



PCB 设计同步分析 6 大隐藏技巧(二)：

信号耦合干扰 Coupling 快筛

以往 PCB 设计工程师在考虑布线质量两大基本议题 Coupling 耦合干扰和 Impedance 阻抗时，因为没有适当的工具和简易的流程，往往都得在布线后很谨慎地呈一版给 SI Team 作分析，但分析完后 SI 人员也难以明确地标示出各问题的位置，让 PCB 设计人员清楚知道该“处理”哪些 Layout 进行适当调整，以符合信号特性和质量的需求。

本文将介绍如何使用 Allegro 的 Coupling 同步分析功能，在 PCB Layout 过程中进行信号耦合分析，帮助 Layout 工程师快速找出可能发生耦合干扰的布线状况，并能立即排除。

• **Date:** 2020 / 9

• **Author:** Eric Chen

• **Revision:** 1.2

• **Version:** SPB 17.4

• **备注:**



什么是 Coupling?

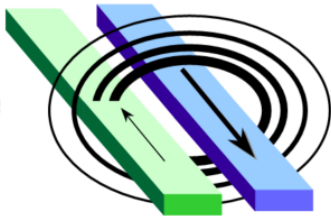
隔音不好的公寓楼

在现实生活中，我们居住的环境充斥着各种噪声，不管是楼下街道的喇叭声、隔壁邻居的电视声，甚至是在电话或对讲机中偶尔还会听到别人的对话。当这些杂音影响到我们真正想听的内容时，就会形成所谓的干扰。所以现在市面上有双层的气密窗，或是有强调主动降噪功能的耳机出现，就是希望能隔绝这些杂音，让您能多点清静或是只留下您想听的美妙乐音。

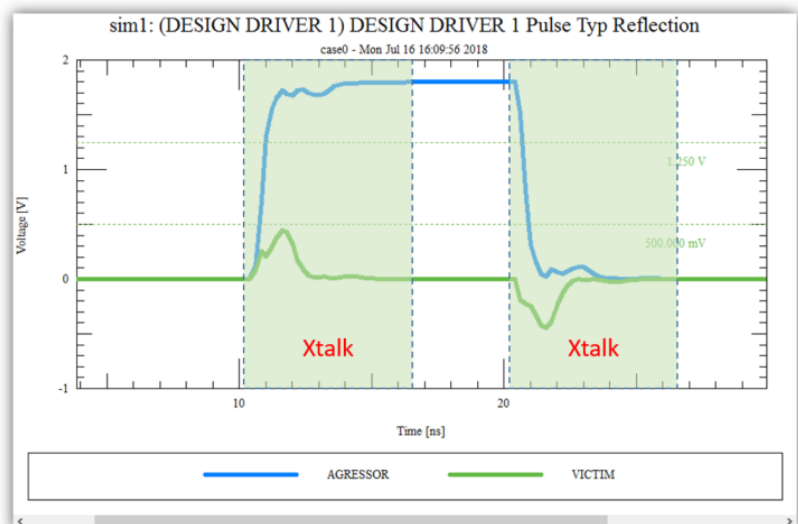
同样的，对 PCB 设计上来说，在信号传输上随着布线越密越近，信号运作时会发生耦合而干扰旁边(左右还有上下层间)的信号，可能引起误判而造成产品发生问题。

以下图一例子中传输信号的传输线，称之为 **aggressor line (攻击走线)** 或 **active line(动态线)**，会将一部份的信号传到无信号的传输在线，称为 **victim line(受害走线)** 或 **quite line(静态线)** 而造成问题。

• Coupling/ Crosstalk



When traces are coupled, a **change** in current flow in one trace will cause current to flow in an adjacent trace



图一

Coupling 的挑战

Models vs. 准确度

一般在设计 PCB 时，为避免 Coupling(耦合) 或 Crosstalk(串扰) 的状况发生，有些公司会有 3W 三倍线宽这样的规范，所以可能会在 Constraint Manager (规则管理器)中设定 Spacing 的间距值，或少数人会利用 Parallelism 设定可并行的间距与允许长度的搭配检查值。这两种的好处是可以不须套用 Models，但缺点是准确度不足。

如以下左图的情况，当介质层很厚时，3W 的三倍线宽下虽然间距值够了，但真的不会干扰吗？再者，即使是使用 Parallelism 的间距/允许长度检查，也可能会有不能跨层检查相邻层干扰等等的问题。

Spacing Constraints

- No SI Models required
- Geometrical rules like “3W” may not work and are expensive w.r.t. real estate

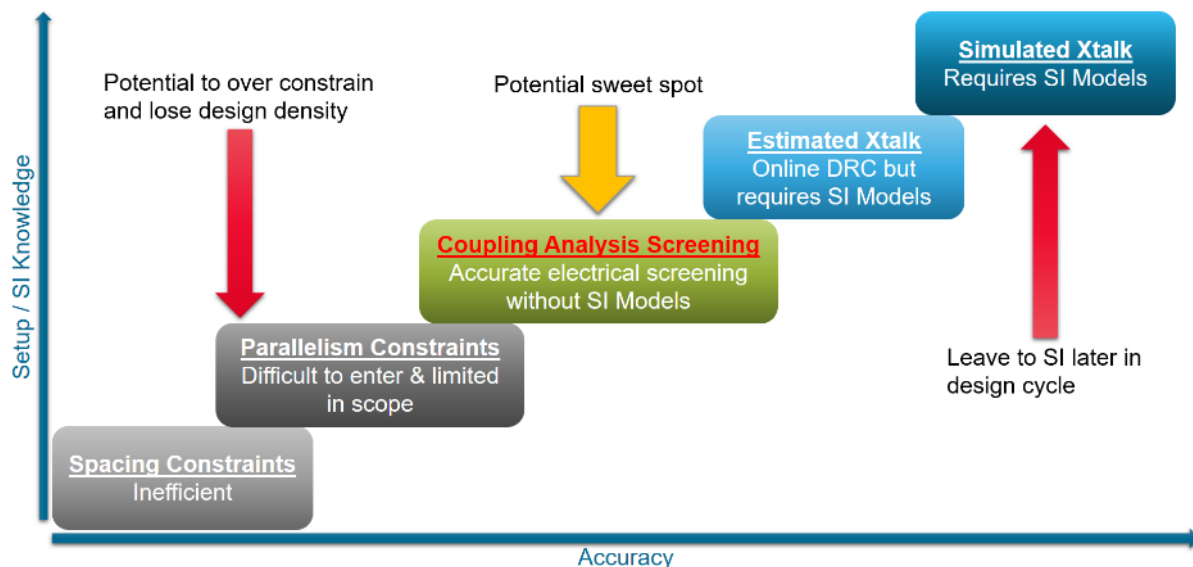
Parallelism Constraints

- May not be enough “buckets”
- May or may not be cumulative
- May or may not include adjacent layers

图二



这就是如下图(三)在各种干扰检查准确比较中，左侧所示的两种 Constraints 方式: **Spacing** 和 **Parallelism**。另外，若是要更准确就是如下图(三)右侧两种方式: **Estimated Xtalk** 和 **Simulated Xtalk**，但这就需牵扯到零件要挂上 Models 或是要拜托 SI team 执行相关分析，因而需要更多的设定时间和经验及资源才能实现。



