

Amy Weatherby

摘要

交错是一种强大的技术，其中多个模数转换器 (ADC) 级联在一起，可大大提高转换器的采样率。不过，实现交错架构的代价是会产生不需要的频谱杂散。这些杂散因各个转换器之间的增益、偏移、时序和带宽不匹配而产生。ADS54J60 包含四个交错式 ADC 内核，每个内核会产生不同的杂散偏移。环境温度变化会导致杂散偏移值出现更大的差异。本应用手册演示了如何实现外部偏移校正块，以在温度变化时保持交错杂散的幅度。

内容

1 引言	2
2 交错架构	2
3 直流偏移校正	3
3.1 直流偏移校正架构.....	3
3.2 冻结直流偏移校正.....	3
3.3 环境温度波动的影响.....	4
3.4 输入频率对交错杂散的影响.....	4
4 外部偏移校正	5
5 配置外部直流偏移校正 (通道 A)	5
5.1 器件默认配置.....	5
5.2 HSDC Pro 基线捕获.....	6
5.3 冻结交错引擎和直流偏移值.....	6
5.4 读取冻结的直流偏移值.....	7
5.5 加载直流偏移值.....	7
5.6 确认 HSDC Pro 捕获.....	8
6 总结	9
7 参考文献	10
8 修订历史记录	11

插图清单

图 2-1. 功能方框图.....	2
图 3-1. 直流偏移校正器架构 (一个 ADC 内核).....	3
图 3-2. 交错杂散与温度间的关系.....	4
图 3-3. 交错杂散与输入频率间的关系.....	4
图 5-1. 加载配置文件.....	5
图 5-2. 基线捕获 (默认偏移校正).....	6
图 5-3. ADS54J60 GUI 寄存器读/写特性.....	7
图 5-4. 使用相应值修改后的配置文件.....	7
图 5-5. 外部偏移校正.....	8

表格清单

表 5-1. 记录的冻结直流偏移值.....	7
------------------------	---

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

ADS54J60 是一款双通道器件。每个通道包含四个交错式 ADC 内核，每个内核会产生不同的直流偏移值。这些不同的 ADC 内核偏移是频谱中 DC、 $f_s/4$ 和 $f_s/2$ 处出现交错杂散的来源。我们创建了直流偏移校正功能，以降低这些交错杂散的幅度。环境温度变化会在交错式内核之间产生更大的直流偏移值差异。我们开发了外部直流偏移校正，以校准温度变化时的交错杂散，节 5 详细介绍了实现此选项的过程。

2 交错架构

图 2-1 突出显示了包含直流偏移校正功能的器件内的相关区域。每个通道中的四个内部交错式 ADC 内核以高达 250MSPS 的速率进行采样，从而产生高达 1GSPS 的输出数据流（或 500MHz 的奈奎斯特带宽）。

第一个流水线级中的放大器会增加内核之间的直流偏移不匹配，并产生更高的交错杂散。DC 处的杂散由四个内核的平均偏移引起。为了减少内核之间的不匹配，每个交错式 ADC 内核都有一个单独的直流偏移校正块，旨在将内核偏移量设置为中间代码值。然后将来自每个内核的校正数据合并到交错引擎块中。

