

The advertisement features the INNOVEDA logo at the top left, with a green swoosh underline. Below it is a grey bar with the text "HyperLynx". Underneath is a dark blue bar with "HyperSuite EXT" in white. Below this are two green boxes: "LineSim" with the text "Pre-layout signal integrity, EMC and crosstalk simulation" and "BoardSim" with "Post-layout signal integrity, EMC and crosstalk simulation". To the right is a section titled "New Options" with a list: "MultiBoard", "SPICE Writer", and "UNIX". At the bottom right is the website "www.hyperlynx.com".

INNOVEDA.

HyperLynx

HyperSuite EXT

LineSim
*Pre-layout
signal integrity, EMC
and crosstalk
simulation*

BoardSim
*Post-layout
signal integrity, EMC
and crosstalk
simulation*

New Options

- ✓ MultiBoard
- ✓ SPICE Writer
- ✓ UNIX

www.hyperlynx.com

EMC 的 LineSim 和 BoardSim 仿真

Poqi055

2002-5-20

EMC 的 LineSim 和 BoardSim 仿真

目录

第一章 什么是 LINESIM 和 BOARDSIM 仿真	3
1.1 电磁辐射与信号完整性	3
第二章 大纲：EMC 技术背景	3
2.1 为什么出现辐射	3
2.2 差模辐射与共模辐射	3
2.3 远场辐射与近场模辐射 (FAR-FIELD AND NEAR-FIELD RADIATION)	3
2.4 周期信号辐射与无规则信号辐射 (PERIODIC AND RANDOM SIGNALS)	4
2.5 来自 IC 封装的辐射 (仅 BOARDSIM EMC)	4
2.6 系统结构以及外壳的作用	4
2.7 EMC 的政府指标	4
第三章 EMC 仿真的局限性	5
3.1 EMC 仿真的先决条件	5
3.2 只能预测差模辐射和元件封装辐射	5
3.3 BOARDSIM EMC 对于产生干扰的源网络的辐射不能预测.....	5
3.4 BOARDSIM EMC 辐射分析的误差.....	5
3.5 LINESIM EMC 的特殊限制	5
第四章 大纲：EMC 运算法则描述(略)	6
第五章 运行 EMC 仿真	7
摘要：.....	7
5.1 仿真前的要求.....	7
5.2 设置频谱分析探头.....	7
5.2.1 设置天线以及电流探头	7
5.2.2 辐射测量的单位	8
5.2.3 什么时候使用电流探头	8
5.3 设置天线.....	8
5.3.1 设置天线距离	8
5.3.2 设置天线和 PCB 板位置	8
5.3.2.1 设置自动方式	8
5.3.3 选择何种源来测量辐射.....	8
5.3.3.1 允许封装辐射检测 (仅适用于 BoardSim EMC)	9
5.3.3.1.1 什么时候选择封装辐射的开和关	9
5.3.3.1.2 做 LineSim 时 Package Radiation 被禁用	9

5.3.3.1.3 快速终端以 EMC 仿真	9
5.3.3.2 允许连线辐射	9
5.3.3.3 允许多路径校正	9
5.4 在 IC 管脚上固定电流探头	9
5.4.1 LINESIM EMC 里管脚名称	10
5.4.1.1 无源器件	10
5.4.1.2 管脚号码	10
5.4.2 IC 管脚	10
5.5 在没有元件的管脚设置探头（仅 LINESIM EMC）	10
5.6 探头如何显示	10
5.6.1 在 LINESIM EMC 探头如何显示	10
5.6.2 在 BOARDSIM EMC 探头如何显示	10
5.7 设置频谱分析	11
5.7.1 选择驱动波形	11
5.7.2 非周期信号	11
5.7.3 占空比如何影响信号仿真	11
5.8 设置中心频率和带宽	11
5.9 设置垂直偏移量	11
5.10 设置 IC 工作参数	11
5.11 选择对比标准	12
5.12 输入仿真命令	12
5.13 运行仿真 设置完成以后点击“START ..”按钮。（略）	12
5.14 打印存盘（略）	12
5.15 如何与前次的结果进行观察、对比	12
5.16 在 LINESIM EMC 中辐射分析种类	12
5.16.1 LINESIM EMC 中仅对有足够物理参数的传输线进行仿真	12
5.16.2 不能进行分析的 RADIATION IS NOT PREDICTED FOR:	12
5.17 在 BOARDSIM EMC “蛇行线”的处理	12

