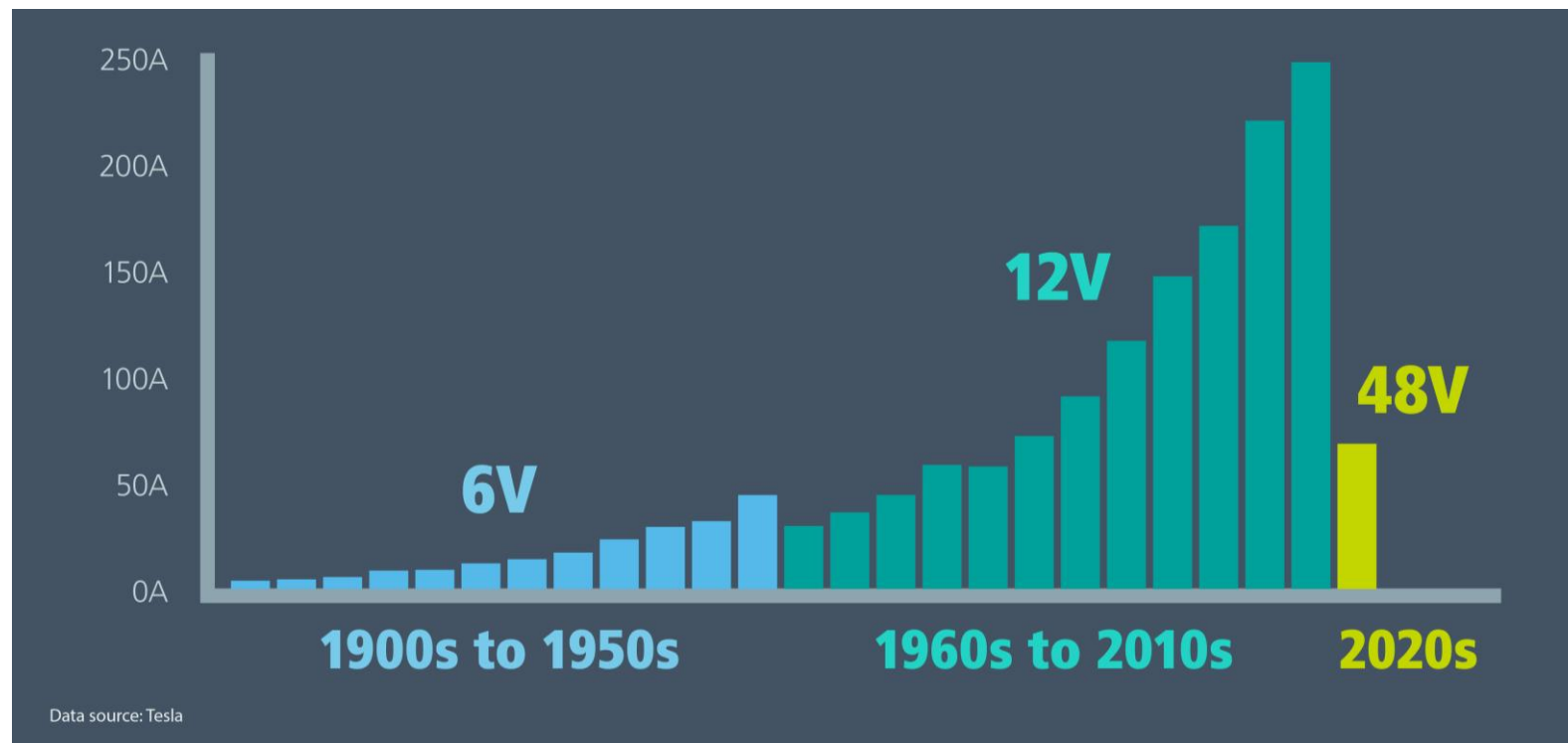




使用正弦振幅转换器（SAC™）技术为面向未来的汽车实现高压到 SELV 转换

毛敏，Vicor 高级应用工程师

低压电流消耗达到历史最高水平：



高级驾驶辅助系统
电动助力转向系统
主动悬架
红外线加热
信息娱乐

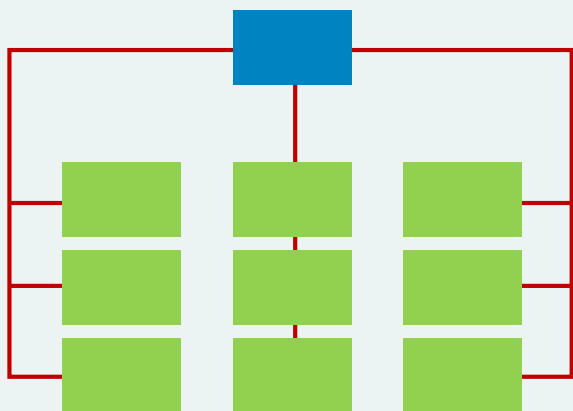
电源类型不同，但都在进行电气化

- 内燃机开始变为混动
- 增程式电动车功率越来越大
- 纯电动汽车市场保持了增长势头

从集中到区域架构的演变以应对负载增加

过去

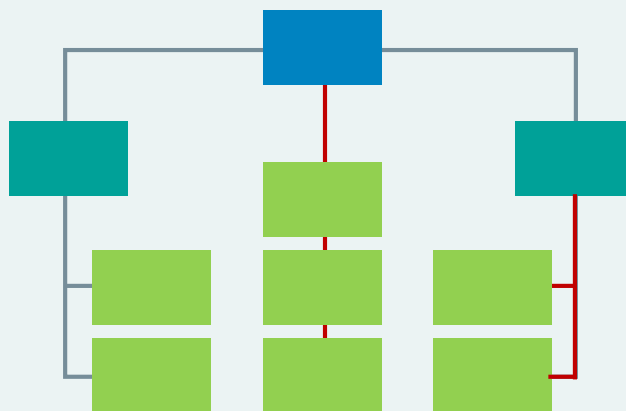
分布式 E/E 架构



蓝色方框 可选 ECU，如中央网关
黄色方框 中央高性能计算单元

现在

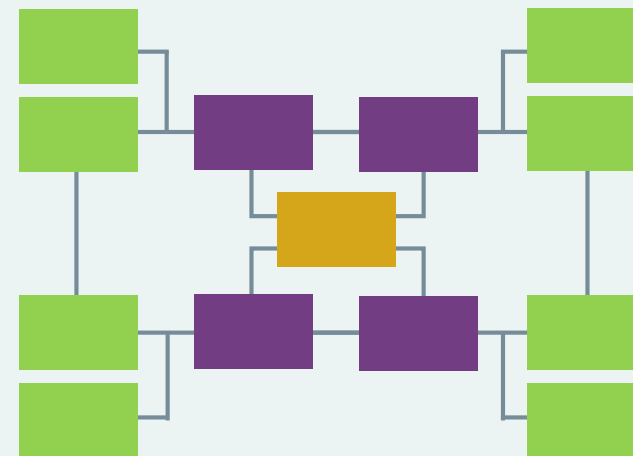
域集中式 E/E 架构



绿色方框 特定功能的汽车 ECU
灰色方框 汽车以太网连接

未来

带高性能计算单元的区域 E/E 架构



青色方框 特定域 ECU
紫色方框 区域化 ECU
红色方框 CAN 母线连接

新解决方案： 正弦振幅转换

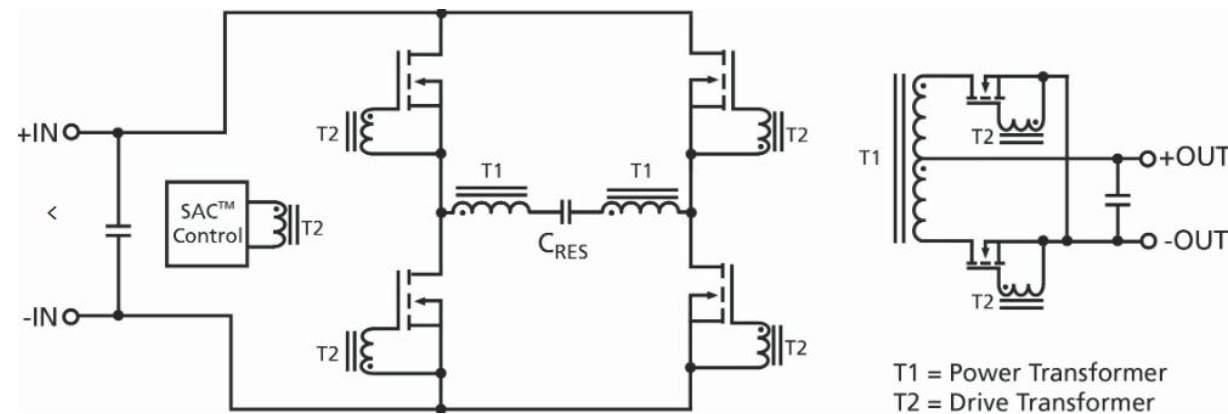
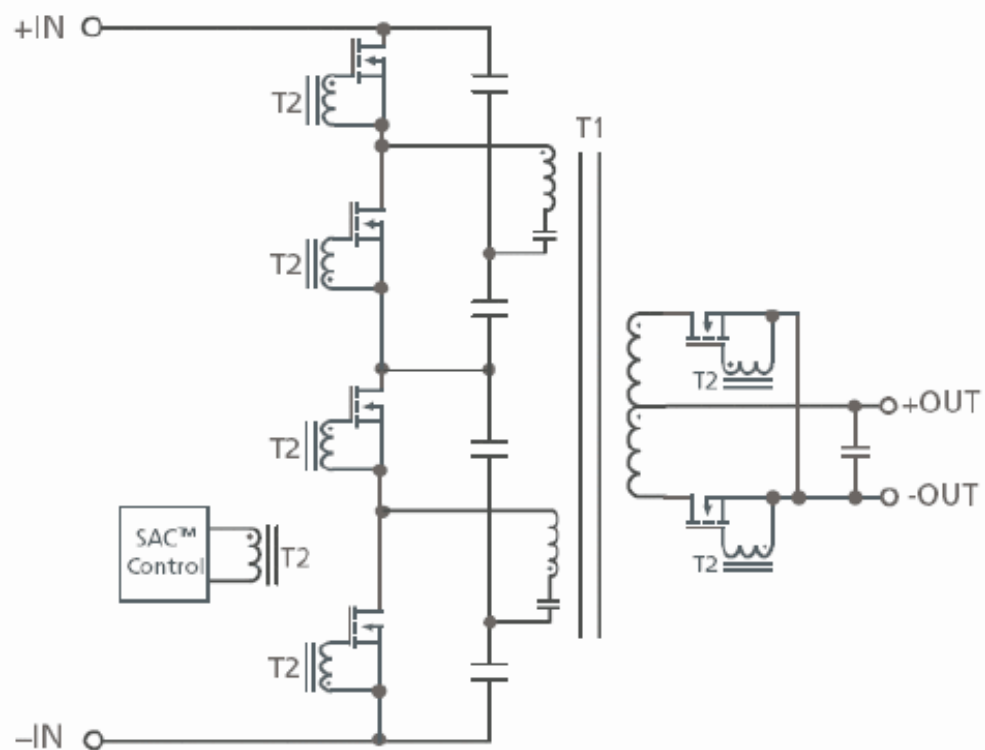
