

从器件到平台: EPC23108/109/110/111 100 V 集成式氮化镓功率级, 简化多轴电机驱动设计



Efficient Power Conversion Corporation

2026年7月21日改訂

摘要

多轴机器人、无人机、手术机器人和精密运动平台, 正要求低压电机驱动 (motor drive) 迈向更高功率密度、更小体积、更快动态响应和更复杂控制接口的阶段。对于这类系统, 功率级设计的难点不再只是选择更低 $R_{DS(on)}$ 的开关器件, 而是如何同时处理栅极驱动、dead time (死区时间)、故障响应、电流检测、热裕量、EMI/dv/dt 以及多轴线束复杂度。

包含 EPC23108、EPC23109、EPC23110 和 EPC23111 在内的 100 V 集成式氮化镓功率级 IC 面向这一类系统约束, 将高边/低边 eGaN FET、栅极驱动 (gate driver)、电平转换 (level shifting)、控制接口和保护逻辑集成到同一功率级中。配合 EPC91128–EPC91131 三相 BLDC/PMSM 逆变评估平台, 工程师可以在 14–80 V 推荐工作范围内、48 V 典型条件下, 评估不同电流等级、不同 PWM 接口和不同散热边界下的系统表现。它的核心价值, 在于缩短从选型到系统验证的路径——GaN 的高频、高功率密度和快速保护能力已经集成进可直接评估的电机驱动平台。

低压高性能电机驱动的系统限制正在变化

在机器人和无人机系统中, 电机驱动的设计瓶颈通常不在于单一因素, 而是多种限制都在变化: 空间有限、重量敏感、热密度高、线束复杂、轴数增加、故障响应窗口变短等均带来限制。一个多轴手术机器人可以轻易达到十几个轴; 一个人形机器人的手臂里可能需集成数十个电机; 中小型无人机则需要把每一克重量尽可能留给有效载荷和续航。

这意味着, 低压电机驱动已经走到需要完整功率级集成的阶段。工程师关心的问题包括: 功率级能否缩小, 驱动和保护是否可靠, PWM 接口是否容易接入现有控制器, 死区时间是否可控, 故障关断是否足够快, 检测链路是否完整, 以及平台能否快速复制到多电机系统。

EPC231xx 的定位正是围绕这些问题展开, 它能降低分立式功率级的匹配负担, 变成一个紧凑的三相驱动。

EPC231XX: 面向 100 V BLDC/PMSM 的集成式 GAN 功率级

EPC231xx 系列包括 EPC23108、EPC23109、EPC23110 和 EPC23111, 面向 100 V BLDC/PMSM 电机驱动。该系列采用 ePower™ Stage IC 形态, 在同一功率级中 (见表 1) 集成高边/低边 eGaN FET、栅极驱动、电平转换以及控制和保护功能。

从电流等级和应用取向看, EPC23108/EPC23109 面向较高电流能力, 适合作为更高功率三相驱动的基础; EPC23110/EPC23111 则面向较低电流、更高频率的电机驱动应用。实际选型时, 应把输出电容 (C_{oss})、目标开关频率、散热条件和连续/脉冲电流边界放在同一组约束中判断。四款器件在电流能力之外, 更关键的差异体现在控制接口选择上: EPC23108/EPC23110 对应互补 PWM 控制路线, EPC23109/EPC23111 对应单端 PWM+ 使能控制路线。

这种产品划分的意义在于, 工程师可以直接按系统架构选型: 如果控制器已经具备成熟的 6 PWM 输出和在线死区时间优化能力, 可以选择 complementary PWM 路线; 如果系统更关注多轴布线、接口数量和装配复杂度, 则 single PWM+ 使能更适合成为起步方案。

