

白皮书

可穿戴设备和物联网设备的触摸感应 HMI

最新的 CAPSENSE™触摸感应技术如何实现全新、节能、省空间的设计

版本： v1.0
日期：2023 年 8 月

www.infineon.com

目录

触摸感应 HMI 的设计：消费者需求和市场压力 3

可穿戴设备：触摸 HMI 设计团队面临的主要挑战 3

1 功率挑战 4

1.1 为什么始终开启触摸感应功能，会耗尽电池电量 4

1.2 探索触摸感应控制器的操作和架构 4

2 尺寸挑战 6

2.1 传感器尺寸的权衡：以响应能力和准确性为代价 6

2.2 第五代 CAPSENSE™技术：不惧功率与尺寸挑战的解决方案 6

2.3 始终开启的感应功能：大幅延长触摸控制器的深度睡眠时间 7

2.4 如何最大程度地利用 AOS 模式进行节能 8

2.5 CAPSENSE™低功耗操作的使用案例 8

2.6 显著提高的信噪比：使操作更小的传感器成为可能，以节省空间 9

2.7 给设备设计人员带来实际好处 11

2.8 在一个芯片中集成触摸感应、力量感应和接近感应功能 12

2.9 使用案例示例：通过整合，消除独立的接近感应子系统 13

2.10 优异的防水性能：可在雨水或汗水环境下，保持触摸传感器的性能 13

2.11 使用案例示例：锻炼时保持触摸感应功能 14

2.12 PSoC™ 4000T：不仅仅只是触摸感应控制器 15

2.13 电容方法实现佩戴检测和接近感应 16

2.14 电容液位感应方法 16

2.15 CAPSENSE™技术受到全面的硬件和软件资源支持 16

2.16 可扩展的系统设计 18

触摸感应 HMI 的设计：消费者需求和市场压力

可穿戴设备的触摸感应人机界面（HMI）是吸引消费者的一大要素，它通过耳塞式耳机和智能眼镜等设备的触摸式按键和触摸式滚动条，或通过智能手表的小型触摸屏，提供了一种响应灵敏、一目了然的交互方式。
随着可穿戴设备的市场竞争不断推动创新，制造商在消费者特别关注的两大功能上争奇斗艳：
–电池续航能力（“充电周期”）
– 外形尺寸：制造商必须在舒适性、便利性、功能丰富性（例如：传感器）与具有吸引力的时尚设计需求之间取得平衡

这种市场压力也影响着触摸 HMI 的设计决策：对于每一代可穿戴产品，制造商都希望从以下方面对触摸系统做出显著改进：
– 平均功耗：电池节能
– 设备的机械设计和外形尺寸：旨在改进触摸传感器的功能和特性，同时缩小产品的尺寸，减轻产品的重量
– 耐液性：在雨水和汗水等条件下保持性能稳定。

当然！这些改进绝不能影响设备的用户体验。
为了助力制造商实现这两个目标，英飞凌推出了一款新型触摸感应控制器——PSoC™ 4000T，它适用于任何类型的可穿戴设备以及小型物联网设备。基于英飞凌全新第五代 CAPSENSE™电容感应技术，PSoC™ 4000T 的平均功耗较上一代 PSoC™降低至 1/10。同时，设计人员能够缩小触摸传感器的尺寸。由于第五代 CAPSENSE™信噪比是上一代的 10 倍，设计人员能够在尺寸更小的触摸感应元件周围，更密集地布置器件，而不影响性能。
同时，全新的多模态感应功能使得一个传感器能够执行多个感应功能——不仅包括触摸式按键和触摸式滚动条，还包括力量感应、接近感应，甚至触摸屏感应。触摸技术的改进实现了强大的防水性能，使其在液体（例如：雨水或汗水）环境中，亦可提供优异的触摸传感器性能。
本白皮书介绍了英飞凌在工程方面的突破，实现了这些显著改进。

可穿戴设备：触摸 HMI 设计团队面临的主要挑战

在市场需求下，可穿戴设备触摸 HMI 的设计人员需要在降低功耗和缩小尺寸的同时，增加触摸传感器功能，并保持优异的用户体验——哪怕在液体环境中也是如此。
接下来，我们来看看影响这些挑战的因素有哪些！

1 功率挑战

1.1 为什么始终开启触摸感应功能，会耗尽电池电量

虽然智能手表等可穿戴设备的大多其他功能都可以在用户的两次活动之间，保持长时间的关闭，但触摸感应 HMI 却被要求始终保持开启。这是因为用户的触摸交互是随机的，无规律可循，无法预知用户何时会触发功能。因此，它必须在设备开机期间全程持续扫描，使得 HMI 子系统会持续耗电。在低功耗模式（持续扫描）和激活模式（触摸子系统在短时间内消耗更多电能）下，始终保持开启状态的触摸 HMI 都是一个重要的功耗因素，因此总体而言是一个功耗大户。可见，只要降低触摸系统的功耗，就可以有效延长充电周期。

1.2 探索触摸感应控制器的操作和架构

通常而言，触摸 HMI 是唤醒可穿戴设备的最常用方法。为了节约用电，设备通常具备低功耗触摸检测功能，即在设备深度睡眠模式下工作：在这个模式下，设备以仅够检测任何触摸事件的低刷新率进行扫描。在这种模式下，用户可能需要按住一会（可根据用户场景配置）按键，才能唤醒系统。
检测到触摸时，HMI 会唤醒设备，同时切换到激活模式，以更快的刷新率运行，并支持设备的所有触摸感应功能。

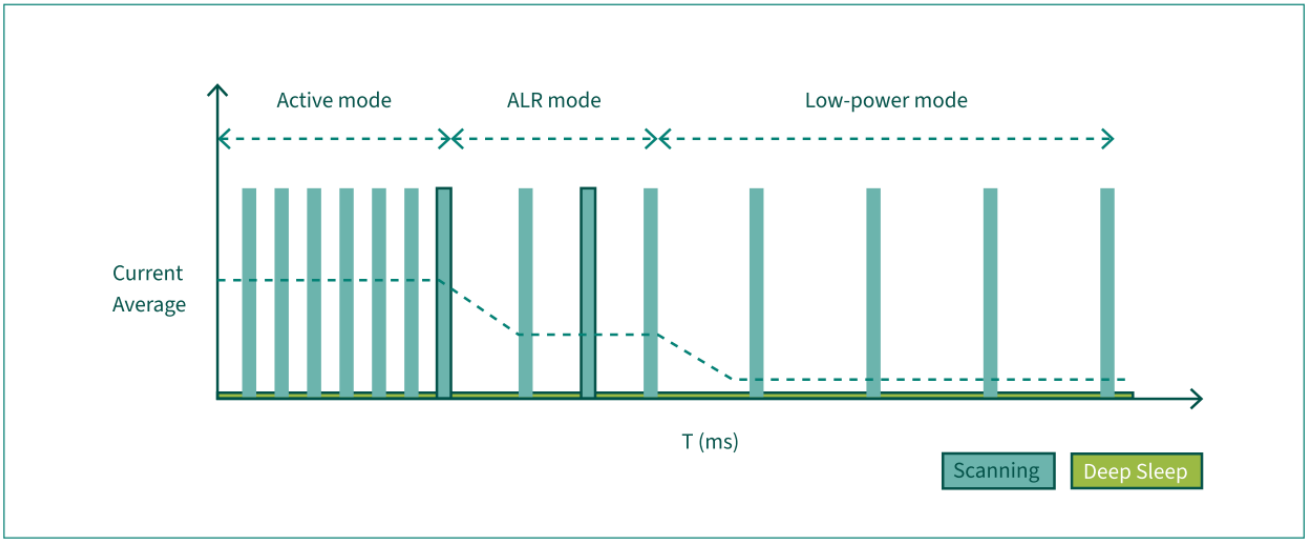


图 1 在触摸检测模式下，降低刷新率，可降低平均功耗。

上述内容解释了优化功耗的老方法，其节能程度很大程度上取决于传感器的刷新速度，因此，始终需要在功耗和快速响应用户触摸之间加以权衡。此外，由于受到架构的限制，现在的触摸 HMI 系统耗电量很大。为了了解其原因，我们有必要研究一下触摸传感器的扫描过程。目前绝大多数触摸感应控制器都采用与微控制器类似的架构：图 2 所示的英飞凌 PSoC™ 4000 系列触摸控制器框图就提供了一个典型的示例。其架构包括：

