

【高速先生原创|学习笔记系列】学习笔记之 LTI

作者：黄刚 一博科技高速先生团队成员

LTI：SI 江湖里称为线性时不变系统（Linear and Time-invariant System），在 SI 的世界中它主要是描述通道特性的一个重要指标，表征通道对于系统输入和输出是否具有线性关系来定义。恩，对，就这样，说完了。



你说是就是咯

不知道一开始大家没点开本文的时候，从题目中看懂了本期文章是说什么内容没？根据 N 年的经验得出，英文简称的名词一般会显得比较高大上一点，一般解释起来理论都是一套一套的，当然这个名词也不例外，很多人说起线性时不变系统，估计也只能像上面这样回答了，就是通道系统的参数不会随着时间而变化，即不管输入信号作用的时间先后，输出信号响应是相同的，仅仅是出现的时间不同而已。其实能够回答到这里，个人觉得已经对这个名词了解比较深入了。毕竟我们大多数人都不是理论大师，高速先生一向都是以通俗易懂而著称。但是呢，循例这个名词的理论还是要先走一遍过场的哈。

重点来了哦~~~



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



所谓线性时不变系统，它应该要满足以下几个特性：

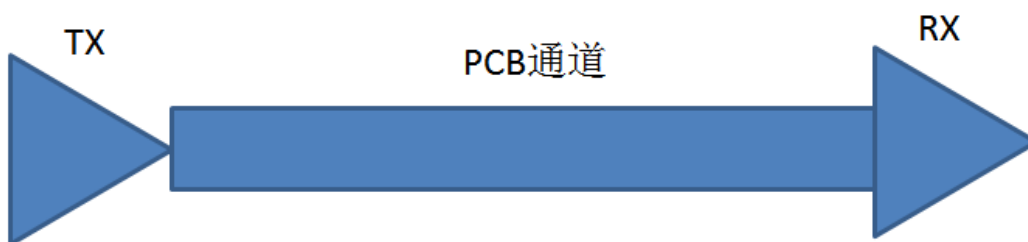
- 1, 线性：若激励 $f_1(t)$ 和 $f_2(t)$ 经过一个通道后的响应为 $y_1(t)$ 和 $y_2(t)$ ，则激励 $Af_1(t)+Af_2(t)$ 产生的响应即为 $Ay_1(t)+Ay_2(t)$ 。
- 2, 时不变性：若激励 $f(t)$ 产生的响应为 $y(t)$ ，则激励 $f(t-t_0)$ 产生的响应即为 $y(t-t_0)$ ，简单来说就是输入激励发生多少延时，输出响应后也是同样的延时。
- 3, 其实还隐藏着一个叠加性：若激励 $f_1(t)$ 和 $f_2(t)$ 产生的响应分别为 $y_1(t)$ 和 $y_2(t)$ ，那么激励 $f_1(t)+f_2(t)$ 产生的响应就等于 $y_1(t)+y_2(t)$ 。

基本的理论就是这样了哈，那么各位网友就会问了，这和我们的 PCB 或者和 SI 有什么关系呢？的确，从线性时不变系统理论提出的时候，可能真还没有“SI”的出现，它描述的只是一个通俗的信号，与我们的高频高速是独立开来的，但是这个理论和我们 PCB 或者 SI 有一个最大的联系，它就是我们的 PCB 通道链路基本上都是以前线性时不变系统的特性去进行分析应用的。

这...这就触及到
..我的知识盲区了



好了，说完了一些大家听得晕乎乎的理论后，我们用一个简单的 PCB 仿真来 show 给大家看。这次大家不用怕，真的是很简单的。就是研究下面这么一个发送端经过一个有损耗的 PCB 通道，然后接收端接收的情况。

