

优化宽带信号 EVM 测量的 三种最佳实践

无线技术为了实现更快的数据速率，需要使用更宽的信号带宽和更高阶的调制方案。但是，更宽的带宽和更高阶的调制方案会给毫米波 (mmWave) 频率上的链路质量带来挑战。工程师在准确评测射频 (RF) 元器件的时候需要特别注意。

误差矢量幅度 (EVM) 测量可以帮助工程师深入洞察数字通信发射机和接收机的性能。对于任何数字调制格式，EVM 和相关的测量显示对任何会影响信号幅度和相位轨迹的信号缺陷都很敏感。

本白皮书探讨了精确执行和优化 EVM 测量的三条最佳实践经验。



执行 EVM 测量

EVM 测量为数字调制信号提供了一个简单、定量的参数。误差可能源自本地振荡器 (LO) 的相位噪声、功率放大器的噪声以及 IQ 调制器减损等等。图 1 显示了对常见调制格式的调制分析。IQ 测量波形数据进入解调器恢复成原始数据比特，数据比特再经过调制，得到 IQ 参考 (理想) 波形。另一路是使用信号补偿和测量滤波器来处理 IQ 测量波形数据。信号误差是参考波形与补偿后的测量波形之间的差异。

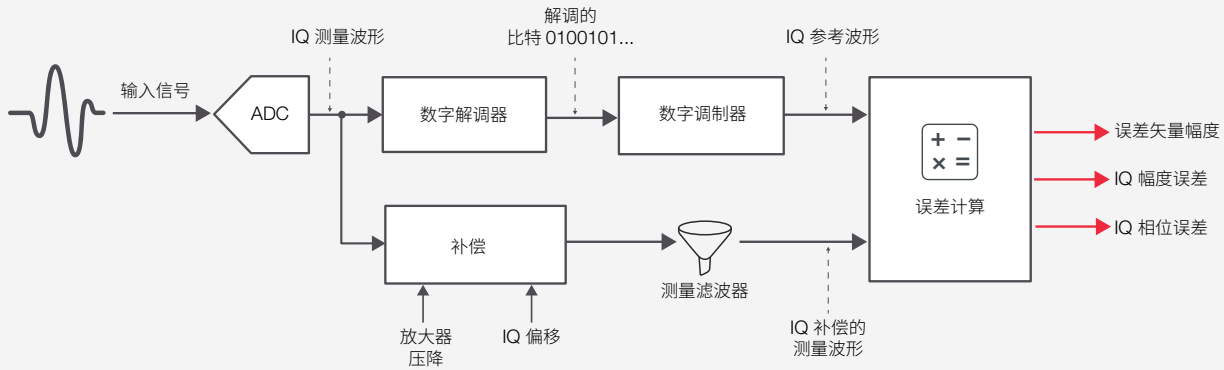


图 1. 误差矢量信号分析方框图

图 2 显示了矢量信号误差。误差矢量 (红色箭头) 从 IQ 参考信号矢量 (浅黑色箭头) 的检测点到达 IQ 测量信号矢量 (黑色箭头)。EVM 是误差矢量计算结果的均方根 (RMS)，表示为 EVM 归一化参考值的百分比。