器件	负载电流	最高输入电压	典型 R _{DS(on)}	控制接口	对应评估板
EPC23108	35 A	100 V	5.2 mΩ	Independent HS / LS inputs; 适合互补 PWM / 双端 PWM 控制	EPC91128
EPC23109	35 A	100 V	5.2 mΩ	单端 PWM + 使能; 内部固定死区时间	EPC91129
EPC23110	20 A	100 V	8.7 mΩ	Independent HS / LS inputs; 适合互补 PWM / 双端 PWM 控制	EPC91130
EPC23111	20 A	100 V	8.7 mΩ	单端 PWM + 使能; 内部固定死区时间	EPC91131

表 1: EPC231xx 产品系列快速对照

控制与保护: 缩短故障响应链路, 释放 PWM 调制自由度

EPC231xx 本代产品的控制保护特性在于缩短了故障响应链路, 并为复杂的 PWM 调制提供更高自由度。该系列采用 active-low fault / shutdown (低有效故障 / 关断) 信号。在故障条件下, 低电平有效故障信号可立即工作, 并通过硬件路径切断送往功率 GaN FET 的 PWM 命令。

这种立即禁止 PWM 的设置对电机驱动系统具有实际意义。机器人关节、无人机电机和精密运动平台在异常工况下需要尽快切断异常能量路径, 避免故障状态继续积累。把故障响应路径做进功率级和冗余硬件链路, 有助于降低控制电子系统在安全评估中的设计负担。

另一个关键能力是 100% 占空比运行。EPC231xx 的高边 / 低边 PWM 脉冲不受持续时间限制; 只要供电条件满足, 器件可支持不间断的 100% 导通时间。在部分工况下, 这类调制方式有机会减少开关损耗或改善系统能耗, 使氮化镓的价值从高速开关进一步延伸到控制策略和系统效率。

EPC91128-EPC91131: 把器件能力转化为三相逆变平台

EPC91128-EPC91131 是围绕三相 BLDC / PMSM 电机驱动构建的评估平台。它们把 EPC231xx 功率级、三相逆变、检测链路、保护电路和控制器接口集中到同一块板上, 帮助工程师直接评估完整系统行为。

四块评估板的推荐输入范围为 14-80 V, 典型应用条件为 48 V; 板卡尺寸约 81 × 75 mm。平台集成三相电流检测、三相电压检测、DC bus 电压检测、温度检测、housekeeping power (辅助电源)、encoder / Hall sensor interface (编码器 / 霍尔传感器接口)、过流保护和欠压锁定。对于工程师而言, 这意味着可以直接观察功率级在真实三相电机驱动条件下的电流能力、温升、保护动作和控制接口表现——系统边界可直接在板上实测, 无需从器件曲线推导。

平台还通过 40-pin 控制器接口接入控制器, 确保能适配 Microchip、Texas Instruments、STMicroelectronics、Renesas 以及其他通用控制接口板。这样, 工程师可以在熟悉的 MCU / DSP 控制生态中评估功率板、检测链路和保护电路是否已经就绪。

这一点对成队的机器人和无人机尤其重要。多数团队控制算法能力已经到位, 瓶颈在于把功率级、检测、保护、散热和控制器接口稳定集成到紧凑系统中。EPC91128-EPC91131 把这部分系统验证前移到了拿到板就能跑电机的程度 (见图 1)。

