

# 适用于可扩展系统的高效、无代码、无传感器 BLDC 电机驱动器



## BLDC 电机的无代码无传感器控制

无刷直流电机 (BLDC) 或永磁同步电机 (PMSM) 的无传感器和可用电机控制算法的开发既复杂又耗时。开发过程可能存在不同的挑战, 包括在所有情况下电机要可靠启动而不发生倒转、实时检测电机转子的初始旋转方向、精确检测电机电流和电压以便可靠地估计电机的位置。其他挑战包括电机参数的变化、可控的电机停止、更快的加速和减速、超高速、防止电机锁死、过流和短路的内置保护机制等。这个过程会很困难, 需要更长的开发和测试时间。MCT8329A 无代码无传感器梯形控制三相栅极驱动器帮助设计人员加快设计速度、无需编写代码即可对电机调优以提高性能, 以及实现可扩展、高效率、低噪声、稳健的电机控制。

## MCT8329A 是一种强大、紧凑和高效的驱动器

对于真空吸尘器和鼓风机等应用, 高速运转可以减小整个系统的尺寸并提供强大的吸力或气流。但是, 在超高速下使用无传感器方法控制 BLDC 电机难度很大, 并且会由于电机换向不当而导致效率降低。

MCT8329A 器件集成了多种技术, 可在各种运行速度下提高效率。

1. **混合换向方案**: MCT8329A 器件集成了混合换向, 在中低速时通过使用反电动势积分来确定换向时刻, 在高速时使用内置精密比较器 (BEMF 过零) 来确定换向时刻。该算法会根据电机速度在反电动势积分和基于比较器的换向方案之间自动转换。基于内置比较器的换向可以实现高效率和超高速度的电机控制, 使电机电气频率超过 3kHz (对于 2 极电机, 转速高达 180kRPM 以上)。图 1 显示了 MCT8329A 在 3kHz 以上的频率下运行, 说明了实现出色电机电流的正确换向。

图 2 显示了 3kHz 电机速度下的初始速度检测和闭环换向的实时检测。

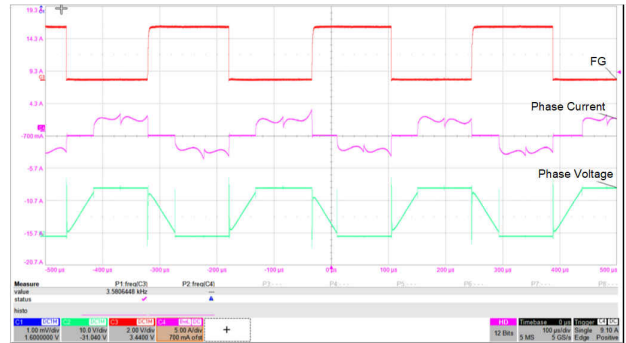
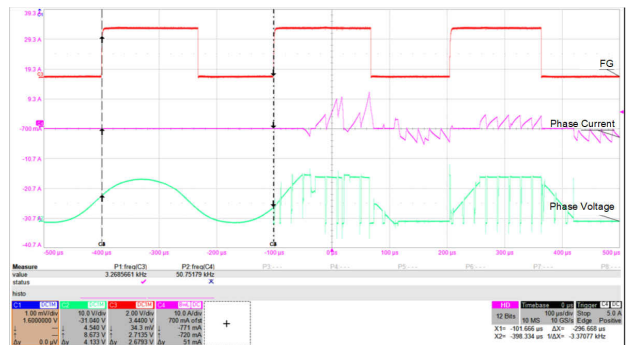


图 1. 使用 MCT8329A 实现电机速度超过 3kHz



- 图 2. 使用 MCT8329A 在 3kHz 初始速度下实时检测
- 超前滞后控制**: 为了提高效率, 必须控制电机的驱动状态, 使电机相电流与电机 BEMF 电压保持一致。对于具有高凸极的电机, 与反电动势相比, 稍微提前或延迟送入电机电流可实现更高的扭矩输出和更高的效率。MCT8329A 集成了超前滞后角度控制 ( $-20^\circ$  超前和  $30^\circ$  滞后), 可更大限度地提高效率和扭矩输出。
  - 混合 PWM 调制**: BLDC 电机的传统换向使用高侧调制, 其中高侧电源开关在  $120^\circ$  电气周期内以 PWM 频率在目标占空比下进行开关。低侧电源开关在  $120^\circ$  电气周期内持续保持开启状态。另一种方法可以是低侧调制。在任一种情况下, 当其他相位切换时, 浮动相绕组中会有电流, 如图 3 所示。这会减小有效转矩, 并增加扭矩纹波, 从而导致额外的功率损耗, 并会导致高侧和低侧开关之间的损耗分布不均匀。这会导致在较低占空比下减小扭矩传递。