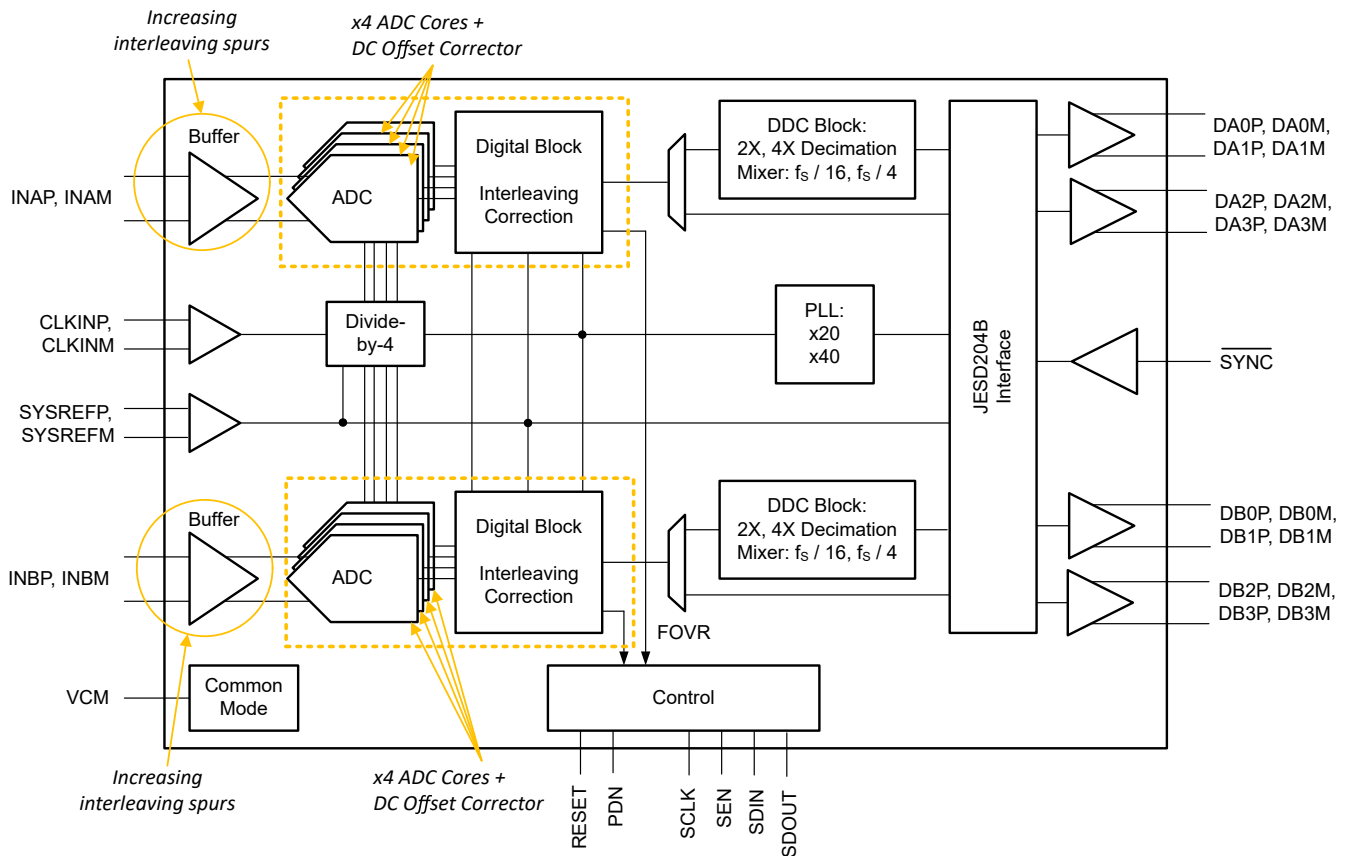


图 2-1. 功能方框图

3 直流偏移校正

3.1 直流偏移校正架构

3.1.1 默认配置

默认情况下会启用直流偏移校正块。在该状态下，校正器会持续估算并从数据流中减去平均值。该块充当高通滤波器，用于在合并交错数据之前去除传入数据流中的直流内容。虽然此功能会将交错杂散降低至理想性能，但这些杂散并未在频谱中完全消除。

3.1.2 旁路直流偏移校正

对于使用放大器驱动器直流耦合到 ADC 的应用，直流偏移校正器无法将外部直流信号与内部直流偏移区分开来。如图 3-1 所示，可以通过 SPI 旁路此功能。旁路会导致直方图具有多模态输出代码并且会在频谱中的 DC、 $f_s/4$ 和 $f_s/2$ 处产生高达 -40dBFS 的交错杂散。