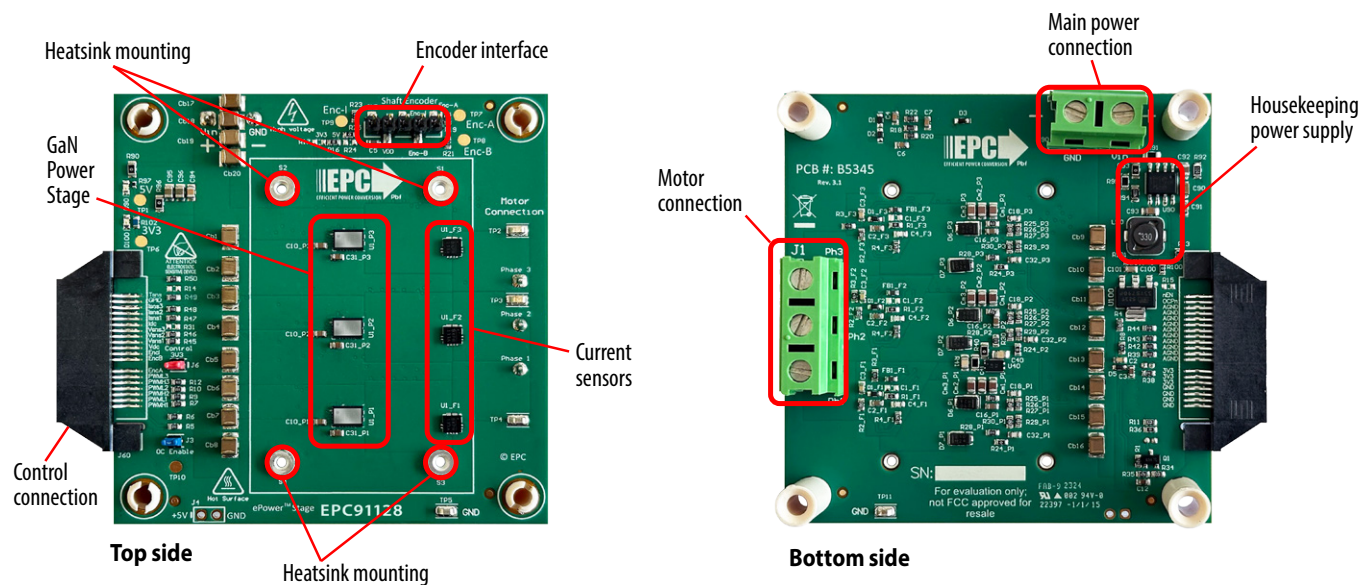


图 1: EPC91128-EPC91131 评估板主要功能区, 包括氮化镓功率级、主功率连接、控制连接、电流传感器 (current sensors)、encoder / Hall interface 和辅助电源 (housekeeping power supply)。

