

## 【高速先生原创|生产与高速系列】DESIGNCON 文章解读之建模真不真，全靠功夫深

作者：黄刚 一博科技高速先生团队队员

### 【关键词 keyword】

仿真测试校准

### 【摘要】

SI 很神秘存在？因为每次过年回家亲戚问你做什么的时候，自己也不知道怎么回答；SI 是空中楼阁？一开口就讲理论，或者只是对着电脑出个波形，提个 S 参数玩半天；SI 老吹毛求疵？每次 PCB 评审就意见多多？缩短走线，拉大间距，挖反焊盘等等。

更重要的是还有一个硬伤，SI 仿真的结果准确吗？仿真和测试差异大不大？

从我们 DesignCon 文章解读者的角度看，2018 的这篇文章能够一次性解决你们的多个疑问。高速先生可以淡定的告诉你们：通过理解这篇文章之后，你们会发现，只要模型建得好，精度准到可怕。。。

### 【正文】

每年拿到 DesignCon 的文章后，弱水三千，我们不会只取一瓢，习惯上就会过一遍每一篇 slides（为什么先先看 PPT？也没什么，主要因为快。。。）。但好像你去商场买东西一样，会发现琳琅满目的商品，不一定每一款都适合你。同样文章也是各个小领域都有涉及，我们主要还是关注和我们相关的。之前我们 bruce 也发过观后感啦，在我们熟悉的 PCB 的大领域里有高速方面的 56/112G 的发展，有 PCIE 的，有 DDR 方面的，有对铜箔粗糙度，材料方面的研究。除此之外，作为高速先生的我，很惊讶的发现了居然还有不少关于仿真的文章。实际上在短暂的惊讶之后，又感觉一切也是顺其自然，我们以前老是说仿真的意义是在于你不能凭经验和理论去预测信号的趋势和走向的时候需要去做的。我们也在很多场合里说过，很多信号其实是不需要进行仿真的，因为我们可以预测到它最终的设计是能够满足要求。然而去到了 25G，56G 以上这个范畴后，我们也很难去拍脑袋就说这对走线一定 OK。细微的设计忽视和加工误差都会是成功与失败的临界点，因此仿真技术的发展就变得不那么意外了。本期我先和大家分享一篇仿真的文章，个人认为比较经典和实用的。本人也尽量为大家把这篇有点烧脑的文章解读得通俗易懂一点哈！

### 如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习



这篇文章的名字就如下图所示啦！应该可以翻译为一步步（手把手）教你学会如何进行仿真测试校准，提高我们的仿真精度。

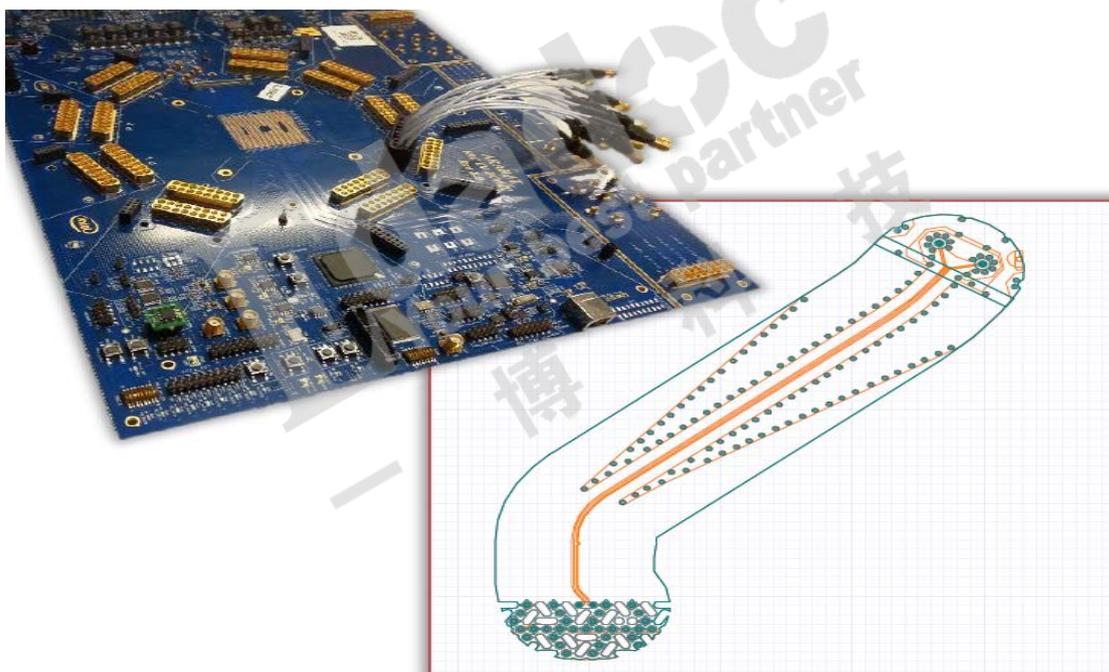
# A Step by Step Guide for Channel Modeling & Simulation

