



Allegro PCB SI: 一步一步学会使用Channel Analysis

Learn Channel Analysis Step by Step

Doc Scope : Cadence 16.5
Doc Number : SFTEC11006
Author : Daniel Zhong
Create Date : 2011-11-25
Rev : 1.00



目录

1	Channel Analysis简介	3
2	串行通道的简介	3
3	仿真过程	4
3.1	仿真设置	4
3.2	特征曲线仿真	9
3.3	通道仿真	11
3.4	仿真结果	13
4	IBIS-AMI模型在通道分析中的应用	17
4.1	IBIS-AMI 模型简介	18
4.2	在通道仿真中加载 IBIS-AMI 模型	18
4.3	IBIS-AMI 参数的调节和仿真结果	24
5	时域波形的产生	26
6	通道串扰仿真	28

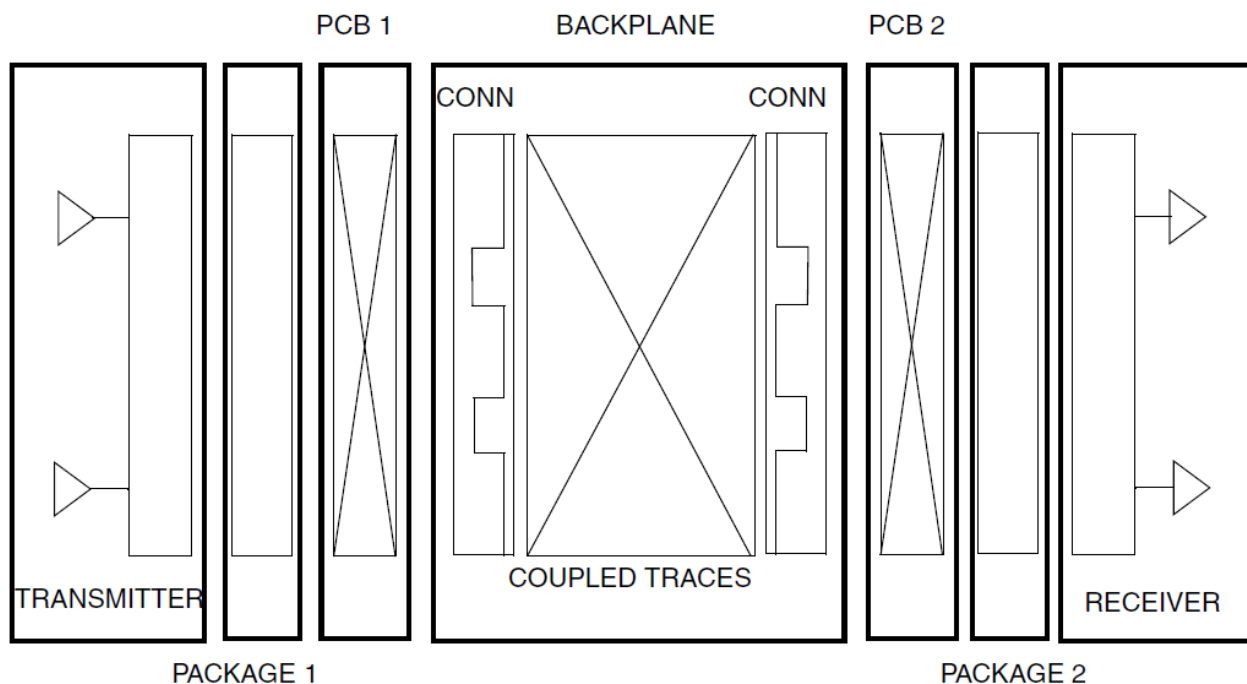
1 Channel Analysis简介

Allegro PCB SI中的Channel Analysis模块是用于超高速（兆赫兹以上）串行信号的仿真工具，我们可以利用它方便快捷地分析串行信号（基本都是差分信号）传输线（可以简称为通道）的衰减、串扰、以及各类调整（包括预加重和均衡化）等所造成的影响。

在Allegro PCB SI 16.5版本中，Chanel Analysis模块得到了进一步改进，对IBIS-AMI（IBIS5.0规范）模型的支持更好。

2 串行通道的简介

对于1Gbps以上的串行数据信号，通常会将从芯片内部的晶元焊盘（die pad）到另一芯片的晶元焊盘之间的差分传输线称为此串行信号的通道。在一些大规模系统设计中，串行通道通常会经由芯片封装（芯片内部的基板substrate、子板、接插件到背板，在经由接插件回到子板（多数为另一子板）、芯片封装，整个途径如下图所示。



由于通常串行通道的频率都较高（现在已经达到10G SerDes，正常向25G SerDes迈进），传输通道也可能较长，整个通道上信号衰减、反射、串扰等影响都会显著的影响到信号到达接收端的质量。我们执行通道分析是通过调整缓冲器的预加重或均衡化等参数，调整传输线的各项参数并选择合适的高速接插件以降低衰减、反射和串扰，最终目的是使得信号在接收端处眼图的张开和抖动符合设计的要求，从而能满足误码率（BER，bit error rate）的要求。

为了仿真码间串扰（ISI，inter-symbol interface）对通道的影响，通常我们都需要执行码长巨大的编码仿真（一般至少是10000bit）。如果按照通常的全波仿真模式，仿真所需的时间也会异常“巨大”，这显然不利

于我们执行假设分析（What-if）仿真。另外，Allegro PCB SI / SigXplorer的全波仿真，最大只支持到1024bit，本身也无法执行10000bit甚至更大数目的仿真。为了解决这一问题，SigXplorer引入了Channel Analysis通道分析这一模块，能够以更大的码长在较短的时间内仿真分析通道的特性。

3 仿真过程

本文会按照以下步骤依次介绍通道分析（Channel Analysis）的执行：

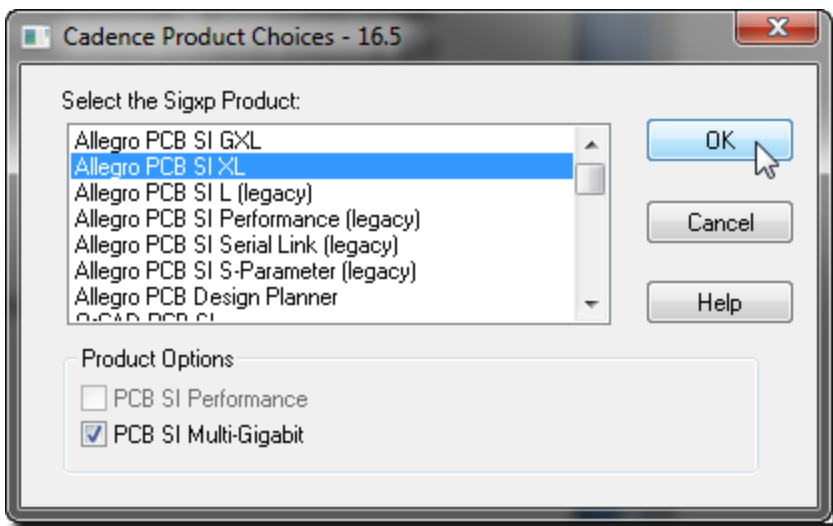
- [仿真设置](#)（Setup）
- [特征曲线仿真](#)（Characterize）
- [通道仿真](#)（Channel Simulation）
- [仿真结果](#)（Results）

3.1 仿真设置

在这个仿真过程的介绍中，我们使用Cadence SPB 16.5自带的一个例子。拓扑文件位于<CDSROOT>\doc\CAtutorial\examples，其中<CDSROOT>表示Cadence SPB的安装目录，例如D:\Cadence\SPB_16.5，文件名是ca_bp.top，我们可以将此文件以及同一目录下的模型文件ca_bp.dml和ca_bp.iml都拷贝到一个新目录下，本案例中是E:\tmp。

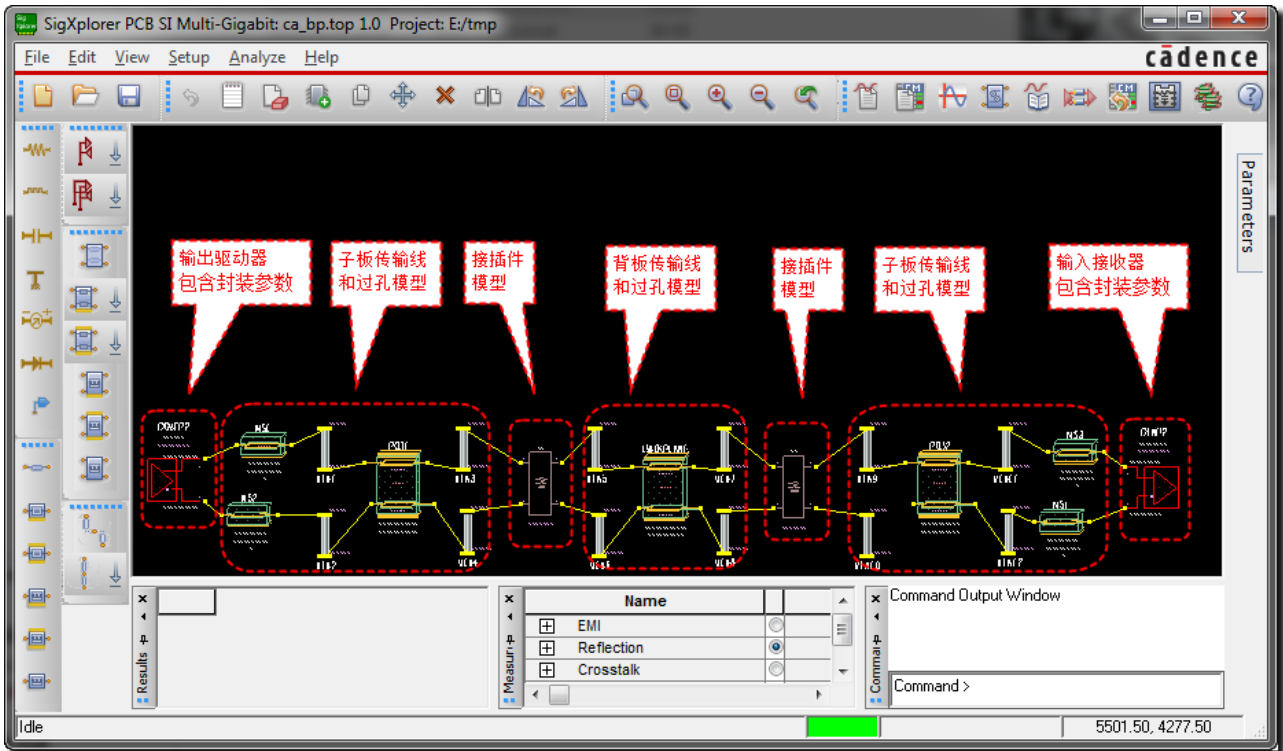
可以在开始菜单中选择右方图标，以打开SigXplorer  SigXplorer。

在弹出的Cadence Product Choices窗口中选择Allegro PCB SI GXL，或是Allegro PCB SI XL（需要加选PCB SI Multi-Gigabit选项），并点击OK。

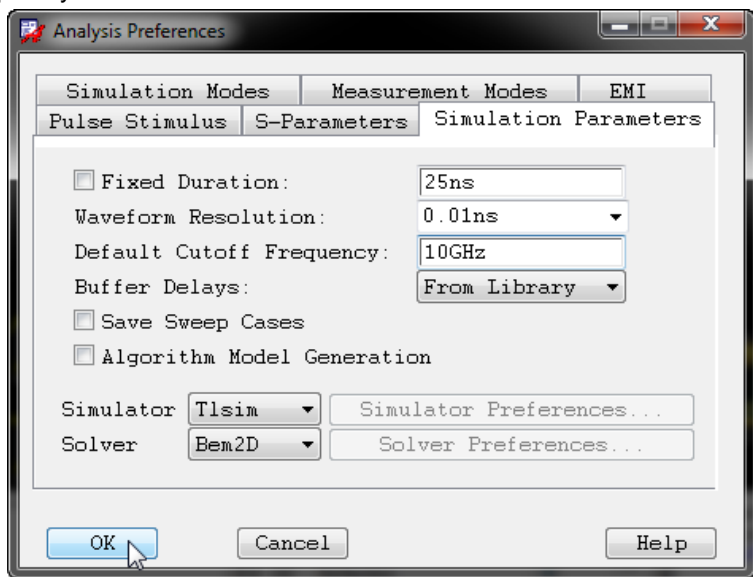


注：需要有上述两个license之一才能执行通道分析。

在打开的SigXplorer窗口中选择File - Open，然后在打开的浏览窗口中找到E:\tmp\ca_bp.top，选择打开，这样SigXplorer窗口如下图显示。（注意到原始的top文件版本存在一个bug，VIA10的S8_V2_2端点没有和传输线PCB2左下方的端点相连，使得差分对的负向传输线实际上的断路。需要依次点击上述两个端点使之相连。）



选择Analyze - Preferences，在打开的Analysis Preferences窗口中选择Simulation Parameters栏眉，然后通过下拉菜单将Waveform Resolution栏选择为10ps（选择后软件会自动转换为0.01ns），在Default Cutoff Frequency栏输入10GHz，然后点击OK。

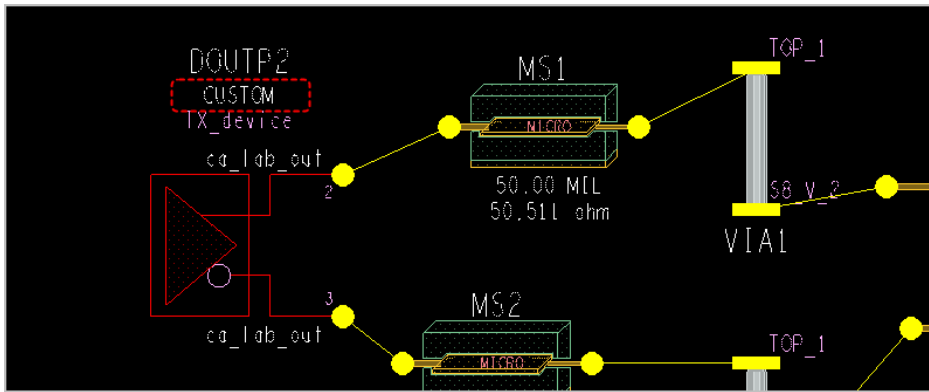


注：Waveform Resolution表示仿真波形的采样间距，数值越低仿真越精确，但所花时间越长。而Default Cutoff Frequency表示仿真截止频率，数值越高越精确，但所花时间越长，这里必须输入非0（GHz）值，以使仿真时考虑传输线衰减的影响。另外，在Analysis Preferences窗口中，多数参数都会影响到仿真的执行或结果，

