

## 【高速先生原创|高速串行系列】如何计算阻抗

作者：王萍 一博科技高速先生团队成员

### 如何计算阻抗（上）

关于阻抗的话题已经说了这么多，想必大家对于阻抗控制在 pcb layout 中的重要性已经有了一定的了解。俗话说的好，工欲善其事，必先利其器。要想板子利索的跑起来，传输线的阻抗计算肯定不能等闲而视之。

在高速设计流程里，叠层设计和阻抗计算就是万里长征的第一步。阻抗计算方法很成熟，所以不同的软件计算的差别很小，本文采用 Si9000 来举例。

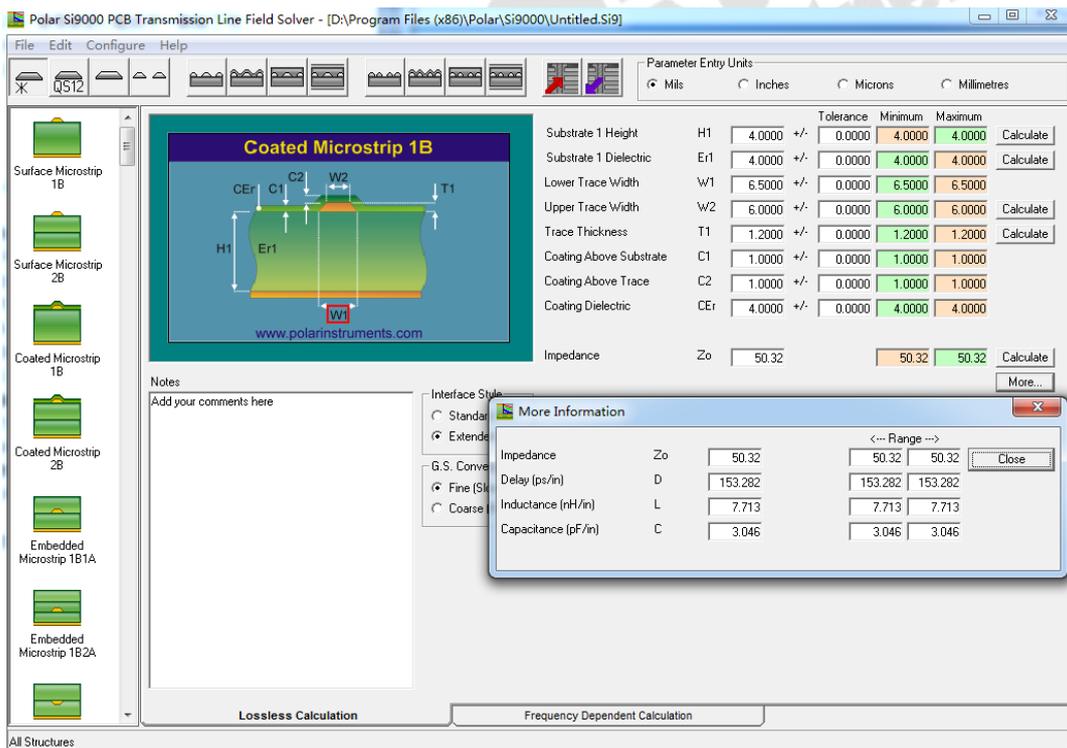


图 1

阻抗的计算是相对比较繁琐的，但我们可以总结一些经验值帮助提高计算效率。对于常用的 FR4，50ohm 的微带线，线宽一般等于介质厚度的 2 倍；50ohm 的带状线，线宽等于两平面间介质总厚度的二分之一，这可以帮我们快速锁定线宽范围，注意一般计算出来的线宽比该值小些。

#### 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



除了提升计算效率，我们还要提高计算精度。大家是不是经常遇到自己算的阻抗和板厂算的不一致呢？有人会说这有什么关系，直接让板厂调啊。但会不会有板厂调不了，让你放松阻抗管控的情况呢？要做好产品还是一切尽在自己的掌握比较好。

以下提出几点设计叠层算阻抗时的注意事项供大家参考：

1，线宽宁愿宽，不要细。这是什么意思呢？因为我们知道制程里存在细的极限，宽是没有极限的。如果到时候为了调阻抗把线宽调细而碰到极限时那就麻烦了，要么增加成本，要么放松阻抗管控。所以在计算时相对宽就意味着目标阻抗稍微偏低，比如单线阻抗 50ohm，我们算到 49ohm 就可以了，尽量不要算到 51ohm。

2，整体呈现一个趋势。我们的设计中可能有多个阻抗管控目标，那么就整体偏大或偏小，不要 100ohm 的偏大，90ohm 的偏小。

3，考虑残铜率和流胶量。当半固化片一边或两边是蚀刻线路时，压合过程中胶会去填补蚀刻的空隙处，这样两层间的胶厚度时间会减小，残铜率越小，填的越多，剩下的越少。所以如果你需要的两层间半固化片厚度是 5mil，要根据残铜率选择稍厚的半固化片。

