

SUNSTAR商斯达实业集团是集研发、生产、工程、销售、代理经销、技术咨询、信息服务等为一体的高科技企业，是专业高科技电子产品生产厂家，是具有 10 多年历史的专业电子元器件供应商，是中国最早和最大的仓储式连锁规模经营大型综合电子零部件代理分销商之一，是一家专业代理和分销世界各大品牌 IC 芯片和电子元器件的连锁经营综合性国际公司。在香港、北京、深圳、上海、西安、成都等全国主要电子市场设有直属分公司和产品展示展销窗口门市部专卖店及代理分销商，已在全国范围内建成强大统一的供货和代理分销网络。我们专业代理经销、开发生产电子元器件、集成电路、传感器、微波光电元器件、工控机/DOC/DOM 电子盘、专用电路、单片机开发、MCU/DSP/ARM/FPGA 软件硬件、二极管、三极管、模块等，是您可靠的一站式现货配套供应商、方案提供商、部件功能模块开发配套商。**专业以现代信息产业（计算机、通讯及传感器）三大支柱之一的传感器为主营业务，专业经营各类传感器的代理、销售生产、网络信息、科技图书资料及配套产品设计、工程开发。我们的专业网站——中国传感器科技信息网（全球传感器数据库）www.SENSOR-IC.COM 服务于全球高科技生产商及贸易商，为企业科技产品开发提供技术交流平台。欢迎各厂商互通有无、交换信息、交换链接、发布寻求代理信息。欢迎国外高科技传感器、变送器、执行器、自动控制产品厂商介绍产品到中国，共同开拓市场。**本网站是关于各种传感器-变送器-仪器仪表及工业自动化大型专业网站，深入到工业控制、系统工程计 测量、自动化、安防报警、消费电子等众多领域，把最新的传感器-变送器-仪器仪表买卖信息，最新技术供求，最新采购商，行业动态，发展方向，最新的技术应用和市场资讯及时的传递给广大科技开发、科学研究、产品设计人员。本网站已成功为石油、化工、电力、医药、生物、航空、航天、国防、能源、冶金、电子、工业、农业、交通、汽车、矿山、煤炭、纺织、信息、通信、IT、安防、环保、印刷、科研、气象、仪器仪表等领域从事科学研究、产品设计、开发、生产制造的科技人员、管理人员、和采购人员提供满意服务。**我公司专业开发生产、代理、经销、销售各种传感器、变送器、敏感元器件、开关、执行器、仪器仪表、自动化控制系统：专门从事设计、生产、销售各种传感器、变送器、各种测控仪表、热工仪表、现场控制器、计算机控制系统、数据采集系统、各类环境监控系统、专用控制系统应用软件以及嵌入式系统开发及应用等工作。**如热敏电阻、压敏电阻、温度传感器、湿度变送器、湿度传感器、湿度变送器、气体传感器、压力传感器、压力变送器、称重传感器、物（液）位传感器、物（液）位变送器、流量传感器、流量变送器、电流（压）传感器、溶氧传感器、霍尔传感器、图像传感器、超声波传感器、位移传感器、速度传感器、加速度传感器、扭矩传感器、红外传感器、紫外传感器、火焰传感器、激光传感器、振动传感器、轴角传感器、光电传感器、接近传感器、干簧管传感器、继电器传感器、微型电泵、磁敏（阻）传感器、压力开关、接近开关、光电开关、色标传感器、光纤传感器、齿轮测速传感器、时间继电器、计数器、计米器、温控仪、固态继电器、调压模块、电磁铁、电压表、电流表等特殊传感器。同时承接传感器应用电路、产品设计和自动化工程项目。

欢迎索取免费详细资料、设计指南和光盘；产品凡多，未能尽录，欢迎来电查询。

更多产品请看本公司产品专用销售网站：

商斯达中国传感器科技信息网：<http://www.sensor-ic.com/>

商斯达工控安防网：<http://www.pc-ps.net/>

商斯达电子元器件网：<http://www.sunstare.com/>

商斯达微波光电产品网：[HTTP://www.rfoe.net/](http://www.rfoe.net/)

