

**LMH0302,LMH0303,LMH0307,LMH0340,LMH0341,  
LMH0344,LMH0384**

*Application Note 1972 Board Layout Challenges in Serial Digital Interface*



Literature Number: ZHCA380

# 串行数据接口中电路板布线面临的挑战

美国国家半导体公司  
应用笔记1972  
Tsun-Kit Chin  
2009年9月13日



## 1.0 概述

电视和电影已进入数字时代。视频图像过去在标准定义的速率（270Mb/s）下传输，后升级到高定义速率（1.485Gb/s），而目前正向3Gb/s的速率上移植。更高的传输速度使娱乐用高精度画面成为现实，不过也给硬件工程师和结构布局工程师等提出了挑战。国家半导体提供的多速率SDI集成电路系列支持高性能专业级的长距离视频传输。为了保持这些集成电路提供的超级信号质量，应该细心设计高速电路板。规定串行数字接口的SMPTE标准定义了SDI设计的需求和挑战。这个应用笔记概述了硬件工程师面临的布板挑战，提供了处理这些挑战的建议。

## 2.0 走线宽度与电路板叠层

在SDI板中遇到的独特的布局挑战之一是芯片间数字视频信号的75Ω走线和100Ω差分走线共存的问题，这个100Ω差分走线连接重复计时器（reclocker）、SER/DES或FPGA，他们都需要更细的走线宽度。图1是LMH0302电缆驱动器的原理图，其输入接100Ω走线，输出接75Ω走线。通常两种形式的走线都在上层即元件所在层布线。适用于75Ω的线宽在100Ω的走线中可能会太宽。

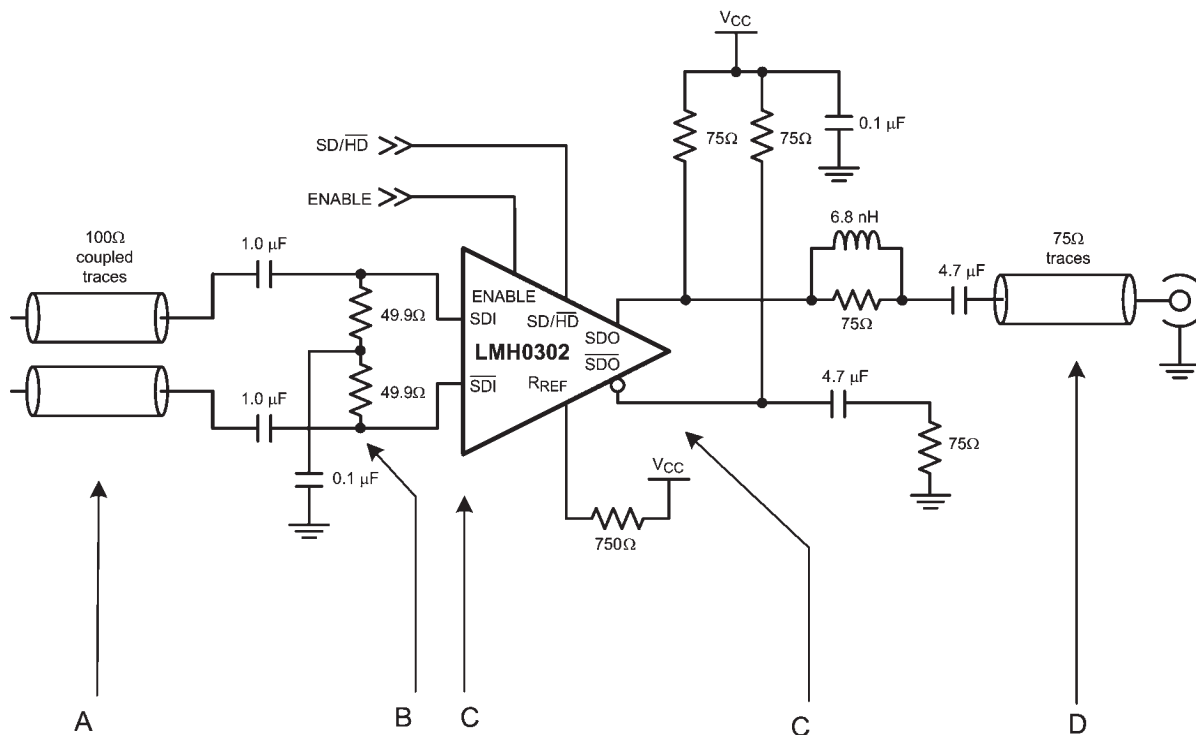
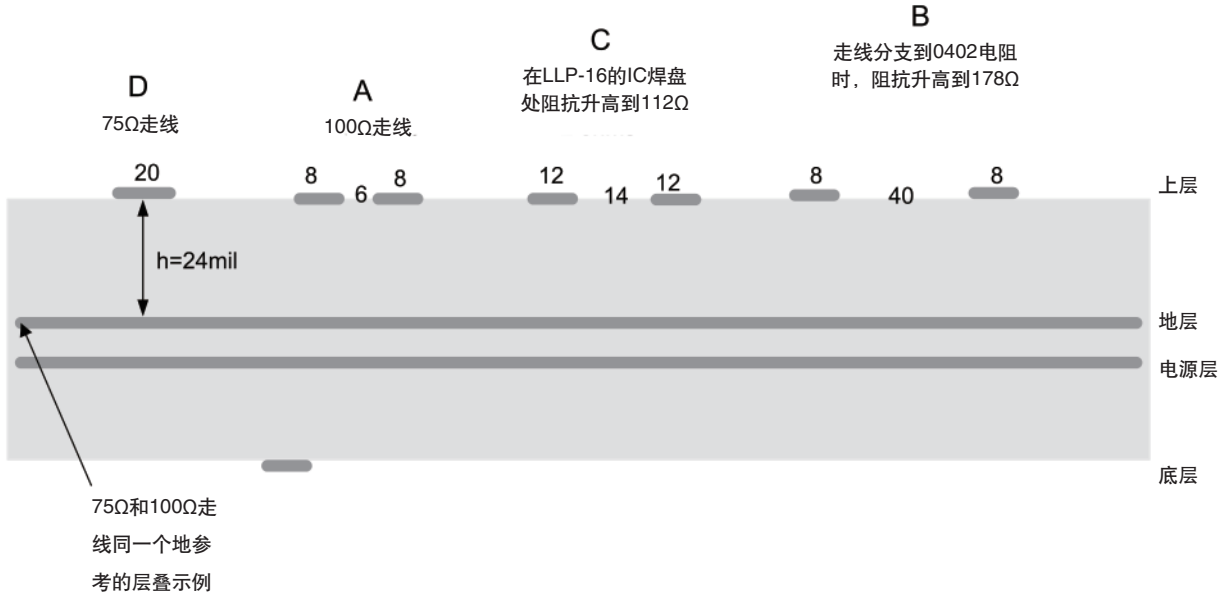


