

# Wave Inspector<sup>®</sup> 导航和搜索： 简化波形分析 应用指南

## 引言

随着摩尔定律推动着电子技术的速度不断加快,系统设计正变得越来越复杂,其设计、构建、调试及中断修复越来越困难。这一切对现代示波器又意味着什么呢?

随着设计速度和复杂程度不断提高,人们对长记录、更多带宽和更高采样率的需求也将提高。记录长度是示波器可以在一次采集中数字化及存储的样点数量。记录长度越长,示波器可以以高定时分辨率(高采样率)捕获的时间窗口越长。特定应用要求的记录长度直接受到带宽和采样率的影响。在带宽提高时,采样率必须大约提高五倍,以准确地捕获信号的高频成分。在采样率提高

时,一定的信号采集特定时间窗口将要求更多的样点。

例如,以 5 GS/s 速率捕获 2 ms 的 100 MHz 信号要求 1000 万点的记录(2 ms 除以 200 ps 采样间隔)。即使在较低的频率上,仍有许多应用要求长记录。捕获一帧 NTSC(1/30 秒间隔的两个场,采样率为 100 MS/s,以解析所有亮度信息)要求 300 多万点(33 ms 除以 10 ns)。在 1Mb/s CAN 总线上捕获几秒的总线业务,诊断机电系统中的问题,可能要求 1000 万点,以充分进行解析。这些应用及各种其它应用已经推动、且将继续推动对更长、更详细的数据捕获窗口的需求。

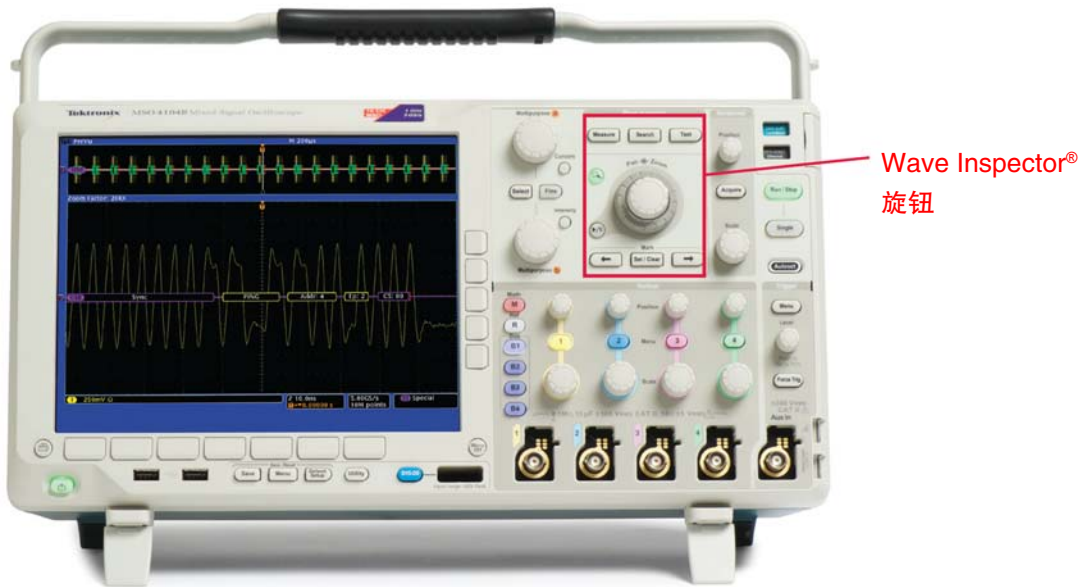


图1. DPO4000系列Wave Inspector为有效分析波形提供了专用前面板旋钮。

### 分析所有数据

世界上第一台数字示波器的记录长度非常短。因此，查看示波器捕获的所有项目非常容易，因为所有内容都一次性显示在屏幕上。随着示波器演进及记录长度提高，需要使用水平滚动查看所有数据。在从一屏信息移到两屏信息，然后移到四屏信息，然后移到八屏信息，然后移到12屏信息时，这不是大问题。然而，随着在每一代示波器中的记录变得越来越长，查看一次采集中捕获的所有数据所需的时间也变得越来越长。我们现在要处理几百万点的记录长度，代表着几千屏的信号活动。作为类比，想象一下如果没有喜欢的搜索引擎、网络浏览器或收藏夹的帮助，却想找到您要找到的东西，这有点象大海捞针。直到最近，这一直是示波器用户在长记录长度示波器中所面临的问题。很明显，旧的解决方案不再能够奏效。

