

D9020ASIA

用于 Infiniium 系列示波器的高级信号完整性软件

D9020ASIA 适用于高速数字应用中需要应对眼图闭合问题的客户。均衡、InfiniiSim 和串扰/电源完整性套件可以深入分析眼图闭合的原因，探索让眼图重新打开的方法。这款软件适用于所有 Infiniium 系列示波器。



目录

| | |
|--------------------------------------|----|
| 背景：为什么需要均衡？ | 3 |
| 产品概述 | 3 |
| 串行数据均衡 | 4 |
| 简单的均衡设置 | 4 |
| CTLE、FFE 和 DFE 仿真 | 5 |
| 连续时间线性均衡（CTLE） | 5 |
| 灵活的时钟恢复 | 5 |
| 串扰分析 | 6 |
| 串扰分析有什么重要作用？ | 6 |
| 我们的解决方案 | 7 |
| 串扰的类型 | 8 |
| 串扰网络模型 | 9 |
| 串扰分析难题得到解决 | 10 |
| 测试设置 | 11 |
| 串扰分析结果示例 | 12 |
| InfiniiSim | 16 |
| 什么是 InfiniiSim? | 16 |
| 为提高效率的通用模型 | 17 |
| 根据所需的详尽程度对系统建模 | 18 |
| 订货信息和相关文献 | 21 |
| 灵活的软件许可策略和 KeysightCare 软件支持预订 | 21 |
| 选择适合您的许可证 | 22 |
| 示例 | 22 |
| 相关文献 | 22 |

背景：为什么需要均衡？

随着数据速率的提高，ISI、噪声、有损信道和其他因素会导致从发射机到接收机的信号质量下降。发生的损耗越大，接收机比较器就越难以区分“1”和“0”。受到高数据速率和有损信道的共同影响，在发射机上显示为打开的眼图在接收机上会显示为闭合。接收机需要具备评估 1 和 0 的能力。随着眼图的闭合程度越来越高，接收机要将正确的值解析为 1 或 0 也变得更加困难。这种困难最终会导致严重的数据损坏和错误。均衡采用先进的滤波技术来校正当前比特的电压电平。通过滤波消除大部分码间干扰，均衡可以将闭合的眼图变为打开的眼图，并能显著减少数据损坏。借助均衡软件，您可以洞悉设计人员的均衡器设计，并获得关于均衡后通道链路可行性的关键数据。

使用低噪声示波器也很重要。如果示波器的噪声非常低，那么均衡能让眼图打开得更大。请记住，均衡会放大一切不是由 ISI 引起的噪声，包括示波器噪声。Infiniium 示波器具有非常低的本底噪声，因此将会被放大的噪声非常少，均衡精度非常高。

均衡要求示波器知道时钟在哪里进行转换。示波器通过时钟数据恢复功能获知转换发生的位置，从而实现均衡。完整的时钟数据恢复功能只在串行数据分析软件套件中提供，所有软件版本为 6.30 或更高的 Infiniium 示波器均标配该软件套件。

产品概述

用于 Infiniium 系列示波器的是德科技串行数据均衡（SDE）软件通过仿真判决反馈均衡（DFE）、前馈均衡（FFE）和连续时间线性均衡（CTLE）实时建模，提供快速而精确的均衡。SDE 软件允许用户输入自己指定的抽头值，也能帮助 FFE 和 DFE 设计人员找到最佳抽头值。CTLE 支持直流增益和最多三极点建模。

SDE 软件可与 Infiniium 系列示波器独有的 Infiniium 数据加速器（IDA）芯片配合使用，针对因为串行数据链路而部分闭合或完全闭合的实时眼图提供快速更新和分析。SDE 软件套件包括一个向导程序，该向导程序提供浅显易懂的逐步引导，帮助您设置和仿真完全均衡。D9020ASIA 与软件版本为 6.30 或更高的所有 Infiniium 示波器兼容。

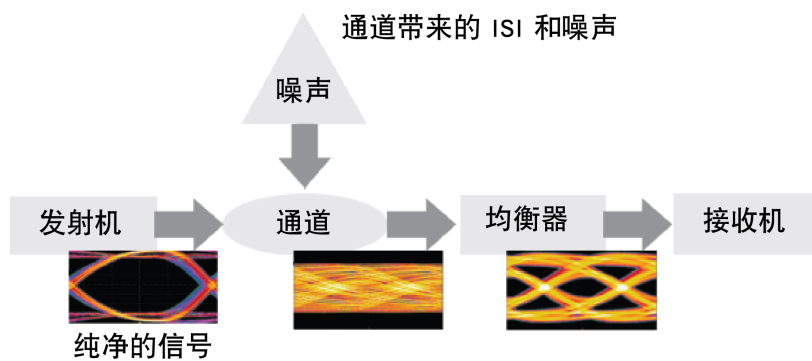


图 1. 一个完整的链路。

串行数据均衡

简单的均衡设置

串行数据均衡软件进一步扩大了 Keysight Infiniium 示波器简单易用的优势，可以对接收机执行完整的分析。均衡向导程序可以引导您快速完成设置并执行均衡。直观的显示和清晰的信息标签让您可以轻松执行复杂的均衡仿真。SDE 向导程序会引导您完成七种不同均衡场景的设置。

1. 仿真 FFE 或 CTLE，但不显示实时眼图。您看到的只有波形。这个选项让您可以使用均衡后的波形进行进一步的分析，例如抖动去补偿。

2. 不应用均衡。选项 2 让您可以查看没有应用均衡时的眼图。这个选项非常适合用来比较不同均衡方法的影响。

3. FFE 或 CTLE 仅用于恢复时钟，不对参考眼图进行均衡。随着实时眼图逐渐趋向至完全闭合，软件由于很难区分 1 和 0 并提供正确的数据速率，所以很难恢复时钟。有了这个选项，即使在眼图闭合的情况下您也可以轻松恢复时钟。

4. FFE 或 CTLE 仿真。

5. 标准 DFE 仿真。这个选项有一点需要注意，如果您的实时眼图是闭合的，那么 DFE 无法正常运行。您需要使用下一个选项，通过 FFE 或 CTLE 稍微打开眼图，然后再使用 DFE。