4，指定玻布和含胶量。看过板材 datasheet 的工程师都知道不同的玻布，不同的含胶量的半固化片或芯板的介电系数是不同的，即使是差不多高度的也可能是 3.5 和 4 的差别，这个差别可以引起单线阻抗 3ohm 左右的变化。另外玻纤效应和玻布开窗大小密切相关，如果你是 10Gbps 或更高速的设计，而你的叠层又没有指定材料，板厂用了单张 1080 的材料，那就可能出现信号完整性问题。

当然残铜率流胶量计算不准，新材料的介电系数有时和标称不一致，有的玻布板厂没有备料等等都会造成设计的叠层实现不了或交期延后。咋办？最好的办法就是在设计之初让板厂按我们的要求，他们的经验设计个叠层，这样最多几个来回就能得到理想又可实现的叠层了。

#### 问题来了

说了这么多大家还有哪些阻抗计算方面的经验可以分享的呢？

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



## 如何计算阻抗（下）

对于阻抗计算而言，层叠设置是先决条件，首先必选先设置好单板的具体层叠信息，下面是一个常见八层板的层叠信息，以这个为例子，看看阻抗计算的一些注意事项。

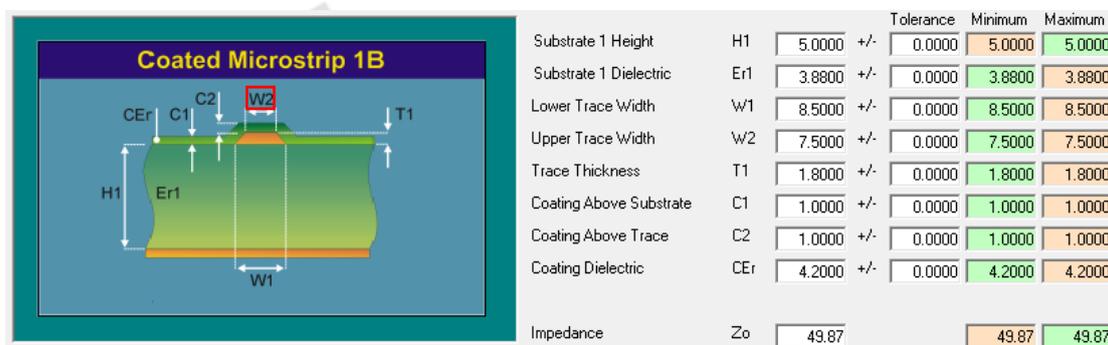
	Layer Stack up	Type	Thickness (mil)
	Silk Top		Default
	Solder Top		
ART01			1.8(0.5oz+plating)
PREPREG		PREPREG 2116X1 55%	5.0
GND02			1.2(1.0oz)
CORE		CORE 2116X4 55%	20.0
ART03			1.2(1.0oz)
PREPREG		PREPREG 3313X2 51%	6.5
GND04			1.2(1.0oz)
CORE		CORE 1080X1 64%	3.0
GND05			1.2(1.0oz)
PREPREG		PREPREG 3313X2 51%	6.5
ART06			1.2(1.0oz)
CORE		CORE 2116X4 55%	20.0
GND07			1.2(1.0oz)
PREPREG		PREPREG 2116X1 55%	5.0
ART08			1.8(0.5oz+plating)
	Solder Bot		
	Silk Bot		Default

图一

对于信号线而言，在板上实现的形式又分为微带线和带状线，两者的不同，使得阻抗计算选择的结构不一致，下面分别讨论这两种常见的阻抗计算的情况。

### a、微带线

微带线的特点就是只有一个参考层，上面盖绿油。下面是单线(50Ω)和差分线(100Ω)的具体参数设置。



### 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





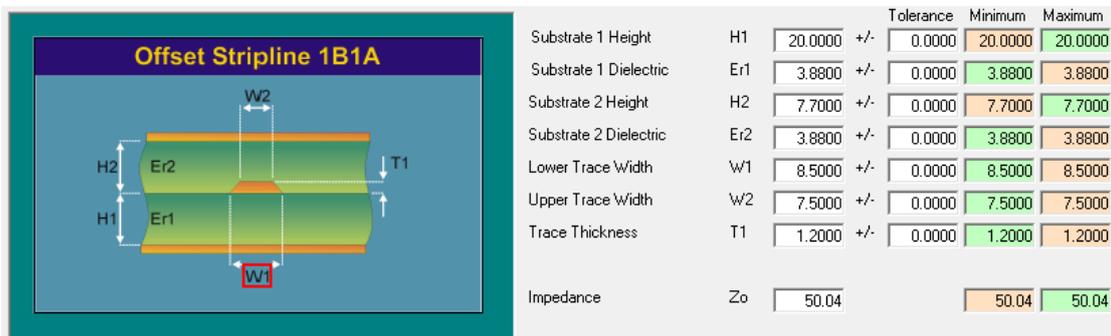
图二

注意事项：

- 1、H1 是表层到参考层的介质厚度，不包括参考层的铜厚；
- 2、C1、C2、C3 是绿油的厚度，一般绿油厚度在 0.5mil~1mil 左右，所以保持默认就好，其厚度对于阻抗有细微影响，这也是处理文字面是，尽量不让丝印放置在阻抗线上的原因。
- 3、T1 的厚度一般为表层铜厚加电镀的厚度，1.8mil 为 0.5OZ+Plating 的结果。
- 4、一般 W1 是板上走线的宽度，由于加工后的线为梯形，所以  $W2 < W1$ 。一般当铜厚为 1mil 以上时  $W1 - W2 = 1\text{mil}$ ，当铜厚为 0.5mil 时  $W1 - W2 = 0.5\text{mil}$ 。