- 谐振拓扑
 - 在高谐振频率、固定增益下运行
- 软开关，恒定频率/占空比
 - 低 EMI 特性
 - 最小化开关损耗
- 实现更高的开关频率和更低的体积/重量

DC-DC



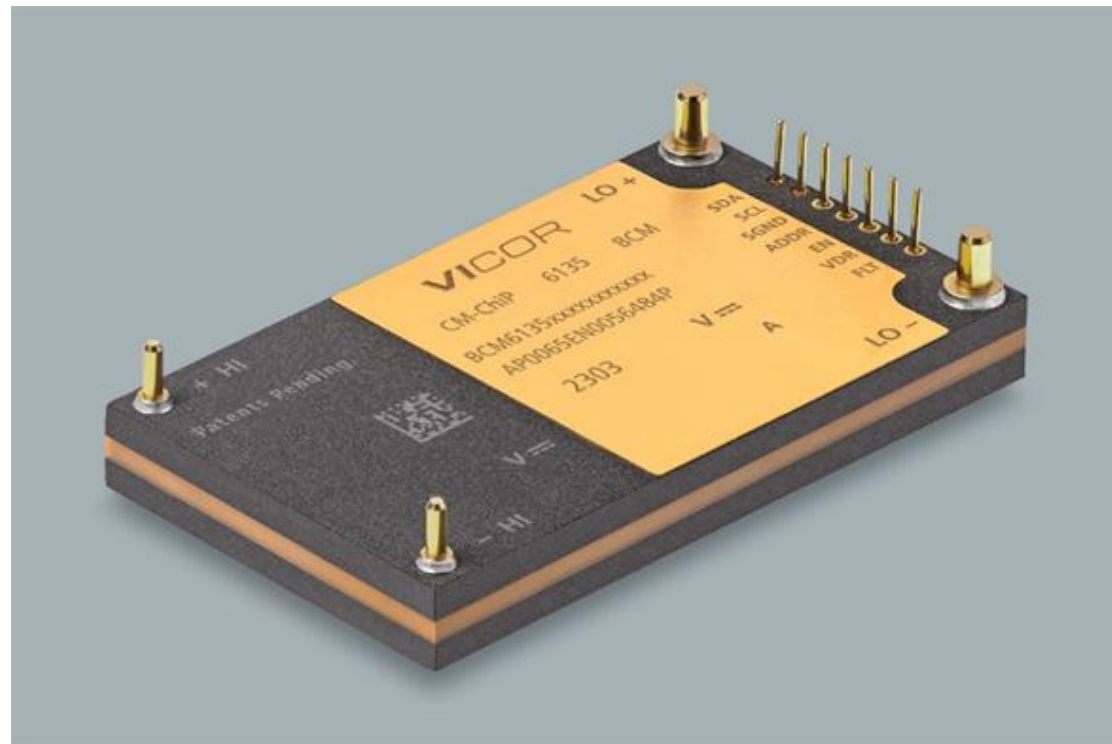
Sine
amplitude
converter

SAC 实施的拓扑示例 - BCM

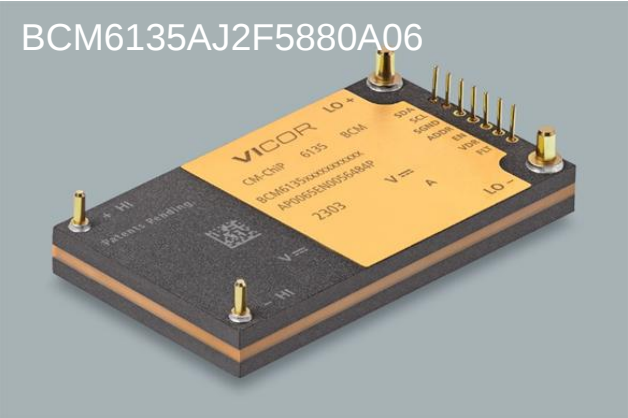


SAC 实施示例 - BCM

- 峰值功率高达 5kW，或峰值电流 100A
- 损耗和封装性能
 - 峰值效率 98.3%
 - 全功率 97.8%
- 热阻 0.7K/W
- 对称的功率流功能
- 这怎么可能？
 - 自主开发控制器、变压器、开关和封装
 - 所有参数在同一函数下优化



带隔离的 BCM6135，用于 800V 至 48V 转换



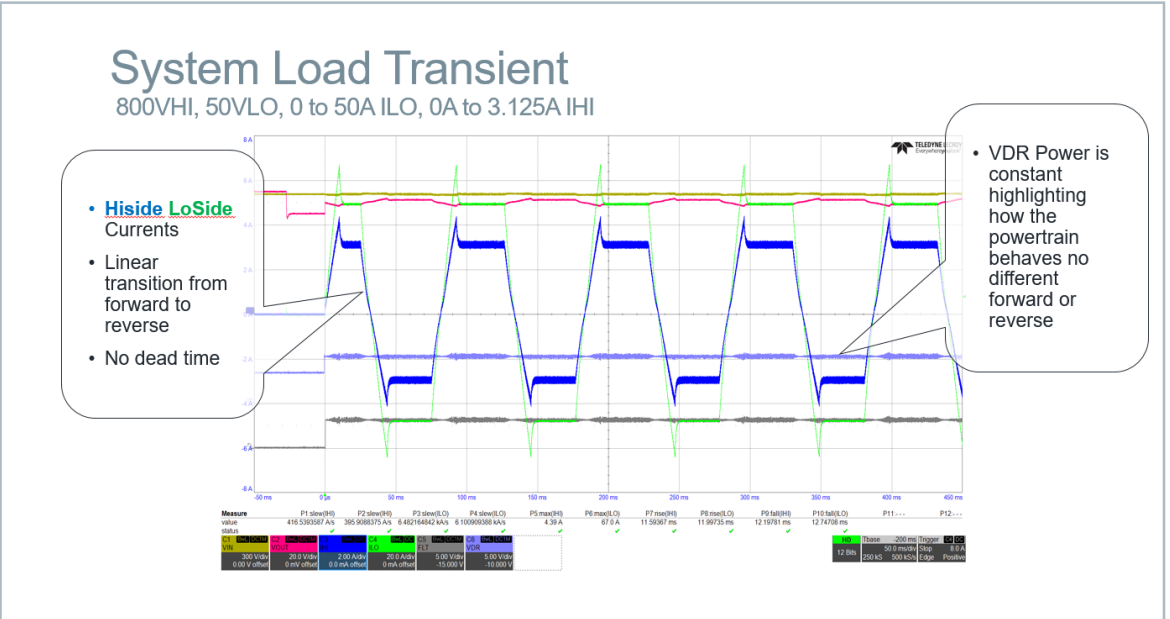
内部创建 4242V 输入到输出隔离

内置 10个 模块阵列时可提供 20kW 的功率

降压或升压性能对称

最高电流变化（转换）速率为 8 M A/s

峰值功率	2.5 kW
V_{IN} 范围	520 – 920V
V_{OUT} 范围	32.5 – 57.5V
峰值电流	80 A
双向	是
启动辅助电源	内部