6. 闭合眼图的标准 DFE 仿真。请注意，FFE 或 CTLE 用于恢复时钟，但不会在实时眼图中显示。

7. 对实时眼图应用 FFE，然后再应用 DFE。这两个均衡的结果都会最终的实时眼图中显示。

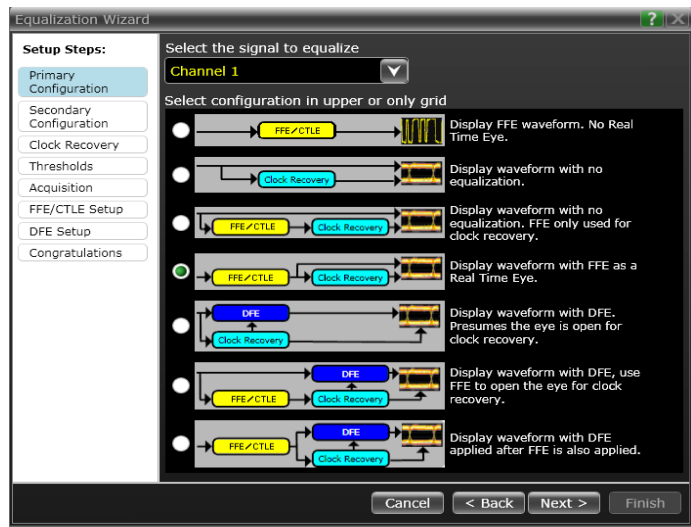


图 2. 向导程序中的均衡选项。

CTLE、FFE 和 DFE 仿真

SDE 软件可以全面仿真判决反馈、前馈和连续时间线性均衡。该软件能够灵活地比较非均衡波形与均衡波形的实时眼图，或者是比较 DFE 波形与 FFE 波形或 CTLE 波形。

SDE 软件让您可以快速比较不同的抽头值。抽头值是无量纲的校正系数，在均衡期间用于串行数据码型中的位电压电平。您可以将抽头值视为接收机应当接收到的电压与其实际接收到的电压之比。抽头值是否准确关系到能否在接收机上建立理想的实时眼图模型。串行数据均衡软件能够对最多 40 个抽头值建模，从而节省您的大量时间。除此之外，您可以使用串行数据均衡软件套件来查找哪种抽头值组合能让眼图达到最大高度。SDE 软件为 FFE 仿真提供了前导游标抽头功能。

串行数据均衡提供多个输入，其中包括“眼宽”选项，能够根据设计人员是需要更高还是更宽的眼图来优化抽头值。串行数据均衡与某些均衡仿真套件不一样，它可以使用任何码型，并且不需要知道设计人员使用的是哪种码型。

连续时间线性均衡 (CTLE)

当今的许多标准都将 CTLE 纳入一致性测试要求。SDE 软件可以更容易地验证仿真结果。您只需输入直流增益值、零频率以及极点 1 和极点 2 的频率值，即可开始设计验证。串行数据均衡还支持 USB 3.1 的特定 CTLE。

灵活的时钟恢复

选择恒定频率、一阶锁相环 (PLL)、二阶 PLL 时钟恢复、显式时钟、显式一阶 PLL、显式二阶 PLL 或光纤通道时钟恢复方法。您可以调整中心频率和带宽，如果是二阶 PLL 的话，则可以调整阻尼系数。

均衡的一阶和二阶 PLL 是均衡软件的新功能，您可以通过这个功能在闭合的眼图上恢复时钟。首先将 FFE 或 CTLE 应用到波形，然后恢复时钟，即可在闭合的眼图上恢复时钟。

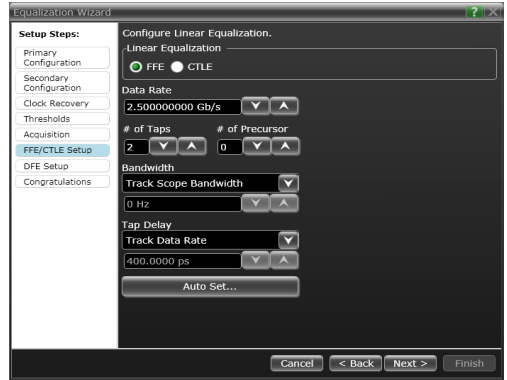


图 3. 向导程序中的线性均衡设置。

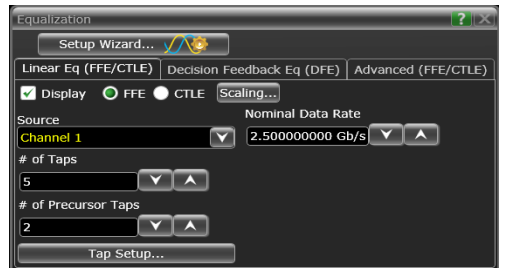


图 4. 向导程序允许您在 FFE、CTLE 和 DFE 中做出选择。

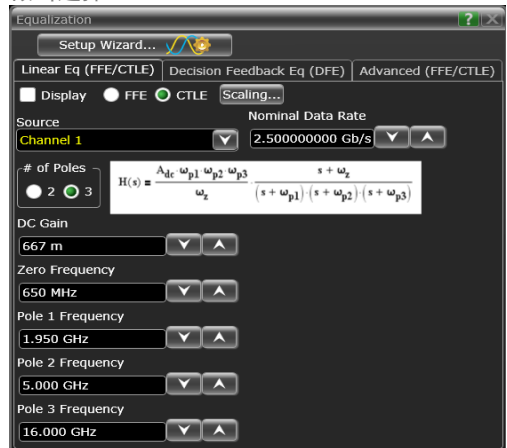


图 5. 串行数据均衡支持二极点 and 三极点 CTLE。

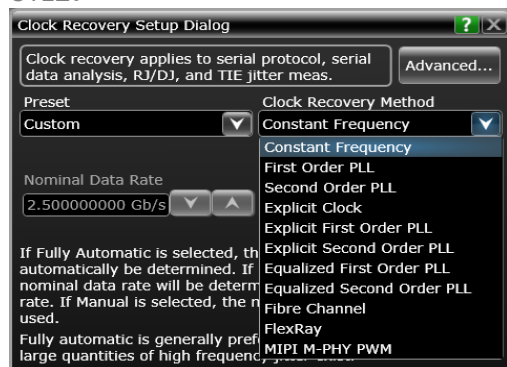


图 6. 时钟恢复设置。

串扰分析

串扰分析有什么重要作用？

移动设备的数据通信速度和电路密度都在提高，导致紧密相邻的多个通道上出现了非常高的串行数据速率。这样的组合使得串行数据信号之间的串扰失真增加。因此，串扰成为了亟待诊断和量化评测的一个重要问题。随着串行数据速率的提高，集成电路电源也越来越容易受到串扰的影响。来自串行数据信号和开关电源的同步开关噪声（SSN）和接地反弹会给电源造成扰动，从而让它们所驱动的数据通道出现噪声和抖动等形式的失真。

诊断和表征串扰并不是新出现的需求，但在数字通信系统中，测量串扰过去一直依赖于选择性地禁用某些通道，同时启用另一些通道。这必然要求系统在特殊的测试模式下工作，同时测量系统中的串扰效应，也就是说要在异常条件下进行串扰测量。更糟糕的是，有些系统甚至无法运行所需的特殊模式。

我们的解决方案

是德科技开发的串扰分析应用软件可以协助诊断和量化分析串扰，无需被测系统在任何特殊测试模式下运行。该应用软件的工作是构建多个测得信号之间串扰机制的最优模型。比方说，用户可以同时获取运行中系统的最多四个信号，然后配置该应用软件来计算信号之间的最优串扰模型。一旦得出模型，即可显示包含和不包含干扰源串扰的各个受扰信号。通过这种方式，您可以对包含和不包含串扰的受扰信号进行噪声、抖动和眼图测量，从而量化分析每个干扰源对这些受扰信号的测量值的贡献。

