

【高速先生原创|高速串行系列】SERDES 与 CDR

作者：陈德恒 一博科技高速先生团队成员

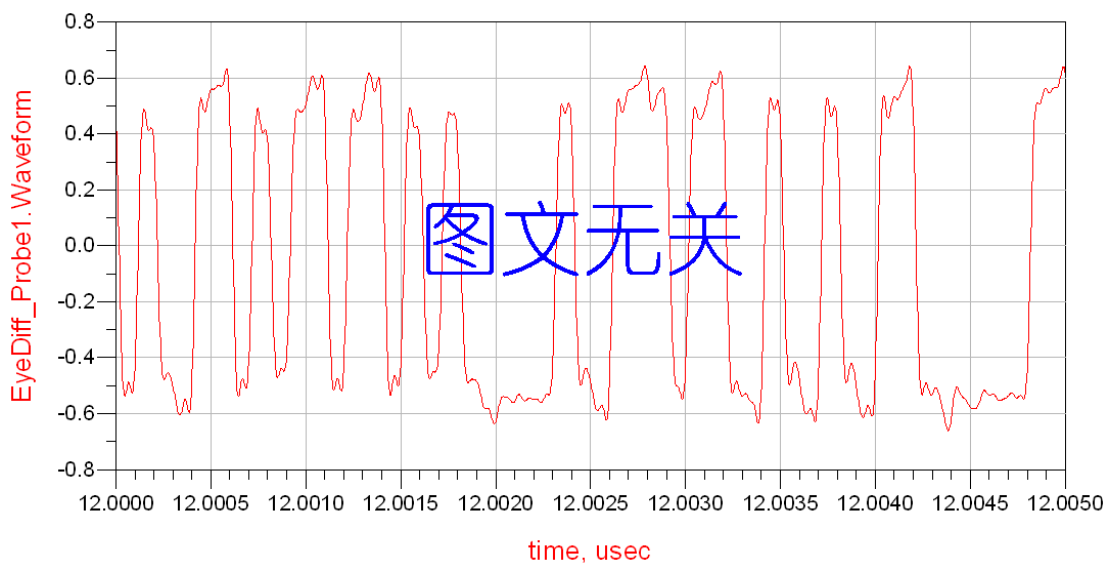
SERDES 与 CDR

杭州南京的美人美景真是让人流连忘返，与大家面对面的交流也让小陈收获颇多。也难怪古来皇帝都爱下江南，而广东却只是官员被流放的南蛮之地了。

最近高速先生一直在“围殴时序”，我们看过了外同步/共同步/源同步这些需要“绕等长”的并行信号。与其说是在“围殴时序”，不如说是在“围殴等长”，时序是“why”，等长是“how”。虽然“why”不是很好理解，但是作为在闲暇时间还关注高速先生的有追求的工程师们，相信大家还是会将这一部分给啃进去。

串行信号是信号完整性知识的集大成者，虽然在设计上看起来是大道至简。它的“道”大到内部复杂的硬件实现，损耗串扰反射的管控，预加重均衡的设计等等；也简到只是一条差分线，只需要关注其信号质量即可。

那 SERDES 的时钟在哪里？我们一直说串行信号的时钟被嵌入在数据中，在刚接触这一概念的时候，小陈就一直在想：“是嵌入在数据的哪一位？难道 8b10b 这些编码是说的 8 位数据 2 位时钟？怎么样用单纯的两位数据来让接收端认识到他是时钟呢？”。直到后来才发现，原来所谓的“时钟嵌入在数据中”的意思，是**时钟嵌入在数据的跳变沿里**。



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



来，大家跟小陈玩个游戏。

现在我们面前有一组数据，我们发现每次上升/下降沿之间的间隔时间是 200ps,800ps,400ps,200ps,1000ps ··· 大家觉得这个数据应该是多少速率的？

5Gbps，对吧？

现在我们面前又有另外一组数据，其时间间隔为 200ps,800ps,400ps,200ps,100ps ··· 那这个数据的速率是多少呢？

大家肯定会说，10Gbps 嘛。

没错！恭喜你已经成为了一名合格的 Clock Recovery，这就是一个简单的求最大公约数的游戏。

CDR 全称是 Clock and Data Recovery，除了时钟恢复之外，还有数据恢复。第一步首先要将恢复出来的时钟与数据的边缘进行对齐，然后再将数据给读出来。在硬件原理上，使用 PLL 电路以及触发器即可。

