

UG10111

MCX Nx4x TSI用户指南

第1版—2024年5月7日

用户指南

文档信息

信息	内容
关键词	MCX、MCX Nx4x、TSI、触摸
摘要	MCX Nx4x 系列的触摸感应接口 (TSI) 是带基线/阈值自动调谐新功能的升级版 IP。



1 介绍

面向工业和物联网 (IIoT) 的MCX N系列MCU采用双核Arm Cortex-M33架构，运行频率高达150MHz。MCX N系列是一种高性能、低功耗的微控制器，配备智能外设和加速器，可提供多任务处理能力和极高的能效。MCX Nx4x系列的触摸感应接口 (TSI) 是带基线/阈值自动调谐新功能的升级版IP。

2 MCX Nx4x的TSI概述

TSI提供了基于电容式触摸传感器的触摸感应检测。外部电容式触摸传感器通常集成在 PCB 上，传感器电极通过芯片的I/O脚连接到TSI的输入通道。

2.1 MCX Nx4x 的TSI框图

MCX Nx4x有一个TSI模块，支持两种触摸感应方式：自电容（也称self-cap）模式和互电容（也称mutual-cap）模式。

MCX Nx4x TSI的框图如图1所示：

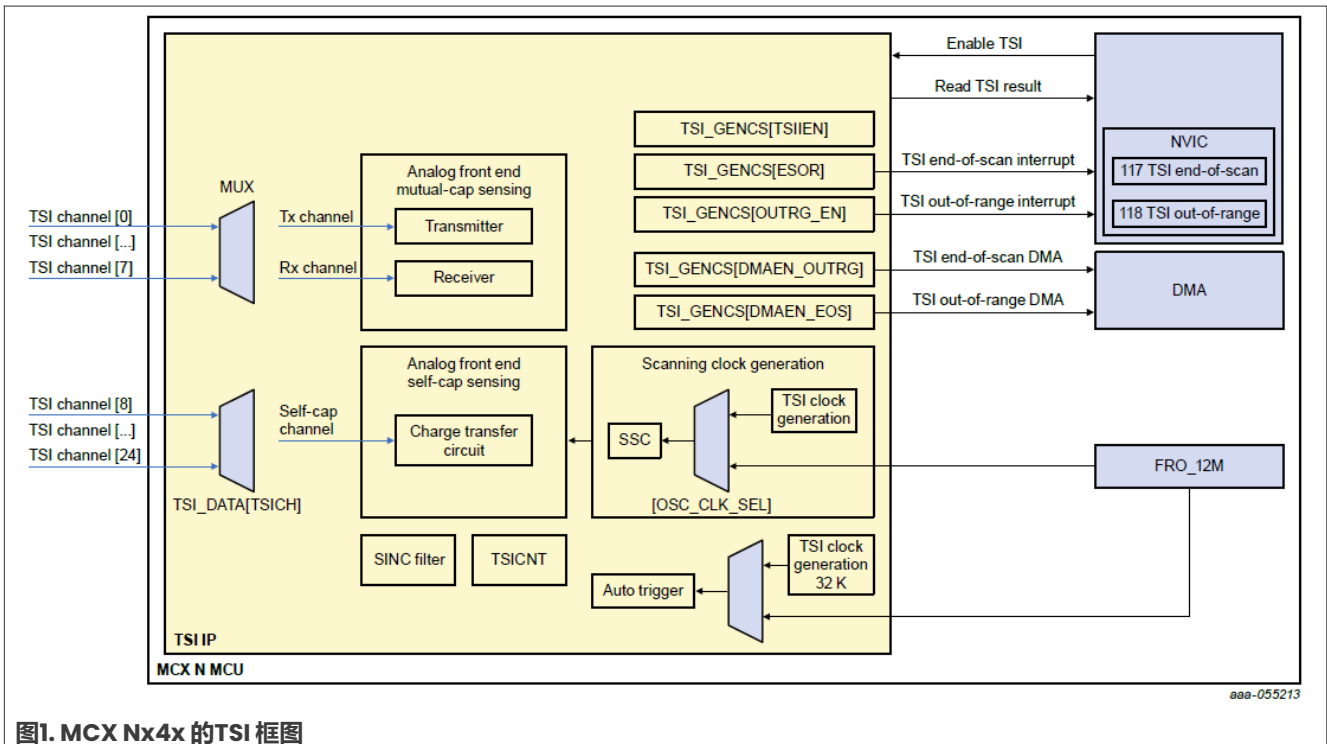


图1. MCX Nx4x 的TSI框图

MCX Nx4x 的 TSI 模块有 25 个触摸感应通道，其中 4 个通道可用作屏蔽通道，以增强触摸感应通道的驱动强度。这 4 个屏蔽通道用于增强液体耐受性并提高驱动能力。增强的驱动能力还使得用户能够在硬件板上进行更大的触摸板设计。

MCX Nx4x 的 TSI 模块在自电容模式下最多支持 25 个触摸通道，在互电容模式下最多支持 8 x 17 个触摸通道。上述两种方法都可以在单个 PCB 上结合使用，但 TSI 通道在互电容模式下更灵活。在互电容模式中，TSI[0:7] 是 TSI 的发送脚，TSI[8:25] 是 TSI 的接收脚。

在自电容模式下，开发人员可以使用 25 个自电容通道来设计 25 个触摸电极。

在互电容模式下，设计选项最多可扩展至136（8 x 17）个触摸电极。

有多种应用场景，如带触摸控制的多炉灶具、触摸键盘、触摸屏等，都需要大量的触摸按键设计。MCX Nx4x TSI在使用互电容通道时最多可支持136个触摸电极。

MCX Nx4x TSI能扩展更多的触摸电极以满足多触摸电极的需求。还有一些新增的功能使该IP更易于在低功耗模式下使用。TSI具有先进的EMC稳健性，这使其适用于工业、家电和消费电子等应用。

2.2 MCX Nx4x系列支持TSI的部件

表1所示为MCX Nx4x系列的不同部件对应的TSI通道数量。所有这些部件都支持具有25个通道的单TSI模块。

表1. 支持TSI模块的MCX Nx4x部件

型号	最高频率 (MHz)	闪存 (MB)	SRAM (kB)	TSI [数量, 通道]	GPIO数量	封装类型
MCXN546VDFT	150	1	352	1 x 25	124	VFBGA184
MCXN546VNLT	150	1	352	1 x 25	74	HLQFP100
MCXN547VDFT	150	2	512	1 x 25	124	VFBGA184
MCXN547VNLT	150	2	512	1 x 25	74	HLQFP100
MCXN946VDFT	150	1	352	1 x 25	124	VFBGA184
MCXN946VNLT	150	1	352	1 x 25	78	HLQFP100
MCXN947VDFT	150	2	512	1 x 25	124	VFBGA184
MCXN947VNLT	150	2	512	1 x 25	78	HLQFP100

