

上海佳研仿真工作室期刊五

-----某 CPU 小系统子卡 PI 改进案例

一、PI 改进背景

某 CPU 小系统子卡因板级电源分配系统设计糟糕，通过测试发现子卡上 3.3V IO 电源平面噪声较大，已对子卡及主板内部的敏感电路和敏感信号形成了强干扰，造成系统工作不稳定。

二、PI 改进分析

该子卡的板级电源分配系统由 DC-DC 电源转换模块、电源和地平面、板级分立电容、分立电感等组成。其中 3.3V 电源经连接器从主板取电，经测试对比发现，主板和子卡上的 3.3V 电源平面上纹波噪声大小差别较大，其中子卡上的电源噪声大许多，特别是频域的高频部分丰富且幅度较大。

通过对子卡的 PCB 进行检查发现，该子卡的板级电源分配系统设计存在以下不足：

- 1) 高速器件的去耦电容较少且容值分配不合理；
- 2) 去耦电容扇出方式的不合理带来了较大的寄生电感，且部分高频去耦电容布放离高速器件电源管脚较远，已严重影响了分立电容的效果；
- 3) 3.3V IO 电源平面与参考地平面的耦合间距较大，造成 3.3V IO 电源平面阻抗较大；

其中第 3 条是 3.3V IO 电源平面噪声较大且高频分量较丰富幅度较大的主要原因，因为现有板级分立去耦电容的有效工作区间主要在 200MHz 以下的低频区间，而电源和地平面组成的平面电容其有效工作区间可由低频覆盖到几个 GHz 的高频区间。

图 1 为该子卡的层叠及层间距，其中 POWER04 层为 3.3V IO 电源平面，GND05 为 3.3V IO 电源平面的参考地平面，两者之间的耦合间距为 11mil，为松耦合。

姓名：杨仁德、俞重八
电话：15001992303
网址：<http://www.jiayansi.com>

上海佳研仿真工作室竭诚为您服务！



Name	Type	Film	Material	Thickness (mil)	Elevation (mil)
UNNAMED_1	DIELECT...		air	0	78.8
SURFACE	METAL	POSITIVE	copper	1.8	77
UNNAMED_3	DIELECT...		FR4_epoxy	5	72
GND02	METAL	NEGATIVE	copper	0.7	71.3
UNNAMED_5	DIELECT...		FR4_epoxy	7	64.3
ART03	METAL	POSITIVE	copper	0.7	63.6
UNNAMED_7	DIELECT...		FR4_epoxy	18	45.6
POWER04	METAL	NEGATIVE	copper	0.7	44.9
UNNAMED_9	DIELECT...		FR4_epoxy	11	33.9
GND05	METAL	NEGATIVE	copper	0.7	33.2
UNNAMED_11	DIELECT...		FR4_epoxy	18	15.2
ART06	METAL	POSITIVE	copper	0.7	14.5
UNNAMED_13	DIELECT...		FR4_epoxy	7	7.5
POWER07	METAL	NEGATIVE	copper	0.7	6.8
UNNAMED_15	DIELECT...		FR4_epoxy	5	1.8
BASE	METAL	POSITIVE	copper	1.8	0
UNNAMED_17	DIELECT...		air	0	0

图 1 子卡单板的层叠及层间距

因为该板布局布线密度都较高，增加大量的分立电容不太现实；同时增加大量的分立电容会增加物料和组装成本。在对该板的板级电源分配系统进行优化时，我们重点对叠层层间距进行了优化，如图 2 为优化后的层间距厚度，3.3V IO 电源平面与参考地平面耦合间距改为 4mil，为紧耦合。