图1 LMH0302电缆驱动器的原理图

30097411

什么是正确的走线宽度？一个6mil宽的微带在1.5GHz下的传输损耗大概是0.3dB/英寸。低于3Gb/s的SDI速率，铜损很小，在选择线宽时不会有太大影响。因为有几个被动元件挂在75Ω走线上，其走线宽度应相当于这些元件的连接焊盘，以将大焊盘引起的阻抗降低的影响降到最小。出于同样原因，应使用具有最小物理尺寸的表贴元件。0402尺寸的被动元件需要的连接焊盘约为20x25mil，所以对于75Ω走线宽度在15~25mil之间最佳。如果75Ω走线宽度为20mil，那么

单端50Ω走线的宽度将为42mil。幸运的是，对于100Ω差分对线，可以使用6mil隔离，宽度为8mil的微带，这些微带紧密耦合且具有强互耦特性，同时可以带来100Ω的阻抗。图2显示了这种实现的层叠示例。不幸的是，在对进/出IC、外部端接电阻或交流耦合电容的走线对进行布线时，不可能维持一致的间距。引出分支到这些元件上会断开耦合并且阻抗会升高。图2解释了走线的阻抗和分支在IC连接焊盘与0402尺寸的电阻上产生的影响。

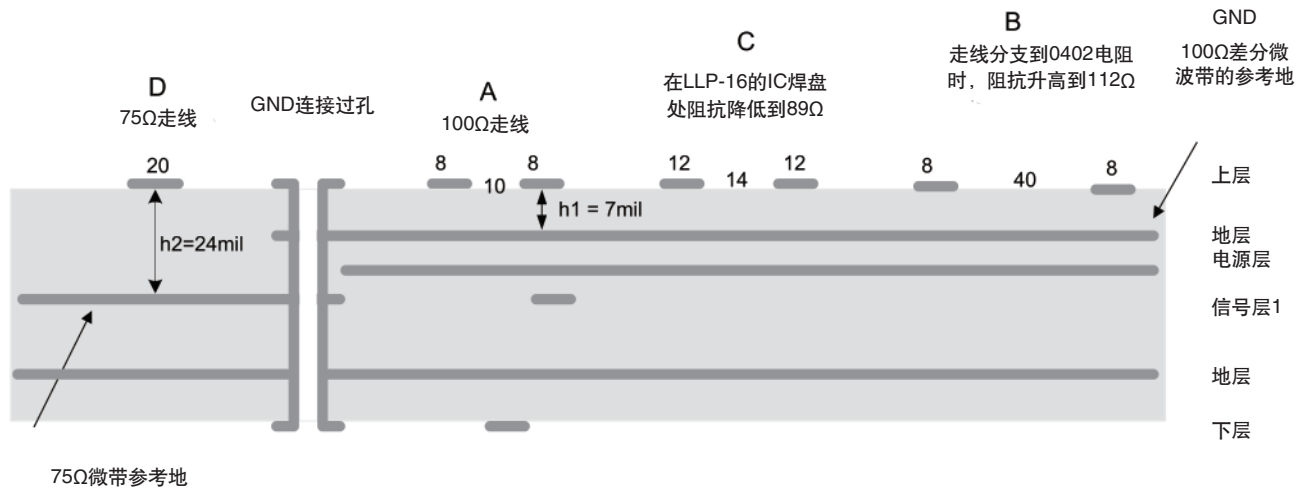


30097412

图2 75Ω和100Ω走线同一个地参考的层叠示例

这个问题可以通过使用两个分开的参考地来解决。图3显示了改进的电路板叠层，使用层2作为10mil隔开、宽度为8mil的松耦合走线的参考地，使用层4的一部分作为75Ω的参考地。两个参考地通过一些地层过孔电气上连接到一起。这个板子的叠层允许通过调整介质距离h2来自由选择75Ω走线

的宽度，或通过h1来自由选择100Ω走线的宽度。松耦合的100Ω走线分支到元件和集成电路时，这种设计具有较小的阻抗影响。如图3所示，75Ω走线的参考地是从层4分出的一个金属岛。



