

移动电话专用加速度计

MMA7660FC

作者：Michelle Kelsey, 产品市场经理

Laura Salhuana, 软件应用工程师

Mathieu Forget, 传感器区域市场

Nigel Drew, 消费部传感器经理

前言

根据iSuppli的统计，加速度计正在迅速被应用在移动电话市场，并且在不久的将来丝毫没有放缓的迹象。有人预言2010年移动电话市场大约1/3的出货量将包含MEMS(微机电系统)加速度计。而在2009年时这一比例只有1/5，2008年则是1/11。加速度计使得使用者可以通过手指的敲击以及3维运动来执行特定的指令，从而代替多次的按键操作。

例如，手机用户要求一流的用户界面可以实现快速、精准的通信而不需繁冗的人机交互。并且，他们要求廉价的手机同高端手机一样可以拥有这些功能。MMA7660FC低重力加速度，三轴数字加速度计是飞思卡尔公司第一款专门为手机以及其他小型手持应用领域所推出的产品。这是一款紧凑封装的低成本，低功耗的智能传感系统，这些特点可以为手持式电池供电设备提供许多优势而不占用额外的空间。

本质上来说，MEMS是基于硅的微电子和微机械技术的器件。3轴加速度计可以检测到位于三个不同的平面，或轴线上的运动。这让设计人员可以使用单个加速度计来将敲击，摇动，方向检测的功能集成到一个移动设备上。例如，来回晃动和上下晃动可以用来执行两个不同的命令。

虽然加速度计可以用在很多不同的手持设备上，然而手机已经占据了该类设备的主流。加速度计不仅让设计人员可以把他们的创新应用在产品上，从而让产品在竞争中脱颖而出，而且还可以扩展独立软件开发商，接口供应商以及无线服务运营商的营收能力。

MMA7660FC加速度计可以用来检测用户的自然交互动作，包括：

- 可以用于自动调整横屏和竖屏显示的方向检测
- 单击检测可以按照用户选择的门限和时限在X，Y，Z三轴上配置
- 晃动可以用来代表特定的按键输入或一系列的按键输入
- 手势和游戏动作，例如3维倾斜，翻转和扭转

然而，如果想要开拓市场上有利的局面，手机等便携设备除了要求有更多的改进功能。先天的尺寸和电池寿命的局限也必须考虑并解决。

采用MMA7660FC加速度计的四个优点

对于越来越多的应用需要运动检测，MMA7660FC满足了四个关键的需求：数字输出，小封装，低功耗以及嵌入式智能。

数字输出

MMA7660FC加速度计有I²C总线输出用来直接和处理器进行通信。从而避免了采用模拟-数字转换器ADC的需要。芯片采用6位输出X，Y和Z三轴的值，系统还可以配置中断信号用来检测几种特定的运动或状态，例如方向检测，敲击，晃动或数据准备好。一旦中断产生，处理器可以使用I²C总线和加速度计通信从而读取中断触发源。

小封装

MMA7660FC采用3 x 3 x 0.9毫米DFN封装，引脚间距0.5毫米。这对于手机等手持设备来说非常关键，因为它可以让设计人员很方便的增加3轴加速度计的所有有用功能而不必担心对狭小紧张的PCB空间的影响。

为了确保正确安装，飞思卡尔提供了非常有用的应有笔记AN3839：MMA7660FC板级安装指南，该PDF文件可以在飞思卡尔网站www.freescale.com.cn/xyz下载。它讨论了表贴封装推荐的最小焊垫，焊垫可以极大影响线路板和封装焊接的连接性能。应用手册还提供了焊接和安装指南，以减小小封装贴在板上之后的承受的应力。遵循该设计指南和设计考虑进行板级贴装可以达到MMA7660FC传感器的最佳性能。

应用级别的低功耗

飞思卡尔是高性能，高效半导体产品领域公认的领导者。飞思卡尔推出了“Energy Efficient Solutions”的标志来标识采用超常的高效技术的产品，这些产品为应用领域提供了市场领先的性能。请访问 www.freescale.com 来获取最新的产品列表。



MMA7660FC 加速度计整合了独特的先进架构和电路技术，同时还包含了最新的设计方法以及可以实现有限功耗下达到最高性能级别的高效工艺技术。因此，MMA7660FC 获得了飞思卡尔的“Energy Efficient Solutions”标志。这是飞思卡尔与目标市场客户紧密合作的结果，通过这些合作，飞思卡尔可以为客户实现指定的性能和能耗需求，并开发出为客户应用提供全面的优异能效的优化解决方案。MMA7660FC 加速度计整体功耗非常低：关闭模式下 0.4uA，待机模式下 2uA，在工作模式下约 47uA (1Hz 的采样率)。