第一章 什么是 LineSim 和 BoardSim 仿真

摘要：

早期 EMC 问题的处理都是在产品设计周期的最后阶段进行，一般来讲都是用成品设备在专业实验室里进行测试。显然这样做是非常不经济的，因为产品已经做成，任何的修改均造成经济上的损失。

在产品设计的起始段采用 EMC 仿真技术可以大大减小这种损失，其作用是：

在制板以前找出可能存在的 EMC 问题

在制板前，通过修正存在的问题可以减少原型板的花消

在后阶段避免由 EMC 测试带来的产品的失败

确定用何种方式（终接负载、叠层等）解决 EMC 问题

如果出现了问题，可以很快的找到并隔开那些有问题的地方

学习到更多的关于电磁辐射的知识，知道它是如何产生的、应该如何预防

1.1 电磁辐射与信号完整性

当电流在 PCB 板上的导线中流动时，无意之间导致了天线效应。实际上，导线也正遭遇到由于信号完整性问题带来的困扰，比如振铃问题、太长时间建立稳定的问题等，因此这些导线“窝藏”了那些过量的电流，从而产生电磁辐射。如果正确的解决了信号完整性问题，则在邻界频率处可以减小电磁辐射 20dB。

然而要想明确的指出改变哪个频率点就可以减小或增加了电磁辐射，在没有类似 LineSim EMC 和 BoardSim EMC 这样的频域分析工具是非常困难的。比如，如果你改变某个网络的驱动 IC，这个 IC 在开关速率上进行了工艺上的改进，那么这种改进会使辐射增加？还是减小？如果你为了减小辐射准备中断一个网络，那么你是准备采用中端线的方法还是采用终接电阻的方法？解决这样的问题，从时域的信号完整性出发有一种观点，从频域的 EMC 角度出发又有另外的观点。

第二章 大纲：EMC 技术背景

2.1 为什么出现辐射

正如第一章里讲的，PCB 板上的辐射是由导线的天线效应产生的。若想减少辐射，一个方法是减小“天线”的效能（物理上），另一个是减小在线上流动的电流（电磁功率）。

2.2 差模辐射与共模辐射

当电流和等量的方向相反的电流在紧密相邻的线中流动时产生差模辐射(Differential-Mode)，在 PCB 中由于电源和地线平面作用，导线中的电流正好符合这样的条件：当电流向下流到导线时，它的镜像电流立即或者向上或者向下沿导线流回驱动源。共模辐射(Common-Mode)

即使虽然这个相反方向的电流相互之间的辐射趋向于抵消，但是这个抵消是不完整的，这是因为非零空间和（材料）微孔将它们分开的缘故。这些残留的辐射正是 LineSim EMC/BoardSim EMC 预测的。

共模辐射(Common-Mode)是当一个电流没有与它相反的电流在导线中流动时产生的辐射。在这种环境下的辐射比差分辐射要更加强烈，在一个真实的数字系统中，共模电流取决于系统条件，比如：一个蹩脚的电缆（没有良好的地线回路）或者双面板（没有电源/地平面，无法提供紧密的差模返回电流路径）固有的非差分辐射。LineSim EMC/BoardSim EMC 可以预报差模辐射。

2.3 远场辐射与近场模辐射(Far-Field and Near-Field Radiation)

由 PCB 导线引起的辐射是复杂的。临近的导线，比如，电场包括了一个辐射(outward-directed)成

分；如果距离加大则电场的辐射成分将减小。EMC 实验室典型的测量远场辐射的距离是将检测天线置于被测 PCB 板的 3, 10, 30 米之外（低频除外），仅仅远场辐射被采样。

2.4 周期信号辐射与无规则信号辐射 (Periodic and Random Signals)

数据信号的内容将影响辐射的程度，周期信号或者其它有规律的重复控制信号 (RAS 或 CAS) 有能量集中的大振幅；无规则信号 (数据线)，其能量特点是扩散范围很广、分散甚至没有峰值。所以通常情况下，周期信号辐射是造成 PCB 板辐射的主要原因。

LineSim EMC/BoardSim EMC 可以用来显示周期信号的频谱。在运行仿真以前，需要明确设定驱动 IC 的周期信号频率，周期、波形等参数。

2.5 来自 IC 封装的辐射 (仅 BoardSim EMC)

辐射不仅仅来自 PCB 板的连线，也来自于 IC 以及板上的元件。实际上，许多现代的 PCB 板上 IC 封装 (硬模、引线形式、接头和管脚) 造成的辐射大于连线引起的辐射。这是因为电流进入或离开 IC 封装时，封装以及结构也构成了天线效应，而且，通常，作为天线它没有连线可以具有的差分响应。

