

强调仿真分析确保高性能 PCB 一板成功

天津八三五八研究所

张瑞

[摘要]

本文介绍了 Mentor 软件在我所某产品数字控制电路设计中的应用。设计中通过 Mentor 软件对电路关键信号的仿真和设计，保证了信号完整性。通过新软件的使用，带来了新的设计理念，缩短了产品的开发周期，减少了开发成本。

[关键词]

Mentor; 信号仿真; 信号完整性;

一、引言

在硬件设计中，信号完整性（SI）问题已经成为硬件工程师面临的越来越大的挑战，而且在我们的设计实践中，越来越深切地体会到，即使在工作频率低至几十兆的电路中，因为电路中存在电路翻转在纳秒级的高速芯片，电路中仍然会产生严重的过冲、欠冲、振铃等信号完整性和电磁兼容性的问题，如果不能解决这些问题，一个在其它方面非常优秀的设计就有可能失败。在传统的设计方法中解决这些问题，往往要带来大量的设计反复，造成资源和时间的大量浪费。而利用 EDA 软件进行前仿真和后仿真，则可以在设计阶段就将这些问题解决，提高电路的一板成功率。而 Mentor 推出的 HyperLynx 软件就是这些 EDA 工具中的佼佼者。本文就将介绍利用这一软件包如何解决我所某型号产品的数字控制电路设计中遇到的问题。

二、设计概要

该型号的数字控制电路是整机系统中随动控制系统的核心电路，工作条件比较恶劣，这就要求电路具备更高的稳定性和可靠性，这就为电路的信号完整性提出了更高的要求。该电路是一个数字模拟混合电路。模拟电路部分通过光电耦合

器件与数字电路部分做到完全的隔离，信号完整性的问题主要集中在数字电路的 DSP 小系统部分。数字部分 DSP 小系统的组成框图如下：

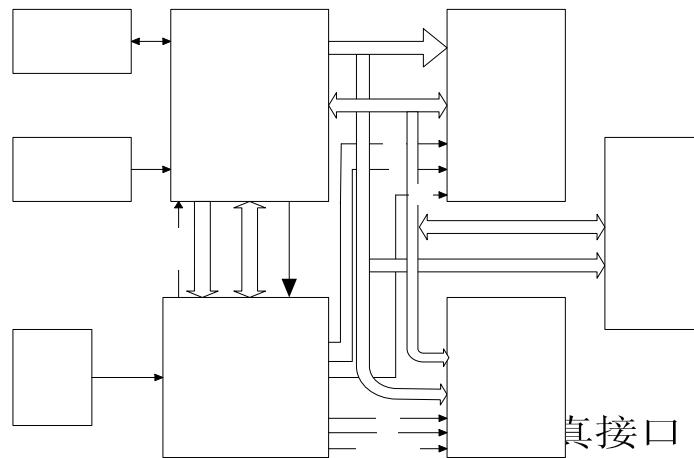


图 1 . DSP 最小系统组成框图

DSP

根据电路的设计需要，DSP 采用 TI 的 TMS320C32，时钟频率 50M，外部总线频率 25M。电路速度并不快，但是电路板要求工作在强振动环境下，板上有加固用的结构件，这个电路板的布局布线造成了很多限制，并且不可避免的造成信号线布线长度较长，经过大体估算，一些关键信号线如低位数据线，布线长度将超过 10 英寸。在这样的长度上，25M 的信号也会产生明显的传输线效^[1]果。而且外挂芯片种类比较多，除上图最小系统包含的芯片，电路的数据和地址总线上另有一片双口 RAM 与其他电路进行通讯。芯片种类较多给 PCB 的阻抗匹配带了很多困难。这些问题必然带来一系列信号完整性的挑战，我们就要借助 EDA 软件在设计阶段分析和解决信号完整性问题。

Res^t
Data
Adr^s
SS^e
位
电
路
逻辑译码

三、 主要应用

在设计中首先对 PCB 板进行初步规划，确定电路板层数，和各个板层的信号分布，初步规划后应用 Mentor 软件中的 HyperLynx 软件包来调整各个板层的厚度、信号层上的线宽和线间距。通过不断协调这三者之间的关系，保证各层传输线阻抗的一致性，电路各层的阻抗基本在 50Ω 左右^[2]。

初步规划后，做电路板的初步布局，确定电路采用的拓扑结构和各个芯片的位置。布线采用并行菊花链拓扑结构。采用这种拓扑结构主要是考虑到在本电路

的实际布线中操作性比较强，实现比较容易。另外这种拓扑结构在控制走线的高次谐波干扰方面效果比较好。根据初步布局用 Mentor 的 LineSim 画出电路的几个关键网络的拓扑结构模型并进行仿真。

