

Application Note

基于 MSPM0 的电阻式触摸屏控制



Eason Zhou, Wiky Liao, Yashraj Motwani, Divyansh Mittal

摘要

本应用手册介绍了如何使用 MSPM0L1306 微控制器通过 GPIO 和 ADC 接口实现四线电阻式触摸屏，从而在电阻式触摸屏上实现实时触摸检测。此实现方案提供了两个示例：一个是“触摸”检测示例，仅用于确认触摸是否存在并发送坐标数据；另一个是“点击和拖动”检测示例，能够区分点击事件与拖动或长按事件，并相应地发送坐标数据。本文档详细说明了硬件设置、引脚配置策略、固件实现，并为使用 MSPM0L1306 平台将电阻式触摸功能集成到嵌入式系统中的开发人员提供了详细的操作步骤。

内容

1 简介.....	3
2 LaunchPad 设置.....	4
3 硬件连接.....	5
4 设计注意事项.....	7
4.1 IO 选择注意事项.....	7
4.2 测量方法.....	8
5 软件结构.....	10
5.1 触摸检测示例.....	10
5.2 电阻式触摸屏“点击和拖动”检测.....	10
5.3 引脚模式切换.....	11
6 执行步骤.....	11
7 结果.....	12
7.1 触摸检测.....	12
7.2 “点击和拖动”检测.....	13
8 总结.....	14
9 参考资料.....	14
10 修订历史记录.....	15

插图清单

图 2-1. 拆除 Launchpad 跳线.....	4
图 3-1. 系统方框图.....	5
图 3-2. 硬件设置.....	6
图 4-1. 触摸检测设置.....	8
图 4-2. X 轴 ADC 测量.....	9
图 4-3. Y 轴 ADC 测量.....	9
图 5-1. 软件工程.....	10
图 7-1. 触摸检测：12 位分辨率.....	12
图 7-2. 点击操作的输出.....	13
图 7-3. 长按操作的输出.....	13

表格清单

表 2-1. LaunchPad 引脚连接.....	4
表 4-1. 绝对最大额定值.....	7

商标

Code Composer Studio™ is a trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

电阻式触摸屏因其坚固耐用、成本效益高，并且能够使用任何输入介质（包括戴手套的手指）进行操作，广泛用于工业、医疗和消费类应用场景。与电容式触摸屏不同，电阻式触摸屏无需专用的导电材料，并且在恶劣环境中也具有更出色的性能。

MSPM0L1306 微控制器提供了必要的模拟和数字接口，用以实现完整的电阻式触摸屏控制器。本应用手册介绍了触摸检测与分析的实用固件实现方案，包括使用 **GPIO** 引脚驱动电阻层，以及使用集成式 **ADC** 获取坐标测量值。其中提供了两个示例项目：一个基本的触摸检测系统，以及一个高级系统，后者通过使用 **Timer G** 外设进行基于时间的测量，能够区分点击事件与拖动/长按手势。

电阻式触摸屏的工作原理是：在电阻器网络上施加电压，并测量矩阵中给定点（输入触控笔、笔或手指触摸屏幕处）的电阻变化。该器件包含两个由 **ITO**（氧化铟锡）制成的透明电阻层，两层之间由一层薄薄的空气间隙隔开。当用户使用触控笔、笔或手指施加压力时，上层与下层接触，从而在该特定位置形成闭合电路。微控制器正是使用此方法来获取触摸位置。

相关软件可在 [MSPM0L1306 RESISTIVE-TOUCH-APPSW](#) 获取。

2 LaunchPad 设置

对于 MSPM0L1306 LaunchPad，表 2-1 显示了引脚和引脚功能。也可以在图 3-1 中查看。有关更多详细信息，请参阅软件工程中的 SysConfig 文件。

表 2-1. LaunchPad 引脚连接

使用的引脚	引脚功能	屏幕控制
PA16	GPIO ; ADC 通道 8	Y 轴正方向
PA24	GPIO	
PA0	GPIO	
PA17	GPIO	X 轴正方向
PA25	GPIO	Y 轴负方向
PA21	GPIO	
PA22	GPIO	
PA15	GPIO ; ADC 通道 9	X 轴负方向

本演示中使用的引脚也会连接到 LaunchPad 上的其他外设。测试前必须拆除这些跳线，如图 2-1 所示。跳线拆除后，这些引脚将从各自的默认外设分配中释放，从而可以作为 GPIO 和 ADC 引脚使用。这对于触摸屏实施至关重要，因为固件需要在这些引脚上直接实现 GPIO 控制和 ADC 采样功能。跳线拆除情况如下：J4 (对应 PA25)、J6 (对应 PA22)、J1 (对应 PA15) 和 J2 (对应 PA0)。

