

高速数字接口测量的 去嵌入和均衡软件 使用方法

内容目录

- 第一部分：去嵌入和均衡技术简介
- 第二部分：去嵌入软件的操作使用
- 第三部分：均衡软件的操作使用

高速串行数字总线速率越来越高

PCI Express

- 2.5 GT/s
- (2.0) 5 GT/s
- (3.0) 8 GT/s

• USB Technologies

- USB 2.0 480Mbps
- USB 3.0 5GT/s
- USB 3.1 10GT/s

• SATA

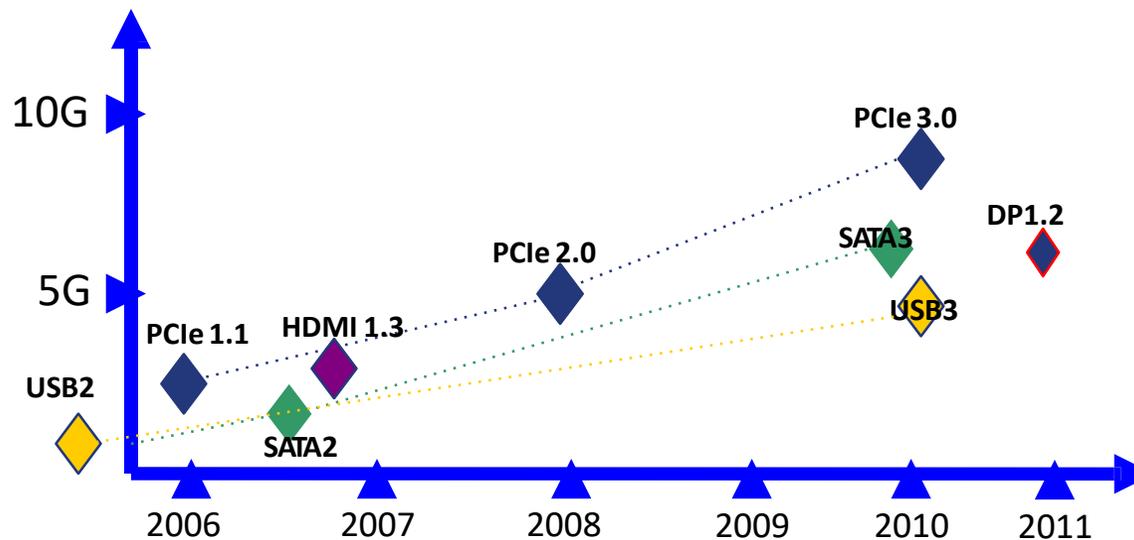
- 1.5Gbps
- 3Gbps
- 6Gbps

• HDMI 1.3

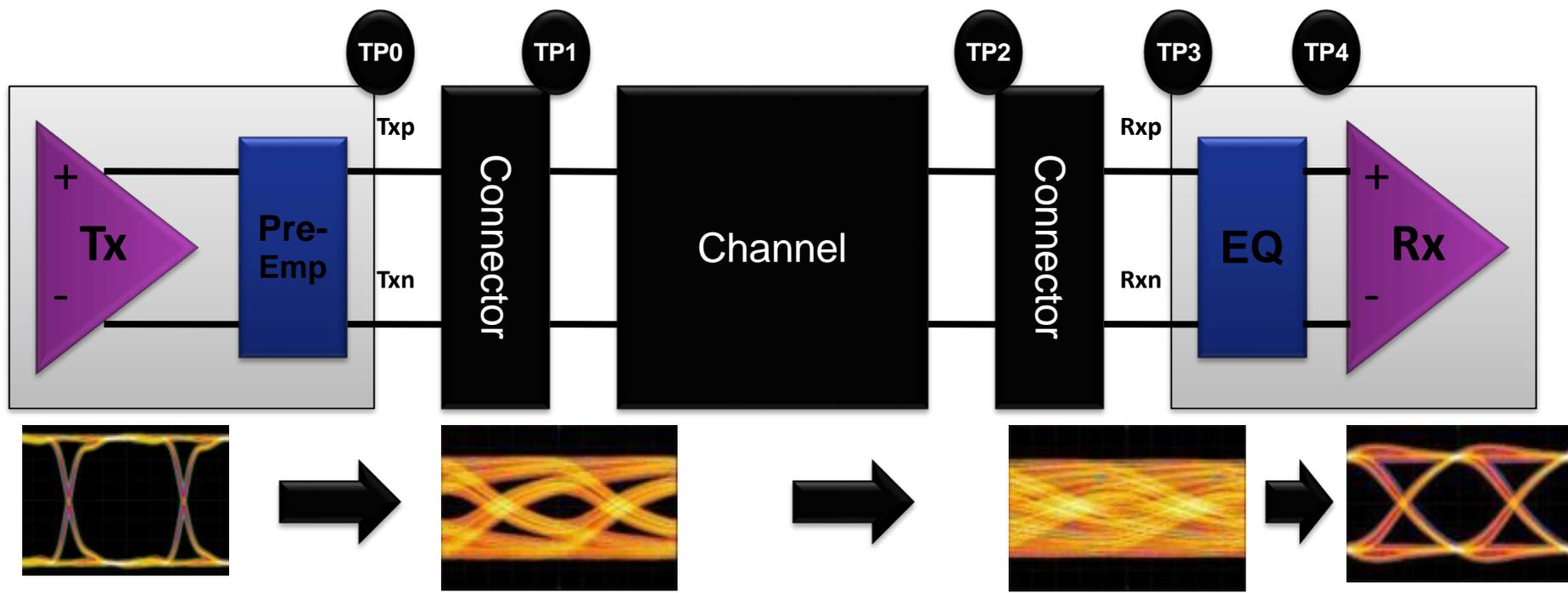
- 3.4Gbps

• DisplayPort

- 2.7Gbps
- 5.4Gbps



典型的高速串行数字传输链路



对于数据速率越来越高的高速串行数字信号来说，信号的传输通道带宽限制对信号的影响越来越大，测量中也需要考虑到传输通道对信号的影响并进行补偿。

另外很多高速总线会在发送端采用预加重技术、在接收端采用均衡技术，相应地，测量软件也要能模拟出这些电路对信号的影响。

高速串行总线中的一些常用术语

- 去嵌入 (De-Embedding) :

一种测量技术, 用于消除传输通道或者测量通道对信号的影响的。

- 嵌入 (Embedding) :

和去嵌入相反, 是一种加入传输通道或测量通道对信号的影响的测量技术。

- 预加重 (Pre-Emphasis, 有时也叫去加重De-Emphasis) :

一种在发送端对传输通道对信号高频分量进行提升从而改善信号传输质量的技术, 可以单独使用也可以和均衡配合使用。

- 均衡 (Equalization) :

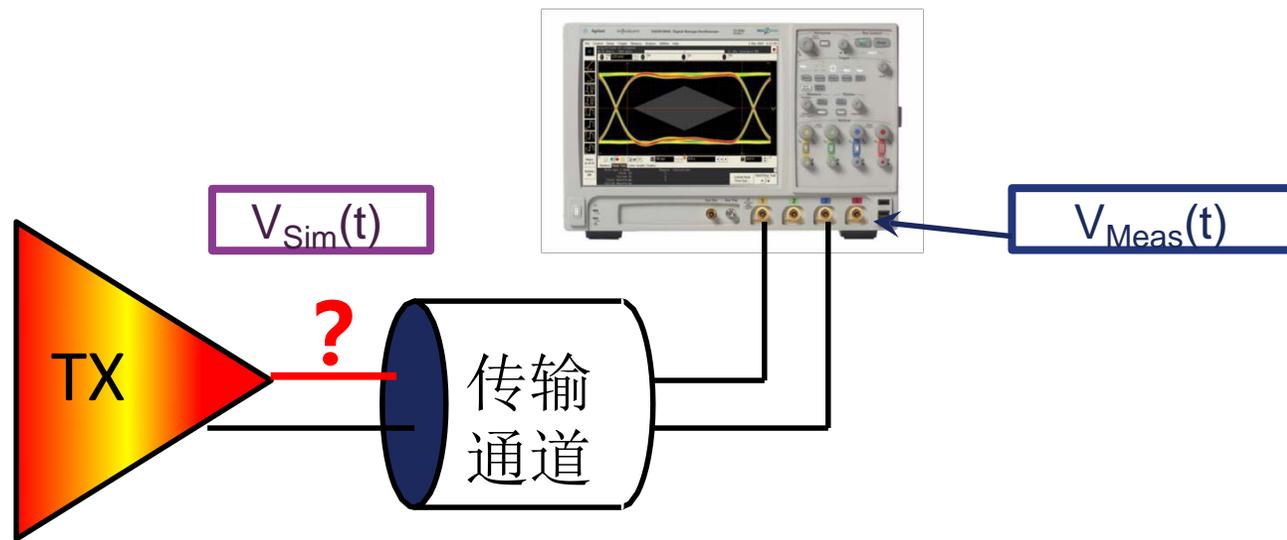
和预加重对应, 是一种在接收端对传输通道对信号的影响进行补偿从而改善实际接收到的信号质量的技术。

内容目录

- 第一部分：去嵌入和均衡技术简介
- 第二部分：去嵌入软件的操作使用
- 第三部分：均衡软件的操作使用

去嵌入技术的典型应用场合

类
脑
智
能
驱
动
未
来



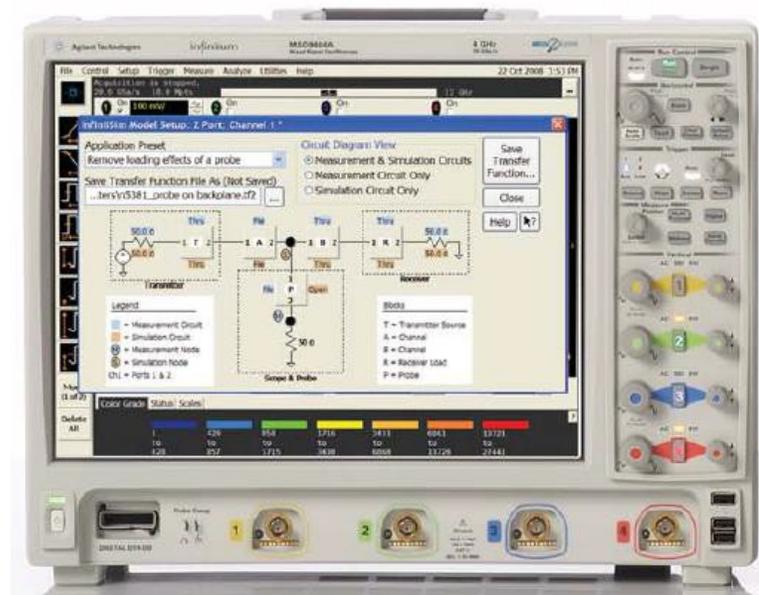
类
脑
智
能
驱
动
未
来

去嵌入技术用于在测量中移除传输通道如电缆、夹具或PCB等对信号的影响，从而模拟出信号通过传输通道之前的波形。在Keysight的N5465A Infiniium Sim软件里选择Remove Insertion Loss是典型的去嵌入操作。

N5465A InfiniiSim 软件

主要功能:

- 1、消除通道插损影响
- 2、模拟通道插损影响
- 3、消除通道的所有影响
- 4、模拟通道的所有影响
- 5、测量点更换
- 6、消除探头影响
- 7、通用自定义设置

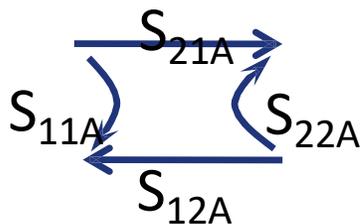


InfiniiSim分为Basic和Advanced两个选件，Basic选件支持前2个功能，Advanced支持所有功能。本操作指南以Basic选件为例，Advanced选件支持多级的嵌入和去嵌入操作，并可以对由于匹配造成的反射进行补偿，使用方法与Basic选件类似。