Name	Type	Film	Material	Thickness (mil)	Elevation (mil)
UNNAMED_1	DIELECT...		air	0	78.8
SURFACE	METAL	POSITIVE	copper	1.8	77
UNNAMED_3	DIELECT...		FR4_epoxy	5	72
GND02	METAL	NEGATIVE	copper	0.7	71.3
UNNAMED_5	DIELECT...		FR4_epoxy	7.5	63.8
ART03	METAL	POSITIVE	copper	0.7	63.1
UNNAMED_7	DIELECT...		FR4_epoxy	21	42.1
POWER04	METAL	NEGATIVE	copper	0.7	41.4
UNNAMED_9	DIELECT...		FR4_epoxy	4	37.4
GND05	METAL	NEGATIVE	copper	0.7	36.7
UNNAMED_11	DIELECT...		FR4_epoxy	21	15.7
ART06	METAL	POSITIVE	copper	0.7	15
UNNAMED_13	DIELECT...		FR4_epoxy	7.5	7.5
POWER07	METAL	NEGATIVE	copper	0.7	6.8
UNNAMED_15	DIELECT...		FR4_epoxy	5	1.8
BASE	METAL	POSITIVE	copper	1.8	0
UNNAMED_17	DIELECT...		air	0	0

图 2 子卡单板改进优化后的层叠及层间距

通过对改进前后的单板进行谐振分析和阻抗分析对比，无论是相同谐振频点的谐振幅度还是相同位置的平面阻抗，层间距优化后的板级电源分配系统的电源完整性得到了很大的改善。

图 3 为改进前的 859MHz 谐振频点二维平面图，其谐振幅度和 Q 值均较大。

姓名：杨仁德、俞重八

电话：15001992303

网址：<http://www.jiayansi.com>

上海佳研仿真工作室竭诚为您服务！

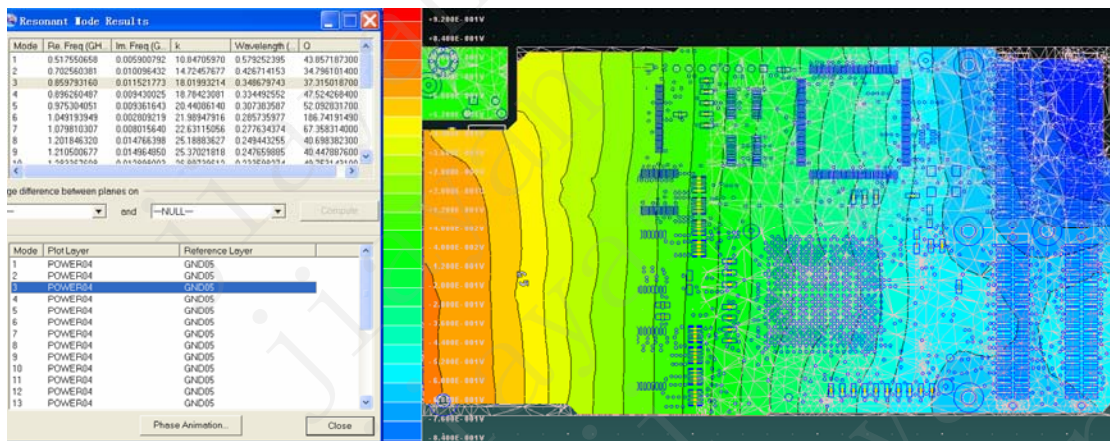
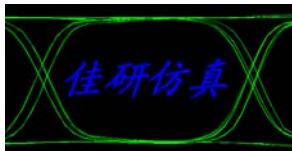


