

Isaac Lara

Sensor Products

消费类电子设备设计需要具有吸引力并且可靠，才能取得成功。不过，大多数设备都仍然依靠机械按钮；这类按钮通常采用活动部件、垫圈和开孔，因而存在长期稳定性问题，并且成本更高，对各种环境因素的抗干扰能力也较差。而电感式触摸按钮则能够实现无垫圈且更加美观的防水机械设计。这种按钮外表坚固耐用，可在戴着手套的情况下操作，并且能够直接响应施加于导电表面的力度。

电感式触摸按钮技术的三个主要组成部分是电感式传感器、目标表面以及电感数字转换器。

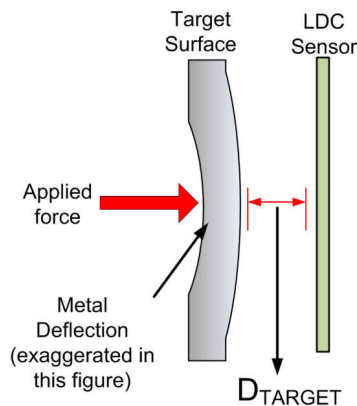


图 1. 电感式触控组件

当目标表面受力时，材料会稍稍偏转，导致电感式传感器和目标表面之间的距离 (D_{TARGET}) 缩短。 D_{TARGET} 的这一变化会改变传感器的电感 ($D_{TARGET} \propto$ 传感器电感)，而该电感会由电感数字转换器测量。当力撤除后，该表面会恢复其原始形状。

影响电感式触摸按钮灵敏度的主要因素包括目标材料、目标厚度与目标距离 (D_{TARGET}) 以及传感器尺寸。按钮灵敏度由为触发响应而需要在目标导电表面施加的力的大小来定义。

目标材料

电导率 (σ) 越高的材料越适合应用电感式感应技术。

在目标表面上产生的涡流大小与目标材料的电导率 (σ) 直接相关，因此电感式触摸按钮优选导电性较高的材料（例如铜、铝或银）。可以在木头或塑料等非导电材料上增加薄薄一层导电材料，从而实现电感式感应。有关涡流和 LDC 传感器设计的更多信息，请参阅 [LDC 目](#)

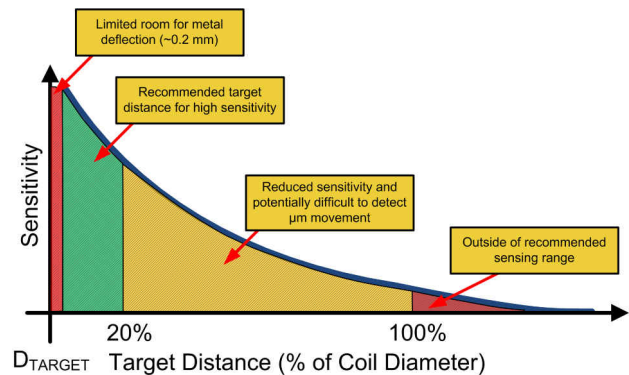
[标设计](#) 和 [采用 LDC、用于电感式感应应用的传感器设计应用报告](#)。

目标厚度

对目标表面施加一定的力所产生的偏转与材料的抗拉强度和厚度成反比。与较厚或刚性较高的材料相比，较薄或刚性较低的材料受到给定大小的力后，所产生的偏转较大。有关不同材料中偏转的更多信息，请参阅 [电感式感应设计计算器工具](#)。

目标距离 (D_{TARGET}) 和传感器尺寸

电感式感应依靠的是电感式传感器产生的电磁场与导电物体表面感应涡流之间的相互作用。随着 D_{TARGET} 增加，目标表面上感应的涡流会变小，因为目标导电表面现在只能捕获电感式传感器产生的一小部分电磁场。反过来，电感式感应线圈生成的电磁场线大小与传感器的直径成正比。图 2 显示了如何以电感式触摸线圈直径百分比的形式设置 D_{TARGET} 。

