

【高速先生原创|生产与高速系列】几张图让你轻松理解 DDR 的串扰

作者：黄刚 一博科技高速先生团队队员

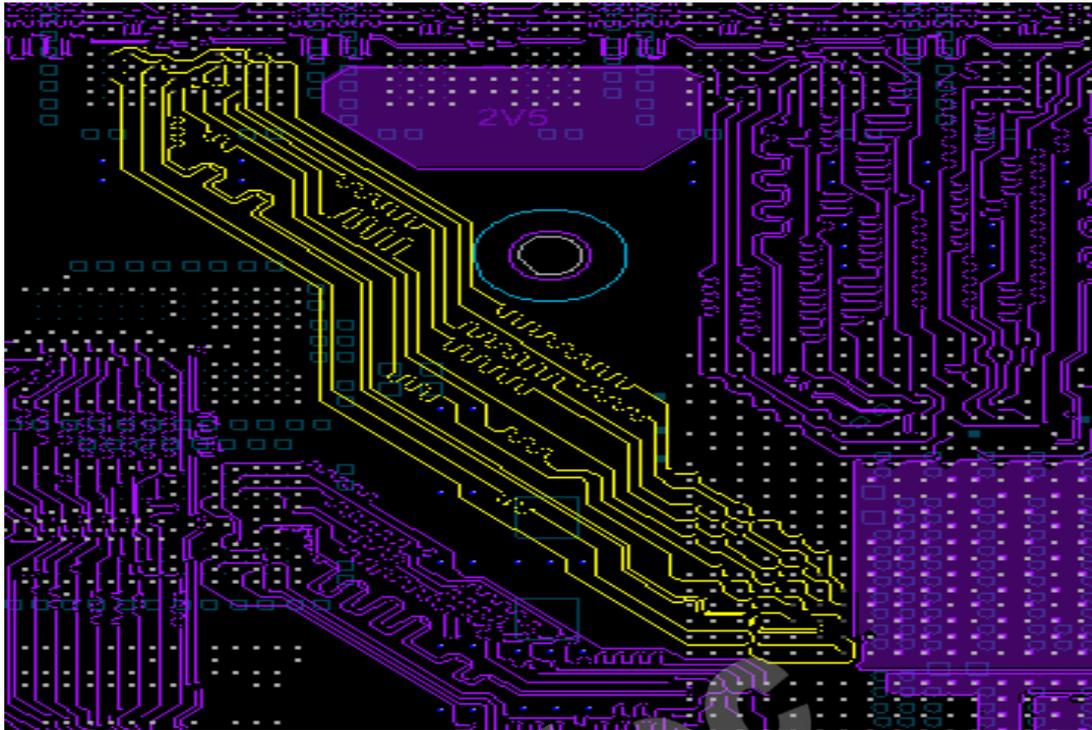
让你评估高速串行信号的串扰，你会说它们的串扰在-40db 以下，没什么影响。但是如果让你评估像 DDR 这种并行信号的串扰，你说 DQ0 和 DQ1 的串扰-30db，DQ1 和 DQ2 的串扰-25db，DQ2 和 DQ3 的串扰。。。你慢慢数，我先走了。

根据以往的经验，今天大家都会怀着无比沉重的心情来到公司上班，高速先生也表示深深的理解哈，所以今天的文章是非常的简洁而形象的，以便满足大家今天不想多动脑的欲望。记得前几篇文章提到过人工智能的话题，我们就接着说一点技术上的东西哈。在人工智能迅速冒起的热潮中，作为核心算力的 DDR 模块无疑出了一次很大的风头。因为在追求超大算力的情况下，人们对 DDR 的容量和速率要求越来越高。我们高速先生接触的算力卡一块比一块小，但是板内的 DDR 模块却有越来越多的趋势，动不动就上 4 通道、8 通道，甚至更多。而且在颗粒数量不断提高的同时，我们要求的速率基本也越来越高，基本都是 2400Mbps 起步，最高的有做过 3200Mbps 的。加上板子密度越来越小，从我们这一年多以来接触的各种 DDR 的设计来看，可以毫不夸张的和大家说，现在 DDR 的设计难度可能已经超过了很多人的想象了。。。

