

Application Brief

使用低成本 MSPM0 MCU 在无线电动工具和园艺工具中实现可扩展性



Aaron Barrera

如今，由于电池技术和电机控制技术的进步，无线电动工具（例如电钻、锯子和冲击扳手）和无线园艺工具（例如吹叶机、绳式修剪机和割草机）体积更小、重量更轻、效率更高且功能更强大。所有这些无线工具都需要一个微控制器 (MCU) 来控制通过电机的直流电流，并且根据应用的不同，该 MCU 还可以控制不同的工作模式和集成 LED。TI 的 MSPM0 MCU 具有高性能特性、广泛的产品系列和各种封装尺寸，可满足这些要求。



电动工具或园艺工具设计中有哪些常见元件？

无线工具相关应用需要控制有刷直流 (BDC) 或无刷直流 (BLDC) 电机，以恒定速度施加动态扭矩（例如钻孔机和锯），或在动态速度下施加恒定扭矩（例如鼓风机）。在许多设计中，用户可以调整电机的速度，同时向电机施加扭矩以执行操作，例如使用钻头、刀片、链条或轮子切割或钻木头。对于这些设计，主要元件包括：

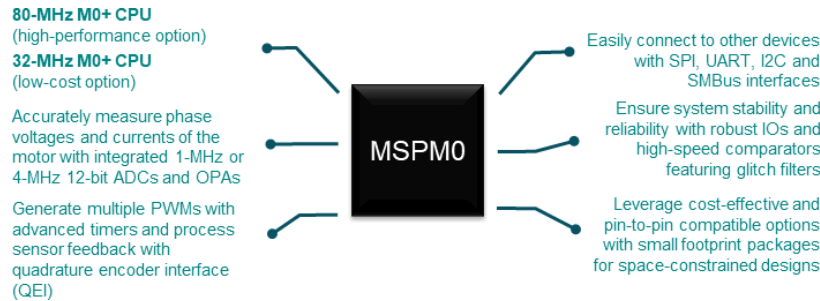
- **有刷或无刷直流电机**：将电能转换为机械能（扭矩）。
- **电机控制**：基于实时电机位置和电流反馈的 PWM 逻辑控制信号，这些信号转换为驱动器信号，以开关 MOSFET、为电机绕组通电并提供电流以使电机换向。
- **输入用户接口**：根据按钮、开关或触发位置选择电机的扭矩、方向或速度。
- **输出用户接口**：使用 LED 提供照明或视觉反馈，或使用扬声器提供声音反馈。
- **MCU**：利用集成的数字和模拟模块，根据输入用户接口对电机进行换向，与系统中的其他器件进行通信，并为系统状态提供输出用户接口。

应用可以将 TI 器件用于其中大多数元件，针对各种三相 BLDC 电机电压和功率为驱动器和功率级使用 TI 器件。

电机	MCU	电机电压	前置驱动器	功率级，逆变器	霍尔传感器反馈
有刷直流	MSPM0Lxx Arm Cortex M0+ 32MHz MCU 或 MSPM0Gxx Arm Cortex M0+ 80MHz MCU	5.5 V 至 60 V	H 桥栅极驱动器 (DRV870x 系列)	MOSFET (CSD 系 列)	霍尔传感器 (DRV5xxx 系列)
		5V 至 115V	H 桥栅极驱动器 (DRV877x 系列)		
无刷直流		3 V 至 40 V	三相 BLDC 电机驱动器 (DRV831x 系列)	MOSFET (CSD 系 列)	
		4.5 V 至 60 V	BLDC 栅极驱动器 (DRV832x 系列)		
		8 V 至 100 V	BLDC 栅极驱动器 (DRV835x 系列)		
		5 V 至 100 V	BLDC 栅极驱动器 (DRV8300x 系列)		

为何考虑在电动工具和园艺工具应用中采用 MSPM0 ?

德州仪器 (TI) 的可扩展 MSPM0 MCU 产品系列采用 Arm® 32 位 Cortex-M0+ 内核, 最大 CPU 速度为 32MHz 或 80MHz, 具体取决于器件。引脚对引脚兼容的产品系列涵盖 4KB 至 512KB 的闪存存储器, 具有可扩展的模拟集成和电机控制模块。MSPM0 具有广泛的数字、模拟和接口集成, 可为电机控制设计提供高性能的可靠选项。



MSPM0 在电动工具和园艺工具应用中有哪些作用 ?