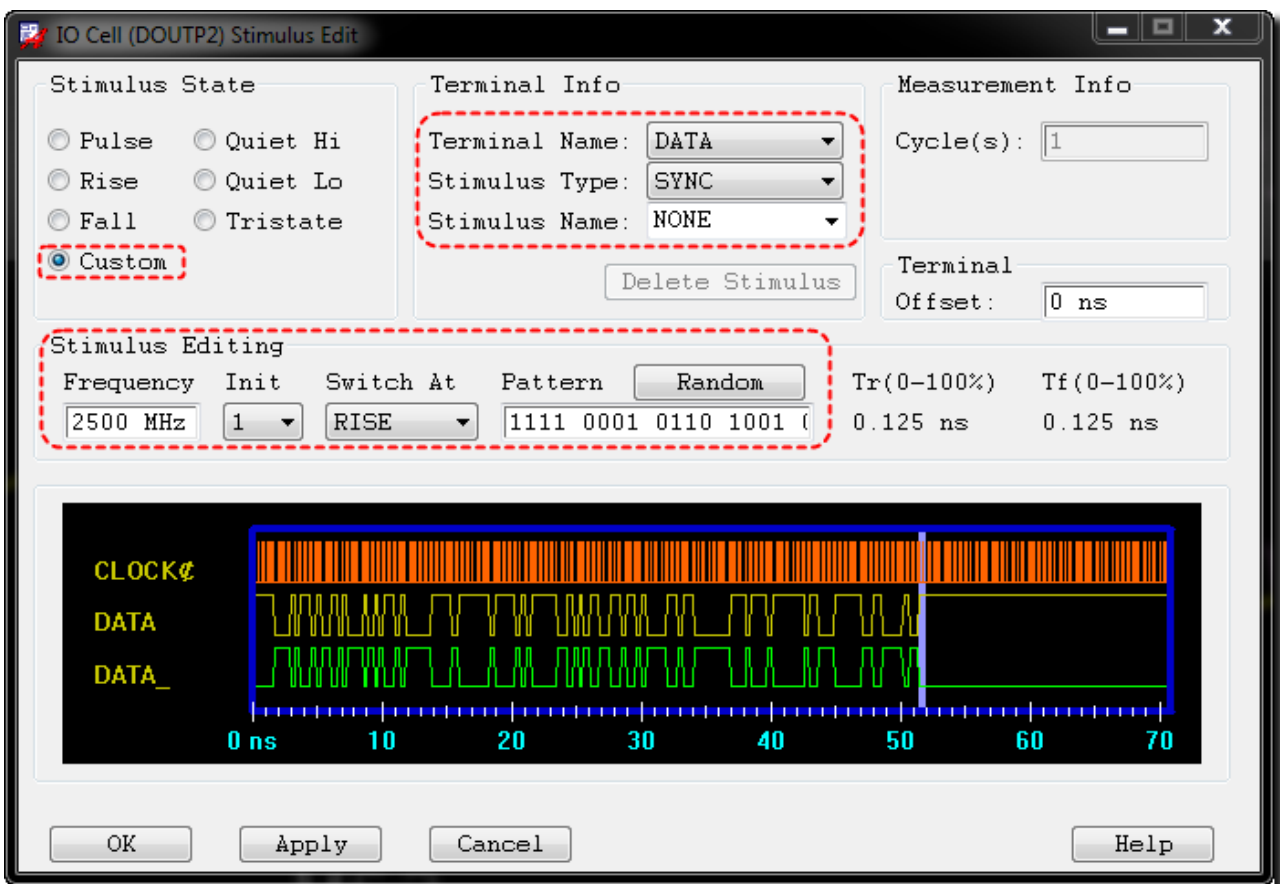
由于这些参数设置是做其他SigXplorer仿真也会设置的，所以在此不对其他参数进行解释，而是保持默认且认为默认设置符合这个仿真的要求。


以下步骤不在通道分析流程当中，目的只是执行一个全波（Full Wave）仿真，得到整个通道在低码长下的波形。

点击SigXplorer中输出驱动器上的（第二行字符，多数情况下显示没有加载激励时的TRISTATE），以设置驱动激励。



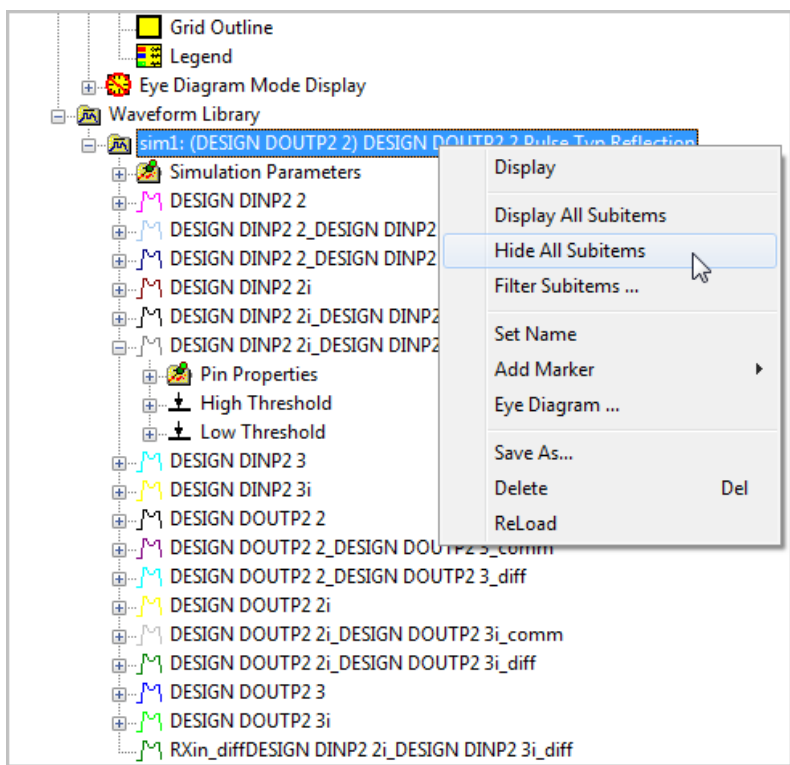
在弹出的Stimulus Edit窗口中确认Stimulus State是Custom（自定义激励序列），Stimulus Type是SYNC（同步），在Frequency是2500MHz（如果数据传输率是2500bps而且时钟是单向触发），Pattern（序列）中是较长的伪随机码序列（本案中是128bit二进制为随机码序列），点击OK关闭。



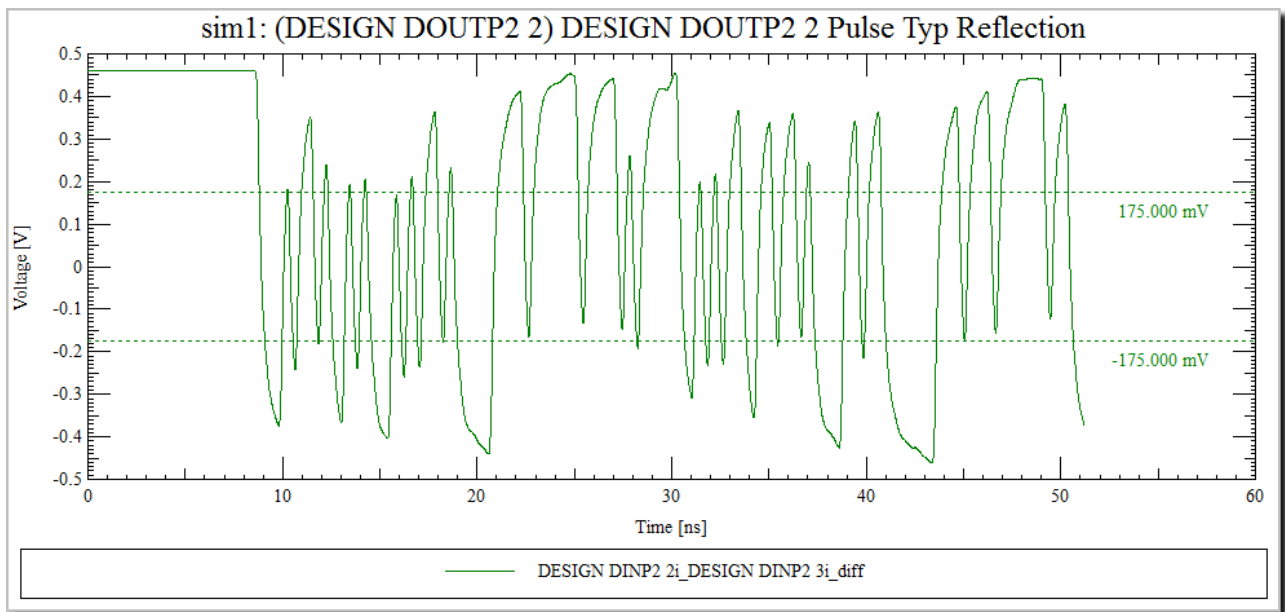
点击SigXplorer窗口菜单中Analyze - Simulate或快捷按钮开始仿真。
当仿真结束，SigWave窗口会弹出并显示波形。



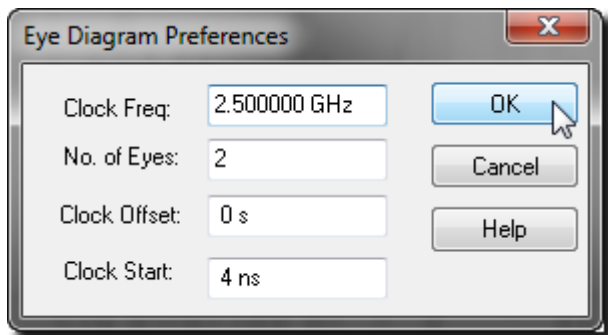
右击SigXplorer左方Waveform Library的下级菜单sim1，在弹出下拉菜单中选择Hide All Subitems。




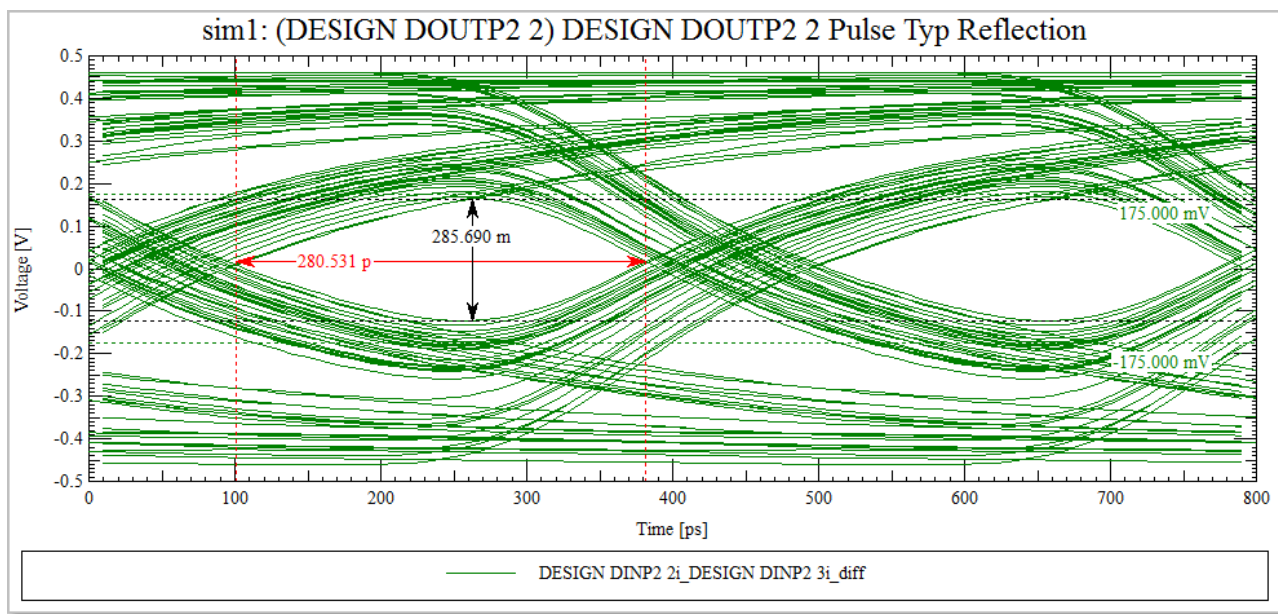
然后双击DESIGN DINP2 2i_DESIGN DINP2 3i_diff，显示这一波形。



选择Graph - Eye Diagram Preferences，在弹出的Eye Diagram Preferences对话框中，Clock Freq（时钟频率）栏输入2.5GHz，No. of Eyes栏输入2（表示眼图持续两个时钟周期，显示两个“眼睛”），Clock Start栏输入4ns（表示眼图从4ns处开始，之前的数据忽略），然后OK确认。




在SigWave窗口中选择Graph - Eye Diagram Mode或是点击按钮 ，以眼图模式显示波形。

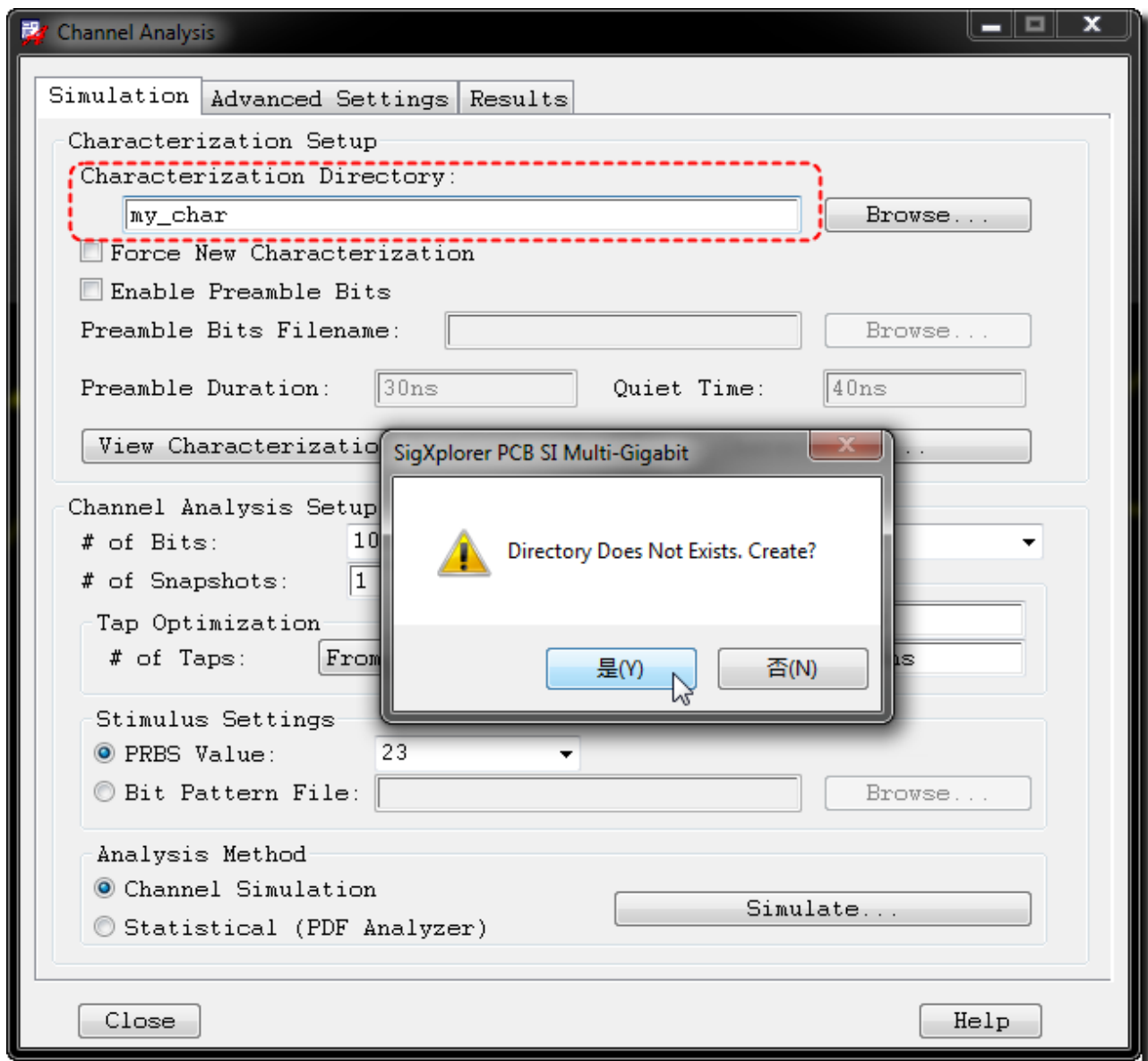


上图就是眼图模式下的波形，然后可以在SigWave中测量得到眼睛的宽度约281ps，高度约285mv。而这是码长较短的情况下得到的结果，如果码长更大，ISI码间串扰会带来更大的影响，眼睛的宽度和高度都会有所缩小。

上面的仿真并不能准确地表征高码长情况下波形的情况，但却有利于我们了解通道的基本效应，以及整个通道模型的搭建是否有明显的问题。所以一般情况下，我们不妨在执行通道分析仿真的过程加入短码长的眼图波形仿真这一步骤。

3.2 特征曲线仿真

回到通道分析的流程之中，在SigXplorer的菜单栏中选择Analyze - Channel Analysis或点击按钮。在打开的Channel Analysis窗口中选择Simulation栏眉，然后在Characterization Directory栏中将原先的sim1修改为my_char，再在弹出的新目录创建确认对话框中选择“是(Y)”。

