

Application Note

克服设计难题 - 实现高性能接口



Michael Ikwuyum

摘要

当今的复杂系统具有在多个电压节点下运行的器件，这些电压节点需要高带宽、快速转换和低延迟。德州仪器 (TI) 的 TXV 系列提供固定方向和通用方向控制转换产品系列等选项，具有高带宽灵活性，同时避免具有时序裕度敏感型接口的应用出现意外的高和低逻辑性能问题。本应用手册使用 TXV-EVM，重点介绍了 TXV 系列对于时序严格应用的主要优势。

本应用手册针对具有严格时序要求的系统（例如简化千兆位媒体独立 (RGMII) 应用），进一步介绍了 [TXV 电压转换器](#) 和 [电平转换器](#) 与竞争产品的使用。

内容

1 简介.....	1
1.1 TXV 作为可升级的引脚对引脚设计.....	3
2 利用 TXV 进行电源隔离.....	3
3 基准性能.....	4
3.1 利用 TXV 实现低传播延迟 (T_{PD}) 应用.....	4
3.2 利用 TXV 提高时序性能.....	4
3.3 利用 TXV 进行缓冲.....	5
3.4 利用 TXV 实现高带宽应用.....	6
4 总结.....	7
5 参考资料.....	7

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

高带宽数据总线协议（如 RGMII）通常在以太网模块（如媒体访问控制设备 (MAC)/微控制器单元 (MAC)）和以太网物理层 (PHY) 之间进行通信，如 [图 1-2](#) 所示，其聚合带宽高达 1000Mbps。

RGMII 作为一种通信协议，在通过以太网发送数据的许多应用中都可以看到，广泛用于工业、电信和汽车领域。[图 1-1](#) 展示了使用 RGMII 通过以太网传输数据的典型示例。所有视频和音频数据处理完毕后，视频和音频数据将从 MAC 或 MCU 发送到 PHY，在 PHY 中进行串行化并通过以太网发送。

TXV 电平转换器用于桥接电压不匹配、实现通信并进一步支持 RGMII 应用中所需的时序注意事项。

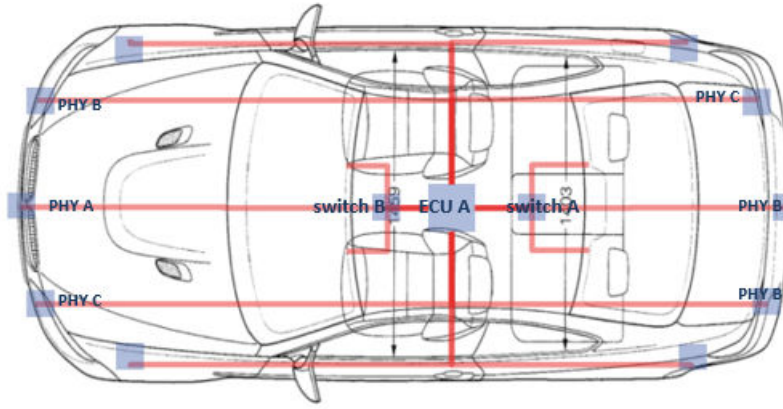


图 1-1. 使用 RGMII 通过以太网进行数据传输的汽车示例

表 1-1 强调了 RGMII 时序注意事项。有关更多信息，请参阅 [通过 TI 的 TXV 电平转换器产品系列支持时间和偏移敏感型接口](#) 应用简报。

表 1-1. RGMII 2.0 时序预算

参数	最小值	典型	最大值	单位
输出偏移	-500	0	500	ps
占空比	45	50	55	%
数据速率 (千兆位运行)		125		MHz
上升/下降时间 (20-80%)			750	ps

