

在多种 HMI 应用中实现高精度电容式触摸传感器

松尾 駿, 工程师, 嵌入式处理产品第一部, 嵌入式处理产品事业部, 瑞萨电子

概述

近年来, 电容式触摸传感器在多种应用中得到广泛使用, 例如家电和工业设备, 旨在改善设计和提供防水防尘性。但是, 根据应用的不同, 也出现了许多问题, 例如, 因干扰噪声或水滴导致的操作故障, 以及因缺乏专业技术知识而导致的开发延期。为解决这些问题, 瑞萨电子推出了采用新一代电容式触摸传感器 IP — CTSU2SL 的 MCU。本白皮书介绍了 CTSU2SL 出色的抗噪性、防水性和间歇运行时的低功耗特性, 以及用于开发的各种工具和指南, 其中也包括应用开发示例。



概要

到 2029 年, 全球 HMI 市场预计将以 7.90% 的年均复合增长率增长。随着 HMI 技术近年来的发展, 它在改善 UX (用户体验) 和 UI (用户界面) 以及产品增值方面变得日益重要。在这些市场条件下, 对电容式触摸传感器的需求不断增加, 这种传感器可根据外壳的设计理念, 作为操作面板部署到木材或透明亚克力等多种材料上, 或者用作 LED 式用户指示, 从而提升使用便利性。不同于传统的实体按钮, 电容式触摸传感器没有弹簧或其他活动部件, 因此不易因磨损而发生故障, 能够延长产品使用寿命。除此之外, 其操作面板可实现全平无缝设计, 易于采取防尘防水措施, 更加便于进行清洁与其他保养。这项技术以往主要用于对功能性和设计具有较高要求的高端家电, 而近年来, 它逐渐渗透到低端家电、工业设备, 以及需要保持高度清洁的医疗保健设备中。

但是, 引入新的电容式触摸传感器必须克服各种阻碍, 例如, 防止因噪声或水滴干扰造成触摸误检、电极布局设计和灵敏度调整, 以便实现舒适的触摸操作。

瑞萨电子拥有多种配备电容式触摸传感器 IP 的 MCU 产品, 以及 10 余年的成熟经验, 能够满足用户在其应用中部署触摸传感器时的各种需求。新一代的电容式触摸传感器 IP — CTSU2SL 相较于上一代, 具有更加出色的抗噪性、防水性以及低功耗特性, 能够在各种条件下实现卓越的可操作性。本白皮书介绍了 CTSU2SL 的升级特性。

多频测量使抗噪性更上一层楼

电容式触摸传感器可以检测到因手指或手掌接近而产生的电容变化, 但附近环境中的干扰噪声同样会导致细微的电容变化。传统的检测方法采用单频点测量来测量电容, 因此当干扰噪声频率与测量频率同步

时，这种方法就无法准确测量，由此也会发生触摸误检。 CTSU2SL 多频测量方法采用三个测量频率，因此，即使当一个测量频率受到干扰噪声影响，其余两个受影响较轻的测量频率仍然能够准确地测量事件。

