

# 混合域示波器

## MDO4000B 系列产品技术资料



世界上首台唯一配有内置频谱分析仪的示波器隆重上市。有史以来第一次，您可以捕获时间相关的模拟、数字和射频信号，在系统层面全面了解被测器件的特点。时域和频域同时了然于目。可以观察任何时点上的射频频谱，看到频谱怎样随时间或随器件状态变化。示波器的集成程度宛如您的设计，让您快速有效地解决最复杂的设计问题。

赢得十三项工业大奖



### 主要性能指标

- 4 条模拟通道
  - 1 GHz、500 MHz、350 MHz 和 100 MHz 带宽型号
- 16 条数字通道
  - MagniVu™ 高速采集提供 60.6 ps 的精细定时分辨率
- 1 条频谱分析仪通道
  - 9 kHz 至 3 GHz 或 9 kHz 至 6 GHz 频率范围型号
  - 超宽捕获带宽  $\geq 1$  GHz
- 标配无源电压探头，3.9 pF 容性负载，500 MHz 或 1 GHz 模拟带宽

### 主要特点

- 频谱分析
  - 专用前面板控件，用于经常执行的任务
  - 自动峰值标记用于识别频谱峰值的频率和幅度
  - 手动标记可进行非峰值测量
  - 轨迹类型包括：正常、平均、最大保持和最小保持
  - 检测类型包括：+峰值、-峰值、平均和取样
  - 三维频谱图显示可方便观察和深入了解缓慢变化的射频现象
  - 自动测量包括：通道功率、邻信道功率比 (ACPR) 和占用带宽 (OBW)
  - 触发射频功率电平
  - 触发频谱分析或自由运行频谱分析
- 混合域分析
  - 在一台仪器中以时间相关方式采集模拟信号、数字信号和射频信号
  - Wave Inspector® 控件可以从时域和频域中轻松浏览时间相关数据
  - 从频谱分析仪输入中导出幅度、频率和相位随时间变化波形
  - 选择频谱时间来查找和分析射频频谱随时间的变化情况，即使在停止的采集上也可进行
- 选配的串行触发和分析 - I<sup>2</sup>C、SPI、USB、以太网、CAN、LIN、FlexRay、RS-232/422/485/UART、MIL-STD-1553 和 I<sup>2</sup>S/LJ/RJ/TDM 的串行协议触发、解码及搜索

- 264 毫米高亮度 XGA 彩色显示器
- 体型小，重量轻 – 仅 147 毫米厚，重 5 公斤

### 连接

- 前面板和后面板各有两个 USB 2.0 主控端口，可快速方便实现数据存储、打印及连接 USB 键盘
- 后面板上有 USB 2.0 设备端口用于连接 PC 或直接打印到 PictBridge® 兼容打印机
- 集成 10/100/1000BASE-T 以太网端口实现网络连接，视频输出端口用于将示波器显示画面输出到监视器或投影仪

### 选配应用程序支持

- 高级射频触发
- 功率分析
- 极限和模板测试
- HDTV 和定制视频分析
- 矢量信号分析

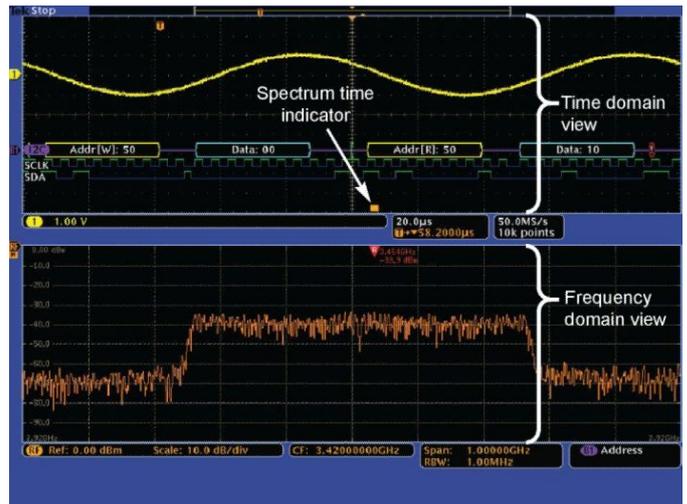
### 混合域示波器简介

MDO4000B 系列是世界上首台内置频谱分析仪的示波器。这种集成可让您继续使用示波器（您精选的调试工具），调查频域问题，而无需查找和重新学习如何使用频谱分析仪。但是，MDO4000B 系列的功能还不止像频谱分析仪那样观察频域。它真正的优势是将频域中的事件与导致这些事件的时域现象关联起来。

当频谱分析仪通道和任何模拟或数字通道同时打开时，示波器显示画面会分成两个视图。画面上半部分是时域的传统示波器视图，下半部分是频谱分析仪输入的频域视图。注意，频域视图并不单是仪器中模拟通道或数字通道的 FFT，而是从频谱分析仪输入采集的频谱。

另一个主要差别是，对于传统示波器 FFT，通常可以获得所需的 FFT 显示视图，或者感兴趣的其他时域信号的所需视图，但不能二者同时兼得。这是因为传统示波器只有一个采集系统，使用一套用户设置（如记录长度、取样速率及每格时间等）来驱动所有数据视图。但在 MDO4000B 系列中，频谱分析仪有自己的采集系统，它是独立的采集系统，但与模拟通道和数字通道采集系统在时间上相关。这样可以每个域实现最优配置，为所有感兴趣的模拟、数字和射频信号提供完整的时间相关系统视图。

频域视图内显示的频谱取自时域视图内橙色短条所指示的时间周期，也称为频谱时间。在 MDO4000B 系列中，可以在采集数据中移动频谱时间，观察射频频谱怎样随时间变化。在仪器实时运行或在停止采集时，都可以进行这一操作。



MDO4000B 系列画面上半部分显示了模拟通道和数字通道的时域视图，下半部分显示了频谱分析仪通道的频域视图。橙色短条（即频谱时间）显示用于计算射频频谱的时间周期。

图 1 至 4 显示一个简单的日常应用：PLL 调谐。这个应用说明了 MDO4000B 系列提供的时域和频域之间的强大联系。由于宽捕获带宽及能够在整个采集中移动频谱时间，这种单次捕获包括的频谱内容相当于传统频谱分析仪大约 1,500 种独特测试设置和采集得到的频谱内容。您有史以来第一次能够异常轻松地把两个域中的事件关联起来，观察两个域之间的交互，或测量两个域之间的时延，进而迅速了解电路的运行情况。

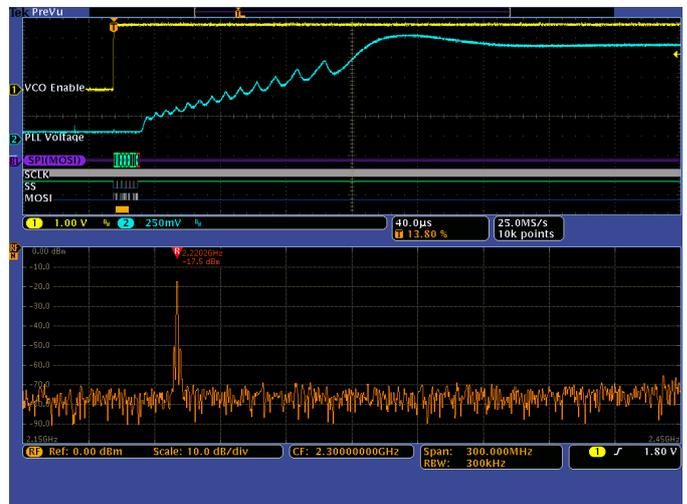


图 1 – 显示 PLL 开启的时域和频域视图。通道 1（黄色）正在探测启用 VCO 的控制信号。通道 2（青色）正在探测 VCO 调谐电压。使用所需频率对 PLL 进行编程的 SPI 总线通过三个数字通道进行探测并自动解码。注意频谱时间位于 VCO 被启用以后，并且与 SPI 总线上将所需 2.400 GHz 频率通知 PLL 的命令时间一致。注意，当接通电路时，射频为 2.2202 GHz。

## 形象显示射频信号中的变化

MDO4000B 系列画面上的时域格线支持从频谱分析仪输入的 I 和 Q 数据导出的三条射频时域曲线，包括：

- 幅度 – 频谱分析仪输入的瞬时幅度随时间变化
- 频率 – 频谱分析仪输入的瞬时频率相对于中心频率随时间变化
- 相位 – 频谱分析仪输入的瞬时相位相对于中心频率随时间变化

可以独立打开和关闭每条曲线，可以同时显示这三条曲线。射频时域曲线可以方便地了解随时间变化的射频信号中正在发生的情况。

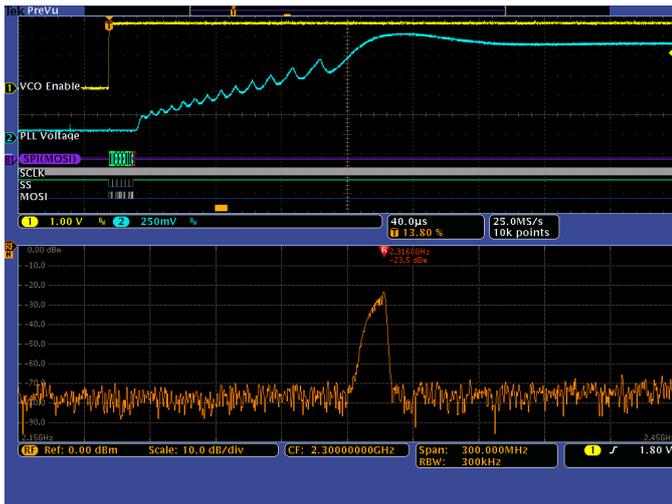


图 2 – 频谱时间向右大约移动  $60 \mu\text{s}$ 。这时，频谱显示 PLL 正处于调节至正确频率 (2.400 GHz) 的过程中。其已经补偿到 2.3168 GHz。

