



Lysny Woodahl

## 摘要

以太网是工业和汽车系统至关重要的通信接口。若要使用这种高速接口，系统设计人员在设计以太网 PHY 的 PCB 时必须参考针对高速信号设计的建议。本应用手册的以下内容列出了这些建议，包括数据布线、外部元件距离和干扰等方面要求。PHY 对于基于以太网的系统至关重要，因此设计人员应遵循后续建议，尽可能避免出错。

## 内容

1 引言.....	2
2 PHY 设计检查清单.....	2
3 总结.....	6

## 插图清单

图 2-1. MDI 布线和接地层间距示例.....	2
图 2-2. 长度匹配.....	3
图 2-3. 放置在附近以缩短返回路径的接地过孔.....	3
图 2-4. 磁性元件与金属的隔离.....	4
图 2-5. 接地层过孔.....	4
图 2-6. 接地和地面接地隔离.....	5

## 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 引言

本文档中的设计建议适用于所有以太网 PHY PCB 设计，包括使用德州仪器 (TI) 以太网 PHY 的设计。遵循这些指导原则很重要，例如，可以减少辐射、确保元件正常运行、最大限度地降低噪声和泄漏以及提高信号质量等。本文档可作为器件和元件数据表的补充检查清单。

## 2 PHY 设计检查清单

下面列出了应对 PHY 设计审查的几个方面，每个主题都列出了相关注意事项。在申请由其他工程师审查之前，请按照下列主题进行通查。使用此检查清单指南，您的意见、疑问和其他审查结果将会更快地获得解答。

### □ DRC 错误检查

验证 DRC 规则是否准确，并运行 DRC 错误检查。不应存在任何错误。如有 DRC 错误，应更正后再继续。

### □ 去耦电容

去耦电容应尽可能靠近 PHY 放置。通常建议最小的电容器最靠近 PHY 放置，但请查看器件数据表，确认此建议是否与特定于器件的建议一致。对于某些器件上的某些引脚，数据表可能会建议将较大的电容器放置在更靠近 PHY 的位置。

### □ 时钟源

振荡器应尽可能靠近 PHY 放置。振荡器离 PHY 越远，越有可能出现 PLL 噪声或超出规格范围。禁止用晶体驱动多个器件。有关晶体放置和设计指南的更多详细信息，请参考以下应用手册：

### □ RBIAS 电阻器

RBIAS 电阻器应靠近 PHY 放置。

### □ MDI 布线

每条 MDI 布线的总长度应小于 2 英寸或 2000 密耳。对于 1G 传输，匹配的布线长度应在 20 密耳以内，对于 100M 或 10M 传输，应在 50 密耳以内。MDI 布线上的过孔和残桩数量应尽可能少。

典型阻抗应为 100 欧姆，误差控制在  $\pm 10\%$  以内。阻抗不匹配会降低吞吐量，有时会严重到导致通信故障。不匹配会导致信号反射，从而阻止最大功率在反射点的传输。MDI 布线的阻抗可能需要调整，以匹配电缆的阻抗。使用电缆的数据表验证电缆阻抗。

假设  $w$  等于 MDI 布线的宽度，位于同一层上的接地层应与 MDI 布线至少保持  $3*w$  的距离。与 MDI 布线的优选距离是  $5*w$ 。设计在 MDI 布线和接地层之间采用这个距离可以防止不必要的容性阻抗。

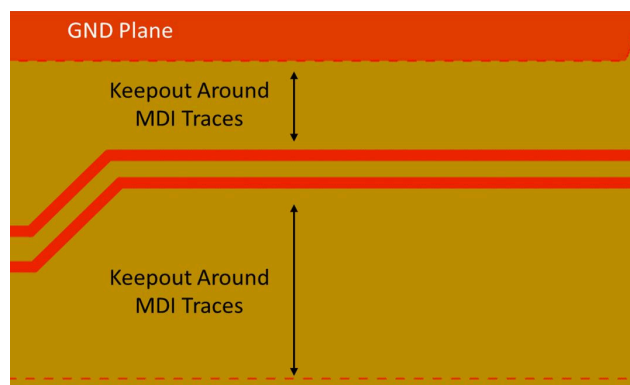


图 2-1. MDI 布线和接地层间距示例

建议将连续接地层置于 MDI 布线下。应仅在元件下方的布线上切断接地层或使其留出空隙。这类元件包括但不限于变压器/磁性元件、扼流圈、交流耦合电容器和 ESD 二极管。对于汽车应用，推荐达到整层空隙，但双层空隙是最低要求。双层空隙包括元件所在的层和下面的层。对于标准应用，建议采用双层空隙。对于大多数应用，元件边缘和空隙边缘之间的距离应约为 20 密耳。某些应用可以距离较短，而其他应用可能需要较大的距离。请根据设计的电磁兼容性 (EMC) 要求来确定最佳距离。

