

## 【高速先生原创|高速串行系列】绕线与时序

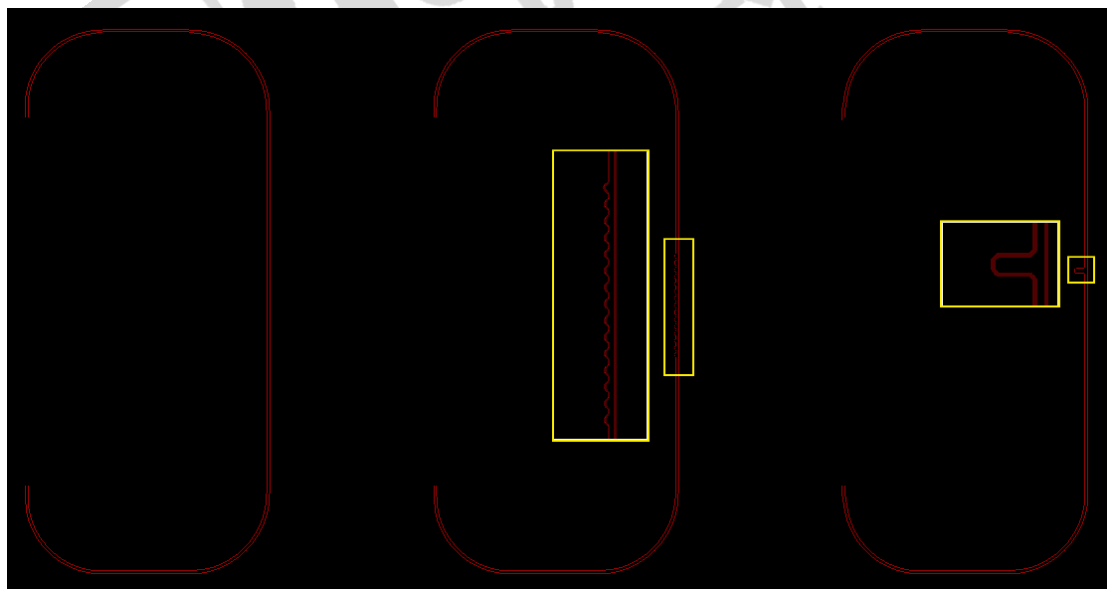
作者：陈德恒 一博科技高速先生团队成员

### 绕线与时序（一）

前两周隔壁小王同学在《既等长，为何不等时》的文章中已经提到了绕线对延时的影响了，在这里小陈附带一些数据让大家有更量化的认识。想必说到“量化的认识”这几个字，大家也知道小陈又要跟大家说“只是锦上添花啊，吧啦吧啦……”；“对信号影响很小啦，吧啦吧啦……”。呵呵，没错，大家猜对了。