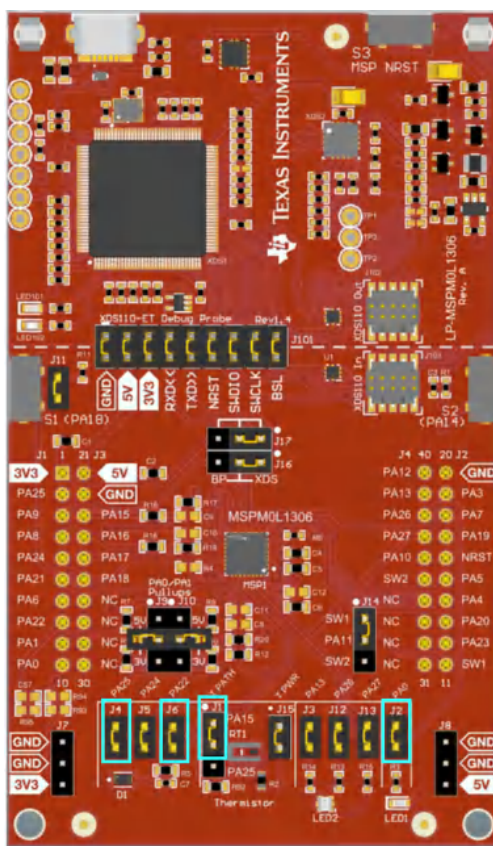


图 2-1. 拆除 Launchpad 跳线

3 硬件连接

图 3-1 展示了“LaunchPad 引脚连接”表格后面的系统方框图。

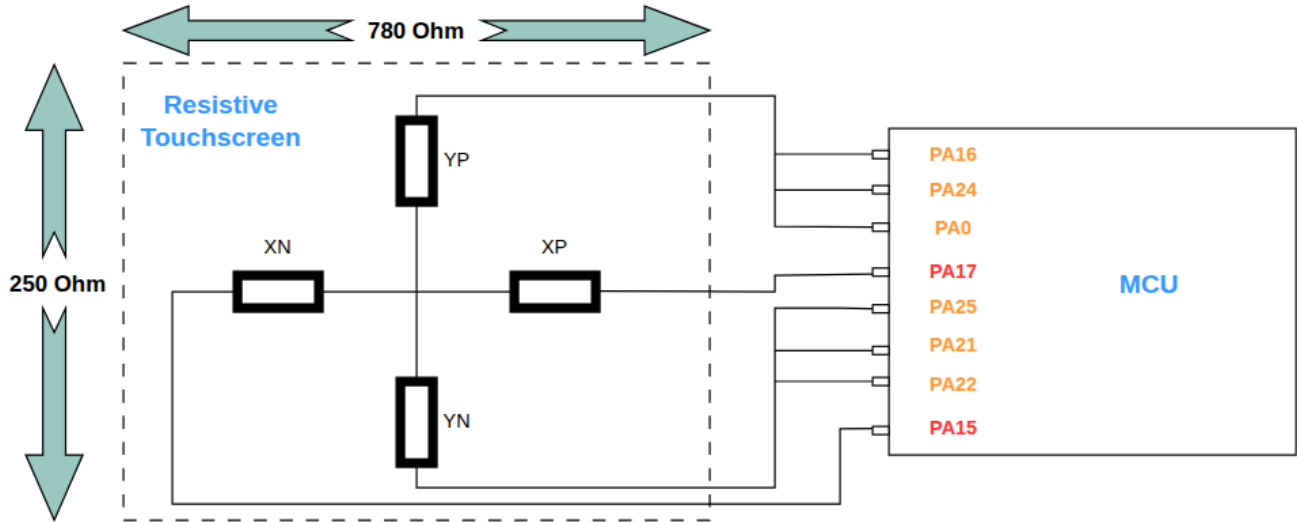


图 3-1. 系统方框图

硬件设置如图 3-2 所示，其中显示了触摸屏的详细信息。所使用的电阻式触摸屏在 X 轴和 Y 轴方向的电阻分别为 780 Ω 和 250 Ω 。有关所用电阻式触摸屏的引脚配置信息，以及根据电阻值所需进行的计算，均详见“设计注意事项”部分。