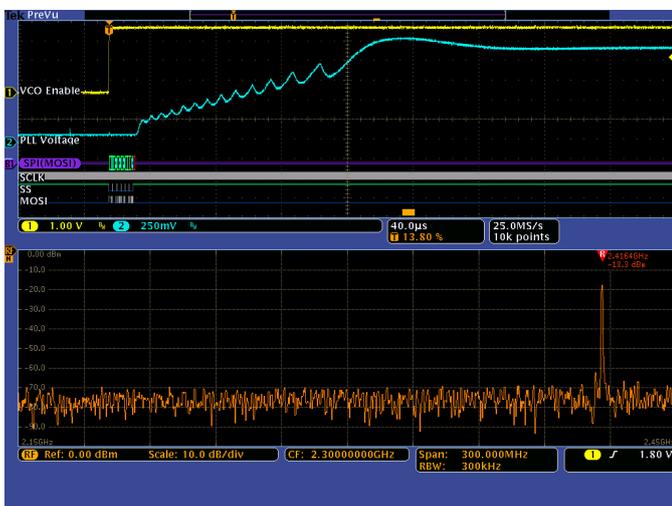


图 3 – 频谱时间向右再移动  $120 \mu\text{s}$ 。这时，频谱显示 PLL 实际上已经过冲超过正确频率，达到 2.4164 GHz。

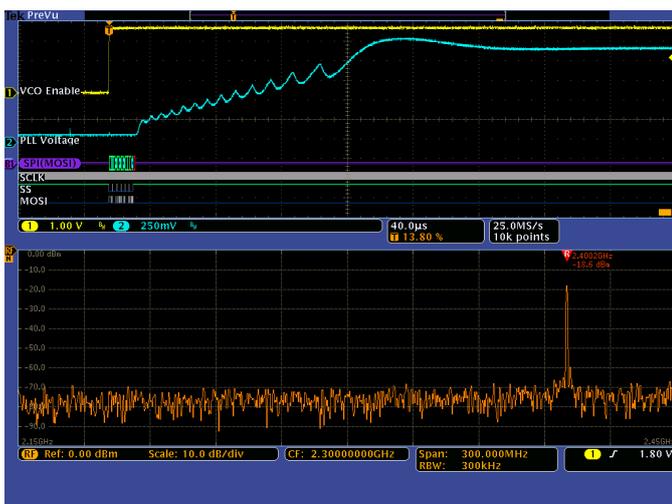
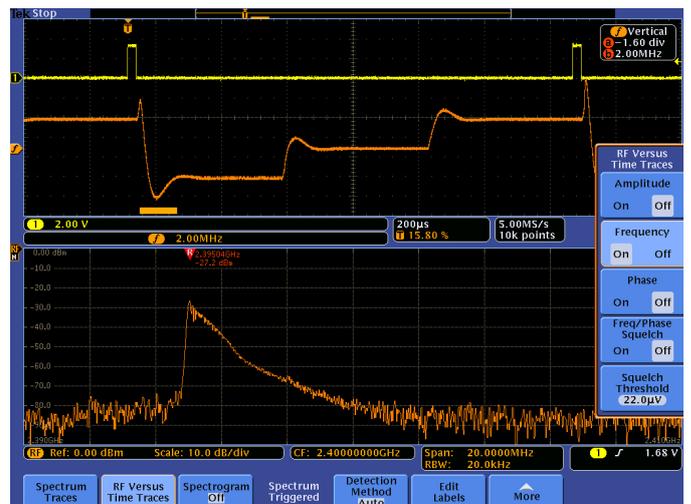


图 4 – 在 VCO 被启用后大约  $340 \mu\text{s}$  的位置，PLL 最终稳定在正确的 2.400 GHz 频率上。



时域视图中的橙色波形是从频谱分析仪输入信号导出的频率随时间变化曲线。注意频谱时间位于从最高频率到最低频率的跳变过程中，因此能量分布到大量的频率中。通过频率随时间变化曲线，可以很容易地看到不同的跳频，简化了检定被测器件在不同频率之间怎样切换的过程。

## 模拟、数字和频谱分析仪通道的高级触发

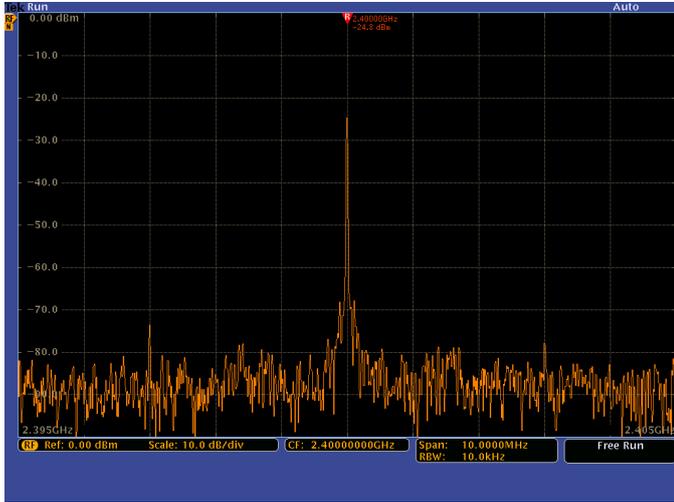
为了处理现代射频应用随时间变化的特点，MDO4000B 系列提供了一个与模拟通道、数字通道和频谱分析仪通道全面集成的触发采集系统。这就是说，一个触发事件协调所有通道中的采集，可以在关心的时域事件发生的具体时点上捕获频谱。它提供了一套完善的时域触发功能，包括边沿触发、顺序触发、脉宽触发、超时触发、欠幅脉冲触发、逻辑触发、建立时间/保持时间违规触发、上升时间/下降时间触发、视频触发及各种并行和串行总线数据包触发。此外，可以触发频谱分析仪输入的功率电平。例如，在射频发射机开通或关闭时可以触发采集。

选配 MDO4TRIG 应用模块提供了高级射频触发。通过这个模块，可以使用频谱分析仪上的射频功率电平作为顺序触发、脉宽触发、超时触发、欠幅脉冲触发和逻辑触发的触发源。例如，可以在具有特定长度的射频脉冲上触发，或者使用频谱分析仪通道作为逻辑触发的输入，让示波器仅在射频打开且其他信号处于活跃状态时触发。

### 快速准确的频谱分析

当单独使用频谱分析仪输入时，MDO4000B 系列显示变成全屏的频域视图。

主要频谱参数，如中心频率、跨度、参考电平和分辨率带宽，都可以使用前面板专用菜单和小键盘迅速简便地进行调节。



MDO4000B 频域显示。



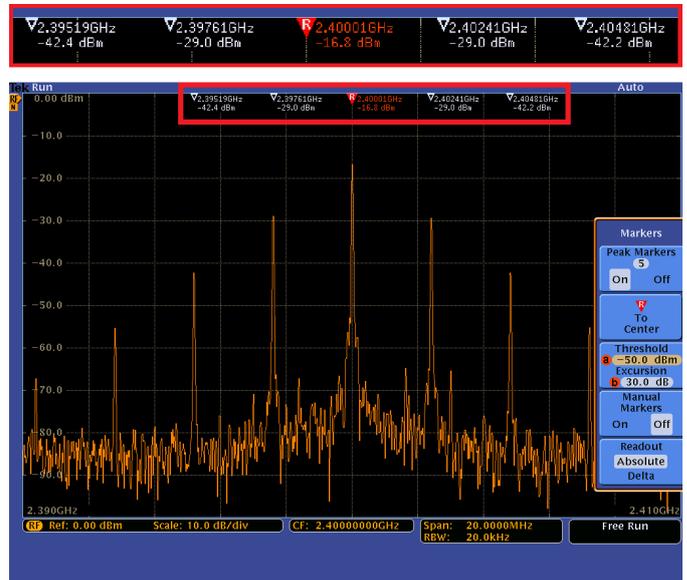
通过专用的前面板菜单和小键盘可快速调节主要频谱参数。

### 智能、高效的标记

在传统的频谱分析仪中，为了标识所有感兴趣的峰值而打开和放置足够的标记可能会非常费事。MDO4000B 系列自动在峰值上放置标记，并且指示每个峰值的频率和幅度，让这个过程非常高效。您可以调节示波器用来自动查找峰值的标配。

最高幅度峰值称为参考标记，显示为红色。标记读数可以在绝对值和增量读数之间切换。选择增量时，标记读数显示每个峰值相对于参考标记的增量频率和增量幅度。

同时还提供两个手动标记，用于测量频谱的非峰值部分。启用后，参考标记即附加在其中一个手动标记上，允许在频谱中的任何位置进行增量测量。除了频率和幅度以外，手动标记读数包括噪声密度和相噪读数，具体取决于选择的是绝对值还是增量读数。“至中心的参考标记”功能可立即将参考标记所指示的频率移动到中心频率。

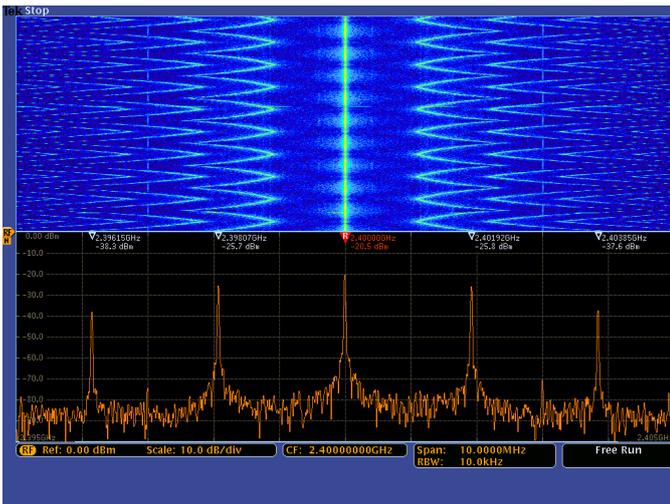


自动峰值标记一目了然地识别关键信息。如本图所示，满足门限和突出标配的 5 个最高幅度峰值被自动标出，峰值的频率和幅度也被标出。

### 频谱图

MDO4000B 系列包含一个频谱图画面，非常有利于监视缓慢变化的射频现象。X 轴代表频率，就像典型的频谱画面一样。但是，Y 轴代表时间，色彩用来指示幅度。

通过取出每个频谱并“将其沿着其边沿向上翻转”，使其行高为一个像素，然后按照该频率处的幅度为每个像素指定颜色，生成频谱图段。冷色（蓝绿）代表低幅度，暖色（黄红）代表高幅度。每个新采集都会在三維频谱图的底部增加一个段，历史记录上移一行。当采集停止时，可以回头翻阅频谱图，查看各个频谱段。



频谱图画面显示出缓慢移动的射频现象。此处所示的是正在监视具有多个峰值的信号。在峰值的频率和幅度随时间变化时，在频谱图画面中可以很容易地看到变化。

### 已触发频谱模式和自由运行模式

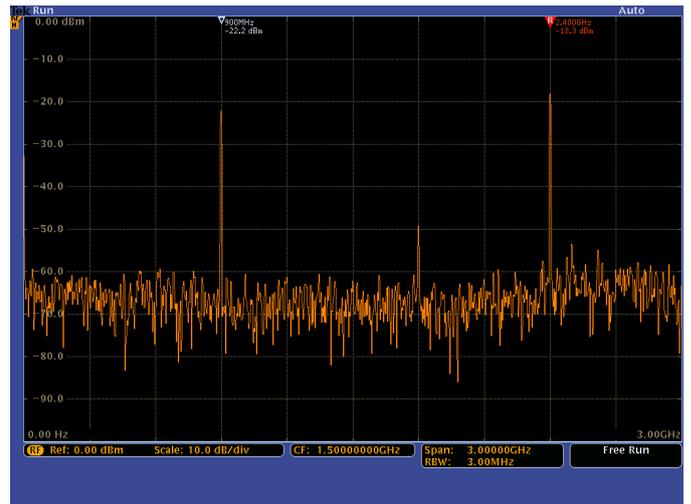
当同时显示时域和频域时，所显示的频谱始终由系统触发事件进行触发，并且与活跃的时域光迹时间相关。但是，当仅显示频域时，频谱分析仪可以设置为自由运行。当频域数据是连续的并且与时域中发生的事件不相关时，这会非常有用。

### 超宽的捕获带宽

如今的无线通信使用先进的数字调制方案，通常涉及到突发性输出的传输技术，在时间上存在巨大变化。同时这些调制方案的带宽也可能非常宽。传统的扫描或步进式频谱分析仪对于查看这些类型的信号能力非常有限，因为它们一次只能看到这些的频谱的一小部分。

一次采集所需的频谱量称为捕获带宽。传统频谱分析仪以扫描或步进方式完成捕获带宽，在所需的跨度范围内建立所请求的图像。因此，当频谱分析仪采集频谱的一个部分时，所关心的事件可能正在频谱的另一个部分内发生。如今市面上的大多数频谱分析仪的捕获带宽为 10 MHz，有时会采用昂贵的选项将其扩展为 20 MHz、40 MHz，在某些情况下甚至达到 160 MHz。

