

基于中颖 SH367003 和 SH79F329 的动力锂电池 BMS 介绍

中颖电子股份有限公司 高级工程师 张圣

(引言)

近年来，随着动力锂电池在电动自行车，电动摩托车，电动汽车以及后备电源等领域被广泛应用，动力锂电池管理系统(Battery Management System，简称BMS)得到了长足的发展。结合中颖电子股份有限公司的相关产品，本文对主流的动力锂电池管理系统进行了介绍和总结。

(正文)

锂电池是 20 世纪开发成功的新型高能电池，广泛应用于各种消费类电子产品中，PDA，DSC，Cellular Phone，Camcorder，Portable Audio，Advanced Game，Electric Scooter，Bluetooth Device...越来越多的产品采用锂电池作为其主要电源。在电动工具、电动自行车、电动摩托车、电动汽车以及后备电源等领域，锂电池凭借其体积小、能量密度高、无记忆效应、循环寿命高、高电压电池、自放电率低、无污染等特点成为动力电池的最佳选择。

1. 锂电池及 BMS

目前市场中常见的动力电池有：铅酸电池，镍镉电池以及镍氢电池等，表一为锂电池与上述电池间性能和优缺点对比。

表一：电池性能和特点对比表

| | 铅酸电池 | 镍镉电池 | 镍氢电池 | 锂电池 |
|-------------|---------------|----------------|-------------|---------------|
| 比能量(wh/kg) | <30 | 50 | 60~80 | 100~150 |
| 体积比能量(wh/L) | 100 | 150 | 250 | 350~400 |
| 标称电压(V) | 2 | 1.2 | 1.2 | 3.7 |
| 工作温度(°C) | -20~60 | 20~60 | 20~60 | 0~60 |
| 自放电率(%) | 4~5 | 20~30 | 30~35 | <5 |
| 循环寿命 | 800 次 | 500 次 | 1000 次 | >1000 次 |
| 记忆效应 | 无 | 有 | 有 | 无 |
| 优点 | 技术成熟 原材料便宜 | 安全性能好 | 安全性能好 | 单体电压高 比能量高 |
| 缺点 | 污染 | 自放电率高 原材料稀缺 | 污染 原材料稀缺 | 成本高 安全性稍差 |

相对其它动力电池，锂电池拥有较大的性能，环保以及潜在的成本优势。但是，能量密度过高，使得锂电池的安全性能存在隐患，在应用中必须被严格的监控和管理，否则会造成不可恢复的伤害甚至出现安全事故。例如：过充电、过放电以及过电流都会影响锂电池的使用寿命和性能，造成锂电池内阻增大、负极析锂、容量减小等一系列问题，严重时会导致锂电池包燃烧甚至爆炸等严重事故。

因此，所有的锂电池在使用中都必须配备专有的电池管理系统(BMS)，以保证锂电池的使用安全。

电池管理系统（BMS）的主要功能是通过监控和管理电池，使电池始终保持在最佳工作状态下，最大限度延长电池的寿命，并将电池的相关信息传输给相关的其它系统，为系统整体决策提供判断依据。BMS 可以是一个独立的系统，也可以以子系统的形式存在于某个整体系统中。

针对锂电池，BMS 能够监控系统中每节电池的电压以及充放电回路中的电流，提供过充电保护、过放电保护、过流保护、短路保护以及各保护状态锁定自恢复功能。锂电池 BMS 的高端功能包括监控系统温度，记录电池状态，统计电池容量以及提供电池均衡功能等。

2. 动力锂电池 BMS

动力电池常常会采用多节锂电池串并联使用。通常，电动工具会使用 3 到 5 节串联的锂电池包，电动自行车会使用 10 节以上串联的锂电池包，电动汽车则会使用超过 100 节串联的锂电池包，此时 BMS 的作用显得尤为重要。

