

加速踏板/制动踏板原理简介

Ethan Wen

驾驶员踩下加速踏板后，加速踏板位置传感器会将驾驶员踩下的深度信息发送给整车控制器(VCU)，然后由整车控制器分析判断后，传送给电驱控制器驱动电机实现加减速的功能。

加速踏板传感器主要有可变电阻式加速踏板位置传感器和霍尔式加速踏板位置传感器，常见的踏板传感器供电电压为 5V。

可变电阻式加速踏板位置传感器

可变电阻式踏板内部机械结构如下图所示，可变电阻式加速踏板位置传感器在图中 1 的位置，内部控制电路如下图 2(a)所示。踏板的行程变化带动可变电阻器阻值的变化，从而使 VPA 和 VPA2 在工作电压范围内线性变化。其中，VPA 信号可以反映加速踏板踩下全程范围的线性变化，VPA2 信号是相对 VPA 有固定偏置的电压信号，一旦发现两信号之差或之和与标准值不符，则判定为传感器有故障。为保证信号的可靠性，两个电位器的电路完全独立，因此采用独立的电源供电 VCP1 和 VCP2。



图 1. 可变电阻式加速踏板位置传感器

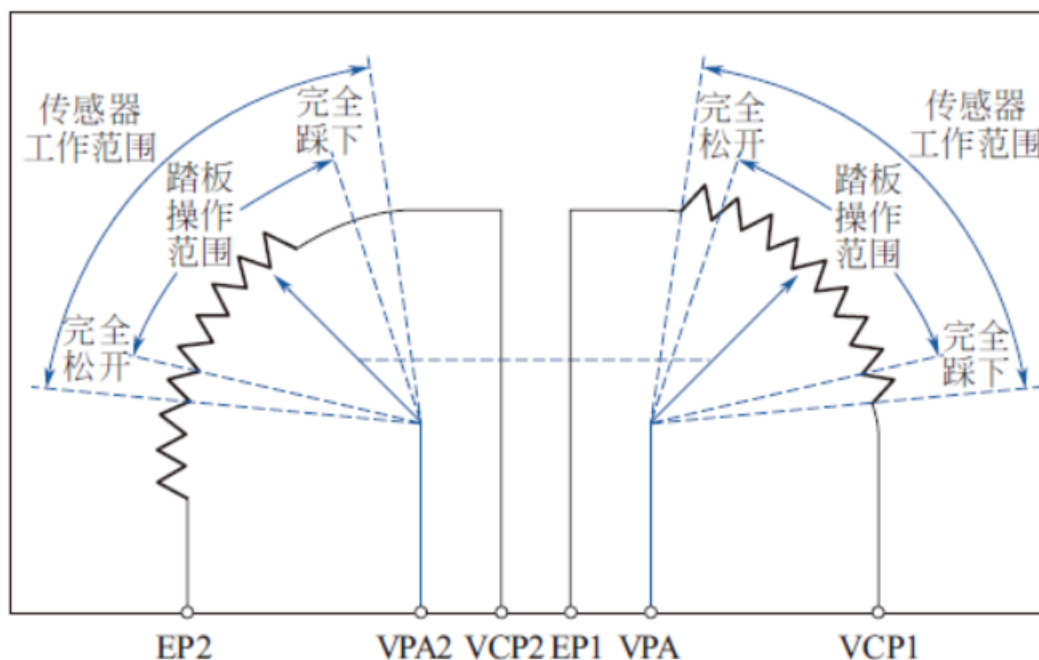


图 2. (a) 控制电路

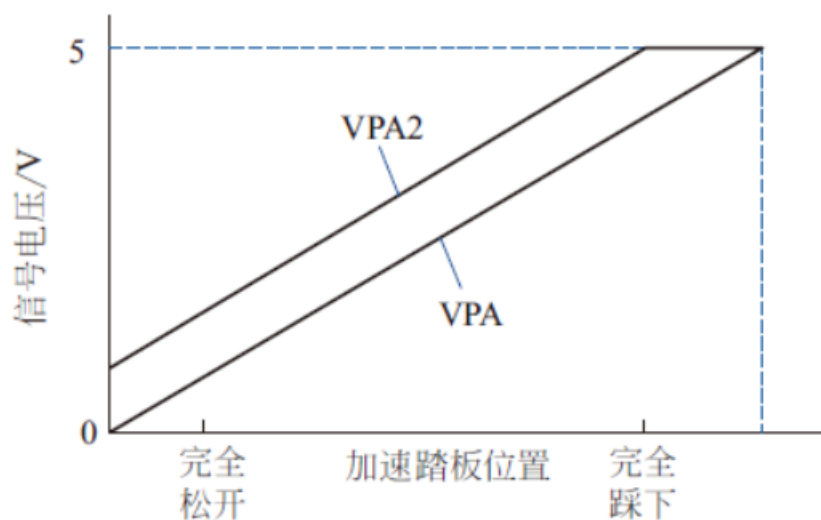


图 3. (b) 输出特性
可变电阻式加速踏板位置传感器控制电路和输出特性

霍尔式加速踏板内部机械结构和传感器位置如图 3 所示，内部控制电路如下图 4 所示。与可变电阻式位置传感器相比，除了采用霍尔效应采样原理的区别之外，其他类似，也有两路独立的传感器电路。可变电阻式踏板位置传感器由于接触式的缘故容易磨损，也存在接触不良的弊端，这就成为了霍尔式这种非接触式踏板位置传感器的优点。

