

Application Brief

LMX2615 和 LMX2624 的 Allan 偏差测量数据



Narala Reddy

简介

本应用简报展示了使用 FSWP50 在 LMX2615 和 LMX2624 输出端通过两个不同输入基准源测量的 Allan 偏差的器件结果。功率定律对振荡器频谱内容的依赖性是一种已知现象。在处理闪烁和频率随机漂移时，这些噪声过程的经典方差可能会分散或变得不可靠。为了解决这个问题，引入了 Allan 方差。Allan 偏差 (2 样本偏差) 是 Allan 方差的平方根，该平方根是描述振荡器在时域中短期稳定性的标准方法。Allan 偏差用于测量振荡器在噪声处理影响 (而不是系统误差或温度影响) 下具有的稳定性。Allan 偏差是测量值，显示 x 轴上不同时间间隔内 y 轴上的频率不稳定性。为了正确测量较长测量时间间隔下的随机频率波动，必须减去振荡器 (基准源) 的老化。Allan 偏差图可用于比较不同的基准振荡器并用于选择首选振荡器 (低噪声) 。Allan 偏差用于气象学、原子钟等各个领域的应用。对于 100MHz 的振荡器，在频率 RMS 变化为 $1 \times 10^{-11} \times 100\text{MHz}$ 时，即 10^{-3} (1MHz) 时，可以看到一秒钟观察窗口的 Allan 偏差为 1×10^{-11} 。在一秒窗口内采集的任何随机样本的频率 RMS 变化为 1MHz。

Allan 偏差测量选项

可以通过多种方法来测量时域和频域中的 Allan 偏差。时域中的一种方法是基于频率计数器的方法。精度取决于测量时间增加时所需频率计数器的分辨率和存储器。另一种方法是频域方法，其中使用相位噪声数据来推导 Allan 偏差。

R&S FSWP50 提供了这种快速的方法。此特性使用相位噪声分析仪中的信息测量 Allan 偏差。R&S 声明，通过将相位噪声观测窗口向下扩展至 1MHz，FSWP50 可用于测量至 10^3 秒。

相对于时间，Allan 偏差图中有多个区域。这些是白相区、闪烁相区、白色频率区、闪烁频率区和随机游走频率区。图 1 中示出了这些区域。

使用 R&S FSWP50 测量 Allan 偏差存在一些限制，如表 1 所示。

表 1. Allan 偏差 FSWP-50 规格

	Allan 偏差	Allan 变化
频率范围	R&S@FSWP8	1MHz 至 8GHz
	R&S@FSWP26	1MHz 至 18GHz
	R&S@FSWP50	1MHz 至 50GHz
测量范围	Tau	100ns 至 1 000 000s
Allan 偏差	内部基准频率，具有 R&S@FSWP-B61 选项	Tau = 1s 时为 1.0×10^{-13} (标称值)
		Tau = 1000s 时为 1.1×10^{-11} (标称值)
	具有高度稳定外部基准的基准频率，基准环路带宽 100Hz	Tau = 1s 时为 8.8×10^{-14} (标称值)
		Tau = 1000s 时为 7.0×10^{-15} (标称值)

使用 B61 选项时，只能测得 1×10^{-13} (Tau = 1 秒时)。要测量低于该值的电压，必须使用外部基准。根据用于 LMX2615 和 LMX2614 的基准源，确定外部源相位噪声要求。

Allan 偏差测量数据

此应用简报使用了两个差分基准源来评估 LMX2615 和 LMX2624 输出端的 Allan 偏差。本应用简报中展示了表 2 中各案例下的器件结果。

表 2. 基准源和输出频率

案例	基准源	输出频率和器件
1	SMA100B, 100MHz	8GHz, LMX2615
2	Wenzel, 100MHz	8GHz, LMX2615
3	SMA100B, 100MHz	8GHz, LMX2624
4	Wenzel, 100MHz	8GHz, LMX2624

情况 1 : 8GHz 输出下的 LMX2615 , SMA100B 100MHz 基准

图 1 示出了 100MHz 输入基准源和 LMX2615 8GHz 输出条件下的 Allan 偏差和 Allan 方差。本底闪烁频率取决于所用基准类型和 PLL 噪声。闪烁本底在基准中接近 300ms 的时间间隔, 并在 8GHz 的输出处沿用。