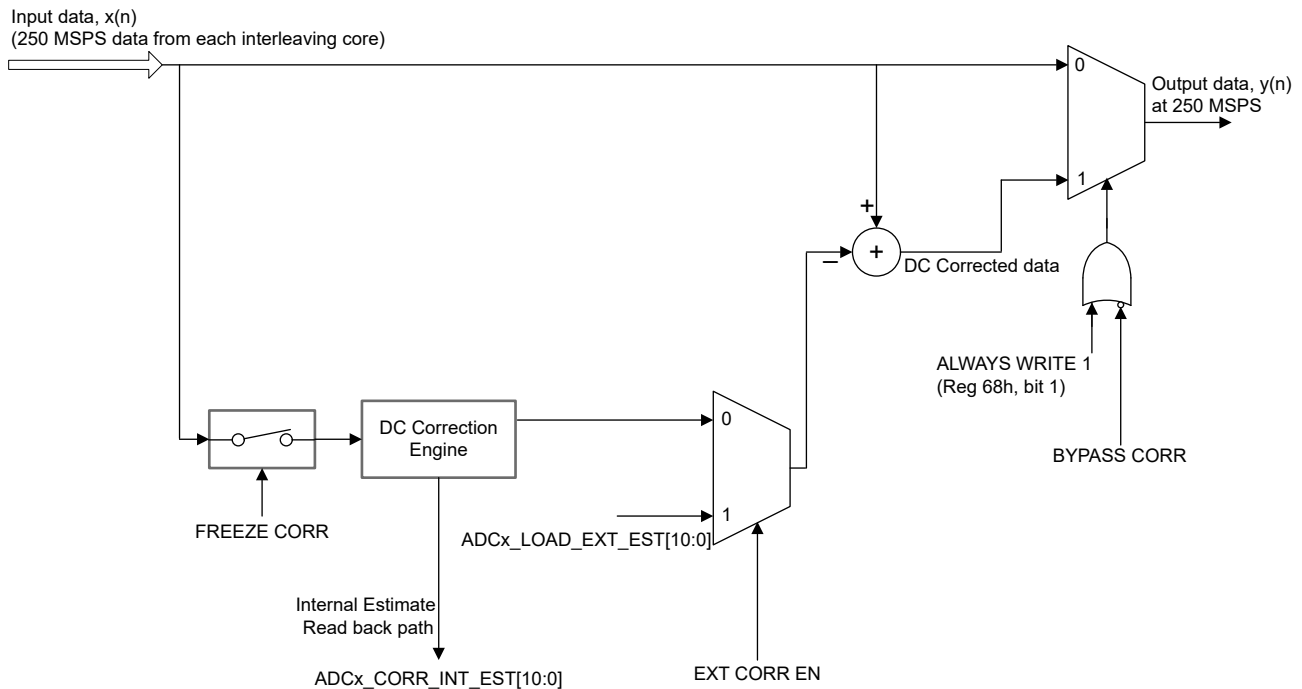


图 3-1. 直流偏移校正器架构 (一个 ADC 内核)

3.2 冻结直流偏移校正

当直流偏移校正器被冻结时，直流偏移会保持从每个 ADC 内核获得的最后估算值。虽然未捕获新的估计值，但仍将从数据流中减去冻结的平均值。

3.3 环境温度波动的影响

在环境温度发生变化的情况下，四个交错内核之间的直流偏移波动较大。直流偏移校正块在温度变化时不稳定，并且在没有其他校正方法的情况下， $f_s/4$ 和 $f_s/2$ 杂散将增加。创建外部偏移校正选项是为了解决这个问题。

