



被动无钥门禁和电容式传感门把手

Microchip Technology Inc.

资深应用工程师

Darius Rydahl

简介

近年来，电容式触摸技术一直在慢慢进入汽车市场。从中控台信息娱乐触摸屏到简单的HVAC按钮/滑块/滚轮——电容式传感技术呈现出迅猛发展的态势。工程师们在不断寻找创新方法以将电容式传感技术整合到现有的成熟应用中。推动该技术使用日益增加的几个因素为，与标准机械按钮/开关相比，其成本更低、可配置性更高、更简单易用并且系统性能也显著改善。

电容式触摸传感取得新进展的一个此类应用是被动车辆门禁应用。在该应用中，位于门把手中的触摸传感器用于检测驾驶员的手，以及激活被动无钥门禁验证系统以锁定/解锁车辆。以这种方式使用电容式触摸传感无需昂贵的机械开关和耗电轮询方案。由于被动门禁系统通过电容式触摸消除了这些障碍，因此对与最终用户而言变得愈加方便和可靠。驾驶员解锁并进入车内的流程从未如此简单和透明。只需触摸门把手，打开门，然后驾车离开。

进一步了解电容式触摸传感器如何应用于被动门禁系统，并详细了解一些工程师在设计具有电容传感功能的被动门禁门把手时可能遇到的一些优势和挑战。

被动无钥门禁

概述

被动门禁系统多年来一直是许多高端汽车的主打功能。即使是最低配置汽车，只要配备被动无钥门禁（PKE），驾驶员便可轻松进入车辆，无需将钥匙插入门锁或按下钥匙上的按钮来解锁车门。



图1-1. 典型PKE系统

PKE是称为被动门禁和启动系统（PEPS）或被动门禁启动（PEG）的更大车辆进出系统的一部分。PEPS/PEG系统负责控制车辆进出（车门上锁/解锁），还允许通过使能/禁止车辆防盗锁止系统来驾驶汽车。

LF通信

PKE系统由LF（低频）接收器和LF发射器组成。LF接收器通常位于钥匙中，而钥匙通常在驾驶员手中。LF发射器位于车身内。启动钥匙与汽车之间的LF通信的最常见方法是驾驶员通过拉动驾驶员侧的门把手来手动激活解锁开关。在这种情况下，PKE系统是根据驾驶员的要求触发的，仅在启动LF通信、验证钥匙响应和解锁车门所需的短暂时间内激活。在所有其他时间内，PKE系统将保持休眠模式。

上述机械触发PKE系统的方式存在一个主要缺陷——成本。用于触发LF通信的机械开关十分昂贵。降低成本的一种方法是用电容式触摸传感器代替机械开关。

PKE系统要求

在开发利用电容式触摸传感技术的PKE系统时，必须考虑几个关键要求。这些要求包括：

- 响应时间
- 功耗
- 环境影响
- 可靠性

响应时间

典型PKE系统的总响应时间应短于150 ms。此数值包括唤醒门把手模块、检测解锁传感器上的触摸信号、初始化LF通信、验证钥匙响应和解锁车门（通常需要与中央车身控制器通信）所需的时间。

由机械开关激活的PKE系统将相对快速地唤醒，并且需要极短时间便可启动LF通信。由于涉及基于单片机的电子设备，电容系统在唤醒后将需要额外的时间来检测触摸和启动LF通信。为了确保在150 ms窗口内解锁车门，获取和测量电容触摸门把手触摸信号的典型时间应短于20 ms。

功耗

PKE门把手模块的平均功耗应小于100 uA。此外，对于通过开关机械激活LF通信的通风系统，这不是问题，因为模块唤醒通常由开关激活以中断方式驱动。在这种情况下，电流消耗通常远低于100 uA的要求，仅有几uA，具体取决于应用中使用的单片机（MCU）。另一方面，电容式触摸门把手模块必须进行轮询或定期从休眠模式唤醒，并检查解锁传感器上是否存在触摸信号。因此，必须仔细设计电容式触摸系统的轮询间隔，以平衡电流消耗与要触摸的传感器的整体响应。

环境影响

PKE门把手位于驾驶员侧车门外部，因此将受到各种恶劣工作条件的影响，包括炎热、寒冷和潮湿（最严重）。无论PKE LF通信是通过开关机械启动还是使用电容触摸启动，炎热和寒冷条件下的工作要求均相同。而潮湿则是一个完全不同的问题。

