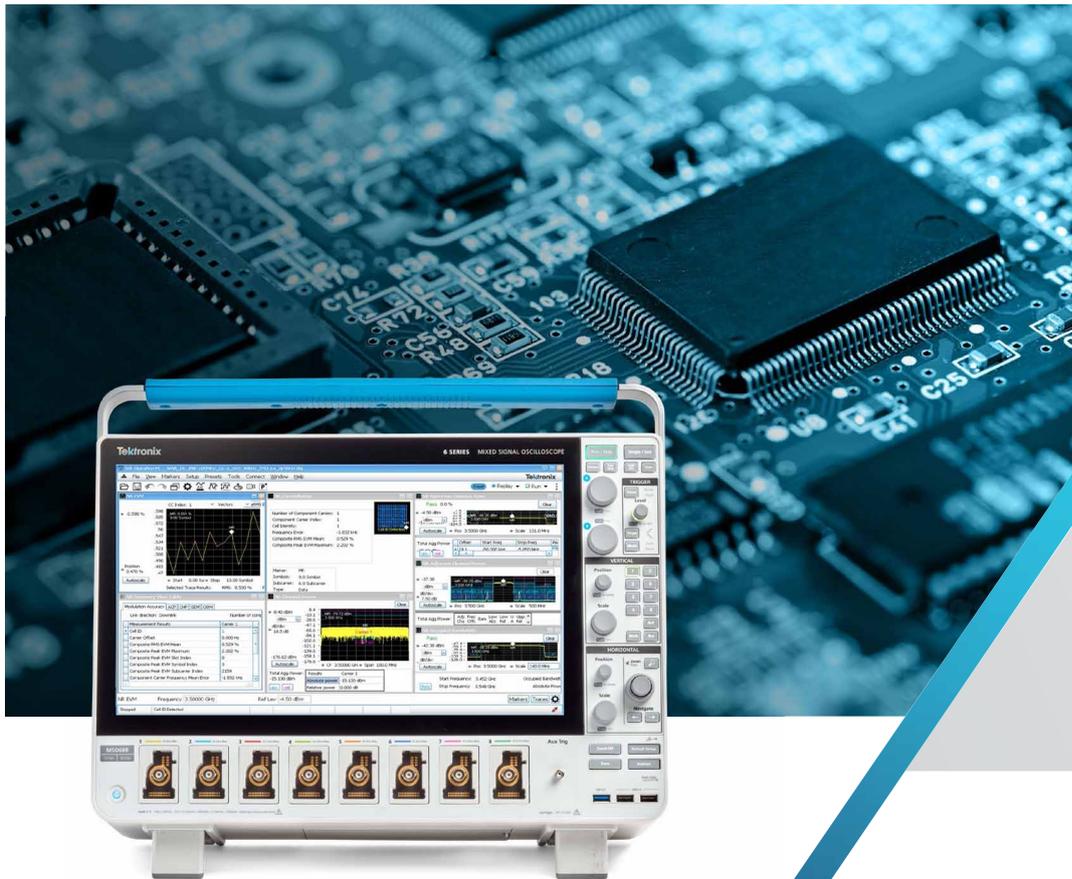


在时域、RF 域和数字域中 调试 5G NR 多通道系统

白皮书



Tektronix®

在时域、RF 域和数字域中调试 5G NR 多通道系统

引言

工程师能够在多个域中查看信号，使用一台仪器同时分析多种不同类型的测量，这在复杂的 5G 系统中异常实用，因为在 5G 系统中数字信号、模拟信号和 RF 信号彼此交互。

尽管 5G 系统开发时已经做了大量的工作，但科学家和工程师仍面临着许多挑战，包括：

- eMBB (增强移动宽带)收发机实现问题,包括高效实现应用的信道编码(LDPC 和 Polar 码)、收发机设计的能效、大尺寸 FFT 的 OFDM 和 DFT 扩展 OFDM 信号强大的同步方法。
- 考察 V2X 和遥控通信系统使用的超可靠 URLLC (超可靠低时延通信)传输方法,包括高效信道编码、可靠的接入无线资源以及收发机设计。
- 考虑收发机在毫米波范围通信中实现的具体问题
- massiveMIMO 结构和算法
- mMTC (海量机器型通信,如物联网)使用的能效传输、同步和多种接入方法
- mMTC 调制和编码
- 感知无线电在 5G 中的应用