软件使用准备

A、S/UXR示波器，且示波器里有N5465A InfiniiSim选件的 license

B、有相应通道或探头的参数模型文件（常用的为S参数文件，可以用矢量网络分析仪测量或者用软件仿真得到）



Frequency

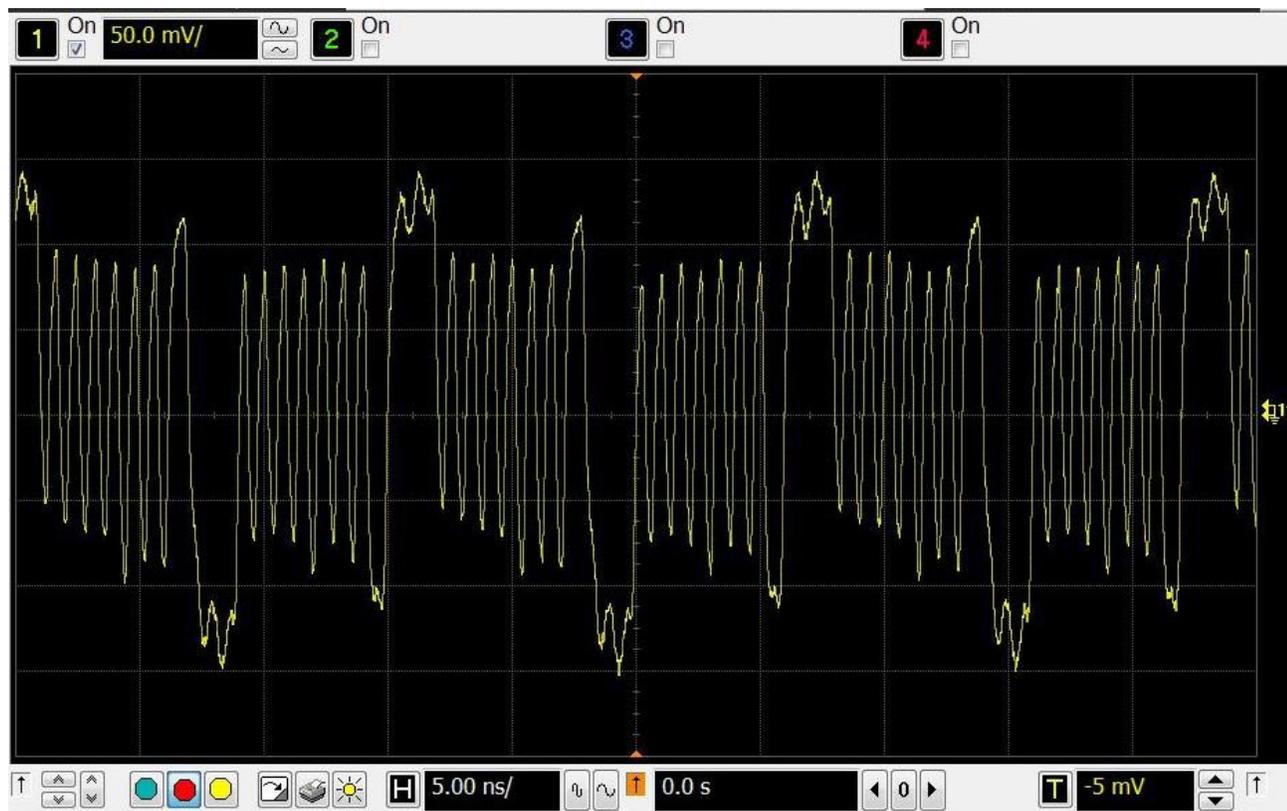
S-Parameters

```
24 inch SMA to mini SMP 1601 pts.s2p - Notepad
File Edit Format View Help
!Agilent Technologies,N5230A,MY46401153,A.07.50.26
!Agilent N5230A: A.07.50.26
!Date: Thursday, June 12, 2008 23:55:37
!Correction: s11(Full 2 Port(1,2))
!S21(Full 2 Port(1,2))
!S12(Full 2 Port(1,2))
!S22(Full 2 Port(1,2))
!S2P File: Measurements: s11, s21, s12, s22:
# Hz S dB R 50
10000000 -4.195996e+001 4.409458e+000 -7.298202e-002 -1.138447e+001 -5
22493750 -3.939143e+001 -2.410553e+001 -1.039954e-001 -2.522237e+001 -
44987500 -3.768245e+001 -5.775958e+001 -1.267995e-001 -3.912615e+001 -
47481250 -3.597635e+001 -8.500207e+001 -1.427723e-001 -5.295868e+001 -
59975000 -3.452669e+001 -1.062504e+002 -1.590464e-001 -6.676889e+001 -
72468750 -3.326657e+001 -1.271256e+002 -1.752049e-001 -8.057698e+001 -
84962500 -3.297323e+001 -1.463891e+002 -1.854530e-001 -9.439557e+001 -
97456250 -3.318497e+001 -1.650395e+002 -1.965071e-001 -1.081826e+002 -
109950000 -3.340539e+001 1.741319e+002 -2.097243e-001 -1.219866e+002 -
122443750 -3.361038e+001 1.543587e+002 -2.204596e-001 -1.357501e+002 -
134937500 -3.430723e+001 1.355343e+002 -2.330615e-001 -1.495215e+002 -
147431250 -3.508275e+001 1.183609e+002 -2.418507e-001 -1.633162e+002 -
159925000 -3.749377e+001 9.259466e+001 -2.482786e-001 -1.770869e+002 -
172418750 -4.092279e+001 6.077212e+001 -2.549491e-001 1.691278e+002 -2
184912500 -4.385938e+001 1.568886e+001 -2.684349e-001 1.553751e+002 -2
197406250 -4.204402e+001 -4.279731e+001 -2.746802e-001 1.415938e+002 -
209900000 -3.919009e+001 -7.907590e+001 -2.817377e-001 1.278247e+002 -
222393750 -3.684068e+001 -1.055521e+002 -2.912283e-001 1.140687e+002 -
234887500 -3.492792e+001 -1.301032e+002 -3.031353e-001 1.002711e+002 -
247381250 -3.325851e+001 -1.515286e+002 -3.063174e-001 8.648949e+001 -
259875000 -3.162849e+001 -1.716050e+002 -3.207802e-001 7.275571e+001 -
272368750 -3.060545e+001 1.714100e+002 -3.288030e-001 5.900398e+001 -3
284862500 -3.042145e+001 1.538065e+002 -3.322462e-001 4.526972e+001 -3
297356250 -3.051484e+001 1.357664e+002 -3.433644e-001 3.149078e+001 -3
```

操作步骤1—信号检查

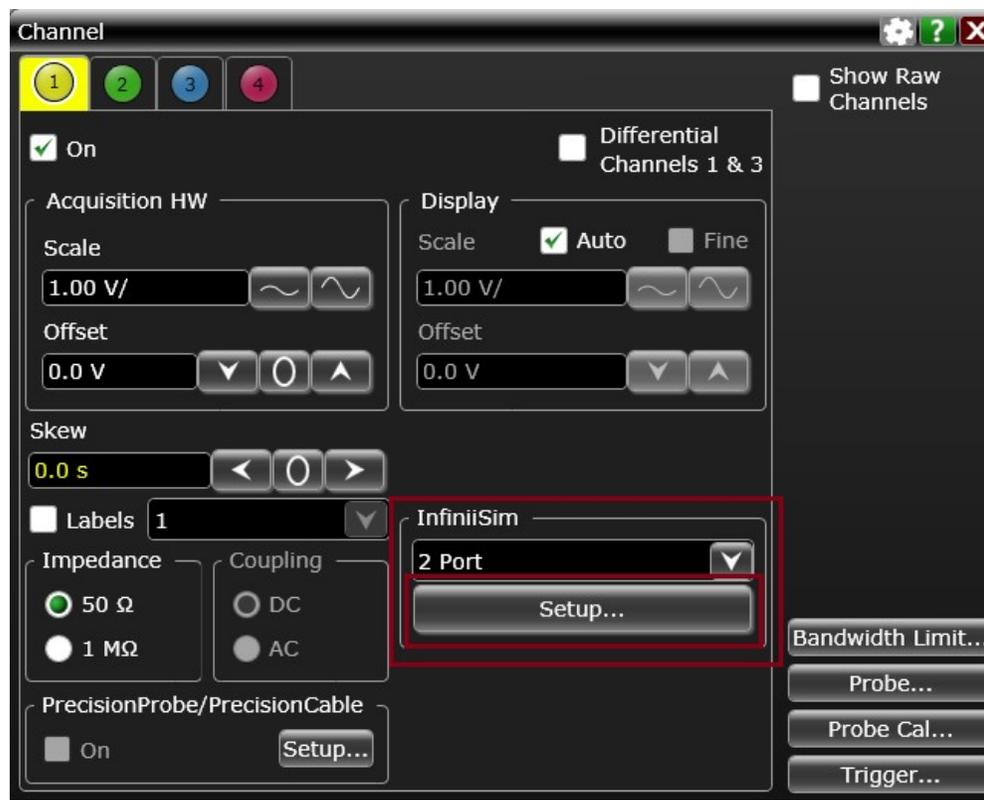
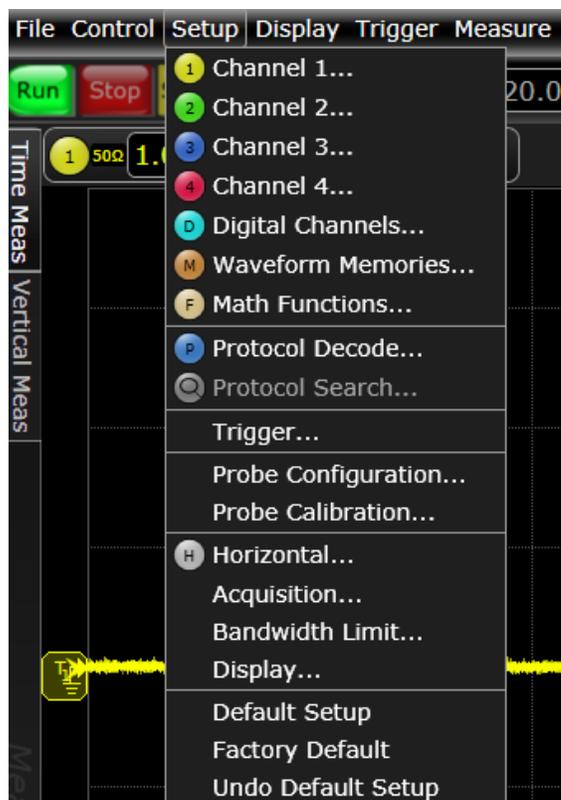
–开启示波器，把被测信号通过探头或测试电缆连接示波器。按示波器 AutoScale按钮显示出示波器捕获的经过传输通道后的波形。

–*Keysight支持用2个示波器通道（比如CH1/CH3）分别测量1对差分信号的正负并进行去嵌入操作，此时需要在随后的设置中选择4-port模式。



操作步骤2—通道设置

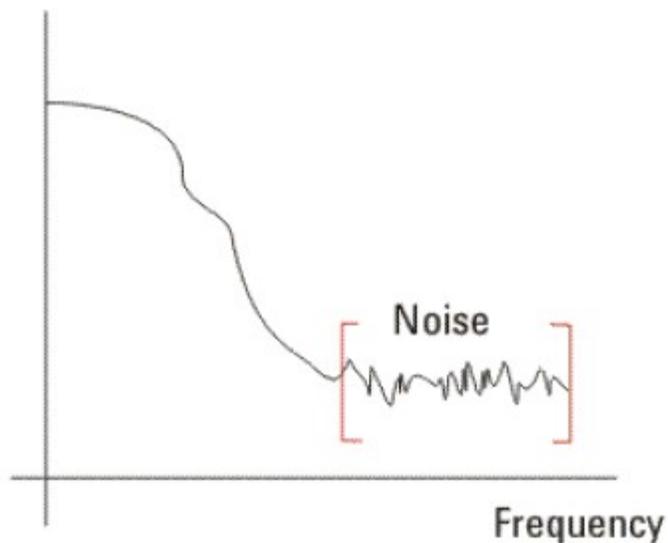
- 在示波器的Setup ->Channel菜单下进入通道设置界面。



操作步骤3—带宽限制

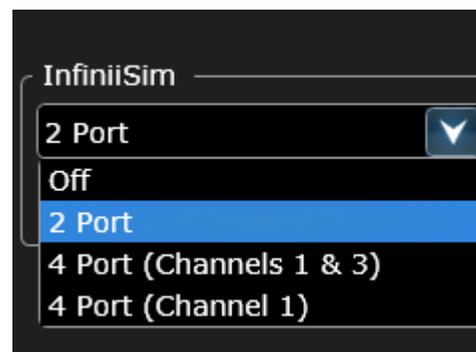
在Bandwidth Limit下设置要补偿的频率范围。

去嵌入操作是对传输通道的高频损耗进行补偿，同时会放大高频噪声。一般Bandwidth Limit值可以先设置成示波器带宽，如果发现噪声比较大，则可以减少Bandwidth Limit值直到得到比较好的波形。