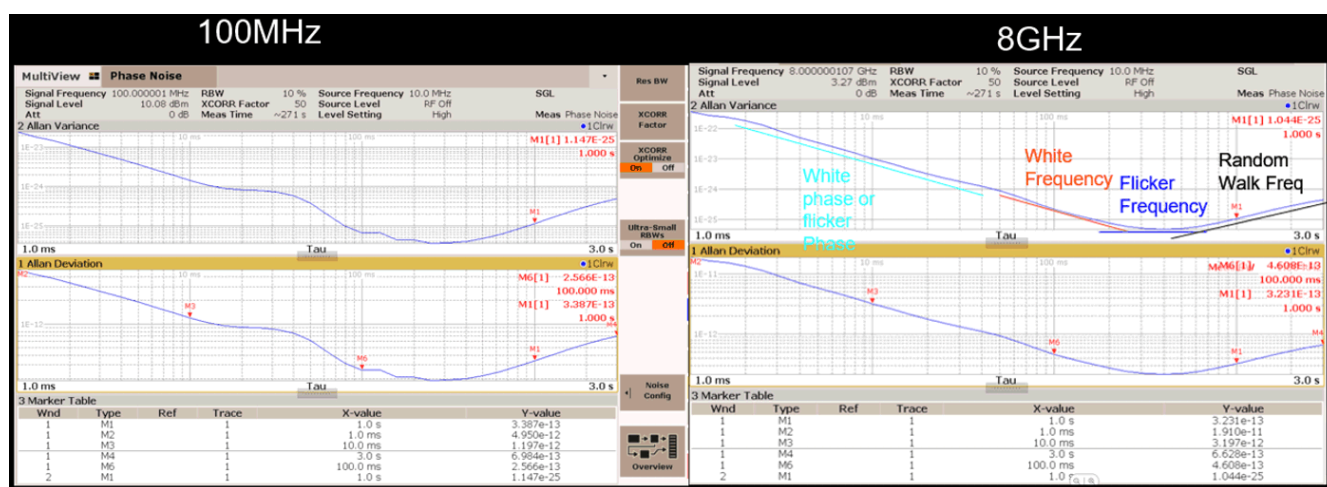


图 1. 8GHz 输出下的 LMX2615 , SMA100B 100MHz 基准

情况 2 : 8GHz 输出下的 LMX2615 , Wenzel 100MHz 基准

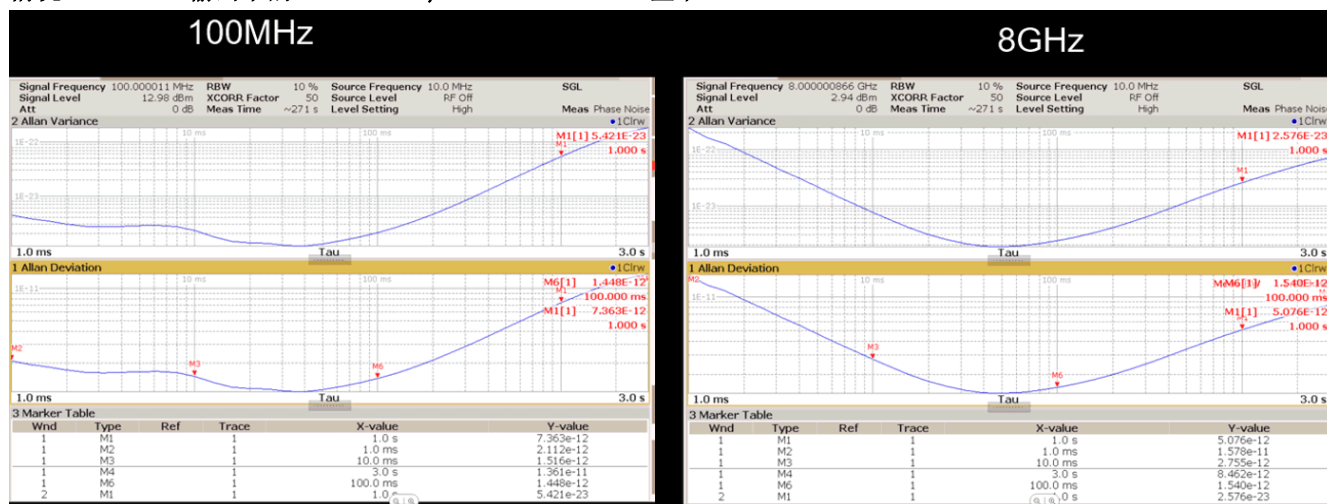


图 2. 8GHz 输出下的 LMX2615 , Wenzel 100MHz 基准

- 与传播到 8GHz 输出的 SMA100B 源相比, Wenzel 源已降级 1 秒和 3 秒数字。

基准源对于 LMX2615 输出的 Allan 偏差起着至关重要的作用。

情况 3：8GHz 输出下的 LMX2624，SMA100B 100MHz 基准

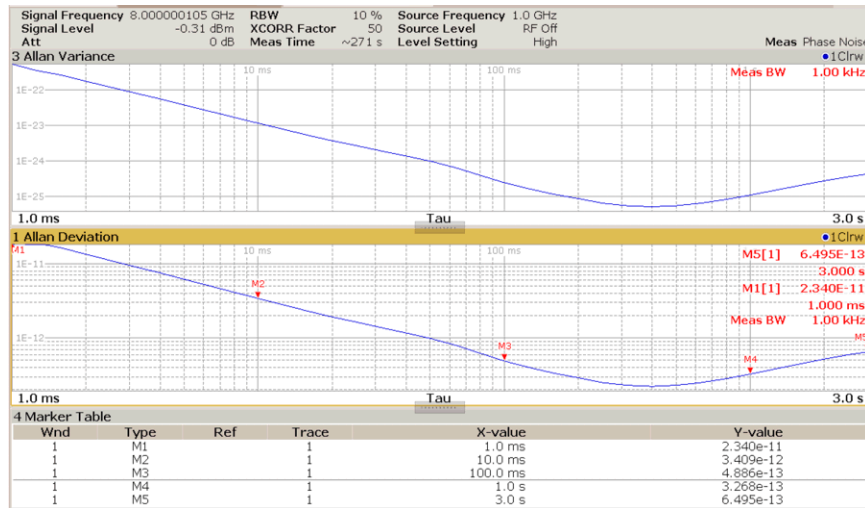


图 3. 8GHz 输出下的 LMX2624，SMA100B 100MHz 基准

情况 4：8GHz 输出下的 LMX2624，Wenzel 100MHz 基准

