

## 【高速先生原创|拓扑和端接系列】FLY-BY 拓扑，阻抗是怎么不连续的？

作者：袁波 一博科技高速先生团队成员

### 拓扑和端接知多少

FLY-BY 拓扑，阻抗是怎么不连续的？

相比 T 拓扑，fly-by 在传输较高速率信号时更占优势一些，当然 fly-by 也并不就是完美的，它自身也存在很多缺陷，例如使用 fly-by，负载之间有延时差，导致信号不能同时到达接收端。为解决这个问题，DDR3 引入了 read and write leveling，但是 fly-by 由于分支结构的存在，通道本身就存在一些缺点。例如：通道阻抗不连续；容性突变对时序的影响等等。下面就来详细的分析一下。

#### 分支处阻抗的不连续程度受 stub 长度影响

信号通道中只要有分叉就会存在阻抗的不连续，fly-by 结构处处是分叉，阻抗不连续问题就很突出，到底这种阻抗不连续到了什么程度呢？下面就通过仿真实例来看看。在仿真软件中搭建如下拓扑结构，扫描通道 S 参数，再利用 S 参数反推出各个节点的阻抗。

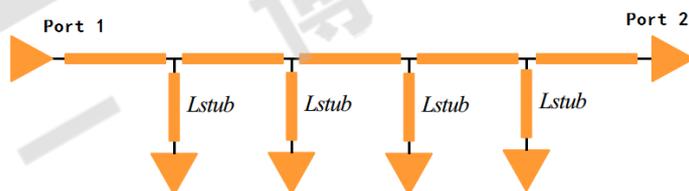


图 1

起初，我们将 Stub 长度都设定为 100mil，扫描通道，得到通道的阻抗曲线如下

#### 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



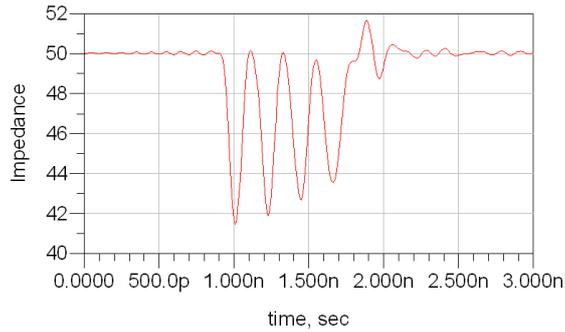


图 2

由上图 2 可知，通道中有四次阻抗跌落，这些跌落分别对应该传输线的四个分支。Stub 的长度与阻抗跌落的程度是否呈正相关呢？为简化分析过程，我们只允许通道中有一个 Stub，扫描 Stub 长度，看看阻抗的变化趋势

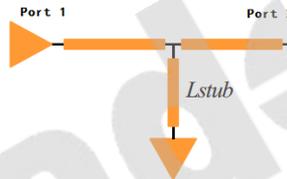


图 3

仿真的结果如下图 4 所示。

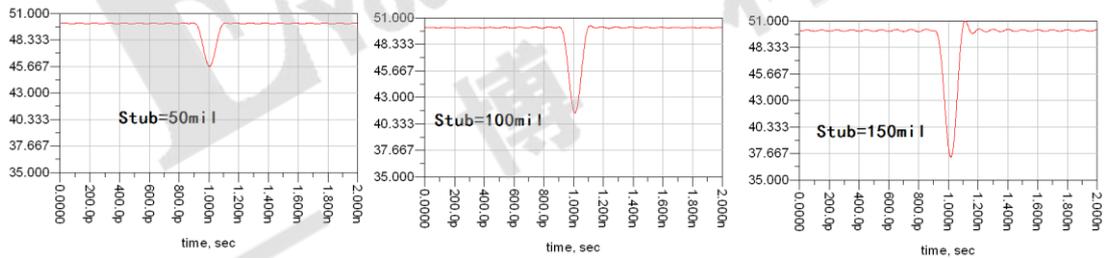


图 4

上图的结构是不是很容易让我们联想到过孔的 Stub，没错，传输线上的 Stub 和过孔的 Stub 效应差不多，只不过我们在仿真过孔的时候，一般会选择三维建模，而且，过孔还考虑了焊盘的效应。

由图 4 的三个波形曲线可知，Stub 越长，阻抗掉的越低。为什么会这样？传输线瞬态阻抗计算公式为  $Z = \sqrt{L/C}$ 。就是信号感知的电感与电容的比值再开根号。因为分叉处的传输线与主线之间是并联关系，Stub 就像并联在传输线上的小电容，Stub 越长，电容

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



量越大，阻抗也就越低。当然，fly-by 结构的分支较多，每个分叉处都存在阻抗不连续，信号会在 Stub 之间来回反射，如图 5 所示，所以分析起来比较复杂。

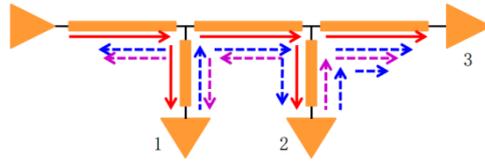


图 5

像这种复杂的反射，只能借助仿真软件去评估它对信号的影响程度。为了解决这个问题，工程上一般会选择在主通道末端接上上拉电阻。但是，末端端接只能解决末端反射问题，对于分支上的反射是不能完全消除的。