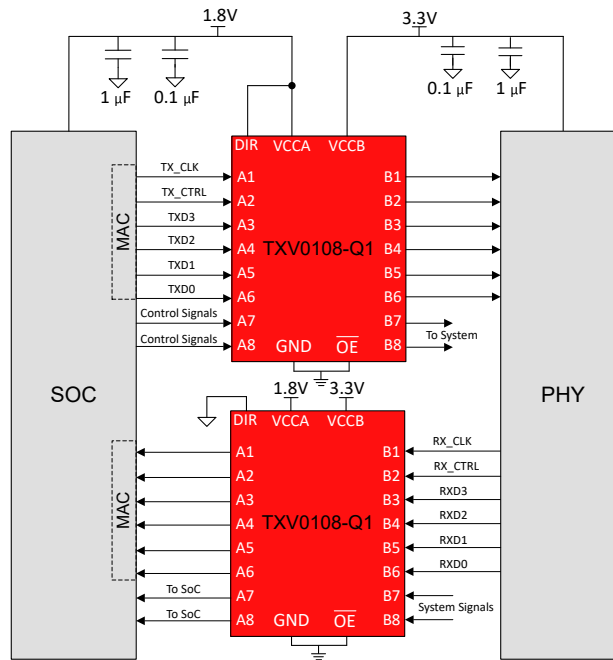


图 1-2. TXV0108 典型应用

1.1 TXV 作为可升级的引脚对引脚设计

过去，市场上的现有电平转换器设计是为一般电平转换应用而设计的。这让设计人员难以确定现有设计是否适用于具有更复杂要求的高性能时序敏感型接口，如 RGMII。TI 现有设计的示例包括 AXC ([SN74AXC8T245](#)) 和 AVC 系列 ([SN74AVC8T245](#))。但是，数据表并未针对工艺变化、电压和温度角定义时序预算。

TI 开发了一种全新的 TXV 电平转换器系列，该系列经过充分测试和定义，可跨工艺变化、电压和温度角提供严格的时序预算接口，从而支持此类高性能要求。

在 TXV 系列中，[TXV0108 / TXV0108-Q1](#) (方向控制) 已特意与现有的 AXC 和 AVC 系列引脚对引脚兼容，适用于针对单向应用使用 AVC 的系统。

图 1-3 中所示的 [TXV0106 / TXV0106-Q1](#) (固定方向) 是替代方案，可提供更少的引脚数，从而节省布板空间和成本。

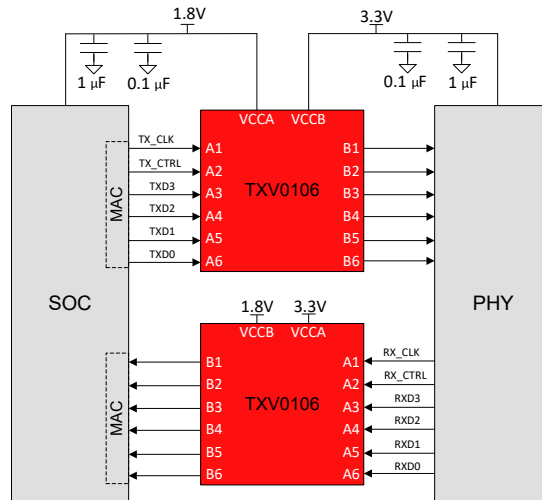


图 1-3. TXV0106 典型应用

如图所示，TXV010x 可用于对 RGMII 信号进行电平转换，使其从 MAC 转换到 PHY，或从 PHY 转换到 MAC。建议发送器时钟和数据信号以及接收器时钟和数据信号位于同一个器件上。这是由于偏移低至 500ps (输出通道之间的传播延迟) 的微小差异可能违反要求，并且 RGMII 接口内可能会出现数据错误。

2 利用 TXV 进行电源隔离

当 MAC 或 PHY 断电时，或者在 MAC 和 PHY 不同的情况下斜升时，电气噪声和干扰会对 MAC 和 PHY 之间的通信产生负面影响。TXV 可以作为一种隔离形式来实现，以消除主机/外设之间的信号失真。

TXV 器件完全符合使用 I_{OFF} 和电源隔离敏感型应用的部分断电应用的规范要求。当 V_{CC} 电源 < 100mV 或处于 GND 时，TXV 的 V_{CC} 隔离功能将激活，同时将所有 I/O 置于高阻抗状态。这样，可以保护连接的下游器件免受因主机或外设之间的电源时序限制而可能发生的通信错误或损坏。

当主机或外设断电时， I_{OFF} 电路会禁用输出，从而更大限度减少噪声干扰和通过 TXV 向下游器件提供的任何破坏性回流电流。竞争产品通常指定高达 30 μ A 的更高 I_{OFF} 漏电流，而 TXV 规定的回流漏电流最大值为 3.6 μ A，大约低出 8 倍。