知道了“时钟由捕获的上升下降沿间隔求最大公约数得来”，也就能想到在这个游戏中会碰到的困难了。实际上我们捕获的时间间隔并不一定是真实时钟周期的整数倍。很可能在接收端捕获的时间是 198ps, 810ps, 395ps, 202ps, 104ps ··· 聪明的小伙伴们可以知道，这个应该还是一个 10Gbps 的信号，恩，通常这种大小的偏差 Clock Recovery 也能认出来。

但是如果接收端捕获的时间间隔是 168ps, 830ps, 360ps, 235ps, 70ps 呢？不止是我们看着头大，Clock Recovery 看着估计也崩溃了。而且，这不止影响我们恢复出来的时钟质量，同时还会影响这个恢复出来的时钟与数据进行边沿对位的过程。

所以在 SERDES 系统中，我们需要获取一个好的时钟，确保一个好的时序，需要做的是让这种边沿的偏差尽量小。也难怪在研究 SERDES 的时候，听到人们左一个 jitter，右一个 jitter 地说了。

问题来了

哪些情况会引起 jitter？

高速先生欢迎您和我们一起进行交流，关注微信名（高速先生），直接将答案通过会话回复，参与互动答题即有机会获得奖品，回复关键词“奖品”查看更多。

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

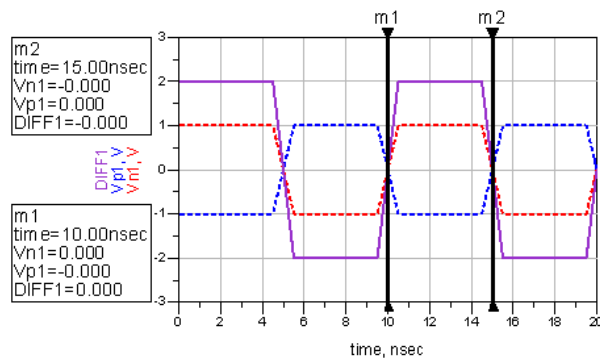


等长与 SERDES (一)

鉴于我们还在“严打等长”的关键时期，更多关于串行信号的干货就不顶风作案了，待到风平浪静时，我们一起“嘿嘿嘿”。

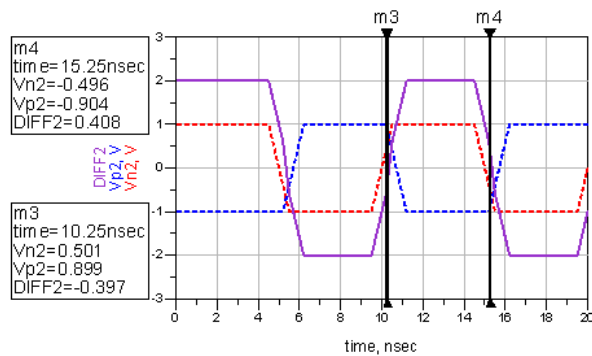
让我们来看看等长对我们信号质量的影响。

众所周知，SERDES 信号都是由差分传输的，也就是说，两根信号线同时传输两个大小相等，方向相反的信号，接收端接收到的信号由两线相减得来。当两根线完全等长的时候，我们看到的波形应该是这样子的：



