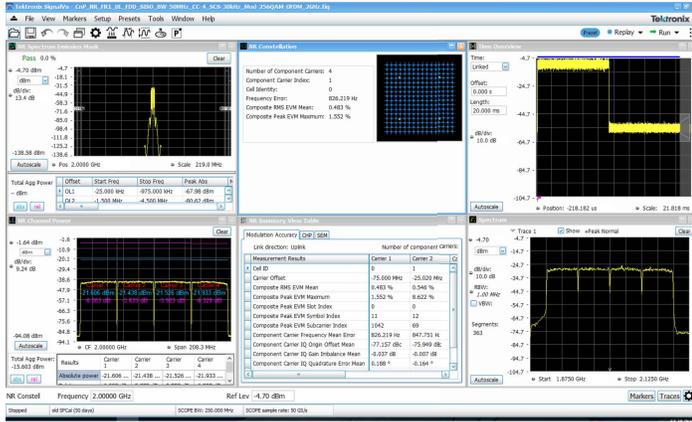


# 示波器的射频和矢量信号分析

## SignalVu 产品技术资料



SignalVu RF 和矢量信号分析软件将 RSA5000 系列实时频谱分析仪的信号分析引擎与业内领先的数字示波器结合起来，设计人员现在能够评估复杂的信号，而不需使用外部下变频器。您可以在一台仪器中，同时实现矢量信号分析仪的功能、频谱分析仪的功能以及数字示波器的强大触发功能。您可以将 SignalVu 与 MSO/DPO5000、DPO7000 或 DPO/DSA/MSO70000 系列数字示波器结合使用，轻松验证宽带设计并检定宽带频谱事件。不管您需要验证的是宽带雷达设计、高数据速率卫星链路设计、无线 LAN 设计、WiGig IEEE 802.11ad/ay 设计还是跳频通信设计，SignalVu 都显示了这些宽带信号随时间变化的行为，加快了解设计特点。Windows 10 (SignalVu)、DPO70000 SX 示波器型号支持 5GNR 分析插件。

### 主要特点

- 触发(T)
  - 集成 RF 信号分析包允许您充分利用示波器设置
  - Pinpoint™ 触发功能提供 1400 多种触发组合，可满足几乎任何触发情况
- 捕获
  - 直接观察微波信号，而不需要外部降频器
  - 可以将截至示波器模拟带宽的所有信号捕获到存储器中
  - 用户可自定义示波器采集参数，以便有效利用捕获存储器
  - FastFrame 分段存储器捕获信号突发情况，而无需存储信号的休止时间
  - 通过使用示波器的 4 路模拟输入，支持 RF、I 和 Q 以及差分 I 和 Q 信号
- 分析

- 基于 3GPP 版本 15/16 标准的 5G 新无线电 (NR) 上行链路/下行链路 RF 功率、功率动态、信号质量和辐射测量
- 全面的时间相关多域显示将时间、频率、相位和幅度中的事件关联起来，让用户在故障排除时更快地了解原因和结果
- 功率测量和信号统计数据可帮助您确定组件和系统的特性：SEM、多载波 ACLR、功率与时间的关系、CCDF、OBW/EBW 和杂散事件搜索
- 基于 IEEE 802.11 a/b/g/j/p/n/ac 标准的 WLAN 频谱和调制发射机测量（选项 SV23、SV24 和 SV25）
- WiGig IEEE 802.11ad/ay 频谱和调制发射机测量（选项 SV30）
- Bluetooth® 发射机测量，基于蓝牙 SIG 基本速率和低功耗 RF 规范。部分支持增强数据速率。（选项 SV27）
- LTE™ FDD 和 TDD 基站 (eNB) 发射机 RF 测量（选项 SV28）
- 全面进行针对第 1 期 (C4FM) 和第 2 期 (TDMA) 的 APCO Project 25 发射机测试和分析（选项 SV26）
- AM/FM/PM 调制和音频测量（选项 SVA），用于检定模拟发射机和音频信号
- 稳定时间测量（频率和相位）（选项 SVT），用于检定宽带频率捷变振荡器
- 高级脉冲测量套件（选项 SVP）- 自动脉冲测量可深入了解脉冲串行为。对大量采集（数百万个脉冲）的测量脉冲统计
- 通用数字调制分析(选项 SVM) 提供矢量信号分析仪功能
- 通用 OFDM 分析（选项 SVO），支持 802.11a/g/j 和 WiMAX 802.16-2004 信号
- 频率偏移控制，用于分析中频 (IF) 接近零的基带信号
- 泰克 OpenChoice® 可轻松传输到各种分析程序，如 Excel 和 Matlab

### 应用(A)

- 宽带雷达和脉冲式 RF 信号
- 频率捷变通信
- 宽带卫星和微波回程链路
- 无线局域网、WiGig、蓝牙、商用无线
- 陆上移动无线电 (LMR)、APCO P25
- 长期演进 (LTE)、蜂窝

- 5G NR 蜂窝基站或用户设备发射机测试

## 宽带信号检定

SignalVu 可以帮助您使用 MSO/DPO5000、DPO7000/DPO70000 SX 示波器型号、或 DPO/DSA/MSO70000 系列数字示波器，轻松验证宽带设计并检定宽带频谱事件。用户可以简便地在 SignalVu 应用程序和示波器用户界面之间切换，优化宽带信号采集工作。

## 触发(T)

SignalVu 软件与示波器无缝运行，允许用户利用其所有强大的触发功能。在宽带系统设计、调试和验证中，能够触发时间和幅度变化的所关注的事件至关重要。泰克示波器的触发系统允许在 A 触发事件和 B 触发事件上选择几乎所有触发类型，而不管是跳变触发、时间触发还是逻辑判定触发。一旦触发，SignalVu 可以处理采集数据，在多个域中进行分析。



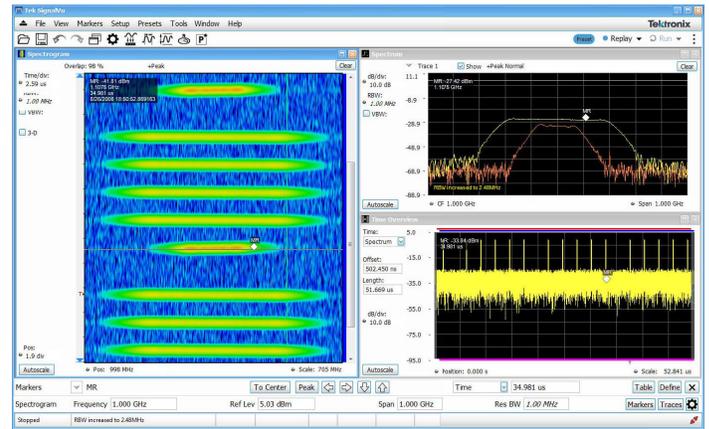
强大的示波器触发功能允许用户只捕获宽带信号的相关部分。Pinpoint 触发功能，如 A 事件和 B 事件与边沿及触发释抑相结合，可以在特定的发射机工作模式下捕获脉冲串。

## 捕获

通过一次捕获，便能够进行多域测量，而无需重新捕获。采集带宽内的所有信号都记录到示波器的深存储器中。可以同时捕获最多四条通道；SignalVu 软件可以独立分析每条通道。通道可以是 RF、I 和 Q 或差分输入。在进行 SignalVu 分析前，用户还可以对采集数据应用数学函数。采集长度因所选的捕获带宽而异 - MSO/DPO5000 系列、DPO7000 系列以及 DPO/DSA/MSO70000 系列在一条通道上进行捕获的最长时间分别为 25 ms、12.5 ms 和 2.5 ms。示波器采样率越低，可以实现的捕获时间越长。

通过使用 SignalVu 中的 FastFrame 分段存储功能，可以捕获所关注的事件，如低占空比脉冲式信号，同时节约采集存储器。FastFrame 捕获和存储短时长突发信号，把信号传送到

SignalVu 矢量信号分析功能中。捕获数千帧成为可能，因此可以分析突发信号中的长期趋势和变化。



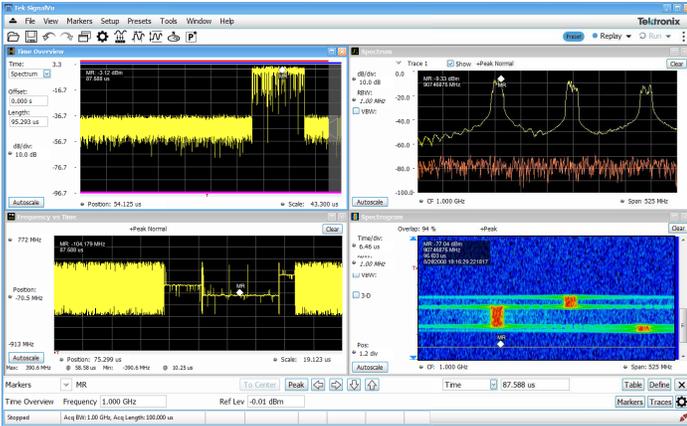
一旦捕获到存储器中，SignalVu 会在多个域中提供详细分析功能。频谱图画面（左面板）显示了宽 500 MHz 的 LFM 脉冲频率随时间变化情况。通过在脉冲打开期间在频谱图中选择时点，在从低向高扫描时可以查看线性调频行为（右上方面板）。

## 分析

SignalVu RF 和矢量信号分析软件使用与 RSA5000 系列实时频谱分析仪相同的分析功能。SignalVu 提高了开发元器件或从事宽带 RF 系统设计、集成和性能检验的工程师或从事网络或频谱管理的运营工程师的工作效率。除了频谱分析以外，频谱图可以同时显示频率和幅度随时间的变化。可以在频域、相位域、幅度域和调制域上进行时间相关测量。这特别适合包括跳频、脉冲特征、调制切换、建立时间、带宽变化和间歇性信号的信号分析。

SignalVu 可以处理示波器四个可用输入中任一输入的 RF、I 和 Q 及差分 I 和 Q 信号。SignalVu 还利用示波器运用的数学函数，允许用户在矢量信号分析前应用自定义滤波。