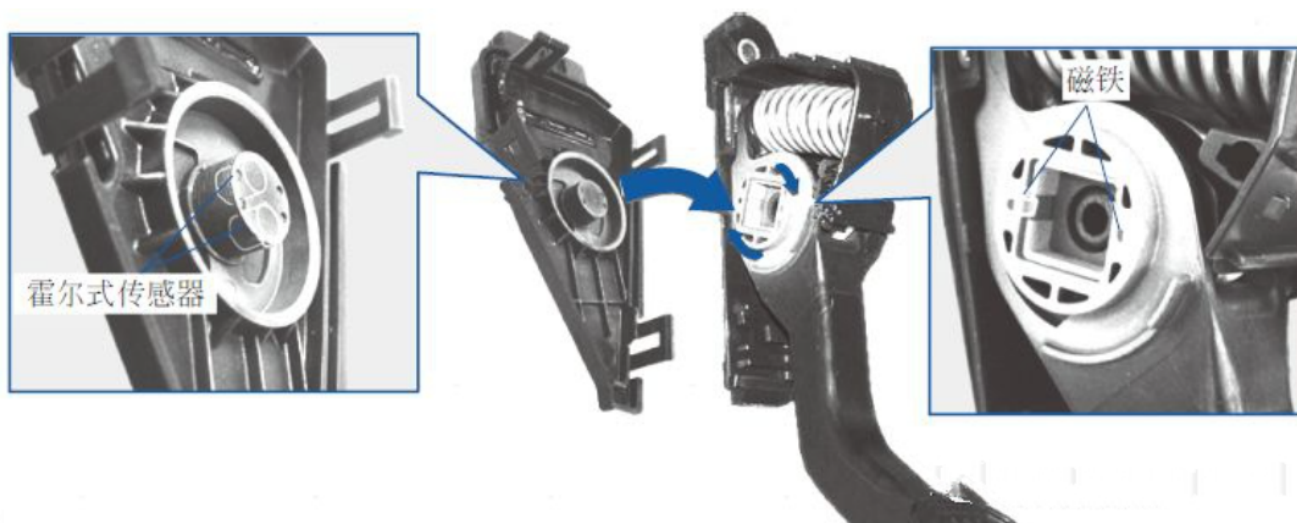


图 4. 霍尔式加速踏板位置传感器

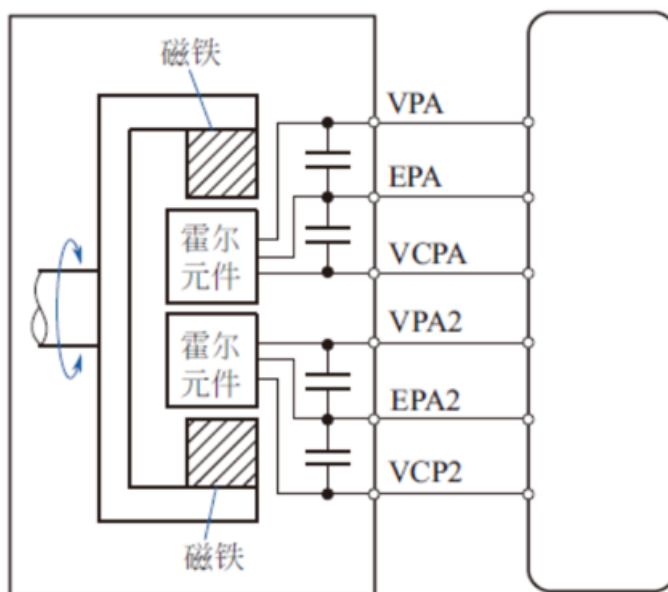


图 5. (a) 控制电路

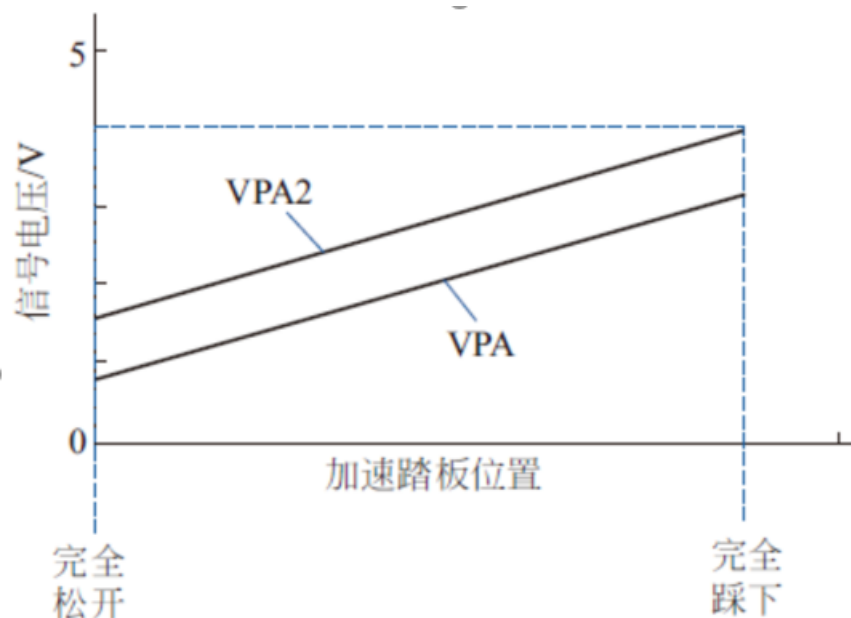


图 6. (b) 输出特性
霍尔式加速踏板位置传感器控制电路和输出特性

加速踏板/制动踏板信号输入需求

在汽车应用中，加速踏板/制动踏板信号一般会输入到整车控制器 VCU 端进行控制处理，进一步下发到执行机构，如电驱控制器执行控制电机转速的指令。如今，由于中央集成域控架构的兴起，越来越多的汽车制造商把 VCU 集成在区域控制器、网关控制器或者动力域控制器中。

由第一节踏板传感器原理介绍可知，常见的踏板传感器供电需求是 5V，为了保证传感器电路的可靠性，每个踏板内部有两个独立的控制电路，意味着，考虑到加速踏板和制动踏板，需要由 VCU 提供 4 路 5V 电源给到踏板传感器以及 4 路来自于传感器的采样信号输入到 VCU 端。