– CPU：受到非易失性和易失性内存支持
– 模拟前端（AFE）：连接触摸感应元件和其他传感器
– 数字逻辑功能
– I/O

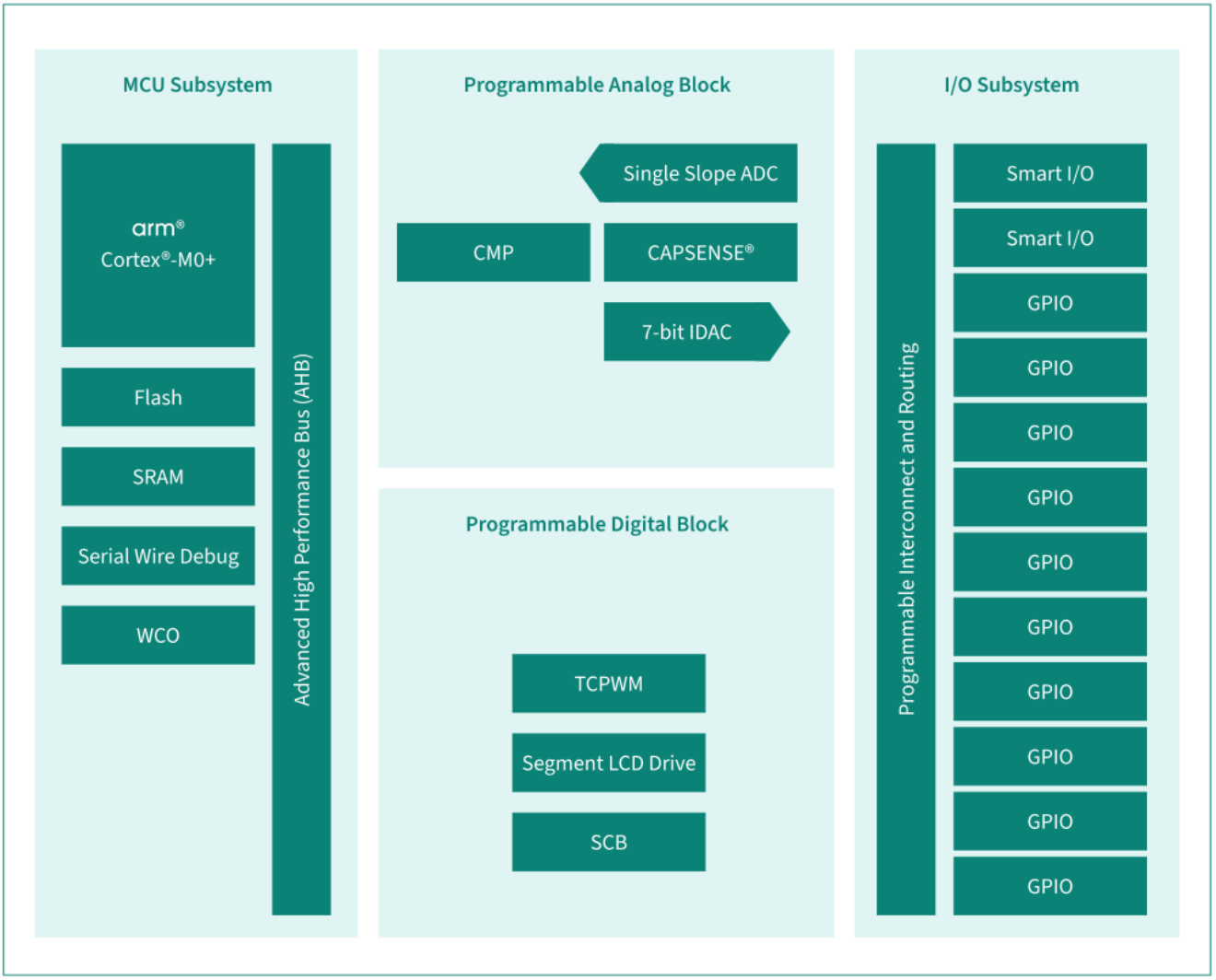


图 2 英飞凌 PSoC™ 4000 系列触摸控制器的框图

在大多数触摸控制器中（但我们可以看到，PSoC™ 4000T 并非如此），扫描操作始终需要 CPU 的运行，来初始化触摸感应系统、配置感应元件、扫描传感器，并处理结果，以确定是否发生触摸事件。

令人遗憾的是，CPU 及其相关内存也是耗电大户。

因此，“低功耗”触摸检测功能确实比激活模式触摸感应的平均功耗更低——由于降低刷新率，每秒扫描次数更少（参见图 2）。但由于牵扯到 CPU，在触摸检测模式和激活模式下，每次扫描都会消耗大量功率。

2 尺寸挑战

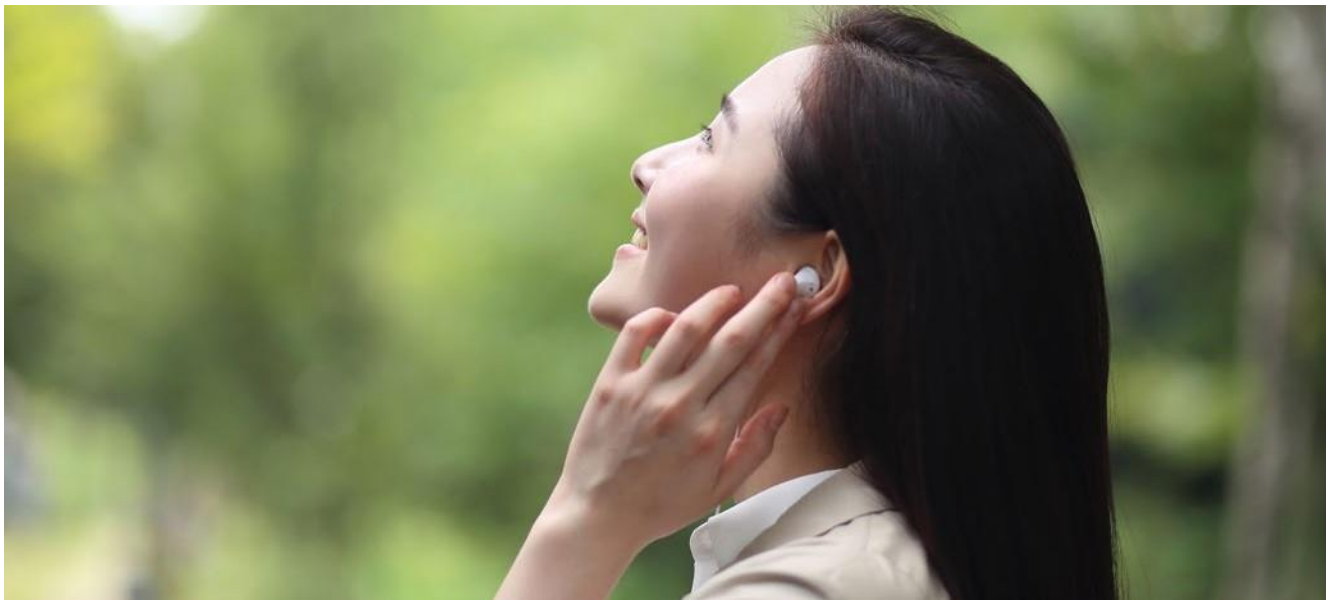
2.1 传感器尺寸的权衡：以响应能力和准确性为代价

触摸感应元件或按键的灵敏度与其面积成正比。这意味着通过增加触摸传感器的大小，可以提高触摸 HMI 的响应准确性。增强灵敏度还可以提高信噪比（SNR），从而更好地避免噪声或干扰造成误触事件。其中，噪声源可能包括智能手表的显示器、蓝牙®或其他无线电天线产生的射频辐射。干扰还可能由设备表面的水、汗水或其他液体产生。高灵敏度和抗液体干扰的能力（也称防水性能）对用户体验影响很大。然而，通过增加触摸传感器的大小，来提高灵敏度，将减少设备制造商优化设备机械设计的自由度。

设备制造商还寻求通过增添新的触摸传感器功能，进一步改善用户体验，来获取竞争优势：这些功能包括力量感应和接近感应等——例如：在检测到有手指靠近，但尚未触摸时唤醒设备。某些设备还要求触摸传感器支持触摸式按键、触摸式滚动条和触摸屏功能。