2.3 不同封装下的MCX Nx4x的TSI通道分配

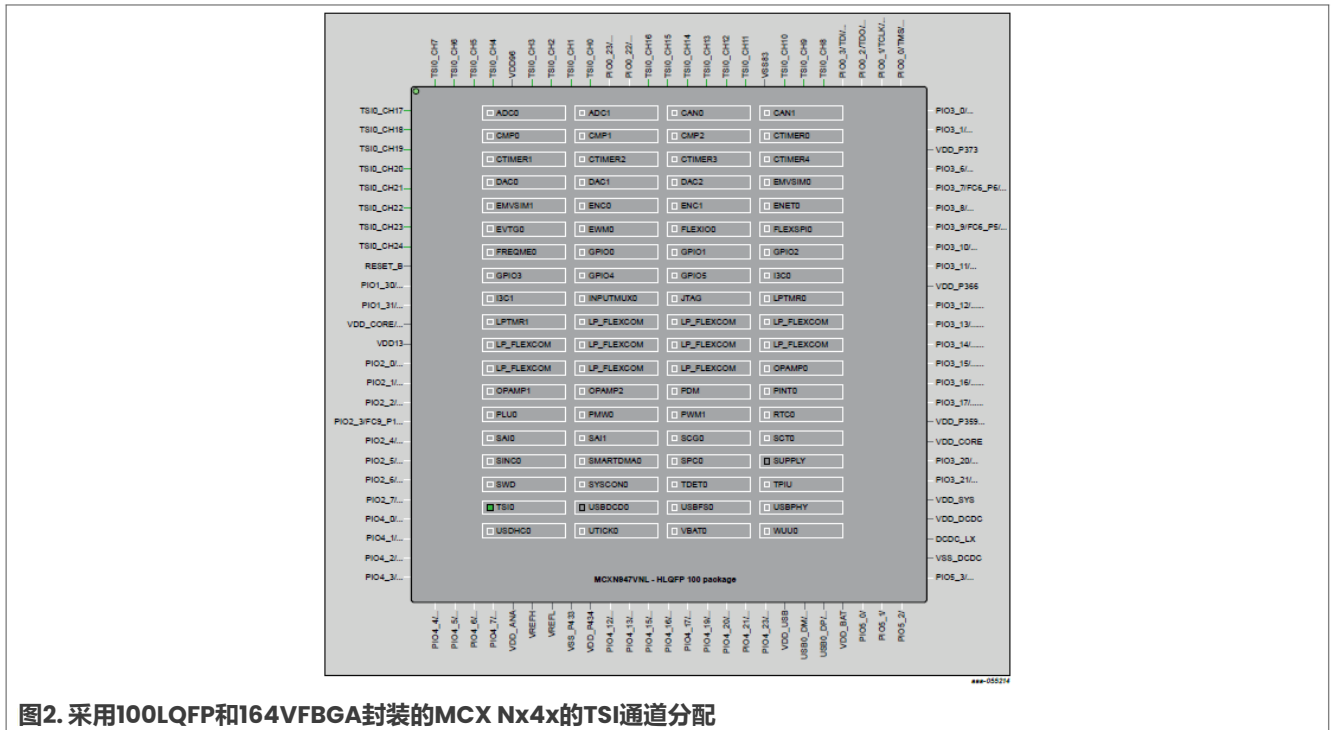
表2. 采用VFBGA和LQFP封装的MCX Nx4x的TSI通道分配

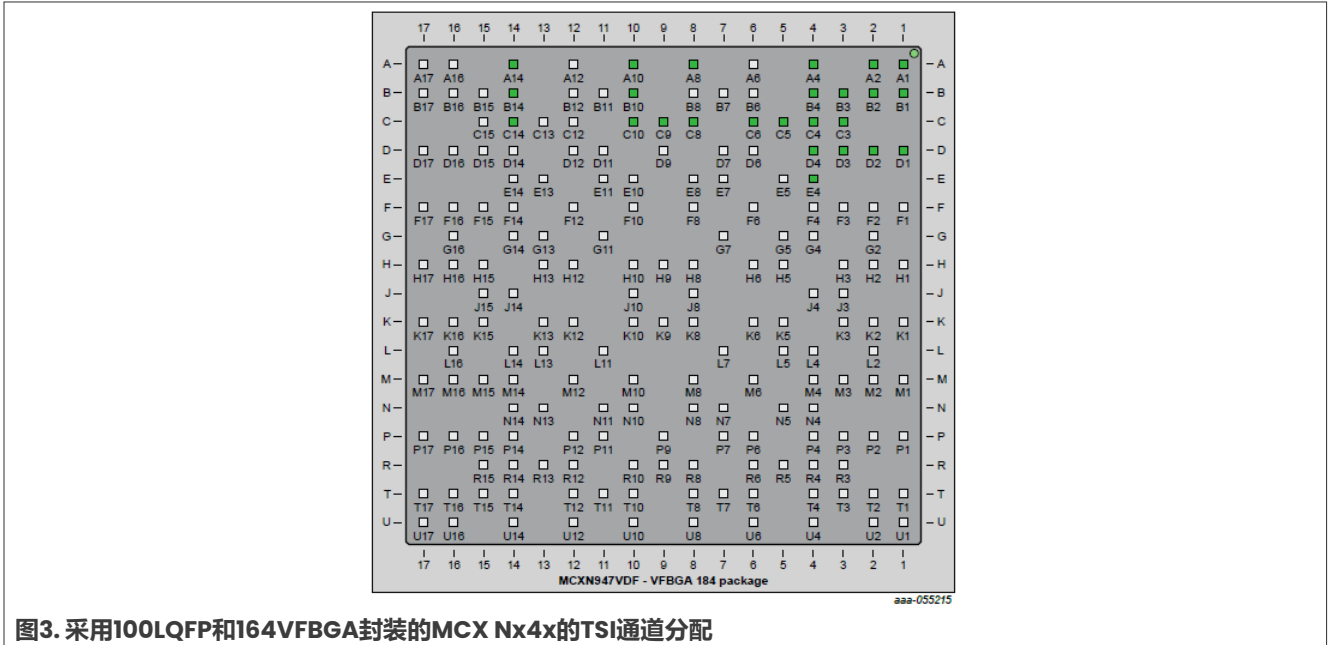
184BGA ALL	184BGA ALL 引脚名	100HLQFP N94X	100HLQFP N94X引脚名	100HLQFP N54X	100HLQFP N54X引脚名	TSI通道
A1	PI_8	1	PI_8	1	PI_8	TSI0_CH17/ADC1_A8
B1	PI_9	2	PI_9	2	PI_9	TSI0_CH18/ADC1_A9
C3	PI_10	3	PI_10	3	PI_10	TSI0_CH19/ADC1_A10
D3	PI_11	4	PI_11	4	PI_11	TSI0_CH20/ADC1_A11
D2	PI_12	5	PI_12	5	PI_12	TSI0_CH21/ADC1_A12
D1	PI_13	6	PI_13	6	PI_13	TSI0_CH22/ADC1_A13
D4	PI_14	7	PI_14	7	PI_14	TSI0_CH23/ADC1_A14
E4	PI_15	8	PI_15	8	PI_15	TSI0_CH24/ADC1_A15
B14	PO_4	80	PO_4	80	PO_4	TSI0_CH8
A14	PO_5	81	PO_5	81	PO_5	TSI0_CH9
C14	PO_6	82	PO_6	82	PO_6	TSI0_CH10
B10	PO_16	84	PO_16	84	PO_16	TSI0_CH11/ADC0_A8

表2. 采用VFBGA和LQFP封装的MCX Nx4x的TSI通道分配 (续)

184BGA ALL	184BGA ALL 引脚名	100HLQFP N94X	100HLQFP N94X引脚名	100HLQFP N54X	100HLQFP N54X引脚名	TSI通道
A10	PO_17	85	PO_17	85	PO_17	TSI0_CH12/ADC0_A9
C10	PO_18	86	PO_18	86	PO_18	TSI0_CH13/ADC0_A10
C9	PO_19	87	PO_19	87	PO_19	TSI0_CH14/ADC0_A11
C8	PO_20	88	PO_20	88	PO_20	TSI0_CH15/ADC0_A12
A8	PO_21	89	PO_21	89	PO_21	TSI0_CH16/ADC0_A13
C6	PI_0	92	PI_0	92	PI_0	TSI0_CH0/ADC0_A16/CMP0_IN0
C5	PI_1	93	PI_1	93	PI_1	TSI0_CH1/ADC0_A17/CMP1_IN0
C4	PI_2	94	PI_2	94	PI_2	TSI0_CH2/ADC0_A18/CMP2_IN0
B4	PI_3	95	PI_3	95	PI_3	TSI0_CH3/ADC0_A19/CMP0_IN1
A4	PI_4	97	PI_4	97	PI_4	TSI0_CH4/ADC0_A20/CMP0_IN2
B3	PI_5	98	PI_5	98	PI_5	TSI0_CH5/ADC0_A21/CMP0_IN3
B2	PI_6	99	PI_6	99	PI_6	TSI0_CH6/ADC0_A22
A2	PI_7	100	PI_7	100	PI_7	TSI0_CH7/ADC0_A23

图2和图3所示为两种封装的MCX Nx4x上的双TSI通道的分配。在这两种封装中，绿色标记的引脚是TSI通道分布的位置。为了对硬件触摸板的引脚分配进行合理设计，请参考引脚位置。





3 MCX Nx4x TSI的特性

本节详细介绍了MCX Nx4x TSI的特性。

3.1 MCX Nx4x TSI与Kinetis TSI之间的对比

MCX Nx4x系列的TSI和恩智浦Kinetis E系列的TSI是基于不同技术平台设计的。因此，从TSI的基本特性到TSI的寄存器，MCX Nx4x TSI与Kinetis E系列的 TSI 之间都存在很多差异。本文档仅列出了这些差异。要查看 TSI 寄存器，请参阅参考手册。

本章通过将MCX Nx4x TSI与Kinetis E系列的TSI进行对比，介绍了MCX Nx4x TSI的特性。

如表3所示，MCX Nx4x TSI不受VDD噪声的影响。它有更多的功能时钟选项。如果功能时钟由芯片的系统时钟配置，则可以降低 TSI 的功耗。尽管MCX Nx4x TSI只有一个 TSI 模块，但在使用互电容模式时，它支持在硬件板上设计更多的硬件触摸按键。