MCT8329A 器件集成了一种混合调制方案，可以消除浮动相电流，如图 4 所示，从而提高扭矩、效率并实现损耗的均匀分布。

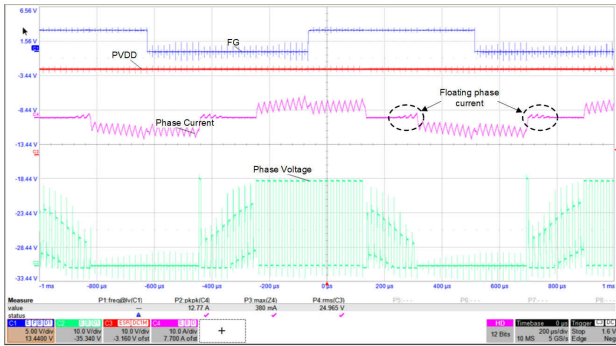


图 3. 高侧 PWM 调制

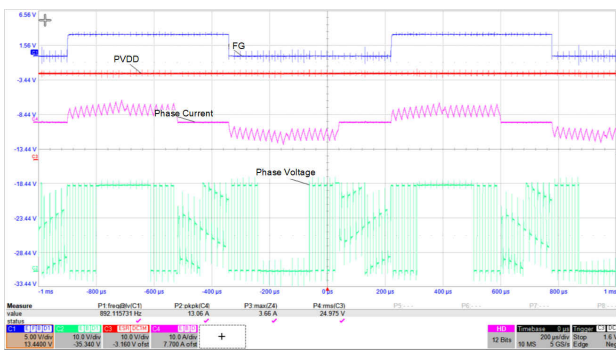


图 4. 混合 PWM 调制

4. **动态电压调节和动态去磁：**MCT8329A 器件集成了多种技术，可提高电机换向时刻的精度。利用反电动势检测比较器的动态电压调节可优化宽工作电压范围内的电压检测分辨率。借助动态去磁功能（或可调去磁窗口），用户可以调节反电动势检测窗口，直至换向相电流达到零，从而消除错误的反电动势检测。

### 安静的 BLDC 电机运行

对于家庭、办公室或商业使用，降低噪声是电机驱动应用的首要要求。MCT8329A 提供具有额外 150° 调制的高级无传感器梯形控制技术，与传统的 120° 梯形控制设计相比，可将 BLDC 电机噪声降低 2-4%。

图 5 显示了 150° 换向的高速（1kHz 电气）真空吸尘器低电感电机的相电流。

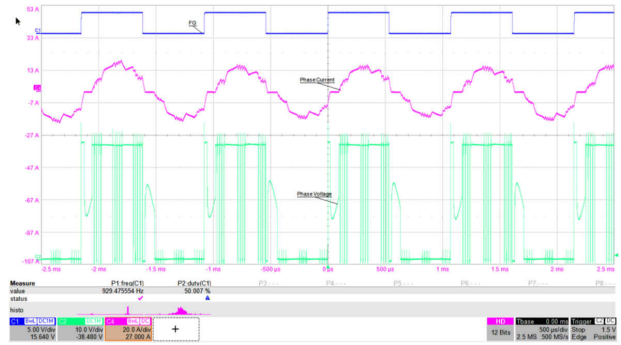


图 5. 具有 150° 调制的真空吸尘器电机的高速运行

### 具有可扩展性，可实现高达 100% 的开发重用

为多个终端应用开发单个平台有助于降低生产成本、改善库存管理、减少设计工作量并加快推向市场的速度。MCT8329A 器件可在电压、功率和电机控制算法方面实现可扩展性。

1. **不同电压下的可扩展性：**MCT8329A 驱动器支持 4.5V 至 60V 的工作电压，可通过调节外部 MOSFET 和电容器来支持适用于 5V、12V、18V、24V、36V 等不同应用电压的单个 PCB 设计。带电荷泵的集成栅极驱动器自举架构有助于为外部 MOSFET 实现 100% 占空比支持，提供大于 8V 的 VGS 信号以驱动外部 MOSFET（即使在 5V 直流电源电压下也是如此），并为标准 MOSFET 提供足够的栅源电压。
2. **不同功率级别下的可扩展性：**MCT8329A 器件中的栅极驱动器可为外部 MOSFET 提供高达 1A 的拉电流和 2A 的灌电流，有助于驱动所需功率级别超过 1kW 的应用，并且让设计人员可以通过适当调整检测电阻和大容量电容器的大小并调整集成电流检测放大器的增益来更改外部 MOSFET 的导通状态电阻 ( $R_{DS\_ON}$ )，从而为各种应用功率级别创建单个平台。
3. **不同电机控制下的可扩展性：**MCT8329A 器件集成了 120° 和 150° 换向、可配置 PWM 开关频率和 PWM 调制方案，可根据应用需求选择控制。