下面以电路的数据线 D0 为例，论述在电路仿真中出现的问题和解决方法。D0 的网络拓扑结构如图 2。以 DSP 为驱动芯片仿真后电路信号输出的波形如图 3。从仿真波形上看，虽然信号的频率并不高，几个芯片的信号上仍然产生了较大的过冲和振铃。这么强的过冲一方面可能对芯片输入电路级造成损伤甚至失效，形成较大的可靠性隐患，一方面也形成强烈的电磁干扰。^[3]

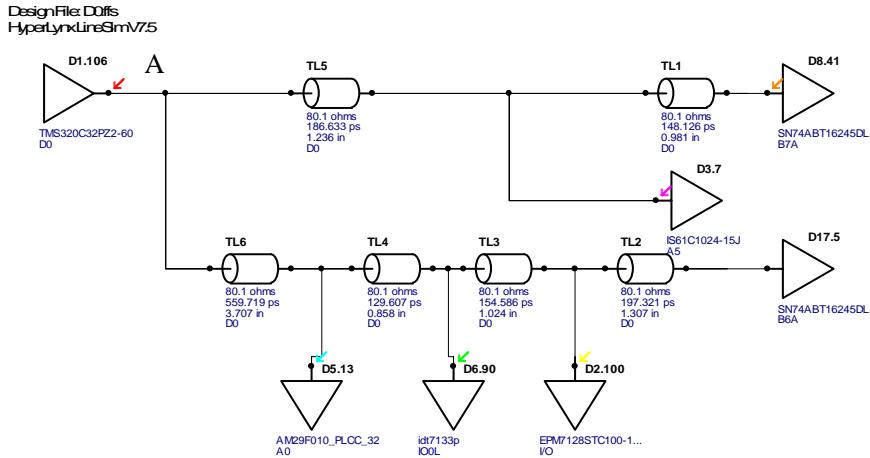


图 2 信号 D0 的拓扑结

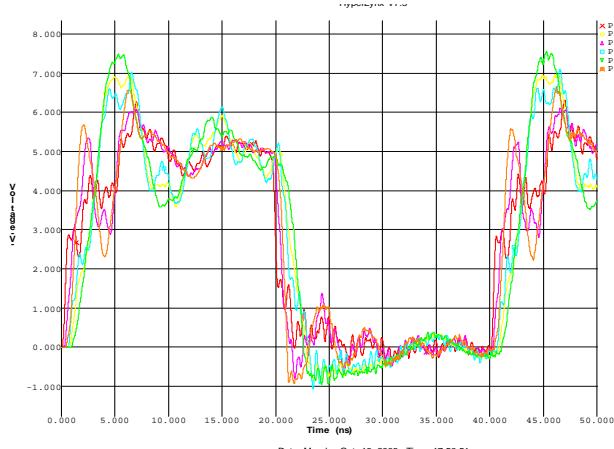


图 3 信号 D0 的仿真波形

初步分析这个电路，传输线的布线长度较长是产生传输线效应的主要原因，另外信号在传输过程中的不均匀也是引起的电路中上升/下降沿过冲、振铃的主要原因。

要因素。在这个电路中，总线上芯片的种类比较多，在每个芯片的输入端都是阻抗不连续的地方，阻抗不连续必将产生信号反射^[4]。这些反射信号的能量相互叠加，形成信号振铃和过冲。另外采用并行菊花链的拓扑结构，两个支路的反射信号能量并不均衡，在接合点 A 处相互影响，也是产生问题的主要原因。根据这个分析，我们采用在结合点 A 处采用源端端接的方式。具体端接方式如图 4 所示，Hyperlynx 提供一种独特的功能就是终端匹配向导（Terminator Wizard），可以非常方便地找出最合适的方式以及匹配元器件值，根据分析结果最终确定两个支路分别端接 51Ω 的电阻。再次仿真后得到图 5 的波形。在这组波形中可以看出，电路中大的过冲已经消除，振铃也大大减轻。虽然芯片的一些信号的上升时间加长，但仍能满足系统时序的要求。根据芯片的实际使用情况更改驱动芯片后仍能得到比较理想的驱动波形。通过相似的步骤进行仿真调试可以确定其他关键网络的拓扑结构，布线参数和端接电阻。