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





做过 DDR 设计的同行都知道，在非常密的颗粒排布下，想成功的把所有的信号拉出来可能都要去条命，然后导通之后还要把手抓稳去做抖一下就让你想剁手的等长（5mil，2mil，我们有见过客户要求做 1mil 的。。。），当你以为可以收工的时候，客户还要抱着看上去和你商量的态度说你的间距能不能再拉开一点。行。。。我们的设计工程师是非常严谨的，能拉开 1mil 也是爱的，虽然可能自己也不知道辛辛苦苦拉开的 1mil 到底有什么用，就好像做等长的时候辛辛苦苦做的 2mil 等长有什么用是一样一样的。

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





我的内心几乎是崩溃的

一般的结果都是这样的：我们工程师经过不断挣扎之后，时间也去得差不多了，客户也终于体谅了我们工程师的痛苦，大家终于强行达成了共识：辛苦了，要不就这样好了。终于，不用再做更严格的等长了，终于不用再拉开 0.5mil 的间距了。虽然客户的内心是在想：其实应该还可以继续。。。



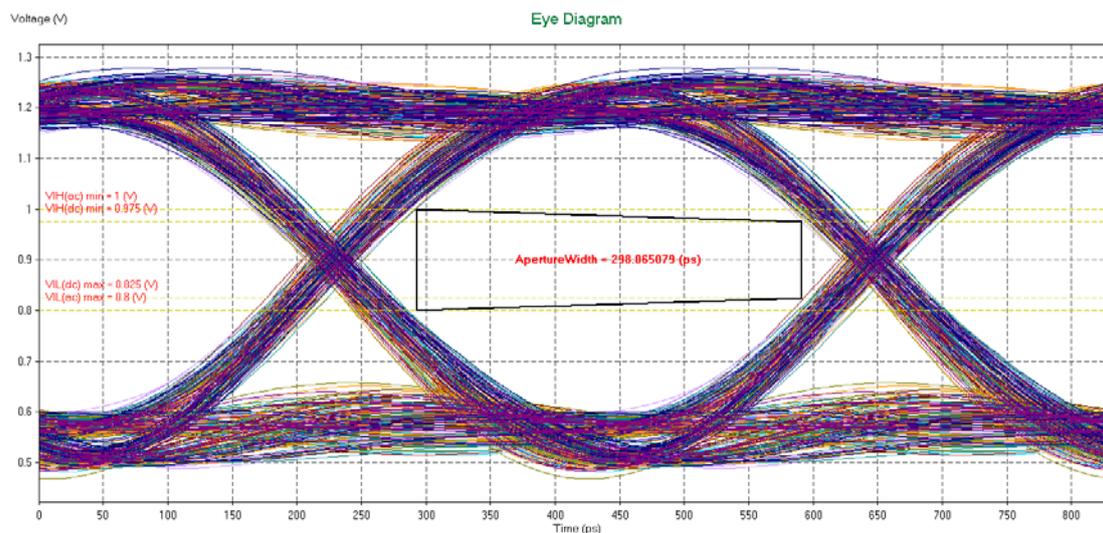
强行达成共识

那等长做好了，间距也看起来不能再拉开了，交给我们 SI 成员进行仿真，在我们的眼中这样的一组数据信号的结果已经是非常不错了。大概是这样的：

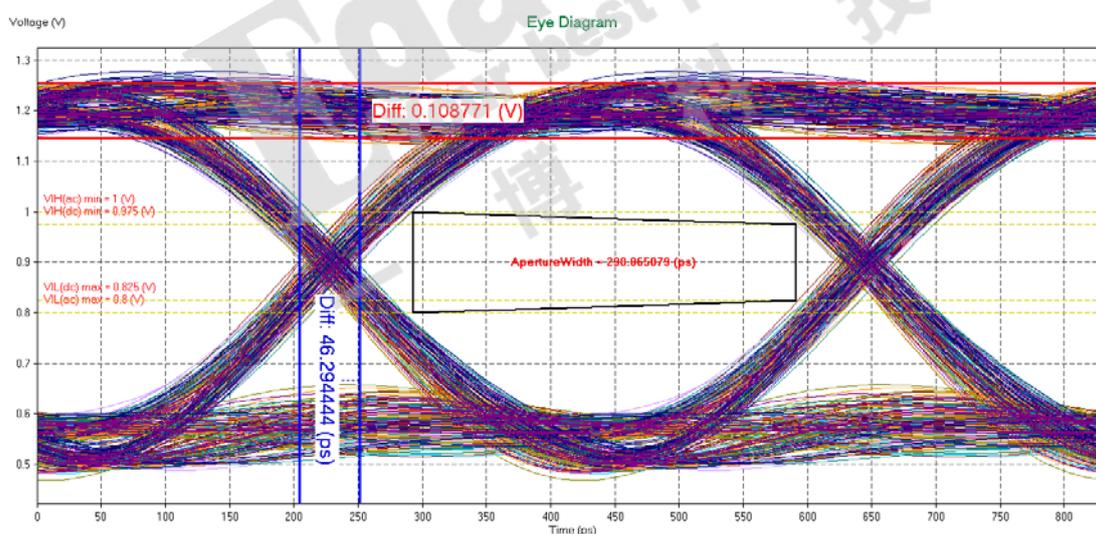
如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习





从这组数据信号眼图的 Aperture 来看，整个高低电平的裕量是非常大的，这样的眼图在实际调试肯定是 PASS 的。但是如果我把一些 point 标出来让大家再看同一个眼图的话，你们可能会觉得有点惊讶：为什么我的等长都做到了 2mil，间距也已经拉开到不能再开了，但是看这组数据的延时居然差了快 50ps（下图蓝色 mask），电平上面的幅度振荡也超过了 100mV（下图红色 mask）。



数据信号是严格点对点的信号，我们的阻抗是 40 欧姆，然后我们的芯片驱动和芯片接收的 ODT 也是 40 欧姆，那说明了这样的延时和电平振荡并不是由阻抗不匹配的反射造成的（至少很大部分不是）。那这个时候我们又把目光集中到了很难分析的串扰了。

