

动力传动系统中的传感器的基本注意事项



Sandeep Tallada
汽车系统工程师
德州仪器 (TI)

设计更好的动力传动系统是减少汽车排放的最有效方法。

正如我们所知,无论是提高内燃机的效率,还是设计电动汽车 (EV) 或混合动力电动汽车 (HEV),电气化都有助于动力传动系统取得重大进展。本白皮书除了介绍汽车电气化能够为内燃机 (ICE) 中的动力传动系统传感器以及 EV 和 HEV 中的传感器带来的光明前景之外,还将说明电气化在优化动力传动系统以便有效地管理电池、逆变器和电机构建块方面发挥的重要作用。

动力传动系统感应简介

在图 1 中所示的动力传动系统中,极其精确的电子传感器负责监控各种情况以提高效率。

动力传动系统由多个模块组成;每个模块单独运行,并具有不同类型的传感器和反馈控制机制。汽车的效率主要取决于动力传动系统传感器和传动器的准确性、精度和响应时间。

这些传感器有助于实现闭环运行,这样才能传达用于管理发动机和控制变速器的感应信息,如表 1 中所述。动力传动系统的主要推动因素是经济性和排放,它们会影响性能和操纵灵活性。

在发动机和变速器系统中,传感器及其反馈控制机制能够精确地监控激励,因此有助于提高效率,进而提高燃烧过程的效率以减少排放。

传感器及其反馈控制机制可精确地监控激励以提高燃烧过程的效率,从而提高发动机和变速器系统的整体效率。

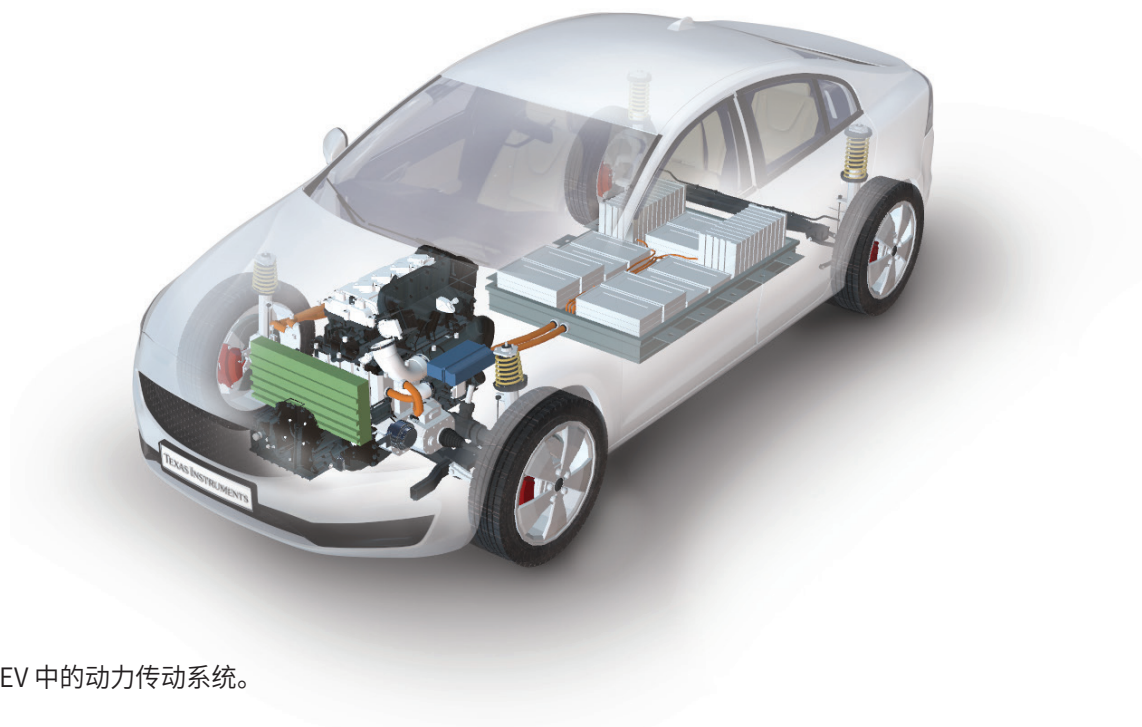


图 1. HEV 中的动力传动系统。

	经济性	排放	性能
设计目标	动力传动系统 能源的最充分使用		驾驶性能
依靠传感器的汽车处理	发动机 燃烧反馈控制、超低排放、可变 气门正时、停缸	变速器 无缝换档、线控换档、无级变速 齿轮	动力转向车载诊断发动机打 不着火、老化、氧传感器性能下降