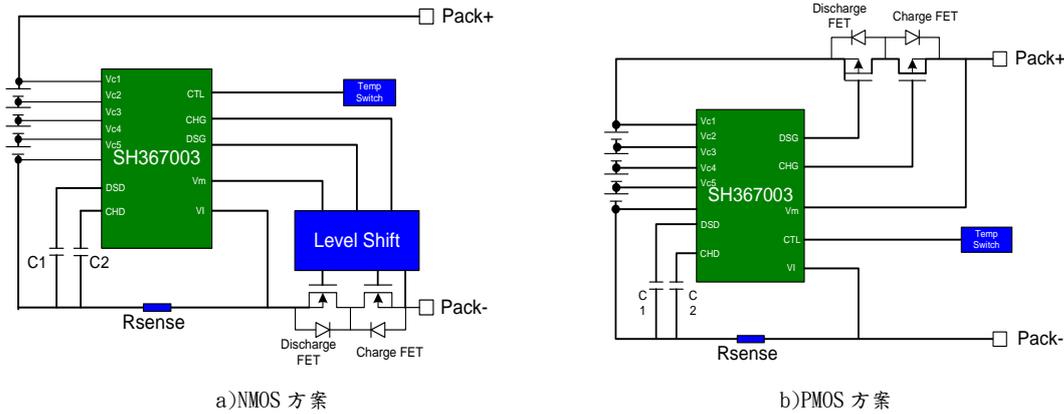
动力锂电池 BMS 产品总体能归为两类：一类是采用纯模拟保护芯片为控制器件，另一类则采用带 MCU 的保护芯片为控制器件。中颖电子股份有限公司是一家能够同时提供上述两类 BMS 产品的公司，结合中颖的相关产品，本文的余下部分将分类介绍动力锂电池 BMS 方案。

2.1 纯模拟 BMS

采用纯模拟保护芯片的 BMS 在功能上相对简单，此类 BMS 的主要特点在于能够提供高精度的电压电流保护，整个保护系统简单可靠且功耗非常低，常见于电动工具，电动自行车等锂电池包应用中。此类方案主要包括如下功能：

- 当存在电芯电压超过过压阈值时关闭系统充电回路进行过充保护；
- 当存在电芯电压低于欠压阈值时关闭系统放电回路进行过放保护；
- 当存在电池包放电电流过大时关闭系统充放电回路进行过流保护；
- 当充放电回路中存在短路时快速关闭充放电回路进行短路保护；

1) 纯模拟 BMS——3/4 串锂电池方案



图一：基于 SH367003 的电动工具用锂电池包保护方案

图一中所示为中颖电子基于 SH367003 推出的 3 到 4 串锂电池 BMS 方案的示意图，可应用于电动工具用锂电池包等。图 a) 为采用 N 沟道 MOSFET 进行充放电控制的方案，图 b) 为采用 P 沟道 MOSFET 进行充放电控制的方案。两套方案具有以下共同特点：

- 1) 提供精度为 $\pm 25\text{mV}$ 的过压保护；
- 2) 提供精度为 $\pm 80\text{mV}$ 的欠压保护；

- 3) 提供精度为 $\pm 15\text{mV}/R_{\text{sense}}$ 的放电过流保护；
- 4) 提供 300 μs 内完成的负载短路保护；
- 5) 兼容磷酸铁锂等电池的应用

