

## Application Note

## 高温時の AFE7920 PLL アラームおよび設計



Taemin Kim

## 概要

このレポートでは、AFE7920 PLL アラームが特定の温度で発生したときの原因と設計について説明します。AFE7920 は、さまざまなデジタルブロックおよびアナログブロックを統合した複雑な IC であるため、アラーム発生時の原因を効果的に識別して解決することが最も重要な要素の 1 つです。PLL アラームが発生する理由はさまざまですが、このアプリケーションレポートでは、PLL の基本的な動作原理を挙げ、PLL のロック解除現象が特定の温度でのみ発生する理由を説明しています。

## 目次

1 はじめに.....	2
2 問題の現象と観察.....	3
3 フェーズ ロック ループ (PLL) の概要.....	3
4 設計.....	4
5 まとめ.....	5
6 参考資料.....	5

## 1 はじめに

AFE79xx は高性能で広帯域のマルチチャネルトランシーバであり、4 個の RF サンプリグトランスミッタ チェーン、4 個の RF サンプリグ レシーバ チェーン、および最大 2 個の RF サンプリグ デジタイズ補助チェーン (フィードバックパス) を統合しています。トランスミッタ チェーンおよびレシーバ チェーンのダイナミックレンジが広いこと、ワイヤレスベースステーションの 3G、4G、5G 信号を生成および受信できます。また AFE79xx デバイスは帯域幅が広いこと、マルチバンド 4G および 5G 基地局に適しています。各レシーバ チェーンは、3GSPS の ADC (A/D コンバータ) に接続された 25dB レンジの DSA (デジタル ステップ アッテネータ) を備えています。各レシーバ チェーンは、外部または内部の自律的な AGC (自動ゲイン制御) を補助するためのアナログ ピーク電力検出器とさまざまなデジタル電力検出器、およびデバイスの信頼性を確保するための RF 過負荷検出器を備えています。シングルまたはデュアルのデジタル ダウンコンバータ (DDC) により、最大 600MHz の複合信号 BW を実現できます。

図 1-1 に、PLL ブロックを含む AFE7920/AFE7921 の機能ブロック図を示します。AFE79xx には、4 個の独立した VCO を持つ内部 PLL があり、DAC サンプル レートでクロックを生成します。動作のためには、仕様に適合する FREF の周波数とサイズを、CLKIN +/- ピンへの差動信号として入力する必要があります。

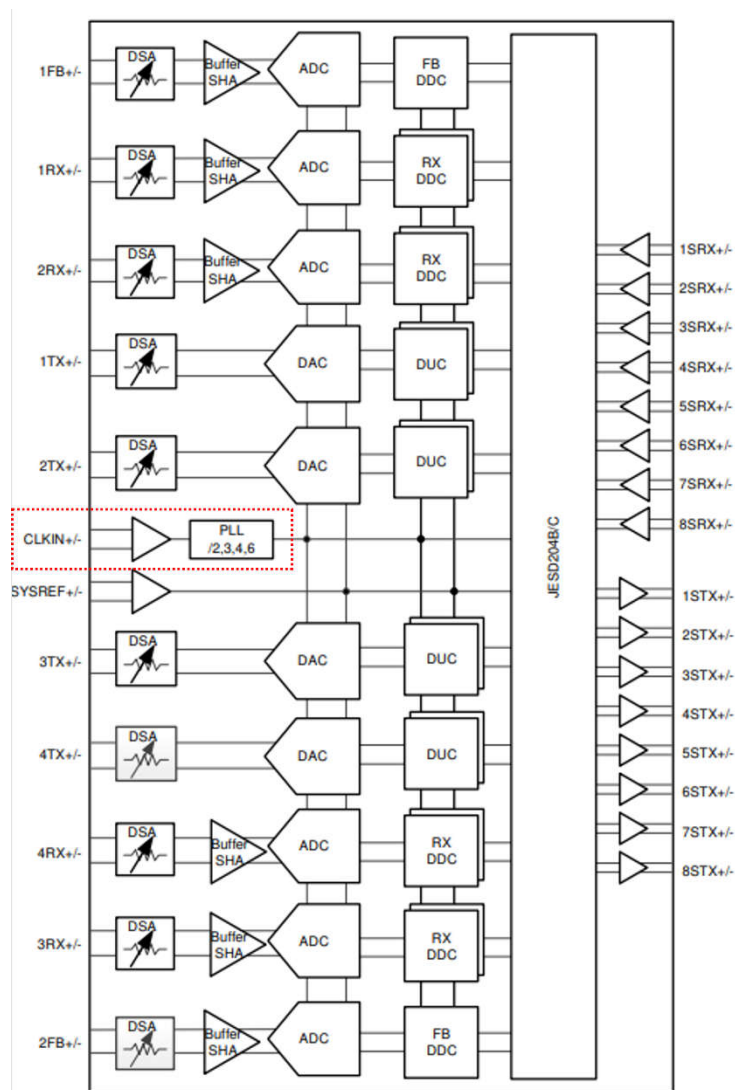


図 1-1. AFE792x の機能ブロック図

## 2 問題の現象と観察

### 問題の現象

システム動作中に AFE7920 のアラーム ピンがトリガされ、詳細のアラーム レジスタがチェックされたときに PLL アラーム がマスクされました。AFE7920 は、デバイスの内部温度を監視するための温度センサを内蔵しています。AFE の温度を 読み取るときは、温度センサを通した読み出し値は 110°C で、故障温度状態でした。