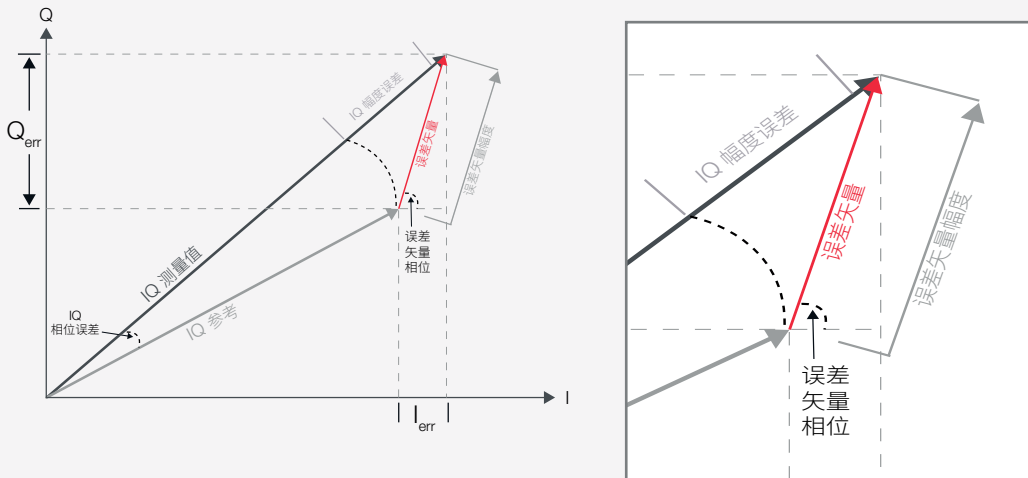


图 2. EVM 计算示意图

某些无线标准 (如 Wi-Fi 和 LTE) 使用分贝 (dB) 作为 EVM 结果的单位。转换公式如下所示。例如, 1% EVM 等于 -40 dB EVM。

$$\text{EVM (dB)} = 20 \log_{10} (\text{EVM (\%)})$$

EVM 测量中所使用的信号分析仪也会造成一定程度的误差。信号分析仪的剩余 EVM 本底应当比器件的性能或测试规范低 5 至 10 dB。例如, 采用 1024 QAM 调制时, 802.11ax 发射机的 EVM 技术指标要求达到 -35 dB。芯片研发工程师更希望信号分析仪的本底剩余 EVM 在 -45 dB 以下。对于生产测试, 由于需要留出 5 dB 的测试裕量, EVM 性能值应当低于 -40 dB。



了解详情

如需进一步了解基础 EVM 测量和故障诊断技巧, 请下载产品说明《使用误差矢量幅度测量来分析和诊断矢量调制信号》。

优化 EVM 测量

图 3 显示了矢量信号分析仪的简化方框图。在进行 EVM 测量时, 您需要设置信号分析仪输入混频器的最佳电平, 并配置好本振的相位噪声, 以及相应的数字转换器, 才能获得最佳 EVM 测量结果。这些元器件均有其各自的限制和使用场景。我们先讨论输入混频器。

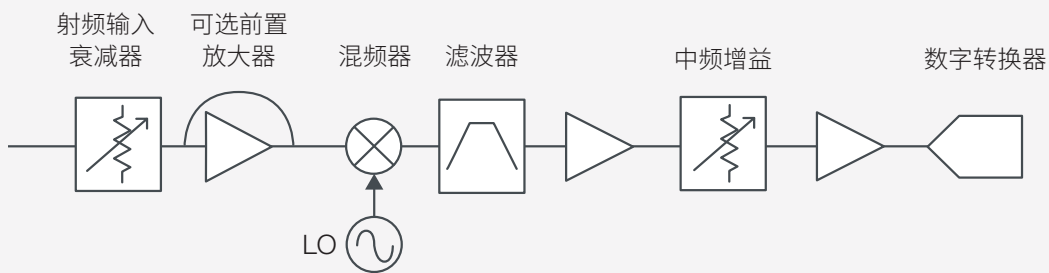


图 3. 信号分析仪方框图

实践经验 1: 优化混频器电平

所有无线标准都使用最大输出功率来定标 EVM 测量结果。您可以控制信号分析仪中的第一级混频器的功率电平, 以确保大功率输入信号不会导致信号分析仪失真。然而, 什么样的混频器电平设置为最佳并没有规律。最好的混频器电平设置取决于测量硬件、输入信号的特性以及规范测试要求。

信号分析仪中的非线性元器件 (例如混频器和放大器) 在某些条件下可能会产生失真。在将大功率信号输入到信号分析仪时, 该信号会导致输入混频器失真。失真产物可能是通道内或通道外的多余频谱信号, 如图 4 所示。对于调制信号 (右图), 通道内的失真产物 (深红色) 会降低调制测量质量, 而通道外的失真产物 (红色) 会影响邻道功率和杂散测量。可调输入衰减可避免输入混频器导致的大功率输入信号失真。