操作步骤4—端口设置

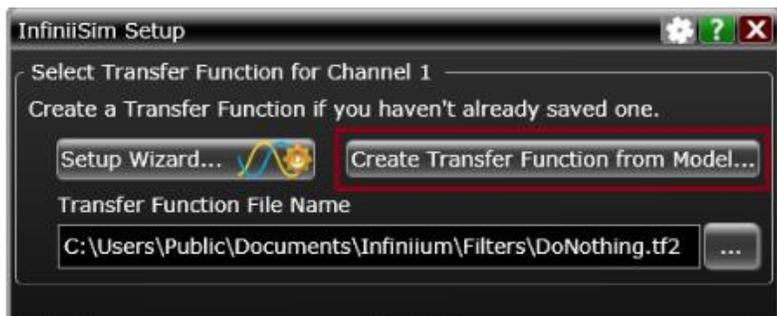
InfiniiSim下需要选择是2-PORT还是4-PORT。如果是测量单端信号或使用差分探头测量1对差分信号，通常选择2-PORT模式。如果是用2个示波器通道分别测量差分信号的正负端，则选择4-PORT模式。



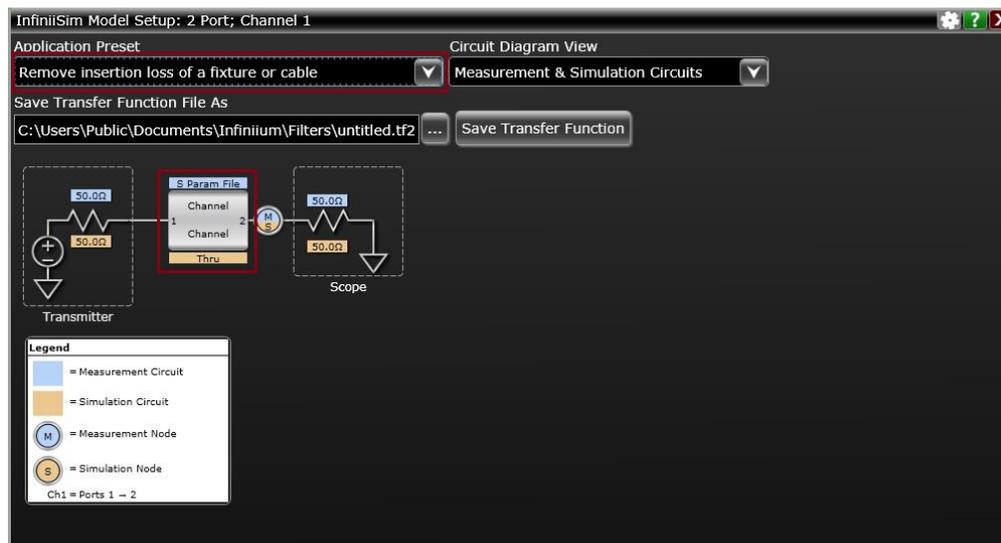
如果是4端口模式，建议选择4 port（Channel 1&3），以便对2个测量通道同时都做去嵌入操作。

操作步骤5—选择算法模型

点击Setup进入InfiniiSim的设置界面，选择Creat Transfer Function。然后在Application Preset下选择要做的操作。

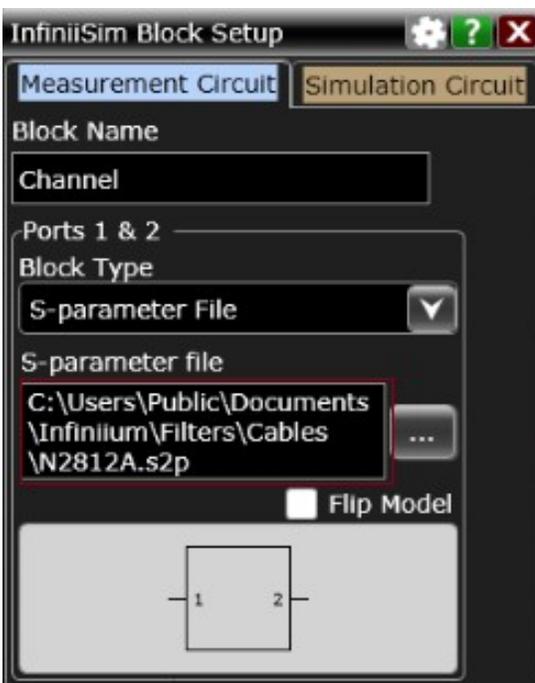


选择Remove Insertion Loss，
然后点击通道模型中间的方框。



操作步骤6—载入传输通道的S参数

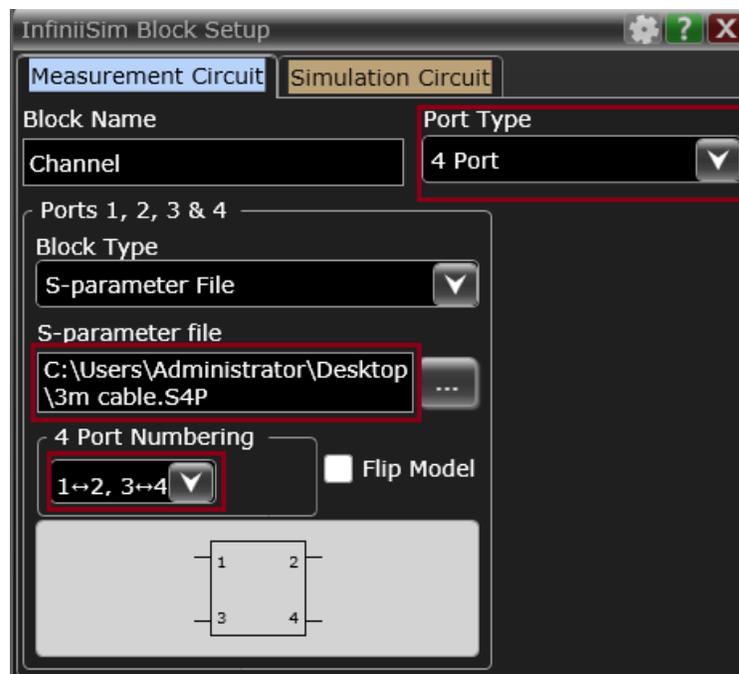
在Block Setup界面里，在Measurement Circuit下选择相应通道的S参数文件。