加速/制动踏板信号的可靠性关系到驾驶员和乘客的舒适性体验和安全，踏板信号采集和传输上面会有功能安全和传输速度的需求，一般为 ASIL C 等级。对供电部分、输入信号部分的诊断和保护提出了更高的要求。另外，电源和传感器输入信号相对于 VCU 来说都是通过连接器和外部线束连接的外部信号，在整车安装过程中，存在短路到电源和短路到地的风险，因此，对于 5V 电源和输入信号来说，在 VCU 端需要满足短路到 12V 电池和短路到地的诊断和保护。在 VCU 端，输入信号有大量的传感器和其他相同类型的模拟或数字信号，客户从节省 MCU IO 资料的角度考虑，会采用 Multiplexer、IO expander 或者 MSDI 的方案，但是由于踏板信号的功能安全和传输速度方面的需求，往往都会直接采取独立输入到 MCU ADC 口的方式，下文针对 5V 电源和 VCU 端踏板输入信号的需求作了详细介绍并推荐了相关方案。

加速踏板/制动踏板信号方案推荐

5V 电源推荐

为了保证踏板传感器信号高精度的需求，需要尽量保持与 MCU ADC 电源电压一致，一般推荐用 track LDO 方案。由于该电源需要通过板外的电源线缆连接到踏板传感器端，考虑到在汽车生产安装过程中容易发生短路到电源或者地的情况，该电源需要具备一定的保护诊断能力。

一般推荐 tracking LDO 用于踏板或其他离板传感器的电源，TI tracking LDO 的明星产品为 TPS7B4255-Q1，图 5 为典型应用框图。该产品支持 3V 到 40V 的输入电压范围，可直接从 12V 蓄电池接入，tracking tolerance 在全温全负载范围内最大误差仅为 5mV，并且集成短路到电源或地的保护。

在一些常用的 MCU 中，也有部分 ADC 参考基准电压在 3.3V、1.8V 等级，比踏板传感器的 5V 供电要小。TI 的 tracking LDO TPS7B4255-Q1，也集成 FB 反馈引脚，支持输出电压大于参考电压的应用场景。

