

直流偏移校正功能与 ADS58H40 PCB 布局优化

涂浩昇 (Lance Tu)

HSP Telecom FAE

摘要

本文分析了高速 ADC 直流偏移校正功能的作用与影响，并针对此以 ADS58H40 为例，优化了其 PCB 布局。

Key words: DC offset correction (直流偏移校正)
ADC (模数转换器)
Code toggle (码域翻转)
Ripple noise floor (纹波底噪)

目录

Contents

1. 引言.....	2
2. 高速 ADC 直流偏移校正功能的作用与影响	2
3. 码域翻转干扰所带来的问题	3
4. 针对码域翻转干扰的 ADS58H40 PCB 布局优化.....	5
5. 结论.....	7
6. 参考文献.....	8

1. 引言

ADS58H40 是一款由德州仪器 (TI) 推出的四通道、11/14 比特、采样 250MSPS、接收 90MHz 带宽的高性能高速模数转换器。它同时具有用于反馈的 125MHz 带宽的 Burst Mode 与用于接收的 90MHz 带宽的 SNRBoost Mode，适用于基站收发信机的反馈与接收通道。

目前用于基站收发信机的高速模数转换器 (ADC) 大多都具有直流偏移校正功能 (DC offset correction function)。它用于校正 ADC 接收到的直流，以免其降低接收机的性能。但是此功能同时也会引起 ADC 的码域翻转 (code toggle)，如果 PCB 布局不当，会造成 ADC 采集小信号功率不准确。本文以 ADS58H40 为例，分析了码域翻转干扰所带来的问题，并提供了 PCB 优化解决方案。

2. 高速 ADC 直流偏移校正功能的作用与影响

直流偏移 (DC offset) 是由外界的直流信号分量与原信号的直流叠加形成。在基站收发信机中，它主要是由本振泄露与混频器或 IQ 解调器的非线性产生。直流偏移会对有用信号形成干扰，通常需要使用 ADC 的直流偏移校正功能来抑制它。

从码域上来看对于一个理想的 11 bit ADC，其中间码应该是 $2^{(11-1)}=1024$ 。用二进制补码来表示就是 0x000。由于二进制补码的最高位表示符号位，所以对应的 11 bit 数据范围是从 0x000 到 0x7FF。0x7FF 表示 -1，对应为 1023。在无有用信号输入时，理想状态下，11 bit ADC 采集出来的信号在码域就应该为 0x000。但是事实上外界还有热噪声 (thermal noise) 与直流偏移会被 ADC 采集到。直流偏移在码域上会使 ADC 空采所获得的码相对 0x000 向上偏移一些，而热噪声信号的自然波动也会叠加到直流偏移所表示的码上面。ADC 的 DC offset correction function 会修正直流偏移引起的码域误差，将其重新校正到 0x000。