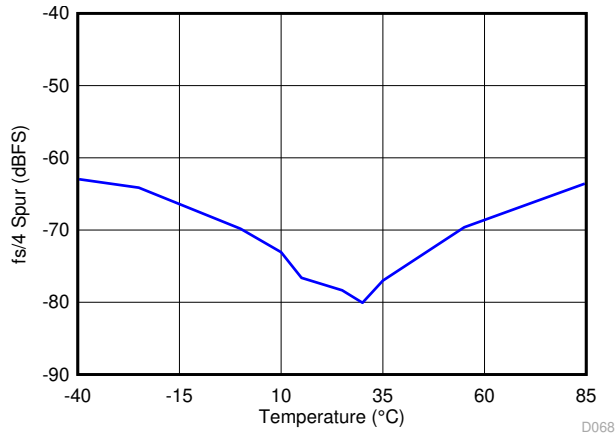


图 3-2. 交错杂散与温度间的关系

3.4 输入频率对交错杂散的影响

请注意，交错杂散与频率相关。通常，杂散的幅度会随着输入频率的增加而增加。节 5 中提供的示例是在没有输入音调的情况下执行的。

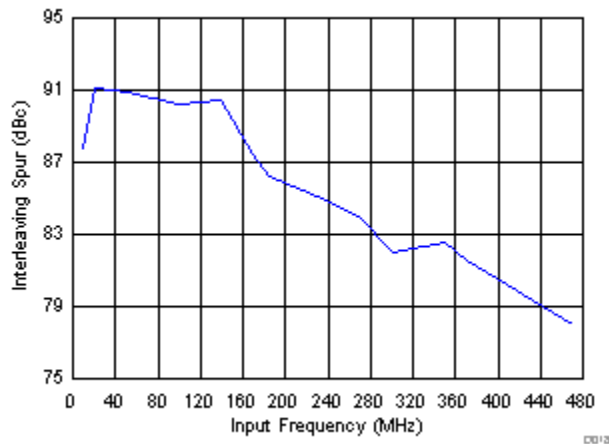


图 3-3. 交错杂散与输入频率间的关系

4 外部偏移校正

外部偏移校正功能适用于无法承受 DC、 $f_s/4$ 和 $f_s/2$ 交错杂散在环境温度变化范围内发生较大变化的系统应用。内部直流偏移可以在外部进行冻结、读取和加载，以校准温度范围内的直流偏移，从而将杂散的幅度保持在图 3-2 和图 3-3 中所示的水平（但不会进一步改善）。

节 5 详细说明了正确实现此选项所需的 SPI 寄存器写入。我们创建了四个配置文件，其中包含相关写入来进一步简化该过程。

5 配置外部直流偏移校正（通道 A）

以下部分介绍了使用外部直流偏移校正功能校准内部直流偏移不匹配的过程。偏移校正值是由引擎估算的 11 位符号值。每个寄存器保存 8 位值，因此使用两个寄存器来获得完整的 11 位偏移校正值。

5.1 器件默认配置

按照 ADS54J60 用户指南，安装并启动 ADS54JXX GUI。加载默认配置文件，以对 LMK（板载时钟芯片）和 ADC 进行编程。

1. 加载 LMK_Config_Onboard_983p04_MSPS.cfg
2. 使用板载下拉电阻对 ADC 执行硬复位
3. 加载 ADS54J60_LMF_8224.cfg
 - a. 可以加载任何其他所需的 ADC 配置文件，具体取决于所需的工作模式

