

# 打破常规, 实现更快的信号与模拟速度

结合了空间映射算法与电磁仿真的创新优化方法可以提高封装互联的信号速度与完整性, 更快速的仿真缩短了高速互联技术的开发时间。

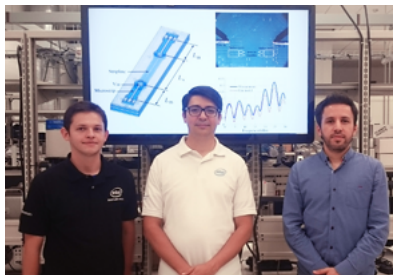
作者: JENNIFER SEGUI

英特尔 (Intel) 是电子和计算机硬件的行业领导者, 因此, 我们很容易认为英特尔的研究人员和工程师们会借助强大的计算集群和服务器来对设计进行高效的仿真和优化。虽然这一看法没错, 但这只是冰山一角。

在英特尔最新推出的电子封装高速互联的背后, 离不开多物理场仿真软件以及由英特尔瓜达拉哈拉设计中心 (Guadalajara Design Center) 开发的一种非常规设计优化方法的支持。

以印刷电路板 (PCB) 为例, 这是一种几乎能在所有电子产品中见到的主要电子封装方案, 从掌上电脑、手机、到最先进的卫星通信系统, 等等。PCB 中包含很多集成的高速互联, 实现了表面元件间的信号传递。为便于说明, 图 1 中展示了一个 PCB 研发原型机, 通过探针在封装互联的两端与表面走线接触实现互联。

制造更小型电子元件时, 会根据需要将封装互联的大小与空间按比



来自英特尔瓜达拉哈拉设计中心的工程师们, 从左到右分别是 Juan C. Cervantes-Gonzalez、Carlos A. Lopez 和 Isaac G. Farias-Camacho。

例缩放, 此时, 为了改进信号速度与完整性, 所需进行的计算设计优化就将耗费更多时间。

在更高的频率或信号速度下的互联运行时, 将消耗更多的能量。为了最小化能耗及防止信号丢失, 需要针对具体应用重新设计封装互联的几何与材料, 鉴于 PCB 的广泛使用范围, 这一点尤其重要。

“使用仿真优化封装互联的设计非常重要, 这就需要一个精确模型来

捕捉复杂三维结构中出现的不可忽略的耦合现象。”英特尔公司的 Juan C. Cervantes-González 工程师解释道, “为了加快封装互联的电磁仿真, 我们开发并验证了一个空间映射优化算法。将这一优化方法用于仿真后, 我们可以进一步缩短最新高速互联技术的设计周期与上市时间。”

## » 模拟高速封装互联

为了模拟在更高频率工作的封装互联中的信号传播, 需要进行全波电磁仿真。仿真在没有进行任何简化假设的前提下求解了麦克斯韦方程组, 精确分析了复杂三维结构中不可忽视的电磁耦合与阻抗失配现象, 以及影响信号完整性的串扰和回波等主要因素。

使用 COMSOL Multiphysics® 软件, 英特尔的工程师们开发出了一个内嵌在 PCB 结构中的单端互联线模型。图 2 (左) 侧显示了模型的几何截面, 突出了他们在工作中优化的相关设计参数。

单端互联因具有较高的信号速度及在电子封装中占用较小空间而知名, 因此能够用于密集布局的设计。信号可以沿金属微带

“当利用这一优化方法进行仿真时, 我们可以进一步缩短最新高速互联技术的设计周期与上市时间。”

