

Application Brief

EV 充电参考设计选型指南



简介

现代电动汽车 (EV) 充电基础设施通常称为电动汽车供电设备 (EVSE)，它汇集了多个子系统，这些子系统必须作为一个协调统一的整体来运行。通信、用户交互、保护、电源转换、计量以及后端连接共同确保了安全、高效、可靠的充电体验。

要成功部署 EVSE 解决方案，需要全面了解所涉及的基本系统。对开发者来说，挑战不仅在于选择合适的元件，还在于理解通信、安全、电源转换、计量和软件在充电过程中如何交互。

德州仪器 (TI) 开发了一套完整的参考设计组合，覆盖了这些关键功能领域，为开发者的产品开发提供支持，从而加快产品上市速度。

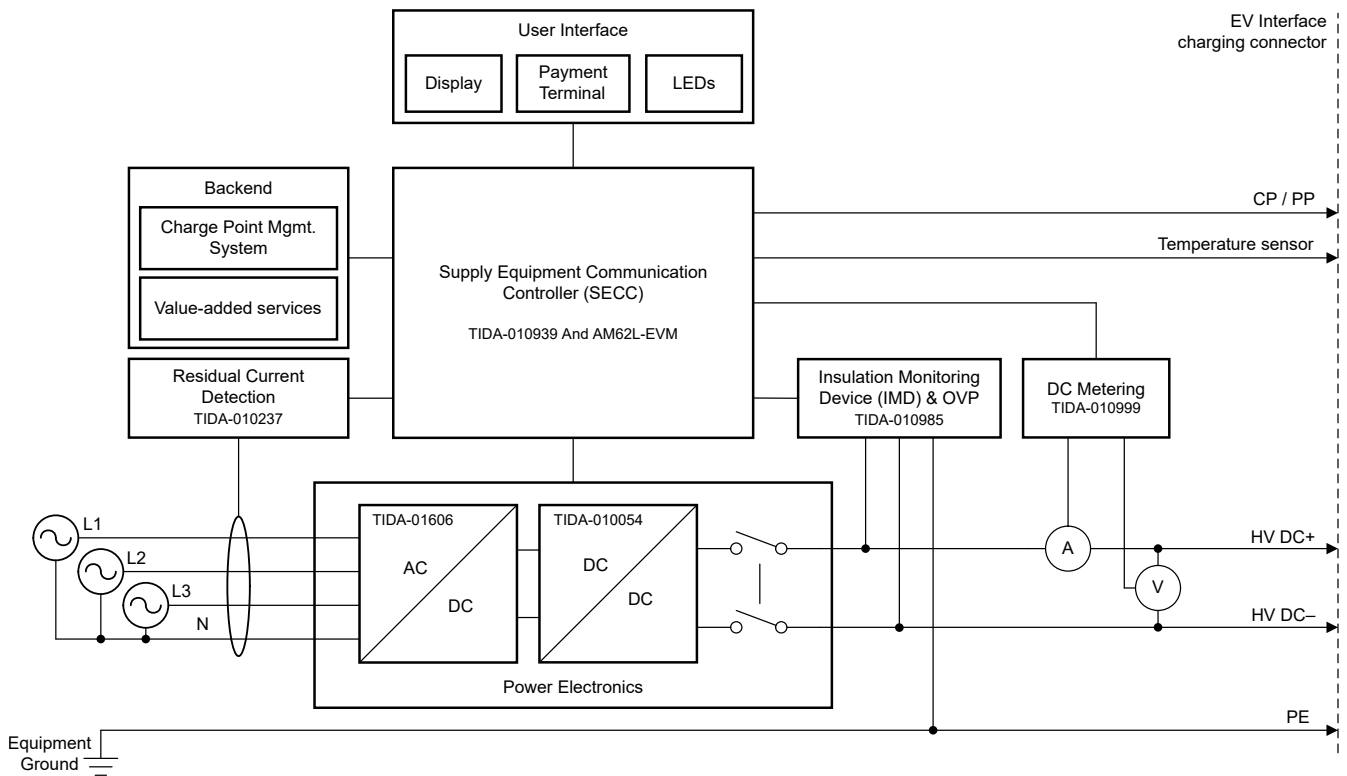


图 1. EVSE 方框图

充电过程

充电过程始于一个简单的物理动作：驾驶员将车辆接入充电站。从那一刻起，EVSE 会协调执行一系列预定的通信、安全检查、电力输送、计量和交易处理流程，之后才将电能输送至电池。