图三

如何预防信号耦合干扰？

设计同步分析 鱼与熊掌兼得

Allegro 设计同步分析(In-Design Analysis, IDA)新流程中的 Coupling 分析检查其特点为：既不需要 Models 又可做够精准的快速分析，简单来说就是-- “ **Model 不用、经验不拘** ”。

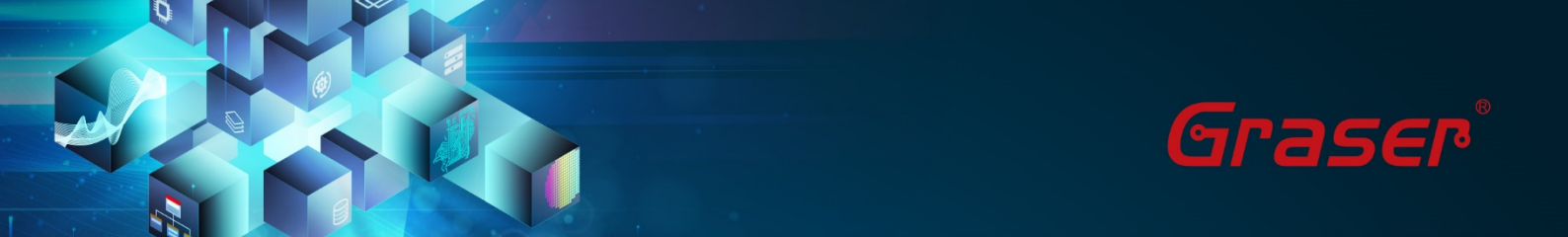
现在您只要依照后面的检查步骤，就有机会在 Layout 工具中实现耦合干扰快筛分析的目的，而不需担心是否有 Models 或是否还要拜托谁才能检查，以提升 Layout 的质量并且减少产品量产后因信号不稳而需要召回的重大损失。

接下来将通过设计实例来详解 **Coupling 同步分析**功能：

PS. IDA 中的另外一项 Impedance 阻抗分析也是一样 “ **Model 不用、经验不拘** ” 照着检查流程执行就可以很快实现布线阻抗的快筛分析，我们将在 下一篇 Impedance 分析技巧 分享更多细节，请持续关注

【 PCB In-Design 分析 】系列专题。





如何执行 Coupling 耦合分析

我们可以利用 Allegro PCB Designer 中 Analyze 功能底下的 Workflow Manager 来启动 Coupling 分析功能 (图 4)。

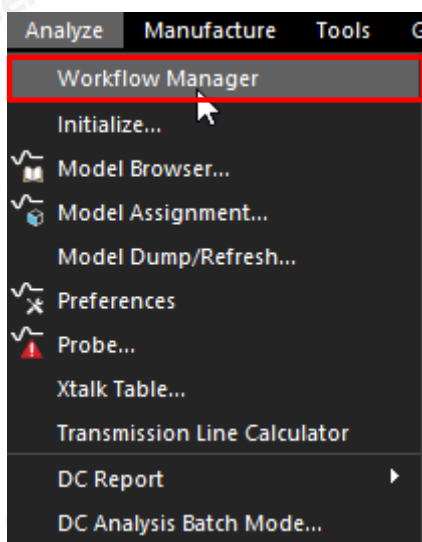


图 4. Workflow Manager

在 Workflow Manager 的下拉菜单中选择 Coupling 分析功能。(图 5)

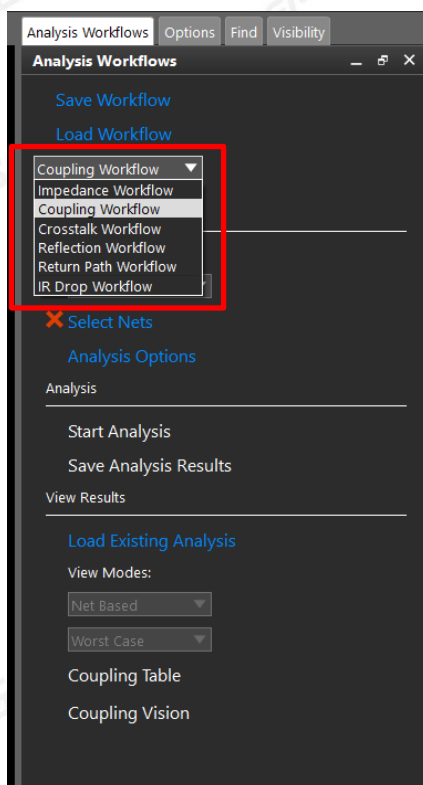
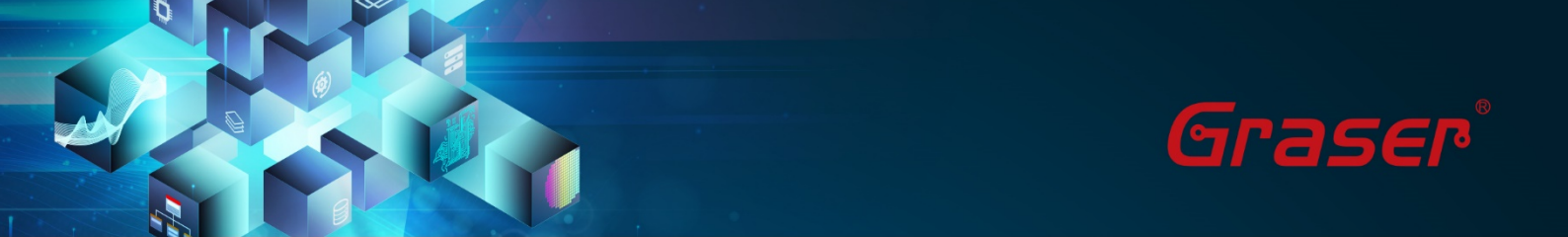


图 5. Coupling Workflow





在开始执行分析之前，我们会建议可以的话，先把叠构中的相关数据定义清楚。

在选取信号的 Analysis Mode 分析模式中，有 Net Based(信号选取)和 Directed Group(零件群组)两种模式 (图 6) ，我们先以 Net Based 信号选取当例子。

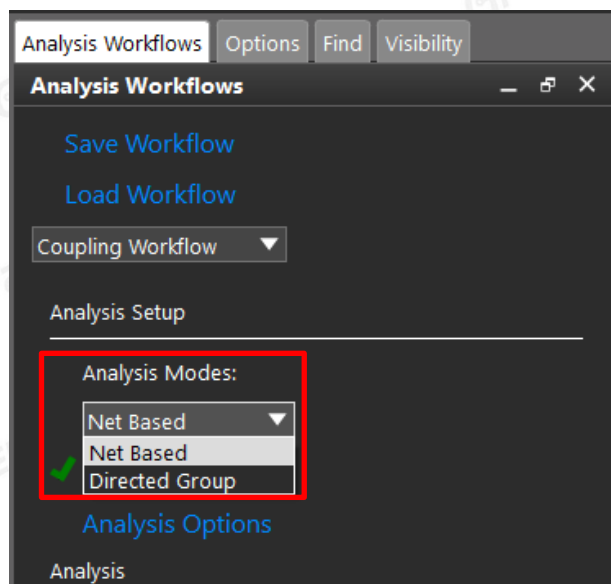


图 6. Analysis Modes 分析模式

A. Net Based 信号选取

A1. 在 Select Net 中选择要执行 Coupling 分析的对象信号，若先前已设定过 BUS/Xnet/Diffpair，Views 模式切换至 Hierarchical 后，可整把选取。若是切换至 Flat，则显示所有信号名可搭配 Shift 区间选取，或 Control 多个选取，当确认后点选中间的 -> 键，将所选信号添加到右侧中。