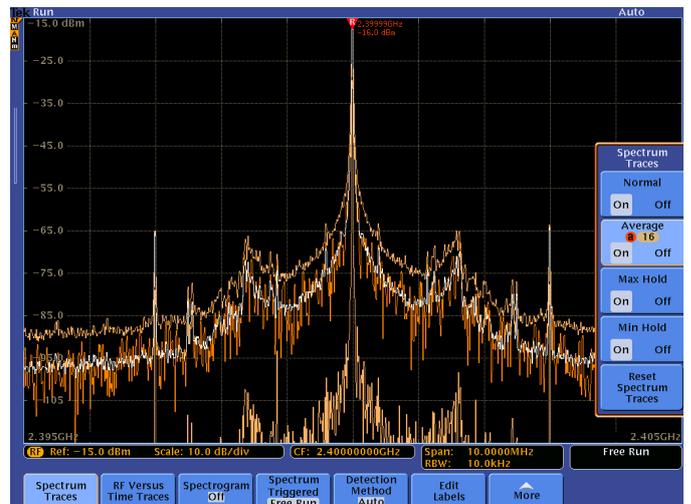
为了满足现代射频的带宽需求，MDO4000B 系列提供的捕获带宽  $\geq 1$  GHz。在跨度设置在 1 GHz 及以下时，无需扫描显示屏。通过单次采集即可生成频谱，因此保证您可以看到频域内所寻找的事件。



在一次采集中同时捕获到 Zigbee 设备接收到的 900 MHz 信号和蓝牙设备输出的 2.4 GHz 输出信号。

### 频谱光迹

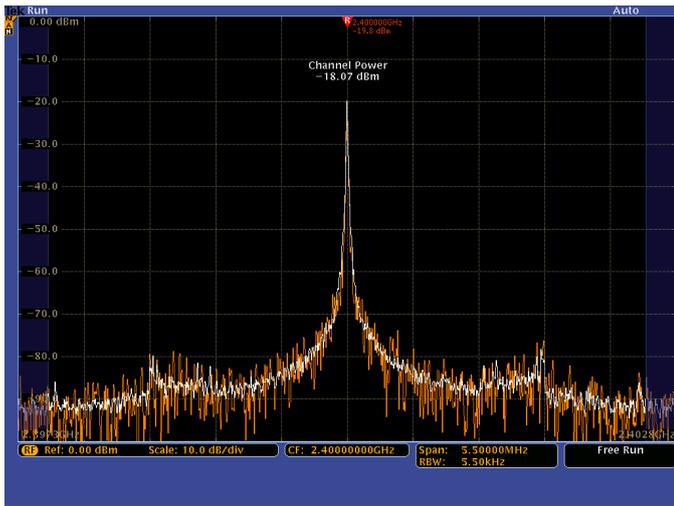
MDO4000B 系列频谱分析仪提供四种不同类型的光迹或视图，包括正常、平均、最大保持和最小保持。可为每种光迹类型独立设置所用的检测方法，或者将示波器保留为默认的自动模式，这种模式为当前配置设定最优的检测类型。检测类型包括 +峰值、-峰值、平均和取样。



正常、平均、最大保持和最小保持频谱光迹

### 射频测量

MDO4000B 系列包括三种自动射频测量：通道功率、邻信道功率比和占用带宽。当激活任何一种射频测量时，示波器自动打开平均频谱光迹，并将检测方法设置为平均，以获得最优的测量结果。



自动通道功率测量

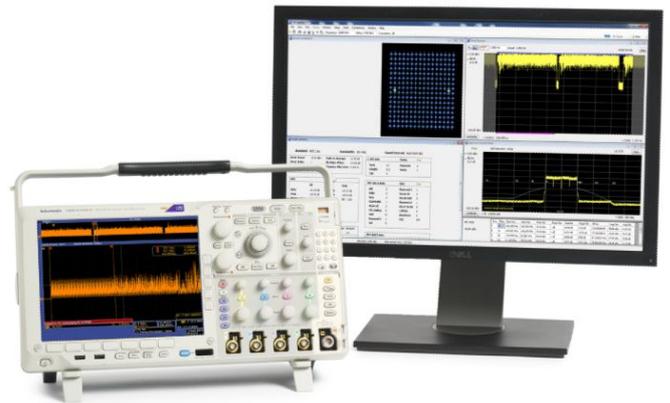
### EMI 疑难解答

EMC 测试费用高，不管您是购买设备执行内部测试，还是支付外部测试设施费用验证您的产品。并假设您的产品第一次便可通过测试。多次造访测试室会大幅增加费用，并延误项目。最大限度减少费用的关键在于早期鉴定和调试 EMI 问题。通常使用带有近场探头集的频谱分析仪器，确定干扰频率的位置和幅度，但是它们确定问题起因的能力非常有限。考虑到现代设计中各种数字电路的复杂互动致使 EMI 问题呈现瞬变现象，设计人员越来越频繁地使用示波器和逻辑分析仪。

MDO4000B 带有集成示波器、逻辑分析仪和频谱分析仪，是用于调试现代 EMI 问题的终极工具。许多 EMI 问题都是由源于时域的事件所引起的，如时钟、电源和串行数据链路。MDO4000 可以提供模拟、数字和射频信号的时间相关性视图，是唯一能够发现时域事件与干扰频谱发射之间的联系的工具。

### 高级射频分析

当与 SignalVu-PC 及其“实时链接”选项配对时，MDO4000B 系列成为业内最大带宽矢量信号分析仪，其捕获带宽高达 1 GHz。不论您的设计验证需求包括无线局域网、宽带雷达、高数据速率卫星链路还是跳频通信，SignalVu-PC 矢量信号分析软件都可显示这些宽带信号随时间变化的行为，从而加快获得所需信息的速度。可用的分析选项包括 Wi-Fi (IEEE 802.11 a/b/g/j/n/p/ac) 信号质量分析、脉冲分析、音频测量、AM/FM/PM 调制分析、通用数字调制及其他。

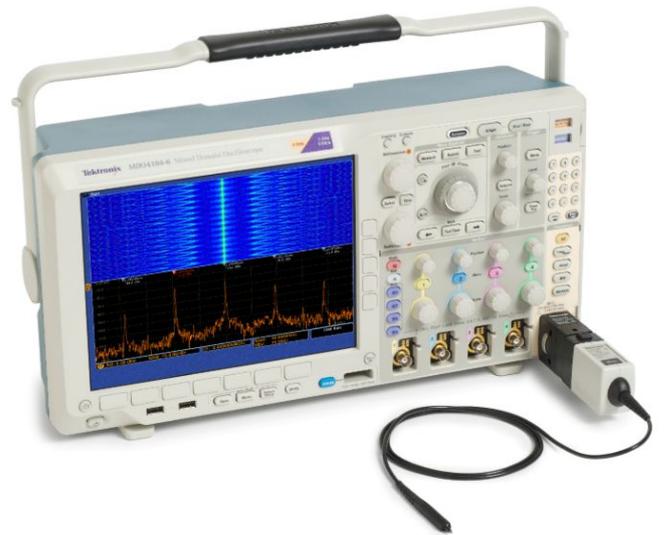


MDO4000B 与 SignalVu-PC 配套使用，分析 802.11ac 调制。

### 射频探测

频谱分析仪上的信号输入方法通常局限为电缆连接或天线。但通过选配的 TPA-N-VPI 适配器，在 MDO4000B 系列的频谱分析仪上可以使用任何有源的 50 Ω TekVPI 探头。这在寻找噪声源方面增加了灵活性，通过在射频输入上使用真实的信号浏览可更方便地进行频谱分析。

此外，选配的预置放大器附件可帮助对更低幅度信号进行研究。TPA-N-PRE 预置放大器在 9 kHz – 6 GHz 频率范围内提供 12 dB 标称增益。



选配的 TPA-N-VPI 适配器允许在频谱分析仪上连接任何有源的 50 Ω TekVPI 探头。



TPA-N-PRE 预置放大器在 9 kHz – 6 GHz 频率范围内提供 12 dB 标称增益。

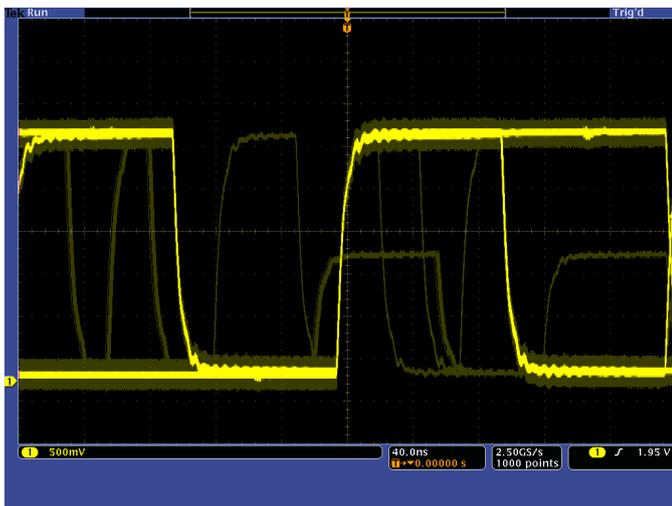
## 建立在获奖的 MSO4000B 系列混合信号示波器之上

MDO4000B 系列为您提供与 MSO4000B 混合信号示波器系列相同的全面功能。这种强大的工具集能帮助您加速完成每一个阶段的设计调试，从快速发现异常并捕获，到搜索波形记录中的事件，分析其特征以及设备的行为。

### 发现

要调试设计问题，首先要知道其存在。每位设计工程师都花时间去寻找其设计中的问题，没有正确的调试工具将会非常耗时和困难。

业内最完整的信号可视化让您快速了解设备真实工作的内情。波形捕获速率高 – 大于每秒 50000 个波形，让您在数秒内看到毛刺及其他不常见瞬态现象，揭示设备故障的真实本质。带亮度等级的数字荧光显示器通过对发生更加频繁的信号区域进行加亮，显示信号活动的历史记录，形象显示出异常发生的频率。



发现 -- 波形捕获速率快，超过 50000 wfm/s，大幅提高捕获难以捕捉的毛刺及其他不常见事件的概率。

### 捕获

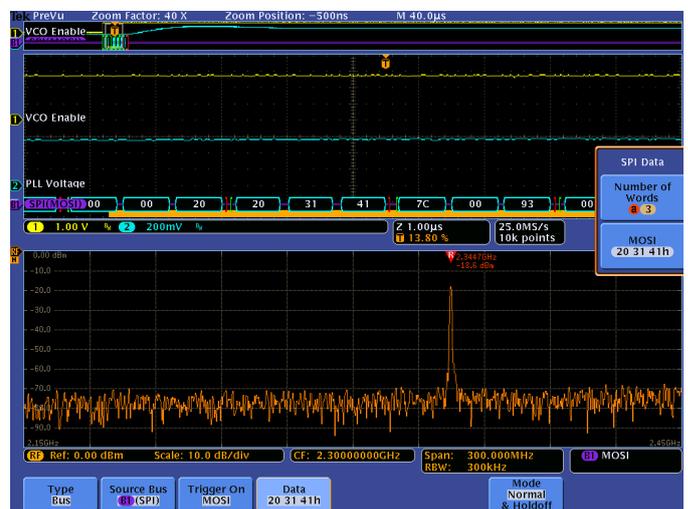
发现设备故障只是第一步。接下来，您要捕获感兴趣的事件来查找根本原因。

准确捕获任何感兴趣的信号始于正确探测。示波器附带了低容值探头，每个模拟通道一个。这些业内首创的高阻抗无源电压探头的容性负载低于 4 pF，最大程度降低探头对电路工作的影响，以无源探头的灵活性提供了有源探头的性能。