此应用软件不仅能检测串扰的存在并对其进行量化分析，还可以确定每个干扰源带给受扰信号的相对误差幅度。此外，它还可以切实地消除受扰信号的串扰影响，让您可以查看原始波形与干净波形并排比较的结果。您可以直接在示波器显示屏上比较“之前”和“之后”的波形，也可以与其他示波器分析工具（如实时眼图或抖动分析）的测量结果进行比较。通过这种方式，您能够直接量化确定消除各种串扰源会带来多大的改善。

串扰分析应用软件可以提供针对设计很多有价值的深入洞察。例如，它可以帮助您确定没有串扰时设计可以恢复的裕量。它还可以帮助判定未达到设计规范的信号在没有串扰的情况下是否可以达标。这种方法可以帮助工程师们做出重要的设计决策，如决定是否值得花时间和精力来改善串扰影响，以及应该对电路板设计进行哪方面改进。

串扰分析应用软件的特性包括：

- 一次分析最多四个信号（干扰源或受扰信号）。
- 执行串扰分析时无需进行串扰仿真或建模。
- 能确定并报告各个干扰源带给受扰信号的串扰量。
- 绘制无串扰波形。采用示波器工具（如眼图和抖动分离）将其与原始波形进行比较，看看可以恢复多少裕量。
- 设置向导程序引导用户设置干扰源和受扰信号以及运行串扰分析。

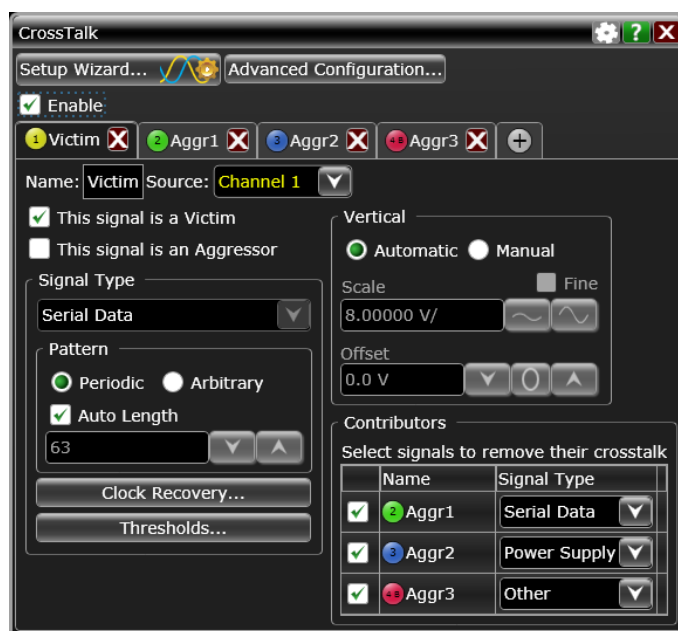


图 7. 是德科技串扰分析应用软件用于分析串行数据、电源以及其他串扰源对受扰信号的影响。一次分析最多四个信号。

串扰的类型

传输线串扰

平行的传输线是产生串扰的主要因素。传输线之间的互感和互容使得能量可以从一个通道耦合到另一个通道。电容耦合产生的电压会形成双向电流，而电感耦合只会形成反向电流。两者加到一起后，两个电流在反方向上互相加强，但在正方向则（至少在一定程度上）彼此抵消。反向行波返回到发射端，称为“近端”串扰（NEXT）；正向行波则会到达接收端，称为“远端”串扰（FEXT）。这些波形的幅度和形状各不相同。

电源干扰源串扰

电源也可能是在数据线上产生干扰的一大来源，它会产生噪声和抖动。这种类型的干扰可以简单地称为“电源噪声”，但其效果类似于传统的串扰，因此干脆直接将电源视为另一个串扰源。

电源中的噪声和电压漂移会影响电源驱动的串行数据波形的时序。时序误差可以通过许多不同的机制发生，例如由电压相关的驱动器阻抗导致的相位变化，以及由压控振荡器引起的频率变化。由此产生的抖动称为电源引发抖动（PSIJ）。

在另一种情况下，当逻辑电平切换到该值时，电源可能直接连接到传输线。因此，电压轨上的噪声和偏置可以直接传输到比特流。虽然这看起来比较简单，但它实际上比平行传输线更为复杂。仅当比特流处于特定逻辑电平时才可能存在干扰（对于 Vcc 干扰源，它可能仅在逻辑电平为高时出现，而对于 GND 干扰源，它可能仅在逻辑电平为低时出现）。因此，很可能高压比特会遇到很大噪声，而低压比特很少有噪声（反之亦然）。这是一种非线性（或电压相关）干扰。

电源受串扰干扰

电源电压（包括大地）的信号完整性会受到它们驱动的电器的影响。一个常见的例子是同步开关噪声（SSN），它可以产生接地反弹（Vcc 轨也可以“反弹”并且可以称为 Vcc 凹陷）。SSN 可由位于器件（芯片）接地和系统（电路板）接地之间的寄生电感而发生。

输出电压改变状态时，它通过开关晶体管吸收电流。当该电流流到大地时，它会使寄生电感上产生压降。该压降反过来会改变您在器件接地端测量的电压。一旦数据发生跳变，在该处测量的电压可能发生上下反弹。当多条线路同时切换状态时，由于会吸收更多电流，所以该效应进一步放大。此外，取决于阻抗和各种开关时延，地弹可能也表现出具有振铃效应。

串扰网络模型

串扰应用软件根据测得的波形构建不同类型的串扰模型，被测波形由干扰和受扰信号类型决定。举一个最简单的例子，如果干扰和受扰信号都是串行数据信号，那么模型是一个线性 n 端口传递函数模型。图 2 是一个 2 通道串行数据系统的简单例子。该传输系统的物理结构包括两个发射机、两个接收机和一个在它们之间连接的 4 端口线性网络模型。探测这两个串行数据通道，可以为串扰应用软件提供输入波形。

应用软件首先通过提取每个波形的串行时钟和数据码型对其进行分析。然后使用理想的数据码型作为 4 端口线性串扰模型的输入（图 3）。它计算最佳拟合传递函数模型，将理想波形转换成实际测得的波形。在该模型中， h_{11} 和 h_{22} 代表信号本身的 ISI，而 h_{21} 和 h_{12} 则代表这两个信号间的耦合或串扰。这种方法使得串扰分析应用软件能消除测得波形中的串扰效应、ISI 效应或同时消除这两个效应。