两次经过零轴的时间差为 5ns，刚好是信号的一个 UI。

当两线不等长的时候，我们看到的波形是这个样子的：

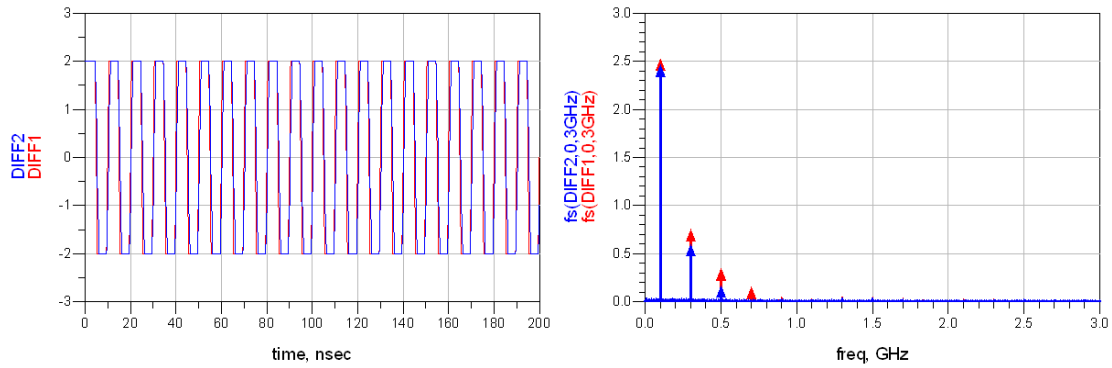


上升沿明显变缓有木有。再将两个对比看看：

如何关注

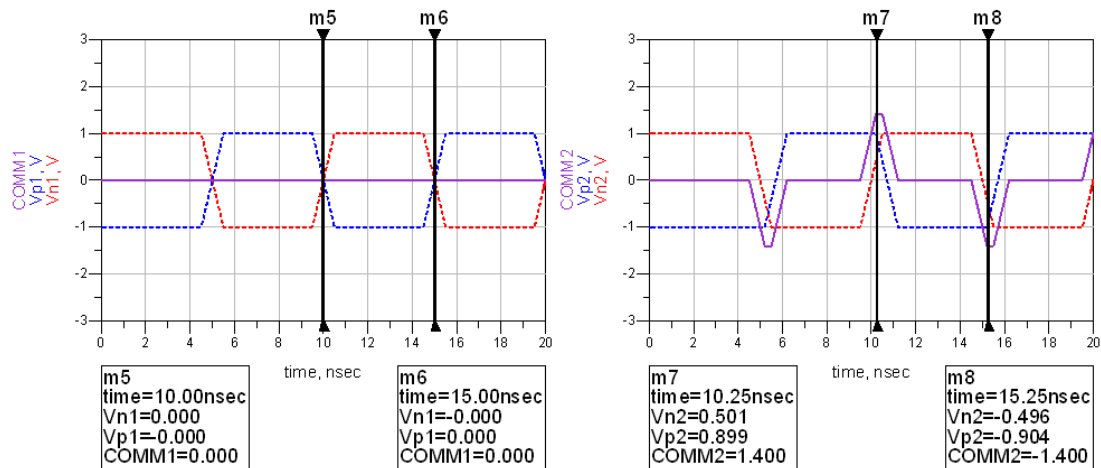
- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习



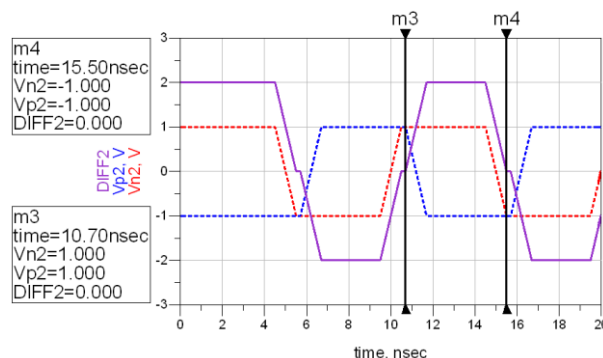


图中，蓝色的是 N 与 P 不等长的信号，可以看到，当两线不等长的时候，差分信号的能量明显变弱了，那多的能量去哪里了呢？

差分对之中除了差模能量之外还有共模能量,差模是 N 与 P 之间相减,共模是 N 与 P 之间相加。能量总是守恒的，多的能量变成了共模能量继续存在,图片：



如果两线的长度相差再大一些，我们接收端接收到的信号将会变成这样：



可以看到，两次经过零轴的时间由之前的 5ns 变成了 4.8ns。或者说，N 与 P 的长度差，引起了 0.04UI 的抖动。这时候，串行的 Clock recovery 该花点心思才能将其时钟

