

Application Note

ITLA 波長安定性を実現する高精度温度センシング



Saminah Chaudhry

概要

AI 駆動の高速データ センターやデータ センター相互接続 (DCI) ネットワークで使用するコヒーレントな光学モジュールは、高精度で安定した光波長を維持するために、集積型波長可変レーザー アセンブリ (ITLA) を利用しています。レーザーの波長は温度に対して非常に敏感なため、ITLA は閉熱制御ループ内で RTD と熱電冷却器 (TEC) を使用して、レーザーを最適な動作点に保持します。このアプリケーション ノートでは、PGA、高精度 IDAC 励起電流源、I²C インターフェイスを内蔵した 24 ビット デルタ シグマ ADC であるテキサス インストルメンツ ADS122C14 によって、このループを安定化するために必要な高分解能、超低ノイズの温度測定を実現する方法について解説します。ADS122C14 の小型の WQFN および DSBGA パッケージ オプションは、次世代の nano-ITLA 設計で小型化されるフォーム ファクタにも対応します。この資料は、ハイパースケール データセンターおよび DCI アプリケーション向けのコヒーレント光学トランシーバを設計するハードウェアおよびシステム エンジニアを対象としており、ADS122C14 を使用してシグナル チェーンを簡素化すると同時に、波長の安定性、精度、スペース効率を向上させる方法を説明します。

目次

1 はじめに.....	2
2 詳細説明.....	2
2.1 ITLA の熱安定性要件.....	2
3 まとめ.....	4
4 参考資料.....	4

商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

1 はじめに

AI 駆動のハイパースケール データ センターの帯域幅要件の増大が原動力となり、800G、1.6T、高速光アーキテクチャへの移行が進んでいます。コヒーレント光モジュールとその集積型波長可変レーザー アセンブリ (ITLA) は、これらの大容量データ センターおよびデータ センター相互接続 (DCI) リンクにおいて重要なコンポーネントです。

2 詳細説明

2.1 ITLA の熱安定性要件

ITLA は、光の波長と周波数を正確に制御する調節可能なレーザーを提供します。レーザーの温度は光特性に影響を及ぼし、温度の変化が波長や周波数のドリフトを引き起こす可能性があります。光データレートが高くなるにつれて、信頼性の高いコヒーレント通信のためには、安定した光キャリアを維持することがますます重要になってきています。

安定したレーザー動作点を維持するために、ITLA は熱電冷却器 (TEC) とレーザーの近くに配置された RTD 温度センサを使用します。RTD はレーザー温度を継続的に監視し、TEC はレーザーを加熱または冷却して目的の動作温度を維持します。

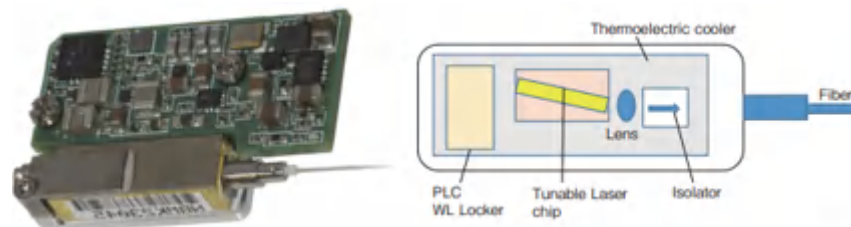


図 2-1. 集積型波長可変レーザー アセンブリ (ITLA)

この構成は、図 2-2 に示すように、閉ループの熱制御システムを形成します。RTD はレーザー温度に基づいて抵抗値の変化を測定し、ADS122C14 は小さな RTD 抵抗値の変化を高分解能デジタル温度データに変換します。モジュールコントローラは、測定した温度を設定ポイントと比較し、TEC ドライバを使用して TEC を調整します。結果として得られた熱補正は RTD によってキャプチャされ、コントローラはレーザーの動作点を連続的に安定させます。

波長の安定性を維持するために、システムは RTD の最小限の抵抗変化特性を解決する必要があります。そのためには、高分解能、超低ノイズ、超低オフセット誤差を備えたアナログ フロント エンドが必要です。温度帰還ループの精度が不適切であると、TEC 制御が不安定になり、温度発振と波長ドリフトが発生します。

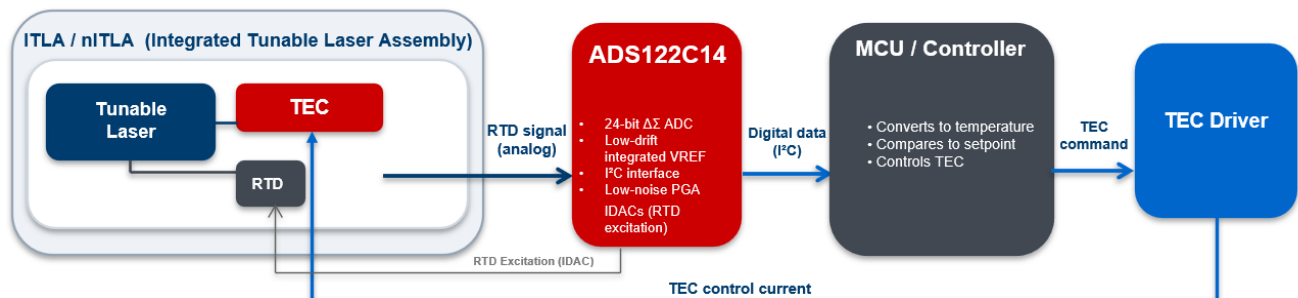


図 2-2. ITLA 温度検出シグナル チェーン

ループは、ADS122C14 の内蔵された整合電流源 (IDAC) を利用して、RTD 素子に高精度の励起電流を供給します。結果として得られる小さなアナログ電圧信号は、内部の低ノイズ PGA によりコンディショニングされ、その後、高分解能の 24 ビット デルタ シグマ ($\Delta\Sigma$) ADC によってデジタル化されます。このデジタル化されたデータは、I²C インターフェイスを介して MCU またはコントローラに送信されます。MCU はこのデータを処理し、実際の温度を計算します。RTD の非線形性を補償するため、MCU はデジタル化されたデータに対して線形化アルゴリズムを適用します。これによって高精度の温度リファレンスが得られるため、TEC ドライバは波長制御で求められる厳格な熱安定性を維持できます。