完整的触发集 – 包括欠幅、超时、逻辑、脉宽/毛刺、建立/保持违例、串行包和并行数据，帮助您快速找到事件。由于记录长度高达 20M 点，您可以在一次采集中捕获大量感兴趣的事件，甚至数千个串行包来进行详细分析，同时保持高分辨率以放大显示精细的信号细节。

从特定包内容的触发到多种数据格式的自动解码，本示波器为业内最广泛的串行总线提供全面支持 – I<sup>2</sup>C、SPI、USB、以太网、CAN、LIN、FlexRay、RS-232/422/485/UART、MIL-STD-1553 和 I<sup>2</sup>S/LJ/RJ/TDM。能够同时解码多达四个串行和/或并行总线，意味着您可以快速深入了解系统级的问题。

为进一步帮助对复杂嵌入式系统内的系统相互作用进行故障排除，本示波器在模拟通道之外还提供 16 条数字通道。由于数字通道完全集成于示波器内，您可以在所有输入通道上进行触发，对所有的模拟、数字、串行和射频信号自动进行时间关联。这些通道上的 MagniVu™ 高速采集允许围绕触发点采集精细的信号细节（最高 60.6 ps 分辨率），实现精确的定时测量。MagniVu 对于建立和保持、时钟延迟、信号时滞和毛刺表征来说是准确时间测量的基础。

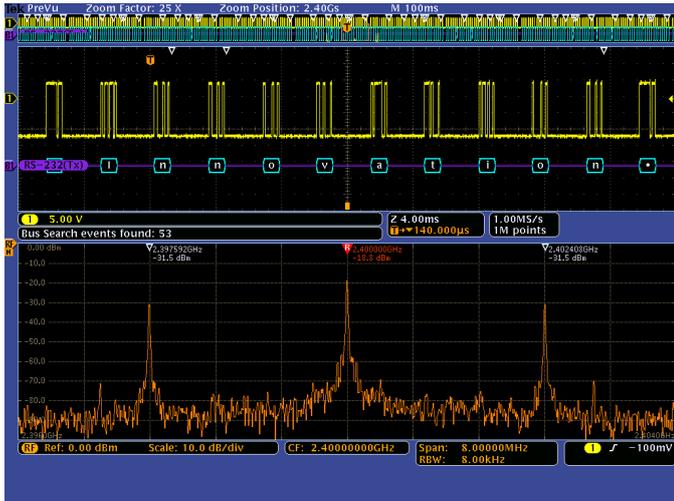


捕获 – 在通过 SPI 总线上的特定传输数据包上触发。完整的触发集包括在特定串行包内容上触发，保证您能快速捕获感兴趣的事件。

### 搜索

若无正确的搜索工具, 在很长的波形记录中查找感兴趣的事件会非常耗时。当前的记录长度已经超过百万数据点, 查找事件位置可能意味着需要翻阅数千个信号活动屏幕。

创新的 Wave Inspector® 控件为您提供业内最全面的搜索和波形导航功能。这些控件加快在记录中的平移和缩放操作。通过独特的强制反馈系统, 可在数秒内从记录的一端移动到另一端。用户标记允许在任何位置进行标记, 用作将来详细调查的参考。或者, 按照所定义的标配来自动搜索记录。Wave Inspector 将立即搜索整个记录, 包括模拟、数字、串行总线和射频与时间数据。与此同时将自动标记所定义事件的所有出现位置, 因此可在事件之间快速移动。

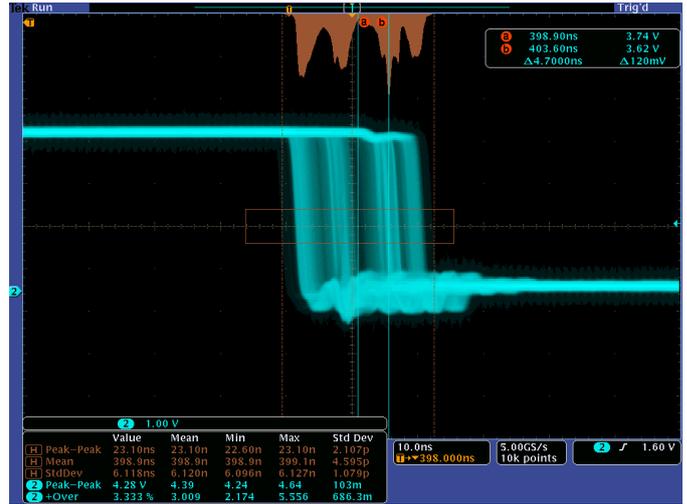


搜索 – RS-232 解码显示 Wave Inspector 搜索中数据值“n”的结果。Wave Inspector 控件在查看和导航波形数据方面提供前所未有的效率。

### 分析

检验原型性能是否与仿真数据匹配, 是否满足项目设计目标要求 (分析其行为)。这些任务范围从简单的上升时间和脉宽检查到复杂的功耗分析及噪声源调查。

MDO4000B 系列提供全面的集成分析工具, 包括基于波形的和基于屏幕的光标、自动测量、高级波形数学 (包括任意波形公式编辑、频谱数学、FFT 分析和趋势图), 形象地显示测量结果随时间的变化情况。同时还为串行总线分析、电源设计、视频设计和开发提供专门的应用支持。



分析 -- 下降边沿的波形直方图显示边沿位置 (抖动) 的时间分布。包含在波形直方图数据上所做的数字测量。全面的集成分析工具集加快对设计性能的验证。

## 技术规格

除非另外说明，所有技术规格适用于所有型号。

### 型号概述

	MDO4014B-3	MDO4034B-3	MDO4054B-3	MDO4054B-6	MDO4104B-3	MDO4104B-6
模拟通道	4	4	4	4	4	4
模拟通道带宽	100 MHz	350 MHz	500 MHz	500 MHz	1 GHz	1 GHz
上升时间	3.5 ns	1 ns	700 ps	700 ps	350 ps	350 ps
取样速率 (1 条通道)	2.5 GS/s	2.5 GS/s	2.5 GS/s	2.5 GS/s	5 GS/s	5 GS/s
取样速率 (2 条通道)	2.5 GS/s	2.5 GS/s	2.5 GS/s	2.5 GS/s	5 GS/s	5 GS/s
取样速率 (4 条通道)	2.5 GS/s					
记录长度 (1 条通道)	20M	20M	20M	20M	20M	20M
记录长度 (2 条通道)	20M	20M	20M	20M	20M	20M
记录长度 (4 条通道)	20M	20M	20M	20M	20M	20M
数字通道	16	16	16	16	16	16
频谱分析仪通道	1	1	1	1	1	1
频谱分析仪频率范围	9 kHz – 3 GHz	9 kHz – 3 GHz	9 kHz – 3 GHz	9 kHz – 6 GHz	9 kHz – 3 GHz	9 kHz – 6 GHz

### 频谱分析仪输入

**跨度** 1 kHz – 3 GHz (MDO4XX4B-3 型号) 或 1 kHz – 6 GHz (MDO4XX4B-6 型号)  
 可按 1-2-5 序列进行调节的跨度  
 可变分辨率 = 下一跨度设置的 1%

**分辨率带宽范围** 窗口函数的分辨率带宽范围如下：  
 Kaiser (默认) : 20 Hz – 200 MHz  
 Rectangular : 10 Hz – 200 MHz  
 Hamming : 10 Hz – 200 MHz  
 Hanning : 10 Hz – 200 MHz  
 Blackman-Harris : 20 Hz – 200 MHz  
 平顶 : 30 Hz – 200 MHz  
 按 1-2-3-5 序列进行调节

**RBW 形状系数 (Kaiser)** 60 dB/3 dB 形状系数 :  $\geq 4:1$

**参考电平** 设置范围 : -140 dBm 至 +30 dBm, 步长 1 dB

**输入垂直范围** 垂直测量范围 : +30 dBm 至显示平均噪声水平 (DANL)  
 垂直设置, 1 dB/格至 20 dB/格, 按 1-2-5 序列

**垂直位置** -100 格至 +100 格

频谱分析仪输入

垂直单位

dBm、dBmV、dB $\mu$ V、dB $\mu$ W、dBmA、dB $\mu$ A

显示平均噪声水平 (DANL)

频率范围	DANL
9 kHz – 50 kHz	< -116 dBm/Hz (< -120 dBm/Hz 典型值)
50 kHz – 5 MHz	< -130 dBm/Hz (< -134 dBm/Hz 典型值)
5 MHz – 400 MHz	< -146 dBm/Hz (< -148 dBm/Hz 典型值)
400 MHz – 3 GHz	< -147 dBm/Hz (< -149 dBm/Hz 典型值)
3 GHz – 4 GHz (仅限 MDO4XX4B-6 型号)	< -148 dBm/Hz (< -152 dBm/Hz 典型值)
4 GHz – 6 GHz (仅限 MDO4XX4B-6 型号)	< -140 dBm/Hz (< -144 dBm/Hz 典型值)

随附 TPA-N-PRE 预置放大器的 DANL

将预置放大器设置为“自动”，将参考电平设置为 -40 dBm。

带有预置放大器（旁路状态）的 MDO4000B 的 DANL  $\leq$  3dB，高于不带有预置放大器的 MDO4000B 的 DANL。

频率范围	DANL
9 kHz – 50 kHz	< -119 dBm/Hz (< -123 dBm/Hz 典型值)
50 kHz – 5 MHz	< -140 dBm/Hz (< -144 dBm/Hz 典型值)
5 MHz – 400 MHz	< -156 dBm/Hz (< -158 dBm/Hz 典型值)
400 MHz – 3 GHz	< -157 dBm/Hz (< -159 dBm/Hz 典型值)
3 GHz – 4 GHz (仅限 MDO4XXB-6 型号)	< -158 dBm/Hz (< -162 dBm/Hz 典型值)
4 GHz – 6 GHz (仅限 MDO4XXB-6 型号)	< -150 dBm/Hz (< -154 dBm/Hz 典型值)

寄生响应

- 2 阶及 3 阶谐波失真 (>100 MHz) < -60 dBc (< -65 dBc, 典型值), 自动设置开启时, 信号低于参考电平 10 dB
- 2 阶及 3 阶谐波失真 (9 kHz 至 100 MHz) < -60 dBc (< -65 dBc, 典型值), 自动设置开启时, 信号低于参考电平 10 dB, 且参考电平  $\leq$  -15 dBm
- 2 阶互调失真 (>100 MHz) < -60 dBc (< -65 dBc, 典型值), 自动设置开启时, 信号低于参考电平 10 dB
- 2 阶互调失真 (9 kHz 至 100 MHz) < -60 dBc (< -65 dBc, 典型值), 自动设置开启时, 信号低于参考电平 10 dB, 且参考电平  $\leq$  -15 dBm
- 3 阶互调失真 : >15 MHz < -62 dBc (< -65 dBc, 典型值), 自动设置开启时, 信号低于参考电平 10 dB
- 3 阶互调失真 : 9 kHz 至 15 MHz < -62 dBc (< -65 dBc, 典型值), 自动设置开启时, 信号低于参考电平 10 dB, 且参考电平 < -15 dBm
- A/D 杂散 : < -60 dBc (< -65 dBc, 典型值), 自动设置开启时, 信号低于参考电平 5 dB。排除 A/D 混叠杂散
- A/D 混叠杂散 在 (5 GHz -  $F_{in}$ ) 和 (8 GHz -  $F_{in}$ ) 处 : < -55 dBc (< -60 dBc, 典型值), 自动设置开启时, 信号低于参考电平 5 dB
- 仅适用于 MDO4XX4-6 型号的技术规格
  - IF 抑制 : (所有输入频率, 不包括 : 1.00 GHz 至 1.25 GHz 和 2 GHz 至 2.4 GHz) : < -55 dBc, 典型值
  - 在 (5 GHz -  $F_{in}$ ) 处的 IF 杂散 (适用于 1.00 GHz 至 1.25 GHz 的输入频率) : < -50 dBc, 典型值
  - 在 (6.5 GHz -  $F_{in}$ ) 处的 IF 杂散 (适用于 2 GHz 至 2.4 GHz 的输入频率) : < -50 dBc, 典型值
  - 图像抑制 : < -50 dBc (适用于 5.5 GHz 至 9.5 GHz 的输入频率)