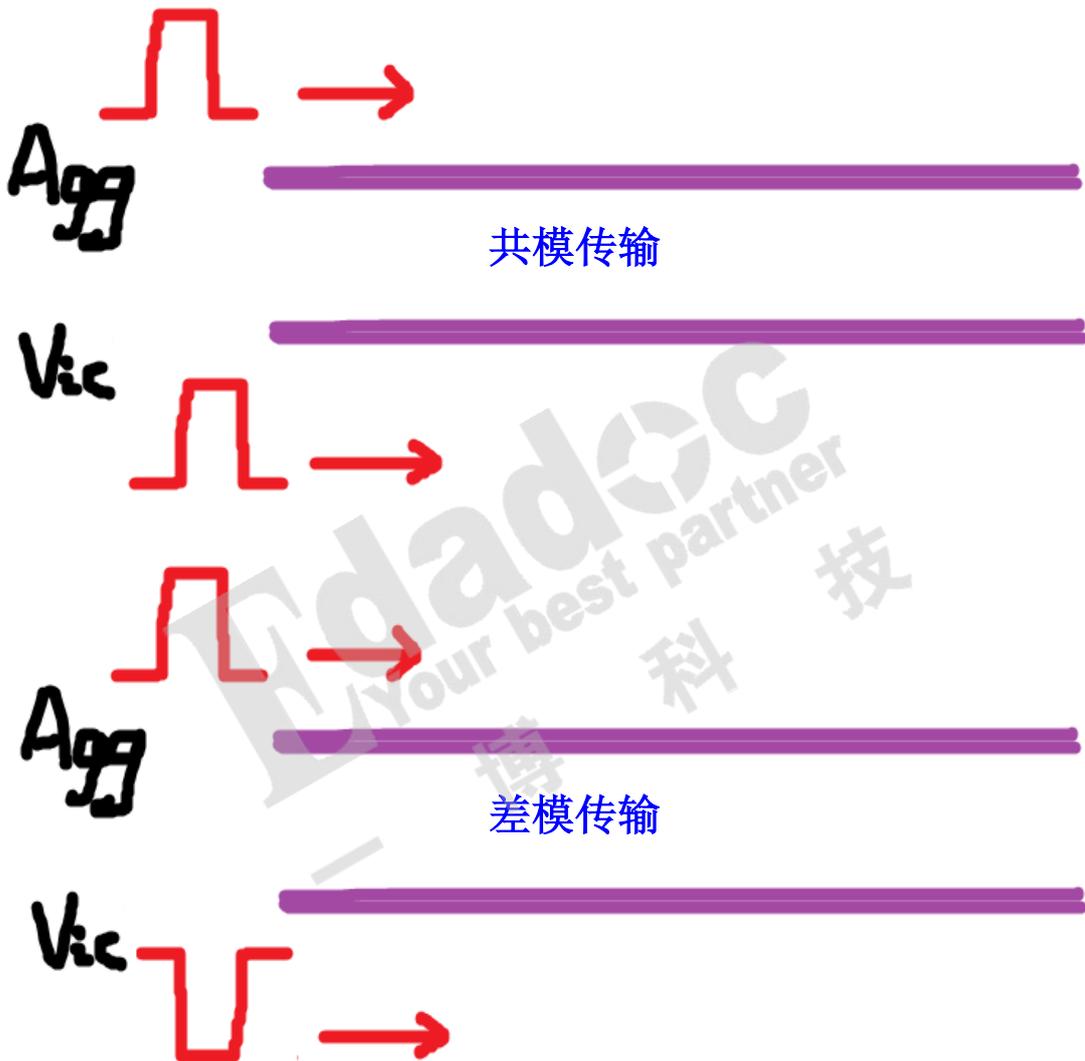
如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习