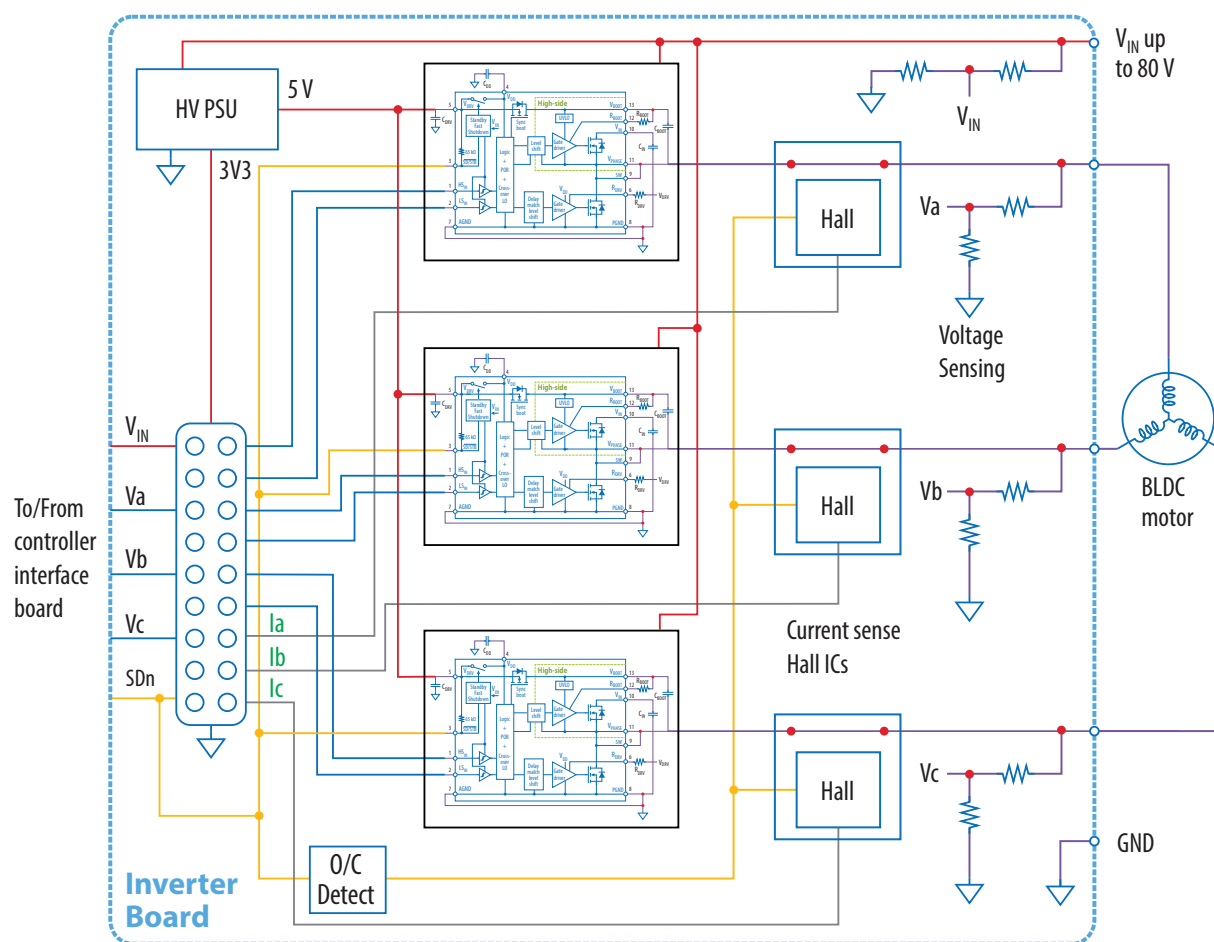


图 2: EPC91128/EPC91130 在 BLDC 驱动应用中的互补 PWM 框图, 展示三相功率级、霍尔电流检测、相电压 / DC bus 电压检测、过流检测与控制接口之间的连接关系。

平台能力	规格	工程意义
输入电压	推荐 14–80 V; 典型 48 V	覆盖机器人、无人机和紧凑电池供电平台常见低压母线
板卡尺寸	81 × 75 mm (含连接器)	紧凑尺寸, 便于嵌入多轴驱动系统和空间受限的机器人关节
开关频率	20–150 kHz; 典型 100 kHz	支持高频验证, 有助于缩小无源器件并改善动态响应
dv/dt	低于 10 V/ns, 可通过电阻调整	降低电机噪声、转矩纹波和 EMI, 提高系统可控性
检测链路	三相电流、三相电压、DC bus 电压、温度检测	完整的检测链路使工程师可直接评估电流、热和保护边界
保护功能	OCP、input supply UVLO; SDn / OCDn 均为 active low	硬件级快速关断, 缩短故障响应链路
控制器接口	40-pin; 兼容 Microchip、TI、ST、Renesas 及通用接口板	降低从功率级评估到控制生态适配的开发门槛
位置反馈接口	Shaft encoder / Hall sensors (轴编码器 / 霍尔传感器), 支持 3.3 V/5 V	直接适配 BLDC 电机驱动和多轴运动控制场景

表 2: EPC91128–EPC91131 平台能力一览

工程选型路径

1. 先按电流等级划分: 更高连续 / 脉冲电流优先看 EPC91128 / EPC91129; 较低电流、高频取向优先看 EPC91130 / EPC91131。
2. 再按控制接口划分: 已有 6 PWM / 互补 PWM 控制资源时选择 EPC91128 或 EPC91130; 多轴布线和接口数量是主要约束时选择 EPC91129 或 EPC91131。
3. 再核对热边界: 以 48 V、100 kHz、50 ns 死区时间的官方验证数据作为起点, 结合是否加散热片、环境温度和目标占空比重新评估裕量。
4. 最后进入系统验证: 在目标控制器、目标电机、目标散热结构下复测电流检测、OCP / UVLO、故障响应与温升表现 (见表 2)。