BoardSim EMC 主要的功能之一就是，它不仅可以预见来自 PCB 连线的辐射，而且还可以预见来自元件封装的辐射，甚至不用给他输入关于元件封装的模型信息。

2.6 系统结构以及外壳的作用

实际上 PCB 板在实际使用时总是以某种封装形式出现的，比如：一个计算机主板，可以作为裸板进行辐射测试，但实际在使用时主板总是被装进机箱的，而且周围还有其它的电器设备 (电源、插槽、硬盘等)。从设备外部看，这些额外的设备对辐射有着很大的影响。

LineSim EMC/BoardSim EMC 只管 PCB 板上的信号引起的辐射，对于多重板的影响或者板子被装入机箱的情况不与考虑。

2.7 EMC 的政府指标

FCC：(美国)通信委员会标准

CISPR：欧共体标准

VCCI：日本标准

每一种标准里面都有两个等级：工业标准 (A 类) 和民用标准 (B 类)，前者更严格一些。

第三章 EMC 仿真的局限性

3.1 EMC 仿真的先决条件

- ◆ PCB 板至少有一地面层
- ◆ 地层必须没有受到严重的损害、是完整的，就是说没有被切割，或者没有重要的数字信号穿过切缝。

严格来讲 LineSim EMC/BoardSim EMC 并不要求的平面不被切割或分裂。但是程序是这样定义的：对于任何被仿真的信号，它的返回信号电流路径总是紧邻最近的地线平面。这就意味着，如果 PCB 板有一个分裂的地线平面，并且试图忽略地线平面的割缝，LineSim EMC/BoardSim EMC 将给出不正确的优化结果。另一方面，如果只仿真一个网络，这个网络存在于地线平面割缝的上边或下边，仿真结果是有效的。

3.2 只能预测差模辐射和元件封装辐射

PCB 的辐射问题有众多的因素。LineSim EMC/BoardSim EMC 只能够推测两种最多的、无法消除的辐射：连线上的差模辐射，它来自地线平面或电源平面上的信号传输线；另一种就是由元件封装引起的辐射。然而许多 PCB 板上其它设备也会引起辐射，如果你的板子允许这些，LineSim EMC/BoardSim EMC 将预测比 PCB 板实际上辐射要低的辐射水平。

比如：LineSim EMC/BoardSim EMC 不能预测共模辐射。再比如你在板子上添加了一个蹩脚的电缆，它的辐射强度可能会超过所有 PCB 板的总和。共模问题也能产生不正确的设计系统，就是没有限反的电流通过地线结构。

总之，我们设计的板以及系统，是一个试图通过差模形式使得来自连线和封装的辐射，是可以控制的系统。LineSim EMC/BoardSim EMC 可以准确的预测这些影响。

3.3 BoardSim EMC 对于产生干扰的源网络的辐射不能预测

BoardSim EMC 仅仅可以对电气相连的网络的辐射进行预测。如果你的板子有干扰选项，并且正在运行干扰仿真，在仿真过程中任何一个“攻击”网络都不能包括在辐射分析中。详见表 3.1

BoardSim EMC 中网络类型	是否可以预测
选择的网络	可以
通过无源器件连接的网络	可以
差分类型连接的网络	可以
攻击网络（耦合的、非电气连接）	不可以

表 3.1 BoardSim EMC 可以进行分析的网络类型

3.4 BoardSim EMC 辐射分析的误差

BoardSim EMC 辐射分析的误差要大于信号完整性分析的误差，然而 Innoveda 公司在此软件里的算法可以使仿真结果十分接近，实验室的实际检测水平。LineSim EMC/BoardSim EMC 的准确性能能够在 5-10 dBuV/m 范围之内。更重要的是，它可以使设计者依靠这个工具准确的找出导致 EMC 问题的源网络，并且被提议进行响应的改进。

3.5 3.4 LineSim EMC 的特殊限制

LineSim EMC 与 BoardSim EMC 最大的不同是前者的物理特征不太明确，比如一个线段在 BoardSim EMC

中的位置是确定的，而在 LineSim EMC 中无法确定，电路图中也没有这个信息。而 BoardSim EMC 却有。

LineSim EMC 不能预测封装的辐射

LineSim EMC 放置发射天线在 origin，使用相同的方向角度，这和实际的、有向线段的效果不能被仿真做 LineSim EMC 仿真差分线对的时候，由于没有两线之间的物理信息，两线将不被定义成是分开线。

第四章 大纲：EMC 运算法则描述(略)