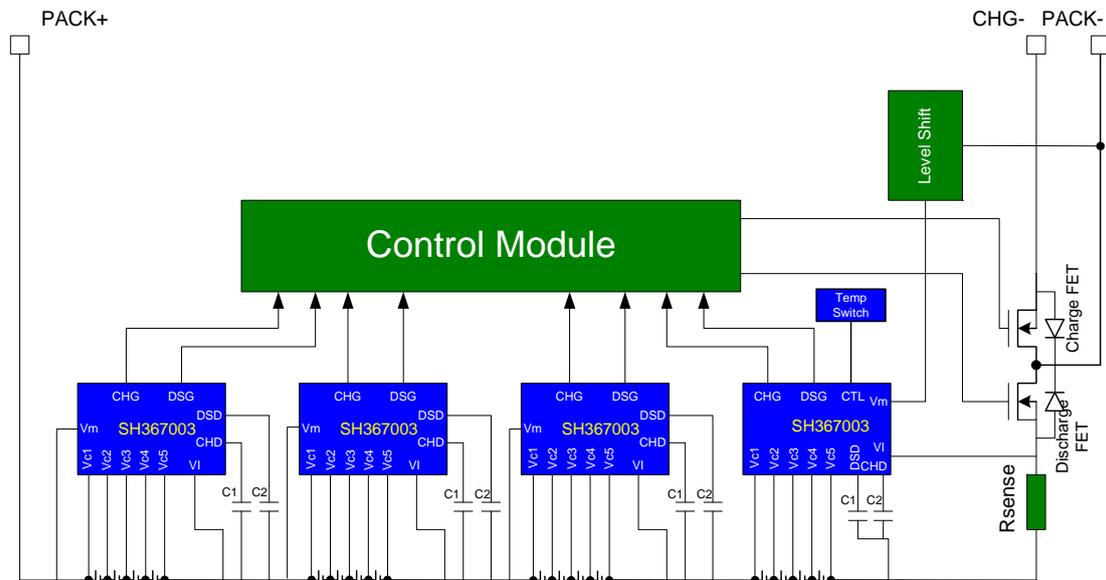
方案中的过压保护阈值、欠压保护阈值以及过流保护阈值可选择阈值对应的 SH367003 芯片，各保护延时时间可以通过 SH367003 的外接电容进行精确的调整。SH367003 的 CTL 管脚外加温度开关可完成系统温度监控和保护。

2) 纯模拟 BMS——6-16 串锂电池方案

图二为中颖电子推出的基于 SH367003 的 6 到 16 串锂电池 BMS 方案的示意图，可应用于电动自行车用锂电池包等。

此方案采用 2 到 4 颗 SH367003 级联实现，每一颗 SH367003 芯片监控 3 串或者 4 串锂电池芯，从而实现电池包单节电芯的过充电和过放电保护，采用最低一颗 SH367003 监控充放电电流并进行相应保护。其过充电保护，过放电保护以及过流保护精度等与图一中方案一致。

方案采用 N 沟道 MOSFET 进行充放电控制，各保护阈值和延时时间可在允许的范围内进行调整，外加温度开关可完成系统温度监控和保护，兼容磷酸铁锂等电池的应用。



图二：基于 SH367003 的电动自行车用锂电池包保护方案

2.2 以 MCU 为核心的 BMS

以高压 MCU 为核心的 BMS 则具备更多的保护功能以及更大的参数调整灵活性，满足中高端用户的需求。

此类 BMS 采用 ADC 配合模拟前端对锂电池包各节电芯电压，充放电电流以及温度等参数进行测量和记录，通过 MCU 对所得数据进行处理并完成过充电保护、过放电保护、充放电过流保护以及高低温度保护等。同时在充电过程中，此类 BMS 还可以实现电芯的充电均衡。

