

白皮书

胎压监测系统 全球解决方案

摘要

轮胎是舒适、安全和节油驾驶的基础—前提是充气适度。这看似简单,但没有胎压监测系统(TPMS),驾驶员只能想当然地估测,通常无法获得合适的胎压。我们来看一下世界各地政府的规定。基本上每个地区都采用经实践验证的技术高效地监测胎压,提醒驾驶员可能出现的隐患,出台了相应的法规,要求汽车制造商在许多类别的车辆中配备TPMS。

目录

- 2 引言
- 2 足气驾驶
- 2 历史回顾
- 4 安全考虑因素
- 4 燃油经济性考虑因素
- 5 直接式和间接式胎压监测系统
- 6 飞思卡尔直接式胎压监测系统
- 9 TPMS的持续进步/变化
- 10 驾驶更安全、更高效



引言

基于TPMS所需的压力传感、微控制器 (MCU)、射频 (RF) 和接口技术,飞思卡尔半导体积极参与胎压监测已逾15年。2007年,飞思卡尔已不仅仅能继续提供分离的组件,还将其技术整合到单一封装解决方案中。最近,飞思卡尔的技术又取得了新的进展,可以提供一个更新的单一封装解决方案,利用微机电系统 (MEMS) 和MCU技术的进步,扩展该集成解决方案的性能。本文介绍了胎压监测系统的要求和实施该系统的变化,以及系统级封装解决方案的最新技术,还讨论了在不久的将来可能出现的技术进步。

足气驾驶

胎压合适不只是涉及使轮胎气压达到制造商推荐的范围。有些情况还可能会给驾驶员带来麻烦。

首先,制造商推荐的气压是一种“冷”气压。在车辆停驶一个多小时后测量胎压,所测胎压由轮胎的承载能力决定,而且在驾驶时胎压会有所上升。当轮胎因驾驶而变热时,不应该下调胎压测量结果来估计冷胎压,即使在驾驶时大多数轮胎胎压每平方英寸通常都会增加大约3-5psi (20kPa-35kPa)。

胎压计通常测量外部环境压力和轮胎内部压力之间的差异(称为表压)。然而,胎压受海拔高度变化的影响。例如,在高海拔地区(如亚利桑那州弗拉格斯塔夫)冷胎压合适的汽车驾驶到较低海拔地区(如亚利桑那州凤凰城)时,将会气压不足,大约少3psi(20kPa)。同样,在凤凰城冷胎压合适的轮胎驾驶到弗拉格斯塔夫时气压会过高,大约高3psi (20 kPa)。

季节性的温度变化也是影响胎压是否合适的因素。即使不考虑轮胎因长时间未工作而气压损失(参见《安全考虑因素》),在夏天(比如90 °F度时,约32 °C)设置冷气压,也将比在气温为0 °F(约-18 °C)的冬天早晨设置减少大约16%。

没有TPMS,那些不检查轮胎的驾驶员经常或在某些情况下有可能使用气压不正常的轮胎,因而有驾驶危险。

历史回顾

据美国国家公路交通安全管理局(NHTSA)估计,没有TPMS时,每年有2.3万起涉及轮胎漏气或爆胎的交通事故,其中535人死亡。这两个问题可能都是胎压不合适造成的。由于安全原因,美国政府颁布了《运输设备召回、改进、责任认定和文档记录法案》(TREAD)。作为TREAD法案的一部分,联邦机动车辆安全标准(FMVSS 138)要求所有总重量等级达1万磅或小批量制造的汽车、卡车和公共汽车自2008年后都必须安装TPMS。

世界其他地区也认识到了胎压不正常所带来的安全问题。在法国,Sécurité Routière估计交通死亡事故中有9%是由于胎压不足引起的。德国DEKRA估计与轮胎相关的问题占有交通伤亡事故的比例大约为41%,并指出,没有TPMS,道路上75%的车辆至少有一条轮胎亏气达3psi (20 kPa)或以上。

