



Abdulraheem Killedar

摘要

本应用报告讨论了电源纹波、噪声规格和参考解决方案，并介绍了其权衡方案——一种基于 LC 滤波器的低成本解决方案。

内容

| | |
|---------------------------|----|
| 1 简介..... | 2 |
| 2 电源纹波和噪声规格..... | 2 |
| 3 参考解决方案..... | 4 |
| 4 低成本 LC 滤波器解决方案..... | 5 |
| 4.1 LDO 和 LC 滤波器方案比较..... | 5 |
| 4.2 系统测试..... | 8 |
| 5 总结..... | 18 |

插图清单

| | |
|------------------------------------|----|
| 图 3-1. 具有 LDO 的电源管理方案..... | 4 |
| 图 3-2. 参考原理图..... | 4 |
| 图 4-1. 具有 LC 滤波器的电源管理方案..... | 5 |
| 图 4-2. LDO 方案截屏, Rx 增益 48dB..... | 9 |
| 图 4-3. LDO 方案截屏, Rx 增益 30dB..... | 10 |
| 图 4-4. LC 滤波器方案截屏, Rx 增益 48dB..... | 11 |
| 图 4-5. LC 滤波器方案截屏, Rx 增益 30dB..... | 12 |
| 图 4-6. LDO 方案 - 杂散电平..... | 14 |
| 图 4-7. LDO 方案 - Tx 关闭的本底噪声..... | 15 |
| 图 4-8. LC 滤波器方案 - 杂散电平..... | 16 |
| 图 4-9. LC 滤波器方案 - Tx 关闭的本底噪声..... | 17 |

表格清单

| | |
|---|----|
| 表 2-1. XWR1xx 电源纹波 (μVrms)..... | 2 |
| 表 2-2. XWR1xx 噪声频谱密度 ($\mu\text{Vrms/RtHz}$)..... | 2 |
| 表 2-3. XWR1xxx 电源纹波 (μVrms)..... | 3 |
| 表 2-4. XWR1xxx 噪声频谱密度 ($\mu\text{Vrms/RtHz}$)..... | 3 |
| 表 4-1. 推荐的铁氧体磁珠组件..... | 5 |
| 表 4-2. 传感器配置..... | 5 |
| 表 4-3. 具有 TX 到 RX 波导环回的杂散/噪声电平测量..... | 6 |
| 表 4-4. 电压瞬变行为..... | 7 |
| 表 4-5. 传感器配置..... | 8 |
| 表 4-6. Rx 增益分别为 30 和 48 时 LDO 和 LC 滤波器方案的 SNR 比较..... | 13 |

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

XWR1xx 是德州仪器 (TI) 采用 RFCMOS 技术的毫米波雷达传感器器件系列，适用于汽车和工业应用。这些器件由四个电压轨供电，分别为 3.3V、1.2V、1.8V 和 1.0V 电压轨。

本文档的内容适用于以下毫米波器件：

- xWR1xxx/xWR2xxx
- xWR6xxx

2 电源纹波和噪声规格

在上述四个电源轨中，1.0V 和 1.8V 电源对电源纹波和噪声很敏感，因为这些电源为器件中的关键模块供电，如 PLL、基带 ADC、合成器等。有关电源轨及其在器件中所提供的逻辑的更多详细信息，请参阅器件特定数据表。表 2-1 和表 2-2 提供 1.0V 电源的纹波和噪声规格。

表 2-1. XWR1xx 电源纹波 (μVrms)

| SI 编号 | 频率 (kHz) | XWR1xx 电源纹波 (μVrms) |
|-------|----------|----------------------------------|
| 1 | 17.1875 | |
| 2 | 34.375 | |
| 3 | 68.75 | |
| 4 | 137.5 | |
| 5 | 275 | |
| 6 | 550 | |
| 7 | 1100 | |
| 8 | 2200 | |
| 9 | 4400 | 35.48133892 |
| 10 | 6600 | |

表 2-2. XWR1xx 噪声频谱密度 ($\mu\text{Vrms/RtHz}$)

| SI 编号 | 频率 (kHz) | XWR1xx 噪声频谱密度 ($\mu\text{Vrms/RtHz}$) |
|-------|----------|---|
| 1 | 17.1875 | 0.01 |
| 2 | 34.375 | 0.01 |
| 3 | 68.75 | 0.01 |
| 4 | 137.5 | 0.015 |
| 5 | 275 | 0.02 |
| 6 | 550 | 0.02 |
| 7 | 1100 | 0.009 |
| 8 | 2200 | 0.002 |
| 9 | 4400 | 0.05 |
| 10 | 6600 | 0.002 |

表 2-3 和表 2-4 提供 1.8V 电源的纹波和噪声规格。

表 2-3. XWR1xxx 电源纹波 (μVrms)

| SI 编号 | 频率 (kHz) | XWR1xxx 电源纹波 (μVrms) |
|-------|----------|-----------------------------------|
| 1 | 17.1875 | |
| 2 | 34.375 | |
| 3 | 68.75 | |
| 4 | 137.5 | |
| 5 | 275 | |
| 6 | 550 | |
| 7 | 1100 | |
| 8 | 2200 | |
| 9 | 4400 | 35.48133892 |
| 10 | 6600 | |

表 2-4. XWR1xxx 噪声频谱密度 ($\mu\text{Vrms/RtHz}$)

| SI 编号 | 频率 (kHz) | XWR1xxx 噪声频谱密度 ($\mu\text{Vrms/RtHz}$) |
|-------|----------|--|
| 1 | 17.1875 | 0.08 |
| 2 | 34.375 | 0.07 |
| 3 | 68.75 | 0.07 |
| 4 | 137.5 | 0.07 |
| 5 | 275 | 0.07 |
| 6 | 550 | 0.07 |
| 7 | 1100 | 0.07 |
| 8 | 2200 | 0.07 |
| 9 | 4400 | 0.07 |
| 10 | 6600 | 0.07 |

3 参考解决方案

如图 3-1 所示，TI 推荐具有 PMIC 和 LDO 的参考解决方案，该解决方案也用于 XWR1xxx EVM，并符合上述规格。XWR1xx 器件将在 H5、G5、J5、D2 和 C2 引脚上提供 1.0V 电压。需要使用来自主机的内部集成电路 (IC) 接口为降压输出重新配置 PMIC，如图 3-1 所示。最初在上电期间，降压输出将为 3.3V、1.2V、1.3V 和 2.1V。通过 I2C 接口，降压输出需要在 XWR1xx 的 nRESET 释放之前重新配置，如图 3-1 所示。

