

Application Note

如何以及何时在 **PROFINET** 系统中使用以太网 PHY

Alvaro Reyes

摘要

本文档介绍了如何在 PROFINET® 系统中选择和使用 TI 的以太网 PHY。本文档中提及的示例 PHY 包括：DP83822、DP83826、DP83867 和 DP83869。

通过使用我们的 PHY，可以为使用 PROFINET® 的工业自动化系统中的实时以太网使用提供具有成本效益且可靠的选择。

内容

1 引言.....	2
2 PROFINET 规格要求.....	2
3 以太网 PHY 设置.....	2
3.1 DP83822.....	3
3.2 DP83826.....	6
3.3 DP83867.....	8
3.4 DP83869.....	10
4 总结.....	13
5 参考文献.....	13

插图清单

图 3-1. DP83822 RHB 封装 32 引脚 VQFN 顶视图.....	3
图 3-2. 自动加载电路.....	4
图 3-3. DP83826 RHB 封装 32 引脚 QFN (顶视图)	6
图 3-4. 设置电路.....	7
图 3-5. RGZ 封装 48 引脚 VQFN 顶视图.....	8
图 3-6. 设置电路.....	8
图 3-7. RGZ 封装 (48 引脚 VQFN) 顶视图.....	10
图 3-8. 设置电路.....	11

表格清单

表 2-1. PROFINET 要求.....	2
表 3-1. DP83822 100Base-TX 自动加载.....	4
表 3-2. DP83822 100Base-FX 自动加载.....	5
表 3-3. DP83822 软件配置.....	5
表 3-4. DP83826 100Base-TX.....	7
表 3-5. DP83826 软件配置.....	7
表 3-6. DP83867 100Base-TX 自动加载.....	9
表 3-7. DP83867 软件配置.....	9
表 3-8. 功能模式自动加载表.....	11
表 3-9. DP83869 100/1000 铜缆自动加载选择.....	12
表 3-10. DP83869 1000Base-X 光纤自动加载选择.....	12
表 3-11. DP83869 100Base-FX 光纤自动加载选择.....	12
表 3-12. DP83869 RGMII 软件配置.....	12
表 3-13. DP83869 MII 软件配置.....	13

商标

Sitara™ is a trademark of Texas Instruments.

PROFINET® is a registered trademark of Siemens.

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

PROFINET® 是一种开放式实时通信协议，旨在使用工业以太网在自动化环境中的控制器和器件之间交换数据。有关 PROFINET® 的更多详细信息，请参阅 [PROFINET® 系统说明](#)。本文档介绍了以太网 PHY 要求，并提供了一些选项及其配置，可立即在 PROFINET® 系统中使用。以太网 PHY 只是 PROFINET® 系统中的一个组件，德州仪器 (TI) 还提供与 PROFINET® 配合使用的处理器，请参阅 [TI Sitara™ 处理器集成 PROFINET® 技术](#)。

2 PROFINET 规格要求

满足 PROFINET® 要求的以太网 PHY 必须符合 IEEE802.3 标准，并且必须实现所有所需的功能。

表 2-1 中列出了标准功能。

表 2-1. PROFINET 要求

功能	说明
MAC 接口	MII (必需)
	RGMII/RMII (可选)
速度	100Base-TX (必需)
	1000Base-T (可选)
	100Base-FX (可选)
	1000Base-X (可选)
MDI/MDIX	自动协商
	手动设置
IEEE 802.3 第 45 条定义的串行管理接口 (MDIO)	需要运行 MDIO 接口的断电模式
LED 指示支持	需要手动控制 (通过软件)

备注

- 对于 PROFINET® 等时实时应用，可能需要禁用自动协商，并手动配置速度、MDI/X 和全双工操作。
- 标记为可选的项目是特定于应用的。

3 以太网 PHY 设置

可以通过软件寄存器读取或硬件自动加载来设置我们的以太网 PHY。以下各节介绍如何使用这两种方法来配置 PHY。

3.1 DP83822

DP83822 是一款超稳健、低功耗单端口 10/100Mbps 以太网 PHY。同时支持 100Base-TX 和 100Base-FX。
 DP83822 已通过 [电缆断开测试](#)，验证如何及时指示链路中断。有关更多信息，请参阅 [DP83822 Profinet 合规性电缆断开测试](#)。