此外，MMA7660FC 加速度计通过配置不同的采样速率可以拥有非常灵活的性能/功耗选择，可以为特定的设计提供所需的采样性能，每种配置都对应了不同的工作电流(见图1)。

图 1: MMA7660FC 用户可配置采样速率

采样/秒	最少工作电流	典型工作电流	最大工作电流
1	38 μ A	47 μ A	62 μ A
2	37 μ A	49 μ A	60 μ A
4	48 μ A	54 μ A	83 μ A
8	59 μ A	66 μ A	86 μ A
16	70 μ A	89 μ A	100 μ A
32	85 μ A	133 μ A	171 μ A
64	170 μ A	221 μ A	262 μ A
120	224 μ A	294 μ A	350 μ A

例如，在 120Hz 的采样率情况下，典型的工作电流是 294uA。然而，如果将采样率降低到 1Hz 时，对应的工作电流则是 47uA。这使得用户可以针对特定的功能调整不同的采样率，从而实现功耗的最低化。例如

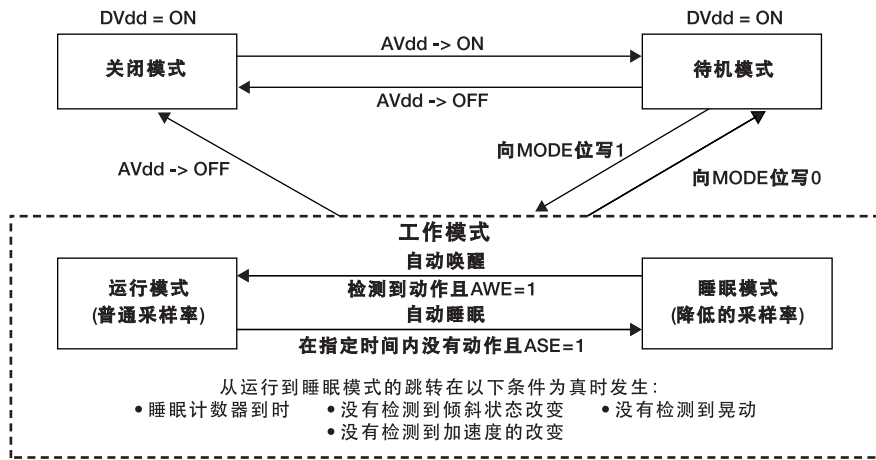
- 1 采样点/秒对于自动唤醒动作的应用很适用。当加速度计检测到任何动作时，它提示处理器“我检测到动作了。你需要为任何所需要运行的应用采样更多数据”。
- 在移动领域与关键客户进行广泛的测试之后，4 采样点/秒的采样率被认为是足够用来检测方向和晃动的，此时典型的电流是 54uA。
- 对于如今众多的可以加载到手机中的游戏来说，用来检测绝大多数晃动和手势要求的最佳采样速率是 32 采样点/秒，典型的工作电流是 133uA。
- 敲击(使用手指在移动设备上敲 1, 2 下)是唯一我们推荐采用 120 采样点/秒的采样率的情况。在这种高采样率情况下，工作电流是 294uA。这是系统需要用来区分敲击和典型的晃动所需的采样率。

一旦配置好信号输出速率，MMA7660FC 就会按照 6bit/轴 的分辨率更新寄存器中所有三轴的数据。

MMA7660FC 加速度计还采用了先进的自动功耗模式切换，可以自动唤醒，以及自动进入睡眠。此外还提供了三种不同的节能模式：关闭，待机和在工作模式。(见图2)。

图2: MMA7660FC 测量和功耗模式

模式状态机



- 关闭模式 – 数字总线供电但核心电源关闭。MMA7660FC不挂载I²C总线，且所有的I²C总线信号都忽略。
- 待机模式 – 数字和模拟部分都开启，并且响应I²C总线信号。可以访问寄存器来启动芯片到工作模式，传感器测量系统处于空闲状态。
- 工作模式 – 数字和模拟部分都开启，并且响应I²C总线信号。传感器测量系统运行在制定的输出速率下，且检测分析功能运行。如果以下条件出现，将进入低功耗睡眠模式(更低的采样速率)：
 - 使能自动睡眠模式而且
 - 睡眠计数器到时，表示在睡眠计数器指定的一段时间内没有方向改变，没有晃动，没有敲击或脉冲发生。