设备制造商面临的挑战是，在不增加设备整体尺寸的情况下，提供这些丰富的功能，同时实现高灵敏度和高耐液性。

一个集成了所有这些功能的触摸控制器可为此提供解决方案。



2.2 第五代 CAPSENSE™技术：不惧功率与尺寸挑战的解决方案

自 2002 年首发以来，支撑英飞凌触摸感应控制器运作的 CAPSENSE™技术，一直是性能和可用性的基准。第四代 CAPSENSE™技术于 2017 年首次应用于 PSoC™触摸控制器，带来了多项创新，首次实现了电感感应功能。

2022 年，随着最新的第 5 代产品问世，带来了一项重大的架构创新：比率传感架构。

用于可穿戴设备的新型 PSoC™ 4000T 触摸感应控制器中还有另一项 CAPSENSE™创新：超低功耗且始终开启的感应（MSCLP）和多模式感应技术。

它将自电容感应、互电容感应和电感感应等多种触摸感应方法整合到了一个芯片中，从而支持使用单芯片进行触摸感应、力量感应和接近感应。MSCLP 还支持所谓的超低功耗且始终开启的感应功能，使 PSoC™ 4000T 微控制器可以在深度睡眠状态下执行触摸感应，以优化功耗。

这些创新凝聚在一起，为可穿戴设备制造商面临的功耗与尺寸挑战提供了解决方案。

2.3 始终开启的感应功能：大幅延长触摸控制器的深度睡眠时间

MSCLP 是 PSoC™ 4000T 控制器的一个全新专用硬件模块，其系统资源包括 1kB SRAM、高频时钟和参考电压发生器，足以执行多达 16 个传感器元件的扫描操作，并支持多种感应方法。MSCLP 还可以处理扫描结果，以确定是否发生触摸事件（对结果进行详细的处理，以精确定位和解释一个或一系列触摸事件，需要设备处于激活模式时由控制器 Arm® Cortex®-M0+ CPU 进行干预）。

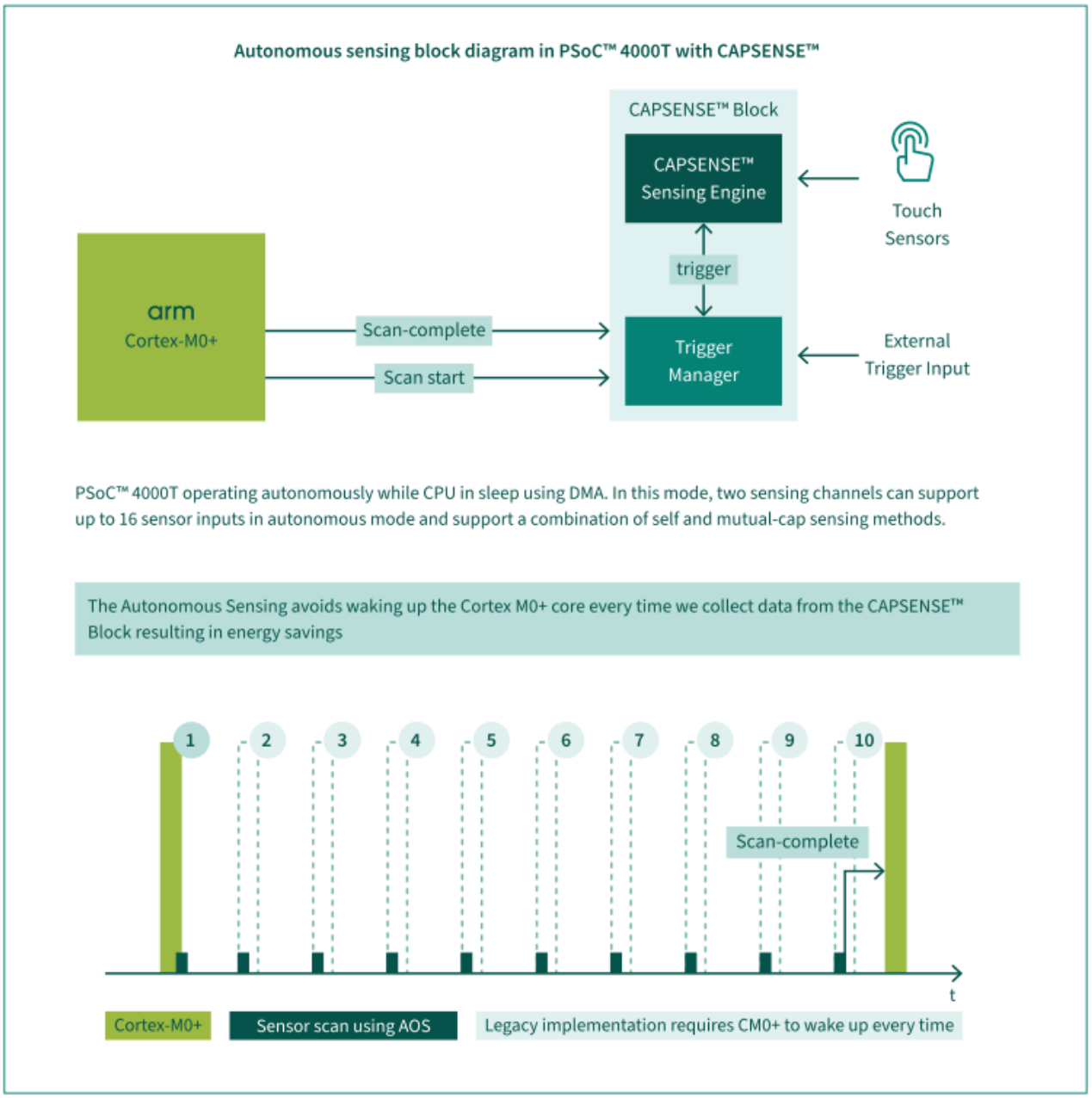


图 3 由于 CPU 在激活模式下处理扫描结果，因此，激活模式下的平均电流高于低功耗模式。请注意，除了处理扫描结果时外，CPU 在激活模式的所有阶段都保持在深度睡眠状态。

MSCLP 由 PSoC™ 4000T 托管的中间件控制，是 AOS（Allways-On-Sensing）功能的基础：在 AOS 模式下，MSCLP 自主执行传感器扫描，无需 CPU 参与。由于 CPU 及其相关内存消耗的工作电流远高于 MSCLP 模块，因此，使用 AOS 模式可显著降低触摸 HMI 系统的平均功耗（见图 3）。

英飞凌开发的演示设计表明，基于 PSoC™ 4000T 的智能手表触摸屏 HMI 在激活模式下的功耗仅为 360 µW，在触摸唤醒（WoT）模式下的功耗为 11 µW。耳塞式耳机的四传感器触摸式滚动条在激活模式下的运行功耗为 160 µW。

表 1 功耗对比

功耗	第四代 CAPSENSE™	PSoC™ 4000T（第五代 CAPSENSE™ 和 LP）	条件
触摸唤醒（最低功耗）	50 µA	6 µA[1]	10 个按键，总电极电容=40 pF，采用屏蔽技术。屏蔽电容= 39 pF。 刷新率= 16 Hz，灵敏度= 0.4 pF。
激活——高刷新率（激活功耗，四传感器耳戴式 HMI）	800 µA	90 µA	4 个按键，每个按键的电极电容= 5 pF，采用屏蔽技术。屏蔽电容= 39 pF。 刷新率= 128 Hz，灵敏度= 0.4 pF.
激活——高刷新率（激活功耗）	2000 µA	200 µA	13 个按键，每个按键的电极电容= 5 pF，采用屏蔽技术。屏蔽电容= 39 pF。 刷新率= 128 Hz，灵敏度= 0.7 pF。

图 4 不具备 AOS 功能的第四代 CAPSENSE™触摸控制器与在 AOS 模式下运行且 CPU 不参与扫描的 PSoC™ 4000T 所消耗的工作电流比较。

2.4 如何最大程度地利用 AOS 模式进行节能

AOS 功能可以在 PSoC™ 4000T 的任何电源状态下部署，通过在 CAPSENSE™中间件配置器的下拉列表中选择该感应方法即可。

在激活模式下，用户通过触摸 HMI 与设备交互，并需要对所有触摸事件进行即时解读。在 PSoC™ 4000T 处于激活状态下部署 AOS 模式时，MSCLP 模块会自主读取每个传感器配置，启动扫描，并将结果保存到 SRAM，以便 CPU 中间件在全帧扫描完成后进行读取和处理。如图 4 所示，在这种操作模式下，CPU 保持深度睡眠状态，而 MSCLP 执行传感器配置、启动和扫描，并且只在需要处理结果时唤醒。