ADC 的 DC offset correction function 的工作流程如下：

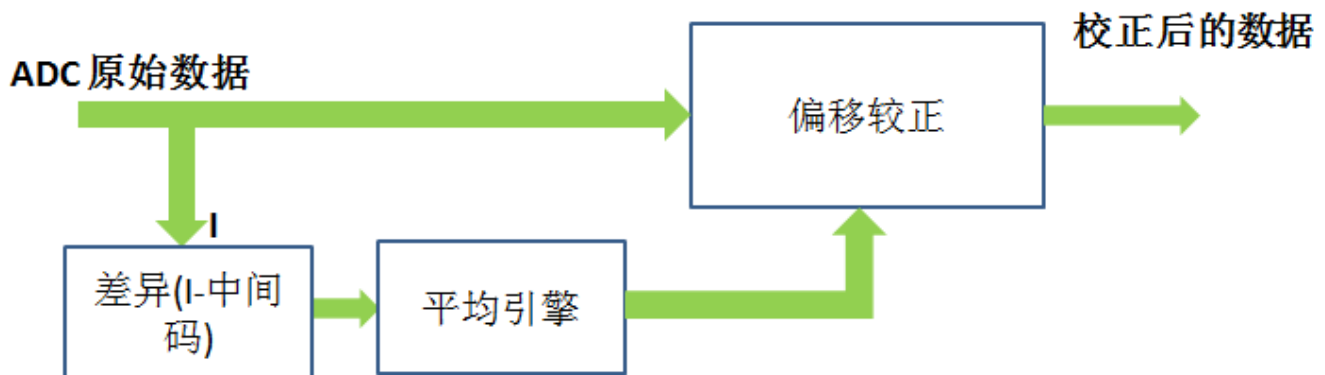


Figure 1 DC offset correction

下面用两张图示来对比说明 ADC 未使能与使能 DC offset correction function 在码域上的区别。

在未使用 ADC 的 DC offset correction function 时，11 bit ADC 空采所得到的热噪声与直流偏移在码域图示如下：

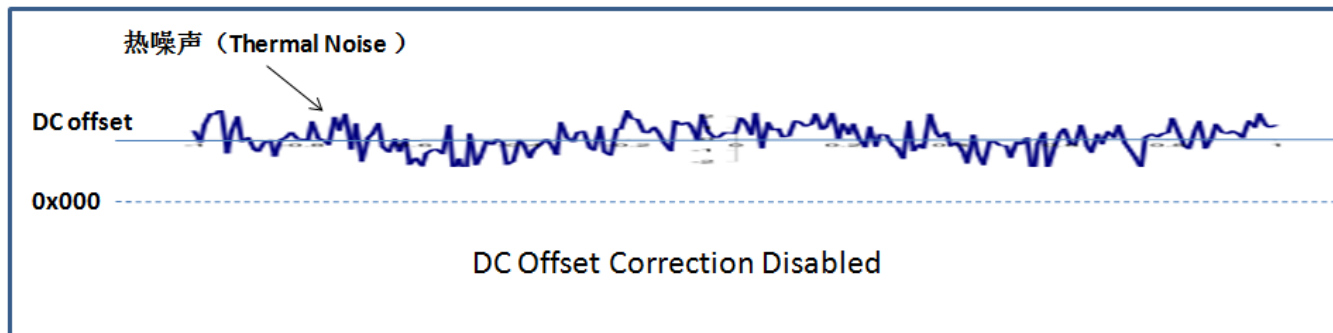


Figure 2 DC Offset Correction Disabled for an idle 11bit ADC channel

在使用 ADC 的 DC offset correction function 时，11 bit ADC 空采所得到的热噪声与直流偏移在码域图示如下：

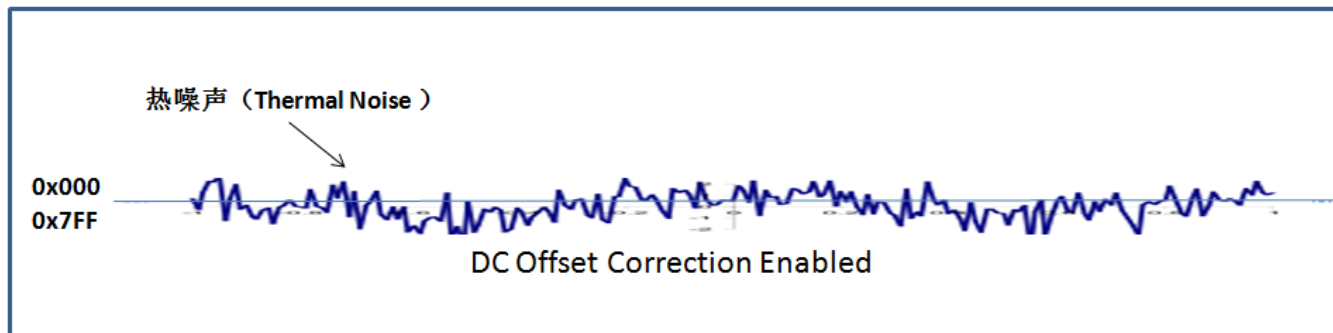


Figure 3 DC Offset Correction Enabled for an idle 11bit ADC channel

通过对比发现使能 ADC 的 DC offset correction function 后，直流偏移引起的码域误差被修正，热噪声在码域上也从基本在 0x000 码以上围绕着直流偏移波动，变成了围绕着 0x000 码波动。因此在使能 DC offset correction function 时，热噪声的自然波动会引起码域从 0x000 到 0x7FF 的随机翻转。体现在 ADC 的 11 bit 数据线上就是 ADC 空采时，所有数据线的电平都同时在逻辑 0 与逻辑 1 之间切换。此时数据线对外的干扰是最大的。如果在 PCB 布局上不够谨慎，就会使这个干扰信号耦合到 ADC 的模拟输入端。虽然这个耦合的干扰信号幅度并不大，但是它对 ADC 的输入信号，尤其是输入的小信号在频域上会形成波浪型干扰，在 ADC 空采时，则体现为纹波底噪 (ripple noise floor)。

