

白皮书

为设计提供快速精确的多点触控用户界面

2020 年 12 月

概要

多年的智能手机使用经验表明，与复杂设备进行交互的最佳方式是使用流畅直观的触摸屏用户界面。因此，电容式触控用户界面被广泛应用于众多其他设备，如厨房炉灶面、工业控制面板等。

在消费类产品、家用电器和工业设备等利润较低的市场，设计人员所面临的挑战是，由于已经有了智能手机体验，用户期待这些产品能有同样高性能的触控用户界面。如果触控界面对用户输入的响应延迟太长、无法对多次触摸做出一致的响应、或者被触控界面上的水干扰，无疑会让用户对设备的信任大打折扣。用户甚至对物联网 (IoT) 等低成本市场也有同样的期望，因此类似家用恒温器这样的低端产品现在也提供云连接，并采用全彩触摸屏界面。

为应对这一挑战，微控制器 (MCU) 制造商开发了经济高效的 MCU，这些 MCU 包括在低成本条件下实现高效电容式触控所需的先进硬件和软件。例如，瑞萨电子推出了 RA2L1 系列的低功耗通用 MCU，搭载 48MHz Arm Cortex M23 CPU，在活动模式下的工作电流低至 64 μ A/MHz，在待机状态下的电流仅为 250nA。该器件还包括对 AES 加密的硬件支持、真随机数发生器，并提供设备唯一 ID。它还具有一些硬件功能，可以支持 IEC/UL 60730 认证，帮助确保家用电器的功能安全。

RA2L1 MCU 还具有其他一些特性，可以降低使用这些元器件的整体物料成本，例如精确到 $\pm 1.0\%$ 的内部振荡器、大电流驱动的耐受 5V 电压的 I/O 端口、从 1.6 至 5.5V 的宽工作电压范围。存储器选项包括 128KB 和 256KB 的闪存，以及 32KB 的 RAM。

RA2L1 系列 MCU 具备一个与众不同的特点，即它通过硬件实现了第二代瑞萨电容式触摸感应技术（简称 CTSU2）。该器件的电路可以改进使用这种技术构建的触控界面的抗噪能力和传感器精度。CTSU2 还能够执行触控界面的快速并行扫描，从而实现触摸板、3D 手势识别和高精度应用。手势识别技术将会实现新一代的非接触式用户界面，对于将卫生视为头等大事的公共应用而言，这一点非常重要。

通过瑞萨的 e² studio IDE、E2 和 E2 Lite 片上调试模拟器和 Arm 开发生态系统，可以支持 RA2L1 系列 MCU 的硬件功能。

应用实例

RA2L1 的 CTSU2 先进技术可以支持多种类型的高级用户界面。借助该器件的快速扫描功能，所构建的触控界面能够成功地感应和分辨多次触控，并在三维空间中识别手势。

CTSU2 具有很高的精度，能够实现多种应用，例如水流量和水平面测量，以及纸张类型和纸张厚度感应。CTSU2 的电路设计使得它适用于对电气噪声敏感的应用，在表面潮湿或被冰覆盖的情况下，依然可以防止读数错误。

通过多频率扫描提高抗噪能力

触控用户界面必须能够在容易受到复杂电磁干扰的条件下工作。下图 1 为触控用户界面应用于家庭电磁炉的实例。在此应用中，触控按钮很可能受到来自电源的传导开关噪声的影响。此外，在关闭电磁炉的大电感负载时，还会产生射频噪声和电磁噪声。设计人员还必须考虑到其他一些问题，包括随着灶面玻璃盖变热产生的温度变化、由于电感线圈导致的物理震动，以及机械装配的影响和灶面材料选择等。