从我们的专业角度来看，的确是串扰要背这个锅。在这里我们不说一些很复杂和理论和公式，我们仅以下面的几张图来让大家理解串扰到底是怎么影响到我们的电平振荡和延时的。

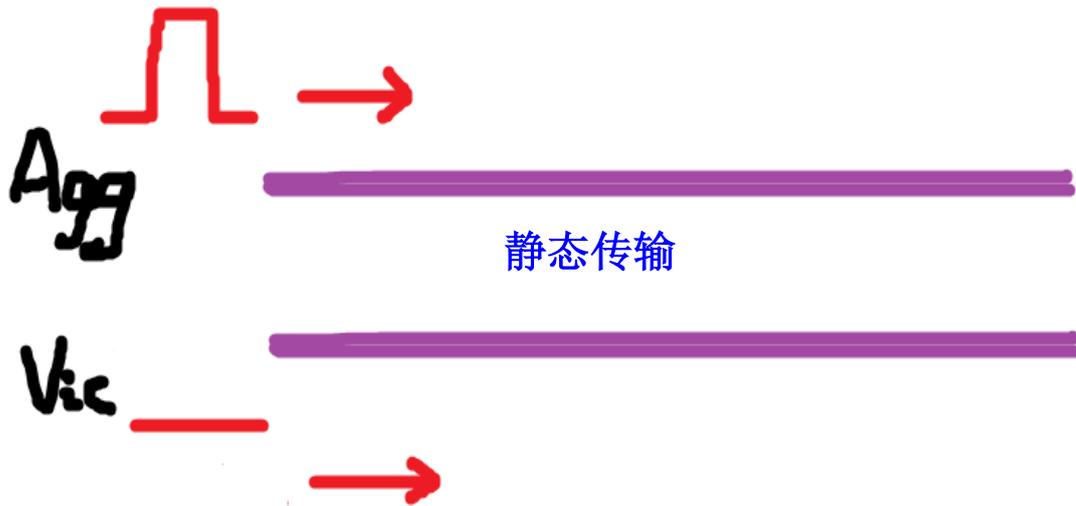
相邻的两根线会有 3 种传输的模式，分别是下面这样的：



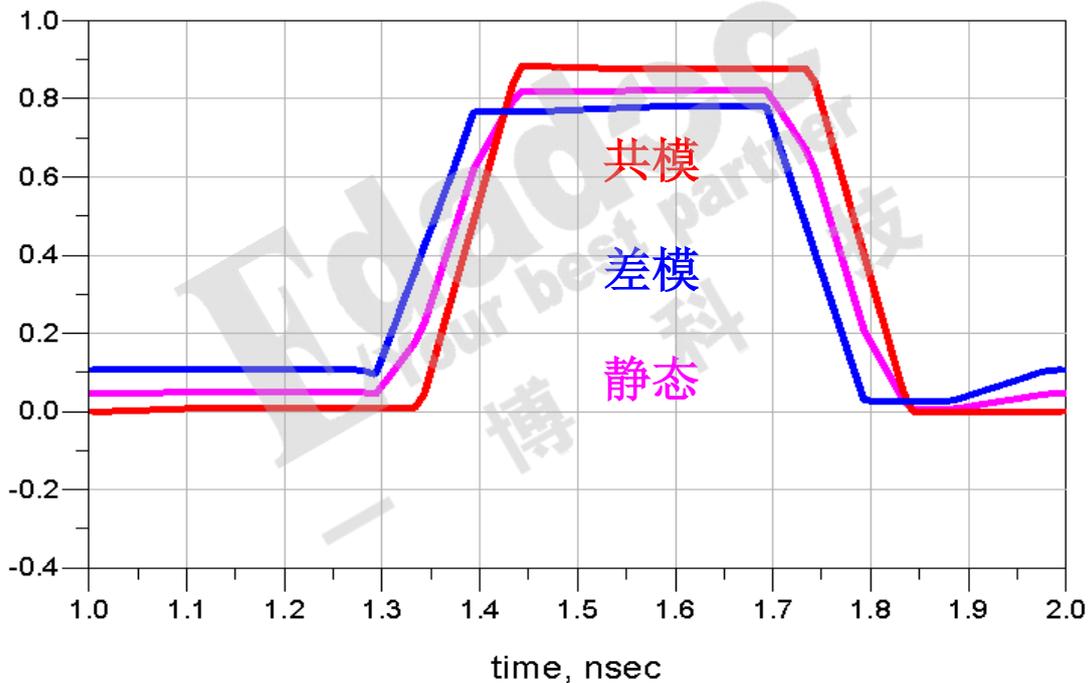
如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习