其实它的下面还有一个小标题，可能更能说明这篇文章要讲的是什么。

That Correlates to Lab Measurement for 25Gb NRZ & 56Gb PAM4 Applications

主要研究如何进行 25G-NRZ/56G-PAM4 高速链路的仿真测试的校准拟合。

首先看看它要进行仿真测试的东东是什么？如下所示：

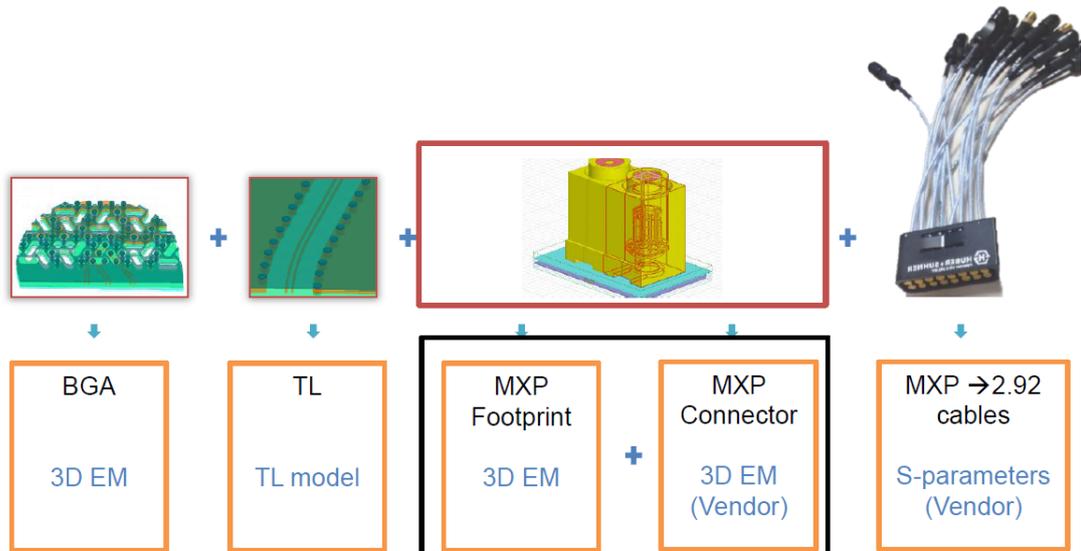


链路包括了从主芯片的 pin 到 PCB 走线到连接器的 footprint 再接上连接器，然后再经过 cable 在远端的 SMA 头，划分开来就是如下图所示的几部分：对于传输线和 BGA，连接器结构，其实我们需要用不同精度的仿真工具和建模方法去执行，如下图。

## 如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习





其中连接器的模型和 cable 的参数都是通过厂商拿到，我们主要做的部分是前面的 BGA，走线和连接器 footprint 的仿真。

大家觉得难度如何，频域校准时域校准哪个比较难？频域的插损，回损，模态转换呢？

首先本文也有做一些仿真前各项校准难度预期，如下图，看看和大家想的是不是一样哈。

	Channel properties		
	Transmission	Reflection	Mode conversion
Key factor	Attenuation	Topology	Symmetry
Main contributors	TL geometry, Dielectric loss model	Mismatch, Mismatch location	P/N Skew, Compensation structure location
Complexity FD correlation	High	Higher	Highest
Complexity TD correlation	Low	Medium	High

的确，频域和时域各有不同的难度系数，频域的插损和时域的 TDT 总体来说容易点，频域的回损和时域的 TDR（也就是阻抗）稍难，最难的是频域和时域模态？get 到了吗？没 get 到也没关系，下面会详细解释为什么难度不一样。