表 1. 动力传动系统解剖图:它如何与关键构建块相关和如何实现顶级设计目标。

要在 EV 和 HEV 车辆中提高电气化程度,工程师需要重新定义动力传动系统的架构和控制。

动力传动系统传感器在 ICE 车辆中发挥着同样重要的作用。如图 2 中所示,车辆的电气化始于智能传感器。在 ICE 车辆中,主要依靠动力传动系统传感器及其性能来减少排放。

动力传动系统传感器概述

动力传动系统传感器根据它们提供的计量功能分类,如图 3 中所述。

动力传动系统传感器通常应具备以下特性:

- 低功耗(约 10mA)。
- 高精度意味着精确的控制机制。
- 对激励变化非常敏感。
- 在汽车环境内的稳健性。
- 电磁干扰 (EMI) 电磁兼容性。

附录 A 列出了传感器的类型,并根据终端设备列出了相应的定义。

“汽车高温传感器 (HTS) 参考设计”提供了一个高密度、低成本、高精度的热电偶模拟前端。

动力传动系统温度传感器

动力传动系统中有三种主要的温度传感器:

- **热电偶。**随着新型柴油发动机的出现,市场越来越需要高温传感器,这是因为排气系统位于发动机的正下方。这种配置要求以高精度、高分辨率和高集成度执行温度检测。能够承受和检测高温的排气系统温度传感器通常使用基于热电偶的工作原理,并具有多个热电偶温度传感器和一个用于控制这些传感器的独立模块。

