

确定传感器需求

一辆电动自行车（或电动助力自行车）就是一个复杂的系统，它必须能够为那些几乎没有骑过电动自行车的骑手提供平稳的过渡。这类自行车的另一个主要目标是让骑手既能锻炼身体，同时在爬坡或高速骑行时又不必那么费力。

图 1 展示了电动自行车中需要位置传感器的许多功能。



图 1. 电动自行车位置传感器

电机位置和换向

能够确定电机位置，便可提高电机驱动器向电机高效输送功率以获得最佳扭矩的能力。在电池供电应用中，功率的高效利用对于整体系统设计至关重要。



图 2. 电动自行车电机

传统电机换向通过围绕转子、间隔 120° 的 3 个霍尔效应锁存器来实现。安装在转子轴上的磁体提供交变磁场，然后交变磁场用于同步和控制旋转的转子。

使用 [TMAG6180-Q1](#) 和 [TMAG6181-Q1](#) 等器件可以进一步扩展此概念，这些器件可以在电机的所有角度位置产生差分正弦和余弦输出，同时支持 100kHz 的检测带宽。由于增加了随着转子旋转来计算转子绝对角度的能力，因此可以提供更高的分辨率，从而更准确地控制电机。

轮速

对于所有类型的自行车来说，一个基本但关键的功能是检测轮速。通常，磁体安装在前轮的辐条上，而霍尔效应开关位于前叉上。随着车轮的旋转，系统会记录转数，以计算自行车的行驶速度。这些数据可用于设置最大行驶速度，保持恒定的巡航速度，以及向骑手提供即时反馈，从而提高用户安全性。

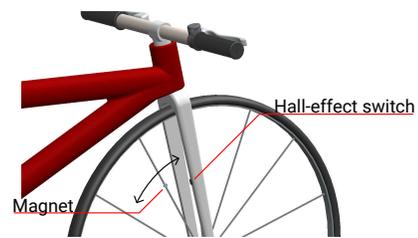


图 3. 轮速检测

此设计通常采用 [TMAG5231](#) 或 [DRV5032](#) 等低功耗开关来实现，但无论车轮的旋转方向如何，此设计都以相同的方式来计算速度，因为开关针对正向或反向旋转产生相同的响应。

如果需要方向信息，可以通过将开关替换为 2D 锁存器（比如 [TMAG5111-Q1](#)），并增加一个朝向相反极性的磁体来确定方向。2D 锁存器在 XY、YZ 和 ZX 变体中提供了更多的对齐和磁体磁极灵活性。

Cadence

与轮速检测类似，踏频监测器会跟踪曲轴的踏板速度。在带有踏板辅助的电动自行车上，此功能尤为重要，因为该功能会向控制器提供骑手正在积极骑行的信息，并可供行车电脑用于计算骑手的用力程度。许多电动自行车都要求在启动电机之前，确保踏频监测器处于活动状态。

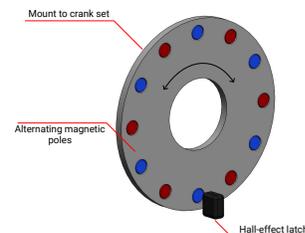


图 4. 踏频监测器配置

传统的踏频监测器采用单个霍尔效应锁存器监测分布在链轮周围的磁体来实现。磁体数量越多，骑手在触发传感器和启动电机之前所需付出的努力就越少。使用带有交替磁极的 2D 霍尔效应锁存器可以生成每对磁极具有四种状态的正交信号。

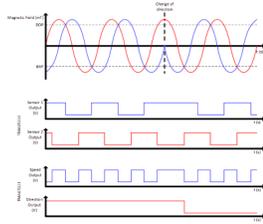


图 5. 2D 霍尔效应锁存器响应

更先进的系统可以通过按齿轮传动比连接磁体来实现更高的分辨率。例如，使用 **TMAG5111-Q1** 进行监控时，如果一个径向磁体以 20:1 的比例与踏板一起旋转，每转一圈可以提供 80 个脉冲。因此，可以确定踏板的旋转方向。