表3. MCX Nx4x TSI与Kinetis E TSI (KE17Z256)的差异

	MCX Nx4x系列	Kinetis E系列
工作电压	1.71V – 3.6V	2.7V – 5.5V
VDD噪声影响	无	有
功能时钟源	<ul style="list-style-type: none"> TSI IP内部生成 芯片系统时钟 	TSI IP内部生成
功能时钟范围	30KHz – 10MHz	37KHz – 10MHz
TSI通道	最多 25 个通道 (TSI0)	最多 50 个通道 (TSI0、TSI1)
屏蔽通道	4个屏蔽通道: CH0、CH6、CH12、CH18	每个 TSI 有 3 个屏蔽通道: CH4、CH12、CH21
触摸模式	自电容模式: TSI[0:24]	自电容模式: TSI[0:24]

表3. MCX Nx4x TSI与Kinetic E TSI (KE17Z256)的差异 (续)

	MCX Nx4x系列	Kinetic E系列
	自电容模式: Tx[0:7]、Rx[8:24]	自电容模式: Tx[0:5]、Rx[6:12]
触摸电极	自电容电极: 最多25个 互电容电极: 最多136个(8x17)	自电容电极: 最多50个(25+25) 互电容电极: 最多72个(6x6 + 6x6)
产品	MCX N9x和MCX N5x	KE17Z256

MCX Nx4x TSI和 Kinetic TSI都支持的功能如表4所示。

表4. MCX Nx4x TSI和Kinetic TSI都支持的功能

	MCX Nx4x系列	Kinetic E系列
两种感应模式		自电容模式: 基础自电容模式、 灵敏度增强模式、 噪声消除模式 互电容模式: 基础互电容模式、 灵敏度增强使能
支持中断		扫描结束中断 超出范围中断
支持触发源	1. 通过写入GENCS[SWTS]位软件触发 2. 通过INPUTMUX硬件触发 3. 通过AUTO_TRIG[TRIG_EN]自动触发	1. 通过写入GENCS[SWTS]位软件触发 2. 通过INP_UTMUX硬件触发
支持低功耗	深度睡眠模式: 当GENCS[STPE]置1时正常工作 掉电模式: 如果 WAKE 域处于活动状态, 则TSI 可以像在“深度睡眠”模式一样运行 深度掉电, VBAT: 不可用	STOP模式、VLPS模式: 当 GENCS[STPE]置1时正常工作
低功耗唤醒		每个TSI通道都可以在低功耗模式下唤醒MCU。
支持DMA		超出范围事件或扫描结束事件可以触发DMA传输。
硬件噪声滤波器		SSC减少频率噪声并提高信噪比 (PRBS模式, 计数器增减模式)。

3.2 MCX Nx4x TSI的新功能

MCX Nx4x TSI增加了一些新功能。下表列出了一些最重要的新功能。MCX Nx4x TSI为用户提供了更丰富的功能, 如基线自动跟踪、阈值自动跟踪、去抖动等, 这些功能能实现一些硬件运算, 从而节省了软件开发资源。

表5. MCX Nx4x TSI的新功能

	MCX Nx4x系列
1	接近感应通道合并功能
2	基线自动跟踪功能
3	阈值自动跟踪功能

表5. MCX Nx4x TSI的新功能 (续)

4	去抖动功能
5	自动触发功能
6	芯片系统时钟生成的时钟
7	手指触摸测试功能

3.3 MCX Nx4x TSI功能描述

以下是这些新增功能的介绍：

1. 接近感应通道合并功能

此接近感应功能用于合并多个TSI通道来进行扫描。通过将TSI0_GENCS[S_PROX_EN]配置为1来启用接近感应模式。在接近感应模式下，TSI0_CONFIG[TSICH]中的值无效，不用于选择通道。

25位寄存器TSI0_CHMERGE[CHANNEL_ENABLE]可配置为选择多个通道，这25位分别控制25个TSI通道的选择。通过将25位全部配置为1(1_1111_1111_1111_1111_1111b)最多可以选择25个通道。当触发发生时，TSI0_CHMERGE[CHANNEL_ENABLE]选择的多个通道会一起被扫描，并生成一组TSI扫描值。此扫描值可以从TSI0_DATA[TSICNT]寄存器中读取。接近感应合并功能理论上会将多个通道的电容整合，然后开始扫描，这仅在自电容模式下有效。合并的触摸通道越多，扫描时间越短，扫描值越小，但灵敏度也越差。因此，在进行触摸检测时，需要更大的触摸电容才能获得更高的灵敏度。这个功能特别适用于大面积触摸检测和大范围接近感应检测。

2. 基线自动跟踪功能

MCX Nx4x的TSI提供了设置TSI基线和基线跟踪功能的寄存器。在完成TSI通道的软件校准后，可以在TSI0_BASELINE[BASEREN]寄存器中填入一个初始基线值。TSI0_BASELINE[BASEREN]寄存器中的触摸通道初始基线由用户通过软件写入。基线的设置仅对单个通道有效。基线跟踪功能可以调整TSI0_BASELINE[BASEREN]寄存器中的基线值，使其接近TSI当前的采样值。通过TSI0_BASELINE[BASEREN]位启用基线跟踪功能，并在TSI0_BASELINE[BASEREN]寄存器中设置自动跟踪的比率。基线值会自动增加或减少，每次增加/减少的值为BASELINE * BASE_TRACE_DEBOUNCE。基线跟踪功能仅在低功耗模式下启用，且设置仅对单个通道有效。当触摸通道改变时，必须重新配置与基线相关的寄存器。

3. 阈值自动跟踪功能

如果通过将TSI0_BASELINE[THRESHOLD_TRACE_EN]位配置为1来启用阈值跟踪，则可以通过IP内部硬件计算阈值。计算得到的阈值会被加载到阈值寄存器TSI0_TSHD中。要获得所需的阈值，可在TSI0_BASELINE[THRESHOLD_RATIO]中选择阈值比率。触摸通道的阈值在IP内部根据以下公式计算：

高阈值 (Threshold_H) : $TSI0_TSHD[THRESH] = [BASELINE + BASELINE \gg (THRESHOLD_RATIO+1)]$

低阈值 (Threshold_L) : $TSI0_TSHD[THRESL] = [BASELINE - BASELINE \gg (THRESHOLD_RATIO+1)]$

其中，BASELINE是TSI0_BASELINE[BASEREN]中的值。

4. 去抖动功能

MCX Nx4x TSI提供硬件去抖动功能，可以通过TSI_GENCS[DEBOUNCE]来配置产生中断所需的超出范围事件的次数。只有超出范围中断事件模式支持去抖动功能，而扫描结束中断事件不支持此功能。

5. 自动触发功能。TSI有三种触发源，包括通过写入TSI0_GENCS[SWTS]位的软件触发、通过INPUTMUX的硬件触发，以及通过TSI0_AUTO_TRIG[TRIG_EN]的自动触发。图4所示为自动触发生成的过程。

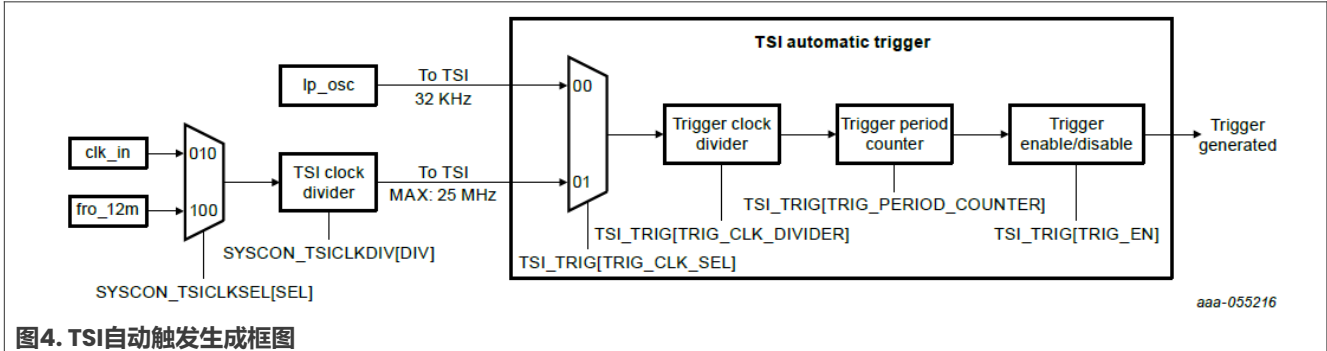


图4. TSI自动触发生成框图

自动触发功能是MCX Nx4x TSI的一项新功能。通过将TSI0_AUTO_TRIG[TRIG_EN]设置为1来启用此功能。一旦启用了自动触发，TSI0_GENCS[SWTS]中的软件触发和硬件触发配置就会失效。每次触发之间的时间间隔可以通过以下公式计算：