我们先说结构相对简单的传输线，加工因素方面会把 PCB 走线变成梯形的样子，我们称为蚀刻因子，这个对于我们去建模有一定的难度，不太容易得到等效的线宽。同时加工还存在流胶的影响，介质厚度会和设计值不同，我们如何去等效？

### 如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习





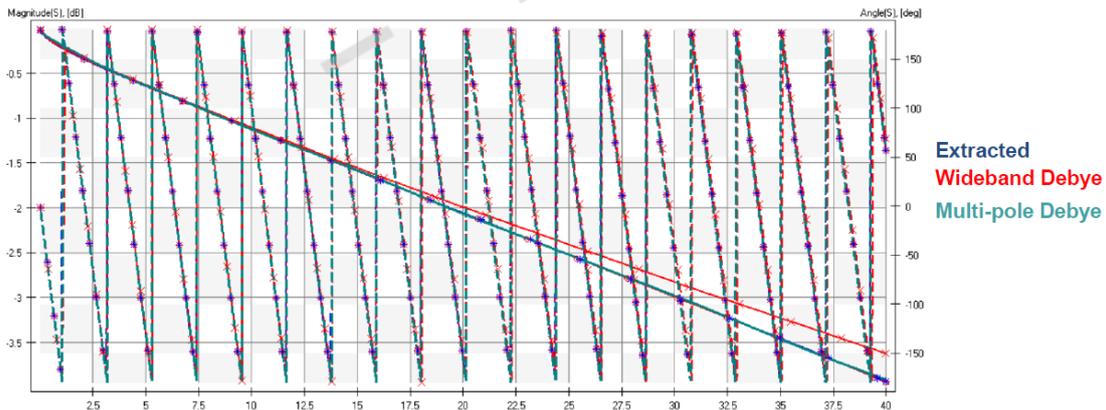
至于传输线的建模仿真，我们是用单极点模型（容易建模，但高频精度差）还是多极点模型（建模复杂）？对铜箔粗糙度我们是使用 huray 模型还是 hammerstad 模型也是很困扰的事情。

### Dielectric properties

- **Best for low loss dielectrics:** Multi-pole Debye model
- **Best composite dielectrics:** Wideband Debye (Djordjevic-Sarkar)

### Copper surface properties

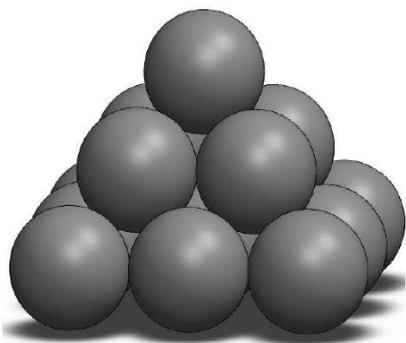
- **Most Accurate:** Huray model
  - Correct input data is hard to come by
- **Most Practical:** Modified Hammerstad
  - Additional Considerations
    - Roughness Profile: HVLP / VLP / RTF
    - Etch factor



#### 如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习





### Huray model

- R- ball radius
  - A- base size
  - N- number of balls
- \* A single value could replace both N&A parameters