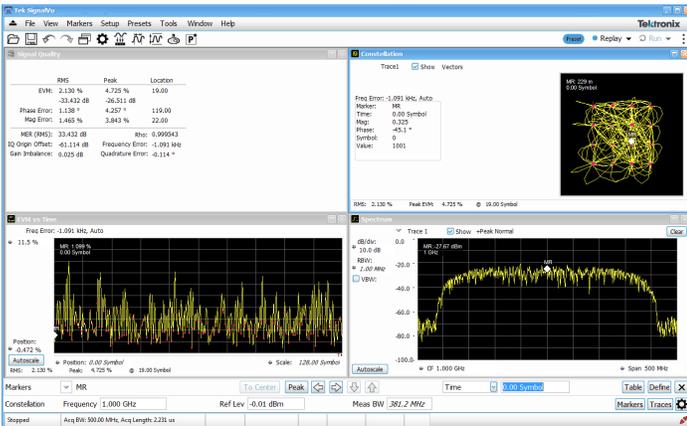
Microsoft Windows 环境提供了数量没有限制的分析窗口，而且所有这些窗口都实现时间相关性，可以更简便地进行这种多域分析，深入了解信号行为。由于与用户偏好（键盘、前面板、触摸屏和鼠标）适应的用户界面，不管是新手还是老手，用户都可以轻松学习 SignalVu。



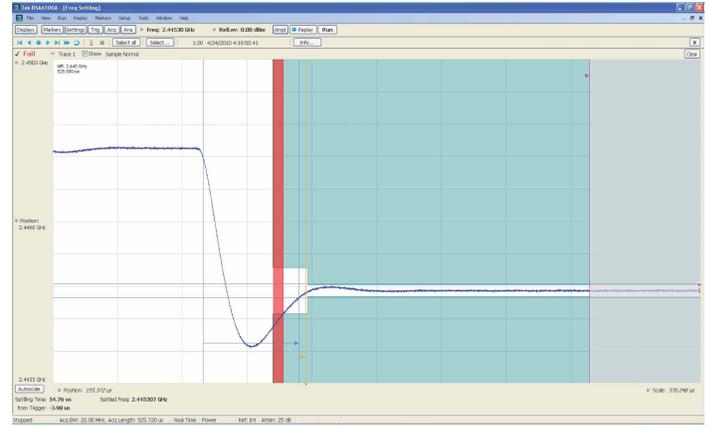
时间相关多域视图可以全新的方式查看以前传统分析解决方案不可能查看的设计或运行问题。这里，可以使用频谱图（右下图）观察窄带信号的跳频模式，可以使用频率随时间变化画面（左下图）精确测量跳频特点。在信号从一个频率跳到下一个频率时，可以在上面两个视图中观察时间和频率响应。

### 为宽带应用订制的选项

SignalVu RF 和矢量信号分析软件适用于所有 MSO/DPO5000、DPO7000、DPO70000 SX 示波器型号和 DPO/DSA/MSO70000 系列示波器，提供了多种选项，可以满足您的特定应用，包括宽带雷达检定、宽带卫星或频谱管理。SignalVu Essentials (选项 SVE) 为所有测量提供了基础功能，对下述功能为必选：脉冲分析(选项 SVP)，稳定时间(选项 SVT)，数字调制分析(选项 SVM)，通用 OFDM 分析(选项 SVO，MSO/DPO5000 上不提供)和 AM/FM/PM 调制和音频测量（选项 SVA）。



可以使用 SignalVu 分析软件，直接观察宽带卫星和点到点微波链路。这里，通用数字调制分析（选项 SVM）解调以 312.5 Ms/s 运行的 16QAM 回程链路。



稳定时间测量（选项 SVT）简便且自动进行。用户可以选择测量带宽、容限频段、参考频率（自动或手动），并可以为通过/失败测试最多设置 3 个容限频段。稳定时间可以外部或内部触发作为参考点，也可以从上次稳定频率或相位开始计算。在此图中，振荡器跳频的频率稳定时间是通过被测设备的外部触发点测量的。

### WLAN 发射机测试

通过 WLAN 测量选项，您可以在时域、频域和调制域中执行基于标准的发射机测量。

- 选项 SV23 支持 IEEE 802.11a、b、g、j 和 p 信号
- 选项 SV24 支持 IEEE 802.11n 20 MHz 和 40 MHz SISO 信号
- 选项 SV25 支持 IEEE 802.11ac 20/40/80/160 MHz SISO 信号

下表描述了 IEEE 802.11 WLAN 信号的调制格式和频段

标准	标准物理层	频段	信号	调制格式	带宽（最大值）	802.11-2012 章节
802.11b	DSSS HR/DSSS	2.4 GHz	DSSS/CK 1 - 11 Mbps	DBSK、DQPSK CCK5.5M、CCK11M	20 MHz	16 & 17
802.11g	ERP	2.4 GHz	DSSS/CK/PBCC 1 - 33 Mbps	BPSK DQPSK	20 MHz	17
802.11a	OFDM	5 GHz	OFDM 64 <54 Mbps	BPSK	20 MHz	18
802.11g		2.4 GHz		QPSK	20 MHz	19
802.11j/p		5 GHz		16QAM 64QAM	5、10、20 MHz	18

续表

标准	标准物理层	频段	信号	调制格式	带宽 (最大值)	802.11-2012 章节
802.11n	HT	2.4 GHz 和 5 GHz	OFDM 64、128 ≤ 150 Mbps	BPSK QPSK 16QAM 64QAM	20、40 MHz	20
802.11ac	VHT	5 GHz	OFDM 64、128、256、512 ≤ 867 Mbps	BPSK QPSK 16QAM 64QAM 256QAM	20、40、80、160 MHz	22

频段提供了要使用的最低示波器带宽要求。

在 SignalVu 内部，WLAN 预置功能可实现一键执行 EVM、星座图和 SEM 测量。IEEE 802.11-2012 标准修订版规定了 WLAN RF 发射机测量，下面列出了这些测量以及参考章节和极限。

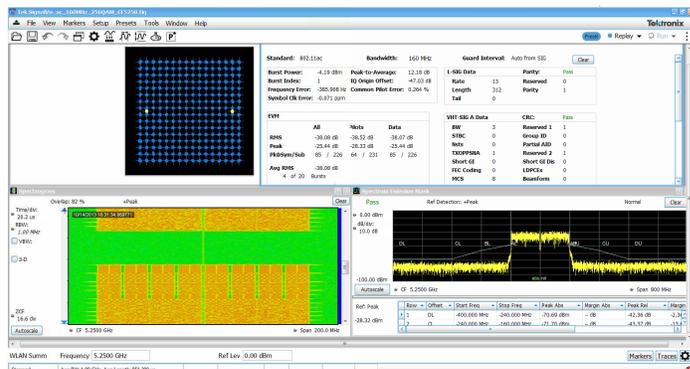
IEEE 802.11 RF 层测试	IEEE 参考 802.11-2012	测试的极限
发射功率开/关斜坡	16.4.7.8 (DSSS)	(10%-90%) 2 us
	7.4.7.7 ("b")	(10%-90%) 2 us
发射频谱模板	16.4.7.5 (DSSS)	标准模板
	17.4.7.4 ("b")	标准模板
	18.3.9.3("a")	标准模板
	19.5.5 ("g")	标准模板
	20.3.20.1 ("n")	标准模板
	22.3.18.1 ("ac")	标准模板
RF 载波抑制	16.4.7.9 ("DSSS")	-15 dB
	17.4.7.8 ("b")	-15 dB
中心频率泄漏	18.3.9.7.2 ("a")	-15 dB 或 +2 dB，相对于平均副载波功率
	20.3.20.7.2 ("n")	20 MHz: 18.3.9.7.2 40 MHz: -20 dBc 或 0 dB，相对于平均副载波功率
发射频谱平坦度	18.3.9.7.3 ("a")	+/-4 dB (SC = -16...16)、+4/-6 dB (其他)

续表

IEEE 802.11 RF 层测试	IEEE 参考 802.11-2012	测试的极限
	20.3.20.2 ("n")	+/-4 dB、+4/-6 dB
	22.3.18.2 ("ac")	+/-4 dB、+4/-6 dB (各种带宽, 20-160 MHz)
发射中心频率容差	16.4.7.6 ("DSSS")	+/-25 ppm
	17.4.7.5 ("b")	+/-25 ppm
	18.3.9.5 ("a")	+/-20 ppm (20 MHz 和 10 MHz)、+/-10 ppm (5 MHz)
	19.4.8.3 ("g")	+/-25 ppm
	20.3.20.4 ("n")	+/-20 ppm (5 Hz 频段)、+/-25 ppm (2.4 GHz 频段)
符号时钟频率容差	22.3.18.3 ("ac")	+/-20 ppm
	16.4.7.7 ("DSSS")	+/-25 ppm
	17.4.7.6 ("b")	+/-25 ppm
	18.3.9.6 ("a")	+/-20 ppm (20 MHz 和 10 MHz)、+/-10 ppm (5 MHz)
	19.4.8.4 ("g")	+/-25 ppm
	20.3.20.6 ("n")	+/-20 ppm (5 GHz 频段)、+/-25 ppm (2.4 GHz 频段)
发射调制精度	22.3.18.3 ("ac")	+/-20 ppm
	16.4.7.10 ("DSSS")	峰值 EVM < 0.35
	17.4.7.9 ("b")	峰值 EVM < 0.36

## IEEE 802.11 WLAN 发射机测试摘要

IEEE 802.11 RF 层测试	IEEE 参考 802.11-2012	测试的极限		
		调制	编码率 (R)	相对星座 误差 (dB)
发射机星 座误差	18.3.9.7.4 ("a")	BPSK	1/2	-5
		BPSK	3/4	-8
		QPSK	1/2	-10
		QPSK	3/4	-13
		16-QAM	1/2	-16
		16-QAM	3/4	-19
		64-QAM	2/3	-22
		64-QAM	3/4	-25
		20.3.20.7.3 ("n")	BPSK	1/2
	QPSK	1/2	-10	
	QPSK	3/4	-13	
	16-QAM	1/2	-16	
	16-QAM	3/4	-19	
	64-QAM	2/3	-22	
	64-QAM	3/4	-25	
	64-QAM	5/6	-27	
	22.3.18.4.3 ("ac")	BPSK	1/2	-5
	QPSK	1/2	-10	
	QPSK	3/4	-13	
	16-QAM	1/2	-16	
	16QAM	3/4	-19	
64-QAM	2/3	-22		
64-QAM	3/4	-25		
64-QAM	5/6	-27		
256-QAM	3/4	-30		
256-QAM	5/6	-32		