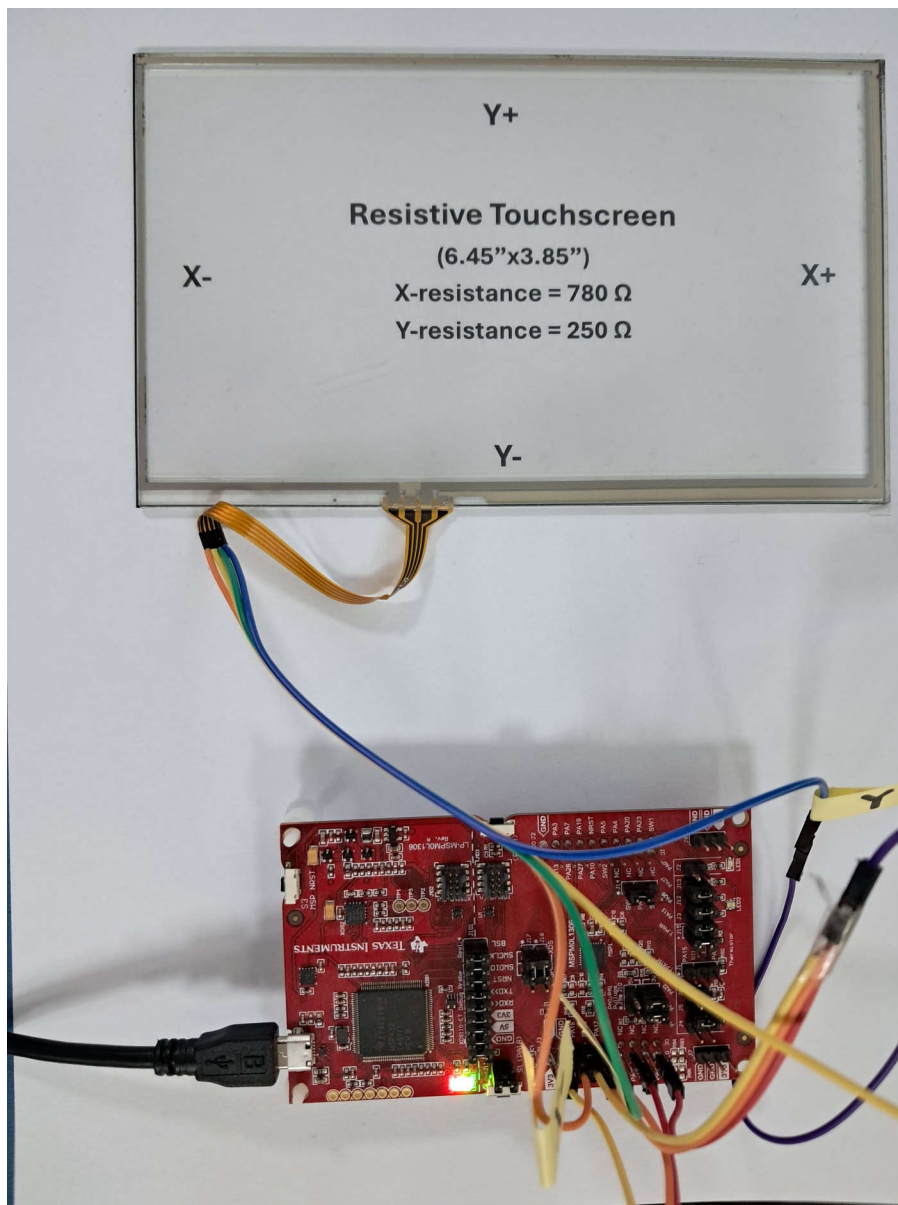


图 3-2. 硬件设置

4 设计注意事项

4.1 IO 选择注意事项

在图 3-1 中，3 个 IO 用于 Y 轴方向驱动，一个 IO 用于 X 轴驱动。请注意以下两个注意事项：

1. MSPM0 IO 电流输出和输入限制
2. MSPM0 IO 内部电阻

电阻式触摸屏的 X 轴电阻值为：780 Ω；Y 轴电阻值为：250Ω。使用 3.3V 作为系统电源。

$$I = V/R \quad (1)$$

这意味着，用户需要 4.2mA 来驱动 X 轴上的电阻，并需要 13.2mA 来驱动 Y 轴上的电阻。

如表 4-1 所示，MSPM0 L1306 电流限制为 6mA，可以在“MSPM0 数据表”中找到。如果用户超过此规格，则 MSPM0 可能会发生永久性损坏。因此，TI 建议针对此电阻式触摸屏，使用 3 个 GPIO 来驱动 Y 轴，使用 1 个 GPIO 来驱动 X 轴。然而，所需引脚的数量可能会随所使用的触摸屏而变化。请按照上述方法确定该实现方案所需的理想引脚数量。