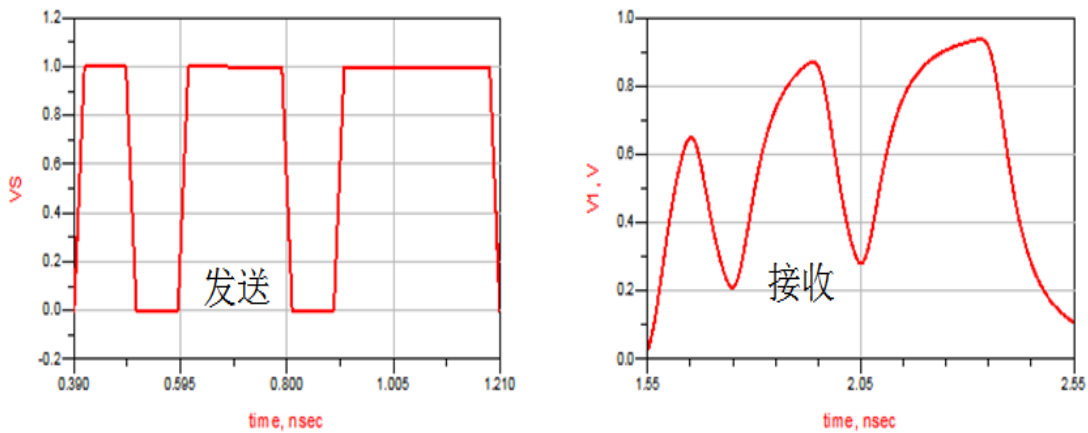


如何关注

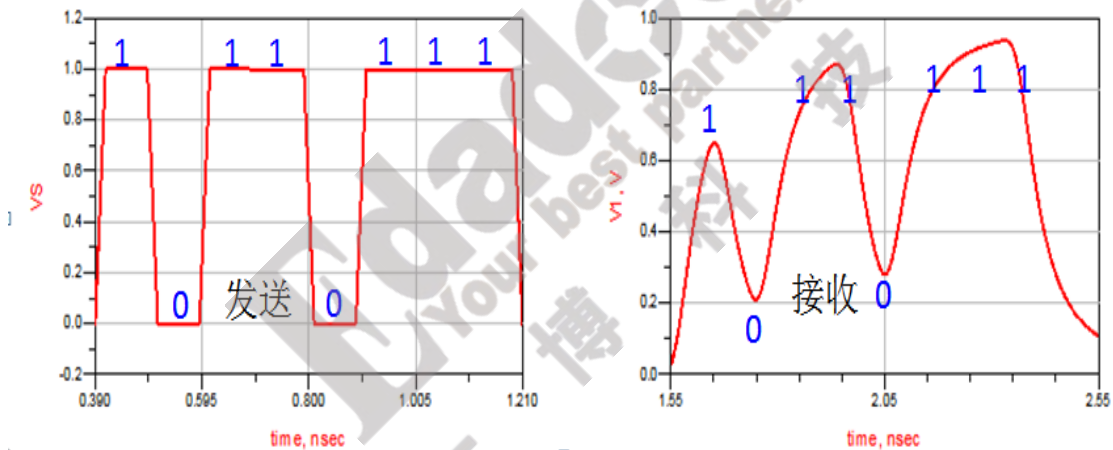
- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习



