

## Technical Article

## 协作机器人到类人机器人：将系统效率和安全性融入更大功率的机器人中



Sarah Anthraper

随着制造业的自动化程度不断提高，以及消费者在家中安装这些自动化系统，机器人市场将继续增长。公司纷纷开始在其工厂和仓库中实现制造系统的自动化，并适应未来机器人与人类进行更多互动的情形。

制造机器人的设计工程师了解，有数百种不同类型的机器人系统。如图 1 所示，机器人种类繁多，从功率只有几瓦的小型辅助机器人到自主移动机器人、类人机器人以及功率高达 4kW 及更高的重型工业机器人。

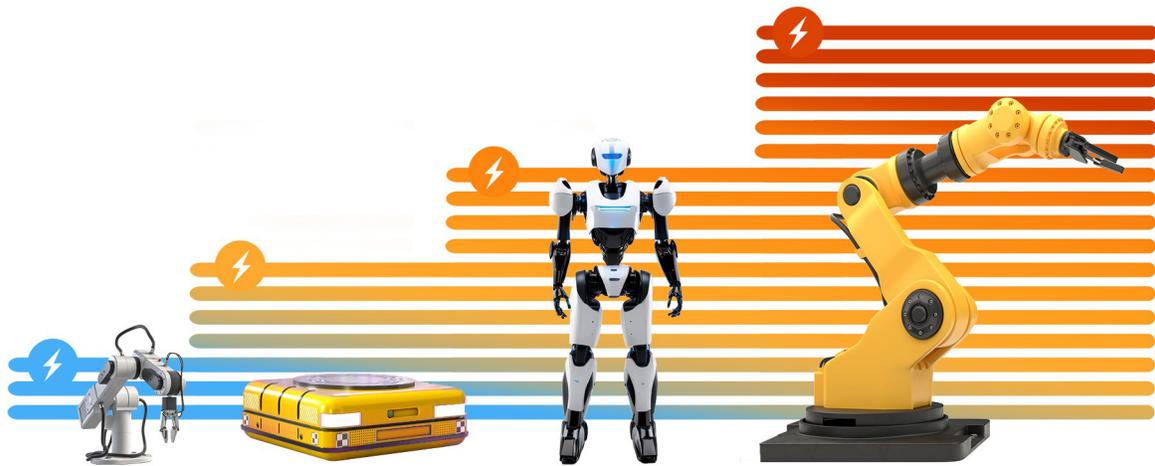


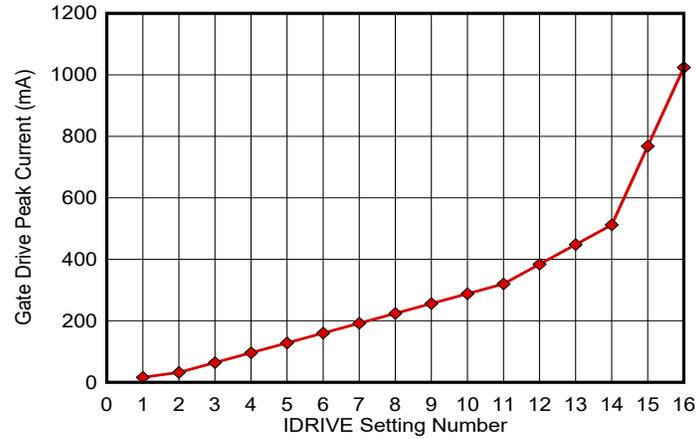
图 1. 协作机器人、移动机器人、类人机器人和工业机器人有各种形状和尺寸，功率级别范围为 10W 至  $\geq 4\text{kW}$

机器人制造商在开发高级系统时面临几项设计挑战。上述机器人应用通常使用 48V 电压轨并支持 2kg 至 40kg 的有效载荷。在设计更高负载时，工程师必须同时考虑机械和设计影响，以适应更高的功率级别。较高的电流可能会因电磁干扰 (EMI) 或开关损耗过高而导致系统性能低下。功能安全也是一个重要因素，因为机器人经常在有人类存在的环境中使用。无论是在生产车间还是在消费者的家中，设计能够在必要时安全关闭的系统都非常重要。

借助 TI DRV8162 等智能单半桥栅极驱动器，您可以灵活地创建能够承受大功率和电压范围，同时降低 EMI 并符合功能安全标准的集成系统。

### 面向各种功率级别的设计

我们的智能栅极驱动器采用 TI 的 IDRIVE 可调栅极驱动电流方案，可在多个级别的栅极电流中控制 MOSFET 压摆率。DRV8162 具有 16 种可调的粒度设置（如图 2 所示），可控制何时选择 MOSFET 和终端应用。有关 IDRIVE 的更多详细信息，请阅读[了解智能栅极驱动](#)。