2端口模型的S参数文件是.S2P结尾的文本文件。S参数文件需要事先用矢量网络分析仪对传输通道测量或者用仿真软件仿真得到。

操作步骤6—载入传输通道的S参数

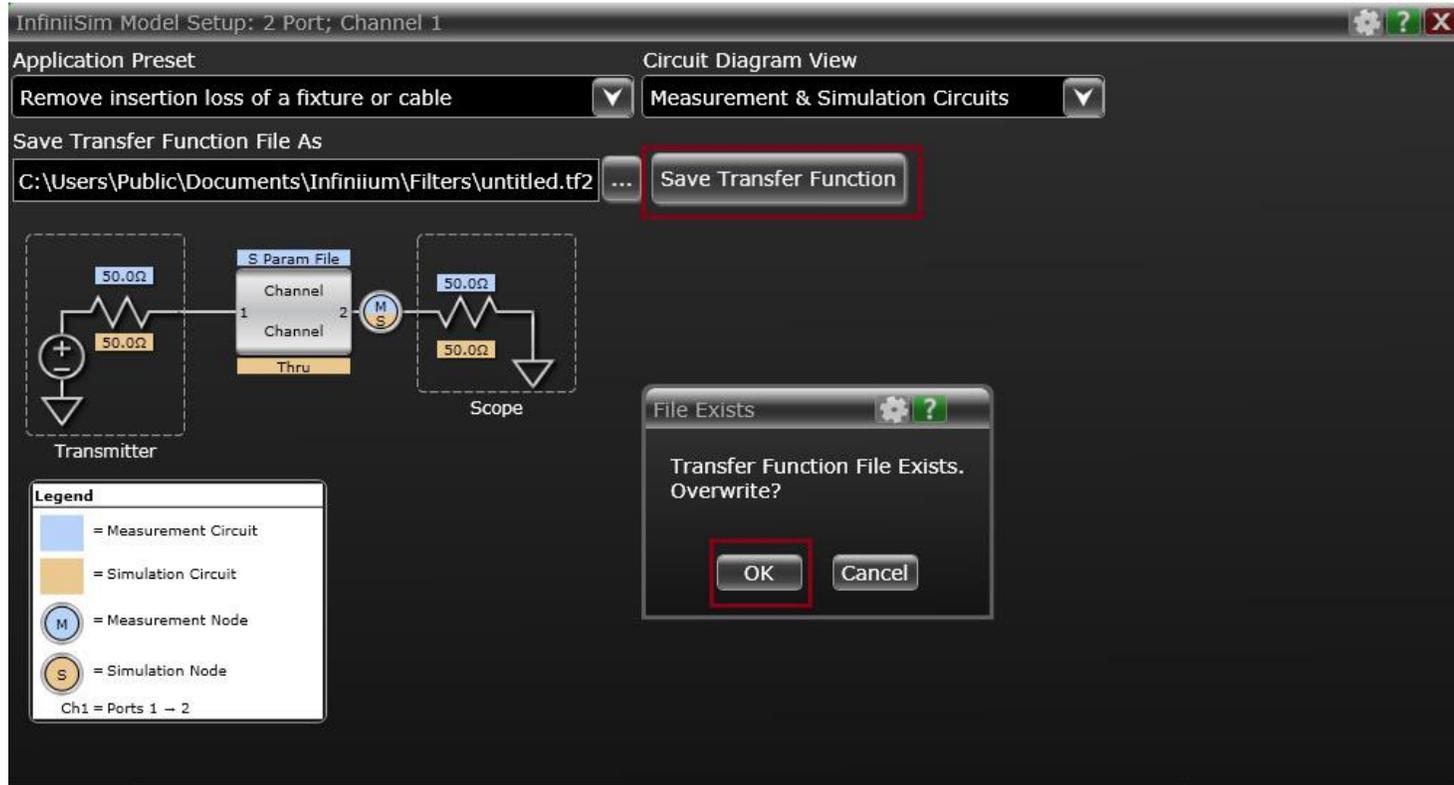
如果是4端口模型，则选择相应的4端口S参数文件（以.S4P结尾的文本文件）。



***使用中注意选择左下角端口的映射关系，即在网络分析仪测量差分线S参数时，4个端口间的连接关系。**

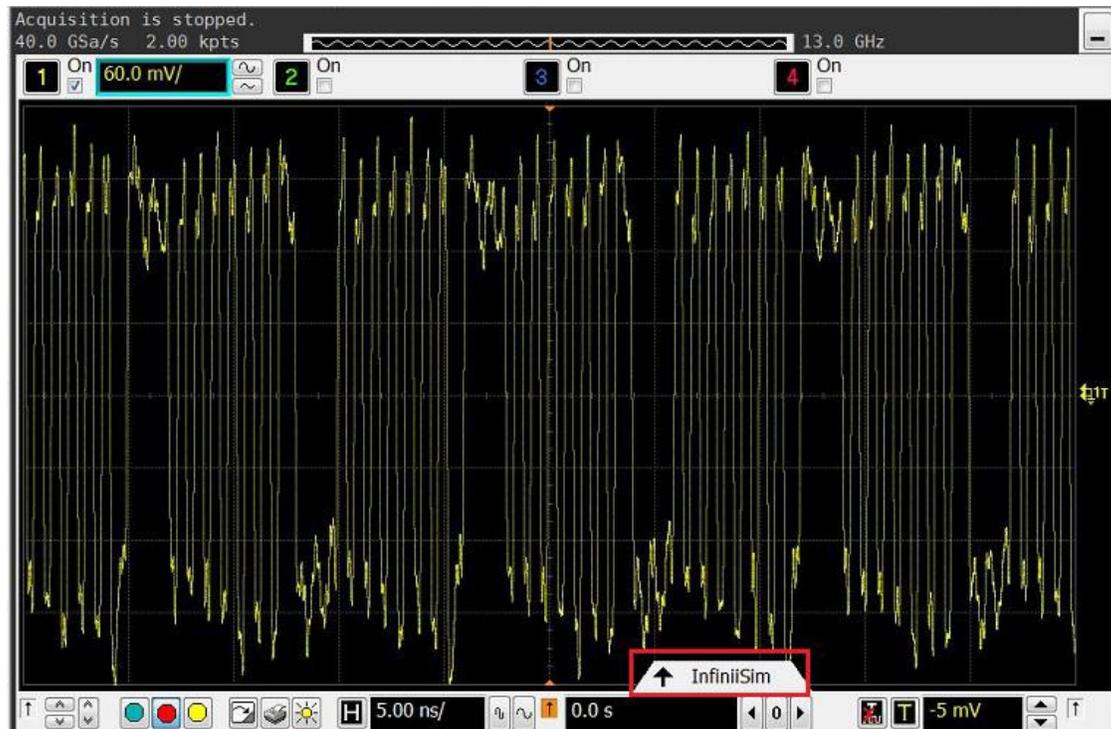
操作步骤7—生成传输函数

设置完成后选择Save Transfer Function，保存退出。



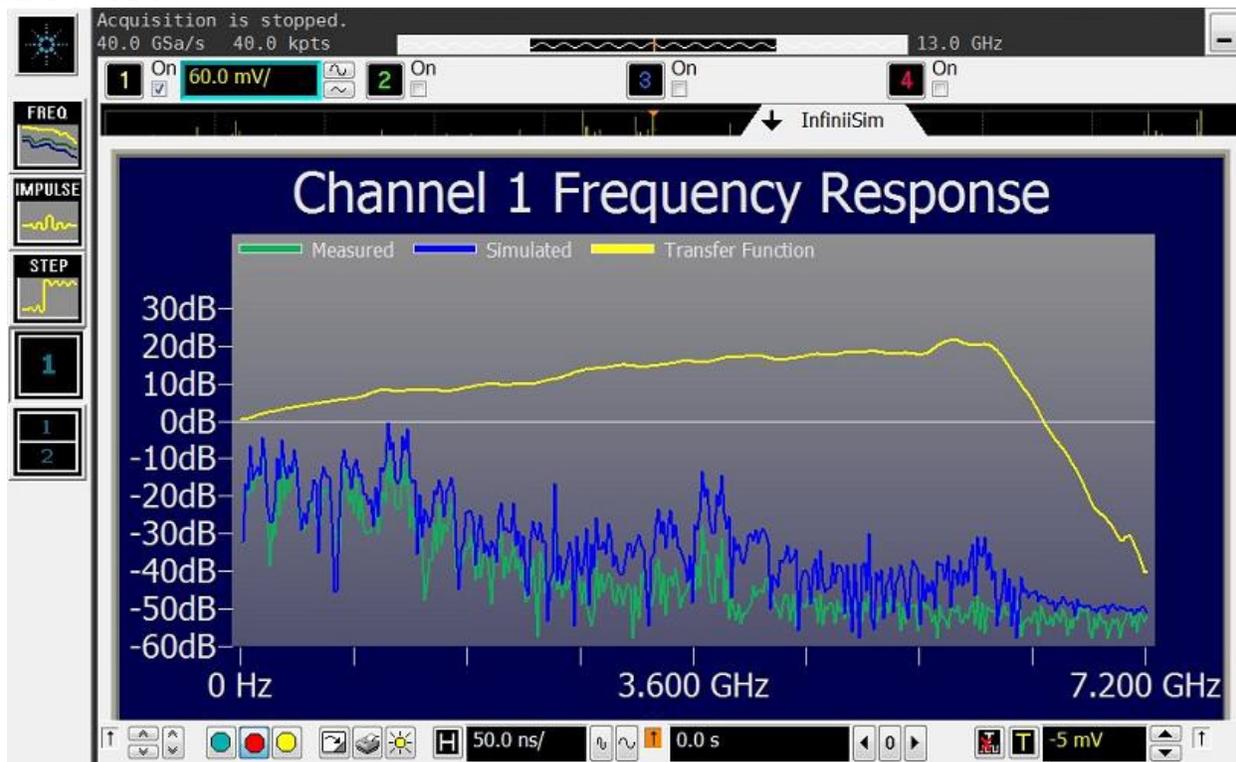
操作步骤8—完成去嵌入操作

这时在示波器的波形显示窗口中显示的就是做完去嵌入运算后的波形，可以看到信号的幅度，特别是短0短1的幅度得到比较大的增强。可以用示波器对这个做完去嵌入运算后的波形进行参数测量、眼图、抖动分析等。



操作步骤9—检查传输函数

打开波形显示窗口下面的InfiniiSim页签，可以看到去嵌入操作对信号的影响。

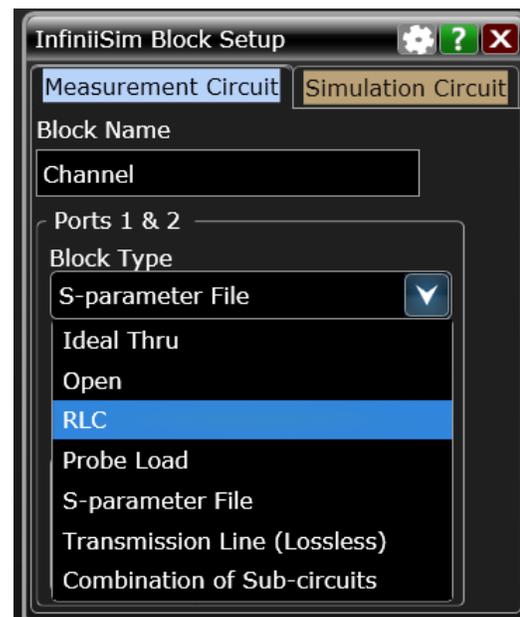


其中：绿色是原始信号的频谱，黄色是去嵌入软件根据传输通道的S参数生成的滤波器函数，可以看到这个函数对高频分量有较大抬升，蓝色则是去嵌入运算以后信号的频谱。

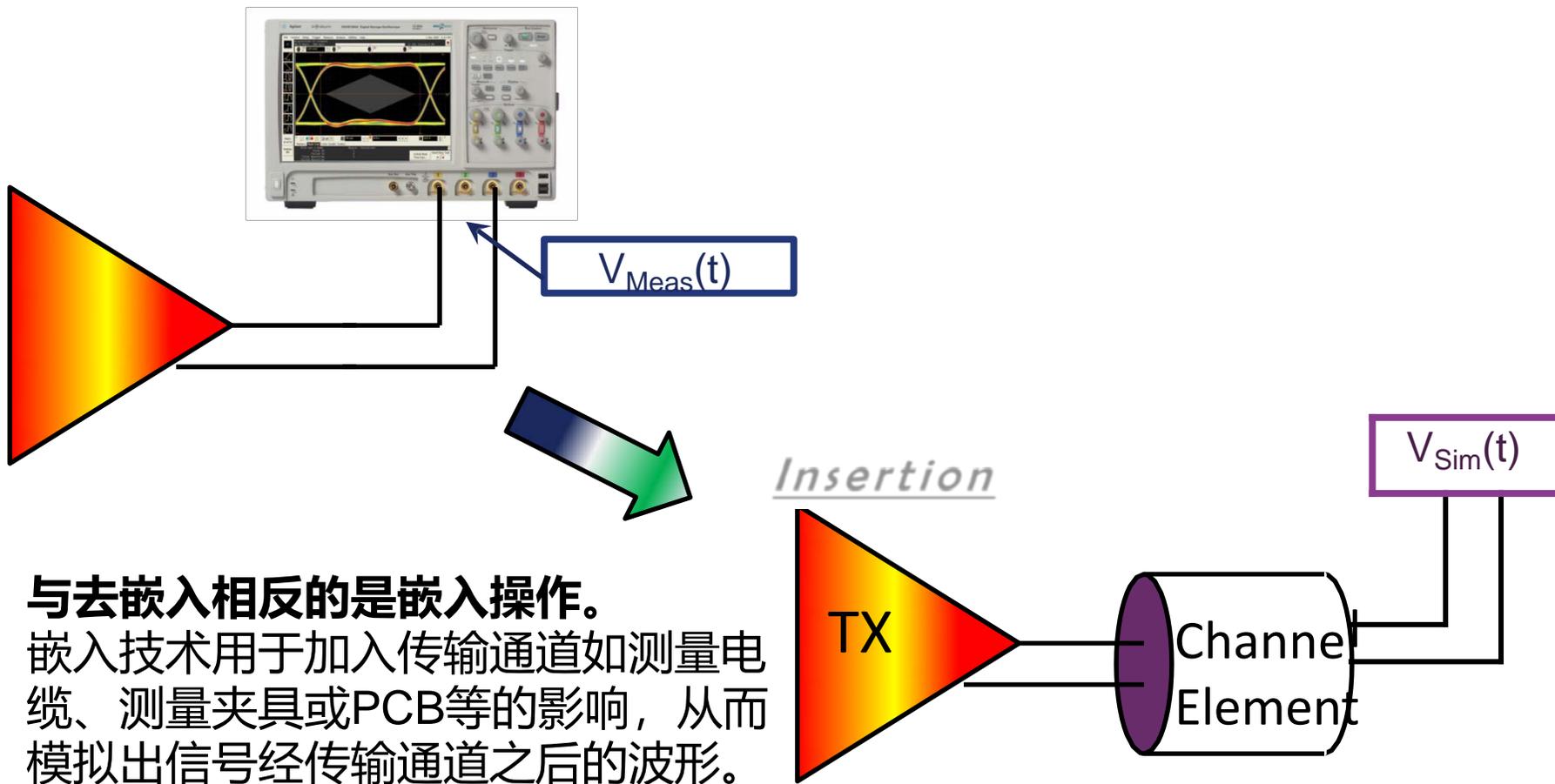
使用注意事项

注意事项：

- 1、去嵌入软件是对信号的高频分量进行补偿和抬升。如果传输通道的高频插损很大，比如在某些频点超过了20dB。则最好在 Bandwidth Limit 下进行限制，避免明显放大高频噪声。
- 2、传输通道的S参数文件需要事先借助矢量网络分析仪或者仿真软件得到才能进行去嵌入和嵌入操作。如果没有S参数文件，也可以选择其它模型比如RLC模型。