利用含有频谱辐射模板、星座图和突发脉冲解码信息的WLAN 预设，轻松分析 WLAN 802.11ac 发射机。

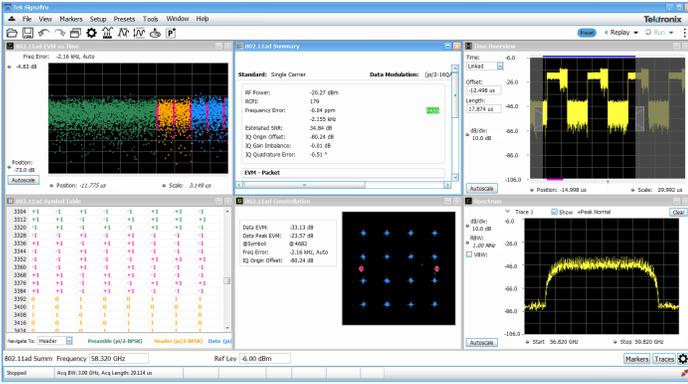
## WiGig IEEE802.11ad/ay 发射机测试

选项 SV30 提供对 WiGig IEEE802.11ad/ay IC 检定的全面分析。在与 DPO77002SX 一起使用时，它可提供业内最准确的信号质量测量（60 GHz 下）功能。它可自动检测包报头，以及为报头中的包信息进行解码；可使用短调训字段中的 Golay 代码同步到前导码；可单独解调前导码、报头和净荷；并可依照标准测量这些部分中的 EVM。

与标准中的要求相比，SV30 在 EVM 性能方面具有显著优势。此外，还提供通道脉冲系数。此选件支持控制物理层 (802.11ad) 和单载波物理层 (802.11ad 和 802.11ay)，且提供对 802.11ay 2.16 GHz 包或 4.23 GHz 相邻两通道结合包的分析。

测试和验证可在 IF 和 RF 设置中进行。RF 功率、接收功率指标 (RCPI)、频率错误（最大、平均、标准、偏差）、直流偏置、IQ DC 原点偏置、IQ 增益和相位失衡、信号质量和预估 SNR 测量在摘要显示中报告。通过/失败结果使用自定义极限进行报告，预置实现一键完成测试设置。

为了进一步洞察信号，在用户界面中提供了颜色编码，让您可以查看分布在被分析的包中的 EVM，用颜色代码区分不同区域。您也可以查看用表格形式表示的解调符号、使用不同的颜色编码，以及使用一个选项遍历到每个区域的开头从而轻松导航。



DPO770002SX 及 SV30 提供了业内最佳的EVM 精度。设置简便，可以执行各种发射机测量，包括突发脉冲的时间概述、频谱、星座图、解码突发脉冲信息和EVM 测量。

通道 5-6	1.4 - 2.5% (-37.1 至 -32.0 dBc)	1.4 - 2.5% (-37.1 至 -32.0 dBc)
通道 1-2、2-3、3-4 (相邻结合)	无	1.2 - 1.7% (-38.4 至 -35.4 dBc)
通道 4-5、5-6 (相邻结合)	无	< 2.5% (< -32.0 dBc)

### 蓝牙发射机测试

增加了两个选项，帮助您在时域、频域和调制域中进行基于蓝牙 SIG 标准的发射机 RF 测量。选项 SV27 支持 RF.TS.4.2.0 和 RF-PHY.TS 规定的基本速率和低能耗发射机测量。4.2.0 测试规范。它还解调并提供增强数据速率 (EDR) 数据包的符号信息。选项 SV31 支持蓝牙 5 标准 (LE 1M、LE 2M、已编码 LE) 和核心规范中规定的测量。这两个选项也解码所传输的物理层数据并使用颜色编码符号表中的数据字段以便清晰标识。

通过/失败结果带有自定义极限，蓝牙预置可实现一键执行不同的测试设置。

下面概括了选项 SV27 和 SV31 自动执行的测量 (另有说明的情况除外)：

- 蓝牙低功耗 (BLE) 发射机测量
  - NOC TRM-LE/CA/01/C 和 EOC TRM-LE/CA/02/C 的输出功率
  - NOC TRM-LE/CA/03/C 和 EOC TRM-LE/CA/04/C 的带内辐射
  - 调制特性 TRM-LE/CA/05/C
  - NOC TRM-LE/CA/06/C 和 EOC TRM-LE/CA/07/C 的载波频率偏移和漂移
- 基本速率发射机测量
  - 输出功率 TRM/CA/01/C
  - 功率密度 TRM/CA/02/C (无预设)
  - 功率控制 TRM/CA/03/C (无预设)
  - Tx 输出频谱 - 频率范围 TRM/CA/04/C (无预设)
  - Tx 输出频谱 - 20 dB 带宽 TRM/CA/05/C
  - Tx 输出频谱 - 邻道功率 TRM/CA/06/C
  - 调制特性 TRM/CA/07/C
  - 初始载波频率容限 TRM/CA/08/C
  - 载波频率漂移 TRM/CA/09/C

调制格式	<p><b>802.11ad:</b> MCS0-12.6</p> <p><b>802.11ay:</b> MCS1-21</p> <p><b>802.11ad/ay 单载波:</b> <math>\pi/2</math> BPSK、<math>\pi/2</math> QPSK、<math>\pi/2</math> 16QAM、<math>\pi/2</math> 64QAM</p> <p><b>802.11ad 控制物理层:</b> <math>\pi/2</math> DBPSK</p>
测量值	每个包区域 (STF、CEF、包头和数据) 的 RF 输出功率、接收通道功率指标 (RCPI)、预估 SNR、频率误差、符号速率误差、IQ 原点偏置、IQ 相位失衡、IQ 增益失衡、IQ 正交误差、EVM 结果。包信息包括包类型、前置码、同步字或接入码、包头、净荷长度和 CRC 细节。
显示器	星座图、EVM 和时间、符号表、摘要

残余 EVM，在 RF (通道 1-6) 下在 DPO770002SX 上测得<sup>1</sup>

	802.11ad MCS0-12.6	802.11ay MCS1-21
Channel1-4	1.2 - 1.6% (-38.4 至 -35.9 dBc)	1.2 - 1.6% (-38.4 至 -35.9 dBc)

续表

<sup>1</sup> (测量不确定度: 考虑到预补偿滤波器以及 AWG70000 和升频器的影响, 为  $\pm 0.3\%$ 。)

SV27 和 SV31 还提供了下面额外的信息：含带色码的字段信息的符号表、星座图、眼图、频率偏差与时间的关系（含高亮显示的数据包和八位字节）、频率偏置和漂移详情表及包头字段解码。可以使用标记将时间信息、矢量信息和频率信息互相关。



轻松验证带一键预置的蓝牙发射机、通过失败信息和不同显示间的清晰相关性。

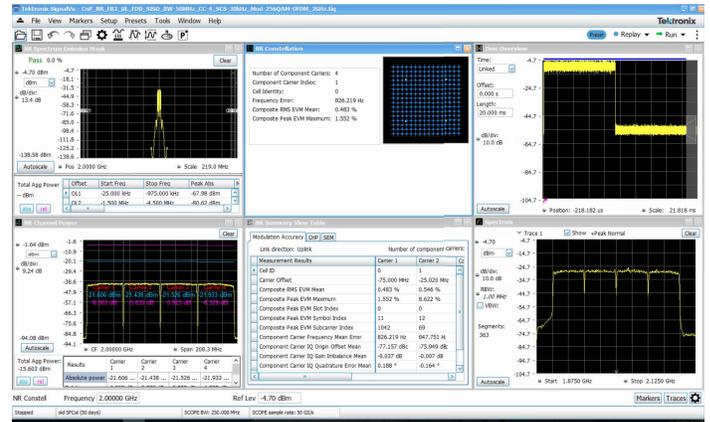
## 5G NR 调制分析和测量选项

5G NR 是 SignalVu 矢量信号分析 (VSA) 软件支持的一组不断扩充的信号标准、应用和调制类型。SignalVu VSA 5G NR 分析选项提供基于 3GPP 的 5G NR 规范信号频域、时域和调制域的全面分析能力。

通过配置频谱结果轨迹、采集时间和 NR 特定调制质量（例如 EVM、频率误差、I/Q 误差）轨迹和表，工程师可以识别总体信号特征，并排除间歇性错误峰值或重复出现的同步故障。

误差矢量幅度 (EVM) 是用于描述信号质量的品质因数。它通过测量给定符号的理想星座点与实际测量点之间的 I/Q 平面差异来实现此目的。它可以理想子符号的 dB 或 % 为单位进行测量，归一化为接收的平均 QAM 功率，并显示符号与理想符号关系的星座图。EVM 与符号的关系或 EVM 与时间的关系给出了所考虑的符号数量中或时隙内的时间中存在的 OFDM 符号的 EVM。

对于自动化测试，SCPI 远程接口可用于加快设计速度，从而能够快速过渡到设计验证和制造阶段。



选项 5G NR 支持星座图、摘要视图、CHP 和 SEM 显示

## 5G NR 发射器测量核心支持功能

5G NR 选项（选项 5G NR）支持 5G NR 调制分析测量，符合 3GPP TS38 规范版本 15 和 16 的要求，包括：

- 分析上行链路和下行链路帧结构
- 5G NR 测量和显示包括
  - 调制精度 (ModAcc)
  - 通道功率 (CHP)
  - 相邻通道功率 (ACP)
  - 频谱辐射模板 (SEM)
  - 占用带宽 (OBW)
  - 功率与时间的关系 (PVT)<sup>2</sup>
  - 误差矢量幅度 (EVM)
- 摘要表，含 ModAcc、SEM、CHP、ACP、OBW、PVT 和 EVM 测量的所有标量结果
- 通过跨域的耦合测量进行深度分析和故障排除，使用多个制造商关联结果，以查找根本原因。
- 以 CSV 格式保存报告，包括配置参数和测量结果
- 为每个组成载波提供 PDSCH 或 PUSCH 的可配置参数
- 对于下行链路，支持符合 3GPP 规范、适用于 FDD 和 TDD 的测试模型