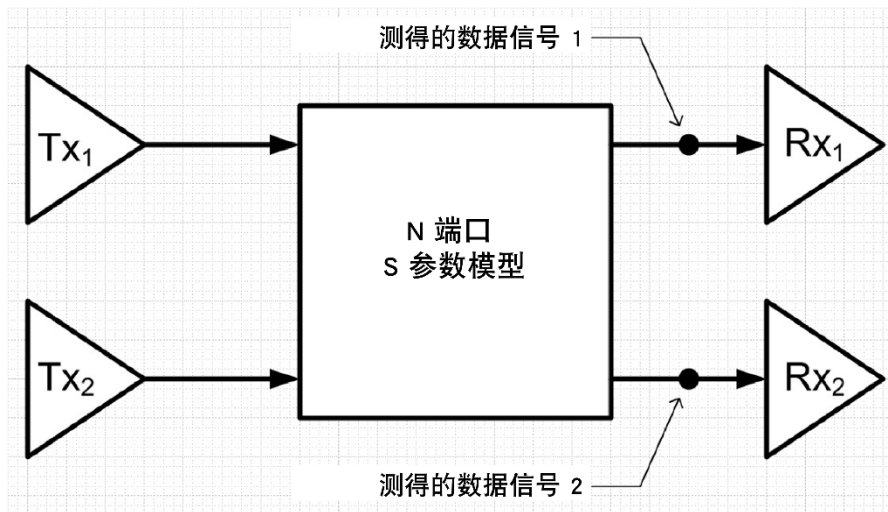


图 8. 两条平行传输线的 4 端口网络模型。黑色点显示远端可能的探头位置。

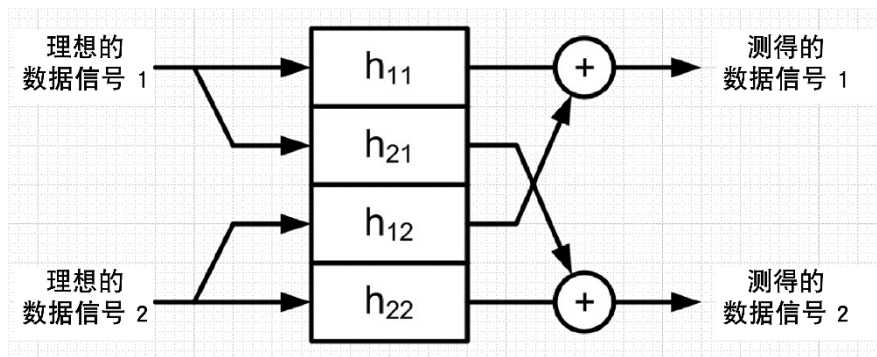


图 9. 串扰分析应用软件计算 4 端口线性串扰模型，该模型将理想波形转换成实际测得的波形。

串扰分析难题得到解决

揭示网络模型特性并估算其参数，一种方法是有选择性地关闭受扰和/或干扰波形。例如，您可以通过关闭通道 1 并打开通道 2 来呈现通道 1 接收的串扰。通道 1 上生成的波形是纯串扰（和噪声）。另外，您也可以反过来，打开通道 1 并关闭通道 2 来呈现通道 2 接收的串扰。通道 2 上生成的波形为不受任何通道 1 串扰影响的干净输出。为了量化分析此关系，您可以在不同的波形上进行测量，如峰到峰电压测量或眼图。

然而，这种方法虽然简单，但也存在许多问题。首先，它可能无法或不方便选择性地启用或禁用不同的数据流。其次，这种方法繁琐、耗时。例如，在 4 通道系统中，有 16 对干扰/受扰信号（如果包括 ISI），这就需要进行大量的测试设置、测量，以及结果要单独查看且必须手动记录。第三，由于测量不是同时进行，任何建设性或破坏性的干扰效应都将会丢失。第四，如果干扰源来自网络之外（如不能被禁用的电源输入），那么此方法根本行不通。

是德科技串扰工具通过使用单一测试装置（同时采集所有数据通道）来对网络模型进行估算，从而解决这些问题。只需使用示波器对每条传输线进行探测，然后启用应用软件即可构建此模型。构建好模型之后，应用软件会显示一些测量结果，如每对干扰/受扰信号的串扰大小，并且也会显示消除了串扰之后的或“干净”的波形。消除了串扰的波形仿真的是禁用指定干扰源后的波形。此波形与其他波形一样在示波器上进行处理，因此可以用作任何其他示波器测量或分析的输入。例如，您很容易就可以看到之前和之后的眼图，或使用 EZJIT Plus 对之前和之后的抖动分量进行比较。

测试设置

探测

要建立串扰测试设置，只需探测分析所有需要研究的传输通道和电源信号。目前本应用软件总共支持四个输入波形。

对于串行数据信号，最好是在接收端探测所有受扰通道。这样可以捕获输送到接收机的实际波形。对于良好端接的传输线，这种探测方案将主要采集 FEXT，因为 NEXT 返回了发送端。然而，接收的波形也有可能同时包含 FEXT 和 NEXT 成分。要对 NEXT 进行具体分析，可以在发射端进行探测。在串扰工具中，您无需指定 NEXT 或 FEXT 测量，此应用软件将测量所有存在的串扰，无论它们是哪种类型。

对于电源干扰源串扰而言，最好是在接收端对受扰通道进行探测。对电源干扰源本身的探测可以在任何地方进行。请注意，发射机和接收机二者的电源均可能造成串扰。

对于电源受扰串扰而言，您在何处探测受扰对象或干扰源都无关紧要。干扰源有可能多达三个，但全部都必须是串行数据干扰源。之所以有这一要求，是因为地弹是由数据跳变过程中从电源汲取电流造成的，因此有必要找出那些跳变。由于算法十分复杂，所以每次只能对一个电源受扰对象进行分析。

同步

测试设置的另一个考虑是同步。由于此应用软件寻找的是受扰对象和干扰源之间的相关性，因此需要同时采集所有受扰对象和干扰源。此应用软件允许受扰对象和干扰源之间有一定的时间偏差。但是，尽量减小此偏差可以改进计算时间的测量结果。

测试码型

串扰应用软件能使用任意串行数据码型工作，不过使用周期性码型能在较短的计算时间内得出更准确的结果。另外请注意，为了区分 ISI 和各种干扰源造成的失真，每个串行数据通道必须发送不同的码型，或以不同的数据速率运行。需要注意的是，在串扰分析工具中，较长的数据码型未必更好或合乎需要。原因之一是实用性。抖动分析工具只查看数据中的定时误差，所以每个数据边缘（跳变）只需处理一个数据点，而串扰工具使用全部波形数据点。因此，建议采用不超过 $2^{11} - 1$ 的中等长度。

串扰分析结果示例

1. 传输线串扰结果示例

图 10 中，上图显示了受扰和干扰波形（绿色和橙色）及消除了串扰后的波形（红色）。中图显示了受扰波形的眼图，眼图左侧的高串扰波峰或凸起代表的是 FEXT（远端串扰）。下图显示了消除串扰后的波形眼图。

在这个特殊的例子中，受扰波形/干扰波形的串扰幅度（M2 M3, Amp-XSI (%rms)）——即串扰的 RMS 值除以报告的被测波形 RMS 值——为 14%，该值在图形底部显示。消除受扰波形上的串扰之后，眼图张开度得到显著改善。