在低功耗模式下，MSCLP 模块会自主读取每个传感器的配置，以较低的刷新率启动对同一帧的扫描，并处理结果，以检测是否发生触摸事件。在这种情况下，CPU 不需要启动扫描或处理结果。 这意味着 PSoC™器件可以持续保持深度睡眠模式，直到检测到触摸事件。

2.5 CAPSENSE™低功耗操作的使用案例

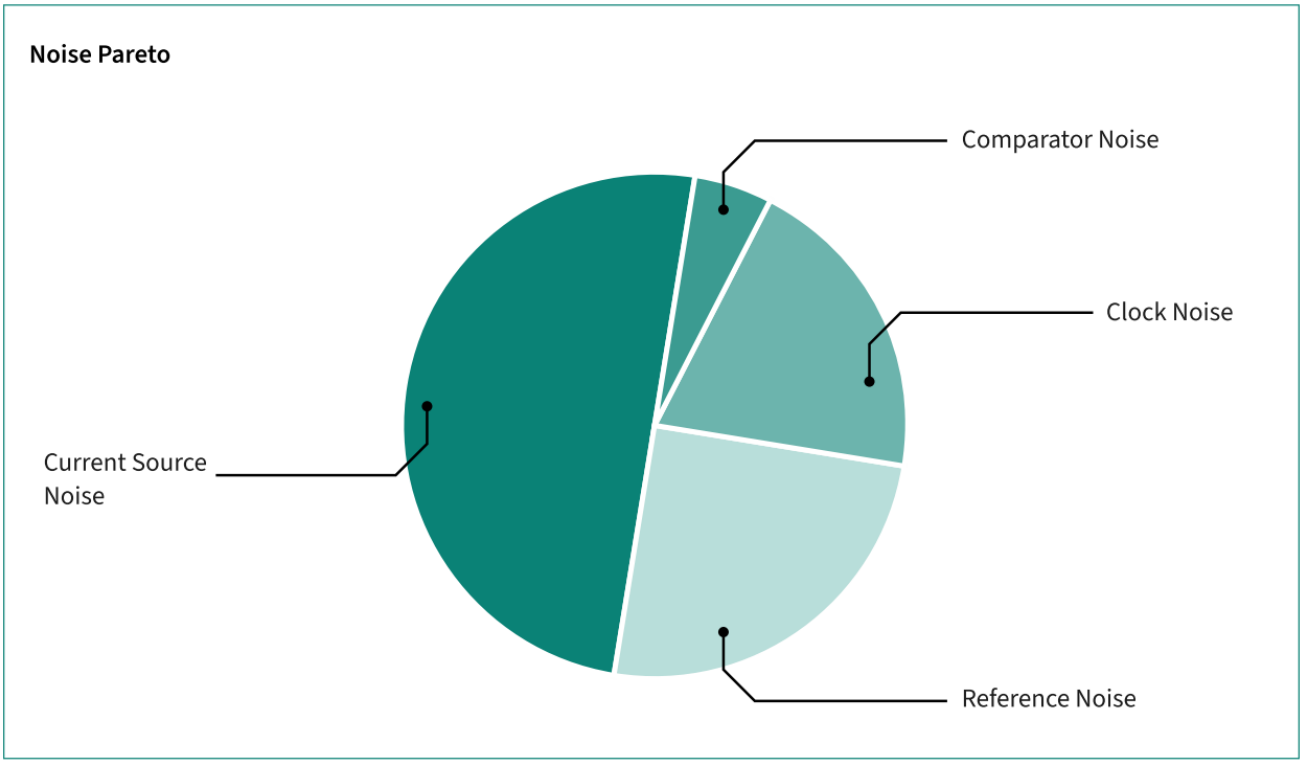
为了说明第五代 CAPSENSE™技术低功耗功能的应用，我们以智能手表的触摸屏为例：显示屏属于高功耗部件，在不使用时需要关闭，以节省电池电量。

搭载第五代 CAPSENSE™技术的 PSoC™ 4000T 可支持 WoT 功能，其中，MSCLP 以低刷新率扫描少量传感器，并在无需 CPU 干预的情况下处理扫描结果。只有当存在用户活动或发生超时时，MSCLP 硬件才会生成低功耗干预。这意味着智能手表平均有 96%的时间处于低功耗模式，因此通过在低功耗模式下，关闭 PSoC™ 4000T 的 CPU，使芯片保持在深度睡眠模式，直到检测到用户触摸，可以进一步节省功耗。

在激活模式下，亦可实现额外的节能，即所有传感器都可以在自主模式下进行扫描，这时 CPU 关闭，芯片在扫描所有传感器期间处于深度睡眠模式——这就实现了激活模式下的节能，并且仅在扫描完最后一个传感器后唤醒 CPU，以处理数据。这使得触摸控制器能够以高效的方式，在待机模式和激活模式下进行触摸感应操作。

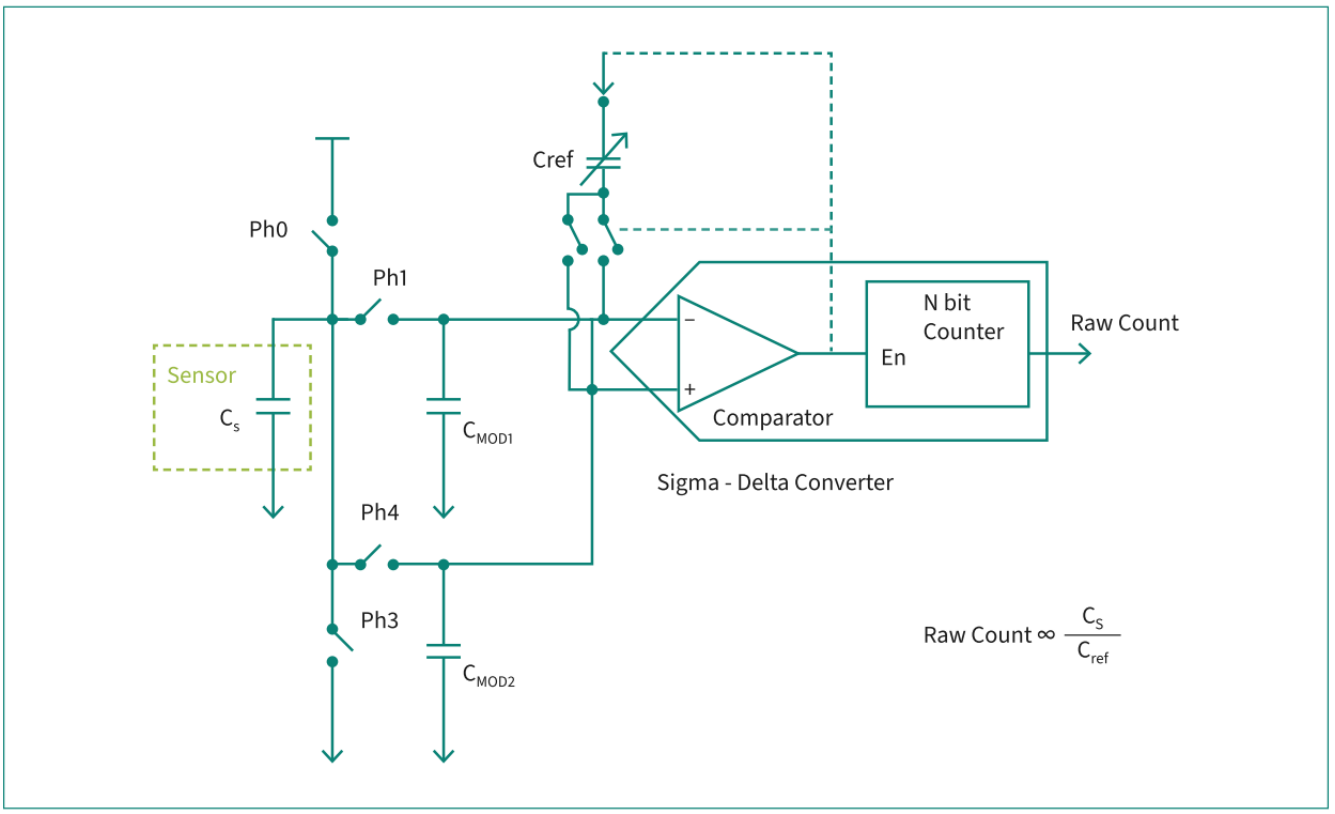
2.6 显著提高的信噪比：使操作更小的传感器成为可能，以节省空间

如上所述，信号与触摸传感器的面积成正比。在小型设备中，如果触摸感应 HMI 系统使用了低信噪比控制器，那么就可能会影响产品设计，这是因为为了提供足够的准确性和触摸响应能力，最小尺寸的传感器也很大。得益于第五代 CAPSENSE™技术引入了全新架构，PSoC™ 4000T 在空间有限的触摸 HMI 中，解决了信噪比问题。在触摸感应控制器中，感应转换器电路的经典拓扑结构是单端的。单端电路配置依赖于内部参考电压。这意味着，当触摸传感器输出暴露于电压噪声、电流噪声、时钟抖动或漂移，或其他内部或外部低频噪声源时，内部参考容易产生误差。下图说明了在典型的单端电容数字转换器中，各种类型的噪声对其的影响。



