

双示波器同步

应用指南

引言

带宽超过12GHz的泰克DPO/DSA/MSO70000示波器在4条通道每条通道上同时提供50 GS/s的采样率，或以隔行扫描方式在2条通道上提供100 GS/s的采样率。隔行扫描操作带来了一个机会，您可以使用两台同步仪器，以100 GS/s对4条通道采样。

隔行扫描电路便于进行100 GS/s操作，电路集成到示波器内部的采集系统中。从非隔行扫描操作切换到隔行扫描操作要求通过前面板旋钮(分辨率旋钮)或可编程界面来改变采样分辨率。

为什么要花费同步两台仪器的费用和麻烦呢？对某些应用，如复杂调制光学信号的相干信号分析，过采样会使噪声下降20%，极大地改善挑战性的小信号环境中的误码率性能。

可以通过多种方式配置双示波器系统，进行同步采集，但会得到不同的同步精度。本应用指南介绍了两台示波器之间最精确的同步采集方法。

同步方式

通道采样同步(在两台仪器中对准时间相关的事件)由三个要素组成：通道偏差、采集样点对准和触发对准。各条通道的偏移校正调节可以处理通道偏移。可以使用外部参考时钟，实现采样对准。通过对每条长度匹配的通道审慎地应用相同的触发信号，可以实现触发对准。采样对准和触发对准都会产生抖动，抖动具有随机特点，很难从采集中消除。

同步

为便于使用两台示波器以100 GS/s实现4通道采样，泰克新的DPO/DSA/MSO70000C示波器增强了系统时钟，在两台仪器之间提供紧密定时同步。在隔行扫描模式下，增强的系统时钟采用10 MHz外部参考时钟，提供了采集采样功能，对从最短采集时间到10 μ s的单次采集，其在两台仪器中同步到 ± 500 fs_{RMS}。从100 μ s直到仪器的最大采集时间(在一定程度上在10 μ s和10 ms之间线性提高，然后稳定在大约3 ps)，同步保持在 ≤ 3 ps_{RMS}。

偏移校正

两台示波器同步开始采集(触发)受到两个运行方面的影响。首先，必需校正通道偏移。通过使用匹配的电缆长度和电源分路器，实现距触发源(如外部触发信号)路径长度的物理匹配，来达到触发事件的粗同步。同步的精细控制通过对每条示波器通道使用偏移校正功能来实现。可以相互校正一台示波器的隔行扫描通道偏移。此外，通过使用标准偏移校正旋钮，还可以校正两台示波器的偏移，消除通过触发通道传播的微小差异。可以使用这些旋钮，执行最低1 ps的偏移校正对准。

触发同步还受到每个系统中的触发动抖影响。触发动抖取决于仪器中应用的信号的频率。例如，12 Gbps的PRBS信号可能会有高达2.6 ps_{RMS}的抖动。在使用两台示波器时，这个值相加，在两台仪器之间得到总计5.2 ps_{RMS}的最坏情况触发事件隔离度。通过使用示波器上的增强触发功能，每台仪器可以得到最低100 fs_{RMS}的触发动抖。

初步设置考虑因素

推荐设备

下面的列表列明了同步测试设置中使用的设备。实现这一结果使用的其它设备推荐如下：

- 两台MSO72004C实时示波器
- 一个10–100 MHz外部参考源(如AWG7122B)
 - 用于对准边沿、外部时基参考源和外部触发源
 - 设置的其中一台示波器还可以作为第二台仪器的时基参考源使用
- 延迟匹配电缆一个36英寸线对
- 延迟匹配电缆三个12英寸线对
- 四个三路SMA电源分路器
 - 还可以使用一个四路分路器和一个两路分路器
- 九个SMA F–F桶状连接器
- 六个TCA–292MM TekConnect适配器
- 三条36英寸BNC电缆
- 一个BNC T适配器F–F–F

信号路径校准(SPC)

使用下面的程序，补偿内部信号采集路径。如果环境温度自上次执行信号路径补偿以来的变化超过5°C (9°F)，应执行这一程序。每周执行信号路径补偿一次。未能补偿可能会导致仪器达不到保证的性能水平。

1. 仪器开机，预热20分钟，然后继续执行这一程序。
2. 断开已经连接到输入通道上的任何探头。
3. 把仪器设置成Menu模式。
4. 从Utilities菜单中选择Instrument Calibration。
5. 注意出现的控制窗口中Calibration Instructions下的说明。
6. 点击Calibrate，开始执行这一程序。这一程序可能需要几分钟才能完成。

外部参考源

使用后面板外部参考输入(Ext Ref)，把示波器时基同步到外部9.8 MHz–10.2 MHz参考频率源。参考输入电压范围为200 mV_{p-p} – 7 V_{p-p}。注意：在改变参考源时，必须执行信号路径补偿。