在做设计的时候大家确实会纠结于如何绕线，这里的绕线指的是做差分线的对内等长。纠结之处其实也就在于大波浪 or 小波浪。让我们先来看看微带线。

DUT 如下图，最左边的是没有做等长的，两线长度差 125mil；中间是用小波浪做补偿的；右边是用大波浪做补偿的：

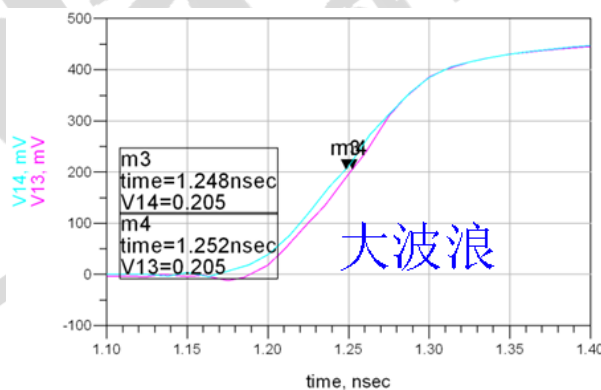
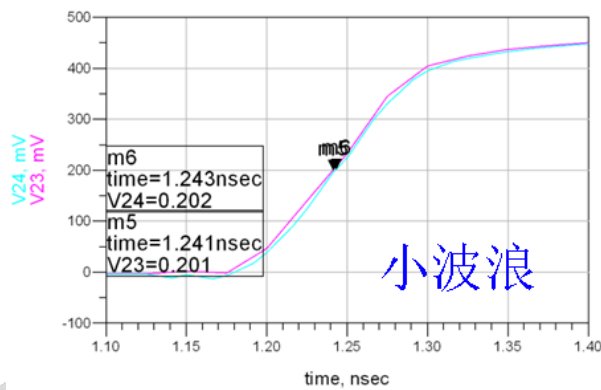
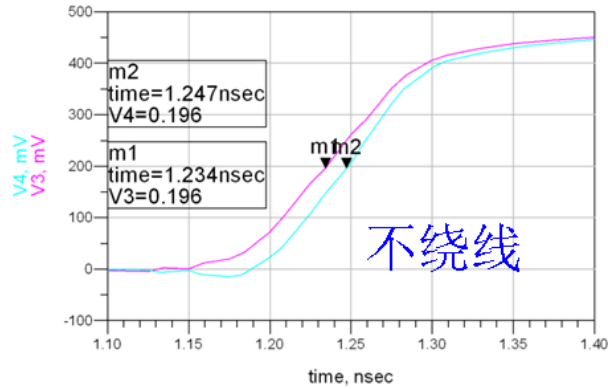


他们三条走线的延时差如下图：

#### 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





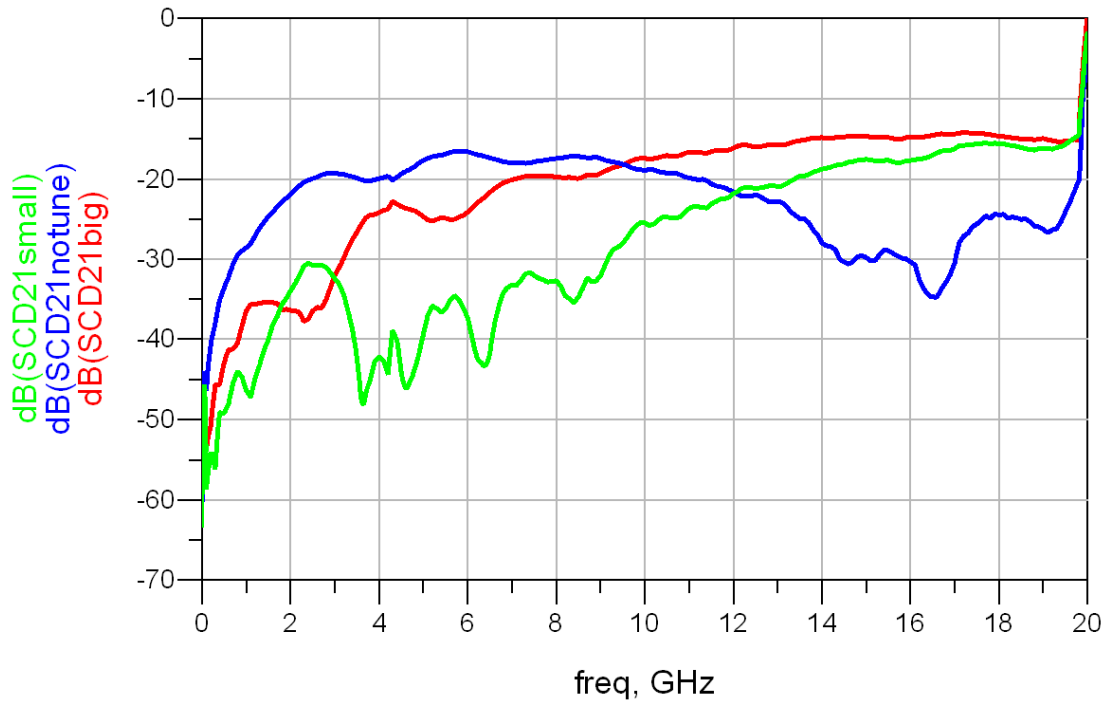
可以看到，小波浪绕线等长基本上就等时了，而原本不绕线时，蓝色比红色传输时间长 13ps，大波浪绕线之后蓝色的传输延时反而比红色的快了，并且整体的传输延时加大了。这里的电磁场分布比较复杂，大家可以看到其实不绕线以及大波浪绕线 N 与 P 的上升时间其实都不一样了，之后讲 S 参数时大家可以在各谐波的相位上看到更明显的区别。

