

【高速先生原创|高速串行系列】为什么 PCB 上的单端阻抗控制 50

欧姆

作者：周伟 一博科技高速先生团队成员

很多刚接触阻抗的人都会有这个疑问，为什么常见的板内单端走线都是默认要求按照 50 欧姆来管控而不是 40 欧姆或者 60 欧姆？这是一个看似简单但又不好回答的问题。在写这篇文章前我们也查找了很多资料，其中最具有知名度的是 Howard Johnson, PhD 关于此问题的答复，原文可以详见如下链接：

http://www.edadoc.com/cn/jszw/show_815.html，相信很多人都有看过。

为什么说不好回答呢？信号完整性问题本身就是一个权衡取舍的问题，所以在业内最著名的一句话也就是：“It depends、、、、”这就是没有标准答案，仁者见仁智者见智的一个问题。今天高速先生也就这个问题综合各种答复来简单总结下，在此也是抛砖引玉，希望更多的人可以从各自的角度出发总结出更多相关的因素。

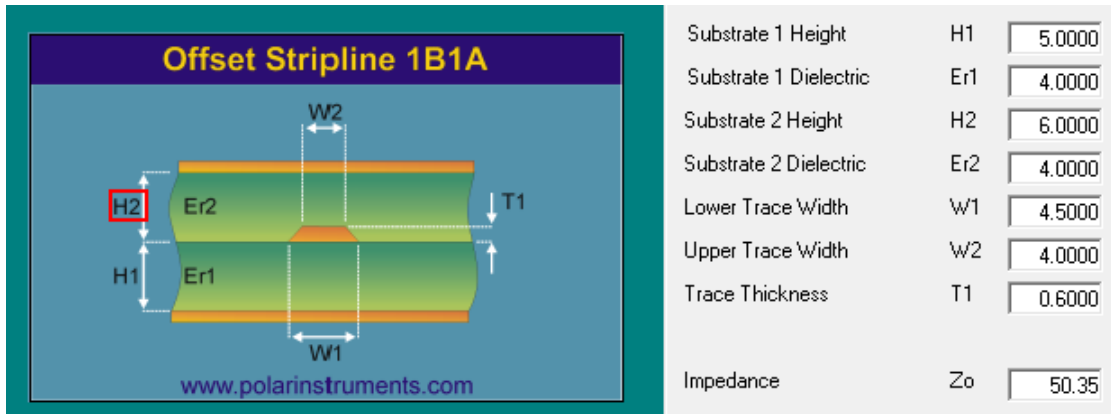
首先，50 欧姆是有一定历史渊源的，这得从标准线缆说起。我们都知道近代电子技术很大一部分是来源于军队，慢慢的军用转为民用，在微波应用的初期，二次世界大战期间，阻抗的选择完全依赖于使用的需要。随着技术的进步，需要给出阻抗标准，以便在经济性和方便性上取得平衡。在美国，最多使用的导管是由现有的标尺竿和水管连接成的，51.5 欧姆十分常见，但看到和用到的适配器/转换器又是 50 欧姆到 51.5 欧姆；为联合陆军和海军解决这些问题，一个名为 JAN 的组织成立了，就是后来的 DESC，由 MIL 特别发展的，综合考虑后最终选择了 50 欧姆，并且特别的导管被制造出来，并由此转化为各种线缆的标准。此时欧洲标准是 60 欧姆，不久以后，在象 Hewlett-Packard 这样在业界占统治地位的公司的影响下，欧洲人也被迫改变了，所以 50 欧姆最终成为业界的一个标准沿袭下来，也就变成约定俗成了，而和各种线缆连接的 PCB，为了阻抗的匹配，最终也是按照 50 欧姆阻抗标准来要求了。

其次，从加工可实现的角度出发，50 欧姆实现起来比较方便。从前面阻抗计算公式可知，过低的阻抗需要较宽的线宽以及薄介质（或较大的介电常数），这对于目前高密板来说空间上比较难满足；过高的阻抗又需要较细的线宽及较厚的介质（或较小的介电常数），不利于 EMI 及串扰的抑制，同时对于多层板及从量产的角度来讲加工的可靠性会比较差；而 50 欧姆在常用材料的环境下普通的线宽和介质厚度（4~6mil）即符合设计要求（如下图一阻抗计算），又方便加工，慢慢的成为默认选择也就不足为奇了。