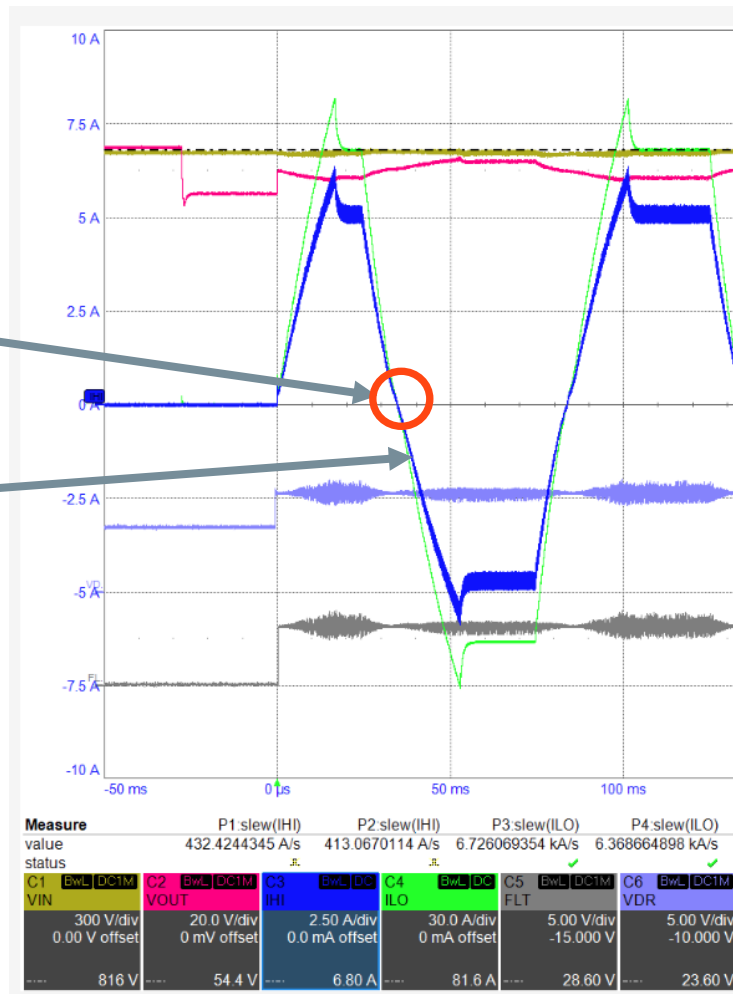


双向电流和带宽

过渡中没有死区

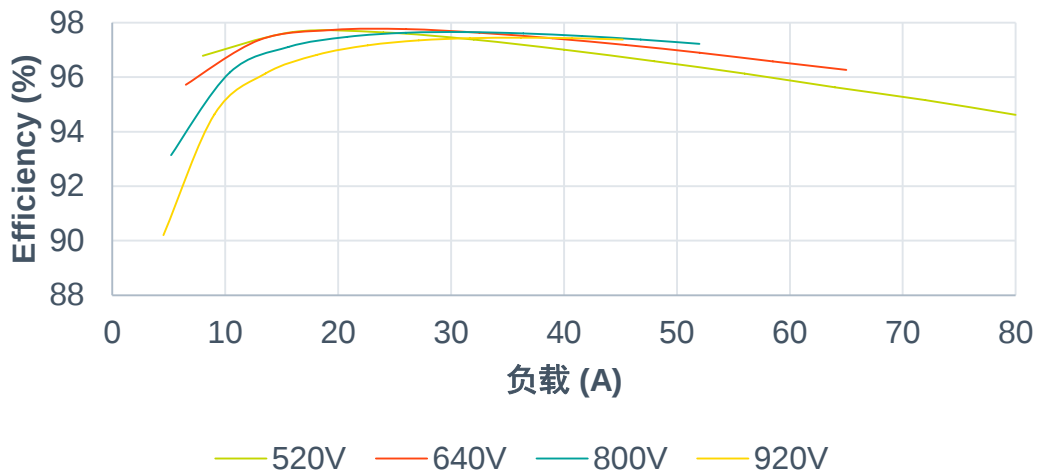
正向和反向之间的
线性过渡

VDR 在电流方向变化时保持恒定

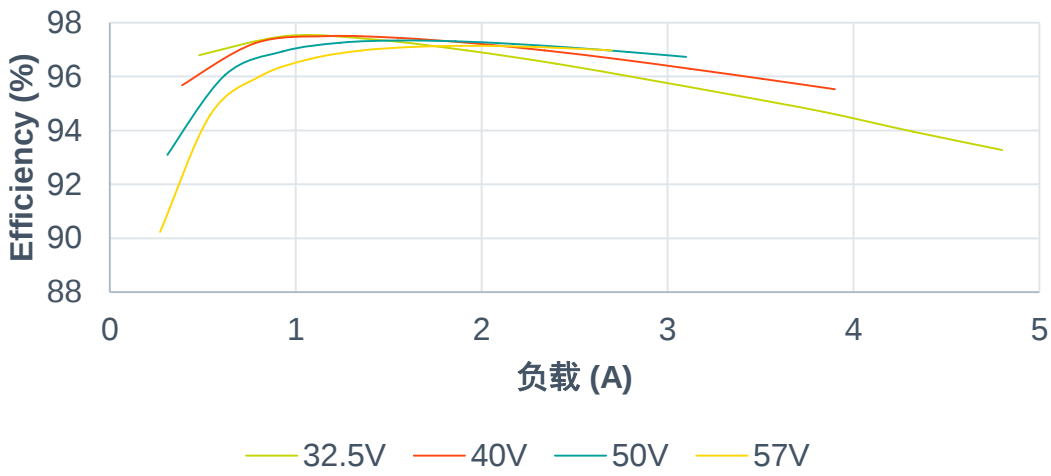


对称功率处理

BCM6135 降压效率 vs 负载



BCM6135 升压效率 vs 负载



Product Ratings				
Step-Down Operation	K = 1/16	V _{HI} = 800V (520 – 920V)	V _{LO} = 50V (32.5 – 57.5V) No Load	I _{LO} = 80A Max
Step-Up Operation		V _{LO} = 50V (32.5 – 57.5V)	V _{HI} = 800V (520 – 920V) No Load	I _{HI} = 5A Max

48V 至 12V SAC 模块



DCM3735M-AN1

峰值功率：2.0 kW

V_{IN} 范围：17 – 58V

V_{OUT} 范围：8 –16V

峰值电流：160 A

双向：否

稳压



NBM2317-A0R

峰值功率：1.0 kW

V_{IN} 范围：40 – 60V

V_{OUT} 范围：10 –15V

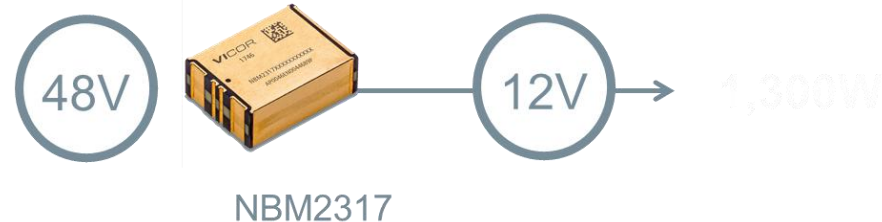
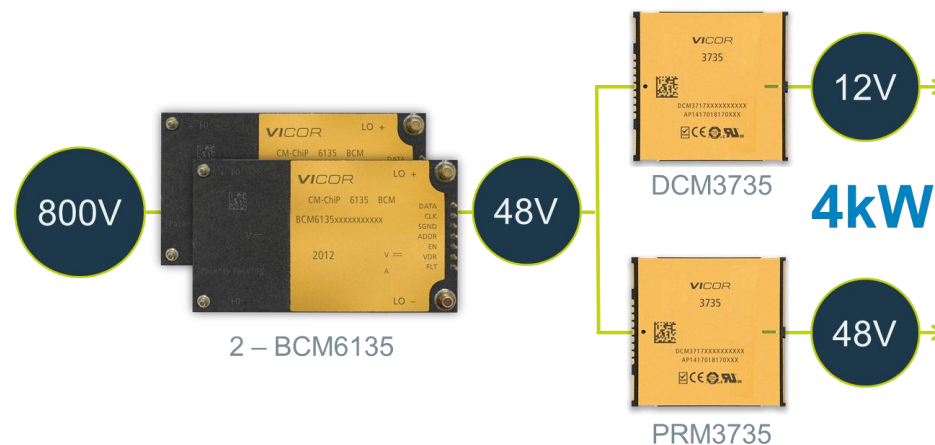
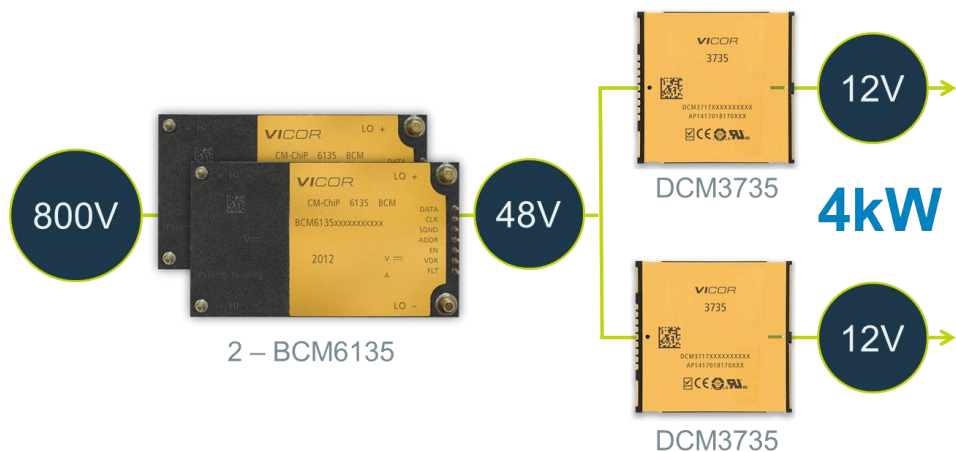
峰值电流：80 A