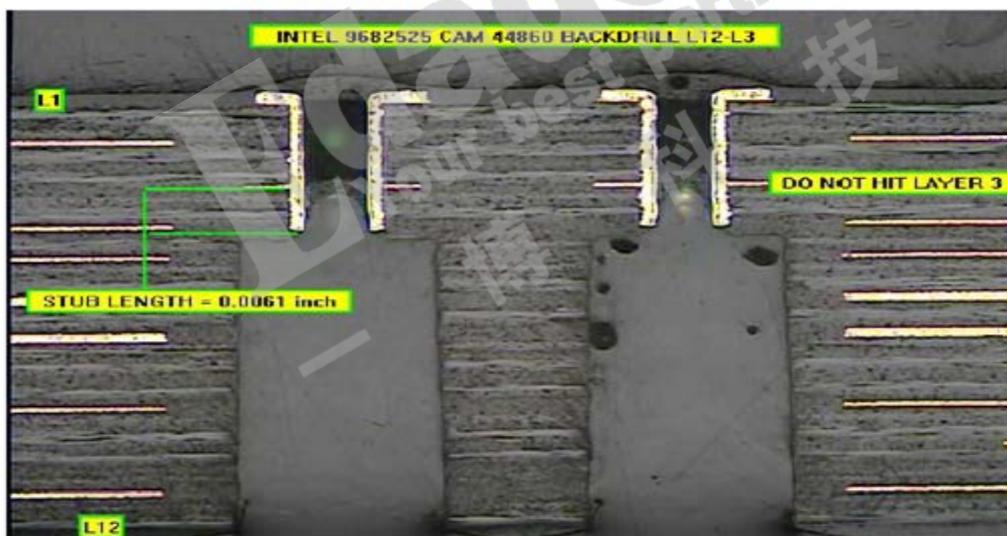


### Hammerstad model

- H<sub>rms</sub>- RMS height
- R<sub>p</sub>- Rough/smooth length ration

那回损方面呢？为什么会比插损难校准呢，主要就是因为 BGA 和连接器的过孔，我们知道加工有钻孔公差和背钻的 stub 公差，8mil 的孔加工完不会就是 8mil，你设计时是想让过孔没有 stub，但是加工出来会有 2-12mil。另外走线的蚀刻因子也不好估计。

## Backdrill tolerance



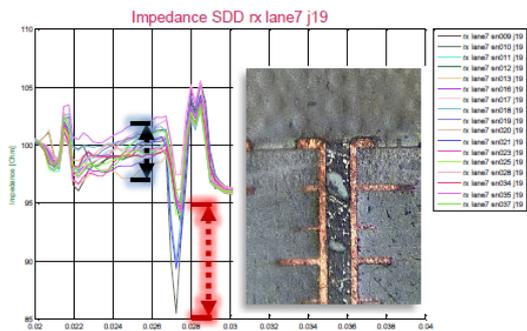
## Drill diameter

加上前面说的传输线的蚀刻因子和介质厚度的流胶，可能你的测试结果会像下面这样。

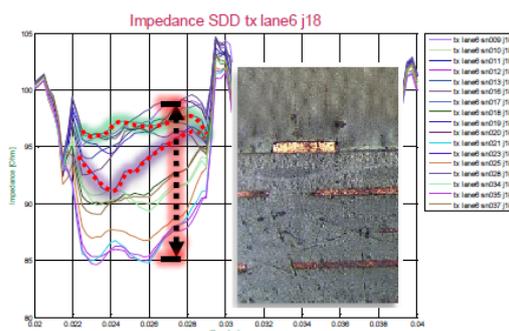
### 如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习