受扰波形的 ISI 幅度（M2 M2, Amp-XSI (%rms)）显示为大约 2%，它不是导致受扰波形失真的主要原因。



图 10. 含有远端串扰的受扰波形之前及之后的视图。上图显示了绿色的受扰波形、橙色的干扰波形和红色的消除了串扰后的波形。中图显示了受扰波形的眼图，其中的凸起表示远端串扰。下图为消除了串扰之后受扰波形的眼图。

2. 电源干扰波形的串扰结果示例

接下来的例子说明电源噪声可能对串行数据信号的抖动带来的影响。图 11 中，上图显示了串行数据受扰波形和电源干扰波形（黄色和蓝色）及消除了串扰后的波形（红色）。在上面的眼图可以看到，电源给受扰波形造成了过大的抖动。在这种情况下，电源扰动相对于数据信号的单位间隔来说变化非常缓慢，但通过滚动波形可以看到，当电源电压增加时，数据信号在时间上出现延迟；当电源电压下降时，数据信号在时间上出现提前。在这个例子中，此应用软件为数据信号中的抖动（直接归因于电源电压的变化）创建了一个模型，并在下方眼图中消除了受扰波形的串扰误差。下图中消除了串扰的波形眼图相比上图中的眼图有显著的改善，表明电源干扰是造成大部分抖动的原因。

在这个特殊的例子中，电源的幅度串扰并不大，这一点可以从 C1 C3, Amp-XSI (V 高) 和 C1 C3, Amp-XSI (V 低) 的低值中看出来。这些值代表电源干扰给串行数据受扰波形造成的串扰失真的相对幅度。然而，从很高的 C1 C3, Jit-XSI 值可见，电源会给数据信号造成大量抖动。

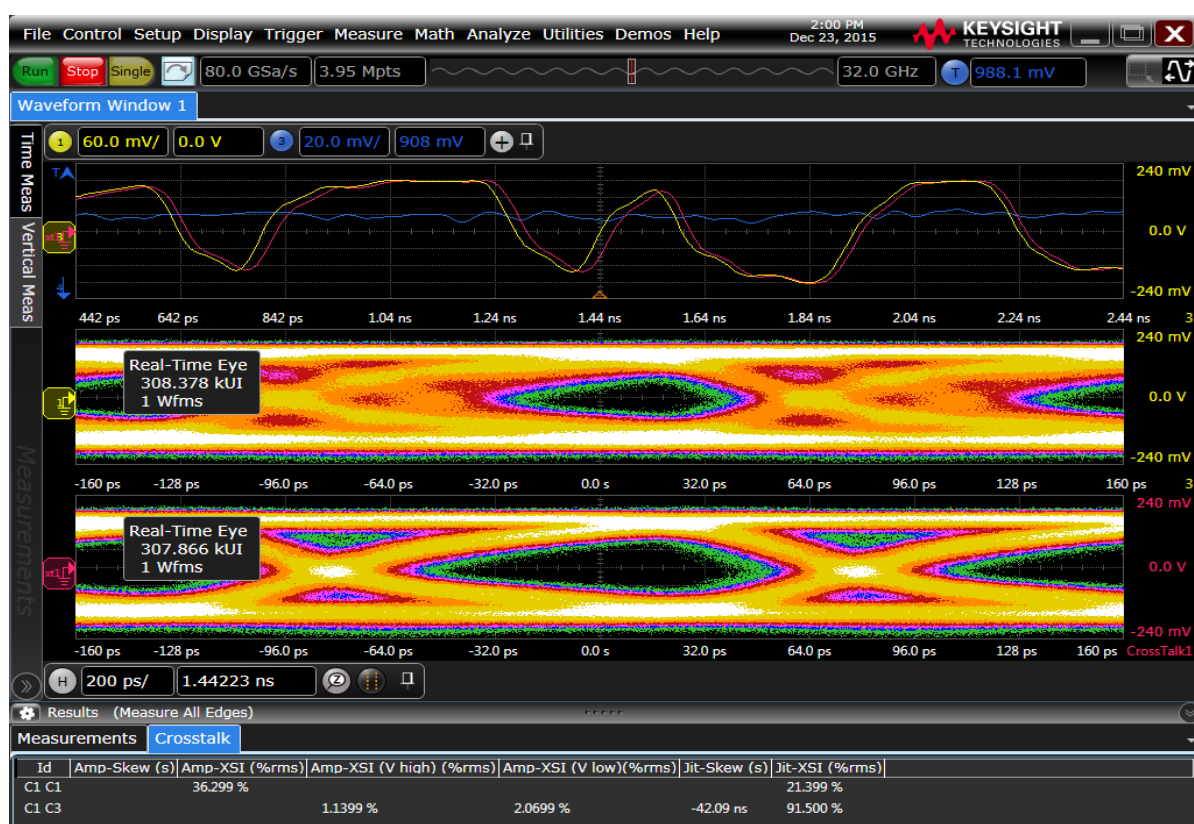


图 11. 电源干扰信号给串行数据受扰信号造成抖动的串扰示例。

我们进一步进行分析，使用 EZJIT Plus 比较对波形进行串扰分析前后的抖动统计结果，量化分析时间参数的改善。图 12 为捕获到的原始串行数据波形的 RJPJ 直方图（下）。电源具有很大的周期分量，主要表现为抖动统计中有很大的 PJdd 值（最下）。大 PJdd 值也造成了 PJrms 和 DJdd 值较大。图 13 所示为消除了串扰的波形的相同抖动分析结果。请注意 RJPJ 直方图的改善和 PJdd 的大幅减少，以及相关的统计数据，如 DJdd 和 PJrms。



图 12. 使用 EZJIT 得到的抖动分析结果，其中显示原始串行数据波形中有大量抖动。



图 13. 使用 EZJIT 得到的抖动分析结果，其中显示消除电源干扰造成的抖动后，抖动统计数据有所改善。

3. 受电源干扰的波形的串扰结果示例

这个例子说明串扰分析应用软件识别电源串扰所产生的不利影响的能力。虽然本例中采用 VCC 电源，但其方法和结果可应用于两种电源中的任何一个。图 8 显示了电源波形（黄色）受到时钟信号干扰波形的（绿色）的串扰。注意，电源中的大振铃与时钟的边缘相关。红色信号是消除了时钟边缘产生的串扰后得到的电源信号。振铃已消除。图片底部显示的受扰波形—干扰波形（C1 C2, Amp-XSI）的串扰幅度，即串扰 RMS 值除以报告的被测波形 RMS 值，为 95% 以上，这表示时钟边缘干扰对电源的影响很大。



图 14. 电源作为受扰对象的示例。受扰波形（黄色）、干扰源（绿色）和消除了串扰后的波形（红色）。

InfiniiSim

什么是 InfiniiSim?