## 频谱分析仪输入

**剩余响应** < -85 dBm (在 2.5 GHz、3.75 GHz、4.0 GHz 和 5.0 GHz 处时 < -78 dBm), 参考电平  $\leq$  -25 dBm, 输入端接为 50  $\Omega$

**绝对幅度精度** 中心频率处功率电平测量的精度。在远离中心频率的频率处, 将“通道响应”添加至“绝对幅度精度”。适用于信噪比 > 40dB 时。

<  $\pm 1.0$  dB (<  $\pm 0.5$  dB, 典型值), 温度范围为 18 °C – 28 °C, 频率范围为 50 kHz – 6 GHz, 参考电平为 -25、-20、-15、-10、-5、0、5、10 dBm

<  $\pm 1.0$  dB, 典型值, 50 kHz 至 6 GHz, 所有其他参考电平, 温度范围为 18 °C – 28 °C

<  $\pm 1.5$  dB, 典型值, 50 kHz 至 6 GHz, 所有参考电平, 温度范围为 0 °C – 50 °C

<  $\pm 2.0$  dB, 典型值, 9 kHz 至 50 kHz, 所有参考电平, 温度范围为 18 °C – 28 °C

<  $\pm 3.0$  dB, 典型值, 9 kHz 至 50 kHz, 所有参考电平, 温度范围为 0 °C – 50 °C

**通道响应, 典型** 在 18 – 28 °C 温度范围内有效

适用于信噪比 > 40 dB 时的技术规格

测量中心频率范围	跨度	幅度平坦度, pk-pk, 典型值	幅度平坦度, RMS, 典型值	相位线性, RMS, 典型值
15 MHz – 6 GHz	10 MHz	0.3 dB	0.15 dB	1.5 °
60 MHz – 6 GHz	$\leq$ 100 MHz	0.75 dB	0.27 dB	1.5 °
170 MHz – 6 GHz	$\leq$ 320 MHz	0.85 dB	0.27 dB	2.5 °
510 MHz – 6 GHz	$\leq$ 1,000 MHz	1.0 dB	0.3 dB	3.0 °
任何值, (启动频率 > 10 MHz 时)	> 1,000 MHz	1.2 dB	不适用	不适用

**绝对幅度精度 (AAA) 和通道响应 (CR), 随附 TPA-N-PRE 预置放大器** AAA :  $\leq \pm 1.5$  dB (典型值), 温度范围为 18 °C – 28 °C, 任一预置放大器状态。

AAA :  $\leq \pm 2.3$  dB (典型值), 整个工作范围, 任一预置放大器状态。

CR : 0.0 dB

**示波器通道对频谱分析仪的串扰**

$\leq 1$  GHz 输入频率 < -68 dB, 相对于参考电平

> 1 GHz – 2 GHz 输入频率 < -48 dB, 相对于参考电平

**相位噪声, 1 GHz CW**

1 kHz < -104 dBc/Hz (典型值)

10 kHz < -108 dBc/Hz, < -111 dBc/Hz (典型值)

100 kHz < -110 dBc/Hz, < -113 dBc/Hz (典型值)

1 MHz < -120 dBc/Hz, < -123 dBc/Hz (典型值)

**参考频率错误 (累积)** 累积错误 :  $1.6 \times 10^{-6}$

包括每年老化默许值、参考频率校准精度和温度稳定性

适用于建议的一年期校准间隔, 从 0 °C 至 +50 °C

频谱分析仪输入

**标记频率测量精度**  $\pm((1.6 \times 10^{-6} \times \text{标记频率}) + (0.001 \times \text{跨度} + 2)) \text{ Hz}$

示例：假设跨度设置为 10 kHz，标记位于 1500 MHz 处，这时频率测量精度为： $\pm((1.6 \times 10^{-6} \times 1500 \text{ MHz}) + (0.001 \times 10 \text{ kHz} + 2)) = \pm 2.412 \text{ kHz}$ 。

标记频率，跨度/RBW  $\leq 1000:1$

参考频率错误，标记电平至显示噪声水平  $> 30 \text{ dB}$

**频率测量分辨率** 1 Hz

**最大工作输入电平：**

**平均连续功率** +30 dBm (1 W)，参考电平  $\geq -20 \text{ dBm}$   
 +24 dBm (0.25W)，参考电平  $< -20 \text{ dBm}$

**最大无损直流电压**  $\pm 40 \text{ V}_{\text{DC}}$

**最大无损功率（载波）** +32 dBm (1.6W)，参考电平  $\geq -20 \text{ dBm}$   
 +25 dBm (0.32W)，参考电平  $< -20 \text{ dBm}$

**最大无损功率（脉冲）** 峰值脉冲功率： $+45 \text{ dBm}$  (32 W)  
 峰值脉冲功率定义为  $< 10 \mu\text{s}$  脉宽， $< 1\%$  占空比，参考电平  $\geq +10 \text{ dBm}$

**最大工作输入电平，随附 TPA-N-PRE 预置放大器**

**平均连续功率** +30 dBm (1 W)

**最大无损直流电压**  $\pm 20 \text{ V}_{\text{DC}}$

**最大无损功率（载波）** +30 dBm (1 W)

**最大无损功率（脉冲）** +45 dBm (32 W) ( $< 10 \mu\text{s}$  脉宽， $< 1\%$  占空比，参考电平  $\geq +10 \text{ dBm}$ )

**射频功率电平触发**

**频率范围** MDO4XX4B-3：1 MHz 至 3 GHz  
 MDO4XX4B-6：1 MHz 至 3.75 GHz；2.75 GHz 至 4.5 GHz，3.5 GHz 至 6.0 GHz

**幅度工作电平** 0 dB 至 -30 dB，相对于参考电平

**幅度范围** +10 dB 至 -40 dB，相对于参考电平，在 -65 dBm 至 +30 dBm 范围之内

**最小脉冲时长**  $10 \mu\text{s}$  开启时间，最短稳定关断时间  $10 \mu\text{s}$

**频谱分析仪至模拟通道时滞**  $< 5 \text{ ns}$

## 频谱分析仪输入

## 射频采集长度

跨度	最大射频采集时间
>2 GHz	5 ms
>1 GHz – 2 GHz	10 ms
>800 GHz – 1 GHz	20 ms
>500 MHz – 800 MHz	25 ms
>400 MHz – 500 MHz	40 ms
>250 MHz – 400 MHz	50 ms
>200 MHz – 250 MHz	80 ms
>160 MHz – 200 MHz	100 ms
>125 MHz – 160 MHz	125 ms
<125 MHz	158 ms

## FFT 窗口类型、系数和 RBW 精度

FFT 窗口	系数	RBW 精度
Kaiser	2.23	0.90%
Rectangular	0.89	2.25%
Hamming	1.30	1.54%
Hanning	1.44	1.39%
Blackman-Harris	1.90	1.05%
平顶	3.77	0.53%

## 垂直系统模拟通道

## 硬件带宽限制

≥350 MHz 型号	20 MHz 或 250 MHz
100 MHz 型号	20 MHz

输入耦合 交流、直流

输入阻抗  $1\text{ M}\Omega \pm 1\%$ ,  $50\ \Omega \pm 1\%$

## 输入灵敏度范围

$1\text{ M}\Omega$	1 mV/div 至 10 V/div
$50\ \Omega$	1 mV/div 至 1 V/div

垂直分辨率 8 位 (高分辨率时为 11 位)

## 最大输入电压

$1\text{ M}\Omega$	$300\text{ V}_{\text{RMS}}$ CAT II, 峰值 $\leq \pm 425\text{ V}$
$50\ \Omega$	$5\text{ V}_{\text{RMS}}$ , 峰值 $\leq \pm 20\text{ V}$ (DF $\leq 6.25\%$ )

直流增益精度  $\pm 1.5\%$ , 高于  $30^\circ\text{C}$  时按  $0.10\%/^\circ\text{C}$  降额

通道间隔离 垂直刻度相等的任意两条通道  $\leq 100\text{ MHz}$  时  $\geq 100:1$ ,  $> 100\text{ MHz}$  到额定带宽时  $\geq 30:1$

### 垂直系统模拟通道

偏置范围	伏/格设置	偏置范围	
		1 M $\Omega$ 输入	50 $\Omega$
	1 mV/div 至 50 mV/div	$\pm 1$ V	$\pm 1$ V
	50.5 mV/div 至 99.5 mV/div	$\pm 0.5$ V	$\pm 0.5$ V
	100 mV/div 至 500 mV/div	$\pm 10$ V	$\pm 10$ V
	505 mV/div 至 995 mV/div	$\pm 5$ V	$\pm 5$ V
	1 V/div 至 5 V/div	$\pm 100$ V	$\pm 5$ V
	5.05 V/div 至 10 V/div	$\pm 50$ V	不适用

### 垂直系统数字通道

输入通道	16 条数字通道 (D15 至 D0)
门限	每通道门限
门限选择	TTL、CMOS、ECL、PECL、用户定义
用户定义的门限范围	$\pm 40$ V
门限精度	$\pm [100 \text{ mV} + \text{门限设置的 } 3\%]$
最大输入电压	$\pm 42$ V <sub>峰值</sub>
输入动态范围	30 V <sub>p-p</sub> $\leq$ 200 MHz 10 V <sub>p-p</sub> > 200 MHz
最小电压摆幅	400 mV
探头负载	100 k $\Omega$ 并联 3 pF
垂直分辨率	1 位

### 水平系统模拟通道

时基范围	
1 GHz 型号	400 ps 至 1000 s
$\leq$ 500 MHz 型号	1 ns 至 1000 s
最高取样速率时的最大时长 (所有/半数通道)	
1 GHz 型号	8/8 ms
$\leq$ 500 MHz 型号	8/8 ms
时基延迟时间范围	-10 格至 5000 s

**水平系统模拟通道**

通道间时滞范围	±125 ns
时基精度	±5 ppm, 在任何 ≥ 1 ms 间隔上

**水平系统数字通道**

最大取样速率 (主控)	500 MS/s (2 ns 分辨率)
最大记录长度 (主控)	20M 点
最大取样速率 (MagniVu)	16.5 GS/s (60.6 ps 分辨率)
最大记录长度 (MagniVu)	10k 点, 以触发点为中心
最小可检测脉冲带宽 (典型)	1 ns
通道间时滞 (典型)	200 ps
最大输入切换速率	500 MHz (可以准确复制为逻辑方波的最大频率正弦波。需要在每条通道上使用短的接地延长线。这是最小摆动幅度时的最大频率。切换速率越高, 获得的幅值就越高。)

**触发系统**

触发模式	自动、正常、单次
触发耦合	直流、交流、高频抑制 (衰减 >50 kHz)、低频抑制 (衰减 <50 kHz)、噪声抑制 (降低灵敏度)
触发释抑范围	20 ns 至 8 s