相比之下，英飞凌的第五代 CAPSENSE™技术采用差分感应前端配置和比率传感架构，其中，传感器输出的只是传感器电容与参考电容的比率。这种比率传感架构消除了感应电路对内部参考的需求，进而消除了这种误差源。同时，差分感应前端消除了传感器输出的低频外部噪声。

此外，由于 Delta-Sigma 调制器设计中比较器噪声大幅降低，第五代 CAPSENSE™技术提供了显著增加的信噪比和更低（低于 100aF）的本底噪声（对于电容为 8pF 的传感器而言）——相较第四代 CAPSENSE™设备提升 10 倍左右。



2.7 给设备设计人员带来实际好处

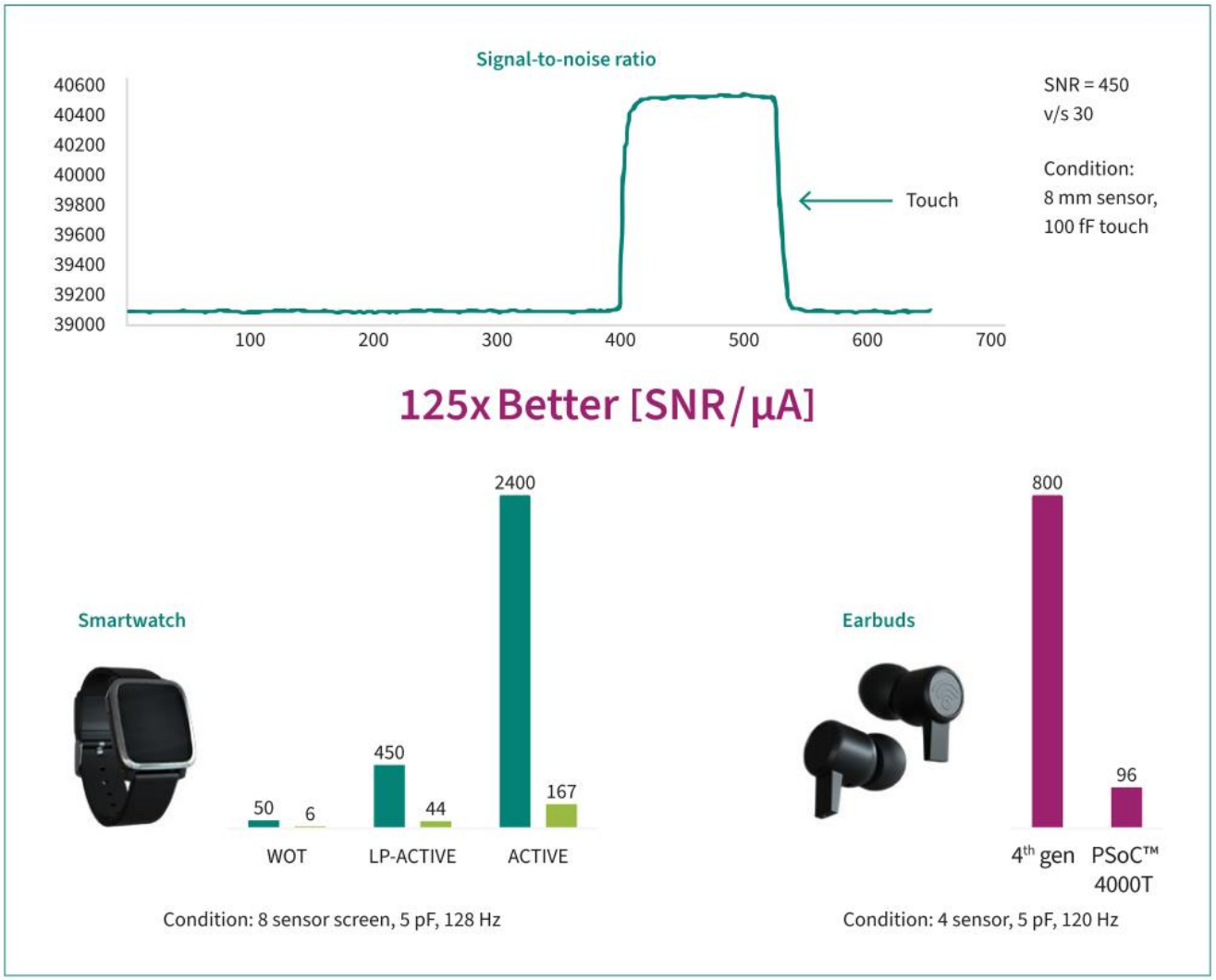
低本底噪声和由此产生的高信噪比是第五代 CAPSENSE™ 技术的特性，得益于此，基于 PSoC™ 4000T 的触摸 HMI 能够通过更小的传感器可靠地运行。

在实际产品中，这些特性有助于设计人员利用小型传感器元件，维持产品的高触摸感应性能。在耳塞式耳机等产品中，设计人员可以缩小产品的整体尺寸，打造更加简约的设计——这也为高端产品带来额外增值。

在健身手环等产品设计中，使用较小的元件替换较大的触摸感应元件，可以释放空间，来增添新功能，从而为产品增值。得益于 PSoC™ 4000T 的高信噪比特性，设计人员还可以自由地将系统噪声源（例如，射频天线）安装在触摸传感器附近，而不会影响用户体验。

下图显示了两个实际案例中信噪比和功耗改进带来的优势。案例研究通过对具有 10 个传感器的智能手表触摸屏和带有 4 个传感器的耳塞式耳机触摸传感器 HMI 设计进行分析，并采用 PSoC™ 4000T 改造这些市售产品，分析显示，信噪比从当前设计的 30 提高到 450，激活模式下的功耗从当下的 2400uA 降至 167uA。

在每单位电流消耗实现的净信噪比方面，我们可以看到基于 PSoC™ 4000T 的解决方案的产品性能达到了当今市售产品的 125 倍，这有助于延长电池寿命，同时提高触摸传感器的可靠性。