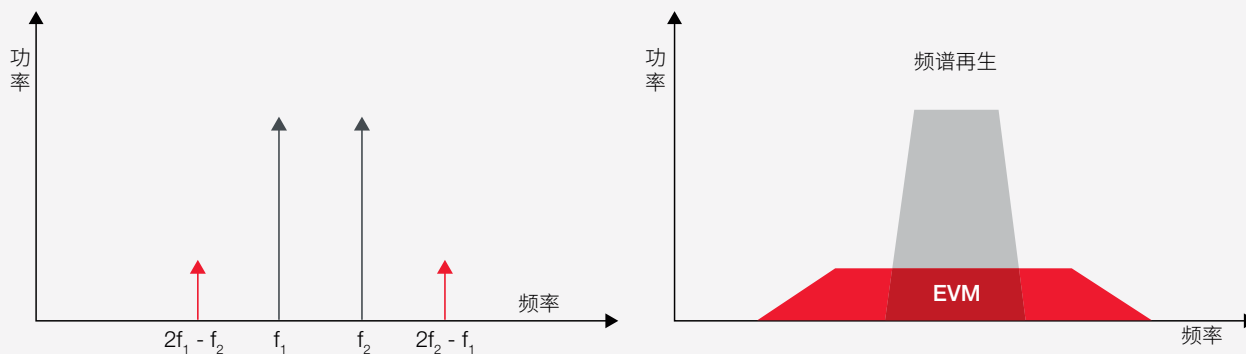


图 4. 非线性失真：具有频谱再生的双音互调和调制信号

调整输入衰减

分析仪的输入衰减器会减少进入输入混频器的信号。但是，输入混频器电平设置是失真性能与噪声灵敏度折中后的结果。在较高的输入混频器电平下，您可以实现较好的信噪比 (SNR)；而在较低的输入混频器电平下，失真性能较好。

信号分析仪提供了能够以 5 dB 或 2 dB 步进的机械衰减器，以及能够以 1 dB 步进的电子（可选）衰减器。电子衰减器的步进比机械衰减器更小，因此能为优化输入混频器电平提供更好的分辨率。

打开内置前置放大器

在空中接口 (OTA) 测试以及测试系统插入损耗极大等场景中，输入信号电平可能会比最佳混频器电平低一些。内置的前置放大器可提供更好的噪声系数，但互调失真至本底噪声动态范围较小。您可以在低输入电平测试场景中打开这一设置。

实践经验 2：优化中频数字转换器的 SNR

更高数据速率应用面临的需求正飞速增长，因此需要能够在较高频率下提供宽信号带宽的技术。然而，带宽越宽，汇集的噪声就越多。毫米波频段的宽带噪声以及仪器与待测件 (DUT) 之间过大的路径损耗会导致数字转换器的 SNR 降低。



优化衰减设置

您在使用是德科技信号分析仪时可以调整衰减，尽量减少削波，从而防止输入信号过载。这个功能可以加速输入衰减的设置，但不一定能优化测量动态范围。用户需要手动调整衰减，以获得最佳测量结果。

SNR 较低的话，会导致发射机测量的 EVM 和邻道功率比性能都比较差，从而不能准确显示出被测器件的性能，如图 5 所示。噪声功率包括被测器件和信号分析仪的噪声等成分，它们会导致符号偏离理想状态位置。