备注

当用户需要根据上述面板电阻增加或移除引脚时，还需要确保移除 MSPM0 中相应的跳线，以便该引脚能够按要求正常工作。

表 4-1. 绝对最大额定值

参数		测试条件	最小值	最大值	单位
VDD	电源电压	在 VDD 引脚处	-0.3	4.1	V
V _I	输入电压	施加到任何 5V 容限开漏引脚	-0.3	5.5	V
V _I	输入电压	施加到任何常见容限引脚	-0.3	V _{DD} + 0.3 (最大值为 4.1)	V
I _{VDD}	流入 VDD 引脚的电流 (拉电流)	-40°C ≤ T _j ≤ 130°C		80	mA
	流入 VDD 引脚的电流 (拉电流)	-40°C ≤ T _j ≤ 85°C		100	mA
I _{VSS}	流出 VSS 引脚的电流 (灌电流)	-40°C ≤ T _j ≤ 130°C		80	mA
	流出 VSS 引脚的电流 (灌电流)	-40°C ≤ T _j ≤ 85°C		100	mA
I _{IO}	SDIO 引脚的电流	SDIO 引脚灌入或拉出的电流		6	mA
	HSIO 引脚的电流	HSIO 引脚灌入或拉出的电流		6	mA
	ODIO 引脚的电流	ODIO 引脚灌入的电流		20	mA
I _D	受支持的二极管电流	任一器件引脚上的二极管电流		±2 (1)	mA

(1) 应力超出绝对最大额定值下列出的值可能会对器件造成永久损坏。这些仅为应力额定值，并不意味着器件在这些条件下以及在建议运行条件以外的任何其他条件下能够正常运行。长时间处于绝对最大额定条件下可能会影响器件的可靠性。

MSPM0 内部 IO 电阻会导致电阻式屏幕检测出现偏移。对于某些高分辨率应用，这是不可接受的。如果用户希望降低影响，可通过两种方法进一步提高性能：

1. 添加更多 IO 来驱动屏幕，从而将负载电流分散到更多 IO 引脚。
2. 将 ADC 添加到正轴和负轴 IO。驱动屏幕时，直接测量分配给 IO 内部电阻器的电压。

4.2 测量方法

4.2.1 触摸检测方法

电阻式触控层未连接时，ADC 悬空。没有触摸时，结果会受到 IO 开关耦合的噪声的严重影响。这意味着，ADC 会不断输出固定坐标。发生触摸时，两个电阻式触控层之间包含一个电阻，当触摸非常弱时，电阻值会非常高。这也会对 ADC 输出产生干扰。

MSPM0 设置如节 2 所示。在进行检测时，将 Y 轴设为正向 IO，Y 轴设为负向 IO，以使所有输出为高电平。在本演示中，使用 ADC 进行测量。为了满足低功耗要求，用户可以改用 GPIO 并与唤醒功能结合使用。

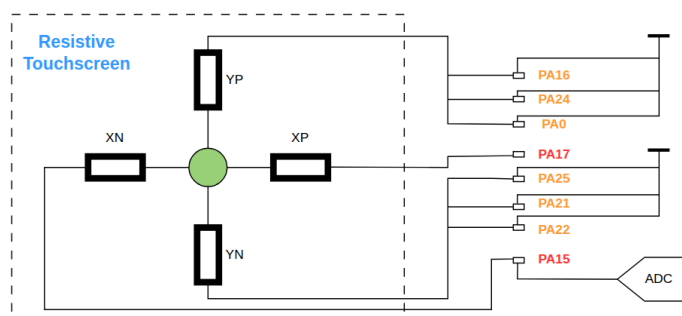


图 4-1. 触摸检测设置

使用 ADC 进行检测，以过滤触摸操作的低压条件。MSPM0 ADC 配置为 12 位模式，这意味着所读取 ADC 值的最大输出计数为 4095。resistive_detection.h 文件中定义的 *TOUCH_DETECTION_THD* 宏设置为 4000，用于检测电阻式面板上的触摸动作。用户可以根据所读取 ADC 的噪声，通过反复试验调整此参数值，以确定何时释放检测信号。

4.2.2 X 轴和 Y 轴测量

当用户施加压力时，上层与下层接触，在该位置形成闭合电路。在一个轴（例如 Y 轴）两端施加电压，并测量垂直轴（X 轴）两端的电压降，微控制器便可确定触摸点的精确 X 和 Y 坐标。

节 4.2.1 展示了这种触摸检测方法。发生触摸时，该检测方法会在电阻层之间建立完整电路。通过在其中一个轴（Y 轴）上施加已知电压（3.3V），并测量垂直轴（X 轴）上产生的电压降，微控制器即可计算出精确的触摸位置。