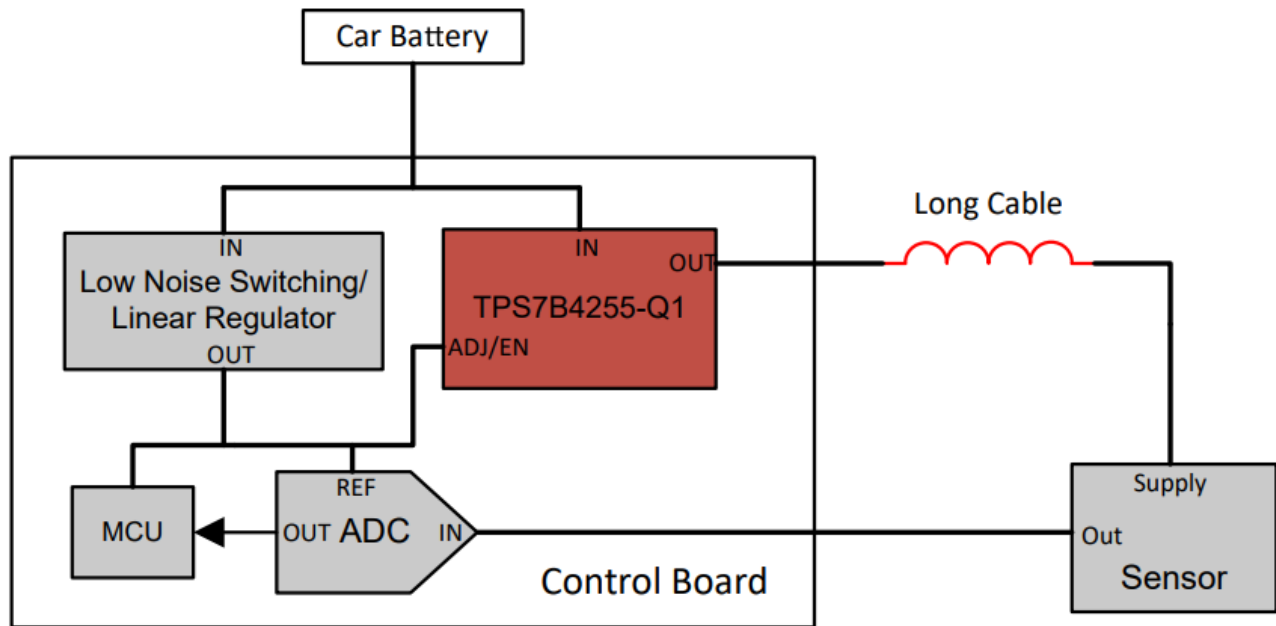


图 7. TPS7B4255-Q1 典型应用框图

输入模拟信号调理方案推荐

加速/制动踏板传感器模拟信号范围一般为 0V 到 5V，在第 2 节中提到，踏板传感器模拟信号会采取独立输入到 MCU ADC 端口的方式。常见 MCU ADC 参考电压为 5V、3.3V 以及 1.8V，5V 输入范围的 ADC 可直接支持踏板传感器信号的输入，3.3V 和 1.8V 输入范围的 ADC，一般需要先通过外部分压电阻网络，分压电阻网络的电阻考虑到损耗的问题，一般会选取 kohm 级别的电阻，如下图所示以输入范围 0.4V 到 4.4V 的踏板传感器信号以及 1.8V ADC 为例。一般 MCU 内部集成的 ADC 为 SAR ADC，为了保证采样的精度，SAR ADC 在输入端需要考虑阻抗匹配的问题，因此在前端与分压电阻网络之间推荐加一级缓冲器电路。该缓冲器电路的选型上需要考虑带宽、offset、input bias current 等影响精度的参数外，还需要结合 SAR ADC 输入端的采样保持电路综合考虑。

一般来说，SAR ADC 前级驱动电路的设计，包含两部分，一部分就是提供低输入阻抗的缓冲器，另一部分是 RC 滤波器。RC 滤波器提供输入信号的噪声滤波，也帮助衰减 ADC 输入端中开关电容的反冲影响。TI 提供了一个简单又实用的工具来帮助客户更快速的选取合适的运放和 RC 滤波器，可以从(<https://www.ti.com/tool/ANALOG-ENGINEER-CALC>)链接中下载，只需要输入 SAR ADC 的分辨率、量程、ADC 采样保持等效电容值以及捕获时间就可以得到运放选型所需要的带宽及其滤波器的参数，图 6 为一个实例。