关联模拟信号、数字信号和 RF 信号的根本原因

5G 系统综合依赖数字信号、模拟信号和 RF 信号。今天,RF 功放同步、增益和定时特点测试必须与现代控制接口结合在一起,如采用 MIPI 的 RF 前端控制接口 (RFFE)。

能够跨多个域分析信号对查找干扰、毛刺、杂散信号、跌落及其他错误至关重要。

在本文中,我们将展示宽带 RF 放大器典型的 5G 系统调试和验证场景。

在时域、RF 域和数字域中调试 5G NR 多通道系统

测试设置

为了展示使用多域示波器分析 RF 放大器性能的优势，我们使用泰克 [MSO6B 系列示波器](#) 作为我们的采集硬件。



我们的被测器件是 Mini Circuits 的 GVA-123+，这是一种小型 RF 放大器，但它演示了用户设备和基站应用典型的测量问题。

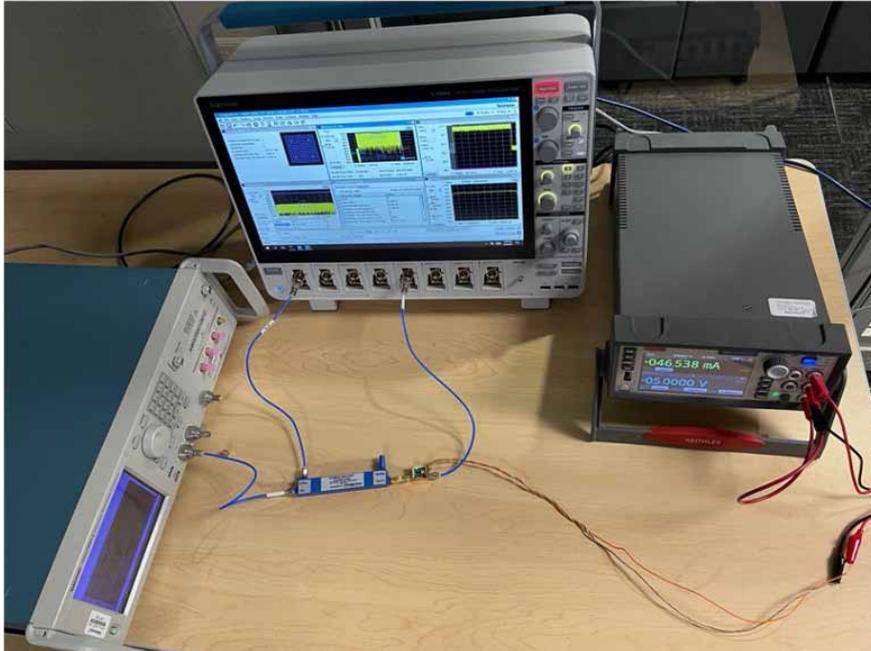


图 2. 测试设备，包括示波器、信号发生器、耦合器、电源和 DUT。

我们配置泰克 [AWG70000B 任意波形发生器](#) 作为我们的信号源，在 3.5 GHz 中心频率生成单个 5G NR 载波，带宽为 100 MHz。它是一个上行信号，30 kHz 副载波间隔 (SCS)，256-QAM，11.5 dB OFDM PAPR。