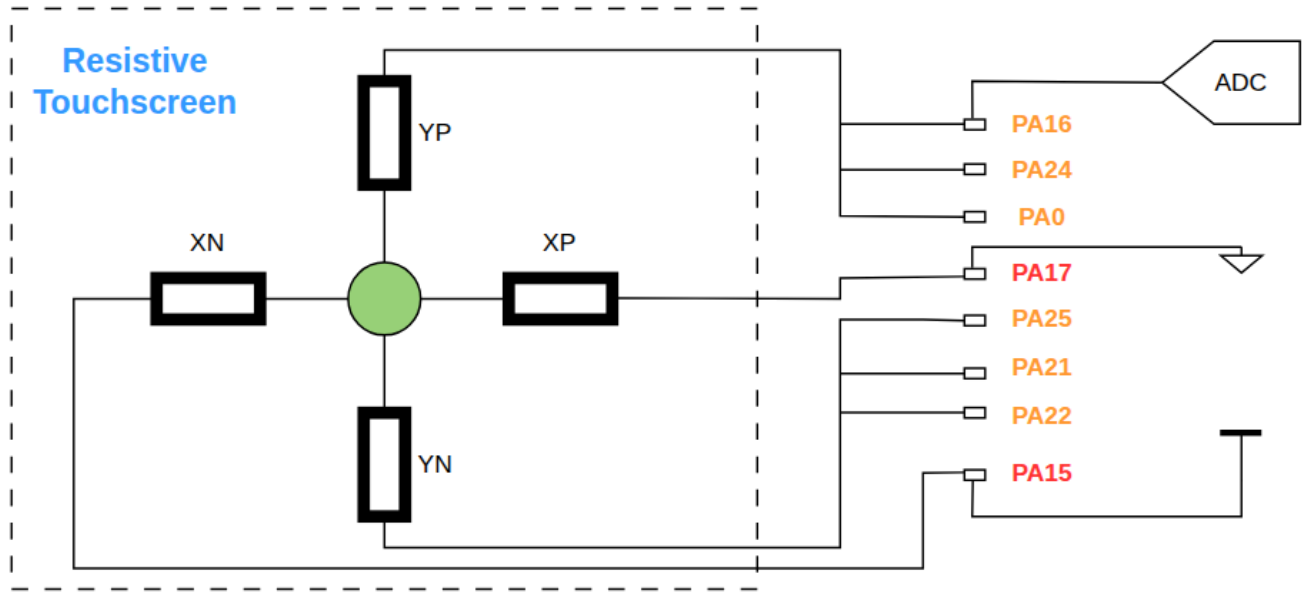


图 4-2. X 轴 ADC 测量

对于 X 轴检测，将 PA17 设置为输出高电平，将 PA15 设置为输出低电平。将其他引脚设置为模拟功能（高阻抗模式）。然后，启用 PA16 的 ADC 通道进行测量。

