

## Application Brief

## TI 航天级精度 ADC 赋能激光通信终端



Taiwo Arojoye

## 简介

天基激光通信终端集成了指向、采集和跟踪 (PAT) 系统，这些系统要求在恶劣的辐射环境下提供出色的精度、可靠性和性能。德州仪器 (TI) 的航天级模数转换器 (ADC) 可在这些终端内的多个子系统中提供关键功能。

[ADC168M102R-SEP](#) 和 [ADS1278-SP](#) 有助于在航天级激光通信系统中实现精确的激光定位、反射镜反馈和电机位置监测。

## 激光通信终端架构

现代激光通信终端需要在多个定位系统中进行精确的控制和位置反馈，以便在大型星座间建立并维持太空光链路。三个关键子系统依赖于高性能 ADC：

1. **激光定位**：使用象限光电二极管检测光束位置，以实现精密对准对齐
2. **反射镜位置反馈**：通过应变仪电桥测量来监测反射镜位置
3. **电机位置反馈**：通过旋转变压器和编码器反馈系统跟踪电机位置

每个子系统都面临独特的信号处理挑战，而 TI 的航天级 ADC 恰好具备独特的能力来应对这些挑战。整体子系统如图 1 所示

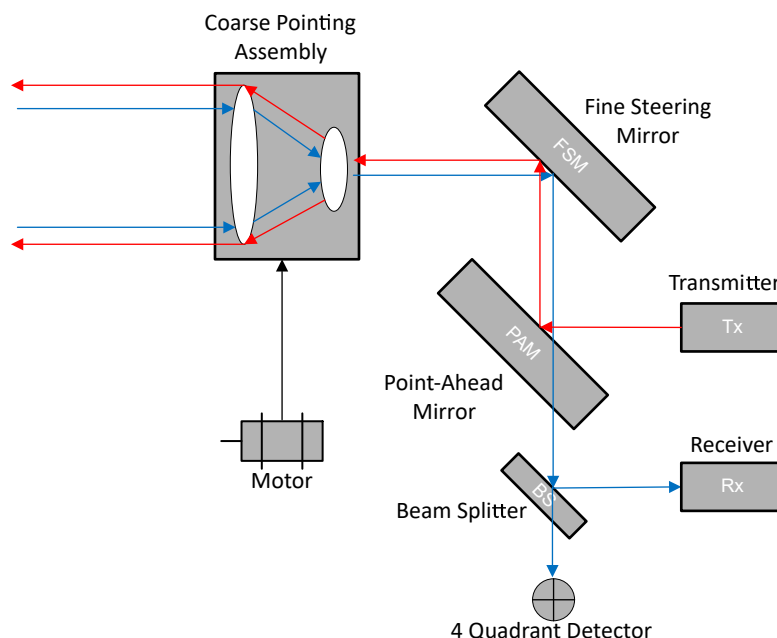


图 1. 激光定位系统

## 激光定位

激光定位子系统使用 4 象限光电二极管来精确跟踪传入的激光束位置。象限光电二极管探测检测器由四个单独的光敏象限 ( Q1、Q2、Q3、Q4 ) 组成，每个象限产生的电流与照射在其区域的入射光强度成正比。激光束相对于探测器中心的位置通过比较每个象限的输出信号来确定。光电二极管电容通常在几十皮法 (pF) 至几百皮法的范围内，而输出电流在几十纳安 (nA) 到几百纳安的范围内。同时测量所有四个象限时，该关键功能通过为对齐系统提供位置反馈来验证信号接收情况，如图 2 所示。

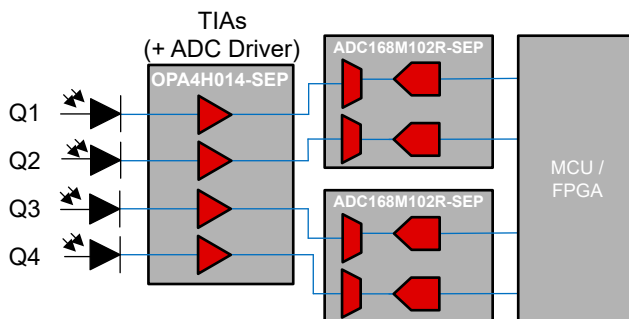


图 2. 激光定位信号链

为此，每个象限连接到配置为跨阻放大器 (TIA) 的 OPA4H014-SEP 四通道运算放大器的一个通道。TIA 输出直接连接到 ADC168M102R-SEP 的输入端。ADC168M102R-SEP 的 1MSPS 采样率可实现对全部四个象限的同步采样，从而以微秒级响应能力实现实时波束位置跟踪。凭借 93dB 的信噪比 (SNR)，ADC168M102R-SEP 能够检测宽范围电流、微弱信号及细微位置变化。