在时域、RF 域和数字域中调试 5G NR 多通道系统

AWG 调节为 250 mV ~ 500 mV 峰峰值信号，约为 -11 ~ -17 dBm 合成平均功率。

我们使用耦合器 (ZDC-10-0123)，在示波器通道 1 上捕获输入信号。吉时利源测量单元 (SMU) 为被测器件供电。

我们还在示波器通道 6 上增加了一只电流探头，测量放大器吸收的电流。

在 MSO6B 示波器上，我们运行 SignalVu VSA 软件，装有 5G NR 选配插件，我们把它配置成分析示波器通道 1 捕获的信号。

测量实例

作为实例，我们将看到放大器获得良好的读数，在 RF 输入上开始触发。



图 3. 在这个测量中，星座图中显示的 EVM 与预期相符。

在时域、RF 域和数字域中调试 5G NR 多通道系统

然后在引入干扰时会突然看到变化，我们捕捉到高失真点，这是由什么引起的呢？

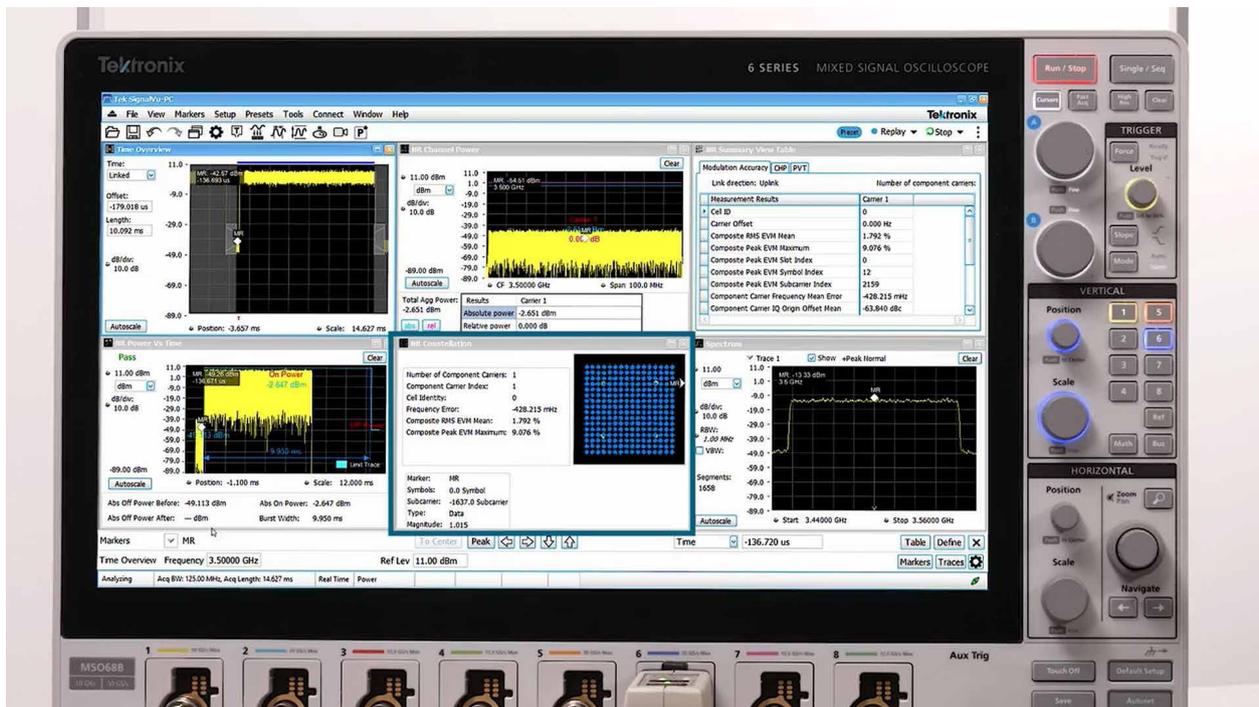


图 4. 在这个测量中，EVM 高于预期。

在上面两个截屏中可以看到，星座图中的 5G EVM 在好和坏之间脉冲波动。我们可以看下功率相对于时间画面，也可以看到功率有时会跌落。

因此，我们看到所有 RF 域指标都显示出了问题，我们想进一步了解根本原因。

您怀疑这与电源有关，如果使用的是传统 VSA，您会不知所措，只能不断地猜测。而 MSO6B 不同，它可以同时查看模拟信号、数字信号和 RF 信号，所以我们可以关联到根本原因。

