部留在电池中，放电时全部流出的电量导致 SOC 的下降。

$$SOC_{now} = SOC_{past} - (I_{now} \cdot t) / Q_{max}$$

安时积分法 SOC 估算精度高于开路电压法，但是该算法只是单纯的从外部记录流入和流出的电池电量，忽略了电池内部状态的变化。由于不同的电池模型有不同的自放电率，这也取决于电池的 SOC、温度和循环历史，准确的自放电建模需要花费大量的时间收集数据，而且仍然相当不精确。同时电流测量不准，造成 SOC 计算误差会不断累积，需要定期不断校准。而且在电池长时间不活动或放电电流变化很大的应用中，库伦积分法会产生一定误差。

## 03 电压电流混合算法

由于开路电压法在实际工况下并不实用，而安时积分法存在误差，并且随着使用时间的增加误差会继续放大。因此大量设计人员将开路电压法与其他方法结合起来，共同进行 SOC 的预测。业界用得最多的方法为开路电压+安时积分法。

MPS 公司采用了先进的混合算法对 SOC 进行精准预测，结合库伦积分法和开路电压法优势，同时引入温度和内阻两个变量，通过不断的计算和量测，拟合矫正 SOC，可以将 SOC 误差平均值控制在 2% 以内。

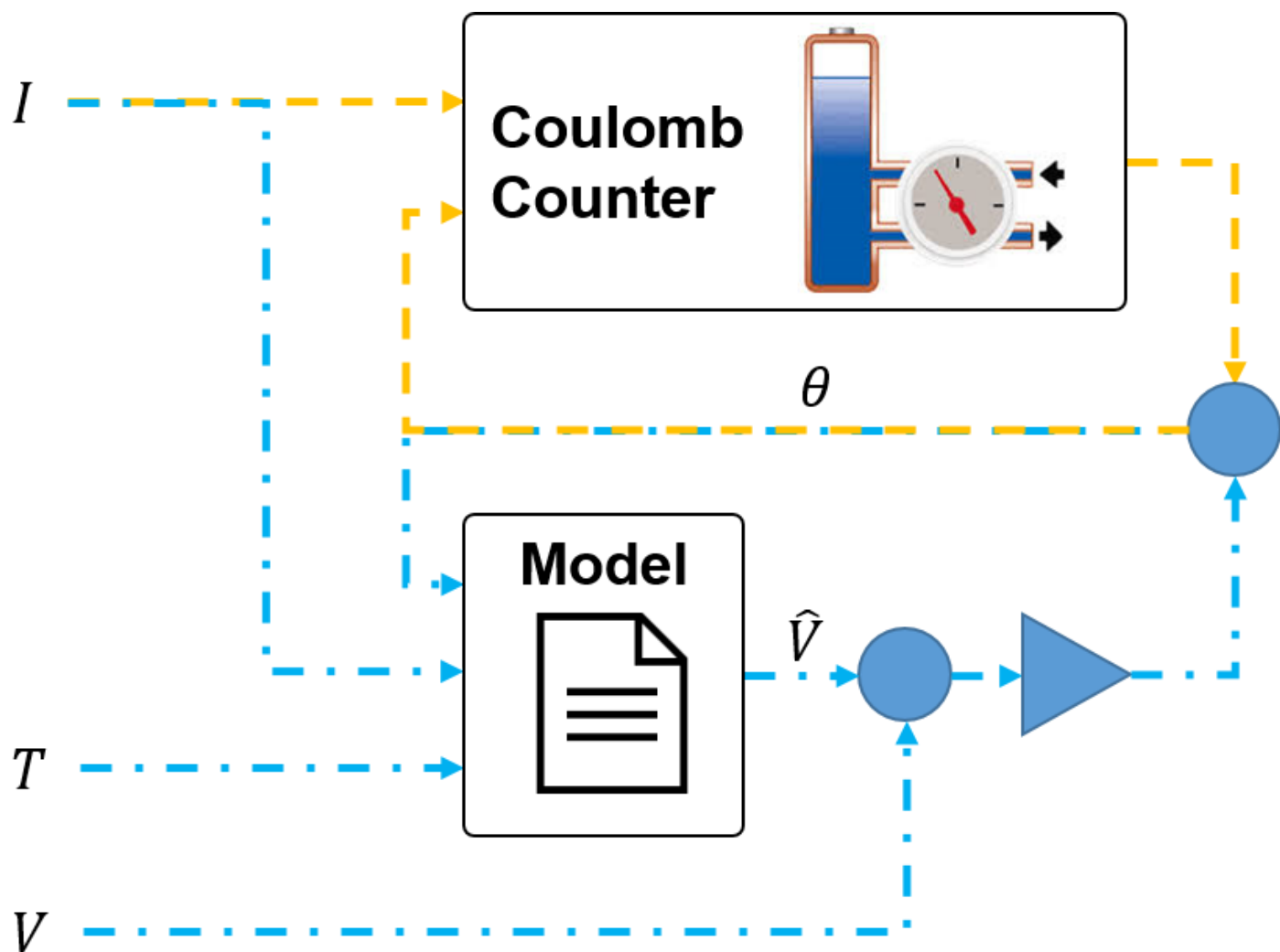


图3: MPS 公司基于电压电流混合算法示意图



MPF4279X, 是基于 MPS 公司电压电流混合算法的电量计芯片, 它具有以下特点:

支持2s~16s电池, 包括磷酸铁锂和三元锂电芯

可以对每一节电池进行 SOC 计算, 更好的预判整个电池充满和放空条件

外围线路简单, 易于设计, 支持外置5颗 LED 显示电量,

外置 MCU M0 即可满足运算要求

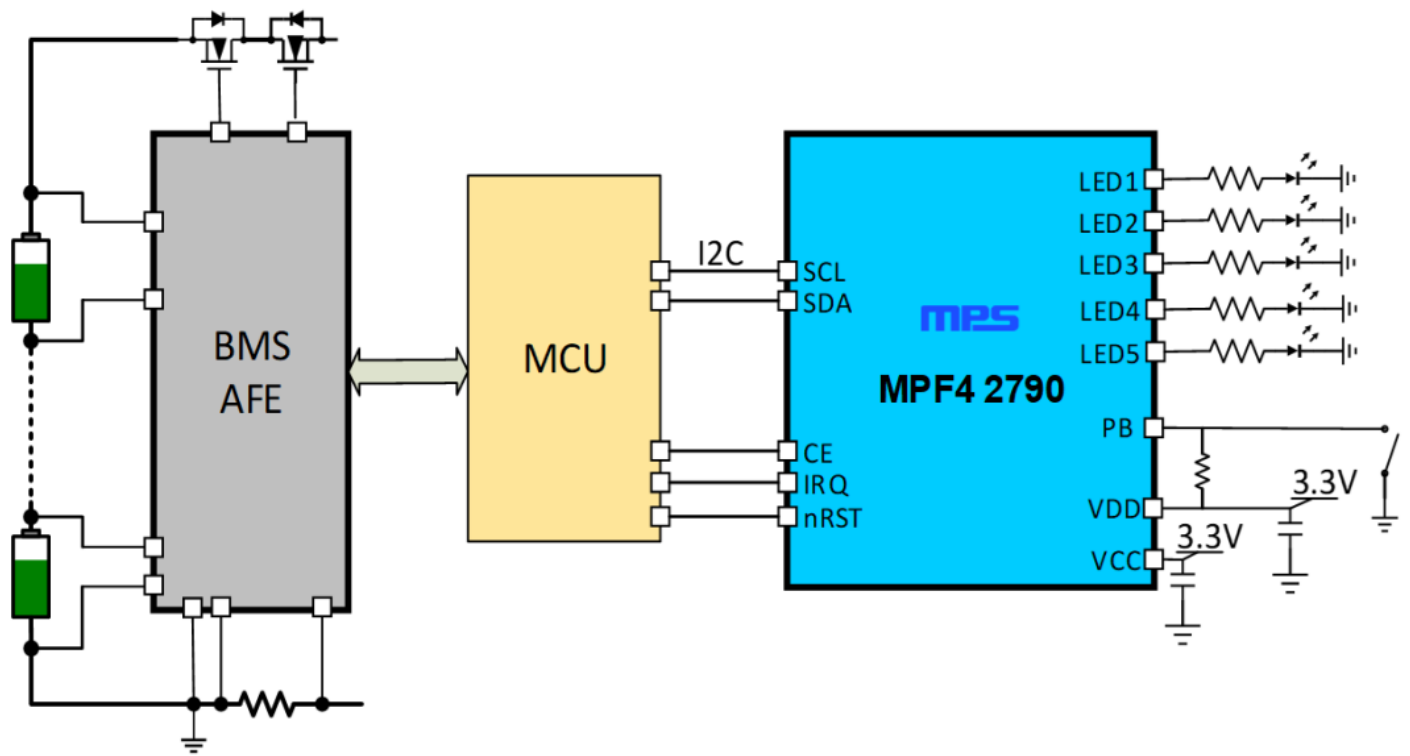


图4: 电量计芯片 -- MPF42790 功能方框图