ADS122C14 は、小型化する光トランシーバによる厳しいフォーム ファクタ制約に直接対応します。業界標準が従来の ITLA から超小型 nano-ITLA (nITLA) アーキテクチャへと移行する中で、PCB の面積が重大なボトルネックになっています。励起源、低ノイズ PGA、24 ビット コンバータを 1 つのデバイスに統合した ADS122C14 により、システムコストと部品点数が削減されます。これらの空間的利点を最大化するため、3.00mm × 3.00mm WQFN や 1.87mm × 1.97mm DSBGA (図 2-3) などの超小型パッケージで供給されます。超高密度レイアウトで安定した波長制御に必要な、高精度の温度センシングを実装できます。

ADS122C14 packages

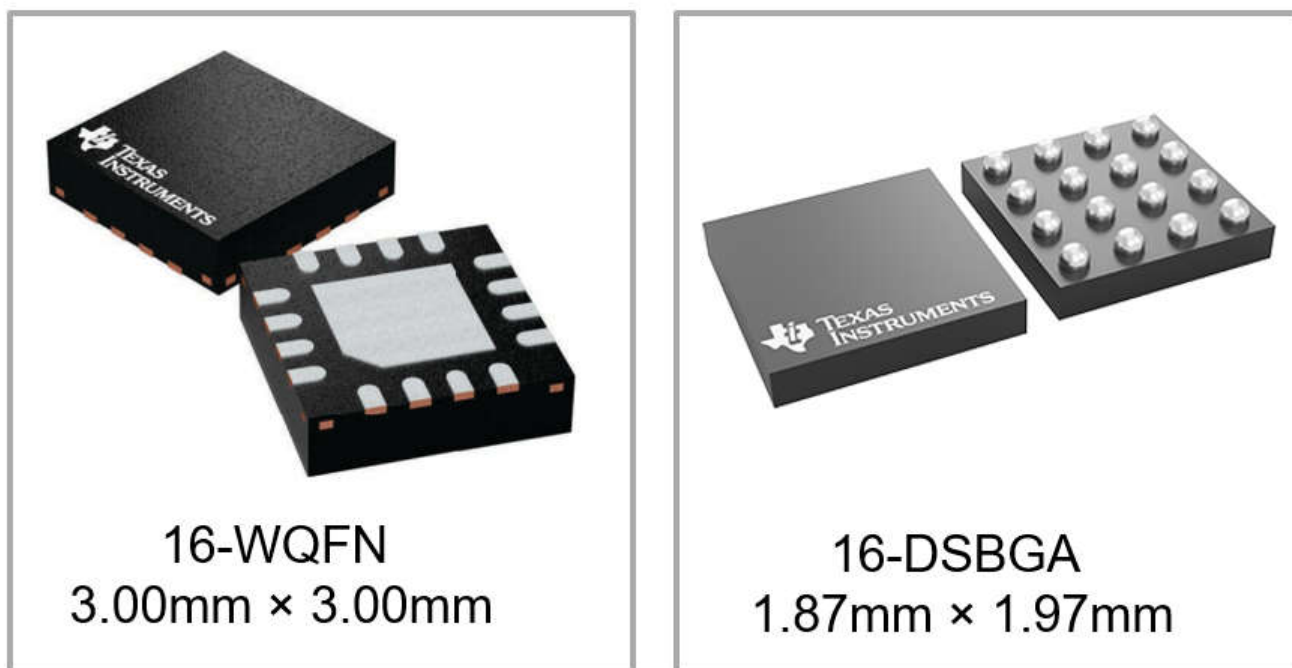


図 2-3. ADS122C14 パッケージ

3 まとめ

データレートが 800G、1.6t、またはそれ以上に拡張されるにつれて、波長のドリフトを防止し、信頼性の高いコヒーレントな伝送を実現するには、レーザーの正確な熱制御が不可欠になります。ADS122C14 は、単一の超小型デバイスで、高精度の RTD 励起と低ノイズのシグナル コンディショニングを高分解能のデジタル化機能と組み合わせることで、ディスクリット実装のコスト、複雑さ、基板面積を増加させることなく、厳密な熱ループ性能を実現できます。

4 参考資料

1. テキサス インスツルメンツ、『[ADS122C14 PGA、VREF、2 つの IDAC、I²C 搭載、8 チャンネル、24 ビット、64kSPS デルタシグマ ADC](#)』製品ページ
2. テキサス インスツルメンツ、『[ADS122C04 PGA、VREF、2 個の IDAC、I²C インターフェイス搭載、24 ビット、2kSPS、4 チャンネル、低消費電力、小型デルタシグマ ADC](#)』製品ページ
3. テキサス・インスツルメンツ、『[RTD 測定に関する基本的なガイド](#)』、アプリケーションノート SBAA275
4. 古河電気工業株式会社、『[The Development of a Nano-ITLA for Digital Coherent Datacenter Interconnects](#)』、Furukawa Electric Review No. 52、2021 年

重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとし、TI は一切の責任を拒否します。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](#) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案する場合も、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月