在时域、RF 域和数字域中调试 5G NR 多通道系统

如果我们看一下通道 6 上测量信号的电流探头和通道 5 上的 RF 输出，我们可以看到电流在周期性下跌。

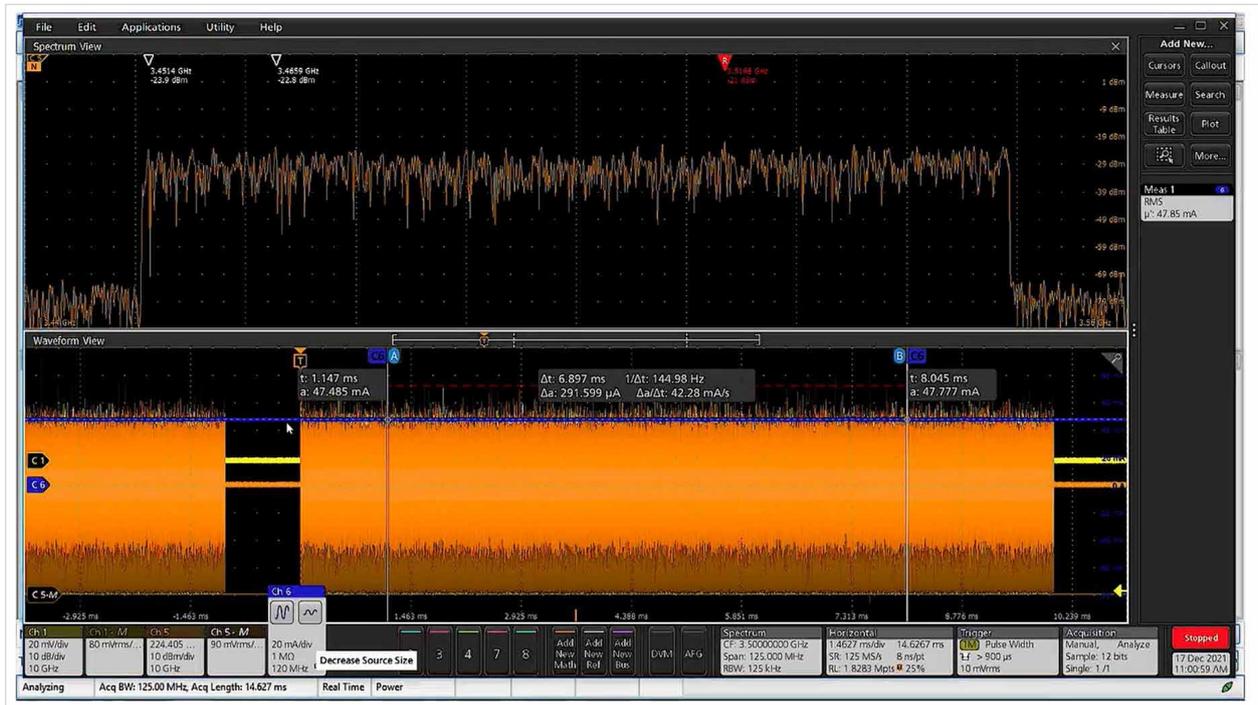


图 5. 在这个采集集中，电源传送 48 mA (通道 6, 蓝色)，功放的输出 (通道 5, 橙色) 是标称值。

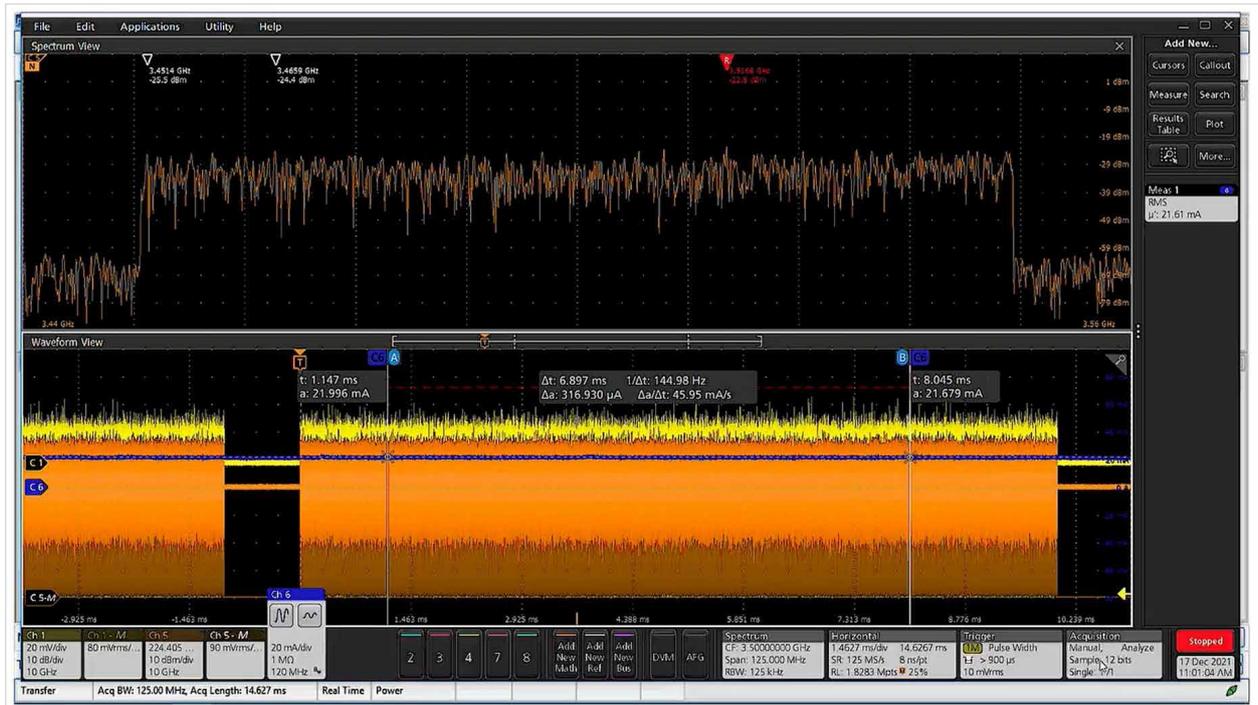


图 6. 在这个采集集中，电源传送 22 mA (通道 6, 蓝色)，功放的输出 (通道 5, 橙色) 已经下跌。

在时域、RF 域和数字域中调试 5G NR 多通道系统

所以我们改变视角，在时域中触发电流，而不是在频域中触发 RF 脉冲。

为此，我们将把触发源变成通道 6 上的电流探头，因为我们知道正确操作发生在 47 mA，所以我们把触发点设置在 43 mA，在下降时捕捉信号。我们设置成触发电流边沿，而不是脉冲。