图 2. 显示了按钮灵敏度与 D_{TARGET} 之间的关系。

即便是在理想的目标电导率和目标表面厚度条件下，对目标表面施加标称大小的力所产生的偏转也只是微米级别的。例如，对由 0.2mm 厚铝制成的 10mm × 3mm 矩形表面施加 1.5N (150g) 的力时，该表面产生的偏转不到 1.9 μm。当 $D_{TARGET} = 0.2\text{mm}$ 并使用 10mm × 3mm 矩形传感器时，1.9 μm 的偏转会使传感器的电感改变 5700PPM。不过，LDC3114 是一款高分辨率电感数字转换器，专为检测低至 200PPM 的细微电感变化而设计。

LDC3114 能够检测表面的细微偏转，但这并不是它唯一可以解决的挑战。 D_{TARGET} 变化并不限于按钮按压操作期间目标导电表面的偏转。 D_{TARGET} 会因温度范围内

的机械容差变化而变化，也可能因为应力事件（掉落、压痕等）导致目标表面永久变形而变化。LDC3114 通过集成基线跟踪算法来跟踪 D_{TARGET} 的缓慢变化，解决了这些情形下的问题，从而能够在宽温度范围内以及各种程度的应力事件下维持按钮功能。

高分辨率和基线跟踪只是 LDC3114 具备的其中几项出色特性，这些特性使得该器件非常适合作为电感式触摸按钮的目标电感数字转换器。LDC3114 提供易于使用的 12 位输出，可扩展到要施加于电感式触摸按钮的力度。

扩展的 12 位带符号输出能够实现直接的力响应，而无需任何后处理，从而减少了系统滞后。此外，该器件具有可配置极性的推挽输出，仅在输出值达到预设阈值时触发，能够仿真机械按钮，并无需处理器干预。

LDC3114 可用于实现可供定制的电感式触摸按钮，使按钮在特定的力度条件下触发，而无需更改外壳的机械设计。图 3 显示了同一按钮（传感器尺寸 = 按钮尺寸 = 10mm × 3mm， $D_{TARGET} = 0.2\text{mm}$ ）只需更改 LDC3114 的 $GAIN_n$ 寄存器设置，即可调整为两种不同力度的输出响应。

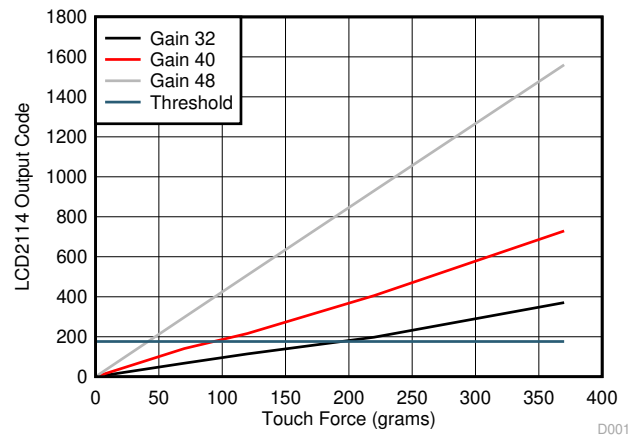


图 3. 可配置按钮灵敏度

增益因素 (图 3) 可以配置为 1 到 232 之间的值。

备选器件建议

LDC2112 和 LDC2114 是适用于低功耗 HMI 的替代电感式触控解决方案。如果应用无需高分辨率并需要在 1.8V 的条件下工作，则可以使用上一代 LDC 器件 (LDC161X) 来实现电感式触摸按钮。有关使用 LDC161X 器件实现电感式触摸按钮的信息，请参阅 [电感式感应触控金属按钮设计指南](#) 应用报告。LDC161X 器件是通用电感数字转换器，可在 3.3V 至 5V 的电压范围内工作。

表 1. 器件建议

器件	优化参数	性能权衡
LDC3114	$1.71V \leq VDD \leq 1.89V$	提供原始数据模式，扫描速率有所下降
	按钮超时 > 50s	
LDC211X	$1.71V \leq VDD \leq 1.89V$	不提供原始数据模式，最大扫描速率有所下降
	按钮超时 > 50s	
LDC1614	$2.7V \leq VDD \leq 3.6V$	功耗更高、频率范围更小并需要微控制器
LDC1612	$2.7V \leq VDD \leq 3.6V$	功耗更高、频率范围更小并需要微控制器

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 © 2022，德州仪器 (TI) 公司