触发间隔 = 触发时钟 / 触发时钟分频器 * 触发时钟计数器。

触发时钟：配置TSI0_AUTO_TRIG[TRIG_CLK_SEL]以选择自动触发时钟源。

触发时钟分频器：配置TSI0_AUTO_TRIG[TRIG_CLK_DIVIDER]以选择触发时钟分频器。

触发时钟计数器：配置TSI0_AUTO_TRIG[TRIG_PERIOD_COUNTER]配置触发时钟计数器值。

对于自动触发时钟源的时钟，一种是lp_osc 32k时钟，另一种是FRO_12Mhz时钟或clk_in时钟（可通过TSICLKSEL[SEL]选择，并通过TSICLKDIV[DIV]分频）。

6. 芯片系统时钟生成的时钟

通常，Kinetis E系列TSI提供一个内部参考时钟来生成TSI功能时钟。对于MCX Nx4x的TSI，工作时钟不仅可以来自IP内部，还可以来自芯片的系统时钟。MCX Nx4x TSI有两种功能时钟源选项（通过配置TSICLKSEL[SEL]）。如图5所示，一种来自芯片系统时钟，可以降低TSI的工作功耗；另一种由TSI内部振荡器生成，可以减少TSI工作时钟的抖动。

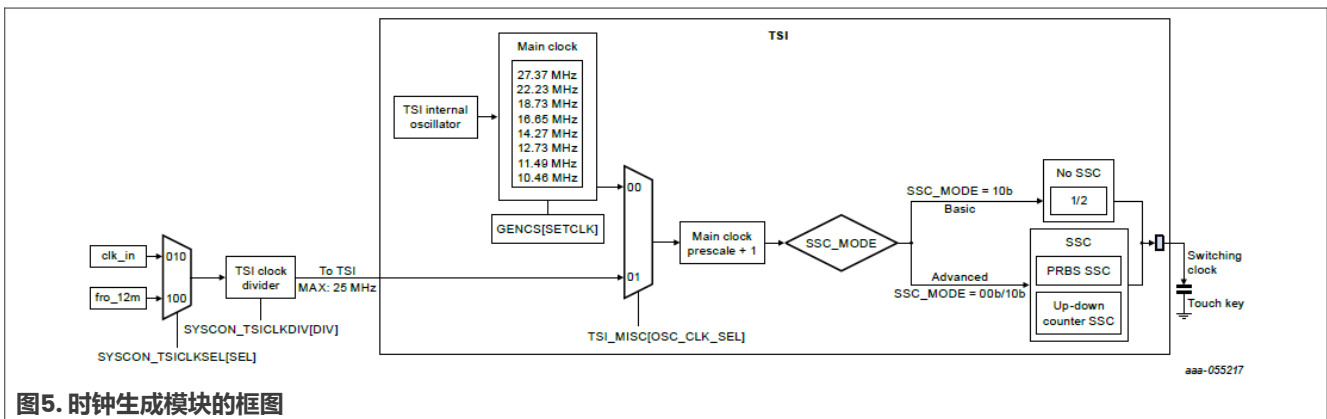


图5. 时钟生成模块的框图

FRO_12MHz时钟或clk_in时钟是TSI功能时钟源，可以通过TSICLKSEL[SEL]选择，并通过TSICLKDIV[DIV]分频。

7. 手指触摸测试功能

MCX Nx4x TSI提供手指触摸测试功能，通过配置相关寄存器，可在没有实际手指触摸硬件板的情况下模拟手指触摸。这个功能在代码调试和硬件板测试期间非常有用。

TSI手指触摸测试的强度可以通过`TSI0_MISC[TEST_FINGER]`进行配置，用户可以通过它改变触摸强度。手指电容有8个选项：148pF、296pF、444pF、592pF、740pF、888pF、1036pF、1184pF。通过将`TSI0_MISC[TEST_FINGER_EN]`配置为1来启用手指触摸测试功能。

用户可以使用此功能计算硬件触摸板电容、调试TSI参数，以及进行软件安全/故障测试（FMEA）。在软件代码中，应首先配置手指电容，然后启用手指触摸测试功能。

3.4 MCX Nx4x TSI新功能的应用示例

MCX Nx4x TSI具有以下面向低功耗应用的功能：

- 使用芯片系统时钟以降低IP功耗。
- 利用自动触发功能、接近感应通道合并功能、基线自动跟踪功能、阈值自动跟踪功能以及去抖动功能，来实现简单的低功耗唤醒用例。

4 MCX Nx4x TSI的硬件和软件支持

恩智浦提供四种硬件板来支持MCX Nx4x TSI的评估。其中，X-MCX-N9XX-TSI板是内部评估板，需联系FAE或市场部门获取。另外三种板卡是恩智浦官方发布的，用户可在[恩智浦](#)官网上找到这些板卡，并可在其中下载官方支持的软件SDK和触摸软件库。

4.1 MCX Nx4x系列TSI评估板

恩智浦提供评估板帮助用户评估TSI功能。以下是详细的板卡信息。

4.1.1 X-MCX-N9XX-TSI板

X-MCX-N9XX-TSI板是一款基于恩智浦高性能MCX Nx4x MCU的触摸感应参考设计，包含多种触摸模式。该MCU集成了一个TSI模块，支持展示在板卡上的多达25个触摸感应通道。此板卡可用于评估MCX N9x和N5x系列MCU的TSI功能。该产品已通过了IEC61000-4-6 3V认证。