### Wave Inspector® 导航和搜索

Wave Inspector 旋钮在MSO/DPO4000、MSO/DPO3000和MSO/DPO2000系列示波器上提供，使处理长记录、从波形中提取所需的信息变成一个简单高效的流程。

### 缩放 / 卷动

当前市场上的大多数数字示波器提供了某种形式的缩放功能。但是，与缩放视图有关的控制功能(缩放系数和位置)经常深埋在多个菜单中，或与其它前面板旋钮重合在一起。例如，缩放的水平位置一般通过前面板上的水平位置旋钮控制。一旦已经放大了感兴趣的事件，如果想把缩放窗口移动到采集中的另一个位置，一般要无数次旋转水平位置旋钮，慢慢把窗口移到新位置，或者放大，调节窗口位置，然后再缩小。这两种方法都效率差，不直观。而为了访问这些基本缩放控制功能而不得不浏览菜单时，效率就会变得更差。



图1A. Wave Inspector提供了专用前面板缩放和卷动旋钮。

如图1A所示，Wave Inspector提供了一个专用的两层前面板缩放/卷动旋钮，可以有效地浏览波形。内部旋钮控制着缩放系数。顺时针旋转旋钮越多，放大系数越大。反时针旋转旋钮可以缩小，最终关闭缩放。



图2. 浏览I<sup>2</sup>C总线的长采集数据。

外环是强制/速率敏感的卷动旋钮。顺时针旋转，可以把放大窗口向右卷动到波形上，反时针旋转则向左卷动。旋转得越多，缩放窗口在波形中移动得越快。在图2中，通过简单地以希望的方向旋转卷动旋钮，我们可以迅速从一个分组浏览下一个分组。即使是在1000万点的采集中，也可以在几秒内，迅速把缩放窗口从记录一端移到另一端，而不必改变缩放系数。

在图2中，我们正在探测一条I<sup>2</sup>C总线。上面的窗口中显示了整个采集，下面较大的窗口是缩放的部分。在这种情况下，我们已经放大查看某个分组解码后的地址值和数据值。

### 播放 / 暂停

在调试问题时，您经常不知道是什么导致了问题，因此不确定在采集的波形中找什么。但是，您知道自己已经捕获了包含问题的窗口，现在需要查看捕获的数据，看是否能够找到问题。在大多数现代示波器上，这也需要无数次旋转水平位置旋钮，在采集的波形中检测任何杂散活动。Wave Inspector 旋钮也可以帮助完成这一工作。您可以简单地按前面板上的 Play (播放)按钮，让缩放窗口自动在波形上卷动。播放速度和方向使用直观的卷动旋钮调节。卷动控制旋转得越远，波形播放速度越快。它还支持自动播放，因此可以把精力放在重要项目 – 波形本身上。在 I<sup>2</sup>C 实例(图 2)中，您可以播放波形，同时查看解码后的地址和数据，监测总线上的活动。在确定找到事件时，只需再按 Play/Pause(播放 / 暂停)按钮，就可以停止波形。



图 2A. 专用前面板旋钮，自动播放波形。



图 2B. 专用前面板旋钮，设置 / 清除标记，并在标记间导航。

## 标记

在查找问题根源时，您可以找到各种波形区域，这些区域需要进一步考察，或指明在您希望使用的、作为其余分析参考点的被测设备中发生了某种情况。例如，假设您需要对进行相关定时测量，确定从司机在司机车门仪表盘上按下摇车窗开关开始到车窗实际开始移动之间的时延。您希望在采集中找到的第一个事件是按开关时。下一个事件可能是司机侧门中的 CAN 模块向车门中的 CAN 模块发送命令时。最后的事件可能是马达激励车门，车窗开始移动。标记波形上的每个位置，以便能够迅速在定时测量感兴趣的区域之间来回跳转，不是要更好吗？通过泰克 Wave Inspector® 导航系列，您可以做到这一点。