气压合适的轮胎除了可以提高安全性以外,还可以提高车辆的燃油经济性。因此,许多地区都已要求或将要求安装TPMS。表1给出了不同地区的要求和实施时间。

表1. 各地区的TPMS法规要求

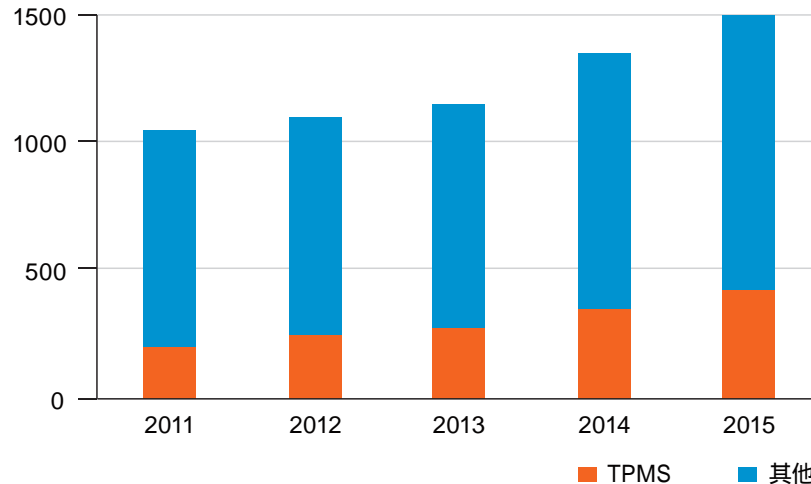
地区	要求
美国	2005年制订的法规 : FMVSS1388强制要求2005年10月1日起新车均需安装TPMS
欧盟	2012年制订的法规 : EC661 - 2009强制要求2012年11月起批准的新车型、2014年11月起所有新车均需装有TPMS
韩国/日本	2013年制订的法规 : 2013年1月起,所有新型乘用车以及2015年1月起现有车型均需安装TPMS
中国	推荐规范 正在起草强制标准
台湾	2012年11月公布了标准,2013年11月开始实施
俄罗斯, 哈萨克斯坦, 白俄罗斯 (欧亚)	2015年开始生效,取代国家相关法律
印度尼西亚, 以色列, 马来西亚, 菲律宾, 土耳其	从欧洲进口车辆需要获得欧洲整车型批文。因此,2014年11月起将要求所有新汽车安装TPMS。

法规的颁布驱动着TPMS的显著增长。市场调研公司Frost and Sullivan预测,到2014年1北美将近38%的车辆将安装TPMS。该公司预计,到2018年欧洲安装TPMS的在用汽车数量将增加到3670万辆。

实施TPMS的规定使胎压成为汽车压力测试(包括歧管绝对压力(MAP)、大气绝对压力(BAP)、气囊压力、制动压力、HVAC压力等)的一个重要部分。据IHS iSuppli估计(图1),到2015年2TPMS将占汽车传感器整个压力测量市场的25%以上。

图1. TPMS与汽车压力传感器总增长。

来源：IHS iSuppli汽车MEMS市场跟踪²。



来源：IHS iSuppli汽车MEMS市场跟踪²。

安全考虑因素

气压合适的轮胎可减少爆胎、缩短刹车距离，减少湿滑路面的打滑情况、提高车辆的整体可操控性。对于TPMS来说，检测的首要任务是预防爆胎。气压不足的轮胎发热更快，不能承载其所规定的负荷。这会造成轮胎过度屈挠，导致胎面分离和爆胎。如果不计轮胎受到道路损坏的影响，则其每月自然漏气为1psi (6.9 kPa)，85%的胎压损耗是通过缓慢漏气造成的。

气压不足加上高速和/或超载情况增加了轮胎爆胎的风险。这种灾难性事件可能使车辆突然冲向迎面而来的车辆或失去控制。即使驾驶员控制了车辆，还是需要紧急更换轮胎。在车道上更换轮胎通常使驾驶员处于车流急驶的危险中，尤其在夜间或在天气恶劣的情况下更加危险。