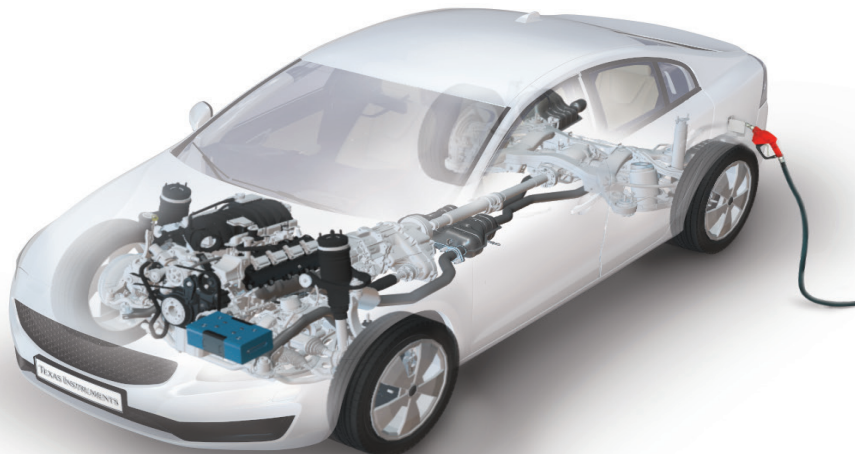


图 2. 一台传统的内燃机。

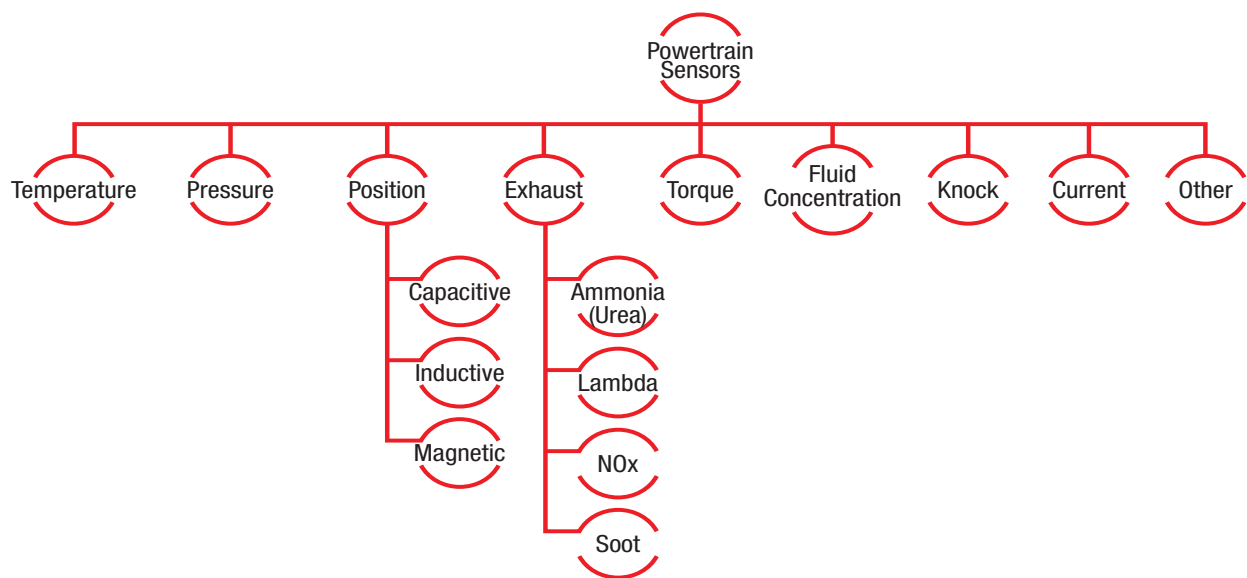


图 3.根据测量原理划分的动力传动系统传感器类别

- **热敏电阻。**市场中出现的新颖热敏电阻支持高温范围，以满足高温传感器的需求。硅基线性热敏电阻取代具有负温度系数和正温度系数的标准热敏电阻也是大势所趋。使用这些新型智能热敏电阻，可以在较大的动态范围内实现高线性度，这是汽车动力传动系统的一个特殊需求。

- **硅。**硅温度传感器正在 HEV/EV 和 ICE 车辆中发挥着重要作用，因为它们具有以下优势：

- 在宽温度范围内具有更高的线性度。
- 能够在所支持的整个温度范围内保持精确性。
- 温度传感器具有高分辨率和 0 级认证。
- 数字输出接口，便于以数字方式传输数据。
- 警报触发功能，可大大提高控制操作的效率。
- 低成本，易实施。

动力传动系统压力传感器

集成式动力传动系统压力传感器使用基于电容和电阻的工作原理。信号调节以及放大器、模数转换器、微控制器和数模转换器/数字接口全部在一个芯片上。压力传感元件在温度范围内通常具有非线性特征，因此传统的压力传感器信号调节电路包含温度和线性补偿机制。

由于压力传感器模块导线需要多条线束，因此防止此模块出现过流、过压或短路等线束故障始终是一种很好的做法。

“[汽车电阻式电桥压力传感器参考设计](#)”和“[汽车电容式压力传感器参考设计](#)”可以帮助您避免线束故障。

动力传动系统压力传感器的基本注意事项包括：

- 信号调节元件上具有更高的绝对最大额定值。
- 可容纳线束故障。
- 对高灵敏度、压阻式压力传感器的需求不断增长。

在汽车应用中，动力传动系统压力传感器的信号调节应使传感器能够在极其恶劣的环境中运行，并承受多种振动、温度波动、各种电磁条件和冲击。

动力传动系统液位和浓度传感器

动力传动系统液位和浓度传感器通常使用基于超声波和电容的工作原理。必须在车辆内的多个位置测量液位：例如，水箱、燃油箱、液压油油箱、油箱和尿素罐都位于汽车的动力传动系统中。必须监控这些油液的液位和浓度，才能实现高效的控制回路运行。

使用超声波方法检测这些油液可提供以下优势：

- 更短的测量时间。
- 能够在宽泛的检测范围内驱动多种传感器。
- 能够适应各种介质、容器大小和距离。
- 能够与高压电路对接，从而驱动传感器穿透更深的容器。
- 能够集成保护级。
- 能够使用控制器局域网 (CAN) 接口。

在排气系统中，在柴油微粒滤清器 (DFP) 滤清之后喷射车用尿素溶液，以降低排放物中的氨浓度。油液浓度和液位传感器在测量油液浓度和车用尿素溶液液位方面发挥着重要的作用。

动力传动系统位置传感器

位置传感器是另一类服务于 ICE、HEV 和 EV 动力传动系统的重要传感器。它们可测量速度、角度、关键操作 (例如电动动力转向、牵引逆变器、自动变速器和防锁死制动系统) 中的开/关位置。

德州仪器 (TI) 的[超声波感应模拟前端允许将这些超声波参数用于液位、浓度和流量感应以及汽车超声波感应信号处理器和传感器驱动器](#)。在[“汽车超声波液位/质量测量参考设计”](#)中了解更多信息。