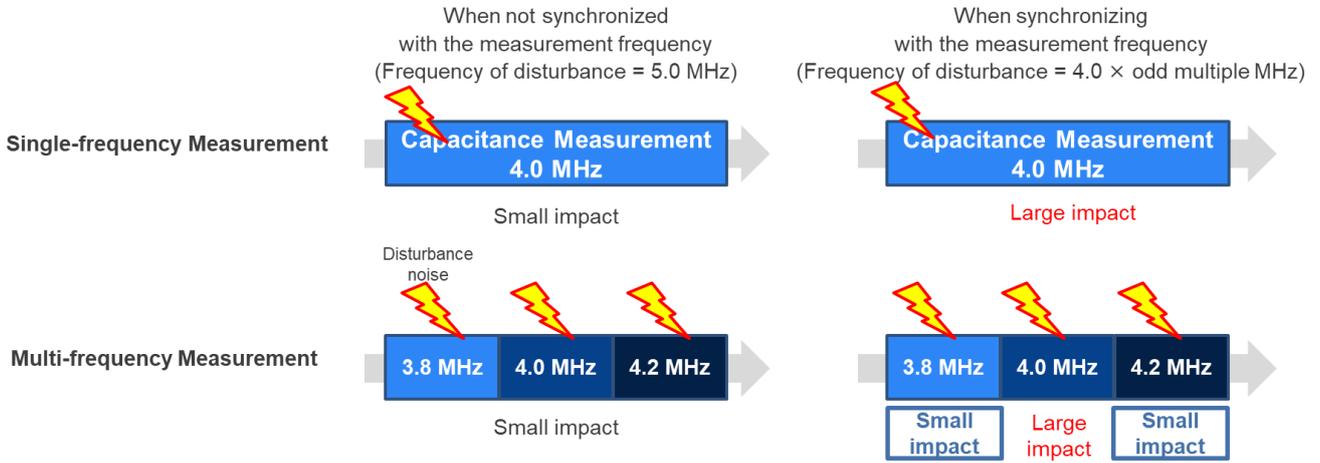


图 1：干扰噪声对单频测量和多频测量的影响

主动屏蔽有效提高抗噪性和防水性

寄生电容是指产品电路板上未连接电容器的电极和电缆的电容。大型寄生电容可降低电容式触摸传感器的检测灵敏度。 CTSU2SL 的主动屏蔽是一种利用与被测量电极相同的电位和相位信号来驱动屏蔽护罩的功能。该功能可抑制因电极和屏蔽护罩间电容耦合而产生的寄生电容增加，从而提升抗噪性。

在测量过程中，当水滴、油脂或其他物质接通电极和附近屏蔽护罩之间的间隙时，传统方法会导致电容增加，这可能会被误认为是触摸操作所导致的电容变化。而主动屏蔽可降低测量期间因水滴和其他因素导致电极与屏蔽护罩电容增加的影响。因此，电容式触摸传感器能够安全地用于厨房和洗手间等易附着水渍和油渍的环境中。