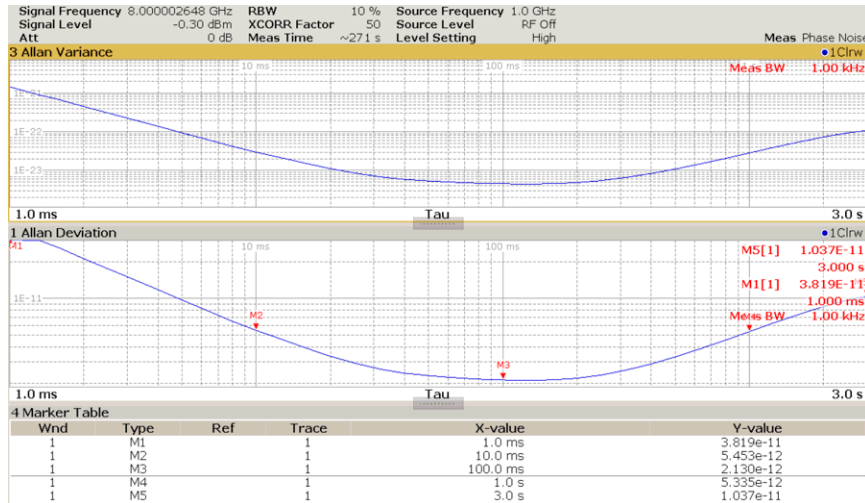


图 4. 8GHz 输出下的 LMX2624，Wenzel 100MHz 基准

Allan 偏差数据汇总

随着 Tau 增大（如表 3 中所示），由于限制来自输入基准源，LMX2615 和 LMX2624 都给出了类似的结果。这对 Wenzel 和 SMA100B 基准均有效。

表 3. 8GHz 输出条件下的 Allan 偏差数据汇总

Tau (在 8GHz 时)	SMA-LMX2615	SMA-LMX2624	Wenzel-LMX2615	Wenzel-LMX2624
10msec	3.19e-12	3.4e-12	2.75e-12	5.45e-12
100msec	4.6e-13	4.88e-12	1.54e-12	2.13e-12
1sec	3.23e-13	3.26e-13	5.076e-12	5.33e-12
3sec	6.62e-13	6.49e-13	8.46e-12	10.37e-12