第五章 运行 EMC 仿真

摘要：

- ◆ 仿真前的要求
- ◆ 设置频谱分析探头
- ◆ 设置频谱分析
- ◆ 在 LineSim EMC 中的辐射预测
- ◆ 运行 EMC 仿真 simulation
- ◆ 拷贝仿真到剪辑板、打印

在运行 LineSim EMC 's/BoardSim EMC's 前，下面两点非常重要，否则将会出现错误报警：

- 有一个有效的叠层结构
- 对于需要仿真的网络，必须设置驱动

注意：LineSim EMC 总是在打开任何一张电路图之前已经内定的设置好了一种叠层结构，所以如果在图中没有基于叠层的传输线，可以不必对内定的结构进行修改。

5.1 仿真前的要求

如果你正在仿真一对差分线，你必须使用 IBIS 里的差分驱动模型设置 IC，如果你使用了非 IBIS 模型 (.MOD 或 .PML) 或 IBIS 里非差分的驱动，仿真均不能运行，报错为“too many drivers”在设置差分 IC 的驱动方向时，若其中一个管脚设为输出，另一个自动被设为输入，以保证相反电流的抵消作用。

5.2 设置频谱分析探头

在 LineSim EMC/BoardSim EMC 里，“probe”被认为是一个“天线”或者是一个电流“探头”。天线就象在 EMC 实验室里作用一样，用来测量电场强度。电流探头作为一种工具可以让你观察到电路指定点的电流波形。对于天线，需要你指定距离 PCB 板的距离；对于探头，需要你指定在网络上欲观察波形的测试点。频谱分析支持单个的天线和探头。电流探测优于电压探测，这是因为辐射是由于电流流动产生的。天线计算网络中的源电流和这个网络作为天线的影响（即：非主动性天线影响）；天线直接测量电场强度。电流探头仅仅测量源电流，但是在频域里显示测量结果，所以你可以看到许多频点。通常，你应该使用天线，在特定的场合（你想关注某一电流或辐射时），你才使用电流探头。