位置传感器主要使用磁性 (霍尔和磁阻) 和电感工作原理，具体情况取决于应用。动力传动系统位置传感器的注意事项和要求包括：

- 在关键位置中的稳健性。
- 更加敏感，能够检测最细微的变化。
- 用于感应速度的高带宽。
- 集成式数字输出。
- 输入端低噪声。
- 阵列传感器或不同的灵敏度轴。
- 温度和振动耐受力。
- 非线性磁体。
- 能够实现高带宽位置感应。

电感式位置传感器可提供更高的稳健性和精确性，并减少了维护工作。

	霍尔	LDC	FG	射频绝对位置
传感器元件	磁体 + 霍尔	磁体 + 霍尔	磁体 + FG	金属
温度范围限制器	磁体和霍尔有限	线圈有限	磁体和 FG 有限	金属熔炼点有限
故障可能性	磁体、霍尔、AFE + ADC	线圈、AFE + ADC	磁体、FG、AFE + ADC	AFE + ADC
屏蔽	磁屏蔽 + 外壳	外壳	磁屏蔽 + 外壳	外壳
绝对位置	需要传感器阵列和控制电子产品	需要传感器阵列和控制电子产品	需要传感器阵列和控制电子产品	可扩展的传感器
测量范围	0.1mm 到几厘米 (阵列)	1um 到几厘米 (阵列)	0.01mm 到几厘米 (阵列)	0.1um 到 6000mm
分辨率	10 到 16 位	10 到 16 位	10 到 16 位	16 到 24 位 (可能 >24 位)

表 2. 基于使用原则的位置传感器。

动力传动系统排气传感器

所有 ICE 车辆, 包括混合动力电动汽车, 都采用了排气传感器。随着新排放标准的出台, 对于排气感应的要求变得更加严格, 越来越多的国家/地区实际上都在强制实施排放限制。

如图 4 中所示, 车辆排气系统中存在不同类型的传感器。这些传感器通常使用化学工作原理, 具有两个电极并使用电极电势原理进行感应。这些类型的化学传感器可能具有更高的维护成本和更长的响应时间。新型射频 (RF) 排气传感器可实现更短的响应时间、更低的维护成本和更高的精确性。这些传感器的工作原理是, 当使用一根发射天线引起共振时, 每种气体都有各自的吸收频率; 一根接收天线可完成所有的气体感应工作。

为了帮助减少排放, “汽车射频烟尘传感器参考设计”展示了射频传感器检测汽车排气系统中的各种气体的能力。

排气感应需要:

- 0 级认证产品。
- CAN 协议, 以便与主要电子控制单元通信, 因为每个排气传感器都有一个单独的模块。
- 高精度。
- 最低的维护成本。
- 稳健性并能够承受更高的温度。排气传感器的最高温度接近 1500°C, 因为这些排气感应系统位于发动机盖的正下方。

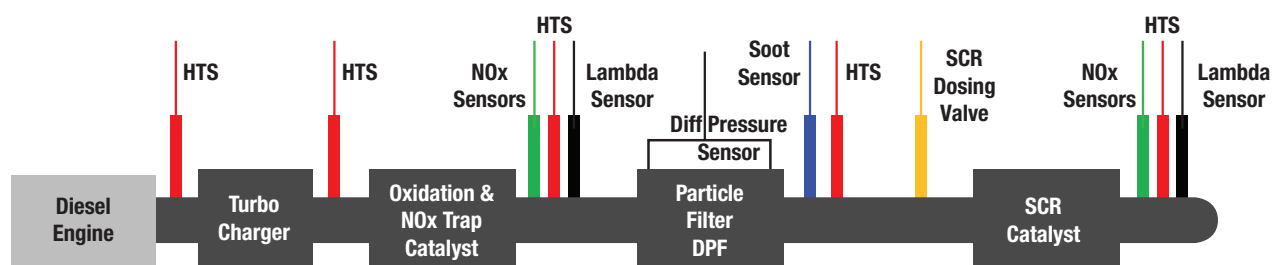


图 4. 汽车排气系统中的传感器类型。

动力传动系统电流传感器

电流传感器是内燃机、HEV 或 EV 车辆的动力传动系统中最重要传感器之一。磁分流原理可满足汽车中的电流感应需求。您可以根据传感器的位置选择合适的原理。内燃机车辆的电流感应电压通常是 12V; 在 HEV/EV 车辆中, 通常是 48V, 在 EV 中介于 400V 到 600V 或 800V 之间。