两类 PWM 接口: 取舍控制自由度与多轴部署效率

EPC91128 和 EPC91130 采用 6 路 PWM 输入驱动三相电机。这一路线适合已有成熟互补 PWM 控制架构的系统, 也适合需要更高控制自由度、在线调节死区时间或精细管理高低侧开关行为的应用。

EPC91129 和 EPC91131 采用 3 路单端 PWM 输入加 1 路使能, 并在器件内部嵌入固定死区时间。对于多轴系统, 这种接口能减少控制线数量, 降低线束复杂度, 提升装配和维护效率。当系统从单电机扩展到十几个甚至几十个电机时, 转化为明显的提及、重量、连接器数量和布线难易度优势。

因此, 6 PWM 与单端 PWM + 使能并不是简单的高低配关系, 而是两种系统设计取向:

- 6 PWM 输入: 适合重视控制自由度、已有成熟控制器输出资源、需要灵活死区时间管理的系统。
- 单端 PWM + 使能: 适合重视多轴集成、线束简化、接口确定性和快速部署的系统。

在机器人手臂、手术机器人和紧凑无人机中, 接口数量和布线空间常常与功率密度同样关键。

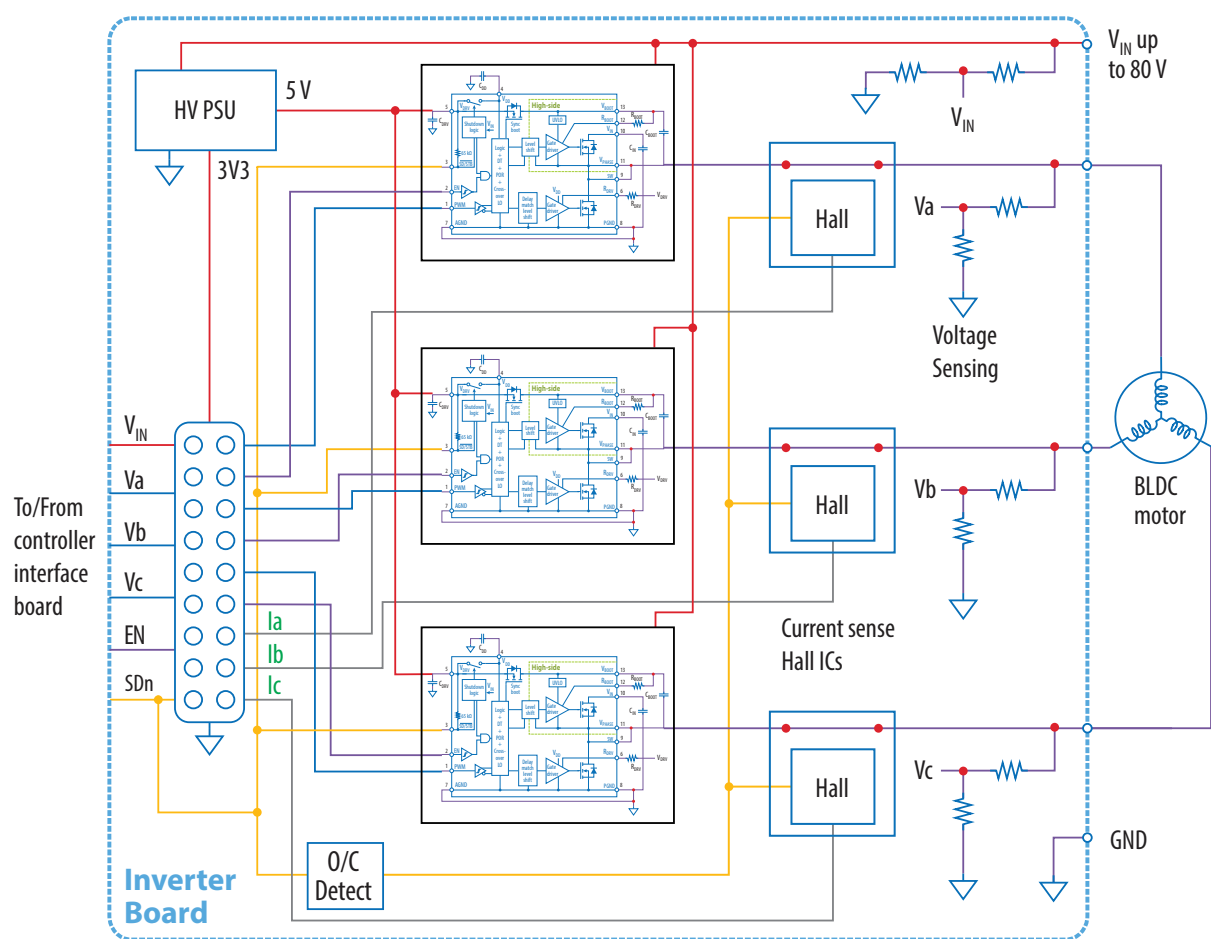


图 3: EPC91129/EPC91131 在 BLDC 电机应用中的 single PWM + 使能的功能框图。相比 complementary PWM 路线, 该接口更适合强调多轴线束简化和控制接口确定性的系统。

四块评估板如何选择

EPC91128、EPC91129、EPC91130 和 EPC91131 的选择, 可以按三个维度判断: 目标电流等级、控制接口类型和开关频率/输出电容 (C_{OSS}) 需求。