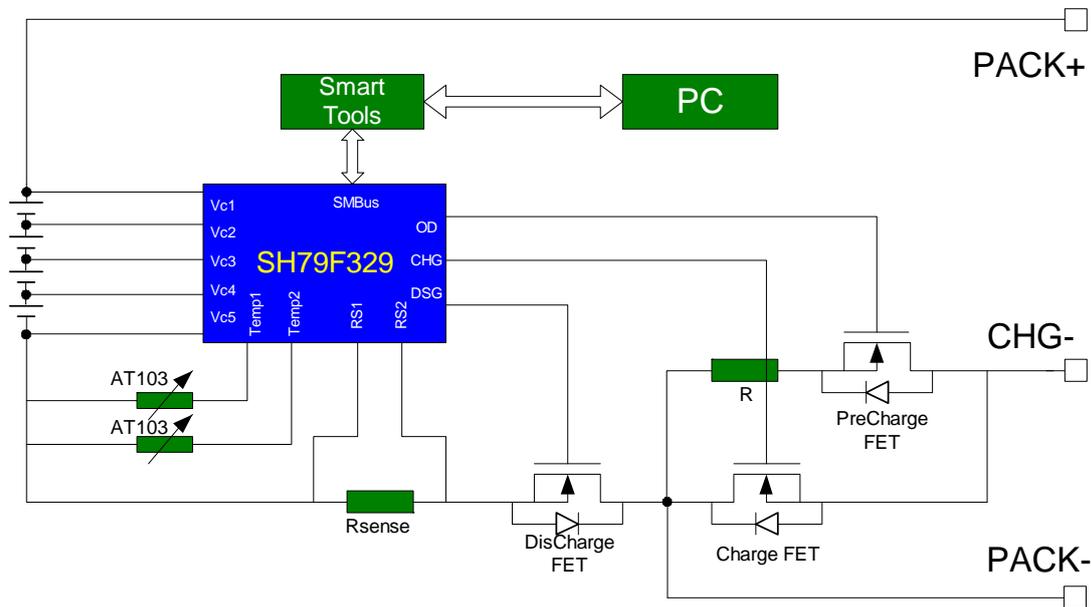
此类 BMS 产品的功能参数可以通过系统所支持的通讯协议进行调整，如 SMBus、I²C 或者 CAN 等通讯协议，支持上述通讯协议的上位机也可以查询系统所监测的各类电池包信息。此类方案多见于高端电动工具，电动自行车以及电动汽车等应用中。

1) 含 MCU 的 BMS——2-5 串锂电池方案

图三是中颖电子推出的基于专用高压 MCU 芯片 SH79F329 的 2 到 5 串锂电池 BMS 方案，该方案适用于电动工具用锂电池包等。其基本功能如下：

- 1) 提供单节电芯过压和欠压保护；
- 2) 提供电池包充电截止和放电截止保护；
- 3) 提供两路相互独立的温度检测进行高低温保护；
- 4) 提供充放电过流和短路保护；
- 5) 提供充电平衡功能；
- 6) 采用 N 沟道 MOSFET；
- 7) 参数可灵活设置

此方案能够实时记录电池包各电芯电压、充放电电流值、所检测温度值以及充放电 MOSFET 状态，上述信息可通过 SMBus 通讯协议被读取。系统配置参数也可通过 SMBus 通讯协议进行更改。

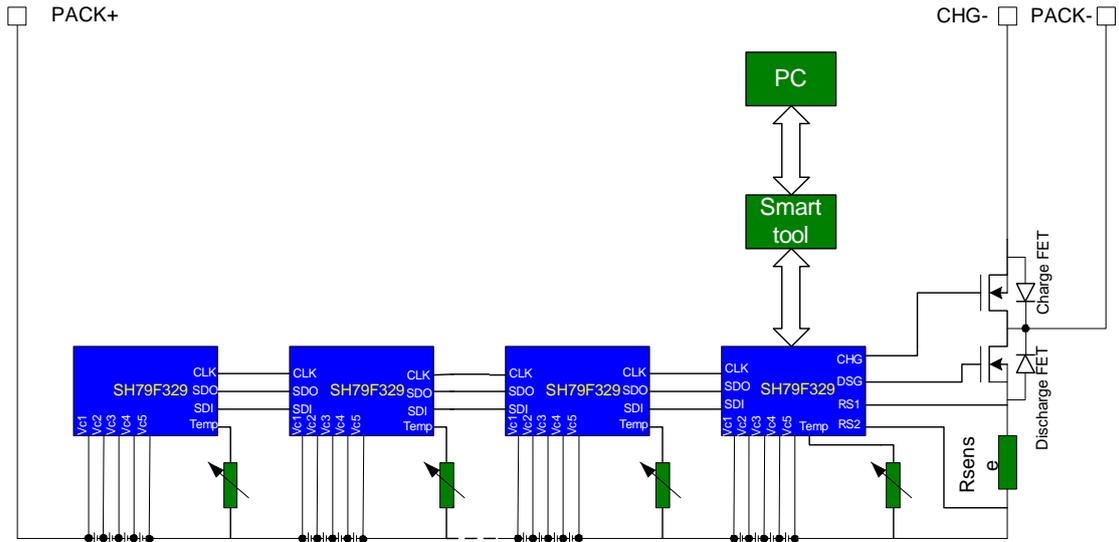


图三：基于 SH79F329 的电动工具用锂电池包保护方案

2) 含 MCU 的 BMS——6-16 串锂电池方案

图四所示为中颖电子基于 SH79F329 推出的 6 到 16 串锂电池 BMS 方案，可应用于电动自行车或者电动摩托车用锂电池包等。此方案采用 2 到 4 颗 SH79F329 芯片进行级联，每颗 SH79F329 监控 2 到 4 节电芯，其主要功能如下：