## LTE FDD 和 TDD 基站发射机 RF 测试

选项 SV28 实现了以下 LTE 测量：

- 小区 ID
- 通道功率
- 占用带宽 (OBW)
- 邻道泄漏比 (ACLR)
- 频谱辐射模板 (SEM)
- TDD 发射机关闭功率

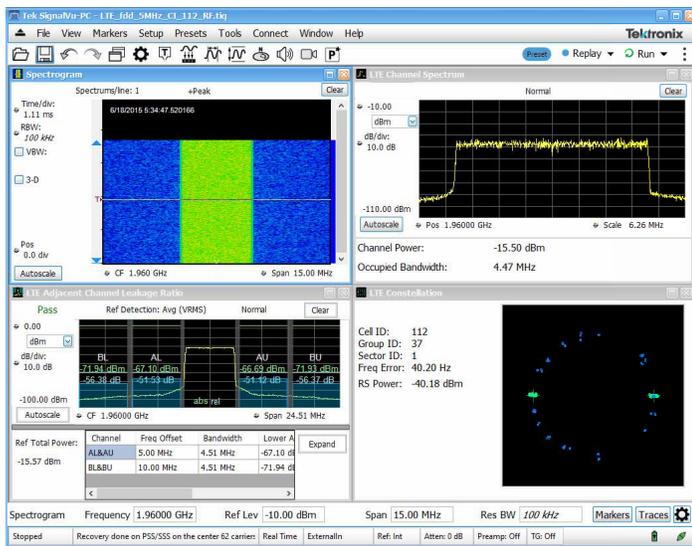
<sup>2</sup> PVT 仅支持上行链路帧结构。

• 基准信号功率

有四种预置用于加快预一致性测试和确定小区号。这些预置被定义为小区号、ACLR、SEM、通道功率和 TDD Toff 功率。测量满足 3GPP TS 第 12.5 版中的定义，支持所有基站类别，包括微微小区和毫微微小区。报告通过/失败信息，支持所有通道带宽。

小区号预置在星座图中显示一级同步信号 (PSS) 和二级同步信号 (SSS)。它也提供频率误差和参考信号 (RS) 功率。

ACLR 预置测量 E-UTRA 和 UTRA 邻道，支持不同的 UTRA 芯片速率。在没有输入时，ACLR 还支持根据测得的噪声进行噪声校正。ACLR 和 SEM 将在扫描模式下（默认状态）运行。如果仪器有足够的采集带宽，则还支持在更快的单次采集模式下运行。



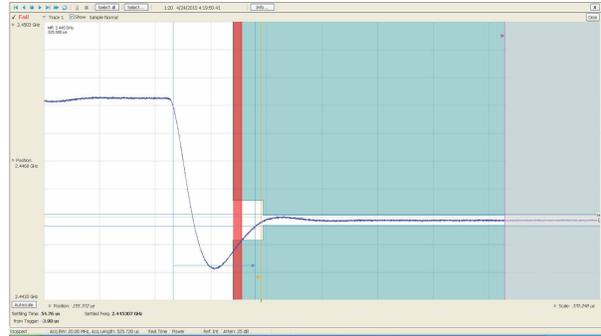
使用按钮预置和通过失败信息快速验证 LTE 基站发射机

测量功能

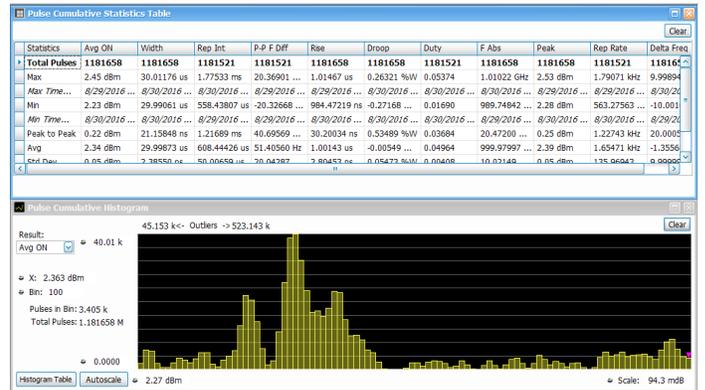
频谱分析测量 (选项 SVE)	通道功率、邻道功率、多载波邻道功率/泄漏比、占用带宽、xdB Down、dBm/Hz 标记、dBc/Hz 标记
时域和统计测量 (选项 SVE)	RF I/Q 对时间、幅度对时间、功率对时间、频率对时间、相位对时间、CCDF、峰值均值比、幅度、频率和相位调制分析
杂散搜索测量 (选项 SVE)	最多 20 个量程，用户选择每个量程中的检测器（峰值、平均值、CISPR 峰值）、滤波器（RBW、CISPR、MIL）和 VBW。线性或对数频率标度。绝对功率或相对于载波的测量和违例。最多可以表格方式识别 999 个违例，并以 CSV 格式导出
WLAN 802.11a/b/g/j/p 测量 续表	IEEE 标准中规定的所有 RF 发射机测量以及其他各种标量测量，如载频误差、符

量应用（选项 SV23）	号定时误差、平均/峰值突发功率、IQ 原点偏置、RMS/峰值 EVM 和分析显示，如 EVM 和相位/幅度误差与时间/频率的关系或与符号/副载波的关系、包头解码信息和符号表。
WLAN 802.11n 测量应用（选项 SV24）	选项 SV23 要求使用选项 SVE
WLAN 802.11ac 测量应用（选项 SV25）	选项 SV24 要求使用选项 SV23 选项 SV25 要求使用选项 SV24
APCO P25 一致性测试和分析应用(选项 SV26)	基于 TIA-102 标准的整套发射机一键测量及通过/失败结果，其中包括 ACPR、发射机功率和编码器启动时间、发射机吞吐延迟、频率偏差、调制保真度、符号速率精度和瞬态频率行为以及 HCPM 发射机逻辑通道峰值 ACPR、时隙外功率、功率包络和时间对准。 选项 SV26 需要选项 SVE
蓝牙基本 LE TX SIG 测量 (选项 SV27)	由蓝牙 SIG 为基本速率和蓝牙低功耗规定的发射机测量预置值。结果中还包括通过/失败信息。应用还提供了包头字段解码功能，可以自动检测标准，包括增强数据速率。
LTE 下连 RF 测量(选项 SV28)	小区号、ACLR、SEM、通道功率和 TDD Toff 功率的预置值。支持 TDD 和 FDD 帧格式及由 3GPP TS 第 12.5 版规定的所有基站。结果包括测试通过/失败信息。如果所连接的仪器具有足够的带宽，实时设置可快速进行 ACLR 和 SEM 测量。
5G NR 测量（选项 5G NR）	预置值：通道功率 (CHP)、邻道功率 (ACP)、功率与时间的关系 (PVT) <sup>2</sup> 、调制精度（包括误差矢量幅度 (EVM)、频率误差、IQ 误差）、EVM 与符号的关系、占用带宽 (OBW)、频谱辐射模板 (SEM)、星座图、带标量结果的摘要表。
WiGig IEEE 802.11ad/ay 测量应用（选项 SV30）	控制 PHY (802.11ad) 和单载波 PHY (802.11ad 和 802.11ay) 的预置值。显示 EDMG、PreEDMG1 和 PreEDMG2 区域的 802.11ay 分析结果。均根据标准测量每个包字段中的 EVM，解码包头包信息。在汇总显示中报告 RF 功率、接收通道功率指标、频率误差、IQ DC 原点偏置、IQ 增益和相位失衡。测试通过/失败结果使用自定义极限进行报告。
AM/FM/PM 调制和音频测量 (选项 SVA)	载波功率、频率误差、调制频率、调制参数（±峰值、峰-峰值/2、RMS）、SINAD、调制失真、信噪比、THD、TNHD、喻声和噪声
续表	

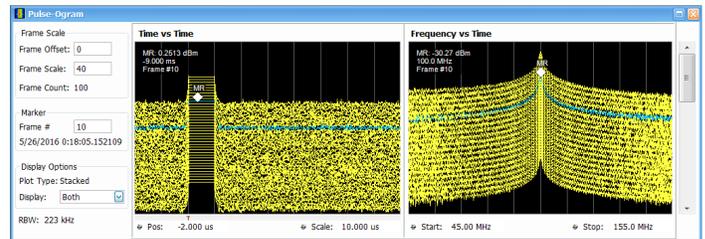
<p>稳定时间（频率和相位） (选项 SVT)</p>	<p>测量频率，自上次稳定频率的稳定时间，自上次稳定相位的稳定时间，自触发的稳定时间。自动或手动选择参考频率。用户可以调节测量带宽，进行平均和平滑。用户可设置 3 个区域进行通过/失败模板测试</p>
<p>高级脉冲分析 (选项 SVP)</p>	<p>多分段捕获的 Pulse-Ogram™ 瀑布图显示，其中包括各脉冲的幅度与时间以及频谱。脉冲频率、Delta 频率、平均开点功率、峰值功率、平均发射功率、脉宽、上升时间、下降时间、重复间隔（秒）、重复间隔 (Hz)、占空比 (%)、占空比（比率）、纹波 (dB)、纹波 (%)、衰落 (dB)、衰落 (%)、过冲 (dB)、过冲 (%)、脉冲到参考脉冲频率差、脉冲到参考脉冲相位差、脉冲到脉冲频率差、脉冲到脉冲相位差、RMS 频率误差、最大频率误差、RMS 相位误差、最大相位误差、频率偏差、相位偏差、脉冲响应 (dB)、脉冲响应（时间）、时标。</p>
<p>通用 OFDM 分析 (选项 SVO)</p>	<p>OFDM 分析，支持 WLAN 802.11a/g/j 和 WiMAX 802.16-2004。星座图、标量测量摘要、EVM 或功率相对于载波关系、符号表（二进制或十六进制）</p>
<p>通用数字调制分析 (选项 SVM)</p>	<p>误差矢量幅度 (EVM) (RMS、峰值、EVM 与时间的关系)、调制误差比 (MER)、幅度误差 (RMS、峰值、幅度误差与时间的关系)、相位误差 (RMS、峰值、相位误差与时间的关系)、原点偏置、频率误差、增益失衡、正交误差、Rho、星座图、符号表。  仅 FSK: 频率偏差, 符号定时误差</p>