双向：是

非稳压



电源系统设计师需要功能强大、可扩展且灵活的选项



3 个模块支持多种应用

主动悬架

区域架构

快速充电

玻璃除霜除
雾

大功率辅助
系统

供电系统

中央 DC-DC

乘客红外加
热系统

玻璃除霜除雾

- 在电动汽车中，玻璃清洁是一个主要问题
 - 混动发动机减少废热需要太多时间
 - 加热空气是纯电动汽车效率最低的工艺
- Vicor 模块可实现安全高效地对玻璃进行电加热



系统应用优势

Vicor Paladin 演示单元 - 4kW 800V 至低压 DC-DC

Paladin 展示了 Vicor 的功率密度优势

- 旨在让客户在系统层面看到 Vicor 汽车模块在功率密度方面的优势
 - 提供 3.6 kW /L 的功率密度
 - 轻量化 DC-DC，仅1.7 kg
- 展示 Vicor 方法的灵活性
 - 混合区配 12V 和 48V 电源负载的需求
 - 通用封装布局适用于高达 3 种车辆配置

Vicor 800V 至低压 4kW DC-DC – 目标规格

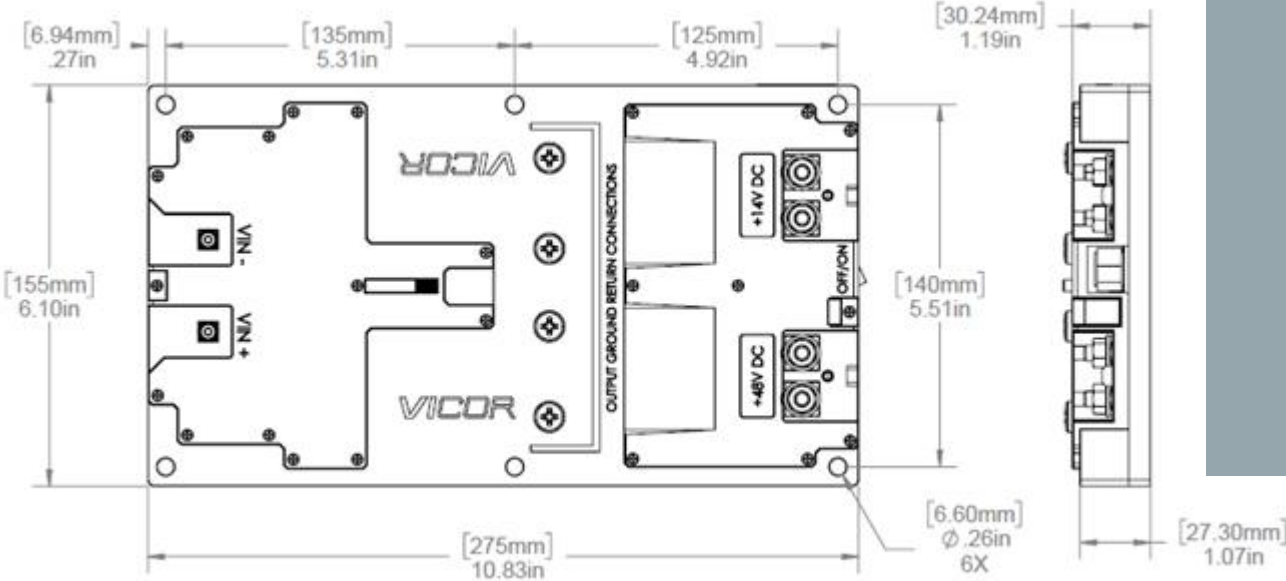
输入电压范围	520 – 920 V	用于 520–560V 的有限运行
输出电压范围 LV48 LV12	36 – 54V 8 – 16V	在 48V 设定值下调节 在 12V 设定值下调节
输出功率 LV48 LV12	2.4 kW (48Vout 时 50A) 1.4kW (14Vout 时 100A)	< 46Vout 的功率降额 < 9Vout 的功率降额
输出电流 LV48 LV12	最大连续值 50A 最大连续值 100A	> 48Vout 的电流降额
输出电压调节	LV48 为 +/-1.0V LV12 为 +/-0.2V	
效率	94 %	800Vin, 48 / 14Vout, 满载
运行温度	模块 Tint* ¹ -40 至125 °C	模块 Tcase > 65 °C * ² 的功率降额
EMI	集成滤波	输出侧和输出侧滤波

*1: Tint = 模块内部温度。可能因冷却板性能而异

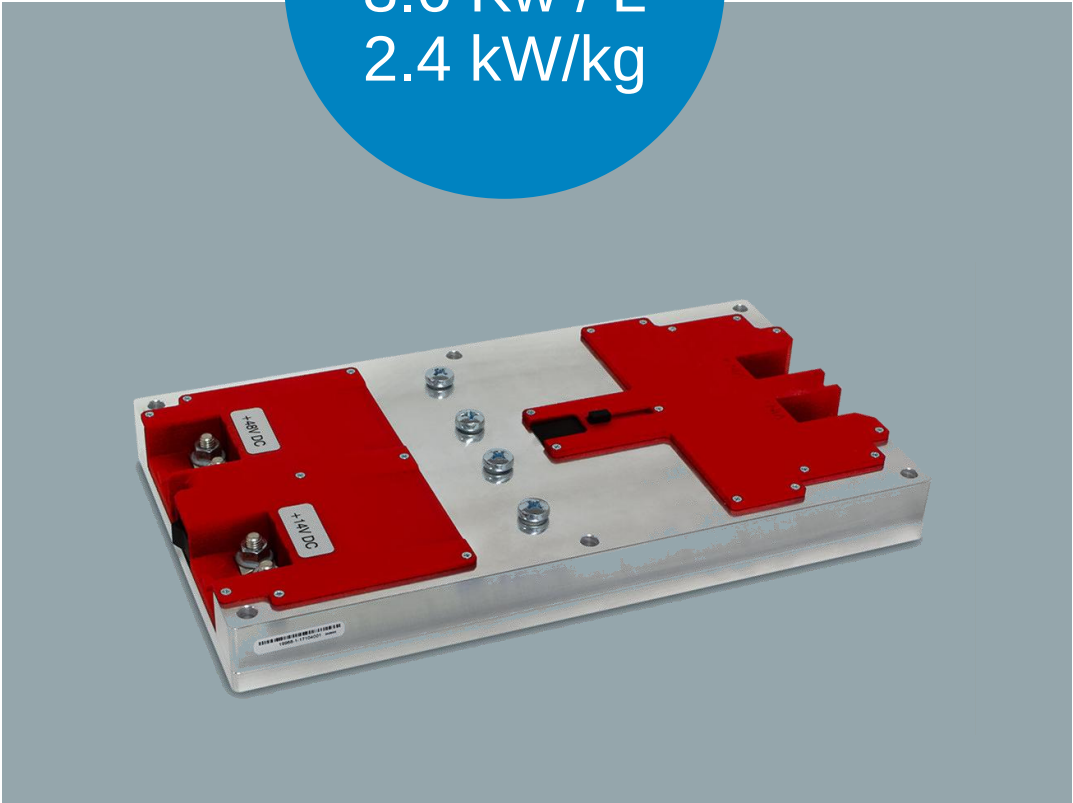
*2: Tcase = 模块顶部和底部表面温度。工作条件：800Vin, 48Vout, 14Vout