然后攻击信号达到接收端之后，他们的结果是这样的：



这里回答你们可能想问的两个问题：

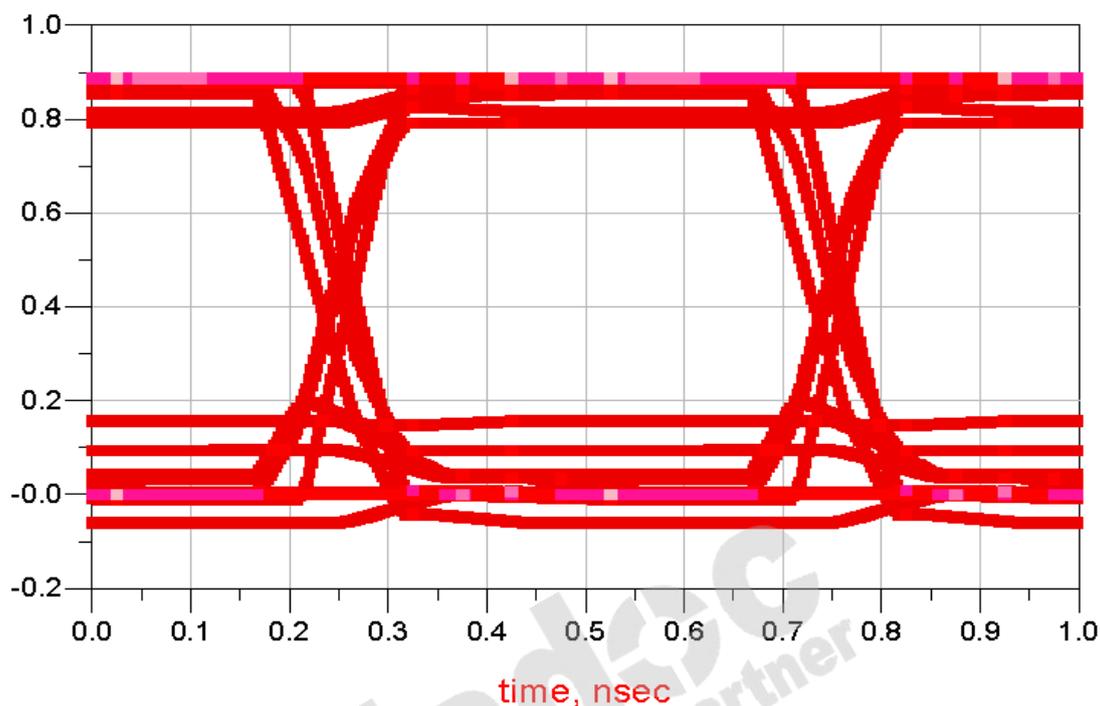
- 1, 为什么达到的时间会不一样？共模速度慢，差模速度快，静止排中间。因为在共模的影响下，两线之间的容性最弱；在差模的影响下，两线的容性最强，这时就好像差分线一样，两线互为参考，因此传输延时最快。
- 2, 为什么电平幅度不一样？同样，共模的时候两线电平是同向的，互相补充，幅度偏高；差模的时候两线的电平反向，互相抵消，幅度降低。

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



所以当这两根线跑不同的随机码型时，你看到的其中一根线的信号是下面这样的就不奇怪了。



再回到我们上面的一组 DDR 数据信号，对于他们而言就更复杂了，一组 8 根 DQ 加上 DM 信号都有着不同的码型，互相之间的串扰影响就导致了他们的眼图呈现出不同的延时和电平振荡了。其实理论可能很复杂，但是他的表现形式就是这样的。总之，对于像 DDR 这种并行信号的串扰，还是在时域的角度上去分析会更直观和有说服力。当然难度也摆在这里，你必须把整组信号乃至整个通道的信号一起分析，才能得到串扰影响的最大化。



就这么简单？

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



所以呢，我们做了 5mil 甚至更小的等长和上面仿真波形的 50ps 来比，真的是很微不足道。实际上串扰在 DDR 模块里的确会有更为严重的影响，试想一下，我们在高速串行信号里面 5mV 的串扰都觉得非常大了，在 DDR 模块里居然能有上百 mV。当然两者还是有很大差异的，高速串行信号的眼图裕量目前和 DDR 相比还是小很多，一般只有 100mV 以内，我们目前的 DDR 系统的高低电平的裕量有几百 mV，而且 DDR 的速率也决定了走线的损耗基本对它没太大的影响。

所以我们对 100mV 的串扰结果还是可以接受，而且从整个波形来看，裕量也还是很大。但是随着 DDR 的电平越来越低，相应的裕量肯定也会越来越小，到那时候串扰可能就会影响很严重了。

【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】

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



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

Edadoc
Your best partner
一博科技

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