我们再来看 SCD21，时域与频域其实是吻合的，小波浪绕线的 SCD21 在 10GHz 之前基本在 -30dB 以下。而不绕线与大波浪绕线的 SCD21 明显要更大。（10GHz 以上的部分不要纠结，其实这些频率分量不绕线的 N 与 P 不是没有相位差，而是差了一个周期，所以会这样）

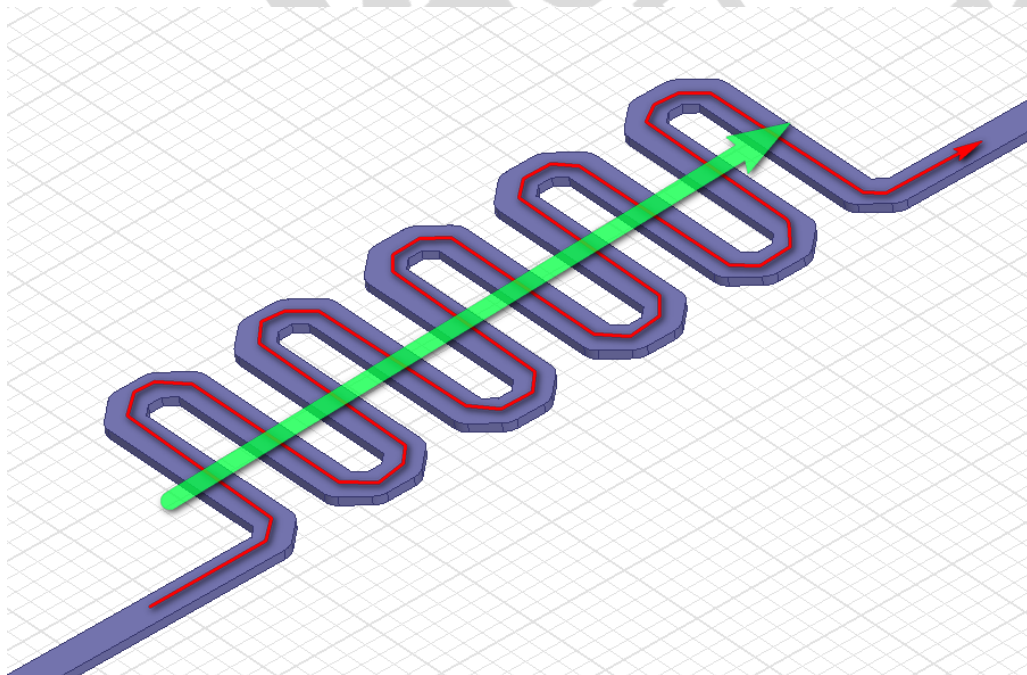
#### 如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习





说到这里，在理解奇偶模传输的时候，大家可以像平时看到的这幅图这样认为信号直接穿过去了：



但是，信号可是不会跳的。实际上的传输速度只符合一个公式那就是  $v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \epsilon_r \mu_0 \mu_r}}$  或

