

玩转陀螺仪，抢占消费电子新卖点

消费电子正处在缺乏创新应用而陷入无休止价格战的尴尬境地，而MEMS陀螺仪从军事/航空等高端应用走进了消费电子应用，可为产品的差异化设计注入新的活力。

■ 孔文

在消费电子慢慢走向融合、处理器平台功能同质化严重的今天，人们曾一度将产品差异化寄希望于软件设计。然而丰富的软件实现需要基于更丰富的硬件平台。软、硬两难造成产品个性化、差异化的缺失，更带来了市场恶性的价格竞争。MEMS陀螺仪(本文以下讨论的陀螺仪均为MEMS陀螺仪)的出现，重新为消费电子的创新设计注入了活力。在最初的数码相机防手震应用之后，任天堂的Wii让陀螺仪这个本在航空、军事等领域卓有贡献的产品，开始在消费电子产品中大放异彩。而当2010年6月，搭载了陀螺仪的苹果iPhone 4正式进入市场后，一个月内便有了40个游戏软件推出。借助iPhone几十万开发者的智慧，陀螺仪将被发掘出更多更广的应用空间。

市场研究机构iSuppli的数据表示，2009年MEMS陀螺仪的市场规模为4.47亿美元，以数码相机的防手震为主要应用；2012年，MEMS陀螺仪将成长至7.69亿美元。而市场研究机构Forward Concepts则表示，单是在手机应用领域，MEMS陀螺仪就将在2012年达到7,000万美元以上的市场规模。

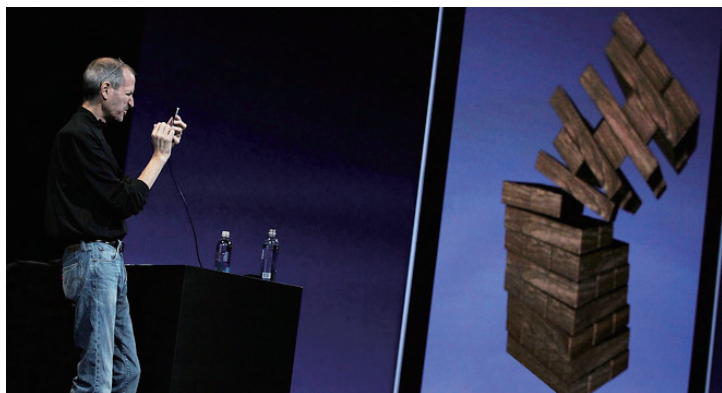


图1：乔布斯在iPhone 4的发布会上演示陀螺仪的应用。

解析MEMS陀螺仪原理

MEMS陀螺仪并不是最早应用在消费电子上的运动传感器，加速度传感器、电子罗盘早先一步进入了消费电子市场。虽然以重力为参照的加速度传感器和以地磁为参照的电子罗盘可以在地球表面形成垂直和水平面的三维空间覆盖，但因为二者均以地球而非物体本身为参照物，因此不能很好地模拟物体的整个运动过程。此外，由于加速度传感器容易受到线性运动时产生的力的干扰、电子罗盘容易受到诸如金属及手机等其他磁场的干扰，其应用受到了很大的局限。陀螺仪这个测量角速度的传感器不仅以物体本身作为参照物，而且具有很高的精度，因此可以对其他运动传感器做有益的补充，从而使得运动检测更加完备。

任天堂的Wii最初采用了三轴(X、Y、Z)加速度传感器，后来又增加了陀螺仪。“任天堂早就知道光有三轴加速度传感器是不够的。只是当时市面上还没有消费电子级别的陀螺仪可以使用，直到Invensense推出了第一款用于消费电子的MEMS陀螺仪。”Invensense移动产品事业部系统工程总监林尚宏表示。这一情况也发生在了苹果CEO乔布斯的身上。在2010年6月iPhone 4的发布会上，乔布斯亲自演示了陀螺仪带来的侦测出物体水平方向旋转的创新应用——这一应用是单独基于其他运动传感器无法实现的。因此，通过了解陀螺仪的工作原理，我们可以切身体会到任天堂和苹果对陀螺仪曾经的企盼，而且也可以帮助国内的消费电子终端厂商巧妙地应用该器件以实现多样化的创新应用。