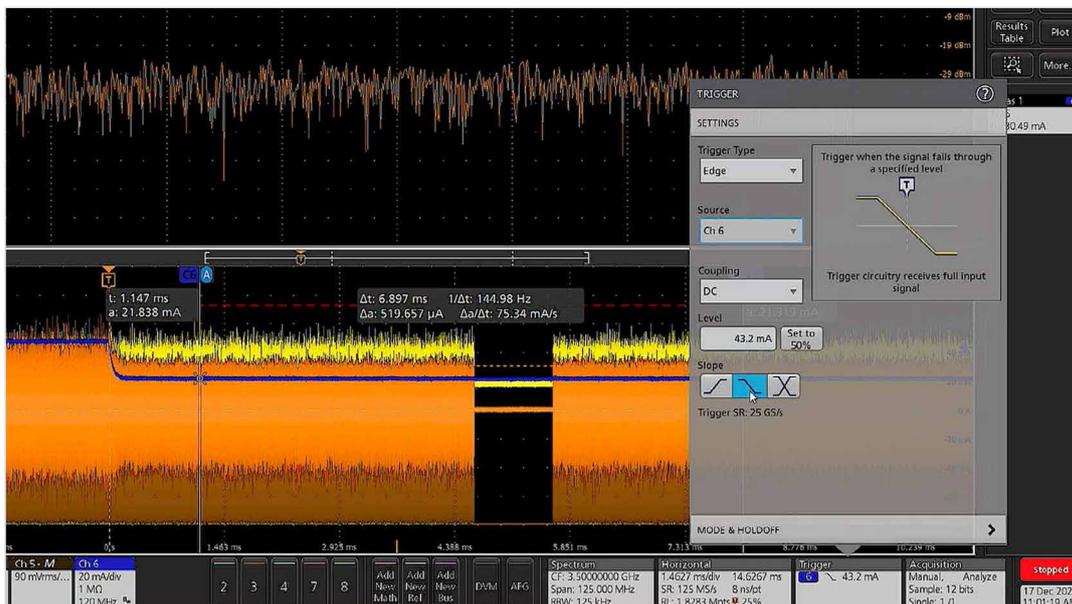


图 7. 触发设置成捕获电流下降，以统一采集低电流情况。

现在我们把 RF 下跌原因与示波器关联起来，在返回 SignalVu 时，我们现在可以捕捉电流开始下跌的时点。

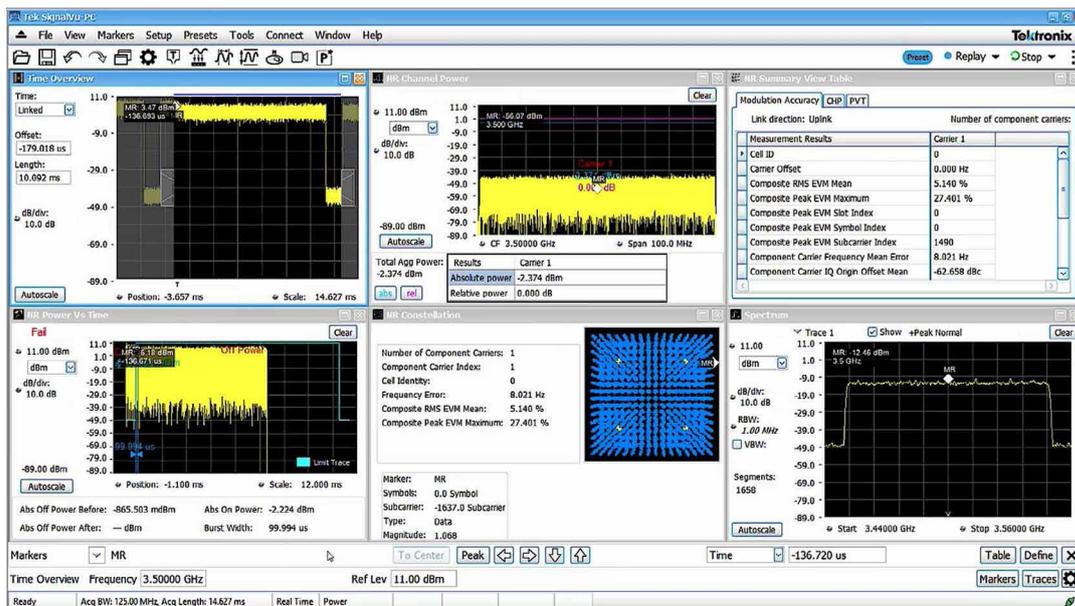


图 8. 在触发低电流情况时，我们在星座图中一直看到高 EVM。

在时域、RF 域和数字域中调试 5G NR 多通道系统

这里，我们看到电流与示波器屏幕上的 RF 性能的跌落完美相关。这足以确认，我们已经触发电流下跌，不再会有闪烁的星座图或 EVM 画面，我们可以更好地看到实际问题。您可以看到，我们的 EVM 一直很差，因为我们已经触发了故障时点。

现在我们看一下在电流落在规范内时是否触发，看一下 RF 测量会发生什么情况。为此，我们只需把触发方向变成上升，现在可以捕获电流落在规范内的时点。在示波器应用中，我们的 RF 能量如预期那样恢复，看一下 SignalVu VSA 应用，捕获的每个 5G 信号都满足规范。