### 快速实时控制系统响应

许多应用都要求电机可以快速加速或减速。CPAP 呼吸机和汽车燃油泵等应用必须在几十毫秒内减速和加速。真空吸尘器必须在几秒钟内加速至全速，以改善用户体验。快速加速或减速会带来系统挑战（包括无传感器电机控制的同步丢失、将能量泵回直流总线），这会增加直流总线电压，从而需要更高的额定电容器或具有更高额定值的下游器件。

MCT8329A 可以实现快速启动、加速到全速和快速停止等实时响应操作，同时保障快速、可靠和安全的运行。借助 MCT8329A 驱动器中获得专利的快速减速技术，现在可以实现比传统电机控制技术快 50% 的减

速。MCT8329A 停止电机时不会将能量泵回电池，从而保护电机系统免受损坏。图 6 显示了 CPAP 电机在 130ms 内从 33kRPM 减速至 3.3kRPM。

MCT8329A 器件集成了可靠的快速启动方法以及可独立配置的启动和开环设置，并且具有自动开环到闭环切换功能，用户可以实现更快的启动，例如在汽车燃油泵应用中，从静止到全速 (270Hz) 的启动时间为 35ms，如图 7 所示。图 8 显示了使用 MCT8329A 驱动器，真空吸尘器电机在 1.5 秒内加速至 1.2kHz (72kRPM) 的全速。

## 结论

MCT8329A 驱动器可实现可扩展、超高速、高效和快速响应平台设计，从而帮助设计下一代高速、强大的真空吸尘器、花园吹叶机或其他 BLDC 应用。

## 参考文献

1. 德州仪器 (TI), [MCT8329A 高速无传感器梯形控制三相 BLDC 栅极驱动器](#) 数据表。

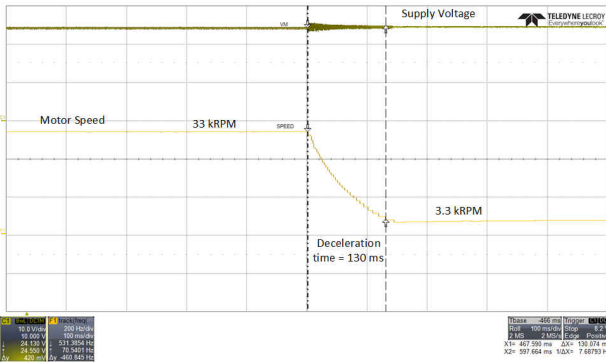


图 6. 使用 MCT8329A 对 CPAP 电机实现快速减速

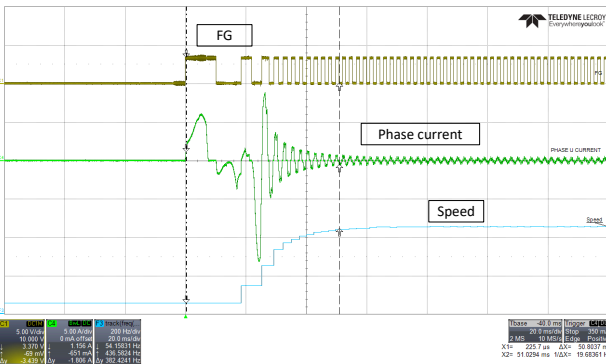


图 7. 使用 MCT8329A 对燃油泵电机实现快速加速

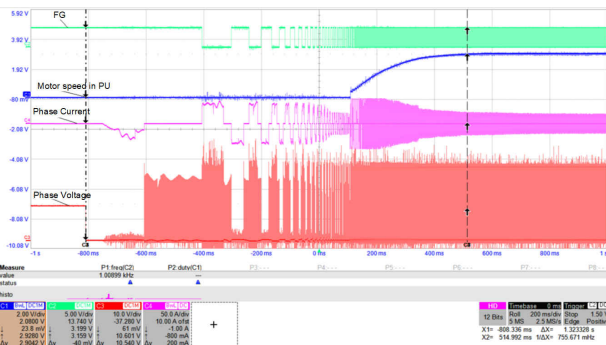


图 8. 使用 MCT8329A 对真空吸尘器电机实现快速加速

## 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 © 2023，德州仪器 (TI) 公司