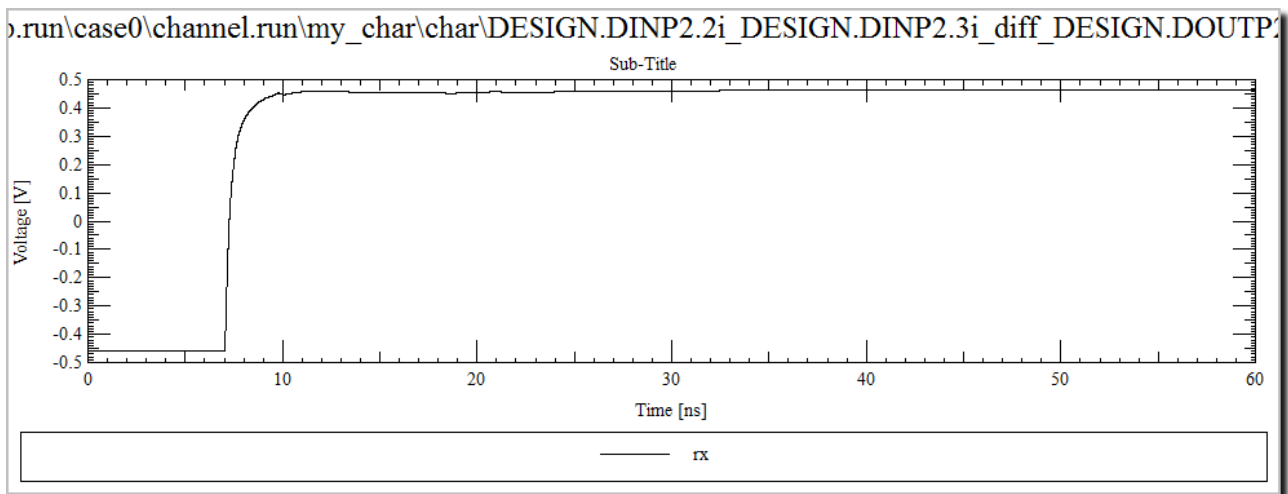


注：所创建的my_char目录位于拓扑文件所在目录的sigxp.run\case0\channel.run子目录下，本案例是E:\tmp\sigxp.run\case0\channel.run，用于储存仿真所得的特征曲线数据。其实这里保持原先的sim1也未尝不可，换新目录只是可以让我们更容易区分特征曲线仿真数据和其他仿真数据。

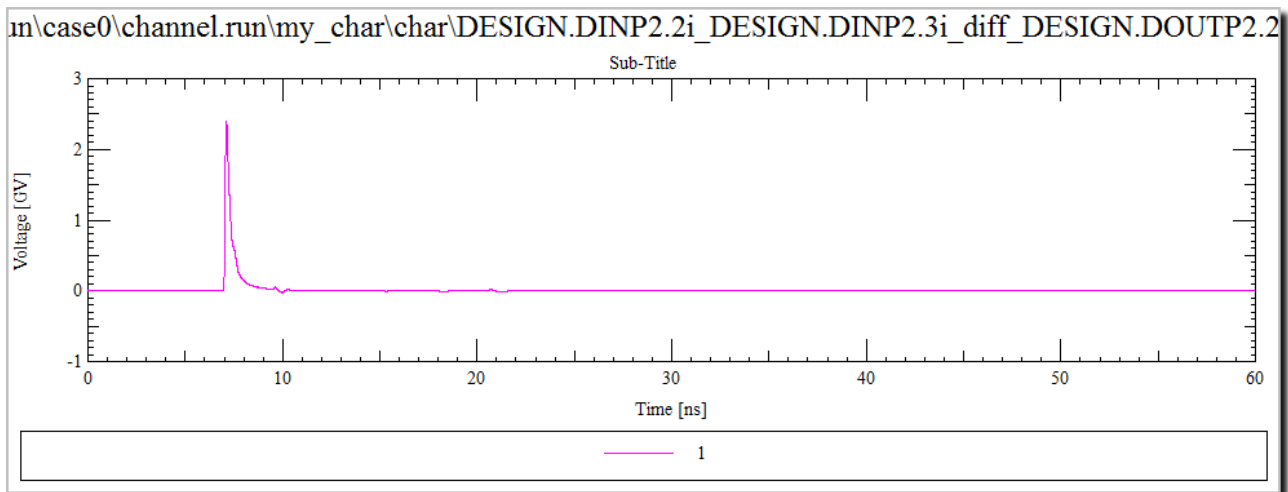
然后点击Characterize按钮 **Characterize...** 执行特征曲线仿真。这里如果输出信号支持前置位（preamble bit），可以在仿真特征曲线前对前置位进行设定，这里暂不详述。

在一段时间后，特征仿真结束。其中会弹出一个CMD窗口自动运行命令，并在结束后自动关闭。

这时，特性曲线仿真已经完成，其结果保存在刚才我们所定义my_char目录下char文件夹中。我们可以点击View Characterization Waveform按钮 **View Characterization Waveform...** 查看特征曲线。选择stim.sim结尾的文件显示阶跃曲线。



在Select a Characterization file浏览器窗口中选择stim_imp.sim结尾的文件显示脉冲曲线。



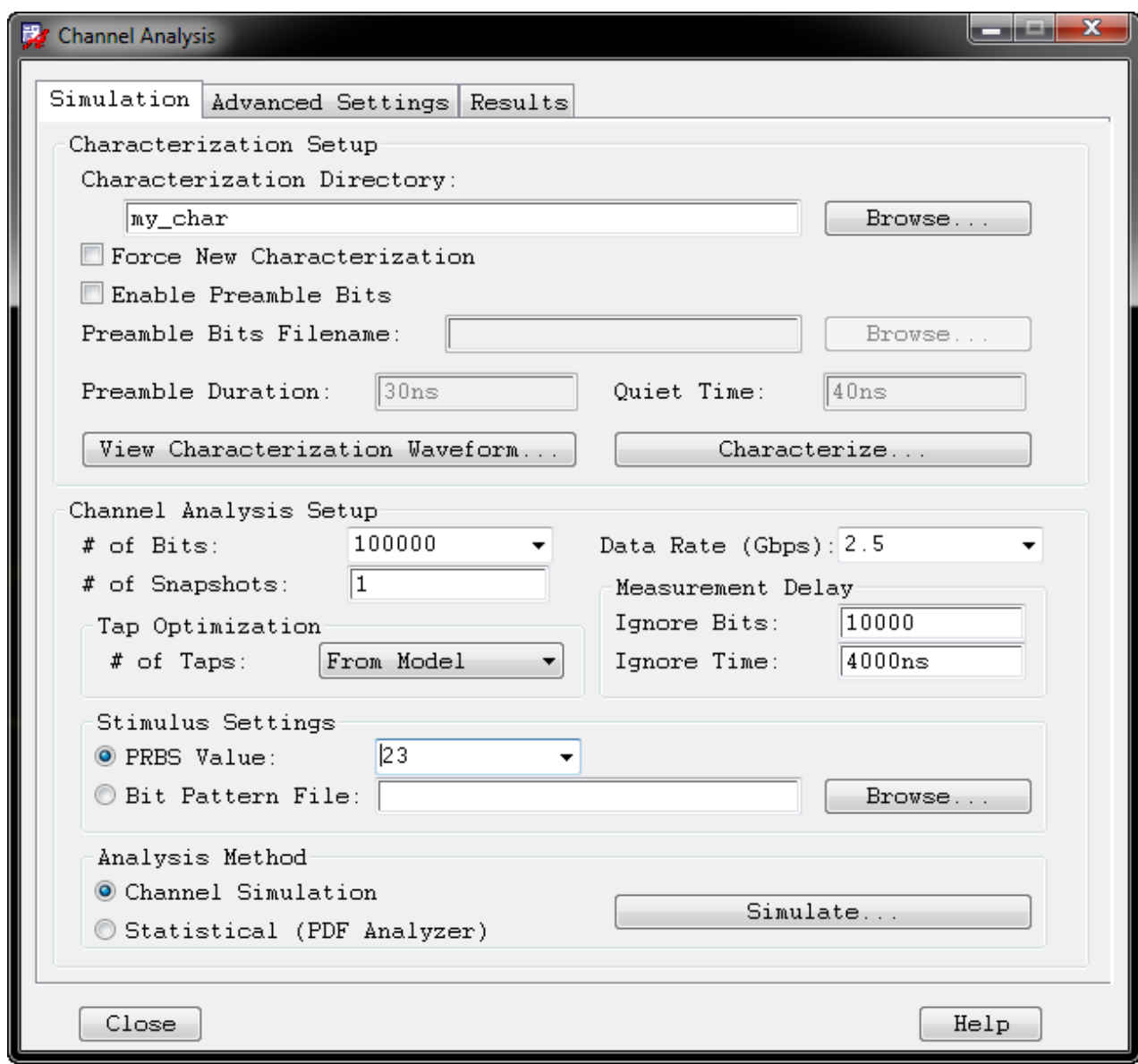
3.3 通道仿真

在执行通道仿真前，我们还需要设定一些通道仿真的参数。在Channel Analysis窗口Simulation页眉下，按照下图输入参数。即# of Bits选择100000，Data Rate (Gbps)输入2.5，# of Snapshots输入1，# of Taps保持From Model，Ignore Bits输入10000，此时Ignore Time或自动变成4000ns，PRBS Value选择23。最后，在

Analysis Method栏中选择Channel Simulation，并点击simulate按钮

Simulate...

执行仿真。

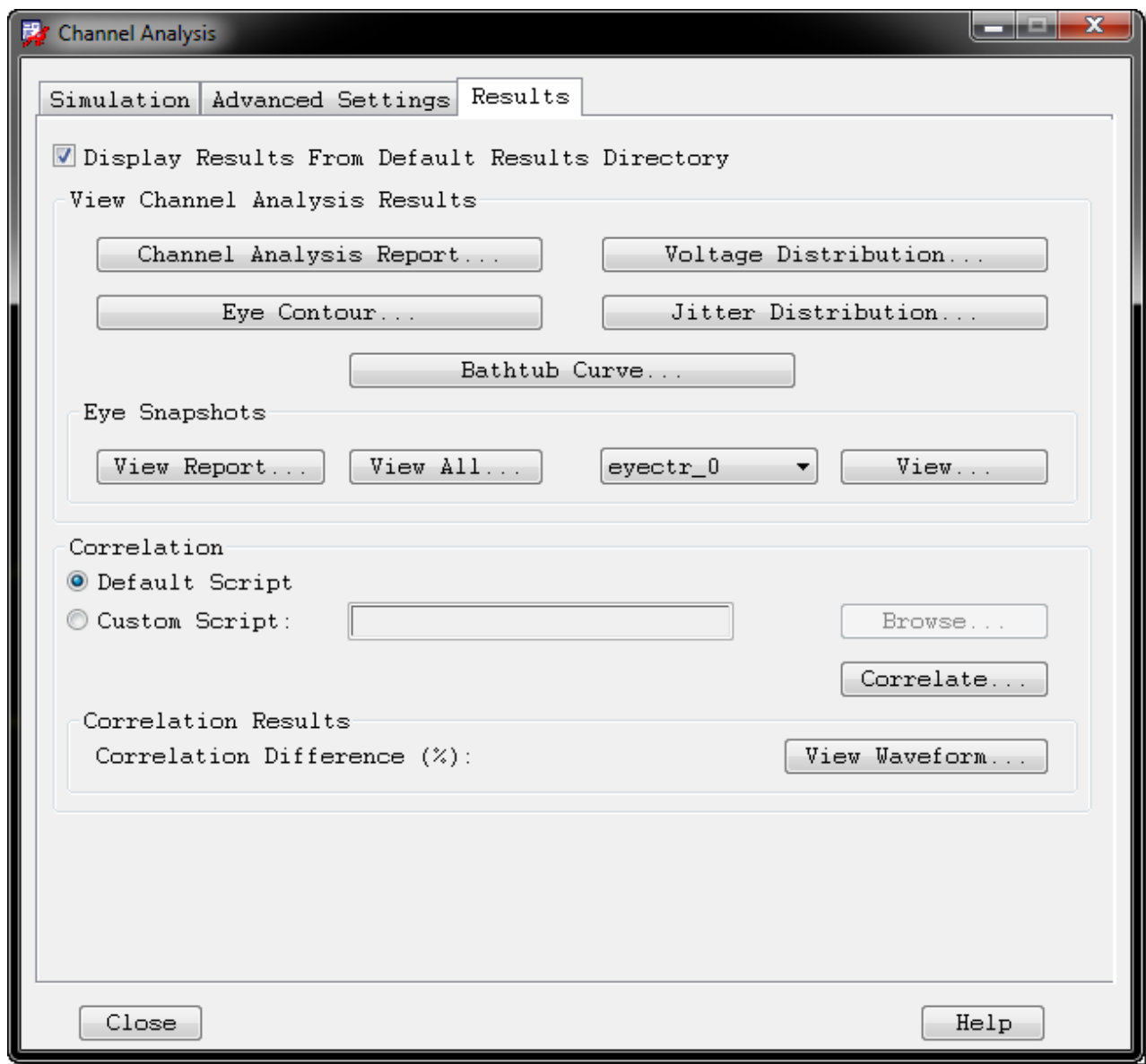


注:

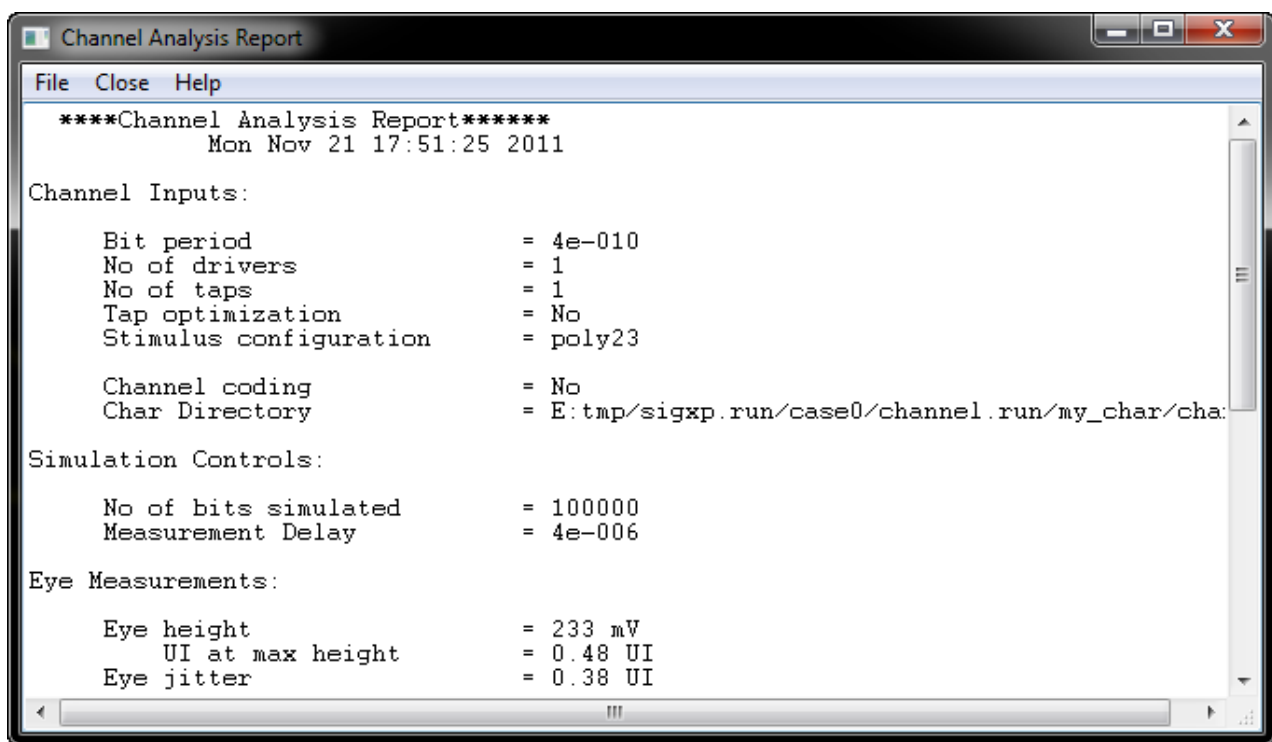
- # of Bits数值即码长;
- Data Rate (Gbps)即数据传输率, 本案例中为2.5;
- # of Snapshots决定Eye Contour曲线的数目, 如果数值大于1, Eye Contour会按照同值UI为间隔取点。
- Tap Optimization决定预加重的级别, From Model表示驱动器使用模型所定义的预加重级别(可以是无预加重), 而在下拉菜单中选择其他项则会在驱动器输出模型的基础上添加一定的预加重。另, 关于预加重等串行信号的调制模式, 会另文详述。
- Measurement Delay输入一个较大或略码长, 目的是排除通道信号未稳定前的波形对仿真结果的影响, 当传输通道上存在交流耦合电容(隔直电容)时尤其需要一个足够大的数值。
- Stimulus Setting中可以像本案例中输入一个PRBS序列, 或者是选择一个编码序列文件, 以使用其他序列(例如K28.5、8b/10b等)。