陀螺仪可以对加速度传感器和电子罗盘进行有益的补充。当三轴陀螺仪加上三轴加速度传感器形成六轴的运动传感器之后，基本上可

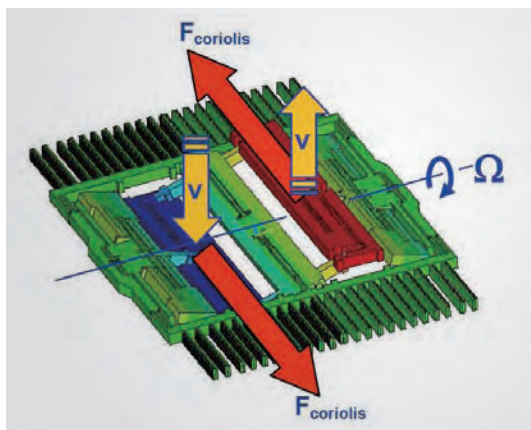


图2: MEMS陀螺仪工作原理模拟图示

以检测到所有形式的运动，包括速度、方向、位移等参数。“物体的运动无外乎六种，X、Y、Z三个方向的位移和X、Y、Z三个方向的转动。这六种运动方式组成了物体完整的运动轨迹。”Invensense移动产品事业部副总裁姜正耀表示。如果在六轴运动传感器上加上电子罗盘，则在检测运动轨迹的同时还可以修正绝对位置，实现完美的物体运动轨迹跟踪。因此，未来陀螺仪的进一步发展应用，是和加速度传感器及电子罗盘紧密联系的。

加速度传感器相当于一个重锤在中间的弹簧系统，四面八方有弹簧撑着它。平放在桌面时，有的弹簧被拉长，有的被压扁。变化时，不同的弹簧受到不同的压缩，从而侦测出不同方向的力。它的典型应用包括手机/相机画面水平垂直的切换。

电子罗盘主要侦测地磁。常见的电子罗盘主要基于霍尔效应。但是地磁环境不完美，比如地磁的南极在地球不同的表面不一定指的同一个北方；而在地球不同纬度，地磁的方向和水平方向的夹角也不同。因此电子罗盘只能指一个大致的方向，然后进行修正。此外，电子罗盘还容易受到如金属、扬声器、天线等磁场的干扰。尤其是应用在手机时，需要特别小心地在PCB上选一个合适的位置。

陀螺仪侦测的是角速度。基于科里奥利力的原理：当一个物体在坐标系中直线移动时，假设坐标系做一个旋转，那么在旋转的过程中，物体会感受到一个垂直的力和垂直方向的加速度。“台风的形成就是基于这个原理。地

球转动带动大气转动，如果大气转动时受到一个切向力，便容易形成台风。而北半球和南半球台风转动的方向是不一样的。”林尚宏用一个形象的比喻解释了科里奥利力的原理。而要在MEMS器件中实现该原理做成陀螺仪，则复杂许多。“先用MEMS做一个震动系统，通过快速稳定的震动产生一个线性的运动V，当V的平面有一个旋转的拓扑出来的时候，就可以检测出科里奥利力的方向，根据公式可以算出角速度。用不同方向的震动来侦测出X、Y、Z轴的角速度，并可通过稳定的震荡去掉重力的干扰。”林尚宏解释道。

“加速度传感器和电子罗盘以地球为参照物进行方向的侦测。加速度传感器侦测物体和重力角度的差异，电子罗盘侦测物体和北方角度的差异，如果侦测到地心和北方，就能定三轴。但是加速度传感器不光侦测重力，所有各个方向的力都会被侦测到；而电子罗盘侦测的磁场会被其他磁场所干扰。因此二者在检测物体运动时，有很多不足的地方。陀螺仪的参照物是自己本身，因此可以侦测出物体转换位置的过程。如果物体平放不动的时候，则只要使用加速度传感器或电子罗盘就够了。通过上述原理，我们可以把几种传感器配合使用，比如相互做精度校正，或一起完备地侦测出物体的运动方向和轨迹等。”林尚宏表示。

陀螺仪开启消费电子创新应用

陀螺仪的出现，给了消费电子很大的应用发挥空间。比如就设备输入的方式来说，在键盘、鼠标、触摸屏之后，陀螺仪又给我们带来了手势输入，由于它的高精度，甚至还可以实现电子签名；还比如让智能手机变得更智慧：除了移动上网、快速处理数据外，还能“察言观色”，知道主人哪里，兴趣是什么，并提供相应的服务。除了以上几种，还有很多应用领域值得厂商们去探索。林尚宏推荐了下面几种创新的应用方式供参考。