我们知道要是一个比较理想的波形经过了 PCB 通道的损耗衰减之后，通常会是这样样子。

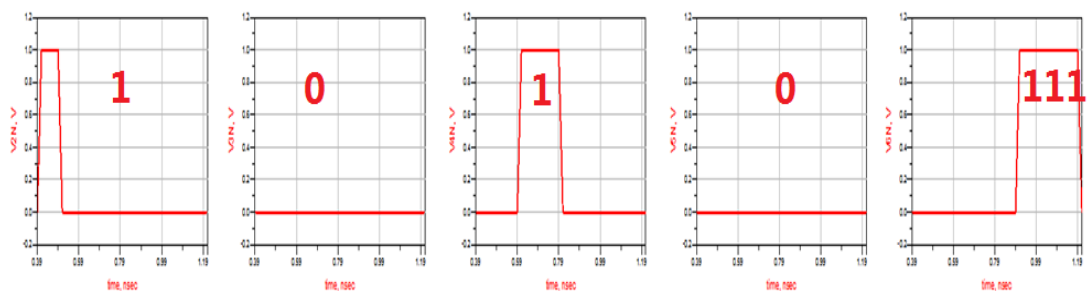


对于一个数字信号而言，我们是按“10101010”来判别的。从上面的发送和接收来看的话，还好，损耗还不算特别大，我们还是清楚的从接收端读出码型。



那么我们用线性时不变系统来分析的话，其实可以这样。。。。

我们把上面发送端的一串码型 10110111 分成几个部分：分别是：“1”，“0”，“11”，“0”和“111”。如下图所示：

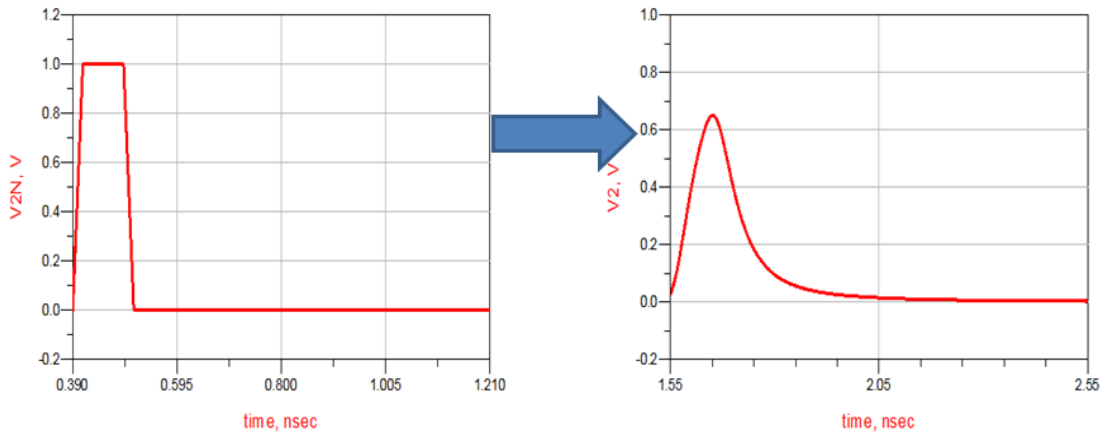


如何关注

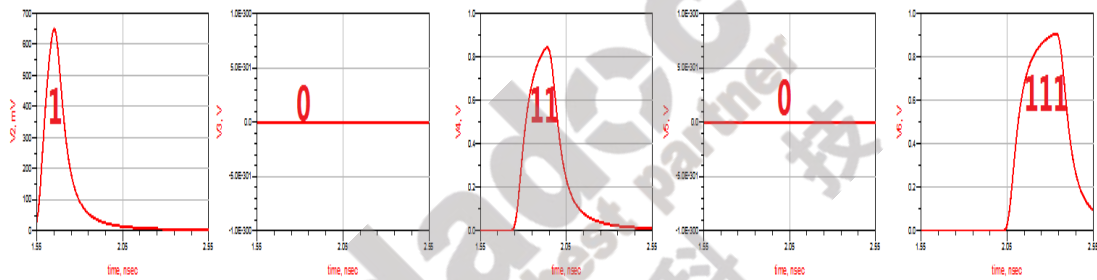
- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习