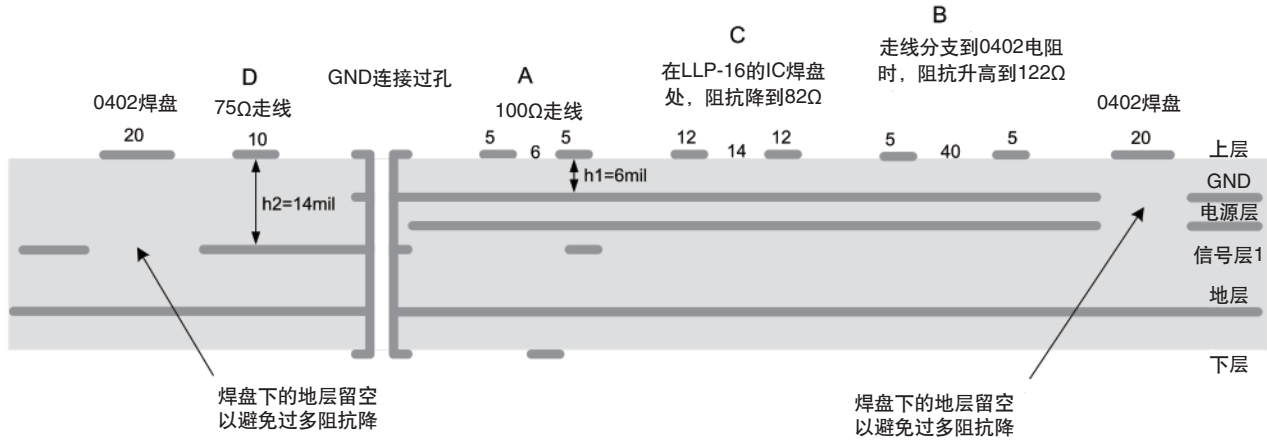
30097413

图3 75Ω和100Ω走线分立参考地的叠层示例

### 3.0 外部元件的影响

在某些场合下，强烈需要非常细的走线宽度，需要考虑连接到细走线的大元件焊盘引起的阻抗降的数值。图4是这种板叠层的一个示例。这种叠层中，10mil宽75Ω的走线以层4为参考地。0402尺寸电阻的20mil宽焊盘引入了过大的容抗，并引起阻抗在焊盘点从75Ω降到约57Ω。相似地，连接到5mil

宽差分微带对线上的20mil焊盘会导致阻抗从100Ω降到74Ω。为了补偿由元件焊盘引起的过多阻抗降，在焊盘下面使用地线避让措施来消除过多的寄生电容，使得阻抗更接近于目标值。图4说明了通过移去元件焊盘下地层中的导体来实现的这种技术。



30097414

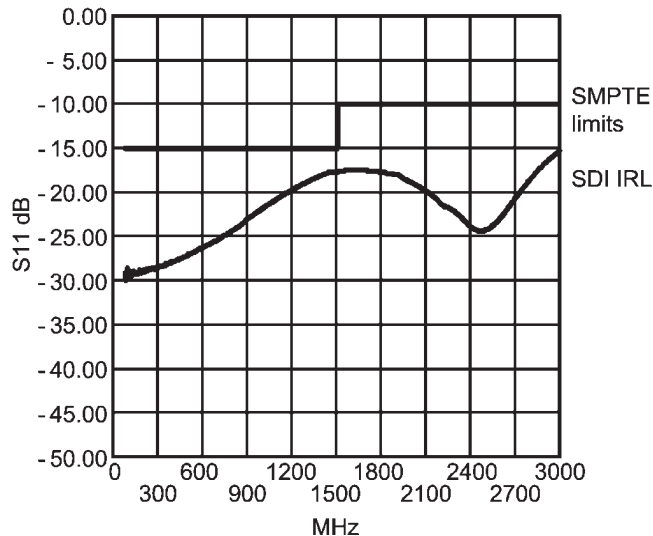
图4 可能需要焊盘下地层避让的细走线叠层示例

## 4.0 回波损耗的挑战

SMPTE 259M, 292M和424M标准规定了使用同轴电缆在SD, HD和3Gb/s下传输数字视频的串行数字接口的要求。要求之一是输出信号幅值为 $800\text{mV} \pm 10\%$ 。这个幅值公差必须满足 $75\Omega \pm 1\%$ 的外部端接电阻, 而不是宽误差集成端接。另一个要求是输入回波损耗 (IRL) 和输出回波损耗 (ORL), 他们基本上定义了输入或输出端口是如何看起来像 $75\Omega$ 网络的。图5表明SMPTE在回波损耗规格和SDI端口的输入回波损耗方面的要求。

SMPTE回波损耗要求使用外部阻抗平衡网络, 包括一个电感和 $75\Omega$ 电阻的并联组合, 来抵消集成电路的输入或输出电路带来的容抗效应。SMPTE也定义了传输严重直流不平衡的非压缩比特流的交流耦合的使用。这种规定需要使用相当大的交流耦合电容 ( $4.7\mu\text{F}$ ) 避免低频直流偏移。

这些SMPTE的要求意味着有数个元件挂在集成电路与BNC端子之间的走线上。这些外部元件使得高速板子的布线更有挑战性。每个元件焊盘将会引入一定数量的阻抗不连续, 这将影响与 $75\Omega$ 匹配的总阻抗, 这些元件的位置在满足回波损耗要求时也很关键。



30097415

图5: SDI端口的输入回波损耗 (IRL) 和SMPTE的限制值

## 5.0 布线指导

对于SDI板, 数据流低于 $3\text{Gb/s}$ , 而数据转换时间高于 $100$ 皮秒。SDI板子布局的挑战不是速度, 而是设计布线策略-----如何将 $75\Omega$ SDI端口的许多外部元件引起的、或同时支持 $75\Omega$ 和 $100\Omega$ 的走线板子的叠层引起的阻抗不匹配降到最小。通过如下一些简单的布局指导, 我们可以满足这些挑战。

- 设定走线阻抗为 $75\Omega \pm 10\%$ ,  $100\Omega \pm 10\%$
- 使用最小尺寸的表贴元件
- 使用最小尺寸的元件焊盘, 将走线阻抗的不连续性降到最小
- 选择走线宽度将信号路径上的阻抗不匹配降到最小
- 选择支持 $75\Omega$ 单端线和 $100\Omega$ 松耦合差分走线的板子叠层
- 使用表贴封装陶瓷电容和RF信号电感
- 在最接近IC的地方放置影响回波损耗的元件 (端接电阻, 阻抗平衡网络)