InfiniiSim 有两种模式：基础模式和高级模式。D9010DMBA 提供基础模式，D9020ASIA 提供高级模式。高级模式除了具有基础模式的全部功能之外，还有更多其他功能。本文档将介绍这两种模式的功能特点，并通过备注说明这项功能是否只限于高级模式。如果您只需要基础模式，没有均衡或串扰分析需求，可以考虑选用 D9010DMBA。

InfiniiSim 通过关联两个电路的传递函数来得出它们之间的整体传递函数。这两个电路（“测量电路”和“仿真电路”）由用户定义。测量电路代表用户工作台上的测量系统，仿真电路则代表用户想要的电路。例如，图 1 所示的测量电路包括示波器正在测量的产生信号的源器件，示波器与器件通过电缆相连。

在仿真电路已经移除电缆效应。通过关联两个电路中的观察点（在本例中为相同位置）与电源电压，可以得出一个消除电缆结果影响的整体传递函数。

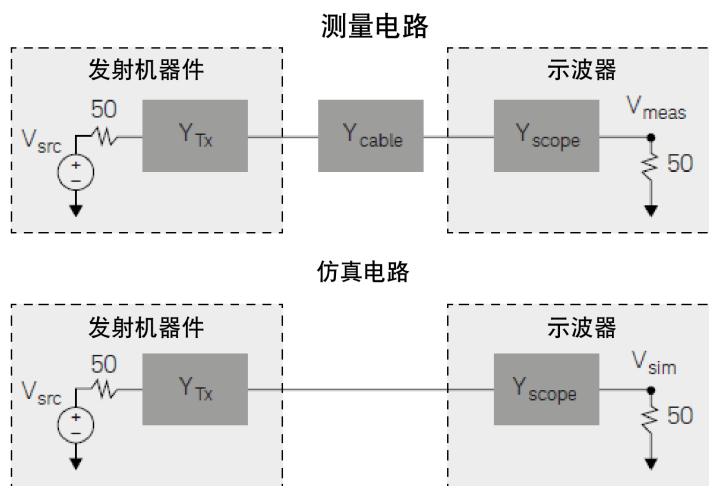
对于测量电路：
$$H_m(f) = \frac{V_{meas}(f)}{V_{src}(f)}$$

对于仿真电路：
$$H_s(f) = \frac{V_{sim}(f)}{V_{src}(f)}$$

关联两者，创建整体传递函数：
$$H(f) = \frac{H_s(f)}{H_m(f)} = \frac{V_{sim}(f)/V_{src}(f)}{V_{meas}(f)/V_{src}(f)} = \frac{V_{sim}(f)}{V_{meas}(f)}$$

如此一来，
$$V_{meas}(f) * H(f) = V_{sim}(f)$$

我们现在得到一个仿真结果，反映了移除电缆后将获得的测量结果。这个示例是 InfiniiSim 可以处理的最简单的一种情况。在仿真过程中我们可以使用更多的电路单元块，其它观察点也可以考虑。



为提高效率的通用模型

InfiniiSim 通过关联两个电路的传递函数来得出它们之间的整体传递函数。这两个电路（“测量电路”和“仿真电路”）由用户定义。测量电路代表用户工作台上的测量系统，仿真电路则代表用户想要的电路。例如，图 1 所示的测量电路包括示波器正在测量的电发送信号的器件，示波器与器件通过电缆相连。

1. **消除链路单元的插入损耗**：其中一种损耗包括数字的源信号与示波器之间的电缆或夹具造成的损耗。确定电路单元的逆增益 (S_{21-1})，并将其时间响应与采集数据进行卷积。
2. **插入链路单元的插入损耗**：其中一种损耗包括要在示波器之前插入标准电缆型号的损耗。确定电路单元的 S_{21} ，并将其时间响应与采集数据进行卷积。
3. **消除示波器输入反射（仅限高级模式）**：使用两个电路单元进行建模，其中一个用于发射机源，另一个用于示波器输入（因此可以消除示波器输入反射）。
4. **消除链路单元的全部影响（仅限高级模式）**：使用发射机源和示波器加载的 S 参数模型可以完全消除链路单元的影响。这种方式与上面的 1（消除插入损耗）的区别在于，它考虑了不同单元之间的相互作用，可以非常精确地消除链路单元。
5. **添加链路单元的全部影响（仅限高级模式）**：使用发射机源和示波器加载的 S 参数模型可以完全插入链路单元。这种方式与插入链路单元的插入损耗（上面的 #2）的区别在于，它考虑了不同单元之间的相互反射。这样可以提供极其精确的渲染和表征，以便插入标准电缆等链路单元。
6. **用一个链路单元替换另一个单元（仅限高级模式）**：在删除或添加链路单元的全部影响之后建模，用一个链路单元模块轻松替换另一个。这种方式考虑了收发信机与示波器单元之间的相互作用。
7. **测量端面重新定位（仅限高级模式）**：测量端面重新定位能够将仿真节点移动到您所需的任意位置，让您可以查看电路中存在的任何电压波形。这种方式叫做“原位”分析，不是从“移除”或“插入”的角度来进行分析。
8. **重新定位所探测测量的观察节点（仅限高级模式）**：将仿真节点移动到您指定的任意位置，让您可以查看探测电路中存在的电压波形。这种方式叫做“原位”分析，不是从“移除”或“插入”的角度来进行分析。
9. **消除示波器探头的负载效应（仅限高级模式）**：为了消除探头的负载效应，套件给出了电路单元的拓扑结构，该拓扑结构允许在测量中考虑探头模型。尽管示波器探头可能被定义为“高阻抗”，但它的确会对电路产生负载效应。我们可以考虑并消除这种负载效应。
10. **消除 DDR 内插器和探头的负载效应（仅限高级模式）**：消除内插器板在验证双倍数据速率（DDR）存储系统时的效应。在此类存储系统中，球栅阵列（BGA）的信号没有暴露在外，无法直接探测。
11. **通用配置（仅限高级模式）**：提供电路单元通用拓扑结构以实现更大的灵活性。通用探头、6 个电路单元和 9 个电路单元的拓扑结构可用于用户定义的测量和仿真点，每个电路单元可以定义为具有最多三个级联或并列单元的组合，因此可以定义复杂场景中的最多 27 个电路单元。

根据所需的详尽程度对系统建模

InfiniiSim 波形转换工具套件提供了丰富的功能，满足您的不同目标：

单电路单元实现最简单的路径补偿

大多数情况下，您只是想补偿电缆或夹具等链路单元的损耗。右边的单电路单元模型可以胜任这一需求。我们还可以通过更改仿真参数将其扩展为删除/替换操作。这一功能在基础模式和高级模式中均提供。

三电路单元分析可用于真正删除或插入链路单元

如果删除和插入单个链路单元要求非常高的精度，那么您至少需要三电路单元模型（仅限高级模式）。该模型使用收发信机和示波器以及通道的电路单元描述来描述整个系统。在用于计算从测量结果 M 转换为仿真结果 S 的传递函数中包括反射 S 参数元件，通过囊括发射机和示波器电路块实现非常完整的波形渲染和表征。