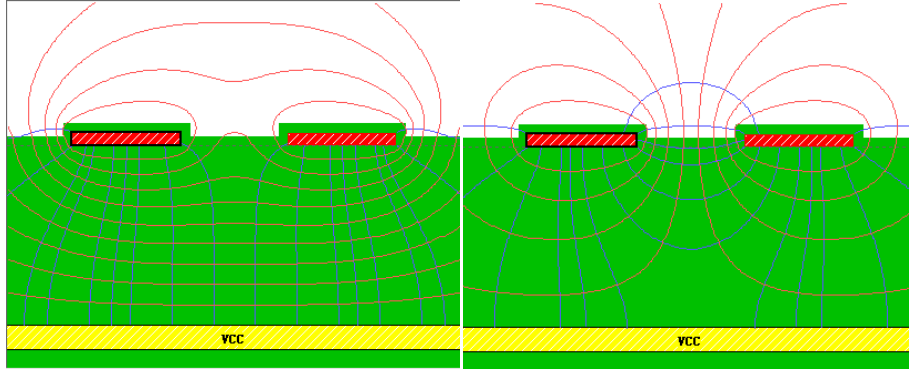
者  $v = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ 。

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



当波浪两边较近的时候，走线的  $C$  是增大的，而  $L$  是变小的，到这里我们并没有办法分辨出传输速度是变快还是变慢。表层微带线由于走线下方是介质，介电常数为 4.2；上方是空气，介电常数是 1。两线靠近时，更多的电力线分布在空气中，感受到的介电常数变小，所以传输速度变快了。



(注意看两幅图中蓝色的电力线)

所以针对微带线，高速先生建议是：尽量少绕；绕的话尽量使用小波浪绕线；当然也要注意 3GHz（6Gbps）之内，绕线方式是基本不会对信号质量有太大影响的。

#### 问题来了

最后两幅图哪幅是奇模传输，哪幅是偶模？理想带状线会出现这种自耦合传输速度变化的现象吗？

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。

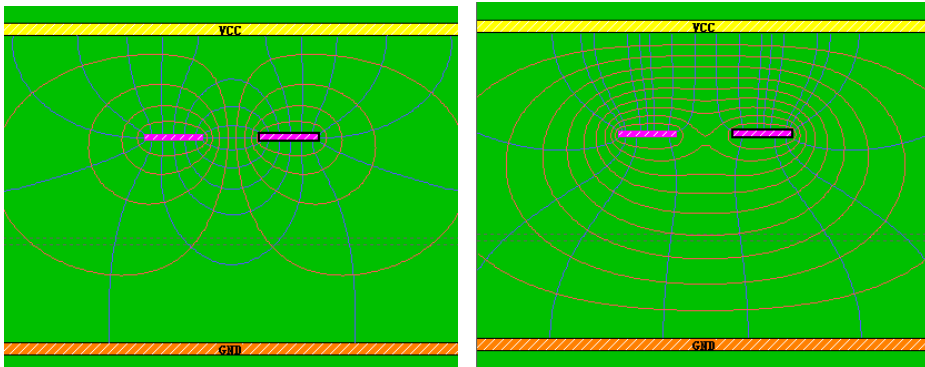
#### 如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习