— JUAN C. CERVANTES-GONZALEZ, 英特尔工程师

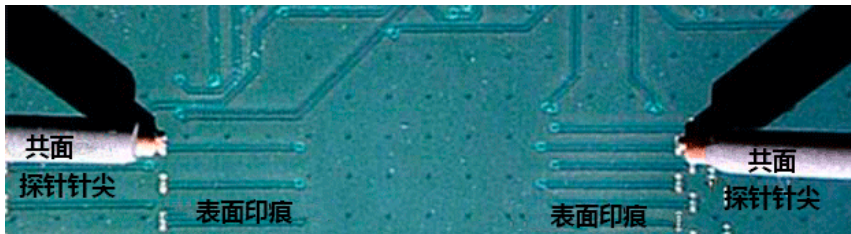


图 1: 以封装互联为特色的英特尔 PCB 研究原型机。

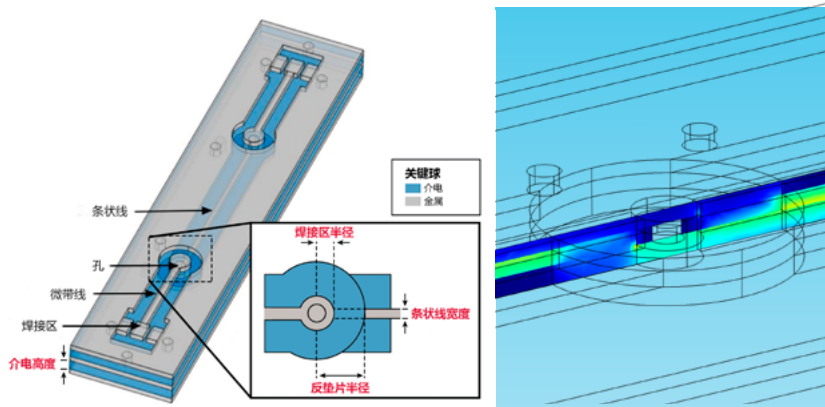


图 2: 左: 在 COMSOL Multiphysics 软件中设定的单端互联模型几何。以红色突出显示了仿真优化后的参数。右: 模拟封装互联中穿过孔的电场分布。

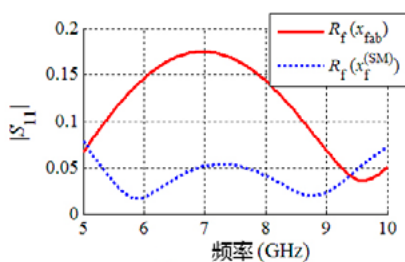


图 3: 求解细化模型获取的反射信号 ( $|S_{11}|$ ) 的幅值。与空间映射优化解 (蓝色) 相比, 在构造互联原型机设计参数下, 观察到了明显的反射 (红色曲线)。

线和带线通过互联实现横向传输, 它们通过介电材料平面分隔开。在典型的 PCB 中, 信号会沿过孔垂直传输,

通常会穿过 10 多个介电和金属层, 因此它们是造成阻抗失配的主要原因。

在 COMSOL® 软件中, 使用全波电磁仿真优化构建原型机中的几何参数, 从而最小化阻抗失配以及所造成的信号反射或回波损耗。图 2 右侧显示了单端互联中电磁场分布的仿真结果。

### » 优化互联以降低回波损耗

为了优化高速封装互联的设计及最小化不同频率下反射信号的幅值, 他们在高性能服务器 (双 Intel® Xeon® X5670 CPU、2.93 GHz 及 160

GBRAM) 上运行了仿真, 并应用了基于 Broyden 输入的空间映射优化算法来加速仿真。

电磁仿真的空间映射方法需要在 COMSOL 中求解两个独立的互联模型。第一个是“粗化”模型, 它是图 2 所示模型几何的二维简化版, 其中忽略了电磁损耗, 并使用十分粗的网格进行离散, 旨在提供一个快速解。第二个是“细化”模型, 模型几何与第一个相同, 但表征了图 2 中的整个三维几何, 利用更加细化的网格求解, 以牺牲计算速度为代价来获取更高的精度。

首先, 利用传统优化方法确定了最优二维模型设计中的信号响应, 这是减少整体计算时间的第一步, 也是极其重要的一步。在 MATLAB® 软件中所执行的空间映射算法旨在找出三维模型的设计参数, 使其中产生的信号响应能接近最优二维模型的响应。通过这一方法, 仅执行 4 次迭代就完成了互联设计参数的优化。图 3 中的结果通过求解全三维模型获得, 可以看出与原始构造互联原型机相比, 优化设计中的反射信号显著下降。

“通过结合全波电磁仿真与空间映射优化, 我们做出了一个更好的互联设计, 它的回波损耗更低, 相比测试不同原型机的做法, 仿真耗费的时间更短。” Cervantes 说。

虽然他们只是利用初始模型求解了电磁波的传播以验证空间映射优化方法, 但还可以在多物理场强耦合模型中加入传热和固体力学分析, 从而实现创新、甚至非常规的设计能力。☺