机械指标

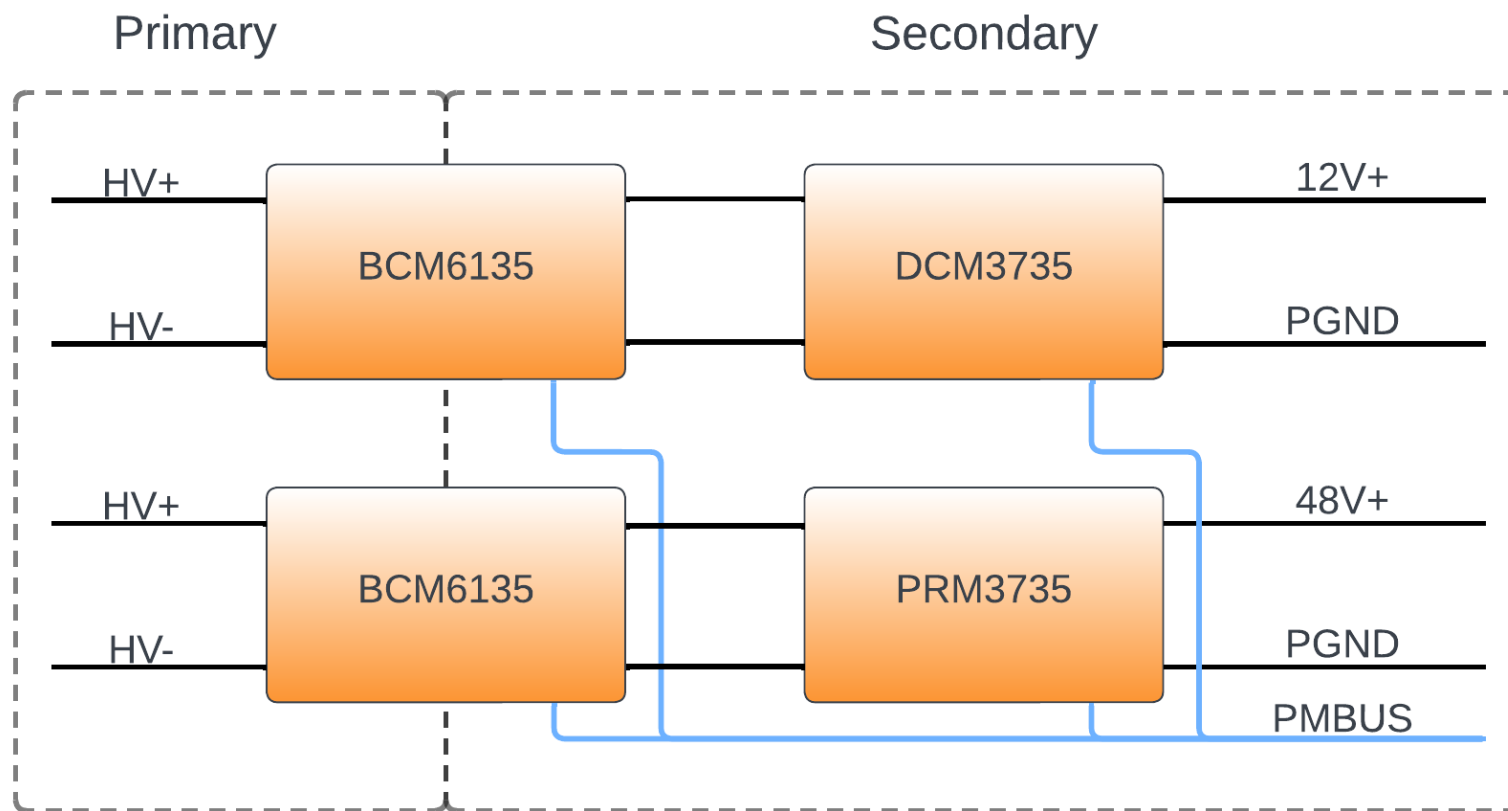
尺寸	275 x 155 x 27.3mm	1.1L 封装体积
安装	间隙孔	M6 间隙孔
冷却方法	冷却板	
重量	1.7kg	



功率密度
3.6 Kw / L
2.4 kW/kg

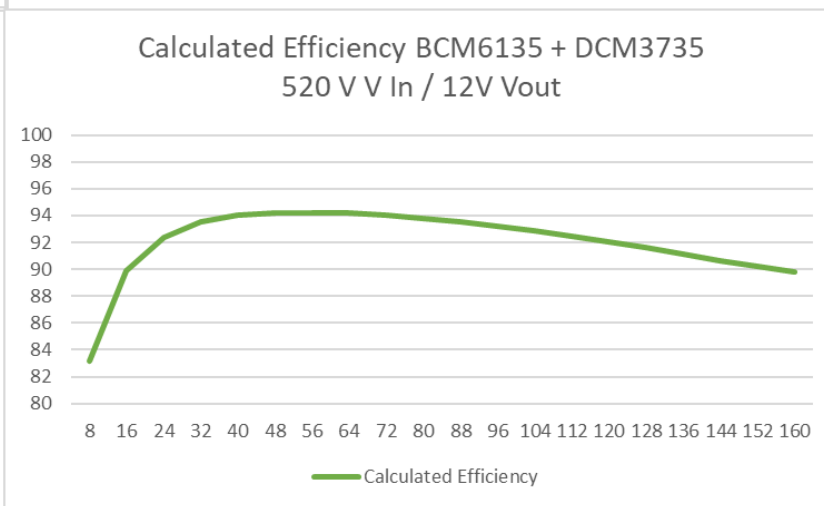
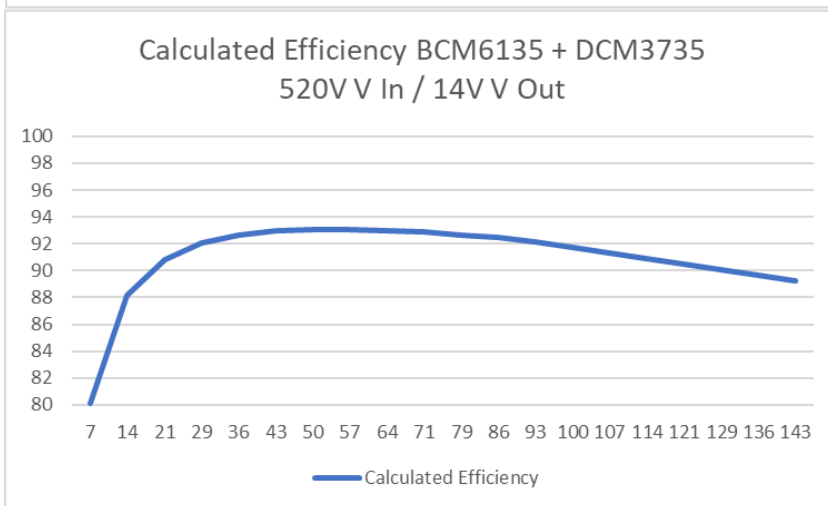
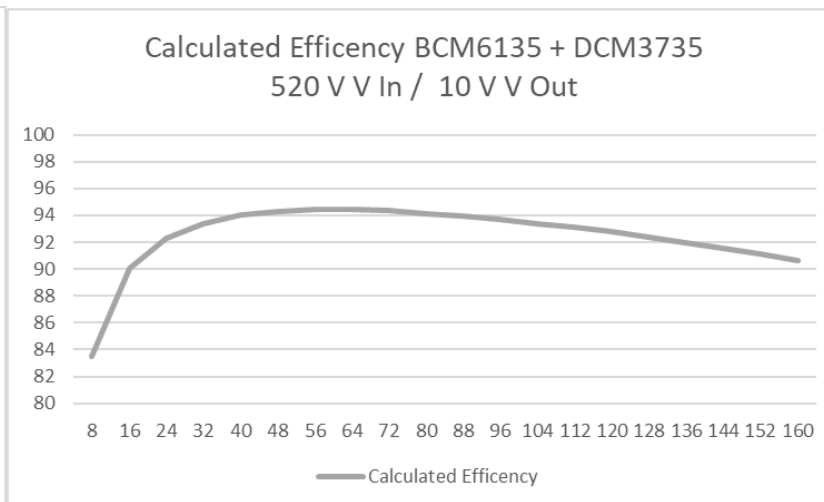
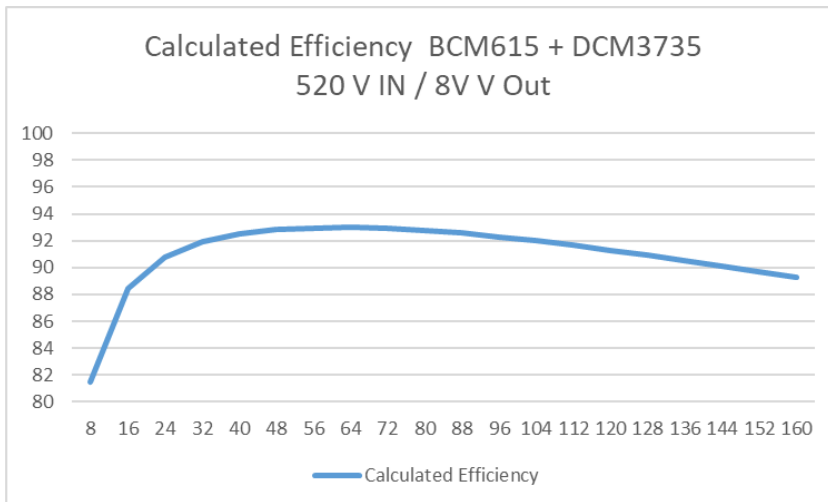