## 绕线与时序（二）

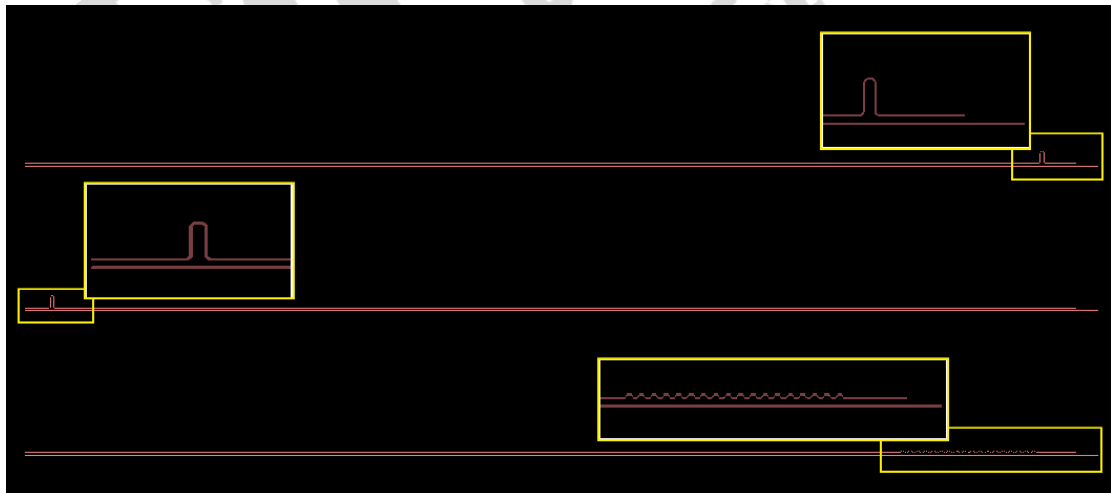
让我们来看看带状线在有奇模或者偶模的耦合下电磁场的分布是如何的：



电磁场分布也是明显的不一样呢，那是不是带状线也要避免大波浪绕线导致的自耦合呢？很遗憾的告诉大家，并不是这样的。在理想的带状线中，两边的介电常数是不变的，无论电磁场如何分布，感受到的介电常数都一样，所以传输速度并不会发生变化。

既然传输速度不会发生变化，那是不是只需要等长，无论如何绕线是不是都不会发生模态变化了？

我们同样做了以下三种 DUT，从上到下分别为前端大波浪绕线，后端大波浪绕线，小波浪绕线。

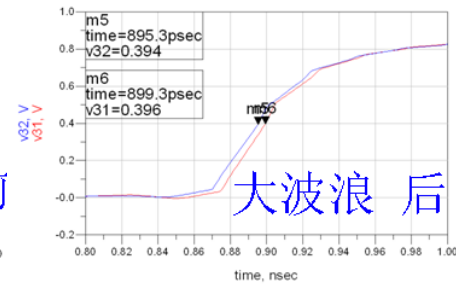
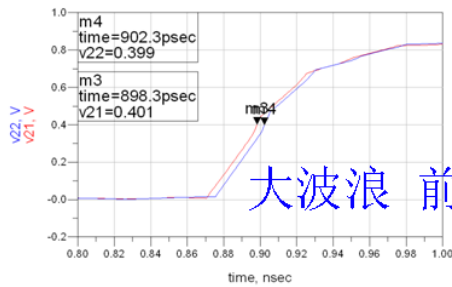
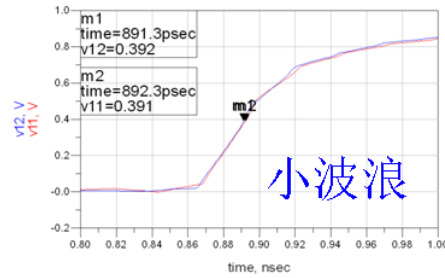


他们差分对内的延时差如下图：

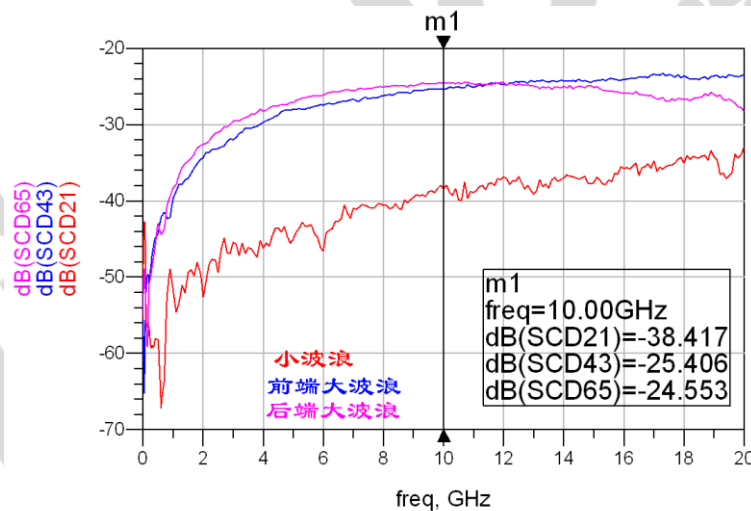
### 如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习