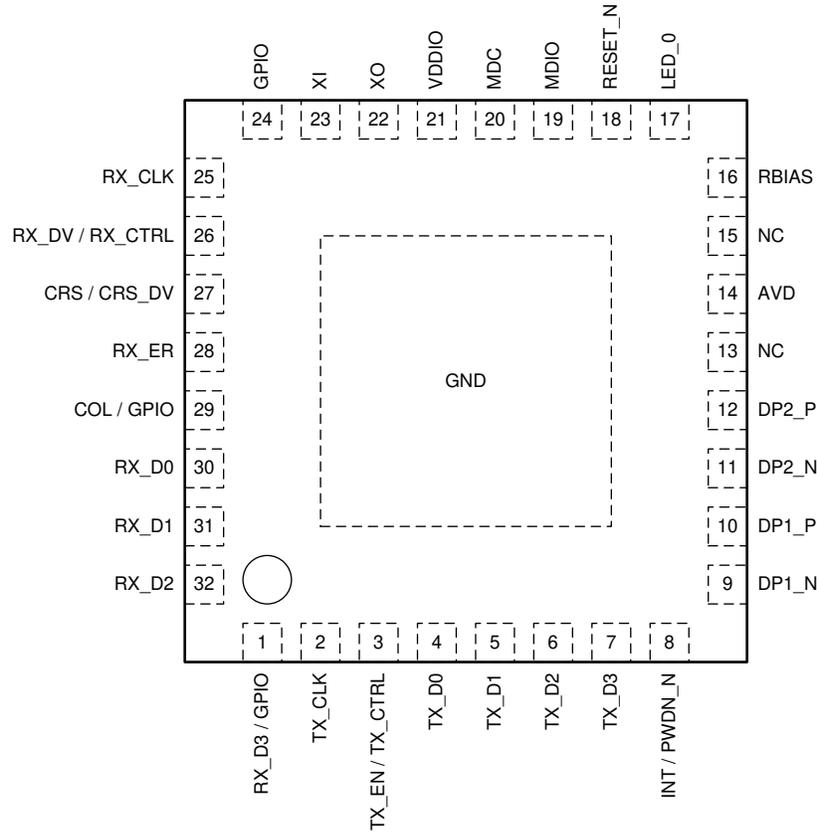


图 3-1. DP83822 RHB 封装 32 引脚 VQFN 顶视图

3.1.1 DP83822 硬件自动加载配置

DP83822 使用特定的引脚作为自动加载选项，以便将器件置于特定的运行模式。上电或硬件复位时会对这些引脚的值进行采样，从而提供一种无需软件配置即可将器件配置为所需模式的方法。

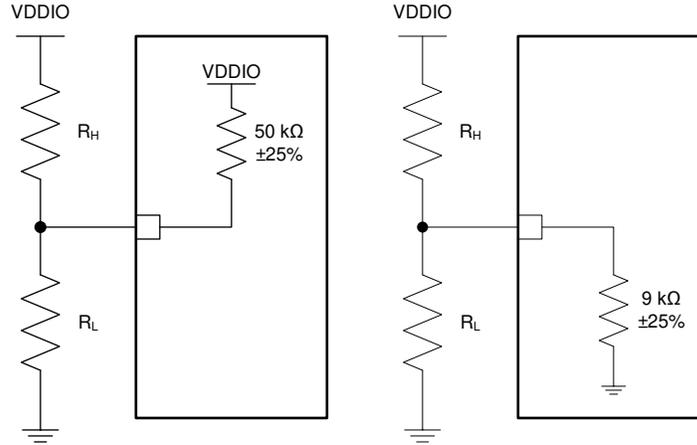


图 3-2. 自动加载电路

备注

50k Ω 和 9k Ω 电阻器分别是内部上拉和下拉电阻器。

表 3-1. DP83822 100Base-TX 自动加载

DP83822 100Base-TX 自动加载	引脚	R _H (k Ω)	R _L (k Ω)	备注
PHY 地址：1， MAC 接口：MII， 广播 10/100Mbps 全双工， 铜， 启用自动协商， 启用自动 MDIX， 启用 FLD，	COL	开路	开路	铜 PHY_ADD0[1]
	RX_D0	开路	开路	PHY_ADD1[0]
	RX_D1	开路	开路	禁用 EEE PHY_ADD2[0]
	RX_D2	10	2.49	启用 FLD PHY_ADD3[0]
	RX_D3	开路	开路	启用自动协商
	LED_0	开路	开路	广播全双工 10Base-Te/100Base-TX
	LED_1	开路	开路	无添加功能 请勿使用模式 2 和 3
	RX_ER	开路	开路	MII 启用自动 MDIX
RX_DV	开路	开路	MII	