b、带状线

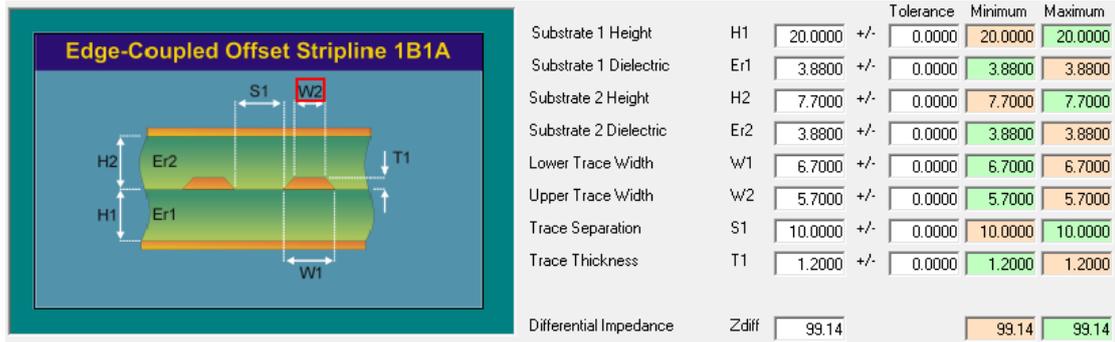
带状线是位于两个参考平面之间的导线。下面是单线（50Ω）和差分线（100Ω）的具体参数设置。



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



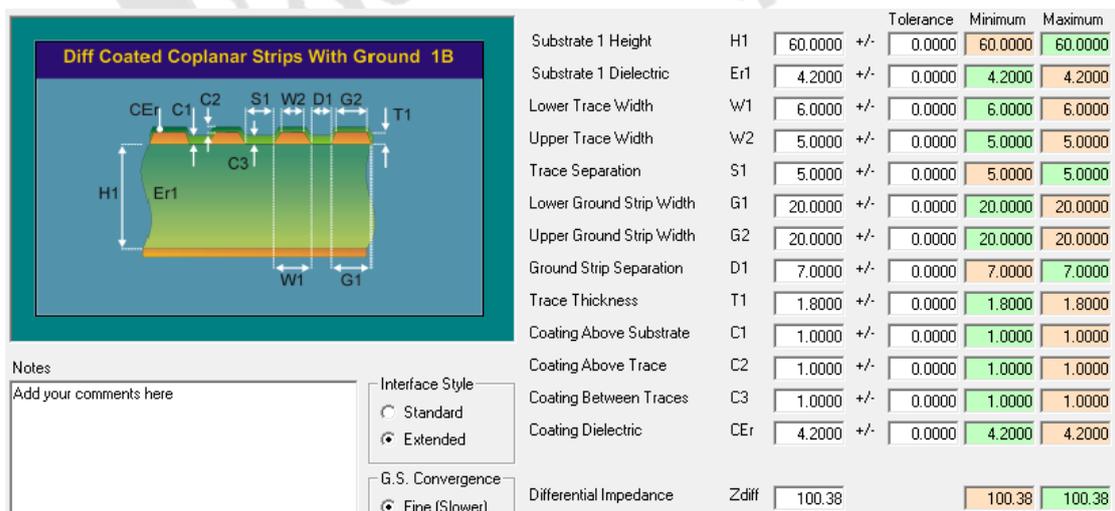


图三

注意事项：

- 1、H1 是导线到参考层之间 CORE 的厚度，H2 是导线到参考层之间 PP 的厚度（考虑 pp 流胶情况）；如图一所示层叠，若阻抗线在 ART03 层，那么 H1 就是 GND02 到 ART03 之间的介质厚度，而 H2 则是 GND04 到 ART03 之间的介质厚度再加上铜厚。
- 2、Er1 和 Er2 之间的介质不同时，可以填各自对应的介电常数。
- 3、T1 的厚度一般为内层铜厚；当单板为 HDI 板是，需要注意内层是否有电镀。

上述是常见的阻抗线的计算，然而有部分单板由于板子较厚，层数较少，利用上面的方法没有办法计算出阻抗线的具体参数，这时候就要考虑共面阻抗了，如下图所示：



注意事项：

- 1、H1 是导线到最近参考层之间介质的厚度。

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



2、G1 和 G2 是伴随地的宽度，一般是越大越好。

3、D1 是到伴随地之间的间距。

### 问题来了

了解基本的阻抗计算后，对于单板上的信号线而言，他们的阻抗和什么因素有关，各自是什么关系（正比还是反比）？

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。

### 【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。

### 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





扫一扫，即可关注

Edadoc  
Your best partner  
— 博 科 技

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