图6. X-MCX-N9XX-TSI, MCX N5/N9专用TSI评估板

4.1.2 MCX-N5XX-EVK

[MCX-N5XX-EVK](#)板上设有触摸滑条，且与FRDM-TOUCH板兼容。恩智浦提供了一个触摸软件库，可实现按键、滑条和旋转触摸等功能。

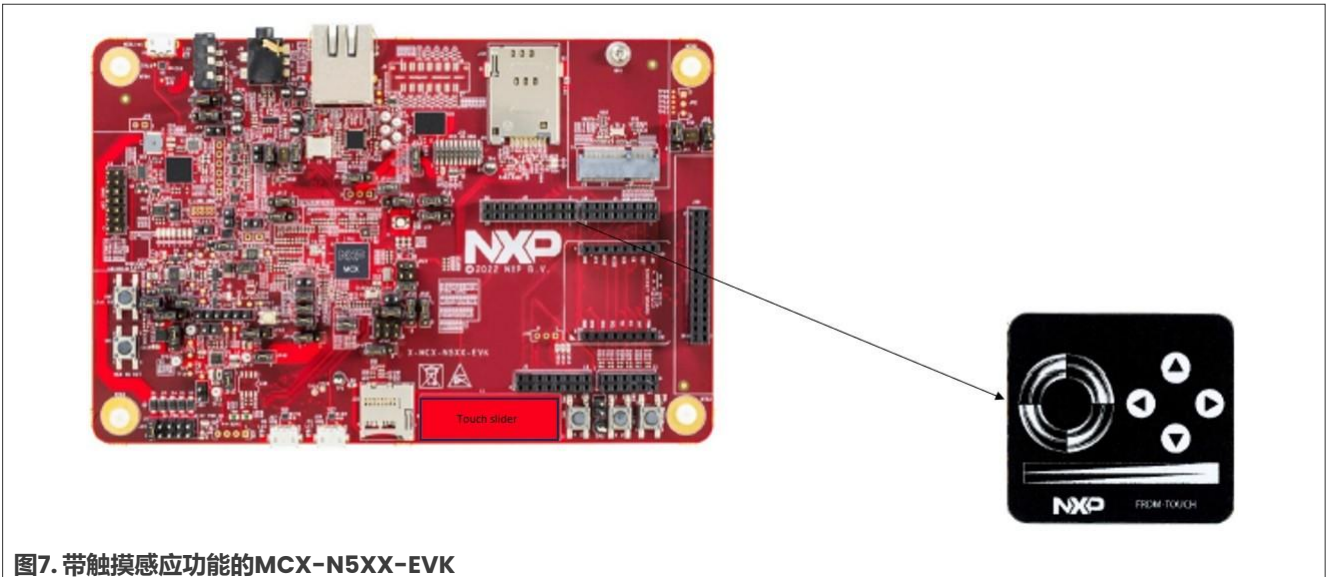


图7. 带触摸感应功能的MCX-N5XX-EVK

4.1.3 MCX-N9XX-EVK

[MCX-N9XX-EVK](#)板上同样配备了一个触摸滑条，且与FRDM-TOUCH板兼容。恩智浦提供了一个触摸软件库可实现按键、滑条和旋转触摸等功能。

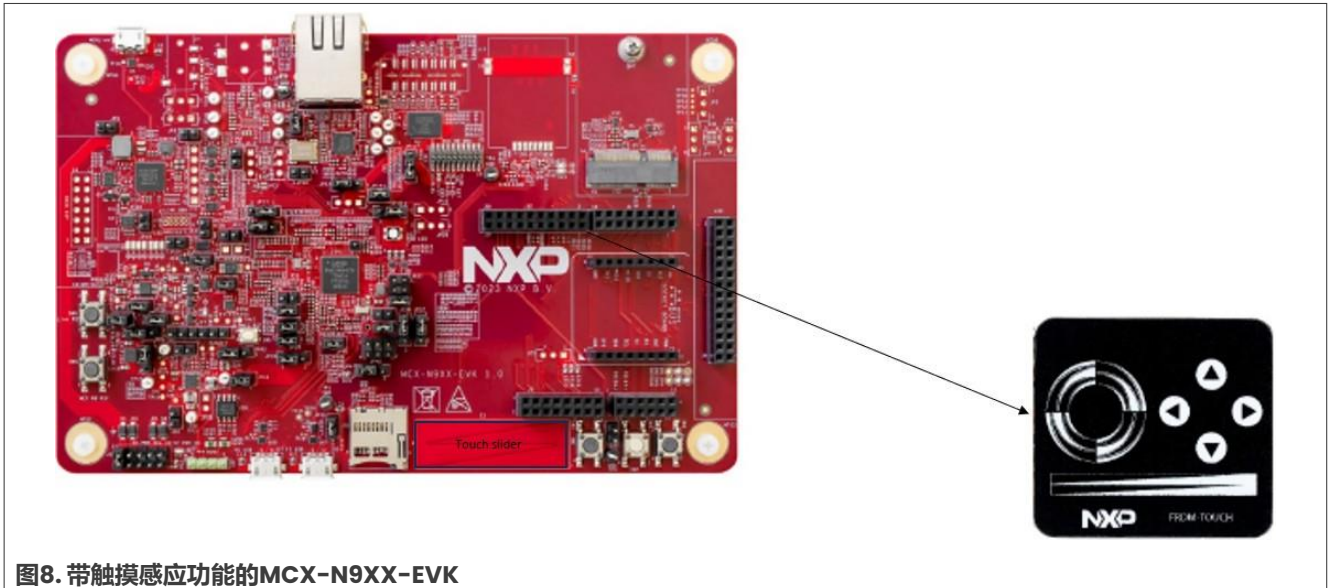


图8. 带触摸感应功能的MCX-N9XX-EVK

4.1.4 FRDM-MCXN947

[FRDM-MCXN947](#)板配有一个一触式按键，且与FRDM-TOUCH板兼容。恩智浦提供了一个触摸软件库，可实现按键、滑条和旋转触摸等功能。

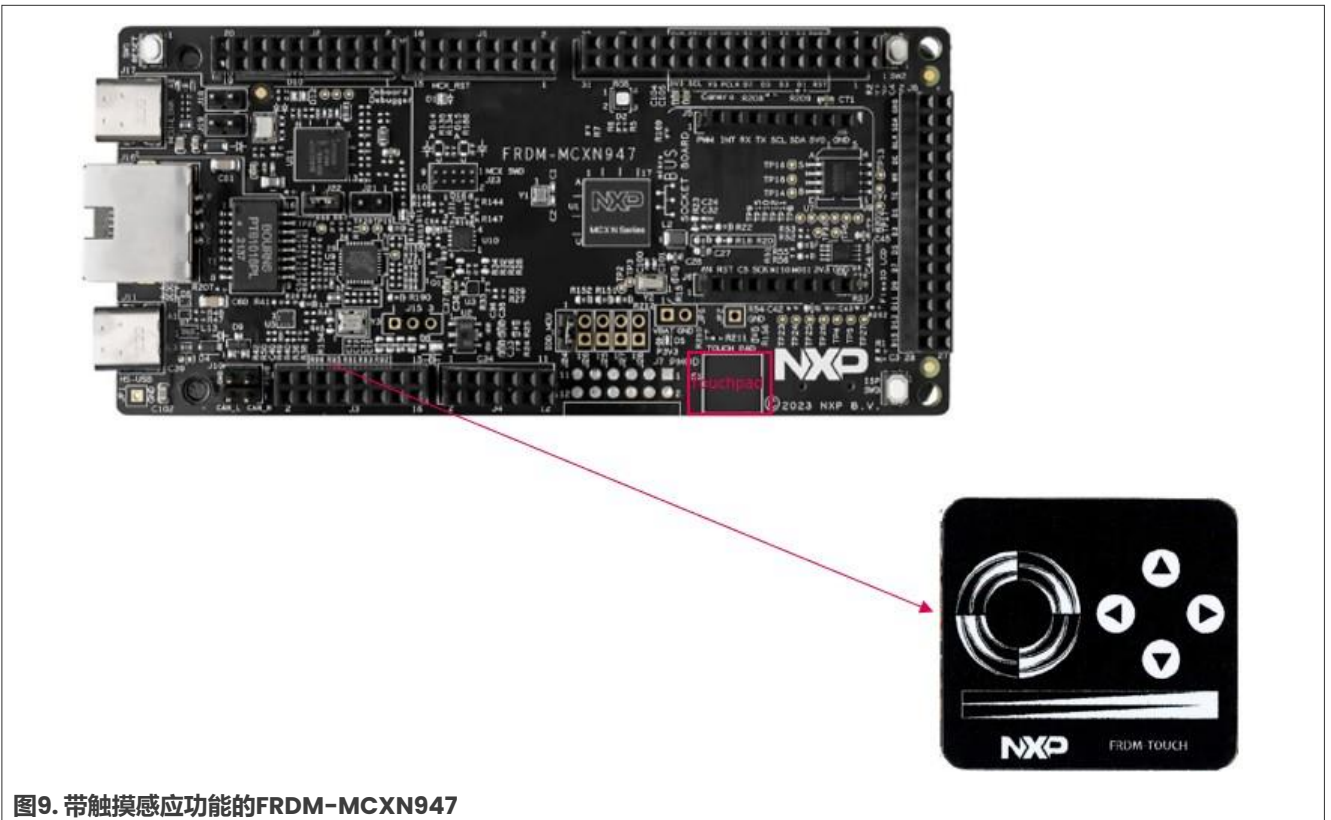


图9. 带触摸感应功能的FRDM-MCXN947

4.2 恩智浦为MCX Nx4x TSI提供的触摸软件库支持

恩智浦免费提供了一个触摸软件库，包含检测触摸和实现滑条或键盘等更高级的控制器功能所需的所有软件。TSI的后台算法可用于触摸键盘和模拟解码器，还支持灵敏度自动校准、低功耗模式、接近感应以及防水功能。该软件以“目标C语言代码结构”的源代码形式分发。此外，还提供了基于FreeMASTER的触摸调谐工具，用于TSI的配置和调谐。

4.2.1 SDK的构建和触摸软件库下载

用户可以通过<https://mcuxpresso.nxp.com/en/welcome>为MCX硬件板构建SDK，将触摸软件库添加到SDK中，然后下载软件包。具体过程如图10、图11和图12所示。