3.4 仿真结果

在经过一段仿真时间后（时间很短，通常一两分钟即可），仿真结束，Channel Analysis窗口会自动跳转到Results页眉下。

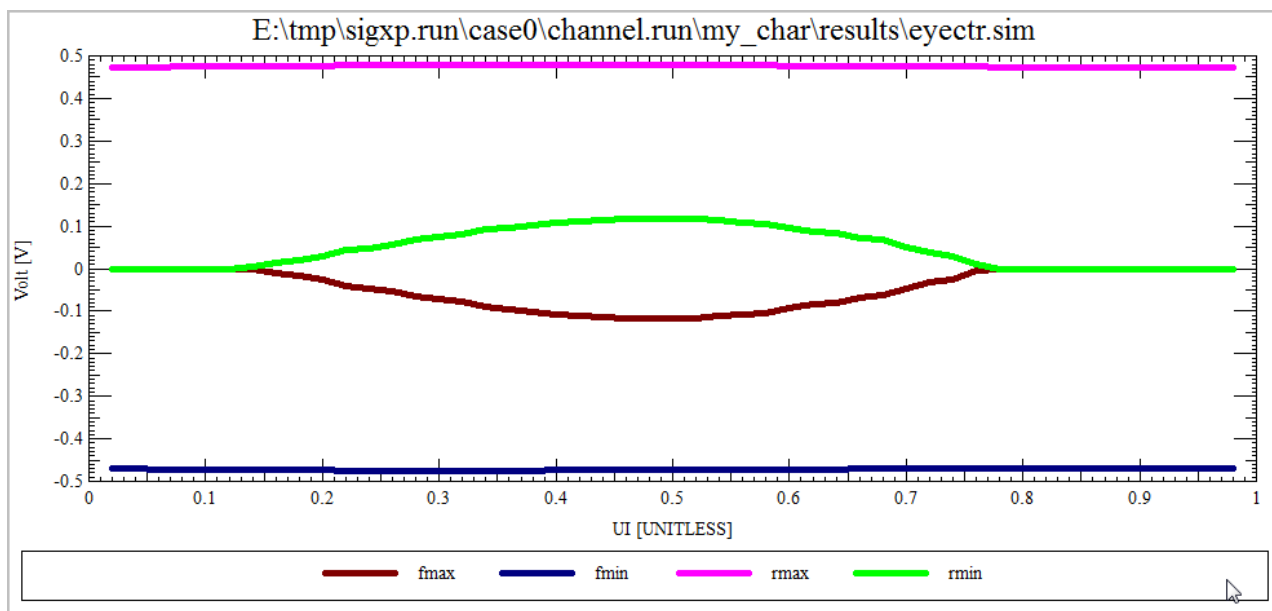


点击Channel Analysis Report按钮 **Channel Analysis Report...** 显示仿真报告。

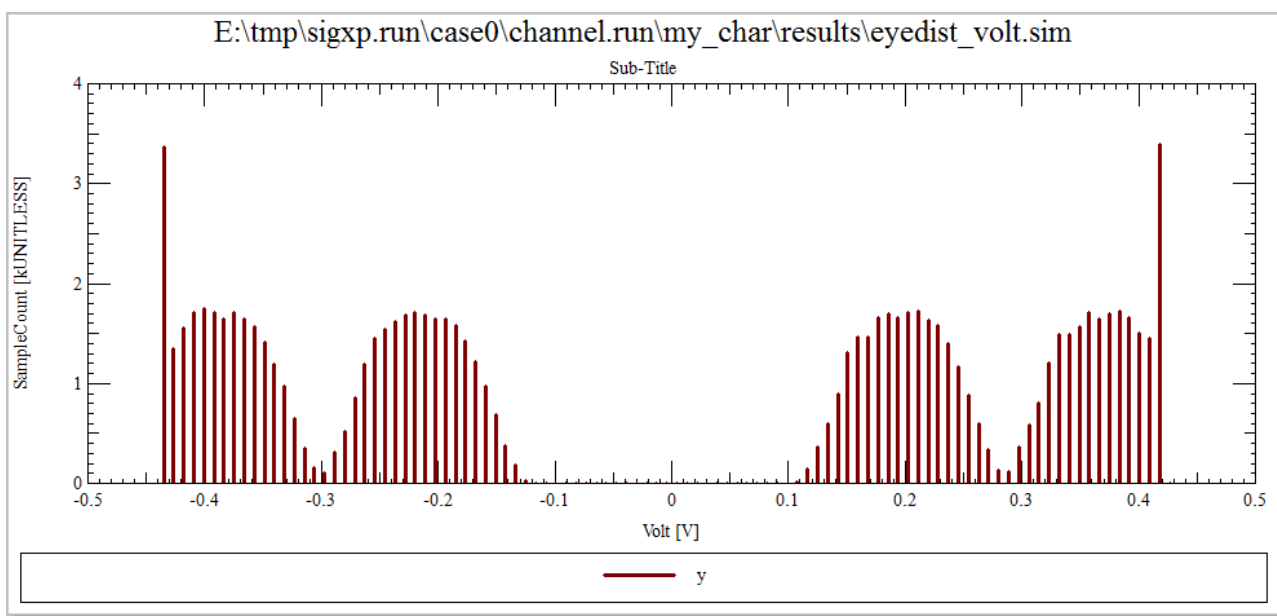


我们可以在上面的报告中看到眼睛高度是233mV，眼睛的抖动是0.38UI，于是眼睛的宽度是 $UI(1-0.38) = 0.62UI = 248ps$ 。

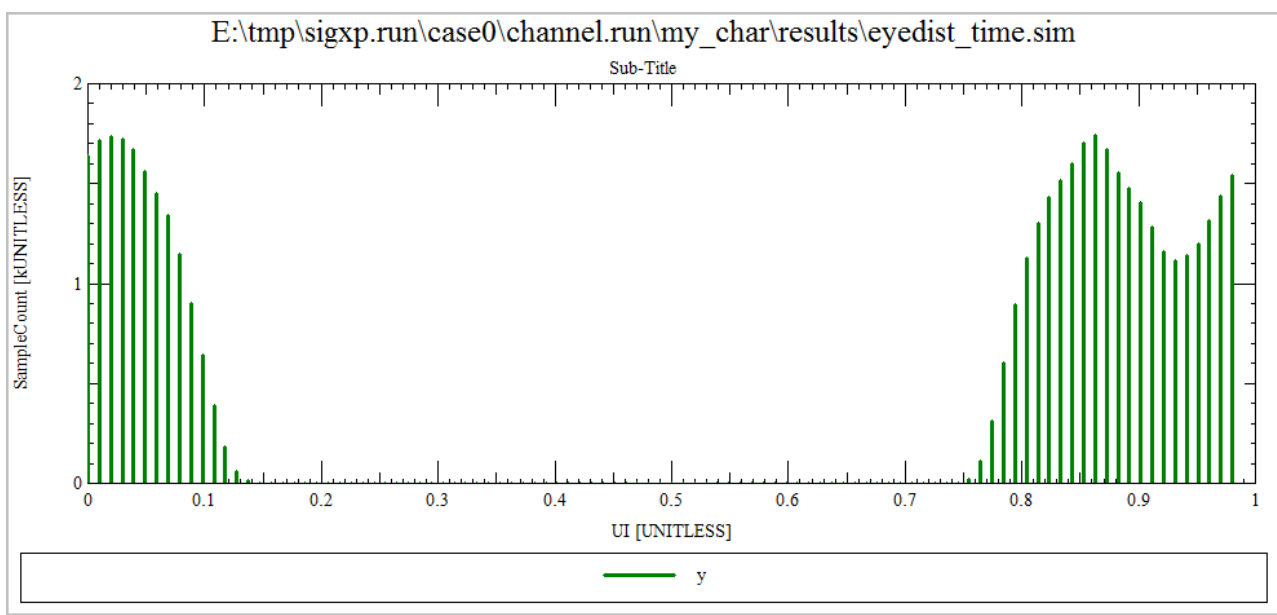
点击Eye Contour按钮 Eye Contour... 显示眼图轮廓。



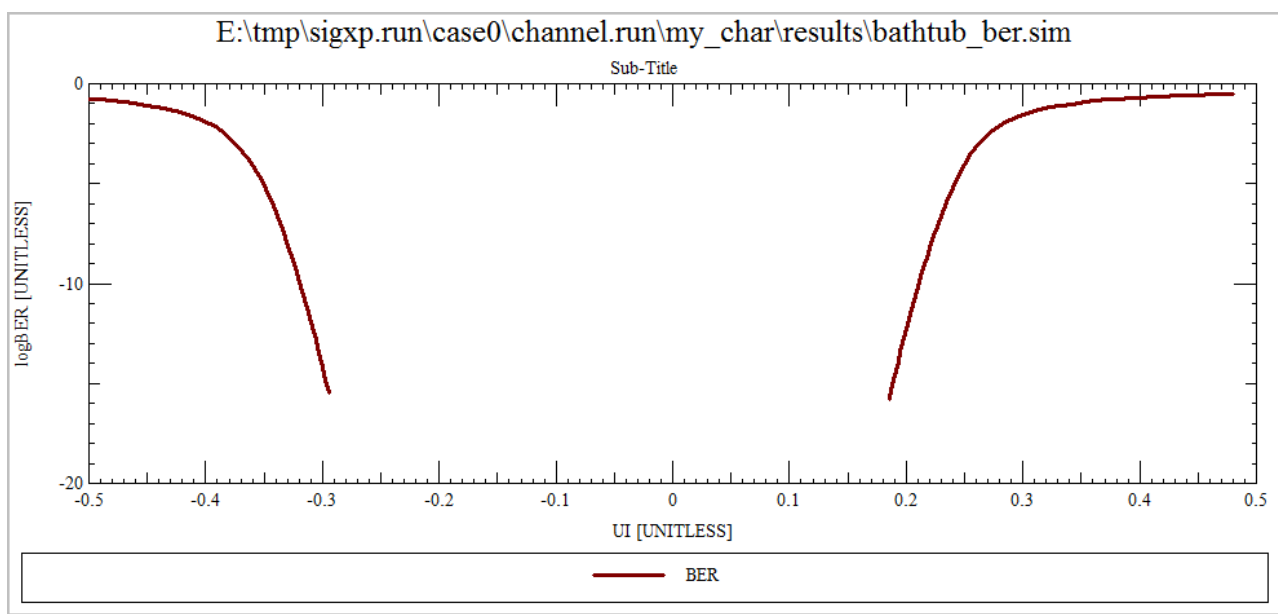
点击Voltage Distribution按钮 Voltage Distribution... 显示电压分布曲线。



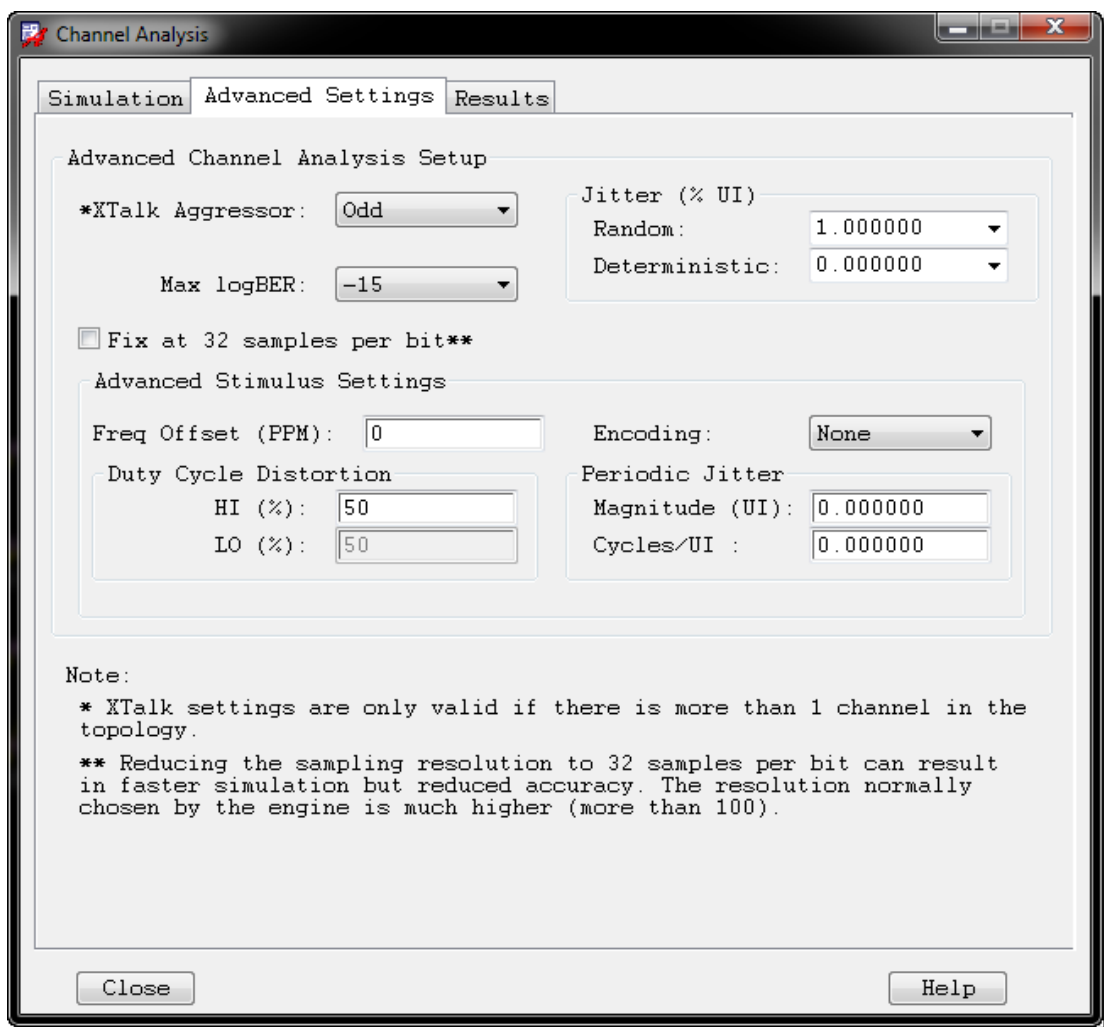
点击Jitter Distribution按钮 **Jitter Distribution...** 显示抖动分布曲线。



