

解决方案

多圈传感器ADMT4000的设计

摘要

位置传感器和编码器的应用无处不在，但现有解决方案提供的要么是单圈或360°位置信息，要么需要和其他传感器配合造成系统体积笨重，存在不易维修等问题。ADI发布的ADMT4000正好解决了行业痛点。

ADMT4000是ADI公司率先发布的单芯片多圈位置传感器，绝对测量范围为46圈，整个测量范围内达到0.25度的精度。借助于这种新的多圈技术，省去了与单圈传感器结合使用的备用电池或机械齿轮，也可以免去线性执行器中的线性传感器。此外，对于未采用传统笨重机械多圈编码器的系统，这种传感器无需在上电时重新归位或重新校准。

本文介绍了现有方案的弊端，阐述了新型多圈技术及ADMT4000产品工作原理，分析了如何将这款传感器融入到编码器或执行器系统的设计中，提供了解决措施以确保这款传感器在恶劣环境下保持稳健可靠的工作。

ADMT4000旨在帮助客户简化编码器或执行器的设计，减小尺寸和重量，同时降低整体解决方案的成本。

角度传感器类别

当今市场上角度传感器种类较多，如图1示例，有磁式、光学式、电感式、旋变器式等传感器。霍尔传感器基于磁效应、XMR系列传感器有AMR、GMR和TMR传感器，他们通常对磁场方向的变化很敏感。但遗憾的是，所有这些传感器的绝对测量范围都只有单圈，即360度，AMR传感器是个例外，它的信号以180度为周期进行重复，绝对测量范围是半圈，即180度。

若客户想要进行超过一圈的绝对测量，非接触式是当前可行的实现方法。图2示例了四种解决方案，前三种是传统解决方案，第四种是受市场欢迎的简化新解决方案：

- 第一种是齿轮减速机构，它与偶极磁铁上的单圈传感器结合使用，这样即可缩小整圈计数范围。图2最左边展示的是四到六圈的示例。根据齿轮的数量，输出端可能只需要一个传感器，但前提是要能把它缩小到一圈，也可以选择使

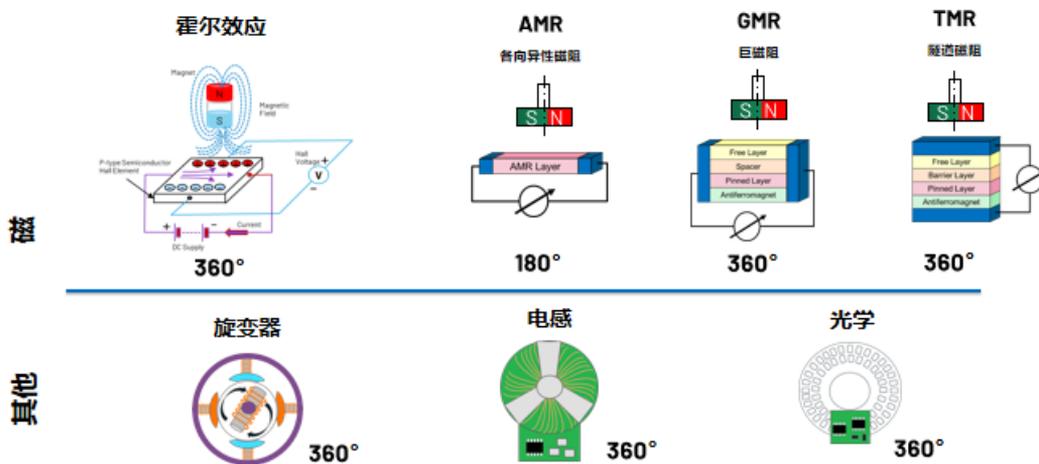


图1. 传统的角度传感器 (基本为360°)

