

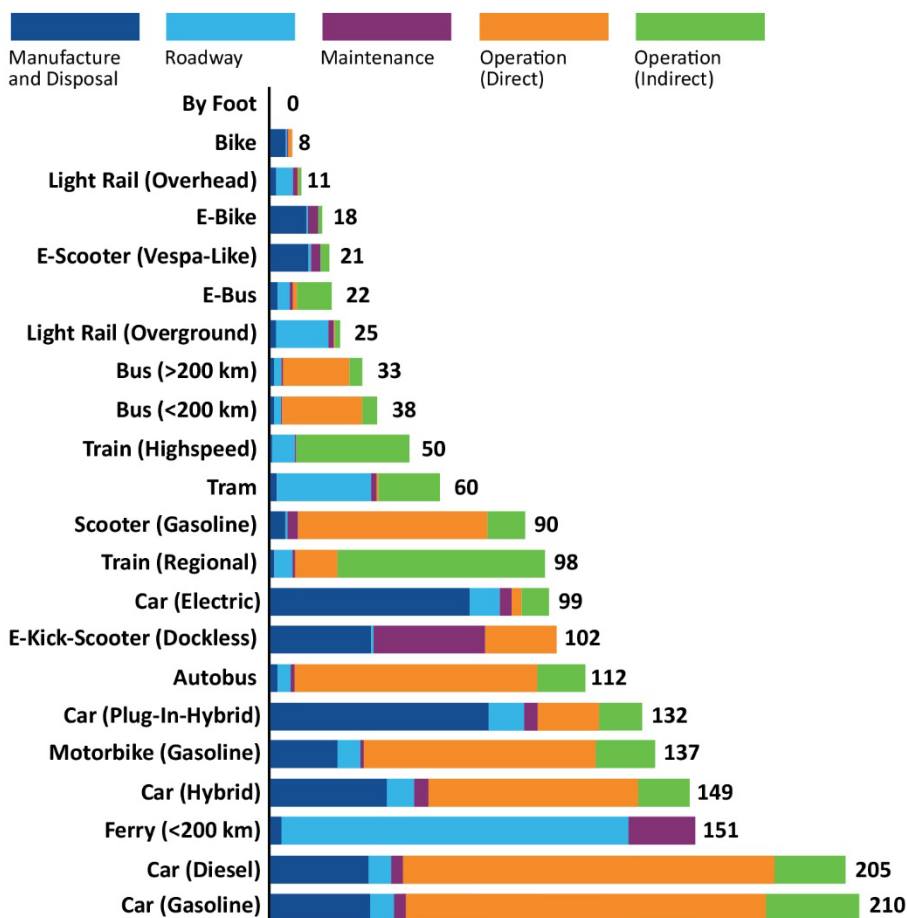
电动出行革命：克服电动两轮与三轮车的设计挑战

Microchip Technology Inc.
dsPIC 业务部产品营销经理
Pramit Nandy

简介

全球向可持续交通的转型正在加速，而电动出行解决方案——例如电动滑板车、电动自行车、电动踏板车和电动三轮车——正处在这次变革的前沿。这些创新车辆不仅减少了污染，还为日益拥挤的城市环境提供了更高效、更便捷的出行方式。根据《Travel and Mobility Tech》（TNMT）的一份报告，电动自行车和电动踏板车的人均碳排放显著低于其他交通方式。

Average Carbon Emissions by Transport Type (in Gram per pkm)



各类交通工具平均碳排放

电动踏板车市场正在蓬勃发展。Meticulous Research 预测，到 2031 年，该市场将超过 4050 亿美元，流通车辆近 3 亿辆。这一显著增长得益于新兴经济体生产的本地化、消费者偏好的