睡眠模式通过使用更低采样速率(敲击模式被禁用)来节省功耗，在检测到晃动，倾斜角度改变或者方向改变的情况下，MMA7660FC会自动唤醒回到全工作模式。

MMA7660FC加速度计具有节省功耗的自动唤醒/睡眠功能。在睡眠状态下，设备进入用户制定的较低的采样速率(1，8，16或32采样点/秒)来减小功耗。当使能自动唤醒，且任何动作被检测到，例如方向改变，重力加速度改变，或者晃动发生，芯片就被唤醒。

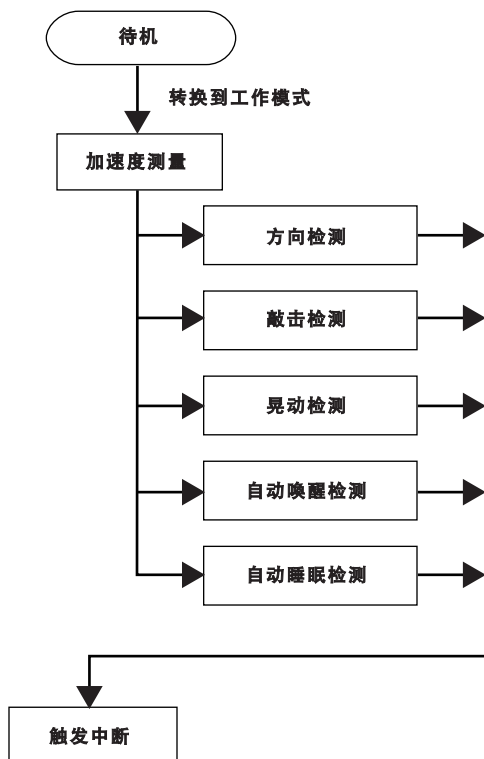
在唤醒状态下，MMA7660FC加速度计根据功耗和用途采用指定的采用率(从1采样率/秒到120采样率/秒)。在使能自动睡眠模式时，如果有在睡眠计数器超时之前没有检测到任何使能的动作检测，芯片则进入睡眠模式并使能自动唤醒模式。MMA7660FC加速度计因此可以在自动唤醒和睡眠模式之间不断切换。

智能

MMA7660FC可以通过可以配置中断编程来实现任何动作的检测(见图3)。每个检测动作，例如方向，敲击和晃动，被存入到对应的只读状态寄存器(TILT)中。为了帮助处理器判断什么动作发生，芯片会产生一个表示所配置的动作事件之一被触发的中断。处理器必须启动一个I²C总线读命令去访问TILT寄存器来得知是什么动作触发了该中断。

图3: MMA7660FC 多重检测算法

MMA7660FC 多重检测算法



使能中断

用户可以选择在INTSU(0x6)寄存器中使能或禁用下列任何中断：前后中断，上下左右中断，敲击检测中断，数据准备好(GINT)，x轴晃动，Y轴晃动，z轴晃动中断。如果GINT使能，可以配置成每个传感信号更新后(实时动作跟踪)触发中断，从1采样点/秒到120采样点/秒。如果任何轴的晃动中断使能，那么大于1.3g的加速度都将触发中断。如果任意上下左右或前后中断使能，那么在这些轴上的方向改变将产生一个中断。当使能自动睡眠功能，而在自动睡眠计数器超时的时候没有任何使能的动作发生，芯片也将触发中断。当设备进入睡眠模式，如果发生晃动中断，倾斜角度改变(通过重力加速度G的改变检测，由敲击中断触发)或者方向检测中断发生，芯片将退出睡眠模式进入唤醒状态。

