

应用手册

针对电动马达控制，在指定绝缘栅双极晶体管 (IGBT) 时的考虑



Bourns® BID IGBT 系列

介绍

针对所有的应用，人们越来越注意电动马达的运作效率；因此，对高效率驱动器的需求变得日益重要。此外，使用马达驱动的设计，例如电动马达、泵和风扇，需要降低整体成本，且需要减低这些电动马达应用中的能耗；因此，为电动马达及其的驱动指定高效率的设计，以适合每项特定应用变得更加重要。

面对今日要求更高的电压或更高的电流以及更低频率的电动马达驱动应用，广为人知且被广泛使用的开关组件解决方案绝缘栅双极晶体管 (IGBT)即是一项绝佳的选择。因为多数马达在较低频率运作，要求可靠的安全工作区 (SOA) 和短路额定值，且需要将效率最大化，因此具有共同封装二极管的 IGBT 非常适合这些应用。包括 IGBT 的电流处理能力和峰值电压额定值等因素，决定一款特定的 IGBT 是否能够支持马达的负载要求。

本应用手册说明在马达控制上，采用 IGBT 的各项优点，讨论 IGBT 在工业马达驱动设计中所扮演的角色、开关和传导性如何影响 IGBT 的选择，以及了解短路耐受时间的重要性。文中以重点方式阐述为何使用 Bourns 先进的离散式 IGBT 进行设计，有助延长工业系统应用中的驱动器和电动马达的寿命，并可提高效率。

应用手册

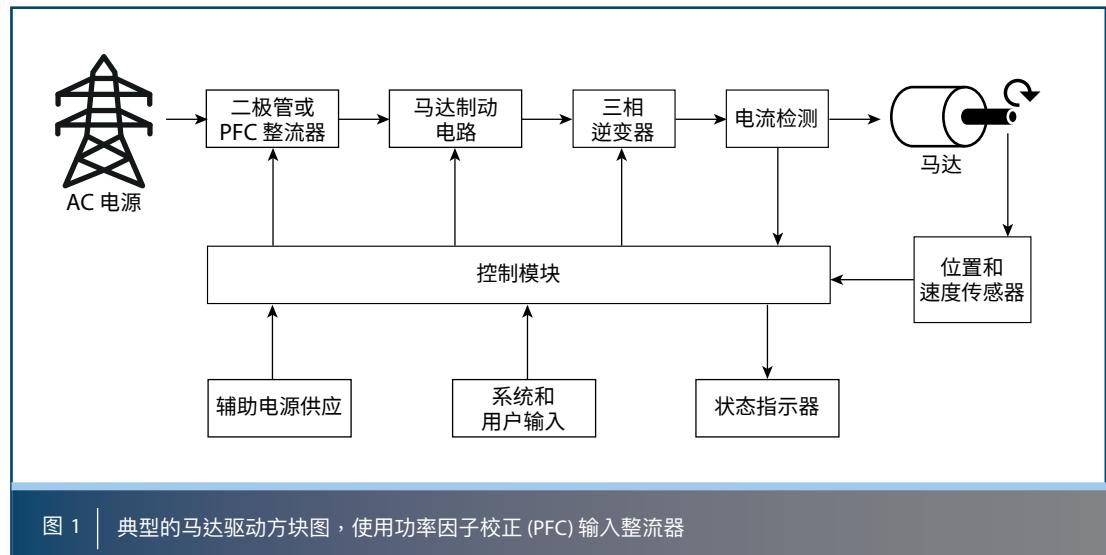
针对电动马达控制，在指定绝缘栅双极晶体管 (IGBT) 时的考虑



Bourns® BID IGBT 系列

将工业马达驱动器的效率最大化

典型的马达驱动器由若干部分组成。图 1 显示一个典型的马达驱动应用，这个马达驱动应用使用来自 AC 电源线的电源，并依照用户输入，将电源用于电动马达。使用 IGBT 制作出一个功率因子校正 (PFC) 整流器，如同[不间断电源 \(UPS\)](#) 中的设计。马达制动电路由 IGBT 组成，这些 IGBT 在马达停止时耗散马达的功率或将多余的能量传送回 AC 输入，以实现再生制动。马达驱动逆变器将储存在电容器中的 DC 电压能量转换为指定的电压和频率的 AC 波形，以控制马到达达所需要的速度和扭矩。



为了在不同的马达驱动设计部分将 IGBT 维持在它的 SOA 额定值以下，必须移除晶体管封装的热能。Bourns® BID IGBT 系列采用更好的散热 TO-247 功率封装。对 IGBT 和 FRD 中的开关瞬态和正向传导所引起的功率损耗，这些封装提供了有效的散热。在马达控制应用中，对环境温度高，气流减少或不可用的地方，设计人员需要思考功耗对整个系统的影响。因为 Bourns® IGBT 是专为高效率设计的，它们所产生需要消散的热量较少。这样有助于减小尺寸和成本，且可简化热管理设计。