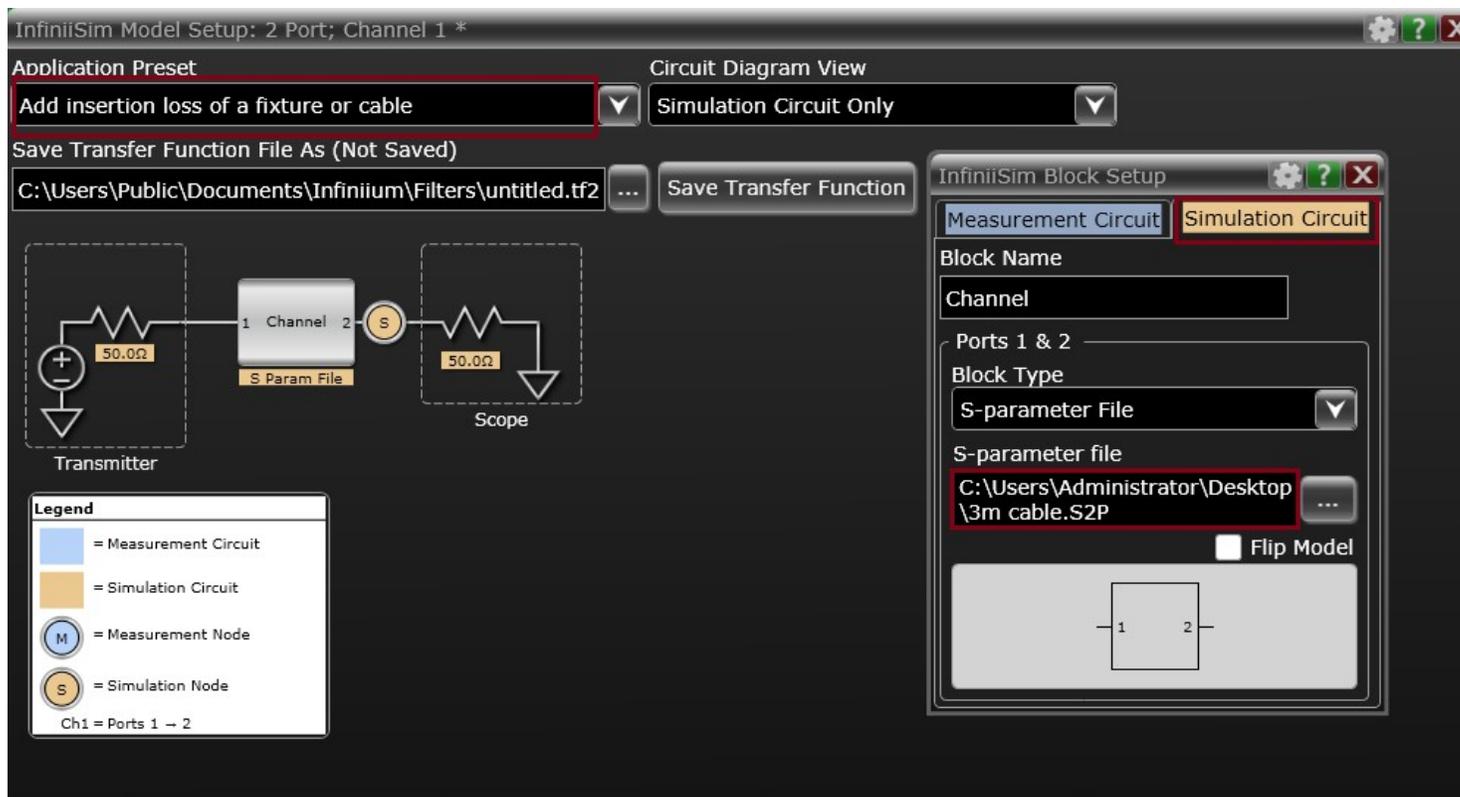
FAQ: 如何实现嵌入操作?



与去嵌入相反的是嵌入操作。
嵌入技术用于加入传输通道如测量电缆、测量夹具或PCB等的影响，从而模拟出信号经传输通道之后的波形。

FAQ续: 如何实现嵌入操作?

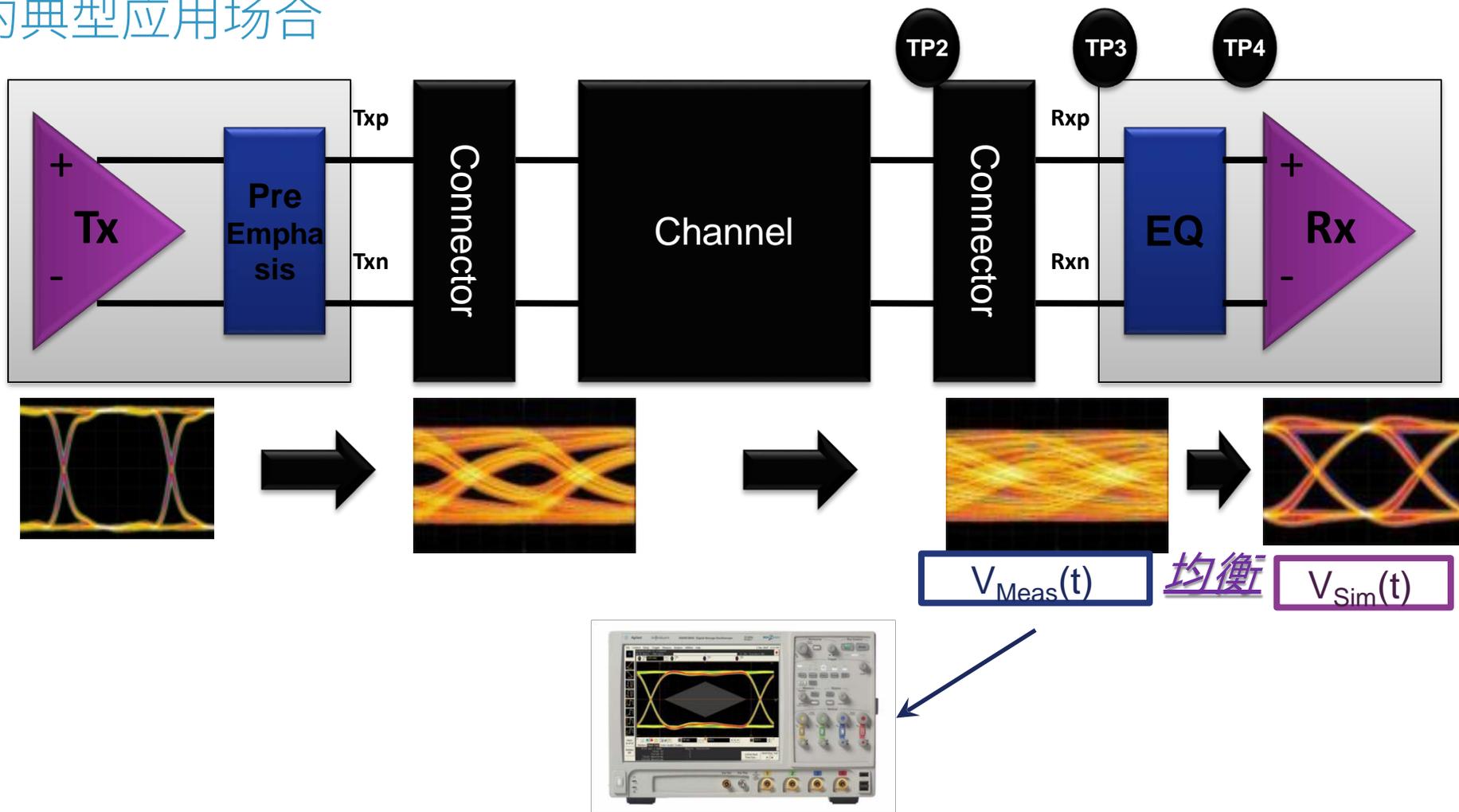
- 如果要做嵌入操作，则在算法模型选择时选择Add Insertion Loss。此时传输通道的S参数文件是插入在Simulation Circuit下。



内容目录

- 第一部分：去嵌入和均衡技术简介
- 第二部分：去嵌入软件的操作使用
- 第三部分：均衡软件的操作使用

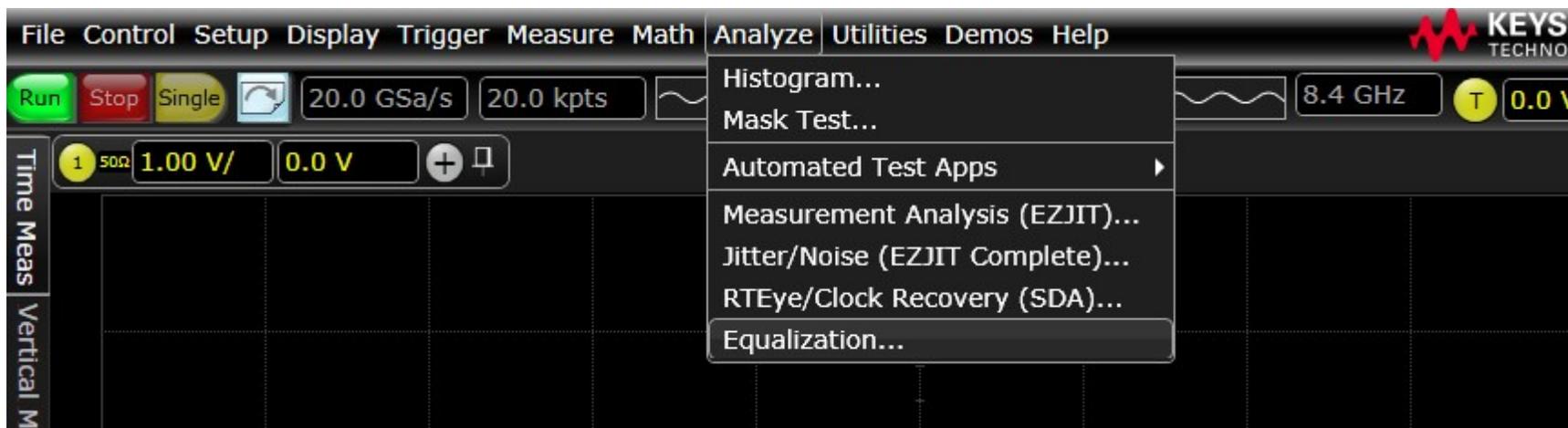
均衡技术的典型应用场合



均衡技术用于在高速数字总线的接收端对传输通道对信号的高频损耗进行补偿。示波器里的均衡软件用于模拟均衡电路对接收端信号的改善情况。

N5461A 均衡软件使用准备

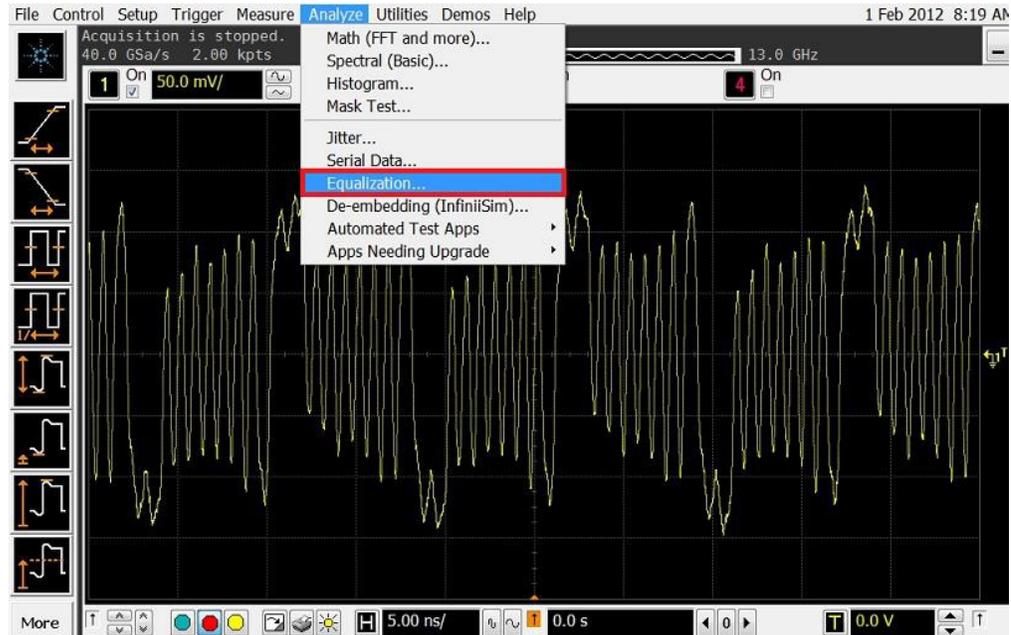
N5461A 均衡软件支持Keysight S/UXR系列 示波器，示波器里需要有N5461A Equalization选件的license。