**图 2. DRV8162 的 16 个 IDRIVE 设置和可编程的拉电流/灌电流比可省去外部无源器件并简化设计**

使用 [方程式 1](#)，您可以通过 MOSFET 的栅漏电荷 (Qgd) 规格以及 MOSFET 漏极和源极之间最大电压的上升和下降时间，估算出哪个 IDRIVE 设置更适合您的系统。这些值根据您的系统性能要求而变化。

$$\text{IDRIVE (A)} = \frac{\text{Qgd (nC)}}{\text{Trise or Tfall (ns)}} \quad (1)$$

如果 IDRIVE 不靠近您使用的器件中的栅极驱动设置，您将需要额外的无源器件（包括栅极电阻器）来实现所需的栅极电流。这些额外元件增加了总体物料清单成本，并增加了印刷电路板 (PCB) 的尺寸，这可能会对协作机器人、移动机器人和类人关节中的小型设计造成影响。

使用同类半桥栅极驱动器时，需要使用外部栅极电阻器，因为它们仅提供固定电流或两到四个分立式设置。DRV8162 驱动器中的 16 种栅极驱动设置和可编程拉/灌比率让您可以灵活地移除外部无源器件并简化设计。

宽 Qgd 支持使您可以在具有不同 MOSFET 的各种低功率、中功率和高功率机器人平台上使用驱动器，而无需更改每个系统中的栅极驱动器设计。DRV8162 的栅极拉电流和灌电流可分别设置为低至 16mA 和 32mA，最高可达 1024mA 和 2048mA。例如，48V 系统中的 1V/ns 压摆率可用于计算 48ns Trise/Tfall。这会产生该器件可以支持的 0.77nC/1.54nC 至 49.15nC/98.30nC MOSFET Qgd 范围。