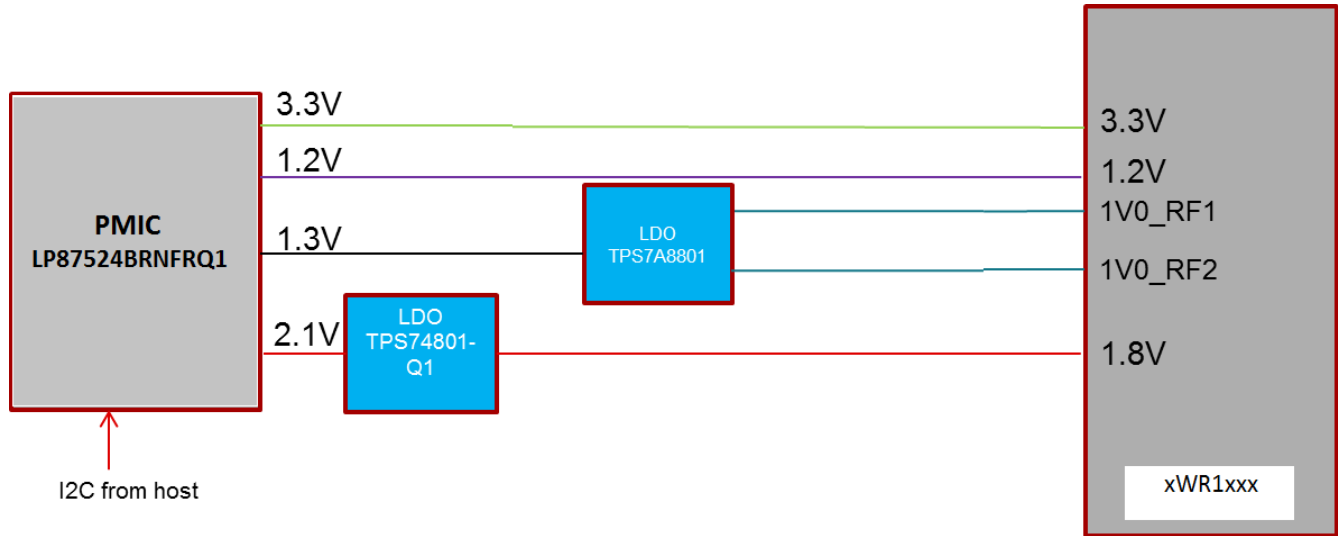


图 3-1. 具有 LDO 的电源管理方案

上述参考解决方案由开关频率为 4MHz 的 LP87524BRNFRQ1 PMIC 组成，以便在雷达数据后处理期间可以轻松滤除基波和谐波。参考原理图如图 3-2 所示。

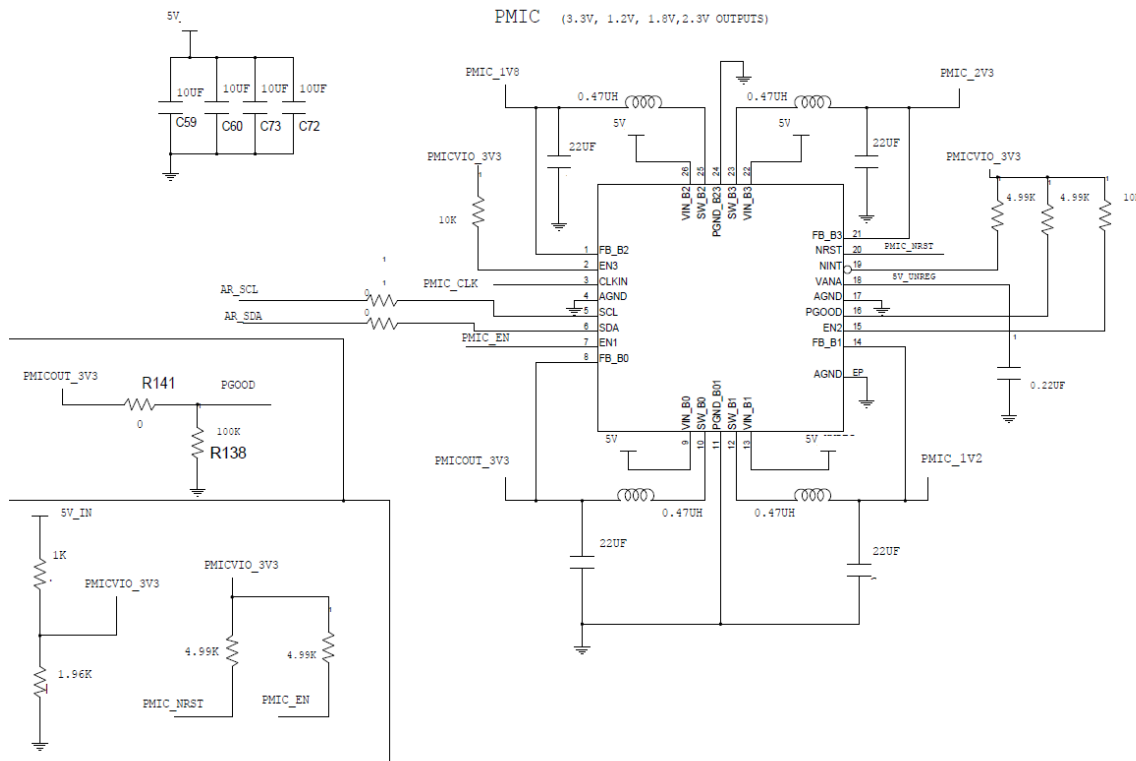


图 3-2. 参考原理图

4 低成本 LC 滤波器解决方案

对于成本敏感的用例，可以使用基于低成本 LC 滤波器（铁氧体磁珠和器件去耦电容器）的解决方案，这将有效地替代 1.8V 和 1.0V 轨上的 LDO，从而在性能和系统层面作出恰当权衡。