EPC91128/EPC91129 面向较高电流能力, 适合需要更高连续电流和脉冲电流的 BLDC/PMSM 驱动。其中, EPC91128 采用 6 PWM 输入, 适合强调控制自由度的系统; EPC91129 采用 3 PWM + 使能, 适合希望减少线束和控制接口数量的多轴系统 (见图 3)。

EPC91130/EPC91131 面向较低电流等级, 但器件输出电容 (C_{OSS}) 更低, 更适合较高开关频率、较低电流的电机应用。其中, EPC91130 对应 6 PWM 输入, EPC91131 对应 3 PWM + 使能。

从保护能力看, 四块板均集成三相独立 OCP, 并通过低电平有效关断机制实现快速关断。开关频率支持 20–150 kHz, 典型评估条件为 100 kHz。工程师可根据电机功率、控制器资源、线束限制、散热条件和目标开关频率选择起步平台 (见表 3)。

评估板	对应器件	验证条件	典型应用判断	自然对流 / 自然对流	脉冲电流能力
EPC91128 / EPC91129	EPC23108 / EPC23109	48 V _{DC} , 100 kHz PWM, 50 ns 死区时间, 3 kW 电机	15 A _{RMS} 稳态	20 A _{RMS} 稳态	29 A _{RMS} 脉冲电流 (带散热器)
EPC91130 / EPC91131	EPC23110 / EPC23111	48 V _{DC} , 100 kHz PWM, 50 ns 死区时间, 3 kW 电机	10-11 A _{RMS} 稳态	15 A _{RMS} 稳态	18 A-18.7 A _{RMS} 脉冲电流 (带散热器)

