



电阻式触摸屏控制器 常见问题解答

编写人 **CAST(Ning Jia)**

版本号 **Rev 1.0**

本报告为 Analog Devices Inc. (ADI) 中国技术支持中心专用，ADI 可以随时修改本报告而不用通知任何使用本报告的人员。

如有任何问题请与 china.support@analog.com 联系。

Revise History

Date	Revision	Author
2011-4-25	Rev. V1.0	Ning Jia

目 录

1	电阻式触摸屏控制器产品简介.....	1
1.1	产品概述.....	1
1.2	产品选型.....	1
2	电阻式触摸屏控制器产品常见问题.....	2
2.1	四线制电阻式触摸屏的结构及工作原理是怎样的?.....	2
2.2	四线制电阻式触摸屏的触摸压力检测原理是怎样的?.....	2
2.3	电阻式触摸屏应用中,通常需要进行校准,ADI 是否可以提供相关的校准算法?.....	3
2.4	为什么 AD7879 寄存器中的 X+测量值为 Y 轴位置,而 Y+测量值为 X 轴位置?.....	3
2.5	是否可以把 AD7879 当作普通 ADC 来使用?.....	3
2.6	在使用 AD7879 的时候,为什么其输出无法达到零点和满幅度点?.....	3
2.7	AD7879 对触摸屏输入的测量有单端测量和比率测量两种方式,其各自的优缺点是什么?.....	4
2.8	AD7879 的 MASTER 工作模式和 SLAVE 工作模式有什么区别?.....	4
2.9	AD7879 有哪些中断模式?.....	4
2.10	AD7879 的 PENIRQ 在触摸屏为什么不能一直保持低电平?.....	5
2.11	AD7879 中有多个关于时间的配置,分别有什么作用?.....	5
2.12	如何使用 AD7879 的序列器?.....	6
2.13	如何使用 AD7879 的中值/均值滤波器?.....	6
2.14	AD7879 的采样率该如何计算。.....	6
2.15	如何 AD7879 内部集成的温度采集功能?.....	6
2.16	AD7879 的 AUX/VBAT/GPIO 引脚的作用是什么?.....	7
2.17	在 LFCSP 封装中,会在背面有一个裸露的焊盘,应如何处理?.....	8
2.18	对于 WLSOP 封装的装配有什么建议?.....	8
3	其它相关资料.....	8

1 电阻式触摸屏控制器产品简介

1.1 产品概述

随着计算机和多媒体技术的发展，越来越多的设备采用液晶屏和触摸屏来作为其用户接口。触摸屏具有坚固耐用、反应速度快、节省空间、易于交流等许多优点。利用这种技术，用户只需要用手指轻轻触碰显示屏上就能实现对主机操作，从而使人机交互更为直截了当。从技术原理来区别触摸屏，可分为五个基本种类：矢量压力传感技术触摸屏、电阻技术触摸屏、电容技术触摸屏、红外线技术触摸屏、表面声波技术触摸屏。每一类触摸屏都有其各自的优缺点。目前，在电子产品中最常用的是电阻式和电容式触摸屏。电阻式触摸屏又细分为四线制电子式触摸屏和五线制电阻式触摸屏。ADI 的电阻式触摸屏控制器产品系列适用于四线制电阻式触摸屏，具有 12bit 分辨率，标准 SPI 或 I2C 接口，低功耗，小封装，灵活的工作模式等特性，适合智能手机、PDA 等手持便携式应用。

1.2 产品选型

以下是电阻式触摸屏控制器产品的选型表，里面列出了目前所有的电阻式触摸屏控制器产品的型号及其主要性能指标。用户可以根据具体应用选择合适的产品。AD7879, AD7879-1, AD7889, AD7889-1 是最新推出的一系列电阻式触摸屏控制器产品，它们之间功能相同且管脚兼容，区别仅在于输出接口和封装，推荐在新的项目中使用。