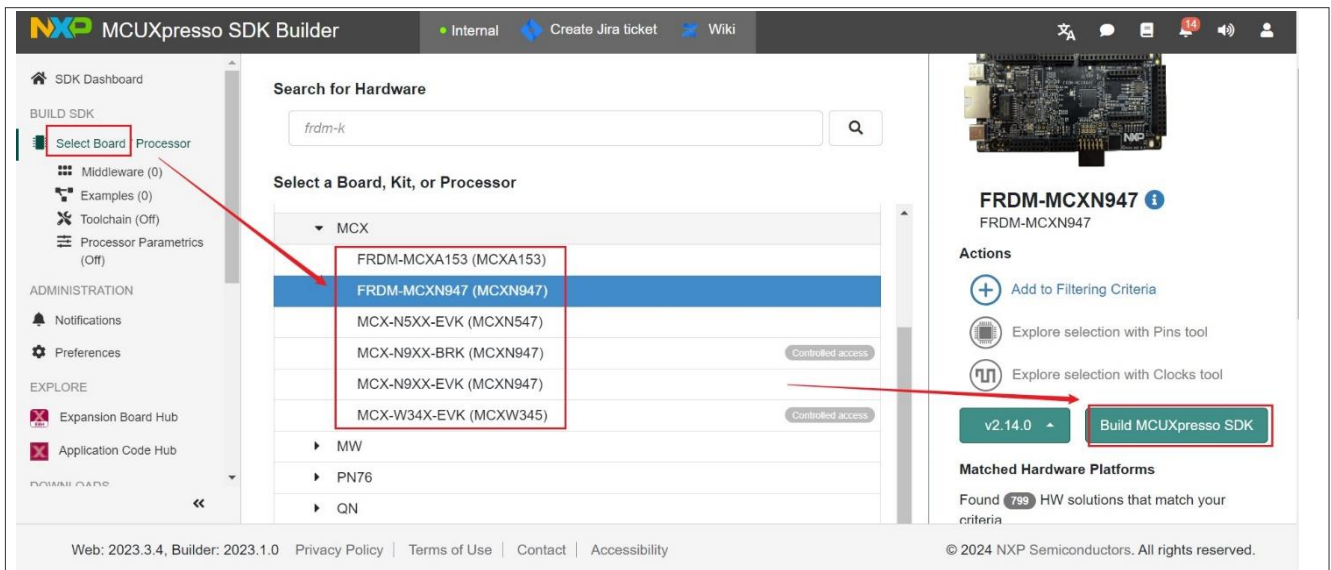


图10. 为特定板卡构建MCUXpresso SDK

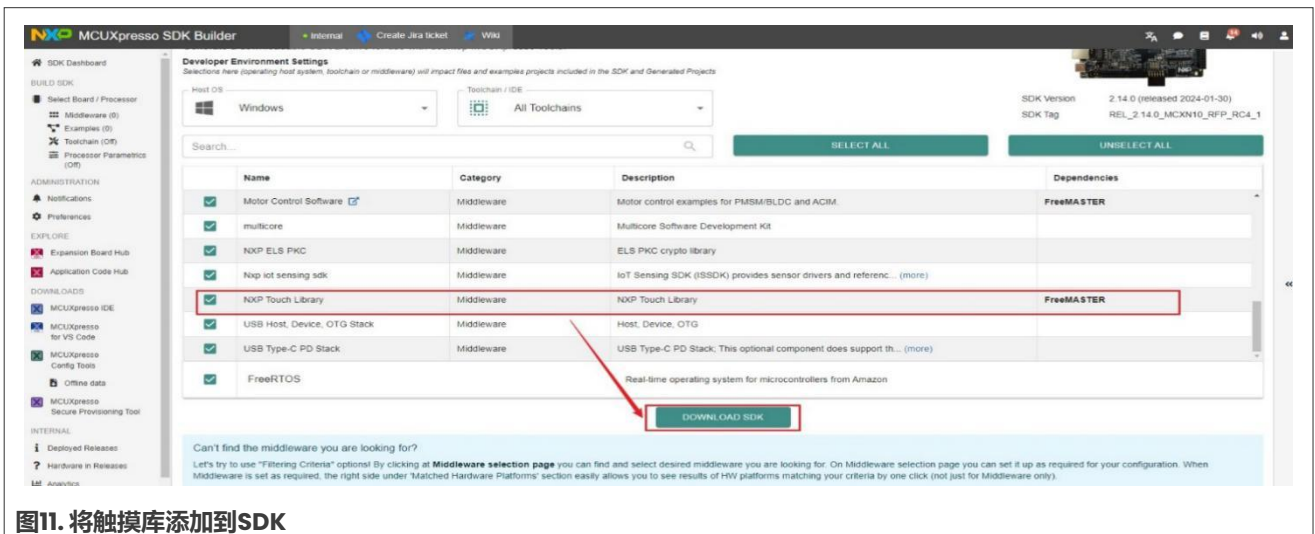


图11. 将触摸库添加到SDK

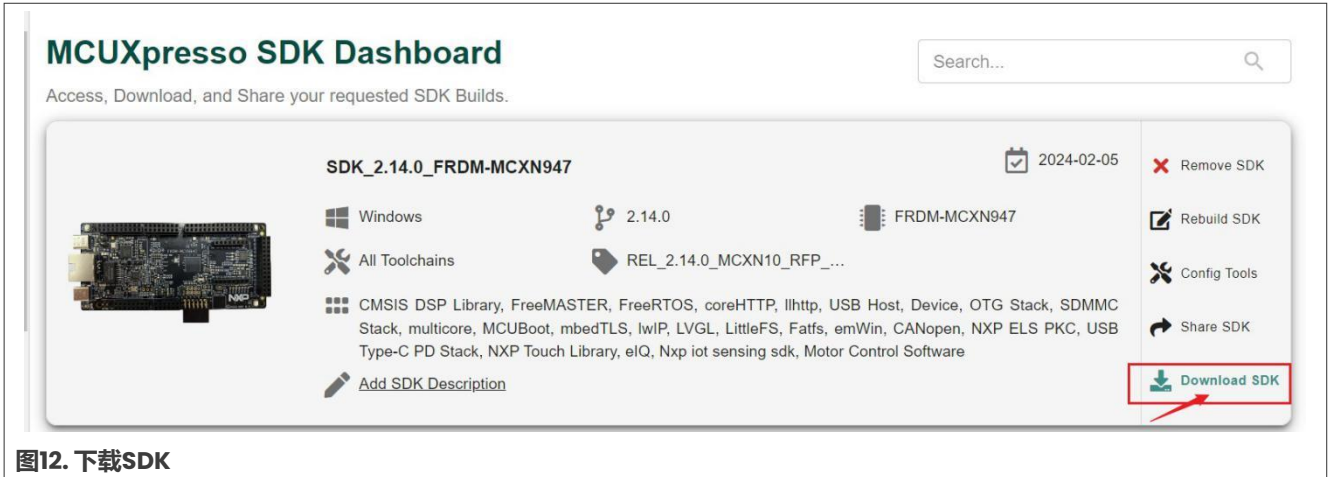


图12. 下载SDK

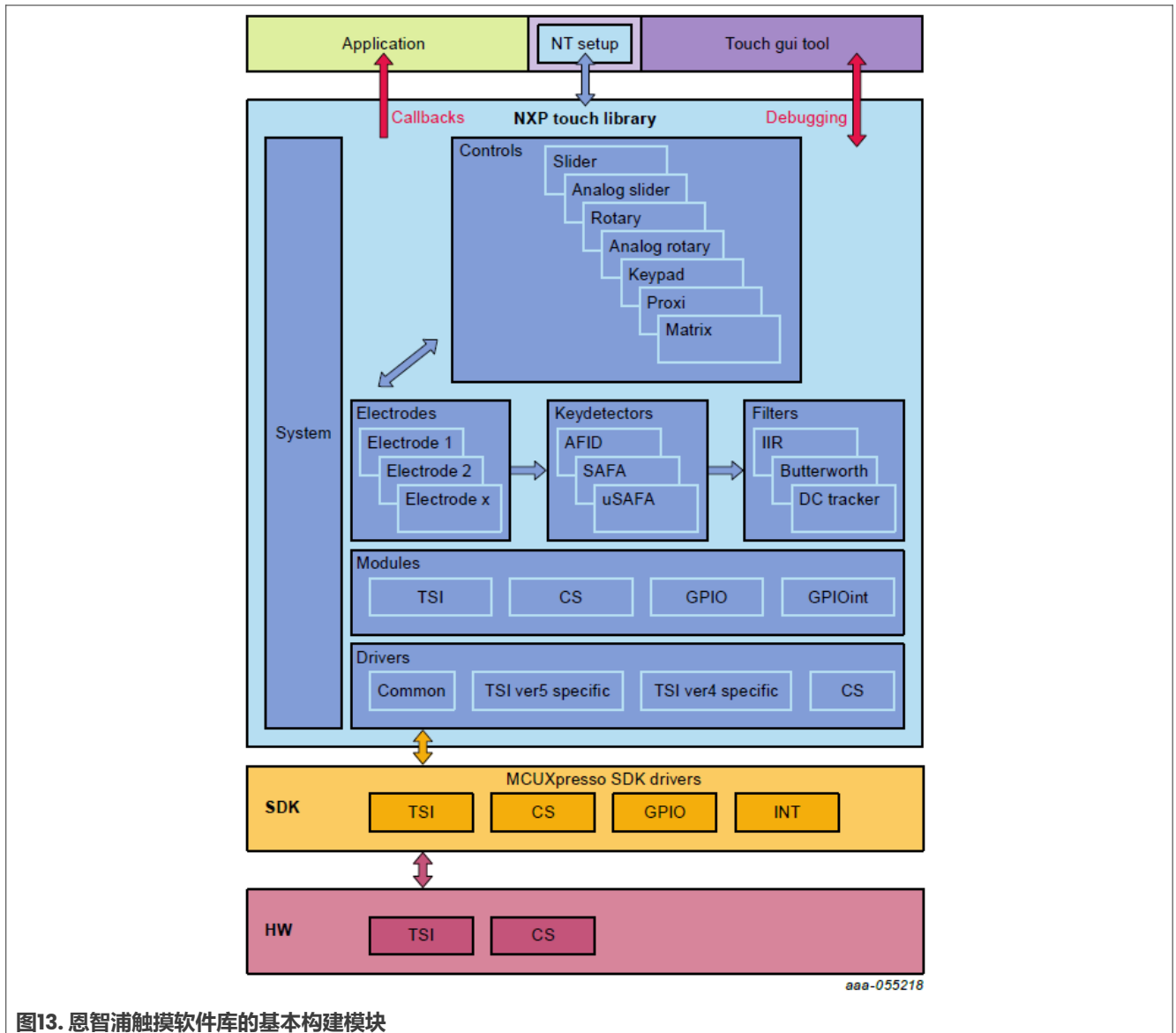
4.2.2 恩智浦触摸软件库

下载的SDK文件夹中的触摸感应代码 (...boards\frdmmcxn947\demo_apps\touch_sensing) 是使用恩智浦触摸软件库开发的。