对于基本 BDC 系统

大多数入门级电动工具 (如钻机、驱动器、线锯、圆锯、真空吸尘器) 甚至一些园艺工具 (如某些电动割草机的推进系统) 也需要相对比较便宜的低速 BDC 电机。

在这种类型的系统中, MCU 会执行简单的电机控制算法来控制电机速度和方向, 同时处理任何电机故障。通常, MCU 还充当系统中的主处理器, 以控制 LED 等其他元件或与电池包中的电池管理系统 (BMS) 等其他器件进行通信。德州仪器 (TI) 的 32MHz MSPM0Lxx 系列是这些类型的产品的一个选项。

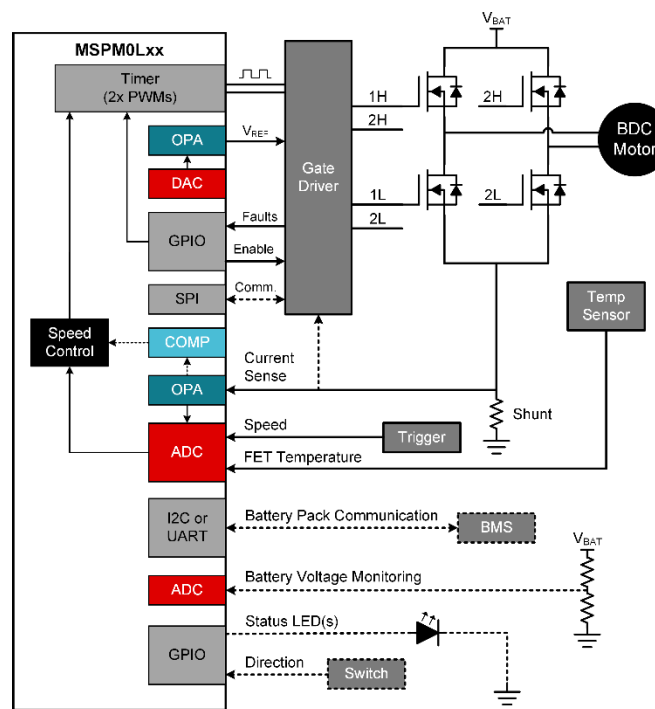


图 1. 电动工具中用于有刷直流电机控制的 MSPM0Lxxx 方框图

这些应用中 MCU 的主要特性要求 :

- 具有互补 PWM 输出的通用计时器
- 12 位、1MSPS 模数转换器 (ADC)
- 8 位数模转换器 (DAC)

- 两个具有可编程增益的运算放大器 (OPA)
- 高速比较器 (COMP)
- 通信接口 (UART、I2C、SPI)
- 通用输入和输出 (GPIO)

在 MCU 上执行的软件功能：

- 通过根据触发位置和电机电流生成脉宽调制信号 (PWM) 来控制电机转速
- 根据开关位置更改电机方向
- 持续测量电池电压并处理任何系统故障
- 监控 MOSFET 的温度
- 与电池包定期通信
- 控制状态或照明 LED

对于需要高扭矩的配有传感器的 BLDC 系统

与 BDC 电机相比，许多高性能电动工具（如锤钻和重负荷冲击扳手）都需要 BLDC 电机来实现更高的功率、更高的扭矩、更长的使用寿命和更高的效率。传感器式 BLDC 电机应用通常更易于实施，因为霍尔效应传感器、霍尔元件或旋转编码器可在任何负载条件下检测电机的位置，从而保持可靠的高扭矩启动和稳健的运行。

在这种类型的系统中，MCU 通过以下方法执行电机控制方案：根据位置传感器的反馈按正确顺序生成多个可配置 PWM 并测量电机电流。通常，该 MCU 还充当系统中的主 MCU，以控制 LED 等其他元件或与其他器件（例如电池包中的电池管理系统或板载惯性测量单元 (IMU)）进行通信。MSPM0Gxx 系列的最大 CPU 速度为 80MHz，具有高级计时器、集成模拟、增强型通信接口、高驱动输入和输出 (HDIO) 和 CAN-FD 接口，可满足上述要求，是这些类型产品的理想选择。

