

Application Note

高温下的 AFE7920 PLL 警报与设计



Taemin Kim

摘要

本报告介绍了在特定温度下发生 AFE7920 PLL 警报的原因与设计。AFE7920 是一款集成了各种数字和模拟模块的复杂 IC，因此有效识别和解决发生警报的原因至关重要。发生 PLL 警报的原因有多种，本应用报告仅演示了 PLL 的基本工作原理，并解释了为什么 PLL 解锁现象仅在特定温度下发生。

内容

1 简介	2
2 问题现象与观察结果	3
3 锁相环 (PLL) 简介	3
4 设计	4
5 摘要	5
6 参考资料	5

1 简介

AFE79xx 是一系列高性能、高带宽、多通道收发器，集成了四个射频采样发送器链、四个射频采样接收器链和多达两个射频采样数字化辅助链（反馈路径）。发送器链和接收器链的高动态范围使器件可以从无线基站生成和接收 3G、4G 和 5G 信号，而 AFE79xx 的高带宽能力适用于多频带 4G 和 5G 基站。每个接收链均包含一个 25dB 范围的 DSA（数字步进衰减器），后跟一个 3GSPS ADC（模数转换器）。每个接收器通道都有一个模拟峰值功耗检测器和各种数字功耗检测器，可辅助外部或内部自主的自动增益控制器，以及射频过载检测器，用于提供器件可靠性保护。单通道或双通道数字下变频器 (DDC) 提供了高达 600MHz 的组合信号带宽。

图 1-1 展示了 AFE7920/AFE7921 的功能方框图，包括 PLL 模块。AFE79xx 内置有一个 PLL，它有四个单独的 VCO，可生成与 DAC 采样率同步的时钟。运行时，必须将符合规范的 FREF 频率与幅值作为差分信号输入至 CLKIN+/- 引脚。

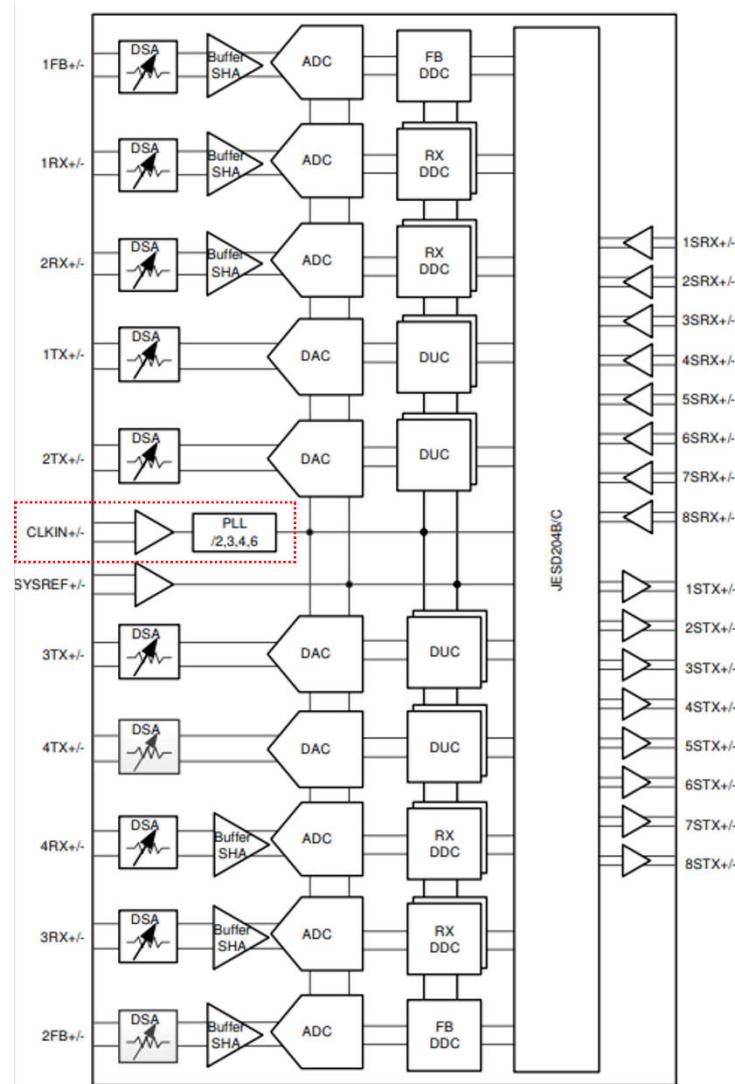


图 1-1. AFE792x 功能框图

2 问题现象与观察结果

问题现象

系统运行期间触发 AFE7920 警报引脚，检查详细警报寄存器发现 PLL 警报被屏蔽。AFE7920 内置有温度传感器，可用于监测器件的内部温度。在故障温度条件下通过该传感器读取到的 AFE 温度为 110°C。