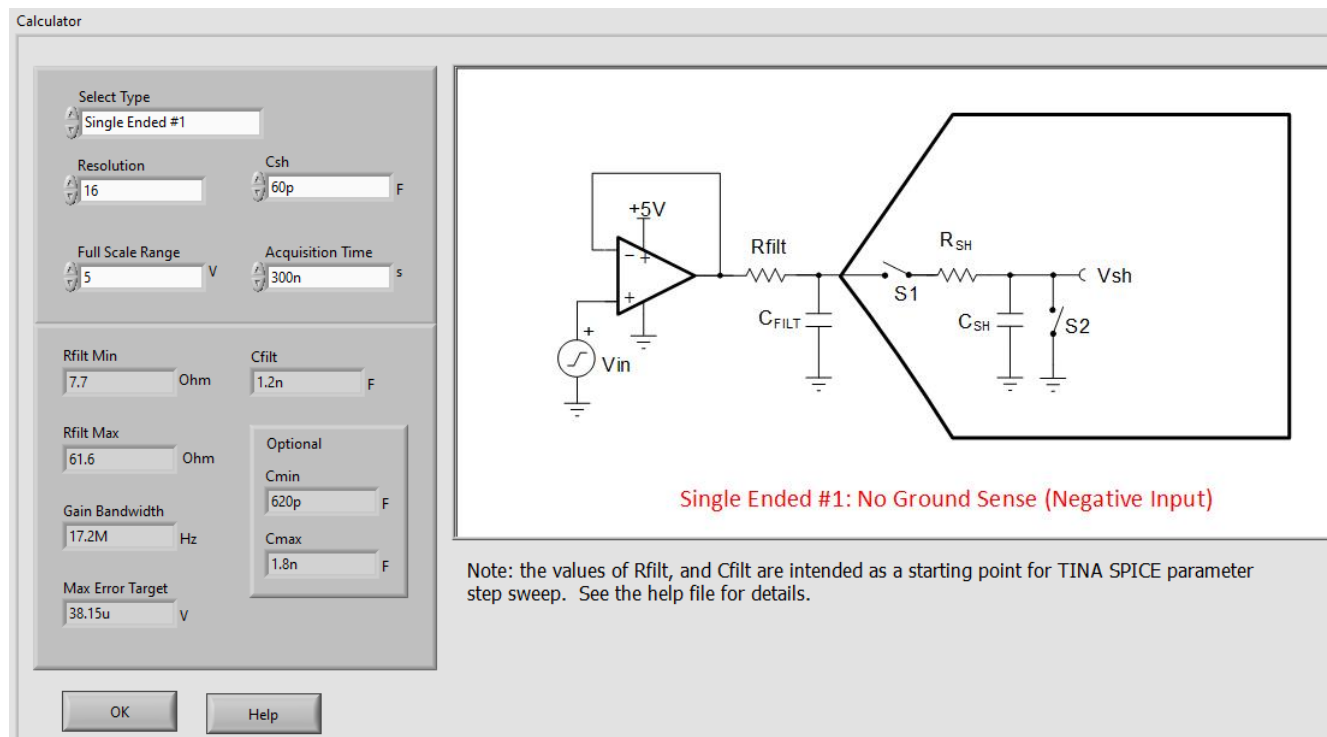


图 8. Analog engineer SAR ADC 驱动电路设计推荐

在选取了合适的缓冲器和滤波电路之后，由前面提到，板外输入信号还需要考虑短路到电源的风险，12V 电池系统工作电压为 9V 到 16V，以图 7 所示为例，经过电阻分压后短路到电源的电压为 3V 到 5.4V，为更好的匹配 ADC 采样精度，缓冲器供电电压一般选取 ADC 的供电电压，该例子中为 1.8V，而短路到电源的最大电压超过了缓冲器电路的供电电压。因此，该缓冲器电路的选型上需要考虑带宽、offset、input bias current 等影响精度的参数外，还需要考虑输入端短路到电源时会超过供电电压的情况，这对方案的选型提出了更高的要求。