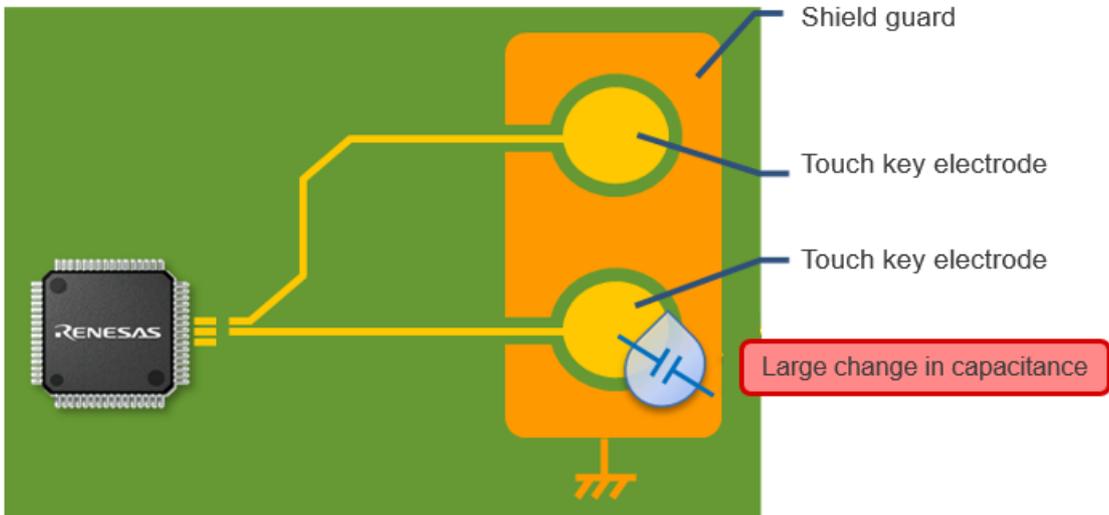


图 2：屏蔽护罩场景

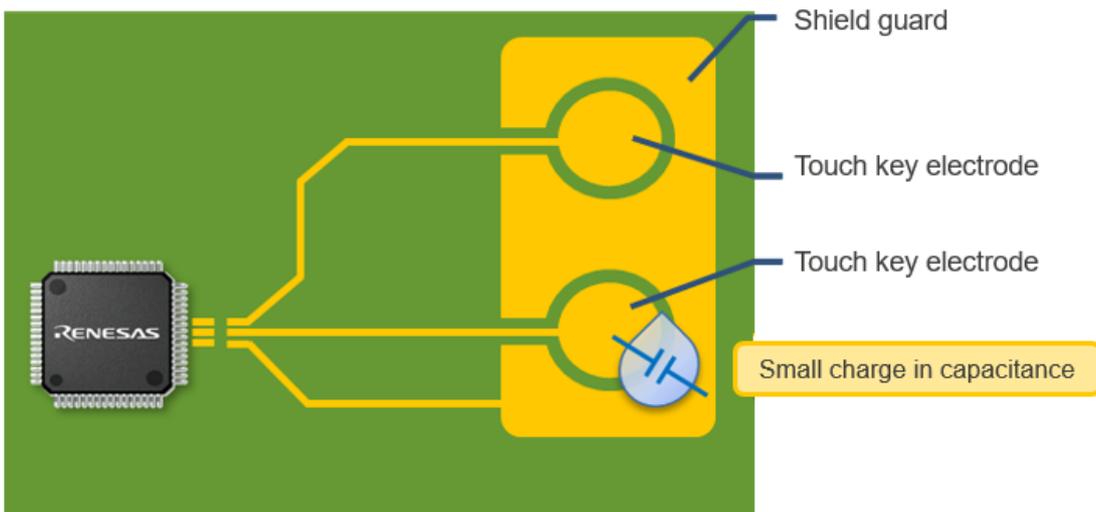


图 3：主动屏蔽场景

智能唤醒解决方案可减少功耗

随着采用电池供电的环保产品（智能锁和智能家电）与日俱增，对使用电容式触摸传感器的 HMI 技术的低功耗需求也在不断增加。为满足这类需求，瑞萨电子推出了智能唤醒解决方案，该解决方案采用 SNOOZE 模式（MCU 的低功耗模式之一）以及 CTSU2SL 自动判断功能和 MEC（多电极连接）功能，可显著降低产品的待机功耗。

SNOOZE 模式在 CPU 待机期间停止时仅运行某些外设功能，而自动判断功能可在无需运行 CPU 的情况下判断是否触摸硬件按钮，通过将两者相结合，当该产品在 SNOOZE 模式期间未检测到触摸事件时，会恢复软件待机模式，无需 CPU 进行判断，从而保持低功耗。此外，MEC 功能可将多个触摸按钮作为单个按钮进行测量，以缩短测量时间并实现更低功耗。