框图

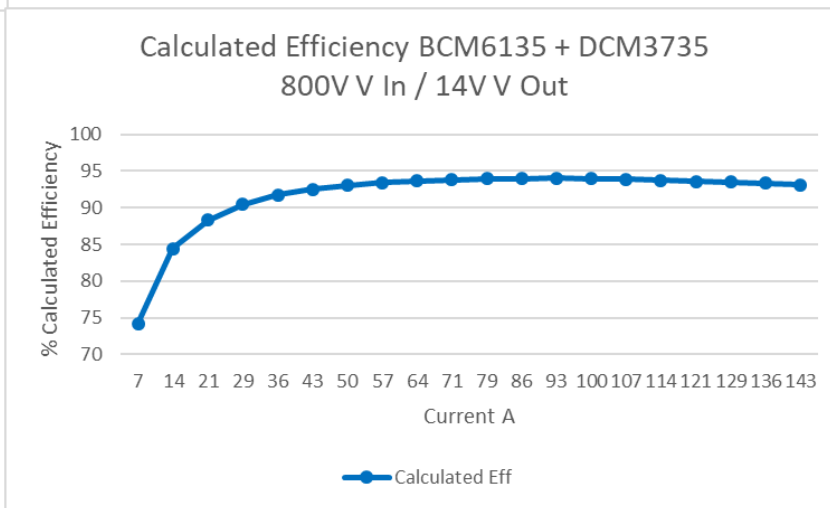
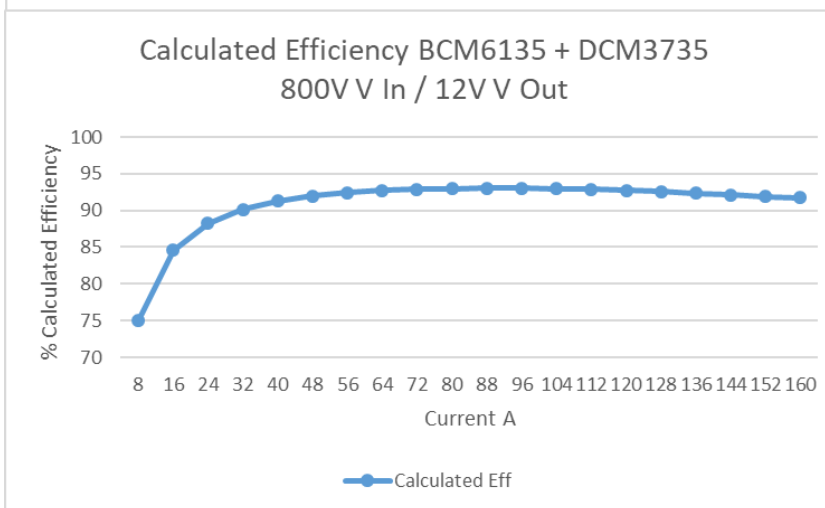
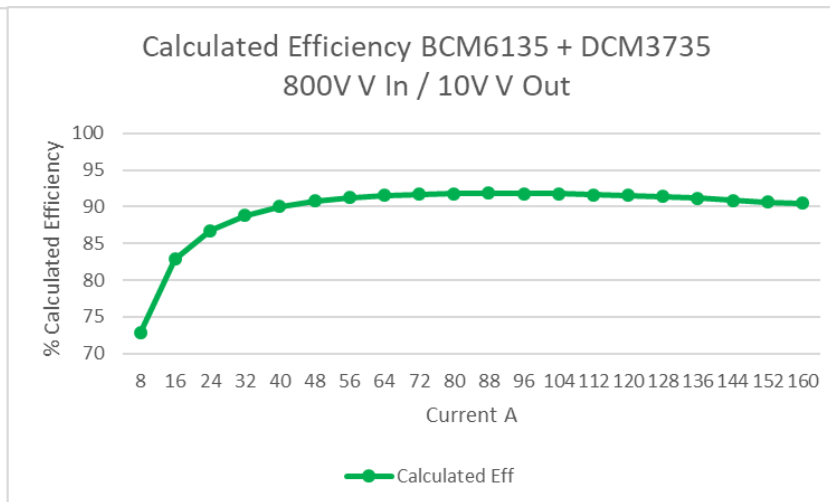
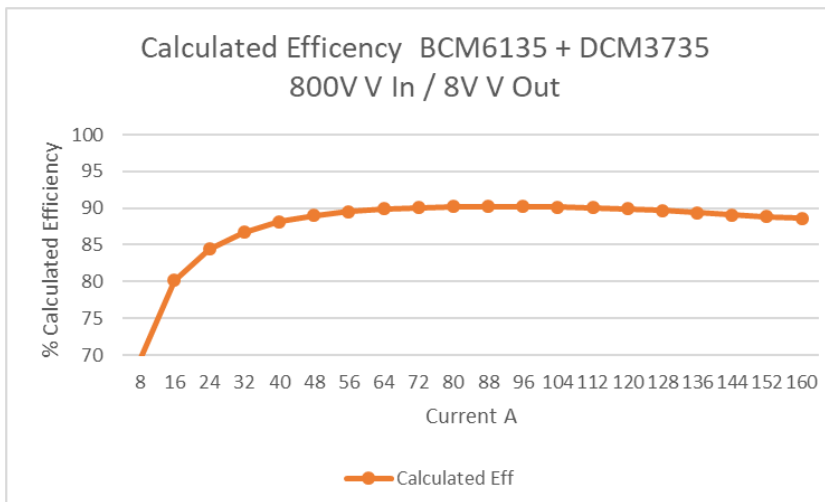


Paladin DC-DC 转换器测试结果

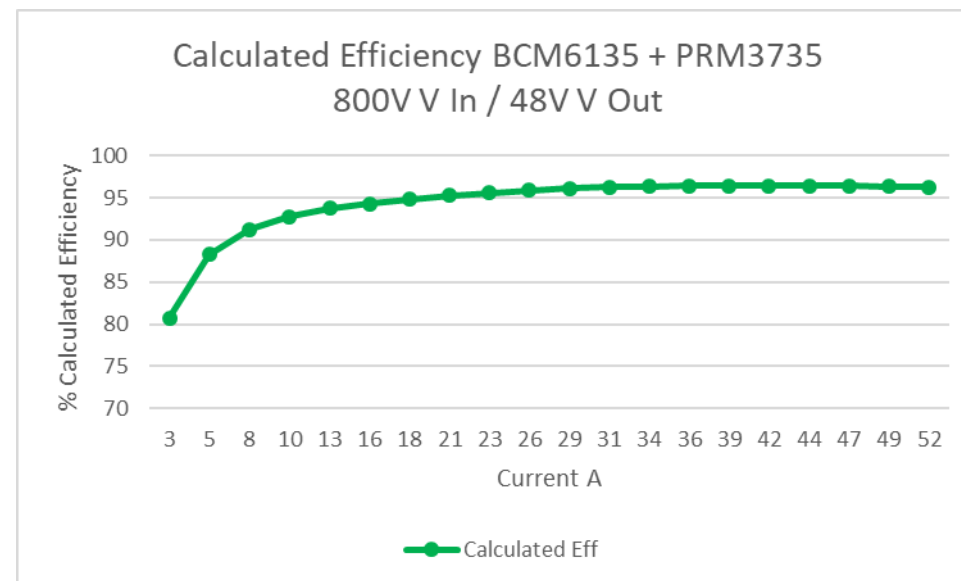
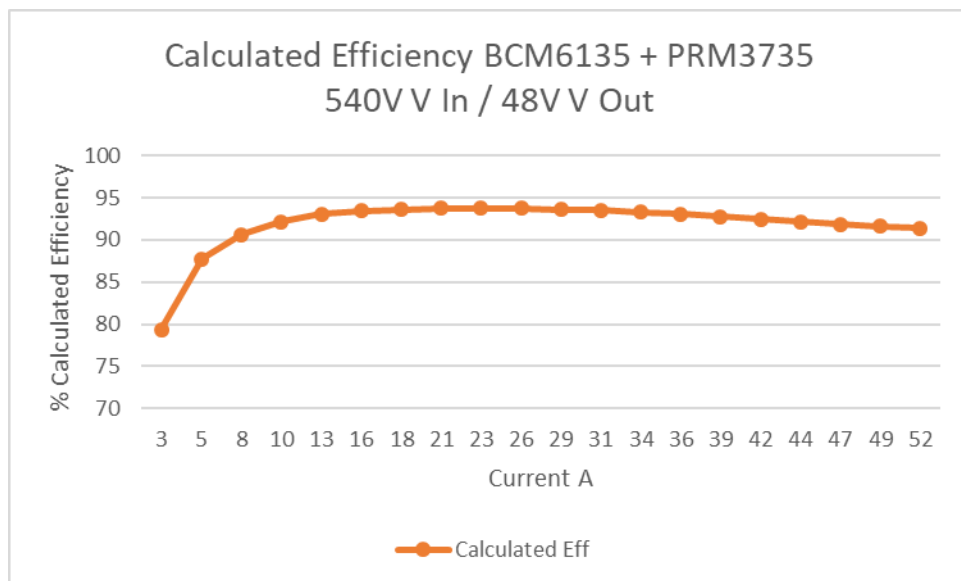
540V 至 12V BCM6135 + DCM3735 计算效率