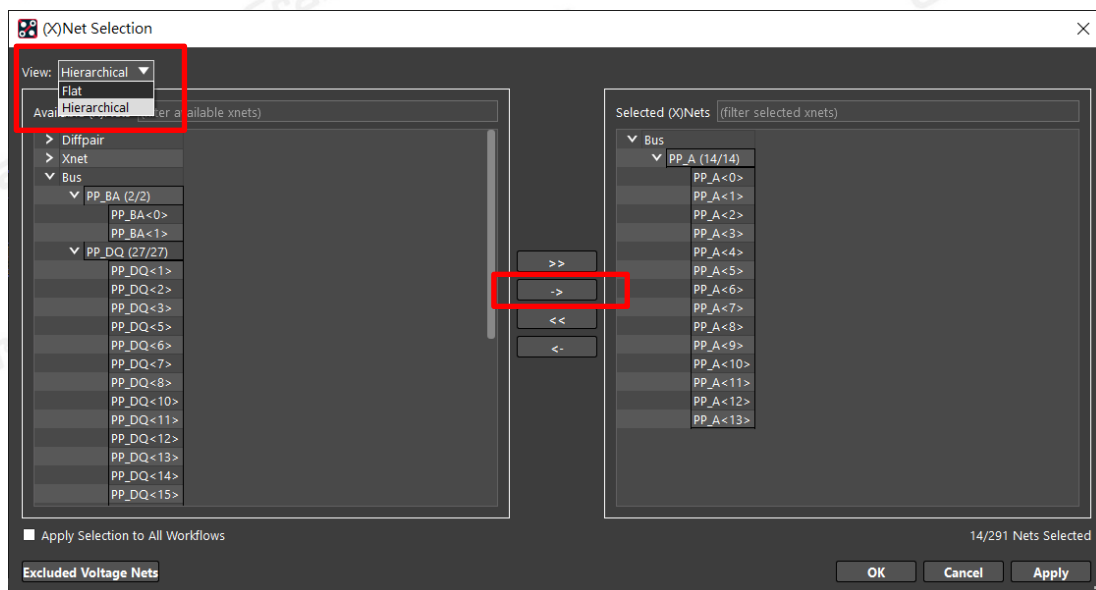


图 7. Select Net 选取信号

A2. 设定 Coupling 检测条件

设定标准的检查条件如下图 8 所示，Coupling 耦合值超过或 RisingTime 小于设定值就会被检测出来。

若要以范围做检查，可另外定 GeoWindow 值，此表示信号旁所定范围内的都会检查。

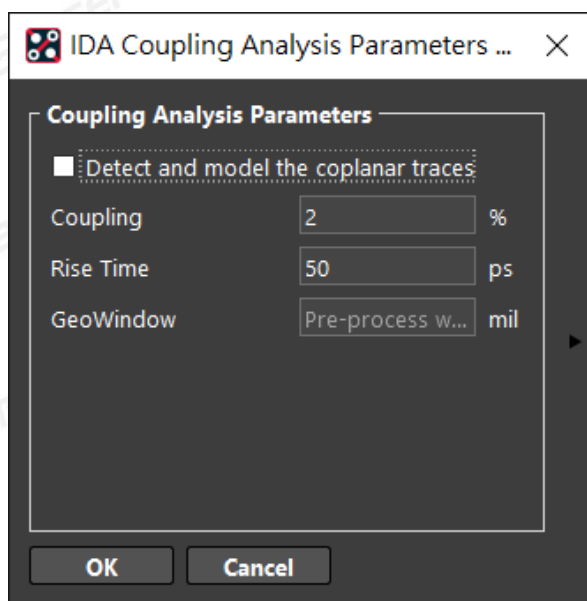


图 8. Coupling 检测条件设定

之后便可以点击开始分析。(图 9)

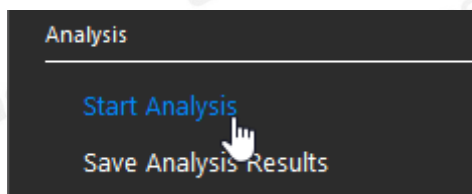


图 9. Start Analysis 开始分析

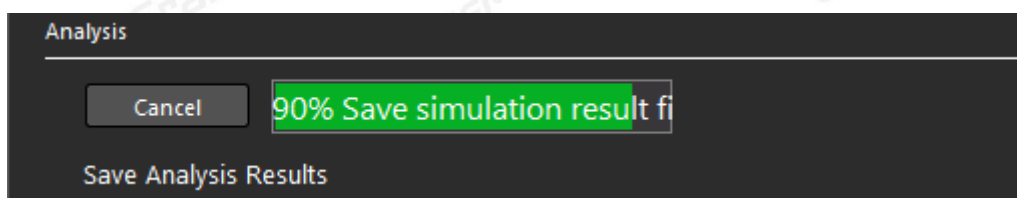


图 10. 分析计算中

Coupling 分析结果解析

待分析完成便可选择要检视的结果。在 IDA 的 Coupling 分析结果项目中的呈现方式有两种选择，分别是 Coupling Table 以及 Coupling Vision。

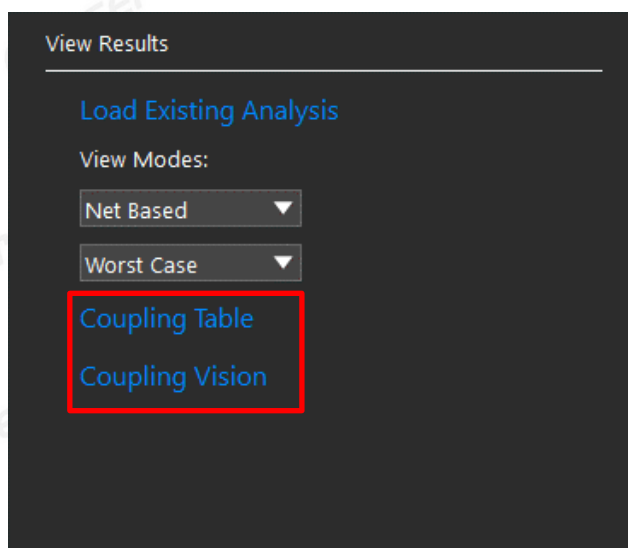


图 11. 结果检视模式

选择 Coupling Table 以数据表方式呈现分析结果如下图 12，可以对各栏点击来排序评估，或在其下方的 Detailed Table 中再展开其细项，查看与其他信号的相互耦合值。

Simulation Table

Worst Case Mode

Summary Table

Net Name	Aggressor Net Name	Max Coupling		% Length with Coupling Coef		Total Coupling Index (mils-%)
		Coef(%)	Length(%)	> 5%	2%~5%	
PP_A<0>	PP_A<1>	14.80	0.95	16.55	2.57	7668.09
PP_A<2>	PP_A<0>	7.30	14.04	14.04	0.00	5080.56
PP_A<1>	PP_A<0>	14.80	0.95	2.50	0.00	1993.06
PP_A<4>	PP_A<0>	5.30	1.14	1.14	2.98	1071.64
PP_A<3>	----	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PP_A<5>	----	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PP_A<6>	----	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PP_A<7>	----	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PP_A<8>	----	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PP_A<9>	----	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PP_A<10>	----	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PP_A<11>	----	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PP_A<12>	----	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PP_A<13>	----	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Detailed Table