转变，以及旨在缓解拥堵和减少排放的有力政府举措。在欧洲、北美和亚洲的城市，得益于政府激励措施和基础设施的改善，电动滑板车、电动自行车和电动踏板车正被广泛接受，以减少交通拥堵和化石燃料消耗。在这些地区，微出行方案正越来越多地整合到城市交通网络中，基于应用程序的租赁服务和专用车道使其更易普及。另一方面，亚太地区预计将主导该领域，占全球电动两轮和三轮车销量的 **80%** 以上。在南亚，电动两轮和三轮车正在迅速取代传统两轮车（如轻便摩托车、摩托车）以及三轮车（也称为人力车）。在印度、菲律宾、越南和泰国等国家，这种转变是由燃油成本上升、支持性政策和日益增强的环保意识驱动的，提供了更清洁、更高效的城市交通。

环境与经济效益

电动出行解决方案通过减少空气污染、促进可持续性和提供经济效益，展现出显著优势。与传统车辆排放二氧化碳、氮氧化物和颗粒物等有害污染物不同，纯电动汽车实现零尾气排放，带来更清洁的空气和更健康的环境。它们还通过减少对化石燃料的依赖，并利用太阳能、风能和水力发电等可再生能源，助力减缓气候变化，从而促进可持续性。此外，电动汽车在经济上具有优势，与传统车辆相比，其运营和维护成本更低，因为电价比汽油或柴油更便宜，并且由于活动部件更少，所需维护也更少。对于企业而言，采用电动出行解决方案可以节省成本并提高运营效率，使其成为实现更环保、更具成本效益未来的明智选择。

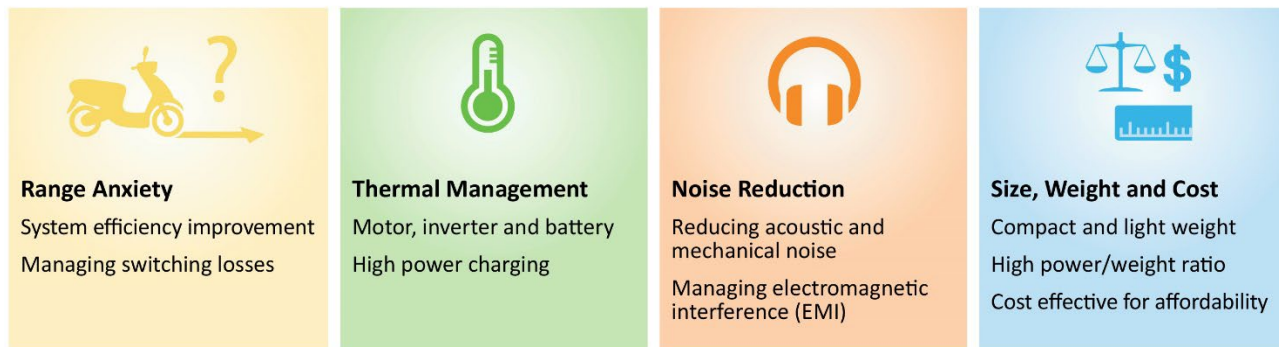
电动两轮与三轮车的电机控制

电机控制是电动两轮和三轮车的核心技术，精确管理电池电量向电机的输送。控制器处理油门和传感器信号，动态调整电压和电流以控制速度、扭矩和方向。该细分市场中的大多数车辆使用无刷直流电机或永磁同步电机，并搭配先进算法（如磁场定向控制），以实现平滑、高效且响应灵敏的性能。

现代电机控制器已超越基本的电力输送功能。它们与电池管理系统和连接系统无缝集成，实现实时诊断、远程更新和增强的安全功能。随着电动化进程加速，这些系统的复杂性不断增加，在效率、热管理和系统集成方面带来了新的设计挑战。应对这些挑战对于确保下一代电动两轮和三轮车的最佳性能、安全性和可靠性至关重要。