然后，他们之间的 SCD21 是这样子的：



虽然看起来小波浪会好一些，但是大波浪绕线的 SCD21 明显也在 -25dB 以内，两线之间的延时差也小于 4ps。明显比微带线的情况要好。

可是上一句话不才说了理想带状线的传输速度是不会由于耦合方式而改变么的？为什么这里小波浪还是要更好？

因为前面说的是“理想”带状线啊，现实中怎么可能各个方向的介电常数都一样呢。

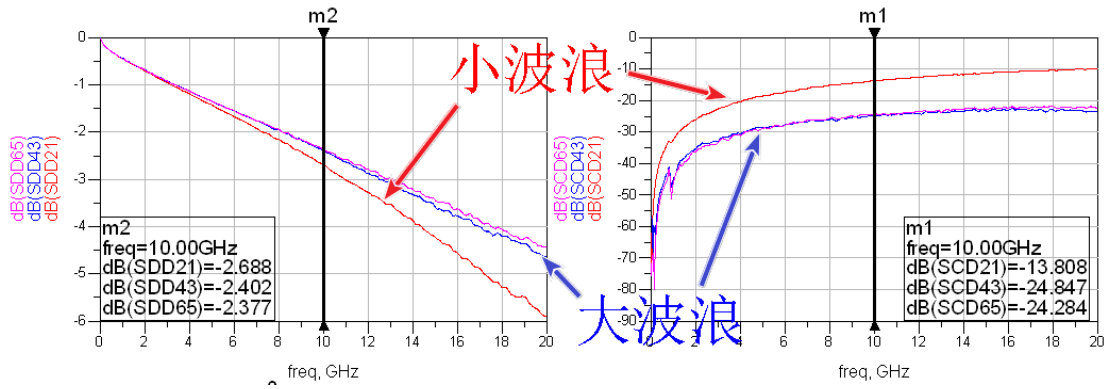
说到这里，大家会得出一个结论了：“小波浪绕线好”。那有没有特殊情况呢？

在我们最新的一版测试板中，小陈看到了一个这样的数据：

如何关注

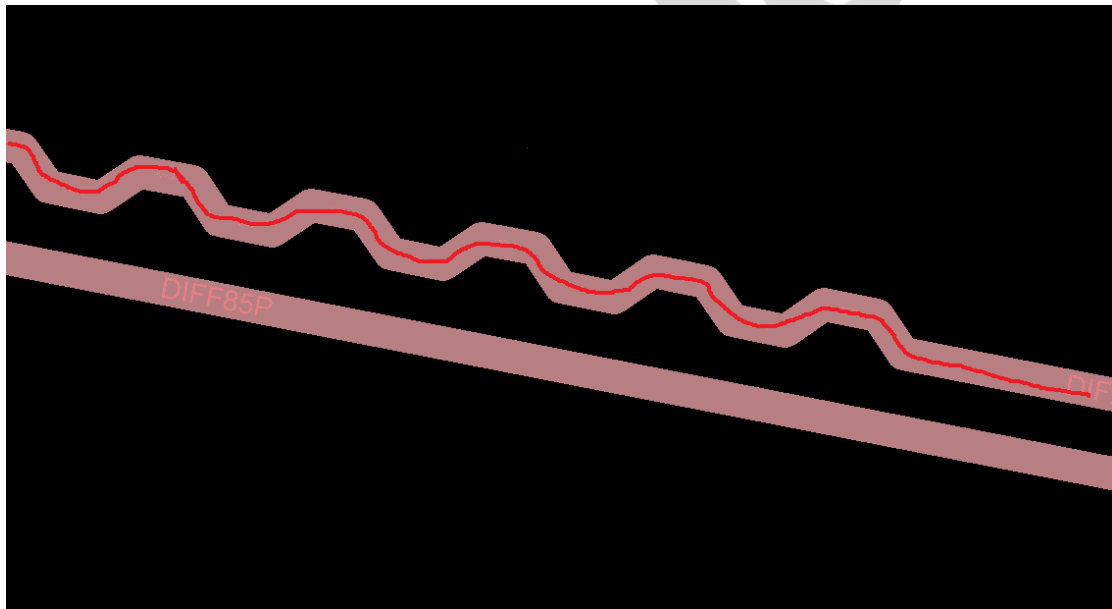
- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习