## 提高系统性能

与三相集成式栅极驱动器相比，DRV8162 的单半桥架构使其能够更靠近 FET。图 3 展示了两两种圆形 PCB 设计，其中比较了三相与单相半桥实现。

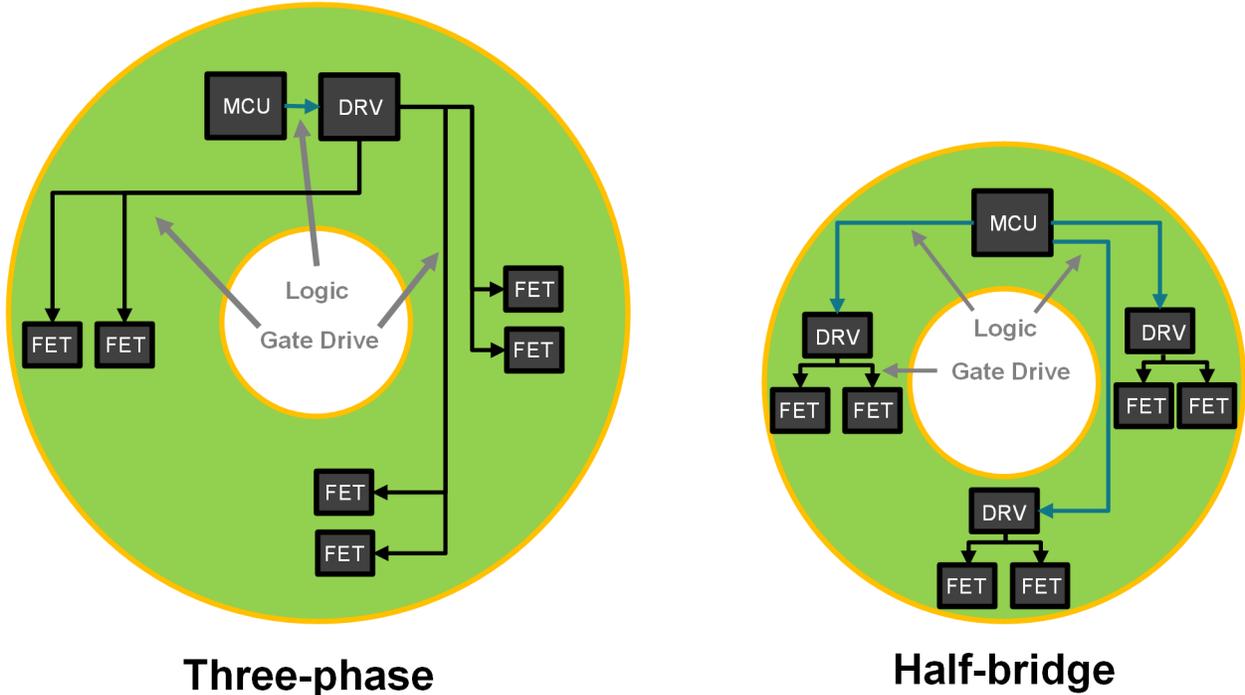


图 3. 采用三相栅极驱动器实现方案的圆形 PCB 设计，左侧是 MCU、驱动器和 FET，右侧是单个半桥设计

将栅极驱动器放置在更靠近 FET 的位置可缩短布线长度，提高信号完整性，并减少栅极和源极节点上的寄生效应。更短的路径还有助于降低布线电感的影响，从而降低振铃和 EMI。

此外，DRV8162 有助于通过 20ns 的死区时间改善系统效率和声学性能，还有助于扩大工作脉宽调制占空比范围，从而扩大速度范围，同时提高电机的可用电压。更短的死区时间还可以更大限度减少二极管导通损耗，提高系统效率，并减少电机电流失真，从而降低可闻噪声。这些效果可提高系统的整体性能和效率。

## 机器人中的 STO

许多机器人与人类并肩作战，因此在发生电源故障、电涌或短路时关闭系统至关重要。在器件扭矩无法预测的情况下，电机驱动应用出现故障可能会导致危险情况。由于一些机械在涉及重负载的工业环境中运行，因此必须能够安全关闭并防止意外启动。

国际电工委员会 (IEC) 61800-5-2 标准定义了电路设计中被称为安全扭矩关断 (STO) 的安全功能，该功能可防止向电机供电。DRV8162 和 TI 的 DRV8162L 采用了分离电源架构，可帮助您在系统中实施 STO。

在更高功率的设计中，工程师可以参考[适用于集成电机驱动器的 48V、4kW 小型三相逆变器参考设计 \(TIDA-010956\)](#)，该设计采用了具有 48V<sub>DC</sub> 输入电压和 85A<sub>RMS</sub> 输出电流的 DRV8162L。如图 4 所示，该设计包含建议的 STO 概念、并联 FET、高功率和单个半桥栅极驱动器。

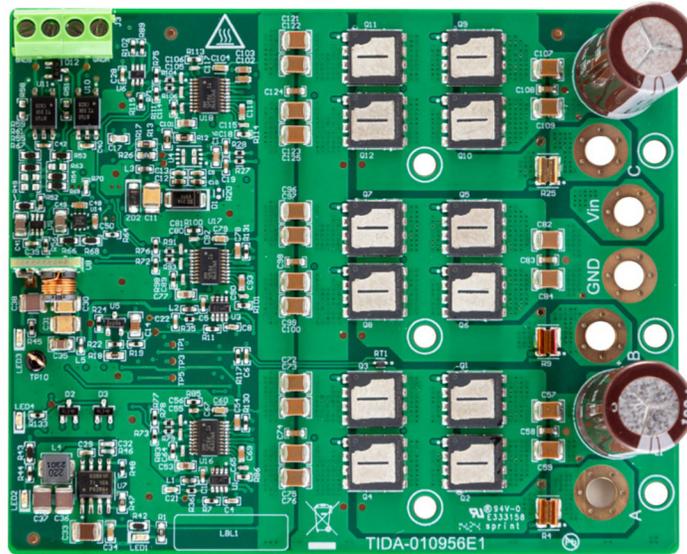


图 4. TI 的三相逆变器参考设计 (TIDA-010956)

## 结语

机器人的现有电机设计采用分立式实现来满足安全要求，这会增加电路板尺寸和物料清单数量。为了提高各种形状和尺寸的机器人的效率和安全性，需要使用 **DRV8162** 这类更小、更安全的集成式栅极驱动器。新款智能单半桥栅极驱动器助力设计人员将功率从 **10W** 扩展到 **4kW** 及更高，同时缩小 PCB 尺寸，提高性能和安全性，并提供灵活性，从而在未来多年内加速机器人创新。

## 其他资源

- 查看应用简报“三相栅极驱动器与三个单半桥栅极驱动器的对比”（文献编号：SLVAFZO）。
- 通过白皮书**集成电压监控功能**，以便在工业固定式和移动式机器人中实现安全电源，了解有关 **STO** 的更多信息。
- 订购 **DRV8161EVM** 评估模块，开始设计 **30A** 三相无刷直流驱动级。

## 商标

所有商标均为其各自所有者所有。

## 重要声明和免责声明

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、某特定用途方面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功能安全、信息安全、监管或其他要求。

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 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/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。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司