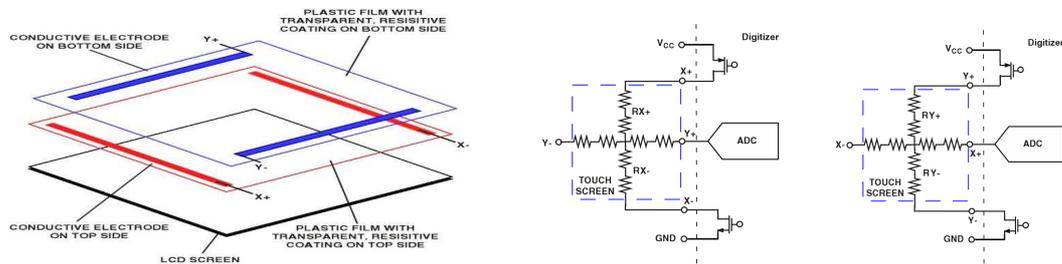
	AD7843	AD7873	AD7877	AD7879	AD7879-1	AD7889	AD7889-1
分辨率 (位)	12	12	12	12	12	12	12
片上基准电压源	No	Yes (2.5V)	Yes (2.5V)	No (use Vcc)	No (use Vcc)	No (use Vcc)	No (use Vcc)
模拟输入通道	2	1	Up to 3	1 shared	1 shared	1 shared	1 shared
电池监控通道	No	1	2	1 shared	1 shared	1 shared	1 shared
温度传感器	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
噪声抑制功能	No	No	STOPACQ	Median & Averaging filters			
DAC	No	No	8 位	No	No	No	No
GPIO	No	No	Up to 4	1 shared	1 shared	1 shared	1 shared
定时器	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
序列器	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
接口	8-bit SPI	8-bit SPI	16-bit SPI	SPI	I2C	SPI	I2C
功耗电流*	240 μ A	670 μ A (incl. ref)	900 μ A (incl. ref & DAC)	480 μ A	480 μ A	480 μ A	480 μ A
封装	QSOP-16, TSSOP-16	QSOP-16, TSSOP-16, LFCSP-16	LFCSP-32 WLCSP-25	WLCSP-12 LFCSP-16	WLCSP-12 LFCSP-16	WLCSP-12	WLCSP-12

*表格中的功耗数值为转换过程中典型值，芯片在不同工作条件下功耗数值会有所不同。

2 电阻式触摸屏控制器产品常见问题

由于 AD7879 系列为目前主推的产品，而且这一系列功能和使用完全相同，因此以下的常见问题解答大多以 AD7879 为目标器件，并适用于 AD7879-1, AD7889 和 AD7889-1，其他型号也同样可以参考。

2.1 四线制电阻式触摸屏的结构及工作原理是怎样的？



答：左图是一个四线制电阻式触摸屏的示意图。

在 LCD 之上，有两层透明的导电层，这两层分别对应 X 轴和 Y 轴，它们之间用细微透明绝缘颗粒绝缘，触摸时产生的压力会使上下两个导电层接通。触摸点位置的不同会导致上下两个导电层接通点的变化，进而使得电阻值发生变化。

在每个导电层的两侧各有一个电极，如左图所示，红色的是 X+和 X-，蓝色的是 Y+和 Y-。这个四线制电阻式触摸屏可以等效为中图和右图中虚线框内的电路。如中图所示，我们在 X+和 X-电极间加激励电压，假设这两层具有均匀的电阻特性，这时，通过测量接触点处的电压就可以计算出 X 层上两段电阻 R_{X+} 和 R_{X-} 的比例，进而得到 X 方向坐标的位置。相同地，如右图所示，如果在 Y+和 Y-电极间加激励电压，就可以得到 Y 方向坐标的位置。通过交替切换 X 和 Y 层激励并测量电压，便可以确定接触点的 X 和 Y 轴坐标。

2.2 四线制电阻式触摸屏的触摸压力检测原理是怎样的？

答：在电阻式触摸屏应用中，两个透明导电层之间的接触面积与触摸屏幕的物体大小和触摸压力大小成正比。两个导电层之间的接触面积可以通过测量接触电阻来得到，这时，如果假设用来触摸屏幕的物体（手指或触控笔）大小一定，则可以认为触摸压力与接触电阻成正比。该接触电阻的测量有两种不同的方法可以计算得出。目前的 ADI 电阻式触摸屏控制器产品中，除了 AD7843 外都提供触摸压力检测的功能。具体的测量方法和计算公式请参考器件的数据手册。

2.3 电阻式触摸屏应用中，通常需要进行校准，ADI 是否可以提供相关的校准算法？

答：ADI 可以提供校准算法及 C 语言程序。请参考应用笔记 AN-1021。

2.4 为什么 AD7879 寄存器中的 X+测量值为 Y 轴位置，而 Y+测量值为 X 轴位置？

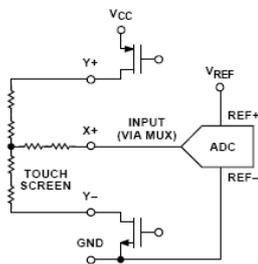
答：参考 2.1 节的介绍，可以知道 X+测量值是在给 Y+和 Y-端加激励电压的情况下测量的，所以其结果为 Y 轴的位置；而 Y+测量值是在给 X+和 X-端加激励电压的情况下测量的，所以其结果为 X 轴的位置。