商斯达消费电子产品网：<http://www.icasic.com/>

商斯达军工产品网：<http://www.junpinic.com/>

商斯达实业科技产品网：<http://www.sunstars.cn/>传感器销售热线：

地址：深圳市福田区福华路福庆街鸿图大厦 1602 室

电话：0755-83607652 83376489 83376549 83370250 83370251 82500323

传真：0755-83376182 (0) 13902971329 MSN: SUNS888@hotmail.com

邮编：518033 E-mail: szss20@163.com QQ: 195847376

深圳赛格展销部：深圳华强北路赛格电子市场 2583 号 电话：0755-83665529

技术支持：0755-83394033 13501568376



精确传递

——GE 高性能 TPMS 传感器

在美国国会通过《关于加强运输设备召回、责任确定和文件记录法案》(TREAD Act) 后, 美国国家公路交通安全管理局 (NHTSA) 制定了要求相关车辆加装胎压监测系统 (TPMS) 的机动车安全新标准。巨大的市场潜在需求量, 使 TPMS 成为汽车行业发展中最令人瞩目的一个领域。本文针对直接式 TPMS 的应用, 从传感器内部的各个功能环节系统介绍了通用电气 (GE) 为全球 TPMS 提供的两款高性能传感器 (NPX-I、II) 及其应用设计。

□ 通用电气工业集团传感与测量 张立 陆朝红

汽车轮胎压力监测系统 (TPMS) 主要用于汽车行驶过程中监测轮胎气压, 并对轮胎低气压或者漏气导致气压不足进行报警, 以保障行车安全。压力监测有直接和间接方式两种, 直接方式更加准确、可靠。早在 2000 年美国 TREAD 法案制定之前, TPMS 就在某些高档的汽车型号中得到了应用。

从 1995 年开始, GE NovaSensor 就开始为 TPMS 提供压力传感器 (如 NPP301), 至今已经有超过 2000 万片的压力传感器在汽车轮胎中使用, 其失效率仅为 1ppm (百万分之一)。在 TPMS 领域拥有 10 年成功经验的 GE, 通过与全球大客户的广泛合作, 不断针对 TPMS 推出新的产品, 以满足市场上对灵活、客户定制/解决方

案和降低成本的需要, 同时也代表了全球 TPMS 传感器市场的发展方向。在 TPMS 传感器领域, GE NovaSensor 始终处于全球领先的地位, 是世界上最大的 TPMS 传感器供应商。

从 2004 年初开始, GE 的第二代高性能、高集成度的 TPMS 传感器 NPX-I 开始批量供货。NPX-I 集成了 MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) 技术生产的硅压力传感器, 以及温度、电压传感器、低功耗 8 位 RISC 微处理器, 同时该款传感器拥有丰富的外围接口以满足不同的设计要求。

在 2005 年 4 月, GE 在中国和全球同步推出最新一代 TPMS 传感器——NPX-II, 从而使得在中国的 TPMS 研发与国外站在了同一个起跑线上。该型传感器在 NPX-I 的基础上, 更是集成了 MEMS 加速度传感器。该加速度传感器可替换外围运动开关, 从而简化了设计, 提高了可靠性, 降低了成本; 另外, NPX-I 和 II 的开发环境保持了兼容性。

针对用户不同的开发阶段和应用情况, GE 为初期设计和用量相对较小的用户提供了可编程版本的传感器; 大批量需求的用户, 可以由 GE 为其提供掩模 ROM 工艺进行生产, 以进一步降低成本。

NPX-I 和 II 的组成及应用说明

从图 1 (右) 中可以看出, 尽管 NPX-II 比 NPX-I 从结构上多了加速度传感器, 但仍保持了封装大小的统一性。GE 的 MEMS 技术确保了产品在高集成度的情况下仍然可以做到小尺寸、高性能、低功耗。以下对 NPX-I 和 II 的内核