有关详细信息，请参阅[解决以太网 RGMII 通信的电源时序难题](#)应用简报。

3 基准性能

3.1 利用 TXV 实现低传播延迟 (T_{PD}) 应用

低传播延迟是在低输入或输出端进行电平转换的新型处理器上进行高速电路设计的一个重要因素。IC 中不一致或传播延迟较高可能会导致系统级数据错误。

表 3-1 比较了 TXV 和竞争产品，其中 TXV 测量的总传播延迟低于竞争产品 (15pF / 125MHz / 25°C，典型的基准数据)。

表 3-1. 基准 - 传播延迟 (T_{pd})

250Mbps 时的 VCCA / VCCB 转换	TXV0108 (ns)	竞争产品 (ns)
1.65 V 至 1.65 V	2.35	3.03
1.65 V 至 1.8 V	2.26	2.84
1.65V 至 3.6V	2.05	2.28
1.8 V 至 1.8 V	2.1	2.8
1.8V 至 3.6V	1.96	2.24
平均值	2.14	2.64

3.2 利用 TXV 提高时序性能

表 3-2. 基准 - 时序性能

参数 - 5pF	TXV0108 (ns)	竞争器件 (ps)	TXV RGMII 裕度	补偿 RGMII 裕度
25°C 偏移	21	118	比规格高 96%	比规格高 76%
125°C 偏移	43	156	比规格高 91%	比规格高 69%
25°C 上升或下降时间	484 / 417	782 / 775	比规格高 36%	比规格差 4%
125°C 上升或下降时间	555 / 507	885 / 890	比规格高 26%	比规格差 19%

输出偏移定义为驱动相等负载时，输出通道上的延迟之间的时间差。在 RGMII 接口中，高速时钟必须以 500ps 的最大允许偏移以及 750ps 的最大上升和下降转换时间来同步 RX 和 TX 线路上的数据。表 3-2 展示了 TXV 凭借较低的偏移和更快的转换速度，令竞争器件无法与之媲美。

- 图 3-1 测量了 5pF 标准 RGMII 负载条件下 A 至 B 方向上升沿输入的上升至上升输出通道间偏移：TXV 测得的结果为 21ps，偏移更窄，而竞争产品测得的偏移大约宽 6 倍。
- 图 3-2 测量了 TXV (测得的结果为 484 / 417ps) 与竞争产品 (测得的下降或上升时间 >750ps，慢了大约 2 倍)，这违反 RGMII 要求。

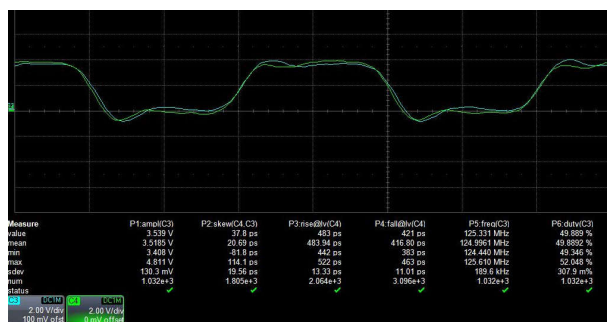


图 3-1. TXV 输出 (5pF，125MHz 时的 1.8V 至 3.3V 升压转换，25°C)

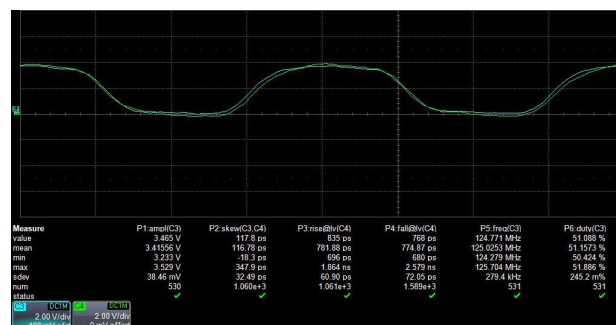


图 3-2. 竞争产品输出 (5pF，125MHz 时的 1.8V 至 3.3V 升压转换，25°C 时)

- 随着温度升高到 125°C，图 3-3 比较了 TXV0108 (测量结果为 555 / 507ps 上升或下降时间，上升至上升偏差窄 43ps) 与竞争产品 (测得的下降或上升时间 >750ps，慢了大约 2 倍)，这违反了图 3-4 中所示的 RGMII 时序预算。

