

Application Note

具有 ITLA 波长稳定性的精密温度检测



Saminah Chaudhry

摘要

AI 驱动的高速数据中心和数据中心互连 (DCI) 网络中使用的相干光学模块，依靠集成的可调激光器组件 (ITLA) 来保持精确、稳定的光波长。由于激光波长对温度高度敏感，ITLA 在闭环热控制环路中使用 RTD 和热电冷却器 (TEC)，将激光器保持在最佳工作点。本应用手册介绍了德州仪器 (TI) ADS122C14 如何实现稳定该环路所需的高分辨率、超低噪声温度测量。该器件是一款 24 位 Δ - Σ ADC，集成了 PGA、精密 IDAC 激励电流源和 I²C 接口。ADS122C14 的小型 WQFN 和 DSBGA 封装选项还可应对下一代纳米 ITLA 设计不断缩小的外形尺寸限制。本文档面向为超大规模数据中心和 DCI 应用设计相干光学收发器的硬件与系统工程师，说明了 ADS122C14 如何简化信号链，同时提高波长稳定性、精度和空间效率。

内容

1 简介.....2

2 详细说明.....2

 2.1 ITLA 中的热稳定性要求.....2

3 总结.....4

4 参考资料.....4

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

AI 驱动的超大规模数据中心不断增长的带宽需求，正推动向 800G、1.6T 及更高速率光学架构转型。相干光学模块及其集成的可调激光器组件 (ITLA) 是这些高容量数据中心和数据中心互连 (DCI) 链路中的关键组成部分。

2 详细说明

2.1 ITLA 中的热稳定性要求

ITLA 提供了一种可调激光器，其光波长和频率受到精确控制。激光器温度会影响光学特性，温度变化会导致波长和频率漂移。随着光学数据速率的提高，保持稳定的光载波对于可靠相干通信变得越来越重要。

为了保持稳定的激光器工作点，ITLA 使用热电冷却器 (TEC) 以及靠近激光器放置的 RTD 温度传感器。RTD 持续监测激光器温度，而 TEC 对激光器进行加热或冷却，以维持所需的工作温度。

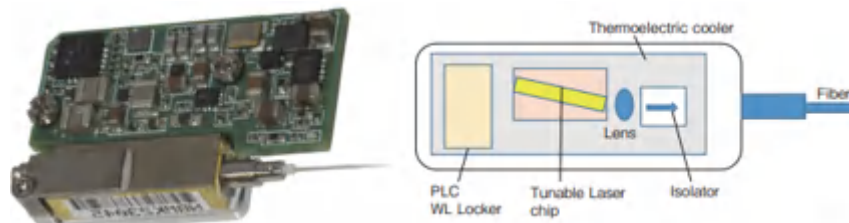


图 2-1. 集成可调激光器组件 (ITLA)

此配置形成了一个闭环热控制系统，如图 2-2 所示。RTD 根据激光器温度测量电阻变化，ADS122C14 将微小的 RTD 电阻变化转换为高分辨率数字温度数据。模块控制器将测量的温度与设定点进行比较，并使用 TEC 驱动器调节 TEC。产生的热校正数据由 RTD 捕获，使控制器能够持续保持稳定的激光器工作点。

为保持波长稳定性，系统必须分辨 RTD 所特有的微小电阻变化。这需要具有高分辨率以及超低噪声和失调电压误差的模拟前端。温度反馈环路精度不足会导致 TEC 控制不稳定，进而造成温度振荡和波长漂移。

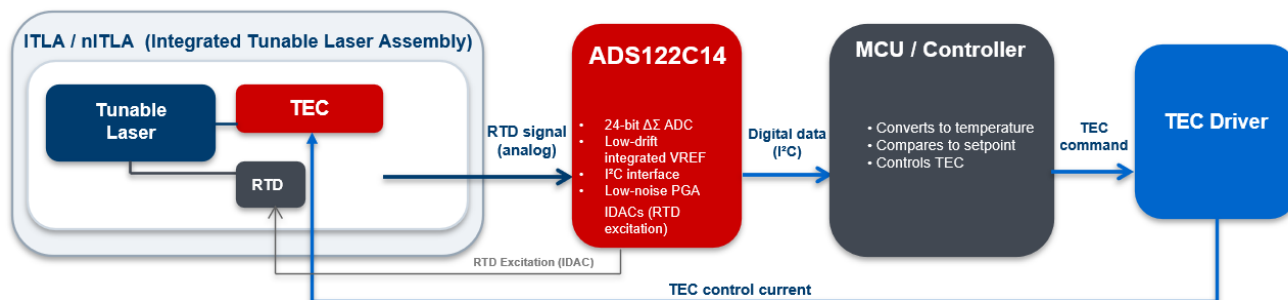


图 2-2. ITLA 温度检测信号链

该环路依靠 ADS122C14 集成的匹配电流源 (IDAC) 为 RTD 元件提供精确的激励电流。由此产生的微弱模拟电压信号经内部低噪声 PGA 调节后，由高分辨率 24 位 Δ - Σ ($\Delta \Sigma$) ADC 进行数字化。数字化数据通过 I²C 接口传输至 MCU 或控制器。MCU 处理这些数据以计算实际温度。为补偿 RTD 非线性，MCU 对数字化数据应用线性化算法。这一做法提供了精确的温度基准，使 TEC 驱动器能够维持波长控制所需的严格热稳定性。