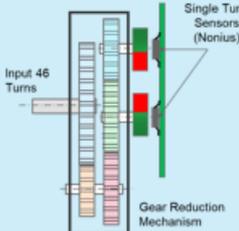
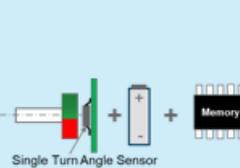
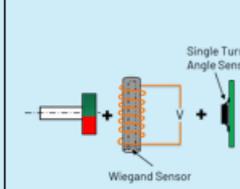
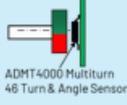
	齿轮减速器+单圈传感器	备用电池+单圈传感器+存储器	能量收集Wiegand传感器+单圈传感器+FRAM	ADMT4000多圈+角度
				
缺点	尺寸大、笨重 机械齿轮磨损 机械滞回 单圈传感器 低精度	尺寸中等 备用电池 电池维护 单圈传感器 存储器	尺寸中等 Wiegand传感器 单圈传感器 存储器(FRAM) 稳健性	
优点	2个单圈传感器带来固有冗余	高精度	高精度	小巧紧凑 高稳健性 高精度

图2. 多圈编码器传统解决方案（非接触式）

用两个传感器和更少的齿轮机构，取决于圈数甚至可能需要更多传感器。这种方案的主要缺点是太过笨重和庞大，齿轮不断运转产生磨损可能会导致系统出现机械滞回，而且仍然需要带偶极磁铁的单圈传感器。输出只有一圈使得精度受到影响，分辨率也随之大大降低。优点是存在固有冗余，前提是使用两个单圈传感器和Nonius原理。

- 第二种方案是将备用电池、存储器与单圈传感器结合使用，存储器用来保存位置信息，单圈传感器带偶极磁铁。此方案不像齿轮箱那么大，但由于电池的原因仍然有比较大的体积，同时电池维护造成停机维修的高昂成本也使得这不是一个经济实用的方案。优点是采样准确，可以保持相当高的整体精度。
- 第三种方法是使用备用电池的替代方案，即能量收集模块Wiegand传感器，它需要与单圈传感器及FRAM芯片结合使用。这个方案在稳健性方面可能会令人担忧，不过近年来利用此方案已经解决了一些问题。尺寸中等，是高精度解决方案。
- 最后一种方法是图2最右侧示例的ADMT4000，单芯片多圈角度检测IC，小巧、紧凑，消除了上述其他系统的所有缺点，具有出色的稳健性和精度。

以上所述有助于我们对ADMT4000如何简化编码器或执行器的设计有个直观的了解。

ADMT4000的市场应用

ADMT4000为很多工业应用带来显著价值，包括线性执行器、旋转执行器、机器人/协作机器人/人形机器人、起重机/吊车/升降梯、汽车安全带、汽车线控转向等。

1. 线性执行器

线性执行器中通常有个电机用于驱动丝杠，进而驱动模块、转盘或X-Y工作台做直线运动。通常情况下，现行系统中需要线性位置传感器或线性传感器来跟踪模块或X-Y平台的运动，ADMT4000能够间接测量这种运动。如果知道丝杠的螺距并将ADMT4000的角度传感器和多方向传感器结合起来，就能非常精确地计算出模块沿着直线轨道移动时的线性位置。线性执行器在工业领域中的应用实例可以是用于龙门X-Y工作台、通用X-Y工作台、贴片设备等。

线性执行器的主要优点是可以省去线性传感器，简化设计，减小执行器的尺寸和重量，并降低系统总成本。

2. 旋转执行器

许多旋转执行器会旋转多圈，一般是在输出侧放置一个单圈传感器，或者在输入侧放置备用电池和存储芯片来记录和监控圈数，这样当重新通电时就可以知道绝对位置。ADMT4000则是这个应用的很好示例，可以大幅简化执行器，既可以用作具有360度功能的电机换相传感器，也可以用作绝对输出角度传感器，因为始终可以知道圈数是多少，比如断电时如果旋转了23圈，就可以知道输出侧可能处于180度，这样就能获取这些信息而无需重新归位或重新校准系统。

3. 机器人/协作机器人/人形机器人

机器人、协作机器人和人形机器人等系统的每个关节执行器中通常配有齿轮减速，都需要一个与前述类似的执行器。如果这些执行器不具备多圈能力或不知道通电时的绝对位置信息，那么就必须在通电时重新归位或重新校准这些机器人，这样给系统造成极大的不便。因此，ADMT4000