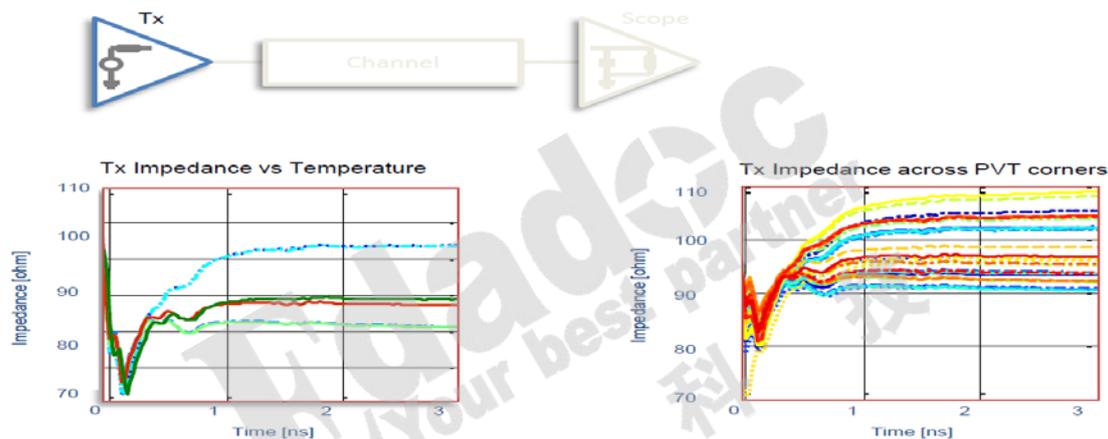
Example 1 : Via Stub variation



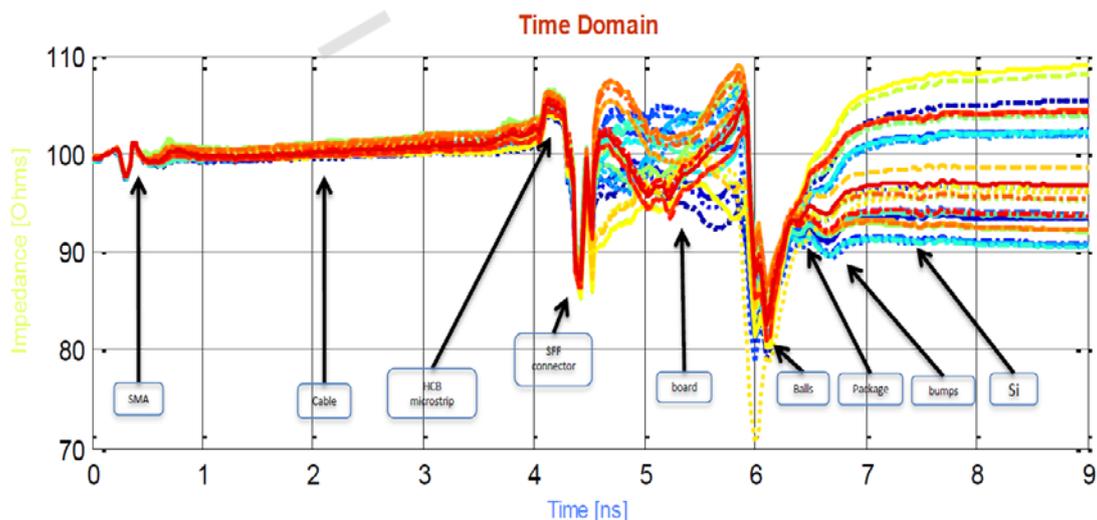
Example 2 : TL width variation

这样的情况，你的仿真又应该怎样去校准呢？

另外下面这一点，我们很少去关注，那就是器件输出的工艺温度的不同也会影响阻抗。



所以，可能不同批次生产出来的这条链路，它们的 TDR 测试可能会是下面的曲线：

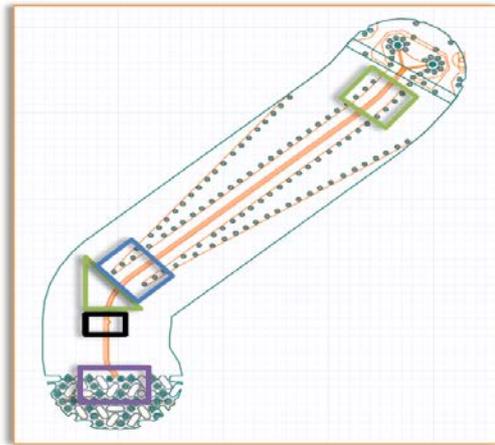


如何关注

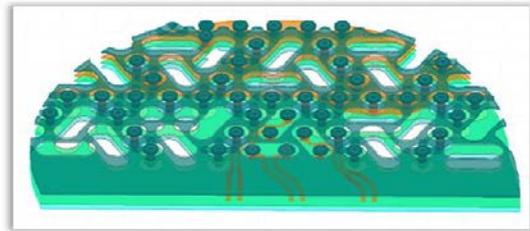
- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习