ADS122C14 直接解决了不断缩小的光学收发器所面临的严苛外形尺寸限制。随着行业标准从传统 ITLA 向超紧凑纳米 ITLA (nITLA) 架构过渡，PCB 布板空间已成为关键瓶颈。通过将激励源、低噪声 PGA 和 24 位转换器集成到单个器件中，ADS122C14 降低了系统成本并减少了元件数量。为充分利用这些空间优势，该器件采用超小型封装，包括 3.00mm × 3.00mm WQFN 和 1.87mm × 1.97mm DSBGA (图 2-3)，从而可在超高密度布局中实现稳定波长控制所需的高精度温度检测。

ADS122C14 packages

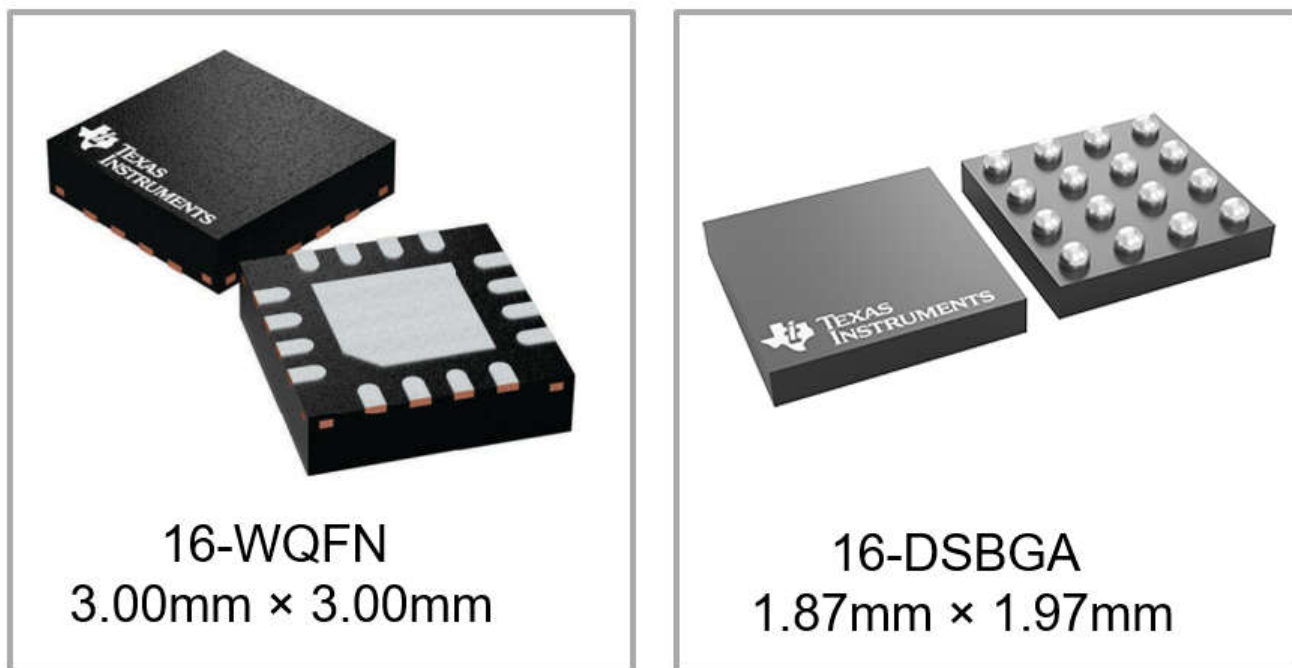


图 2-3. ADS122C14 封装

3 总结

随着数据速率向 800G、1.6T 及更高速率演进，对激光器进行精密热控制对于防止波长漂移并实现可靠相干传输变得至关重要。ADS122C14 将精确的 RTD 激励和低噪声信号调节与高分辨率数字化功能集成于单个超紧凑器件中，从而满足这一需求，使设计人员无需承担分立式方案带来的额外成本、复杂度和布板空间，即可实现严格的热环路性能。

4 参考资料

1. 德州仪器 (TI)，具有 PGA、VREF、两个 IDAC 和 I²C 的 ADS122C14 八通道、24 位、64kSPS Δ - Σ ADC，产品页面
2. 德州仪器 (TI)，具有 PGA、VREF、2 个 IDAC 和 I²C 接口的 ADS122C04 24 位、2kSPS、4 通道、低功耗、小型 Δ - Σ ADC，产品页面
3. 德州仪器 (TI)，*RTD 测量基本指南* 应用手册
4. Furukawa Electric，*The Development of a Nano-ITLA for Digital Coherent Datacenter Interconnects*，Furukawa Electric Review 2021 年第 52 期

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 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月