2.5 是否可以把 AD7879 当作普通 ADC 来使用？

答：可以。AD7879 本身具有一个可用的模拟输入通道。除此之外，AD7879 的四线制触摸屏输入端也可以用做普通 ADC 输入通道使用，可以在激励加在 X+和 X-端时，将输入信号加在 Y+端，此时读出的 Y+输出就是 ADC 结果。同理，也可以在激励加在 Y+和 Y-端时，将输入信号加在 X+端，此时读出的 X+输出就是 ADC 结果。所以 AD7879 可以作为一个双通道 12bit 的 ADC，采样率为 105kSPS。

2.6 在使用 AD7879 的时候，为什么其输出无法达到零点和满幅度点？

答：AD7879 对触摸屏输入的测量有单端测量和比率测量两种方式。在单端方式中，由于触摸屏的激励电压和 ADC 的参考电压的加载方式，导致 ADC 的输入无法达到零点和满幅度点。下面是单端方式的电路连接，

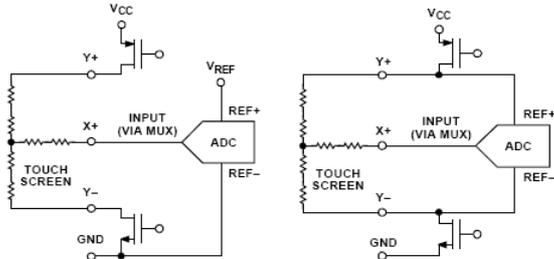


其中 V_{cc} 与 V_{ref} 是同一个电平（在 AD7879 中通过引脚 15: V_{cc}/REF 提供）。这时，考虑触摸屏的端到端电阻为 R_t ，开关导通电阻为 R_s 。那么，对于 ADC 的输入范围并不能到达 $0 \sim V_{cc}$ ，

而是 $\frac{R_s}{R_t + 2R_s} V_{cc}$ 至 $\frac{R_t + R_s}{R_t + 2R_s} V_{cc}$ 。这样对于 ADC 的输出只能达到满量程的 $\frac{R_s}{R_t + 2R_s}$ 至 $\frac{R_t + R_s}{R_t + 2R_s}$ 。

2.7 AD7879 对触摸屏输入的测量有单端测量和比率测量两种方式，其各自的优缺点是什么？

答：单端测量（左图）和比率测量（右图）两种方式的电路连接分别如下图所示。



在单端测量中，其优点是当 ADC 的输入端采集到输入电压后，在 ADC 的转换期间就可以将触摸屏的激励电压关闭，这样将有助于节省系统的功耗；其缺点就是会因为开关的导通电阻而引入误差，使得输出无法达到零点和满幅度点（见问题 2.6）。

在比率测量中，由于触摸屏的激励电压和 ADC 的参考电压的加载方式与单端测量时不同，由触摸屏的激励电压来为 ADC 提供参考电压，这时不存在因为开关的导通电阻而引入的误差。而且，由于采用了比率测量，触摸屏的激励电压（ADC 的参考电压）的电平变化不会引起测量的结果。但是其缺点是，即使是在 ADC 的转换期间，触摸屏的激励电压仍然不能关闭，因为它同时还要为 ADC 提供参考电压。

2.8 AD7879 的 MASTER 工作模式和 SLAVE 工作模式有什么区别？

答：AD7879 有主/从两种工作模式。在主模式下，无需主机操作来控制转换。当触摸屏被触摸的时候，AD7879 自动开始转换。转换完成后，AD7879 会给出中断，通知主机读回转换结果。在从模式下，当触摸屏被触摸的时候，AD7879 给出中断以唤醒主机。再由主机控制 AD7879 开始转换。

无论在主模式还是从模式下，都可以利用序列器来选择所需转换的通道，和利用定时器来设定转换的时间间隔。AD7879 的灵活的工作模式，有助于降低主机的处理负担，并且有助于降低系统功耗。

主/从工作模式的具体使用方法参见数据手册中“与主机 CPU 同步”章节。

2.9 AD7879 有哪些中断模式？

答：AD7879/AD7889 有一个 $\overline{\text{PENIRQ}}/\overline{\text{INT}}/\overline{\text{DAV}}$ 引脚，可用做双功能中断输出： $\overline{\text{INT}}$ 输出或触控笔按下中断 $\overline{\text{PENIRQ}}$ 。 $\overline{\text{INT}}$ 输出可以配置为数据可用中断 ($\overline{\text{DAV}}$)、超限中断 (温度，辅助输入，电池输入) 或 GPIO 中断。