均衡软件操作步骤1—信号检查

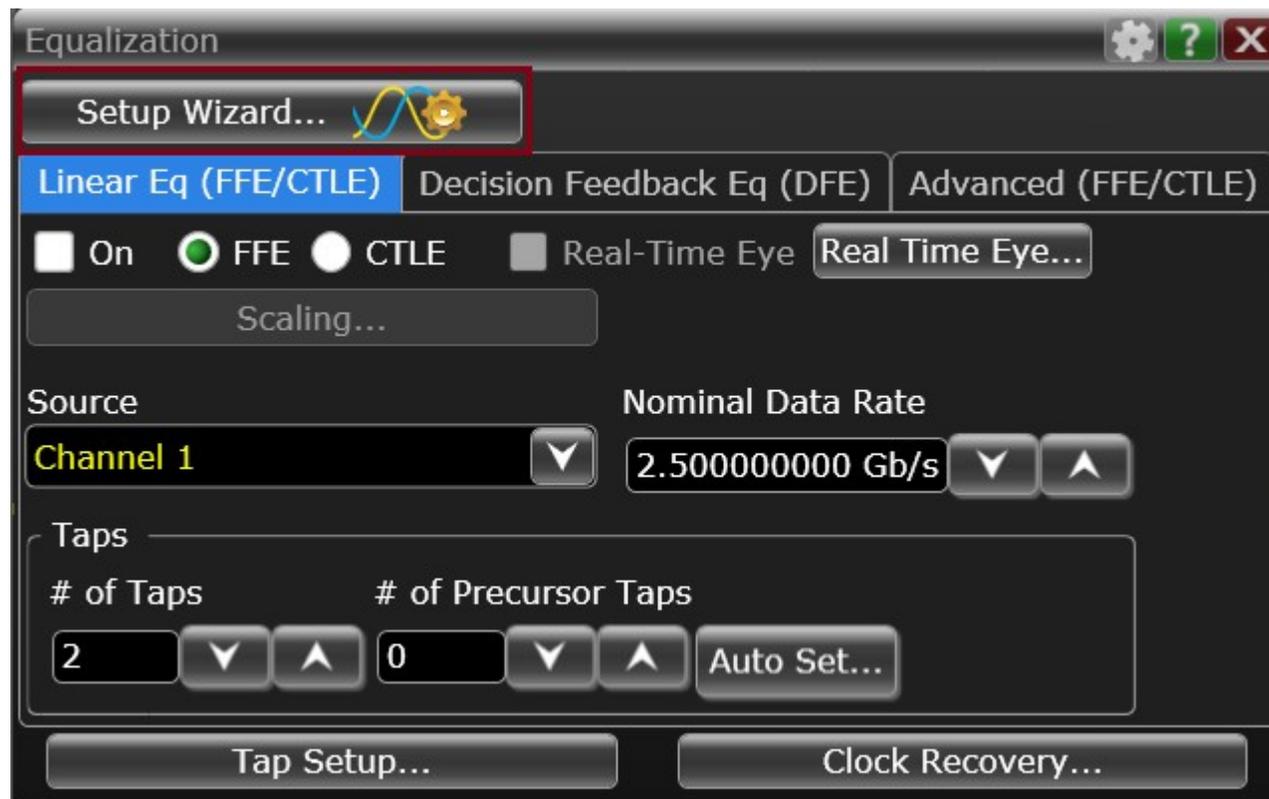
开启示波器，把要测试的总线接收端信号通过探头或电缆连接示波器。按示波器AutoScale按钮显示出示波器捕获的总线接收端未经均衡的原始波形。

然后在Analyze ->Equalization菜单下打开均衡软件。



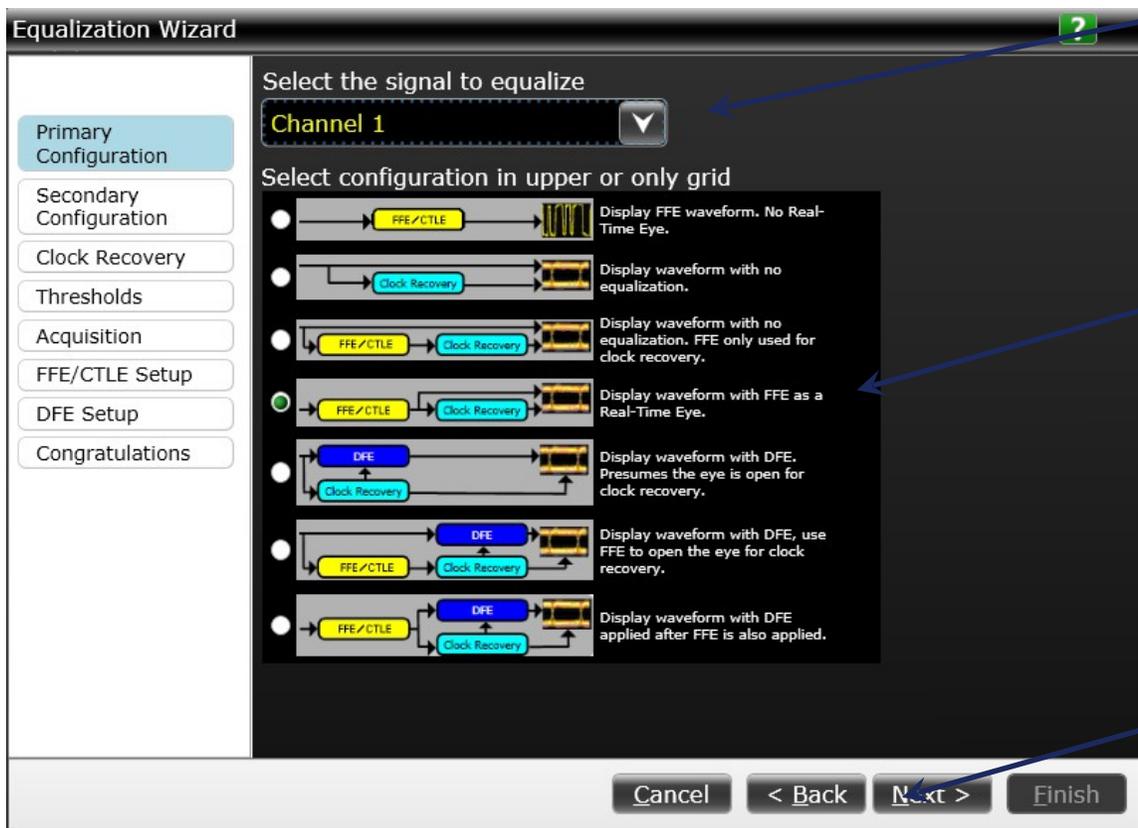
均衡软件操作步骤2—打开设置向导

在Equalizer Setup菜单下选择Equalization Wizard。



均衡软件操作步骤3—选择均衡方法

选择 “Next” 进入Equalization 的主设置菜单



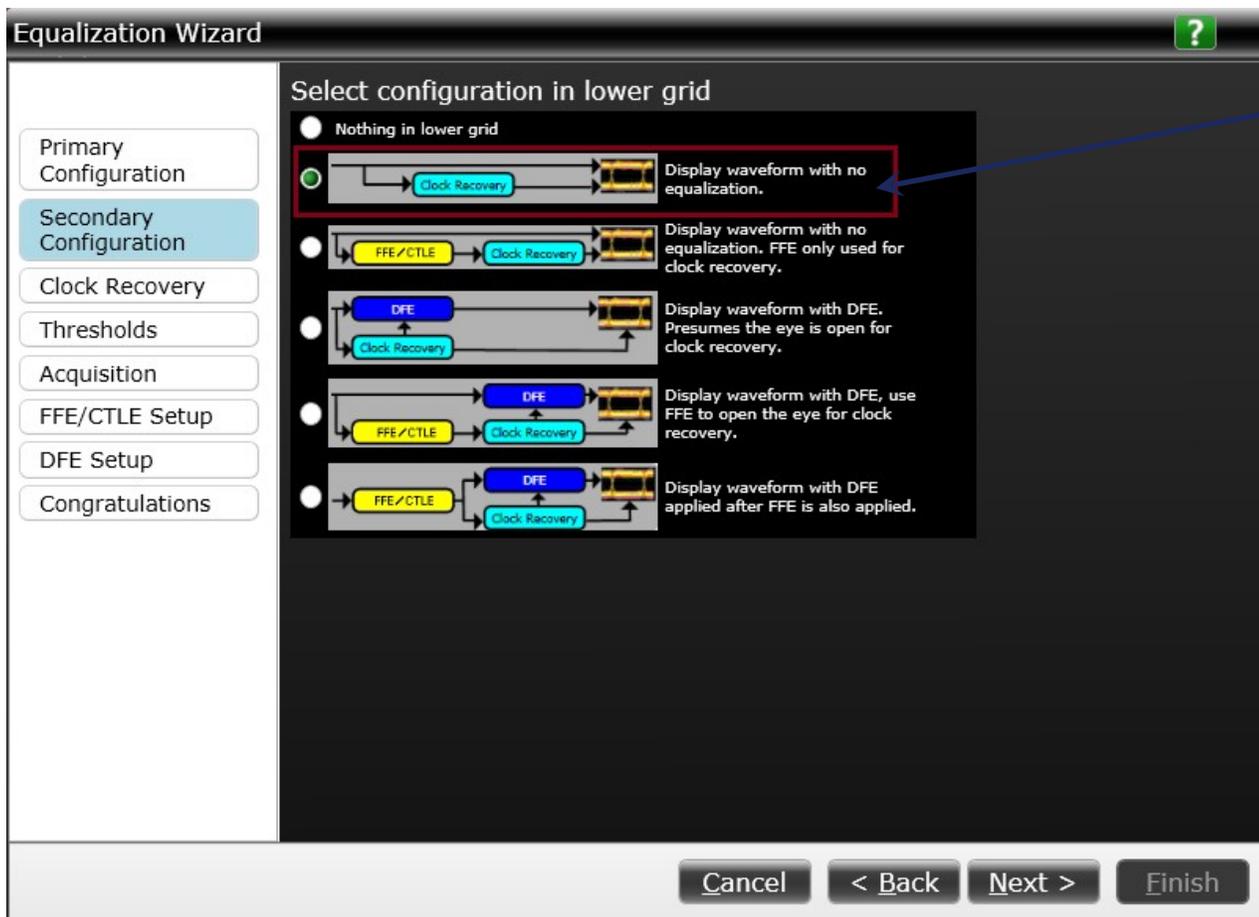
选择要做均衡操作的信号通道

选择均衡的方法

选择通道和相应的均衡方式。
然后点 “Next”