为最大限度地降低使用外部参考时钟输入(只在≥4 GHz仪器上提供)时的抖动：

- 在使用稳定低抖动时钟源时选择选项Low (Stable)。
- 在示波器需要追踪外部时钟，使抖动达到最小时，选择选项High (Tracking)。

通过使用输入转换速率超过1.5V/ns的干净参考信号，可以接近内部参考源的性能。最简便的实现方式是使用满足该转换速率的方波，或使用100 MHz正弦波(~2V_{pk-pk})。为在同步采样应用中实现最佳性能，要求进行这一操作。

外部触发源

通过使用其中一条模拟通道作为触发源，可以实现最优的触发动作性能。如果应用采用100 GS/s采样率，可以使用其中一条禁用的通道(如CH2和CH4，使用CH1和CH3作为数据输入)作为触发源，而不会干扰100 GS/s操作。在这种配置下，可以使用任何PinPoint触发功能。

连接器扭矩

为保证最佳的信号保真度，所有连接器应使用适合SMA尺寸的扭矩扳手紧固到5英寸磅。

设备设置

父子示波器连接

在设置和下面的程序中，我们使用“父”“子”来区分作为采集对准参考源的仪器(父)和接收对准参考源的仪器(子)。同步中使用的示波器不直接彼此相连，而是使用外部触发源及外部参考源连接起来。

仪器配置

视正在运行的配置情况，父示波器和子示波器的连接完全相同。本文将讨论可能的多种配置中的一种配置。这种配置使用外部触发源和外部时钟参考，外部触发源和外部时钟参考分开，通过匹配的路径长度分别输送到两台仪器中。可以以多种方式配置示波器，在抖动和参考时钟定时变化方面提供不同的性能水平。这里描述的方法提供了使用指定设备所能实现的最佳性能。

外部触发源

在这里描述的设置中，父示波器和子示波器上的其中一条模拟通道作为示波器中使用的边沿触发源；使用其中一条模拟通道提供了最低的触发抖动，从而保证信号在时间上更紧密地对准。泰克AWG7122作为外部触发源使用，该信号被分开，然后连接到父示波器和子示波器的通道4输入上。

外部参考时钟源

为最大限度地降低独立运行的两台仪器的采样时钟之间可能存在的任何差异，外部参考时钟被输送到父示波器和子示波器。AWG7122 “Reference Out”在父示波器和子示波器之间分开，连接到示波器背面的“Ref In”。这里值得一提的是，尽管AWG7122B在这种设置中作为示波器的时钟参考源使用，但还可以使用拥有高转换速率、优秀的频率稳定性及低噪声的任何10 MHz外部时钟发生器。

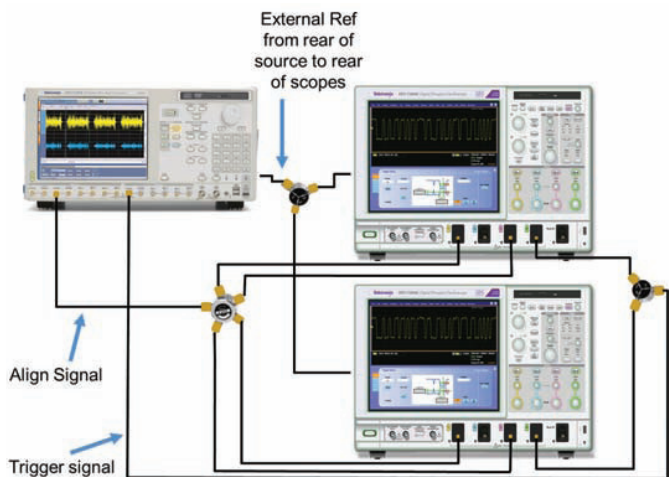


图1. 双示波器同步使用的信号源和示波器连接。

连接程序：

1. 把一条36” BNC电缆连接到AWG的“Reference Out”或其它适合的时基参考源上，使用BNC “T” 适配器，把信号分到两条36” BNC电缆中。
2. 把第1步中连接的两个分开时基信号连接到父示波器和子示波器的“Ref In”。
3. 把一条36” SMA电缆连接到AWG的CH1 Analog out或其它适合的信号源上，信号源应能够输出简单的阶跃，上升沿大于~60 ps。把这条电缆的末端连接到一个四路SMA信号分路器上，把12” 延迟匹配SMA电缆的两个线对连接到四路分路器四个打开的连接器上。
4. 使用12” 匹配SMA电缆的两个线对末端(AWG分开的CH1 Analog out)，把一个线对连接到父示波器的通道1和通道3，把第二个匹配线对连接到子示波器的通道1和通道3。

5. 把一条36” SMA电缆连接到AWG的CH2 Analog out或其它适合的可以作为采集触发源的信号上。把两路SMA分路器连接到这条SMA电缆的另一端，然后把12” 延迟匹配SMA电缆的一个线对连接到两路分路器的两个开放连接上。在理想情况下，我们连接AWG CH2的36” 电缆应该是匹配的SMA成套电缆的第二条腿，第一条腿是第3步中提到的36” SMA电缆。