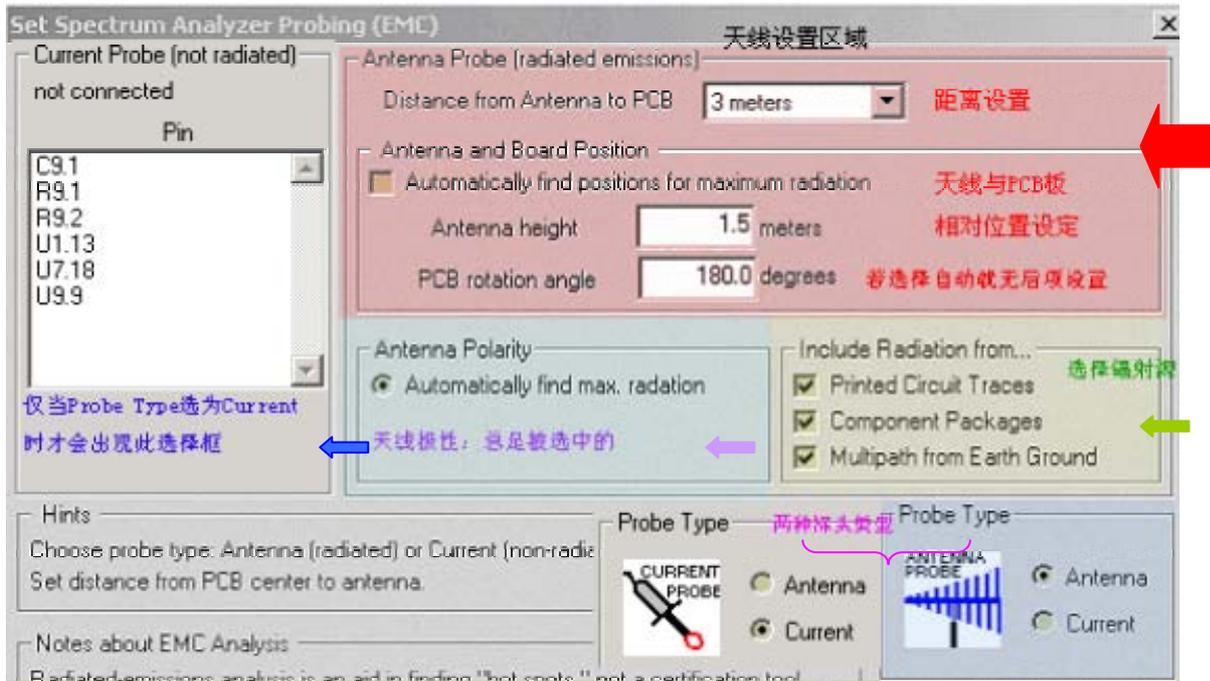


图 5 做 LineSim EMC/BoardSim EMC 仿真的设置窗口

5.2.1 设置天线以及电流探头

1. 从 Simulate 菜单选择 Attach Spectrum Analyzer Probe 项（或者点击 spectrum analyzer 图标出现

仿真窗口，再在窗口里点击“设置”按钮)出现设置窗口。

2. 在窗口的类型区域选择“天线”或者“电流探头”。

5.2.2 辐射测量的单位

对于天线，单位：dBuV/m

对于电流探头，单位：mA

5.2.3 什么时候使用电流探头

由于电流在 PCB 板上网络中流动是产生辐射的基本原因，EMC 仿真的一个方法就是逼近这些电流，并且减小或重新分配它们能量。如果你更喜欢这样的方法做 EMC 设计就可以使用电流探头。转换到天线，添加一些附加的要素，这个要素就是板子上的、具有天线特性的连线线段里的源电流。

另外一个优点是可以提高仿真性能。预测辐射是一种复合运算，使用天线运算时间的花消大，而使用电流探头会快一些。

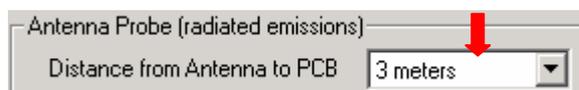
电流探头不利的因素是，与 EMC 实验室测量的数据相比而言不那么直接（实际上就是用电流代替了电场强度）电流探头对于理解信号的频谱是非常有利的，但是与辐射水平直接关联不是那么容易。

5.3 设置天线

相关的参数：距离、位置、辐射源（导线段、封装）

5.3.1 设置天线距离

EMC 实验室有几个标准距离，3m、10m、30m。应该将所测得的结果在不同距离上分别与政府的标准对比。由于现在找到 30m 的无任何反射的地方太不容易了，一般采用 3m 距离。



◆ 在 Antenna Probe area，填入距离（最好是 3、10、30m 以便将来和 EMC 实验室测试比较）

图 5.1 天线距离设置窗口

5.3.2 设置天线和 PCB 板位置



◆ 在 EMC 实验室里 PCB 在测试的时候是被旋转的，而且测量天线也是在进行上下移动，可以发现每一个频点的最大辐射。仿真时，这个工作自动完成，当然你也可以禁止天线运动，并且将它变成固定的。固定天线的优点是仿真速度快。使用全方位仿真的结果更为全面，可以确定是哪一个频点在那个方向辐射最大。