恩智浦触摸软件库参考手册可在文件夹.../middleware/touch/freemaster/html/index.html中找到，它详细描述了用于在恩智浦MCU平台上实现触摸感应应用的恩智浦触摸软件库。恩智浦触摸软件库提供触摸感应算法，可检测手指触摸、移动或手势。

用于TSI配置和调谐的FreeMASTER工具包含在恩智浦触摸软件库中。如需了解更多信息，请参阅《恩智浦触摸软件库参考手册》（文档[NT20RM](#)）或《恩智浦触摸软件开发指南》（文档[ANI2709](#)）。

恩智浦触摸软件库的基本构建模块如[图13](#)所示：



5 MCX Nx4x的TSI性能

对于MCX Nx4x的TSI，以下参数已在X-MCX-N9XX-TSI板上进行了测试。下表是性能概述。

表6. 性能概述

	MCX Nx4x系列	
1	信噪比 (SNR)	自电容模式和互电容模式下最高可达200:1
2	覆盖层厚度	最高可达20mm
3	屏蔽驱动强度	1MHz时最高600pF, 2MHz时最高200pF
4	传感器电容范围	5pF – 200pF

1. 信噪比测试

信噪比是根据TSI计数器值的原始数据计算得出的。在不使用算法处理采样值的情况下，自电容模式和互电容模式下均可实现200:1的信噪比。

如图14所示，EVB上的TSI板已进行了信噪比测试。

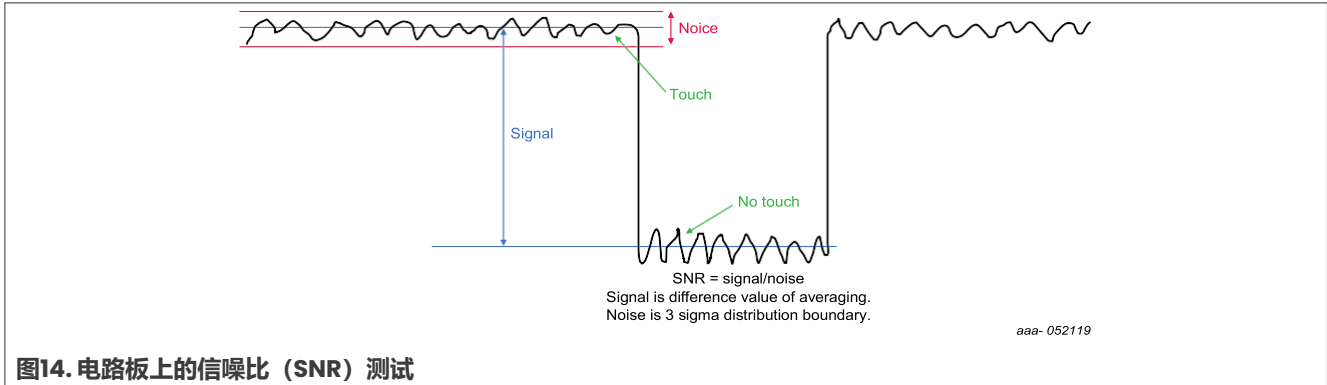


图14. 电路板上的信噪比 (SNR) 测试

2. 屏蔽驱动强度测试

TSI强大的屏蔽强度可以提高触摸板的防水性能，并支持在硬件板上进行更大的触摸板设计。当4个TSI屏蔽通道全部启用时，在自电容模式下，测试1MHz和2MHz的TSI工作时钟下的屏蔽通道的最大驱动能力。TSI的工作时钟越高，屏蔽通道的驱动强度越低。如果TSI工作时钟低于1MHz，则TSI的最大驱动强度会大于600pF。进行硬件设计时，请参考表7所示的测试结果。

表7. 屏蔽驱动强度的测试结果

启用的屏蔽通道	时钟	最大屏蔽驱动强度
CH0、CH6、CH12、CH18	1MHz	600pF
	2MHz	200pF

3. 覆盖层厚度测试

为了保护触摸电极免受外部环境的干扰，覆盖层材料必须紧贴触摸电极表面。触摸电极和覆盖层之间不应存在空气间隙。具有高介电常数或厚度较小的覆盖层可以提高触摸电极的灵敏度。

在X-MCX-N9XX-TSI板上测试了亚克力覆盖材料的最大覆盖层厚度，如图15和图16所示。在20mm厚的亚克力覆盖层上仍能检测到触摸动作。以下是需满足的条件：

- 信噪比 > 5:1
- 自电容模式
- 4个屏蔽通道开启
- 灵敏度提升

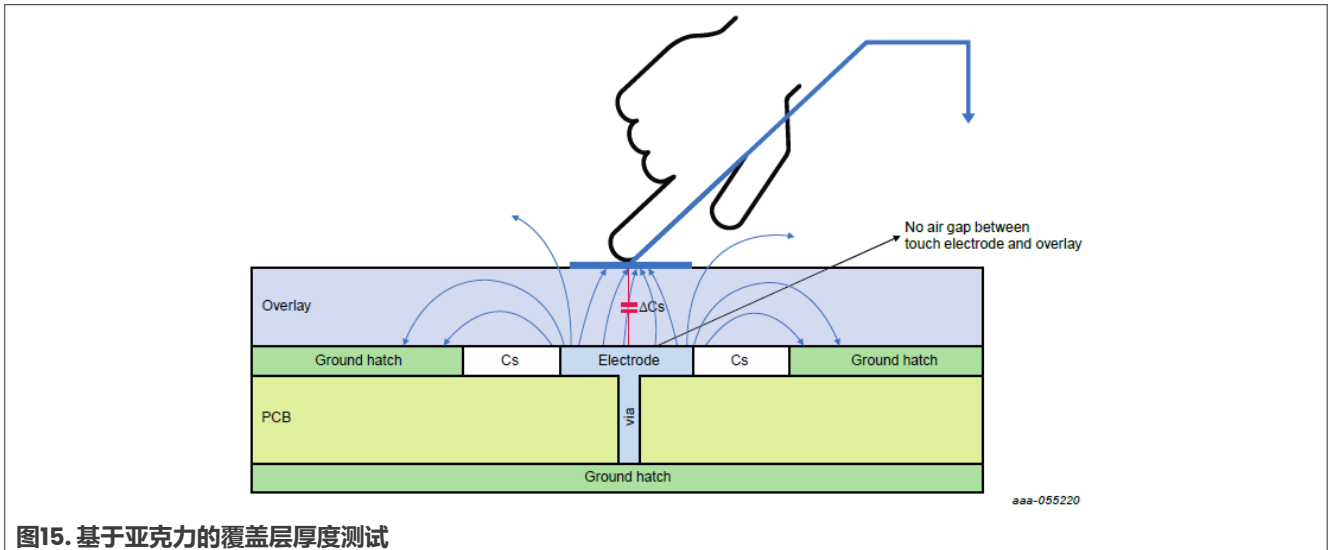


图15. 基于亚克力的覆盖层厚度测试

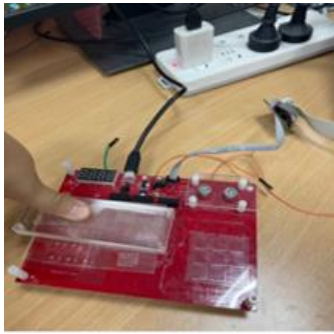


图16. 基于亚克力的覆盖层厚度测试

4. 传感器电容范围测试

硬件板上触摸传感器的推荐固有电容范围为5pF至50pF。触摸传感器的面积、PCB的材料和板卡上的布线都会影响固有电容的大小。这些都必须在板卡的硬件设计中考虑。经过在X-MCX-N9XX-TSI板上的测试，发现MCX Nx4x TSI在固有电容高达200pF时仍能检测到触摸动作，且信噪比大于5:1。因此，对触摸板设计的要求更加灵活。