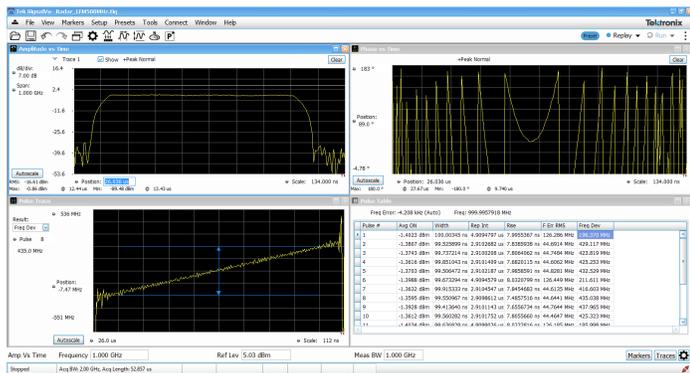
稳定时间测量（选项 SVT）简便且自动进行。用户可以选择测量带宽、容限频段、参考频率（自动或手动），并可以为通过/失败测试最多设置 3 个容限频段。稳定时间可以外部或内部触发作为参考点，也可以从上次稳定频率或相位开始计算。在此图中，振荡器跳频的频率稳定时间是通过被测设备的外部触发点测量的。



累积统计量提供最小、最大值时标以及对多个采集的峰峰值、平均和标准偏差，从而进一步扩大了分析范围。直方图显示右侧和左侧的异常值。



Pulse-Ogram 显示多分段捕获的瀑布图，其中包括各脉冲的相关幅度与时间以及频谱。可用于外部触发，以显示目标范围和速度。



高级脉冲分析软件包（选项 SVP）提供了 31 种单独测量功能，用于自动检定长脉冲串。此处显示以 1 GHz 为中心、宽 500 MHz 的 LFM 线性调频，针对第 1 到第 10 个脉冲测量（右下图）。在左上图所示的幅度随时间变化曲线中，可以看到脉冲的形状。其他两个视图是第 8 个脉冲的频率偏差和抛物线相轨迹的详细视图。

## 技术规格

### 性能（典型值）

下面是在任何 DPO70000 SX 示波器型号或 DPO/DSA/MSO70000 系列示波器上运行的 SignalVu® 的典型性能。

#### 频率相关特点

频率范围	参阅相应的仪器产品技术资料
初始中心频率设置精度	等于示波器的时基精度
中心频率设置分辨率	0.1 Hz
频率偏置范围	0 Hz 至示波器的最大带宽
频率标记读数精度	±(参考频率误差 x 标记频率 + 0.001 x 频宽 + 2) Hz
频宽精度	±0.3%
参考频率误差	等于示波器参考频率精度、老化和漂移。参阅相应的 DPO/DSA/MSO 产品技术资料。
调谐	为下列标准提供了调谐表，其中用基于标准的通道方式表示频率选择。 蜂窝标准家族: AMPS, NADC, NMT-450, PDC, GSM, CDMA, CDMA-2000, 1xEV-DO WCDMA, TD-SCDMA, LTE, WiMax 无需牌照的短距离通信: 802.11a/b/j/g/p/n/ac, 蓝牙 无绳电话: DECT, PHS 广播: AM, FM, ATSC, DVBT/H, NTSC 移动无线电、寻呼机、其他: GMRS/FRS, iDEN, FLEX, P25, PWT, SMR, WiMax

#### 三阶互调制失真<sup>3 4</sup>

中心频率	MSO/DPO5000	DPO7000	DPO/DSA/ MSO70000	DPO70000SX
2 GHz	-38 dBc	-40 dBc	-55 dBc	< -60 dBc
10 GHz	--	--	-48 dBc	< -50 dBc
18 GHz	--	--	-50 dBc	< -50 dBc

#### 残余响应<sup>5</sup>

DPO/DSA/MSO70000DX 系  
列（所有频宽） -60 dBm

#### 显示的平均噪声电平<sup>6 7</sup>

频宽	MSO/DPO5000	DPO7000C	DPO/DSA/MSO70000	DPO70000SX
DC - 500 MHz	-94 dBm	-100 dBm	-103 dBm	< -145 dBm/Hz
>500 MHz - 3.5 GHz	-	-102 dBm	-103 dBm	< -155 dBm/Hz

续表

<sup>3</sup> 非 SX 条件：每个信号电平 -5 dBm、参考电平 0 dBm、1 MHz 信号音隔离。数学轨迹关闭。没有列出 DPO7054/7104 和 MSO/DPO5034/5054/5104 性能。

<sup>4</sup> SX 条件：6.25 mV/div（ATI 为 10 mV/div），输入电平 -26 dBm（ATI 通道为 -22 dBm），约 5 格。

<sup>5</sup> 条件：RF 输入端接，参考电平 0 dBm，在示波器规定的预热时间和 SPC 校准后进行测量。不包括零赫兹杂散信号。

<sup>6</sup> 非 SX 条件：RF 输入端接，10 kHz RBW，100 个平均值，参考电平 -10 dBm，轨迹检测平均值。在示波器规定的预热时间和 SPC 校准之后进行测量。

频宽	MSO/DPO5000	DPO7000C	DPO/DSA/MSO70000	DPO7000SX
>3.5 GHz - 14 GHz	-	-	-101 dBm	< -155 dBm/Hz
>14 GHz - 20 GHz	-	-	-88 dBm	< -155 dBm/Hz
>20 GHz - 25 GHz	-	-	-87 dBm	< -150 dBm/Hz
>25 GHz - 33 GHz	-	-	-85 dBm	< -150 dBm/Hz
>33 GHz - 70 GHz	-	-	-	< -150 dBm/Hz

#### 输入相关特点

输入数量 <sup>8</sup>	4
输入信号类型	RF、I 和 Q（单端）、I 和 Q（差分）
最大输入电平	对于 50 Ω 输入为 +26 dBm (5 V <sub>RMS</sub> )

#### 触发相关特点

触发模式	自由运行模式和已触发模式。触发灵敏度和特点请参阅相应的示波器产品技术资料。
------	---------------------------------------

#### 采集相关

SignalVu 提供了长时间波形捕获采集及高时间和频率分辨率。最大采集时间将视示波器可用存储器和模拟带宽变化。下表指明了最大可用存储器配置下每种型号的单通道功能。

#### 7000SX 型号

型号	最大频宽	取决于示波器 最大采样率下的 最长采集时 间： <sup>9</sup>	SignalVu 相关性		取决于示波器 最大 FastFrame 数
			最大采样率时的 最小 RBW	最小 IQ 时间分 辨率	
DPO77002SX	70 GHz	5 ms	600 Hz	20 ps SX	369 K
DPO75002SX	50 GHz			10 ps DX	
DPO73304SX	33 GHz	10 ms	300 Hz	10 ps	
DPO72504SX	25 GHz			20 ps	
DPO72304SX	23 GHz				
DPO71604SX	16 GHz				
DPO71304SX	13 GHz				

<sup>7</sup> SX 条件：RF 输入端接，1 kHz RBW，平均轨迹，6.25 mV/div（ATI 为 10 mV/div），峰值检波器，500 kHz 频宽。

<sup>8</sup> SignalVu 可以处理来自任何一条示波器通道的采集数据。用户还可以对每条示波器采集通道应用自定义数学函数和滤波函数。然后 SignalVu 可以选择得到的数学通道，进行信号处理。

<sup>9</sup> SX 通道上 200GS/S 真实样品，50GS/s 复杂样品，示波器：70GHz 频宽，SignalVu 40GHz 频宽，20pS/采样。DX 通道上：100GS/S 真实样品，100GS/S 复杂样品，示波器：33GHz 频宽，SignalVu 40GHz 频宽，10pS/采样。

## 70000D、70000C 型号

型号 <sup>10</sup>	最大频宽	最大采样率下的最长采集时间	最大采样率时的最小 RBW	最小 IQ 时间分辨率	最大 FastFrame 数 <sup>11</sup>
DPO/DSA73304D	33 GHz	2.5 ms	1.2 kHz	20 ps	65,535
DPO/DSA72504D	25 GHz				
DPO/DSA/MSO72004C	20 GHz				
DPO/DSA/MSO71604C	16 GHz				
DPO/DSA/MSO71254C	12.5 GHz				
DPO/DSA/MSO70804C	8 GHz	5 ms	600 Hz	80 ps	
DPO/DSA/MSO70604C	6 GHz				
DPO/DSA/MSO70404C	4 GHz				

## 分析相关特点

## 频率 (选项 SVE)

频谱 (幅度与线性或对数频率的关系)  
 频谱图 (随时间变化的幅度与频率的关系)  
 杂散信号 (幅度与线性或对数频率的关系)

## 时间和统计 (选项 SVE)

幅度对时间  
 频率对时间  
 相对时间  
 幅度调制对时间  
 频率调制对时间  
 相位调制对时间  
 RF IQ 对时间  
 时间概况  
 CCDF  
 峰值均值比

## 稳定时间、频率和相位(选项 SVT)

频率稳定与时间的关系  
 相位稳定对时间

## 高级脉冲测量套件 (选项 SVP)

脉冲结果表  
 脉冲轨迹 (可以按脉冲编号选择)  
 脉冲统计 (脉冲趋势结果、时间趋势 FFT 和直方图)  
 累计统计、累计直方图和 Pulse-Ogram