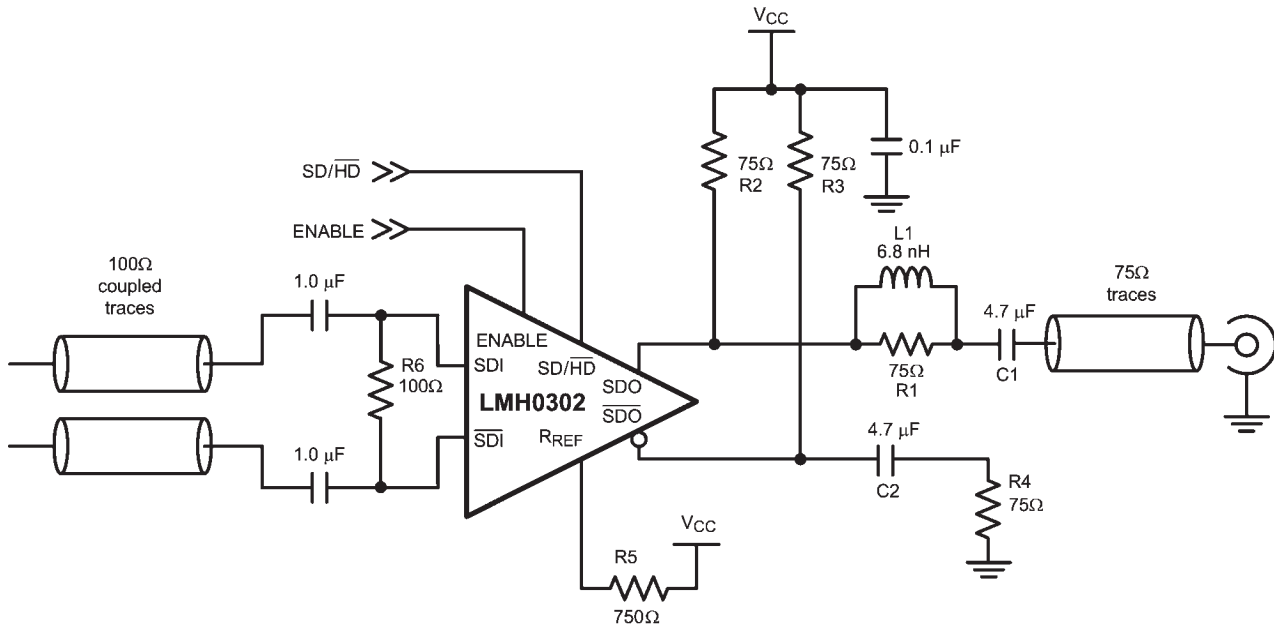
- 互补信号保持对称
- $100\Omega$ 走线采用对线 (保持走线上的走线宽度和线间距离相同)
- 避免突然弯折, 使用 $45$ 度或者曲线弯折
- 沿信号路径, 识别外型变化并评估相应的阻抗变化
- 使用好的信号发射给BNC端子, 仔细设计端子封装以保持 $75\Omega$ 阻抗
- 使用实心层。如果需要地避让来去除过大的寄生容抗, 应仔细使用; 使用3D仿真工具来指导布局
- 采用最短路径来连接 $V_{CC}$ 和地; 通过过孔且不能通过导线连接到引脚上

## 6.0 布线举例——国家半导体的 LMH0302多速率电缆驱动器

图6给出了国家半导体LMH0302 3Gb/s/HD/SD SDI电缆驱动器的原理图，图7给出概念布局图。本例中采用图2所示的叠层。层2是连接SDI+和SDI-输入引脚的8mil宽的100Ω差分走线的参考地。100Ω端接电阻R6放置在最靠近输入引脚的位置以避免容性分支效应。层4上的金属岛用作75Ω走线的地层。两个参考地通过元件DAP连接的接地过孔连接在一起。

75Ω端接电阻R2和R3放置在尽可能靠近驱动器输出引脚SDO+和SDO-的位置。阻抗匹配元件L1和R1靠近输出引脚SDO+放置，可以对驱动器的输出容抗进行最有效的补偿。