图 3 改进前的 859MHz 谐振频点二维平面图

图 4 为改进后的 882MHz 谐振频点二维平面图，该谐振频点为改进前的 859MHz 谐振频点漂移而来，相对于改进前的谐振幅度已得到了极大的改善。

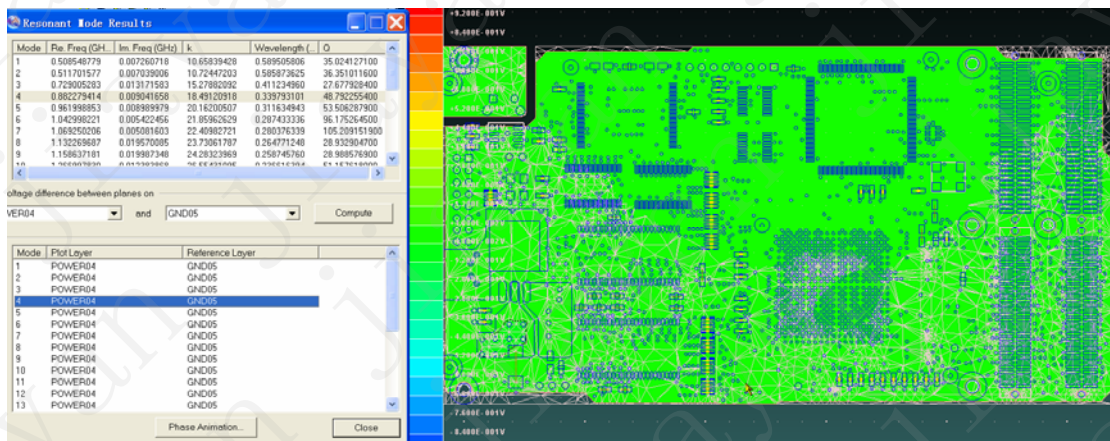


图 4 改进后的 882MHz 谐振频点二维平面图

我们在单板改进前后的 3.3V IO 电源平面上相同位置添加 PORT 端口以进行阻抗仿真分析，并对比单板改进前后的 3.3V IO 电源平面上相同位置的阻抗仿真结果。如图 6 为单板改进前的 VCC3V3_3 端口的阻抗；图 7 为单板改进后的 VCC3V3_3 端口的阻抗；图 8 为单板改进前后的 VCC3V3_3 端口阻抗拟合图。从图 7 的拟合图中我们可以直观看出以下几点：

姓名：杨仁德、俞重八
电话：15001992303
网址：<http://www.jiayansi.com>

上海佳研仿真工作室竭诚为您服务！

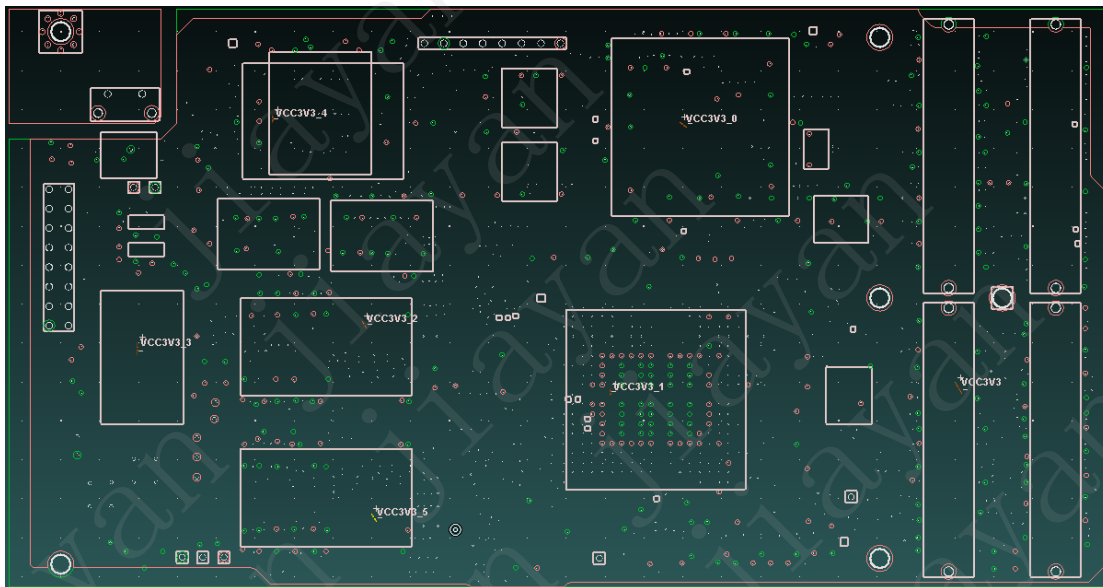
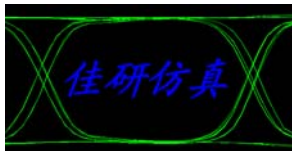


图 5 子卡阻抗端口添加位置图

- 1) 在 5MHz~1.25GHz 频域区间内，改进后相对于改进前的 VCC3V3_3 端口阻抗有了较大的改善，特别是高频阻抗得到了较大的改善。
- 2) 阻抗极大点亦即谐振频点，我们也可以从改进前后的阻抗曲线对比中直观看出，改进后的谐振频点有所漂移，谐振幅度得到了较大改善；
- 3) 与图 3、图 4 的谐振分析结果进行关联分析，改进前的 859MHz 频点谐振幅度较大，改进后对应的漂移谐振频点 882MHz 其谐振幅度较小，这在图 7 的拟合图中也可以直观体现。