部分的功能进行说明,并且针对外围RF芯片的控制、调制发送作必要补充。

1. RISC 控制器模块

该控制器使用内部RC振荡电路产生可在运行中重新设置的运行系统时钟(System Clock),因此MCU运行时不需要外部晶振提供时钟。运行速度可从125kHz到2MHz间进行设置,时钟越慢,控制器的功耗越低,然而有时也需要更快的速度来处理某些事务,例如,RF调制输出时,为减少比特之间的时间误差,一般都设置为2MHz的时钟运行。由于微控制器采用了2阶的取指管道结构,在运行当前指令时,下一个指令同时被读取备用,因此可以每个时钟周期执行一条单周期指令的方式高速运行,由此在编程过程中也需要对一些特殊事件之间的处理特别留意。

在可编程版本的传感器中,有4k字节的E-ROM可供用户下载、调试应用代码,可确保重复使用1万次以上。程序的下载通过专用控制口线与开发工具连接进行,有异步和同步下载两种方式。另外有4k字节的ROM,存放了传感

器在启动运行时的设置代码,以及GE提供给用户进行压力、加速度、温度等补偿运算的固化函数,甚至包括了调制RF输出信号的函数。由此用户关注的只是程序的流程而已,几乎所有的运算都无需用户另外编程。

128字节的RAM分别用作R0~R7的通用寄存器、特殊功能寄存器(SFR)和用户可使用的RAM等。超出128字节外的还包括了堆栈寄存器以及待扩展的部分等。

128字节的EEPROM共分为32页,每页4个字节,存放了一些重要的配置参数、进行补偿运算使用的参数等,其中在第28页还包括了该芯片具有的唯一32位序列号。该序列号可以被用作RF发射过程中区别各个模块的编号,用户也可以使用自己设定的模块编号方式。通过调用固化函数,用户可以对EEPROM相关地址处进行字节/位读写操作。

尽管传感器内核部分有更多的I/O口可供使用,NPX-I和II根据TPMS的实际应用只选用了其中5个I/O口作为与外围设备的接口,分别是P10、P11、P14、P15

和P17。所有的I/O口在输出模式时都是推挽式输出。其中P10和P11有内部的可配置的上拉、下拉电阻,而其余的则可根据需要在外部布置上拉或者下拉电阻以确保在输入状态时的输入管脚信号。当P10和P11在输入状态时,如果外部信号出现由高到低的变化,将使传感器由待机状态转入运行状态。

P14和P17可作为通用I/O,但主要用于RF调制输出控制。可单独使用其中一个,而另一个则可作为通用I/O。当和计时器(Timer0)、数字调制寄存器(MODCON)配合使用,并调用相关函数时,对于RF发射控制和调制输出的设置工作可以大为减少。

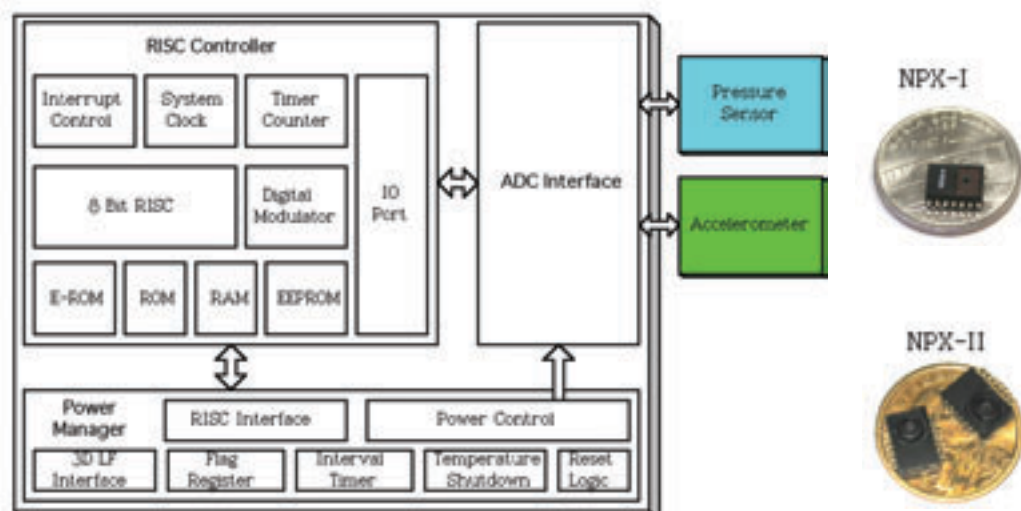
2. ADC 接口

ADC电路在进行压力、加速度以及温度检测时,使用了比率电路进行采样和转换,因此较一般的使用参考电平进行ADC转换更加节电,同时降低了成本。压力传感器以及加速度传感器通过多路传输通道MUX2接入转换电路。