1. 游戏

可通过陀螺仪实现高速游戏，如高尔夫、羽毛球和斗剑等。这些游戏要侦测到很快速的挥动，这对目前的加速度传感器来说，是很大

的挑战。“泰格·伍兹挥杆时，杆头在0.2s内达到180km/s的速度，这相当于瞬间的加速度达到11个重力加速度。现在面向消费电子类的加速度传感器测量范围达不到这么大。如果利用陀螺仪则可以精确地侦测到这个快速挥动，挥杆时杆头角速度约为1,800°/s，相当于1s挥5~6圈，这在陀螺仪角速度侦测范围内，因此可以很好地模拟出这个游戏的真实场景。”林尚宏表示。

另一种如射击类游戏要求设备保持不动，然后做很细微的调整后进行射击。这种游戏要求高精度和低干扰，现有的加速度传感器不能达到该要求。林尚宏举例说，“我们假设射击游戏的误差角度为±5°，换算给加速度传感器后，cos5°相当于3~4‰的重力加速度，现有的加速度传感器精度达不到这个量级，没法瞄准射击。陀螺仪可以侦测到很细微的手的抖动，干扰也很低，拿着10s不动时偏移才0.05°左右，很适合用于这种瞄准的游戏。”

2. 人机界面

在人机界面领域，陀螺仪也可以进行很好的创新。早在两三年前，罗技就在其鼠标上添

加陀螺仪和加速度传感器实现指示器(激光笔)的功能。现在，通过陀螺仪，可以在消费电子产品上实现手势的输入，比如在空中写字，或者通过晃动、振荡等方式实现手势对设备功能的控制。陀螺仪对角速度的侦查很精准，甚至还可以实现识别签名等生物特征，因此可以用手势签信用卡、支票，实现E Cash的应用。“手势控制的另一个好处是可以为消费电子省电。当你依靠手势进行某些功能的控制时，不需要开启屏幕背光。例如打电话给爸爸，握着手机在空中写一个‘D’，手机就自动拨号给爸爸，而不需点亮屏幕进行拨号，这种方式可以大大节省屏幕背光的耗电量。”林尚宏补充道。

3. 定位功能

利用陀螺仪可以对GPS和电子罗盘进行补充。例如在隧道或停车场等地，GPS会丢失信号，这时陀螺仪可以根据车子运动的方向和速度，辅助盲区导航；在立交桥等立体道路上，GPS无法识别汽车在哪一层，陀螺仪则可以通过侦测到汽车上坡的动作，根据速度推算汽车到了第几层。盲区导航功能如果用加速度传感器

传感器	主要用法	优势	缺陷和解决办法
加速度传感器	•测量线性加速度和倾斜 •单次积分获得速度 •两次积分获得相对位移	•基于加速度和重力可直接测得倾斜角度 •可测得线性距离	•不能区分线性运动产生的加速度和重力产生的加速度。可联合陀螺仪使用解决该问题。 •加速度传感器两次积分可获得相对位移，但容易随着时间产生错误。可通过增加摄像头或者GPS来进行校正。
陀螺仪	•可测度绝对的转动速率 •通过单次积分获得相对角度	•快速、精准测量角速度 •不受线性加速度和磁场的干扰	•对陀螺仪输出数据单次积分可获得相对角度，但积分会随着时间产生错误。可通过结合加速度传感器(获得倾斜角度)或者电子罗盘(获得偏航角度)来解决该问题，也可以通过摄像头来解决。
电子罗盘	•测量磁场	•可测得绝对方向	•地磁信号容易收到其他磁场的干扰。可配合陀螺仪使用来去除其他磁场的干扰。 •需要倾斜补偿。可用加速度传感器测得倾斜角度来做倾斜补偿。
摄像头	•获取光学图像	•可用于获得相对位置、运动速度，以及物体间的位移 •在各种应用中提供图像获取 •对其他传感器作有益补充	•不能工作在低光照环境。可使用辅助光源解决该问题。 •只能工作在视野范围内。可使用陀螺仪和加速度传感器来扩充视角。 •图像传感器的数据更新受限。
GPS接收器	•测量绝对位置	•全球位置数据共用 •对其他传感器作有益补充	•在室内或峡谷地带信号不可用或受阻。可在有限的时间范围内，通过使用陀螺仪、加速度传感器，以及电子罗盘等传感器来解决该问题。 •运动时需要测量方向。可通过结合电子罗盘或者陀螺仪来解决。

