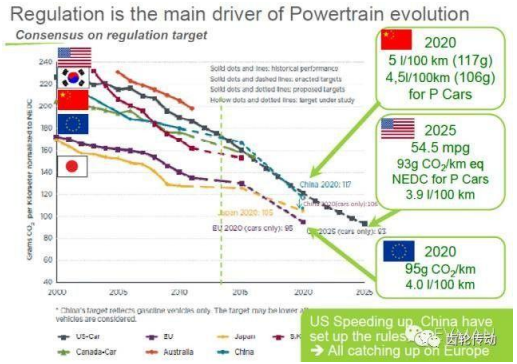
48V BMS Design Guide

AVNET

汽车上为什么要用48系统?

日益提高的碳排放法规要求



欧盟要求到2020年乘用车平均百公里油耗要降至4.2L，
2010-2020年改善率为3.9%
中国要求到2020年乘用车平均百公里油耗要降至5L
2010-2020年改善率为4.2%
美国要求到2020年乘用车平均百公里油耗要降至5.5L
2010-2020年改善率为3.8%

日益增加的车载电器功率

12V电压下引入轻混系统，功率需求在10kW~15kW左右，
这样的电压下电池的输出电流高达1000A。

AVNET

为什么是48V?

- 60V是安全电压，也就是说只要低于60V的电压不需要采取额外的安全防护措施，48V电池的充电电压最高56V，已经很接近60V，即48V电池电压是安全电压下的最高电压等级了。
- 48V轻混系统相比高压混动系统而言，成本更低，却可以达到高压混动系统大部分节能效果，按照德尔福的测算，48V轻混系统是高压轻混系统成本的30%，能达到高压轻混系统70%的节能效果。

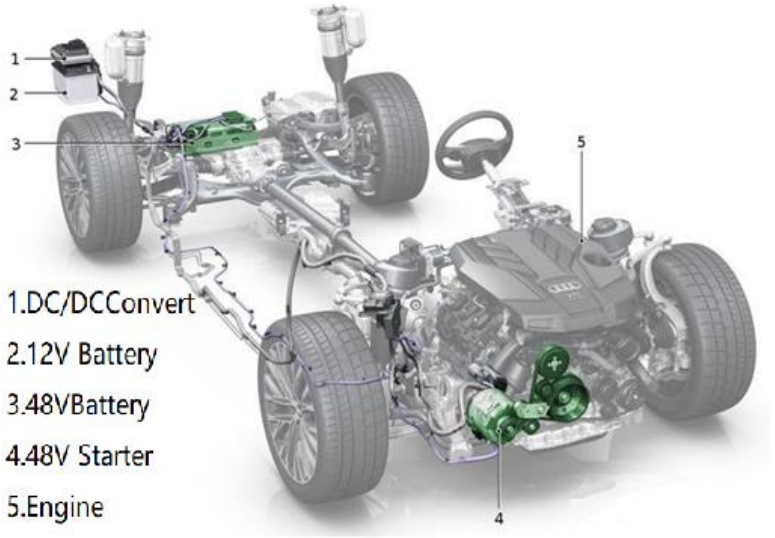
AVNET

48V系统优缺点

- **48V系统的优点：**
  - 低于60V安全电压，不需要采取额外的电压防护，相对高压混动系统，成本更低；
  - 相对于12V系统，相同功率下工作电流只有1/4，损耗只有12V系统的1/16；
  - 由于BSG/ISG的电功率辅助，可以进一步缩小发动机的体积，进而降低排放；可以将传统发动机上的高负载附件电动化，比如空调压缩机、冷却水泵、真空泵等，降低发动机的负载，即使在发动机关闭的情况下，这些设备也能工作；
  - 将车载电器工作电压提升到48V，可以进一步降低损耗，同时可以降低线束外径；
  - 可以支持更大功率的车载设备。
  - 可以涡轮电动化，进一步提高发动机的效率，并且不会有涡轮增压器延迟现象；
  - BSG/ISG点火时间更短，更低噪音和更小震动。
  - 48V Belt Starter Generator (BSG) 容易替代原有的12V Belt Starter Generator，无需大幅更改设计即可配套。
- **48V系统的缺点：**
  - 电压的升高，电磁兼容要求会更高；
  - 48V电压下会存在电弧，是风险隐患，需要处理；
  - 原来的12V车载设备迁移到48V需要重新开发以及测试，代价巨大并且周期长；
  - 比12V start-stop系统成本高，节能效果不如高压混动系统。