均衡软件操作步骤4（可选） — 设置比较信号

设置第二种均衡方法，然后点“Next”。

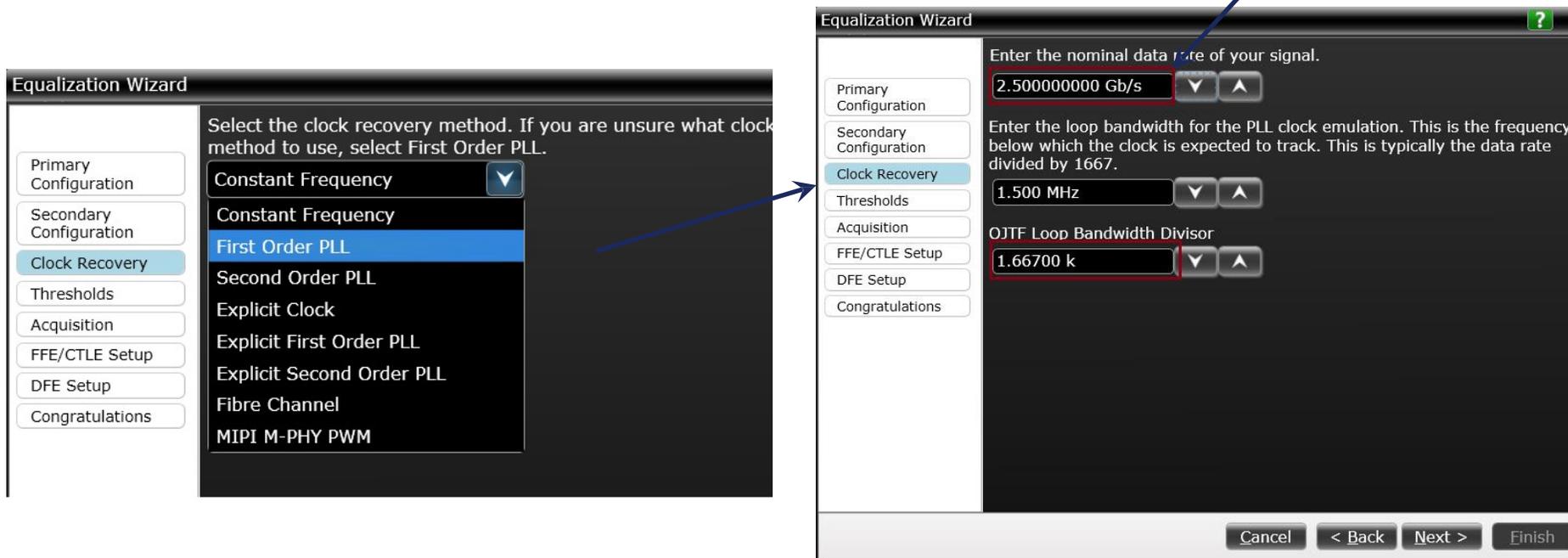


可选的第二种均衡方法，可以选择None。也可以象这样选择直接做时钟恢复和眼图形成，用于比较均衡前后的差异。

均衡软件操作步骤5—设置时钟恢复

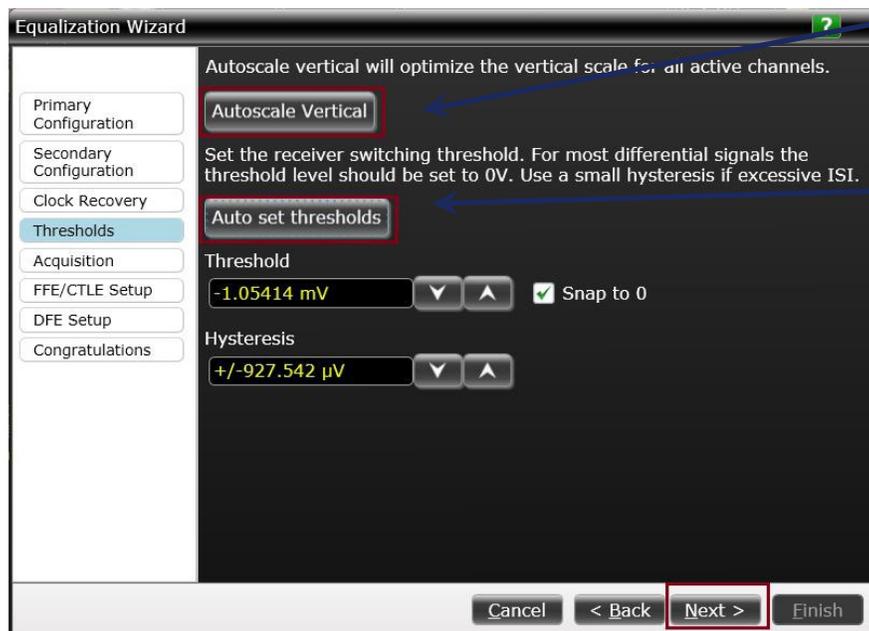
设置时钟恢复方式，被测信号数据速率，环路带宽等。
通常可选1阶PLL，环路带宽设置成数据速率的1/1667。
或者根据实际需要设置时钟恢复方式。

此处要输入实际被测信号数据速率



均衡软件操作步骤6—自动设置阈值电平

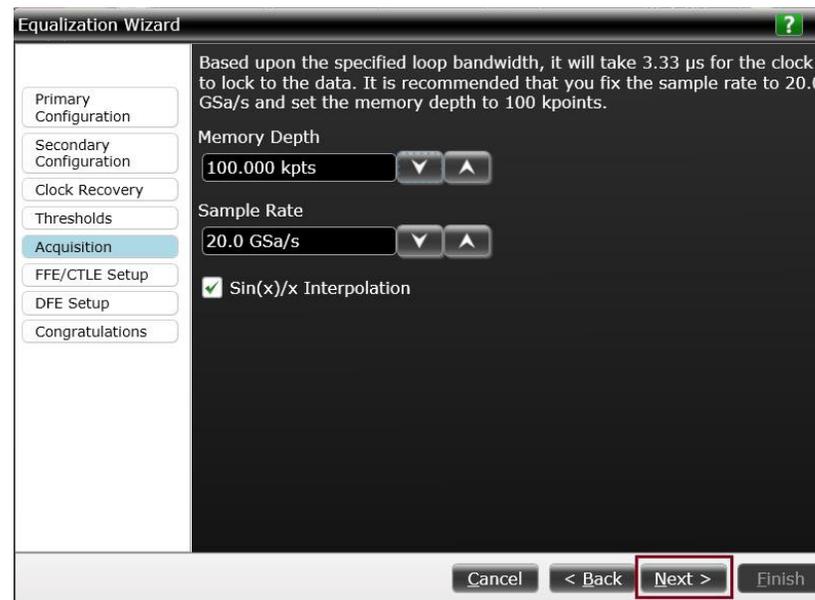
自动设置信号阈值电平



点击

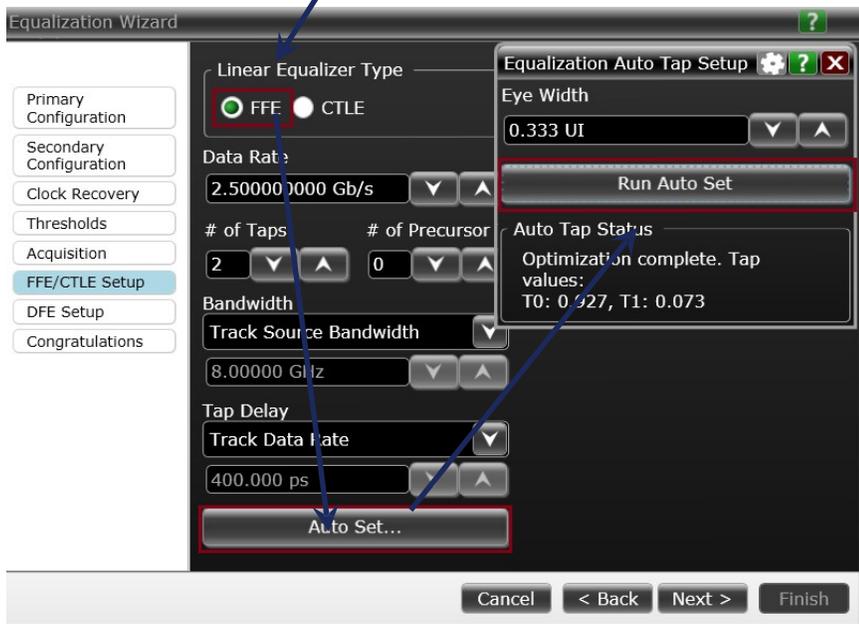
点击

自动设置采样率和内存深度

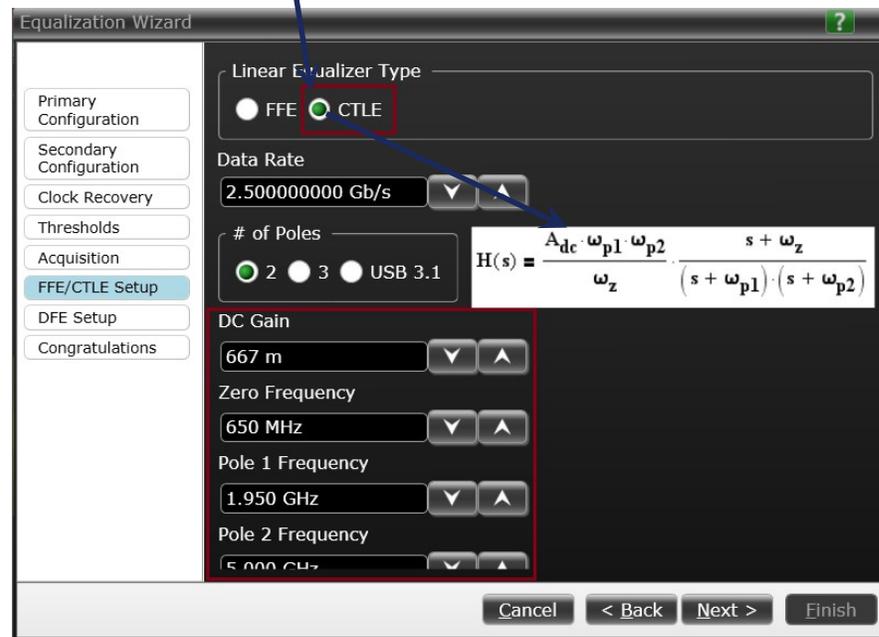


均衡软件操作步骤7—设置均衡方法和系数

选择FFE均衡



或者选择CTLE均衡



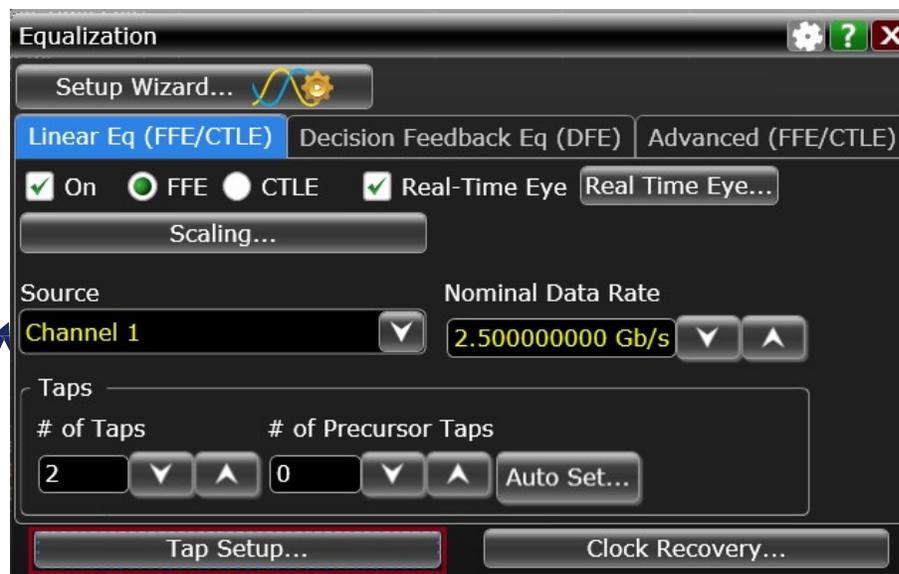
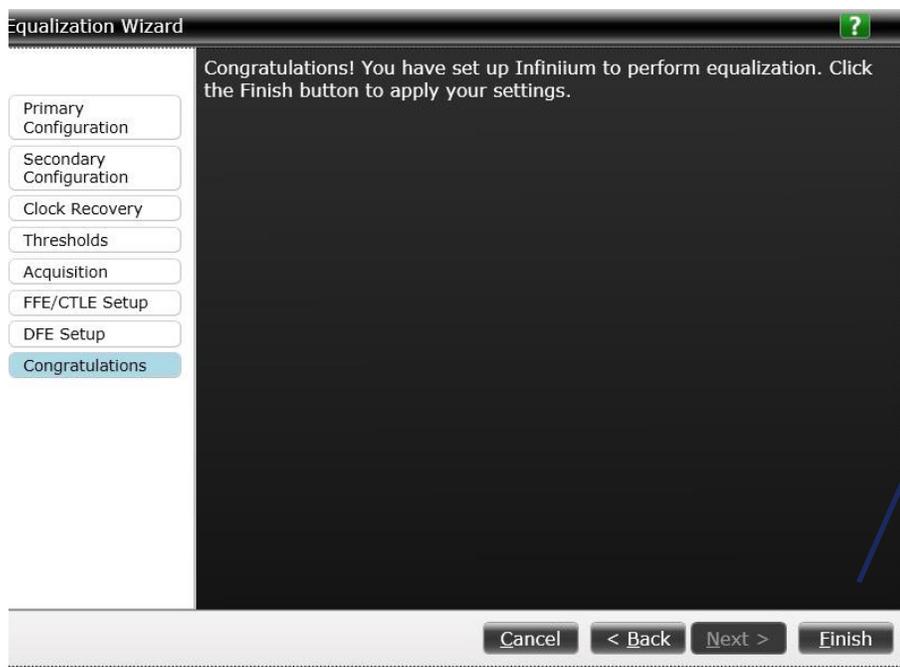
如果选择了FFE均衡，可以选择Auto Set自动设置均衡系数。