应用手册

针对电动马达控制，在指定绝缘栅双极晶体管 (IGBT) 时的考虑

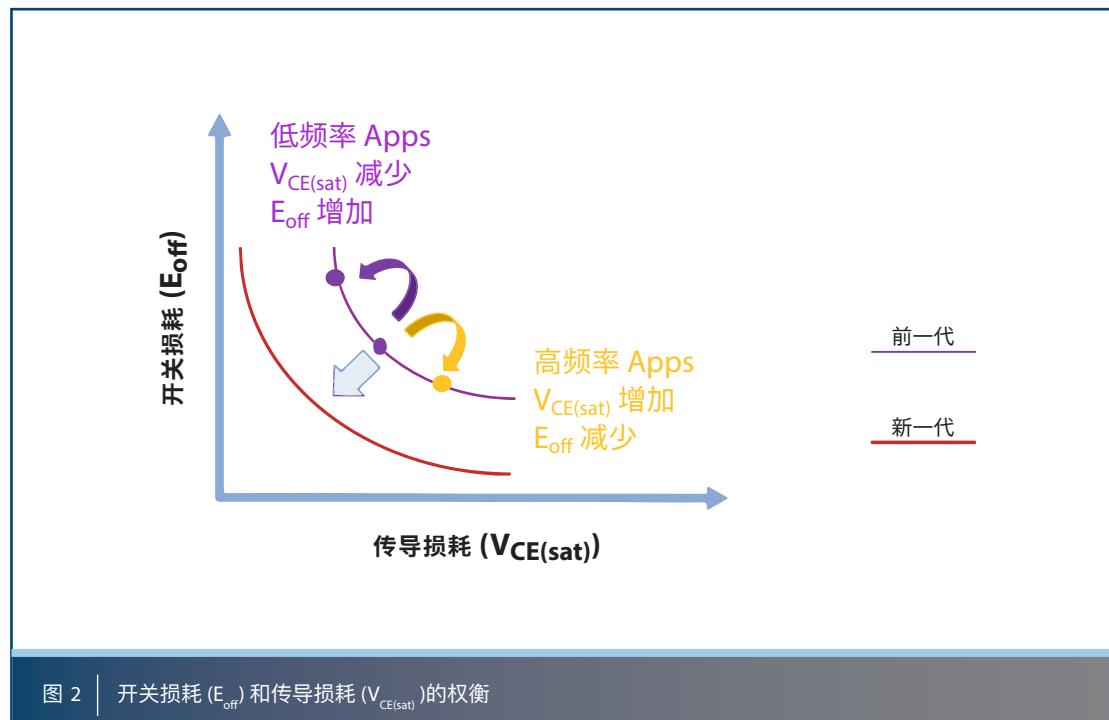


Bourns® BID IGBT 系列

开关和传导表现

IGBT 的开关和传导表现随组件结构相关。Bourns® IGBT 的非对称结构有助于优化马达控制应用中的 ON 状态损耗和开关速度。这种结构的重要特色是由一个 n+ 型缓冲区所产生的场停止层，这个 n+ 型缓冲区添加在 n- 漂移区下方，位在较低的 p-掺杂层的上方。这个缓冲区的用途是支持电场并允许更薄的 n-漂移区，这大大有助于减少传导损耗。

图 2 显示了开关损耗 (E_{off}) 和传导损耗 ($V_{CE(sat)}$) 之间的整体折衷。这说明系统要求攸关和选定合适的组件，以符合特定马达系统控制器的需求。Bourns 的新一代 IGBT 使用先进的 Trench-Gate Field-Stop (TGFS) 技术，可提高单元密度来增强 $V_{CE(sat)}/E_{off}$ 曲线的性能。