## 数字解调(选项 SVM)

星座图  
 EVM 与时间的关系  
 符号表 (二进制或十六进制)  
 幅度和相位误差对时间和信号质量  
 解调 IQ 对时间

<sup>10</sup> 在最大可用记录长度选项和最大采样率下。

<sup>11</sup> 最大可用帧数将取决于示波器的记录长度、采样率和采集长度设置。

通用 OFDM (选项 SVO)	<p>眼图</p> <p>网格图</p> <p>频率偏差与时间关系</p> <p>EVM 与符号的关系、与副载波的关系</p> <p>副载波功率与符号的关系、与副载波的关系</p> <p>副载波星座</p> <p>符号数据表</p> <p>幅度误差与符号的关系、与副载波的关系</p> <p>相位误差与符号的关系、与副载波的关系</p> <p>通道频率响应</p>
支持的文件格式	SignalVu 可以调用 MSO/DPO5000、DPO7000、DPO/DSA/MSO70000、RSA5000 和 RSA6000 系列仪器中保存的采集数据。可以调用扩展名为 WFM 和 TIQ 的文件，以便由 SignalVu 进行后处理。

## RF 和频谱分析性能

### 解析带宽

解析带宽 (频谱分析)	1、2、3、5 顺序，自动耦合或用户选择 (任意)
解析带宽形状	近似高斯，形状系数 4.1:1 (60:3 dB) $\pm 10\%$ ，典型值
解析带宽精度	$\pm 1\%$ (自动耦合 RBW 模式)
备选解析带宽类型	Kaiser 窗口 (RBW)、-6 dB Mil、CISPR、Blackman-Harris 4B 窗口、均匀窗口 (无)、平顶窗口 (CW 幅度)、Hanning 窗口

### 视频带宽

视频带宽范围	取决于示波器记录长度设置，约为 500 Hz - 5 MHz
最大 RBW/VBW	10,000:1
最小 RBW/VBW	1:1
分辨率	输入值的 5%
精度 (典型值)	$\pm 10\%$

### 时域带宽 (幅度与时间的关系显示)

时域带宽范围	至少是采集带宽的 1/2 - 1/10,000
时域带宽形状	近似高斯，形状系数 4.1:1 (60:3 dB)， $\pm 10\%$ 典型值 形状系数 <2.5:1 (60:3 dB)，这是所有带宽的典型值
时域带宽精度	$\pm 10\%$

### 频谱和杂散显示谱线、检波器和函数

轨迹	3 个谱线 + 1 个数学谱线 + 1 个谱线来自频谱图 (用于频谱显示)，四个谱线用于杂散显示
检波器	峰值、-峰值、平均值、CISPR 峰值；在启用选项 SVQP 时，CISPR 准峰值和平均值 (在连接到 MDO4000B/C 或 MSO5/6 系列时不可用)
轨迹函数	正常、平均值、最大保持、最小保持
频谱轨迹长度	801、2401、4001、8001、10401、16001、32001 或 64001 点

## AM/FM/PM 调制和音频测量 (SVA)

公布的所有性能均基于下述输入信号条件：0 dBm，输入频率：100 MHz，RBW：自动，平均：关，滤波器：关。采样和输入参数为最佳结果而优化。

载频范围 <sup>12</sup>	1 kHz 或 (1/2 × 音频分析带宽) 至最大输入频率
最大音频带宽	10 MHz

### 音频滤波器

低通 (kHz)	0.3、3、15、30、80、300 及用户输入，最高 0.9 × 音频带宽
高通 (Hz)	20、50、300、400 及用户输入，最高 0.9 × 音频带宽
标准	CCITT、C-Message
去加重 (μs)	25、50、75、750 及用户输入
文件	用户提供的由幅度/频率对组成的 .TXT 或 .CSV 文件。最多 1000 对。

### FM 调制分析

FM 测量	载波功率、载频误差、音频频率、偏差 (+峰值、-峰值、峰-峰值/2、RMS)、SINAD、调制失真、信噪比、总谐波失真、总非谐波失真、喻声和噪声
FM 偏差精度	偏差的 ±1.5%
FM 比率精度	±1.0 Hz
载频精度	±1 Hz + (发射机频率 × 参考频率误差)

### 残余信号 (FM) (速率：1 kHz - 10 kHz，偏差：5 kHz)

THD	0.2% (DPO70000 系列)
SINAD	44 dB (DPO70000 系列)

### AM 调制分析

AM 测量	载波功率、音频频率、调制深度 (+峰值、-峰值、峰-峰值/2)、RMS、SINAD、调制失真、信噪比、总谐波失真、总非谐波失真、喻声和噪声
AM 深度精度 (速率：1 kHz，深度：50%)	±1% + 0.01 × 测量值
AM 比率精度 (比率：1 kHz，深度：50%)	±1.0 Hz

### 残余信号 (AM)

THD	0.3% (DPO70000 系列)
SINAD	48 dB (DPO70000 系列)

### PM 调制分析

PM 测量	载波功率、载频误差、音频频率、偏差 (+峰值、-峰值、峰-峰值/2、RMS)、SINAD、调制失真、信噪比、总谐波失真、总非谐波失真、喻声和噪声
-------	--

<sup>12</sup> 建议示波器采样率调节到不超过调制信号音频载频的 10 倍，不超过直接输入音频的分析带宽的 10 倍。这会降低窄带音频分析要求的采集长度。

PM 偏差精度 (速率: 1 kHz, 偏差: 0.628 rad)	$\pm 100\% \times (0.01 + (\text{速率}/1 \text{ MHz}))$
PM 速率精度 (速率: 1 kHz, 偏差: 0.628 rad)	$\pm 1 \text{ Hz}$

#### 剩余信号 (PM)

THD	0.1% (DPO70000 系列)
SINAD	48 dB (DPO70000 系列)

#### 直接音频输入

音频测量	信号功率、音频频率 (+峰值、-峰值、峰-峰值/2、RMS)、SINAD、调制失真、信噪比、总谐波失真、总非谐波失真、嗡声和噪声
直接输入频率范围 (仅适用于音频测量)	1 Hz - 10 MHz
最大音频频宽	10 MHz
音频频率精度	$\pm 1 \text{ Hz}$

#### 剩余信号 (PM)

THD	1.5%
SINAD	38 dB

#### 最低音频分析带宽和 RBW 对示波器存储器和采样率 (选项 SVA)

型号	采样率: 1 GS/s				采样率: 最大值			
	标配存储器		最大存储器		标配存储器		最大存储器	
	最小音频带宽	RBW (自动)	最小音频带宽	RBW (自动)	最小音频带宽	RBW (自动)	最小音频带宽	RBW (自动)
DPO/DSA/MSO 70000 ≥12.5 GHz 带宽	200 kHz	400 Hz	10 kHz	20 Hz	不推荐	>4 kHz	1 MHz	2 kHz
DPO/DSA/MSO 70000 <12.5 GHz 带宽	200 kHz	400 Hz	20 kHz	40 Hz	不推荐	>4 kHz	500 kHz	1 kHz

## 稳定时间、频率和相位 (SVT)

稳定频率不确定度<sup>13</sup>

测量频率：1 GHz

平均数量	指明测量带宽时的频率不确定性			
	1 GHz	100 MHz	10 MHz	1 MHz
单一测量	20 kHz	2 kHz	500 Hz	100 Hz
平均 100 次	10 kHz	500 Hz	200 Hz	50 Hz
平均 1000 次	2 kHz	200 Hz	50 Hz	10 Hz

测量频率：9 GHz

平均数量	指明测量带宽时的频率不确定性			
	1 GHz	100 MHz	10 MHz	1 MHz
单一测量	20 kHz	5 kHz	2 kHz	200 Hz
平均 100 次	10 kHz	2 kHz	500 Hz	50 Hz
平均 1000 次	2 kHz	500 Hz	200 Hz	20 Hz

稳定相位不确定度<sup>13</sup>

测量频率：1 GHz

平均数量	指明测量带宽时的相位不确定性			
	1 GHz	100 MHz	10 MHz	1 MHz
单一测量	2%	2%	2%	2%
平均 100 次	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%
平均 1000 次	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%

测量频率：9 GHz

平均数量	指明测量带宽时的相位不确定性			
	1 GHz	100 MHz	10 MHz	1 MHz
单一测量	5%	5%	5%	5%
平均 100 次	2%	2%	2%	2%
平均 1000 次	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%

## 高级脉冲测量套件（选项 SVP）

一般特点

测量值

多分段捕获的 Pulse-Ogram™ 瀑布图显示，其中包括各脉冲的幅度与时间以及频谱。脉冲频率、Delta 频率、平均开点功率、峰值功率、平均发射功率、脉宽、上升时间、下降时间、重复间隔（秒）、重复间隔 (Hz)、占空比 (%)、占空比（比率）、纹波 (dB)、纹波 (%)、衰落 (dB)、衰落 (%)、过冲 (dB)、过冲 (%)、脉冲到参考脉冲频率差、脉冲到参考脉冲相位差、脉冲到脉冲频率差、脉冲到脉冲相位差、RMS 频率误差、最大频率误差、RMS 相位误差、最大相位误差、频率偏差、相位偏差、脉冲响应 (dB)、脉冲响应（时间）、时标。

<sup>13</sup> 测量频率处的稳定频率或相位。测得的信号电平 > -20 dBm，衰减器：自动。

**脉冲数量** 1 至 100,000<sup>14</sup> 在一次采集中；支持超过 200,000 个连续脉冲的离线分析。提供对在许多采集中捕获的数百万脉冲的测量统计。

**系统上升时间（典型值）** 等于示波器上升时间

#### 最低检测脉宽<sup>15</sup>

型号	最小脉宽
DPO/DSA72004C MSO72004	400 ps
DPO/DSA71604C MSO71604	500 ps
DPO/DSA71254C MSO71254	640 ps
DPO/DSA70804C MSO70804	1 ns
DPO/DSA70604C MSO70604	1.3 ns
DPO/DSA70404C MSO70404	2 ns
DPO77002SX	40 ps
DPO75002SX	40 ps
DPO73304SX	40 ps
DPO72504SX	40 ps
DPO72304SX	40 ps
DPO71604SX	40 ps
DPO71304SX	40 ps