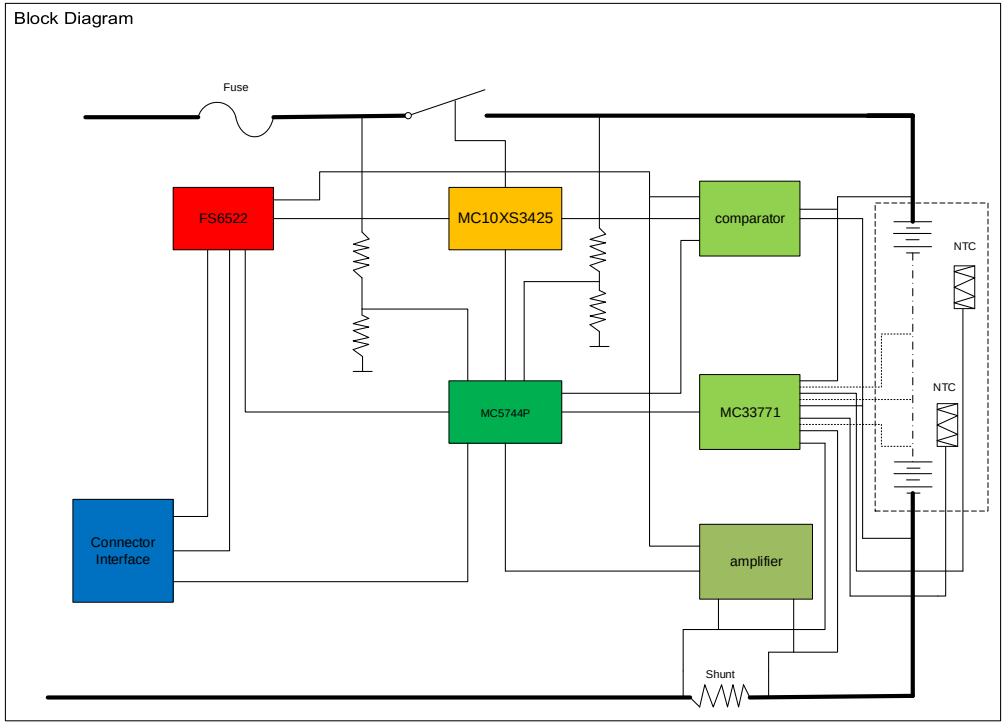
48V系统结构

- 48V系统由BSG(发动机皮带驱动的电机)+48V电池+DC/DC三大部分组成。
- 值得注意的是，48V轻混系统并不是完全替代了传统的12V电气系统，而是保留了此前的12V系统，这样可以最大程度的兼容原有系统，节约大量的研发成本
- 48V系统对工作温度和软件的匹配标定等方面都有着较为苛刻的要求。



48V系统结构

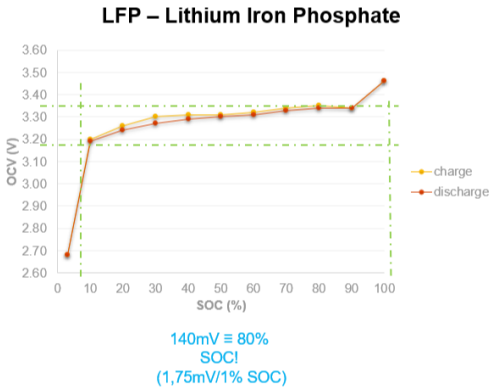
- 硬件二级保护
- 电流采样双备份
- 分区电源设计
- 主继电器双边驱动



AVNET

48V BMS 电压采样

- LFP的OCV曲线非常平坦，需要极高的采样精度



- 48V BMS 需要管理的电芯数量大于12串

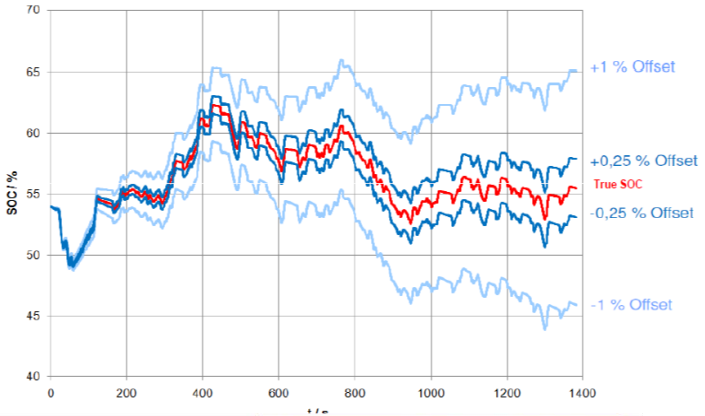
Name	Chemistry	Symbol	Nominal voltage	Full charge	Full discharge
LCO	Lithium Cobalt Oxide	$LiCoC_2$	**3.6V**	4.2V	3.0 V
LMO	Lithium Manganese Oxide	$LiMn_2O_4$	**3.7V**	4.2V	3.0 V
LFP	Lithium Iron Phosphate	$LiFePo_4$	**3.3V**	3.65V	2.5V
NCA	Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide	$LiNiCoAlO_2$	**3.6V**	4.2V	3.0 V
NMC	Lithium Nickel Manganese	$LiNiMnCoO_2$	**3.6V**	4.2V+	3.0 V
LTO	Lithium Titanate	Li_2TiO_3	**2.4 V**	2.85V	1.8 V