调试观察结果

回读 PLL 锁定状态显示：PLL_LOCK 正常，但 PLL_LOCK_LOST_STICKY 被触发，表明曾发生瞬时解锁并触发 PLL 警报。该异常干扰了 AFE7920 的 FB 数据路径，导致 FB 过载问题。进一步通过 AFE 内部的辅助 ADC 测量 PLL V_{ctrl} ，发现其处于高 V_{ctrl} 范围边缘。PLL 保持锁定的 V_{ctrl} 限制范围为 0.2V 至 1.55V。

3 锁相环 (PLL) 简介

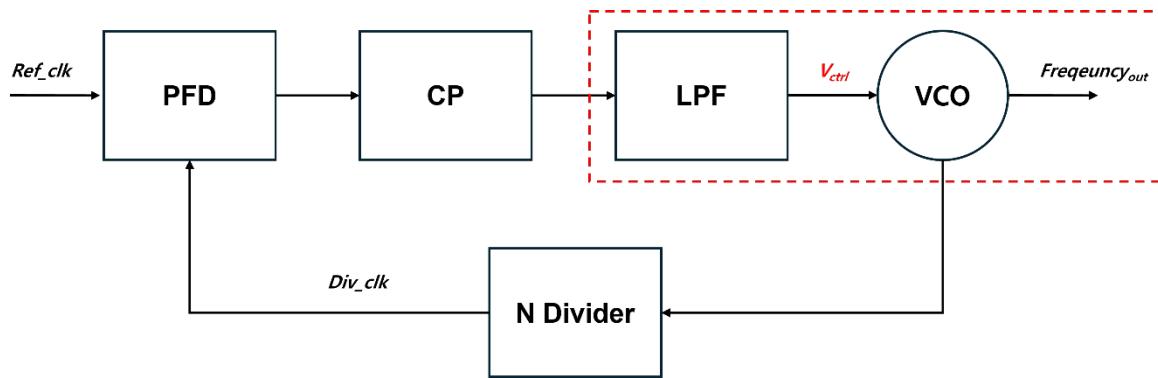


图 3-1. AFE PLL 通用方框图

锁相环 (PLL) 由相位频率检测器 (PFD)、电荷泵 (CP)、低通滤波器 (LPF)、压控振荡器 (VCO) 和 N 分频器组成。本案例的关键问题在于：从 LPF 输出并连接至 VCO 输入的 V_{ctrl} 范围。

在校准过程中，为验证锁相环在全温度范围内的锁定状态，须将 V_{ctrl} 电压设置为基准目标电压 (V_{ref})。此 V_{ref} 随温度呈线性变化，并在 ATE 上进行了修整。 V_{ref} 为基准电压，而 V_{ctrl} 是 PLL VCO 的调谐电压。在启动时的初始 PLL 校准步骤中，通过调整 VCO 中的电容组，使得 VCO 在 $V_{ctrl} = V_{ref}$ 时输出所需的频率。若使 V_{ref} 偏移 200mV， V_{ctrl} 也会相应偏移 200mV。偏移 V_{ref} 只是一种功能性修复，用于确保 PLL 在全温度范围内锁定，不会影响 AFE 的性能。