在轮胎压力超过额定最大值的极端情况才需要担心气压过高。气压过高可能是轮胎充气过多以及随后因驾驶和阳光照射而发热等综合因素造成的。由于这些情况比较罕见，因此大多数TPMS并不会对气压过高的情况发出告警。然而，有些系统还是会对气压过高的情况发出告警。

燃油经济性考虑因素

胎压正常除了有利于安全外，肯定还有经济上的考量。欧洲标准考虑了正常胎压所提供的燃油经济性。然而，轮胎磨损增加和气压不合适造成的轮胎非正常磨损也增加了驾驶员的拥有成本。

商业货运行业依赖高燃油经济性降低成本，证明胎压正常具有经济效益。固特异轮胎与橡胶公司进行的测试表明，15%的汽车和拖车轮胎气压不足，会造成轮胎比预期寿命缩短8%，燃料效率减少2.5%MPG。

由于重型牵引车/拖车可能有18条以上的轮胎，如果保持合适胎压，每辆车在其几十万英里的寿命期内可以节省数千美元的燃油费和轮胎维修成本。乘用车也能因胎压正常而获得这两方面的收益。

直接式和间接式胎压监测系统

机动车使用两种胎压监测技术 - 直接监测和间接监测。间接式TPMS使用在防抱死制动系统 (ABS) 中的速度传感器, 比较轮胎之间的转速差别来确定气压不足的情况。因为当某轮胎的气压不足时, 其半径将稍小于气压正常的轮胎, 因此在汽车行驶时其转速与气压正常的轮胎转速不同。当系统检测到气压不足的情况时, 会向驾驶员告警。

间接系统的主要缺点是, 它无法检测到由于空气穿透橡胶造成所有轮胎均出现缓慢漏气或侧壁钢圈边缘或气门出现微小漏气的情况。如果所有轮胎漏气速度基本相同, 轮胎之间的转速就不会有明显的变化。因此, 间接系统对于“监测”胎压就没有用。但是, 对于穿孔和爆胎等意想不到的漏气, 它的监测效果还是相当好的。

除了要求车辆处于行驶状态外, 间接系统一般无法提供直接系统那样的结果。而且, 如果更换、调换轮胎或给轮胎重新充压, 用户必须每次重置系统。

与间接系统相反, 直接式TPMS采用安装在气嘴或轮辋上或轮胎内的压力传感器, 为每个轮胎提供独立的、频繁的气压测量。这些测量数据被传输到汽车仪表盘, 以通知驾驶员。

由于FMVSS 138允许轮胎亏气25%时提示时间最长可以延迟20分钟, 因此胎压不足时有些系统可能会延迟几分钟报告。TPMS系统设计师利用这个规定尽可能减少数据传输, 以延长电池使用时间。

要通过欧洲和其他标准, 间接式TPMS有一些困难, 市场调研公司Strategy Analytics3修订的市场展望报告中就反映出了这种困难。Strategy Analytics汽车电子服务总监Ian Riches表示, 全球立法过严一直是间接系统面临的挑战, 吞噬了其成本优势。“我们现在看到的是直接方法和间接方法的市场占有率约七三开。”他说, “到2020年, 我们预计全球生产的轻型汽车中80%以上装有TPMS。直接系统的全球占有率将为57%左右, 间接系统约为24%。”

飞思卡尔的直接式胎压监测系统

2007年,飞思卡尔率先开发了MPXY8300直接式胎压监测单芯片解决方案,减少了多器件的处理、印刷电路板的尺寸,TPMS供应商无需增加额外器件成本。小尺寸使供应商有机会让各种采用不同轮辋尺寸的车型使用一个解决方案。

FXTH87 TPMS系列是高度集成的传感解决方案Xtrinsic组合的一部分,并将这种设计方法提升到新水平。最新的单一封装设计包含:

- 压力传感器
- 温度传感器
- 加速度传感器
- MCU
- 射频(RF)发射器
- 低频接收器(LFR)
- 软件

FXTH87 TPMS的传感能力来自:

- 带一个校准压力量程(共两个)的电容式压力传感器
- 温度传感器
- 可选X轴和Z轴加速度传感器

图2显示了FXTH87 TPMS中CMOS表面微型机械压力传感压力单元I和XZ, 双轴加速度传感器或加速度单元。

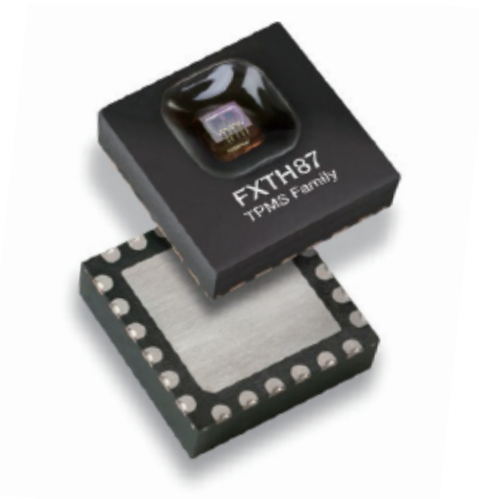
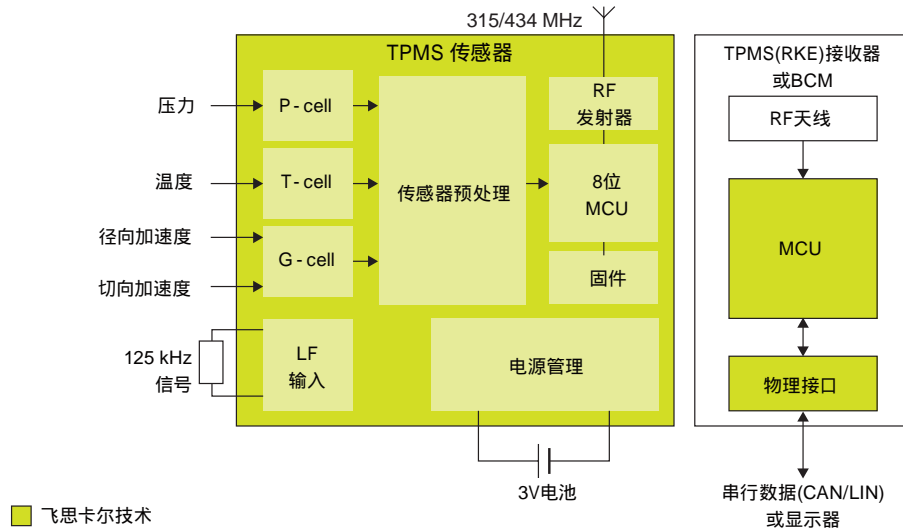


图3显示了封装级TPMS解决方案的基本方面。

图3. TPMS解决方案的基本方面包括传感、处理、数据传输和电源管理技术



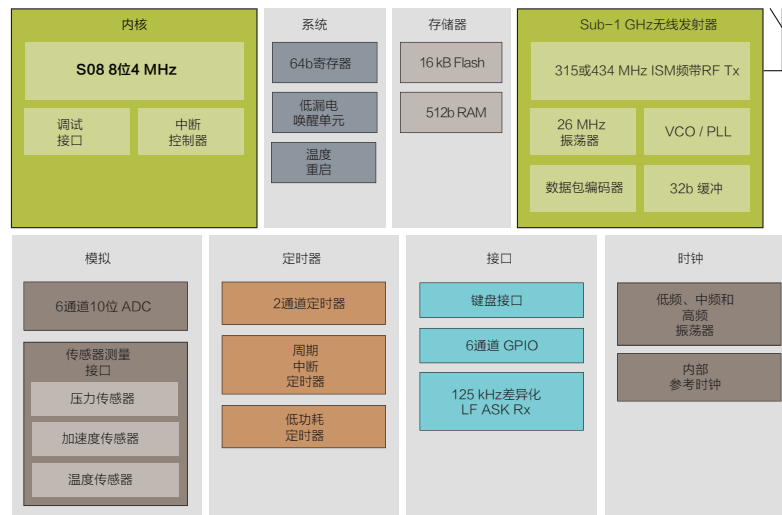
TPMS的功耗为434MHz@5dBm(dBmW)时7mA ,@5dBm时最大7mA ,Stop模式时只有900nA。多种停止模式使程序员有多种选择 ,可以实现性能与功耗的最佳平衡。