3. 码域翻转干扰所带来的问题

以 ADS58H40 为例，图示说明码域翻转干扰信号耦合到 ADC 模拟输入端的后果。

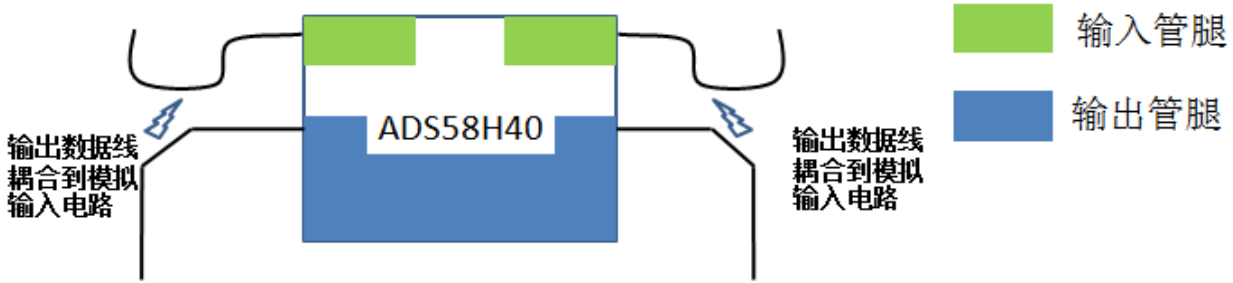


Figure 4 Digital output coupling to input

在 PCB 布局不理想时，如上图所示输出数据端直接或间接的通过时钟或 ADC 的 VCM 耦合到了 ADC 的模拟输入端。

受此干扰信号影响，将 ADS58H40 通道空采得到的数据做 FFT 变换得到的频域图如下：

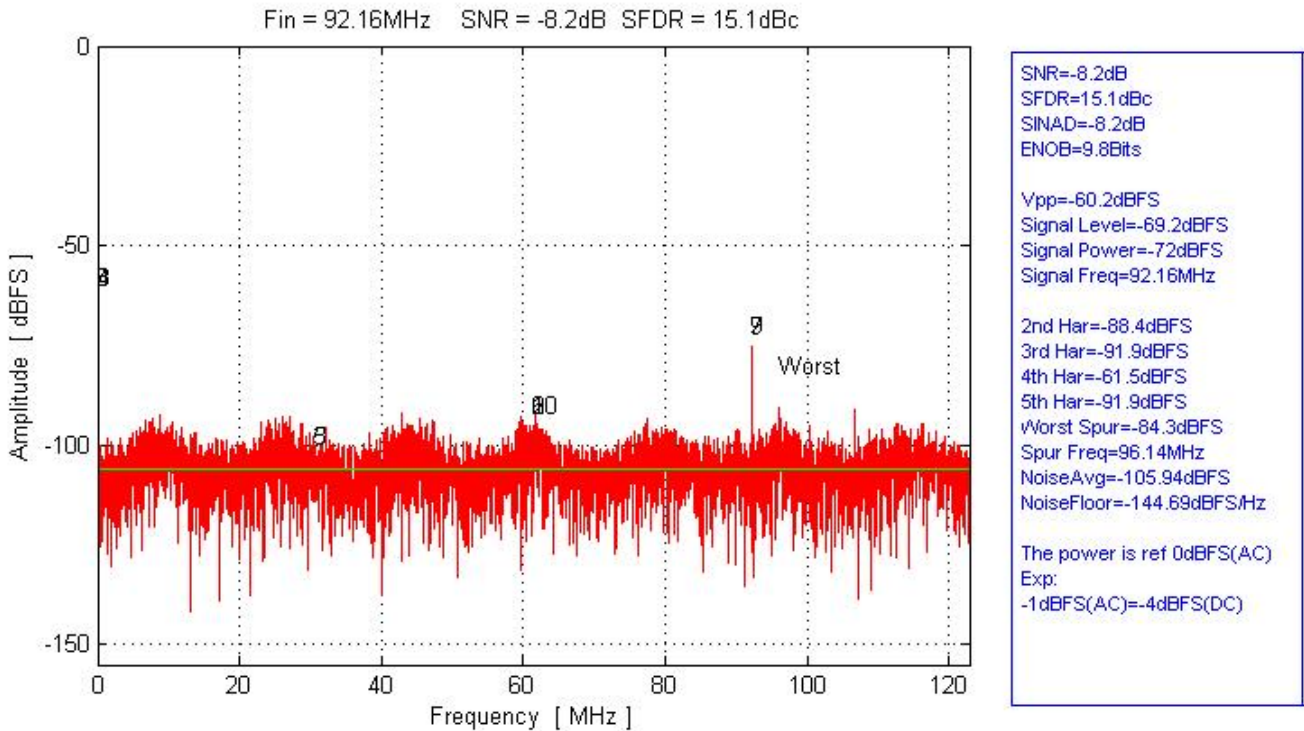


Figure 5 Ripple noise floor caused by code toggle interference coupling