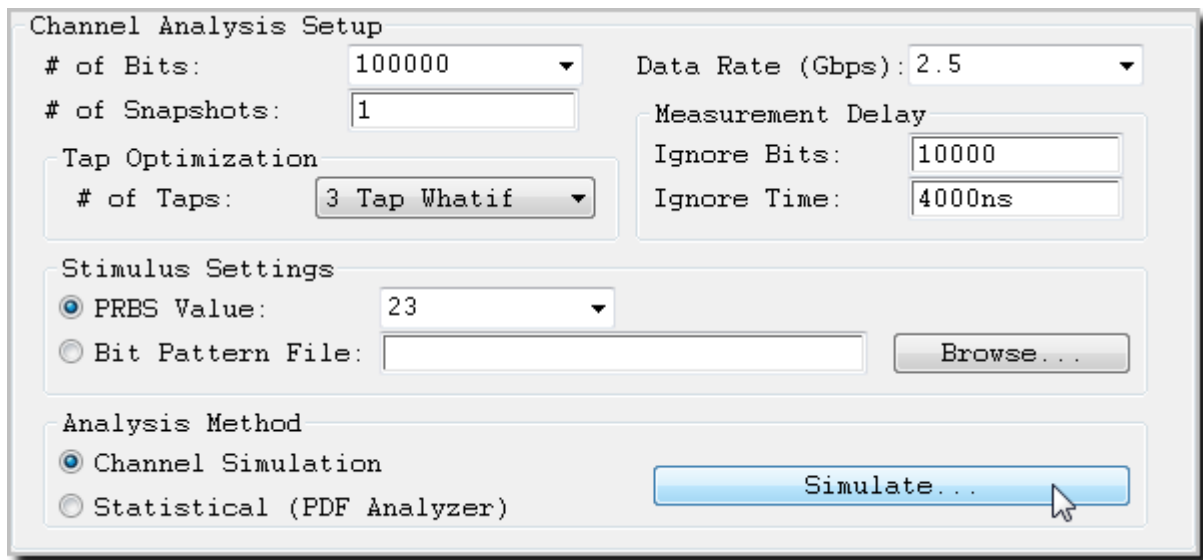
点击Bathtub Curve按钮 **Bathtub Curve...** 显示误码率曲线（澡盆曲线）。



在Channel Analysis的Advanced Setting页眉下，我们还可以对通道仿真做进一步设置。此界面下的参数或选项另文解释。

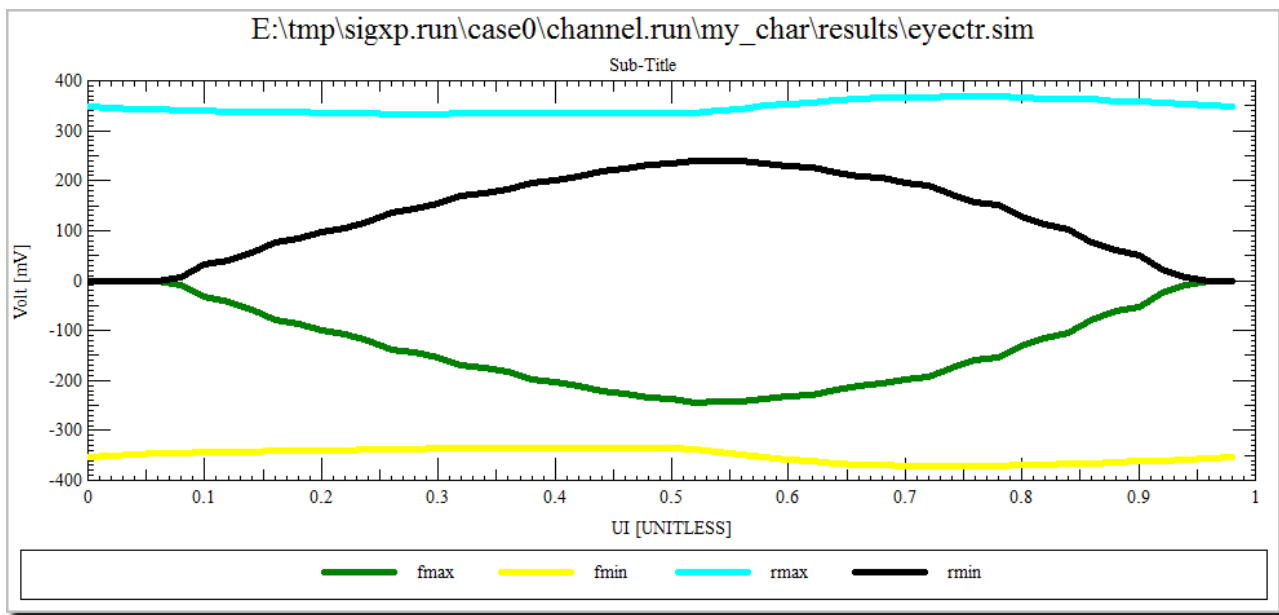


我们来看看如果使用了Allegro内置的预加重方案后，波形的变化，在Simaltion页眉下选择3 Tap Whatif，然后点击Simulate重新执行仿真。



注：此时无需再执行特性曲线仿真。

在Eye Contour波形中可以看出眼睛的高度和宽度都有明显的增加。



4 IBIS-AMI模型在通道分析中的应用

本章介绍Allegro PCB SI中通道分析（Channel Analysis）如何使用IBIS-AMI模型进行仿真，分为以下几个小节：

■ [IBIS-AMI模型简介](#)

- [在通道仿真中加载IBIS-AMI模型](#)
- [IBIS-AMI参数的调节和仿真结果](#)

4.1 IBIS-AMI模型简介

2008年8月，IBIS Open Forum发布了最新IBIS模型规范IBIS 5.0（此规范可以在[本站技术文档](#)下载），其中一个最显著的更新就是增加了IBIS-AMI模型。IBIS-AMI模型主要是用于描述SERDES（Serializer-Deserializer）发送器/接收器的特性，以优化串行通道仿真。IBIS-AMI模型可以分为两个部分，其一是位于IBIS元件模型（.ibs文件）内的模拟模型（Analog Model），其二是外部的算法模型（Algorithmic Model），其中算法模型由多个文件组成，包括.ami控制文件和.dll执行文件（Windows）.so执行文件（Linux）等。

目前提供IBIS-AMI模型的器件还不是很多，不过由于其相对于其他模型的多项优势，可以预见未来将会有更多的SERDES芯片提高IBIS-AMI模型。

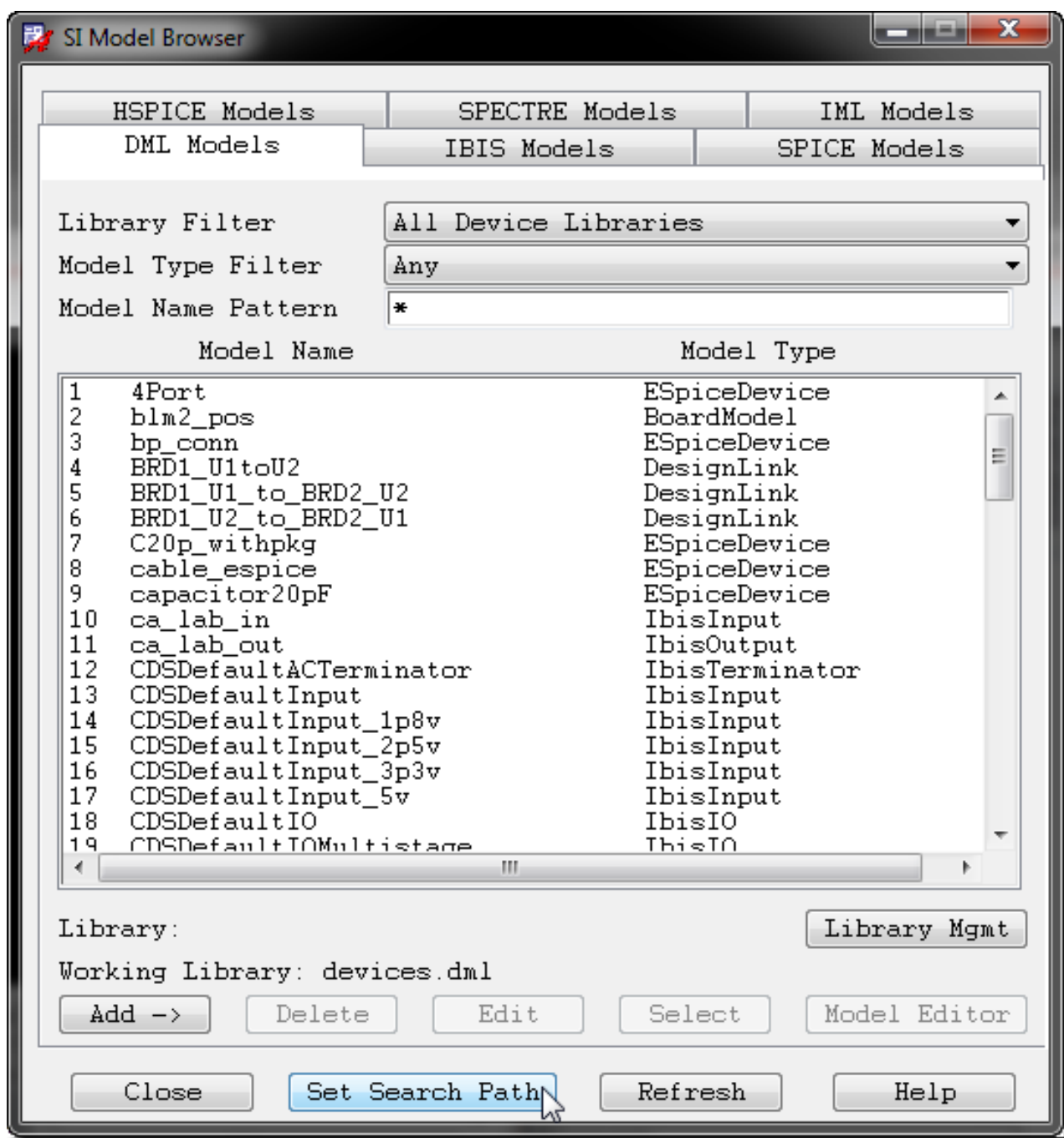
4.2 在通道仿真中加载IBIS-AMI模型

我们可以到以下链接下载一个IBIS-AMI的模型（是Xilinx的Virtex 6芯片的模型，需要是Xilinx网站的注册用户）：

https://secure.xilinx.com/webreg/register.do?group=dlc&htmlfile=&emailFile=&cancellink=&eFrom=&eSubject=&version=&akdm=1&filename=v6_gtx_ibis-ami.zip,

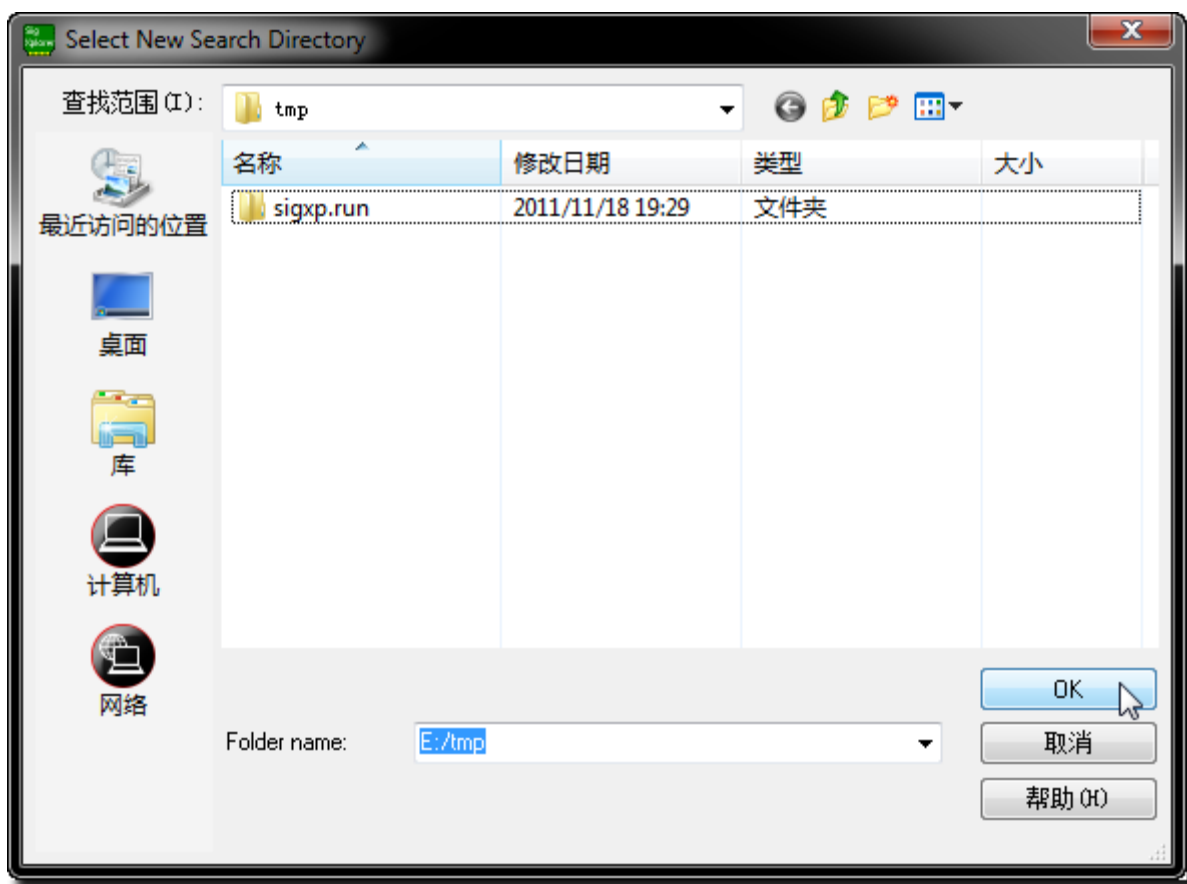
将下载得到的zip压缩文件解压缩得到的所有文件拷贝到仿真目录下，例如本案例的E:\tmp。

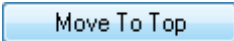
先设定库目录。打开SigXplorer（license使用PCB SI GXL或PCB SI XL Multi-Gigabit），在菜单栏中选择Analyze - Model Browser，在弹出的SI Model Browser窗口中点击Set Search Path按钮。

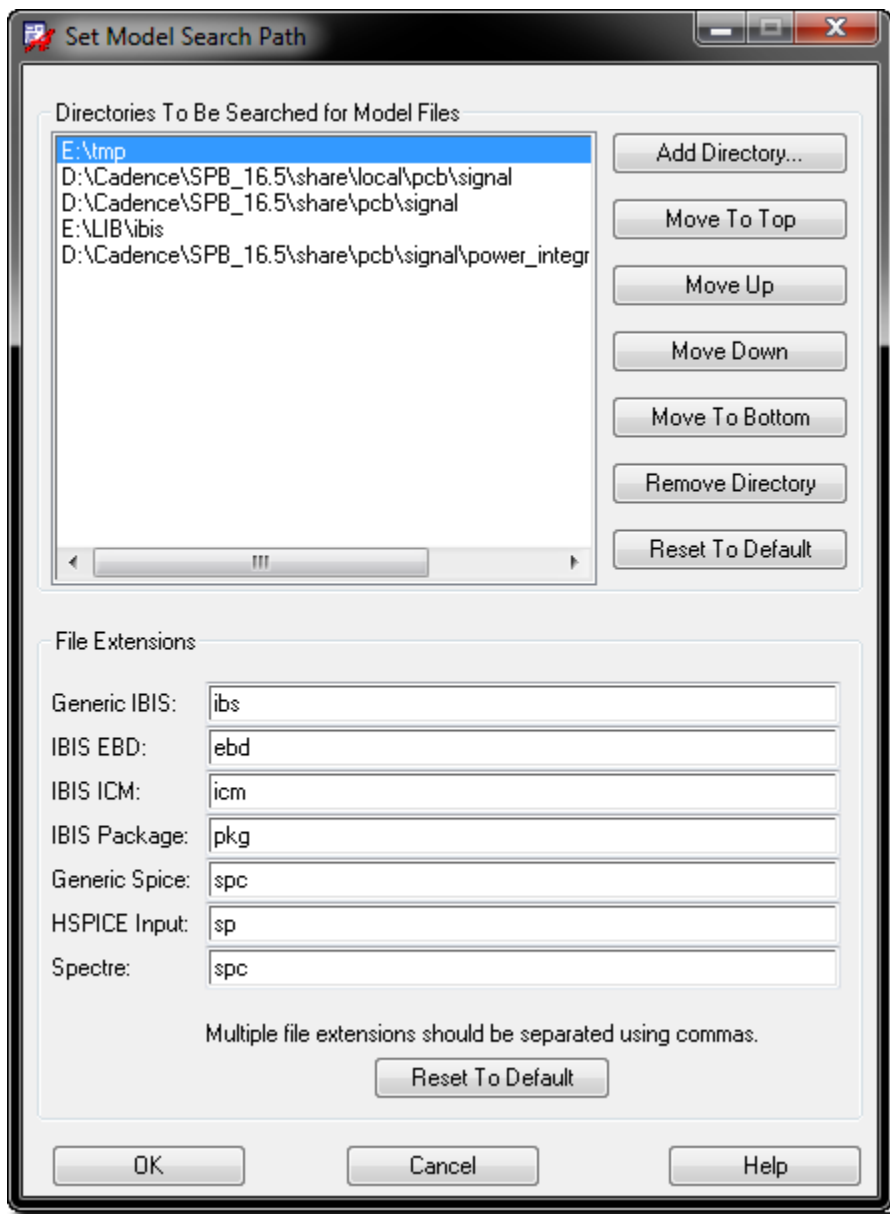


在弹出的Set Model Search Path窗口中点击Add Directory按钮 [Add Directory...](#)。

在弹出的Select New Search Directory窗口中输入AMI模型所在目录（本案例是E:\tmp），并点击OK。



在Set Model Search Path窗口中点击Move to Top按钮  将“E:\tmp”目录移动至最顶部，目的是使优先搜索此路径并优先选用此路径下搜索到的模型（如果存在多个同名模型的话），选择OK确认。