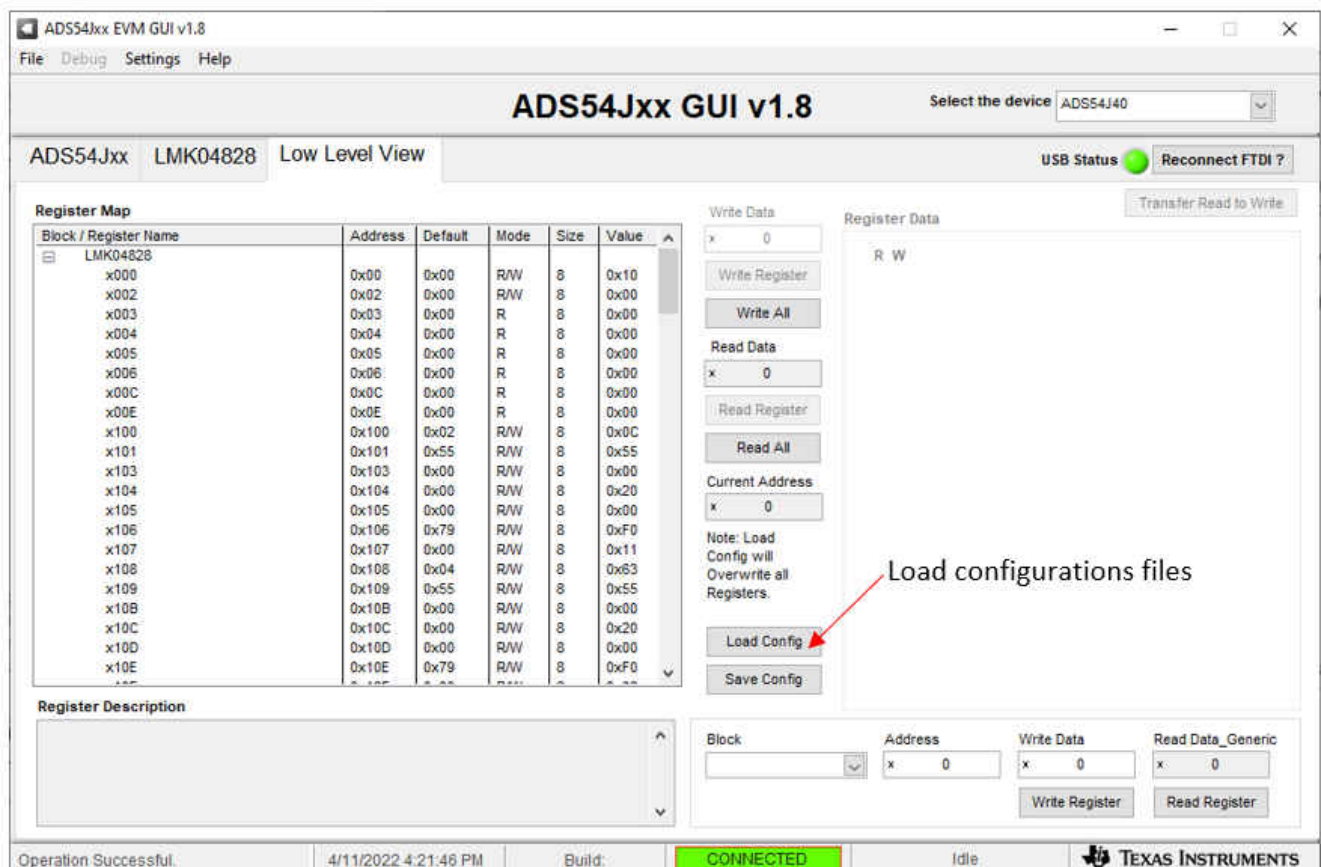


图 5-1. 加载配置文件

5.2 HSDC Pro 基线捕获

默认情况下，会启用直流偏移校正块。这可以减少幅度高于本底噪声的可见交错杂散。

- 将正确的固件下载到 TSW14J56 采集卡 (本例中选择 ADS54J60_LMF_8224)
- 捕获本底噪声
- 确认交错杂散位于 -90dBFS 至 -85dBFS 范围内