从图中可以清晰的看到 ADC 采集到的是波浪型底噪，它略微的恶化了 ADC 的信噪比 (SNR)，并且会导致小信号的幅度测量不准确，影响接收机灵敏度的测试。

为了进一步说明码域翻转干扰的影响。用不同幅度的信号输入给 ADS58H40 进行扫频测试，将采集到的数据制图如下：

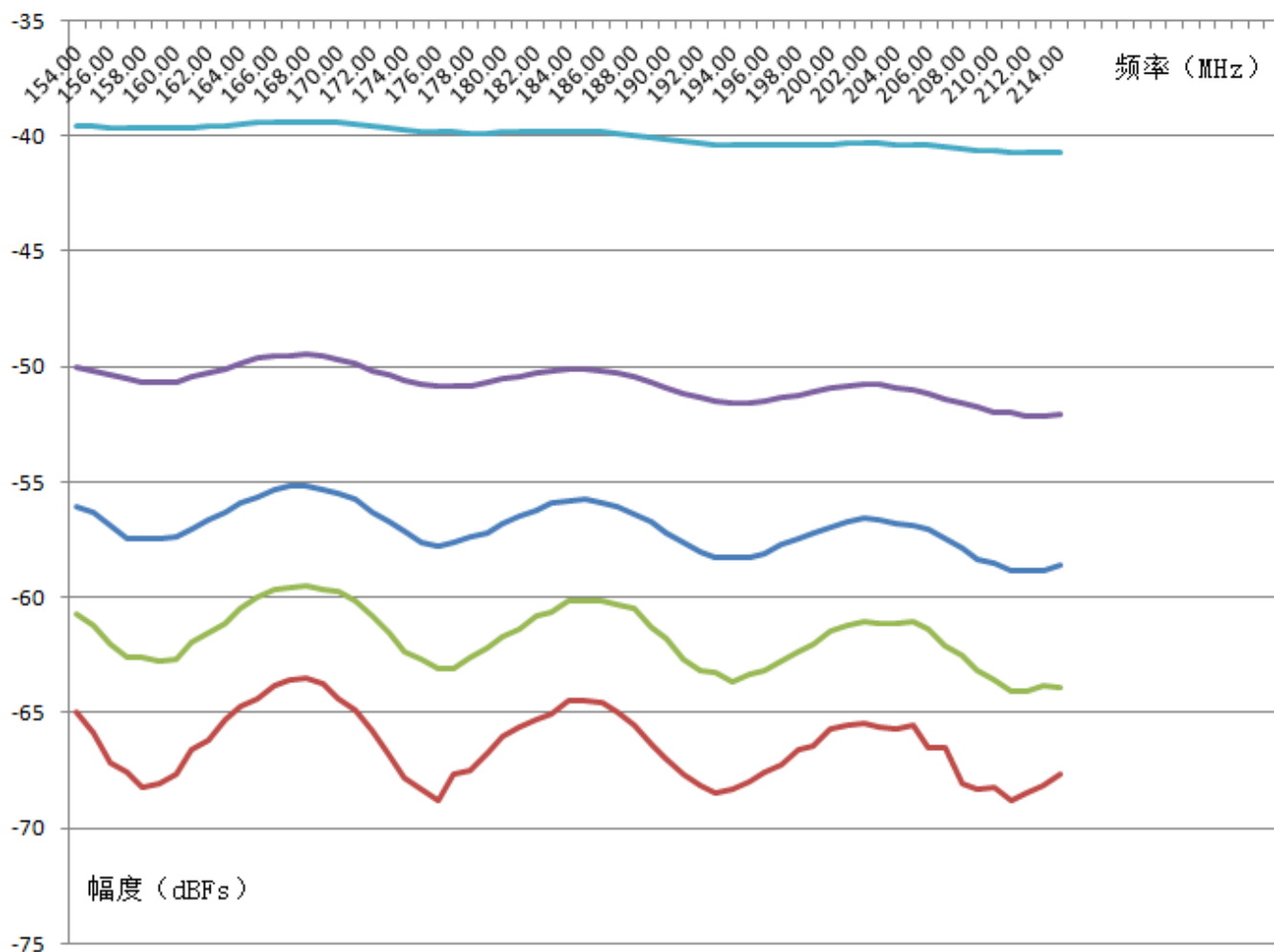


Figure 6 Frequency scan for different input signal level with interference

ADS58H40 的采样时钟为 245.76MHz，针对其第二奈奎斯特域的中心 60M 范围，使用 5 个功率等级进行扫频。在功率大于-40dBFS 时，由于 PCB 布局不当所引入的码域翻转干扰对输入信号影响很小（由于 ADC 前端有滤波器的关系，所以输入信号不是完全平整的）。但是随着输入信号功率的减小此干扰对输入信号的影响越来越大，在输入信号幅度低于-60dBFS 时，去除模拟输入端滤波器的影响后其引起的功率误差依然可以达到 3dB 以上。

4. 针对码域翻转干扰的 ADS58H40 PCB 布局优化

为了避免码域翻转干扰耦合到 ADC 的模拟输入端，需要针对性的避免一些不当的 PCB 布局。码域翻转干扰可以通过三个途径耦合：（1）数据输出线与模拟输入电路布局很近且平行，直接耦合。（2）数据输出线耦合到 ADC 的时钟信号再间接耦合到模拟输入端。（3）数据输出线耦合到 ADC 的 VCM，再通过 VCM 间接耦合到模拟输入端。