图 3. 把标记放在波形上，协助测量 CAN 总线上的时延。

在图 3 中，通道 1 是司机车门中的开关输出，通道 2 是 CAN 总线，通道 3 监测车门中的马达驱动。

通过指定适当的标识符和数据，我们已经把示波器设置成触发感兴趣的分组。然后，我们使用了前面板上的 Set / Clear Mark (设置 / 清除标记) 按钮，标记波形上的每个感兴趣事件。这些用户标记沿着顶边在上方窗口和下方窗口中作为实心白三角形显示。通道 1 上的上升沿表明开关按下时的情况。触发事件是司机车门中的 CAN 模块发出命令，车窗开始移动是通道 3 上的瞬变。通过使用前面板 **Previous(上一个)** 和 **Next(下一个)** 按钮，我们可以立即在标记之间跳转，以放置光标，迅速简便地测量时延。在图 3 中，我们发现，从按开关到车窗移动的总时间是 58.8ms，完全位于可以接受的延迟范围内。



### 搜索和标记

除把标记手动放在波形上以外，Wave Inspector®还可以搜索整个采集，每次发生用户指定的事件时自动进行标记。例如，想象一下您正在捕获激光器脉冲。激光器大约每隔 20  $\mu\text{s}$  发射一次，每个脉冲仅宽 15 ns。您想查看多个脉冲，检定脉冲波形，在脉冲之间进行精确的定时测量，但为了在脉冲之间导航，您需要有近 20  $\mu\text{s}$  的死区时间。然后，您需要对采集中的每个其它脉冲重复这一测量。很明显，最好能够立即从一个脉冲移到另一个脉冲，而不必浪费时间“玩弄”位置旋钮。



图3A.Wave Inspector®强大的搜索功能可以找到采集中每次发生的、用户指定的事件。

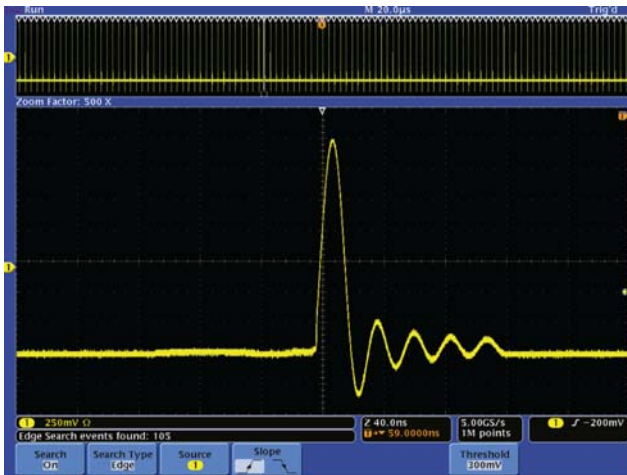


图 4. Wave Inspector® 标记长采集中越过 300mV 的每个脉冲。

图 4 是查找越过 300mV 门限的上升沿非常简单的搜索设置图。搜索生成的标记沿着顶边在上方窗口和下方窗口中显示为空心白三角形。这一搜索得到放在整个记录中的 105 个标记。现在，您只需按前面板上的上一个按钮和下一个按钮，就可以从一个脉冲跳到下一个脉冲，而不需调节缩放标度或位置！

但是，Wave Inspector® 搜索功能远远不止于简单的边沿搜索。想象一下您处理的芯片有不确定的输出，其非常频繁，导致了整个系统瘫痪。您怀疑这是建立时间和保持时间超限引起的亚稳定问题。您只需几秒钟的时间，就可以指定搜索标准，让示波器在采集中自动找到每次发生指定的建立时间和保持时间超限。在这种情况下，我们使用的部件公开的建立时间和保持时间分别是 12 ns 和 6 ns。为使示波器自动找到这些超限，我们只需告诉它 Clock 在 Channel 1 上，Data 在 Channel 2 上，设置门限，输入希望的建立时间和保持时间。然后示波器检查整个采集中相对于每个时钟边沿的定时，标



图 5. 找到的六次发生建立时间和保持时间超限搜索结果。

明指定建立时间和保持时间超限发生。在图 5 中，我们搜索得到六次超限。六个事件在上方窗口中标上空心的白三角号。下方的窗口显示了其中一个超限的放大图。可以清楚地看到，数据线上的窄负脉冲超出了 12 ns 建立时间。