图 9. 只需按一下按钮，就可以把触发设置成捕获电流提高，在电流恢复正常时一直采集信号。

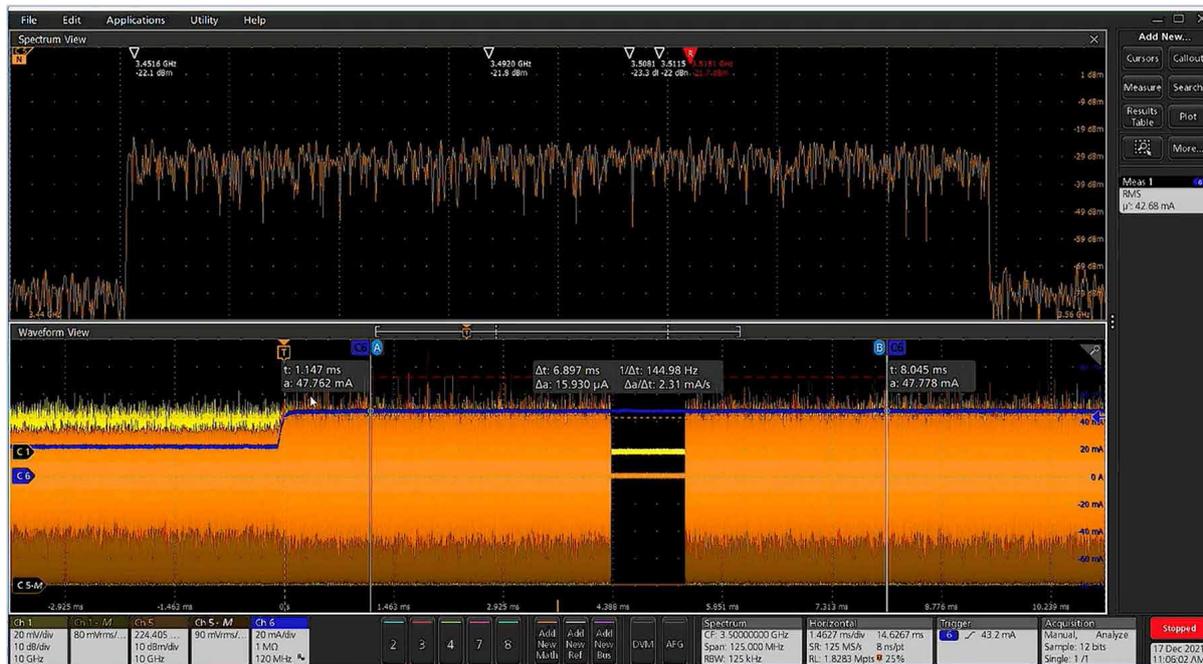


图 10. 触发电流的上升沿，确定电流恢复正常的测量时点。

在时域、RF 域和数字域中调试 5G NR 多通道系统

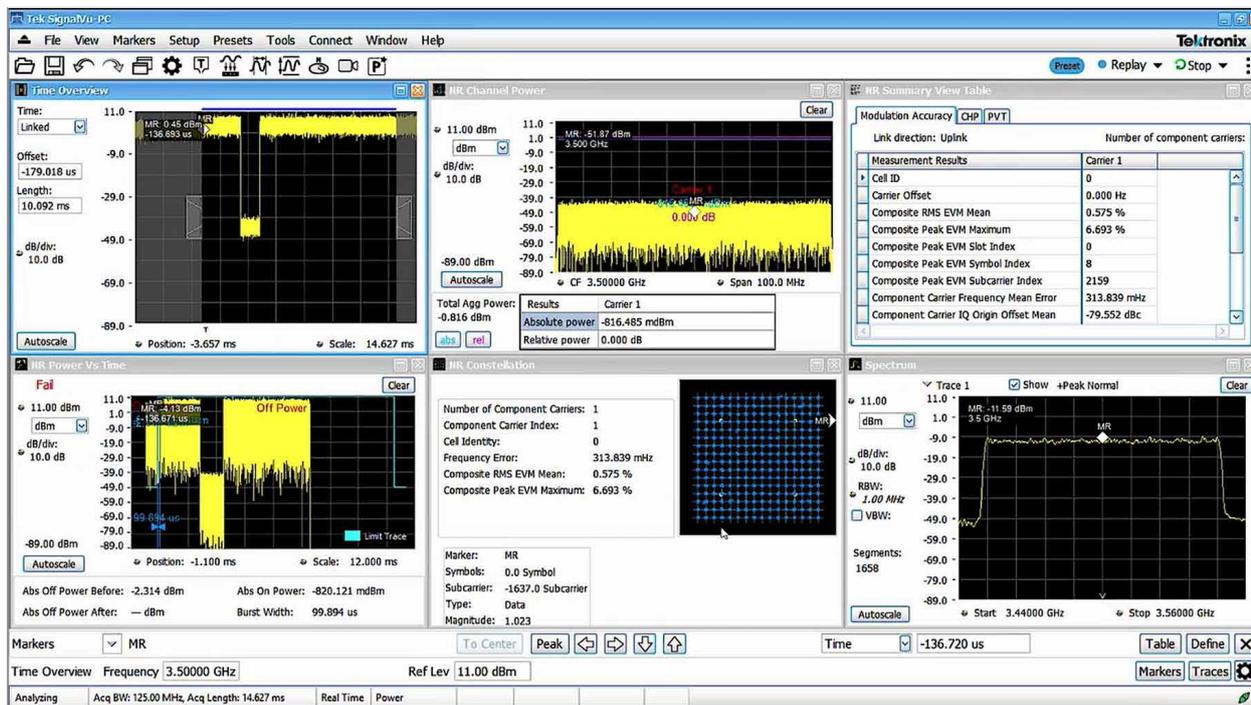


图 11. 在以正常电流获得测量时，EVM 一直落在规范内。

在电流不符合规范时，我们的 RF 输出和 EVM 也落在规范外。所以我们把 RF 性能下跌的原因与电源电流的周期下跌关联起来了。

在这个简单的演示中，我们使用 SMU 步进的提高和降低电流。作为 5G 设计人员，大家可能知道电流变化更多的底层原因，比如 DPD 算法或系数加载错误。

通过基于示波器的解决方案，我们还可以测量和计算精确的放大器功率系数指标，比如功率附加效率 (PAE)。这个器件没有数字总线，如果有，我们可以触发数字总线，把问题与数字总线行为关联起来。

泰克解决方案摘要

同步多通道频谱分析和时域波形加快了 5G 调试速度。

5G 系统综合依赖数字信号、模拟信号和 RF 信号。能够跨多个域分析信号对查找干扰、毛刺、杂散信号、跌落及其他错误至关重要。

在 4 系、5 系和 6 系 MSO 示波器中，每个输入背后都是定制 ASIC 内部的 12 位 ADC。每个 ADC 沿着两条路径发送高速数字化数据。这种方法可以独立控制时域和频域采集，可以同时优化给定信号的波形视图和频谱视图。这种独特的频谱视图功能可以在时域、RF 和数字域中实现同步测量，支持最多 8 条通道。

MSO6B 支持最高 10 GHz 的频率范围，支持最高 2 GHz 的分析带宽，能够直接测量 Sub 6 (FR1) 5G 信号。您可以在线了解更多信息：

- [5G 测试](#)
- [MSO6B 混合信号示波器](#)
- [频谱分析仪软件](#)



泰克官方微信

如需所有最新配套资料，请立即与泰克本地代表联系！

或登录泰克公司中文网站：www.tek.com.cn

泰克中国客户服务中心全国热线：400-820-5835