### デバッグの観察

PLL ロック ステータスが読み戻され、PLL\_LOCK が OK であるものの PLL\_LOCK\_LOST\_STICKY がトリガされました。これは、ロックが一時的に失われたことを意味し、PLL アラームが AFE7920 の FB データ パスに影響し、FB 過電力の 問題を引き起こします。さらに、PLL  $V_{ctrl}$  を AFE 内の Aux ADC に取り込み、測定した結果、 $V_{ctrl}$  の高側範囲の端に位 置していることが判明しました。PLL がロック状態を維持するための  $V_{ctrl}$  の制限は 0.2V ~ 1.55V です。

## 3 フェーズ ロック ループ (PLL) の概要

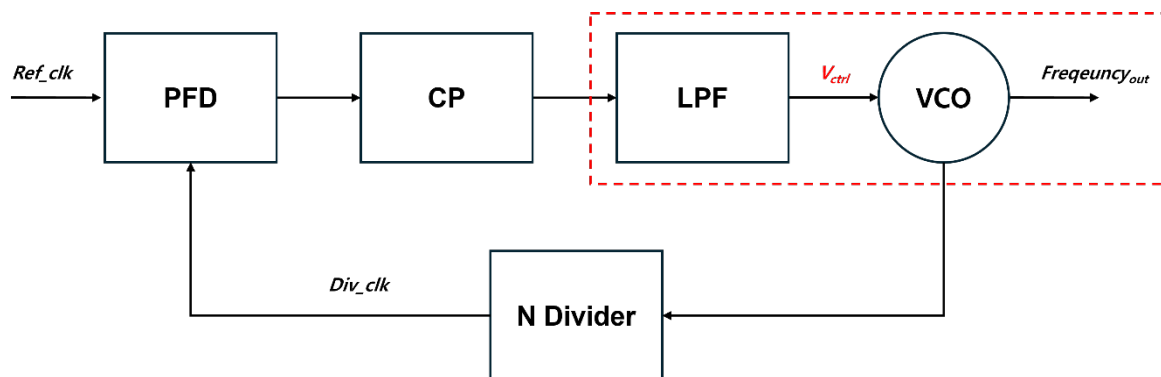


図 3-1. AFE PLL の一般的なブロック図

フェーズ ロック ループ (PLL) は、位相周波数検出器 (PFD)、チャージ ポンプ (CP)、ローパス フィルタ (LPF)、電圧制 御発振器 (VCO)、N デバイダで構成されます。この問題の核心は、LPF 出力から発生し、VCO 入力に接続されている  $V_{ctrl}$  の範囲にあります。

キャリブレーション中に温度範囲全体でのロックを検証するには、 $V_{ctrl}$  電圧を基準目標電圧 ( $V_{ref}$ ) に設定する必要があります。この  $V_{ref}$  は、温度に対して直線的にスケールされ、ATE でトリミングされる電圧です。 $V_{ref}$  は基準電圧であり、 $V_{ctrl}$  は PLL の VCO の調整電圧です。ブリング アップ時の最初の PLL キャリブレーション ステップでは、VCO 内のキャ ップ バンクが調整され、 $V_{ctrl} = V_{ref}$  のとき、VCO が目的の周波数を出力するようになります。 $V_{ref}$  で 200mV ずつオフセ ットすると、 $V_{ctrl}$  も 200mV ずつオフセットされます。 $V_{ref}$  のオフセットは、温度範囲全体にわたって PLL がロックされ、 AFE のパフォーマンスに影響を及ぼさないようにするための機能的な修正にすぎません。