6 结语

本文档介绍了MCX Nx4x芯片上TSI的基本功能。有关MCX Nx4x TSI原理的详细信息，请参阅《MCX Nx4x参考手册》（文档[MCXNx4xRM](#)）的TSI章节。关于硬件板设计和触摸板设计的建议，请参考《KEI7Z双触TSI用户指南》（文档[KEI7ZDTSIUG](#)）。

7 参考资料

以下参考资料可在恩智浦网站上获取：

1. 《MCX Nx4x参考手册》（文档[MCXNx4xRM](#)）
2. 《KEI7Z双触TSI用户指南》（文档[KEI7ZDTSIUG](#)）

3. 《恩智浦触摸软件开发指南》（文档[ANI2709](#)）
4. 《恩智浦触摸软件库参考手册》（文档[NT20RM](#)）

8 修订历史

表8. 修订历史

文档ID	发布日期	描述
UG10111 v.1	2024年5月7日	初始版本

Legal information

Definitions

Draft — A draft status on a document indicates that the content is still under internal review and subject to formal approval, which may result in modifications or additions. NXP Semiconductors does not give any representations or warranties as to the accuracy or completeness of information included in a draft version of a document and shall have no liability for the consequences of use of such information.

Disclaimers

Limited warranty and liability — Information in this document is believed to be accurate and reliable. However, NXP Semiconductors does not give any representations or warranties, expressed or implied, as to the accuracy or completeness of such information and shall have no liability for the consequences of use of such information. NXP Semiconductors takes no responsibility for the content in this document if provided by an information source outside of NXP Semiconductors.

In no event shall NXP Semiconductors be liable for any indirect, incidental, punitive, special or consequential damages (including - without limitation - lost profits, lost savings, business interruption, costs related to the removal or replacement of any products or rework charges) whether or not such damages are based on tort (including negligence), warranty, breach of contract or any other legal theory.

Notwithstanding any damages that customer might incur for any reason whatsoever, NXP Semiconductors' aggregate and cumulative liability towards customer for the products described herein shall be limited in accordance with the Terms and conditions of commercial sale of NXP Semiconductors.

Right to make changes — NXP Semiconductors reserves the right to make changes to information published in this document, including without limitation specifications and product descriptions, at any time and without notice. This document supersedes and replaces all information supplied prior to the publication hereof.

Suitability for use — NXP Semiconductors products are not designed, authorized or warranted to be suitable for use in life support, life-critical or safety-critical systems or equipment, nor in applications where failure or malfunction of an NXP Semiconductors product can reasonably be expected to result in personal injury, death or severe property or environmental damage. NXP Semiconductors and its suppliers accept no liability for inclusion and/or use of NXP Semiconductors products in such equipment or applications and therefore such inclusion and/or use is at the customer's own risk.

Applications — Applications that are described herein for any of these products are for illustrative purposes only. NXP Semiconductors makes no representation or warranty that such applications will be suitable for the specified use without further testing or modification.

Customers are responsible for the design and operation of their applications and products using NXP Semiconductors products, and NXP Semiconductors accepts no liability for any assistance with applications or customer product design. It is customer's sole responsibility to determine whether the NXP Semiconductors product is suitable and fit for the customer's applications and products planned, as well as for the planned application and use of customer's third party customer(s). Customers should provide appropriate design and operating safeguards to minimize the risks associated with their applications and products.

NXP Semiconductors does not accept any liability related to any default, damage, costs or problem which is based on any weakness or default in the customer's applications or products, or the application or use by customer's third party customer(s). Customer is responsible for doing all necessary testing for the customer's applications and products using NXP Semiconductors products in order to avoid a default of the applications and the products or of the application or use by customer's third party customer(s). NXP does not accept any liability in this respect.

Terms and conditions of commercial sale — NXP Semiconductors products are sold subject to the general terms and conditions of commercial sale, as published at <https://www.nxp.com.cn/profile/terms>, unless otherwise agreed in a valid written individual agreement. In case an individual agreement is concluded only the terms and conditions of the respective agreement shall apply. NXP Semiconductors hereby expressly objects to applying the customer's general terms and conditions with regard to the purchase of NXP Semiconductors products by customer.

Export control — This document as well as the item(s) described herein may be subject to export control regulations. Export might require a prior authorization from competent authorities.

Suitability for use in non-automotive qualified products — Unless this document expressly states that this specific NXP Semiconductors product is automotive qualified, the product is not suitable for automotive use. It is neither qualified nor tested in accordance with automotive testing or application requirements. NXP Semiconductors accepts no liability for inclusion and/or use of non-automotive qualified products in automotive equipment or applications.

In the event that customer uses the product for design-in and use in automotive applications to automotive specifications and standards, customer (a) shall use the product without NXP Semiconductors' warranty of the product for such automotive applications, use and specifications, and (b) whenever customer uses the product for automotive applications beyond NXP Semiconductors' specifications such use shall be solely at customer's own risk, and (c) customer fully indemnifies NXP Semiconductors for any liability, damages or failed product claims resulting from customer design and use of the product for automotive applications beyond NXP Semiconductors' standard warranty and NXP Semiconductors' product specifications.

Translations — A non-English (translated) version of a document, including the legal information in that document, is for reference only. The English version shall prevail in case of any discrepancy between the translated and English versions.

Security — Customer understands that all NXP products may be subject to unidentified vulnerabilities or may support established security standards or specifications with known limitations. Customer is responsible for the design and operation of its applications and products throughout their lifecycles to reduce the effect of these vulnerabilities on customer's applications and products. Customer's responsibility also extends to other open and/or proprietary technologies supported by NXP products for use in customer's applications. NXP accepts no liability for any vulnerability. Customer should regularly check security updates from NXP and follow up appropriately.

Customer shall select products with security features that best meet rules, regulations, and standards of the intended application and make the ultimate design decisions regarding its products and is solely responsible for compliance with all legal, regulatory, and security related requirements concerning its products, regardless of any information or support that may be provided by NXP.

NXP has a Product Security Incident Response Team (PSIRT) (reachable at PSIRT@nxp.com) that manages the investigation, reporting, and solution release to security vulnerabilities of NXP products.

NXP B.V. — NXP B.V. is not an operating company and it does not distribute or sell products.

Trademarks

Notice: All referenced brands, product names, service names, and trademarks are the property of their respective owners.

NXP — wordmark and logo are trademarks of NXP B.V.

AMBA, Arm, Arm7, Arm7TDMI, Arm9, Arm11, Artisan, big.LITTLE, Cordio, CoreLink, CoreSight, Cortex, DesignStart, DynamIQ, Jazelle, Keil, Mali, Mbed, Mbed Enabled, NEON, POP, RealView, SecurCore, Socrates, Thumb, TrustZone, ULINK, ULINK2, ULINK-ME, ULINK-PLUS, ULINKpro, μ Vision, Versatile — are trademarks and/or registered trademarks of Arm Limited (or its subsidiaries or affiliates) in the US and/or elsewhere. The related technology may be protected by any or all of patents, copyrights, designs and trade secrets. All rights reserved.

Kinetis — is a trademark of NXP B.V.

MCX — is a trademark of NXP B.V.

Microsoft, Azure, and ThreadX — are trademarks of the Microsoft group of companies.

目录

1	介绍	2
2	MCX Nx4x的TSI概述	2
2.1	MCX Nx4x 的TSI框图.....	2
2.2	MCX Nx4x系列支持TSI的部件.....	3
2.3	不同封装下的MCX Nx4x的TSI通道分配.....	3
3	MCX Nx4x TSI的特性	5
3.1	MCX Nx4x TSI与Kinetis TSI之间的对比.....	5
3.2	MCX Nx4x TSI的新功能.....	6
3.3	MCX Nx4x TSI功能描述.....	7
3.4	MCX Nx4x TSI新功能的应用示例.....	9
4	MCX Nx4x TSI的硬件和软件支持	9
4.1	MCX Nx4x系列TSI评估板.....	9
4.1.1	X-MCX-N9XX-TSI板.....	9
4.1.2	MCX-N5XX-EVK.....	10
4.1.3	MCX-N9XX-EVK.....	10
4.1.4	FRDM-MCXN947.....	11
4.2	恩智浦为MCX Nx4x TSI提供的触摸软件库支持... ..	12
4.2.1	SDK的构建和触摸软件库下载.....	12
4.2.2	恩智浦触摸软件库.....	13
5	MCX Nx4x的TSI性能	14
6	结语	16
7	参考资料	16
8	修订历史	17
	法律声明	18

Please be aware that important notices concerning this document and the product(s) described herein, have been included in section 'Legal information'.