转矩

与仅仅使用踏频相比，扭矩检测能够为骑手提供更自然的响应和骑行体验，因此备受欢迎。通过监测底座支架中曲轴或后链轮上的扭矩，电动自行车可以接收骑手的瞬时反馈。控制算法可以根据人体能量输入来设置可变电机驱动。这有效地增幅了骑手的力量，使骑行反应更加平顺。

底座支架设计通常使用安装在踏板曲柄轴上的应变仪来实现。当扭矩作用在曲轴上时，金属会发生变形，这可用于观测所装应变仪的电阻变化。

后链轮设计使用的支架能够在受力时弯曲。在正确安装后链轮的情况下，这可能会导致 **DRV5055-Q1** 等霍尔效应传感器附近安装的磁体发生一些弯曲。弯曲会导致磁场发生变化，然后这种变化会在传感器输出中表现为电压变化。

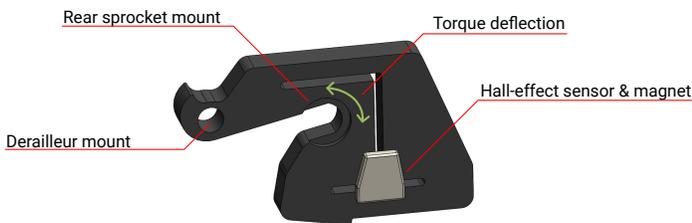


图 6. 后链轮链条扭矩检测

应变仪的弯曲程度会随着骑手施加的力量而变化。轮速、踏频和扭矩相结合，为微控制器提供了完整的信息，指明了骑手的用力程度以及需要电机提供多少辅助才能提供最平稳的骑行体验。

油门

如果骑手想要使用电机提供所需的全部动力，则需要使用油门输入来设置自行车的行驶速度。这可以通过安装在车把上的拇指杆来实现。

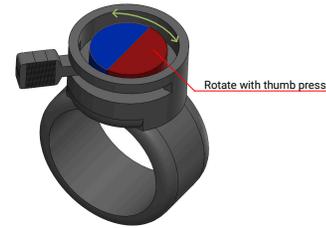


图 7. 拇指按压油门

使用沿轴旋转的径向磁体并在相邻位置放置一个角度传感器，可以非常轻松地监控此功能。**TMAG5170-Q1** 或 **TMAG5173-Q1** 都提供集成式 CORDIC 来跟踪磁场的角度方向。然后，微控制器可以使用拇指杆的位置来设置行驶速度。

制动辅助

传统的手刹使用直接接合盘式刹车或卡钳刹车的拉索系统来实现。该拉索容易拉伸、腐蚀和损坏，需要定期维护才能确保刹车正常工作。这可以被电气系统取代，不需要依赖长长的拉索。

与油门类似，车把上的刹车手柄可以使用 3D 霍尔效应传感器 (**TMAG5170-Q1** 或 **TMAG5173-Q1**) 测量旋转磁体的角度位置来实现。

其他方法会在弹簧柱塞上放置圆柱体磁体或条形磁体，从而实现线性位移，这个位移可以使用传统的一维霍尔效应传感器 (如 **DRV5055-Q1**) 进行跟踪。

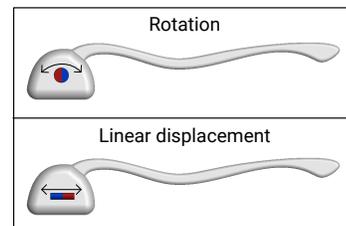


图 8. 制动辅助配置

此外，电动自行车可以选配再生制动，这需要实施电子制动系统来控制何时使用电机减速或施加机械刹车以实现更快的减速。

电子变速

现代电子变速器和轮毂盒能够准确地换挡，而无需使用容易拉伸和磨损的机械拉索。由于位置精度的提升，齿轮轮毂和链条的寿命会相应地增加。

高级换挡系统将齿轮总成置于后轮毂内或电机壳体内，以实现更紧凑的设计，同时能够防止受到外部冲击。这有助于防止意外错位，并减少对拉索的需求。

这些应用中可以实现包括磁感应 (TMAG6180-Q1) 和感应传感 (LDC3114-Q1) 在内的紧凑型角度检测设计。

握持和座椅检测

作为安全预防措施，可以在启动电机之前确定骑手是否已正确就座并握住车把。这有助于防止骑手推车行走时意外按下油门的情况。如果没有在这些接触点上正确检测到压力，则电机不会启动。