表一：常见传感器使用概况

来实现，需要先去除重力加速度，测得线性加速度，再根据车速推算车的行径轨迹，运算起来比较复杂；而如果用电子罗盘来实现盲区导航时，则容易出现漂移，需要对导航仪画“8”字形进行校正，从而识别和去掉杂磁。这个校正的动作对司机来说很不方便，但如果配合陀螺仪使用，则可以在很小的位移范围内快速实现电子罗盘的校正。

除了汽车导航外，还可以通过陀螺仪实现行人盲区导航。不过林尚宏指出，行人的盲区导航比车子的盲区导航更难，因为车子的运行相对简单，而行人将设备放在不同位置时测得的数据相差很大，例如放腰部和放腿部检测到的信号跳动不一样，需要传感器滤波。实现行人的盲区导航是一项浩大的工程，目前还正在探讨过程中。

4. 影像防手震

目前有两种实现方式，一是EIS(电子防手震)，另一种是OIS(光学防手震)。陀螺仪目前已经被广泛使用在了EIS上，通过两轴陀螺仪检测到手震动，快速实现几次重复拍照，然后把手震动前后拍下的照片中影像重复的地方切下来。如果配合电子罗盘使用，还可以做到绝对位置的修正。“用陀螺仪实现防手震有很多好处，比如精确，使得图片叠加的质量更好；陀螺仪检测到的是摄像头本身的震动，可以与物体的震动区分开来，避免误操作；同时还可以与其他传感器做配合等。”林尚宏指出。姜正耀则表示，影像防抖动的功能即将被应用到手机中去。“陀螺仪应用在游戏机中时，只需要

6%的精度就够用，而手机需要的精度高很多。

Invensense现在有1%精度的产品供手机使用，在2011年上半年，就将有实现了影像防抖动技术的手机面市。”他介绍道。当手机借助陀螺仪实现了EIS之后，对可视电话功能有很大的帮助。因为影像抖动时，数据量很大，陀螺仪对影像进行防抖处理后数据量将大幅减少，再传输时既可以节省无线带宽，又可提高帧幅，从而优化视频的清晰度和流畅度。

此外，还可以实现计步器应用，以及通过摄像头将设备的运动和实景相结合等应用。

市场部分陀螺仪方案简介

目前市面上的陀螺仪产品有很多种，如Invensense在单芯片上嵌入三轴旋转传感器的整合性陀螺仪ITG-3200；内置了三轴陀螺仪与数字运动处理(DMP)硬件加速引擎，并具有第二条I²C接口来连接外置加速度传感器，以执行完整的六轴融合算法的IMU-3000；以及运动感测范围最广大250~2,000°/s、内置16位模/数转换器、1%精确度、内置六轴融合算法、首个面向智能手机应用的MPU-3000。“2010年第四季度Invensense还将推出加速度传感器与陀螺仪集成的产品MPU6000，这是一个单芯片的六轴产品。”姜正耀表示。

Invensense将陀螺仪和ADC、DMP等模块集成单芯片的工艺很复杂，芯片的上面是MEMS晶圆，下面是CMOS晶圆，中间进行整合。在MEMS中，需要很多结构同时震动，并保证震动发生的空间密封且空气密度稳定，同时震动

设备	现有的传感器	未来可能增加的传感器	注释
游戏控制器	加速度传感器、陀螺仪、图像传感器	电子罗盘	加速度传感器、陀螺仪和图像传感器可提供真实的一对一运动跟踪。加上电子罗盘后，可实现偏航补偿和获得绝对方向。
遥控器	无	加速度传感器、电子罗盘、陀螺仪	加速度传感器和陀螺仪支持手势控制、游戏控制，以及基于动作的数字电视菜单操作等。电子罗盘则提供绝对位置修正。
智能手机	加速度传感器、电子罗盘、摄像头、GPS	陀螺仪	加速度传感器用于游戏和倾斜补偿，电子罗盘和GPS提供位置感知。增加陀螺仪可以增强游戏体验、提供摄像头防抖动、定位相关服务、基于运动的用户界面、手势控制、运动记录以及扩增实境等。
数码相机	陀螺仪	加速度传感器、电子罗盘、GPS	陀螺仪可实现图像防抖。增加加速度传感器、电子罗盘和GPS可将位置和绝对轨迹等数据加入相片，还支持基于运动的用户界面和手势操作。
运动便携装备	加速度传感器	陀螺仪	加速度传感器支持计步器功能。陀螺仪可提供真实的3D运动轨迹跟踪，可用于分析球、球拍摆动以及身体运动的轨迹等。