“适用于安全应用的汽车旋转变压器数字转换器参考设计”是一个基于片上系统传感器接口的完整旋转变压器解决方案。

下面是子系统对电流感应的关键要求:

- **ICE。**ICE 中的电流传感器用于将精确性和高集成度视为关键因素的 12V 电池。在这种情况下, 电流传感器应当能够在更高的温度条件下保持高精度。温度和补偿算法可以在宽泛的温度范围内保持高精度, 以防止独立的电流传感器出现线束故障。
- **HEV。**电流传感器位于 HEV 中, 用于控制 12V 和 48V 电池、直流/直流转换器和电机。特别是在电池中, 需要能够感应毫安到千安的电流, 因此需要使用具有更高共模电压的电流分流传感器以承受 48V 电池。在电池电流感应中, 需要在更低的电流条件下保持高精度, 以计算 SoC 和 SoH。直流/直流转换器电流感应需要更高的带宽, 以便在发生故障时做出快速反应。电机控制电流感应需要更高的压摆率和更短的响应时间。

- **EV**。在 EV 车载充电器、直流/直流转换器、牵引电机和 400V 到 800V 的高压电池中，需要使用电流传感器。还需要对电流感应进行隔离以处理高电压。使用分流电阻器可以实现磁分离或增强型分离以及具有高精度和高线性度的分离。设计人员通常在设计中采用功率损耗更低且基于放大器的分离式电流感应。在 EV 高压电池中，最好使用低侧电流感应，这样就需要能够在更小的电流条件下保持高精度并具有高集成度和更宽泛动态范围的电流感应，以便对电池执行充电状态和运行状况计算。

当精密传感至关重要时，“[基于分流的汽车 ±500A 精密电流传感参考设计](#)”可在电池管理系统、电机电流和其他汽车应用中在 -40°C 到 +125°C 的温度范围内提供低于 <0.2% 的满量程精度。

- **其他用途**。电磁阀和多种阀门也需要电流感应，以便在整个温度范围内保持高精度，因此需要具有更小的温漂、偏移和分流容差。在这些情况下，最好采用集成型分流。

对于 EV 和 HEV 内的高容量电池，“[汽车类毫安至千安级电流分流传感器参考设计](#)”展示了如何使用分流条类型的分流电阻器来检测毫安至千安级电流。

结论

新汽车技术的出现和车辆的持续电气化正在影响动力传动系统传感器及其配套电子产品。在 HEV 和 EV 中，对于电流和位置传感器的设计要求明显变得更加严格。

为使动力传动系统传感器能够在恶劣的汽车环境中可靠地运行，极其精确的信号调节器和高精度运算放大器发挥着极其重要的作用。传感器信号调节电子产品能够帮助化解的挑战包括高温和振动条件、EMI 保护以及符合汽车安全标准。

访问 [TI.com/powertrain](https://www.ti.com/powertrain) 上的设计资源、参考设计和产品信息。

在最终分析中，动力传动系统传感器有可能成为汽车电气化领域的最大技术突破之一。不过，当选择动力传动系统传感器和它们的配套信号调节电子产品时，您应仔细审核基本设计注意事项。