图 4-1 展示了电源管理方案。

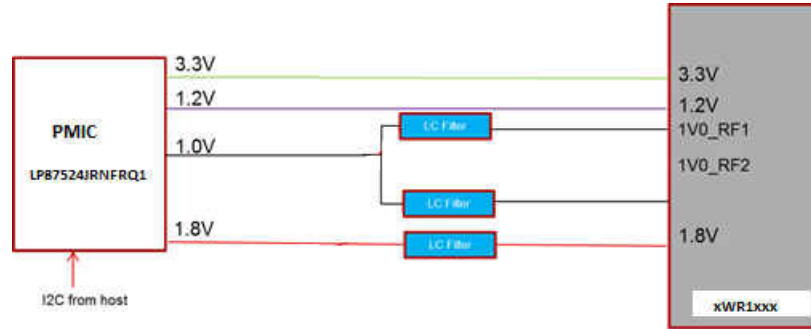


图 4-1. 具有 LC 滤波器的电源管理方案

NOTE

如上所示，LC 滤波器中的电容器是器件去耦电容器。

推荐的铁氧体磁珠组件如表 4-1 所示。

表 4-1. 推荐的铁氧体磁珠组件

| LC 滤波器 | 电感器值 (μH) | 直流电阻 ($\text{m}\Omega$) | 阻抗@ 100MHz (Ω) | 尺寸 (英尺) | 关于 1V/1.8V 轨去耦电容的 极点频率 (KHz) | 直流电流 (A) | 滤波器提供的 理论抑制 (dB) | 制造商器件型 号 |
|--------|------------------------|---------------------------|----------------------------|---------|---------------------------------------|----------|---------------------|-------------------|
| 铁氧体磁珠 | 0.1909 | 25 | 120 | 0603 | 113.9 | 3 | 64 | BLM18KG121 TH1 |

4.1 LDO 和 LC 滤波器方案比较

4.1.1 波导环回测试

分别使用 10 μs 和 100 μs 的空闲时间和以下线性调频脉冲配置，对两个连续的线性调频脉冲进行了分析。

表 4-2 提供了用于以下测试的传感器配置。

表 4-2. 传感器配置

| 参数 | 值 |
|----------------------------|--------|
| 起始频率 (GHz) | 77 |
| 频率斜率 (MHz) | 35.003 |
| Tx 开始时间 (μs) | 0 |
| ADC 开始时间 (μs) | 5 |
| ADC 样片 | 1024 |
| 采样率 (kbps) | 10000 |
| 斜坡结束时间 (μs) | 110 |
| Rx 增益 | 33 |

4.1.2 杂散/本底噪声电平

表 4-3 所示的测量是通过 TX 到 RX 环回完成的，其中 Tx Back-Off 等于 0，复合 Rx 增益等于 33dB。

表 4-3. 具有 TX 到 RX 波导环回的杂散/噪声电平测量

| PM 方案 | ADC 输出处 (dBFS/Hz) 的 闲置通道本底噪声 (仅 Rx) | ADC 输出处 (dBFS) PMIC 纹波频率杂散 (4.05M 至 4.17M) 的振幅电平 (dB) | (Tx+Rx) SNR dBc/Hz | ADC 输出处 (dBFS) PMIC 纹波频率杂散 (4.05M 至 4.17M) 的振幅电平 (dB) |
|----------|--|---|-----------------------|---|
| | 附加 (仅 Rx1) | | 环回 (Tx2-Rx1) | |
| LDO 方案 | - 138.80 | 未出现 | - 118.74 | 未出现 (小于本底噪声) |
| LC 滤波器方案 | - 138.27 | 未出现 | - 120.6 | - 104 |

4.1.3 电压瞬变行为

表 4-4. 电压瞬变行为

| PM 方案 | XWR1xx 电源轨 | 线性调频脉冲 1 上的电压设置参数 | | | | 线性调频脉冲 2 上的电压设置参数 | | | | XWR1642 轨输入端的 稳态直流值 (mV) | 计算得出的 IR 压降 (mV) (稳态直流和实际输入电压 之间的差值) |
|--------|-----------------|-------------------|------|--------------------|------|-------------------|-------|--------------------|------|-----------------------------|--|
| | | 下冲电压 (mV) | | 下冲周期 (μ s) | | 下冲电压 (mV) | | 下冲周期 (μ s) | | | |
| | 空闲时间 (μ s) | 10 | 100 | 10 | 100 | 10 | 100 | 10 | 100 | 10 | 10/100 |
| LDO | RF1_1V0 | 55.6 | 79.0 | 4.4 | 6.7 | 67.0 | 214.5 | 5.0 | 10.0 | 982.0 | 17 |
| | RF2_1V0 | 33.9 | 34.6 | 7.2 | 11.1 | 42.0 | 208.3 | 5.6 | 12.2 | 982.0 | 17 |
| | CLK_1V8 | 20.0 | 20.0 | 1.6 | 2.5 | 24.0 | 20.0 | 2.4 | 2.6 | 1760.0 | 35 |
| LC 滤波器 | RF1_1V0 | 59.0 | 51.2 | 6.2 | 6.1 | 59.0 | 51.2 | 4.4 | 5.0 | 949.5 | 49.5 |
| | RF2_1V0 | 44.1 | 47.0 | 5.9 | 5.5 | 44.1 | 41.1 | 4.3 | 5.7 | 944.6 | 54.4 |
| | CLK_1V8 | 30.5 | 17.9 | 3.1 | 4.0 | 30.5 | 17.9 | 3.5 | 3.5 | 1737.0 | 58 |

4.2 系统测试

4.2.1 传感器配置

表 4-5. 传感器配置

| 参数 | 值 | 说明 |
|---------------------|-------|--|
| 起始频率 (GHz) | 77 | |
| 频率斜率 (MHz) | 68.65 | |
| Tx 开始时间 (μ s) | 0 | |
| ADC 开始时间 (μ s) | 5.99 | |
| 空闲时间 (μ s) | 12 | 空闲时间加上 Tx 开始时间大于 10 μ s 时, 启用线性调频脉冲间省电模式 |
| ADC 样片 | 256 | |
| 采样率 (kbps) | 5000 | |
| 斜坡结束时间 | 58.22 | |
| Rx 增益 | 48 | |