## □ MII 布线

每条 MII 布线的总长度应小于 6 英寸或 6000 密耳。对于 1G 传输，匹配的布线长度应在 20 密耳以内；对于 100M 或 10M 传输，应在 50 密耳以内。RX 布线必须与其他 RX 布线长度匹配，TX 布线必须与其他 TX 布线长度匹配。MII 布线上的过孔和残桩数量应尽可能少。

单端阻抗应为 50 欧姆 +/- 10%。上一主题列出了阻抗不匹配的影响。

使用与上一主题相同的“w”定义，MII 布线周围的接地距离应至少为 3\*w。优选距离是 5\*w。

## □ 信号路由

必须避免串扰。除非接地层被正确隔离，否则任何信号都不应交叉。此外，不同的差分对之间必须至少间隔 30 密耳。

如前所述，布线应确保长度匹配。为了匹配布线长度，可以使用不同的布线技术。建议对长度匹配的两端应用相同的技术。下图显示了长度不匹配和长度匹配之间的区别。

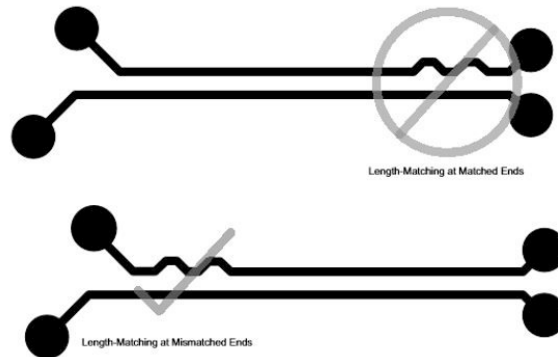


图 2-2. 长度匹配

根据电路板不同部分的特征阻抗，长度不匹配可能会产生额外的时序或信号质量问题。

放置信号过孔时，建议将接地或返回过孔放置在附近，以便形成一条短的接地路径。图 2-3 显示了一个示例。

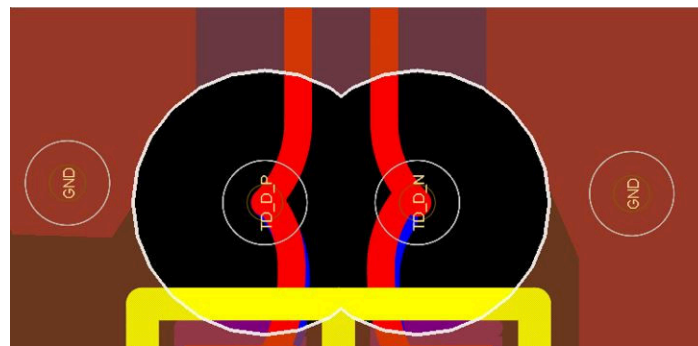


图 2-3. 放置在附近以缩短返回路径的接地过孔

## □ 磁隔离

任何层的磁性元件下方均不应有金属。如果磁性元件下方需要金属，则至少应由接地层隔开。具有集成磁性元件的 RJ45 连接器下方可以使用金属。图 2-4 显示了磁性元件下方没有金属的布局示例。

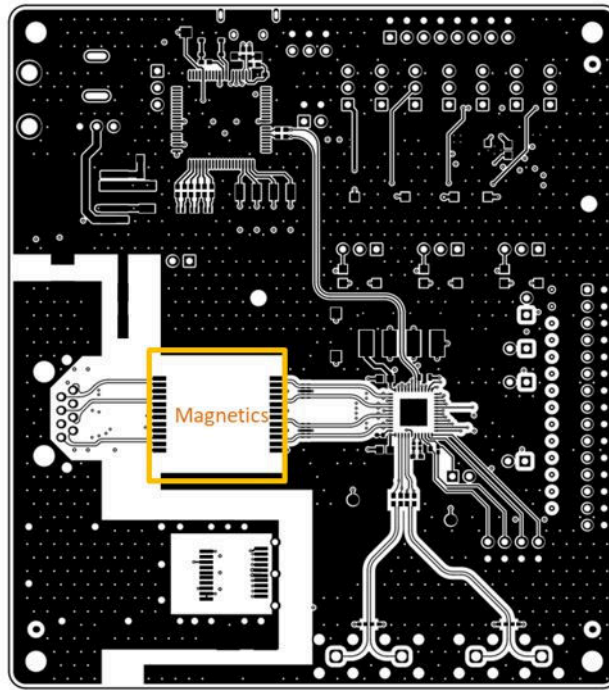


图 2-4. 磁性元件与金属的隔离

#### □ ESD 器件选型和布局

如果设计中使用 ESD 二极管，请确保其工作电压范围足以提供信号传输所需的适当电压。请参阅 PHY 数据表以确认电压规格。以下应用手册涵盖了 ESD 器件布局的基本原理和通用指南：。以下应用手册涵盖了特定于以太网的 ESD 指南和注意事项：。