解决尺寸挑战：全新多感应功能

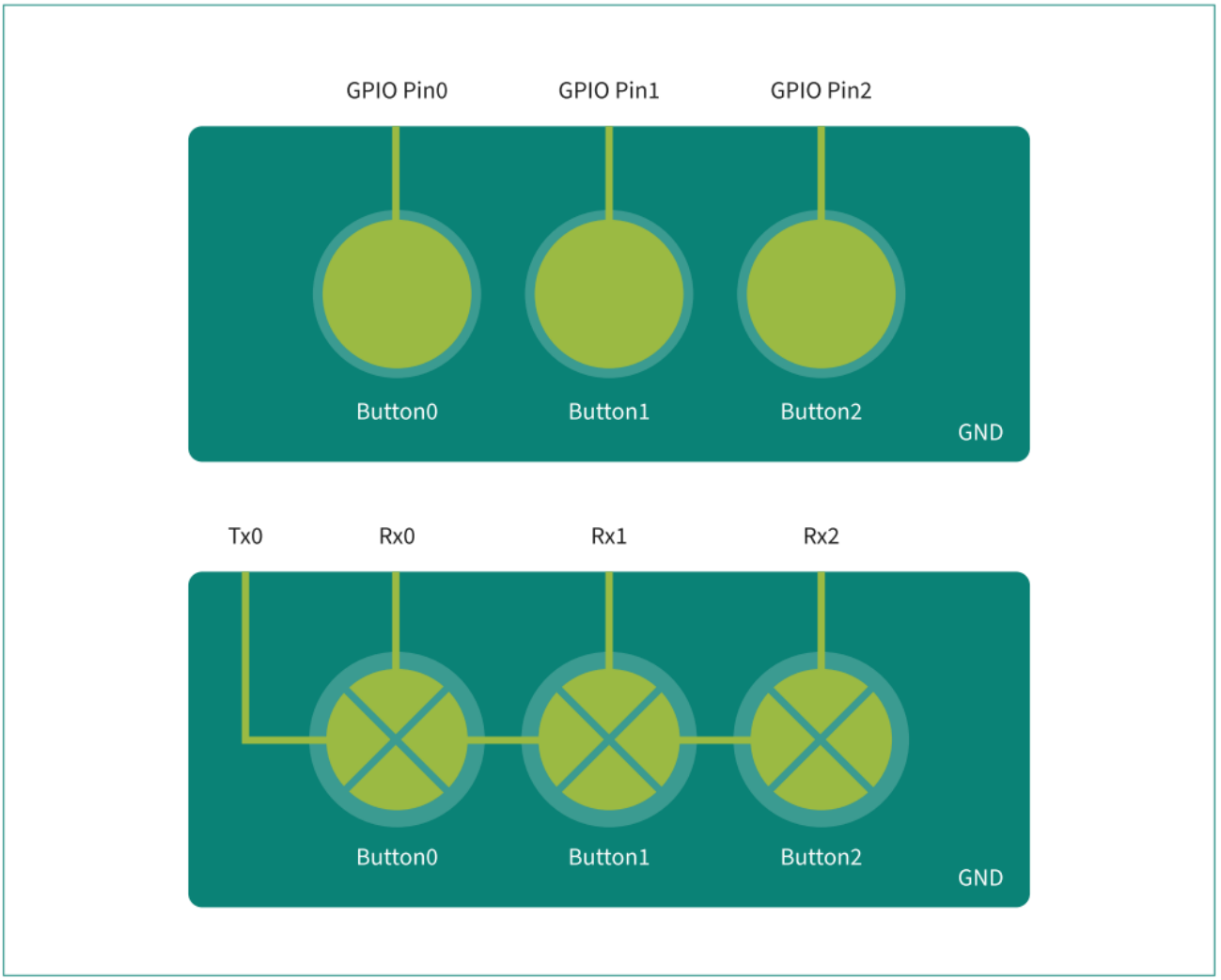
2.8 在一个芯片中集成触摸感应、力量感应和接近感应功能

如今，市面上的传统触摸感应控制器已经实现了一些我们所熟悉的功能，例如：触摸感应按键、滚动条和触摸屏。不过，通过增添触摸感应功能，例如力量感应和接近感应，用户界面的功能还可以得到增强。第五代 CAPSENSE™ 技术将这些感应功能整合到了一个 PSoC™ 4000T 控制器中，实现了在支持按键、滚动条和触摸屏功能的同时，支持这些多模式感应功能。

第五代 CAPSENSE™技术支持的多传感器模态包括自电容、互电容和电感传感——全在一个芯片中实现。

PSoC™ 4000T 使用了获得专利的 CAPSENSE™ sigma delta（CSD）方法，进行自电容感应，并使用 CAPSENSE™交叉点比率（CSX-RM）进行互电容扫描。CSD-RM 和 CSX-RM 触摸感应方法实现了优异的信噪比。这些感应方法还得益于将硬件与驱动固件的完美结合。

PSoC™ 4000T 支持 CSD-RM 和 CSX-RM 方法，因此设计人员能够灵活地选择不同的方法，来实现触摸感应功能，例如：触摸式按键。上图为使用 CSD-RM 方法实现的按键，下图为使用 CSX-RM 方法实现的同一个按键。



不同的技术各有其优劣势，且互为补充。例如，在实现触摸按键矩阵时，建议使用 CSX-RM 方法。PSoC™ 4000T 支持 CSX 功能，适用于按键矩阵配置。
接近传感器可以在几厘米到几十厘米的距离内检测到手的存在，具体取决于传感器的结构，它与触摸式按键有不同的要求。自电容是接近应用的推荐感应方法。这个功能也被整合到 PSoC™ 4000T 中，适用于触摸式按键矩阵配置。

同样，通过 MSCLP 模块提供电感感应功能，使设备能够使用同一 PSoC™ 4000T 设备执行其他传感器功能。这些功能能实现的包括：
– 配件检测/识别，例如：表带
– 无线充电的异物检测
– 密封式力量感应触摸按键
– 金属触摸感应
– 旋转编码器等

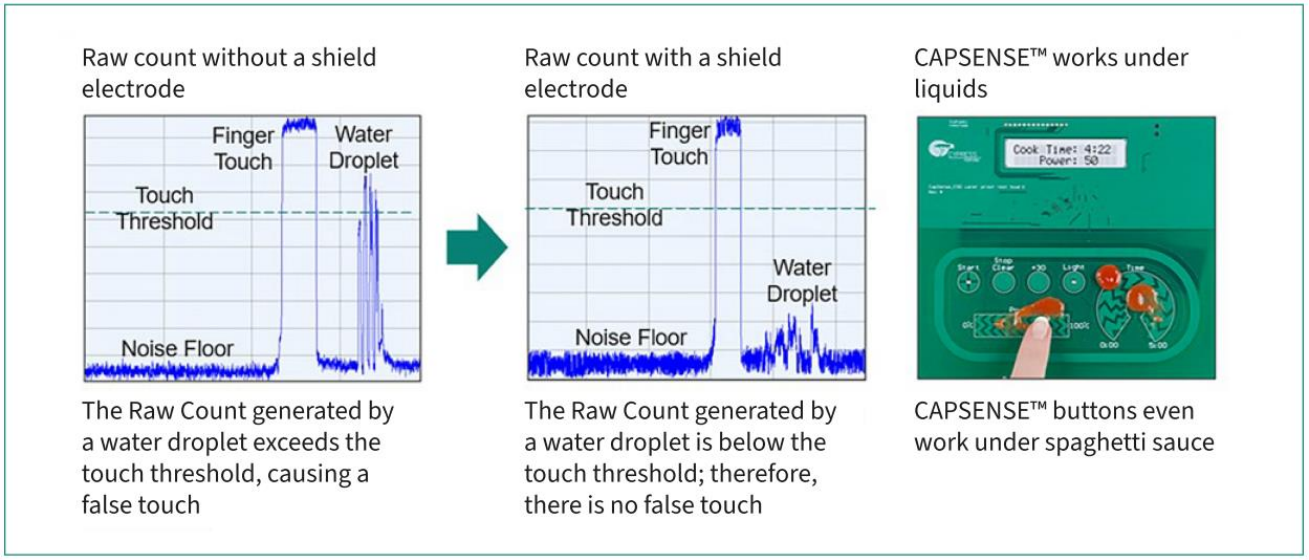
2.9 使用案例示例：通过整合，消除独立的接近感应子系统

借助第五代 CAPSENSE™技术的多模式感应功能，可穿戴设备制造商能够在更小的空间内提供更多功能。
例如，在智能手表中，接近感应技术可以作为唤醒方法，当用户的手指接近屏幕时，唤醒显示屏。在智能手机中，接近感应是通过红外（光学）传感器系统实现的，该系统包括红外 LED、红外光电二极管和模拟前端。一个整合了所有这些元件的红外接近传感器模块，通常占据 2 mm × 2 mm 的板尺寸。
采用 MSCLP 技术的 PSoC™ 4000T 不再需要使用该器件及其所有周边元器件：可在相似的外形尺寸下，提供接近感应功能，此举对硬件设计的唯一影响是，需要配置触摸感应元件，以提供接近感应所需的更高电场强度（与触摸式按键相比）。

解决液体干扰挑战

2.10 优异的防水性能：可在雨水或汗水环境下，保持触摸传感器的性能

在电容感应的应用设计中，当传感器表面上有液体或液滴时，可能会导致触摸或接近误测事件。
第五代 CAPSENSE™技术支持 CSD 感应方法，可以补偿因液体存在导致的原始传感器计数变化，并实现可靠的电容传感器操作。为了补偿由于雾气、水分和湿度变化而导致的原始计数变化，CAPSENSE™技术不断调整传感器的基线，以防止误触发。
英飞凌提供了详细的设计指南，就如何实现基于 PSoC™ 4000T 的耐液设计提供了充分的建议：简单来说，如果应用需要对液滴具有容忍性，请设计驱动屏蔽信号和屏蔽电极。如果应用需要对流动液体和液滴都具有容忍性，请设计驱动屏蔽信号、屏蔽电极和防护传感器。这些方法在英飞凌的应用说明 AN85951 中进行了全面的解释。