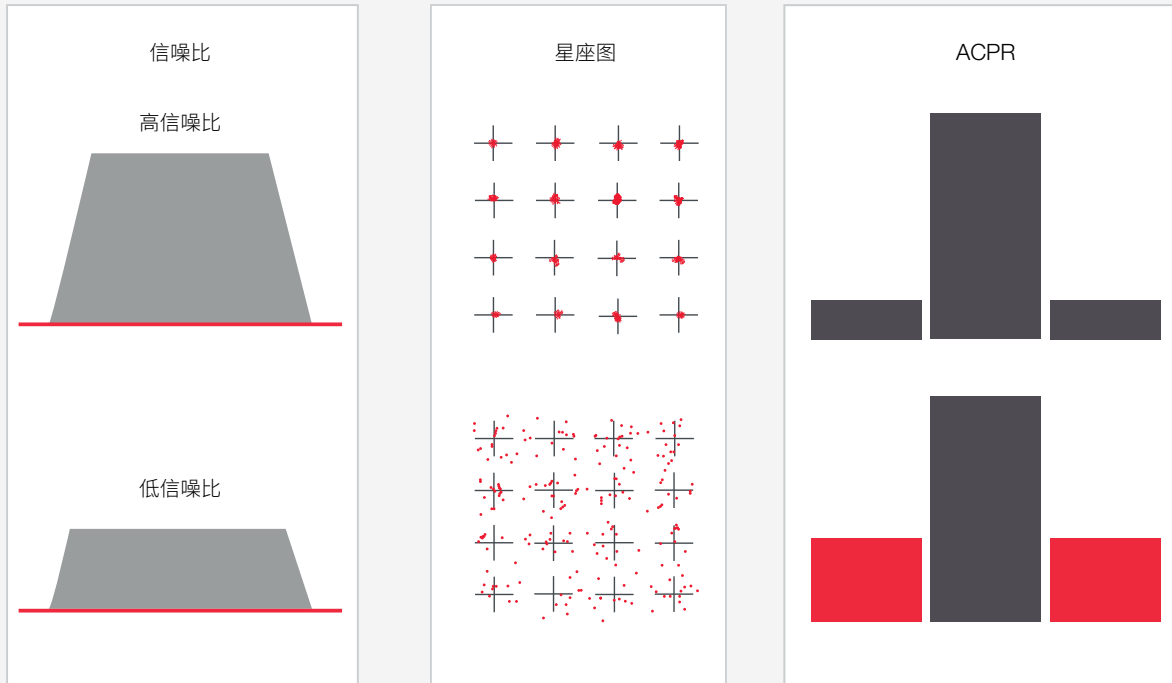


图 5. SNR 对发射机测量的影响

在毫米波频率下，如果电缆损耗过大，射频功率会受到限制，而且成本也会上升。您需要使用 OTA 测试方法测量毫米波频率下的性能指标，想要获得准确和可重复的结果会更困难。

信号分析仪的系统中频 (IF) 噪声必须要足够低，才能获得最佳的 EVM 测量结果。而另一方面，数字转换器的输入信号必须要足够高，且不得导致数字转换器过载。因此，我们需要根据测得的信号峰值电平对射频衰减器、前置放大器和中频增益值进行综合设置。如果使用新款信号分析仪，您只需按一个键即可优化这些硬件设置，进而改善 SNR 并避免数字转换器过载，如图 6 所示。优化过程需要测量信号峰值电平并设置分析仪。但是，测得的周期可能无法体现输入信号的完整功率特性。用户可以手动微调中频增益和射频衰减器等设置，以便获得最佳的测量结果。



图 6. 优化 EVM 测量，改善 5G NR 调制分析

实践经验 3：为宽带应用优化相位噪声

相位噪声描述的是振荡器的频率稳定性。它是频域中振荡器信号周围的噪声频谱。相位噪声会导致误差矢量的相位分量出现误差。信号分析仪的相位噪声性能是造成 EVM 测量误差的原因之一。

数字调制

信号分析仪本振信号的相位噪声会转换为信号分析仪混频器的输入。相位噪声对 IQ 星座图的直接影响是产生符号的径向拖尾，如图 7 所示。在使用高阶调制方案(如 256QAM)时，符号间隔更小，对 EVM 性能的要求也更高。用户应确保信号分析仪的相位噪声性能不会影响 EVM 测量结果。

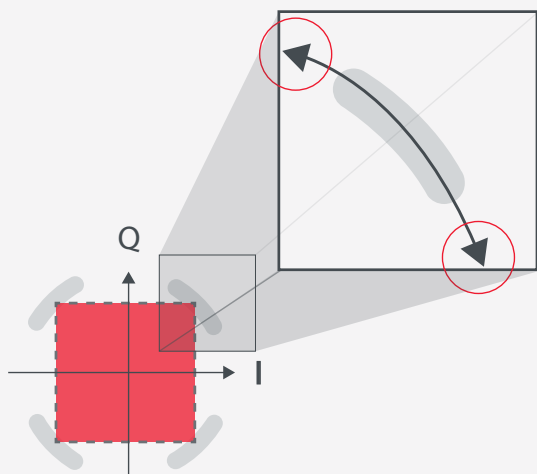


图 7. 本振相位噪声会损伤 QPSK 调制信号。

正交频分复用 (OFDM)