基准源分析

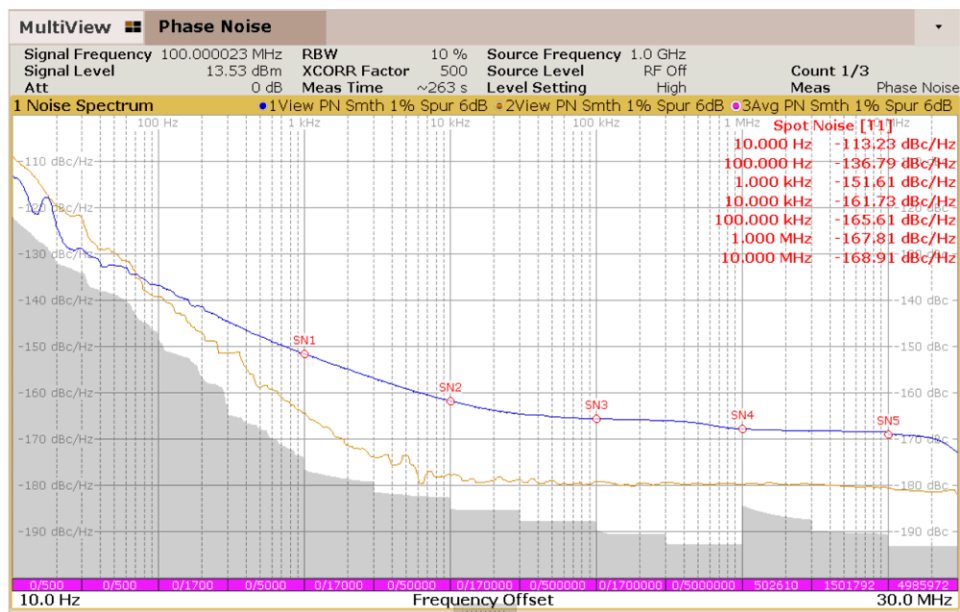


图 5. SMA100B 与 Wenzel 100MHz 相位噪声比较

表 4. 基准 Allan 偏差比较

Tau 处的 Σ (Allan 偏差)	SMA100B(100MHz)	Wenzel(100MHz)
1msec	4.9e-12	2.1e-12
10msec	1.19e-12	1.5e-12
100msec	2.56e-13	1.44e-12
1sec	3.38e-13	7.36e-12
3sec	6.98e-13	13.6e-12

观察结果

讨论的所有上述情况均涉及 100MHz 以及用于基准输入的接近 10dBm 的功率。但对于某些情况，由于低成本实现，基准频率较低，例如 5 或 10MHz。这些情况下压摆率低，PLL 噪声增加。图 6 是 LMX2615 中的基准为 5MHz 的情况。

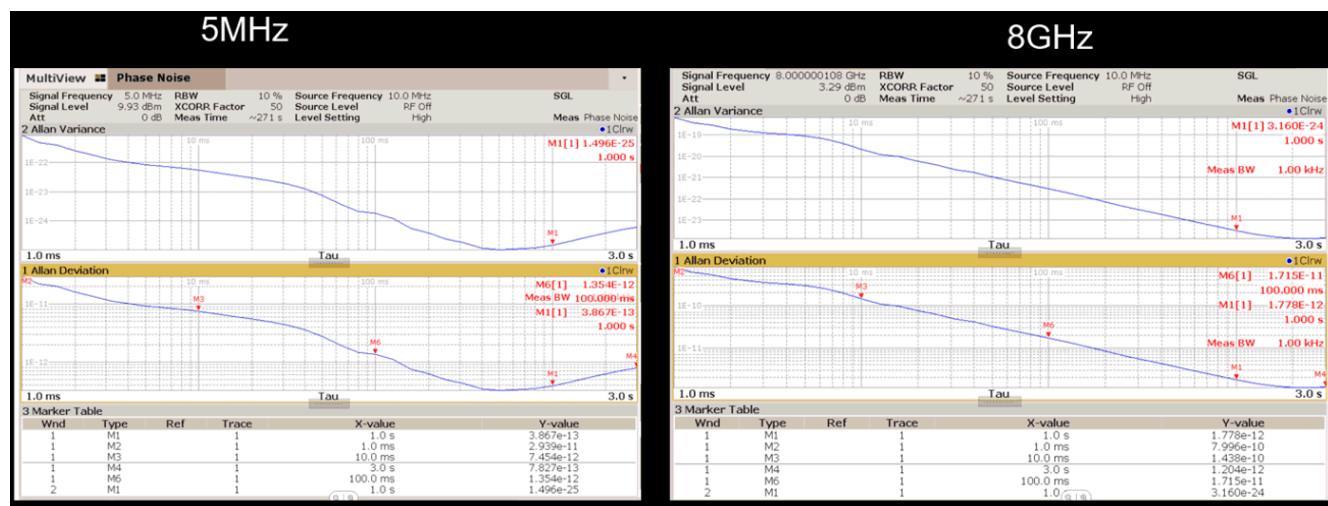


图 6. 8GHz 输出下的 LMX2615，SMA100B 5MHz 基准

参考资料

1. IEEE : [关于 Allan 方差及其优缺点发展的历史回顾](#)
2. Rohde 和 Schwarz , [时域振荡器稳定性测量 Allan 方差](#) , 应用手册。
3. IEEE , [振荡器相位噪声 : 50 年回顾](#)
4. Rohde 和 Schwarz , [R&S FSWP 相位噪声分析仪规格](#)。

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

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。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
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司