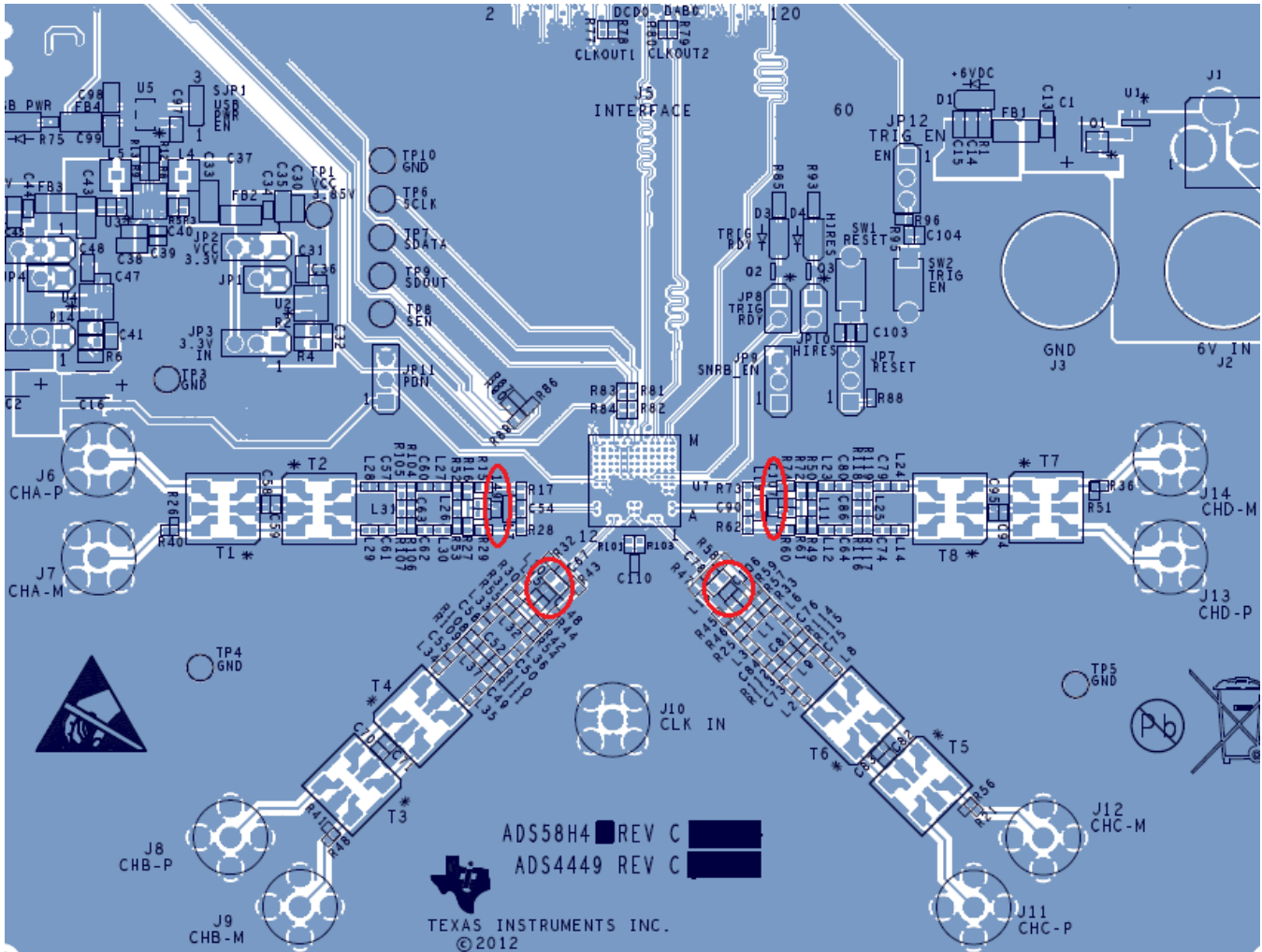


Figure 7 ADS58H40 PCB layout

上图为 ADS58H40EVM 评估板的 PCB 布局，在基站收发信机上不会有这么大的空间来给其布局，一些走线难免会离得很近，所以针对码域翻转干扰的三个耦合途径，建议对 ADS58H40 PCB 布局做出以下三个优化：

- (1) ADS58H40 的数据输出 LVDS 线与模拟输入电路分开布局，不要平行或交叉。
- (2) ADS58H40 的采样时钟线与随路时钟线布局尽可能的远离模拟输入端，不要与其近距离平行。
- (3) ADS58H40 的 VCM 线最好通过过孔直接从模拟输入电路的差分端中间接入，如上图四个红色圈的中心。在模拟输入端 VCM 接入口必须加上对地的滤波电容。VCM 信号不要做成 VCM 电源平面，而且布局时使其尽量远离数据输出线。