需要注意的是，上述两个应用手册对保护器件的放置位置有不同的建议。特定于以太网的应用手册建议将保护器件放置在磁性元件的 PHY 侧，而不是连接器侧。提出的建议之所以不同，是因为以太网在连接器侧可能产生高共模电压摆幅。将保护器件放置在磁性元件的 PHY 侧，可确保保护器件在非 ESD 高压期间不会失效。

#### □ 电源层

尽可能使用电源层以避免从电源到引脚的压降。如果电源层需要穿过多个层，请使用多个过孔以避免电压下降。

#### □ 接地层

尽可能使用接地层，并在整个电路板上使用拼接过孔，从而实现较短的返回路径。图 2-5 显示了接地过孔分布的示例。

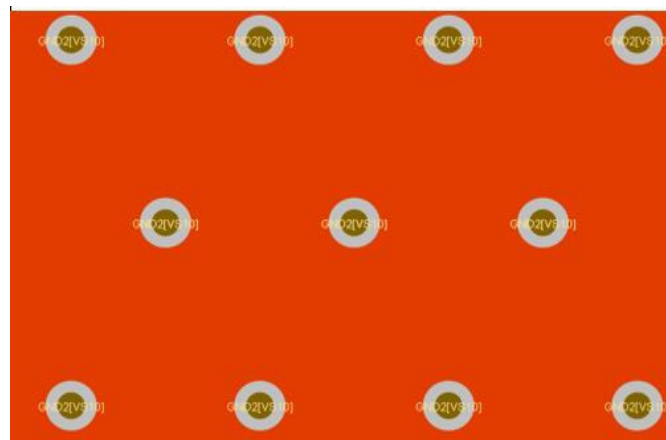


图 2-5. 接地层过孔

## □ 地面接地隔离

地面接地应与电路板的其余部分隔离至少 20 密耳，与所有层保持隔离。图 2-6 显示了这方面的一个示例。

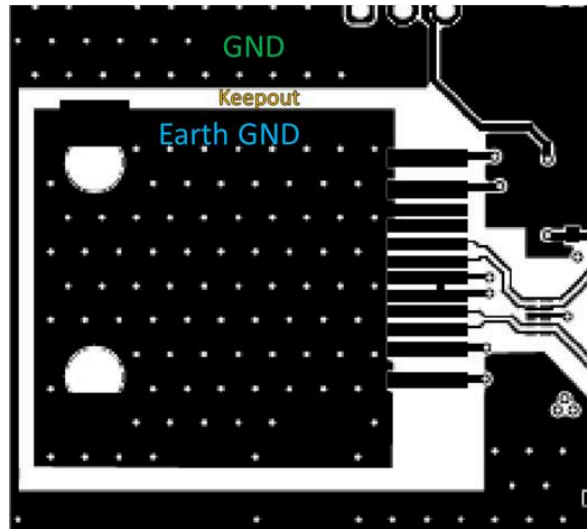


图 2-6. 接地和地面接地隔离

这种隔离有一个例外情况，即地面接地和常规接地应使用一个电容器和一个高阻值电阻器连接。建议使用  $1\text{M}\Omega$  或更大的电阻器。

### 3 总结

这里的检查清单实际列出了若干建议，可帮助实现近乎理想的 **PHY** 运行。遵循这些建议有助于防止出现不必要的问题，但是，仍有可能发生本文档未列出的 **PCB** 设计问题；因此，应使用元件数据表对所有设计进行检查。还应在制造前由多名工程师对 **PCB** 设计进行审查。

## 重要声明和免责声明

TI 提供技术和可靠性数据 (包括数据表)、设计资源 (包括参考设计)、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源, 不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保, 包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任: (1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品, (2) 设计、验证并测试您的应用, (3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保或其他要求。这些资源如有变更, 恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务, TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 TI 的销售条款 (<https://www.ti.com/legal/termsofsale.html>) 或 [ti.com](https://www.ti.com) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

邮寄地址: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2021, 德州仪器 (TI) 公司

## 重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司