### Stub 电容效应对传输延时的影响

我们知道，连接在通道中途的短桩线和主通道是并联关系，而这些短桩线本身是有电容的，这就意味着这些小桩线相当于一个个的小电容并联在传输线中。由电容的频率响应曲线可知，电容对信号中的高频分量的阻抗是很低的，也就是说信号中的高频分量会因为通道中并联的小电容被过滤掉。高频分量的损失会导致信号的上升时间的变缓。到底是不是这样呢？

搭建如下拓扑，下图两个通道的长度是完全一致的。驱动端阻抗与传输线阻抗相匹配，在驱动端加载一个上升沿为 1ns 的激励。

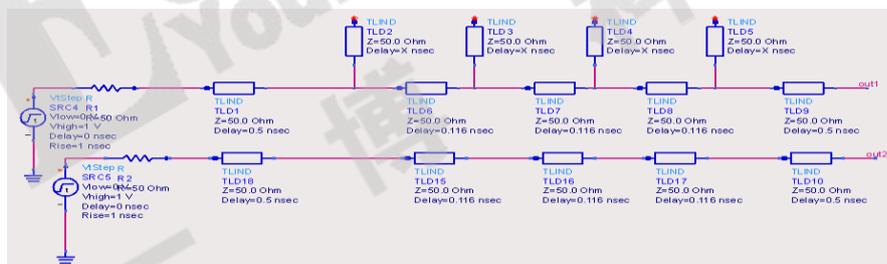
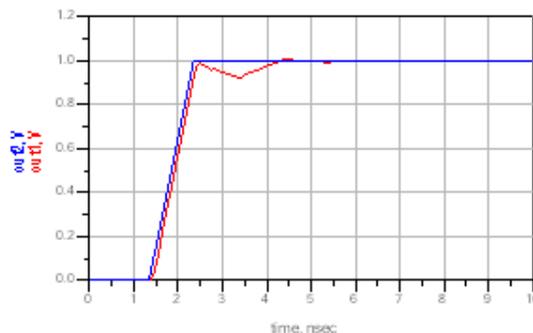


图 6



#### 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 7

和我们推测的一样，连线中途的 Stub 会导致信号上升沿出现延迟的现象。因为： $TD_0 = Len\sqrt{LC}$ ，信号在传输的过程中，每遇到一个 Stub 就会导致一个小小的延迟，多次累加后就会出现一个较大的延迟。这对高速信号来说，是不可忽略的影响。

工程中会通过线宽补偿来减小这种容性突变，效果究竟怎么样呢，还是通过仿真来看一下。如上拓扑结构，调高 Stub 以及桩线之间走线的阻抗，看看上升沿的变化。

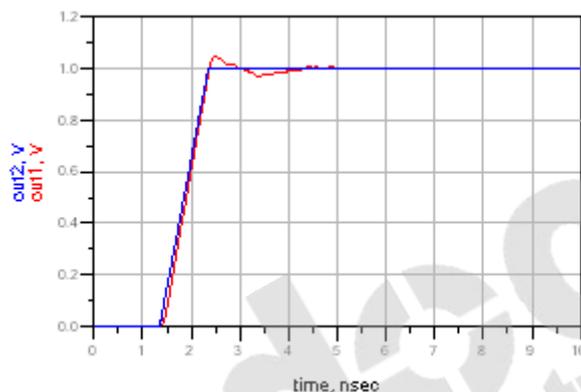


图 8

由图 8 可知，Stub 以及 Stub 之间的走线阻抗拉高之后，上升沿延迟现象得到改善。容性突变导致的负反射也得到一定的补偿。细心读者可能会发现，补偿之后，反射导致的过冲问题又显现出来，这可真是“按下葫芦浮起瓢”。怎么办？过冲问题只有交给端接电阻去解决了。

说了这么多，看来要想把 fly-by 结构对信号的影响说清楚还真是没那么容易。对于这种拓扑结构，常规的串扰控制自是不必多说的，另外，还需要牢牢记住的就是：Stub 能短就尽量做短些吧；在负载很多的情况下，做一下阻抗补偿还是很有必要的。

**本期问题：**fly-by 拓扑，除了前面文中提到的 stub 长度问题，主干段及颗粒到颗粒之间的长度影响大吗？

## 【关于一博】

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、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，遍布全国的研发客服团队，贴近客户需求。

### 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 PCB 线路板厂成立于 2009 年，位于广东四会（广州北 50KM），占地 33000 平米，产能 50000 平米/月，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 总厂位于深圳石岩，并在上海浦东设立分厂，厂房面积 11000 平米，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、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。作为国内首家 SMT 快件厂商，48 小时准交率超过 95%，常备一万余种 YAGEO、MURATA、AVX、KEMET 等全系列阻容在库，并提供全 BOM 物料采购。

PCB 设计、制板、贴片、物料无缝衔接，十余年精心打造的一站式平台缩短客户研发周期，方便省心。

### 【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



## 【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