姓名：杨仁德、俞重八
电话：15001992303
网址：<http://www.jiayansi.com>

上海佳研仿真工作室竭诚为您服务！

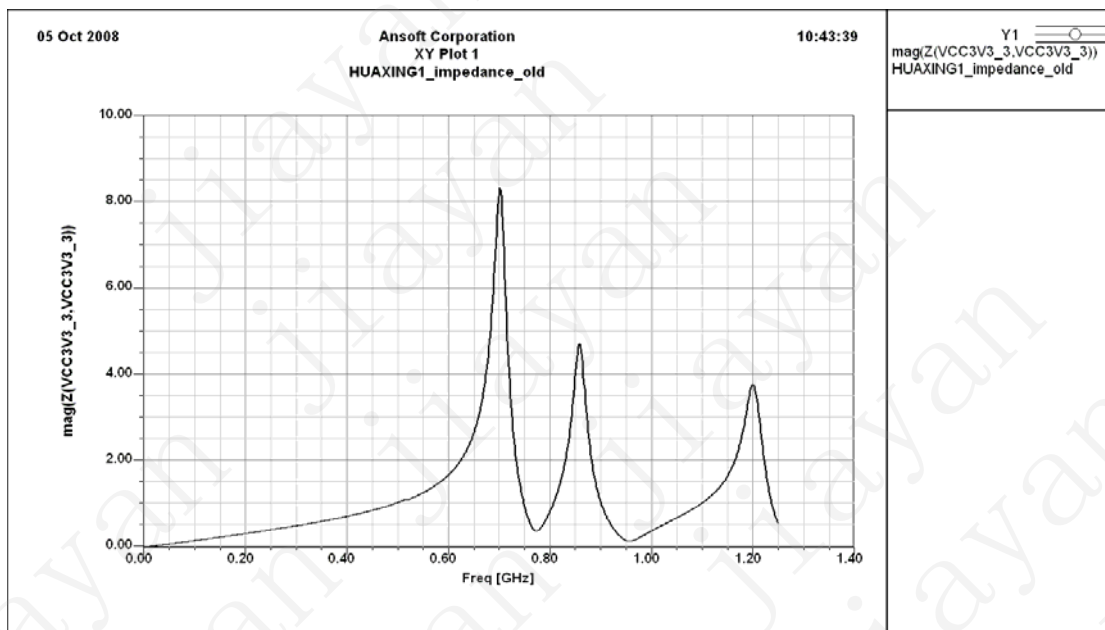
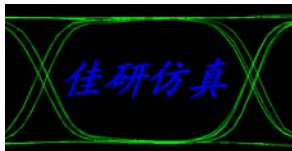