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



解出来了。而且在进行时钟与数据对位的时候，是对在 0V 这个阶梯的左边还是对在右边呢？这又会引起时序问题的出现。

问题来了

最后一图中的 N 与 P 的传输延时大概差了多少时间？对应到 PCB 板上是多长？

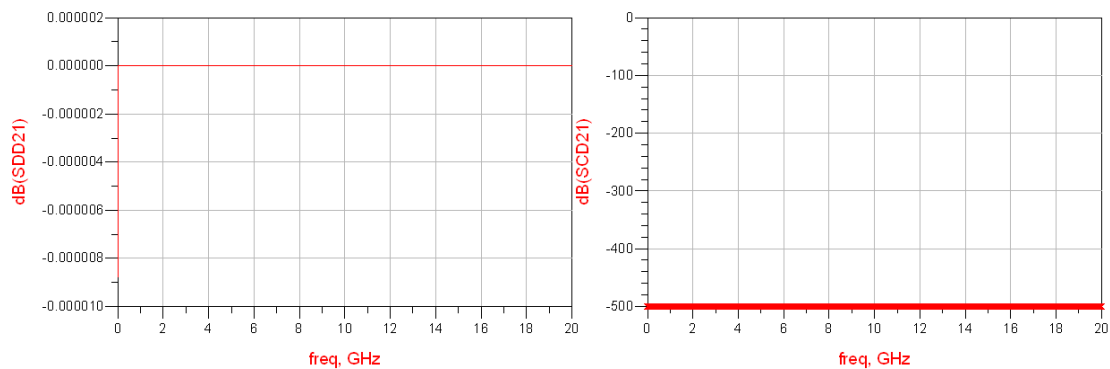
高速先生欢迎您和我们一起来进行交流，关注微信名（高速先生），直接将答案通过会话回复，参与互动答题即有机会获得奖品，回复关键词“奖品”查看更多。

等长与 SERDES（二）

“s-parameter is all”，小陈同学对这句话一直深信不疑。作为一个万能的 S 参数，当然是可以描述前面这种差模到共模的转换的，这就是混模 S 参数中的 SCD。对这个参数迷糊的朋友不要担心，作为“S-parameter is all”的忠实拥趸，小陈肯定会跟大家唠唠 S 参数的。我们需要知道的是，差分信号通过一个信道，我们当然是希望其转化为共模能量的部分越少越好，所以 SCD 这个参数与回损一样，是越小越好的。

让我们用无损线来研究一下等长对于 SCD 这个参数的影响。

首先当然是完全等长的两根线：



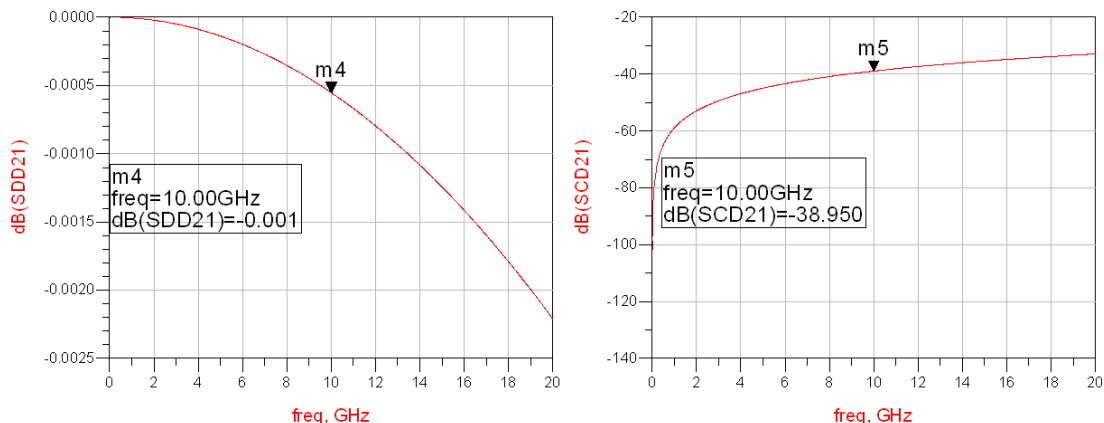
可以看到，由于是无损线，能量完全以差分的形式传过去了。

如果两线之间长度相差 2mil 呢？

如何关注

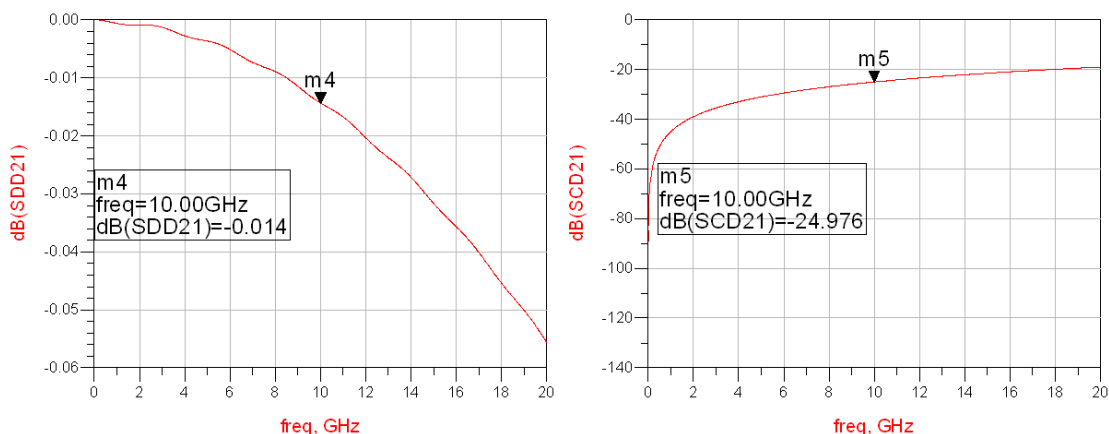
- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习