在机械开关的PKE系统中，LF通信通过按下物理按钮启动。由于模块与环境密封隔离，机械按钮不会直接受到潮湿环境的影响。它在潮湿或干燥工作条件下的功能相同。而对于采用电容触摸的门把手，情况并非如此。

由于正在监视触摸传感器是否有极小的电容变化，因此电容的任何变化（无论是由人手还是雨滴引起）都有可能被解释为触摸。只要发生错误触摸检测，LF通信序列就会启动，这将增加车辆的平均电流消耗。如果在这种模式下长时间运行，可能导致汽车电池耗尽。正因如何，必须小心确保增强电容触摸PKE门把手模块的耐受性，避免由于潮湿导致误检。

就触摸而言，防潮性是电容式传感门把手模块最可能出现问题的工作要求。所有其他要求（如响应时间和功耗）都可以通过选择合适的MCU并正确构建系统来满足。

可靠性

PKE系统必须具有极高的可靠性，并且无论何时都可以解锁车门。否则，无论是由于响应时间增加而导致的延时，还是由于机械开关故障而导致的灾难性故障，都是不可接受的。在最不严重的情况下，不可靠的系统将给驾驶员带来烦恼，而在最坏的情况下，灾难性故障将导致车门锁住以及车辆无法驾驶。必须不惜一切代价来避免这两种情况。

机械开关会随着时间的推移而磨损。而电容式触摸传感器则没有此问题，因为它们通常以印刷电路板上铜走线的方式实现。不过，如前所述，电容式触摸传感器对潮湿十分敏感，因此必须注意增强设计的耐受性，以避免潮湿引起的意外触摸激活。下一节将更详细地讨论这一主题。

电容式触摸传感与水分

一般来说，只要人体（无论是手指还是手等部位）接触传感器，都会发生触摸。当手指靠近传感器时，它开始将触摸采集阶段产生的电场从自由空间转移到大地，从而导致传感器电容发生变化。电容的这种变化决定了传感器的检测状态。

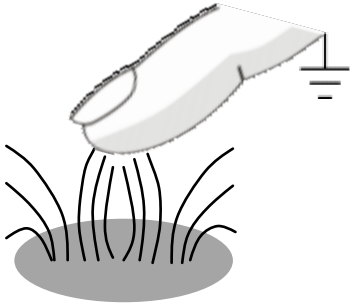


图1-2. 传感器与手指——触摸检测

任何改变传感器电容的导电材料或物体都将导致触摸检测。水就是这样一种物质，会给触摸传感器操作造成极大干扰。

为什么水分会给电容式触摸传感器带来这种问题？因为它具有高导电性。当水流到传感器的表面时，它会形成一个导电层，最终导致错误的触摸指示。

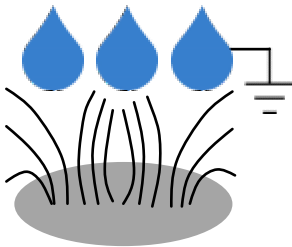


图1-3. 传感器与水——错误触摸检测

该导电层将转移传感器在触摸采集阶段产生的电场，使之远离自由空间。聚集的水很容易与附近的传感器和周围的电路接触，然后为电场提供一个低阻抗到地路径。这将导致传感器的总测量电容发生变化，如果不加以抑制，将最终导致错误触摸检测。

水分与电容式触摸传感器

既然已经解释了水分对电容式触摸传感器的影响，那么设计人员如何防止由过多水分导致的误检？

可选择保护通道和相邻按键抑制（AKS）逻辑这两种传统水分检测方法。不过，一旦检测到水分，这两种方法通常会禁止随后的触摸检测。这两种方法会使触摸传感器在除去水分前无法工作。在使用PKE系统时，门把手模块不能简单地在检测到水分后立即进入“锁定”模式，阻止驾驶员进入车内。无论解锁传感器上有多少积水，PKE门把手模块都必须能够完全工作并且必须能够检测触摸。为了实现这种高级功能，应用需要一种忽略水分但仍能检测触摸的新方法。

识别水分和人体触摸

在汽车工作环境中，水分可以呈现出多种形式，如水滴形式的凝露或雨水。对于电容式触摸传感器来说，凝露通常不是问题，因为这种类型的水分往往是随着时间的推移在触摸传感器的表面缓慢形成。结果是，由于这种类型水分导致的传感器电容总变化率相对较小，因此可以通过应用固