设计挑战

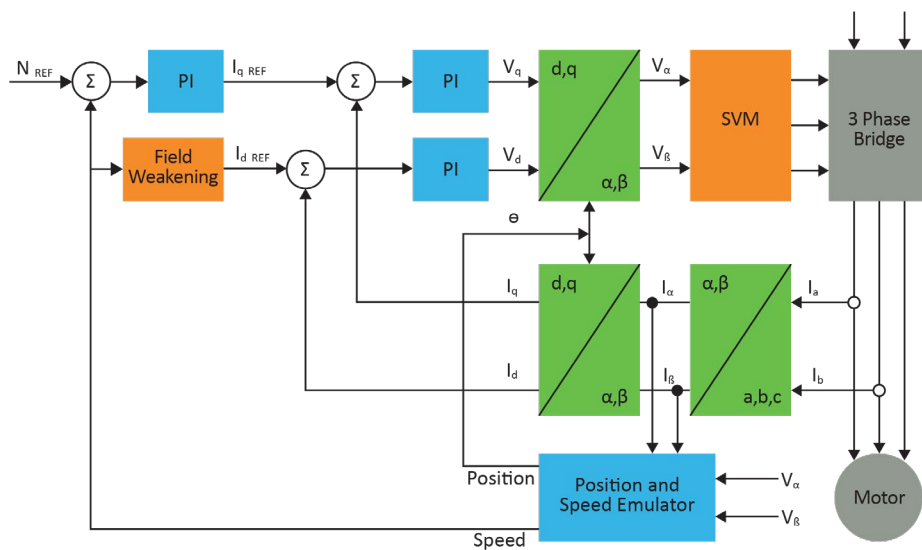
尽管前景广阔，电动两轮和三轮车仍面临若干设计障碍。续航焦虑仍然是一个首要问题，需要提高系统效率并更好地管理开关损耗。有效的热管理至关重要，尤其是在高功率充电日益普及的情况下。噪声降低，包括声学噪声和电磁噪声，对于用户舒适度和法规遵从性变得越来越重要。最后，平衡尺寸、重量和成本对于使这些车辆紧凑、轻便且为广大消费者所负担得起至关重要。



设计挑战

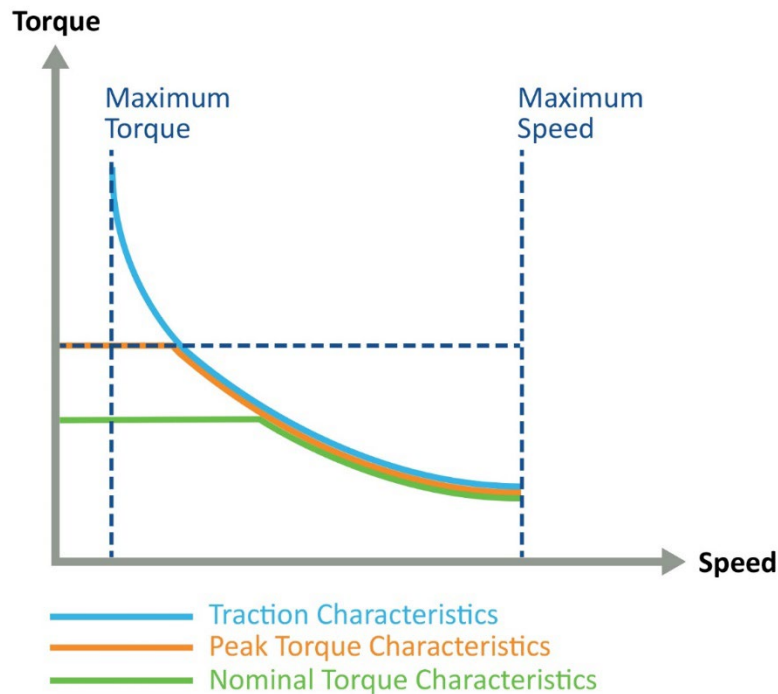
续航焦虑

先进的电机控制技术在克服电动两轮车续航焦虑方面发挥着关键作用。除了电池技术的改进以及采用如 **BLDC** 和 **PMSM** 等高效率电机（采用稀土磁体和高级硅钢等先进材料）之外，**FOC** 等算法也是最大化性能的关键。**FOC** 能够精确、独立地管理电机扭矩和磁通，从而实现更平滑的加速、增强的响应性和更高的整体效率。它还支持再生制动和优化骑行模式等节能特性，这两者都有助于延长车辆续航里程。当与有效的热管理和定期维护相结合时，**FOC** 确保持续的性能和更长的电池寿命。