4.2.2 静态物体系统测试

该测试对距离传感器大约 1m 处的物体进行检测。LDO 和 LC 滤波器方案的两种截图如下所示。如下图所示, 未检测到信号功率的大幅下降。

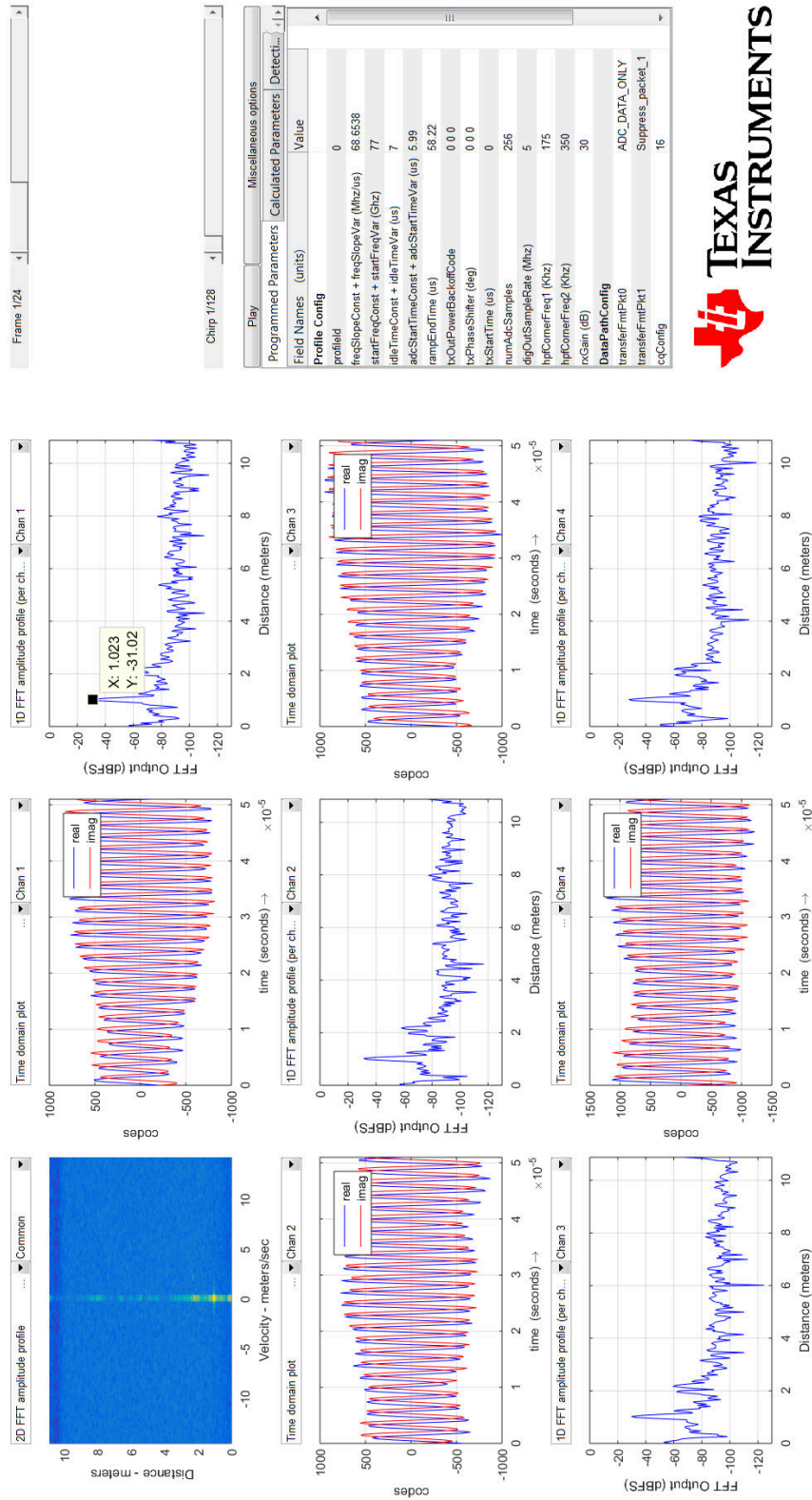


图 4-2. LDO 方案截屏，Rx 增益 48dB

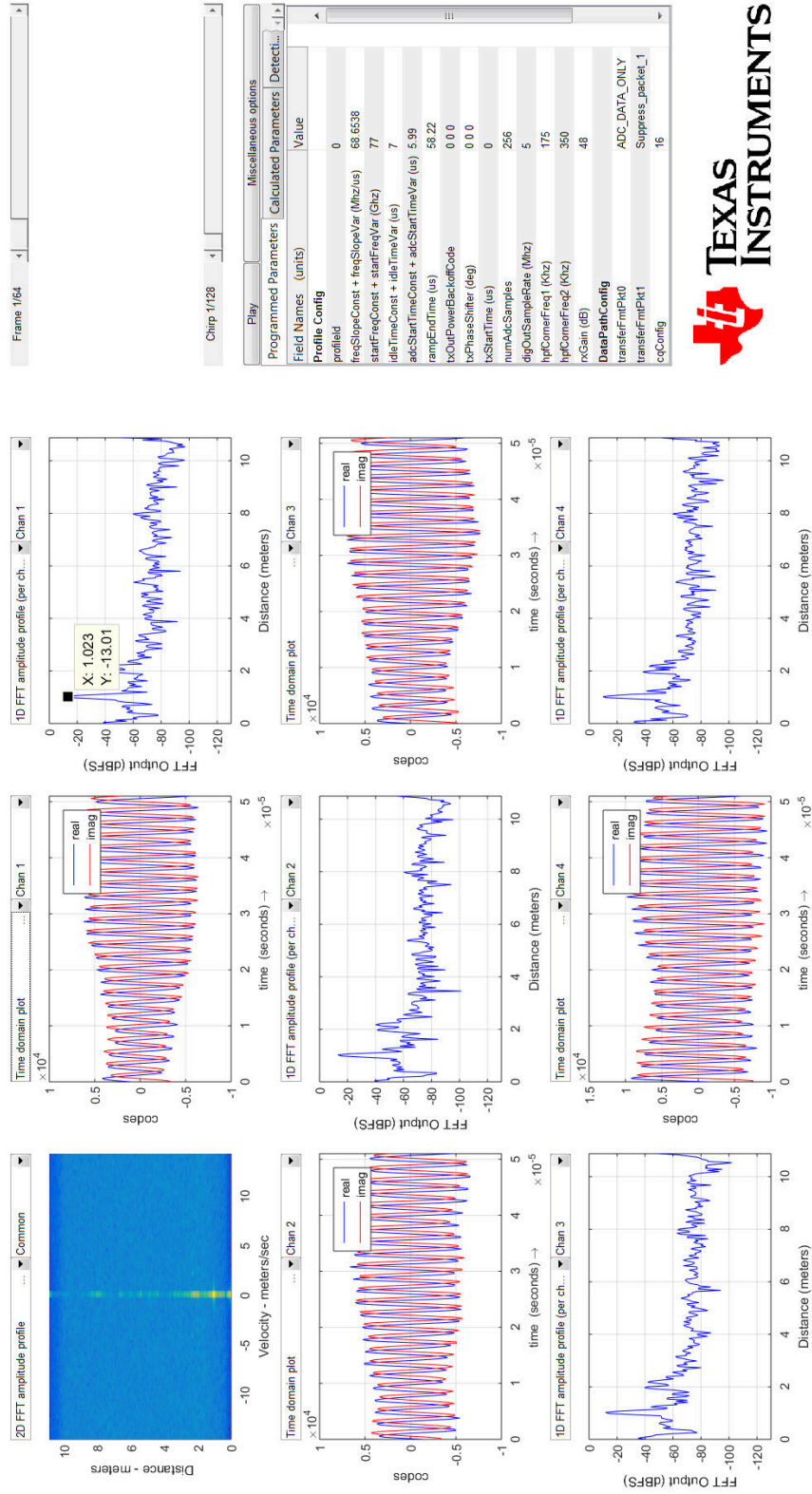


图 4-3. LDO 方案截屏，Rx 增益 30dB