这个设计使用0402尺寸的元件将以层4为参考的20mil宽带布线的75Ω走线的阻抗变化降到最小。BNC的封装应具有好的信号发射以保持良好的回波损耗。



30097416

图6 LMH0302电缆驱动器的原理图

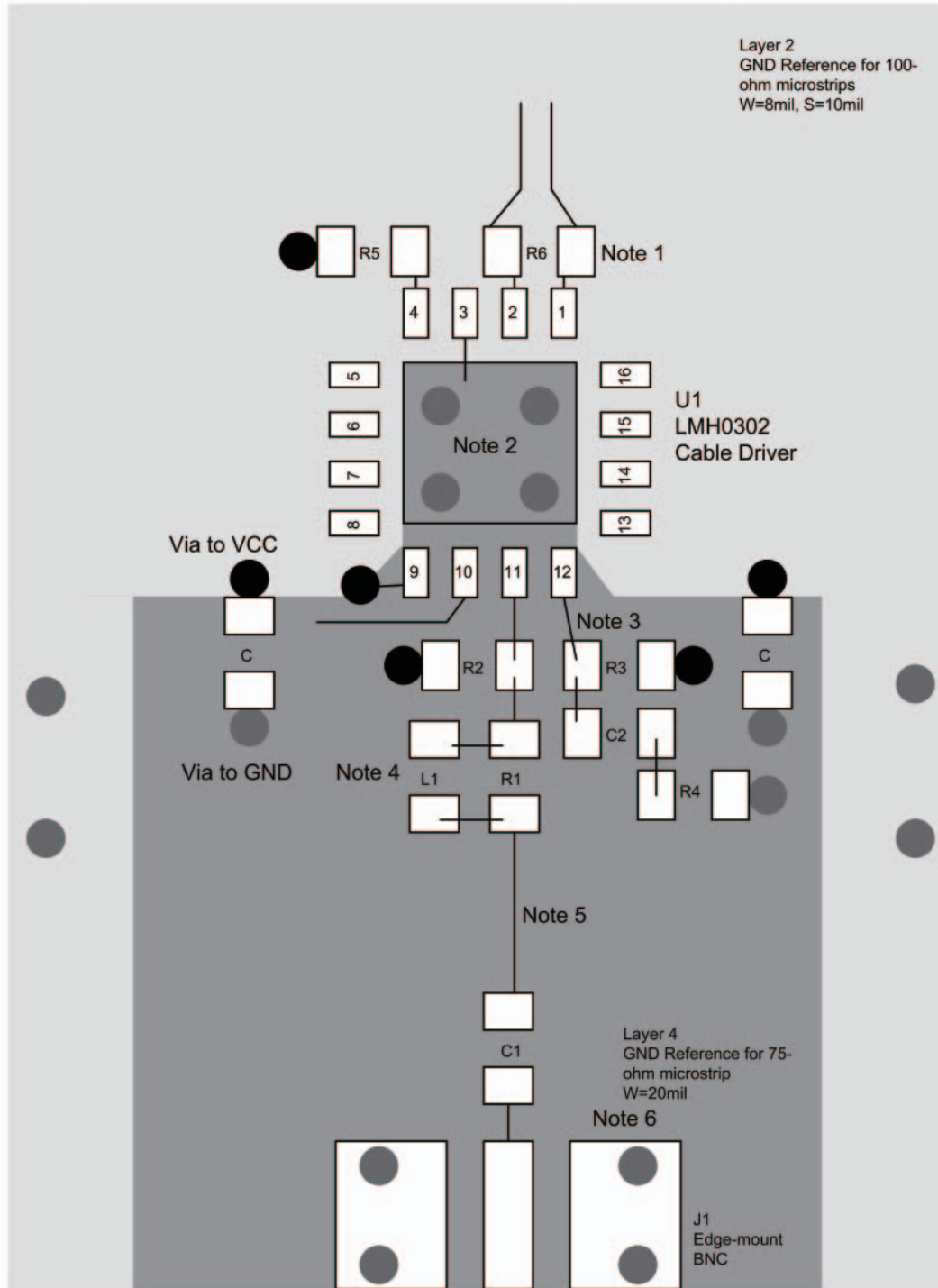


图7 LMH0302电缆驱动器的推荐布局（显示了信号路径和电源连接）

- 注释1—100Ω的接收端接电阻R6靠近IC引脚放置。750Ω的电阻R5靠近IC引脚放置。使用以层2参考地的100Ω差分阻抗耦合线。
- 注释2—层2和层4的GND连接。
- 注释3—75Ω的驱动器端接电阻R2，R3靠近IC引脚放置。
- 注释4—L1，R1阻抗匹配网络靠近SDI+ 放置。
- 注释5—使用以层4为参考地的75Ω受控阻抗线。使用

0402尺寸的元件。使用15-25mil的线宽将由较大元件焊盘引起的阻抗跌落降低到最小。

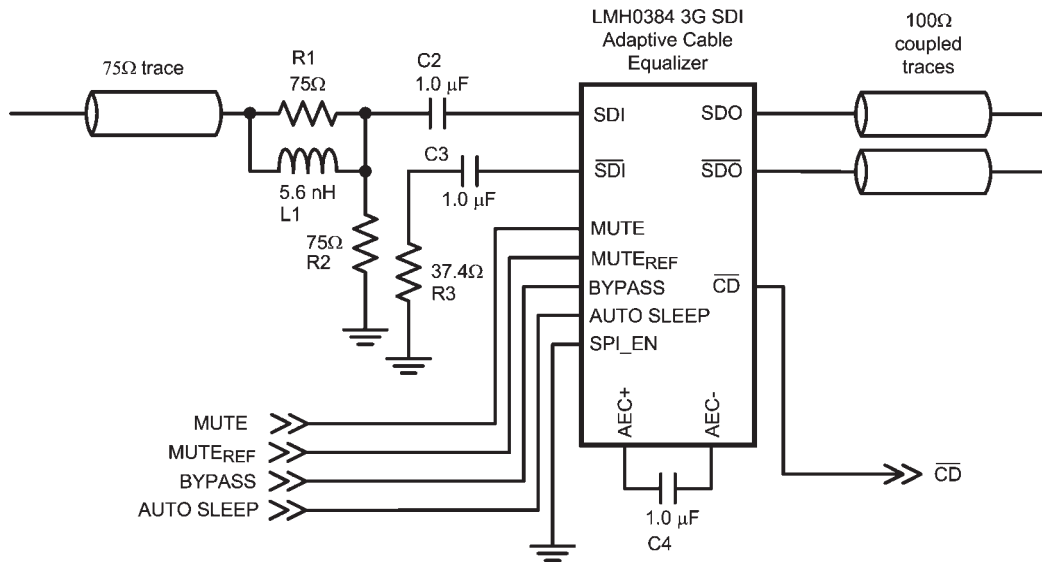
- 注释6—BNC使用75Ω受控阻抗封装。

## 7.0 布线示例——国家半导体 LMH0384 多速率自适应均衡器

图8给出了国家半导体LMH0384 3Gb/s/HD/SD SDI自适应均衡器的原理图，图9给出概念布局图。本例中采用图2所示的叠层。层2是连接SDI+和SDI-输入引脚的8mil宽100Ω差分走线的参考地。远端100Ω端接电阻R4放在在最靠近接收集成电路（未显示）的输入引脚处。层4上的金属岛用于作为75Ω走线的地层。两个参考地通过元件DAP连接的接地过孔连接到一起。交流耦合电容C2放置在最靠近SDI+输入引脚处。阻抗匹配元件L1和R1通过C2靠近输出引脚SDI+处，75Ω端接电阻R2放置在C2之后以将分支效应降到最小。