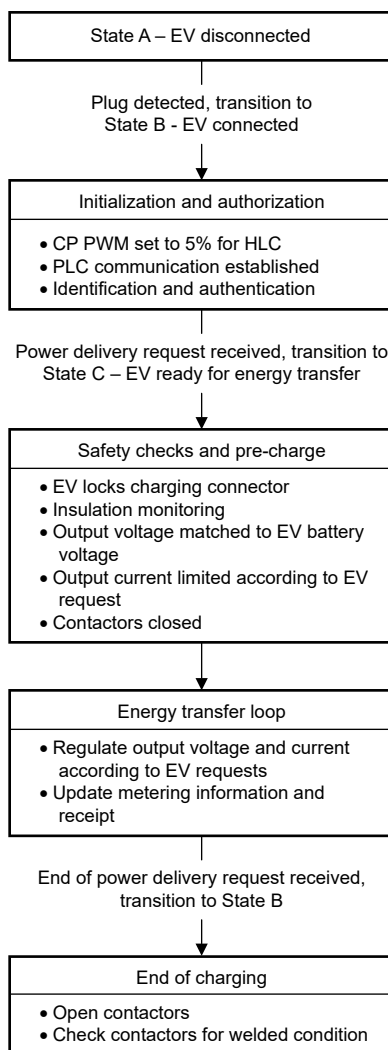


图 2. 直流充电过程

首先，EVSE 检测到车辆已连接，并与 EV 建立低级信令。该模拟信令确认连接状态，并指示充电站的可用电流能力或高级通信需求。

对于简单的交流充电，这种低级通信可能就足够了。对于直流快充，即插即充以及车网互动 (V2G) 运行，则需要进行高级通信，使 EV 和 EVSE 能够交换充电限制、电池电压需求、认证数据和会话控制消息等信息。

一旦建立通信，用户即可通过人机界面 (HMI) 与充电桩进行交互。根据充电桩等级，HMI 可以包括从状态 LED 和按钮到带触控功能的显示屏等。在商业或联网充电站中，后端通信还能实现用户身份验证、电价更新、支付处理和充电点管理。

在允许接通电源之前，EVSE 必须确认系统是安全的。直流快充桩必须监测高压直流系统与保护接地 (PE) 之间的绝缘电阻。交流连接系统则必须检测剩余电流，并在发生接地故障时断开电网连接。

安全检查通过后，EVSE 才会启用相应的电源路径。在交流充电中，充电站将交流电安全地切换到车辆中，由车辆的车载充电器完成交流/直流转换。而在直流快充中，充电站自身执行电源转换，将电网交流电整流为直流母线，然后调整直流输出以适应 EV 所请求的电压和电流。

要计算充电费用，必须通过能量计准确测量充电过程中使用的电量。由于充电费用通常取决于实时电价，因此需要与后端系统建立可靠的连接。这种连接通常通过以太网或无线网络建立，不仅提供最新电价，还支持用户身份验证和安全支付处理。

德州仪器 (TI) EV 充电参考设计和 EVM

为了加快产品上市速度，德州仪器 (TI) 提供了一套完整的参考设计和评估模块 (EVM) 组合，覆盖所有关键的 EVSE 功能。以下概述将每项设计与其在充电过程中的作用联系起来。

表 1. 按功能分类的参考设计

参考设计	说明	功能
TIDA-010939	通用 EVSE 前端和充电控制器平台	通信/HMI
TIDA-010239	交流 2 级充电桩平台	电源 — 交流充电
TIDA-010985	适用于具有大 Y 电容器的 800V 直流系统的电阻电桥式绝缘监测装置	保护 — 直流
TIDA-010237	交流和直流剩余电流故障检测	保护
TIDA-01606	11kW 双向三相三级 (T 型) 逆变器与 PFC	电源 — 直流充电
TIDA-010054	适用于 3 级电动汽车充电站的双向双有源电桥	电源 — 直流充电
TIDA-010999	直流 (DC) 电表	计量 — 直流
TIDA-010243	三相电流互感器电表	计量 — 交流