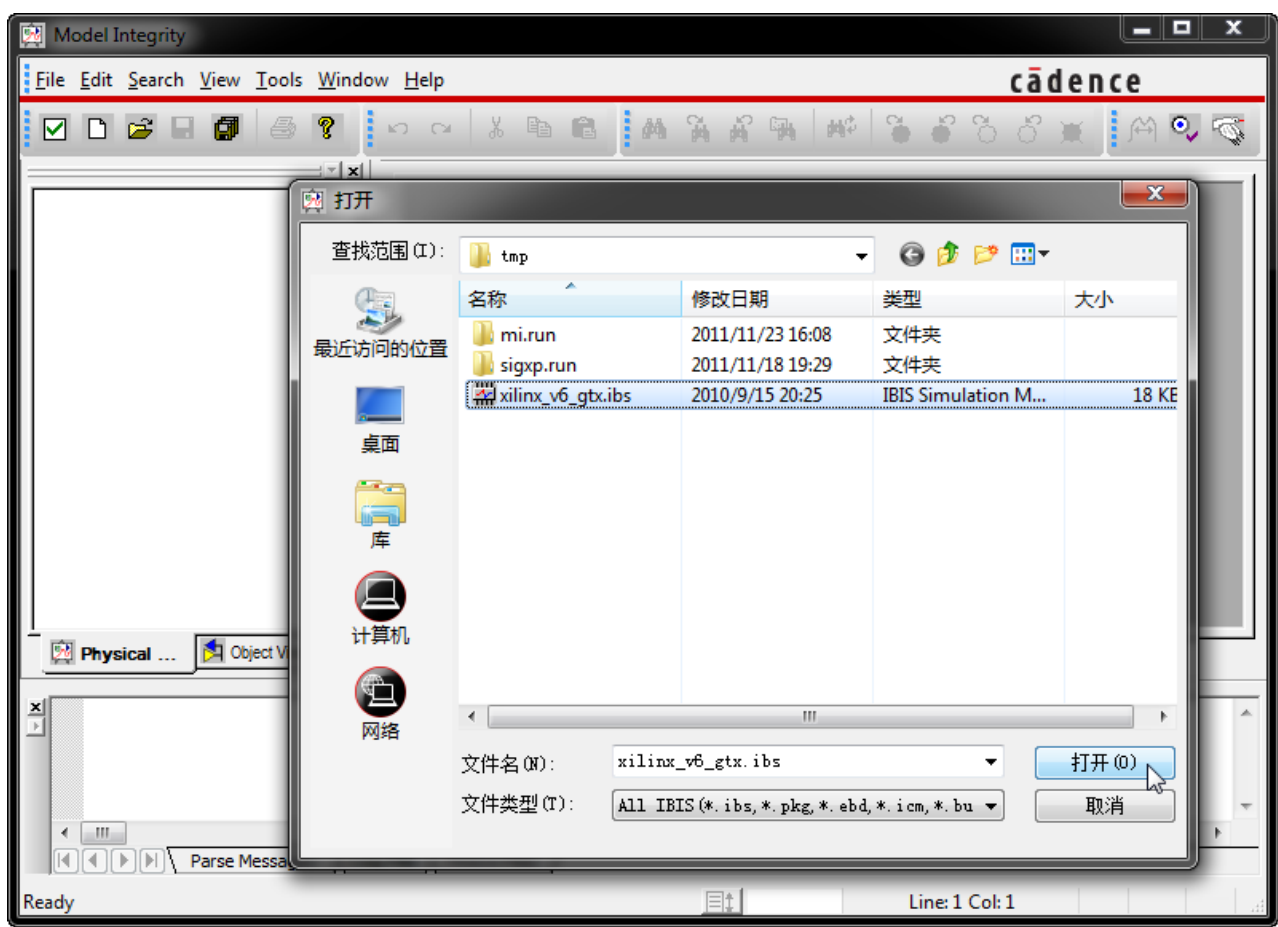


然后将IBIS模型转换成SigXplorer所支持的DML模型。

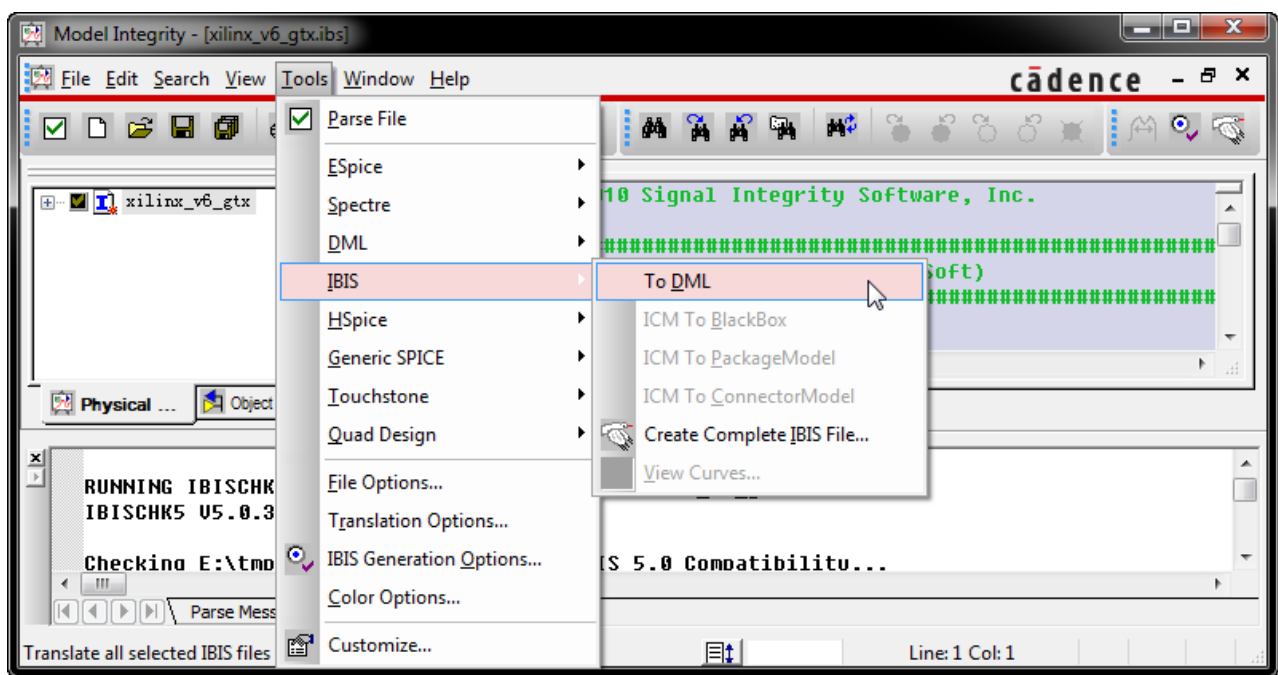
可以在开始菜单的Cadence 16.5目录下找到PCB SI Utilities目录，点击Model Integrity工具的快捷方式

 **Model Integrity** （工具执行文件是<CDSROOT>\tools\pcb\bin\ modelintegrity.exe）。

在打开的Model Integrity窗口中选择File - Open，找到目标IBIS-AMI模型中的.ibs文件（本案例中是E:\tmp\xilinx_v6_gtx.ibs），点击打开。



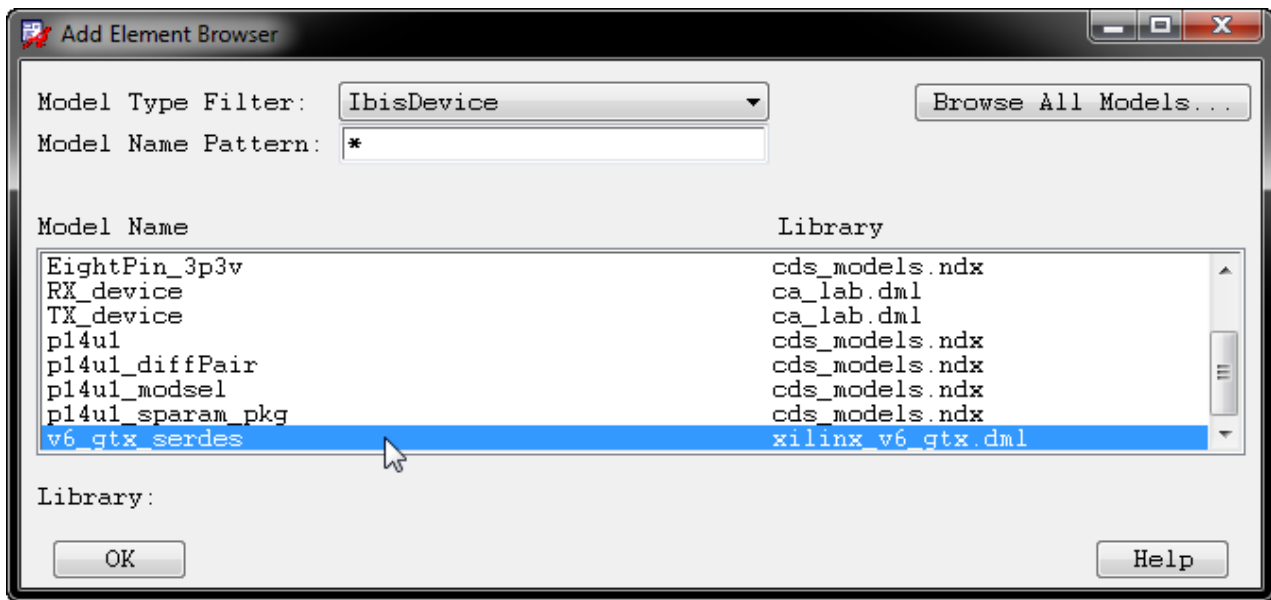
选择Model Integrity工具菜单栏Tools - IBIS - To DML。



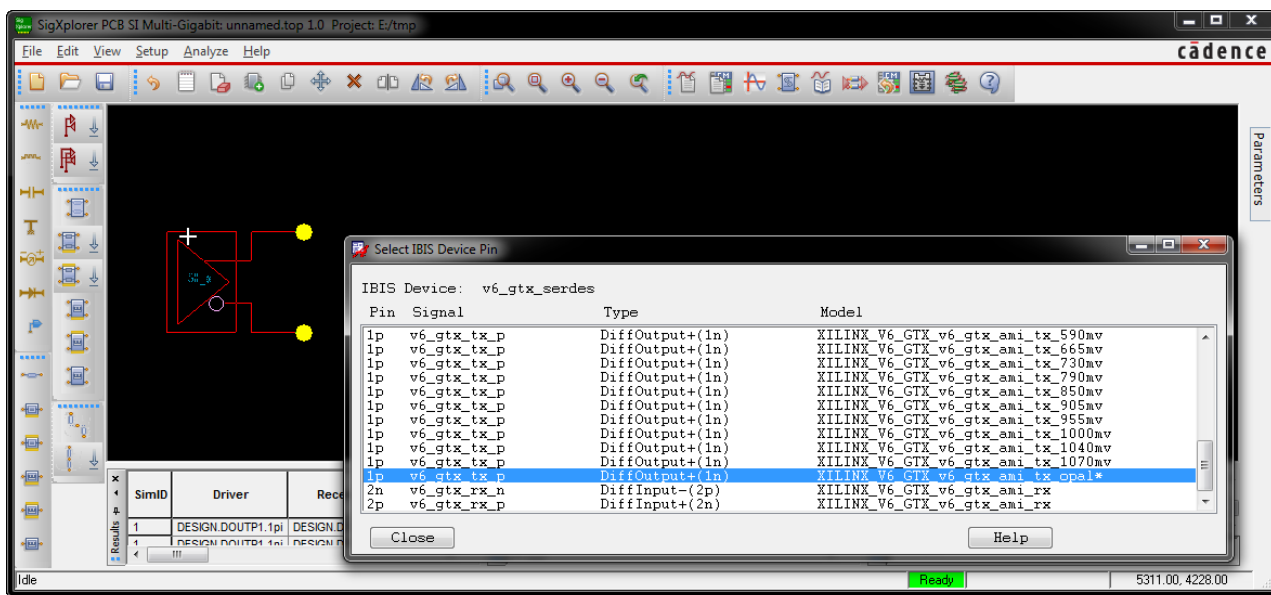
转换得到的xilinx_v6_gtx.dml（和IBIS文件同名）存放在IBIS文件所在目录，同时在Model Integrity中打开。

接下来手动绘制一个通道拓扑模型（.top文件）。

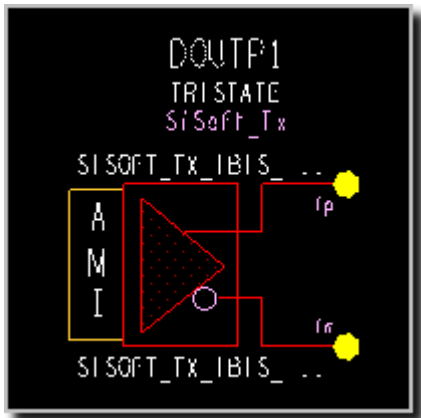
在SigXplorer中选择Edit - Add Elements，在打开的Add Elements Browser窗口的Model Type Filter下拉菜单中选择 IbisDevice，在Model Name Pattern中保持*，然后点击下方选择项中v6_gtx_serdes的。



在弹出的Select IBIS Device Pin窗口中心选择器件中使用AMI建模的模型（例如本案例中的XILINX_V6_GTX_v6_gtx_ami_tx_opal），鼠标移动到SigXplorer画布上，可以发现鼠标下跟随着一个差分输出缓冲器。