件中的触摸漂移算法轻松补偿。而雨滴则由于与触摸传感器接触的方式随机且相当突然，因此不那么容易补偿。

水滴通常是由从天而降的雨水或者由洗车行或花园软管产生的喷水形成。当这些水滴与电容式触摸传感器接触时，它们会在测量的传感器信号电平中产生非常陡峭的瞬时尖峰，这是传感器电容变化的结果。传感器信号电平的急剧变化与通过驾驶员的手指或手进行人体接触期间观察到的响应类型有很大不同。人为接触引起的触摸检测对信号的影响更为长久，导致传感器信号分布曲线的变化更加缓慢。

下图显示了电容式触摸传感器在未触摸（稳态）、有水分但未触摸和已触摸这三种状态下的典型响应。

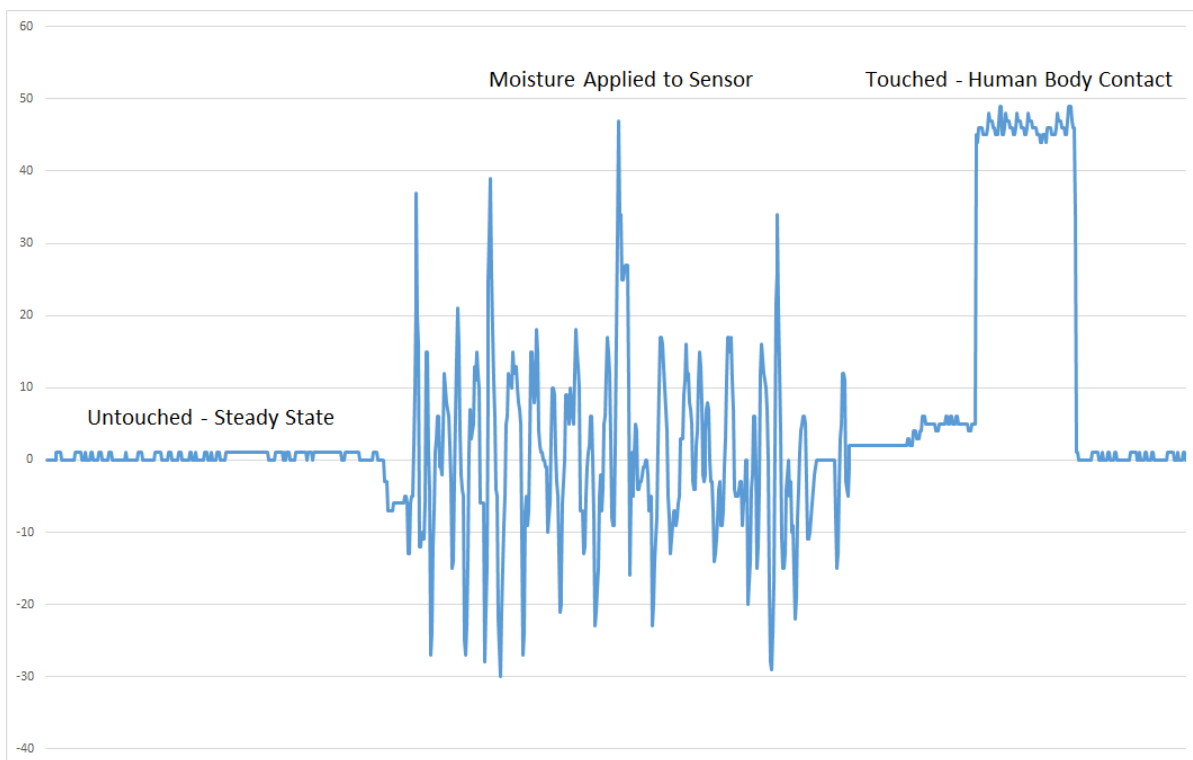


图1-4. 电容式触摸传感器对雨滴和人为触摸的典型响应

触摸传感器响应中的这些差异对于每个事件都是惟一的，可支持开发专门的触摸处理算法。这些算法与其他减少水分的技术结合使用时，可以用来在雨滴与触摸传感器接触时消除雨滴的影响，并最终避免意外的触摸检测。