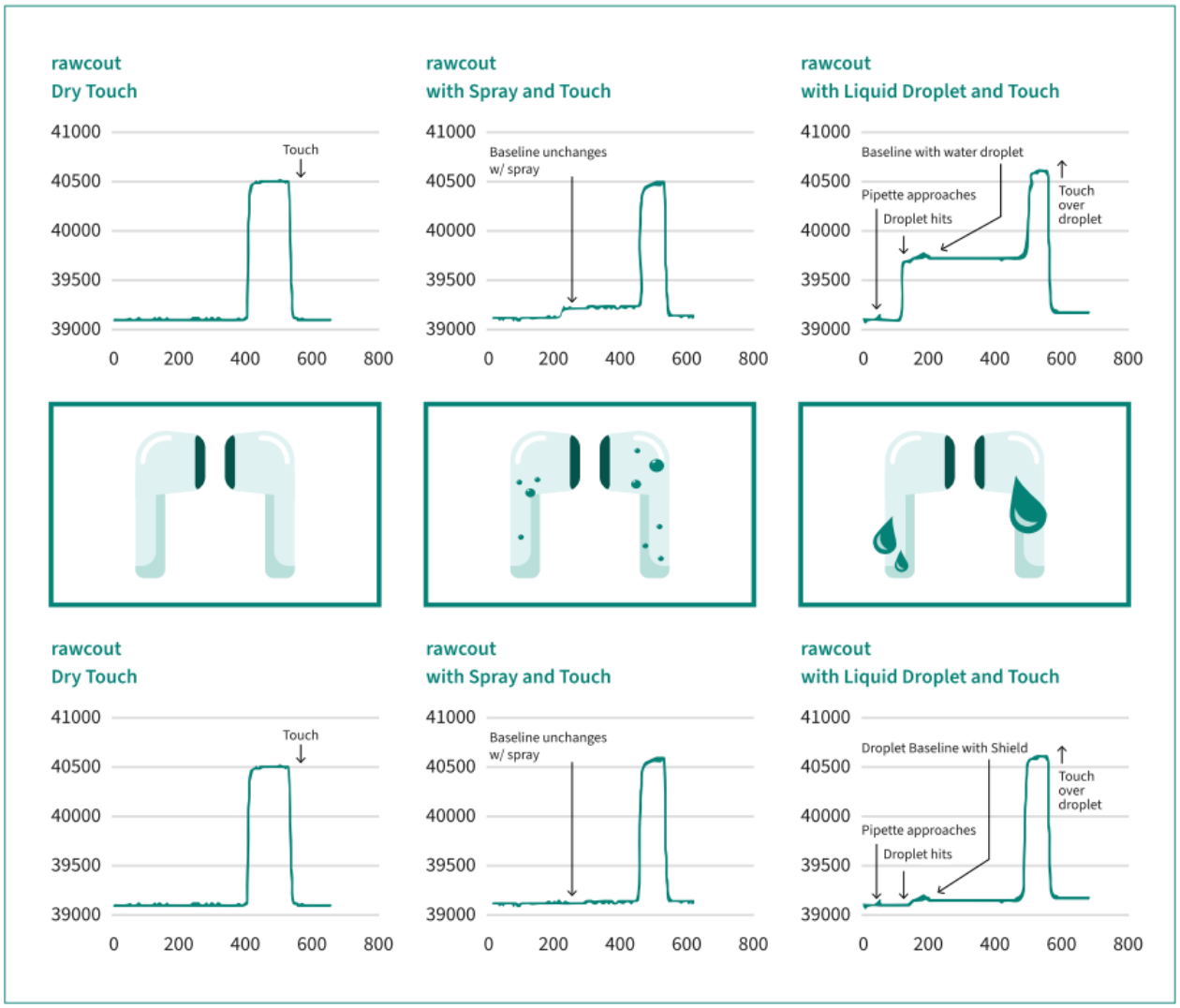
2.11 使用案例示例：锻炼时保持触摸感应功能

水或汗水等导电液体很容易落在智能手表、智能眼镜或健身追踪手环等可穿戴设备上——因为这些产品经常在户外或锻炼时使用。

用户在运动时由于满身大汗（包括手和手指上）可能无法将表面的液体擦拭干净。

PSoC™ 4000T 在触摸感应表面有汗水时，依然能够保持触摸感应功能，使设备更加实用便利，用户在互动时，不再需要找毛巾或其他吸水材料，来清洁表面。

下图显示了 PSoC™ 4000T 改进防水性能的实际示例，即通过使用 PSoC™ 4000T 改造现有的市售产品：具有 4 个传感器的耳塞式耳机触摸传感器 HMI 设计。分析表明，在最糟糕的液体环境下，使用市面上的现有技术会丢失约 60% 的信号，而 PSoC™ 4000T 将信号损失限制在 10%以下——即使在汗滴存在的情况下，也能可靠地实现触摸 HMI 功能。



2.12 PSoC™ 4000T：不仅仅只是触摸感应控制器

PSoC™ 4000T 的主要功能是，作为可穿戴设备和小型物联网设备的触摸式按键或触摸屏 HMI 的控制器。PSoC™ 4000T 基于可编程 PSoC™架构而构造，具有可配置的 AFE，可进行调整，以满足多种应用要求。这意味着 OEM 设计团队可以在多种产品中使用相同的控制器，例如：智能手表、耳塞式耳机、活动跟踪器和智能音箱。选择 PSoC™ 4000T，可以提高设计生产力，因为它允许在一个又一个设计上重复使用 IP。因此，熟悉 PSoC™ 4000T 及其开发环境的工程师无需学习在不同产品中使用不同的控制器。

英飞凌还为第五代 CAPSENSE™ 技术推出了新的 MSC（多模式感应转换器）硬件模块。顾名思义，PSoC™ 4000T 的这个 MSC 模块可以处理多种传感器模态：电感、自电容和互电容触摸感应。除了电容传感器之外，其灵活的模拟前端还能够直接连接到其他模拟传感器。

此外，PSoC™ 4000T 非常灵活，可以整合“佩戴检测”功能，简化了系统设计，并减少了器件数量。

2.13 电容方法实现佩戴检测和接近感应

佩戴检测功能是一种节能措施，可让耳机或智能眼镜等可穿戴设备在不使用时，自动切换到省电模式。实施佩戴检测功能的常见方法（同样适用于上述接近感应）是红外（光学）接近感应。但这种方法有两个明显的缺点：

- 需要在触摸式电容感应系统旁增加额外的光学传感系统，这会影响耳塞式耳机或智能眼镜等空间有限的产品的机械设计。 接近传感器的发射器/接收器模块增加了物料清单成本，也增加了器件数量。
- 红外接近传感器受到传感器窗口污染，减弱或完全阻挡红外光的传输，以及受到阳光和其他外部来源的干扰，从而造成可靠性问题。

除了触摸 HMI 功能，PSoC™ 4000T 还可以执行电容接近感应，用于实现佩戴检测功能，因此，仅需为接近感应功能添加低成本小型传感器元件即可。这种电容接近感应功能的实现，不受损害红外接近传感器性能的污染和干扰等问题的影响。

该佩戴检测固件适用于基于 PSoC™ 4000T 的多种产品。

对于具有佩戴检测功能的产品，使用 PSoC™ 4000T 进行触摸 HMI 和佩戴检测，可节省空间、降低成本并简化设计。

2.14 电容液位感应方法

电容感应技术还可用于感测容器或储罐中的液位。使用 PSoC™ 4000T 进行 HMI 触摸感应控制的产品，除了储罐中的传感器元件外，可以在不需要任何额外器件的情况下，通过 PSoC™ 4000T 接口添加液位感应功能。

例如，在用于熨烫衣服的熨斗中，触摸感应 HMI 提供了感应式按键或滚动条，用于激活功能和开关熨斗，并且液位传感器可以在水箱（用于熨斗的蒸汽功能）即将耗尽时，向用户发出警告。所有这些功能都可以通过一个 PSoC™ 4000T 实现。