- 1) 提供单节电芯的过压保护和欠压保护；
- 2) 提供充放电过流保护和短路保护；
- 3) 提供最多 4 个温度检测点；
- 4) 提供成熟的充电平衡策略；
- 5) 提供电池电量实时显示；
- 6) 兼容 SMBus 通讯模块；
- 7) 采用 N 沟道 MOSFET
- 8) 参数可灵活设置



图四：基于 SH79F329 的电动自行车/电动汽车用锂电池包保护方案

3. BMS 的意义

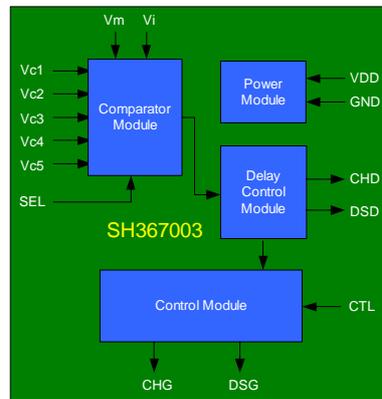
BMS 不仅能够为锂电池提供所必须的安全保护，而且能够显著的提高锂电池包的一致性和使用寿命。事实上，BMS 技术已经成为锂动力电池成组技术的关键，BMS 技术的可靠性决定了锂动力电池的安全性，不断成熟的 BMS 技术将进一步推动锂电池的广泛应用。

4. 中颖电子芯片简介：

SH367003 是中颖电子针对锂电池推出的高压纯硬件保护 IC，其主要特点与结构简介如下：

SH367003 特点及功能框图：

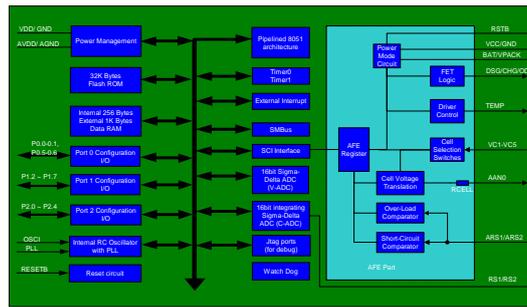
- 1) 采用 40V 高压制程
- 2) 高精度过充电保护
- 3) 高精度过放电保护
- 4) 高精度放电过电流保护
- 5) 可靠的短路保护功能
- 6) 宽工作电压/宽工作温度
- 7) 低功耗
- 8) 兼容磷酸铁锂等应用
- 9) 优异的 ESD/EFT 性能



SH79F329 是中颖电子针对锂电池推出的高压 MCU，其主要特点与结构简介如下：

SH79F329 特点及功能框图：

- | | |
|---|--------------------|
| 1) 采用 40V 高压制程 | 6) 硬件过载/短路保护 |
| 2) 32K Bytes Flash Rom | 7) 13 个 GPIO |
| 3) 1280 Bytes Ram | 8) 3 个高压 MOS 控制端 |
| 4) 16 Bit Σ - Δ ADC 进行电压/温度监控 | 9) 兼容 SMBus 通讯模块 |
| 5) 16 Bit Σ - Δ ADC 进行电流监控 | 10) 优异的 ESD/EFT 性能 |



(本文小结)

BMS 能够保证锂电池的安全并延长其使用寿命。本文结合中颖电子股份有限公司的相关产品，介绍了市场主流的两类 BMS 产品的主要功能和形式，期望能够为广大锂电池，特别是锂动力电池，设计人员提供完善的 BMS，能够使得他们的电池产品更加安全和耐用。