减少水分

信号异常值

减少水分的技术和算法可以采取许多不同的形式。Microchip采用的一种防止水滴在触摸传感器上相互作用的方法是，在传感器级搜索传感器信号异常值或尖峰。利用这种方法，执行一系列测量，并计算传感器信号电平的连续平均值。然后将平均传感器信号电平与通过以下方式识别水滴时记录的最小和最大信号值进行比较：

$$(\text{最大值} - \text{平均值}) > (\text{平均值} - \text{最小值})$$

为最大程度减少错误的水滴检测，必须根据传感器灵敏度调整算法。这可通过将检测阈值代入如下公式来实现：

$$(\text{最大值} - \text{平均值}) > [(\text{平均值} - \text{最小值}) + \text{阈值}]$$

这样一来，我们可以确保只有最小/最大异常值与平均值之间有显著差异的传感器测量被识别为水滴。

集总传感器元件

当雨水与触摸传感器接触时，它与传感电极表面接触的时间和位置都是随机的。如果传感器设计为单电极，与传感器接触的任何液滴都可能触发错误的触摸检测。在触摸传感器较大的情况下，如同汽车门把手应用解锁传感器的情况一样，将传感器分成几个更小的传感电极可能很有帮助。获取位于PCB上不同区域的多个电极上的触摸信号可以提供关于触摸传感器工作环境的更直接的反馈。水分检测算法可用的传感器数据越多，对水分的识别就越准确。将由单个电极组成的传感器分成可以集总在一起的多个电极有助于完成这项任务。

每个具有外设触摸控制器（PTC）的Microchip MCU都可以使用集总模式功能。集总模式允许设计人员将多个传感器电极组合或合并成更大的传感器元件，这些传感器元件可以独立工作，也可以成组工作。

见下例：

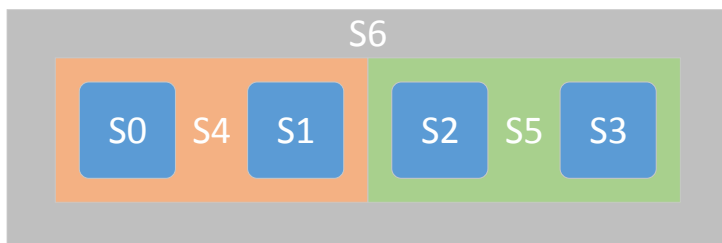


图1-5. 假设的集总模式传感器配置

所示的集总传感器由四个物理传感器电极S0、S1、S2和S3组成。S4、S5和S6传感器是由S0-S3电极的“集总”组合构成的虚拟传感器。



组合时，这些电极形成新的传感器组：

$$S4 = S0 + S1,$$

$$S5 = S2 + S3$$

$$S6 = S0 + S1 + S2 + S3$$

在触摸采集阶段，传感器可独立扫描，也可以集总传感器组的形式扫描，或者以应用所需的任何方式扫描。随后，每个通道的触摸数据将通过水分检测滤波器以确定系统的总体“湿度”，并对所施加的水分或人为触摸提供所需的响应。

最终想法

机械开关曾经一度是被动无钥门禁门把手设计人员的惟一选择。机械开关为系统增加了不必要的成本，需要额外的用户交互级别，并且会随着时间的推移而磨损。在汽车领域，成本、便利性和可靠性是市场的推动因素。只需用电容式触摸传感器代替PKE门把手中的机械开关便会大有改观。与机械开关系统相比，电容式触摸传感器可节省成本，操作和交互更加方便，并且有助于提高可靠性。不过，将电容式触摸技术应用于门把手会带来一系列新的技术挑战，设计PKE系统时必须纳入考虑。防潮性、电流消耗和响应时间都是设计考虑因素，要避免发生意外的触摸检测、电池使用寿命缩短以及客户对最终产品的总体满意度降低，必须考虑这些因素。上述挑战均可应对但没有足够的规划和预想，而电容式触摸传感器助力汽车PKE舒适系统的发展向前推进了一步。Microchip提供丰富的电容式触摸传感产品，能够满足汽车门把手应用的需求。Microchip触摸解决方案高度集成，不需要外部组件，非常可靠且极易实现。Microchip提供的触摸解决方案包括mTouch®（适合基于PIC®的单片机（MCU））和QTouch®（适合AVR®及基于ARM®的MCU）。

注：Microchip的名称和徽标组合、Microchip徽标、PIC、AVR及QTouch均为Microchip Technology Inc. 在美国及其他国家或地区的注册商标。mTouch®为Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。