OFDM 是宽带数字通信的常用调制方案。它使用许多间隔很近的正交子载波信号并行传输数据，其中每个子载波信号都采用各自的调制方案。在相位噪声性能较差的本振进行变频，该子载波的相位噪声会以干扰的形式扩展到其他子载波中，如图 8 所示。相位噪声会降低 OFDM 信号的调制质量。

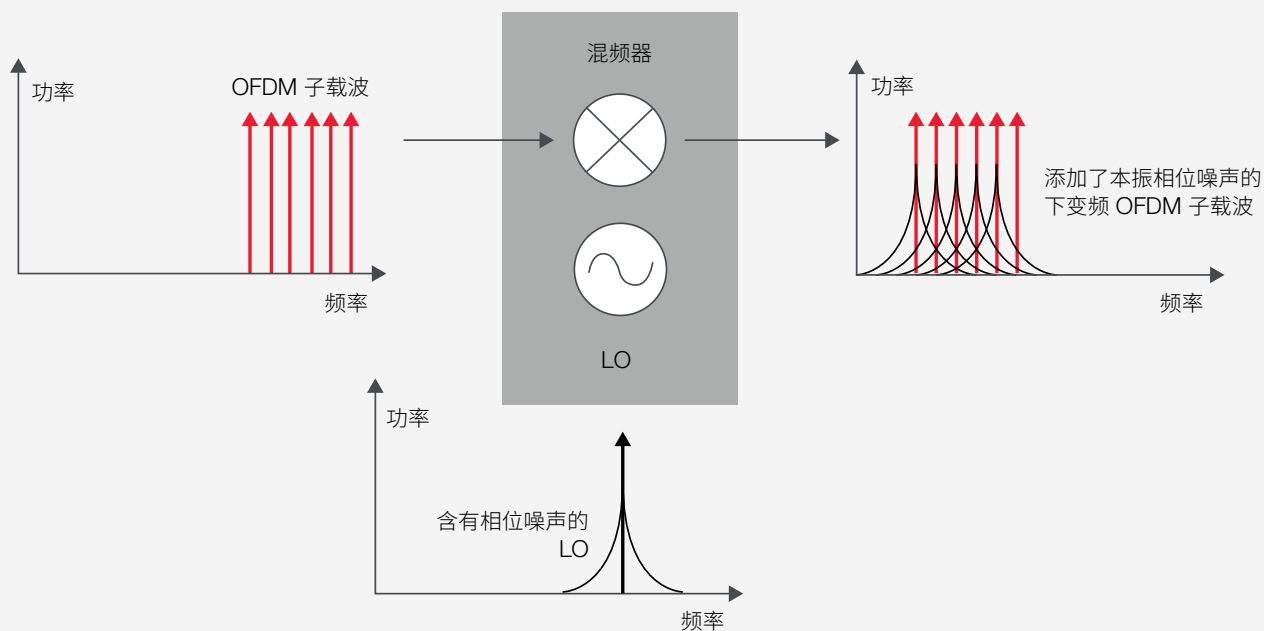
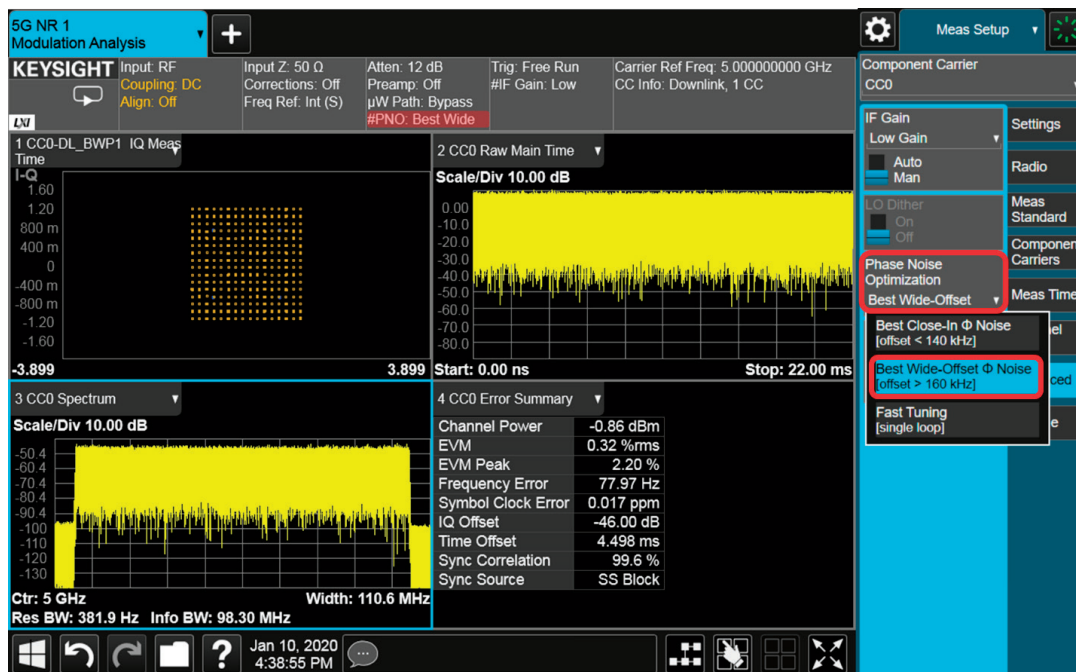