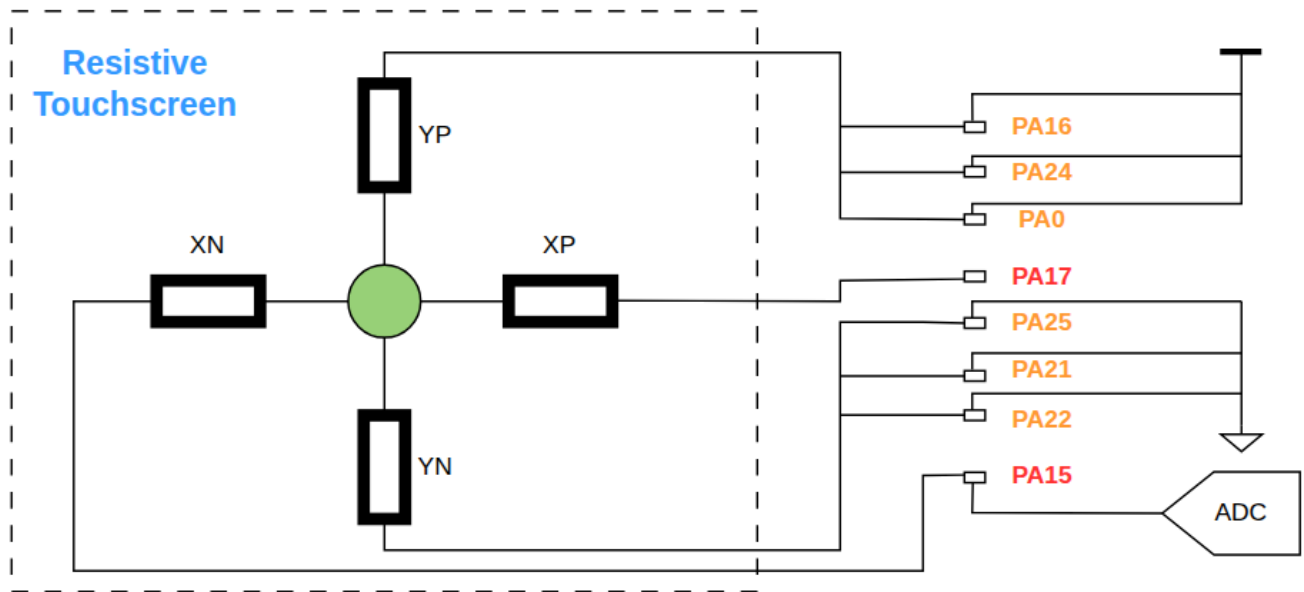


图 4-3. Y 轴 ADC 测量

对于 Y 轴检测，将 PA16、PA24 和 PA0 设置为高电平输出，PA25、PA22 和 PA21 设置为低电平输出。将其他引脚设置为模拟功能（高阻抗模式）。然后，启用 PA15 的 ADC 通道进行测量。

在获取电压后，ADC 会进行过采样以降低噪声，并将 ADC 结果直接作为坐标输出，通过 UART 控制台发送。

5 软件结构

在 CCS 中开发的软件工程如图 5-1 所示。该软件工程主要由三个部分组成：

1. `resistive_detection` 部分包含 IO 和 ADC 控制，用于获取 Y 轴和 X 轴。
2. UART 部分主要包含基于 UART 协议的 M0 写入函数，并通过反向通道 UART 将测量结果上传到 PC。
3. Main 部分包含系统中权限最高的功能代码。

MCU 上电后，MSPM0 将开始电阻式触摸检测。如果检测到触摸动作，则电阻式屏幕检测会测量 Y 轴和 X 轴的电压，并将坐标上传到 UART 控制台。

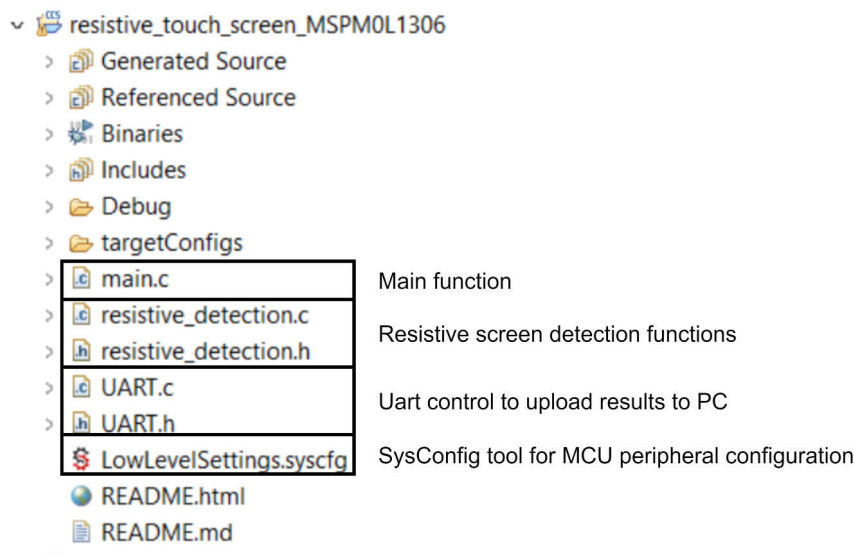


图 5-1. 软件工程

5.1 触摸检测示例

在触摸检测示例中，检测到任何触摸后，都会以 200ms (`INACTIVE_SAMPLE_DELAY`) 的采样率打印坐标值。在此示例中，点击与长按或拖动动作之间没有区分。

检测到触摸后，会读取 ADC 值以获取 X 和 Y 坐标，并通过 UART 发送到 PC 控制台。

备注

用户应根据所使用的电阻式触摸屏面板配置，更新 ADC 的最小值和最大值。

5.2 电阻式触摸屏“点击和拖动”检测

在此示例中，当电阻式触摸屏未检测到触摸时，采样率（以毫秒为单位）为 200ms (`INACTIVE_SAMPLE_DELAY`)。阈值设置为 80ms (`LONG_TOUCH_THRESHOLD_MS`)，用于区分点击/短按与拖动/长按。如果触摸动作持续的时间小于该阈值，MSPM0 将其归类为点击。但是，如果触摸动作持续的时间超过该阈值，MSPM0 则将其归类为长按。

对于长按操作，将以 4ms (`TOUCH_RELEASE_SAMPLING_RATE`) 的频率进行连续采样，以检测触摸何时释放。每次采样都会产生一组 X 和 Y 坐标，这些坐标通过 UART 发送到 PC 控制台。

分类依据触摸动作持续的时间进行。此时间使用 `TimerG` 外设计算得出，而 `TimerG` 外设则使用 `SysConfig` 工具启用。这有助于获取触摸的起始和结束时间。