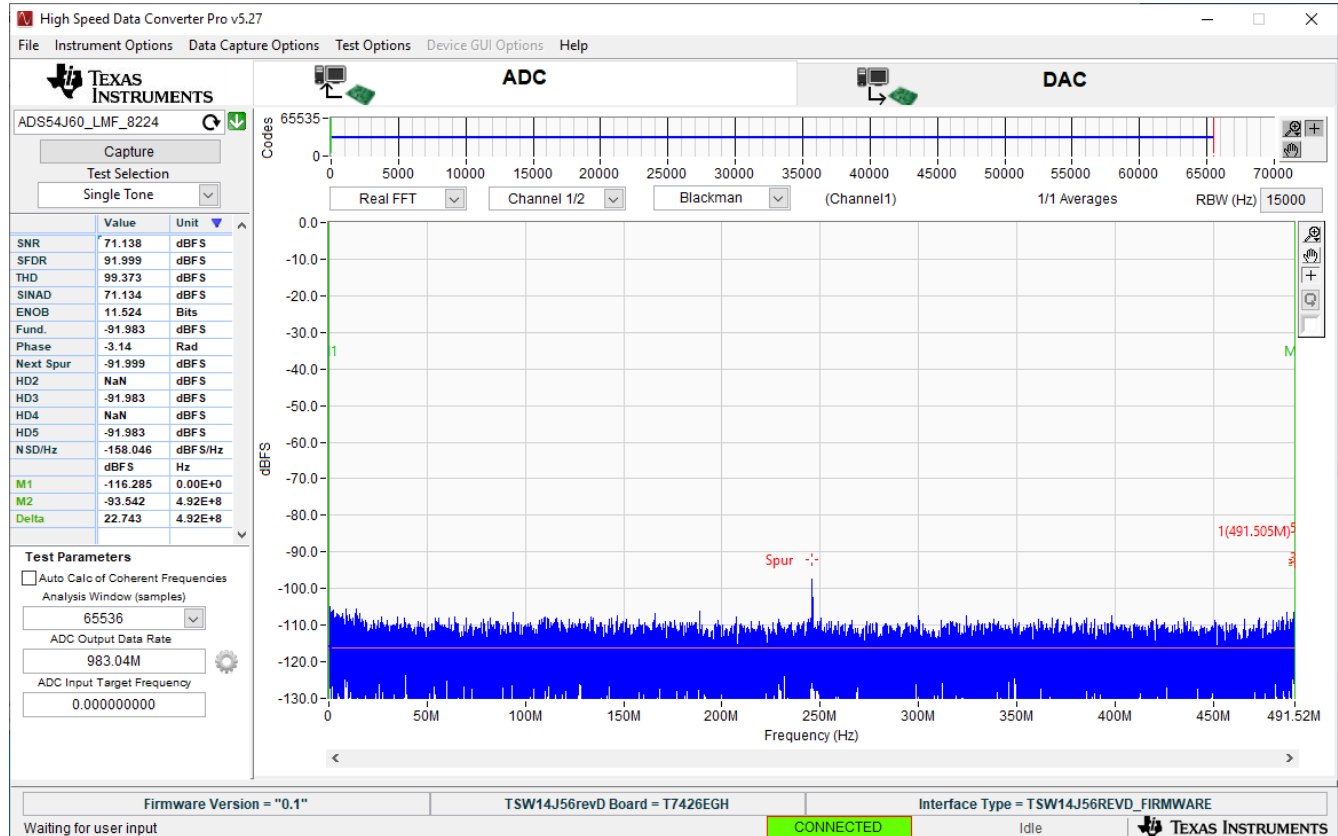


图 5-2. 基线捕获 (默认偏移校正)

5.3 冻结交错引擎和直流偏移值

冻结和读取直流偏移值所需的低级寄存器写入已编译到以下文件中。这三个配置文件解决了设置直流校准带宽、冻结交错校准引擎和冻结直流校正后所需的 500ms 延迟。

1. 直流校准带宽 : DC_IL_Freeze1.cfg
 - a. 将两个通道的直流校准带宽设置为 5Hz (或 9Hz)
 - b. 这会提高直流偏移估算值的精度
2. 冻结交错引擎 : DC_IL_Freeze2.cfg
 - a. 启用交错块冻结/取消冻结选项
 - b. 冻结交错校准引擎
3. 冻结直流偏移校正块 : DC_IL_Freeze3.cfg
 - a. 冻结两个通道的直流偏移校正块
 - b. 启用单通道寄存器写入 (从每个单通道读取值; 否则, 冻结的值将被错误地读回)