我们已经找到亚稳定来源，而不必手动滚动通过波形，也不必使用光标测量任何东西。您甚至可以调节建立时间和保持时间，查看 Wave Inspector® 找到多少个事件，进行最坏情况检查。例如，您可以把保持时间设为零，然后降低建立时间，直到只找到一个事件<sup>1</sup>。

Wave Inspector 提供的另一个强大的搜索功能是搜索总线中的数据。可以使用前面板总线按钮，定义自己的信号，如 I<sup>2</sup>C、SPI、USB、CAN、LIN、FlexRay、RS-232/422/485/UART、I<sup>2</sup>S/LJ/RJ/TDM、以太网、MIL-STD-1553 或并行总线。然后示波器将把总线解码成分组，以有意义的形式显示信息。可以触发或搜索分组中的数据。(要求选配应用或应用模块。)

<sup>1</sup> MSO/DPO5000、DPO4000 和 DPO3000 系列示波器支持搜索时钟与另一条输入通道上的数据之间的建立时间和保持时间违规。为进一步简化波形分析，MDO4000、MSO4000、MSO3000 和 MSO/DPO2000 系列示波器支持在示波器所有模拟输入通道和数字输入通道上同时搜索建立时间和保持时间违规。

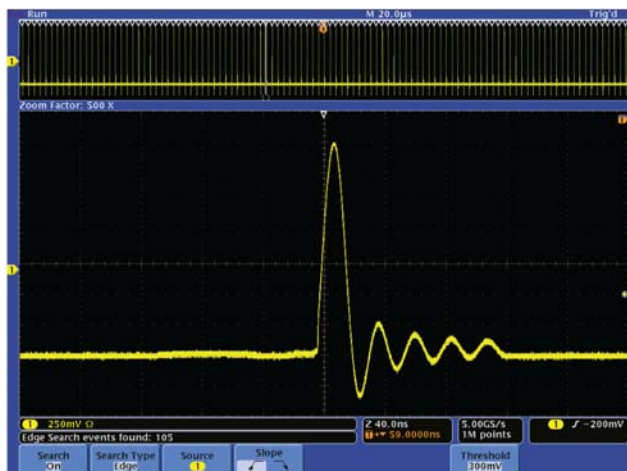


图 6. 搜索 CAN 消息中的特定 Identifier 和 Data 值。

这种触发对隔离包含问题的时间窗口至关重要,而更可能的是您需要查看多个分组上的总线行为,了解系统级发生的情况。总线搜索功能可以指定分组级指标,在每次发生时进行记录,进而迅速进行查看、导航和分析。仍以前面的 CAN 实例为例,在图 6 中,我们使用我们感兴趣的特定 Identifier (549)和 Data (A1)值,在 CAN 总线长采集数据中搜索每个消息。

Wave Inspector 在采集中找到有四条消息满足标准。把缩放窗口从发生的一条消息移到另一条消息上,只需在前面板上按上一个按钮和下一个按钮。由于示波器为您解码分组,您可以立即看到所有相关信息,而不必从模拟波形中手动解码。

