

使用ADUX1020实现手势识别

作者: Tyler Ray

简介

ADUX1020是一款集成式光学传感器和前端器件，能够进行高级单点手势识别和近距离检测。光学传感器可灵敏检测入射光的强度和角度。通过光学和电子的环境光过滤，它能够在各种嘈杂环境中持续稳定工作。该芯片有多种模式配置，以实现非接触式手势识别和控制，还能实现距离检测。

手势识别基础

ADUX1020能够灵敏检测入射光的角度，因此该芯片只需使用集成式光学传感器和单个外部LED即可检测手势。当设置为采样模式时，它可从芯片上的四个输出通道计算入射光的角度。必须使用以下程序来实现手势识别功能：

1. 在ADUX1020工作之前，校准时钟。有关如何校准32 kHz和32 MHz时钟的信息，请参见ADUX1020数据手册。
2. 通过将0x3写入寄存器0x45的位[3:0]，将ADUX1020工作模式设置为采样模式。
3. 收集器件测量的数据。有关如何使用先进先出(FIFO)和中断从寄存器读取数据的说明，请查看ADUX1020数据手册。数据可直接从数据寄存器读取，或从寄存器0x60位[15:0]中的64字节FIFO读取。
4. 利用ADUX1020四个输出通道中的数据计算入射光的角度。收集通道 X_1 、通道 X_2 、通道 Y_1 和通道 Y_2 数据之后，按照以下公式计算角度和强度：

$$\text{水平角度: } \theta_x = \frac{X_1 - X_2}{X_1 + X_2} \text{ (弧度)}$$

$$\text{垂直角度: } \theta_y = \frac{Y_1 - Y_2}{Y_1 + Y_2} \text{ (弧度)}$$

$$\text{强度: } I = X_1 + X_2 + Y_1 + Y_2 \text{ (代码)}$$

数据示例如图1和图2所示。

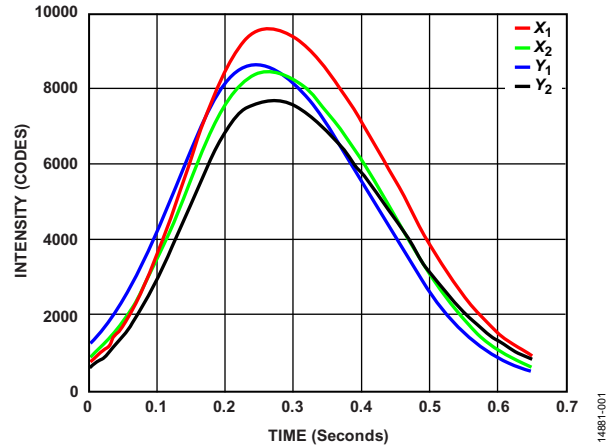


图1. 强度和时间，ADUX1020的原始数据输出

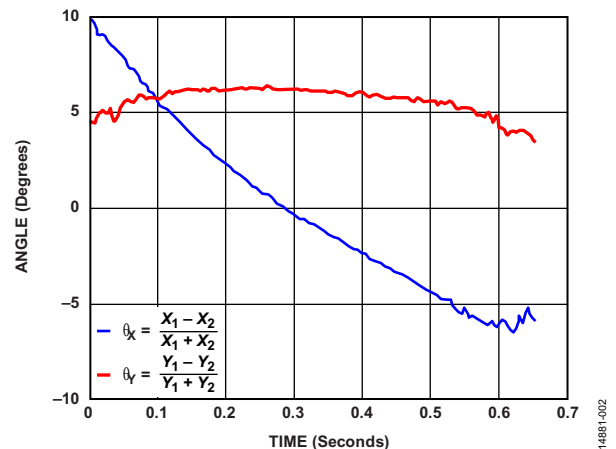


图2. 角度和时间，ADUX1020的角度计算

事件检测和手势窗口算法

在本部分中，以下算法说明的伪代码基于MATLAB语法。循环、Case语句和函数遵循标准的MATLAB格式，源于实际的MATLAB代码。

ADUX1020评估软件支持五种单元手势：向上手势、向下手势、向左手势、向右手势、单击。算法等待手势事件发生，当其中之一的手势发生后，算法会立即将这些数据分析为以上这些手势之一。