触摸唤醒电路和 $\overline{\text{PENIRQ}}$ 电路仅在主机模式下使能。在从机模式下， $\overline{\text{PENIRQ}}/\overline{\text{INT}}/\overline{\text{DAV}}$ 引脚只能输出 $\overline{\text{INT}}$ 或 $\overline{\text{DAV}}$ 信号。

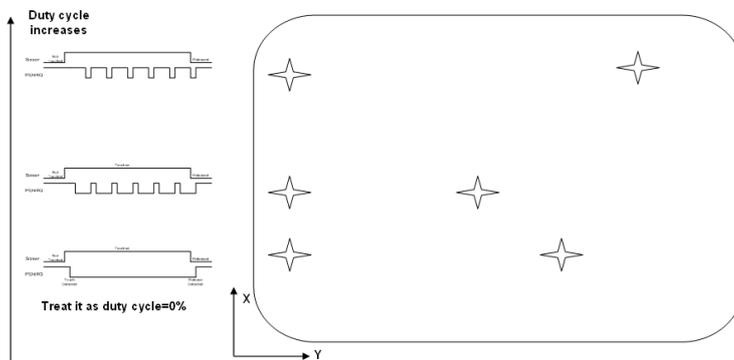
$\overline{\text{PENIRQ}}/\overline{\text{INT}}/\overline{\text{DAV}}$ 引脚的具体使用方法参加数据手册。

2.10 AD7879 的 PENIRQ 在触摸屏为什么不能一直保持低电平？

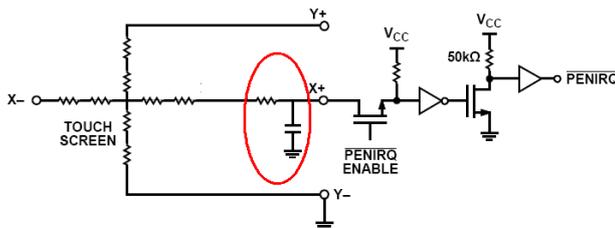
答：在使用 $\overline{\text{PENIRQ}}$ 中断的时候，正常情况下，如果触摸屏一直被按下，则 $\overline{\text{PENIRQ}}$ 引脚应该一直保持低电平（即有效）状态，如左图所示。而实际应用中， $\overline{\text{PENIRQ}}$ 引脚可能会不能一直保持低电平状态，而呈现右图的波形。



现象是， $\overline{\text{PENIRQ}}$ 会产生和采样率同频的脉冲（与 $\overline{\text{DAV}}$ 中断相似）。脉冲的占空比与触摸点的 Y 轴位置有关，而与 X 轴位置无关，规律如下图所示。



引起这个问题的主要原因是，有时，为了对信号进行滤波，会在 X/Y 输入端使用滤波电路，而增加的 R 和 C 器件容易引起这个问题（如下图中的红色标注部分）。当然，产生此问题的深层次原因与 $\overline{\text{PENIRQ}}$ 的内部电路机制有关（这里我们不做详细分析）。



解决办法就降低滤波电路的 R 和 C，或者直接去掉。同时，可以适当加大可编程的第一次转换延迟。

2.11 AD7879 中有多个关于时间的配置，分别有什么作用？

答：AD7879 具有灵活的转换控制功能。

在触摸屏应用中，为了使触摸屏在第一次转换之前充分上电，需要在第一次转换之间提供一定的延迟。这个延迟时间的长短取决于所使用的触摸屏。AD7879 具有 128us 至 4.096ms 的可编程的第一次转换延迟，可以适用于各种不同的触摸屏。

在转换过程中，AD7879 提供可编程的采集时间（2 us, 4 us, 8 us, 16 us）和可编程的转换时间间隔（单次转换，或者每 550 us 至 9.44 ms，步进 35 μs）。同样可以适用于各种不同的应用。

转换时间间隔由所需要的采样速率决定，而采集时间由模拟输入端的电压建立时间决定，RC时间常数较大的信号可能需要较长的采集时间。

2.12 如何使用 AD7879 的序列器？

答：序列器用来控制在一次转换中有哪些通道被转换，在每个转换时间间隔之后，所有在序列器中被使能的通道都将被转换。序列器适用于从机模式和主机模式。要将某个测量包括在序列中，必须将序列器中的相应位置 1（见控制寄存器 3 的位[7:0]）。

2.13 如何使用 AD7879 的中值/均值滤波器？

答：在触摸屏应用中，会受到来自LCD的周期性噪声影响，还会受到来自数字开关电路等处的噪声影响。为了抑制这些噪声，AD7879内部集成了可编程的中值和均值滤波器。中值滤波器用于抑制孤立的超范围噪声；均值滤波器用于平滑锐利的边沿。