图 6 单板改进前的 VCC3V3-3 端口的阻抗

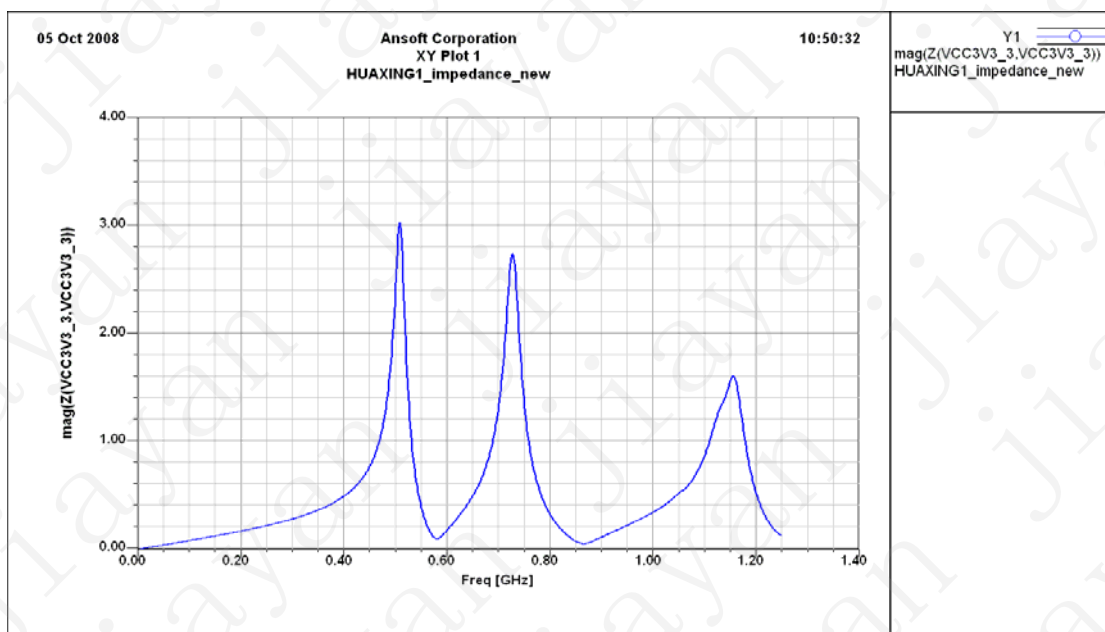


图 7 单板改进后的 VCC3V3-3 端口的阻抗

姓名: 杨仁德、俞重八
电话: 15001992303
网址: <http://www.jiayansi.com>

上海佳研仿真工作室竭诚为您服务!

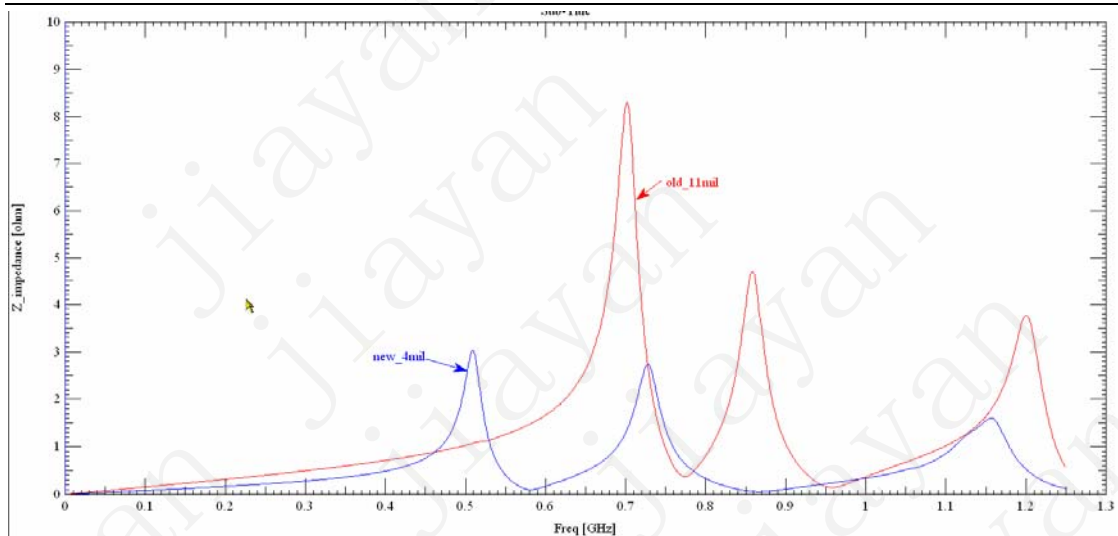
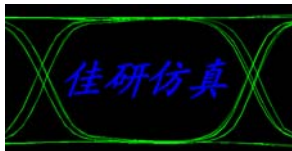


图 8 单板改进前后的 VCC3V3_3 端口阻抗拟合图

三、改进效果

我们仅仅对层间距进行了调整，经对回板后的改进版进行测试发现，改进后的 3.3V IO 电源平面噪声得到了较大的抑制，特别是频域的高频噪声得到了极大的抑制，板内干扰及系统不稳定现象得以顺利解决。

上海佳研仿真工作室

<http://www.jiayansi.com>

姓名：杨仁德、俞重八
电话：15001992303
网址：<http://www.jiayansi.com>

上海佳研仿真工作室竭诚为您服务！