**触发灵敏度****内部直流耦合**

触发源	灵敏度
1 M $\Omega$ 路径 (所有型号)	适用于 1 mV/div 至 4.98 mV/格; 从直流至 50 MHz 时为 0.75 格, 额定带宽时升高至 1.3 格
50 $\Omega$ 路径 ( $\leq$ 500 MHz 型号)	适用于 $\geq$ 5 mV/格; 从直流至 50 MHz 时为 0.4 格, 额定带宽时升高至 1 格
50 $\Omega$ 路径 (1 GHz 型号)	从直流至 50 MHz 时为 0.4 格, 额定带宽时升高至 1 格

**触发电平范围**

任意输入通道	从屏幕中央 ±8 格, 如果选择了垂直低频抑制触发耦合则为从 0 V ±8 格
工频	线路触发电平固定为线路电压约 50%。

触发频率读数 提供可触发事件的 6 位频率读数。

**触发类型**

边沿	任一通道均提供正斜率或负斜率。耦合包括直流、交流、高频抑制、低频抑制和噪声抑制。
序列 (B 触发)	触发延迟时间长度: 4 ns 至 8 s。或者触发延迟事件个数: 1 至 4000000 个事件。
脉冲宽度	在正负脉冲宽度 >、<、=、 $\neq$ 或处于指定时间周期范围以内/以外时触发。
超时	对于指定的时间段 (4 ns 至 8 s), 触发保持为高、低或其中任意一种的事件。

触发系统

<b>欠幅</b>	当脉冲穿过第一个门限，但在再次穿过第一个门限之前未能穿过第二个门限的情况时触发。
<b>逻辑</b>	当通道的任何逻辑模式变为假或保持真达到指定时间周期时触发。任何输入均可用作时钟来寻找时钟边沿上的模式。为所有输入通道指定的模式（AND、OR、NAND、NOR）定义为高、低或无关。
<b>建立时间与保持时间</b>	在任何模拟和数字输入通道上存在的时钟与数字之间建立时间与保持时间出现违例时触发。
<b>上升/下降时间</b>	在脉冲边沿速率快于或慢于规定时触发。斜率可为正、负或任一。
<b>视频</b>	在 NTSC、PAL 和 SECAM 视频信号上的所有行（奇偶）或所有场上触发。
<b>扩展视频（选配）</b>	在 480p/60、576p/50、720p/30、720p/50、720p/60、875i/60、1080i/50、1080i/60、1080p/24、1080p/24sF、1080p/25、1080p/30、1080p/50、1080p/60 以及定制的双电平和三电平同步视频标配上触发。
<b>I<sup>2</sup>C（选配）</b>	在 10 Mb/s 以内 I <sup>2</sup> C 总线上的开始、重复开始、停止、丢失 ACK、地址（7 或 10 位）、数据或者地址与数据上触发。
<b>SPI（选配）</b>	在 50.0 Mb/s 以内 SPI 总线上的 SS 激活、帧开始、MOSI、MISO 或 MOSI 与 MISO 上触发。
<b>RS-232/422/485/UART（选配）</b>	在 10 Mb/s 以内的发送开始位、接收开始位、发送包结束、接收包结束、发送数据、接收数据、发送奇偶错误和接收奇偶错误上触发。
<b>USB：低速（选配）</b>	<p>在同步激活、帧开始、复位、挂起、恢复、包尾、令牌（地址）包、数据包、握手包、特殊包或错误上触发。</p> <p>令牌包触发 – 任何令牌类型 SOF、OUT、IN、SETUP；可为任何令牌指定地址：OUT、IN 和 SETUP 令牌类型。可进一步指定地址用于在 <math>\leq</math>、<math>&lt;</math>、<math>=</math>、<math>&gt;</math>、<math>\geq</math>、<math>\neq</math> 某个特殊值或处于某个范围以内或以外时触发。可为 SOF 令牌指定帧号，使用二进制、十六进制、无符号十进制或并使用随意位数。</p> <p>数据包触发 – 任何数据类型 DATA0、DATA1；可进一步指定数据用于在 <math>\leq</math>、<math>&lt;</math>、<math>=</math>、<math>&gt;</math>、<math>\geq</math>、<math>\neq</math> 某个特殊值或处于某个范围以内或以外时触发。</p> <p>握手包触发 – 任何握手类型 ACK、NAK、STALL。</p> <p>特殊包触发 – 任何特殊类型，预留</p> <p>错误触发 – PID 检查、CRC5 或 CRC16、位填充。</p>
<b>USB：全速（选配）</b>	<p>在同步、复位、挂起、恢复、包尾、令牌（地址）包、数据包、握手包、特殊包或错误上触发。</p> <p>令牌包触发 – 任何令牌类型 SOF、OUT、IN、SETUP；可为任何令牌指定地址：OUT、IN 和 SETUP 令牌类型。可进一步指定地址用于在 <math>\leq</math>、<math>&lt;</math>、<math>=</math>、<math>&gt;</math>、<math>\geq</math>、<math>\neq</math> 某个特殊值或处于某个范围以内或以外时触发。可为 SOF 令牌指定帧号，使用二进制、十六进制、无符号十进制或并使用随意位数。</p> <p>数据包触发 – 任何数据类型 DATA0、DATA1；可进一步指定数据用于在 <math>\leq</math>、<math>&lt;</math>、<math>=</math>、<math>&gt;</math>、<math>\geq</math>、<math>\neq</math> 某个特殊值或处于某个范围以内或以外时触发。</p> <p>握手包触发 – 任何握手类型 ACK、NAK、STALL。</p> <p>特殊包触发 – 任何特殊类型，PRE，预留。</p> <p>错误触发 – PID 检查、CRC5 或 CRC16、位填充。</p>

## 触发系统

USB : 高速 (选配) <sup>1</sup>

在同步、复位、挂起、恢复、包尾、令牌 (地址) 包、数据包、握手包、特殊包或错误上触发。

令牌包触发 – 任何令牌类型 SOF、OUT、IN、SETUP ; 可为任何令牌指定地址 : OUT、IN 和 SETUP 令牌类型。可进一步指定地址用于在  $\leq$ 、 $<$ 、 $=$ 、 $>$ 、 $\geq$ 、 $\neq$  某个特殊值或处于某个范围以内或以外时触发。可为 SOF 令牌指定帧号, 使用二进制、十六进制、无符号十进制或并使用随意位数。

数据包触发 – 任何数据类型 DATA0、DATA1、DATA2、MDATA ; 可进一步指定数据用于在  $\leq$ 、 $<$ 、 $=$ 、 $>$ 、 $\geq$ 、 $\neq$  某个特殊值或处于某个范围以内或以外时触发。

握手包触发 – 任何握手类型 ACK、NAK、STALL、NYET。

特殊包触发 – 任何特殊类型, ERR、SPLIT、PING, 预留。可以指定的 SPLIT 包组件包括 :

- 集线器地址
- 开始/完成 – 无关、开始 (SSPLIT)、完成 (CSPLIT)
- 端口地址
- 开始和结束位 – 无关、控制/散装/中断 (全速设备、低速设备)、同时 (数据为中间、数据为结尾、数据为开始、数据为全部)
- 端点类型 – 无关、控制、同时、散装、中断

错误触发 – PID 检查、CRC5 或 CRC16。

以太网 (选配) <sup>2</sup>

10BASE-T 和 100BASE-TX : 在开始帧分隔符、MAC 地址、MAC Q-Tag 控制信息、MAC 长度/类型、IP 包头、TCP 包头、TCP/IPv4/MAC 客户端数据、包结束和 FCS (CRC) 错误上触发。

100BASE-TX : 空闲。

MAC 地址 – 在源和目标 48 位地址值上触发。

MAC Q-Tag 控制信息 – 在 Q-Tag 32 位值上触发。

MAC 长度/类型 – 在  $\leq$ 、 $<$ 、 $=$ 、 $>$ 、 $\geq$ 、 $\neq$  某个特殊 16 位值或处于某个范围以内或以外时触发。

IP 包头 – 在 IP 协议 8 位值、源地址、目标地址上触发。

TCP 包头 – 在源端口、目标端口、序列号和确认号上触发。

TCP/IPv4/MAC 客户端数据 – 在  $\leq$ 、 $<$ 、 $=$ 、 $>$ 、 $\geq$ 、 $\neq$  某个特殊值或处于某个范围以内或以外时触发。选配的触发字节数为 1-16。字节偏移选项为无关、0-1499。

## CAN (选配)

在 1 Mb/s 以内 CAN 信号的帧开始、帧类型 (数据、远程、错误、过载)、标识符 (标配或扩展)、数据、标识符和数据、帧结束、丢失 ACK 或位填充错误。可进一步指定数据用于在  $\leq$ 、 $<$ 、 $=$ 、 $>$ 、 $\geq$  或  $\neq$  某个特殊数据值时触发。用户可调节的取样点默认设置为 50%。

## LIN (选配)

在 100 kb/s 以内 (按 LIN 定义 20 kb/s) 在同步、标识符、数据、标识符和数据、唤醒帧、睡眠帧、错误 (如同步、奇偶或校验和错误) 上触发。

## FlexRay (选配)

在 100 Mb/s 以内帧开始、帧类型 (正常、有效负载、空位、同步、启动)、标识符、循环数、完整包头字段、数据、标识符和数据、帧结束或错误 (如包头 CRC、包尾 CRC、空位帧、同步帧或启动帧错误) 上触发。

<sup>1</sup> 仅在 1 GHz 模拟通道带宽的型号上提供高速支持。

<sup>2</sup> 对于 100BASE-TX 推荐  $\geq 350$  MHz 带宽型号。

## 触发系统

<b>MIL-STD-1553 (选配)</b>	在同步、字类型上触发 <sup>3</sup> (命令、状态、数据)、命令字 (分别设置 RT 地址、T/R、子地址/模式、数据字数/模式代码和奇偶)、状态字 (分别设置 RT 地址、消息错误、仪器、服务请求位、收到广播命令、忙碌、子系统旗标、动态总线控制接受 (DBCA)、终端旗标和奇偶)、数据字 (用户指定的 16 位数据值)、错误 (同步、奇偶、曼彻斯特、非连续数据)、空闲时间 (选配择最短时间范围 2 $\mu$ s 至 100 $\mu$ s, 选配择最长时间范围 2 $\mu$ s 至 100 $\mu$ s, 在 < 最小值、> 最大值、在范围以内、在范围以外触发)。可进一步指定 RT 地址用于在 =、 $\neq$ 、<、>、 $\leq$ 、 $\geq$ 某个特殊值或处于某个范围以内或以外时触发。
<b>I<sup>2</sup>S/LJ/RJ/TDM (选配)</b>	在字选择、帧同步或数据上触发。可进一步指定数据用于在 $\leq$ 、<、=、>、 $\geq$ 、 $\neq$ 某个特殊数据值或处于某个范围以内或以外时触发。I <sup>2</sup> S/LJ/RJ 的最大数据速率为 12.5 Mb/s。TDM 的最大数据速率为 25 Mb/s。
<b>并行总线</b>	在并行总线数据值上触发。并行总线的大小可为 1 至 20 位 (来自数字和模拟通道)。支持二进制和十六进制基数。

## 采集系统

### 采集模式

<b>采样</b>	采集取样的值。
<b>峰值检测</b>	所有扫描速度的取样毛刺窄至 800 ps (1 GHz 型号) 或 1.6 ns ( $\leq$ 500 MHz 型号)
<b>平均</b>	平均包含 2 至 512 个波形。
<b>包络</b>	最小-最大值包络反映多个采集上的峰值检测数据。
<b>高分辨率</b>	实时矩形平均可降低随机噪声, 提高垂直分辨率。
<b>滚动</b>	在屏幕上从右向左滚动波形, 扫描速度低于或等于 40 ms/格。