其工作原理为，将一系列的采样结果按大小顺序排列，去掉一部分最大和最小的采样点，将保留下来的位于中间部分的采样点进行平均，并将平均后的结果作为最终的输出。在AD7879中，其滤波器的大小和用于平均的窗口大小都是可编程的，最高可达 16 点。采用合理的滤波器配置将有助于对噪声的抑制并提高触摸屏的分辨率。

另外，由于该滤波器完全由 AD7879 内部实现，省去了主机软件滤波的负担。

2.14 AD7879 的采样率该如何计算。

答：AD7879的数据手册中标称采样率（Throughput Rate）为105kSPS。但这个指标的条件是：序列器中仅使能一个通道；采集时间为最小的2us；没有使用任何中值/均值滤波器；而且没有考虑转换时间间隔。

在实际触摸屏应用中，至少需要测量X位置和Y位置两个通道，而且应根据具体情况配置所需时间参数和滤波器参数。所以，在计算实际采样率的时候必须考虑如下几点：

1. 每个通道的每个采样点所占用的时间包括：采集时间（2 us, 4 us, 8 us, 16 us，可编程），转换时间（固定为7.5us）。
2. 如果使用的中值/均值滤波器，那么该通道要得到一次结果的时间为：该通道一个采样点所占用的时间加上用来执行滤波器计算的2us时间再乘以中值滤波器的大小
3. 对于X/Y位置通道和Z1/Z2通道，还应该再加上第一次转换延迟。
4. 计算实际采样率的时候应将序列器中使能的每个通道都计算在内，而且还应该加上可编程的转换时间间隔以及第一次转换延迟。

在AD7879数据手册（REVC）中有具体的计算实例。

2.15 如何 AD7879 内部集成的温度采集功能？

答：AD7879 内部集成的温度采集功能需要通过在 ADC 通道 001 上进行单次测量（见控制

2.17 在 LFCSP 封装中，会在背面有一个裸露的焊盘，应如何处理？

答：在 LFCSP 封装的底部中央有一个裸露的焊盘用于提供可靠的连接和散热。绝大多数情况都是建议连接到地平面。具体情况可以参考芯片数据手册中的要求。

以 AD7879 为例，在 LFCSP 封装的底部有一个中央裸露的焊盘用于散热。PCB 上的散热焊盘至少应与此裸露焊盘一样大。为避免短路，PCB 上的散热焊盘与引脚焊盘内边的间距至少应为 0.25 mm。PCB 散热焊盘上可以开散热通孔，以改善封装的散热性能。如果使用散热通孔，则散热通孔应在散热焊盘内，间距为 1.2 mm。通孔直径应在 0.3 mm 至 0.33 mm 之间，通孔内应镀以 1 盎司的铜，以填充通孔。用户应将 PCB 散热焊盘连到 GND。

2.18 对于 WLSCP 封装的装配有什么建议？

答：有关 WLCSP PCB 装配和可靠性的详细信息，请参阅应用笔记 AN-617：“*MicroCSP™ Wafer Level Chip Scale Package*”。

3 其它相关资料

(1) 数据手册

请登录 ADI 官方网站 www.analog.com 下载最新版本数据手册。数据手册中会提供详细的器件性能指标、工作原理和使用方法等等。另外，部分型号产品提供中文版本数据手册。

(2) 评估板及评估软件

ADI 的电阻式触摸屏控制器产品都提供评估板，请到相关型号的产品主页内下载评估板电路图，评估软件等相关资料。

(3) Linux 驱动程序

ADI 的电阻式触摸屏控制器产品都提供 Linux 驱动程序，请到相关型号的产品主页内下载。

(4) 应用笔记

- a. **AN577:** Layout and Grounding Recommendations for Touch Screen Digitizers
- b. **AN766:** Using the Noise Reduction Feature on the AD7877
- c. **AN753:** Configuring the AD7877
- d. **AN738:** Using the AD7877 Touch Screen Controller and the Intel PXA250 Processor Under Windows CE.NET
- e. **AN1021:** 基于 MMSE 的触摸屏应用多点校准算法（中/英文版）

(5) 技术文档

- a. The PDA Challenge—Met by the AD7873 Resistive-Touch-Screen Controller ADC (Analog Dialogue, Vol. 35, No. 4, August-September, 2001)

b. 电阻式触摸屏控制器产品介绍：AD7879（中文版）

(6) 视频

a. 电阻式触摸屏控制器产品介绍：AD7879（中文版）

(7) 参考代码

提供 AD7879 的 C 语言参考代码及校准算法源代码。