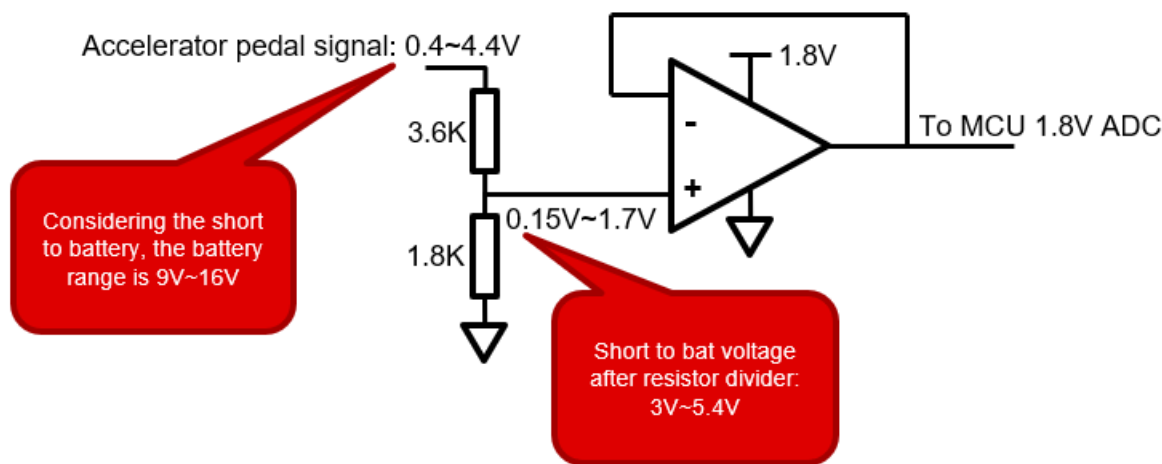
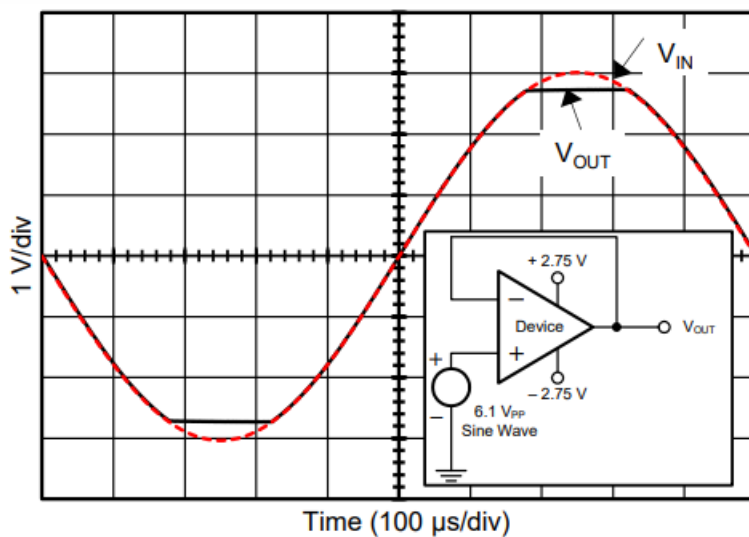


图 9. V 踏板传感器信号搭配 1.8V ADC 应用实例

TLV316-Q1 是单通道、10MHz 带宽、轨到轨输入/输出、供电范围为 1.8V 到 5.5V 的运放，常温下，offset 电压典型值仅为 $\pm 0.75\text{mV}$ ，input bias current 典型值仅为 $\pm 10\text{pA}$ 。除此之外，TLV316-Q1 的输入级钳位二极管的结构可以容许超过供电电压 0.5V，只需要保证输入端灌电流不超过 10mA，并且 TLV316-Q1 在图 7 所示实例中还支持短路到电源情况的诊断，如图 8 所示来自于规格书的曲线所示，正常输入范围在 0.15V-1.7V，短路到电源情况下输入超过供电电压，输出电压会接近负电源轨，本例中，可以选取 1.75V 作为短路到电源的诊断阈值。



$$V_+ = 2.75 \text{ V}, V_- = -2.75 \text{ V}$$

图 10. TLV316-Q1 非反相跟随特性曲线

因此，TLV316-Q1 不仅适合作为提供踏板传感器输入信号高输入阻抗、低输出阻抗的需求，还可以支持短路到电源的保护和诊断。

参考文献:

- <https://www.ti.com/lit/ab/sbva050/sbva050.pdf>
- <https://www.qcwxs.com/qicheyuanli/53547.html>
- <http://ti.com/product/tps7b4255-q1>
- <http://ti.com/product/tlv316-Q1>

重要通知和免责声明

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 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。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
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司