Victim Trace Ref	Aggressor Net	Aggressor Trace Ref	Coupling Coef	Length	Layer	Victim Segment	Aggressor Segment
▼ (1) Trace4000:PP_A<0>	PP_A<1>	Trace3944:PP_A<1>	14.78	47.0595	LAY3-SIG1	(501.9675 19.6850) ...	
Trace4000:PP_A<0>	PP_A<1>	Trace3944:PP_A<1>	14.78	47.0595	LAY4-SIG2	(501.9675 19.6850) ...	(501.9675 21.8425), (549.0270 21.8425)
> (2) Trace4000:PP_A<0>	PP_A<1>	Trace3944:PP_A<1>	14.58	15.1261	LAY3-SIG1	(411.2275 19.6850) ...	
> (2) Trace4000:PP_A<0>	PP_A<1>	Trace3944:PP_A<1>	14.58	61.5946	LAY3-SIG1	(440.3729 19.6850) ...	
> (1) Trace4000:PP_A<0>	PP_A<2>	Trace3868:PP_A<2>	7.30	695.9677	LAY3-SIG1	(593.0373 19.6850) ...	
> (1) Trace4000:PP_A<0>	PP_A<4>	Trace3792:PP_A<4>	4.19	56.8975	LAY3-SIG1	(354.3300 19.6850) ...	
> (1) Trace4000:PP_A<0>	PP_A<4>	Trace3792:PP_A<4>	4.19	14.0193	LAY3-SIG1	(426.3536 19.6850) ...	
> (1) Trace3986:PP_A<0>	PP_A<4>	Trace3790:PP_A<4>	3.51	56.2500	LAY3-SIG1	(2123.7500 -269.9...)	

图 12. Coupling Table 自动平移到相对应的位置上

当您那个单项连点两下，画面也会自动平移到相对应的位置上，如图 13 所示。

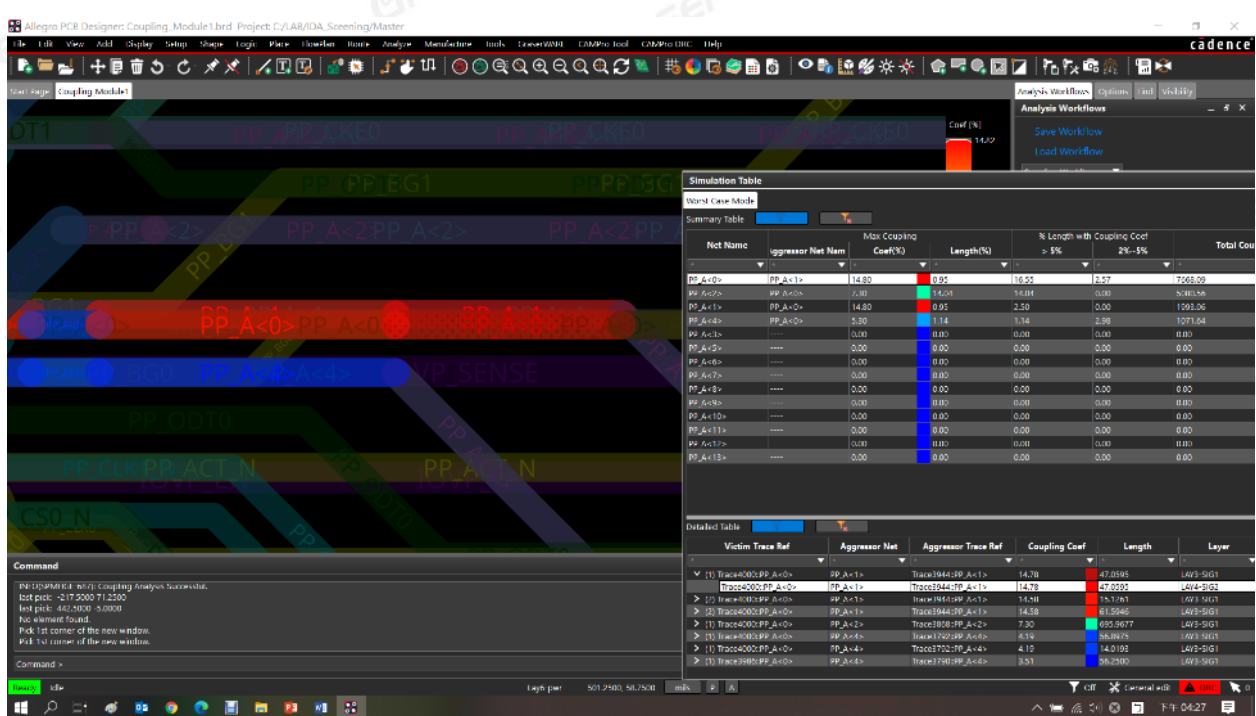


图 13. Coupling Table 自动平移到相对应的位置上

选择 **Coupling Vision** 的呈现方式则会更为直观，在图面上会显示其 Coupling 程度的色阶图，如下图 14

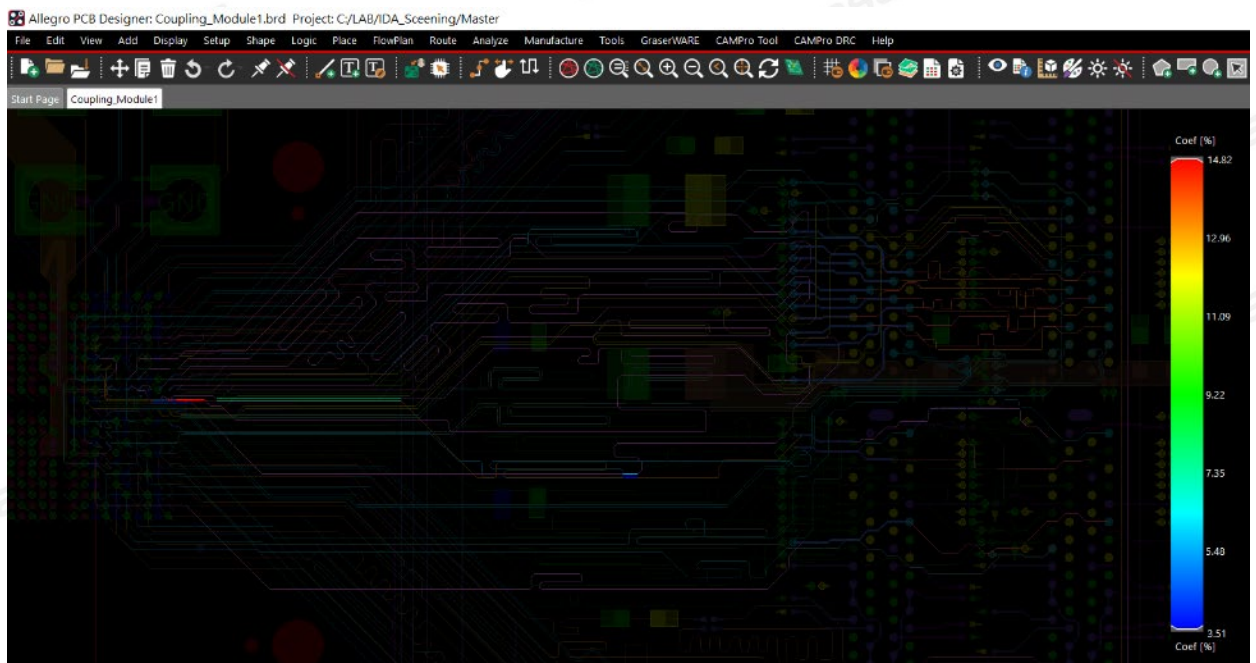
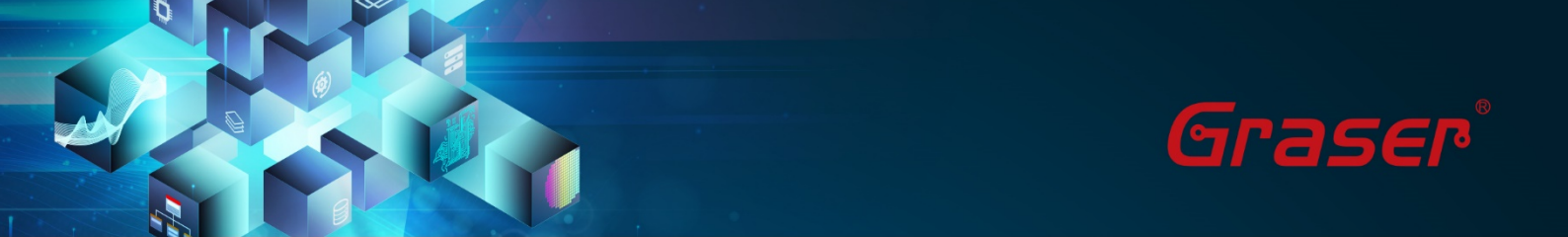