6. 连接到AWG CH2的12” 匹配线对的末端将作为父示波器和子示波器的触发源。把12” SMA电缆线对的一端连接到父示波器的通道4，把另一端连接到子示波器的通道4。

7. 在父示波器和子示波器上，需要把时基使用的参考源变成外部来源。在TekScope程序中把参考源改成外部参考源：进入“Utilities” > “Instrument Calibration”，选择“External” 作为来源。

8. 然后在父示波器和子示波器的TekScope程序中，需要为两台仪器触发选择公共触发源。在我们的设置中，我们已经使用两台仪器的通道4作为公共触发。您可以有不同的选择，并相应分配触发来源。

参见图1，其以可视方式说明了本文件中的设备连接方式。

在完成上面第1-6步以后，您可以准备执行两台仪器同步的下一个重要部分：偏移校正。

偏移校正程序

校正两台仪器的偏移保证了在两台仪器的通道之间可以实现 $\leq 2pS_{RMS}$ 的同步。通过对父示波器和子示波器上每条通道应用小的偏移(按需确定,一般是几皮秒),两台示波器对准一个公共时点(在本例中是父示波器的触发源),这样与我们只使用硬件设置相比,采集在时间上会更加紧密地对准。这种手动偏移校正程序作为整个同步操作的一部分必不可少,在设置发生任何变化时,都应进行这种校正;如有疑问,应从连接程序开头开始,直到执行偏移校正。

偏移校正步骤:

1. 按父示波器和子示波器前面板上的“Default Setup”按钮。
2. 根据本文第3页描述,执行SPC校准(确保信号发生器输出关闭)。
3. 确保示波器以打算测量的实际信号那样进行设置(垂直、水平、采样率……)。这可能要求考虑不同的偏移校正对准来源,因此应使用与特定需求相适应的对准信号。
4. 采用前面“父示波器和子示波器”连接部分描述的仪器设置,准备开始校正仪器移偏。
5. 在父示波器和子示波器上,把仪器设置成平均采集模式:进入“Horiz/Acq” > “Horizontal/Acquisition Setup”,选择“Acquisition”一栏。按“Average”按钮启动平均功能,选择希望执行的平均数量。在设置中,我们使用512个平均采集,平滑波形,在确定偏移变化时提供可重复性更强的测量结果。您可以选择、也可以不选择平均对准信号,但不这样做可能会影响对准的性能,具体视对准使用的输入而定。
6. 在父示波器和子示波器的TekScope程序中,进入“Trigger” > “A Event (Main) Trigger Setup”,从用户界面中选择“Mode”一栏。确保“Enhanced Triggering”选项没有勾选。
7. 设置信号源,允许手动强制触发事件,然后按父示波器和子示波器前面的“Single”按钮。确保任意一台示波器实际上都没有采集数据,确保信号源等待您强制触发事件。
8. 现在,打开信号发生器或在信号源上强制触发事件,查看两台示波器已经进行采集。
9. 如果要求100 GS/s操作,那么您需要按特定顺序校正通道偏移,确保能够以100 GS/s速率采集。您一次只能在两条通道上以100 GS/s速率采集数据(在70000C系列仪器上)。在以100 GS/s速率运行时,您可以使用通道1&3、1&4、2&4或2&3。
10. 现在您在父示波器和子示波器屏幕上应该有两个采集;我们将使用这个采集进行测量,然后在需要时对两台仪器应用偏移校正。
11. 使用仪器屏幕上的光标和缩放功能,测量距离(时间),示波器的CH1中点从自己的触发点开始。然后把时间差作为CH1上的偏移校正值。对子示波器上所有其余通道重复这一操作。
12. 在父示波器上,使用上面第11步中描述的同一种程序,根据公共触发参考源校正父示波器上所有通道偏移。

总结

一旦完成了本文中讨论的操作，您的两台仪器可以在时间上同步，两台仪器的示波器通道之间同步时间约为 $1-2 \text{ ps}_{\text{RMS}}$ 。可以通过多种方式配置本文中介绍的程序和设置，提供不同的性能水平。通过使用仪器程控功能自动实现偏移校正和后续对准过程，还可以简化两台仪器同步。

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

更详尽信息

泰克公司备有内容丰富、并不断予以充实的应用文章、技术简介和其他资料,以帮助那些从事前沿技术研究的工程师们。请访问 www.tektronix.com.cn



版权所有© 泰克有限公司。泰克公司保留所有权利。泰克公司的产品受美国
和国外专利权保护,包括已发布和尚未发布的产品。以往出版的相关资料信
息由本出版物的信息代替。泰克公司保留更改产品规格和定价的权利。
TEKTRONIX 和 TEK 是泰克有限公司的注册商标。所有其他相关商标名称是
各自公司的服务商标或注册商标。

07/11 EA/WWW

55C-26594-0

Tektronix[®]