经过 PCB 布局优化的 ADS58H40 使能 DC offset correction function 后不再具有纹波底噪，而且 ADC 底噪更佳 (Figure 8)。在 -60dBFS 的小信号扫频测试中，去除模拟输入端滤波器的影响后其波动在 0.5dB 以内。

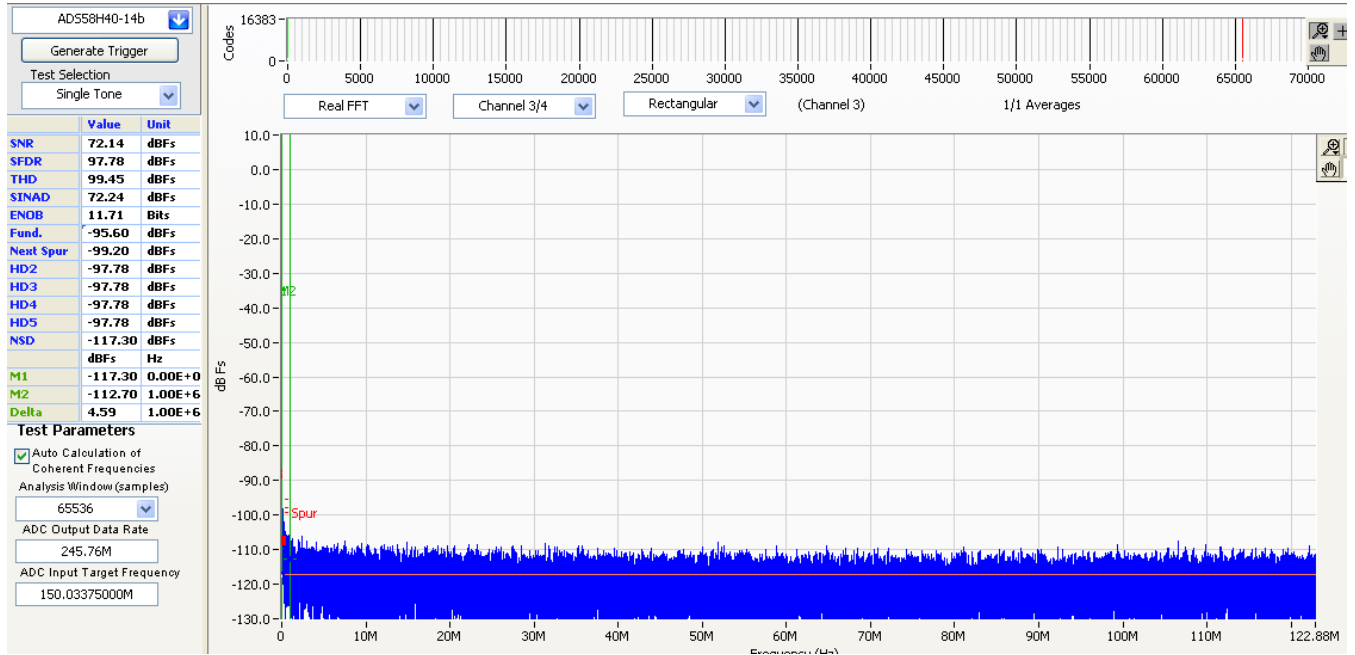


Figure 8 Normal noise floor after PCB layout optimization

5. 结论

ADC 的 DC offset correction function 可以有效的抑制直流偏移所带来的误差。不过在 PCB 布局不当时，开启此功能所带来的码域翻转干扰会使 ADC 具有纹波底噪并且其采集到的小信号幅度波动会达到 3dB 以上。通过针对性的 PCB 布局优化可以有效的解决这个问题，将-60dBFS 的小信号波动控制在 0.5dB 以内。

6. 参考文献

- ADS58H40 datasheet, 2012 年 11 月修订版, Texas Instruments Inc.
- Idle noise degradation, 2013 年 4 月, Pradeep Nair, Texas Instruments Inc.
- ADS58H40EVM-LYR C, 2012 年 10 月, Texas Instruments Inc.