4 设计

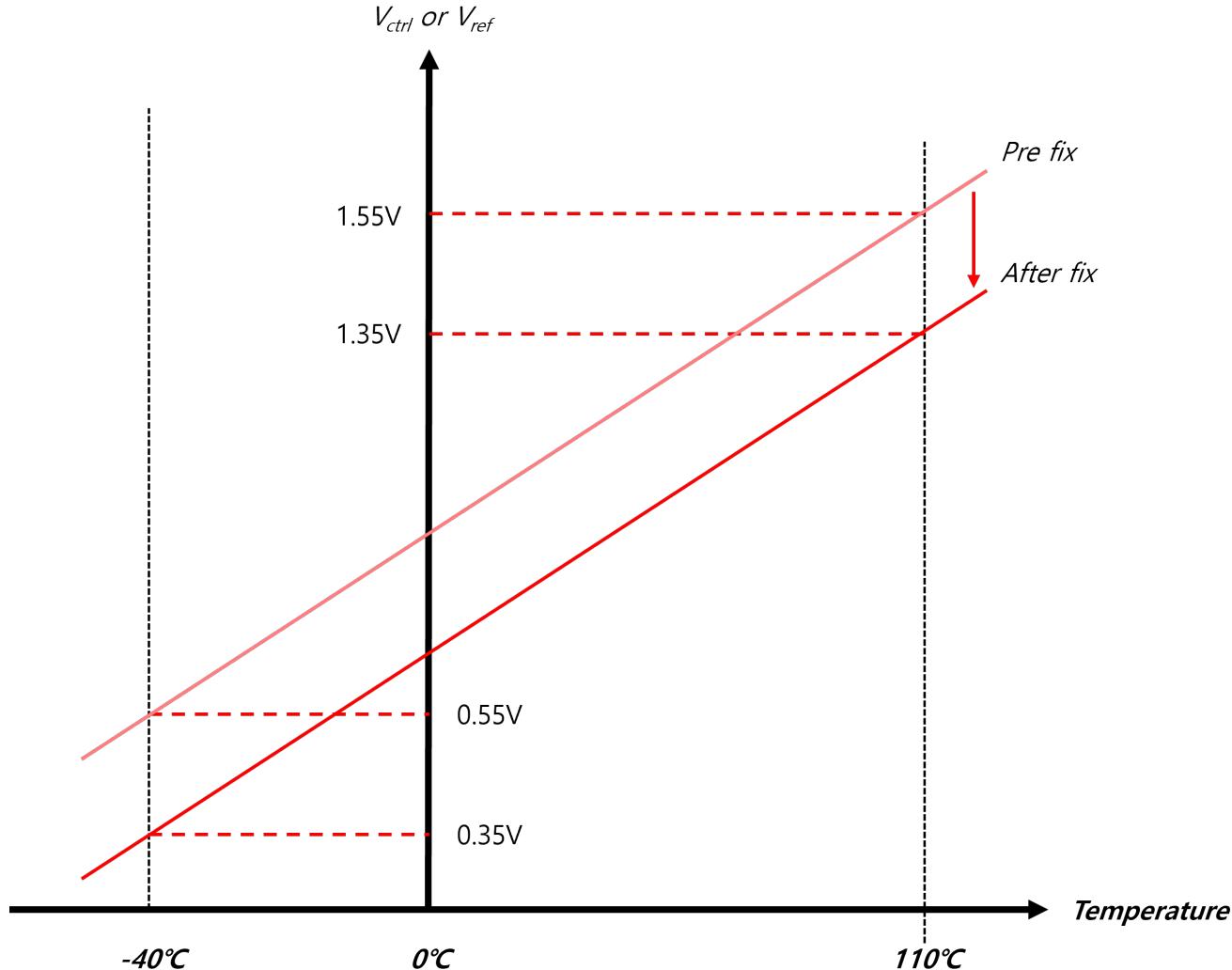


图 4-1. 修复方案图示

因此，客户测得的 V_{ctrl} 值略微接近上限，导致 PLL 瞬时解锁。需要在高温下预留更大的裕度。建议采用将偏移大约 200mV 的修复方法。

V_{ctrl} 的范围如下 (-40°C 低温下的下限到 125°C 高温下的上限) :

- 修复前 : 0.55V 至 1.55V
- 修复后 : 0.35V 至 1.35V

这可确保 V_{ctrl} 在高温和低温条件下均具有稳健的运行裕度。

5 摘要

先前的启动程序已根据建议修复方案进行修改，并作为更新版本提供。客户确认改进后的启动程序在高温环境下已成功多次运行且无异常。此修复方案可应用于各个项目，能有效提升器件运行的稳健性。此修复方案也已整合到 AFE 的软件库中。检查 **Pll Vctrl** 只是一个调试步骤。只需检查 **AFE PLL** 锁定检测器内的 **PLL** 锁定状态，就可以监测 **PLL** 的状态。建议的修复方案可应用于所有项目。客户无需检查每个项目的 **PLL Vctrl** 电压。该修复方案是配置级别的更改，旨在实现更稳健的运行。

6 参考资料

- 德州仪器 (TI) , [AFE79xx 具有反馈路径的四通道射频收发器](#) , 数据表。
- 德州仪器 (TI) , [AFE79xx 评估模块](#) 用户指南。
- 德州仪器 (TI) , [分数/整数 N 分频 PLL 基础知识](#) , 技术简报。

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出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