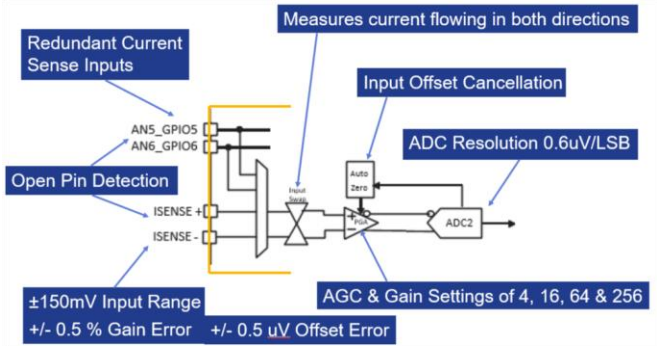
参数	MC33771B
电压通道	7..14
测量误差	± 0.8 mV (Vcell =3.3 v Ta = 25°c)
测量总误差 (老化后：MLS3 & 1000h HTOL)	± 3.9 mV Vpwr=9.6V..61.6V, Vcell=1.5V..4.3V, -40~85°C
功能安全	符合ASIL C ASIL D
集成平衡	<300 mA, 定时器
平衡睡眠模式	有
通用IO /模拟测量输入	7
电流通道	1
库仑计数器	1

AVNET

48V BMS 电流采样

- 48V BMS 通常功率在10-15KW，启动电流超过300A，电流采样范围广
- 系统运行时，启动时间短，频繁的充放电，电流波动极大，采样速度要求高
- 电流采样精度要求同样极高，因为其决定了SOC的估算精度
- 一般性ADC难以满足要求



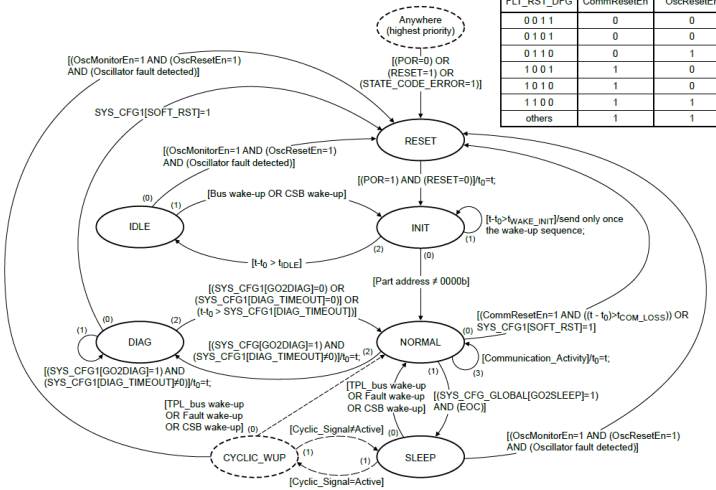


AVNET

48V BMS 系统功耗

- 目前48V BMS 系统电池容量一般小于1KW
- 为了尽可能的提高循环次数，通常采用限制容量的办法，比如系统只允许运行在30%—80%SOC区间；因此系统可用容量变得更少
- SOC估算的准确性变得更重
- 为了安全的考虑，当系统休眠时，还需要定时的唤醒去监测电池的状态
- 对AFE的功耗提出了苛刻的要求

FLT_RST_DFG	CommResetEn	OscResetEn	OscMonitorEn
0 0 1 1	0	0	0
0 1 0 1	0	0	1
0 1 1 0	0	1	1
1 0 0 1	1	0	0
1 0 1 0	1	0	1
1 1 0 0	1	1	1
others	1	1	1



$I_{VPWR(SS)}$	Supply current in sleep mode and in idle mode, communication inactive, cell balance off, cyclic measurement off, oscillator monitor on [2]				μA
	SPI mode (25 °C)	—	40	—	
	SPI mode (−40 °C to 60 °C)	—	—	75	
	SPI mode (105 °C)	—	—	100	
	TPL mode (T_A = 25 °C)	64	—	108	
	TPL mode (T_A = −40 °C to 60 °C)	54	—	115	
	TPL mode (T_A = 105 °C)	76	—	138	