图 5.2 设置天线位置（方向）

5.3.2.1 设置自动方式

在图 5.2 中如果选择了“自动”（橙色箭头），则天线高度，PCB 板角度选择框变为不可选（蓝色箭头）。

5.3.2.2 设置固定方式



◆ 需要分别在天线高度以及 PCB 板放置角度两个选择框里输入具体数据。条件是取消“自动”选项。

高度就是天线相对 PCB 板平面的距离，典型值是 0 ~ 3m。PCB 板旋转角度 0 ~ 360 度。

图 5.3 天线、PCB 板固定设置

5.3.3 选择何种源来测量辐射

来自 PCB 板的辐射不仅仅来自板子的连线，也来自 IC。正如第二章讲到的“许多现代的 PCB 板上 IC

封装（硬模、引线形式、接头和管脚）造成的辐射大于连线引起的辐射。” BoardSim EMC 能够预测元件封装的辐射。

5.3.3.1 允许封装辐射检测（仅适用于 BoardSim EMC）

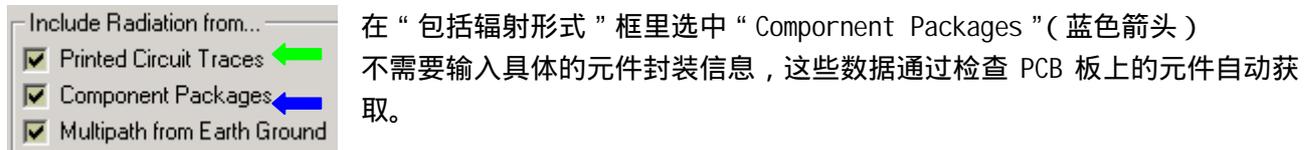


图 5.4 设定允许仿真 IC 包装

5.3.3.1.1 什么时候选择封装辐射的开和关

取决于使用的元件封装的辐射水平，可以分别用开和关进行两次仿真，然后比较结果，通常都是允许封装仿真打开时辐射强度加大。

5.3.3.1.2 做 LineSim 时 Package Radiation 被禁用

LineSim EMC 由于没有在电路图中没有可供 EMC 使用的物理信息，辐射只能来源于电路图提供的叠层上的连线。

5.3.3.1.3 快速终端以 EMC 仿真

可以给你准备进行仿真的网络加上终端负载，看看加了负载是否可以改善辐射。然而，必须明白：除非实际的无源器件（实际包含在 PCB 板上的），快速终端本身对封装辐射没有任何贡献。这是因为 BoardSim MEC 没有任何关于快速终端的物理封装信息以及它在板子上的确定位置。

5.3.3.1.4 BoardSim EMC 中关于供电管脚的警告

供电管脚的位置影响一个 IC 封装产生辐射的水平。BoardSim EMC 通过网络上管脚连接情况来搜索供电管脚，虽然你可以用一个没有连接到电源的 IC（通过设置 IC 模型设置时电源的设定）运行仿真，在这种场合，BoardSim 就不知道这个 IC 的位置，它将按内定的远端方案开始仿真。有些时候将导致太大的辐射。如果你存在这种状况（PCB 部分布线，存在没有供电电源的 IC），建议关闭封装仿真，将注意力集中到网络的连线辐射分析上。

5.3.3.2 允许连线辐射

选中在图 5.4 中“Printed Circuit Traces”（绿色箭头）项。通常这一项总是被选中的，除非你希望完全隔离一个网络的封装辐射。

5.3.3.3 允许多路径校正

官方 EMC 标准要求测试应在接地良好的金属地板房间里进行，由于金属不吸收辐射，就是说在这种情况下 PCB 底部的辐射也将被反射到测量天线，那么直接到达天线的信号和通过反射到达天线的信号总和起来成为“多径”效应。

如果测试板在一个完全空旷的房间，或者在一个无回音的房间里测试，通常需要软件对测量结果进行修正。通常这项应该是被选中的，除非你着意想了解其中的差别？

5.4 在 IC 管脚上固定电流探头

在做 LineSim EMC/BoardSim 仿真时，多数情况是使用天线的方法在频域里直接测量电场强度，然而也可以用电流探头来代替它，步骤如下（仅当探头类型选择为“电流”时才有此功能）：

1. 在图 5 的右下方探头类型区域选择“Current”(电流), 此时图 5 左上角的电流探头列表框出现。
2. 在列表框中双击选择的管脚, 然后点击“Close”完成操作。

天线与电流探头在使用上的区别是: 天线类似于遥测, 探头就象使用示波器一样。如果你将探头放到了一个没有元件的管脚(仅 LineSim EMC), 出现的问题在下面将要提到。

5.4.1 LineSim EMC 里管脚名称

5.4.1.1 无源器件

格式: <元件_类型>(X, Y). <管脚_序号> (<component_type>(X, Y). <pin_number>)

元件类型<component_type>:

- ◆ RP 上拉电阻 for a pull-up resistor
- ◆ RD 下拉电阻 for a pull-down resistor
- ◆ C 电容 for a capacitor
- ◆ RS 电阻排 for a series resistor
- ◆ L 串连电感 for a series inductor
- ◆ BD 铁氧体磁珠 for a series ferrite bead

(X, Y) 是电路图坐标、<pin_number> 是“1”或者“2”。

5.4.1.2 管脚号码

终端负载的管脚号码是如下定义的:

对于上拉、下拉电阻和电容, 管脚“1”为远离电源管脚; 管脚“2”为电源管脚(或接近);

对于串连元件: 管脚“1”为左边, 管脚“2”为右边

5.4.2 IC 管脚

IS 信号管脚名称格式: U(X, Y), (X, Y) 是电路图坐标, 与无源器件不同的是这里没有“1、2”管脚号。

5.5 在没有元件的管脚设置探头(仅 LineSim EMC)

在 LineSim EMC 时, 若将电流探头放在了电路图中没有元件的地方(两个传输线之间), 使用下面的“trick”(在 BoardSim EMC 中探头只能放在有元件的地方)。

1. 在你需要放置探头的电路图的某单元处, 激活、修改该单元的 IC(假定以前该 IC 没有被激活, 显示的是“????”), 允许 IC 没有定义, 这不影响仿真。
2. 如果 IC 以前被定义过了, 右击鼠标, 移去模型定义。
3. 其余步骤如前所述。