通信和 HMI

充电会话从 EV 连接到 EVSE 开始。低级信令验证连接并传达基本充电能力。如果充电应用场景需要，EVSE 随后会与车辆建立高级通信。

高级通信对于直流快充、即插即充和 V2G 尤为重要，在这些场景中，充电站和 EV 必须持续交换电池限制、目标电压、电流限制和会话等信息。这种通信使 EVSE 能够协调电力输送，而不仅仅是简单地接通或断开电源。

用户界面也是同一系统级体验的一部分。简单的充电桩可能只需要 LED 指示灯和按钮，而公共充电站通常使用带触控功能的显示屏来引导用户、显示充电状态，并在不同地点提供一致的体验。后端连接则通过身份验证、定价、支付和充电网点管理扩展了这一流程。

[TIDA-010939](#) EVSE 前端控制器设计支持该通信和控制层。完整的平台组合了 [AM62L EVM \(TMD62LEVM\)](#)、EVSE 前端控制器以及可选的 [TIDA-010239](#) 交流充电平台。[AM62L](#) 处理器支持高级软件栈、HMI、以太网和无线连接，而 EVSE 前端则管理低级 EV 信令，承载 HomePlug Green PHY、插头锁定和充电连接器处的温度监测等功能。

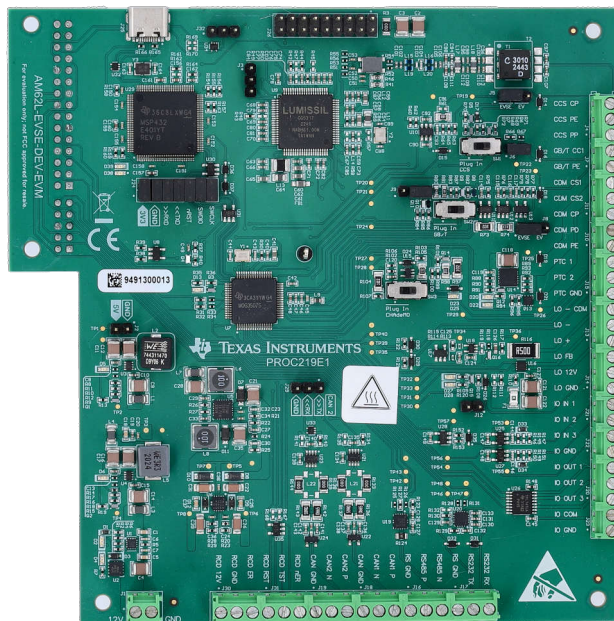


图 3. TIDA-010939/AM62L-EVSE-DEV-EVM

该平台应与 [AM62L-EVSE-SDK](#) 配合使用。该软件包含 EVerest，这是一个开源 EV 充电协议栈，支持基于 ISO 15118 和 IEC 61851 的充电实现。结合所提供的软件示例，该 SDK 使开发者能够在 EVSE 硬件平台上评估通信、控制和充电工作流程，而无需从头开始构建完整的测试软件栈。可以使用器件型号 [AM62L-EVSE-DEV-EVM](#) 订购 [TIDA-010939](#)。

[TIDA-010939](#) 用作通用通信控制器，而 [TIDA-010239](#) 则扩展了该设计，突出了交流充电所需的其他部分。它包括一个具有超级电容器备用电源的隔离式辅助 AC/DC 功率级、高效继电器和接触器驱动电路，以及用于监测继电器状态的跨继电器和接触器的隔离式线路电压检测。它结合 EVSE 控制器，展示了实现符合 ISO 15118、J1772 和 IEC 61851 标准的交流充电的基本模块。

保护器件

建立通信并实现兼容后，EVSE 必须先验证电气安全性，然后才能开始充电。交流和直流充电的保护要求有所不同，但目标是一致的：防止危险的接触电流，并在发生故障时迅速断开电源。

直流充电绝缘监测

在高压直流充电系统中，直流输出与保护性接地隔离。绝缘电阻必须保持足够高，以限制泄漏电流并降低电击风险。绝缘监测器件 (IMD) 观察此电阻，并在绝缘不足时向主控制器报告故障。