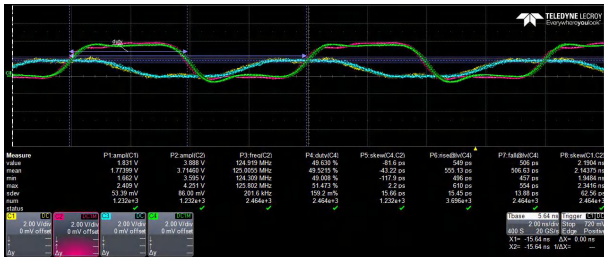


图 3-3. TXV 波形 (5pF, 125MHz 时的 1.8V 至 3.3V 升压转换, 125°C)

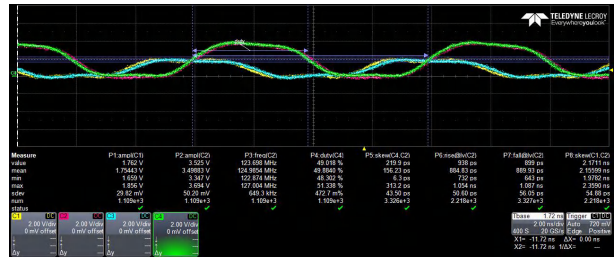


图 3-4. 竞争产品波形 (5pF, 125MHz 时的 1.8V 至 3.3V 升压转换, 125°C)

3.3 利用 TXV 进行缓冲

表 3-3. 基准 - 缓冲性能

参数	TXV0108 (ns)	竞争器件 (ps)	TXV RGMII 裕度	补偿 RGMII 裕度
10pF Skew _{rf} / Skew _{fr}	164 / 61	39 / 257	比规格高 67%	比规格高 49%
10pF 上升/下降时间	698/ 534	900 / 833	比规格高 10%	比规格差 20%
15pF Skew _{rf} / Skew _{fr}	53 / 181	195 / 93	比规格高 64%	比规格高 61%
15pF 上升/下降时间	752 / 652	1200 / 1300	比规格差 0.3%	比规格差 73%

- 表 3-3 显示了因预测困难/随机性而使用假随机二进制序列 (PRBS) 信号发生器收集的上升至下降和下降至上升偏差数据, 该数据进一步突出显示了在工作台上观测到的最差时序裕度, 用于在负载增加的随机条件下实现高性能接口。

如前所述, MAC 和 PHY 之间的偏差可能会导致数据错误和性能问题。如今, 在设计印刷电路板 (PCB) 时, 复杂的系统往往会使用连接器或更长的布线, 这加入了额外的寄生电容。选择正确的电平转换器进行缓冲, 可以增大在主机或外设之间克服此类设计难题的机会。

RGMII 标准假设接口的 I/O 具有 5pF 负载条件, 当设计复杂性因额外的寄生电容而增加时, 该负载条件也会增加。设计人员可以使用 TXV 来缓冲超出假定标准负载条件的数据, 以支持 RGMII 的数据和时钟信号时序条件。

- 对于 10pF, 图 3-5 显示了 TXV 输出 (测得的 PRBS 上升至下降偏移为 164ps, 下降至上升偏移为 61ps) 与竞争产品 (测得结果分别为 39ps 和 257ps) 的比较。对于下降或上升时间, TXV (测得的结果为 698 或 534ps) 与竞争产品 (测得的下降或上升时间 >750ps, 慢了大约 2 倍), 这违反 RGMII 要求, 如图 3-6 所示。

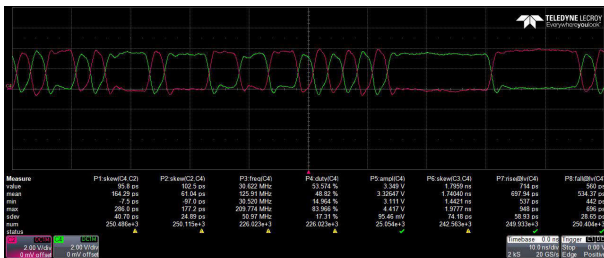


图 3-5. TXV 输出 (10pF, 125MHz 时的 1.8V 至 3.3V 升压转换, 25°C)