2.15 CAPSENSE™技术受到全面的硬件和软件资源支持

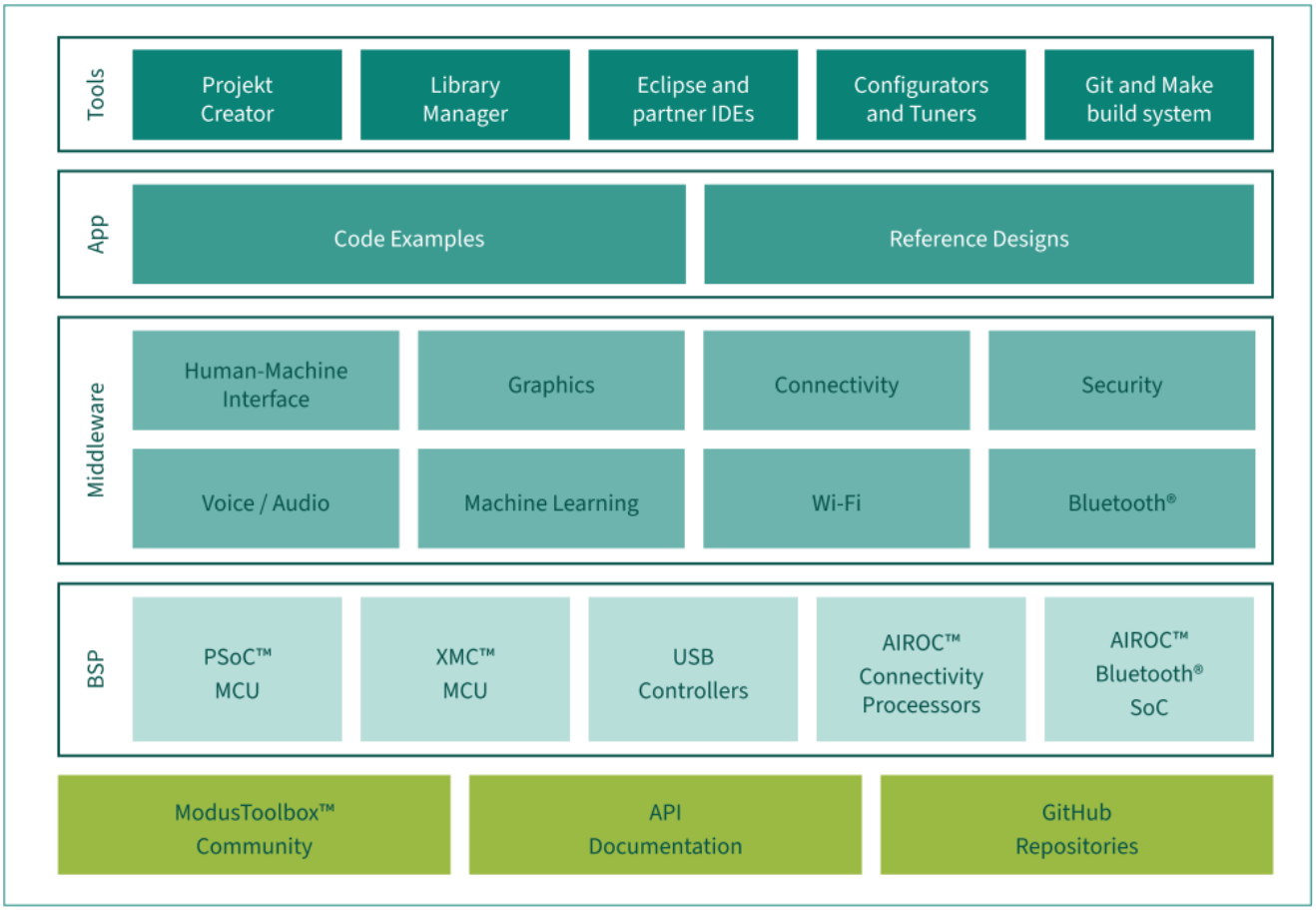
本白皮书介绍了 PSoC™ 4000T 的第五代 CAPSENSE™电容感应技术如何帮助可穿戴设备和小型物联网设备制造商延长充电周期和缩小触摸感应系统的尺寸。

因此，对于想要在设计中实现 CAPSENSE™技术的设计人员，将发现英飞凌提供了丰富的开发资源，来支持他们。基于 CAPSENSE™的系统开发，由 ModusToolbox 开发平台提供支持（见下文）。ModusToolbox 软件提供了一个现代化的、可扩展的开发环境，支持英飞凌的各种微控制器，包括 PSoC™系列产品。作为开发工具、库和嵌入式 runtime 资产的集合，它可带来灵活且全面的开发体验。

ModusToolbox 软件包包含桌面程序，可实现：

- 创建新的嵌入式应用程序
- 管理软件组件
- 配置设备外设和中间件
- 编译、编程和调试

ModusToolbox runtime 软件包括广泛的 GitHub 托管的存储库，其中包括代码示例、板支持包、中间件和应用程序支持。



ModusToolbox 平台为 HMI 开发提供支持，其中包括支持创建触摸感应按键和滚动条，以及创建触摸屏界面的软件。ModusToolbox 平台还支持开发其他电容感应功能，例如接近感应。

2.16 可扩展的系统设计

借助 ModusToolbox 平台，CAPSENSE™应用可以轻松地从一个 PSoC™控制器移植到另一个 PSoC™控制器，从而在广泛的产品设计中，实现丰富的 HMI 应用可扩展性。

在设计基于 PSoC™ 4000T 的可穿戴设备和物联网设备时，设计人员可以使用 PSoC™ 4000T Pioneer 开发套件（型号：CY8CKIT-040T）来评估硬件和 Modus-Toolbox 开发环境，该开发套件简单易用，物美价廉，采用具有高达 16KB 闪存和 2KB SRAM 的 PSoC™ 4000 器件系列。该套件随附：

– 触控板屏蔽板
– 6 根跳线
- 快速入门指南
- USB 电缆



图 5 CY8C-040T Pioneer 开发套件的 PSoC™ 4000 控制器板

技术文件：从概念到产品化

英飞凌为有志设计触摸屏的人员提供了全面且有用的文件。它们将指引用户从概念走向产品化，并助力他们应对各种系统级挑战，为产品打造稳健的触摸式 HMI。

- CAPSENSE™电容式感应概述网页
- CAPSENSE™入门：应用说明 AN6846
- CAPSENSE™配置器指南（作为 ModusToolbox 的一部分）
- PSoC™ 4 和 PSoC™ 6 MCU CAPSENSE™设计指南

代码示例可访问 GitHub 获取。
开发人员可在英飞凌开发者社区寻求帮助。



关于作者：
Vibheesh Bharathan
英飞凌科技股份公司
物联网计算和无线首席系统工程师

Vibheesh Bharathan 是一位非常活跃的营销专家，在系统设计和半导体领域拥有深厚的工程背景。他现任英飞凌科技股份公司的首席系统工程师，主要负责 MCU 产品线的触摸感应技术产品组合。他在技术和业务岗位上拥有超过 15 年的经验，热衷于技术和业务开发。

英飞凌科技股份公司印制
Am Campeon 1-15, 85579 Neubiberg
Germany

©英飞凌科技股份公司版权所有，
2023 年，保留所有权利。

公开

日期：08/2023

请关注我们!

扫描二维码，了解我们的产品。
www.infineon.com

重要提示

本文档所提供的任何信息绝不应当被视为针对任何条件或者品质而做出的保证（质量保证）。英飞凌对于本文档中所提及的任何事例、提示或者任何特定数值及/或任何关于产品应用方面的信息均在此明确声明其不承担任何保证或者责任，包括但不限于其不侵犯任何第三方知识产权的保证均在此排除。

此外，本文档所提供的任何信息均取决于客户履行本文档所载明的义务和客户遵守适用于客户产品以及与客户对于英飞凌产品的应用所相关的任何法律要求、规范和标准。

本文档所含的数据仅供经过专业技术培训的人员使用。客户自身的技术部门有义务对于产品是否适宜于其预期的应用和针对该等应用而言本文档中所提供的信息是否充分自行予以评估。

如需产品、技术、交付条款和条件以及价格等进一步信息，请向离您最近的英飞凌科技办公室接洽（www.infineon.com）。

警告事项

由于技术所需产品可能含有危险物质。如需了解该等物质的类型，请向离您最近的英飞凌科技办公室接洽。

除非由经英飞凌科技授权代表签署的书面文件中做出另行明确批准的情况外，英飞凌科技的产品不应当被用于任何一项一旦产品失效或者产品使用的后果可被合理地预料到可能导致人身伤害的任何应用领域。