图 14. Coupling 色阶表



当您把游标停在线段上也会显现其 Coupling 状况，如下图 15

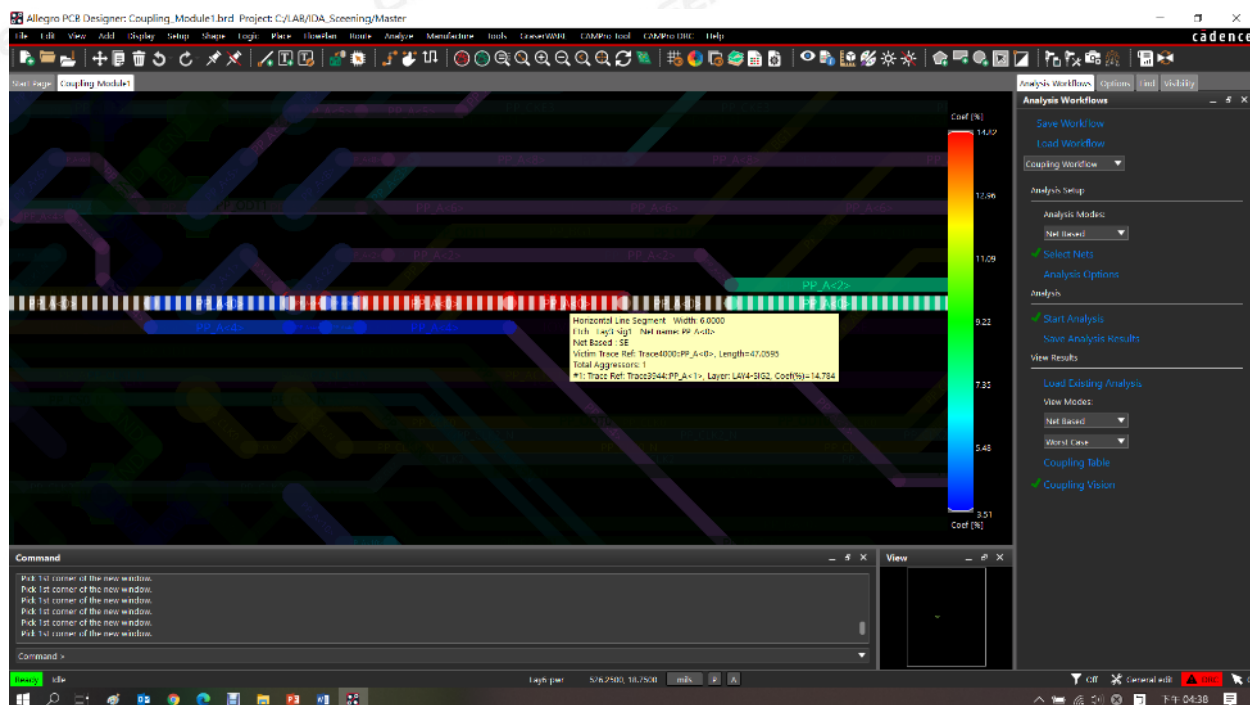


图 15. 线段上 Coupling 状况显示

您也可选择 Victim 模式，查看受影响信号，如图 16

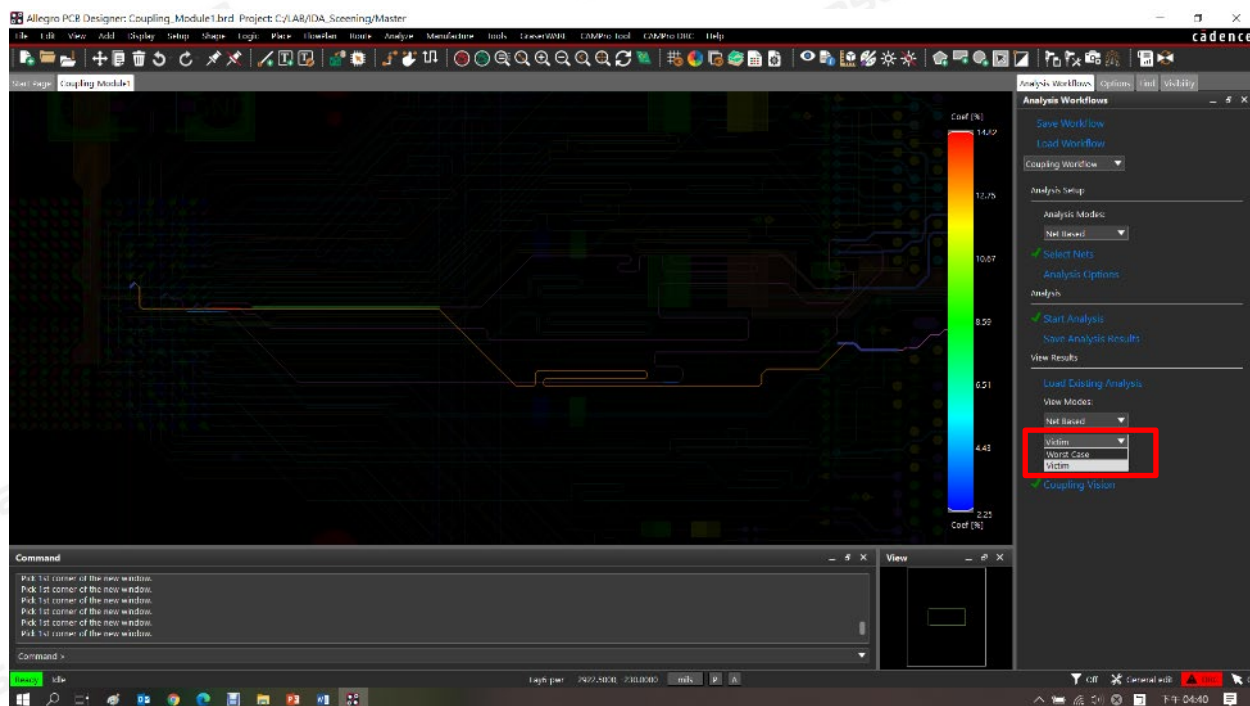
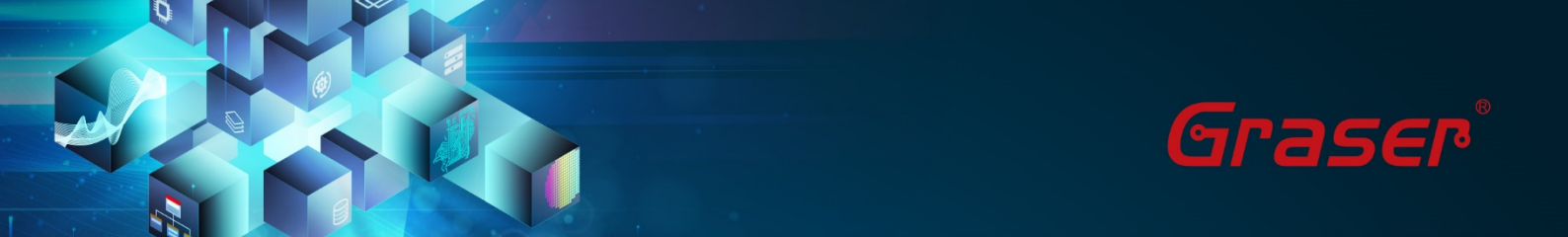