这个设计中使用0402尺寸的元件来将以层4为参考的

20mil宽微带布线的75Ω走线的阻抗变化降到最小。BNC的封装应具有好的信号发射以保持良好的回波损耗。



30097418

图8 LMH0384自适应均衡器LMH0384的原理图



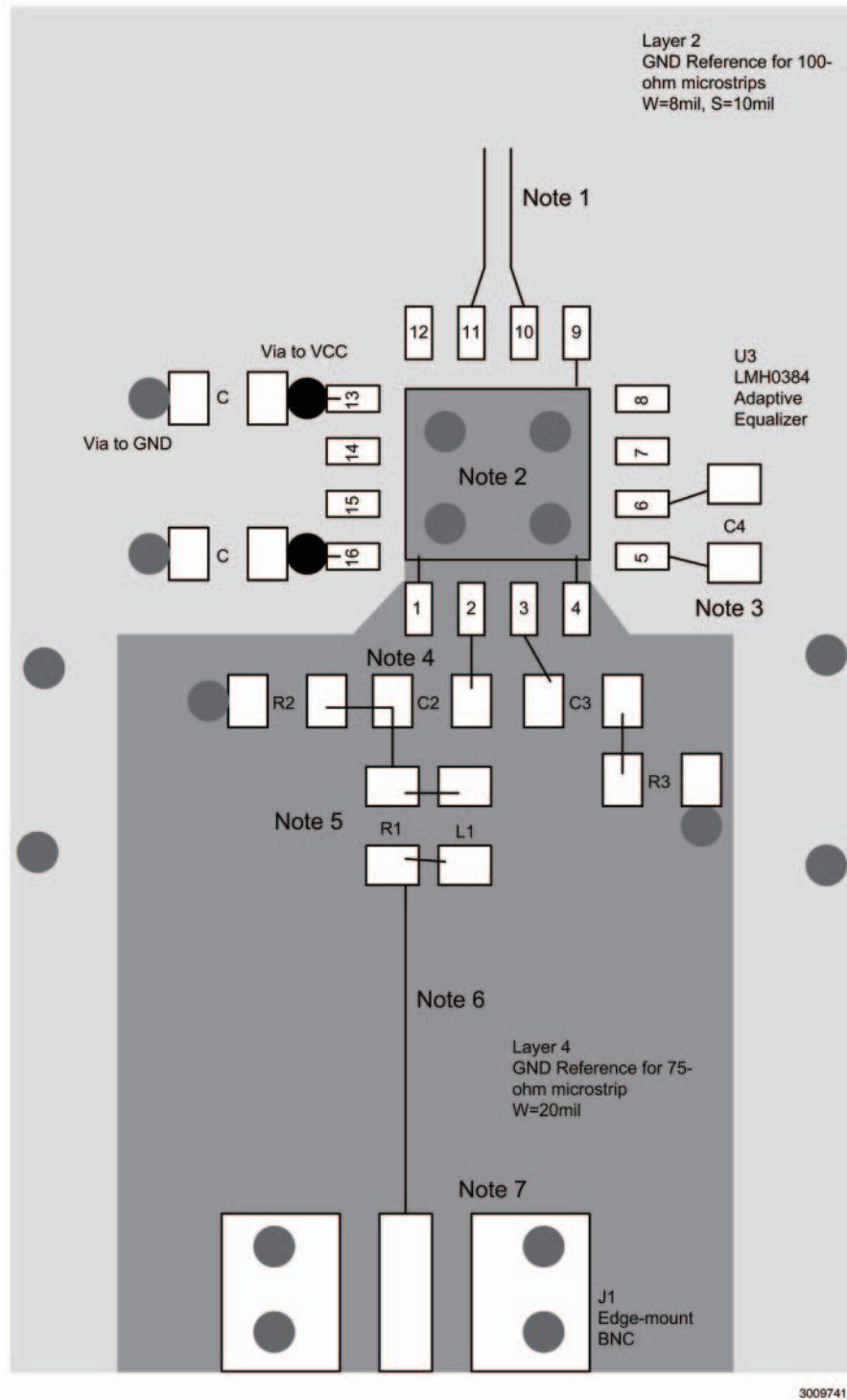


图9 LMH0384自适应均衡器的推荐布局（显示了信号路径和电源连接）

- 注释1—使用以层2参考地的100Ω差分阻抗耦合线。
- 注释2—层2和层4的GND连接。
- 注释3—C4放置在接近引脚5、6处。
- 注释4—C2放置在最接近IC输入引脚处。75Ω的接收端接电阻R2放置在C2之后。
- 注释5—L1, R1阻抗匹配网络靠近SDI+和C2放置。
- 注释6—使用以层4为参考地的75Ω受控阻抗线。使用0402尺寸的元件。使用15-25mil的线宽将由较大元件焊盘引起的阻抗跌落降低到最小。
- 注释7—BNC使用75Ω受控阻抗封装。