对于压力、加速度、温度以及电压的ADC转换以及补偿运算部

分,用户只需简单调用固化函数即可得到满足要求的值,而无需关心是如何实现的。GE在提供的固化函数中,对转换功耗和补偿运算时间已经作了优化,并且在提供给用户的文档中有详细的说明。由于所有这部分电路都包含在传感器的封装中,因此用户的电路设计不涉及到传感器的连接和布线。

图1 NPX-I和II的功能框架图(左)及实际封装图(右)



ADC 电路在工作过程中始终以 2MHz 的速度进行采样和转换。

GE 的 TPMS 传感器特殊之处还在于,在每次进行压力或者加速度传感器的转换及运算之后,函数还进行传感器的故障检测,并通过特定字节返回当前传感器状态和补偿值。在 NHTSA 制定的法规中,就可以找到要求 TPMS 进行故障检测及报警功能的要求。

NPX-I 和 II 的特点还在于压力传感器的宽温范围内 ($-40^{\circ} \sim 125^{\circ}$) 的高线性度,加上 GE 提供的特有固化函数进行补偿运算,提供给用户的绝对压力值误差不超过满量程的 $\pm 3.1\%$ (8 位输出),局部可以达到 $\pm 1.2\%$ 。此外,GE 还有不同压力范围的传感器供用户选用,用户甚至可以根据设计应用进行产品定制。

3. 能源管理模块

由于 TPMS 传感器部分安装位置处于轮胎内部,因此在安装后进行保养和维修本身就存在一定难度,而且传感器模块都灌注在成型模中,一次性使用,因此有提出 10 年左右的使用寿命的要求。大容量的电池对使用寿命固然非常重要,但是如果传感器模块缺乏一种高效的能源管理机制,就很难满足长时间的工作要求。综合来讲,就是需要选用容量大的适用电池、启动时间短及低功耗高效的 RF 发射芯片、合理的天线和阻抗匹配设计,灵活高效的传感器程序控制流程设计。GE 的 NPX-I 和 II 给用户提供了充分的资源用于管理和控制传感器的功耗。

NPX-I 和 II 在正常工作时有三种状态:待机状态 (POWER

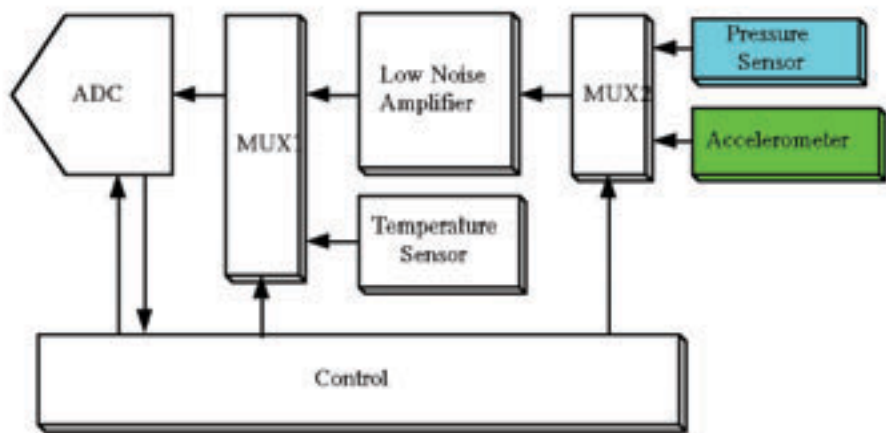


图 2 ADC 电路原理图

DOWN)、运行状态 (RUN) 和空闲状态 (IDLE)。可以通过相应的指令在这三个状态中进行切换,同时控制器中某些功能机制会强制使得整个模块进入某种特定状态,如在环境温度过高时,可进入超温保护模式 (TEMPERATURE SHUTDOWN)。