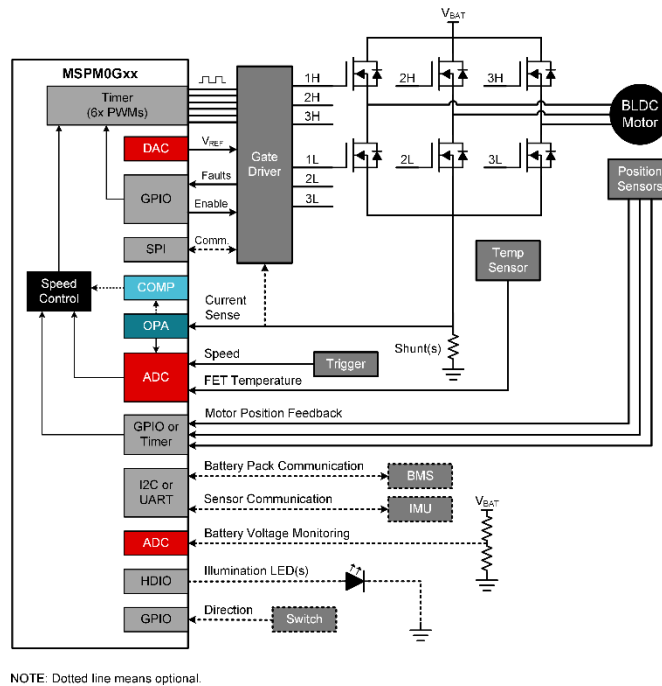


图 2. 电动工具中用于配有传感器的 BLDC 电机控制的 MSPM0Gxxx 方框图

这些应用中 MCU 的主要特性要求：

- 具有互补 PWM 输出和死区的高级计时器
- 12 位 4MSPS ADC
- 12 位 DAC
- 两个具有可编程增益的 OPA
- 两个高速 COMP
- 通信接口 (UART、I2C、SPI)
- GPIO 和 HDIO

在 MCU 上执行的软件功能：

- 使用可选 SPI 接口配置栅极驱动器并诊断电机故障
- 通过基于触发位置、电机电流和电机位置传感器生成 PWM 来控制电机速度
- 根据开关或按钮更改电机方向或调整扭矩输出
- 持续测量电池电压并处理任何系统故障
- 监控 MOSFET 的温度
- 与电池包和其他传感器定期通信
- 控制状态或照明 LED

对于需要高速或小外形尺寸的无传感器 BLDC 系统

电动割草机、绳式修剪机和吹叶机等户外产品以及低电压电动螺丝刀等电动工具需要紧凑的高速无传感器 BLDC 电机。与配有传感器的 BLDC 电机不同，这些电机不需要位置传感器，从而节省布板空间并减少需要小外形尺寸的设计中的封装。但是，与配有传感器 BLDC 电机相比，无传感器 BLDC 电机更难实现，因为在动态负载条件下，没有位置传感器来提供电机速度或位置数据。

在这种类型的系统中，MCU 通过以下方法执行高级电机控制方案：根据电机的反电动势 (BEMF) 电压反馈以正确顺序生成多个可配置 PWM。BEMF 可以使用两个比较器进行测量，也可以使用一阶差分方程 (来自采样的电机相电压和电流) 进行计算，以检测电机何时在六步换向模式中改变状态。此外，无传感器 BLDC 系统需要使用初始位置检测 (IPD) 等启动方法来确定电机静止时的位置，使用开环启动方法确保不丢失电机同步，还需要确保在检测到足够的 BEMF 后稳定切换至闭环控制。由于电动工具可以高速旋转，因此必须同时对 ADC 相电压和电流进行高速采样，以便尽可能减小反馈环路中的延迟。

此外，MCU 还可以控制其他元件 (例如 LED)，或与电池包中的电池管理器件、无线电或其他传感器等其他器件进行通信。MSPM0Gxx 系列的最大 CPU 速度为 80MHz，具有高级计时器、集成模拟外设、增强型通信接口和高驱动输入和输出 (HDIO)，可满足上述要求，是这些类型产品的一个选项。

