

【高速先生原创|学习笔记系列】几 MHz 的低速信号也能出问题？

作者：陈亮 一博科技高速先生团队成员

【关键词 keyword】

SMI、MII 管理接口、以太网、PHY 芯片、时钟、数据、星型拓扑、回沟、振铃、端接。

【内容摘要 description】

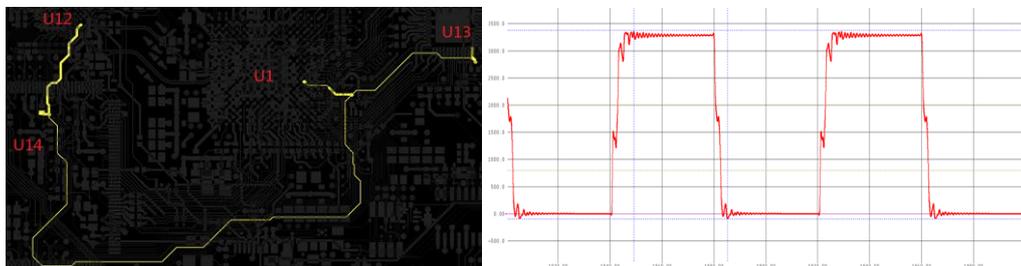
在设计中，通常总是优先处理光口、PCIE 等高速信号、或者是音频等模拟信号。规划使用最优的层，最优的通道，阻抗、延时、串扰等细节也被优化到极致。然而剩下的低速信号往往不被重视。但是有些低速信号表示自己也是要面子的，你不重视我，我就给你颜色看。比如咱们今天的主角 MDC&MDIO 信号。

几 MHz 的低速信号也能出问题？

在设计中，通常总是优先处理光口、PCIE 等高速信号、或者是音频等模拟信号。规划使用最优的层，最优的通道，阻抗、延时、串扰等细节也被优化到极致。然而剩下的低速信号往往不被重视。但是有些低速信号表示自己也是要面子的，你不重视我，我就给你颜色看。比如咱们今天的主角 MDC&MDIO 信号。

MDC&MDIO 是串行管理接口（Serial Management Interface）的信号。MDIO 是用来读/写 PHY 的寄存器，以控制 PHY 的行为或获取 PHY 的状态，MDC 则为 MDIO 提供时钟。

我们来看一个案例：PCB 设计中的 MDC 时钟信号如下图左，仿真波形如下图右。



U14 是驱动端，U1/U12/U13 接收端。U12 接收端的信号从仿真波形来看，在判别区域内信号边沿有回沟和振铃，有误触发的风险。

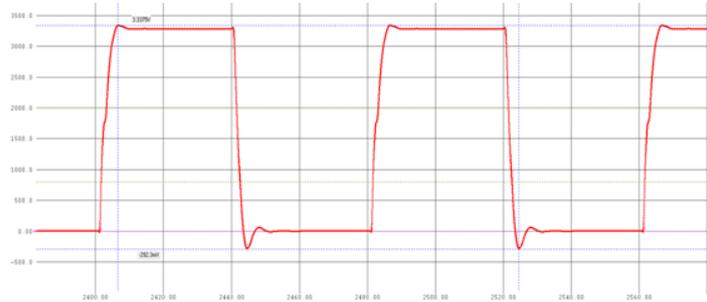
如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习



原因分析：现有拓扑下，因为 U12 是很靠近源端的，U14 到 U13 这段长距离走线成为 STUB，因为分支非常长，导致反射不能淹没在上升沿中，信号出现回沟。

根据分析结果以及 PCB 的实际情况，评估了切实可行的优化方案：即变更布线拓扑结构，使用星型拓扑结构，并删除源端串联端接，在每个分支处进行端接。预期结果如下：



大家是不是觉得已经可以结束了？

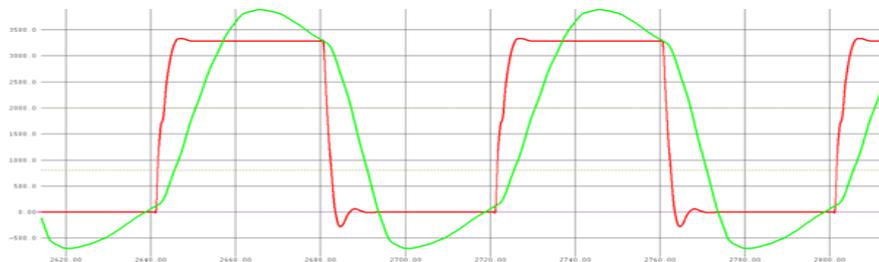


太天真了

客户根据我们提供的优化方案进行了修改，但是客户觉得还不够保险，在我的优化方案的基础上，自己又在 MDC 的源端增加了一个 LC 滤波器，并在 MDIO 的每个分支都增加了 LC 滤波器。

