

集成电力电子设备：殊途同归

随着电动汽车的快速发展,某些对内燃机而言无关紧要的功能已经成为电动汽车运行的关键: 配电单元; 电池包断路单元; 电动汽车供电设备 (EVSE) 控制器; 电池管理系统; 车载充电器; 直流-直流转换器。

这一趋势让人联想到内燃机汽车电子/电气架构的发展, 其中的每项功能都需要依靠电子控制单元 — 一个占据汽车底盘宝贵空间的独立组件。每个组件都需要配备自己的软件、接插件和外壳, 进而增加系统的复杂度和成本。

但是, 正如传统的电气/电子架构向上集成以降低复杂性并实现新功能一样, 电力电子也必须如此。当下我们面临的挑战是, 如何在支持冗余、提高功率密度和保持最高安全性的同时, 整合这些功能。

电动汽车的发展

2021年,汽油动力汽车的平均续航里程为648公里,相比之下,纯电动汽车(BEV)的平均续航里程为376公里。但是,消费者对BEV的期望远高于此:他们不仅想要能够提供更大续航里程的纯电动汽车,而且还希望利用纯电动汽车在偏远地区供电,为他们的家庭供电,甚至将能源回售给电网。

汽车制造商深知不满足消费者对续航里程和其他功能的期望可能会减缓BEV发展,因此他们不断扩大汽车电池组并开展研究来找到具有更高功率密度的材料。在车辆底盘空间有限的情况下,较大的电池组意味着其它用于支持电池组并确保BEV平稳运行的高压部件可用的空间更小。这些功能包括:

- **EVSE 控制器**,用于与电网和车辆级控制器通信并帮助调节充电电流。
- 双向**车载充电器**,用于将电网供应的交流电源转换为直流电源来为电池充电,然后将电池供应的直流电源逆变为交流电源来为车辆外接设备或电网供电。
- **电池管理系统**,用于协调高压继电器、在充电期间监控和平衡蓄电池组、调节充电和牵引电流以使其保持在可接受的水平内,并计算荷电状态和健康状况。
- **电池包断路单元**,用于在正常和紧急情况下断开和重新连接电池。
- **配电单元**,具有熔断保护功能,能将电力输送到加热器或压缩机等各种高压零部件。

- **直流-直流转换器**,用于将400V甚至800V主高压电池的电源安全地转换为辅助设备或电子组件(通常以12V或48V的电压运行)所需的低压。

早期BEV架构将上述每项功能分别分隔到单个组件中,并试图将每个组件封装在电池组附近,以尽可能缩短连接到它们所服务的电池所需的导线线束长度。但是,组件与电池之间的每一寸线束和每个连接器都会引入更多潜在故障点,提高成本并增加重量。此外,这些组件中的大部分都需要进行屏蔽,以保护其他电子设备免受高压可能产生的电磁干扰。

从逻辑上讲,下一步是将上述六项独立功能集成到单个系统级解决方案中。集成系统可通过共享电子器件和主动冷却系统、简化配电并优化与高压汇流排和挠性连接器的连接,将尺寸减少30%以上。此类解决方案可直接集成在电池组上或嵌入到电池组本身中,以利用现有电池组壳体和冷却系统。

软件是关键所在

集成电力电子控制器(IPEC)是一个组合系统,它将成为BEV中最重要的系统之一;没有该系统,车辆完全无法运行。因此,运行该系统的一些软件设计必须符合最高级别的风险管理:汽车安全完整性等级D(ASIL-D)。它必须能够进行远程更新,从而确保时刻处于最优状态。同时,必须采用最强大的网络安全控件进行防护。

对于 3 级及以上自动化驾驶,系统冗余对防范潜在故障至关重要,这意味着软件通信、协调和控制是关键。IPEC 将发挥关键作用。例如,软件必须确保,如果直流-直流转换器发生故障,第二个 12V 电源可继续为高级驾驶辅助系统关键的零部件(如助力转向和线控制动)供电。

IPEC 还应足够先进前瞻,可支持软件增强功能来提升电源转换效率。这包括管理三个必须协同工作的控制器:一个微控制器单元(MCU)和两个数字信号处理器(DSP)。MCU 是 EVSE 控制器,可与电网通信来优化电池充电电流。DSP 对电源能转换阶段执行非常精细的实时数字控制,以确保其有效管理充电过程。当它们控制交流侧,将交流电源转换为直流来为电池供电时,会每纳秒向各个开关发送一次命令。利用安波福的高级实时控制算法,最多可将转换效率提升至 97%,达到业界领先水平。