代码下载后一旦供电,传感器即根据程序流程进入状态切换过程中。其中待机状态和超温保护状态是低功耗状态,此时外围电路也应成为低功耗状态;而运行状态和空闲状态是传感器功耗相对较高状态,尤其是在发射 RF 信号时,整个模块功耗达到最大。程序的控制就是要在满足使用要求的情况下,尽可能地让传感器模块进入待机状态。其中超温保护状态是在胎内环境温度过高情况下为保护整个模块及降低功耗时才可以进入的状态,正常情况下无法进入。

为使传感器从待机状态进入运行状态, NPX-I 和 II 有多种唤醒信号可供使用:

□ 内部间隔时钟唤醒, 该时钟 (Interval Timer) 可以在运行过程中重新设置, 间隔 $0.5 \sim 4s$ 不等, 计时溢出即可唤醒设备;

□ 外部管脚信号唤醒, 通过 P10 或者 P11 在输入状态时的从高到低的电平变化产生的信号唤醒设备;

□ 2D 的低频信号 (LF) 接口接收到预设的唤醒代码方式唤醒或者载波侦听方式唤醒;

□ LF 接口使能后计时器溢出唤醒, 该计时器 (LF Timer) 可以设置为 $20 \sim 100ms$ 不等计时方式;

□ 在超温保护状态下, 当温度降到可正常工作范围内时产生的信号也可将设备唤醒。

内部看门狗 (WDT) 如果不及及时清空, 则在溢出时将会强制设备进入待机状态; 用户程序可通过控制寄存器使设备进入待机状态; Interval Timer 则始终在溢出时将设备唤醒。WDT 和 Interval Timer 在上电工作后就一直处于工作状态, 除非进入了超温保护状态后才会停止。WDT 和 Interval Timer 的计时溢出可以根据实际应用单独设置。

传感器在执行 IDLE 指令后将进入空闲状态, 直到某个中断源的信号产生时, 才返回运行状态。在空闲状态时, 传感器内部功能模块都处于运行状态, 因此不是节电模式。其中内核中 3D 的 LF 接

口, NPX-I 和 II 只使用了其中的 2D, 设计时可根据要求具体制定使用的方式。

由于 RF 发射时功耗最高, 因此需要严格控制发射间隔时间和次数。实际应用中, 可根据车辆的运行状态进行控制, 或者使用 LF 信号唤醒方式触发每次的 RF 发射。车辆停止时一般并不要求检测胎压并通过 RF 传回数据, 或者可以尽量减少检测次数并很少通过 RF 传送数据。NPX-I 可以通过外部增加运动检测开关的方式来判断车辆当前是否运行; NPX-II 则可以使用加速度传感器返回的值来决定下一步控制流程。

传感器控制器的特殊设计使得在待机状态时, 内部绝大多数的功能模块都处于断电状态, 极大地减低了功耗。

GE 的 TPMS 解决方案

虽然 GE 暂不提供用户射频发射和接收芯片, 但是到目前为止, NPX-I 和 II 可以和所有适用于 TPMS 的 RF 发射芯片相连接并进行完美的控制。模块化设计使用户可以根据自己的需求灵活选用适用的 RF 器件。

几乎所有的 RF 发射芯片上

都有一个芯片使能输入端, 该输入控制端的电平信号应该结合 NPX-I 和 II 的推挽式输出特性, 以及 NPX-I 和 II 在复位/待机时 I/O 口变为输入端的特点 (高阻), 正确配置 NPX-I 或者 II 控制管脚的上拉、下拉电阻。例如, RF 发射芯片使能端为低时禁止输出, 则在相应的使能控制管脚上设置下拉电阻 (反之设置上拉), 以期在待机状态时使能端信号为低, 这样 RF 发射芯片就可同时处于低功耗状态。