泰克科技(中国)有限公司

上海市浦东新区川桥路1227号
邮编：201206
电话：(86 21) 5031 2000
传真：(86 21) 5899 3156

泰克北京办事处

北京市朝阳区酒仙桥路6号院
电子城·国际电子总部二期
七号楼2层203单元
邮编：100015
电话：(86 10) 5795 0700
传真：(86 10) 6235 1236

泰克上海办事处

上海市长宁区福泉北路518号
9座5楼
邮编：200335
电话：(86 21) 3397 0800
传真：(86 21) 6289 7267

泰克深圳办事处

深圳市深南东路5002号
信兴广场地王商业大厦3001-3002室
邮编：518008
电话：(86 755) 8246 0909
传真：(86 755) 8246 1539

泰克成都办事处

成都市锦江区三色路38号
博瑞创意成都B座1604
邮编：610063
电话：(86 28) 6530 4900
传真：(86 28) 8527 0053

泰克西安办事处

西安市二环南路西段88号
老三届世纪星大厦26层L座
邮编：710065
电话：(86 29) 8723 1794
传真：(86 29) 8721 8549

泰克武汉办事处

武汉市洪山区珞喻路726号
华美达大酒店702室
邮编：430074
电话：(86 27) 8781 2760

泰克香港办事处

香港九龙尖沙咀弥敦道132号
美丽华大厦808-809室
电话：(852) 3168 6695
传真：(852) 2598 6260

更多宝贵资源，敬请登录：WWW.TEK.COM.CN

© 泰克科技公司版权所有，侵权必究。泰克产品受到已经签发及正在申请的美国专利和外国专利保护。本文中的信息代替所有以前出版的材料中的信息。本文中的技术数据和价格如有变更，恕不另行通告。TEKTRONIX 和 TEK 是泰克公司的注册商标。PCI Express、PCIE 和 PCI-SIG 是 PCI-SIG 的注册商标和 / 或服务标志。所有其他第三方商标均为各自所有者的资产。

3/22 SBG 61C-73902-0