另外模态转换的校准为什么最难，看下图框框你就会明白，走线的拐弯，绕线补偿，地过孔的对称都不容易百分百去模拟，因此很难把共模和差模转换校准好。



1. Model all TL turns
2. Model via asymmetry
3. Model skew compensation structures
4. BGA GND asymmetry

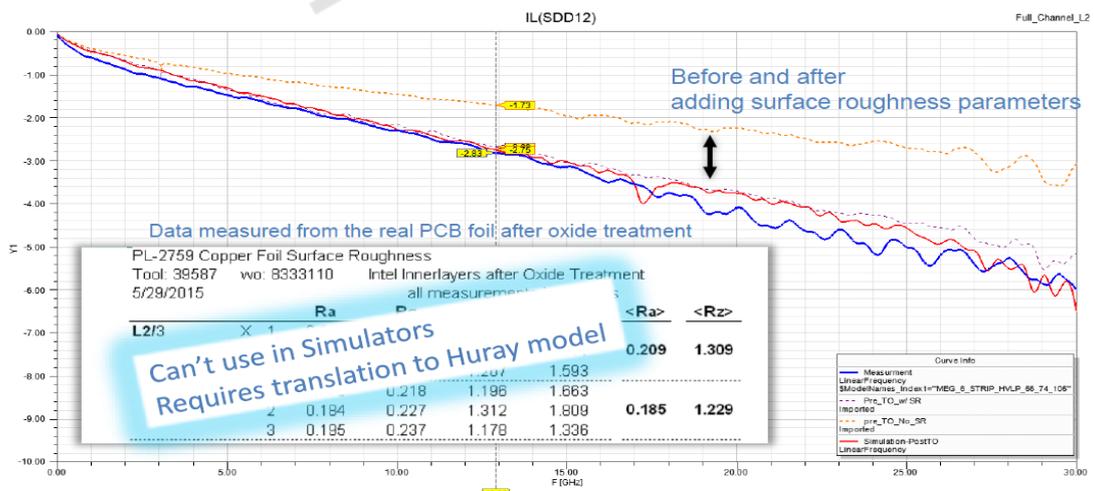


所以很明显我们要解决的问题是下面这样：

Still need to resolve this  
**Model**  $\neq$  **Actual Channel**

那我们要做些什么去实现这一切呢？

我们可能需要去调节我们粗糙度的模型参数：

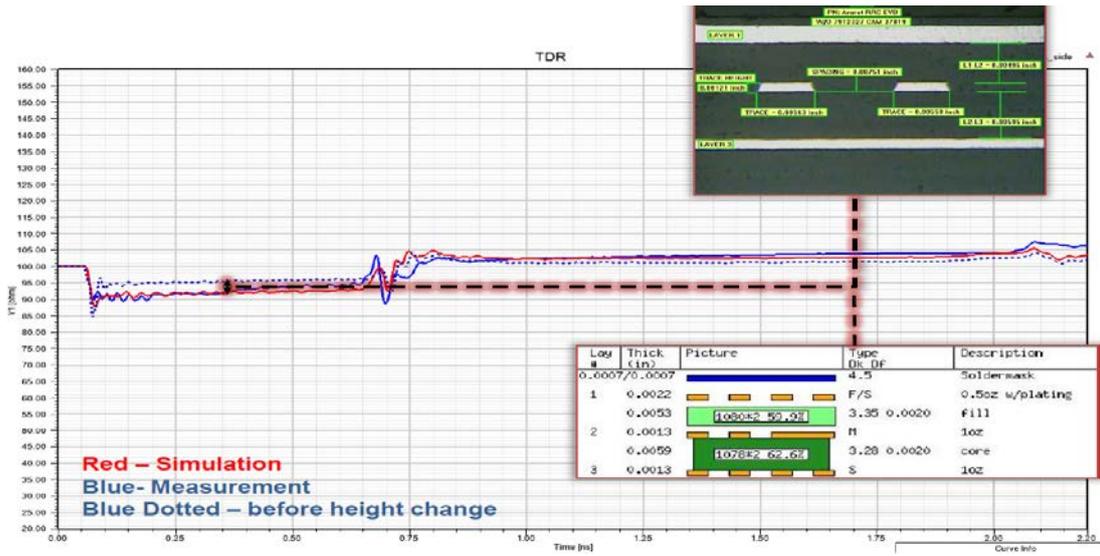


也可能需要根据厂家反馈或者切片去得到实际的叠层来确保加工后传输线的阻抗：

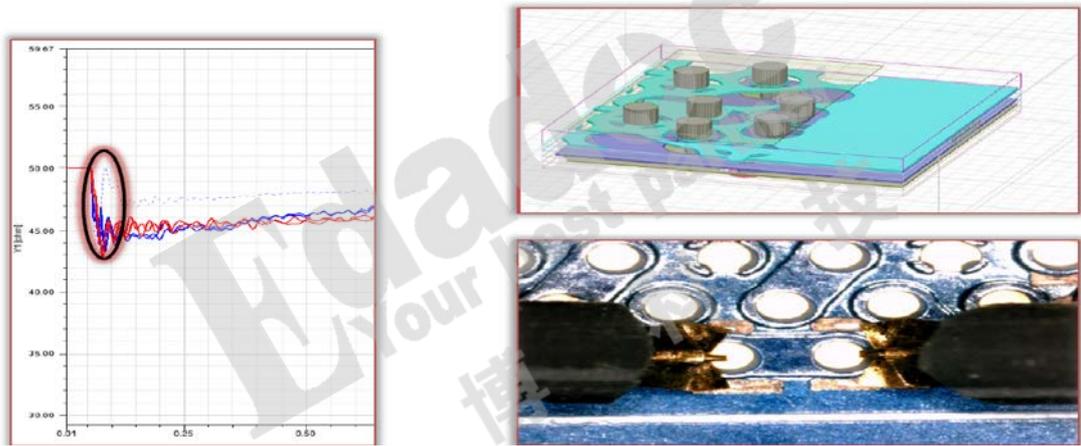
**如何关注**

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习

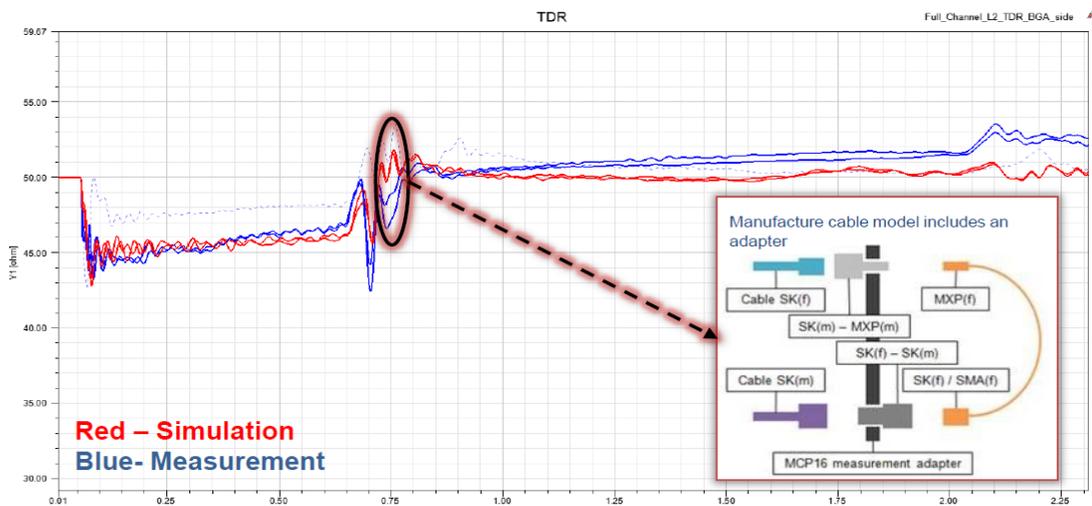




也可能需要根据实际的测试方法去修正我们建模端口的添加方法：