800V 至 12V BCM6135 + DCM3735 计算效率

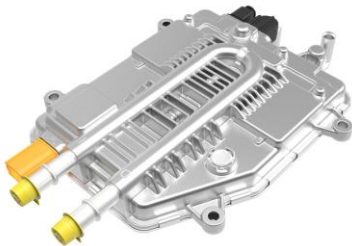


BCM6135 + PRM3735 计算效率



功率密度提高 3 至 4 倍

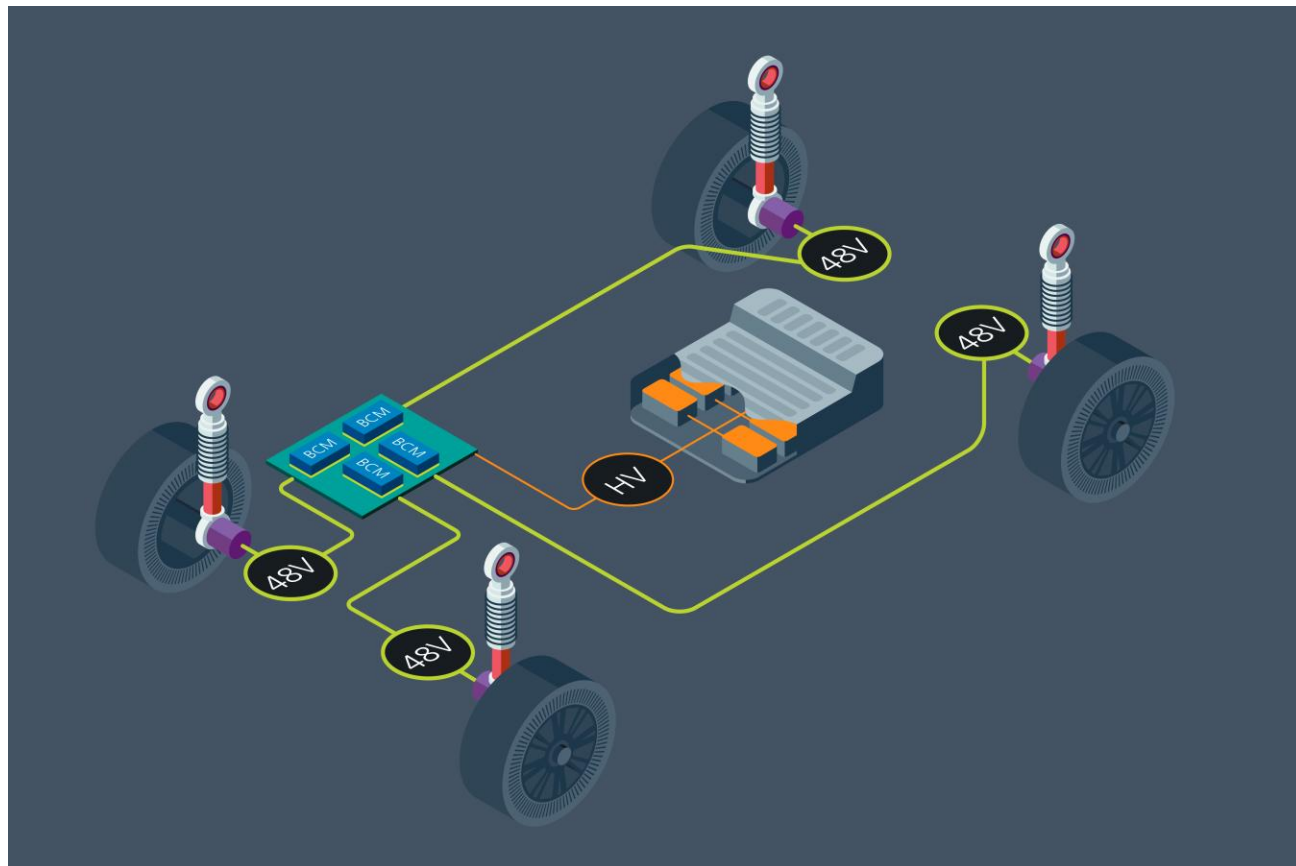
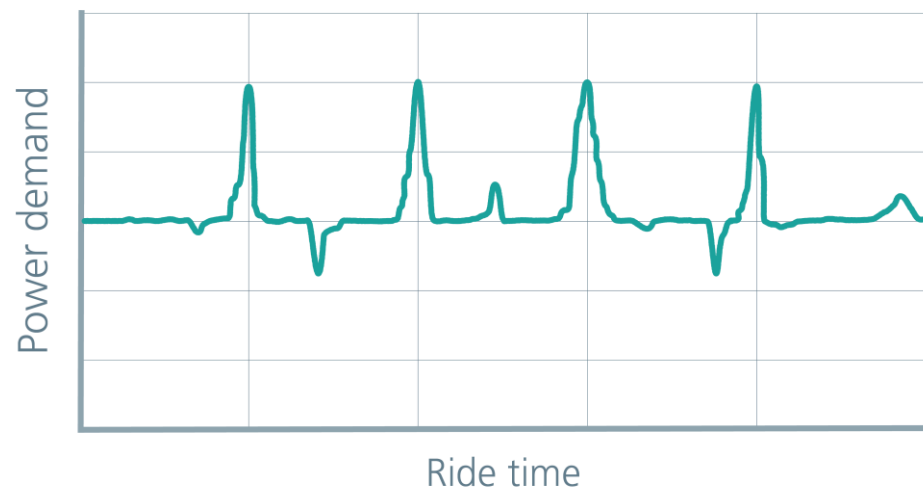
	Vicor 解决方案	Tesla Model X	Vitesco 4 代
Pout W (输出功率)	4000 @ 13.8V	2300 @ 12 V	3500 @ 14.5V
重量 kg	1.7	2.1	2.6
占板面积 mm ²	24500	30520	50000
体积 (w/o 连接器)	1.7L (275 x 155 x 42)	1.8L (140 x 218 x 60)	2.5 L (250 x 200 x 50)
效率	95%	预计 93%	预计96%
功率密度 kW/L	2.35	1.3	1.34
重量功率密度 kW/kg	2.35	1.1	1.5