## 8.0 结论

SDI板布局的挑战是设计出一种布局策略，这种策略可以使75ΩSDI端口上很多外部元件造成的阻抗失配降低到最小。通过使用与被动元件的连接焊盘具有相当宽度的75Ω微带走线，实现将阻抗不连续降到最低的目标。使用第二层地参考就可以自由选用更细的走线宽度对连接到多引脚IC上的100Ω差分走线进行布线。建议沿信号路径查找因布局结构变化造成的阻抗变化，从而设计出可以减小过量感抗或容抗的方式，以维持目标的特性阻抗。遵循少量的简单布局指导，可以设计出满足SDI回波损耗并保持高信号保真度的板子。本应用笔记描述的布局原理适用于所有SDI电缆驱动器和均衡器，例如均衡器：LMH0344、LMH0384，电缆驱动器：LMH0302、LMH0303和LMH0307以及串行器LMH0340、解串器LMH0341等。

## 9.0 参考文献

1. SMPTE标准是动态图像和电视工程师学会出版的标准，这些标准有：
  - SMPTE 259M-2006：SDTV数字信号/数据 - 串行数字接口
  - SMPTE292M-1998：HDTV系统位串行数字接口
  - SMPTE 424M-2006：3Gb/s信号/数字串行接口
2. LMH0302、LMH0384和其它国家半导体集成电路的数据表可以在以下网址找到：  
[www.national.com/analog/interface/sdi/](http://www.national.com/analog/interface/sdi/)
3. 更多资料有关“针对高速子系统选取准确信号路径”，请浏览[www.national.com/analog/interface/sdi\\_technical\\_archive/](http://www.national.com/analog/interface/sdi_technical_archive/)

## 注释

欲了解有关美国国家半导体公司的产品和验证设计工具的更多信息，请访问以下站点：

产品		设计支持工具	
放大器	<a href="http://www.national.com/amplifiers">www.national.com/amplifiers</a>	WEBENCH®设计工具	<a href="http://www.national.com/webench">www.national.com/webench</a>
音频	<a href="http://www.national.com/audio">www.national.com/audio</a>	应用注解	<a href="http://www.national.com/appnotes">www.national.com/appnotes</a>
时钟及定时	<a href="http://www.national.com/timing">www.national.com/timing</a>	参考设计	<a href="http://www.national.com/refdesigns">www.national.com/refdesigns</a>
数据转换器	<a href="http://www.national.com/adac">www.national.com/adac</a>	索取样片	<a href="http://www.national.com/samples">www.national.com/samples</a>
接口	<a href="http://www.national.com/interface">www.national.com/interface</a>	评估板	<a href="http://www.national.com/evalboards">www.national.com/evalboards</a>
LVDS	<a href="http://www.national.com/lvds">www.national.com/lvds</a>	封装	<a href="http://www.national.com/packaging">www.national.com/packaging</a>
电源管理	<a href="http://www.national.com/power">www.national.com/power</a>	绿色公约	<a href="http://www.national.com/quality/green">www.national.com/quality/green</a>
开关稳压器	<a href="http://www.national.com/switchers">www.national.com/switchers</a>	分销商	<a href="http://www.national.com/contacts">www.national.com/contacts</a>
LDO	<a href="http://www.national.com/lldo">www.national.com/lldo</a>	质量网络	<a href="http://www.national.com/quality">www.national.com/quality</a>
LED照明	<a href="http://www.national.com/led">www.national.com/led</a>	反馈及支持	<a href="http://www.national.com/feedback">www.national.com/feedback</a>
电压参考	<a href="http://www.national.com/vref">www.national.com/vref</a>	简易设计步骤	<a href="http://www.national.com/easy">www.national.com/easy</a>
PowerWise®解决方案	<a href="http://www.national.com/powerwise">www.national.com/powerwise</a>	解决方案	<a href="http://www.national.com/solutions">www.national.com/solutions</a>
串行数字接口 (SDI)	<a href="http://www.national.com/sdi">www.national.com/sdi</a>	军事/宇航	<a href="http://www.national.com/milaero">www.national.com/milaero</a>
温度传感器	<a href="http://www.national.com/tempsensors">www.national.com/tempsensors</a>	SolarMagic™	<a href="http://www.national.com/solarmagic">www.national.com/solarmagic</a>
无线通信解决方案 (PLL/VCO)	<a href="http://www.national.com/wireless">www.national.com/wireless</a>	PowerWise®设计培训	<a href="http://www.national.com/training">www.national.com/training</a>

本文内容是关于美国国家半导体公司 (NATIONAL) 产品的。美国国家半导体公司对本文内容的准确性与完整性不作任何表示且不承担任何法律责任。美国国家半导体公司保留随时更改上述电路和规格的权利，恕不另行通知。本文没有明示或暗示地以禁止反言或其他任何方式，授予过任何知识产权许可。

美国国家半导体公司按照其认为必要的程度执行产品测试及其它质量控制以支持产品质量保证。没有必要对每个产品执行政府规定范围外的所有参数测试。美国国家半导体公司没有责任提供应用帮助或者购买者产品设计。购买者对其使用美国国家半导体公司的部件的产品和应用承担责任。在使用和分销包含美国国家半导体公司的部件的任何产品之前，购买者应提供充分的设计、测试及操作安全保障。

除非有有关该产品的销售条款规定，否则美国国家半导体公司不承担任何由此引出的任何责任，也不承认任何有关该产品销售权与/或者产品使用权的明示或暗示的授权，其中包括以特殊目的、以营利为目的的授权，或者对专利权、版权、或其他知识产权的侵害。

#### 生命支持策略

未经美国国家半导体公司的总裁和首席律师的明确书面审批，不得将美国国家半导体公司的产品作为生命支持设备或系统中的关键部件使用。特此说明：

生命支持设备或系统指：(a) 打算通过外科手术移植到体内的生命支持设备或系统；(b) 支持或维持生命的设备或系统，其在依照使用说明书正确使用时，有理由认为其失效会造成用户严重伤害。关键部件是在生命支持设备或系统中，有理由认为其失效会造成生命支持设备或系统失效，或影响生命支持设备或系统的安全性或效力的任何部件。

