

工业千兆以太网接口

作者: Heinz Zenkner 博士, 伍尔特电子独立顾问



无线网络的应用正变得越来越广泛, 尤其在工业领域。在众多应用中, 有些情况需要更可靠并且更安全的通信。使用智能传感器, 和具备高效调制与编码技术的仪表可以建立工业无线传感器网络。此类网络的传播特性好, 带宽低, 不过目前开发的大部分产品局限于低于 1 Mbit/s 的低数据量传输场景。

无线数据传输的方式天生不如有线网络可靠。因此, 特别是在工业环境中, 有时候有线网络是唯一可行的解决方案。

有线以太网

与无线网络类似, 有线网络在终端之间以数据帧的方式进行传输。

目前, 通信速率有 100Base-TX (100 Mbit/s 快速以太网)、千兆以太网 (1 Gbit/s)、万兆以太网 (10 Gbit/s) 和 100G 以太网 (100 Gbit/s)。对于大多数应用, 千兆以太网可以在常规的网线上正常工作, 如 CAT5e 和 CAT6 线缆。这些线缆符合 1000BASE-T 标准, 即 IEEE 802.3ab。

千兆以太网接口符合 802.3ab-1999 (CL40) 标准, 需要四对线或通道。因此每个通道的编码传输速率是 125 兆 (MBd), 带宽为 62.5 MHz (每个编码 2 位数据)。1000BASE-T (千兆以太网) 的差分信号典型值是 750 mV, 负载 $100\ \Omega$ 时的限值为 $820\ \text{mV} > V_{\text{signal}} > 670\ \text{mV}$ 。

千兆以太网前端

典型的以太网前端使用 RJ45 端口, 可用于全双工传输。能实现这一点是因为连接器中包含两对信号线, 每个方向一对 (差分电压)。IEEE 标准要求 RJ45 使用变压器实现电气隔离。变压器可以保护设备免受线路高压, 或者设备之间的电位差引起的损害。千兆以太网接口的电路图如图 1 所示。

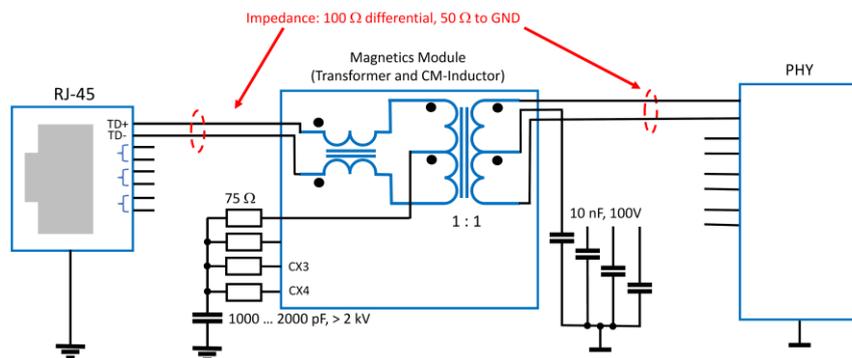


图 1: 千兆以太网接口基本电路, 由包含四个通道

千兆以太网接口分立电路

网络变压器 (LAN 变压器) 是设备连接网线的接口。在设备和线缆之间的变压器能够提供必须的隔离, 同时匹配阻抗和实现差分。此外, 变压器还能保护设备免受瞬态干扰, 并抑制设备内部、外部线缆和设备之间的共模信号, 同时不能影响信号收发性能, 必须能够达到 1 Gbit/s 的数据传输速率。另外还需要一些器件满足匹配和电磁兼容 (EMC) 测试。

图 2 展示了使用分立元件的千兆以太网接口电路图。LAN 变压器在电子设备和网线之间提供直流隔离。初级侧绕组的中心抽头进行了“Bob Smith”匹配：每对线连接一个 $75\ \Omega$ 电阻到“星形点”，然后通过两个并联的 $100\text{pF}/2\text{kV}$ 电容接到机壳地。X3 模块中集成了共模电感，可抑制较长的网线通过容性或感性耦合的噪音，这些共模干扰可能会影响通信。