图 16. Victim 模式选择，查看受害走线



或在搭配右侧色阶 BAR 的调整，筛选出要查看的严重程度或范围 (图 17)

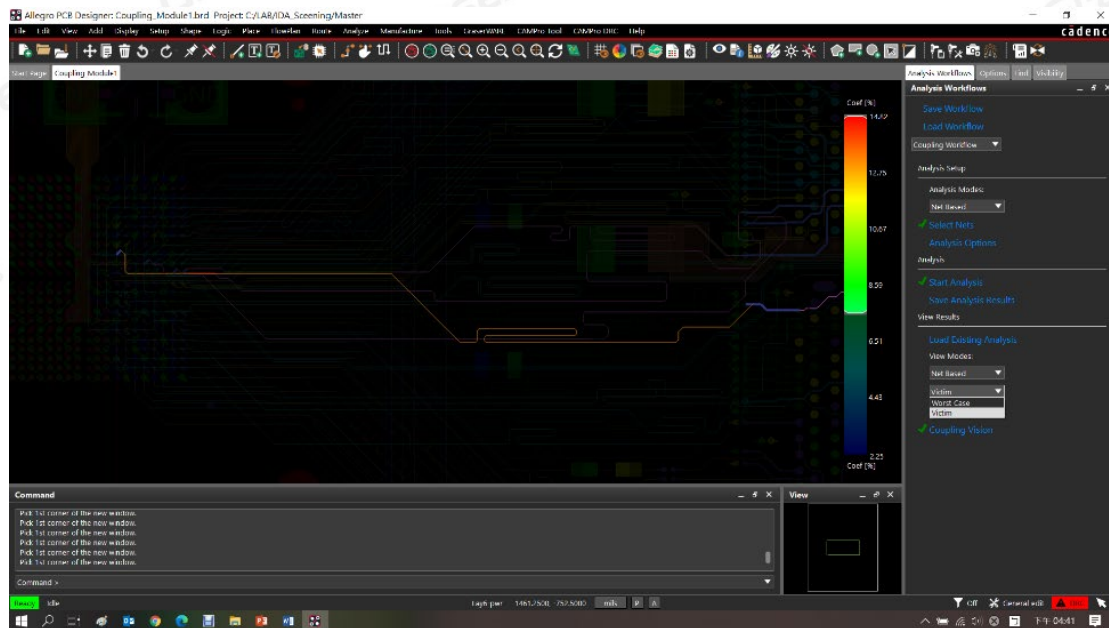


图 17.色阶表-查看严重程度或范围

B. Directed Group 零件群组选取

您也可用此方式-先设定两端零件，再来选择要检查的信号。

点右侧的 Select Directed Group，会显示出如下图 18 选单。选择信号两端的零件，选取后底下会列出零件间的各相关信号群组，您可再筛选要执行分析的各组信号。

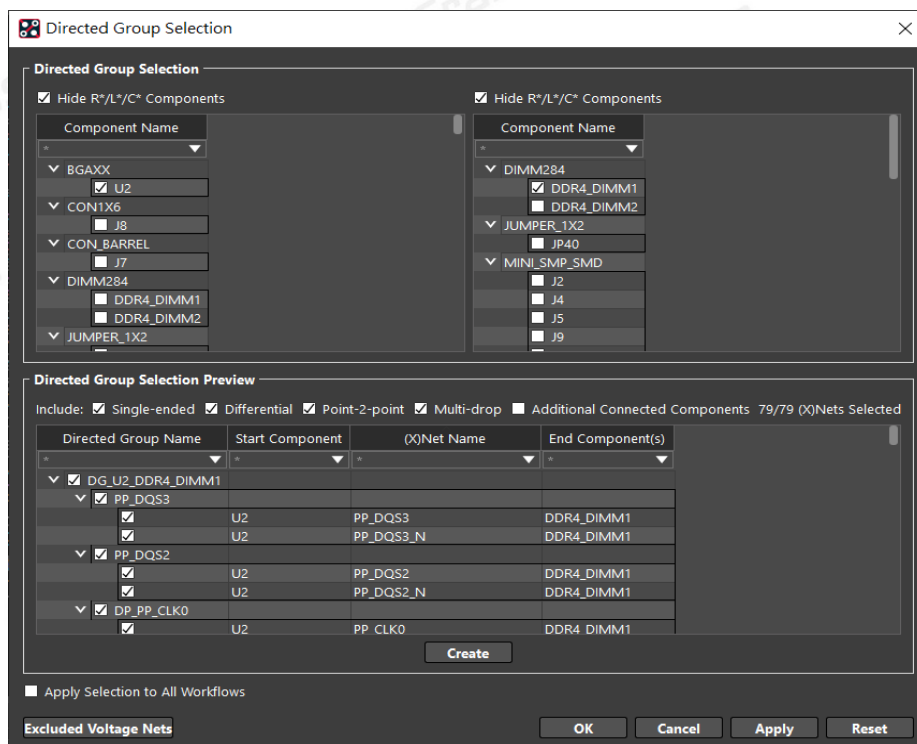
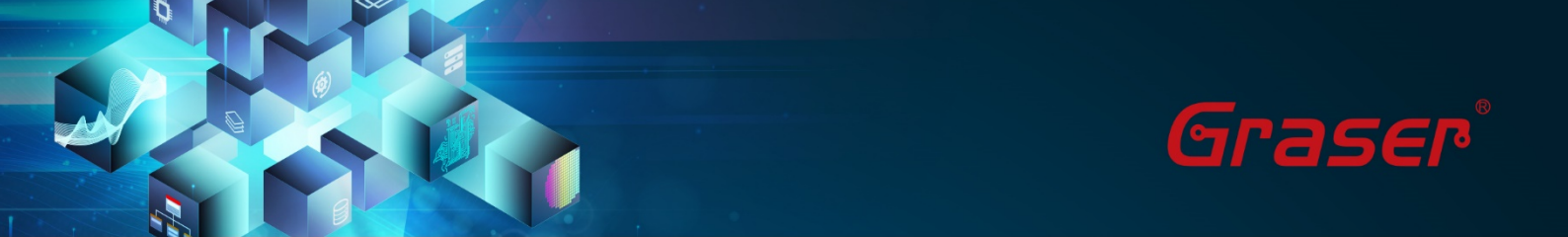