甚至我们还需要判断下厂家提供的连接器和 cable 的模型是不是就真的和测试情况一样：

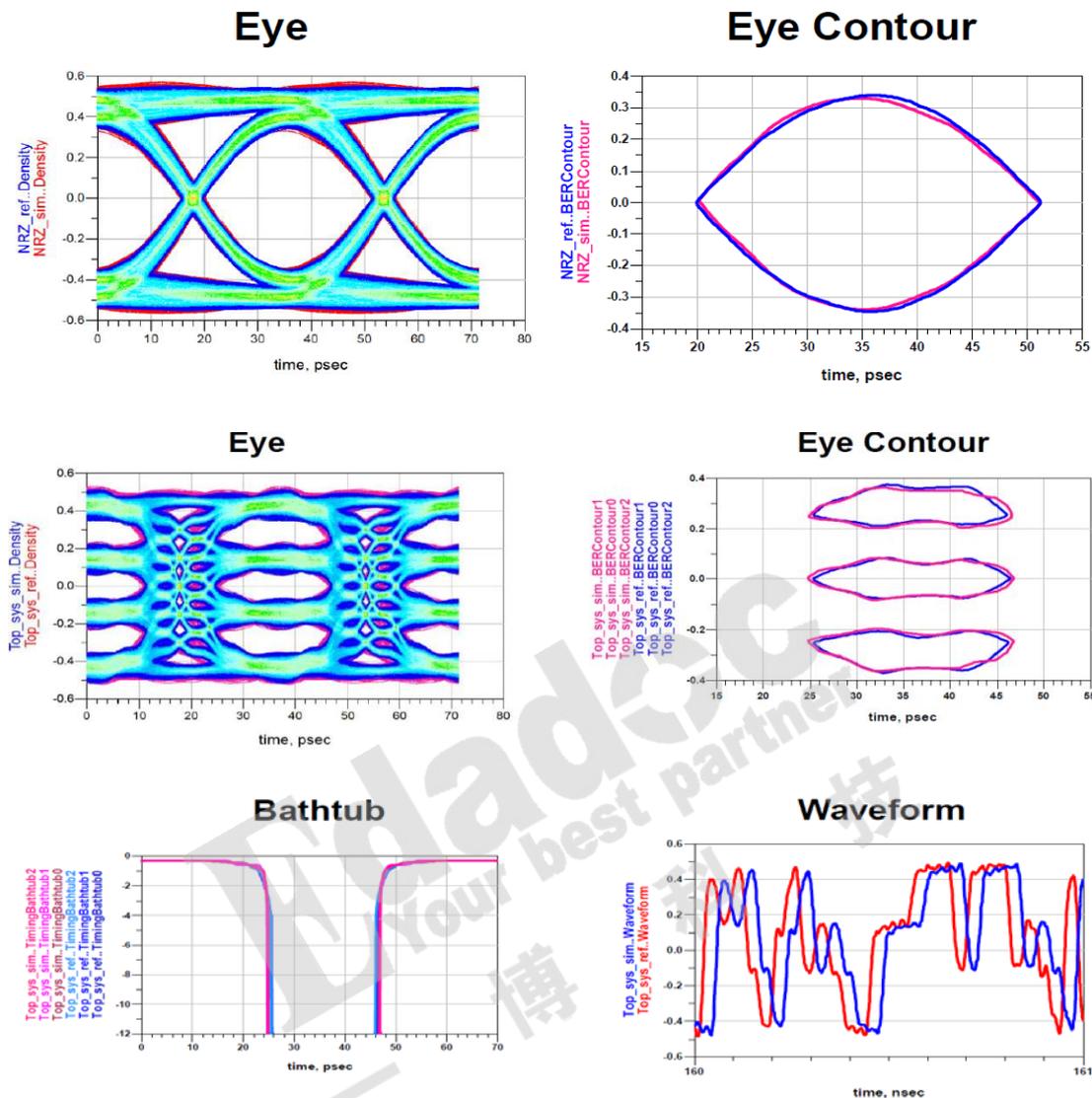


如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习



然后完成上面的一切之后，你会发现你的校准精度可以做到非常高：



好，大概把这篇文章的精华分享完了，可能有部分人还没想明白，到底做这么一个仿真测试校准意义在哪呢？我们都喜欢举一反三，实际上每款设计，高速链路都不会是一样的，而且速率越高，设计对信号影响越大。如果我们先把这个“一”做出来了，以后大家想去搞自己产品的“三”就会很容易，同时我们这个“一”是得到测试的验证，精度是非常高的，那么对于你们在前期如何规划自己的“三”也会有极大的信心。

最后附上一句经典的总结，翻译就是。。。不选贵的，只选对的~~~

*“all models are wrong but some are useful”*

如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习



循例还是想问下大家，你们觉得仿真测试校准难吗？觉得哪些点会影响校准的精度呢？

## 【关于一博】

一博科技成立于 2003 年 3 月，专注于高速 PCB 设计、PCB 制板、SMT 焊接加工和供应链服务。我司在中国、美国、日本设立研发机构，全球研发工程师 600 余人。