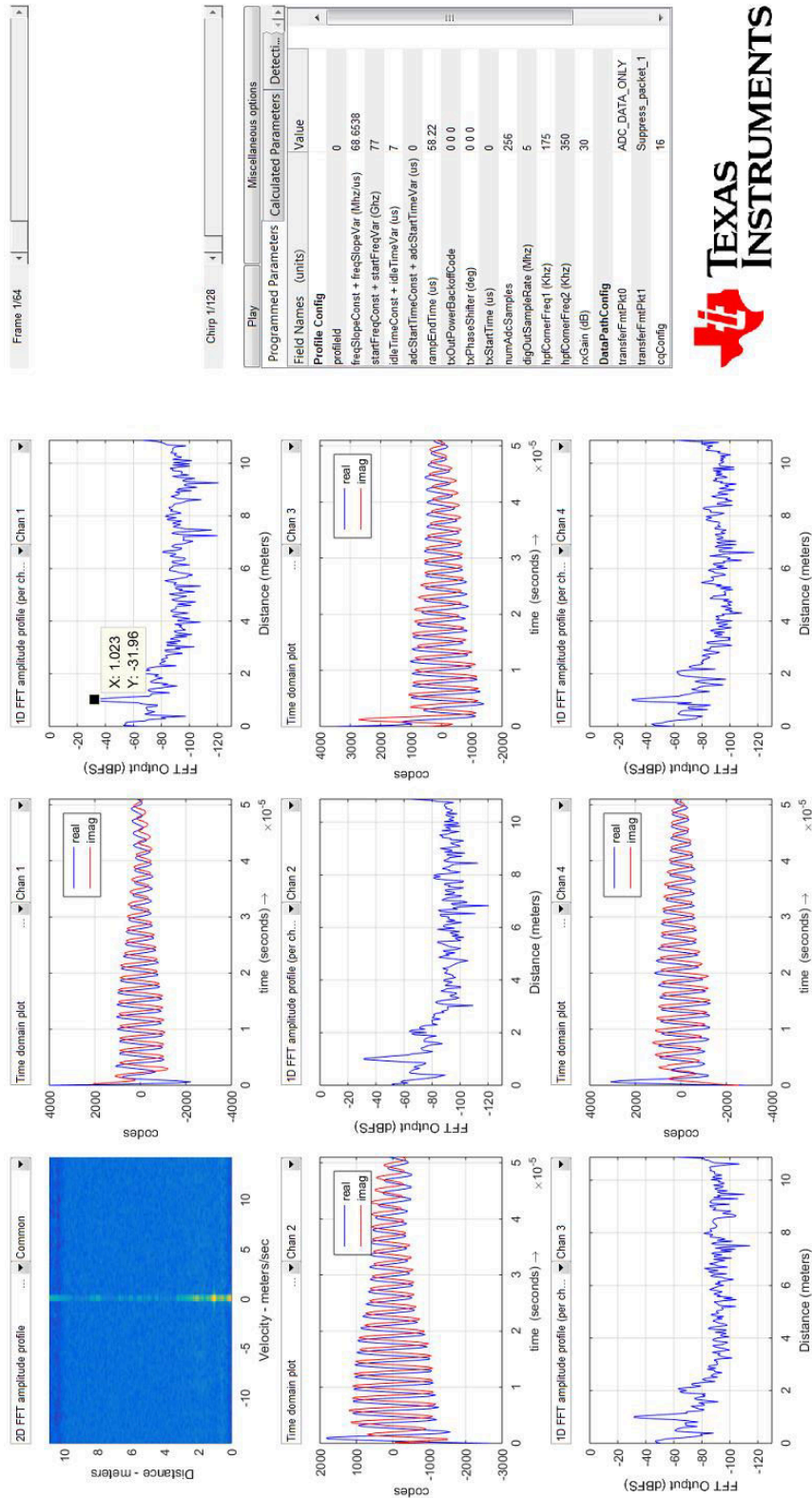


图 4-4. LC 滤波器方案截屏，Rx 增益 48dB

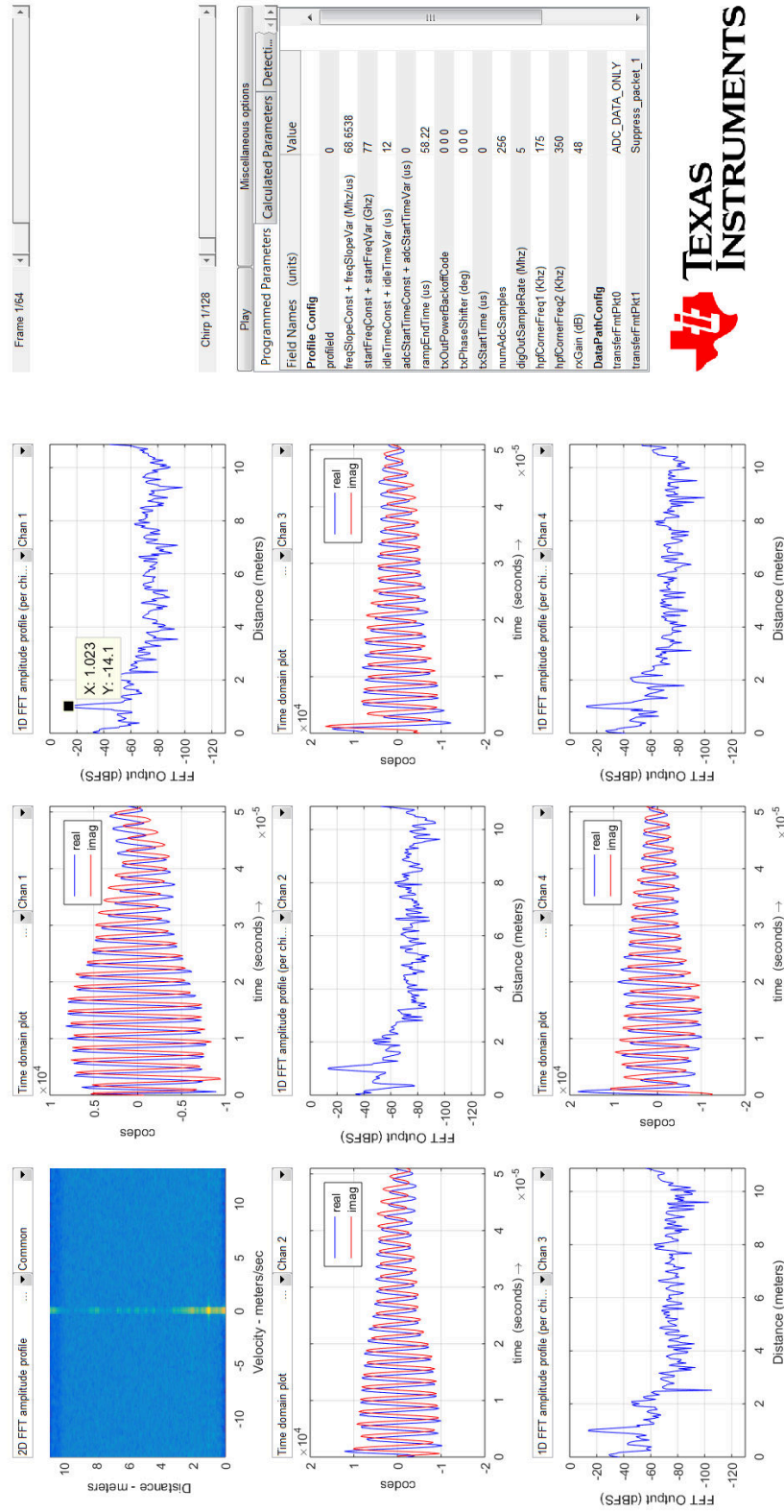


图 4-5. LC 滤波器方案截屏，Rx 增益 30dB

表 4-6. Rx 增益分别为 30 和 48 时 LDO 和 LC 滤波器方案的 SNR 比较

| PM 方案 | Rx 增益 (dB) | SNR (dB) - RBW 152.6Hz |
|--------|------------|------------------------|
| LDO | 30 | 81.93 |
| | 48 | 83.9 |
| LC 滤波器 | 30 | 79.6 |
| | 48 | 81.9 |

4.2.3 杂散/本底噪声电平

对于杂散电平测量，发送 77GHz 的连续音调，并使用 524288 个样本分析接收到的信号，从而确定在大约 4MHz 处是否存在 PMIC 开关频率杂散。Rx 增益设置为 48dB，并观察到 PMIC 杂散电平跟踪 Rx 增益。