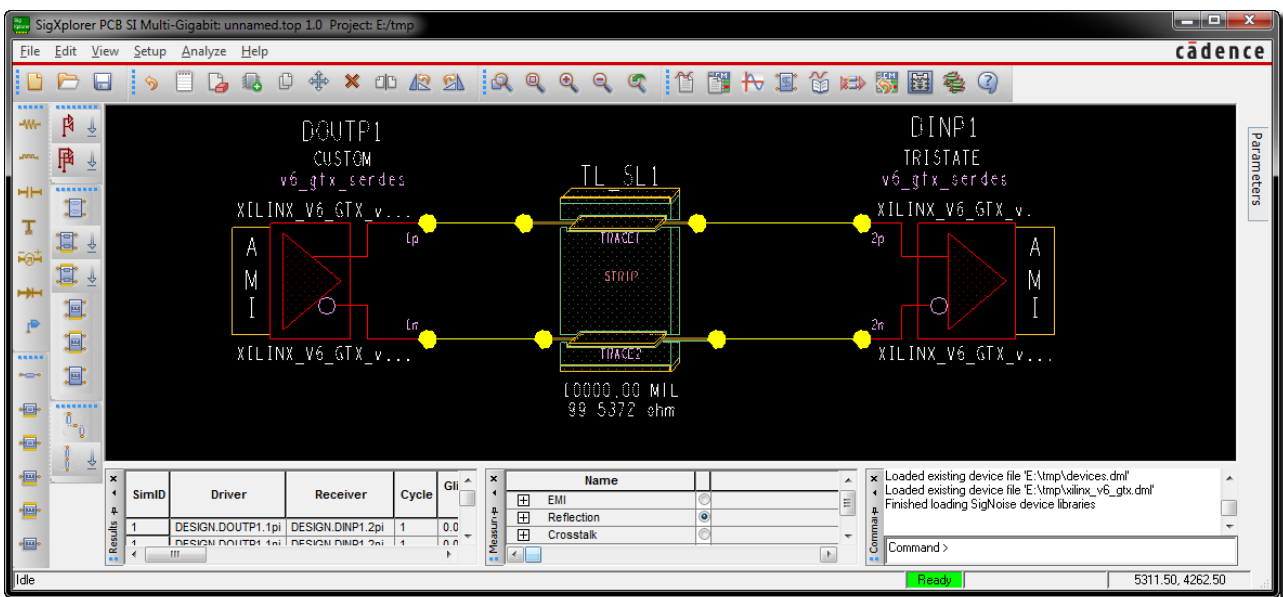
将鼠标在SigXplorer画布上点击一下，缓冲器模型就摆放下来了。我们可以看到和普通的缓冲器模型不同，AMI模型会在侧面添加AMI字样的黄框。



注：我们需要通过上述方式添加带有AMI的模型，如果是先添加DifferentialPart然后修改IOCell的方式，AMI及封装参数将不会加载。

同样方式添加输入缓冲器（本案例是XILINX_V6_GTX_v6_gtx_ami_rx）

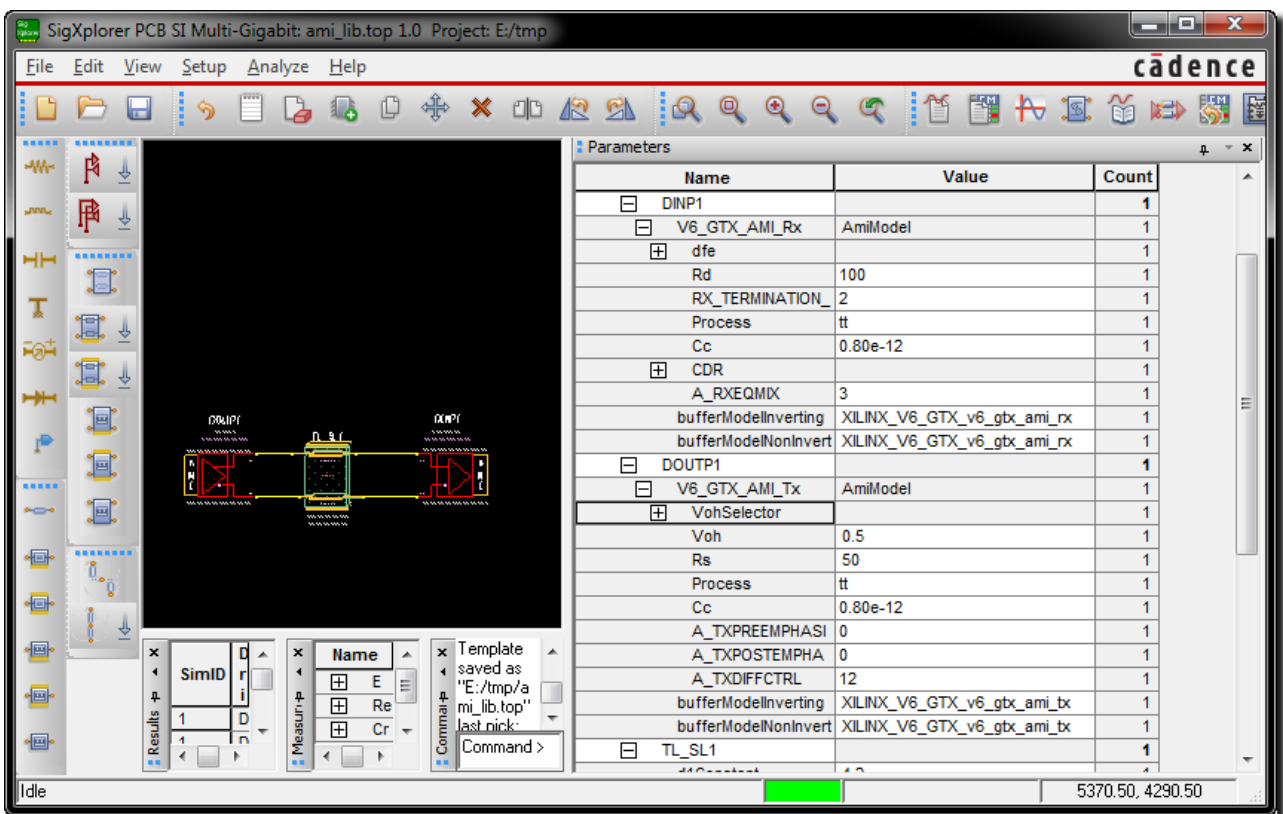
最后，添加一段10inch约100ohm的有损差分传输线，将其与两个缓冲器相连。



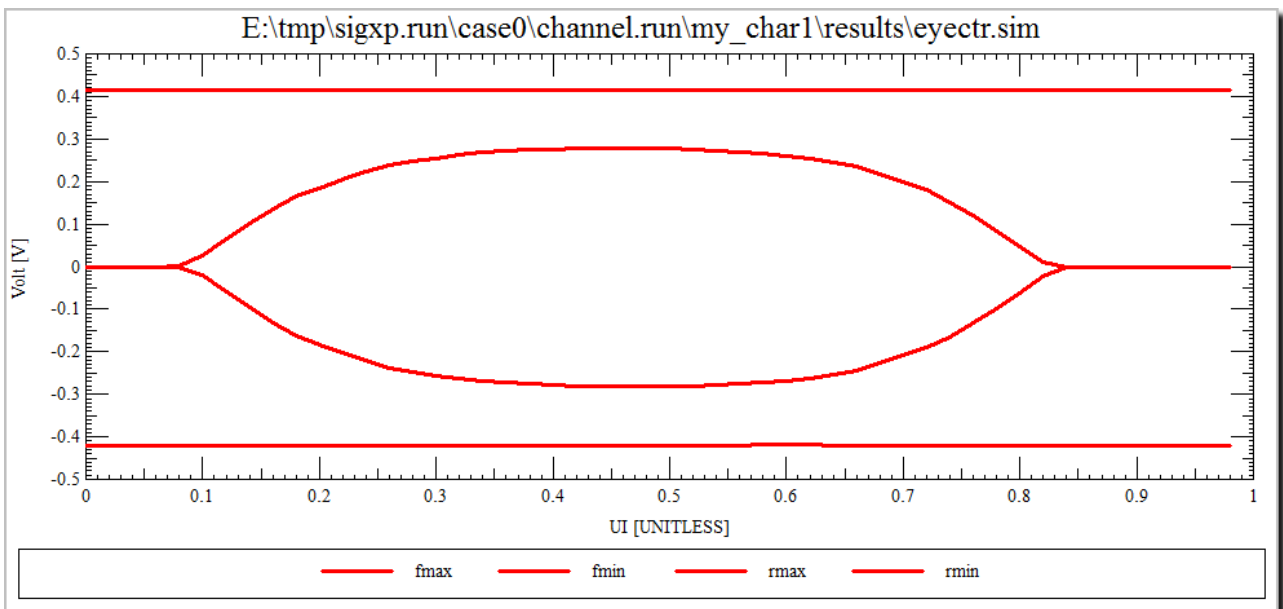
4.3 IBIS-AMI参数的调节和仿真结果

上面的小节中，我们已经将IBIS-AMI模型加载到拓扑仿真文件中，下面我们将调节AMI参数并看看其在通道分析中的影响。

将之前创建的拓扑文件保存为ami_lib.top，位于E:\tmp目录下。（其实这一步可以在一开始打开SigXplorer时就做好。）然后点开SigXplorer右方的Parameters栏眉，可以看到输入/输出缓冲器的AMI参数都显示在表格中。



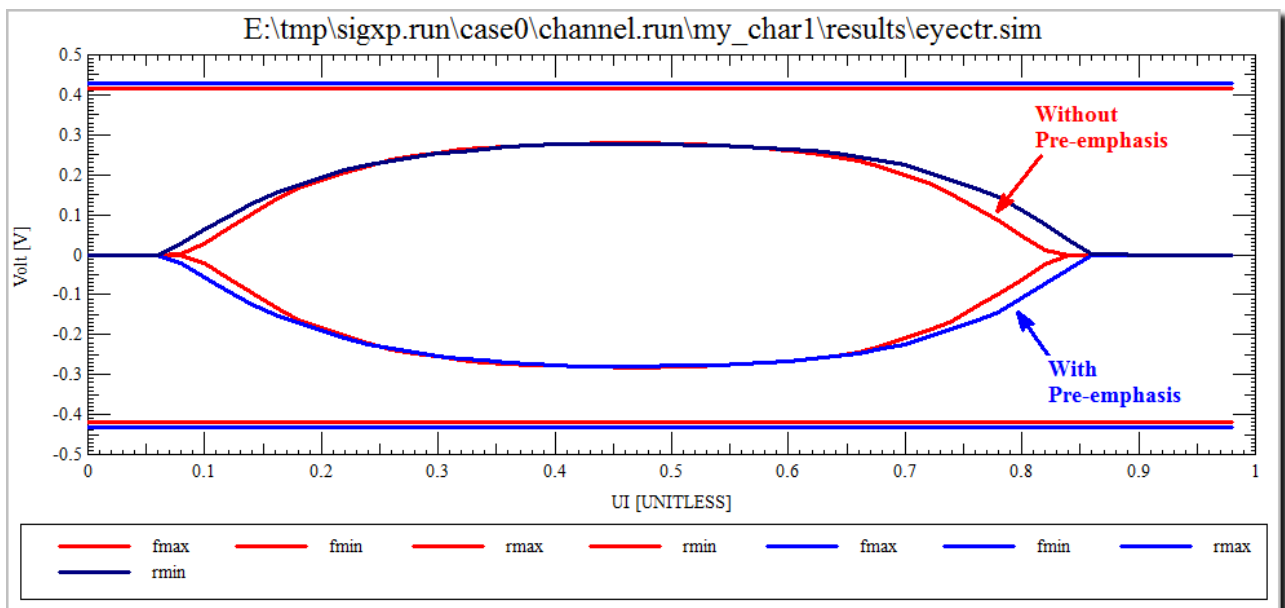
先保持所有参数不变，执行一遍通道分析仿真，仿真步骤同上一章所述。（仿真特征曲线 - 设定参数 - 通道仿真 - 得到仿真结果。）得到眼图轮廓图如下。



回到SigXplorer窗口，修改AMI参数中的预加重值，将A_TXPREEMPHASIS的值从原先的0修改为4，将A_TXPOSTEMPHASIS的值从原先的0修改为7。

<input type="checkbox"/> DOUTP1		1
<input type="checkbox"/> V6_GTX_AMI_Tx	AmiModel	1
<input checked="" type="checkbox"/> VohSelector		1
Voh	0.5	1
Rs	50	1
Process	tt	1
Cc	0.80e-12	1
A_TXPREEMPHASI	4	1
A_TXPOSTEMPHA	7	1
A_TXDIFFCTRL	12	1
bufferModelInverting	XILINX_V6_GTX_v6_gtx_ami_tx	1
bufferModelNonInvert	XILINX_V6_GTX_v6_gtx_ami_tx	1

再次执行通道分析，只需要最后两步就可以了（通道仿真 - 得到仿真结果）。眼图轮廓和之前的相比如下，我们可以看到，在选择了合适的预加重后，眼睛的高度和宽度都得到一定程度的改善。

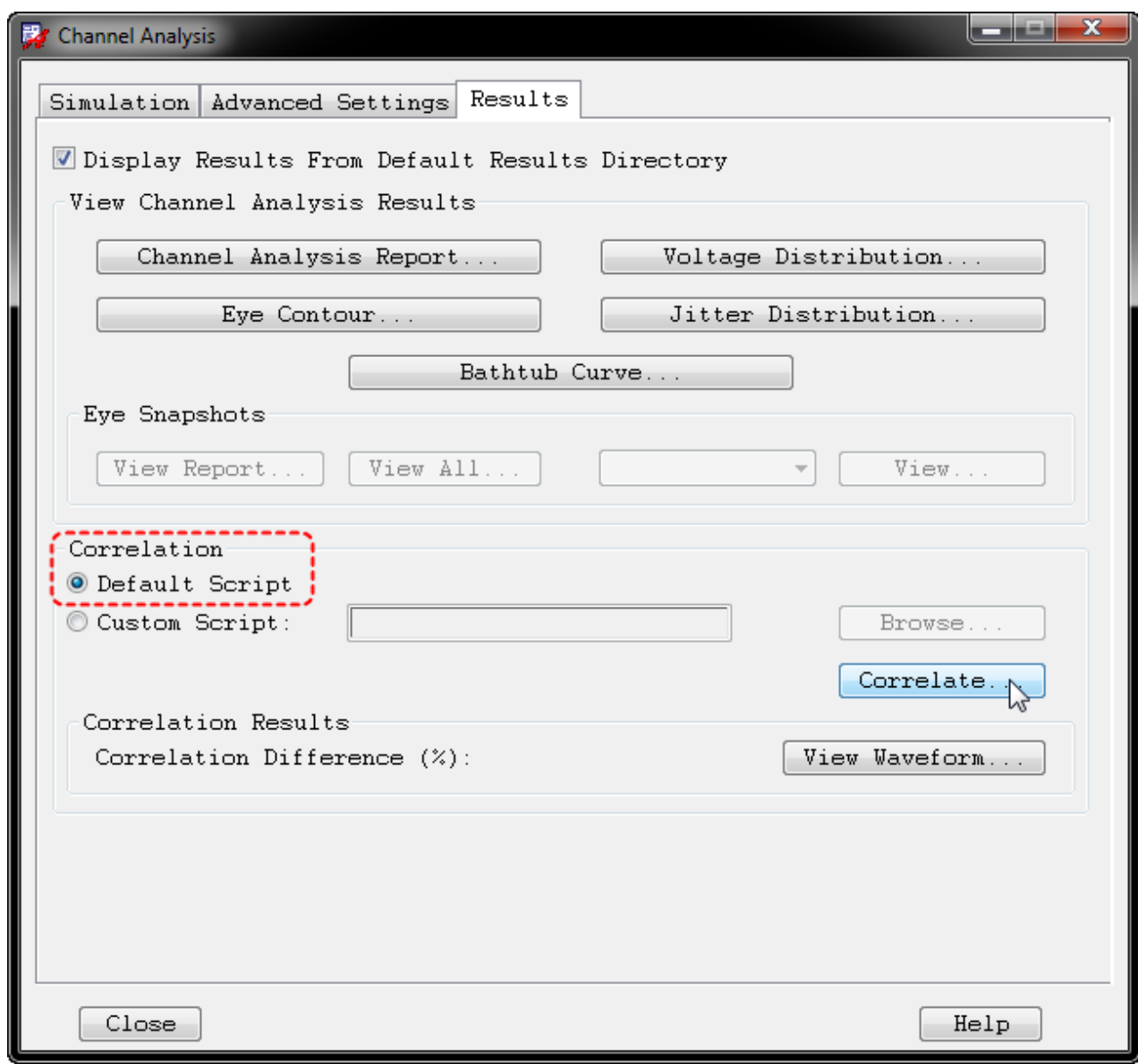


同样，如果需要对其他AMI参数进行分析，只需要返回SigXplorer界面修改参数，然后执行Channel Analysis窗口中的Simulate就可以很快的得出结果。（一般就需要几分钟时间，远远小于我们执行1024bit码长时域仿真所需的时间。）