应用手册

针对电动马达控制，在指定绝缘栅双极晶体管 (IGBT) 时的考虑



Bourns® BID IGBT 系列

工业环境中的短路

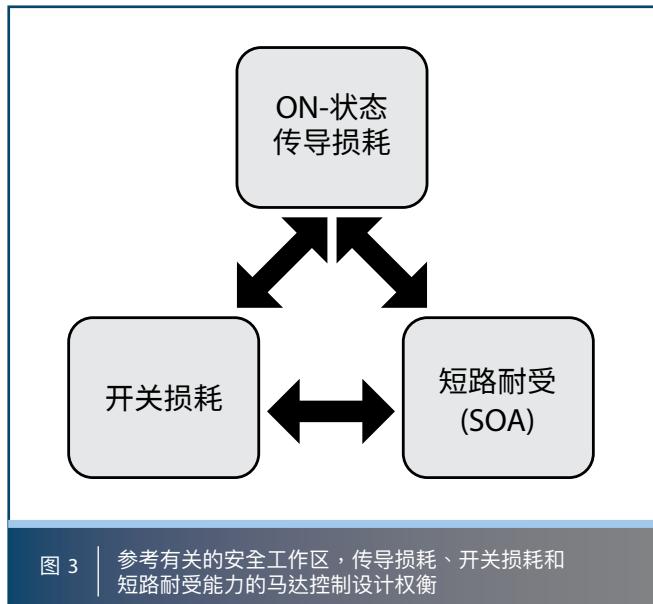
在马达控制应用中，从 DC 电压总线到地面（如 DC 电流）或从一个马达相位到另一个相位或接地，IGBT 开关可能经历短路路径。IGBT 必须能够在终端应用检测这些异常所需要的时间间隔内承受这些异常。马达通常能够在相对较长的时间内（几毫秒到几秒）吸收非常高的电流水平；但是，经常指定用于马达驱动逆变器的 IGBT 通常具有微秒级的短路耐受时间。某些 Bourns® IGBT 型号具有 $10\ \mu\text{s}$ 的短路耐受能力。马达控制应用需要高度的健性和可靠性，因为它们在严厉的条件下运作，对 IGBT 施加高度的应力，并且这会导致瞬态短路状况。

具有更高短路电流水平和 $5\ \mu\text{s}$ 范围内的必要短路耐受时间的 IGBT（例如，[Bourns® BIDNW30N60H3](#)）是降低传导损耗的权衡，亦有助于降低整个 BOM 成本。一个好消息是在短路耐受时间上，某些差异被 IGBT 设计和封装技术的改善所抵消。较高的跨导性和较低的热阻力会减低传导损耗，提高应用效率，为马达控制应用设计带来好处，即使所选择的 IGBT 的短路耐受时间较短。

IGBT 权衡

若所选择的组件因为开关损耗较低而提供高水平的开关频率，这会产生较高的传导损耗。传导损耗若较高，会导致较高的功耗，因而需要更大且往往是大体积的散热器，这会增加系统成本及空间。

相反地，传导损耗较低的组件可以在较低频率有效率地运作，但它的短路耐受能力会减低。图 3 说明了这种权衡。



应用手册

针对电动马达控制，在指定绝缘栅双极晶体管 (IGBT) 时的考虑



Bourns® BID IGBT 系列

安全工作区 (SOA) 的考虑

对在电流和电压最大值附近工作的 IGBT，需要仔细思考如何安全地将这些参数维持在数据表的规定值内。主要的重点是将集电极的电流维持在最大值以下，且同时将集电极到发射极的电压维持在数据表规定的数值以下。当在正向偏置安全工作区 (FBSOA) 的正向偏置条件下工作时，需要依据脉冲宽度和热设计的阻抗来额外思考最大脉冲集电极电流。对最大集电极–发射极电压，FBSOA 定义了最大饱和集电极电流，通常用于感性负载。在反向偏置安全工作区 (RBSOA) 的反向偏置条件中，最大电流随关断期间集电极和发射极之间的峰值电压有关。遵守最大限制是必要的，以在最大的结点温度来保护快速恢复二极管。

结论

对电动马达控制应用中的逆变器使用 IGBT 有助设计人员实现系统成本缩减目标，因为这些组件有较小的芯片尺寸，可实现更高的电流密度设计。尤其是，Bourns® 离散式 IGBT 支持更高温的运作，并提供更好的能力，可移除 IGBT 封装的热能。Bourns® IGBT 采用具有热效率的设计，提供更低的运作损耗、更大的过载，以及更高的短路电流耐受能力等优点，可提供优越的开关设计解决方案。

此外，优化是必要的，以在传导损耗和开关损耗之间平衡 IGBT，并依据最终产品所使用的马达类型来调整特定的应用需求。对于马达控制应用，在 TO-247 足迹中，被共同封装的 600 V/650 V Trench-Gate Field-Stop (TGFS) IGBT+FRD 被认为是理想的组件解决方案。由于总功耗较低，这些 IGBT 组件提供更高的热性能、低 $V_{CE(sat)}$ 和高效能，与上一代的平面 IGBT 相比，具有很高的可靠性。

其他资源

- [产品网页：Bourns® 离散式 IGBT](#)
- [技术数据库：Bourns 离散式 IGBT](#)
- [白皮书：了解 IGBT 数据表参数](#)
- [白皮书：实现快速的 IGBT 反向恢复损耗](#)
- [白皮书：量测 IGBT 传导损耗，将效能最大化](#)
- [白皮书：Bourns® IGBT vs MOSFET - 识别效率最高的电源开关解决方案](#)

www.bourns.com

BOURNS®

Americas: Tel +1-951 781-5500
Email americanus@bourns.com

EMEA: Tel +36 88 885 877
Email eurocusi@bourns.com

Asia-Pacific: Tel +886-2 2562 4117
Email asiacus@bourns.com

COPYRIGHT © 2022 • BOURNS, INC. • 11/22 • E/ESD2263
「Bourns」是 Bourns, Inc. 在美国和其他国家的注册商标。