附录 A. 发动机管理传感器。

原理	传感器名称	意义/重要性
压力	歧管	为发动机的电子控制单元提供瞬时歧管压力信息。
	气压	感应大气绝对压力(大气气压)的细微变化。传感器直接通向大气。
	气缸	检测发动机(气缸内)的异常燃烧循环并促进闭环燃烧以减少气体排放。
	空气流量	测量进入发动机的气体的体积和密度。计算机计算保持正确燃油混合物所需的燃油量。
	燃油蒸汽压力	测量蒸发排放控制系统中的蒸汽压力。可能位于燃油箱上、碳罐总成旁边或者远程位置。
	燃油轨	测量燃油喷射器附近的燃油压力。动力传动系统控制模块使用此信号来调节燃油喷射器脉宽以及计量为每个燃烧缸供应的燃油。
	发动机机油	检测发动机中的(机械)油压,并将此值以电压读数/值的形式发送给动力传动系统控制模块。
	差压(微粒)滤清器	测量排气的压力差异。位于柴油微粒滤清器之间。
油液浓度/质量	尿素浓度	测量尿素/车用尿素溶液的质量和浓度,并指示电子控制单元提供要与排气混合的适量液体,以减少一氧化氮。
	燃油浓度传感器	测量燃油浓度和质量,并告诉系统何时换油以提高效率。
位置	排气再循环阀门位置传感器	监控排气再循环阀门销的位置,并将此销的机械运动转换为要发送给动力传动系统控制模块的电压信号。
	凸轮轴	提供凸轮轴位置信息,动力传动系统控制模块将使用这些信息来同步燃油。
	曲轴	提供曲轴位置信息,动力传动系统控制模块将使用这些信息来同步燃油。
	油门	确定蝶阀的开度角,继而确定发动机所需的空气量,并将此信息发送给动力传动系统控制模块。
	油门踏板	检测踏板的位置,并将此信息传送给电子控制单元,以便对油门的打开和关闭采取必要的行动。油门直接由驾驶员通过油门踏板致动。
	燃油油位	用于在所有类型的车辆油箱中执行精密燃油油位测量,主要用于确定为车辆加注的燃油容积和远程监控油箱。

附录 A. 发动机管理传感器。(续)

原理	传感器名称	意义/重要性
温度	进气	测量进入发动机的气体的温度,并将此信息传送给电子控制单元,以优化燃烧。电子控制单元采取必要的行动,以优化燃油供应,以使空气燃油比能够实现高效的燃烧。
	排气/高温传感器	检测排气温度并将其转换为电压,然后将电压连同电压信号一起馈送回电子控制单元,以控制发动机工况和有效地减少排放。排气/高温传感器位于柴油氧化催化剂的前面和/或柴油微粒滤清器的前面。
	排气再循环阀门温度传感器	帮助控制排气再循环阀门的功能,以便于减少发动机排放。这些系统会将气体从排气口输送到进气口以降低燃烧温度,从而减少氮氧化物排放。
	发动机冷却液	测量内燃机中的发动机冷却液的温度。此传感器的读数会馈送回电子控制单元,电子控制单元会使用此数据调节燃油喷射和点火时间。在某些车辆上,此传感器还可能打开电动散热风扇。
	发动机机油	计算发动机机油的温度。温度范围通常介于 -40°C 到 +170°C。
排气	烟尘或颗粒物	检测排气中的烟尘。诊断出的柴油微粒滤清器故障将触发车载诊断故障,并控制滤清器的再生。
	氮氧化物	检测排气管中的氮氧化物,并将此信息发送给电子控制单元以采取必要的行动。通常位于催化转换器和微粒滤清器的后面
	Lambda/氧	它是一个氧浓度传感器,用于测量排气中的残留氧含量,然后以电压的形式向发动机控制单元发送一个信号。使用氧传感器电压,控制单元可以检测混合物是否太稀或太浓。如果混合物太浓,控制单元会在空气/燃油比率中减少燃油数量;如果太稀,将增加燃油数量。
	氨	在配有选择性催化还原后处理系统的车辆上测量排气中的氨水平。传感器输出可以为这类系统提供反馈,以帮助减少氮氧化物排放。
爆震	爆震	检测在气缸中的空气/燃油燃烧时发生的发动机爆震(爆燃)。

传输管理传感器

	传感器名称	位置
速度	前轮	测量车轮的速度,以便将信息传送给防锁死制动系统、牵引控制系统和电子稳定程序控制单元,这些装置会单独控制每个车轮的制动力。
	后轮	测量车轮的速度,以便将信息传送给防锁死制动系统、牵引控制系统和电子稳定程序控制单元,这些装置会单独控制每个车轮的制动力。
	中间轴	检测反转齿轮的转速。通过将反转齿轮速度信号与直接离合器速度传感器信号进行比较,电子控制单元可检测齿轮的换档时间,并根据各种情况控制发动机扭矩和液压压力,以便于顺利换档。
	变速器输入轴	测量变速器的输入轴速度。电子变速器控制模块使用涡轮轴传感器提供的信息确定变速器的离合器滑转量。
	车辆速度传感器	读取汽车车轮的转速,并测量变速器/变速驱动桥输出或轮速。电子控制单元使用此信息修改发动机的功能(例如点火时间、空气燃油比和变速器变速点)以及启动诊断例行程序。
	柴油燃油泵	使用齿轮传感器原理估算燃油泵的速度,并将此信息发送给电子控制单元,以控制泵的精确位置和速度。
位置	变速杆	为控制着换档机制的电子控制单元提供变速杆的位置信息。还用于建议下一个档位。
	离合器	测量离合器主缸的活塞位置。用于巡航控制、发动机管理、互锁和电子停车制动等应用。
温度	自动变速器油液温度传感器	为变速器控制模块提供输入,变速器控制模块使用此传感器监控变速器油液的温度。位于变速器或变速驱动桥的阀体或油底壳内。
压力	自动变速器油液压力传感器	监控(它所连接到的)变速箱内的变速器油液压力、响应油液压力的变化并将此信息传送给变速器控制单元。