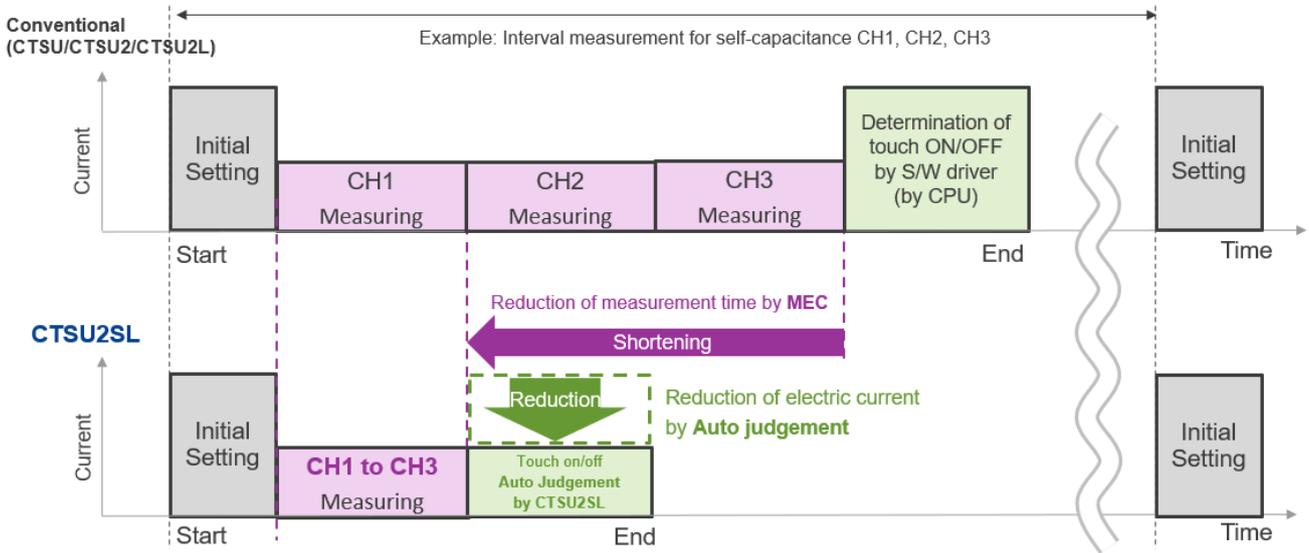


图 4：间歇运行时的定期测量

专为电容式触摸传感器优化的开发环境

- [QE for Capacitive Touch](#)

通过试凑法调整触摸参数需要耗费大量时间，这一直是电容式触摸传感器开发过程中的一道阻碍。瑞萨电子推出了 QE for Capacitive Touch，这是一款用于电容式触摸传感器的开发支持工具，能够自动生成触摸检测程序、监视测量值并使用 GUI 调整参数，从而降低触摸灵敏度调节的难度。

- 电容式触摸评测系统

用于评测电容式触摸传感器的电路板，包含一块带有 MCU 的 CPU 板，以及一块用于评测按钮、滑块和滚轮的扩展板，可对所有触摸端口进行评测。此外，其中还提供了示例代码（例如智能唤醒解决方案），便于用户能够快速实施瑞萨电子的触摸按键解决方案。



图 5：RX261 电容式触摸评测系统

- [CTSU 电容式触摸介绍指南](#)

本简介指南介绍了电容式触摸传感器的检测原理和特性、MCU 产品系列、硬件、软件、开发环境和评估板，因此，即使不熟悉电容式触摸传感器的用户也能了解瑞萨电子的触摸按键解决方案。

- [CTSU 电容式触摸电极设计指南](#)

电容式触摸传感器的测量结果根据各种因素而有所差异，例如，触摸电极板的形状和尺寸、线路布线、外围布局、覆盖面板厚度、是否存在空气层以及产品外壳内部结构。因此，必须充分考虑电极灵敏度和抗噪性的设计。本指南详细说明了使用 CTSU 和 CTSU2x 时的电极板与布线设计及其各种相关因素，并介绍相关的建议应用。

- [电容式触摸抗噪性指南](#)

电容式触摸传感器会受到附近环境中干扰噪声的影响，因为即使是多余的电信号也会导致电容发生细微的变化。由于这种噪声的影响程度根据硬件设计而有所差异，因此，在设计阶段采取应对措施可提高传感器的抗噪性，实现有效的产品开发。本指南根据 IEC61000-4 抗噪性标准，介绍了如何提高采用瑞萨电容式触摸传感单元 (CTSU) 的产品的抗噪性。

搭载 CTSU2SL 的 MCU 与应用开发示例

搭载 CTSU2SL 的瑞萨 MCU 可在单个芯片上实现系统控制、电容式触摸传感器、安全保护，以及其他多种功能，从而降低用户的 BOM 成本。在畅销市场 10 余年的 RX 系列 MCU 中，RX261/RX260 和 RX140 均配备 CTSU2SL。除了家电等常规触摸应用场景之外，这些 MCU 还可让触摸式传感器部署在各种应用中。在常规触摸应用中，RX140 可用于将 HMI 和系统控制功能集成到单个芯片内，以降低整体系统 BOM 成本。另一方面，如果需要比 RX140 更强的处理性能或更大的内部存储器空间，则可使用 RX260。RX261 适合用于需要 CAN FD、USB 和安全功能的应用。