[TIDA-010985](#) 参考设计实现了一种适用于具有大 Y 电容器的 800V 直流系统的电阻电桥式 IMD。它可检测对称和非对称绝缘故障，也可测量系统电容。这使得该设计适用于直流快充系统，在这些系统中，较大的 EMI 滤波电容会影响绝缘监测行为。

针对交流和直流故障的剩余电流检测

在交流连接 EVSE 系统中，电网连接未像高压直流输出那样进行隔离。如果发生接地故障，EVSE 必须检测剩余电流，并跳闸继电器或接触器以断开电网电源。

TIDA-010237 参考设计通过监测相线和中性线导体来检测交流和直流剩余电流。在正常运行时，电流总和为零。发生接地故障期间，电流总和不再为零，表明存在剩余电流。该设计所针对的故障阈值符合 IEC 62752 和 IEC 62955 标准，如 6mA 直流和 30mA RMS 交流。

电源转换

电源转换架构取决于充电桩向车辆提供的是交流电还是直流电。在交流充电中，EVSE 控制和保护交流输出，而车辆的车载充电器将交流电转换为直流电。在直流快充中，EVSE 在车外执行转换，并直接向电池提供稳压的直流电源。

交流/直流级

直流快充桩的第一个功率变换级是交流/直流级。它对三相电网输入进行整流，并建立一条稳定的高压直流链路。该功率级还提供功率因数校正 (PFC)，并可支持面向 V2G 应用的双向功率流。

TIDA-01606 参考设计展示了如何实现双向三相三级 T 型有源前端和 PFC 级。该设计采用 SiC 器件，开关频率高达 90kHz，并使用 LCL 输出滤波器来减小磁性元件尺寸。该设计实现了 98.6% 的峰值效率，并展示了 DQ 坐标系中的三相 AFE 控制能力。这款双向转换器可实现直流快速充电和车辆到电网 (V2G) 应用。

直流/直流级

直流快充桩的第二个功率级是 DC/DC 转换器。它接收直流链路电压并调节输出以匹配 EV 电池电压。在充电过程中，EV 持续传达电压和电流限制，功率级必须动态遵循这些限制。

TIDA-010054 参考设计实现了一种单相双有源桥 (DAB) DC/DC 转换器。DAB 拓扑支持电隔离、高效率、软开关操作、高压转换比和双向功率流。这些特性使其适用于模块化直流快充桩和储能应用。

电能计量

在充电链的末端，EVSE 必须测量输送了多少电能。准确的计量对于计费、诊断和面向电网的能源管理必不可少。为了计入功率损耗，测量应在负载点附近进行，以便正确处理转换损耗。对于直流快充，这需要一个能精确测量高直流电压和电流的电表。

TIDA-010999 参考设计在紧凑的外形中实现对高直流电压和电流的测量，从而解决直流电能计量问题。该设计面向计费级计量应用，并支持在包括直流快充桩在内的新兴直流电力基础设施中进行评估。

对于交流充电，可以在 EVSE 内部或作为独立模块使用标准交流电能计量方法。根据相数、电流传感器类型和所需的安全特性，TI 提供了多种交流计量参考设计，包括基于三相电流互感器的设计，如 **TIDA-010243**。



图 4. TIDA-010243

有关交流电表的更多信息，请参阅 [电能计量参考设计选型指南](#)。

总结

可以将 EV 充电站理解为一组协调有序的功能模块。EVSE 首先检测车辆并与其通信，验证用户身份，验证电气安全性，启用适当的交流或直流电源路径，测量输送的电能，并向后端系统报告充电会话。

德州仪器 (TI) 的参考设计通过硬件构建块为这些步骤提供支持，涵盖通信、HMI、保护、电源转换、电能计量和连接。此外，TI 还提供了软件示例和开发平台，帮助连接这些功能形成一个有效的 EVSE 系统，包括在 AM62L EVSE 开发平台上支持开源 EVerest 软件栈。

通过结合参考硬件、处理器 SDK 软件和系统级示例，开发者可以更早地评估关键 EVSE 功能，选择符合其充电架构的设计，并缩短从概念到实现的推进过程。

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月