5.4 读取冻结的直流偏移值

直流偏移校正值设置为可读取和记录。使用 ADS54JXX GUI，导航至“Low Level View”选项卡。选择 ADS54Jxx_LowLevel 块。对于通道 A，11 位直流偏移校正值可以从地址 0x074 至 0xE07B 读取并记录；对于通道 B，则可从地址 0x074 至 0xF07B 读取并记录。

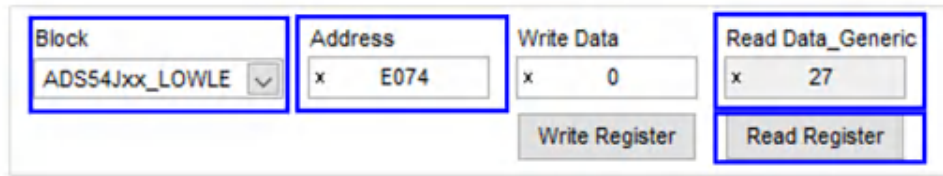


图 5-3. ADS54J60 GUI 寄存器读/写特性

表 5-1. 记录的冻结直流偏移值

地址 (CHA)	直流偏移校正值 (此示例)	地址 (CHB)	直流偏移校正值
0xE074	0x27	0xF074	(值)
0xE075	0x07	0xF075	(值)
0xE076	0x3A	0xF076	(值)
0xE077	0x07	0xF077	(值)
0xE078	0xCC	0xF078	(值)
0xE079	0x00	0xF079	(值)
0xE07A	0xCC	0xF07A	(值)
0xE07B	0x00	0xF07B	(值)

5.5 加载直流偏移值

第四个配置文件包含寄存器写入以从外部加载直流偏移值。此文件需要用户修改，才能加载从上一节所述地址读取和记录的值。

1. 修改直流偏移值
 - a. 打开 pre-load_write.cfg 文件。
 - b. 使用从表 5-1 中所示地址记录的值修改该文件

```

ADS54Jxx_LOWLEVEL
0x6069 0x01 // Enable external offset correction
0x4005 0x01 // Enable single Ch reg write
0x4004 0x61 // Page select
0x4003 0x00 // ...
0x4002 0x05 // ...
0x4001 0x00 // ...
0x6000 0x27
0x6001 0x07
0x6004 0x3A
0x6005 0x07
0x6008 0xCC
0x6009 0x00
0x600C 0xCC
0x600D 0x00
    
```

图 5-4. 使用相应值修改后的配置文件

2. 加载直流偏移值：pre-load_write.cfg (加载到 GUI)
 - a. 启用外部偏移校正加载选项
 - b. 设置正确的页面以从外部加载偏移校正值
 - c. 包含图 5-4 中修改的值。