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





图一 阻抗计算

第三，从损耗的角度出发，根据基本的物理学可以证明 50 欧姆阻抗趋肤效应损耗最小（摘自 Howard Johnson, PhD 的回复）。通常电缆的趋肤效应损耗 L（以分贝做单位）和总的趋肤效应电阻 R（单位长度）除以特性阻抗 Z0 成正比。总的趋肤效应电阻 R 是屏蔽层和中间导体电阻之和。屏蔽层的趋肤效应电阻在高频时，和它的直径 d2 成反比。同轴电缆内部导体的趋肤效应电阻在高频时，和他的直径 d1 成反比。总共的串联电阻 R，因此和(1/d2+1/d1)成正比。综合这些因素，给定 d2 和相应的隔离材料的介电常数 Er，可以用以下公式来使得趋肤效应损耗最小。

$$L \propto \frac{(1/d_2 + 1/d_1)}{Z_0} \quad (\text{公式 1})$$

在任何关于电磁场和微波的基础书中，都可以找到 Z0 是 d2，d1 和 Er 的函数。

$$Z_0 = \frac{60}{\sqrt{E_R}} \ln(d_2/d_1) \quad (\text{公式 2})$$

把公式 2 代入公式 1 中，分子分母同时乘以 d2，整理得到

$$L \propto \frac{\sqrt{E_R}}{60} \frac{1}{d_2} \frac{(1 + d_2/d_1)}{\ln(d_2/d_1)} \quad (\text{公式 3})$$

从公式 3 分离出常数项($\sqrt{E_R}/60$)*(1/d2),有效的项((1+d2/d1)/ln(d2/d1))来确定最小值点。仔细查看公式 3 的最小值点仅由 d2/d1 控制，和 Er 以及固定值 d2 无关。以 d2/d1 为参数，为 L 做图，显示 d2/d1=3.5911 时，取得最小值。假定固态聚乙烯的介电常数为 2.25, d2/d1=3.5911 得出特性阻抗为 51.1 欧姆。很久之前，无线电工程师为了方便使用，把这个值近似为 50 欧姆作为同轴电缆最优值。这证明了在 50 欧姆附近，L 是最小的。

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



最后，从电气性能的角度看，50 欧姆的优势也是综合考虑之后的折中。单纯从 PCB 走线的性能来说，阻抗低比较好，对一个给定线宽的传输线，和平面距离越近，相应的 EMI 会减小，串扰也会因此减小，同时也不易受容性负载影响。但从全路径的角度看，还需要考虑最关键的一个因素，那就是芯片的驱动能力，早期大多数芯片驱动不了阻抗小于 50 欧姆的传输线，而更高阻抗的传输线由于实现起来不便，所以折中采用了 50 欧姆阻抗。

综上所述：50 欧姆作为业界的默认值有其先天的优势，同时也是综合考虑后的折中方案，但并不是说就一定要用 50 欧姆阻抗了，很多时候还是取决于与之匹配的接口，如 75 欧姆仍然是远程通讯的标准，一些线缆和天线都是使用的 75 欧姆，此时就需要与之匹配的 PCB 线路阻抗。另外还有一些特殊的芯片通过改善芯片驱动能力，来降低传输线的阻抗，以此得到更好的抑制 EMI 和串扰的效果，如 Intel 的多数芯片要求阻抗控制在 37 欧姆、42 欧姆甚至更低，在此不再赘述。

小编这篇文章对解答您的疑问有帮助吗？群殴阻抗，阻抗群殴，我们的下一篇文章将带给您更多的精彩！

问题来了

在阻抗控制表里，除了要求阻抗值外，我们通常还要求公差在 $\pm 10\%$ 内，此时有人就要站出来说，阻抗越匹配越好，为什么就不给我按照正负 5%来控，请问阻抗有必要控制在 $\pm 5\%$ 以内吗？

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。

【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。

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



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