在事件检测之前，必须消除所有四个通道的直流偏置，方法是从数字上减去直流偏置，来校准器件的基线。从数字上减去直流偏置是最简单的校准方法；但是，减去直流偏置的方法可以充分利用模数转换器(ADC)的动态范围，建议在需要高动态范围的情况下使用。寄存器0x3A、寄存器0x3B、寄存器0x3C和寄存器0x3D包含ADC减去直流偏置，其缺省值设置为0x2000。为修正这些减去直流偏置，以ADC代码为单位，测量每个通道的16位输出，并将其从ADC直流偏置寄存器CHx_OFFSET中的16位数字中减去(缺省值0x2000)。然后，使用此减法的结果写入ADC偏置寄存器。

事件的触发可定义为当强度数据或其对时间导数超出预设的阈值时。在本应用笔记中，我们采用了使用强度导数的方法，但两种方法都是适用的。

强度数据经过低通滤波，以消除高频噪声。通常，高频噪声消除可通过10 Hz转折频率的二阶巴特沃兹低通滤波器完成。

$$I_F = LPF(I)$$

通过提取连续滤波强度样本的差值，来计算滤波强度的导数。

$$\frac{dI}{dt}(n) = I_F(n+1) - I_F(n)$$

强度的导数dI/dt提高到预设阈值(I_{TH} ，以ADC代码为单位)之上，就是事件的触发。通常，这个阈值设置为200个ADC代码，但它可以上下调节，以消除较小的幅度，防止误触发事件被识别为手势，或者也可将更小幅度的事件识别为手势。可扫描dI/dt的每个连续值，直至到达阈值，从而找到正确的手势。

For $n = 1:\text{numel}(dI/dt)$

if $dI/dt(n) > I_{TH}$

gestureStart = n

break

可通过后向扫描dI/dt数据，从手势起始时间开始，加上最长手势持续时间，直至滤波强度的导数降至 $-I_{TH}$ 之下，从而找到手势的结束。图3和图4显示了确定手势起始和停止时间的示例。