#### 脉冲测量精度（典型值）<sup>16</sup>

平均开机功率	±0.3 dB + 仪器的绝对幅度精度
平均发射功率	±0.4 dB + 仪器的绝对幅度精度
峰值功率	±0.4 dB + 仪器的绝对幅度精度
脉冲宽度	±（读数的 3% + 0.5 × 采样周期）
脉冲重复率	±（读数的 3% + 0.5 × 采样周期）

<sup>14</sup> 实际数量取决于时间长度、脉冲带宽和仪器配置。

<sup>15</sup> 约等于 10/（IQ 采样率）。IQ 采样率是示波器频域处理后的最后采样率。脉冲测量滤波器设置为最大带宽。

<sup>16</sup> 条件：脉宽 > 450 ns，信噪比 ≥ 30 dB，占空比 0.5 - 0.001，温度 18 °C - 28 °C。

## 数字调制分析 (SVM)

调制格式	$\pi/2$ DBPSK, BPSK, SBPSK, QPSK, DQPSK, $\pi/4$ DQPSK, D8PSK, 8PSK, OQPSK, SOQPSK, CPM, 16/32/64/128/256QAM, MSK, GMSK, GFSK, 2-FSK, 4-FSK, 8-FSK, 16-FSK, C4FM, D16PSK, 16APSK 和 32APSK
分析周期	最多 80,000 个采样点
测量滤波器	平方根升余弦、升余弦、高斯、矩形、IS-95、IS-95 EQ、C4FM-P25、半正弦、无、用户定义
参考滤波器	升余弦、高斯、矩形、IS-95、SBPSK-MIL、SOQPSK-MIL、SOQPSK-ARTM、无、用户定义
Alpha/B x T 范围	0.001 - 1, 0.001 步
测量值	星座图、误差矢量幅度 (EVM) 与时间的关系、调制误差比 (MER)、幅度误差与时间的关系、相位误差与时间的关系、信号质量、符号表 仅 rhoFSK: 频率偏差, 符号定时误差
符号速率范围	1 kS/s - (0.4 * 采样率) GS/s (被调制信号必须完全包含在采集带宽内)

### 自适应均衡器

类型	线性、判定指向、前馈 (FIR) 均衡器、支持系数调整及可调收敛速率
支持的调制类型	BPSK、QPSK、OQPSK $\pi/2$ DQPSK、 $\pi/4$ DQPSK、8PSK、D8PSK、D16PSK、16/32/64/128/256QAM
除 OQPSK 以外所有调制类型的参考滤波器	升余弦、矩形、无
OQPSK 参考滤波器	升余弦、半正弦
滤波长度	1-128 点
阶数/符号: 升余弦、半正弦、无滤波	1、2、4、8
阶数/符号: 矩形滤波器	1
均衡器控制	关闭、训练、保持、复位

DPO/DSA/MSO70000 系列的  
16QAM 残余 EVM (典型值)<sup>17</sup>

符号率	RF	IQ
100 MS/s	<2.0%	<2.0%
312.5 MS/s	<3.0%	<3.0%

OFDM 残余 EVM, 2.4 GHz 时 802.11g 信号, 优化输入电平以获得最佳性能

DPO/DSA/MSO70000 系列 -38 dB

<sup>17</sup> CF = 1 GHz, 测量滤波器 = 根升余弦, 参考滤波器 = 升余弦, 分析长度 = 200 个符号。

**WLAN IEEE802.11a/b/g/j/p (选项 SV23)**

## 一般特点

调制格式	DBPSK (DSSS1M)、DQPSK (DSSS2M)、CCK5.5M、CCK11M、OFDM (BPSK、QPSK、16 或 64 QAM)
测量值	导频/数据 RMS 和峰值 EVM, 按符号和副载波定位峰值 EVM
	包头格式信息
	每个包头段的平均功率和 RMS EVM
	WLAN 功率与时间的关系、WLAN 符号表、WLAN 星座图
	频谱辐射模板, 杂散信号
	误差矢量幅度 (EVM) 与符号 (或时间) 的关系、与副载波 (或频率) 的关系
	幅度误差与符号 (或时间) 的关系、与副载波 (或频率) 的关系
	相位误差与符号 (或时间) 的关系、与副载波 (或频率) 的关系
	WLAN 通道频响与符号 (或时间) 的关系、与副载波 (或频率) 的关系
	WLAN 频谱平坦度与符号 (或时间) 的关系、与副载波 (或频率) 的关系

**WLAN IEEE802.11n (选项 SV24)**

## 一般特点

调制格式	OFDM (BPSK、QPSK、16 或 64 QAM)、SISO
测量值	突发指数、突发功率、峰值平均突发功率比、IQ 原点偏置、频率误差、公共导频误差、符号时钟误差
	导频/数据 RMS 和峰值 EVM, 按符号和副载波定位峰值 EVM
	包头格式信息
	每个包头段的平均功率和 RMS EVM
	WLAN 功率与时间的关系、WLAN 符号表、WLAN 星座图
	频谱辐射模板, 杂散信号
	误差矢量幅度 (EVM) 与符号 (或时间) 的关系、与副载波 (或频率) 的关系
	幅度误差与符号 (或时间) 的关系、与副载波 (或频率) 的关系
	相位误差与符号 (或时间) 的关系、与副载波 (或频率) 的关系
	WLAN 通道频响与符号 (或时间) 的关系、与副载波 (或频率) 的关系
	WLAN 频谱平坦度与符号 (或时间) 的关系、与副载波 (或频率) 的关系

**WLAN IEEE802.11ac (选项 SV25)**

## 一般特点

调制格式	OFDM (BPSK、QPSK、16 QAM、64 QAM、256 QAM)、SISO
测量值	突发指数、突发功率、峰值平均突发功率比、IQ 原点偏置、频率误差、公共导频误差、符号时钟误差

导频/数据 RMS 和峰值 EVM, 按符号和副载波定位峰值 EVM

包头格式信息

每个包头段的平均功率和 RMS EVM

WLAN 功率与时间的关系、WLAN 符号表、WLAN 星座图

频谱辐射模板, 杂散信号

误差矢量幅度 (EVM) 与符号 (或时间) 的关系、与副载波 (或频率) 的关系

幅度误差与符号 (或时间) 的关系、与副载波 (或频率) 的关系

相位误差与符号 (或时间) 的关系、与副载波 (或频率) 的关系

WLAN 通道频响与符号 (或时间) 的关系、与副载波 (或频率) 的关系

WLAN 频谱平坦度与符号 (或时间) 的关系、与副载波 (或频率) 的关系

## WiGig 802.11ad/ay (选项 SV30)

调制格式

802.11ad MCS0-12.6,

802.11ay MCS1-21

802.11ad 控制物理层 (pi/2 DBPSK)

802.11ad 和 802.11ay 单载波 PHY (pi/2 BPSK、pi/2 QPSK、pi/2 16QAM、pi/2 64QAM)

测量和显示

RF 输出功率、接收通道功率指标 (RCPI)、预估 SNR、频率误差、符号速率误差、IQ 原点偏移、IQ 相位失衡、IQ 增益失衡、IQ 正交误差、

每个包区域的 EVM 结果: 包信息、802.11ad (STF、CEF、包头、保护和数据)、802.11ay (LSTF、LCEF、L 包头、EDMG 包头 A、EDMG STF、EDMG CEF 保护和数据)

包括包类型、前置码、同步字或访问代码、包

包头、有效负载长度和 CRC 详细信息。

残余 EVM, 在 RF (通道 1-6) 下在 DPO770002SX 上测得

残余 EVM

测量不确定性: 考虑到预补偿滤波器以及 AWG70000 和升频器的影响, 为  $\pm 0.3\%$ 。

	802.11ad MCS0-12.6	802.11ay MCS1-21
Channel1-4	1.2 - 1.6% (-38.4 至 -35.9 dBc)	1.2 - 1.6% (-38.4 至 -35.9 dBc)
通道 5-6	1.4 - 2.5% (-37.1 至 -32.0 dBc)	1.4 - 2.5% (-37.1 至 -32.0 dBc)
通道 1-2、2-3、3-4 (相邻结合)	无	1.2 - 1.7% (-38.4 至 -35.4 dBc)

续表

通道 4-5、5-6 (相邻结合)	无	< 2.5% (< -32.0 dBc)
----------------------	---	-------------------------

## APCO P25 (选项 SV26)

调制格式 第 1 期(C4FM), 第 2 期(HCPM, HDQPSK)

测量和显示 RF 输出功率, 工作频率精度, 调制辐射频谱, 不想要的杂散辐射, 邻道功率比, 频率偏差, 调制保真度, 频率误差, 眼图, 符号表, 符号速率精度, 发射机功率和编码器启动时间、发射机吞吐延迟、频率偏差与时间的关系、功率与时间的关系、瞬态频率特点、HPM 发射机逻辑通道峰值邻道功率比、HPM 发射机逻辑通道时隙外功率、HCPM 发射机逻辑通道功率包络、HCPM 发射机逻辑通道时间对准

## 蓝牙(选项 SV27)

调制格式 Bluetooth® 4.2 基本速率、Bluetooth® 4.2 低功耗、Bluetooth® 4.2 增强数据速率。Bluetooth® 5 (在启用 SV31 时)。

测量和显示 峰值功率、平均功率、邻道功率或带内辐射模板、-20 dB 带宽、频率误差、调制特性 (包括  $\Delta F1_{avg}$  (11110000)、 $\Delta F2_{avg}$  (10101010)、 $\Delta F2 > 115$  kHz、 $\Delta F2/\Delta F1$  比率)、频率偏差与时间的关系 (含数据包和八位字节级测量信息)、载波频率  $f_0$ 、频率偏置 (前导和净荷)、最大频率偏置、频率漂移  $f_1-f_0$ 、最大漂移率  $f_n-f_0$  和  $f_n-f_{n-5}$ 、中心频率偏置表和频率漂移表、带色码的符号表、包报头解码信息、眼图、星座图。