不仅缩小了执行器尺寸，让终端用户能够构建更紧凑的系统，而且消除了重新归位和重新校准整个系统的麻烦。总体而言，它为机器人、协作机器人和人形机器人制造商带来了显著的好处。

4. 起重机、吊车、升降机……

在拉线编码器、起重机、吊车、升降机、卷扬机等应用中，ADMT4000同样带来了显著优势：无需通电即可测量起重机直线运动，也不需要备用电池或传动装置。可以知道通电时系统的绝对位置信息，也无需在通电时重新归位和重新校准，减少了整体停机时间，系统得到极大简化。

5. 汽车安全带

ADMT4000在汽车安全带、安全带卷收器等一些汽车应用也备受关注，为安全带系统带来了额外的功能。通常将传感器放置于安全带卷收器卷轴上的偶极磁体对面，无论汽车是否通电都会记录安全带的伸长情况。这样，只要点火启动，汽车就会知道安全带的伸长情况并据此对座位上的乘客进行分类，以此进一步来确定安全气囊的展开策略。

6. 汽车线控转向

线控转向系统中，方向盘和车轴之间没有机械耦合，无法再依赖转向角度传感器来获取车轮角度信息，因此需要在车轴处放入一个测量系统。可以通过沿转向齿条放置线性传感器或位置传感器来实现，也可以通过在电机轴末端安装带有单圈传感器的齿轮来实现，或者放入备用电池与单圈传感器配合使用来保存信息。ADMT4000正如大家所设想的同样能够大大简化这个系统，它可以位于电机轴的末端，在电机换相的同时提供转向角度信息因为可以知道角度信息和多圈信息。所以，在通电时就能准确地知道车轮的角度，而不需要任何额外的传感器。

图3选择了几个以上的应用进行了示例。

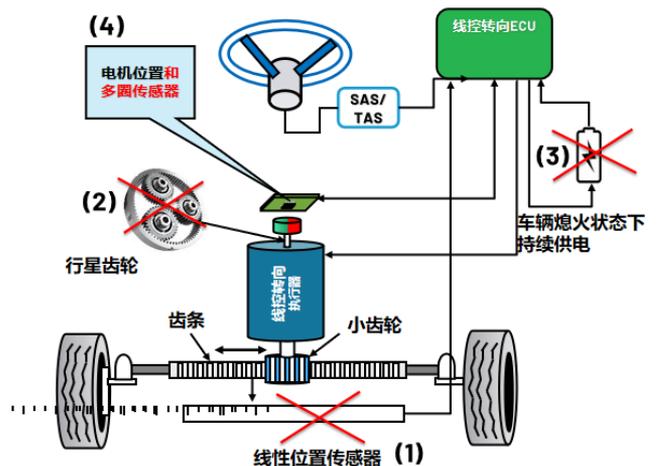
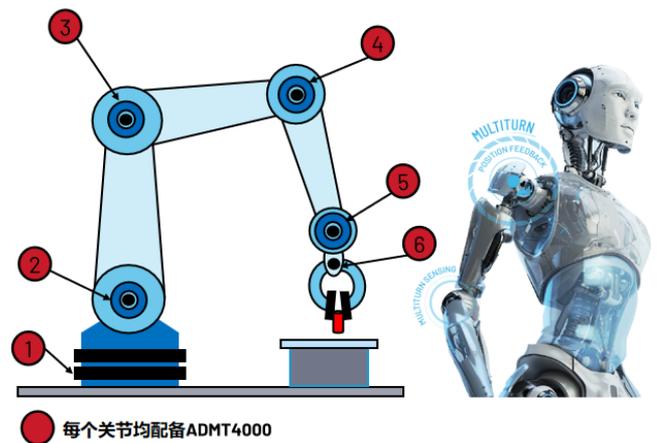
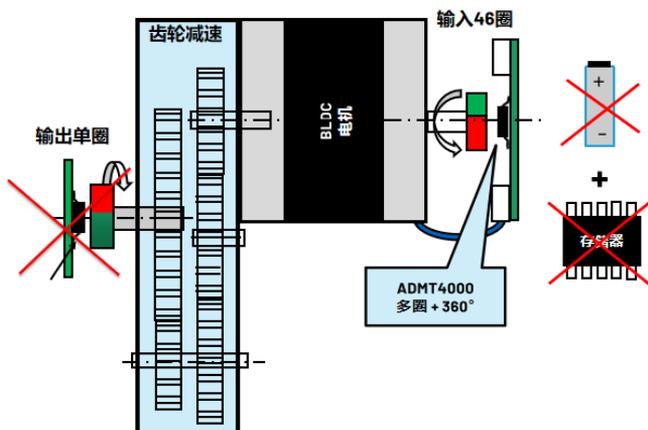