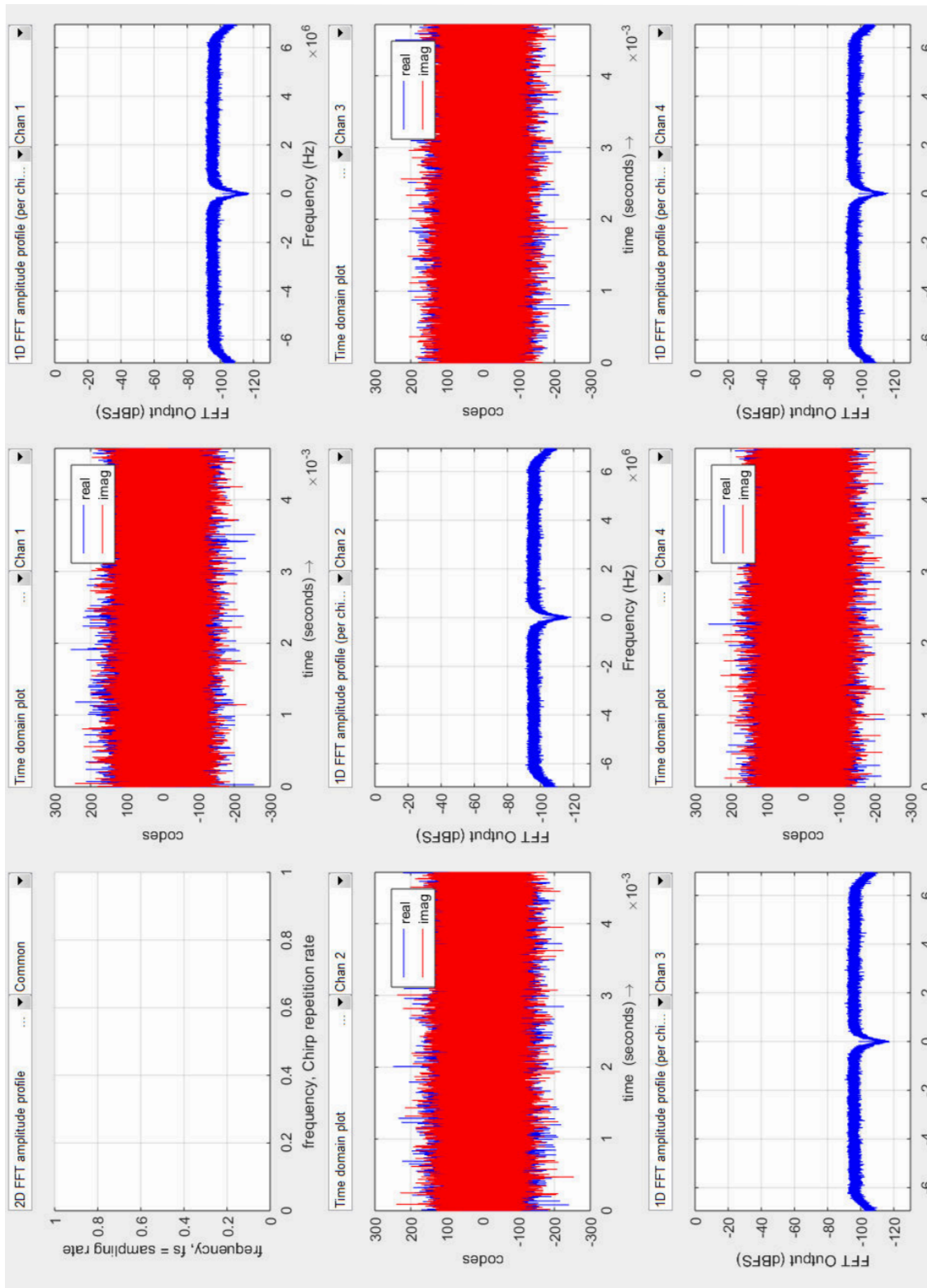


图 4-6. LDO 方案 - 杂散电平

NOTE

未看到 PMIC 开关频率 (大约 4MHz) 杂散。

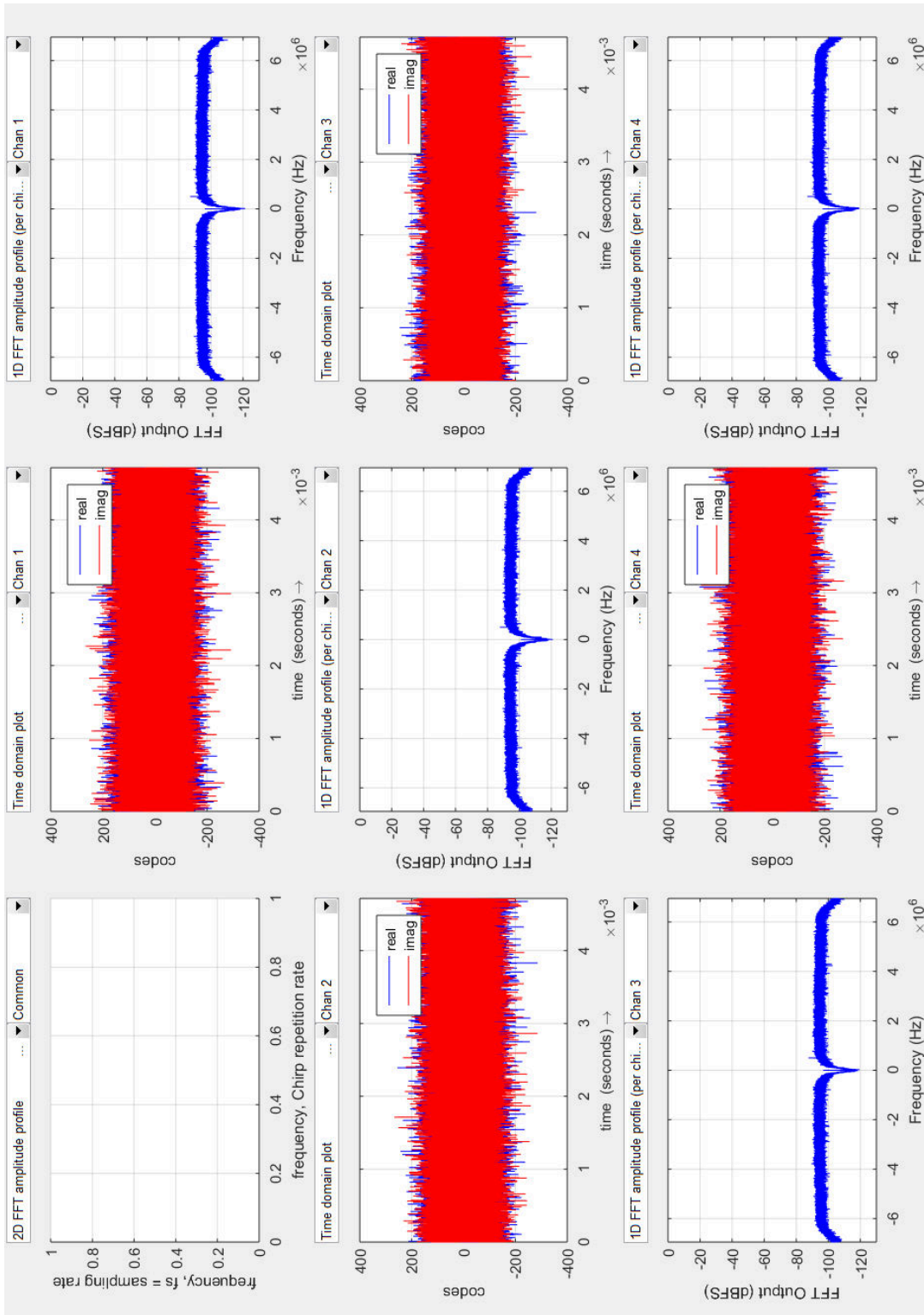


图 4-7. LDO 方案 - Tx 关闭的本底噪声

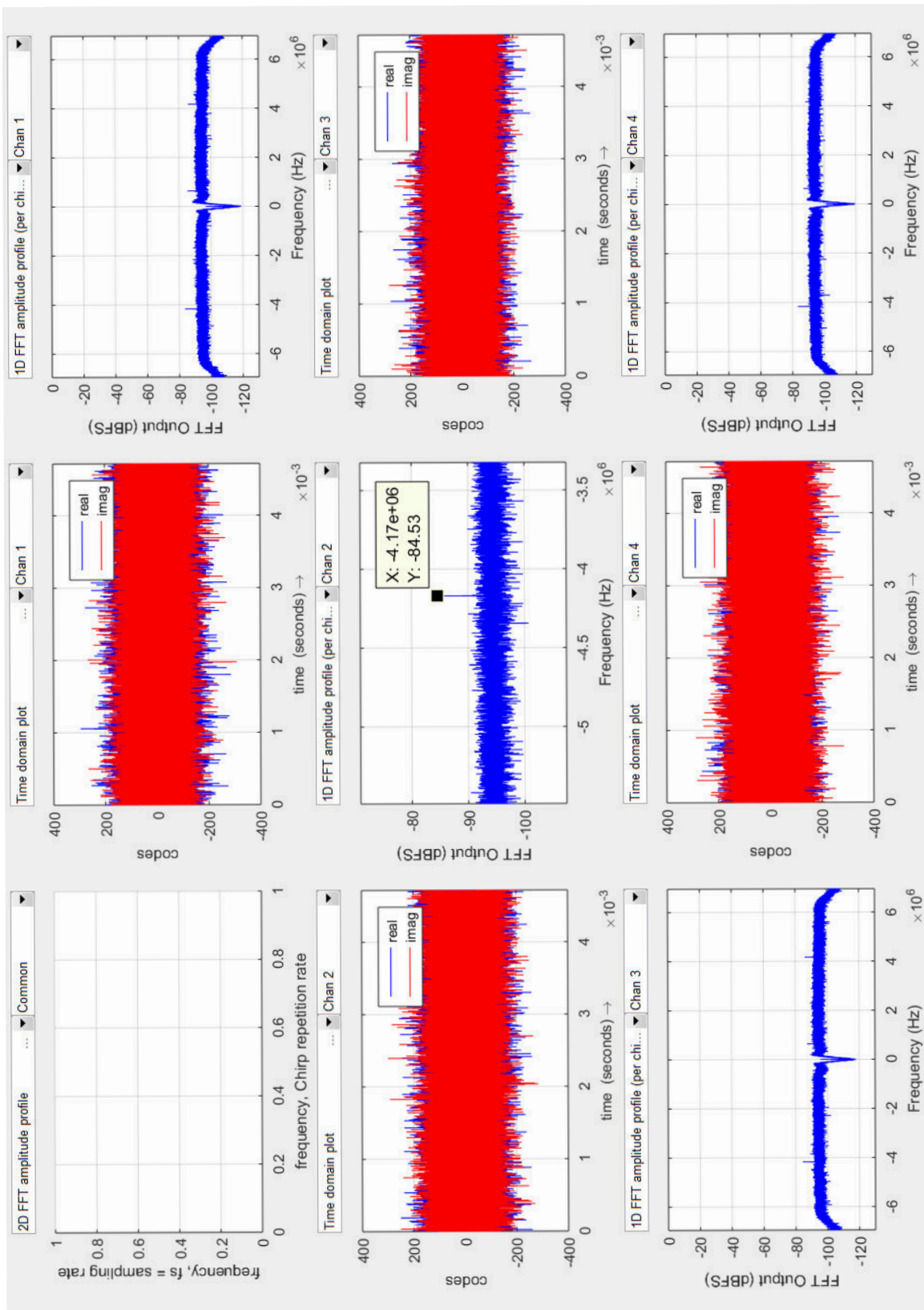


图 4-8. LC 滤波器方案 - 杂散电平

NOTE

在 Rx 增益为 48dB 时，在 -84.53dBFS 处观察到 PMIC 杂散。