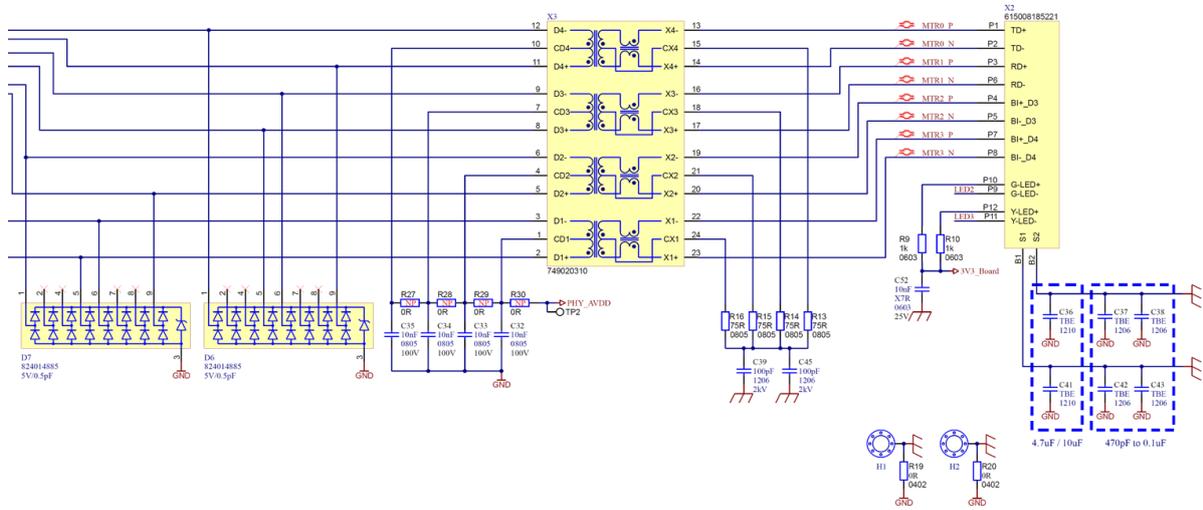


图 2：千兆以太网接口分立电路，X3 模块包含变压器和共模电感

图 3 展示的是以太网接口区域四层 PCB 板布线。金属壳接地与四层中所有 PHY 侧 GND 隔离，因此金属壳的接地平面不会与其它层的 GND 平面重叠，尽可能减小电容耦合。地平面以 4 毫米网格的过孔连接。网口差分信号参考地平面，阻抗 $100\ \Omega$ ，差分线的宽度 0.154mm ，间距 0.125mm 。RJ45 连接器位于 PCB 的边缘，确保与金属外壳的低阻抗连接。

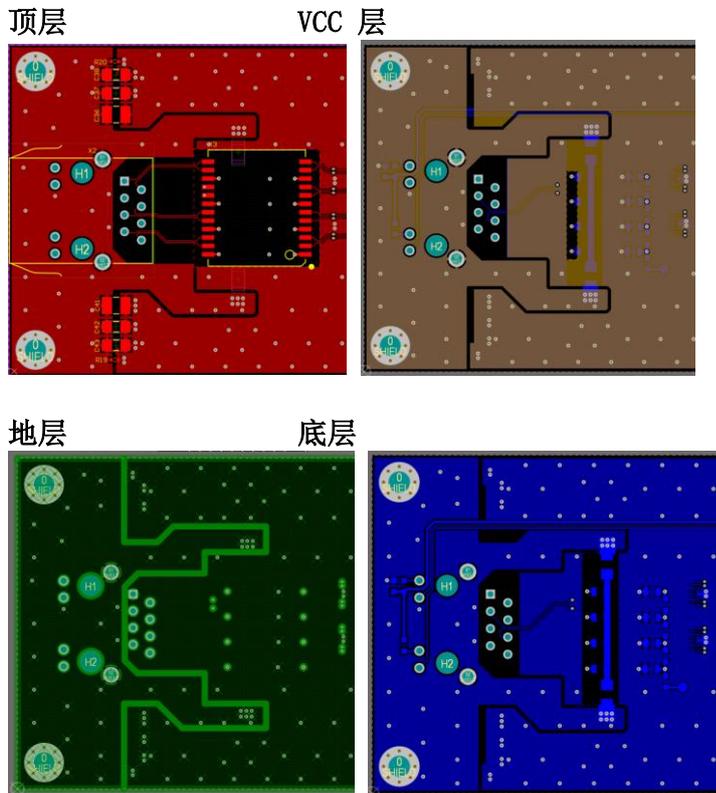


图 3：以太网接口区域 PCB 四层布线

X3 变压器模块就近放置，以尽量减少耦合或长走线干扰。与初级侧一样，变压器的次级侧信号也需要参考地平面并保持 100 Ω 差分阻抗。为避免寄生电感引起的压降，TVS 阵列必须直接连接信号和 GND。

EMC 认证

在电磁兼容 (EMC) 方面，该板符合针对多媒体设备的抗扰度 (EN61000-6-2) 和 无线电干扰发射 EN55032 B 类标准。千兆以太网接口电路和布线需要考虑射频设计、取决于产品整体系统的接地方式以及正确的器件选择。更多信息可参见伍尔特电子的应用指导，网址为 [<https://www.we-online.com/applicationguide/en>]。

关于作者

工程学博士 Heinz Zenkner

伍尔特电子技术应用独立顾问，也是技术学院 EMC 领域的讲师。同时，Heinz 是一位广受认可的 EMC 专家。他撰写了许多技术论文和书籍，并在多所大学、IHK 和许多研讨会上担任讲师。