如果选择了CTLE均衡，则需要根据相应总线标准人为设置CTLE均衡系数。

均衡软件操作步骤8—完成均衡设置

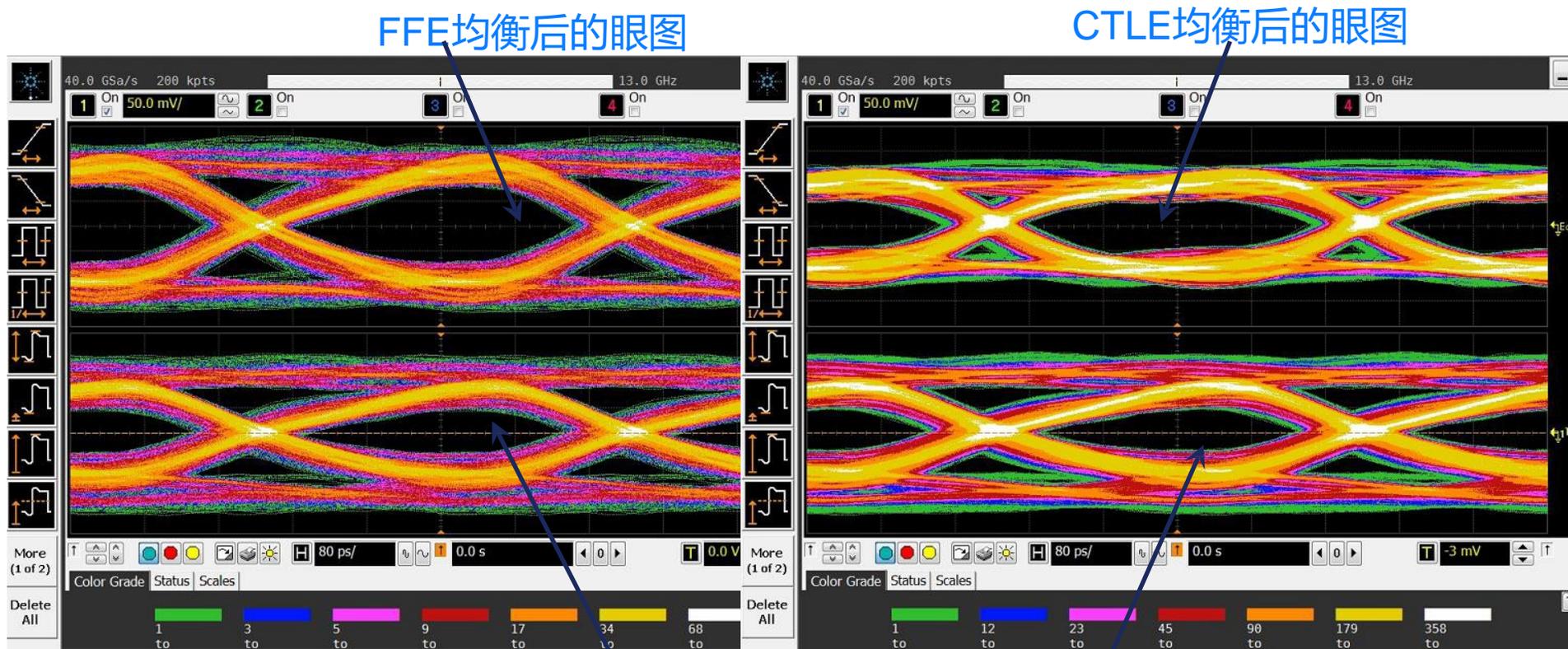
如果在前面选择了DFE均衡有关的项目，还会要求进行DFE均衡系数的设置。然后点“Finish”完成所有设置。

设置完成后也可以点击Tap Setup按钮查看或手动调整均衡系数。



均衡软件操作步骤9—查看均衡结果

所有操作完成后即可以在示波器里看到均衡前后的信号眼图。



FFE均衡后的眼图

CTLE均衡后的眼图

未做均衡的信号眼图

均衡软件使用注意事项

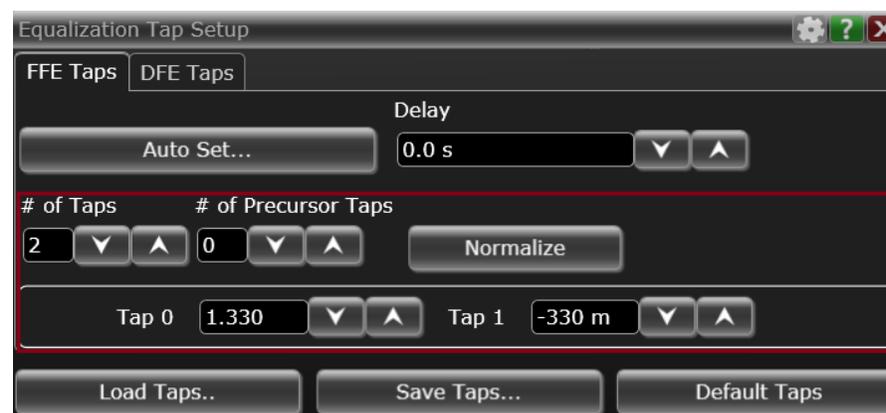
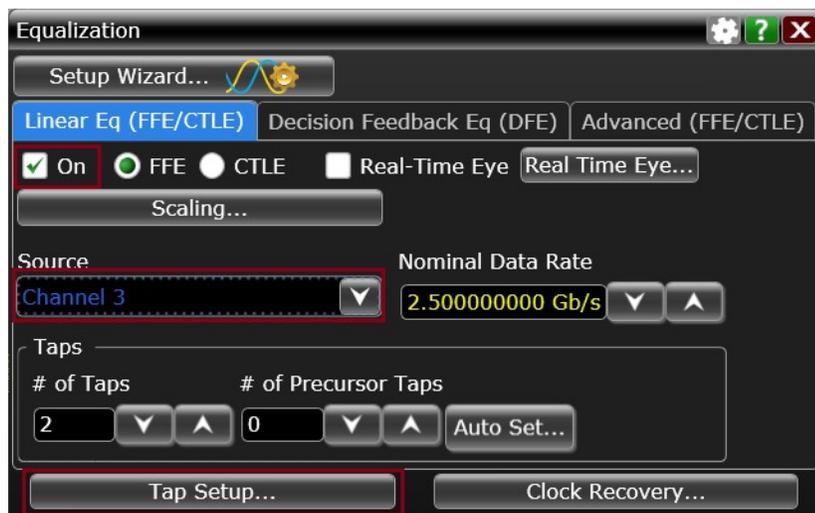
注意事项：

- 1、均衡是用于在接收端补偿传统通道对信号的恶化。如果原始信号质量很好，均衡算法不一定会把信号变得更好，设置不当反而会把信号恶化。
- 2、如果原始信号特别恶劣以至于不做均衡无法进行时钟恢复，则需要选择先做FFE/CTLE再进行时钟恢复的测量方法。
- 3、如果原始信号特别恶劣，不建议直接进行DFE均衡。一般采用先做FFE/CTLE改善信号质量再做DFE均衡。
- 4、如果由于信号质量的原因无法进行自动均衡系数设置，则可以在所有设置完成后在Tap Setup下进行手动的均衡系数设置。

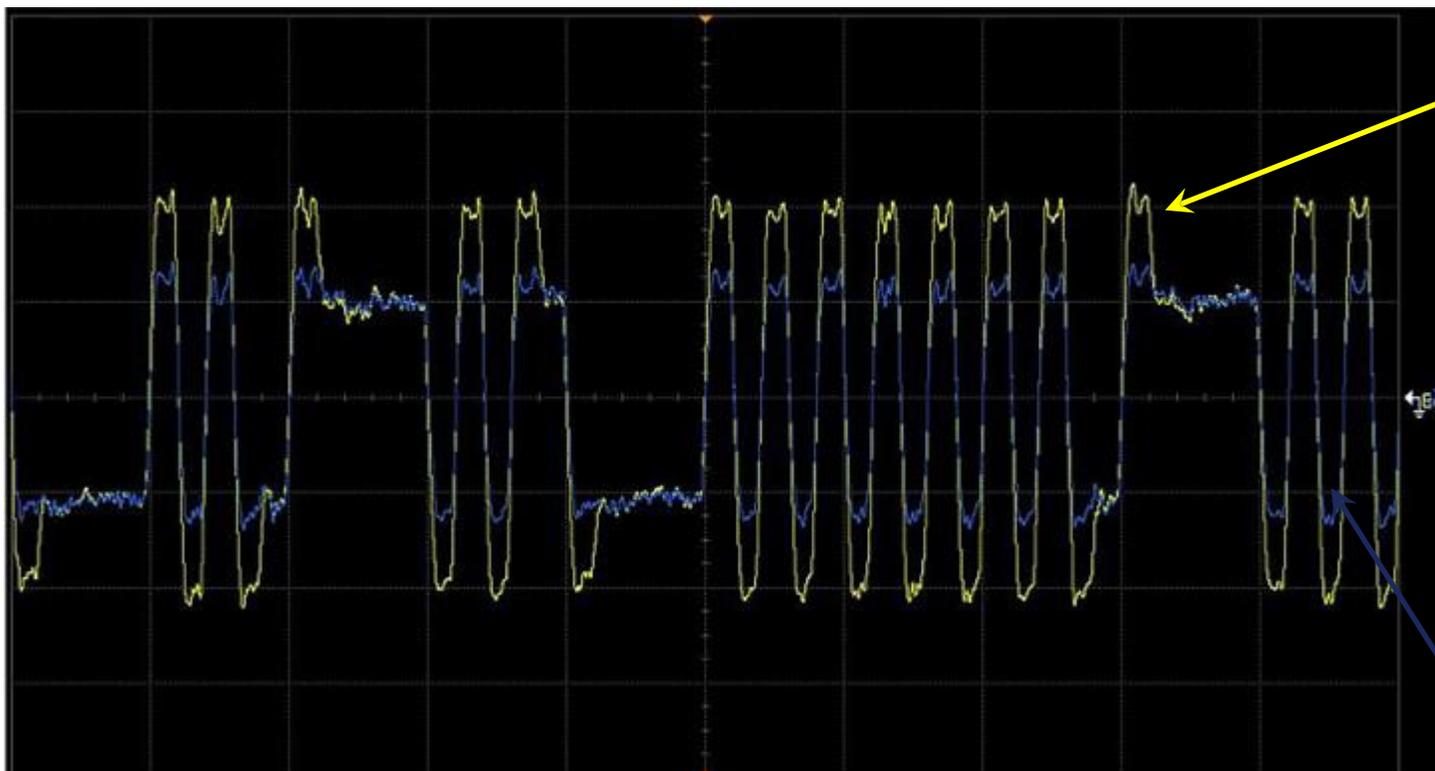
FAQ: 如何用均衡软件模拟发送端的预加重?

预加重本质上是在发送端做的一种信号均衡方法, Keysight的 N5461A均衡软件可以模拟发送端预加重的效果。

方法是直接打开均衡软件, 选择对相应通道做FFE均衡, 并手动设置均衡系数。比如: Tap0=1.33, Tap 1=-0.33时可以模拟6dB的预加重。



FAQ续：如何用均衡软件模拟发送端的预加重？



黄色：模拟的6dB预加重的效果

蓝色：发送端的原始信号