绝大多数的 RF 发射芯片都有一个调制数据输入口, 该口线和 NPX-I 或 II 的 P14 或 P17 可直接相连, 并根据 RF 芯片要求选择布置上拉或者下拉电阻。NPX-I 和 II 的 I/O 推挽式的输出口, 通过软件设置还可以模拟开漏极输出特性, 这对另外一些 RF 发射芯片是非常有用的一种功能。通过调用相应的函数可供即可完成调制输出。

2D 的 LF 接口进一步增加了传感器模块的设计灵活性。由于 TPMS 周边器件的选择范围很广, 设计又区分为前装和后装, GE 的工程师将根据用户的设计提出合理的建议, 并和用户一道解决设

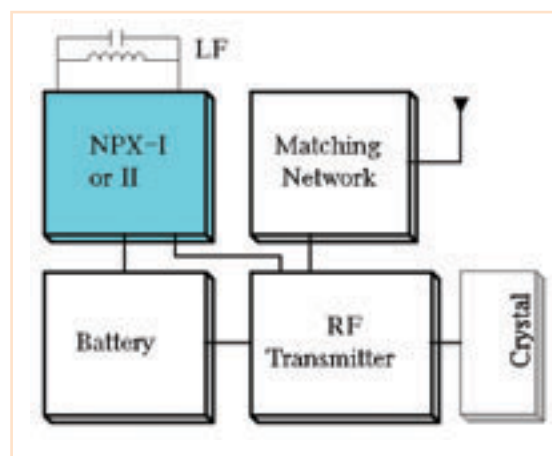


图 4 由 NPX-I 或 II 组成的胎压监测模块构成

结束语

GE 的 TPMS 传感器内含的久经验证的压力传感器和高性能微控制器, 以及经过严格测试的加速度传感器, 为全球 TPMS 提供了目前最具竞争力的传感器方案。在 GE 严格的质量控制管理下, GE 提供给用户的 TPMS 传感器产品都确保能使用 10 年以上。同时, GE 也在寻求集成度更高、功能更完善而成本不断降低的 TPMS 解决方案。

2006 年左右, GE 将推出集成 RF 发射功能的 NPX-III, NPX-III 同时具有 NPX-II 的所有功能。随后, GE 将推出无需电池自供电方式的 TPMS 传感器 NPX-IV。该传感器内部将集成 GE 美国研发中心开发的集电装置 (GE 专利, 完全区别于目前的无电概念), 可为 RTPM 模块中传感器自身和周边器件提供源源不断的电能。这将简化 RTPM 模块的电路设计、软件设计, 提高 TPMS 系统的测量频次, 并且将 RTPM 模块的重量降至最低, 最终达到降低系统成本的要求。同时, 由于摒弃了电池, 必将能满足世界各国对电子设备越来越严厉的环保要求。

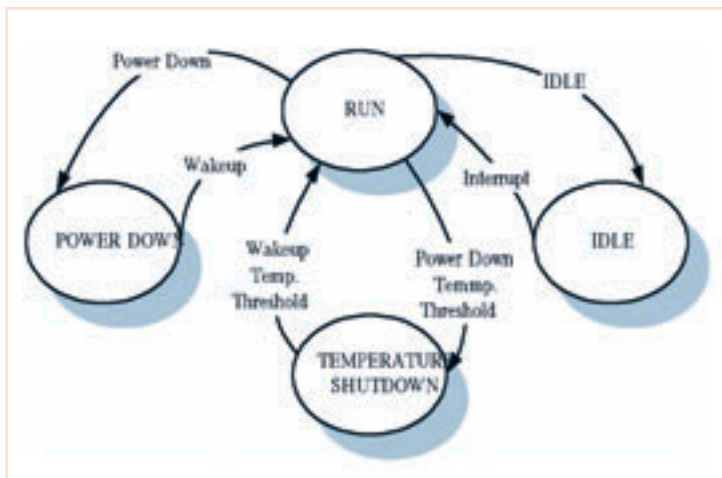


图 3 NPX-I 和 II 的工作状态切换