如果需要改变探头的位置, 重复 5.4 步骤。

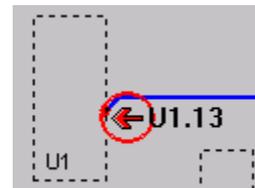


图 5.5 LineSim EMC 中电流探头标注标记

5.6 探头如何显示

5.6.1 在 LineSim EMC 探头如何显示

使用电流探头的属性。在 LineSim EMC 里, 如果使用电流探头就会在电路图中出现图 5.5 标记, 它与电子示波器探头是有区别的(有圆圈)。

5.6.2 在 BoardSim EMC 探头如何显示

i) 使用天线属性: 在 BoardSim EMC 里, 如果使用天线探头, 一个天线图标出现在板子的边角处作为提示。



图中的 3 代表设置的天线距离。

ii) 在 BoardSim EMC 里使用电流探头属性：同 5.6.1 在 LineSim EMC 中一样。

5.7 设置频谱分析

运行仿真前必须遵从的步骤：

5.7.1 选择驱动波形

LineSim EMC/BoardSim EMC 可以预测规则的周期信号的辐射（非周期信号（数据线）很少使用 EMC），所以在运行仿真前必须指定周期信号的频率和占空比。如果你选择占空比为 50%，实际上程序内定的要略微偏离一些。见图 5.6

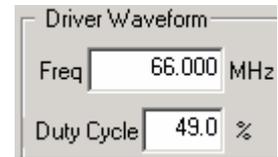


图 5.6 设置频率和周期

5.7.2 非周期信号

周期信号存在 MEC 问题是因为，这种信号在基波以及谐波处能量较为集中。非周期信号的频谱更为分散，大量分散的谐波将导致 EMC 失败。

但是这并不意味着只有时钟信号有仿真的必要性，任何有规律的逻辑信号，都可以在考虑范围之内：

选通线以及控制线也属于周期信号（比如 DRAM 系统的 RAM 行、列选通信号）

低端地址线(A0..3)，虽不是时钟信号，但也是重复发生的，调整它们的频率、占空比使得波形最佳。

5.7.3 占空比如何影响信号仿真

EMC 仿真对占空比是非常灵敏的。就连 50%-50%与 48%-52%的仿真结果也会相差很大。如果设置占空比是 50%~50%，那么信号的偶次谐波将很低，甚至没有。由于理想的这种信号并不存在，所以系统内定的 50%的占空比为 49%-51%，提醒你实际上偶次谐波在系统中是存在的。

图 5.7



5.8 设置中心频率和带宽

可以完全独立的对这两个参数进行设定，频率的单位是 MHz；根据需要调整水平标度。如果中心频率的设置不合适，框中的数字将变成红色。

5.9 设置垂直偏移量

如果选用的是天线探头，单位是 dBuV/m，使用电流探头单位是 mA、A。

5.10 设置 IC 工作参数

IC 模型参数在运行 EMC 时可以有最好、典型、最坏三种方式可供选择。设置这个参数的意思就是使用 IC 模型里面定义的三种数据：“Slow-Weak, Typical, and Fast-Strong”

运行参数	可选形式
driver current: 驱动电流	max/min
slew rate: 压摆率	max/min
clamp-diode current: 钳位二极管电流	max/min
component capacitance: 元件电容	min/max
package inductance: 封装电感	min/max
package capacitance: 封装电容	min/max
package resistance: 封装电阻	min/max

表 5.1 运行 LineSim EMC/BoardSim EMC 时 IC 参数配置表

5.11 选择对比标准

FCC — United States	美国标准
CISPR — European Community	欧洲标准
VCCI — Japan	日本标准
user — custom limits	用户定义

对于上面每一标准都有 A (工业等级) \ B (民用等级) 可以选择(见图 5.8)。 图 5.8

用户定义允许你自己定义检验标准, 若希望板上所有网络的辐射不超过 FCC 和 CISPR 标准的 70%, 这时就需要你自己修改检验标准了。方法是, 按下图 5.8 中的 Edit User 按钮。



5.12 输入仿真命令

频谱分析对话框包含一个“命令行”输入框, 允许你写入描述或者命令(打印、拷贝运行结果等)。方法是用鼠标在输入框点击, 出现字符光标以后再输入命令。

5.13 运行仿真 设置完成以后点击“Start ..”按钮。(略)

5.14 打印存盘(略)