5 时域波形的产生

除了之前提到的，直接通过添加短码长随机序列激励，从而仿真得到通过的时域波形外，我们还可以在通道分析中通过以下方式获得通道的时域波形。

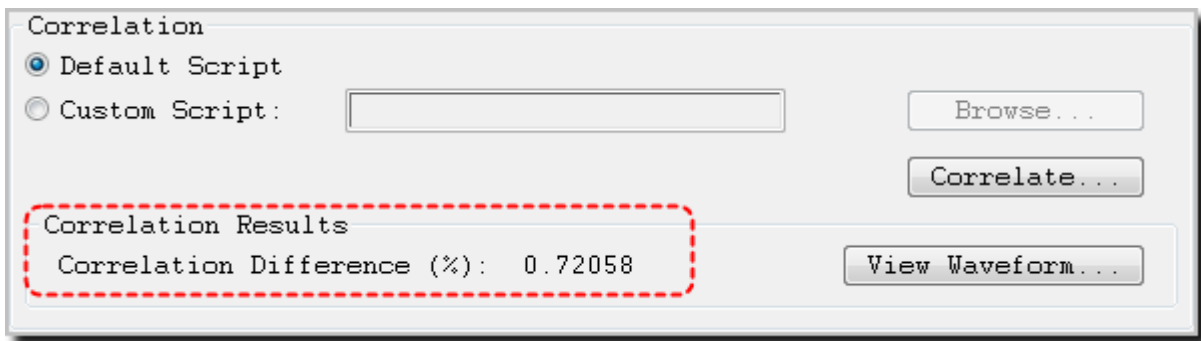
首先按照通常步骤执行通道分析，即先仿真特性曲线，再设定通道分析参数，然后做通道仿真，在仿真完成Channel Analysis窗口跳转到Results栏眉下时，保持使用Default Script，点击Correlate。



此时，会依次执行：

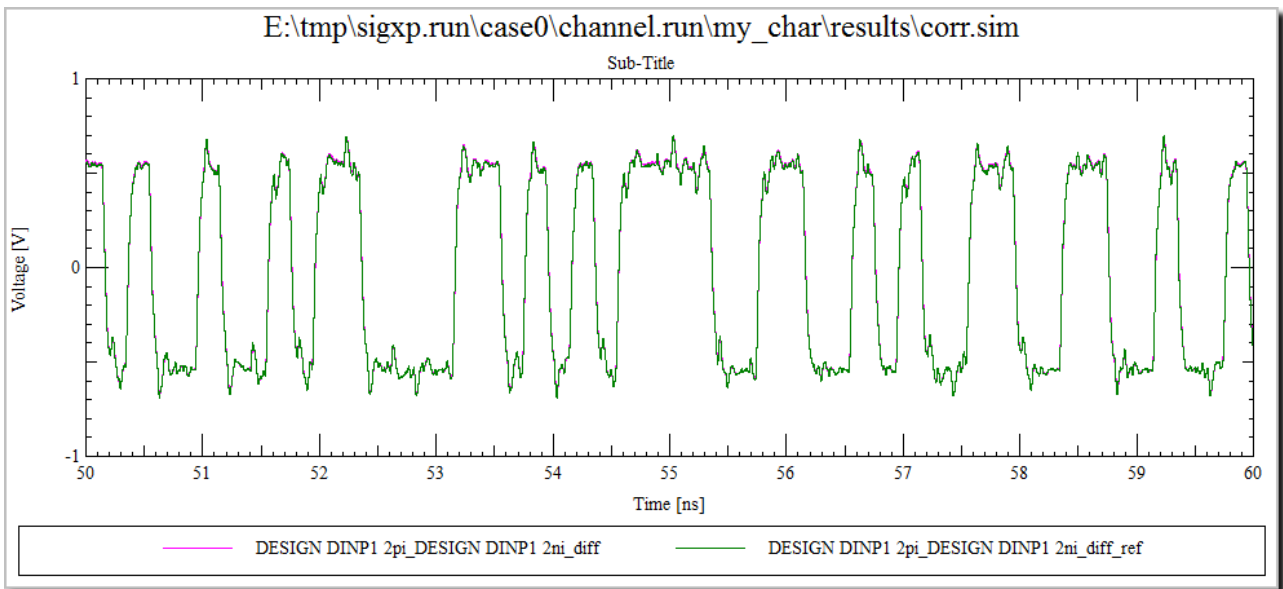
- 合成一个短码长伪随机码序列；
- 以此序列为激励，使用原始电路仿真器进行仿真；
- 以此序列为激励，使用通道仿真器进行仿真；
- 输出仿真结果。

经过一段较长的时间，仿真完成，Correlation Results下会显示使用两种仿真器的仿真结果的区别比率。



我们可以看到两种仿真结果的差别在本这里还是很小的，只有不到1%。

同时，会将两种仿真器的仿真结果在同一个SigWave窗口中显示，我们可以编辑SigWave显示的内容以方便查看。



上图中ref后缀的绿色波形是原始电路仿真器的波形，可以看到和通道仿真的粉红色波形基本重叠在一起。

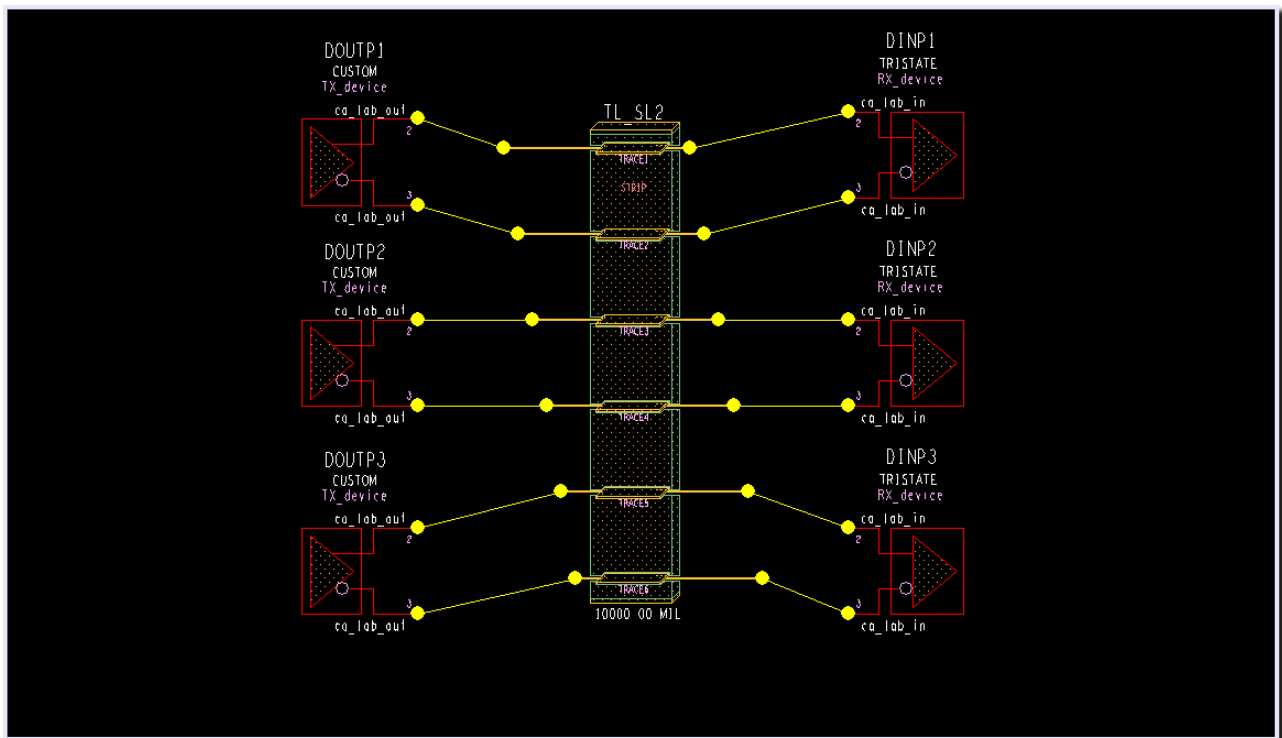
注：

由于算法的原因，AMI参数或是SigXplorer自带预加重值的变化对原始电路仿真器和通道仿真器的时域仿真结果都不起作用。

6 通道串扰仿真

简单说明一下如何执行带有串扰的通道分析。

案例如下图。



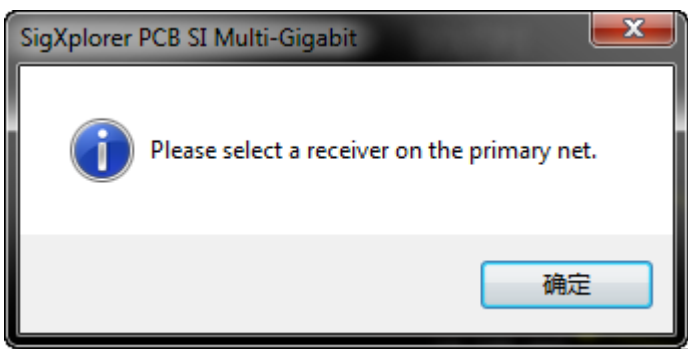
其中传输线参数如下：

Cross Section Legend

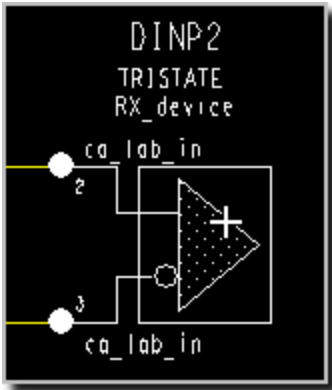
Parameter Values

	Length	S	S2	S3	S4	S5	W	W2	W3	W4	W5	W6	T	T(D1)	Er(D1)	Lt(D1)	T(D2)	Er(D2)	Lt(D2)	Cond
1	10000	8.00	12.00	8.00	12.00	8.00	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	0.72	5.00	4.2	0.035	10.00	4.2	0.035	5959

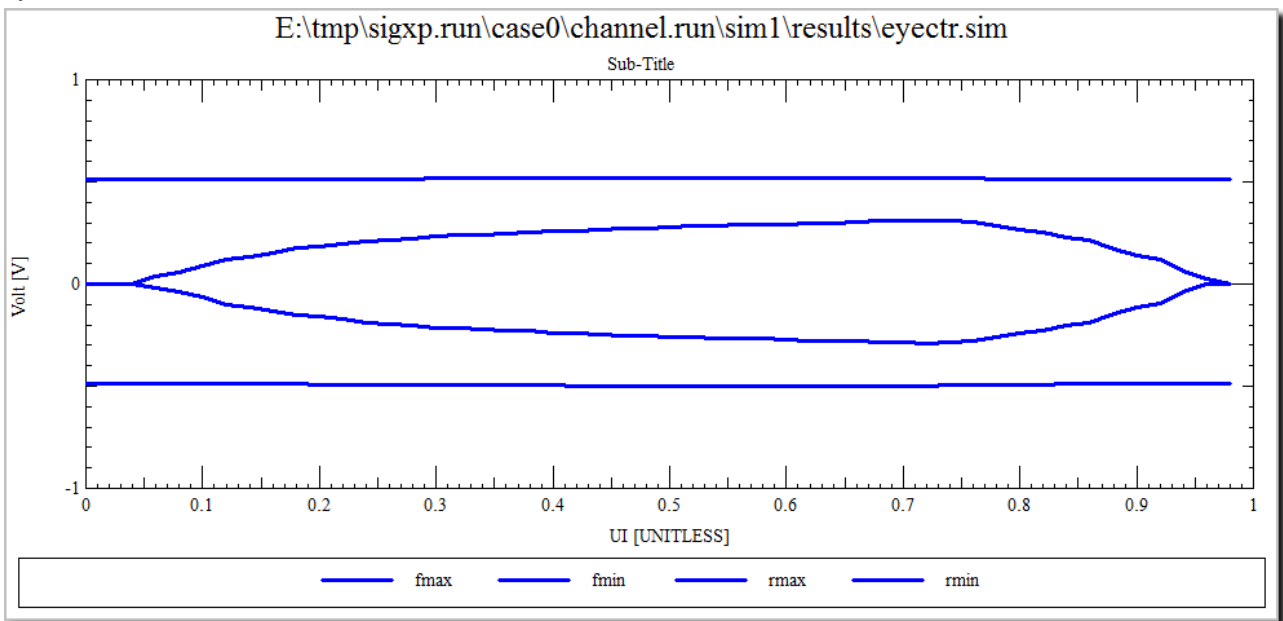
打开Channel Analysis窗口，执行特征曲线仿真，由于本案例存在多个平行通道（带多个输入接收器），所以点击点击Characterize按钮后会弹出一个窗口确认基础网络。



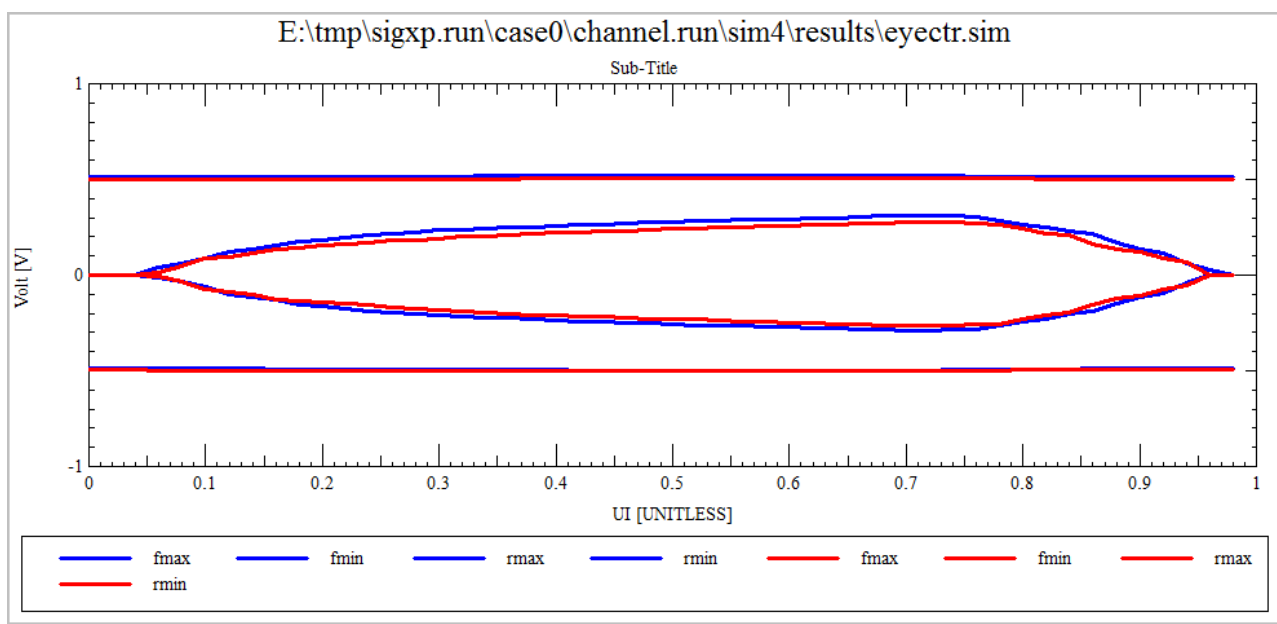
点选需要执行通道分析的通道上任一输入缓冲器，这里我们选择DINP2。一个CMD命令窗口会弹出，并在完成特性曲线仿真后自动关闭。注意到CMD窗口中显示了所有的通道都执行了特性曲线仿真。



特性曲线仿真结束后，在Channel Analysis窗口的Simulation栏眉下点击Simulate按钮。这时，由于存在多个通道，所以还是会弹出一个对话框确认基础网络。这里我们选择DINP2，表示选择第二个通道作为仿真对象（受扰信号）。然后一个CMD命令窗口会弹出，并在完成通道仿真后自动关闭。然后可以在Results栏眉下选择Eye Contour查看眼图轮廓波形。



我们将差分线间距从原先的12mil改制8mil再执行一遍特性曲线到通道仿真的流程，将两个眼图轮廓波形比较一下。可以看到8mil间距眼睛有所缩小。



---[全文完]---

以上技术文档由上海索服科技提供

更多EDA技术文档请访问: <http://www.sofer.cn>