在 10GHz 处，0.001dB 的差分能量损耗掉了，变成了差不多-40dB（1%）的共模能量。在看 S 参数的时候，最好是能在脑海中同时浮现出一个信号的频谱。10Gbps 的信号主要频谱分量集中在 5GHz 之前，在这幅图中可以看到，5GHz 之前大部分的 SCD21 是在-60dB 到-50dB 之间，也就是说，在实际传输信号时，一个 10Gbps 的信号在通过该通道时大概会有 3%的差分能量变成共模能量。

如果两线之间的长度相差 10mil 呢？



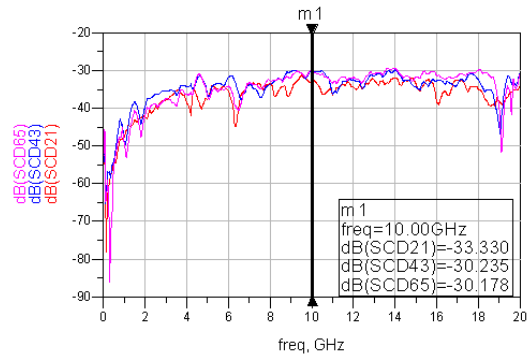
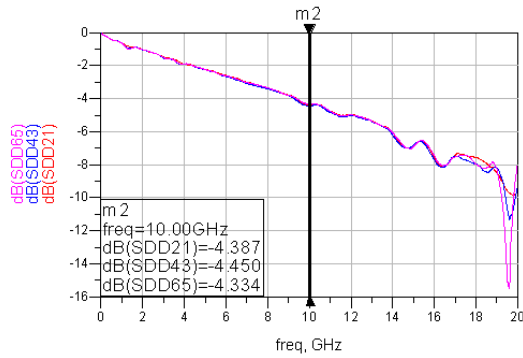
在 10GHz 处，0.014dB 的差分能量被损耗掉了，变成了-25dB（约 5%）的共模能量。

知道了这个数值之后，我们再来看看通常良好加工的完全等长的走线是个什么样的情况：

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





可以看到，由于材料特性以及一些加工因素，在超过 2GHz 的频率分量大部分都有 -30dB 到-40dB 的能量被转换为共模分量了，换算成百分比的话大约是 1-3%，这几乎是不可避免的。而且在一些信号协议中对通道的 SCD21 有明确的要求，像 SAS3(12Gbps) 的协议中就要求 SCD21 < -18dB。

好了，看过了协议要求的数据，看过了正常加工的结果，我们不难得出一个结论：差分线 N 与 P 之间 ±2mil 的等长控制，对于一个 10Gbps 甚至更高速率的信号来说，也是足够的，由他所引起的模态转换，信号几乎就感受不到。那些要求 N 与 P ±0.5mil 等长的工程师们，你们也是够了 😂😂😂。

问题来了

差分能量变成共模能量的坏处有哪些？

高速先生欢迎您和我们一起进行交流，关注微信名（高速先生），直接将答案通过会话回复，参与互动答题即有机会获得奖品，回复关键词“奖品”查看更多。

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



【关于一博】

一博科技专注于高速 PCB 设计、PCB 制板、焊接加工、物料供应等服务。作为全球最大的高速 PCB 设计公司，我司在中国、美国、日本设立研发机构，全球研发工程师 500 余人。超大规模的高速 PCB 设计团队，引领技术前沿，贴近客户需求。

一博旗下 PCB 板厂成立于 2009 年，位于广东四会（广州北 50KM），采用来自日本、德国的一流加工设备，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，并在上海设立分厂，现有 12 条 SMT 产线，配备全新进口富士 XPF、NXT3、全自动锡膏印刷机、十温区回流炉等高端设备，并配有波峰焊、AOI、XRAY、BGA 返修台等配套设备，专注研发打样、中小批量的 SMT 贴片、组装等服务。

【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