For $n = (\text{gestureStart} + \text{gestureDuration}):-1:\text{gestureStart}$

if $dI/dt(n) < -I_{TH}$

gestureStop = n

break

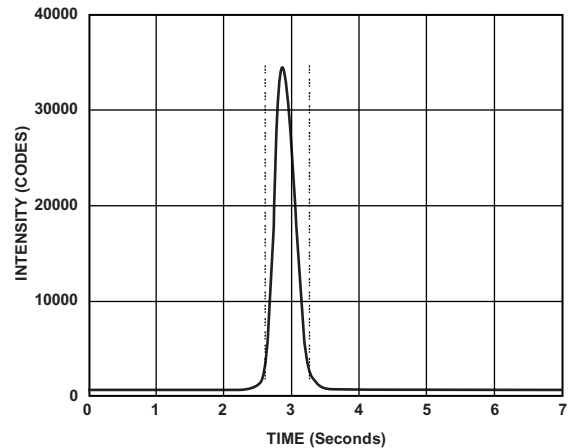


图3. 强度和时间的关系，包含手势起始和停止时间

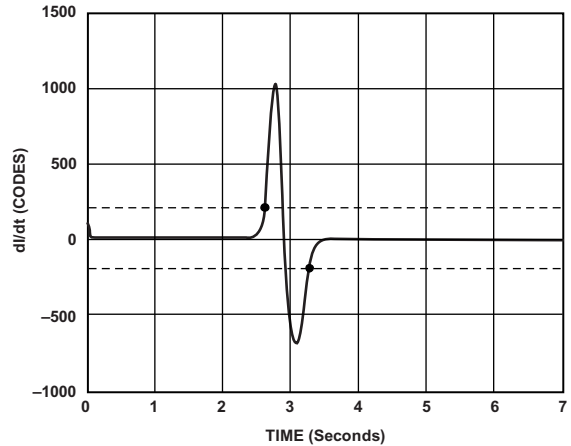


图4. dI/dt和时间的关系，包含手势起始和停止时间

当利用起始和停止时间来描绘手势时，可以计算手势内部的最大和最小的 θ_x 和 θ_y 。如果两个数量，即 $\max(\theta_x) - \min(\theta_x)$ 和 $\max(\theta_y) - \min(\theta_y)$ ，都小于阈值 θ_{TH} ，则将事件归类为点击。如果事件不是点击，则需要进一步处理，以确定手势的方向。 θ_x 和 θ_y 之间的线性最小二乘法拟合线确定手势是属于向上、向下还是向左、向右类别，使用以下公式：

$$\theta_y = m\theta_x + b$$

其中 m 是斜率。

如果此拟合线斜率 m 的绝对值小于1，则手势为向左和向右。如果斜率的绝对值大于1，则手势为向上和向下。请注意，基本强度阈值还可描绘手势起始和停止时间，以简化计算。

If $\max(\theta_x) - \min(\theta_x) < \theta_{TH}$ and $\max(\theta_y) - \min(\theta_y) < \theta_{TH}$

$gesture = click$

else

$(m, b) = \text{leastSquaresFit}(\theta_x, \theta_y)$

if $m \leq 1$

if $\theta_x(\text{gestureStart}) > \theta_x(\text{gestureStop})$

$gesture = left$

else

$gesture = right$

else if $m > 1$

if $\theta_y(\text{gestureStart}) > \theta_y(\text{gestureStop})$

$gesture = up$

else

$gesture = down$

图5显示了最小二乘法拟合线的示例。此手势有较大的 θ_x 值扩展，并非点击。最小二乘法拟合线的斜率 < 1 ，而且 $\theta_x(\text{gestureStart}) > \theta_x(\text{gestureStop})$ ；因此，该手势是向左轻扫。

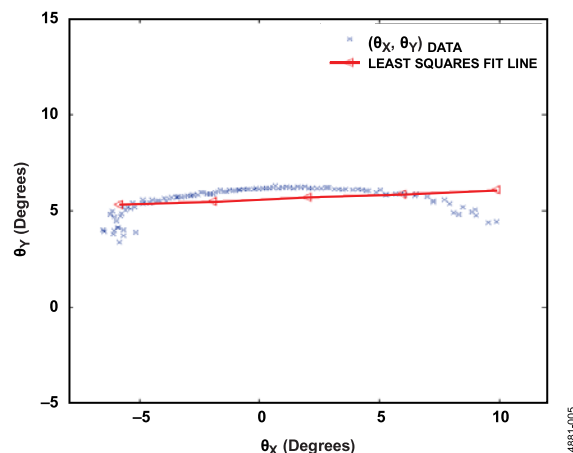


图5. θ_y 和 θ_x ，包含最小二乘法拟合线

调节此方法的参数($-I_{TH}$ 、 θ_{TH} 和 $gestureDuration$)可针对任何用例来优化算法，从而提供进行手势识别的唯一可能方法。使用ADUX1020还有其他方法实现手势识别。如果担心计算负载，可以只考虑手势起始和停止点，而忽略两者之间的点。这种方法非常稳定高效，但它要求强度或强度导数阈值 I_{TH} 设置得足够高，以确保起始点和停止点具有适当的信噪比。