表1: 用户寄存器一览

下面是用来配置和检测方向，晃动，自动唤醒/睡眠和敲击的寄存器

寄存器一览										
地址	名称	功能	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
0x00	XOUT	6位X轴输出值	-	告警	XOUT[5]	XOUT[4]	XOUT[3]	XOUT[2]	XOUT[1]	XOUT[0]
0x01	YOUT	6位Y轴输出值	-	告警	YOUT[5]	YOUT[4]	YOUT[3]	YOUT[2]	YOUT[1]	YOUT[0]
0x02	ZOUT	6位Z轴输出值	-	告警	ZOUT[5]	ZOUT[4]	ZOUT[3]	ZOUT[2]	ZOUT[1]	ZOUT[0]
0x03	TILT	倾斜状态	晃动	告警	敲击	PoLa[2]	PoLa[1]	PoLa[0]	BaFro[1]	BaFro[0]
0x04	SRST	采样率状态	0	0	0	0	0	0	AWSRS	AMSRS
0x05	SPCNT	睡眠计数器	SC[7]	SC[6]	SC[5]	SC[4]	SC[3]	SC[2]	SC[1]	SC[0]
0x06	INTSU	中断设置	SHINTX	SHINTY	SHINTZ	GINT	ASINT	PDINT	PLINT	FBINT
0x07	MODE	模式	IAH	IPP	SCPS	ASE	AWE	TON	-	MODE
0x08	SR	自动睡眠和唤醒模式 横向/纵向采样率和防抖滤波	FILT[2]	FILT[1]	FILT[0]	AWSR [1]	AWSR [0]	AMSR [2]	AMSR [1]	AMSR [0]
0x09	PDET	敲击检测	ZDA	YDA	XDA	PDTH[4]	PDTH[3]	PDTH[2]	PDTH[1]	PDTH[0]
0x0A	PD	敲击防抖计数器	PD[7]	PD[6]	PD[5]	PD[4]	PD[3]	PD[2]	PD[1]	PD[0]
0x0B to 0x1F	Factory	保留	-	-	-	-	-	-	-	-

方向检测的应用

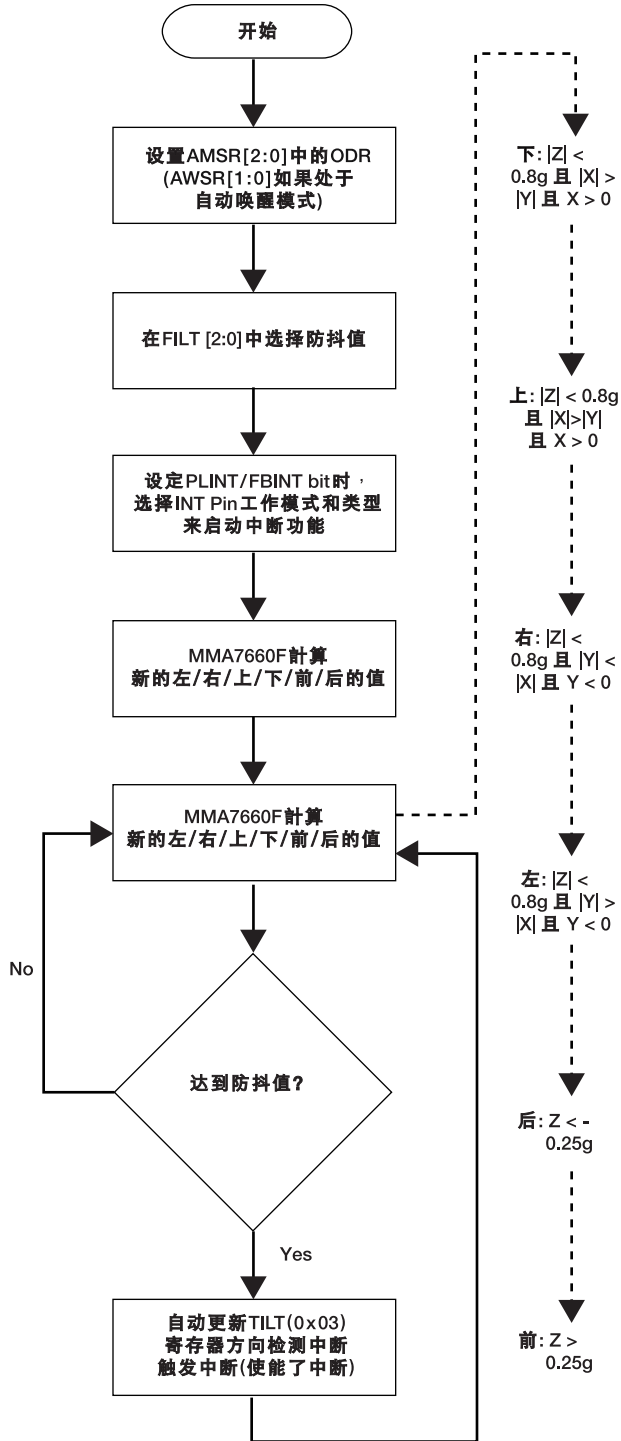
方向检测如今在很多手机上普遍用在横屏和竖屏显示切换上。除此之外，方向检测还可以实现额外的功能。它可以检测一个位置上任何6向移动，包括前，后，左，右，上，下。任何这些动作的检测可以配置成特定的反应。例如，如果手机正面躺倒朝下，你显然不在使用它，这时手机就可以进入低功耗模式。如果手机铃声响起而你把它正面向下，手机则会挂机，如果你把它正面朝上，它将激活免提。