图 18. Directed Group 零件选取设定





当确认后选择底下的 Create 键，会自动建出各信号的 Directed Group (图 19)

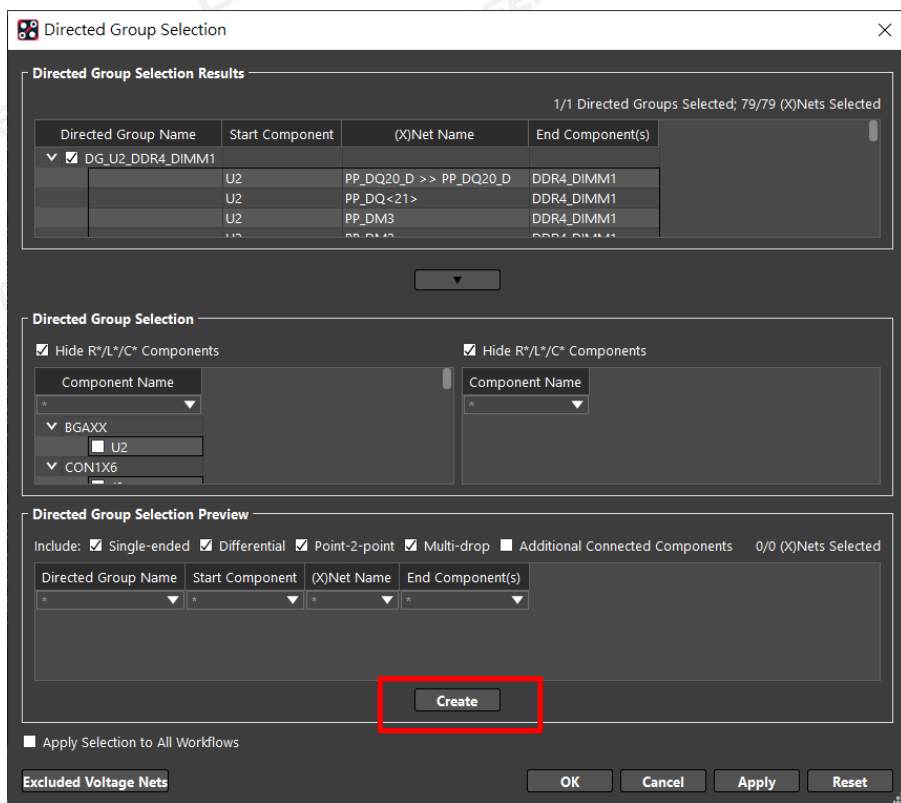


图 19. Create 键-创建各信号 Directed Group

此种方式执行后除了先前的 Coupling Table/Coupling Vision 之外，还多了 Coupling Plot 耦合图模式，显示如下图 20，以长度当 x 轴显示信号各段的 Coupling 严重程度。

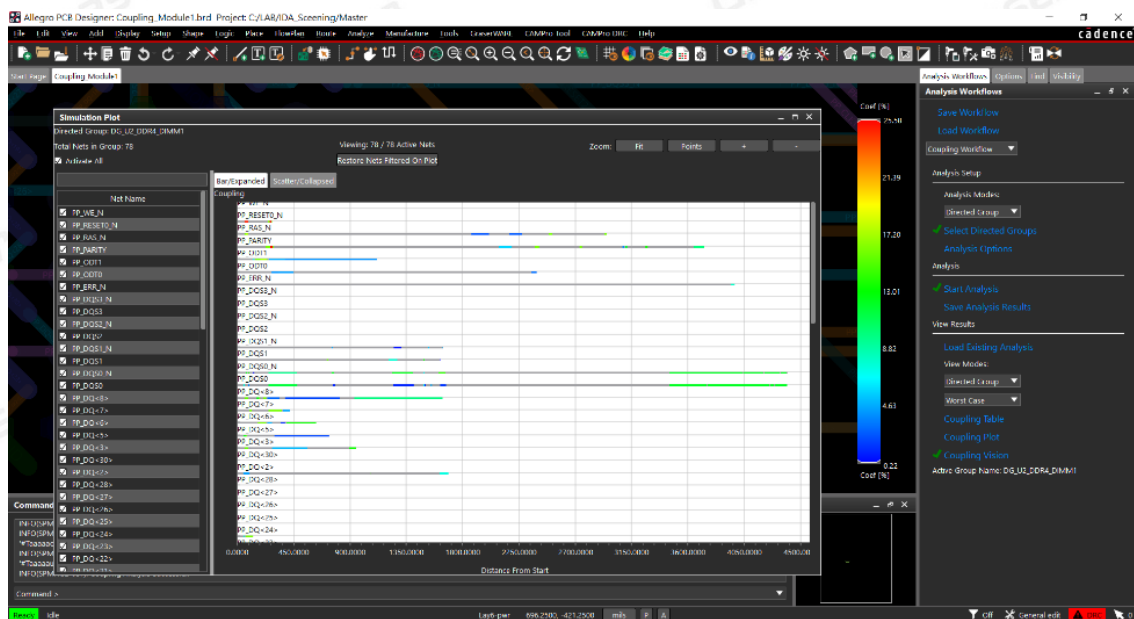
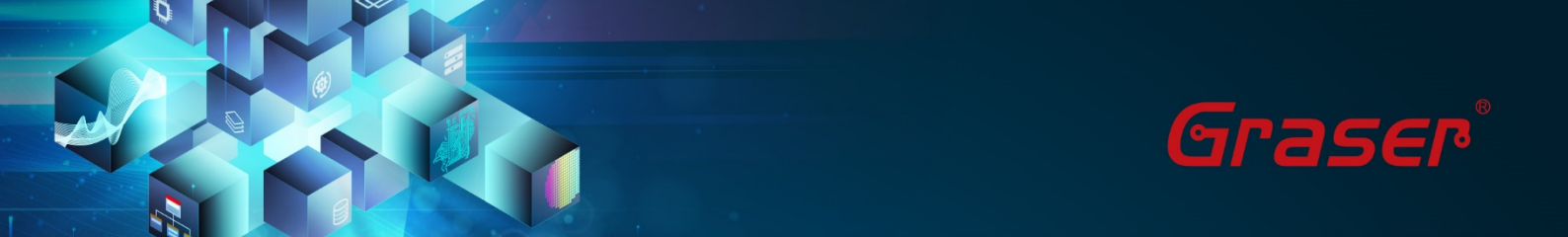