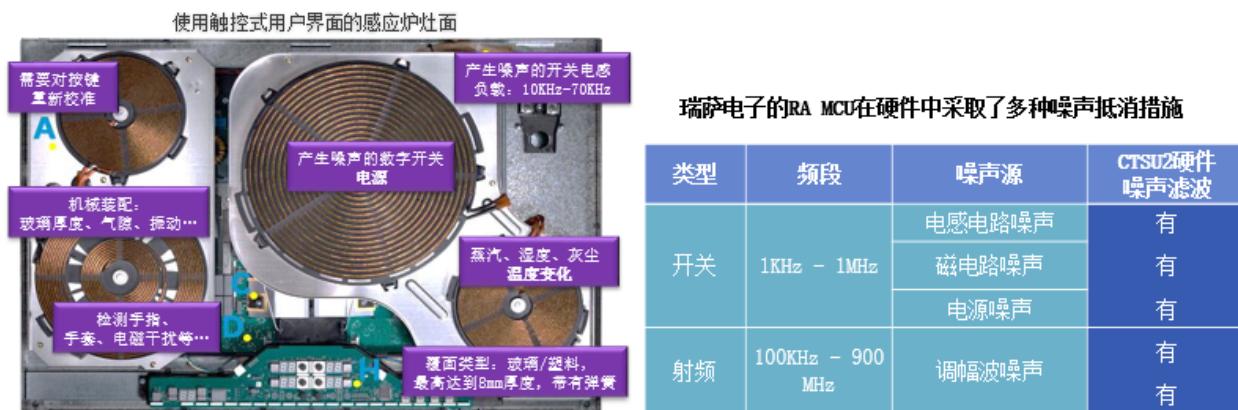


图 1: 多个噪声源影响家庭电磁炉的电容式触控界面的有效实现

瑞萨采用更先进的方法来感应触摸，以应对在电磁噪声环境中有效实现电容式触控解决方案的挑战。下图 2 显示，在最初的 CTSU 方法中，感应点在固定频率下进行采样，相近频率的同步噪声可能会影响读数。

当前方法 (CTSU)

在固定的单个驱动频率下进行测量始终受到同步噪声的影响



新方法 (CTSU2)

在3种不同频率下测量，通过估值法计算结果，包括噪声影响。

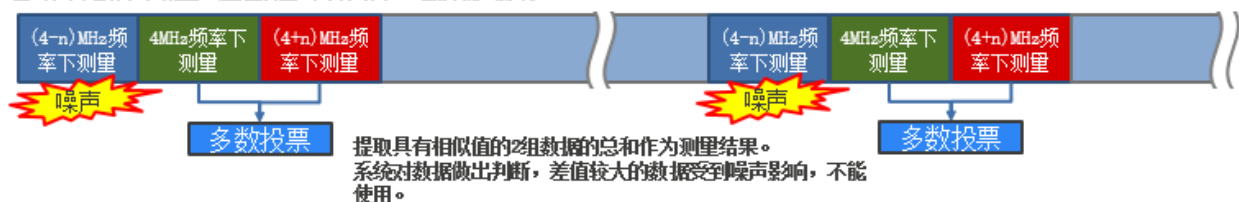


图 2: 在多个频率下进行扫描，让 MCU 能够“投票”决定正确读数，从而抑制噪声

在新的 CTSU2 中，感应点在三个不同频率下进行采样。这些频率自动按照主采样频率确定。然后，CTSU2 使用三组测量值进行多数投票，确定哪些读数正确，这样就能更容易地抑制由于传导或辐射噪声导致的杂散测量值。这有助于采用 CTSU2 技术构建的触控界面达到 IEC EN 61000-4-3 第 4 级辐射抗扰度标准和 EN 61000-4-6 第 3 级传导抗扰度标准。

除了能够按照主传感器驱动脉冲频率自动确定辅助扫描频率之外，CTS2 还能够调节主频率与两个辅助频率之间的间隔。这让触控界面能够更可靠地防止电磁干扰，并为调节生产线上的触控用户界面的采样频率提供了机会。以电磁炉为例，这样可以减少同一生产批次的电感线圈产生的特定噪声模式的影响，还能考量用于安装触控界面的材料和粘合剂的组合的影响。

提高触控灵敏度

CTS2 还采用了相应技术，通过改进屏蔽方式，提高触控灵敏度。

图 3 显示了为触摸板布局添加屏蔽层的好处。在第一种情况下（左图），触摸板电极受到来自下方的寄生耦合的影响，因而很容易直接耦合电气噪声，干扰触摸板信号。在电极下方添加一个接地层（如中图所示）可以减少这种影响，但代价是电极板和接地层之间的寄生电容增加，可能降低触控界面的灵敏度。第三种情况（右图）展示了为电极板添加屏蔽电极的好处：它有助于减少耦合到电极板的噪声，还可减少屏蔽层和电极板之间的寄生电容。