表 3-2. DP83822 100Base-FX 自动加载

DP83822 100Base-FX 自动加载	引脚	$R_{H(k\Omega)}$	$R_{L(k\Omega)}$	备注
PHY 地址 : 1 , MAC 接口 : MII , 广播 10/100Mbps 全双工 , 光纤 , 启用自动协商 , 启用自动 MDIX , 启用 FLD ,	COL	13	1.96	启用光纤 PHY_ADD0[1]
	RX_D0	开路	开路	PHY_ADD1[0]
	RX_D1	开路	开路	禁用 EEE PHY_ADD2[0]
	RX_D2	10	2.49	启用 FLD PHY_ADD3[0]
	RX_D3	开路	开路	启用自动协商
	LED_0	开路	开路	广播全双工 10Base-Te/100Base-FX
	LED_1	开路	开路	无添加功能 请勿使用模式 2 和 3
	RX_ER	开路	开路	MIII 启用自动 MDIX
	RX_DV	开路	开路	MIII

备注

PHY_ADD[0..3] 确定 PHY 的地址。在表 3-1 和表 3-2 中，PHY 地址被设置为 0b0001。

3.1.2 DP83822 寄存器配置

如果硬件自动加载不够，可以通过寄存器写入来配置我们的以太网 PHY，这可以更改 PHY 模式，无论自动加载如何配置都是如此。

表 3-3. DP83822 软件配置

寄存器地址	写入值	备注
0000	3100	启用自动协商和全双工。 对于 100Mbps 强制模式，请写入“2100”
0004	0101	取消广播 10BaseTe 和半双工工作模式
000A	请参阅备注	对于铜，请写入“0080” 对于光纤，请写入“4080”
000B	100F	启用 FLD 最后半字节“F”设置快速链路丢弃功能 可以在数据表中找到详细信息，请搜索“0x000B”
001F	4000	软复位 PHY