图 20. Coupling Plot 模式



另一种 Scatter/Collapsed (散布图/折叠式) 显示，严重程度当 y 轴、长度当 x 轴。

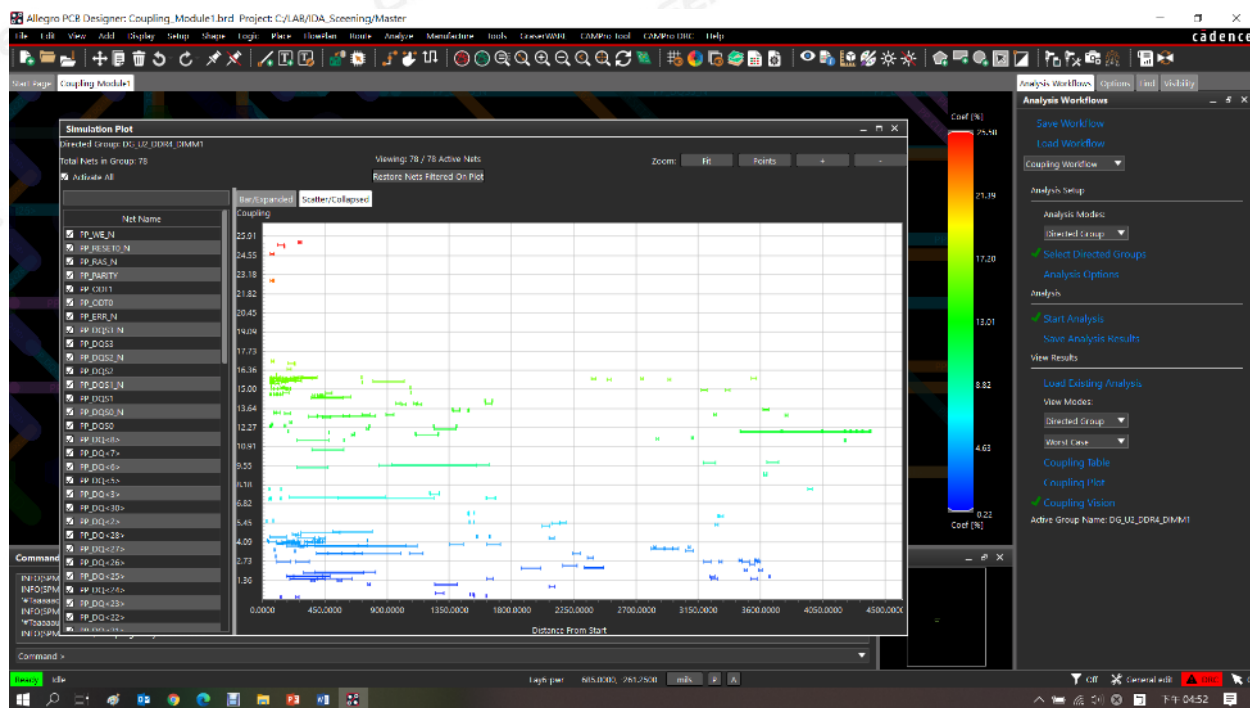


图 20. Scatter/Collapsed 显示

当您光标停在线段上也会显现其 Coupling 耦合状况，连续点击两下，画面也会自动平移到相对应的 Layout 位置上 (图 21)

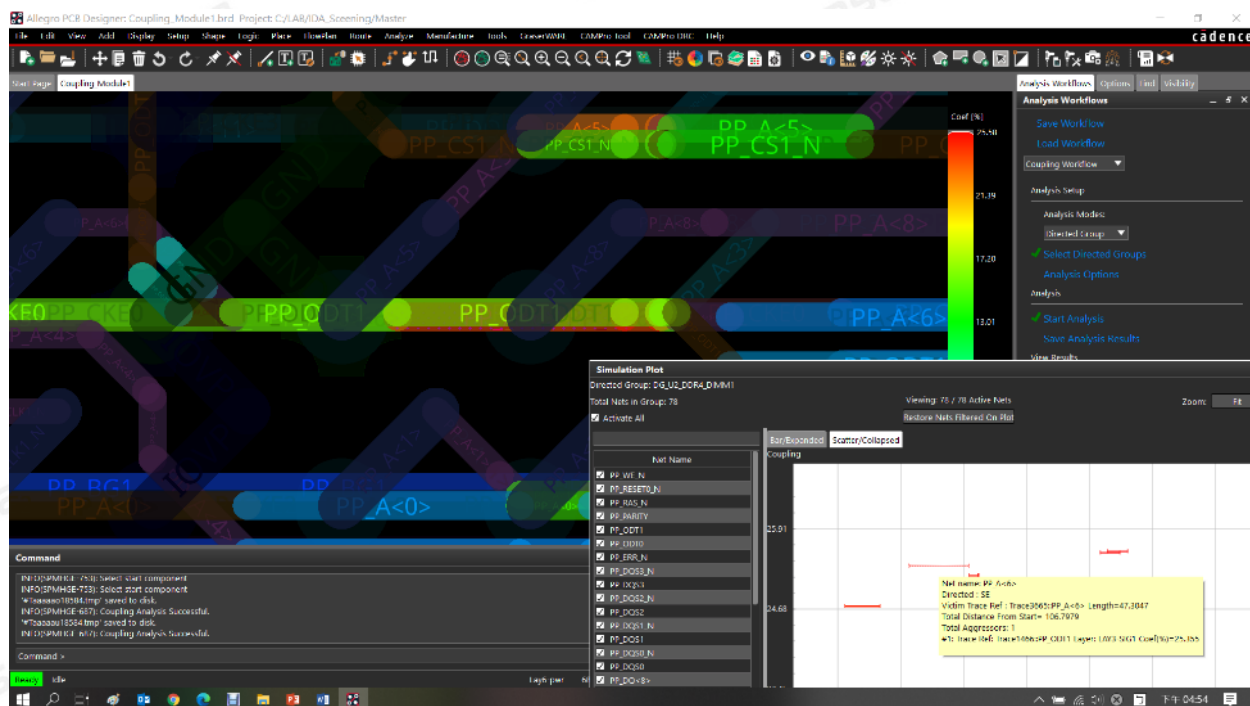


图 21. 线段 Coupling 状况和自动平移到相对应位置显示





总结

掌握耦合干扰问题 ~ Model 不用、经验不拘

以往 PCB 设计工程师在考虑布线质量两大基本议题 Coupling 耦合干扰和 Impedance 阻抗时，因为没有适当的工具和简易的流程，往往都得在布线后很谨慎地呈一版给 SI Team 作分析，但分析完后 SI 人员也难以明确标示出各问题的位置，让 PCB 设计工程师清楚知道该“处理”哪些 Layout 进行适当调整，以符合信号特性和质量的需求。如果有一个实时又直觉的帮手来帮助工程师做初步确认，就能够降低失败的机率，并且减少重工的时间。

现在 Allegro PCB Designer 中导入了 Sigrity 专业的仿真分析技术，将 IDA (In-Design Analysis, 设计同步分析) 带入 PCB 设计流程之中，帮助 PCB 设计工程师预先且快速实时的分析耦合干扰问题，使设计效率提升，不良机率减少。更重要的是 Coupling 检查--“Model 不用、经验不拘”，不需要 Models 并且只需简单的流程，就可轻易实现！

上一期回顾：IR Drop 分析技巧【手机端】/【电脑端】

下一期预告：Impedance 阻抗分析技巧

【温馨小叮咛】

若欲完整执行上述 Coupling 分析功能需要搭载 Cadence 相关软件 Licenses。

【PCB 设计同步分析六大隐藏技巧】系列专题主要解锁 [IR Drop 压降](#)、[Coupling 耦合](#)、[Impedance 阻抗](#)、[Crosstalk 串扰](#)、[Reflection 反射](#)、[Return Path 回流路径](#) 等 6 种分析技巧，帮助 EE、Layout 人员在设计前期阶段不需依靠 SI/PI 专家就能做初步的模拟分析，快速找出并排除常见信号/电源问题，提升设计质量和效率，欢迎共同探讨。