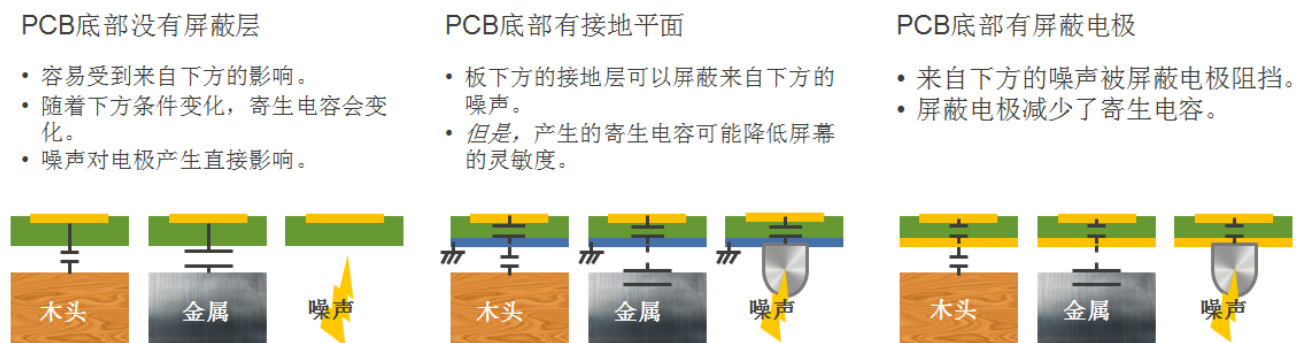
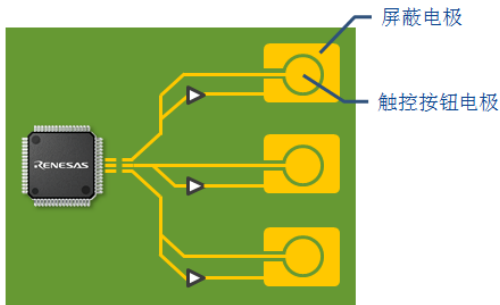


图 3：抑制触摸屏中的耦合噪声和寄生电容的三种方法

下图 4 显示了瑞萨电容式触控解决方案从 CTSU 演进到 CTS2 的过程中的一项增强功能。在 CTSU 中，PCB 版图中定义的每个触控电极都需要单独的屏蔽电极，每个屏蔽电极都需要独自的电流驱动器。在 CTS2 实现中，多个电极板可以共享同一个屏蔽电极，电极可由 RA2L1 MCU 直接驱动。

当前方法(CTSUS)

每个电极板分别需要一个屏蔽电极。
每个屏幕电极分别需要一个电流驱动器。



新方法(CTSUS2)

多个电极板可以共享一个屏蔽电极。
屏蔽电极可以直接驱动。

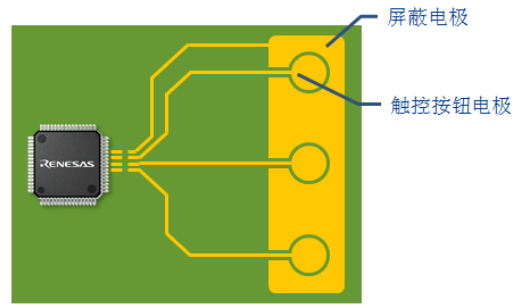


图 4：屏蔽触摸板电极的两种方法

屏蔽电极可在自电容模式下设置。电极信号是传感器开关信号的缓冲信号，具有相同的振幅、频率和相位。多个电极板可以共享相同的屏蔽电极。使用这种方法可以屏蔽电极板，防止来自两侧和下方的噪声。这有助于减少寄生电容，更能耐受液滴，降低用户交互出错的可能性。

其他会提升精度的升级包括：集成电流驱动振荡器校正电路、使用频率锁定环路，升级传感器驱动脉冲电路、采用更好的电流镜像电路扩大 CTSU2 电流测量范围。

快速扫描实现精确的多点触控界面

正如概要中所述，用户期待使用更先进的界面，这就产生了对能够感应和正确解析多点触控的电容式触控界面的需求。

RA2L1 MCU 中的 CTSU2 经过更新，能够实现并行读取，从而实现更快速的扫描。在 CTSU 中，手指触摸产生的电容会改变传感信号的频率，而这会被连续测量。例如，触摸板被定义为由七个水平触摸区域和七个垂直触摸区域组成的网格，读取它的状态需要 49 次连续测量。

而在 CTSU2 中，一次可以进行多达 20 次测量，因而上述的 7x7 网格的读取只需七个步骤。这种相互的同时性扫描使用电容频率转换，实现对多点触控界面的高速并行扫描。