3.2 DP83826

DP83826 能够提供很低的不确定性延时和低功耗，并支持 10BASE-T_e/100BASE-TX 以太网协议，可以满足实时工业以太网系统中的严格要求。

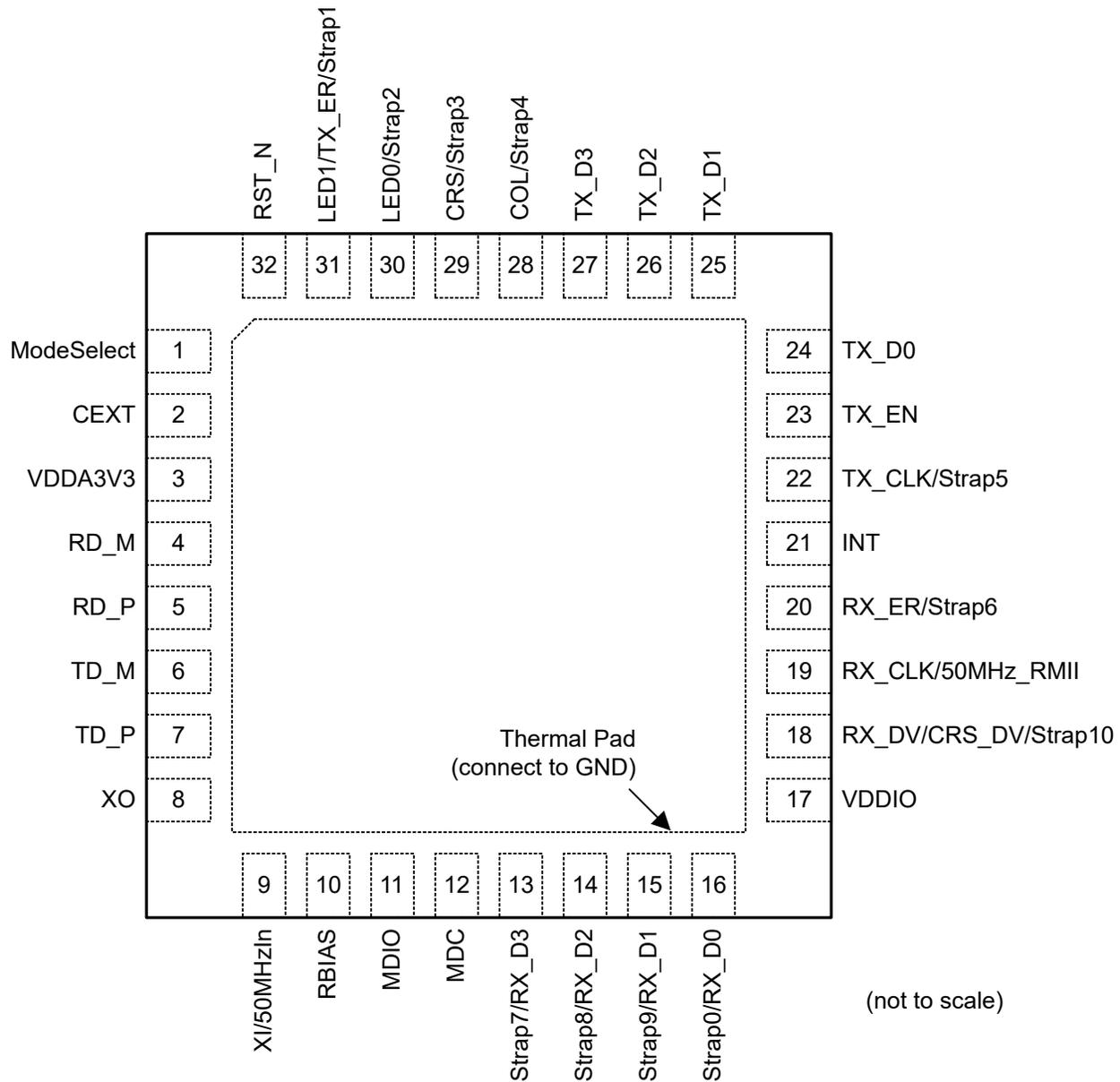


图 3-3. DP83826 RHB 封装 32 引脚 QFN (顶视图)

3.2.1 DP83826 硬件自动加载配置

DP83826 使用很多功能引脚作为自动加载选项，以便将器件置于特定的运行模式。上电或硬复位时会对这些引脚的值进行采样。在软件复位期间，内部将根据上电或硬复位时采样的值重新加载配置 (strap) 选项。

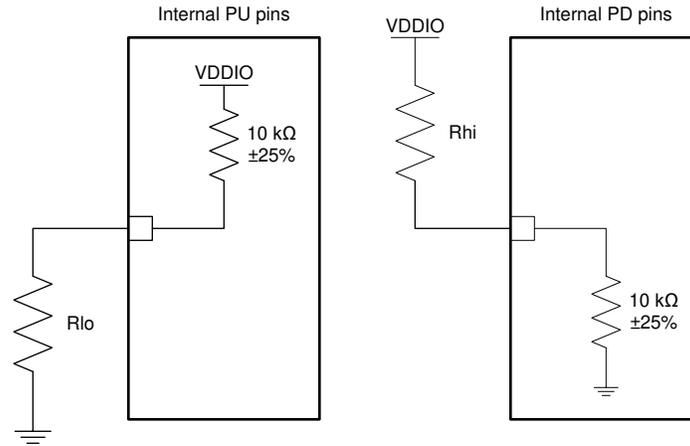


图 3-4. 设置电路

表 3-4. DP83826 100Base-TX

DP83826 100Base-TX 自动加载	引脚	$R_H(k\Omega)$	$R_L(k\Omega)$	备注
增强模式， MAC 接口：MII， 10/100 全双工， 启用自动协商， 启用自动 MDIX， 启用 FLD，	模式选择	2.49	开路	增强模式
	RX_D0	开路	开路	启用自动协商
	RX_D1	开路	开路	启用自动 MDI-X
	RX_D2	开路	开路	MII
	RX_D3	2.49	开路	启用 FLD

3.2.2 DP83826 寄存器配置

如果硬件自动加载不够，可以通过寄存器写入来配置我们的以太网 PHY，这可以更改 PHY 模式，无论自动加载如何配置都是如此。

表 3-5. DP83826 软件配置

寄存器地址	写入值	备注
0000	3100	启用自动协商，全双工模式。对于强制 100Mbps，请写入 2100
0004	0101	取消广播 10Base-T 和半双工模式
000B	000F	启用 FLD 最后半字节 F 设置快速链路丢弃功能 可以在数据表中找到详细信息，请搜索“偏移 = Bh”
0017	0041	这是默认状态，启用 MII 工作模式。对于 RMII，请写入 0061
0019	8000	这是默认状态，启用自动 MDI/X。对于强制 MDI 或 MDIX，分别写入 0000 或 4000
001F	4000	软复位 PHY

3.3 DP83867

DP83867 器件是一款稳健耐用型低功耗全功能物理层收发器，它集成了 PMD 子层以支持 10BASE-T_e、100BASE-TX 和 1000BASE-T 以太网协议。