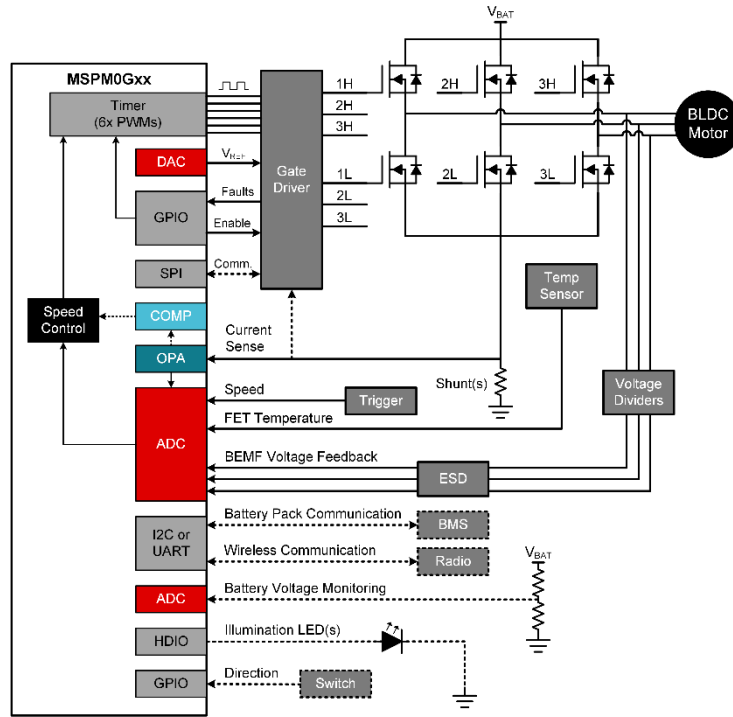


图 3. 电动工具中用于无传感器 BLDC 电机控制的 MSPM0Gxxx 方框图

这些应用中 MCU 的主要特性要求：

- 具有互补 PWM 输出和死区的高级计时器
- 12 位 4MSPS ADC
- 12 位 DAC
- 两个具有可编程增益的 OPA
- 两个高速 COMP
- 通信接口 (UART、I2C、SPI)
- GPIO 和 HDIO

在 MCU 上执行的软件功能：

- 使用可选 SPI 配置栅极驱动器并诊断电机故障
- IPD、对齐或减慢第一个周期启动方法
- 具有动态扭矩负载的开环到闭环切换
- 通过根据触发位置、电机电流和 BEMF 生成 PWM 来控制电机速度
- 根据开关或按钮更改电机方向或调整扭矩输出
- 持续测量电池电压并处理任何系统故障
- 监控 MOSFET 的温度
- 与电池包、无线射频或其他传感器定期通信
- 控制状态或照明 LED

资源

立即订购 [MSPM0 LaunchPad™ 开发套件](#) 和 [DRV83xxEVM](#)，开始评估用于无绳电动工具或园艺工具设计 MSPM0。借助 MSPM0 代码示例和交互式在线培训快速开始您的设计。以下链接显示了其他可用资源：

- [MSPM0-SDK](#)
 - 适用于 [MSPM0 电机控制](#) 的设计
- [MSPM0 概述页面](#)
- [MSPM0 LaunchPad 开发套件](#)

- [LP-MSPM0L1306 LaunchPad 开发套件](#)
- [LP-MSPM0G3507 LaunchPad 开发套件](#)
- [MSPM0 Academy](#)
- [DRV83xxEVM](#)
 - [DRV8300DIPW-EVM](#)、[DRV8300DRGE-EVM](#)
 - [DRV8316REVM](#)
 - [BOOSTXL-DRV8323RH](#)、[BOOSTXL-DRV8323RS](#)
 - [DRV8328AEVM](#)、[DRV8329AEVM](#)
 - [DRV8350S-EVM](#)、[DRV8350H-EVM](#)、[DRV8353RS-EVM](#)、[DRV8353RH-EVM](#)
- [18V、600W 无刷直流电机逆变器参考设计](#)
- [MSPM0 H 桥控制应用手册](#)
- [MSPM0 梯形控制应用手册](#)
- [TI 精密实验室 - 电机驱动器：无刷直流基础知识](#)

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