磁场定向控制（FOC）

在 **FOC** 的基础上，单位电流最大扭矩通过优化电机电流以消耗最少能量来提供尽可能高的扭矩，将效率提升了一步。**MTPA** 动态调整 d 轴和 q 轴电流，使电机在不同负载条件下均能在其最有效点运行。在节能模式下，**MTPA** 通过最小化能量损失来最大化续航里程；而在运动模式下，它则能实现强劲加速和动态性能。通过将 **MTPA** 与 **FOC** 集成，电动两轮车实现了卓越的能效、更低的电池消耗以及更可靠、续航优化的骑行体验。



速度与扭矩特性

热管理

热管理是任何电动汽车设计的关键方面，因为电机、逆变器和电池在运行和充电过程中都会产生大量热量，如果控制不当，会对性能、安全性和组件寿命产生负面影响。过热，尤其是在高负载或大功率充电期间，会降低效率甚至造成损坏。为了应对这些挑战，制造商采用了先进的冷却技术，例如高效但更复杂的液体冷却，以及更简单但效率较低的强制风冷。此外，智能热管理算法，包括那些与磁场定向控制集成的算法，通过积极管理热负荷来帮助优化电机性能并防止过热。在大功率充电期间，主动冷却系统和优化的充电算法进一步帮助散发多余热量，并确保安全、高效的充电。通过结合这些先进的冷却方法和智能控制策略，电动两轮车可以实现更高的可靠性、安全性和长期耐用性。

噪声降低

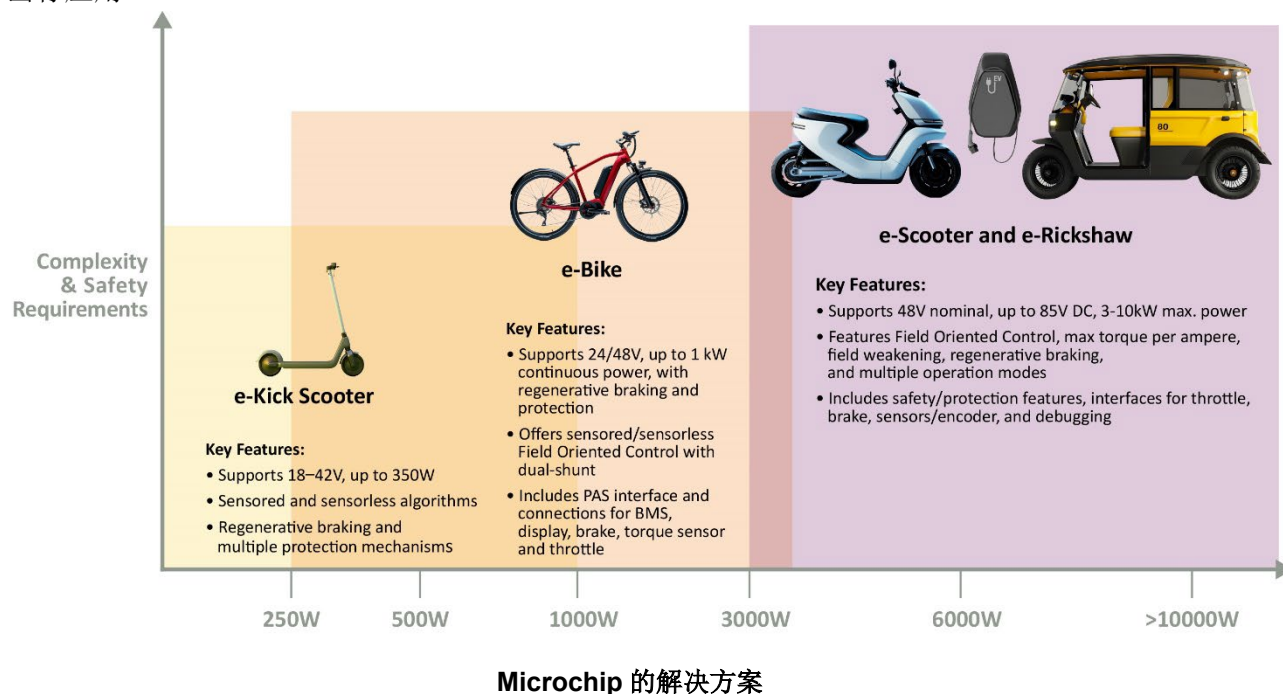
降低噪声和管理电磁干扰是电动汽车电机控制系统的两个关键方面。先进的算法（如FOC）有助于最大限度地减少扭矩脉动和声学噪声，而电机组件的精密制造则解决了机械不平衡和不对中问题，从而实现更安静的运行。在电磁干扰方面，电路中的高精度电流检测和有源EMI滤波可动态降低高频噪声。由铁氧体等高磁导率材料制成的磁通集中器，通过提高电流检测的磁场精度、减少杂散电磁发射以及屏蔽系统免受外部干扰，发挥着至关重要的作用。优化这些组件的设计——包括材料选择、几何形状和气隙尺寸——可进一步提高其有效性。通过集成先进的控制算法、精密的制造工艺以及磁通集中器等创新组件，电机控制系统实现了卓越的降噪和电磁干扰管理。