IPEC 还将负责与外界通信并执行与充电站的握手通信,从而妥善协调充电活动并了解各个区域电网的细微差别。IPEC 中的软件将直接向充电站付款,甚至还可以在充电插口处触发 LED 通知指示灯,让用户了解充电进度。

一切尽在掌握

要在这样一个安全关键型领域实现这种精确度,软件开发团队必须按照最严格的质量标准开展工作。评估软件开发过程的最佳方式是通过行业标准指南 [ASPICE](#) (汽车软件过程改进及能力评定模型)。

ASPICE 是针对特定领域改进的 SPICE。作为软件过程评估的国际标准,ISO 15504 数十年来已被诸多行业用于改善其软件开发过程。ASPICE 旨在应对其前身标准无法满足的汽车行业特定需求,包括更加重视网络安全。

ASPICE 评估着眼于工程师进行需求分析以将客户需求提炼为软件需求,然后将他们的工作追溯到这些需求的程度。评估者会对多个预期结果评定等级,并使用综合评级确定整个项目的总体能力水平,达到 2 级和 3 级 ASPICE 能力对于完成 ISO 26262 功能安全审查变得更为关键。

在硬件设计和制造方面,质量也变得十分重要。设计者必须考虑在不同的设计选择之间进行权衡,通过基于软件的模拟进行全面的热分析和机械分析。制造商必须使用电子设备元件冗余和隔离技术,确保印刷电路板可在极端条件下正常运行,从而满足严格的质量和清洁标准。

新兴技术

随着电池电压越来越高, 我们需要采用新技术和材料来确保其安全性和效率。

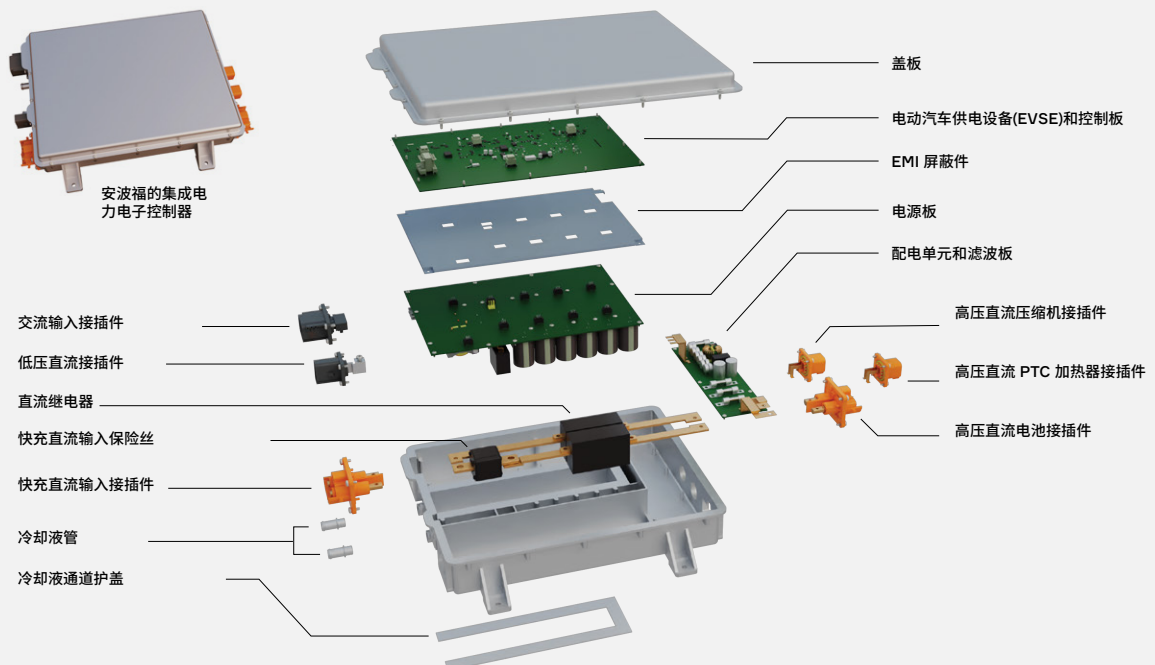
例如, 基于硅制造的电子设备, 随着其电压变为 800V, 一种更具吸引力的替代材料是碳化硅, 它是硅和碳的化合物, 是一种更高效的半导体材料, 在高电压下比硅基材料更容易散热。虽然碳化硅在组件级别比硅更昂贵, 但其在系统级别的优势使其变得具有成本效益, 同时还有机会大幅提高功率密度来实现更小的封装体积并缩小负责冷却电子设备元件的热管理系统。