5.6 确认 HSDC Pro 捕获

在 HSDC Pro 中再次进行捕获。如果正确冻结、读取和加载了这些值，则杂散应保持不变。

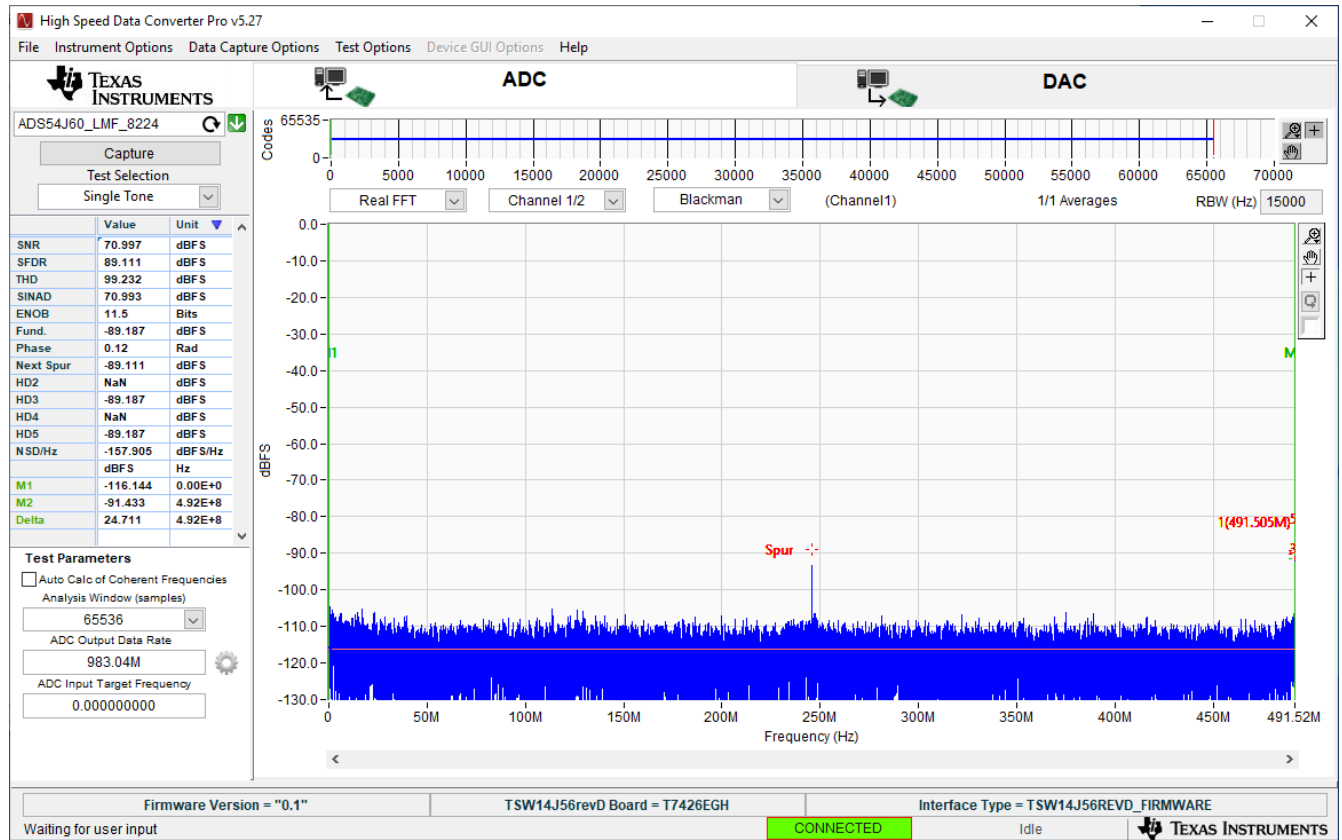


图 5-5. 外部偏移校正

6 总结

交错是一种显著提高转换器采样率和奈奎斯特带宽的有效方法。然而，这种架构会带来实际挑战，即将不需要的交错杂散引入频谱。ADS54J60 使用一个直流校正块来在默认配置中校正这些杂散。对于关注环境温度变化的系统应用，本应用手册演示了如何实现外部偏移校正功能以保持交错杂散的幅度。

7 参考文献

1. 德州仪器 (TI) , [ADS54J60 双通道、16 位、1.0GSPS 模数转换器](#) 数据表。

8 修订历史记录

Changes from Revision * (May 2023) to Revision A (June 2023)	Page
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式.....	1
• 将 <i>ADC54JXX GUI</i> 更改为 <i>ADS54JXX GUI</i>	7

重要声明和免责声明

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、某特定用途方面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功能安全、信息安全、监管或其他要求。

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 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/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。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2023，德州仪器 (TI) 公司