除上面的实例外, Wave Inspector®还可以搜索许多其它类型的事件。表 1 列明了完整的搜索功能清单。



搜索类型	描述
边沿	搜索用户指定门限的边沿(上升沿或下降沿)。
脉宽	搜索>, <, = 或用户指定脉宽的正脉宽或负脉宽。
欠幅脉冲	搜索越过第一个幅度门限、但在再次越过第一个门限前未能越过第二个门限的正脉冲或负脉冲。 搜索所有欠幅脉冲或只搜索时长>, <, =, 或≠ 用户指定时间的脉冲。
逻辑	搜索多个波形中的逻辑码型(AND, OR, NAND 或 NOR), 其中每个输入设为 High, Low 或 Don't Care。 搜索事件为真、为假或在>, <, =, 或用户指定时间内保持有效的事件。此外, 可以定义其中一个输入, 作为同步(状态)搜索的时钟。
建立时间和保持时间	搜索用户指定的建立时间和保持时间超限。
上升时间 / 下降时间	搜索>, <, =, 或用户指定时间的上升沿和 / 或下降沿。
总线	<p>I<sup>2</sup>C: 搜索 Start, Repeated Start, Stop, Missing Ack, Address, Data 或 Address &amp; Data。</p> <p>SPI: 搜索 SS Active, MOSI, MISO 或 MOSI &amp; MISO。</p> <p>USB (仅 MSO/DPO5000、MDO4000、MSO/DPO4000B、MSO/DPO4000 系列): 同步, 复位, 暂停, 恢复, 包尾, 令牌(地址)包, 数据包, 握手包, 专用包或错误。</p> <p>RS-232/422/485/UART: 搜索 Tx 开始位, Rx 开始位, Tx 包尾, Rx 包尾, Tx 数据, Rx 数据, Tx 奇偶性错误和 Rx 奇偶性错误。</p> <p>CAN: 搜索帧头, 帧类型(数据帧, 远程帧, 错帧, 过载帧), 标识符(标准标识符或扩展标识符), 数据, 标识符和数据, 帧尾或未确认。</p> <p>LIN: 搜索同步, 标识符, 数据, 标识符和数据, 唤醒帧, 睡眠帧或错误, 如同步错误, 奇偶性错误或校验和错误。</p> <p>FlexRay (仅 MDO4000、MSO/DPO4000B、MSO/DPO4000 系列): 搜索帧头, 帧类型(正常帧, 净荷, 空帧, 同步, 开始), 标识符, 周期数, 完整的包头字段, 数据, 标识符和数据, 帧尾或错误, 如包头 CRC, 包尾 CRC, 空帧, 同步帧, 或启动帧错误。</p> <p>I<sup>2</sup>S/LJ/RJ/TDM (仅 MDO4000、MSO/DPO4000B、MSO/DPO4000、MSO/DPO3000 系列): 搜索字选, 帧同步或数据。</p> <p>10BASE-T 和 100BASE-TX 以太网(仅 MDO4000 和 MSO/DPO4000B 系列): 搜索起始帧分界符, MAC 地址, Q 标记控制信息, MAC 长度 / 类型, MAC 客户端数据, IP 包头, TCP 包头, TCP-IPv4 客户端数据, 包尾, 空闲或 FCS (CRC)错误。</p> <p>MIL-STD-1553 (仅 MDO4000, MSO/DPO4000B, MSO/DPO4000 系列): 搜索数据包级信息。</p> <p>并行(仅 MSO/DPO5000, MDO4000, MSO4000B, MSO4000, MSO3000, MSO2000 系列): 搜索数据值。</p>

\* 为 MSO/DPO5000 系列提供了额外的搜索类型。

表 1. 搜索事件列表。



图 7. 搜索侧面菜单。

### 多次搜索

这时一个明显的问题是：“如果我想执行另一项搜索，但不想丢失第一次搜索的结果(标记)，那么该怎么办呢？”您只需选择Save All Marks菜单选项，就可以看到白色的空心三角形搜索标记变成实心，与放在前面板 Set Mark 按钮上的标记相同。这些标记现在保存在波形上，然后可以执行新的搜索。可以多次进行这一操作，有效创建无限的搜索能力。当然，如果想从清空状态开始，可以按Clear All Marks按钮，从波形中清除所有标记，也可以使用Set/Clear Mark前面板按钮，删除任何一个标记。

### 搜索与触发交互

Search 菜单中还包括另外两个强大的、节约时间的功能：能够把触发设置复制到搜索中，及把搜索设定值复制到触发中。在希望搜索采集结果，查看捕获的数据中是否有其它触发事件发生时，可以把当前触发设定值复制到搜索菜单中。而当已经在数据中发现事件，想使用该事件作为触发标准重新采集新数据时，则可以把搜索设定值复制到触发菜单中。

### Wave Inspector，支持高级搜索和标记

MSO/DPO5000 系列把 Wave Inspector 与高级搜索和标记功能结合在一起，扩展了搜索和标记功能。MSO/DPO5000 可以同时搜索最多 8 个不同的事件。在采集的信号中找到事件时，这些产品还可以停止采集，使用软件触发扩展了产品的硬件触发功能。