小波浪居然比大波浪差那么多，这可又将小陈的世界观给颠覆了。寻寻觅觅，之后发现原来是设计失误，将小波浪饶的太小了。

软件在量测线长的时候关注的是线的物理尺寸长度，以为信号是这样传输的：



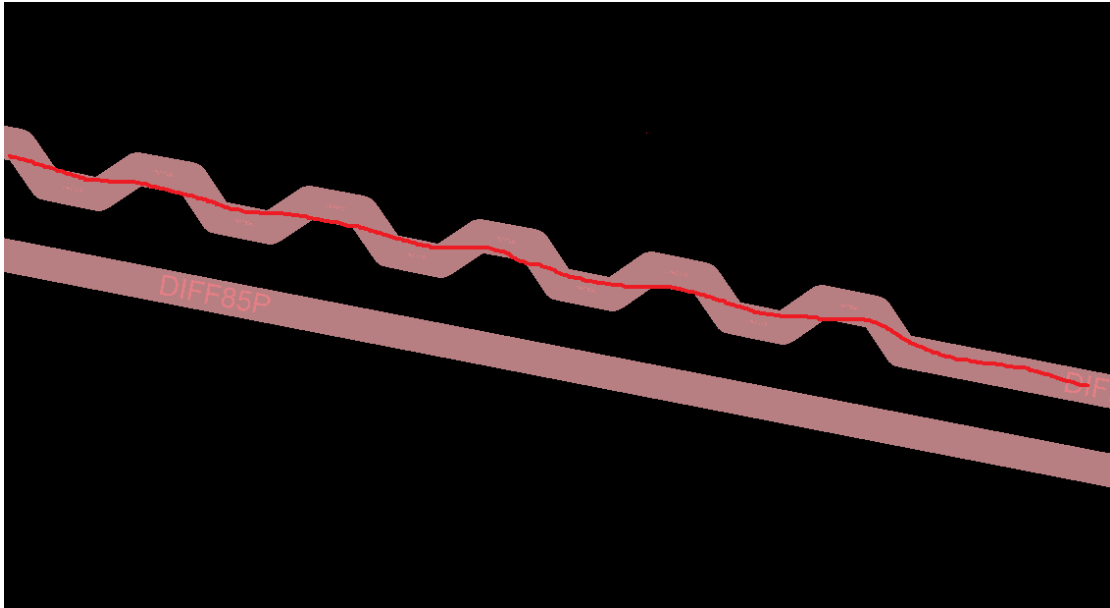
但是实际上，由于高频的趋肤效应，越高频的信号越会走直线，变成了这样：

#### 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







好吧，看来小波浪也不能太小。通常我们会让小波浪的每段都在 2-3 倍的线宽。

#### 问题来了

大波浪绕线与小波浪绕线对阻抗的差分阻抗的影响分别是怎样的？

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。

时序围殴了两个多月到这里也算是告一段落了。在杭州研讨会时有一位朋友问我在做设计时如何取舍的问题，其实，当你能比较精确的将每个变量的影响都算出来时，这种量化后的取舍就简单了。

虽然在这文章中，高速先生说的好像都是“不完全等长没问题”“走线拐角无所谓”“绕线方式没关系”。那是因为很多时候我们应该将时间与空间留给更重要的东西。在影响其他部分，不增加太大的设计难度时，所有这些裕量还是应该争取的。

了解每一个 why 确实不容易，保持一个好的设计习惯是设计成功的保障。

#### 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