表二：传感器在消费电子中的应用

要厚、稳、重、快，不受强力和外界噪音的影响，此外，还需考虑漂移及温度补偿等因素。

“Invensense推出了一系列面向消费电子应用价格为2~4美金的运动感测组件，通过将MEMS工艺与COMS工艺相整合，可在MEMS层实现运动传感，在CMOS层加入ADC、硬件加速处理等逻辑。这样我们可以在传感器器件本身实现诸如积分等数据处理，再转交给主处理器读取，可以节省主处理器和I²C资源。如果按传统的做法，将传感器的数据交给主处理器处理的话，每个传感器则需要占据200HZ的处理器资源。”林尚宏介绍道。

在功耗优化方面，Invensense采取了多模式组合的方式。例如在手机实现电视遥控功能时，关掉Y轴；在使用防手震时关掉Z轴；计步的时候，将处理器休眠；手势控制时，关掉屏幕背光。这样对不同的应用做不同的处理，通过关掉一轴或者两轴，来达到省电的目的。

除了Invensense的产品，市面上还有意法半

导体的L3G系列数字陀螺仪，其测量范围可达30~6,000°/s。意法的运动传感器产品在苹果终端中得到了大范围的应用，其三轴陀螺仪有望进一步入驻iPad。此外村田、EPSON也有单轴的陀螺仪产品。

从任天堂的Wii到苹果的iPhone 4，陀螺仪已经加速了其向消费电子领域进军脚步。目前市面上三轴陀螺仪的厂商仅有Invensense和ST两家，但是相信未来该技术的发展将通过标准化得到快速推动。姜正耀表示，目前Invensense和Google、微软等厂商都在谈合作事宜，希望得到对方的支持以实现产品的标准化，这一工作已经得到了很大的进展。而硬件方面，该公司与高通、MTK的合作也很顺畅，陀螺仪下一个增长主驱动力将是手机市场。他指出，“由于Invensense的陀螺仪产品本身自带了处理功能，因此对主处理器的依赖不高，可以任意搭配各种级别的处理器使用，所以陀螺仪的身影将很快遍布高、中、低端的手产品。” ■

(上接21页)

到iPad的冲击市场非常糟糕。销量低+利润低，盛大自主研发电子阅读器完全是一件吃力不讨好的事情，还不如和其他终端厂商合作，或者ODM几款电子阅读器以共摊风险。“iPad一上市，我们客户中的2/3立马改做平板电脑了，可见现在电子阅读器这个产业链有多混乱多不稳固。我估计今年该产业会洗一次牌，乱中淘汰掉部分中小企业。等明年大家冷静下来后，留下有实力的玩家，再来认真思考产业的健康发展模式。”该研发总监表示。至于未来的产业发展模式，他认为终端厂商将会向内容靠拢，例如汉王有自己的书库等，但这种发展模式阻力很大；此外就是内容向硬件方向的整合，内容提供方有可能会采取ODM或者投资硬件厂商的模式，因为如果内容商自己收购硬件商或者完全自主研发会有很大的负担。

张磊和陈绍金都肯定了这种内容+ODM的垂直整合方式。张磊指出，未来内容及内容平台商将会和规模较大的硬件商相结合。当Bambook这一波的低价冲击和iPad齐齐作用，

肃清电子阅读器市场的机会主义者后，产业会慢慢进入健康发展状态。盛大不会只有一款Bambook，他会采用ODM的方式继续发展。陈绍金则认为，在未来产业的垂直整合中，硬件是不会缩水的，因为内容的实现需要基于硬件平台，腾讯也好，盛大也好，甚至是淘宝也好，将来的终端产品都将基于ODM的形式出现。如果说产业垂直整合会给产业链带来很大的改变，那将是品牌运营商逐渐转做定制。

总的来说，在消费电子未来产业链的转变中，方案商有很大的存在空间。当内容开始主导市场时，内容提供方需要用ODM的方式定制适合自己的产品。这也是移动运营商目前正在走的路。“用户群体的培养和健康的运营/盈利模式是消费电子产业向前发展的基础。对于中国移动这样的运营商来说，用户群体是足够大了，要培养也不难，只要想好合适的运营模式，就能很容易实现盈利。可是移动硬件终端方面动辄每年几亿的手机出货量，这可不是运营商可以掌控得了的，因此还得依赖ODM定制。”顾文军表示。 ■