优化后的结果详见下记仿真：红色波形是原方案的仿真信号波形，绿色波形是在原方案基础上客户‘优化’后的仿真波形。

MDC:



MDIO: Write

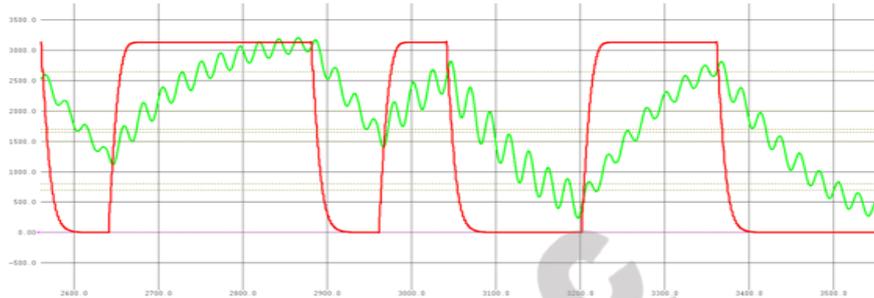
如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习





MDIO: Read



从仿真结果来看，MDC 时钟信号倒是没有回沟了。但是 MDIO 信号如今已经凉透了。看到这个结果，我。。。



几 MHz 的信号能差到这个程度也是非常不容易的。经过排查，问题出现在了新加的 LC 滤波器上，根据官网下载的 DATASheet 显示，该器件电感量为 350nH，电容量是 110pF。

3. Rating

Customer Part Number	Murata Part Number	Cut-off Frequency (MHz)	Insertion Loss (IL, ydB)	Rated Voltage [V(DC)]	Withstanding Voltage [V(DC)]	Rated Current [mA(DC)]	Insulation Resistance [MΩmin.]	ESD Rank [C, 1kV]
NFL18ZT506H1A3D NFL18ZT506H1A3B		50	6 max (0-50MHz) 30min (200-1000MHz)	10	30	75	1000	1C
NFL18ZT706H1A3D NFL18ZT706H1A3B		70	6 max (0-70MHz) 30min (300-1000MHz)					
NFL18ZT107H1A3D NFL18ZT107H1A3B		100	6 max (0-100MHz) 30min (400-1000MHz)					
NFL18ZT207H1A3D NFL18ZT207H1A3B		200	6 max (0-200MHz) 30min (800-1000MHz)					
NFL18ZT307H1A3D NFL18ZT307H1A3B		300	6 max (0-300MHz) 30min (1200-1000MHz)					
NFL18ZT507H1A3D NFL18ZT507H1A3B		500	6 max (0-500MHz) 30min (1700-1000MHz)			100		

<Capacitance> NFL18ZT506H1A3:: 110pF (typ.) <Inductance> NFL18ZT506H1A3:: 350nH (typ.)
 NFL18ZT706H1A3:: 70pF (typ.) NFL18ZT706H1A3:: 230nH (typ.)
 NFL18ZT107H1A3:: 50pF (typ.) NFL18ZT107H1A3:: 150nH (typ.)
 NFL18ZT207H1A3:: 22pF (typ.) NFL18ZT207H1A3:: 110nH (typ.)
 NFL18ZT307H1A3:: 16pF (typ.) NFL18ZT307H1A3:: 74nH (typ.)
 NFL18ZT507H1A3:: 10pF (typ.) NFL18ZT507H1A3:: 42nH (typ.)

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



由于客户在原始方案基础上增加 LC 滤波器。此滤波器具有很强的感性。导致读/写中途有很大的感性突变，导致信号的反射。且由于每个分支都有滤波器，导致反射信号会在多个分支上来回反射，信号质量受到严重影响。之前用于改善信号质量的各分支串联端接。不但起不到改善信号质量的作用，还使得信号质量更差。

至于为什么 MDIO 的 Write /Read 差异如此之大？由于数据线在读/写模式状态下的端接电阻的相对位置是不同的。现在的拓扑正好是差的更差（Read），好的更好的一个状态（Write），所以读/写的信号波形差异非常大。在删除 LC 滤波器后，信号恢复到预期水平。

由此可见即使是几 MHz 的低速信号，拓扑的使用不当也可能导致信号质量不良，所以在设计类似连接多个 IC 的信号时，选择合适的拓扑尤为重要。另外提醒一下，如果拓扑改变，原本的为了改善信号质量的端接方案就不一定适合新的拓扑了，需要根据新的拓扑进行合理的调整，没有经过验证不要随意添加滤波器，否则可能会适得其反。

提问：遇到这种连接多个 IC 的信号，你会怎么处理的呢？欢迎各位小伙伴们加入评论留言区的互动！

【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.

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