可以另存为.CSV 格式文件, 该文件可在 EXCEL 中打开。

5.15 如何与前次的结果进行观察、对比

EMC 不保留每次的运算结果(与信号完整信不同), 所以无法进行两次仿真结果的对比。实际上, 可以用“拷贝”和“粘贴”的功能, 再其他环境进行比较。

5.16 在 LineSim EMC 中辐射分析种类

5.16.1 LineSim EMC 中仅对有足够物理参数的传输线进行仿真

- ◆ 基于叠层基础的传输线
- ◆ 微带线
- ◆ 隐埋线
- ◆ 带状线

5.16.2 不能进行分析的:

- ◆ 简单电气连线
- ◆ 连接器 connectors
- ◆ 电缆 cables
- ◆ 地线层上的线 wires over ground

5.17 在 BoardSim EMC “蛇行线”的处理

一些 PCB 板中经常出现“蛇行线”(Serpentined), 用以补偿两个网络的时延或者用于减少时钟倾斜。通常, 当 BoardSim EMC 从一个传输线仿真辐射时, 它计算在这条线上每一个金属线段的辐射。为了提高仿真速度, 金属线段短于某些门限长度时, 这些线段被忽略。所以如果需对蛇行线进行仿真, 需要人工修改“长度门限”数值。内定的门限是 100mil。

需要指出的是, 其时间花消是很大的。如果确定针对某一快板或某一个网络需要修改门限, 请记住, 运行之后务必将门限值恢复成内定的 100mil。方法是:

1. 从 Options 菜单里选择“Preferences”, 出现“Options”对话框
2. 点击“Advanced”标签并且接着确认“Yes”按钮。
3. 在 BoardSim 区域的“ For EMC Ignore Traces Shorter ”输入你需要的长度数值。

射频和天线设计培训课程推荐

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;我们于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

易迪拓培训推荐课程列表: <http://www.edatop.com/peixun/tuijian/>



射频工程师养成培训课程套装

该套装精选了射频专业基础培训课程、射频仿真设计培训课程和射频电路测量培训课程三个类别共 30 门视频培训课程和 3 本图书教材;旨在引领学员全面学习一个射频工程师需要熟悉、理解和掌握的专业知识和研发设计能力。通过套装的学习,能够让学员完全达到和胜任一个合格的射频工程师的要求...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/110.html>

手机天线设计培训视频课程

该套课程全面讲授了当前手机天线相关设计技术,内容涵盖了早期的外置螺旋手机天线设计,最常用的几种手机内置天线类型——如 monopole 天线、PIFA 天线、Loop 天线和 FICA 天线的设计,以及当前高端智能手机中较常用的金属边框和全金属外壳手机天线的设计;通过该套课程的学习,可以帮助您快速、全面、系统地学习、了解和掌握各种类型的手机天线设计,以及天线及其匹配电路的设计和调试...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/133.html>



WiFi 和蓝牙天线设计培训课程

该套课程是李明洋老师应邀给惠普 (HP) 公司工程师讲授的 3 天员工内训课程录像,课程内容是李明洋老师十多年工作经验积累和总结,主要讲解了 WiFi 天线设计、HFSS 天线设计软件的使用,匹配电路设计调试、矢量网络分析仪的使用操作、WiFi 射频电路和 PCB Layout 知识,以及 EMC 问题的分析解决思路等内容。对于正在从事射频设计和天线设计领域工作的您,绝对值得拥有和学习! ...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/134.html>



CST 学习培训课程套装

该培训套装由易迪拓培训联合微波 EDA 网共同推出,是最全面、系统、专业的 CST 微波工作室培训课程套装,所有课程都由经验丰富的专家授课,视频教学,可以帮助您从零开始,全面系统地学习 CST 微波工作的各项功能及其在微波射频、天线设计等领域的设计应用。且购买该套装,还可超值赠送 3 个月免费学习答疑...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/24.html>



HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程,是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装,可以帮助您从零开始,全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装,更可超值赠送 3 个月免费学习答疑,随时解答您学习过程中遇到的棘手问题,让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

ADS 学习培训课程套装

该套装是迄今国内最全面、最权威的 ADS 培训教程,共包含 10 门 ADS 学习培训课程。课程是由具有多年 ADS 使用经验的微波射频与通信系统设计领域资深专家讲解,并多结合设计实例,由浅入深、详细而又全面地讲解了 ADS 在微波射频电路设计、通信系统设计和电磁仿真设计方面的内容。能让您在最短的时间内学会使用 ADS,迅速提升个人技术能力,把 ADS 真正应用到实际研发工作中去,成为 ADS 设计专家...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/ads/13.html>



我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年,10 多年丰富的行业经验,
- ※ 一直致力并专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 经验丰富的一线资深工程师讲授,结合实际工程案例,直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>