0.25微米的MCU集成了低频(LF)和射频(RF)通信技术。在TPMS中接收短距离通信的低频信号时 ,LFR的功耗极低。

FXTH87 TPMS的内置315/434 MHz射频发射器包含带晶体振荡电路、压控振荡器(VCO)的射频模块(RFM) , fractal-n锁相环(PLL)和用于天线的射频输出放大器(PA)。它还包含一个小型状态机控制器,随机时间发生器和用于自动输出或由MCU直接控制的硬件数据缓冲区。

图4所示的整个系统框图确定了其他系统方面 ,包括模数转换(ADC) ,传感器接口 ,射频放大和各种定时器和存储模块。

图4. FXTM87框图显示了TPMS的各种系统级模块。



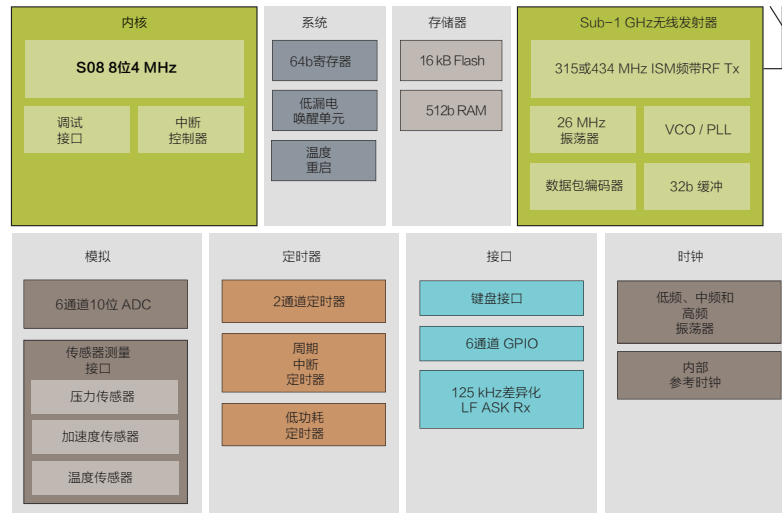
低功耗表面微机械电容式压力传感器的压力单元提供精确的压力测量，量程最大可到达1500kPa (最高217 psi)。FXTM87 TPMS现在可使用的压力量程为100 - 450kPa (最高65psi)和100 - 900kPa (最高130psi)，涵盖从小型乘用车到高性能车和大型运动多功能车 (SUV) 的要求。

电容式压力传感器每次读取只需要0.14 μA的电流 (3V, 30KHz)和0.9nAs的最低电荷。如表2所示，FXTM87与加速度传感器选项结合，提供相当大的TPMS设计灵活性。

表2. 可订购的TPMS部件，含加速度传感器轴和压力

标准部件编号	P-cel 量程(kPa)	压力偏置补偿精度 (0° C - 70° C)	加速度轴	Z 量程	Z-偏置精度 (-40° C - +125° C)	X 范围	X-偏置精度 (-40° C - +125° C)
标准公差							
FXTM870502DT1	100 - 450	± 7 kPa	Z	-270 g/+ 350 g 量程	± 6 g		
FXTM870511DT1	100 - 450	± 7 kPa	XZ	-210 g/+240 g 量程	± 5 g	-70 g/+80 g 量程	± 4 g
FXTM870902DT1	100 - 900	± 10 kPa	Z	-270 g/+ 350 g 量程	± 6 g		
FXTM870911DT1	100 - 900	± 10 kPa	XZ	-210 g/+240 g 量程	± 5 g	-70 g/+80 g 量程	± 4 g
FXTM870912DT1	100 - 900	± 10 kPa	XZ	-270 g/+ 350 g 量程	± 6 g	-70 g/+80 g 量程	± 4 g
精确公差							
FXTM8705026T1	100 - 450	± 7 kPa	Z	-270 g/+ 350 g 量程	± 3 g		
FXTM8705116T1	100 - 450	± 7 kPa	XZ	-210 g/+240 g 量程	± 3 g	70 g/+80 g 量程	± 3 g
FXTM8709026T1	100 - 900	± 10 kPa	Z	-270 g/+ 350 g 量程	± 3 g		
FXTM8709116T1	100 - 900	± 10 kPa	XZ	-210 g/+240 g 量程	± 3 g	-70 g/+80 g 量程	± 3 g
FXTM8709126T1	100 - 900	± 10 kPa	XZ	-270 g/+ 350 g 量程	± 3 g	-70 g/+80 g 量程	± 3 g