在高压下运行时, 另一种有用的做法是将多个电源转换器磁性元件整合到单个磁件外壳中。高电压低电流技术可以帮助制造商设计重量更轻、体积更小的产品。

当我们制造开发这些高压组件时, 可以运用自身在低压组件方面的经验来构建适当的安全功能。例如, 低压架构将从热保险丝演变为使用可控、可复位的硅固态电路保护装置, 这种装置通常称为[电子保险丝](#)。同样, 在高压组件方面, 可利用高压硅和碳化硅领域的经验, 用电子保险丝和电子断开装置来取代高压热保险丝、接触器或继电器以及高温保险丝, 并确保在发生紧急情况时可安全快速地断开与电池的连接。

多合一

整合大量功能的集成电力电子控制器正在成形。



未来架构

借助此类硬件和软件技术,可将多项功能整合到单个集成的电力电子设备系统中,为真正的架构变革打开大门。

电力电子设备可通过区域控制器与车辆架构的其余部分集成,将车辆的充电控制以及与电网的通信能力提升到新的水平,并有助于更好地了解车辆的整体状态。

OEM (整车制造商) 还可减少组件、减轻重量并节省空间和成本。例如,借助设计良好的系统,可以不再需要使用四个单独的控制器、三个主动冷却电路和许多单独的附件。通过实现更高的功率密度,安波福已证明我们可以将电子组件数量减少 30%。事实上,安波福利用适用于 800V 架构的下一代碳化硅 MOSFET (金属氧化物半导体场效晶体管) 解决方案,针对车载充电器和直流-直流转换器已经实现了出色的功率密度。

安波福能够利用许多优势,因为我们同时提供车辆的大脑和神经系统。我们是电网-电池系统解决方案的领导者,同时也是智能保险丝和断开装置等高压和低压电路保护装置的领导者。我们在汽车软件开发和功能安全方面处于业界领先水平。我们有广泛的功能集成能力和封装解决方案以及全球制造能力,这些将帮助我们将以上解决方案变为现实。当我们构建下一代电动汽车时,集成电力电子将越来越成为 Aptiv Smart Vehicle Architecture™ 的关键组成部分,以实现完整的电气/电子架构。

作者简介



Brian McKay 博士

集成电力电子设备和电池管理系统, 全球产品部门总监

Brian McKay 博士的团队负责对集成电网-电池系统解决方案进行设计和产业化, 这些解决方案将配电、电路保护、车载充电、直流-直流转换和电池管理系统硬件和控制件整合在一起。在其汽车领域职业生涯中, Brian 利用自己在电机、电力电子设备、电池、变速器、内燃机、后处理系统和热管理系统方面的技术专业知识, 针对电动和混合驱动系统开发了优化的系统功能架构。Brian 博士和他的团队所开发的技术荣获了许多商业奖项和专利, 并获得了全球客户的认可。



Lewei Qian 博士

电力电子设备全球主管

Lewei Qian 博士在其职业生涯中一直致力于开发车辆电气化技术, 从非公路用电动汽车到常规电动汽车, 不一而足。他在研发、技术开发、产品发布和执行、战略、项目管理、寻求客户和供应链管理方面具有丰富的经验。Lewei 曾担任多个与电动汽车相关的领导职位, 并成功将 3 MW 牵引逆变器及其他电力电子产品从概念转变为量产。Lewei 对于安波福从头开始组建自己的电力电子设备组织发挥了关键作用。他拥有电气工程学士和硕士学位, 以及佛罗里达州立大学机械工程和电力电子设备博士学位。

详情请见 [APTIV.COM/E-MOBILITY](https://www.aptiv.com/e-mobility) →