通用配置

InfiniiSim 波形转换工具套件包括三种通用拓扑结构，可以用来详细地定制电路描述。探头建模通常使用通用探头拓扑结构，而在需要 SMA 差分探头时，一般使用通用 6 电路单元模型。对于那些可能同时使用高阻抗探头和差分 SMA 探头的复杂应用，我们可以使用通用模型来描述复杂的场景。基础模式可提供单电路单元分析，而两个或以上电路单元需要使用高级模式。

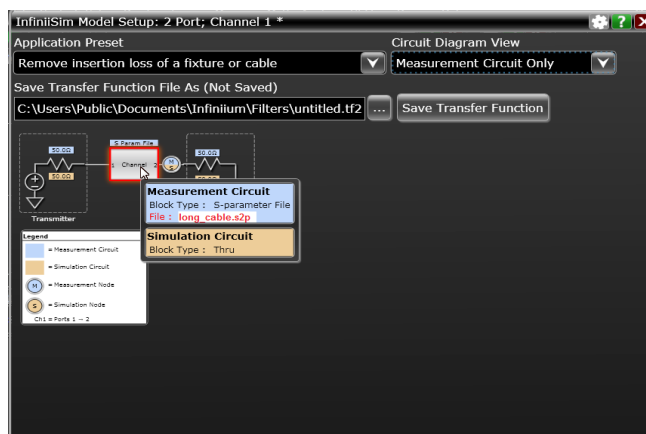


图 2. 移除单个电路的链路单元

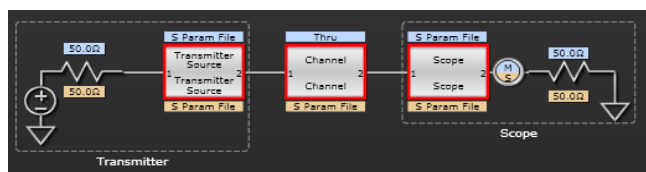


图 3. 用于链路单元插入的三电路单元分析。

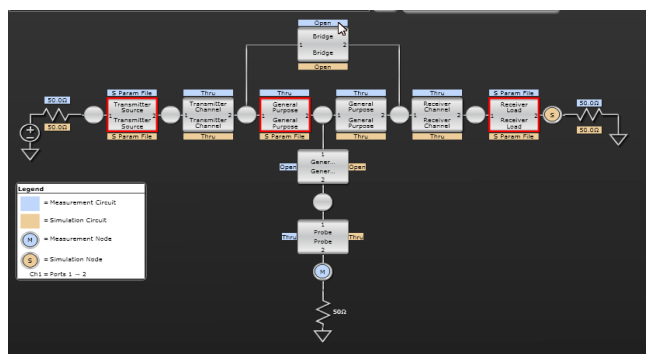


图 4. InfiniiSim 可以使用上面介绍的通用 9 电路单元配置来处理非常复杂的系统配置。

电路模型定义设置（仅限高级模式）

InfiniiSim 波形转换工具套件提供了一个图形用户界面，您可以根据自己的理解来定义系统，甚至可以将系统定义得很复杂。这一操作通过拓扑结构的选择和电路单元的定义来实现。最常见的电路单元定义是 S 参数模型，既可以直接使用矢量网络分析仪进行测量，也可以使用适当的转换软件由时域反射计得出，还可以通过先进设计系统等仿真工具创建。

S 参数可以作为双端口模型（.s2p 文件）或四端口模型（.s4p 文件）输入。您还可以使用 R-L-C 定义或是“开路”、“直通”等电路描述以及由电路单元级联或并联产生的更复杂的电路单元。InfiniiSim 波形转换软件会做出交流小信号线性假设，从而推导出从实际测量位置（节点）到您打算进行仿真测量的另一个位置的传递函数。这样一个位置可能是物理存在的位置（但可能性不大），也可能包含实际上不存在的电路模型。传递函数用于推导出卷积了采集的时域“滤波器”，从而将采集的波形转换为所需位置的波形。

测量和仿真电路（仅限高级）

InfiniiSim 波形转换软件的核心功能是定义两个电路，第一个电路定义测量设置，第二个电路定义您希望在测量时拥有的功能。我们将第一个电路称为“测量电路”，将第二个电路称为“仿真电路”。它们既可以像电源到示波器负载之间的单电路单元那么简单，也可以像通用模型中的九个电路单元那么复杂。仿真电路和测量电路共享选定的拓扑结构，但是，在很多情况下，测量到仿真之间每个电路单元的电路定义会有很大的不同。这带来了极大的灵活性，可以将测量点的采集转换至其他任何虚拟探测位置。以图 6 所示电路为例，电路单元“P”的 S 参数文件描述了它在测量期间的负载，但是，为了进行仿真，我们希望将负载消除，因此将其指定为“开路”。

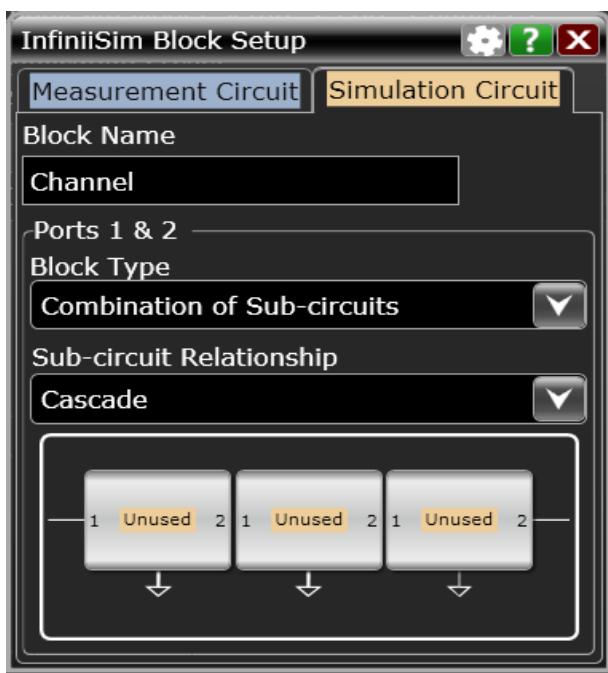


图 5. 子电路功能：任意一个 InfiniiSim 标准电路单元都可以描述为一个子电路组合。

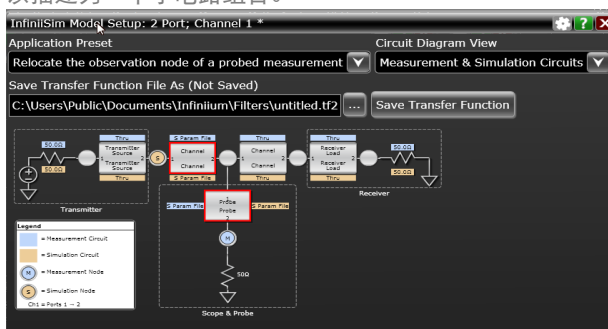


图 6. 测量和仿真电路。蓝色表示测量电路单元，棕色表示仿真电路单元。

查看值得一看的内容

借助 InfiniiSim 波形转换工具套件，您可以信心十足地查看转换后的信号，看看是插入了还是移除了链路单元，或者是否重新定位了测量端面。图 7 显示，一个数字信号波形以 1.8 Gb/s 通过夹具和电缆。请注意，对于位数相同的较长序列，波形所达到的电平与数据频繁更改时的电平有很大不同。这种情况称为 ISI，在通道表现出低通滤波特性时会出现。使用 4 端口矢量网络分析仪测量夹具和电缆，使用 InfiniiSim 中的链路单元移除选项将它们移除。图 7 中的黄色 CH1 迹线反映了测量结果。请注意直接在收发信机上显示“测量前”状况的蓝色波形与使用夹具的 4 端口通道模型进行过转换的黄色波形。