## LTE 下行链路 (选项 SV28)

支持的标准 3GPP TS 36.141 第 12.5 版

支持的帧格式 FDD 和 TDD

支持的测量和显示 邻道泄漏比(ACLR), 频谱辐射模板(SEM), 信道功率, 占用带宽, 显示 TDD 信号发射机关机功率的功率随时间变化, PSS 的 LTE 星座图, SSS 带小区号, 群号, 段号和频率误差。

## 5G NR 上行链路/下行链路测量 (选项 5GNR)

支持的标准 TS 38.141-1 (用于 BS) 和 38.521-1 (用于 UE)

调制精度 Sec 6.5.2 (用于 BS) 和 Sec 6.4.2 (用于 UE)。

<b>ACP</b>	Sec 6.6.3 (用于 BS) 和 Sec 6.5.2.4 (用于 UE)														
<b>支持的帧格式</b>	上行链路 (FDD 和 TDD) 下行链路 (FDD 和 TDD)														
<b>支持的测量和显示</b>	通道功率 (CHP)、邻道功率 (ACP)、功率与时间的关系 (PVT) <sup>2</sup> 、调制精度 (包括误差矢量幅度 (EVM)、频率误差、IQ 误差)、EVM 与符号的关系、占用带宽 (OBW)、频谱辐射模板 (SEM)、星座图和带标量结果的摘要表。														
<b>EVM (典型值)</b>	<table border="1"> <tr> <td>1 GHz</td> <td>2 GHz</td> <td>3 GHz</td> <td>4 GHz</td> <td>5 GHz</td> <td>6 GHz</td> <td>7 GHz</td> </tr> <tr> <td>0.50%</td> <td>0.50%</td> <td>0.70%</td> <td>0.70%</td> <td>0.70%</td> <td>0.90%</td> <td>0.90%</td> </tr> </table>	1 GHz	2 GHz	3 GHz	4 GHz	5 GHz	6 GHz	7 GHz	0.50%	0.50%	0.70%	0.70%	0.70%	0.90%	0.90%
1 GHz	2 GHz	3 GHz	4 GHz	5 GHz	6 GHz	7 GHz									
0.50%	0.50%	0.70%	0.70%	0.70%	0.90%	0.90%									
<b>ACLR (典型值)</b>	在高达 7 GHz 的所有频率下为 -48 dBc														

## 一般特点

<b> GPIB</b>	兼容 SCPI, 例外情况请参阅程序员手册
--------------	-----------------------

## 订货信息

SignalVu® 矢量信号分析软件与固件版本 V5.1.0 或更高版本的 DPO/DSA/MSO70000 系列数字示波器兼容。SignalVu Essentials (选项 SVE) 提供了基本矢量信号分析功能, 所有其它分析选项都需要使用它。

### 选件

<b>选项 SVE</b>	SignalVu Essentials - 矢量信号分析软件
<b>选项 SV23</b>	WLAN 802.11a/b/g/j/p 测量应用 (要求选项 SVE, 要求 2.5 GHz 或以上的示波器带宽)
<b>选项 SV24</b>	WLAN 802.11n 测量应用 (要求选项 SV23, 要求 2.5 GHz 或以上的示波器带宽)
<b>选项 SV25</b>	WLAN 802.11ac 测量应用 (需要选项 SV24, 要求 6.0 GHz 或以上的示波器带宽)
<b>选项 SV26</b>	APCO P25 测量应用
<b>选项 SV27</b>	蓝牙基本 LE Tx 测量 (需要选项 SVE, 要求 2.5 GHz 或以上的示波器带宽)
<b>选项 SV28</b>	LTE 下连 RF 测量 (要求选项 SVE, 要求 1 GHz 或以上的示波器带宽)。不适用于 DPO/MSO5000 系列
<b>选项 5GNR</b>	5G NR 上行链路/下行链路 RF 分析软件 (仅供升级使用)。需要选项 SVE
<b>选项 SV30</b>	IEEE802.11ad/ay SC 宽带波形分析 (需要选项 SVE, 需要带宽 >3 GHz 的示波器)
<b>选项 SVP</b>	高级信号分析, 包括脉冲测量 (需要选项 SVE)
<b>选项 SVM</b>	通用数字调制分析 (需要选项 SVE)
<b>选项 SVT</b>	稳定时间、频率和相位 (需要选项 SVE)
<b>选项 SVO</b>	通用 OFDM, 支持 802.11a/j/g 和 802.16-2044 (固定 WiMAX) 调制类型。
<b>选项 SVA</b>	AM/FM/PM 调制和音频测量 (需要选项 SVE)

所有示波器的选项订货名称。列出的所有其它选项均要求选项 SVE。

如需了解个人电脑上运行的分析软件的相关信息, 请参阅 SignalVu-PC 产品技术资料。

### 新仪器和现有仪器

型号	新仪器订购	现有仪器升级
DPO/DSA/MSO70000 系列 ≤8 GHz	选项 SVE (Essentials)	DPO-UP 选项 SVEH

续表

型号	新仪器订购	现有仪器升级
DPO/DSA/MSO70000 系列 >8 GHz	选项 SVE (Essentials)	DPO-UP 选项 SVEU
列出的所有其它选项均要求选项 SVE	选项 SVT (稳定时间)	DPO-UP 选项 SVT
	选项 SVP (脉冲测量)	DPO-UP 选项 SVP
	选项 SVM (通用调制分析)	DPO-UP 选项 SVM
	选项 SVO (OFDM)	DPO-UP 选项 SVO
	选项 SVA (AM/FM/PM 音频)	DPO-UP 选项 SVA
	选项 SV26 (APCO P25)	DPO-UP 选项 SV26
DPO/DSA/MSO70000 系列 $\geq 2.5$ GHz	选项 SV23 (IEEE802.11a/b/g/j/p)	DPO-UP 选项 SV23
SV24 要求选项 SV23	选项 SV24 (IEEE802.11n)	DPO-UP 选项 SV24
SV25 要求选项 SV24	选项 SV25 (IEEE802.11ac)	DPO-UP 选项 SV25
DPO/DSA/MSO70000 系列 $\geq 2.5$ GHz	选项 SV27 (蓝牙)	DPO-UP 选项 SV27
DPO/DSA/MSO70000 系列 $\geq 1$ GHz	选项 SV28 (LTE 下连)	DPO-UP 选项 SV28
仅适用于 DPO70000 SX 系列	选项 SV30 (IEEE 802.11ad/ay)	DPO-UP 选项 SV30
仅适用于 DPO70000 SX 系列		DPO-UP 选项 5GNR <sup>18</sup>

#### 传统型号

##### DPO7000 系列、DPO/DSA/ MSO70000 系列

早期的 DPO/DSA/MSO70000 系列示波器可以翻新支持 SignalVu。这些仪器采用 Microsoft Windows XP 操作系统，拥有 5.1 或更高版本的示波器固件，兼容 SignalVu 2.3.0072 版软件。订货信息请参阅上面的升级名称表。选项 SVO (OFDM)、选项 SVA (AM/FM/PM 音频) 和选项 SV23、SV23、SV25、SV26、SV27、SV28、SV30 (WLAN、蓝牙、WiGig、LTE 和 P25) 现在不适用于搭载 Microsoft Windows XP 的仪器。

Windows 8/8.1、Windows 7 和 Windows XP 不支持 5GNR 分析。

<sup>18</sup> 5GNR 许可可作为独立服务提供，不是硬件的选件，因此它被视为购买后的升级选择，在购买仪器时未安装。



Tektronix is ISO 14001:2015 and ISO 9001:2015 certified by DEKRA.



产品符合 IEEE 标配 488.1-1987、RS-232-C 及泰克标配规定和规格。

Bluetooth®

Bluetooth 是 Bluetooth SIG, Inc. 的注册商标。



LTE 是 ETSI 的商标。

东盟/澳大利亚 (65) 6356 3900

比利时 00800 2255 4835\*  
 中东和波罗的海 +41 52 675 3777  
 芬兰 +41 52 675 3777  
 香港 400 820 5835  
 日本 81 (120) 441 046  
 中东、亚洲和北非 +41 52 675 3777  
 中华人民共和国 400 820 5835  
 韩国 +822 6917 5084, 822 6917 5080  
 西班牙 00800 2255 4835\*  
 台湾 886 (2) 2656 6688

澳大利亚 00800 2255 4835\*

巴西 +55 (11) 3759 7627  
 中欧和希腊 +41 52 675 3777  
 法国 00800 2255 4835\*  
 印度 000 800 650 1835  
 卢森堡 +41 52 675 3777  
 荷兰 00800 2255 4835\*  
 波兰 +41 52 675 3777  
 俄罗斯和独联体 +7 (495) 6647564  
 瑞典 00800 2255 4835\*  
 英国和爱尔兰 00800 2255 4835\*

巴尔干、以色列、南非和其他国际电化学学会成员国 +41 52 675 3777

加拿大 1 800 833 9200  
 丹麦 +45 80 88 1401  
 德国 00800 2255 4835\*  
 意大利 00800 2255 4835\*  
 墨西哥、中南美洲和加勒比海 52 (55) 56 04 50 90  
 挪威 800 16098  
 葡萄牙 80 08 12370  
 南非 +41 52 675 3777  
 瑞士 00800 2255 4835\*  
 美国 1 800 833 9200

\* 欧洲免费电话号码。如果无法拨通，请拨打：+41 52 675 3777

请了解详细信息。泰克拥有并维护着一个由大量的应用说明、技术简介和其他资源构成的知识库，同时会不断向知识库添加新的内容，帮助工程师解决各种尖端技术的难题。敬请访问 [www.tek.com](http://www.tek.com)。

版权所有 © Tektronix, Inc. 保留所有权利。泰克产品受美国和外国专利权（包括已取得的和正在申请的专利权）的保护。本文中的信息将取代所有以前出版的资料中的信息。我们保留更改产品规格和价格的权利。TEKTRONIX 和 TEK 是 Tektronix, Inc. 的注册商标。所有提及的其他商标为其各自公司的服务标志、商标或注册商标。

28 Aug 2023 37C-22314-22  
[tek.com](http://tek.com)

**Tektronix**®