LDC3114-Q1 是一款电感式传感器，可用于通过基线跟踪算法跟踪握持时发生的微小位移变化，该算法有助于防止由于系统的环境变化而导致的误触发事件。传感器线圈位于橡胶把手下方或座椅缓冲垫内。当车把或座椅受到压力时，线圈会向自行车的金属框架弯曲，而 LDC3114-Q1 会检测这种弯曲。

撑脚架

与握持检测类似，自行车撑脚架可用作确定电动自行车运行状态的安全措施。如果撑脚架降下，撑脚架可能会对骑手造成危险，并且电机一定不能启动。

撑脚架的实现方式与制动辅助相同，使用旋转磁体或柱塞上目标磁体的线性位移来监测撑脚架功能。

总结

自从有人首次在自行车上安装电池驱动电机以来，电动自行车一直在不断发展。随着传感器技术的创新，电动自行车设计人员可以增加新功能和做出改进，使电动自行车更高效、更易于骑行。

可以考虑试译以下位置检测器件：

推荐使用的器件

检测应用	问题	推荐的传感器	传感器对功能的改善
电机位置控制	如果不清楚电机位置，电机驱动效率低下并且浪费能源。	TMAG6180-Q1	具有差分正弦和余弦输出的 AMR 传感器可提供转子位置的绝对参考，以获得超高精度的电机位置信息。
		TMAG6181-Q1	
		TMAG5115	具有低抖动的高速霍尔效应锁存器有助于改进电机的换向时序，从而提高效率。
油门位置	在仅使用电池电源时，需要可靠的位置反馈来控制电机驱动。	TMAG5170-Q1	集成 CORDIC 的 3D 线性霍尔效应传感器可以通过方便的 SPI 或 I2C 接口提供绝对角度数据。
		TMAG5173-Q1	
轮速	为了适当地设定电机转速的控制，需要监控车轮转速。	TMAG5231	低功耗霍尔效应开关通过检测安装在车轮辐条上的磁体来检测车轮的每次旋转。
		DRV5032	
Cadence	了解骑手是否在踏板以及首选的踏板速度。	TMAG5110-Q1	2D 霍尔效应锁存器可以安装在旋转的多极磁体或者转速比主轴更快的磁体附近。这提供了有关骑手行为和用力程度的实时数据。
		TMAG5111-Q1	
转矩	踏频监测器提供骑手踏板的速度，但不提供骑手踏板的力度。	DRV5055-Q1	可以检测骑手的用力程度并进行放大，以提供符合骑手偏好的自然用户体验。
制动辅助	传统制动系统中使用的机械拉索会随着时间的推移而拉伸和磨损。	TMAG5170-Q1	与油门控制类似，3D 霍尔效应传感器提供绝对角度来确定施加制动的程度，从而实现无拉索制动系统。
		TMAG5173-Q1	
		DRV5055-Q1	
座椅和握持检测	确认骑手已坐在座位上并在主动操控车辆，以保障骑手的安全。	LDC3114-Q1	电感式传感技术支持在车把和座垫上实现低轮廓压力检测。可以设置最小压力以启用电机驱动功能。
撑脚架	建议在启动电机之前确认已收起撑脚架，从而确保骑手的安全。	LDC0851	电感式或霍尔效应传感器可用于检测启用电机驱动之前撑脚架是否已完全收起。
		DRV5032	
		TMAG5231	
电子变速	电动自行车上的换挡功能使电机能够在启动或加速时获得更高的扭矩。	TMAG6180-Q1	轮毂盒内旋转齿轮的绝对角度信息可用于通过电动控制正确控制驱动齿轮组件的操作时机。
		TMAG6181-Q1	

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