图6显示了强度 dI/dt ，以及轻扫手势的手势图，如光学手势评估工具中所示。图7显示了识别为向右轻扫的单元手势。

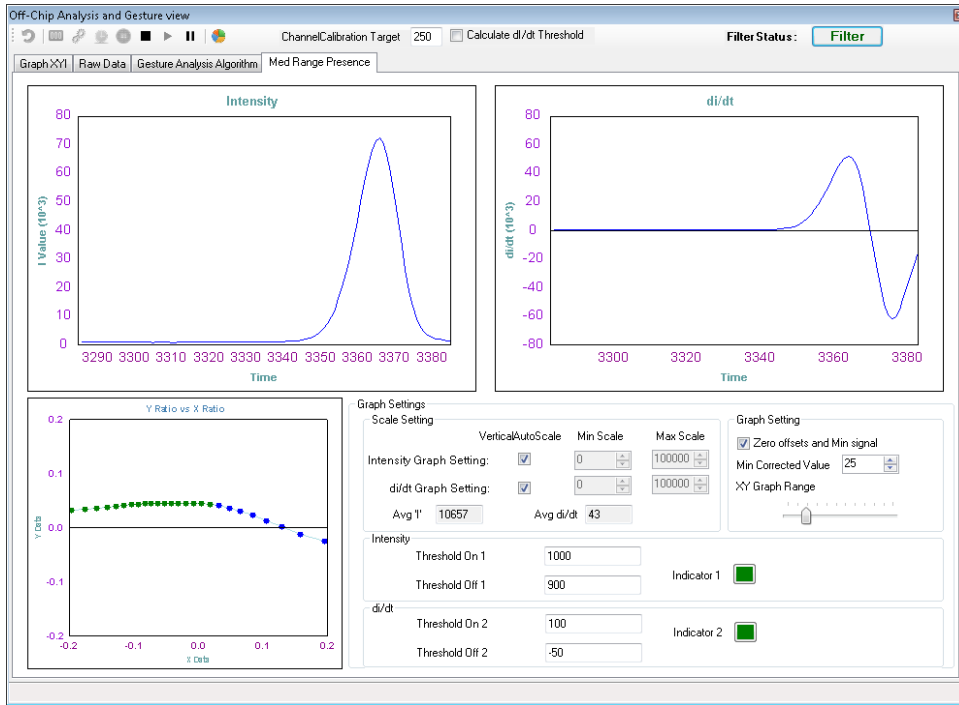


图6. 手势识别数据(强度 di/dt , 以及有手势时的手势图), 使用光学手势评估工具

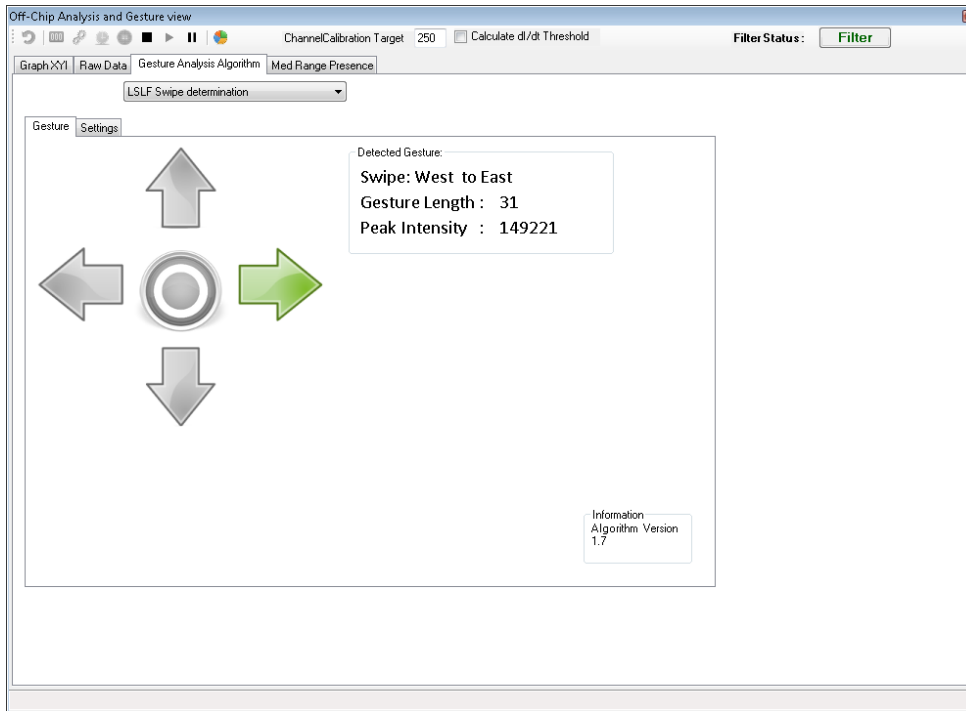


图7. 手势结果(识别为向从左到右),使用光学手势评估工具