图4. FXTM87框图显示了TPMS的各种系统级模块。



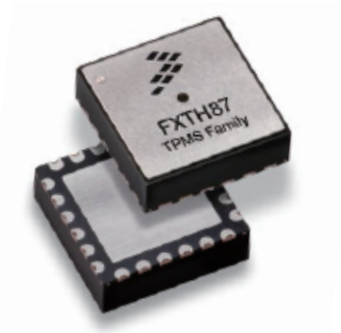
低功耗表面微机械电容式压力传感器的压力单元提供精确的压力测量，量程最大可到达1500kPa (最高217 psi)。FXTM87 TPMS现在可使用的压力量程为100 - 450kPa (最高65psi)和100 - 900kPa (最高130psi)，涵盖从小型乘用车到高性能车和大型运动多功能车 (SUV) 的要求。

电容式压力传感器每次读取只需要0.14 μA的电流 (3V, 30KHz)和0.9nAs的最低电荷。如表2所示，FXTM87与加速度传感器选项结合，提供相当大的TPMS设计灵活性。

表2. 可订购的TPMS部件，含加速度传感器轴和压力

标准部件编号	P-cel 量程(kPa)	压力偏置补偿精度 (0° C - 70° C)	加速度轴	Z 量程	Z-偏置精度 (-40° C - +125° C)	X 范围	X-偏置精度 (-40° C - +125° C)
标准公差							
FXTM870502DT1	100 - 450	± 7 kPa	Z	-270 g/+ 350 g 量程	± 6 g		
FXTM870511DT1	100 - 450	± 7 kPa	XZ	-210 g/+240 g 量程	± 5 g	-70 g/+80 g 量程	± 4 g
FXTM870902DT1	100 - 900	± 10 kPa	Z	-270 g/+ 350 g 量程	± 6 g		
FXTM870911DT1	100 - 900	± 10 kPa	XZ	-210 g/+240 g 量程	± 5 g	-70 g/+80 g 量程	± 4 g
FXTM870912DT1	100 - 900	± 10 kPa	XZ	-270 g/+ 350 g 量程	± 6 g	-70 g/+80 g 量程	± 4 g
精确公差							
FXTM8705026T1	100 - 450	± 7 kPa	Z	-270 g/+ 350 g 量程	± 3 g		
FXTM8705116T1	100 - 450	± 7 kPa	XZ	-210 g/+240 g 量程	± 3 g	70 g/+80 g 量程	± 3 g
FXTM8709026T1	100 - 900	± 10 kPa	Z	-270 g/+ 350 g 量程	± 3 g		
FXTM8709116T1	100 - 900	± 10 kPa	XZ	-210 g/+240 g 量程	± 3 g	-70 g/+80 g 量程	± 3 g
FXTM8709126T1	100 - 900	± 10 kPa	XZ	-270 g/+ 350 g 量程	± 3 g	-70 g/+80 g 量程	± 3 g

图5. 标准TPMS封装包括7 × 7 mm QFN规格



TPMS的持续进步/变化

活跃的行业研究和其他技术进步以及新法规有望改变未来TPMS系统的功能要求。显示有关车辆健康的更多信息，特别是涉及到轮胎时，将要求汽车制造商更频繁地获取和传输数据。能量收集利用、双轴加速度传感器、无气轮胎和法规修改，如扩展频率范围正在被讨论中。