表 3 :官方热性能与电流验证数据

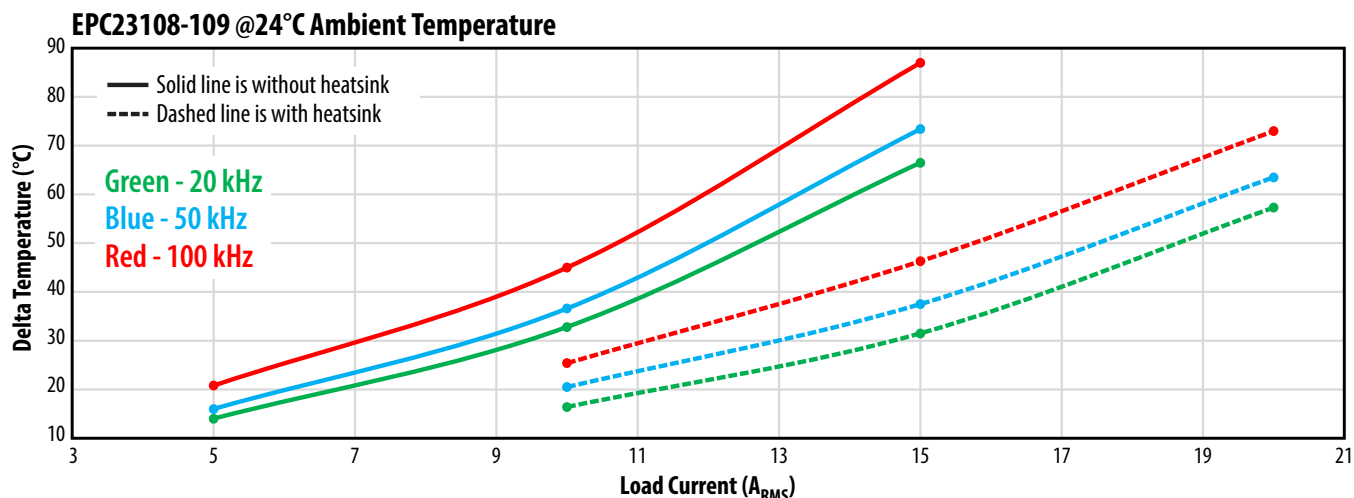


图 4: EPC91128 / EPC91129 在 20 kHz、50 kHz、100 kHz 下的稳态散热表现。实线为无散热片的情况，虚线为加散热片。
资料来源: [EPC91128-EPC91131 Quick Start Guide](#).