电动动力转向

	传感器名称	位置
转矩	方向盘/转向杆扭矩	估算转向柱的旋转力并将此信息传送给电机,以使传动器根据扭矩的大小协助车轮转动。
位置	方向盘角度	使用磁性位置传感器估算方向盘的角度信息,并将此信息发送给电机。
速度	电子动力转向电机速度	估算电机位置/角度/速度以调节无刷直流电机的脉宽调制周期,从而获得对车轮的精确控制。
温度	变速器温度传感器	监控变速器控制单元、离合器和换档控制器的温度。

HEV/EV

	传感器名称	位置
位置	电机控制位置	使用旋转变压器控制无刷直流操作, 以估算牵引电机位置。
	电机控制角度	使用旋转变压器控制无刷直流操作, 以估算牵引电机角度。
	电机控制速度	使用旋转变压器控制无刷直流操作, 以估算牵引电机速度。
电流	车载充电器电流传感器	位于初级侧和次级侧上, 用于实现控制回路运行和防止出现过流故障。功率因数校正方案中的电流感应可改进开/关序列。
	直流/直流电流传感器	大部分位于初级侧和次级侧上, 用于在初级侧提供保护和在次级侧实现控制回路运行。
	电池管理电流传感器	在电池管理系统中, 需要使用独立式车载电流传感器执行充电状态和运行状况计算。
	牵引机电流传感器	位于热侧上, 用于提供保护; 位于低侧上或场效应晶体管相位中, 用于执行电机驱动操作。
	电机电流传感器	对于车辆中的各种电机, 低侧的电流传感器用于执行电机诊断和实现控制回路运行。
	变速器电流传感器	比例电磁阀使用电流感应精确地监控电流, 并将此信息发送给微控制器, 微控制器会调节 PWM 占空比(百分比), 以提高电磁阀驱动器的效率。
电压	车载充电器电压传感器	电压感应功能可监控直流/直流输入/输出的电压幅度。通常使用一个电阻分压器对高压进行分压。通常需要进行电隔离, 以防止高压造成触电危险。
	直流/直流电压传感器	初级侧的电压感应功能可监控高压电池的电压幅度。通常使用一个电阻分压器对高压进行分压。
	电池管理电压传感器	电池监控 IC 可测量电池电压以及电流和温度, 并执行电池平衡以监控和保护电池。
温度	车载充电器温度传感器	温度监控电路可根据传感器的位置检查外壳或内部温度, 以确保功率晶体管在其有源运行期间正常运行。当温度超过阈值时, 它会立即关闭系统。
	直流/直流温度传感器	温度监控电路可根据传感器的位置检查外壳或内部温度, 以确保功率晶体管在其有源运行期间正常运行。当温度超过阈值时, 它会立即关闭系统。
	电池管理温度传感器	电池监控 IC 可测量温度, 并执行电池平衡以监控和保护电池。
	牵引电机温度传感器	监控 IGBT 温度, 以防止系统出现高温故障。

重要声明: 本文所提及德州仪器 (TI) 及其子公司的产品和服务均依照 TI 标准销售条款和条件进行销售。TI 建议用户在下订单前查阅全面的全新产品与服务信息。TI 对应用帮助、客户应用或产品设计、软件性能或侵犯专利不承担任何责任。有关任何其他公司产品或服务的发布信息均不构成 TI 因此对其的批准、担保或认可。

The platform bar is a trademark of Texas Instruments. All other trademarks are the property of their respective owners.

重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性数据（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，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(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安全、安保或其他要求。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及ti.com.cn上或随附TI产品提供的其他可适用条款的约束。TI提供所述资源并不扩展或以其他方式更改TI 针对TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122
Copyright © 2019 德州仪器半导体技术（上海）有限公司