图3. ADMT4000应用示例

ADMT4000产品概述

ADMT4000这款传感器由GMR多圈传感器、高精度AMR角度传感器和信号调理ASIC组成，其中GMR上带有象限传感器，ASIC接收来自多圈传感器、象限传感器和AMR角度传感器的输入，并对这些信号进行必要的信号处理，如片内校准和谐波校准校正，检查系统中的机械误差等。此外，磁体本身的任何问题都可以通过重新校准消除。通过校准技术，实现了 $\pm 0.25^\circ$ 的精度，传感器是46圈，所以它完整的绝对测量范围是46圈。

使用此款传感器需要在16~31mT的磁场窗口内操作，若没有足够的磁能，或磁场强度低于16mT，则会面临磁能不足的风险，无法将磁畴移出畴壁发生器并穿过螺旋。如果磁场强度超过31mT，尤其是显著超过31mT的话，则会有额外磁畴加入螺旋中以致产生错误计数信息的风险，或者非常强的磁场会导致螺旋完全复位。

图4示例了ADMT4000器件剖面图及简易设计框图，带有SPI接口，工作温度范围是 $-40^\circ\sim 125^\circ$ ，采用24引脚TSSOP封装。目前正在开展汽车应用认证方面的工作，完成认证后将会发布车用版本。

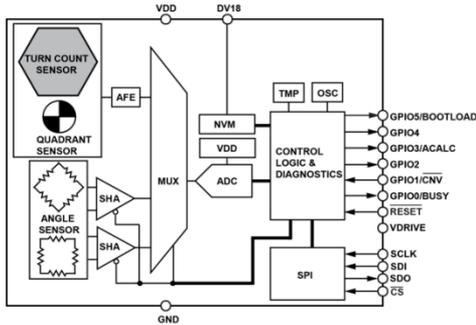


图4. ADMT4000产品及框图示例

ADMT4000虽然在杂散场中表现稳健，但和目前市场上的任何磁传感器一样如果环境恶劣且存在强杂散场则可能受损，因此建议使用磁屏蔽。ADI开发了磁性参考设计，采用的是自带屏蔽的磁体，同时还开发了PCB屏蔽，位于PCB上与传感器相对的一侧，图5给出示例。

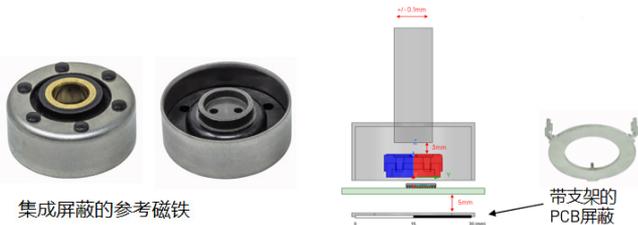


图5. 集成屏蔽的参考磁铁

在存在杂散场的情况下进行抗扰度测试，在进行，图6示例了5mm杂散场下磁性能测试时的屏蔽效能。若只把PCB屏蔽放在系统上，移除杂散场的效率约为45%；若单独添加磁屏蔽而没有PCB屏蔽的话，效率为55%左右；若同时添加磁屏蔽和PCB屏蔽两种屏蔽，那么移除杂散场的效率接近90%。