一博旗下 PCB 板厂位于深圳松岗，采用来自日本、德国等一流加工设备，TPS 精益生产管理以及品质管控体系的引入，致力为广大客户提供高品质、高多层的制板服务。

一博旗下 PCBA 总厂位于深圳，并在上海、成都设立分厂，厂房面积 15000 平米，现有 20 条 SMT 产线，配备全新进口富士 XPF、NXT3、AIMEX III、全自动锡膏印刷机、十温区回流炉、波峰焊等高端设备，并配有 AOI、XRAY、SPI、智能首件测试仪、全自动分板机、BGA 返修台、三防漆等设备，专注研发打样、中小批量的 SMT 贴片、组装等服务。作为国内 SMT 快件厂商，48 小时准交率超过 95%。常备一万余种 YAGEO、MURATA、AVX、KEMET 等全系列阻容以及常用电感、磁珠、连接器、晶振、二三极管，源自原厂或一级代理，现货在库，并提供全 BOM 元器件供应。

## 【关于高速先生】

高速先生由深圳市一博科技有限公司 R&D 技术研究部创办，用浅显易懂的方式讲述高速设计，成立至今保持每周发布两篇原创技术文章，已和大家分享了百余篇呕心沥血之作，深受业内专业人士欢迎，是中国高速电路第一自媒体品牌。



扫一扫，即可关注

### 如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习