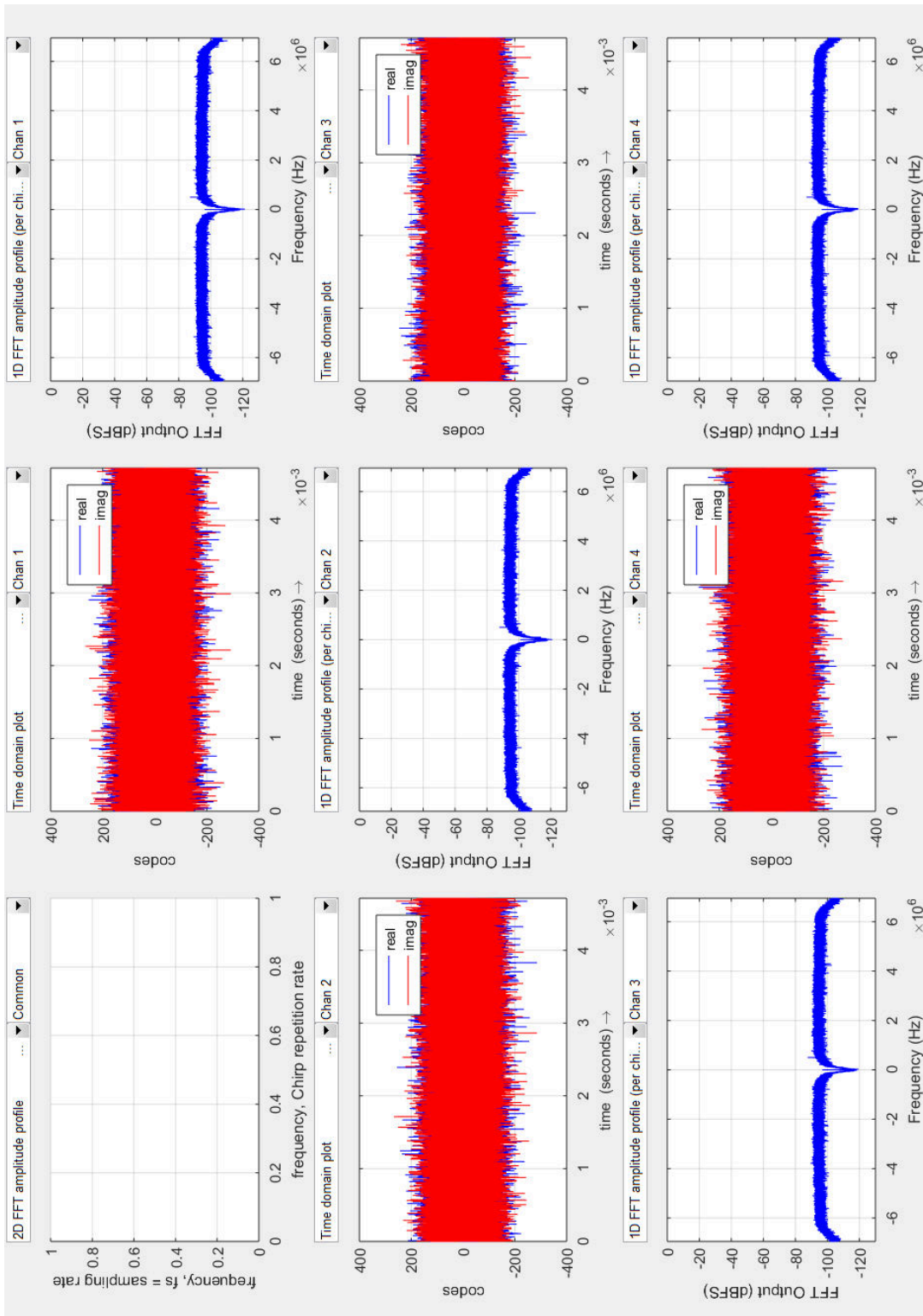


图 4-9. LC 滤波器方案 - Tx 关闭的本底噪声

5 总结

本应用报告针对 XWR1xxx 器件提供了两种电源管理方案。节 4 提出了一种利用 LC 滤波器在物料清单和功率损耗方面进行优化的方案，节 3 介绍了一种通过 LDO 改进电源纹波/噪声抑制的方案。与 LDO 方案相比，LC 滤波器解决方案在成本和整体系统节能方面更胜一筹。

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 © 2022，德州仪器 (TI) 公司