尺寸、重量与成本管理

电动两轮和三轮车面临着与尺寸、重量和成本相关的重大挑战，这些因素都影响着它们的性能、实用性和市场接受度。为应对这些挑战，制造商正在使用轻质材料，如铝、碳纤维和镁，以及紧凑型电机和电池，以实现更流线型和便携的设计。实现高功率重量比也至关重要，高效的电机和优化的动力总成配置可在不增加不必要体积的情况下提供强劲性能。具有成本效益的解决方案，包括大规模生产、标准化组件、经济实惠的锂离子电池以及政府激励措施，有助于使电动两轮车更易于普及。从电机控制的角度来看，FOC 等先进算法有助于最大化效率，而集成的电机控制单元和强大的热管理系统则进一步减小了尺寸和重量，并确保可靠运行。通过解决这些因素，行业可以推动创新，增强实用性，并加速电动出行解决方案的广泛采用。

Microchip 解决方案

Microchip 通过一套可扩展的电动两轮和三轮车参考设计来应对这些挑战，应用范围涵盖紧凑型电动滑板车（18–42V，最高 350W）、电动自行车（24/48V，最高 1 kW）到高功率电动踏板车和电动三轮车（标称 48V，最高 85V DC，3–10 kW）。这些设计采用带传感器和无传感器的电机控制、先进的 FOC、MTPA、弱磁、再生制动和多种运行模式。内置全面的安全和保护机制，并提供灵活的接口用于油门、刹车、传感器、编码器和调试，使该平台能够适应广泛的电动出行应用。



结论

电动出行正迅速重塑城市交通，为传统车辆提供更清洁、更高效且更具成本效益的替代方案。先进电池技术、高效率电机和智能电机控制算法的集成，正在显著推动电动两轮和三轮车在续航里程、性能和可靠性方面的改进。尽管续航焦虑、热管理、降噪和成本等挑战依然存在，但系统设计和控制方面的持续创新——在 Microchip 等公司提供的可扩展解决方案支持下——正持续应对这些障碍。随着制造商采用这些先进技术，电动两轮和三轮车有望成为可持续城市交通的支柱，加速向更绿色、更智能的未来转型。