图 8. 信号分析仪中相位噪声性能不佳的本振对 OFDM 子载波的影响

信号分析仪为相位噪声的优化提供了选择。例如，新型 Keysight N9021B MXA 信号分析仪可提供以下使用条件：最佳近端相位噪声、最佳宽频偏相位噪声和快速调谐。这些优化为各种测试应用提供了不同的相位噪声性能选择：

1. “最佳近端”相位噪声可以优化载波附近的相位噪声，但无法优化频偏较远的相位噪声。
2. “最佳宽频偏”相位噪声则可以优化频率距离载波较大范围内的相位噪声。
3. “快速调谐”可以从双回路本地振荡器切换至单回路，以进行快速调谐测量。

为了获得信号分析仪的最佳相位噪声性能以进行调制分析，用户不仅要考虑信号分析仪的相位噪声曲线（近端和宽频偏），还要考虑输入信号的工作频率、带宽和子载波间隔（OFDM 信号）。图 9 是 MXA 在执行 5G 新空口调制分析时的相位噪声设置。测量应用默认采用宽频偏，以实现更好的调制分析。



相位噪声优化

优化可为不同的工作条件提供不同的相位噪声特性。具体取决于型号和选件，实际特性会略有不同。

图 9. 在各种工作条件下选择本振相位噪声曲线

实现新的突破

了解信号分析仪的功能和性能是确保实现准确且可重复测量的第一步。是德科技信号分析仪具有灵活而且经过优化的设置，可以对射频元器件进行准确评测，获得最佳的 EVM 测量结果。

如需评估待测设备的真实特性，请使用相位噪声性能更出色的信号分析仪进行调制分析。不要让信号分析仪的相位噪声成为制约 EVM 测量的瓶颈。

表 1. 是德科技信号分析仪和信号发生器

	是德科技信号分析仪			是德科技信号发生器	
	UXA	PXA	MXA	PSG-D	VXG
	N9041B / N9040B	N9030B	N9021B (新款)	E8267D	M9384B / M9383B
最高频率	N9040B :50 GHz N9041B :110 GHz	50 GHz	50 GHz	44 GHz	44 GHz
最大带宽	1 GHz (内置) 5 GHz (中频输出)	510 MHz	510 MHz	4 GHz (外部 IQ)	2 GHz
相位噪声 (10 GHz, 10 kHz 频偏)	-126 dBc / Hz	-124 dBc / Hz	-121 dBc / Hz	-129 dBc / Hz	-127 dBc / Hz

如欲了解更多信息，请访问：www.keysight.com

如需了解关于是德科技产品、应用和服务的更多信息，请与是德科技联系。

如需完整的联系方式，请访问：www.keysight.com/find/contactus