National Semiconductor和National Semiconductor标志均为美国国家半导体公司的注册商标。其他品牌或产品名称均为有关公司所拥有的商标或注册商标。

美国国家半导体公司2009版权所有。

欲了解最新的产品信息，请访问公司网站：[www.national.com](http://www.national.com)。



National Semiconductor  
Americas Technical  
Support Center  
Email: [support@nsc.com](mailto:support@nsc.com)  
Tel: 1-800-272-9959

National Semiconductor  
Europe Technical Support Center  
Email: [europe.support@nsc.com](mailto:europe.support@nsc.com)

National Semiconductor  
Asia Pacific Technical  
Support Center  
Email: [ap.support@nsc.com](mailto:ap.support@nsc.com)

National Semiconductor  
Japan Technical Support Center  
Email: [jpn.feedback@nsc.com](mailto:jpn.feedback@nsc.com)

## 重要声明

德州仪器(TI) 及其下属子公司有权在不事先通知的情况下, 随时对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改, 并有权随时中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的硬件产品的性能符合TI 标准保修的适用规范。仅在TI 保证的范围内, 且TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非政府做出了硬性规定, 否则没有必要对每种产品的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了TI 产品或服务的组合设备、机器、流程相关的TI 知识产权中授予的直接或隐含权限作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成从TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于TI 的产品手册或数据表, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。在复制信息的过程中对内容的篡改属于非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任。

在转售TI 产品或服务时, 如果存在对产品或服务参数的虚假陈述, 则会失去相关TI 产品或服务的明示或暗示授权, 且这是非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类虚假陈述不承担任何责任。

TI 产品未获得用于关键的安全应用中的授权, 例如生命支持应用(在该类应用中一旦TI 产品故障将预计造成重大的人员伤亡), 除非各方官员已经达成了专门管控此类使用的协议。购买者的购买行为即表示, 他们具备有关其应用安全以及规章衍生所需的所有专业技术和知识, 并且认可和同意, 尽管任何应用相关信息或支持仍可能由TI 提供, 但他们将独力负责满足在关键安全应用中使用其产品及TI 产品所需的所有法律、法规和安全相关要求。此外, 购买者必须全额赔偿因在此类关键安全应用中使用TI 产品而对TI 及其代表造成的损失。

TI 产品并非设计或专门用于军事/航空应用, 以及环境方面的产品, 除非TI 特别注明该产品属于“军用”或“增强型塑料”产品。只有TI 指定的军用产品才满足军用规格。购买者认可并同意, 对TI 未指定军用的产品进行军事方面的应用, 风险由购买者单独承担, 并且独力负责在此类相关使用中满足所有法律和法规要求。

TI 产品并非设计或专门用于汽车应用以及环境方面的产品, 除非TI 特别注明该产品符合ISO/TS 16949 要求。购买者认可并同意, 如果他们在汽车应用中使用任何未被指定的产品, TI 对未能满足应用所需要求不承担任何责任。

可访问以下URL 地址以获取有关其它TI 产品和应用解决方案的信息:

	产品		应用
数字音频	<a href="http://www.ti.com.cn/audio">www.ti.com.cn/audio</a>	通信与电信	<a href="http://www.ti.com.cn/telecom">www.ti.com.cn/telecom</a>
放大器和线性器件	<a href="http://www.ti.com.cn/amplifiers">www.ti.com.cn/amplifiers</a>	计算机及周边	<a href="http://www.ti.com.cn/computer">www.ti.com.cn/computer</a>
数据转换器	<a href="http://www.ti.com.cn/dataconverters">www.ti.com.cn/dataconverters</a>	消费电子	<a href="http://www.ti.com/consumer-apps">www.ti.com/consumer-apps</a>
DLP® 产品	<a href="http://www.dlp.com">www.dlp.com</a>	能源	<a href="http://www.ti.com/energy">www.ti.com/energy</a>
DSP - 数字信号处理器	<a href="http://www.ti.com.cn/dsp">www.ti.com.cn/dsp</a>	工业应用	<a href="http://www.ti.com.cn/industrial">www.ti.com.cn/industrial</a>
时钟和计时器	<a href="http://www.ti.com.cn/clockandtimers">www.ti.com.cn/clockandtimers</a>	医疗电子	<a href="http://www.ti.com.cn/medical">www.ti.com.cn/medical</a>
接口	<a href="http://www.ti.com.cn/interface">www.ti.com.cn/interface</a>	安防应用	<a href="http://www.ti.com.cn/security">www.ti.com.cn/security</a>
逻辑	<a href="http://www.ti.com.cn/logic">www.ti.com.cn/logic</a>	汽车电子	<a href="http://www.ti.com.cn/automotive">www.ti.com.cn/automotive</a>
电源管理	<a href="http://www.ti.com.cn/power">www.ti.com.cn/power</a>	视频和影像	<a href="http://www.ti.com.cn/video">www.ti.com.cn/video</a>
微控制器 (MCU)	<a href="http://www.ti.com.cn/microcontrollers">www.ti.com.cn/microcontrollers</a>		
RFID 系统	<a href="http://www.ti.com.cn/rfidsys">www.ti.com.cn/rfidsys</a>		
OMAP 机动性处理器	<a href="http://www.ti.com/omap">www.ti.com/omap</a>		
无线连通性	<a href="http://www.ti.com.cn/wirelessconnectivity">www.ti.com.cn/wirelessconnectivity</a>		
	德州仪器在线技术支持社区		<a href="http://www.deyisupport.com">www.deyisupport.com</a>

邮寄地址: 上海市浦东新区世纪大道 1568 号, 中建大厦 32 楼 邮政编码: 200122  
Copyright © 2011 德州仪器 半导体技术 (上海) 有限公司