### 总结

现代数字示波器可以捕获海量数据。直到现在，搜索这些数据一直是一个耗时麻烦的过程。通过泰克 Wave Inspector®导航和搜索功能，您可以以不同于任何其它示波器的效率和精度，获得所需的答案。

下述示波器中提供了 Wave Inspector® 导航和搜索功能：

	MSO/DPO5000 系列	MDO4000 系列	MSO/DPO4000B 系列	MSO/DPO3000 系列	MSO/DPO2000 系列
带宽	2 GHz, 1GHz, 500 MHz, 350 MHz	1GHz, 500 MHz	1 GHz, 500 MHz, 350 MHz	500 MHz, 300 MHz, 100 MHz	200 MHz, 100 MHz
通道数量(模拟)	4 条模拟通道	4 条模拟通道	2 条或 4 条模拟通道	2 条或 4 条模拟通道	2 条或 4 条模拟通道
通道数量(RF)	–	1 条 RF 通道	–	–	–
通道数量(数字)	16 条数字通道 (MSO 系列)	16 条数字通道	16 条数字通道 (MSO 系列)	16 条数字通道 (MSO 系列)	16 条数字通道 (MSO 系列)
记录长度 (所有通道)	标配 12.5 M 选配最高 125 M	20 M	最高 20 M	5 M	1 M
采样率	最高 10 GS/s	最高 5 GS/s	最高 5 GS/s	2.5 GS/s	1 GS/s
显示器	10.4 英寸 XGA	10.4 英寸 XGA	10.4 英寸 XGA	9 英寸 WVGA	7 英寸 WQVGA
串行总线触发 和分析	I <sup>2</sup> C, SPI, CAN, LIN, RS-232/422/485/ UART	I <sup>2</sup> C, SPI, USB, CAN, LIN, FlexRay, RS-232/422/485/UART, I <sup>2</sup> S/LJ/RJ/TDM, 以太网, MIL-STD-1553	I <sup>2</sup> C, SPI, USB, CAN, LIN, FlexRay, RS-232/422/485/UART, I <sup>2</sup> S/LJ/RJ/TDM, 以太网, MIL-STD-1553	I <sup>2</sup> C, SPI, CAN, LIN, FlexRay, RS-232/ 422/485/UART, I <sup>2</sup> S/LJ/RJ/TDM, MIL-STD-1553	I <sup>2</sup> C, SPI, CAN, LIN, RS-232/422/485/UART

**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**  
北京市海淀区花园路4号  
通恒大厦1楼101室  
邮编: 100088  
电话: (86 10) 5795 0700  
传真: (86 10) 6235 1236

**泰克上海办事处**  
上海市徐汇区宜山路900号  
科技大楼C楼7楼  
邮编: 200233  
电话: (86 21) 3397 0800  
传真: (86 21) 6289 7267

**泰克深圳办事处**  
深圳市福田区南园路68号  
上步大厦21层G/H/I/J室  
邮编: 518031  
电话: (86 755) 8246 0909  
传真: (86 755) 8246 1539

**泰克成都办事处**  
成都市人民南路一段86号  
城市之心23层D-F座  
邮编: 610016  
电话: (86 28) 8620 3028  
传真: (86 28) 8620 3038

**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20层K座  
邮编: 710065  
电话: (86 29) 8723 1794  
传真: (86 29) 8721 8549

**泰克武汉办事处**  
武汉市解放大道686号  
世贸广场1806室  
邮编: 430022  
电话: (86 27) 8781 2760/2831

**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) 2585 6688  
传真: (852) 2598 6260

**有关信息**

泰克公司备有内容丰富的各种应用文章、技术简介和其他资料, 并不断予以充实, 可为从事前沿技术研究的工程师提供帮助。请访问泰克公司网站 [www.tektronix.com.cn](http://www.tektronix.com.cn)



版权 © 2012 年, 泰克有限公司。版权所有。Tektronix 产品, 不论已获得专利和正在申请专利者, 均受美国和外国专利法的保护。本文提供的信息取代所有以前出版的资料。本公司保留变更技术规格和售价的权利。TEKTRONIX 和 TEK 是 Tektronix, Inc. 的注册商标。本文提及的所有其它商号分别为其各自所有公司的服务标志、商标或注册商标。

02/12 EA/FCA-POD

48C-19039-B

**Tektronix®**