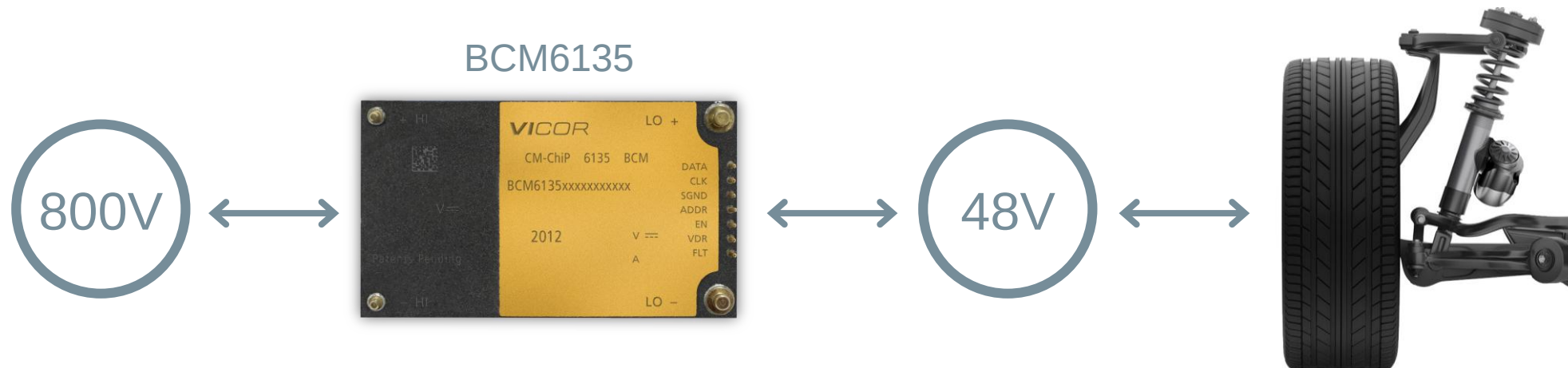
主动悬架案例

主动悬架系统对功率要求很高

- 高电流响应的需求
- 极端峰值电流
- 能量回收



基于 SAC 的 BCM6135 满足并超越了主动悬架的功率要求



800V 至 48V

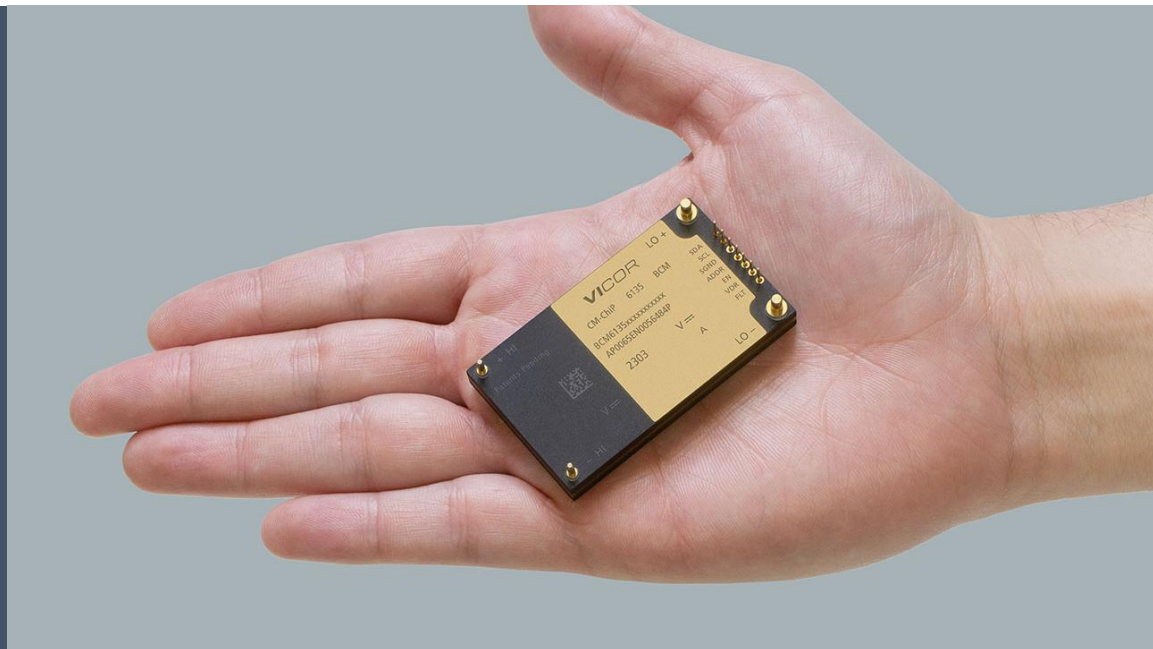
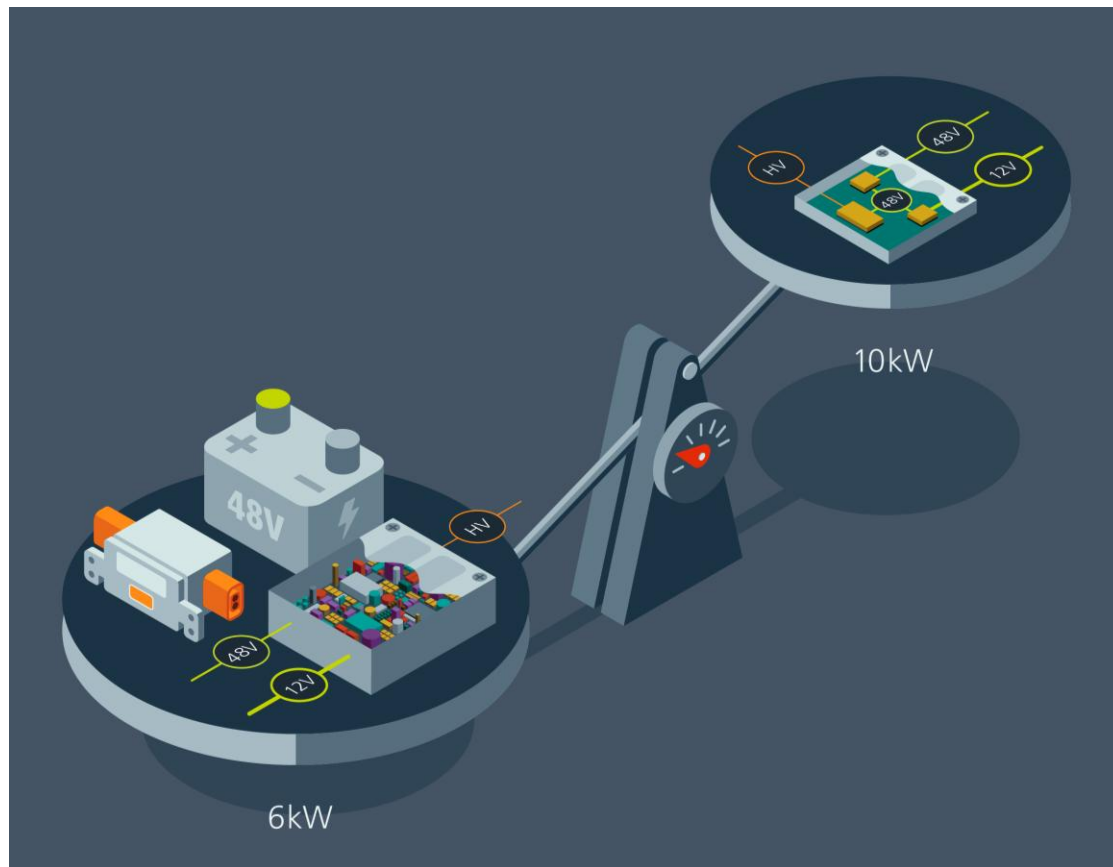
61 x 35mm 的模块尺寸包含了隔离功能，确保用户安全

对于持续时间小于 30 毫秒的功率事件，其功率增幅可达 30%

具备对称降压/升压能力，可直接将再生电力回馈至高压电池

电源切换速度将超过控制系统处理时间的 100 倍以上

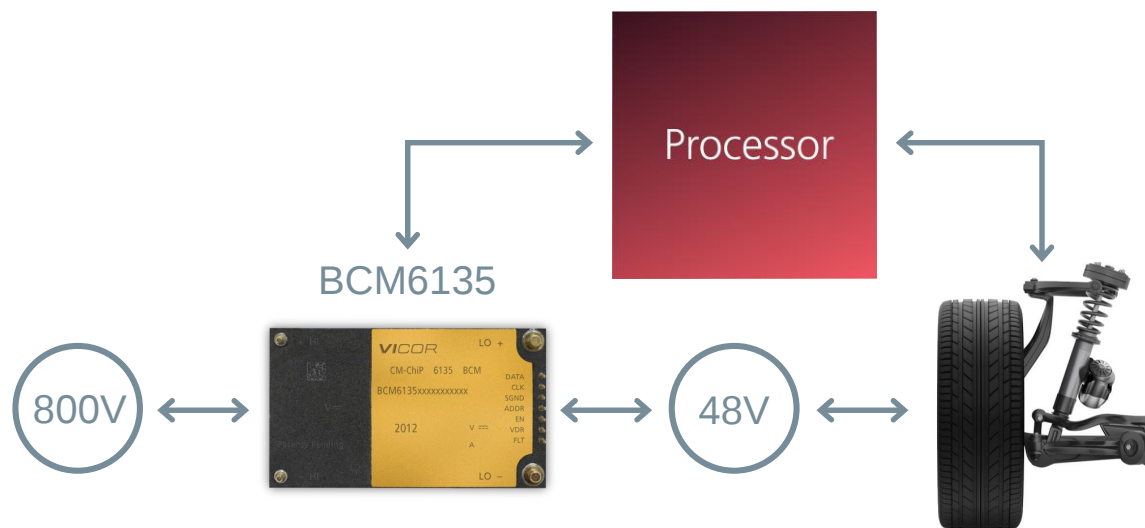
正弦振幅转换器系统能在更小的空间内提供更大的功率，且重量更轻



800V 至 48V 的功率密度为 218 kW/L

48V 至 12V 的功率密度为 500 kW/L

使用 BCM6135, DC-DC 转换比 ECU 循环更快



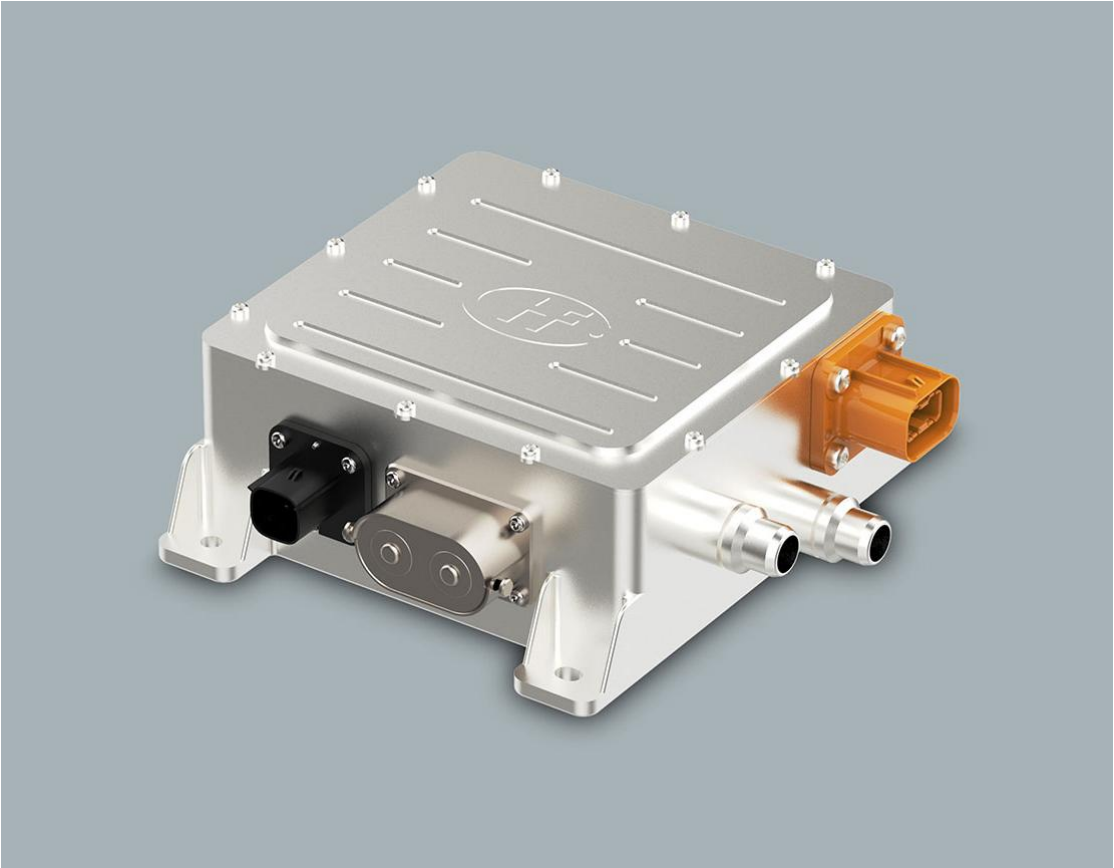
- ECU 循环平均约 10 ms
- BCM6135 可在 10 μ s 内反应
- 从 800V 到 48V 的电源转换没有滞后



BCM6135 可创建具有同类最佳功率密度的 DC-DC 转换器

- 宏发使用 BCM6135 开发其紧凑型 7kW DC-DC 用于主动悬架
- 功率密度为 2.5 kW/L 和 2.7 kW/L
- 峰值效率 97.3%
- 高达 94% 的功率输出可以回馈至高压电池

HF3661 800V 至 48V DC-DC 主动悬架电源系统	
Vin 范围	800V: 600 – 900V (DC)
Vout 范围	48V: 37.5 – 56V (DC)
峰值效率	97.3%
尺寸	197 x 201 x 71mm = 2.8L
重量	2.6kg



结论

- BCM6135 的对称性能降低了 DC-DC 转换器所需的功率水平
- 瞬态性能消除了悬架事件中动力传输的延迟
- DC-DC 转换器的尺寸和重量将有所减少，同时不再使用超级电容器或 48V 电池