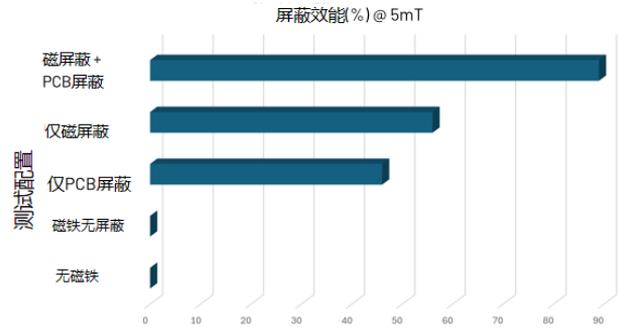


图6. 杂散场抗扰度测试

ADI也会向客户提供设计图纸，图纸提供了可接受的公差，包括终端应用容许的轴向和径向公差，这些工具可以帮助客户设计稳健的磁体。

生产线应用中若部署了ADMT4000，建议对传感器进行磁复位，请注意，此复位是一次性操作。如果传感器在运输或组装搬运过程中损坏，建议对其进行复位。通常情况下，系统初次启动时为了让整体系统校准到位，必须先对传感器进行复位。

有两种方法可以对传感器进行复位：方法一是将它超量旋转完成复位，如果顺时针转动46圈以上，螺旋中的任何错误都会被消除，这将确保传感器复位到46圈。若将传感器转动100次，它会停留在46圈，即最大圈数。

第二种方法是施加超过55mT的磁场，可以将传感器暴露在外部磁铁下，甚至可以让系统磁体非常靠近传感器，这种方法具体要取决于设计，但这样做足以完成复位。另外一种措施是在PCB上放置一个小线圈，如图7显示。驱动电路可以用短脉冲通电来对传感器进行复位，实际的驱动电路不必位于系统上，可以是外部电路。复位操作可以在最终组装点通过这个外部驱动电路进行。

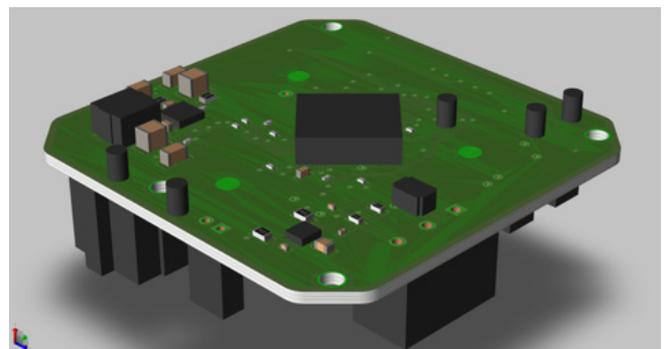


图7. 多圈GMR磁复位技术

为了帮助设计者更好的了解和使用ADMT4000，ADI网站提供了数据手册、评估板链接、订购信息、软件驱动程序、视频链接及有关这项技术的技术文章，大概如下：

- 数据手册：[ADMT4000](#)；专业上电型多圈传感器数据手册(Rev.A)
- 评估板：[EVAL-ADMT4000](#)（图8所示）
- 软件驱动程序：软件下载 | ADI公司
- 视频：利用磁位置检测技术实现高效运动控制
- 文章：具有真正上电能力与零功耗的多圈位置传感器(TPO)
- 产品主页：analog.com/ADMT4000



图8. EVAL-ADMT4000

总结

ADMT4000是ADI率先发布的单芯片多圈位置传感器，旨在显著降低系统设计的复杂性和工作量，最终实现尺寸更小、重量更轻、成本更低的解决方案。它取代了其他笨重的机械解决方案，取代了与单圈传感器结合使用的线性传感器、机械传动装置和备用电池，因此工厂的停机时间显著减少，系统在通电时无需重新校准和重新归位。ADMT4000使得无论是否具备磁性设计能力的设计人员均能够自如使用此传感器，为新应用打开大门。

访问我们的在线技术支持社区，与ADI技术专家互动。
提出您的棘手设计问题、浏览常见问题解答，或参与讨论。

ez.analog.com/cn

 **ADI EngineerZone™**
中文技术论坛

 **ANALOG
DEVICES**
超越一切可能™

analog.com/cn

有关地区总部、销售和代理商的信息，或客户服务和技术支持的联系信息，请访问analog.com/cn/contact。
©2025 Analog Devices, Inc.保留所有权利。商标和注册商标属各自所有人所有。