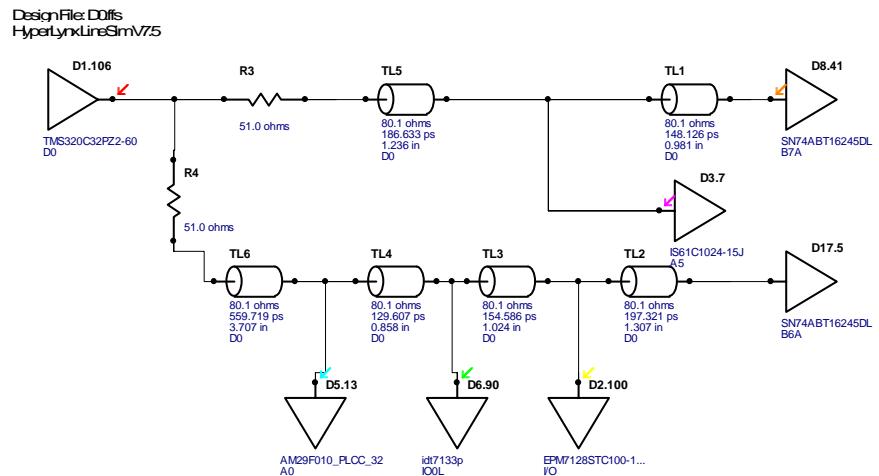


图 4 信号 D0 端接后的拓扑

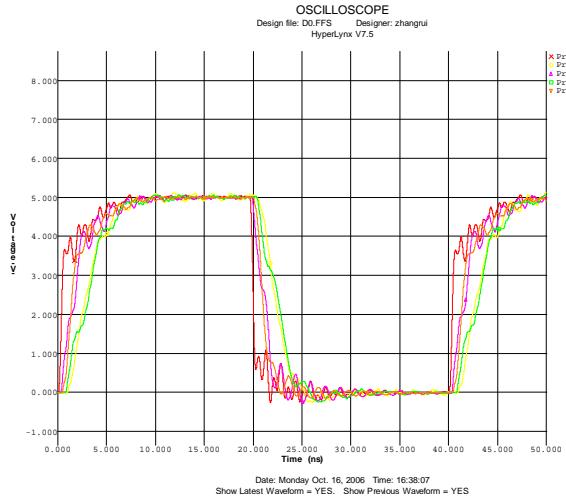


图 5 信号 D0 端接后的仿真波

这样通过 HyperLynx 的 LineSim 在 PCB 布线前的仿真分析我们就得到了适合本电路的一套关键网络的叠层结构、布线阻抗、和布线规则（拓扑结构、线长约束、线宽、线间距等）。在 Mentor 的原理图设计软件 DxDesigner 中添加这些约束，可以随同网表导入到对应的 PCB 环境，在 Mentor 的 Expedition PCB 的支持下实现规则驱动布线。Expedition PCB 有非常详细的布线规则设置，可以定义不同的网络类，对不同的网络类，实行不同的布线规则设置，定义不同的拓扑结构、线宽、线长等约束。这些功能都保证了在前仿真阶段设计的各个要求都能顺利的实现。PCB 布线完成后还可以在 HyperLynx 中的 BoardSim 中进行电路板的后仿真检查，确认前仿真中的各项信号完整性的考虑是否真正实现。这样在投板前就对电路板的信号质量有了一个比较准确的预测，极大保证了电路板设计的一次成功。

Mentor 的 PCB 及仿真工具为我们的设计提供了强有力的技术保障，将问题解决在 PCB 生产前，最后电路板设计一次成功，现在已经进入到了批量生产阶段。

四、结论：

通过 Mentor 软件提供的一套完整的前期网络结构规划、阻抗设计、规则定义、规则驱动布线及最终的板级验证的环境。使我们在 PCB 设计中提早发现和解决了问题，避免了设计反复，提高了产品的设计质量。新的设计软件也为我们带来了新的设计思想，新的设计方法提高了设计水平。

参考文献

- [1] Howard Johnson , Martin Graham.“High-Speed Digital Design”.Beijing:Publishing House of Electronics Industry Jan 2003, pp.7-8
- [2] Mentor Graphics.“Hyperlynx LineSim User Guide” 2006
- [3] Stephen C.Thierauf.“High-Speed Circuit Board Signal Integrity”.London:Artech House Publishers
- [4] Howard Johnson, Martin Graham.“High-Speed Digital Design”.Beijing:Publishing House of Electronics Industry Jan 2003, pp.160-170

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。

易迪拓培训课程列表：<http://www.edatop.com/peixun/rfe/129.html>



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>

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>



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>

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 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书，课程从基础讲起，内容由浅入深，理论介绍和实际操作讲解相结合，全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程，可以帮助您快速学习掌握如何使用 HFSS 设计天线，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程，培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合，全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作，同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习，可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试…



详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.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>