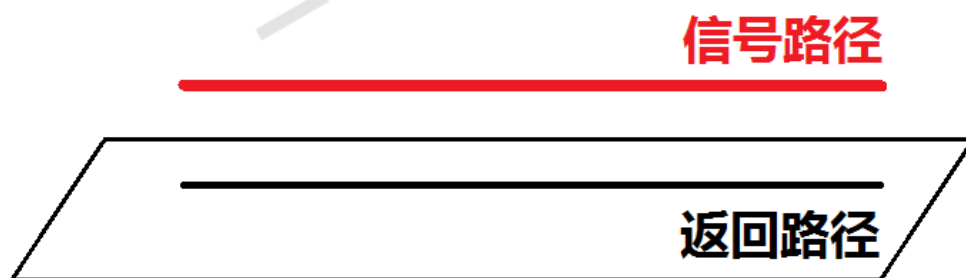


## 【高速先生原创|学习笔记系列】学习笔记之传输线基础

作者：周伟 一博科技高速先生团队队员

单独一根导线可以传输信号吗？有人可能会有疑问：貌似我们经常碰到当怀疑 PCB 走线有问题，然后把线刮断再从外面飞根线就没问题了，此时飞线不就是一根吗？怎么就可以传输信号了呢？其实这里忽略了一点，虽然在外面飞了根线，但 PCB 上面还有其他的平面，这个平面就相当于返回路径，和我们的 PCB 上单端信号一样，信号管脚之间连接确实只有一根，但如果没有地平面，那么信号是传输不了的，这个地平面就构成了返回路径。所以我们把由任意两条有一定长度的导线组成的线路结构叫做传输线，其中一条是信号路径，另一条是返回路径，两者缺一不可且作用同等重要。

传输线的种类很多，如均匀传输线、非均匀传输线、平衡传输线和非平衡传输线等，不胜枚举，但通常我们接触的都是均匀传输线，也叫可控阻抗传输线，如双绞线、同轴电缆、微带线、带状线和共面线等。前面说了传输线有两条，当两条线一样时，如双绞线，信号路径与返回路径没有严格的区分；如果两条线不相同，如微带线，则通常把较窄的那条称为信号路径，而把平面称为返回路径，如下图一所示。这里需要注意，很多时候我们可以把地叫返回路径，但却不能把返回路径叫地，因为返回路径也有可能是其他信号，所以地不是绝对的概念，但返回路径却是，返回路径的叫法更广泛。



图一、传输线示意图

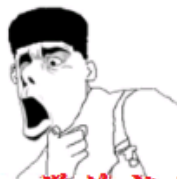
在 PCB 中，最常见的均匀传输线有微带线、带状线和共面线，同时它们也可以叫非平衡传输线（共面线也有归为平衡传输线的情况），因为这些传输线的两条导线宽度不一样，但无论传输线是均匀的还是非均匀的，平衡的还是非平衡的，它们的最终作用都是一样，那就是在可接受的失真度下，保证信号的正确传输。

### 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



说到微带线和带状线，大家的第一反应大概是在表层的叫微带线，在内层的叫带状线，是不是这样呢？



没错，说的就是你

其实这个只是表面的理解，也就是表面现象，那它们的本质区别是什么呢？相信很多参加过我们研讨会的童鞋都知道，那就是看它们有几个参考层，这个才是正解，因为有些走线如嵌入式微带线虽然是在内层，但它却不是带状线。

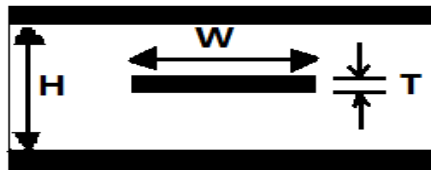
我读的书少，早就看穿了一切



好吧，看看下面的微带线和带状线示图。



微带线



带状线

它们都是均匀的或可控阻抗传输线，这个阻抗与线宽、线的厚度、线到参考的高度以及线路周围介质的介电常数有关。经常有人这样问：你们的阻抗是在多高频率下测试的？这个问题真是难住我了！我竟一时无言以对！这个问题和类似的“信号到了较高频以后，阻抗会影响很大”其实差不多，不是不太懂就是操心太多。其实前面已经讲了阻抗和哪些因素相关，这些因素中唯一和频率相关的就是介质的介电常数。我们现在多数 PCB 用的是 FR4 介质，该类型的介质介电常数一般随频率的升高而变小，但一般这个变化范围不会太大，在 40GHz 内不会

#### 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



超过 0.5（好的材料会在 0.2 以内），如果超过了则代表这种材料稳定性很差，一般人也不会选择，尤其是到了很高速的情况下，大家也都不是傻子。既然介电常数变化不大，那么这个阻抗也就在一定的频率范围内偏差大了（除非材料本身出了问题），所以还是多操心在其他的方面，比如制板及工艺控制等的偏差吧。

与介电常数相关的，除了传输线的阻抗，其实另一个问题大家也会经常混淆，那就是传输线的时延。经常会有人问：我的这个信号速率（频率）升高了，那么它就跑得更快了，对应的时延就更小了，是这样吗？呵呵，我又无言以对了！



这里把信号的速率（频率）和信号的传输速度混淆了，信号的速率（频率）是信号本身的特征，代表输出信号的信号源内部电路的翻转频率，就像不同的车子有不同的车速一样，这个取决于车子本身的发动机性能；而信号的传输速度则接近光速在介质中的传播速度，因为信号的传播方式是以电磁场的形式传播，这个传播速度与信号本身的速率无关，只与 PCB 的介质材料相关，最直接的影响就是相对介电常数，信号的传输速度可以大致由下列公式得到：

$$v=1/\sqrt{\epsilon_0\epsilon_r\mu_0\mu_r}$$

其中， $\epsilon_0$  是自由空间的介电常数（ $8.9 \times 10^{-12}$ ）， $\epsilon_r$  是材料的相对介电常数， $\mu_0$  是自由空间的导磁率（ $4\pi \times 10^{-7}$  H/m）， $\mu_r$  是材料的相对导磁率，通常为 1。

所以上面公式可以近似为  $v=2.99 \times 10^8/\sqrt{\epsilon_r}$ ，相当于光速除以材料的相对介电常数的平方根，而时延  $T_d = \text{线长 } L/v$ ，那么这个时延和材料的相对介电常数就正相关了。不同材料的时延不一样，一般高速板材（低损耗板材）的相对介电常数较低，时延会相对小。时延到底和频率有没有关系呢？就像上面阻抗和频率的关系一样，取决于介电常数的偏差，通常这个偏差不会太大，所以一般也不用太过焦虑。不过有一点不容忽视，就是介电常数还会受高温及湿度的影响，当材料本身的性能不稳定，这个偏差就会稍微大一点，此时一旦系统的设计裕量不足，那么就会出现一些产品在高温的情况下出现问题，这个时候又回到了裕量上面，靠谱的设计才是保证裕量的基本条件。

小结一下，关于传输线，需要知道的是信号路径和返回路径是传输线的基本构成，两者作用均等缺一不可，同时阻抗和时延是传输线的两个非常重要的特征，后面涉及到的反射、串扰及时序等都和它们关系密切。

#### 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】

深圳市一博科技股份有限公司（简称一博科技）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、长沙设立分厂，厂房面积 23000 平米，现有 30 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，并提供全 BOM 元器件服务。

PCB 设计、制板、贴片、物料一站式硬件创新平台，缩短客户研发周期，方便省心。

EDADOC, Your Best Partner.

## 【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