## 波形测量

<b>光标</b>	波形和屏幕。
<b>自动测量 (时域)</b>	29, 其中任何时间可在屏幕上最多显示八个。测量包括: 周期、频率、延迟、上升时间、下降时间、正占空比、负占空比、正脉宽、负脉宽、突发宽度、相位、正过冲、负过冲、峰峰值、幅度、高、低、最大值、最小值、平均值、周期平均、均方根、周期均方根、正脉冲个数、负脉冲个数、上升边沿个数、下降边沿个数、面积和周期面积。
<b>自动测量 (频域)</b>	3, 其中任何时间可在屏幕上显示一个。测量包括通道功率、邻信道功率比 (ACPR) 和占用带宽 (OBW)
<b>测量统计</b>	平均值、最小值、最大值、标配偏差。
<b>参考电平</b>	用户可定义的参考电平用于自动测量, 可以百分比或单位形式指定。
<b>选通</b>	在采集中隔离出特定的事件并进行测量, 使用屏幕或波形光标。

<sup>3</sup> 命令字触发选择将在命令和模糊命令/状态字上触发。状态字触发选择将在状态和模糊命令/状态字上触发。

**波形测量**

<b>波形直方图</b>	波形直方图提供一组数据值，表示在显示屏上用户定义区域内的总命中数。波形直方图既是命中分布的直观图示，又是可以测量值的数字数组。  源 – 通道 1、通道 2、通道 3、通道 4、参考 1、参考 2、参考 3、参考 4、数学  类型 – 垂直、水平
<b>波形直方图测量</b>	波形个数、框内命中数、峰值命中数、中值、最大值、最小值、峰峰值、平均值、标配偏差、Sigma 1、Sigma 2、Sigma 3

**波形数学运算**

<b>算术</b>	波形的加、减、乘、除。
<b>数学函数</b>	积分、微分、FFT。
<b>FFT</b>	频谱量级。将 FFT 垂直标度设置为线性 RMS 或 dBV RMS，将 FFT 窗口设置为矩形、Hamming、Hanning 或 Blackman-Harris。
<b>频谱数学</b>	频域光迹的加、减。
<b>高级数学</b>	定义大量的代数表达式，包括波形、参考波形、数学函数（FFT、积分、微分、对数、指数、平方根、绝对值、正弦、余弦、正切、弧度、角度）、标量、最多两个用户可调节的变量和参数化测量结果（周期、频率、延迟、上升、下降、正宽度、负宽度、突发宽度、相位、正占空比、负占空比、正过冲、负过冲、峰峰值、幅度、均方根、周期均方根、高、低、最大值、最小值、平均值、周期平均值、面积、周期面积和趋势图），例如 $(\text{Intg}(\text{Ch1} - \text{Mean}(\text{Ch1})) \times 1.414 \times \text{VAR1})$ 。

**功率测量（选配）**

<b>电源质量测量</b>	$V_{\text{RMS}}$ 、 $V_{\text{波峰因数}}$ 、频率、 $I_{\text{RMS}}$ 、 $I_{\text{波峰因数}}$ 、有效功率、视在功率、无效功率、功率因数、相位角。
<b>开关损耗测量</b>	
<b>功率损耗</b>	$T_{\text{on}}$ 、 $T_{\text{off}}$ 、传导、总计。
<b>能量损耗</b>	$T_{\text{on}}$ 、 $T_{\text{off}}$ 、传导、总计。
<b>谐波</b>	THD-F、THD-R、RMS 测量。谐波图形显示及表格显示。按照 IEC61000-3-2 Class A 和 MIL-STD-1399 第 300A 节进行测量。
<b>波纹测量</b>	$V_{\text{波纹}}$ 和 $I_{\text{波纹}}$ 。
<b>调制分析</b>	+脉宽、-脉宽、周期、频率、+占空比和 -占空比调制类型。
<b>安全作业区</b>	开关设备安全作业区测量的图形显示和模板测试。
<b>dV/dt 和 dI/dt 测量</b>	转换速率光标测量。

极限/模板测试 (选配)

包含标配模板 <sup>4</sup>	ITU-T、ANSI T1.102、USB
测试源	极限测试 : Ch1 – Ch4 任一或 R1 – R4 任一 模板测试 : Ch1 – Ch4 任一
模板创建	极限测试垂直公差 0 至 1 格, 1 毫格增量 ; 极限测试水平公差 0 至 500 毫格, 1 毫格增量 从内存中加载标配模板 从最多 8 段的文本文件中加载定制模板
模板比例	锁定到源开启 (模板随着源通道设置的改变而自动缩放比例) 锁定到源关闭 (模板不随着源通道设置的改变而缩放比例)
测试标配运行时间	最小波形数 (从 1 至 1000000 ; 无穷大) 最短持续时间 (从 1 秒至 48 小时 ; 无穷大)
违例门限	1 至 1000000
测试失败时的操作	停止采集、将屏幕图像保存到文件、将波形保存到文件、打印屏幕图像、触发输出脉冲、设置远程接口 SRQ
测试完成时的操作	触发输出脉冲、设置远程接口 SRQ
结果显示	测试状态、总波形数、违例数、违例比例、总测试数、失败测试数、测试失败比例、持续时间、每个模板段的总命中数

软件

OpenChoice <sup>®</sup> Desktop	可使用 USB 或 LAN 在 Windows PC 与示波器之间方便快速地进行通信。传输和保存设置、波形、测量和屏幕图像。包含 Word 和 Excel 工具栏, 能将采集数据和屏幕图像从示波器自动传输到 Word 和 Excel 中进行快速报告或详细分析。
IVI 驱动程序	为常见应用 (如 LabVIEW、LabWindows/CVI、Microsoft .NET 和 MATLAB) 提供标配的仪器编程接口。
e*Scope <sup>®</sup> 基于 Web 的远程控制	允许在标配 Web 浏览器上通过网络连接来控制示波器。只需输入示波器的 IP 地址或者网络名称, 即会向浏览器提供一个网页。
LXI Class C Web 接口	只需在浏览器的地址栏内输入示波器的 IP 地址或网络名称, 即可通过标配 Web 浏览器连接到示波器。Web 界面允许通过 e*Scope 基于 Web 的远程控制来查看仪器状态和配置、网络设置的状态和修改以及仪器控件。所有 Web 交互符合 LXI Class C 规格, 版本 1.3。

4 对于电信标配 >55 Mb/s 推荐 ≥350 MHz 带宽型号进行模板测试。对于高速 (HS) USB 推荐 1 GHz 带宽型号。

## 显示器系统

显示器类型	10.4 英寸 (264 毫米) 液晶 TFT 彩色显示器
显示器分辨率	1,024 水平 × 768 垂直像素 (XGA)
插值	Sin(x)/x
波形类型	矢量、点状、可变余晖、无限余辉。
刻度	完整、网格、十字准线、框架、IRE 和 mV。
格式	YT 和同时 XY/YT
最大波形捕获速率	>50000 wfm/s。

## 输入/输出端口

USB 2.0 高速主控端口	支持 USB 海量存储设备、打印机和键盘。仪器前后各两个端口。
USB 2.0 设备端口	后面板连接器允许通过 USBTMC 或 GPIB (使用 TEK-USB-488) 实现示波器通信/控制, 并直接打印到所有 PictBridge 兼容打印机上。
LAN 端口	RJ-45 连接器, 支持 10/100/1000 Mb/s
视频输出端口	DB-15 孔式连接器, 用于将示波器显示内容显示到外部监视器或投影仪上。XGA 分辨率。
探头补偿器输出电压和频率	前面板针脚
幅度	0 至 2.5 V
频率	1 kHz
辅助输出	后面板 BNC 连接器 $V_{OUT} (Hi)$ : $\geq 2.5$ V 开路, $\geq 1.0$ V 50 $\Omega$ 至接地 $V_{OUT} (Lo)$ : $\leq 0.7$ V 至负载 $\leq 4$ mA ; $\leq 0.25$ V 50 $\Omega$ 至接地 可配置输出用来在示波器触发时提供脉冲输出信号, 提供内部示波器参考时钟输出或事件输出用于极限/模板测试。
外部参考输入	时基系统可以锁相至外部 10 MHz 参考 (10 MHz $\pm 1\%$ )
Kensington 型锁	后面板安全槽连接标配的 Kensington 型锁。
VESA 安装	仪器后面有标配的 (MIS-D 100) 100 mm VESA 安装点。

LAN eXtensions for Instrumentation (LXI)

类别 LXI Class C

版本 V1.3

电源

电源电压 100 至 240 V ±10%

电源频率 50 至 60 Hz ±10% (100 至 240 V ±10%)  
400 Hz ±10% (115 V ±13%)

功耗 最大 250 W

物理特点

尺寸

	毫米	英寸
高度	229	9.0
宽度	439	17.3
厚度	147	5.8

重量

	公斤	磅
净重	5	11
毛重	10.7	23.6

机架安装配置 5U

散热间隙 仪器左侧和后面需要 51 毫米

EMC、环境和安全

温度

工作状态 0°C 至 +50°C (+32°F 至 122°F)  
非工作状态 -20°C 至 +60°C (-4°F 至 140°F)

湿度

工作状态 高温：40°C 至 50°C，10% 至 60% 相对湿度 低温：0°C 至 40°C，10% 至 90% 相对湿度  
非工作状态 高温：40°C 至 60°C，5% 至 60% 相对湿度 低温：0°C 至 40°C，5% 至 90% 相对湿度

海拔高度

工作状态 3000 米  
非工作状态 9144 米

## EMC、环境和安全

## 法规

## 电磁兼容性

EC 委员会指令 2004/108/EC

## 安全性

UL61010-1:2004、CAN/CSA-C22.2 No. 61010.1:2004、低电压指令 2006/95/EC 和 EN61010-1:2001、IEC 61010-1:2001、ANSI 61010-1-2004、ISA 82.02.01

## 订购信息

## MDO4000B 系列

MDO4014B-3	混合域示波器，带有 (4) 条 100 MHz 模拟通道、(16) 条数字通道和 (1) 个 3 GHz 频谱分析仪输入
MDO4034B-3	混合域示波器，带有 (4) 条 350 MHz 模拟通道、(16) 条数字通道和 (1) 个 3 GHz 频谱分析仪输入
MDO4054B-3	混合域示波器，带有 (4) 条 500 MHz 模拟通道、(16) 条数字通道和 (1) 个 3 GHz 频谱分析仪输入
MDO4054B-6	混合域示波器，带有 (4) 条 500 MHz 模拟通道、(16) 条数字通道和 (1) 个 6 GHz 频谱分析仪输入
MDO4104B-3	混合域示波器，带有 (4) 条 1 GHz 模拟通道、(16) 条数字通道和 (1) 个 3 GHz 频谱分析仪输入
MDO4104B-6	混合域示波器，带有 (4) 条 1 GHz 模拟通道、(16) 条数字通道和 (1) 个 6 GHz 频谱分析仪输入

## 标配附件

## 探头

≤ 500 MHz 型号	TPP0500/B, 500 MHz 带宽, 10X, 3.9 pF。每条模拟通道一个无源电压探头。
1 GHz 型号	TPP1000, 1 GHz 带宽, 10X, 3.9 pF。每条模拟通道一个无源电压探头。
所有型号	一个 P6616 16 通道逻辑探头, 一个逻辑探头附件包 (020-2662-xx)。