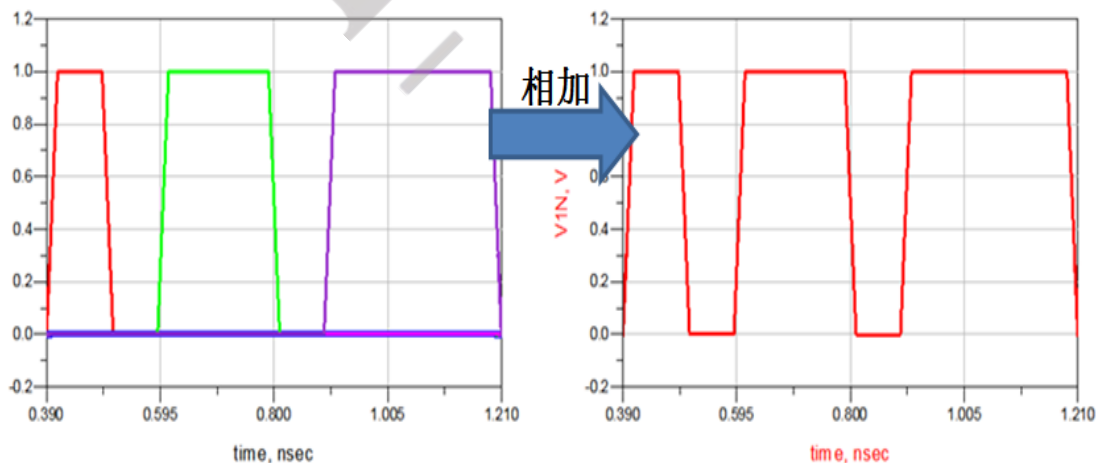
我们以第一个码型 1 为例，经过通道的损耗之后，它会变成这个样子。



所以我们就分别得到几组码型得到通道之后的相应如下所示：



因为通道是满足线性时不变系统的特性，因此发送端的几组分立的码型相加后，我们能得到和发送端一组码型同时发送一致的结果。

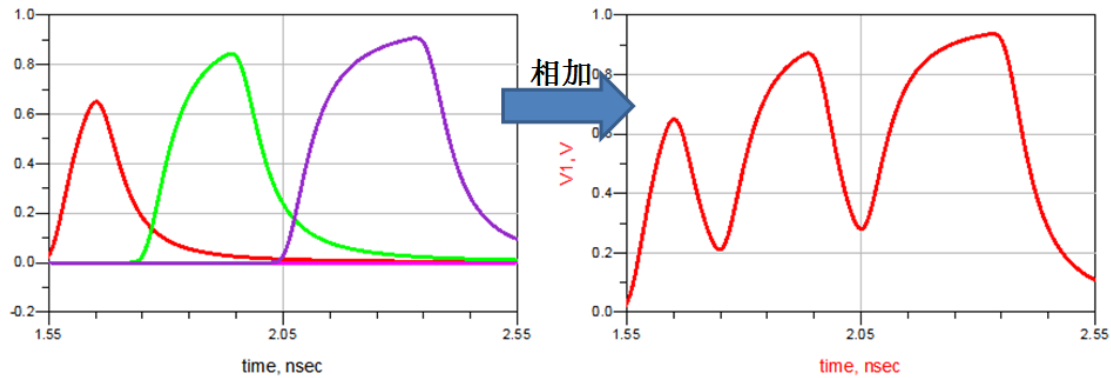


同样经过通道响应后，接收端的特性也是一致的。

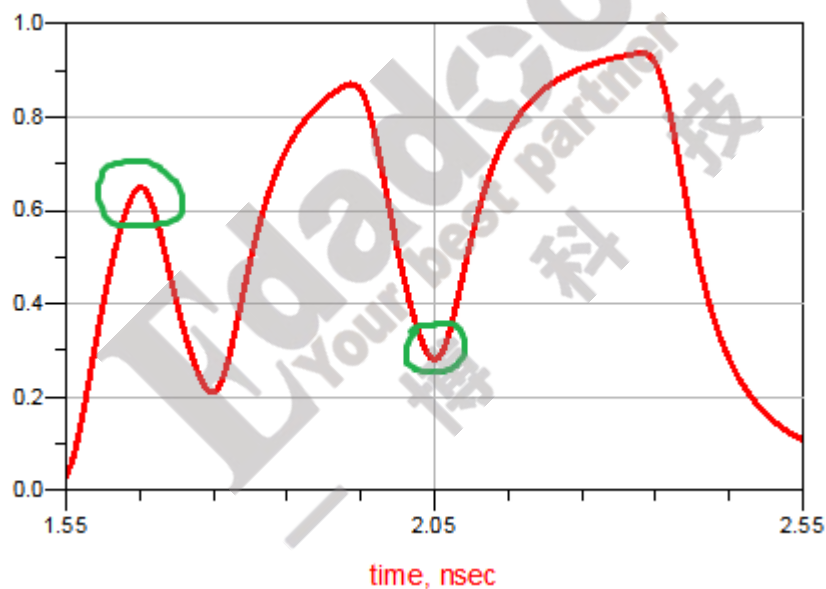
如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习





希望这个简单的例子能让网友们对这个 LTI 系统有比较深入的认识哈，从本例子中这个 10110111 码型的接收结果来看，假设 0.5V 是高低电平的阈值分界线，那么下图的这个总会在连续的 0 到 1 的切换，或者连续的 1 到 0 的切换裕量是最小的，眼图最容易有误码。



本期的问题就是有没有什么办法可以改善这种情况，使眼图结果得到好转呢？

【关于一博】

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



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。



高速先生微信公众号



历届所有技术文章
持续更新中

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