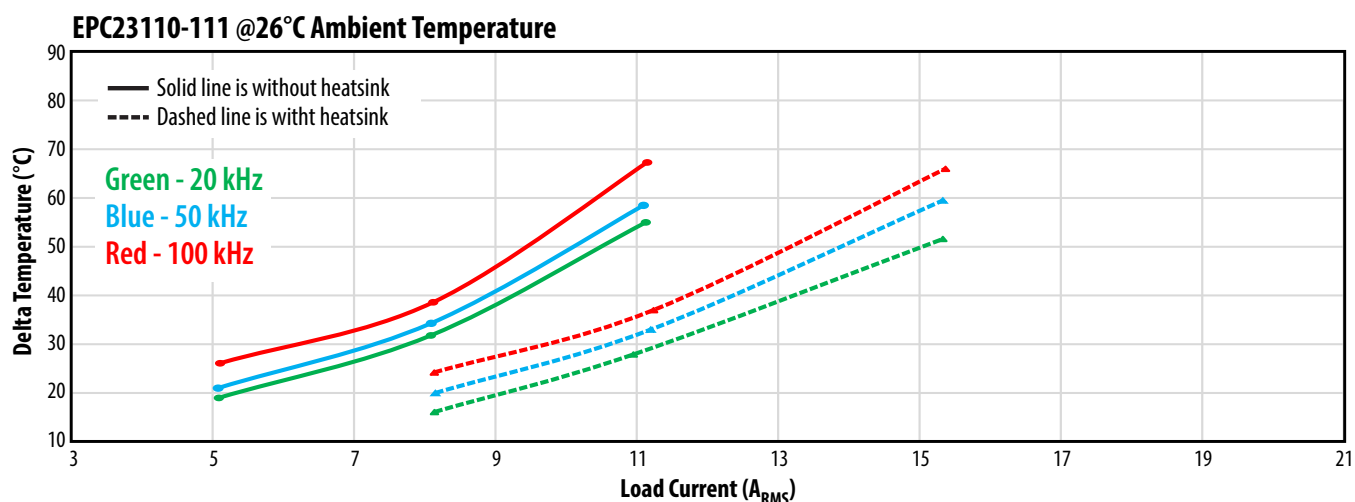


图 5: EPC91130 / EPC91131 在 20 kHz、50 kHz、100 kHz 下的稳态散热表现。实线为无散热片的情况，虚线为加散热片。
资料来源: [EPC91128-EPC91131 Quick Start Guide](#).

对机器人、无人机和精密运动控制的意义

EPC231xx 与 EPC91128–EPC91131 的组合, 直接对应低压高性能电机驱动的几组日趋严苛的系统性限制。

最直观的是体积和重量。机器人关节、灵巧手、手术机器人的末端执行器、无人机动力系统——这些场景留给功率级的空间越来越小。集成式氮化镓功率级压缩了分立器件、栅极驱动、保护和外围匹配占据的板级面积, 而单端 PWM + 使能接口同时减少了多轴系统中控制线数量和连接器体积。当系统从单电机扩展到几十个电机时, 每个轴省掉 2–3 根控制线带来的布线和重量优势会迅速累积。

保护响应速度同样关键。高动态运动控制系统对异常状态的容忍窗口很短, 低电平有效关断和硬件级 PWM 即时关断机制可直接在功率级内部完成异常切断, 减少了外围保护逻辑的负担。

还有一组经常被低估的限制是: 高频运行和热边界的系统级验证。氮化镓的高频能力可以帮助缩小无源器件、改善动态响应, 但这些优势能否在目标散热条件和目标电流下兑现, 需要在真实三相电机驱动环境中测试。EPC91128–EPC91131 提供的正是这个测试环境: 48 V、100 kHz、不同散热配置下的电流能力和温升数据已经给出了可参考的基线 (图 4 和图 5)。

氮化镓电机驱动的竞争维度在变

在 100 V 电机驱动中, 氮化镓的竞争焦点已经移到系统设计复杂度这一层。单点性能优势行业已经看到了, 问题是怎么让工程师用得起来。对于机器人、无人机和精密运动控制厂商, 真正影响导入速度的是整套功率级是否容易验证、容易保护、容易控制、容易散热, 并且容易复制到多轴系统。

一颗 IC 解决功率级, 配合一块板完成三相系统验证——工程师不必重复搭建已经验证过的链路。

对工程团队来说, 这压缩了从拿到氮化镓器件到在目标电机上跑出系统级数据的周期, 尤其当系统要复制到十几个轴时, 平台化的起点比分立搭建的起点快得多。

结论

EPC231xx 与 EPC91128–EPC91131 构成了一套面向低压高性能电机驱动的系统化方案, 覆盖从功率级选型到三相逆变平台验证的完整路径。工程师拿到评估板后可以在 48 V / 100 kHz 条件下直接验证电流能力、温升和保护动作, 在目标控制器和目标电机上积累系统数据。

当人形机器人、无人机、手术机器人和精密运动平台继续走向更高轴数、更小体积和更高动态响应的方向时, 100 V 集成式氮化镓功率级能否成为多轴驱动的标准功率级起点, 取决于它在真实系统中积累的验证深度和工程生态覆盖。EPC231xx 和 EPC91128–EPC91131 是 EPC 在该方向上应运而生的第一套平台级方案。

资源入口

- [EPC23108 产品信息](#)
- [EPC23109 产品信息](#)
- [EPC23110 产品信息](#)
- [EPC23111 产品信息](#)
- [EPC91128 / EPC91129 评估板详情与设计文件](#)
- [EPC91130 / EPC91131 评估板详情与设计文件](#)