重要声明

德州仪器(TI) 及其下属子公司有权根据 JESD46 最新标准, 对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改, 并有权根据 JESD48 最新标准中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的组件的性能符合产品销售时 TI 半导体产品销售条件与条款的适用规范。仅在 TI 保证的范围内, 且 TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非适用法律做出了硬性规定, 否则没有必要对每种组件的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用 TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何 TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了 TI 组件或服务的组合设备、机器或流程相关的 TI 知识产权中授予的直接或隐含权作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成从 TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是 TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于 TI 的产品手册或数据表中 TI 信息的重要部分, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任或义务。复制第三方的信息可能需要服从额外的限制条件。

在转售 TI 组件或服务时, 如果对该组件或服务参数的陈述与 TI 标明的参数相比存在差异或虚假成分, 则会失去相关 TI 组件或服务的所有明示或暗示授权, 且这是不正当的、欺诈性商业行为。TI 对任何此类虚假陈述均不承担任何责任或义务。

客户认可并同意, 尽管任何应用相关信息或支持仍可能由 TI 提供, 但他们将独力负责满足与其产品及其应用中使用的 TI 产品相关的所有法律、法规和安全相关要求。客户声明并同意, 他们具备制定与实施安全措施所需的全部专业技术和知识, 可预见故障的危险后果、监测故障及其后果、降低有可能造成人身伤害的故障的发生机率并采取适当的补救措施。客户将全额赔偿因在此类安全关键应用中使用任何 TI 组件而对 TI 及其代理造成的任何损失。

在某些场合中, 为了推进安全相关应用有可能对 TI 组件进行特别的促销。TI 的目标是利用此类组件帮助客户设计和创立其特有的可满足适用的功能安全性标准和要求的终端产品解决方案。尽管如此, 此类组件仍然服从这些条款。

TI 组件未获得用于 FDA Class III (或类似的生命攸关医疗设备) 的授权许可, 除非各方授权官员已经达成了专门管控此类使用的特别协议。

只有那些 TI 特别注明属于军用等级或“增强型塑料”的 TI 组件才是设计或专门用于军事/航空应用或环境的。购买者认可并同意, 对并非指定面向军事或航空航天用途的 TI 组件进行军事或航空航天方面的应用, 其风险由客户单独承担, 并且由客户独力负责满足与此类使用相关的所有法律和法规要求。

TI 已明确指定符合 ISO/TS16949 要求的产品, 这些产品主要用于汽车。在任何情况下, 因使用非指定产品而无法达到 ISO/TS16949 要求, TI 不承担任何责任。

	产品		应用
数字音频	www.ti.com.cn/audio	通信与电信	www.ti.com.cn/telecom
放大器和线性器件	www.ti.com.cn/amplifiers	计算机及周边	www.ti.com.cn/computer
数据转换器	www.ti.com.cn/dataconverters	消费电子	www.ti.com.cn/consumer-apps
DLP® 产品	www.dlp.com	能源	www.ti.com.cn/energy
DSP - 数字信号处理器	www.ti.com.cn/dsp	工业应用	www.ti.com.cn/industrial
时钟和计时器	www.ti.com.cn/clockandtimers	医疗电子	www.ti.com.cn/medical
接口	www.ti.com.cn/interface	安防应用	www.ti.com.cn/security
逻辑	www.ti.com.cn/logic	汽车电子	www.ti.com.cn/automotive
电源管理	www.ti.com.cn/power	视频和影像	www.ti.com.cn/video
微控制器 (MCU)	www.ti.com.cn/microcontrollers		
RFID 系统	www.ti.com.cn/rfidsys		
OMAP应用处理器	www.ti.com.cn/omap		
无线连通性	www.ti.com.cn/wirelessconnectivity	德州仪器在线技术支持社区	www.deyisupport.com

邮寄地址: 上海市浦东新区世纪大道 1568 号, 中建大厦 32 楼 邮政编码: 200122
Copyright © 2013 德州仪器 半导体技术 (上海) 有限公司