一级系统制造商已经推出了将TPMS与其他车辆系统集成的产品。车辆稳定控制系统能够利用TPMS提供的额外信息。

稳定控制需要传感器融合，从而将TPMS数据与其他车辆传感器的数据结合。飞思卡尔的传感器融合功能能以适当的格式提供原始数据，供其他车辆系统使用。

能量收集技术从轮胎的振动中提取电能，可以不需要更换向每条轮胎的TPMS节点供电的电池，或显著延长电池的使用寿命。能量收集可以支持其他TPMS的进步。

今天，TPMS数据以非常缓慢，长时间间隔进行传输，只用来确定胎压是否降低。将胎压数据集成到稳定控制中需要的数据量更大、传输更频繁，会大大降低现有设计的电池寿命。借助能量收集，将实现更高的数据速率，而无需频繁更换电池。飞思卡尔正在探索TPMS中新兴能量收集技术的实现。

双轴加速度传感器和三轴加速度传感器通常用于消费电子产品中进行运动检测。然而，今天大多数胎压监测系统使用单个加速度单元。采用双轴加速度传感器，TPMS制造商可以识别轮胎位置，这一过程称为定位。有些TPMS制造商可能需要三轴功能。

例如,中国的TPMS法规可能要求熄火时轮胎可以被跟踪,以确定轮胎因为调换或某个问题从一个位置换到另一个位置时是否发生了变化。现今,进行特定的轮胎定位时,车辆需要处于驾驶状态,使系统可以调查每个轮胎的数据,然后确定每个轮胎的位置。

双轴加速度传感器的使用几乎可满足所有定位方案,而单轴加速度传感器则受其应用的限制。

无气轮胎可能会极大地干扰TPMS的安装。轮胎制造商正在努力开发无气轮胎,在接下来的五到十年中,这些轮胎可能开始出现在生产车辆中。然而,在无气轮胎普及前,汽车制造商仍将不得不依靠TPMS技术来保持充气轮胎的正常气压。无气轮胎也需要轮胎监测系统,需要检测施加给轮胎的压力和负荷。

法规正在修改,如现在有人提议在工业、科学和医疗(ISM)中使用比拥挤的434MHz更高的频率。中国大陆或台湾有可能更改为835-875MHz。新频率建立时,飞思卡尔会有使用新的频段的发射器。

飞思卡尔一直与汽车市场的领导者合作,共同开发TPMS应用,不断探索更充分地利用系统级封装技术,使TPMS供应商能够有效控制成本,缩短设计时间。

驾驶更安全、更高效

胎压监测系统已证明有助提高汽车的安全性,提高的燃油经济性,从而减少二氧化碳排放量。这些系统还可以减少轮胎磨损,使轮胎寿命更长,稳定的驾驶品质,由于好处众多,政府无需法规为购车者提供价值。然而,法规的存在,并且在全球各地不断增加。法规的出台带来了额外的发展动力,提供了可预见的市场的增长,并促进TPMS供应商之间的激烈竞争。

2003年,飞思卡尔率先开创了最初的TPMS系统级单芯片方案。Xtrinsic FXTH87近来取得了最新成果,使TPMS设计进入了新的阶段。压力范围、加速度传感器轴、封装和其他可选项,使FXTH87 TPMS是个易于设计的方案,甚至可满足当前世界各地最复杂的TPMS要求。

汽车市场是飞思卡尔的一个关键业务领域,TPMS专长已经不仅限于与客户进行系统级专家讨论,而是能够将所有相关技术集成到单一封装中。这不仅充分利用了在多个领域的芯片领域的经验优势,以及我们在其它几个领域(包括传感器融合)的研发和探索获得的软件方面的经验优势。最终结论是,高度集成的Xtrinsic系统解决方案在胎压监测系统中充分得到了验证。

参考资料

1. Frost & Sullivan forecasts rapid growth in tire pressure monitoring systems market; \$386.6M by 2018
2. IHS iSuppli/IHS, "Automotive MEMS Market Tracker"
3. Strategy Analytics: TPMS Market Update: Indirect Systems Meet TREAD Act Requirements (2008)