备注

当前设置的最大触摸持续时间为 100s。如果触摸超过该持续时间，计时器将重置，从而导致时间读取错误，并可能干扰对点击和拖动动作的分类。

备注

用户应更改所用电阻式触摸屏面板的 ADC 最小值和最大值。否则，这会妨碍坐标发送，导致软件可能无法按预期运行。

5.3 引脚模式切换

本节介绍了 **PA15** 和 **PA16** (分别用作 ADC 引脚和 GPIO 引脚) 的引脚设置。这是通过切换这两个引脚的模式来实现。控制器无法在同一物理引脚上同时进行读取和驱动操作。因此，需要采用双相位测量方法。

读取 X 坐标时，驱动 Y 轴引脚作为 GPIO 输出，以建立电势，并将 X 轴引脚 (**PA15**) 配置为 ADC 输入，通过 ADC 的通道 8 测量产生的电压。这在 `resistive_detection.c` 文件的 `readTouchX()` API 中实现。读取 Y 坐标的实现方式与此类似，使用的是 **PA16** 引脚。这需要将引脚 **PA15** 和 **PA16** 在 GPIO 与 ADC 模式之间进行切换。

`touchIOReset()` 函数使用 `DL_GPIO_initPeripheralAnalogFunction()` 将所有触控引脚转换回外设模拟模式。然后，测量函数调用 `DL_GPIO_initDigitalOutput()`，将特定引脚临时切换为 GPIO 模式。测量完成后，引脚恢复为模拟模式，以进行下一个周期。在引脚配置更改后会应用一段稳定延迟，以在进行 ADC 测量前保持电压稳定。

6 执行步骤

本节介绍了在 MSPM0L1306 Launchpad 上运行电阻式触摸检测示例时应遵循的步骤。

1. 按照节 4.1 中的说明计算所需的 IO (电阻和引脚)。
2. 按照节 3 中的说明，完成 MSPM0L1306 LaunchPad 与电阻式触摸屏之间的硬件设置。
3. 在计算机上安装 Code Composer Studio™ (CCS)。
4. 导入“简介”部分中链接的示例：加载 `resistive_touch_detection` 或 `resistive_click_drag_detection` 示例。
5. 用户应针对所使用的触摸屏，添加 X 轴和 Y 轴、最小值和最大值。这能确保不会有噪声作为坐标数据发送。
6. 用户还应根据面板的灵敏度和噪声情况来调整 `TOUCH_DETECTION_THD` 和检测频率。
7. 编译示例。
8. 在 CCS 中为 MSPM0 创建目标配置文件 `MSPM0_XDS110.ccxml`，选择 XDS110 Debug Probe 和 MSPM0L1306 设备类型。
9. 在“Target Configurations”窗口中右键点击 `MSPM0_XDS110.ccxml`
10. 选择“启动所选配置”
11. 依次选择“Run”、“Connect Target”
12. 依次选择“Run”、“Load”、“Load Program”
13. 浏览至 MSPM0 工程的二进制文件，然后点击“OK”。
14. 这将向闪存写入二进制文件。
15. 触碰电阻式触摸屏后，系统将获取 X 轴和 Y 轴的 ADC 数值，并如“结果”部分所示，通过 UART 外设将结果发送至命令行。只有在面板上检测到触摸动作时，才会更新坐标。

7 结果

7.1 触摸检测

图 7-1 显示了配置为 12 位分辨率的 ADC 输出结果。

```
DEBUG: Touch detection started
TOUCH DETECTED! X=2183 Y=1199
TOUCH DETECTED! X=1721 Y=1235
TOUCH DETECTED! X=1713 Y=1243
TOUCH DETECTED! X=1711 Y=1238
TOUCH DETECTED! X=3246 Y=2658
TOUCH DETECTED! X=1555 Y=2702
TOUCH DETECTED! X=2065 Y=2707
TOUCH DETECTED! X=2965 Y=571.
TOUCH DETECTED! X=3424 Y=498.
TOUCH DETECTED! X=2300 Y=477.
TOUCH DETECTED! X=1689 Y=470.
TOUCH DETECTED! X=1453 Y=477.
TOUCH DETECTED! X=3518 Y=487.
TOUCH DETECTED! X=1316 Y=462.
TOUCH DETECTED! X=1019 Y=447.
TOUCH DETECTED! X=980. Y=452.
TOUCH DETECTED! X=932. Y=465.
```