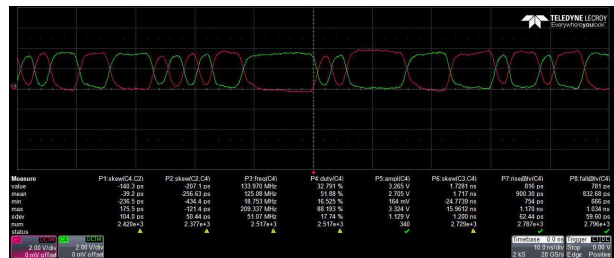


图 3-6. 竞争产品输出 (10pF, 125MHz 时的 1.8V 至 3.3V 升压转换, 25°C 时)

- 对于 15pF, 图 3-7 显示了 TXV 输出 (测得的 PRBS 上升至下降偏移为 53ps, 下降至上升偏移为 181ps) 与竞争产品 (测得结果分别为 195ps 和 93ps) 的比较。对于下降或上升时间, TXV (测得的结果为 752 / 652ps) 与竞争产品 (测得的下降或上升时间 >750ps, 慢了大约 2 倍), 这违反 RGMII 要求, 如图 3-8 所示。

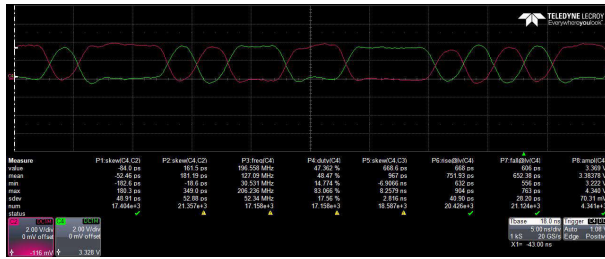


图 3-7. TXV 输出 (15pF, 125MHz 时的 1.8V 至 3.3V 升压转换, 25°C 时)

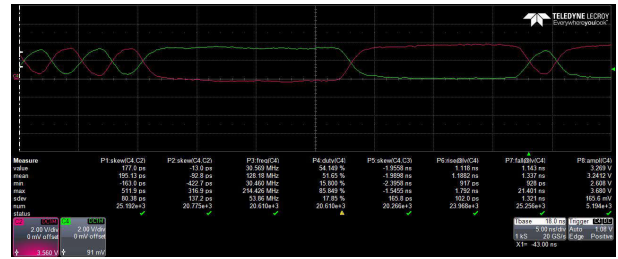


图 3-8. 竞争产品输出 (15pF, 125MHz 时的 1.8V 至 3.3V 升压转换, 25°C 时)

3.4 利用 TXV 实现高带宽应用

表 3-4. 基准 - 3.3V V_{CCO} 带宽性能

参数 - 560Mbps	TXV (V)	竞争产品 (V)	有效电平 (V) {0.7*V _{CCO} 和 0.3*V _{CCO} }
VOH	2.6	1.8	> 2.31
VOL	0.032	1.3	< 0.99

- 图 3-9 显示了在具有稳定 VOH (高达 2.6V) 和稳定 VOL (低至 32mV) 的情况下, TXV (1.8V 红色输入、3.3V 绿色输出) 以 560Mbps (280MHz) 的速率运行时的典型基准数据。
- 图 3-10 展示了竞争产品在具有不稳定 VOH (低至 1.9V) 和不稳定 VOL (高至 1.3V) 的情况下如何因逻辑开关电平无效而发生故障 (1.8V 蓝色输入、3.3V 绿色输出)。

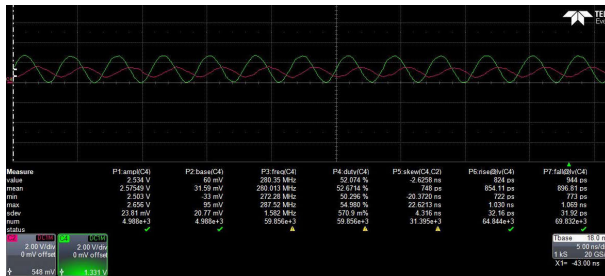


图 3-9. TXV 波形 (15pF, 280MHz 时的 1.8V 至 3.3V 升压转换, 25°C)