通过将采用电容式触摸传感器的接近按钮安装在电梯操作面板，即可在不直接接触面板的情况下进行操作，即使在使用人数不定时仍可确保设备清洁。RX261 配备 CAN FD，而 RX140 配备 CAN，因此，操作面板及其他模块可通过可靠的通信方式进行连接。

将电容式触摸传感器用于智能锁操作面板，可提供户外使用所需的防水防尘功能。此外，借助在待机期间仍可检测触摸事件的智能唤醒功能，能够降低功耗，延长内置电池的工作时间。不仅如此，得益于内置在 MCU 中可靠的安全功能，RX261 还可保护用户数据，并通过无线网络安全地更新固件。

结论

尽管对于电容式触摸传感器的需求不断增加，但各种部署应用对于其抗噪性、防水性和低功耗提出了严格的要求。瑞萨电子的新款电容式触摸传感器 IP — CTSU2SL 通过多频测量提高了抗噪性，通过主动屏蔽增强了抗噪性和防水性，并通过智能唤醒降低了功耗，从而出色地满足了这些需求。瑞萨电子还提供各种评测与开发解决方案，以帮助您实施高精度电容式触摸传感器并缩短开发时间。

相关信息

[RX261](#): 具有出色能效比、先进触摸功能和强大安全特性的微控制器

[RX260](#): 具有出色能效比和先进触摸功能的微控制器

[RX140](#): 配备新一代电容触摸 IP 的 32 位微控制器，实现更低功耗

[RX261 电容式触摸评估系统](#): 立即评估 RX 261 芯片和开发触摸键解决方案

[RX140 电容式触摸评估系统](#): 立即评估 RX 140 芯片和开发触摸键解决方案

[电容式触摸按键](#): 触摸按键解决方案的特殊页面

[全球 HMI（人机介面）市场：市场占有率分析、产业趋势/统计、成长预测（2024-2029） - 日商环球讯息有限公司 \(GII\)](#)

重要通知和免责声明

瑞萨电子株式会社及其关联公司（以下简称“瑞萨”）的技术规范和可靠性数据（包括数据手册）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、Web 工具、安全信息以及其他资源“按原样”提供，不保证无瑕疵。瑞萨不做任何明示或暗示保证，包括但不限于产品适用性、特定用途适用性或侵犯第三方知识产权的保证。

这些资源的适用对象为使用瑞萨产品熟练进行设计的开发人员。以下事宜请自行负责：(1) 为您的应用选择合适的产品，(2) 设计、验证和测试您的应用，(3) 确保您的应用符合适用标准以及安全性等所有其他要求。这些资源如有更改，恕不另行通知。瑞萨仅授权您将这些资源用于开发采用瑞萨产品的应用。严禁复制这些资源或用于其他用途。我们未授予任何其他瑞萨知识产权或任何第三方知识产权的许可。

瑞萨对因使用这些资源而产生的任何索赔、损害、成本、损失或负债概不负责，且瑞萨及其代表的全部损失须由您赔偿。瑞萨的产品仅遵守瑞萨的销售通用条款和条件，或书面签订的其他适用条款。使用瑞萨的任何资源不会扩大或更改这些产品的任何适用保修或保修免责声明。

(Rev. 1.0 Mar 2020)

公司总部

135-0061, 日本东京江东区豊洲 3-2-24, TOYOSU FORESIA
<https://www.renesas.com>

联系信息

有关产品、技术的更多信息，文档的最新版本，或离您最近的销售办公室，请访问：
<https://www.renesas.com/contact-us>

商标

瑞萨电子的名称和徽标是瑞萨电子公司的商标。所有商标和注册商标均为其各自合法所有者的财产。

© 2024 Renesas Electronics Corporation. All rights reserved.
Doc Number: R30WP0009CC0100