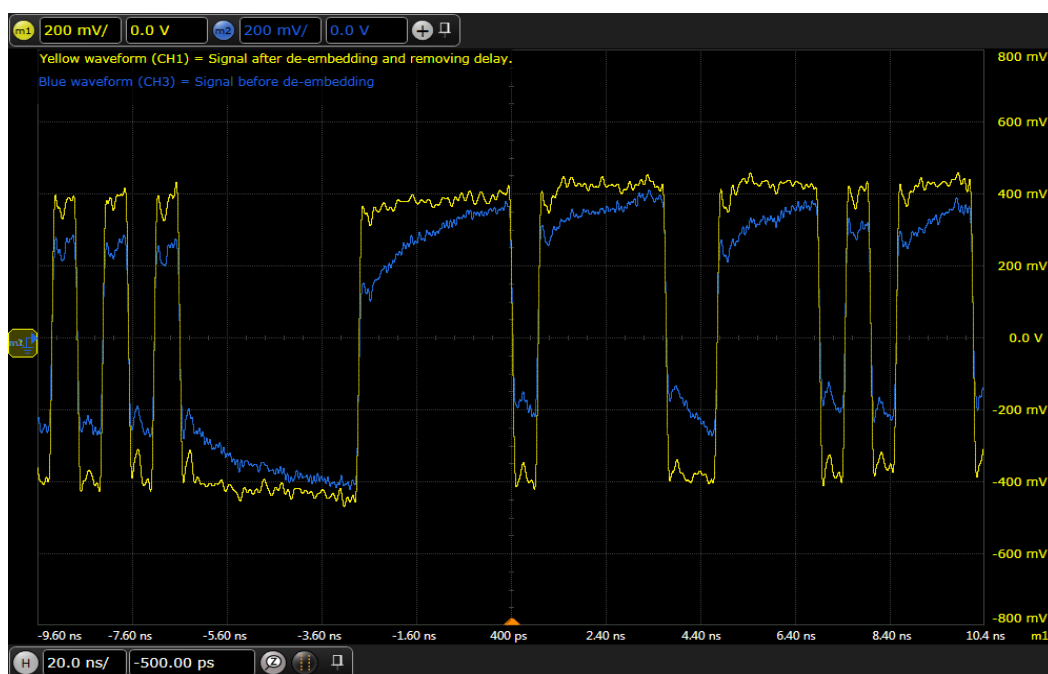


图 7. 嵌入的黄色通道 1 波形和原始通道 3 波形。

订货信息和相关文献

灵活的软件许可策略和 KeysightCare 软件支持预订

是德科技提供丰富的许可证选择，能够最恰当地满足您的需求和预算要求。选择您的许可证期限、许可证类型以及 KeysightCare 软件支持预订。

许可证期限

永久 — 永久许可证允许您无限期地使用软件。

限时 — 限时许可证只允许您在有效期（6、12、24 或 36 个月）内使用软件。

许可证类型

节点锁定许可证 — 可以在一台指定的仪器/计算机上使用。

可转移许可证 — 一次只能在一台仪器/计算机上使用，但是可以使用是德科技软件管理器（需要连接互联网）转移到另一台仪器/计算机。

USB 可转移许可证 — 一次只能在一台仪器/计算机上使用，但可以使用经过认证的 USB 加密狗（可以使用是德科技部件编号 E8900-D10 另行购买）转移到另一台仪器/计算机。

浮动（单点）许可证 — 每次只允许一台联网的仪器/计算机访问服务器上的许可证。要想同时使用，需要购买多个许可证。

KeysightCare 软件支持预订

永久许可证在出售时自带 12（默认值）、24、36 或 60 个月的软件支持预订服务。此后，支持预订服务可以免费续约。

限时许可证在其有效期内包括软件支持预订服务。

KeysightCare 软件支持预订服务可在不断发展的技术潮流中让您高枕无忧。

- 确保您的软件始终拥有最新的增强功能，支持最新的测量标准。
- 您可以随时联系我们的技术专家团队，为您排忧解难。
- 一旦您需要支持，我们快速的周转时间和按优先级上报策略可以保证您的工作进度不受影响。

选择适合您的许可证

- Step 1.** 选择您的软件产品（例如 D9020ASIA）。
- Step 2.** 选择适合您的许可证期限：永久或限时。
- Step 3.** 选择适合您的许可证类型：。节点锁定、可转移、USB 便携或浮动许可证。
- Step 4.** 根据许可证期限，选择适合您的支持预订时间。

示例

| 如果您选择： | 您的报价单将是这样的： | |
|--------------------------------|-------------|--------------------------------------|
| D9020ASIA 节点锁定永久许可证，预订12个月软件支持 | 部件编号 | 描述 |
| | D9020ASIA | 高级信号完整性软件（均衡、InfiniSim 高级版、串扰） |
| | R-B5P-001-A | 节点锁定永久许可证 |
| | R-B6P-001-L | 预订 KeysightCare 软件支持，节点锁定许可证 — 12 个月 |
| D9020ASIA 可转移6个月限时许可证 | 部件编号 | 描述 |
| | D9020ASIA | 高级信号完整性软件（均衡、InfiniSim 高级版、串扰） |
| | R-B4P-001-F | 预订 6 个月节点锁定 KeysightCare 软件支持 |

配置产品和索取报价：

<http://www.keysight.com/find/software>

请联系是德科技公司或授权合作伙伴，了解更多信息或下订单：

www.keysight.com/find/contactus

相关文献

| 类型 | 描述/URL |
|------|--|
| 手册 | Infiniium S 系列 （500 MHz 至 8 GHz 实时示波器） |
| 手册 | Infiniium V 系列 （8 GHz 至 33 GHz 实时示波器） |
| 技术资料 | Infiniium UXR 系列 （13 GHz 至 110 GHz 实时示波器） |
| 手册 | 《只有 Infiniium 示波器才能胜任的 30 种操作》 |
| 应用指南 | 《InfiniSim 波形工具套件的实际应用》 |

如欲了解更多信息，请访问：www.keysight.com

如需了解关于是德科技产品、应用和服务的更多信息，请与是德科技联系。

如需完整的联系方式，请访问：www.keysight.com/find/contactus