图 7-1. 触摸检测：12 位分辨率

7.2 “点击和拖动”检测

图 7-2 和图 7-3 展示了用户在电阻式触摸屏上进行不同类型按压操作（即点击和长按（或拖动））时所产生的输出结果。

```
TOUCH DETECTED! X=2160.0 Y=1902.0 TIME=54.000ms - CLICK
TOUCH DETECTED! X=3053.0 Y=1656.0 TIME=46.000ms - CLICK
TOUCH DETECTED! X=3143.0 Y=1661.0 TIME=69.000ms - CLICK
TOUCH DETECTED! X=3893.0 Y=1577.0 TIME=38.000ms - CLICK
TOUCH DETECTED! X=3088.0 Y=1448.0 TIME=69.000ms - CLICK
TOUCH DETECTED! X=3265.0 Y=1478.0 TIME=54.000ms - CLICK
TOUCH DETECTED! X=3616.0 Y=1414.0 TIME=54.000ms - CLICK
```

图 7-2. 点击操作的输出

```
TOUCH DETECTED! X=2335.0 Y=1066.0 (2364.0,1092.0) (2723.0,1061.0) (3992.0,531.00) TIME=171.00ms - LONG TOUCH
TOUCH DETECTED! X=2374.0 Y=1173.0 (2358.0,1209.0) (2418.0,1198.0) (2412.0,1193.0) (2417.0,1199.0) (2387.0,1207.0) (2336.0,1221.0) (2331.0,1228.0) (2332.0,1229.0) (2352.0,1221.0) (2436.0,1185.0) (3032.0,1158.0) TIME=396.00ms - LONG TOUCH
TOUCH DETECTED! X=4056.0 Y=583.00 (2864.0,1392.0) (2881.0,1435.0) (2945.0,1485.0) (2929.0,1533.0) (3042.0,1630.0) (2557.0,1675.0) (2688.0,1732.0) (2719.0,1760.0) (2776.0,1805.0) (3055.0,1783.0) TIME=365.00ms - LONG TOUCH
TOUCH DETECTED! X=2980.0 Y=1405.0 (2552.0,1451.0) (2301.0,1466.0) (2933.0,1476.0) (2786.0,1538.0) (2595.0,1622.0) (2790.0,1659.0) (2518.0,1688.0) (2515.0,1723.0) (2526.0,1763.0) (2603.0,1798.0) (2761.0,1870.0) (2719.0,1922.0) (2790.0,1945.0) (3135.0,1958.0) TIME=489.00ms - LONG TOUCH
TOUCH DETECTED! X=2201.0 Y=830.00 (2086.0,961.00) (2144.0,1000.0) (2346.0,1051.0) (2444.0,1100.0) (2540.0,1183.0) (2863.0,1264.0) (2777.0,1345.0) (3221.0,1527.0) (3080.0,1481.0) (3841.0,1632.0) (3942.0,1576.0) TIME=388.00ms - LONG TOUCH
TOUCH DETECTED! X=2154.0 Y=1024.0 (1932.0,1062.0) (2235.0,1031.0) TIME=139.00ms - LONG TOUCH
TOUCH DETECTED! X=2305.0 Y=1320.0 (2859.0,1383.0) TIME=108.00ms - LONG TOUCH
```

图 7-3. 长按操作的输出

8 总结

本应用手册详细介绍了关于如何在 MSPM0L1306 微控制器上利用 GPIO 和 ADC 接口实现电阻式触摸屏控制。通过记录控制方法和关键实现注意事项，并提供简单触摸检测以及“点击和拖动”检测的可运行软件示例，使开发人员能够以尽量少的修改量成功移植电阻式触摸屏的实现方案。

9 参考资料

- 德州仪器 (TI), [MSPM0L1306-RESISTIVE-TOUCH-APPSW](#), 网页。
- 德州仪器 (TI), [MSPM0L130x 混合信号微控制器](#) 数据表。

10 修订历史记录

Changes from Revision * (August 2025) to Revision A (September 2026)	Page
• 新增了有关“点击和拖动”示例的详细信息。.....	1
• 更新了简介，新增了有关电阻式触摸屏和 MSPM0 微控制器的详细信息。新增了有关“点击和拖动”示例的详细信息.....	3
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式.....	3
• 为 YP 和 YN 新增了第 3 个引脚。更新了 Launchpad 跳线图像，由于所选引脚的原因，额外拆除了 1 处跳线，并新增了相关理由。.....	4
• 根据用于实现该软件的触摸屏和设置更新了图像。.....	5
• 新增了有关引脚配置计算的信息，以及添加或移除引脚时需要注意的事项。.....	7
• 由于面板电阻存在差异，已将 Y 正极和 Y 负极的图示更新为 3 引脚.....	8
• 新增了有关“点击和拖动”检测示例以及引脚模式切换的详细信息.....	10
• 更新了运行该示例的执行过程的详细步骤.....	11
• 新增了 12 位 ADC 分辨率的触摸检测结果，以及“点击和拖动”检测示例。.....	12

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月