## 反射镜位置反馈

精调反射镜 (FSM) 是一种高精度光学器件，能够以出色的精度快速调整反射光束的传播方向。在激光通信终端中，FSM 用于将光束置于需要精确位置反馈的 4 象限光电二极管上。图 3 中所示的 ADS1278-SP 提供了一种用于监测安装至这些反射镜的应变仪桥式传感器的设计方案。

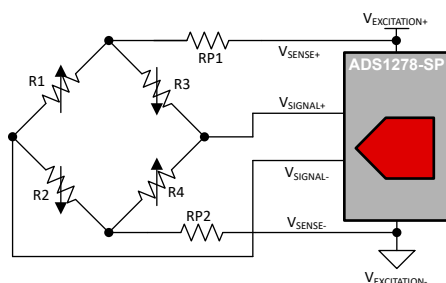


图 3. 反射镜位置反馈信号链

每个反射镜轴均采用全惠斯通电桥配置，以实现温度补偿功能。ADS1278-SP 的 8 通道同步采样架构支持对最多四个独立反射镜的 X 轴和 Y 轴同时进行监测，从而验证所有轴上的相对位置数据是否准确。此 ADC 具有高分辨率特性，可实现对微弧度范围反射镜位移的检测。

## 电机位置反馈

粗指向组件采用带有旋转变压器或编码器的电机，以提供光束初始对准。图 4 中所示的 **ADC168M102R-SEP** 架构具备接收来自编码器或旋转变压器的位置反馈信号的能力。其双通道同步采样特性可实现正弦与余弦信号的同时数字化，而 1MSPS 的采样率则支持对输入信号进行过采样处理。

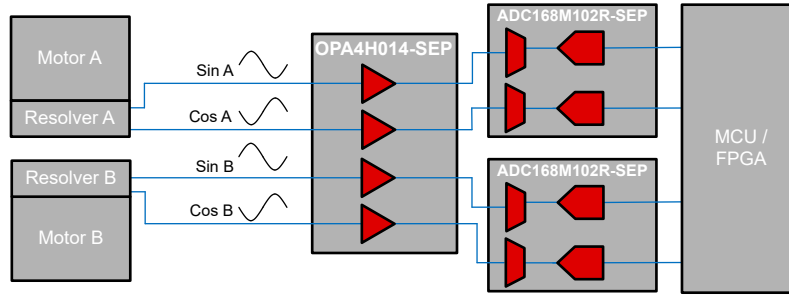


图 4. 电机位置反馈信号链

编码器与旋转变压器输出正弦和余弦信号（代表电机的实际转速与位置），同时测量这两个信号可获得最准确的数据。**ADC168M102R-SEP** 可与 **OPA4H014-SEP** 搭配使用，可同时测量两个不同旋转变压器或编码器的正弦和余弦输出信号。

## 结语

德州仪器 (TI) 的航天级 ADC 可提供高级激光通信终端所需的精度、性能和可靠性。**ADC168M102R-SEP** 在激光定位与电机反馈两大应用场景中均有出色表现，而同步采样与 16 位精度正是这两类场景的核心要求。**ADS1278-SP** 可提供精调反射镜位置反馈所需的超高分辨率。

综上，这些 ADC 可实现在天基激光通信系统中建立并维持光链路所需的精确控制。凭借优异的耐辐射性、性能规格及可靠性，它们成为不容许任何故障发生的任务关键型航天应用的首选 ADC 方案。

通过在这三个关键子系统中采用 TI 的航天级 ADC，设计人员可打造出性能优异的激光通信终端，在严苛的太空环境中实现精确的波束控制、快速的目标捕获和可靠的远距离数据传输。

## 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月