MMA7660FC的方向检测

三维倾斜定位都是以最近的已知静态位置为参照。倾斜度可以通过6个不同的方位来测量：左，右，上，下，前，后。上/下/左/右方向的切换点在与水平夹角大约45度的位置，而前/后方向的中断发生在与垂直夹角约15度的位置。这使得产品可以大约按照肖像或景观模式来设置它的显示或在设备的前面朝下时关闭显示。

图4: 方向检测流程图

方向检测



使用内建的带有中断功能的方向检测比轮询方式要节省可观的系统资源和功耗。轮询方式要求主处理器启动定时器来定时读取加速度输出信息(XYZ)并使用软件算法来判断传感器的方位。这意味着系统要反复的读取和计算新的方位。

然而使用MMA7660FC加速度计，一旦芯片配置成方向检测，芯片方向的改变会自动产生一个中断，因此应用程序的响应只需简单的读取TILT寄存器来更新方向。

使用者要将芯片配置成方向检测模式，一般需要按照预定功耗或指定的方向检测速率来选择一个特定的采样率，还需选择TILT防抖计数值，自动唤醒/睡眠模式以及使能方向中断。

在MMA7660FC加速度计中内部逻辑定义的竖屏到横屏显示的切换点是45度角。然而，外部微控制器使用软件可以修改这个切换点。详细信息请参考飞思卡尔的应用手册“[How to use the MMA7660FC with a Microcontroller to Do Software Enhancements to Change Orientation Detection Trip Points](http://www.freescale.com.cn/xyz)”，可在www.freescale.com.cn/xyz上下载到PDF格式文档。

晃动检测的应用

晃动动作可以在任何方向检测并可以用来执行不同的命令。例如，如果你要往手机上输入一串数字而又不小心写错了，你可以晃动手机来清除错误而无需按清除键。它还可以用在游戏应用中，提供快捷的控制特定屏幕动作的功能。晃动检测可以用来代替一个按键来执行某项功能，例如滚动手机屏幕上的图片或网页。

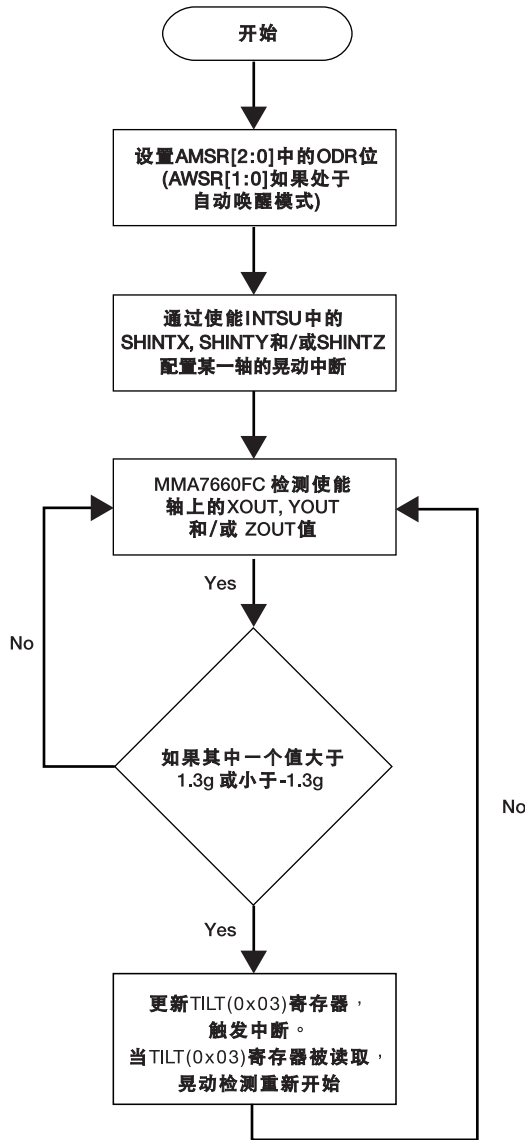
MMA7660FC中的晃动检测

可以通过使能INTSU(0x06)寄存器中的SHINTX，SHINTY和/或SHINTZ来使能MMA7660FC的任意轴上的晃动中断检测。采样率的选择需要基于设计所需的功耗级别和/或指定的应用所需晃动检测速率。