AVNET

48V BMS 安全功能介绍

Battery over-voltage (**OV**)
触发二次化学反应: 过充很可能导致电池过热、冒烟、起火或爆炸。典型的OV关闭阈值是4V

Thermal runaway (**OT**):
可能开启一个正温度反馈机制，具有与OV相同的结果。典型的OT关闭阈值是60°C

Battery under-voltage (**UV**):
导致电极物质的逐步击穿。对于LFP电池，这种情况可能在几个周期内发生。典型的UV关闭阈值是2V

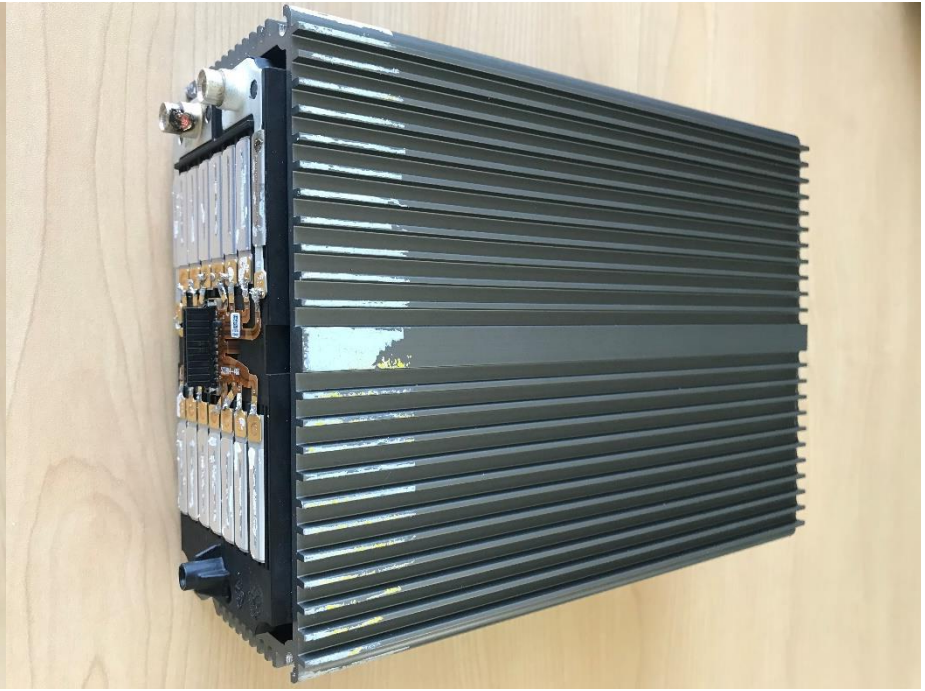
Battery over-current (**OC**):
可能导致电池接触器熔化粘连。主要安全问题: 无法打开接触器和无法将系统驱动到安全状态。

Battery under-temperature (**UT**):
接触器的鲁棒性丧失，电池提供电流的能力降低，树突析晶 。需要限制电流以避免损坏.

AVNET

48V BMS safety goal

#	Safety goals	
SA1	MC33771应防止锂离子电池发生未检测到的过电压事件。为此，它应该有一套安全机制，能够在故障事件发生后90毫秒内检测出故障的发生，这些故障会导致对单个电池端电压测量值的低估，其幅度大于30mv。	防止电池冒烟、燃烧、爆炸
SA2	MC33771应防止电池的锂离子电池发生未检测到的欠压事件。为此，它应该有一套安全机制，能够在故障事件发生后90毫秒内检测故障的发生，这些故障会导致高估单个电池端电压测量值，其幅度大于30mv。	防止电池电极退化
SA3	MC33771应防止锂离子电池发生未检测到的超温事件。为此，它应具备一套安全机制，能够在故障事件发生后90毫秒内检测出可能导致电池温度测量值低于5°C的故障。	防止电池冒烟、燃烧、爆炸
SA4	MC33771应在故障检测后10毫秒内将任何与安全相关的信息传达给系统控制器。	防止遗漏故障报告给包装控制器，造成违反SA1、SA2、SA3、SA6、SA7的后果
SA5	MC33771应在故障检测后10毫秒内将任何与安全相关的信息传递给系统控制器。	
SA6	MC33771应防止电池中未检测到的过流事件的发生。为此,应当有一组安全机制,检测发生这样的故障事件,在90ms的故障能够导致低估的电池电流测量的大小大于马克斯(10,真正的当前值的5%)。	防止因接触器粘连而打不开
SA7	MC33771应防止锂离子电池发生未检测到的欠温事件。为此，它应具备一套安全机制，能够在故障事件发生后90毫秒内检测出可能导致电池温度测量值过高(大于5°C)的故障。	防止电池退化和接触器损坏

AVNET

48V BMS demo board