## 附件

200-5130-xx	前盖
103-0045-00	N-to-BNC 适配器
063-4367-xx	文档光盘
016-2030-xx	附件套件
—	用户手册
—	电源线
—	OpenChoice® Desktop 软件
—	校准证明, 记录国家计量机构和 ISO9001 质量系统注册的可追溯性

### 保修

三年保修，涵盖所有部件和人工，不包含探头。

### 应用模块

应用模块中的许可证可以在应用模块与示波器之间转移。许可证可以包含在模块中，这样可将模块在仪器之间移动。或者，可将许可证包含在示波器内，这样可以取出模块安全保管。将许可证转移至示波器并取出模块允许同时使用超过 4 个应用。

<b>DPO4AERO</b>	<p>航天串行触发和分析模块。允许在 MIL-STD-1553 总线上包级别信息上触发，并提供分析工具，如信号的数字视图、总线视图、包解码、搜索工具以及带时标信息的包解码表。</p> <p>信号输入 – Ch1 – Ch4、数学、Ref1 – Ref4 中任一</p> <p>推荐探头 – 差分或单端（仅需要一个单端信号）</p>
<b>DPO4AUDIO</b>	<p>音频串行触发和分析模块。允许在 I<sup>2</sup>S、LJ、RJ 和 TDM 音频总线上包级别信息上触发，并提供分析工具，如信号的数字视图、总线视图、包解码、搜索工具以及带时标信息的包解码表。</p> <p>信号输入 – Ch1 – Ch4 任一、D0 – D15 任一</p> <p>推荐探头 – 单端</p>
<b>DPO4AUTO</b>	<p>汽车串行触发和分析模块。允许在 CAN 和 LIN 总线上包级别信息上触发，并提供分析工具，如信号的数字视图、总线视图、包解码、搜索工具以及带时标信息的包解码表。</p> <p>信号输入 – LIN : Ch1 – Ch4 任一或 D0 – D15 任一；CAN : Ch1 – Ch4 任一或 D0 – D15 任一</p> <p>推荐探头 – LIN : 单端；CAN : 单端或差分</p>
<b>DPO4AUTOMAX</b>	<p>扩展汽车串行触发和分析模块。允许在 CAN、LIN 和 FlexRay 总线上包级别信息上触发，并提供分析工具，如信号的数字视图、总线视图、包解码、搜索工具、带时标信息的包解码表以及眼图分析软件。</p> <p>信号输入 – LIN : Ch1 – Ch4 任一或 D0 – D15 任一；CAN : Ch1 – Ch4 任一或 D0 – D15 任一；FlexRay : Ch1 – Ch4 任一或 D0 – D15 任一</p> <p>推荐探头 – LIN : 单端；CAN、FlexRay : 单端或差分</p>
<b>DPO4COMP</b>	<p>计算机串行触发和分析模块。允许在 RS-232/422/485/UART 总线上包级别信息上触发，并提供分析工具，如信号的数字视图、总线视图、包解码、搜索工具以及带时标信息的包解码表。</p> <p>信号输入 – Ch1 – Ch4 任一、D0 – D15 任一</p> <p>推荐探头 – RS-232/UART : 单端；RS-422/485 : 差分</p>
<b>DPO4EMBD</b>	<p>嵌入式串行触发和分析模块。允许在 I<sup>2</sup>C 和 SPI 总线上包级别信息上触发，并提供分析工具，如信号的数字视图、总线视图、包解码、搜索工具以及带时标信息的包解码表。</p> <p>信号输入 – I<sup>2</sup>C : Ch1 – Ch4 任一或 D0 – D15 任一；SPI : Ch1 – Ch4 任一或 D0 – D15 任一</p> <p>推荐探头 – 单端</p>
<b>DPO4ENET</b>	<p>以太网串行触发和分析模块。允许在 10BASE-T 和 100BASE-TX<sup>5</sup>总线上包级别信息上触发，并提供分析工具，如信号的数字视图、总线视图、包解码、搜索工具以及带时标信息的包解码表。</p> <p>信号输入 – Ch1 – Ch4、数学、Ref1 – Ref4 中任一</p> <p>推荐探头 – 10BASE-T : 单端或差分；100BASE-TX : 差分</p>

5 对于 100BASE-TX 推荐 ≥350 MHz 带宽型号

<b>DPO4USB</b>	USB 串行触发和分析模块。允许在低速、全速和高速 USB 串行总线的包级别内容上触发。同时还提供适用于低速、全速和高速 USB 串行总线的分析工具，如信号的数字视图、总线视图、包解码、搜索工具以及带时标信息的包解码表。 <sup>6</sup>  信号输入 – 低速和全速：Ch1 – Ch4 任一，D0 – D15 任一；低速、全速和高速：Ch1 – Ch4、数学、Ref1 – Ref4 中任一  推荐探头 – 低速和全速：单端或差分；高速：差分
<b>DPO4PWR</b>	功率分析应用模块。允许准确快速地分析功率质量、开关损耗、谐波、安全作业区 (SOA)、调制、波纹和转换速率 (dI/dt、dV/dt)。
<b>DPO4LMT</b>	极限和模板测试应用模块。允许使用“黄金”波形生成的极限模板进行测试，以及使用定制或标配电信或计算机模板进行模板测试。 <sup>7</sup>
<b>DPO4VID</b>	HDTV 和定制（非标配）视频触发模块。
<b>MDO4TRIG</b>	高级射频功率电平触发模块。允许将频谱分析仪输入的功率电平用作以下触发类型的信号源：脉宽、欠幅、超时、逻辑和序列。

## 仪器选件

### 电源线和插头选件

<b>选项 A0</b>	北美电源插头 (115 V, 60 Hz)
<b>选项 A1</b>	欧洲通用电源插头 (220 V, 50 Hz)
<b>选项 A2</b>	英国电源插头 (240 V, 50 Hz)
<b>选项 A3</b>	澳大利亚电源插头 (240 V, 50 Hz)
<b>选项 A5</b>	瑞士电源插头 (220 V, 50 Hz)
<b>选项 A6</b>	日本电源插头 (100 V、110/120 V, 60 Hz)
<b>选项 A10</b>	中国电源插头 (50 Hz)
<b>选项 A11</b>	印度电源插头 (50 Hz)
<b>选项 A12</b>	巴西电源插头 (60 Hz)
<b>选项 A99</b>	无电源线

<sup>6</sup> 仅在 1 GHz 模拟通道带宽的型号上提供 USB 高速支持。

<sup>7</sup> 对于电信标配 >55 Mb/s 推荐 ≥350 MHz 带宽型号进行模板测试。对于高速 (HS) USB 推荐 1 GHz 带宽型号。

### 语言选项

选项 L0	英文手册
选项 L1	法语手册
选项 L2	意大利语手册
选项 L3	德语手册
选项 L4	西班牙语手册
选项 L5	日语手册
选项 L6	葡萄牙语手册
选项 L7	简体中文手册
选项 L8	繁体中文手册
选项 L9	韩语手册
选项 L10	俄语手册
选项 L99	无手册

语言选项包括为所选语言提供的翻译前面板面饰。

### 服务选项

选项 C3	3 年校准服务
选项 C5	5 年校准服务
选项 D1	校准数据报告
选项 D3	3 年校准数据报告（要求选项 C3）
选项 D5	5 年校准数据报告（要求选项 C5）
选项 G3	3 年全面保障（包括备用机、预约校准等）
选项 G5	5 年全面保障（包括备用机、预约校准等）
选项 R5	5 年维修服务（包括保修）
选项 SILV900	标配保修延长至 5 年

探头和附件不在示波器保修和服务范围之列。请参阅每种探头和附件的规格书，了解各自的保修和校准条款。

## 推荐附件

### 探头

Tektronix 提供 100 多种探头来满足您的应用需求。要查看全部的可用探头清单，请访问 [cn.tek.com/probes](http://cn.tek.com/probes)。

TPP0500/B	500 MHz, 10X TekVPI® 无源电压探头, 3.9 pF 输入电容
TPP0502	500 MHz, 2X TekVPI® 无源电压探头, 12.7 pF 输入电容
TPP0850	2.5 kV, 800 MHz, 50X TekVPI® 无源高压探头
TPP1000	1 GHz, 10X TekVPI® 无源电压探头, 3.9 pF 输入电容
TAP1500	1.5 GHz TekVPI® 有源单端电压探头
TAP2500	2.5 GHz TekVPI® 有源单端电压探头
TAP3500	3.5 GHz TekVPI® 有源单端电压探头
TCP0030	120 MHz TekVPI® 30 安培交流/直流电流探头
TCP0150	20 MHz TekVPI® 150 安培交流/直流电流探头
TDP0500	500 MHz TekVPI® 差分电压探头, ±42 V 差分输入电压
TDP1000	1 GHz TekVPI® 差分电压探头, ±42 V 差分输入电压
TDP1500	1.5 GHz TekVPI® 差分电压探头, ±8.5 V 差分输入电压
TDP3500	3.5 GHz TekVPI® 差分电压探头, ±2 V 差分输入电压
THDP0200	±1.5 kV, 200 MHz TekVPI® 高压差分探头
THDP0100	±6 kV, 100 MHz TekVPI® 高压差分探头
TMDP0200	±750 V, 200 MHz TekVPI® 高压差分探头
P5100A	2.5 kV, 500 MHz, 100X 高压无源探头
P5200A	1.3 kV, 50 MHz 高压差分探头

### 附件

TPA-N-PRE	预置放大器, 12 dB 标称增益, 9 kHz – 6 GHz
119-4146-00	近场探头集, 100 kHz – 1 GHz
119-6609-00	柔性单极天线
TPA-N-VPI	N-to-TekVPI 适配器
077-0585-xx	维修手册 (仅英文)
TPA-BNC	TekVPI® 至 TekProbe™ BNC 适配器
TEK-DPG	TekVPI 相差校正脉冲发生器信号源
067-1686-xx	功率测量相差校正和校准夹具
SignalVu-PC-SVE	矢量信号分析软件
TEK-USB-488	GPIB-to-USB 适配器

## 产品技术资料

ACD4000B	软搬运箱
HCTEK54	硬搬运箱 (需要 ACD4000B)
RMD5000	机架安装包

### 其他射频探头

联系 Beehive Electronics 下订 <http://beehive-electronics.com/probes.html>  
单：

101A	EMC 探头集
150A	EMC 探头放大器
110A	探头电缆
0309-0001	SMA 探头适配器
0309-0006	BNC 探头适配器



泰克经过 SRI 质量体系认证机构进行的 ISO 9001 和 ISO 14001 质量认证。



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

东盟/澳大拉西亚 (65) 6356 3900  
比利时 00800 2255 4835\*  
中东欧和波罗的海 +41 52 675 3777  
芬兰 +41 52 675 3777  
香港 400 820 5835  
日本 81 (3) 67143010  
中东、亚洲和北非 +41 52 675 3777  
中华人民共和国 400 820 5835  
韩国 001 800 8255 2835  
西班牙 00800 2255 4835\*  
台湾 886 (2) 27229622

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。如果打不通，请拨打 +41 52 675 3777

2013 年 4 月 10 日 更新

了解详细信息。Tektronix 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的技术难题。敬请访问 [www.tektronix.com](http://www.tektronix.com)。

版权所有 © Tektronix, Inc. 保留所有权利。Tektronix 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。保留更改产品价格和价格的权利。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。



13 Nov 2013

48C-26875-7

[cn.tektronix.com](http://cn.tektronix.com)

**Tektronix**<sup>®</sup>