## 4 設計

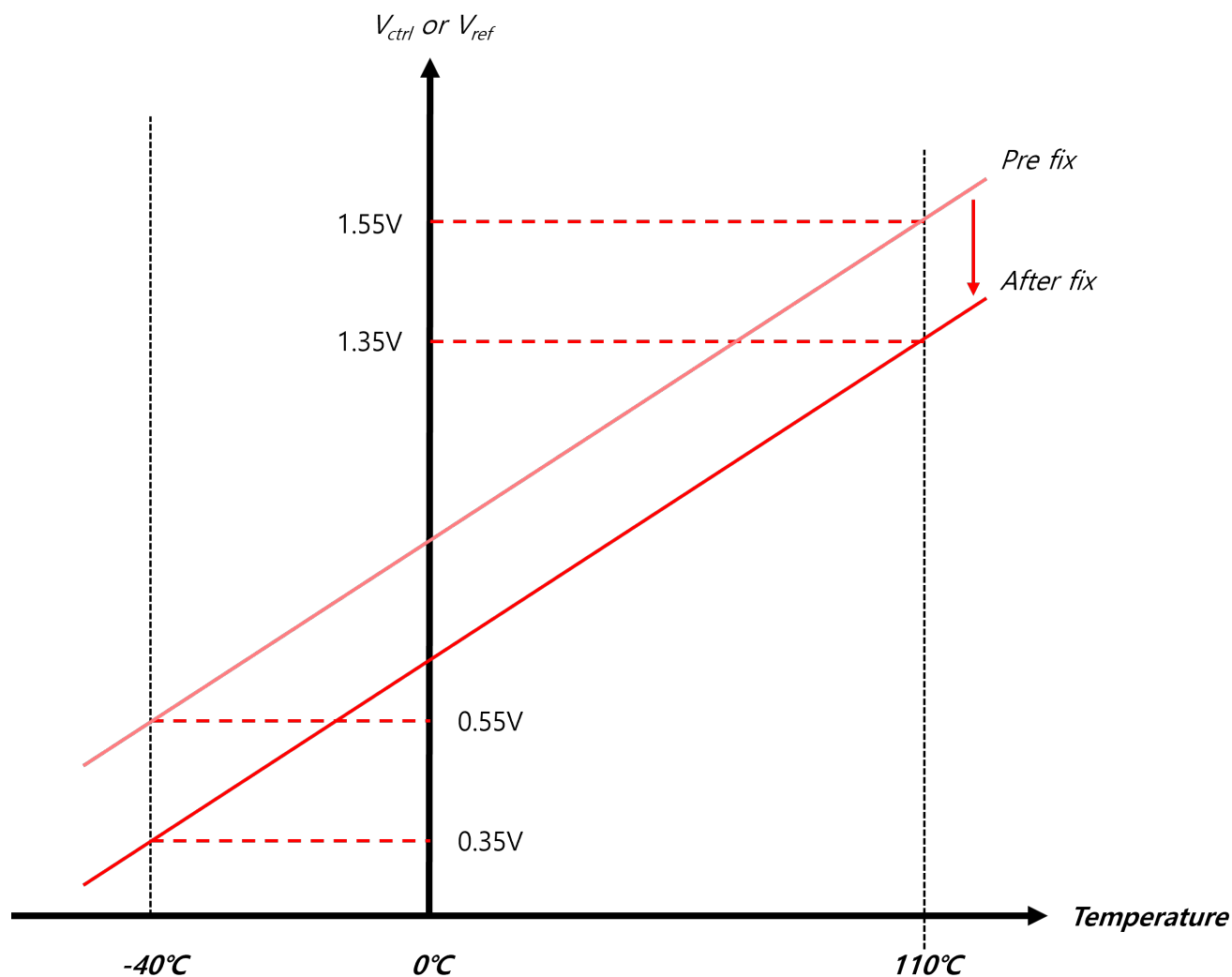


図 4-1. 修正を示すグラフ

したがって、顧客から測定値の  $V_{Ctrl}$  は限界値にわずかに近く、一瞬の PLL ロック解除が行われます。高温時に、より適切なマージンを確保する必要があります。約 200mV ずつ □ をオフセットすることが、解決策として推奨されています。

$V_{ctrl}$  は (低温では  $-40^{\circ}\text{C}$  の下限側に、高温では  $125^{\circ}\text{C}$  の上限側に) 変動する可能性があります：

- 修正前: 0.55V ~ 1.55V
- 修正後: 0.35V ~ 1.35V

これにより、 $V_{ctrl}$  は温度の高温と低温の両端で十分なマージンを確保して動作します。

## 5 まとめ

前回のブリング アップは、推奨された修正で変更され、更新された修正として提供されました。顧客は、更新版のブリング アップが高温でも問題なく、複数回の実行で正常に動作したことを確認しました。この修正は、デバイスのより堅牢な動作を検証するプログラムに適用できます。また、この修正は、AFE のソフトウェア ライブラリにも組み込まれています。PLL Vctrl のチェックはデバッグ ステップにすぎません。PLL の状態を監視するには、AFE の PLL ロック検出器内の PLL ロック ステータスを確認するだけです。提案修正はすべてのプログラムに適用できます。顧客は、プログラムごとに PLL Vctrl 電圧をチェックする必要はありません。この修正は、より堅牢な動作を実現するための構成レベルの変更です。

## 6 参考資料

- テキサス インスツルメンツ、『[AFE79xx、クワッド チャネル RF トランシーバ \(フィードバック パス付き\)](#)』データシート。
- テキサス インスツルメンツ、『[AFE79xx 評価基板](#)』ユーザー ガイド。
- テキサス インスツルメンツ、『[フラクショナル/整数 N PLL の基礎](#)』、テクニカル ブリーフ。

## 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 © 2025, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月