CTSU方法使用在网格上的连续扫描，因而扫描7x7个网格需要49个步骤



CTSU2方法支持在最多20个通道上同时扫描，因而扫描7x7个网格只需7个步骤

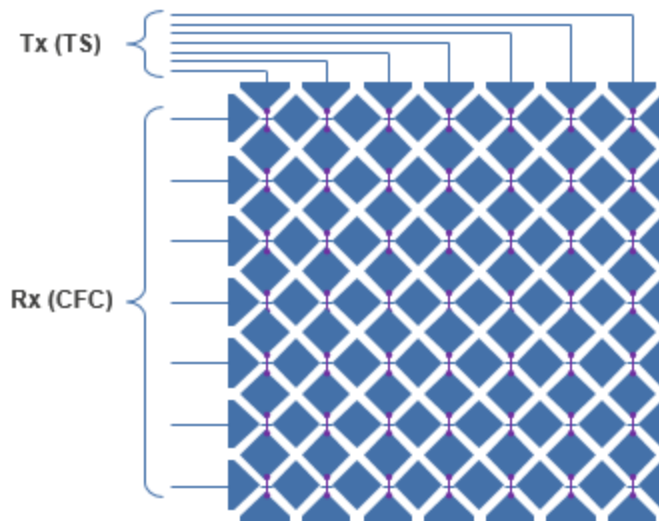


图 5：并行扫描实现多点触控界面

CTSU2 还扩大了传感器驱动脉冲的低频率范围，从而支持更慢的频率扫描。这个新增的扫描速度选项让用户能够在界面扫描速度与精度之间进行权衡，特别是在多点触控应用中。

结论

虽然 CTSU2 的原理非常简单，但在实际设计中实现，需要设置和调节多个参数，以便达到要求的触摸屏性能。

瑞萨开发了 FSP 触摸驱动程序软件，让设计人员能够控制 CTSU2 的关键参数。如今我们可以通过驱动程序，调节触控测量的信噪比。虽然这种方法需要权衡测量时间，但信号将具有更高的信噪比，测量也更加精确。

瑞萨还实现了一种功能，能够减少驱动程序软件占用的 ROM 或 RAM，让开发人员能够选择占用资源更少的器件，用于项目的生产阶段。驱动程序软件经过优化，将 API 子例程数量从 21 个减少到 14 个，让设计人员能够更简单地将它们与其他外设软件相集成。关键功能例如 UART 和定时器，可从触摸屏驱动程序软件中的 API 例程控制。

瑞萨 RA2L1 及其 CTSU2 触控界面为用户提供的其他开发帮助包括解决方案入门套件 RA2L1 Touch RSSK。

瑞萨还将 QE for Capacitive Touch 开发支持工具更新为 QE for Capacitive Touch (RA) 版本。该版本的新增功能包括支持最新版本的灵活配置软件包 (FSP)。

瑞萨还通过 e² studio 集成设计环境 (IDE) 提供支持，用户并可通过访问 Arm 生态系统获得可用的工具和服务。

了解更多

1. [RA2L1 产品页面](#)
2. [RA2L1 RSSK 电容式触摸套件](#)
3. [RA 合作伙伴生态系统](#)
4. [RA MCU 系列](#)

© 2020 Renesas Electronics Corporation or its affiliated companies (Renesas). All rights reserved. 所有商标或商业名称均是其各自所有者的资产。瑞萨电子认为本文档所含的信息在提供时准确无误，但对其质量或使用不承担任何风险。所有信息均按原样提供，不作任何种类的担保，无论是明示、暗示、法定担保，还是因交易、使用或贸易惯例引发的担保，包括但不限于对适销性、对特定目的适宜性或非侵权性的担保。瑞萨电子对因使用或依赖本文档所含信息造成的任何直接、间接、特殊、结果、偶然或其他损失概不负责，即使已提示相关损失的可能性亦不例外。瑞萨电子保留停止这些产品或更改其产品设计或规范或本文档其他信息的权利，恕不另行通知。所有内容均受美国和国际版权法保护。除非本文档特别准许，否则未经瑞萨电子事先书面许可，不得以任何形式或通过任何方式复制本材料的任何部分。访客或用户不得因任何公开或商业目的而修改、分发、发布、传送本材料的任何内容，亦不得对其创建衍生作品。