MMA7660FC加速度计通过检查每个轴上(XOUT，YOUT，ZOUT)当前的6位测量值来检测晃动。SHINTX，SHINTY和/或SHINTZ用来选择哪个轴被用来检测晃动。如果所选择的轴上加速度值大于1.3g或者小于-1.3g，那么认为该轴检测到晃动并触发相应的中断。所有的3轴都独立的检测晃动，但任何一轴检测到晃动时，都会在TILT寄存器中设置相同的位。因此，当所有三轴(SHINTX，SHINTY和/或SHINTZ)都被选择时，是无法分辨出哪个轴上发生了晃动。在TILT寄存器被读取时，shake位被清除，同时新的晃动检测重新开始。

图5: 晃动检测算法流程图

晃动检测



敲击检测的应用

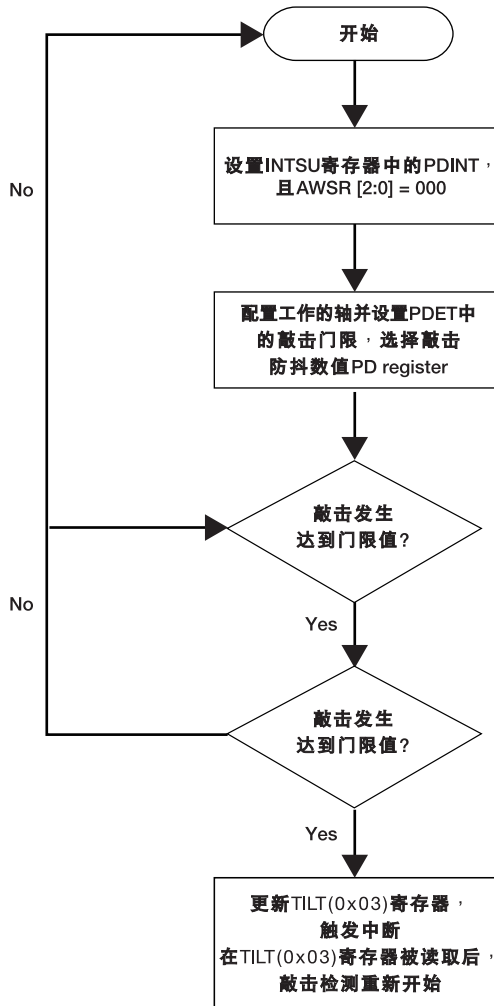
敲击检测简单的记录你手指敲击设备的动作。不单是手机上，甚至对于任何有用户界面的设备如果需要用户来选择的按键，这项功能就可以代替一些按键命令。例如，如果你在一个很重要的会议中而你的口袋中的手机响了，在口袋外对手机的一个简单敲击就可以把电话转动语音信箱，而无需你的手在口袋中摸索着按特定的按键。

MMA7660FC的敲击检测

MMA7660FC通过检测一个超越自定义门限(PDET寄存器)且超过预定时间(PD寄存器)的快速加速度跳变来实现敲击检测。对使能的轴向进行检测是基于逻辑或的原则。如果INTSU寄存器中的PDINT位置位，芯片将报告第一个检测到敲击动作的轴向，并更新TILT寄存器中的Tap位。当TILT寄存器中的Tap位被置位时，敲击检测停止。当TILT寄存器被读取时，敲击检测自动恢复。

图6: 敲击检测算法流程图

敲击检测



结论

随着消费者需求的成熟，加速度计在移动手机市场上的应用飞速增长，使用户界面实现快速精准的交互且无需复杂的输入。创新的聪明的移动电话产品在竞争中获得独特优势。采用MMA7660FC来设计便携电子应用有着许多厂商和用户所青睐的优势，包括：

- 低功耗设备，以及可配置省电模式
- 8种采样速率的选择帮助实现功耗选择，达到最优化的电流消耗
- 可配置方向，晃动，和敲击动作检测的智能芯片
- I²C总线的数字接口加速度计使得通信更加灵活
- 紧凑的封装实现在手持设备上的智能动作应用

飞思卡尔加速度计系列将继续扩展，为厂商提供更多的将加速度计应用在新产品的机会。飞思卡尔的运动传感技术为手持产品设计带来了新一级的精度，可用性和稳定性，它将继续帮助客户在世界范围内的新兴市场创造新的应用。