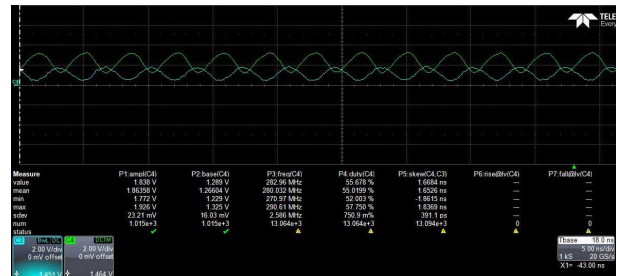


图 3-10. 竞争产品波形 (15pF, 280MHz 时的 1.8V 至 3.3V 升压转换, 25°C)

对于高于 560Mbps (280MHz) 的接口, 图 3-11 显示了 TXV (1.8V 红色输入、3.6V 绿色输出) 以 600Mbps (300MHz) 运行时的典型基准数据, VOH / VOL 电平分别为 2.2V 和 0.3V, 测得的传播延迟较低 (1ns), 在 15pF 负载下运行。

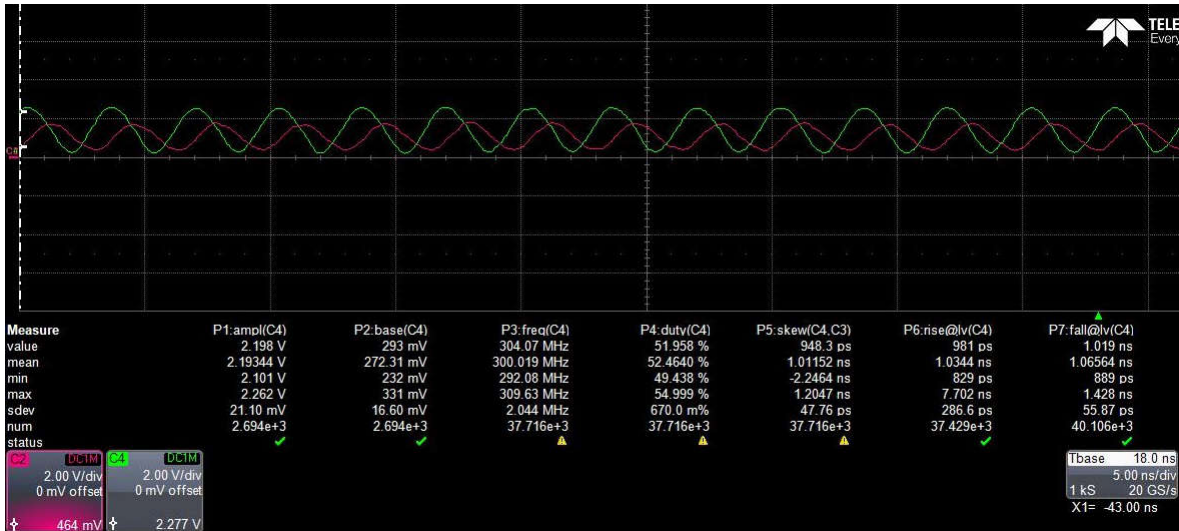


图 3-11. TXV 输出 (15pF , 300MHz 时的 1.8V 至 3.6V 升压转换 , 25°C)

对于 3.3V 等典型应用，TI 的 [TXV0108](#) 测量出更快的数据吞吐量且输出稳定，而竞争产品可能会因输出不稳定而出现故障，如 [表 3-4](#) 所示，并且损坏很普遍。如果超过绝对最大额定值，切换约 1/2 的输出 V_{CC} 可能会导致电流消耗增加，并有可能损坏器件。如需更多信息，请参阅 [慢速或浮点 CMOS 输入的影响](#)。

4 总结

为了支持具有严格时序预算的高带宽应用的通信，建议使用具有更严格的输出通道间偏移和非常快的转换速率（与竞争对手相比）的 TXV 高速电压转换器。

总之，使用 [TXV0106 / TXV0106-Q1](#) 或 [TXV0108 / TXV0108-Q1](#) 器件可实现更严格偏移、更快上升或下降时间、稳健缓冲、稳健回流电流保护、高数据速率功能和超短传播延迟接口。

5 参考资料

- 德州仪器 (TI), [慢速或浮点 CMOS 输入的影响](#) 应用手册。
- 德州仪器 (TI), [通过 TI 的 TXV 电平转换器产品系列支持时间和偏移敏感型接口](#) 应用简报。
- 德州仪器 (TI), [解决以太网 RGMII 通信的电源时序难题](#) 应用简报。

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 © 2024，德州仪器 (TI) 公司