备注

不支持 MII 接口

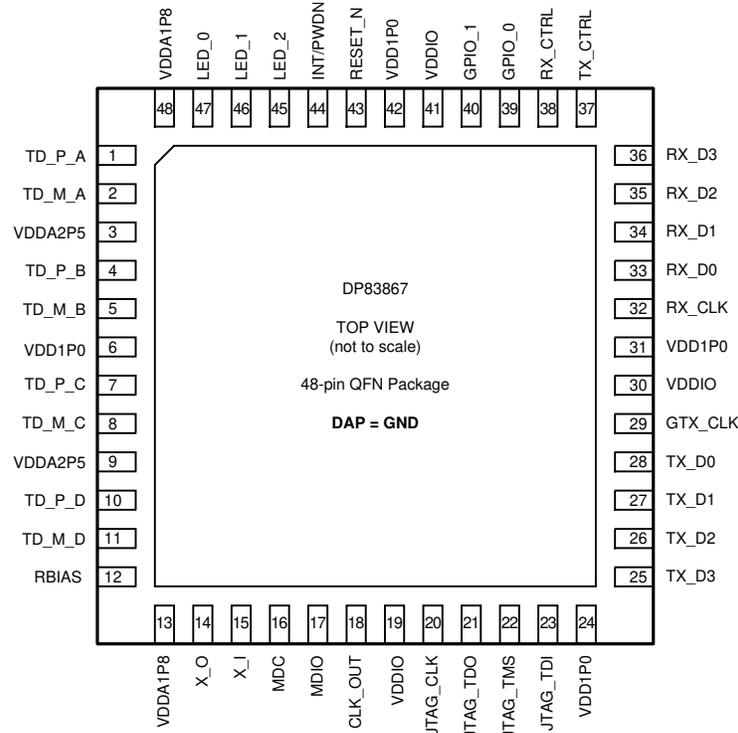


图 3-5. RGZ 封装 48 引脚 VQFN 顶视图

3.3.1 DP83867 硬件自动加载配置

DP83867 使用很多功能引脚作为自动加载选项，以便将器件置于特定的运行模式。上电或硬复位时会对这些引脚的值进行采样。在软件复位期间，内部将根据上电或硬复位时采样的值重新加载配置 (strap) 选项。

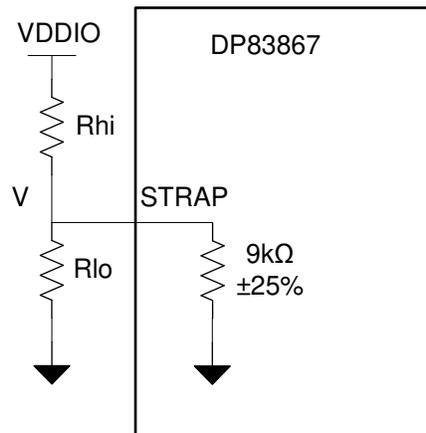


图 3-6. 设置电路

表 3-6. DP83867 100Base-TX 自动加载

DP83867 100Base-TX/ 1000Base-T	引脚	R _{H(kΩ)}	R _{L(kΩ)}	备注
MAC 接口 : RGMII , 100Base-TX/1000Base- X , 启用自动协商	RX_CTRL	5.76	2.49	启用自动协商
	GPIO_0	开路	开路	RGMII TX/RX 时钟偏差设置为默认值 (2.0ns) 仅广播 100/1000 速度
	GPIO_1	开路	开路	
	LED_2	开路	开路	
	LED_1	2.49	开路	禁用 SGMII 禁用镜像模式
	LED_0	开路	开路	

3.3.2 DP83867 寄存器配置

如果硬件自动加载不够，可以通过寄存器写入来配置我们的以太网 PHY，这可以更改 PHY 模式，无论自动加载如何配置都是如此。

表 3-7. DP83867 软件配置

寄存器地址	写入值	备注
0000	1140	启用自动协商， 全双工模式， 对于强制 100Mbps，请写入 2100 对于强制 1000Mbps，请写入 2140，注意： 不推荐
0004	0181	取消广播 10Base-Te
0009	0200	对于 1000Base-T，取消广播半双工
0010	5048	禁用 SGMII 启用自动 MDI-X
002D	401F	启用 FLD 最后半字节 F 设置快速链路丢弃功能 可以在数据表中找到详细信息，请搜索 0x002D
0032	00D3	RGMII 启用
001F	4000	软复位 PHY

3.4 DP83869

DP83869HM 器件是一款集成了 PMD 子层的稳健耐用型全功能千兆位物理层 (PHY) 收发器，支持 10BASE-Te、100BASE-TX 和 1000BASE-T 以太网协议。DP83869 还支持 1000BASE-X 和 100BASE-FX 光纤协议。有关 DP83869 提供的功能模式以及如何配置这些功能模式的更多信息，请参阅 [了解 DP83869 的不同工作模式](#)。

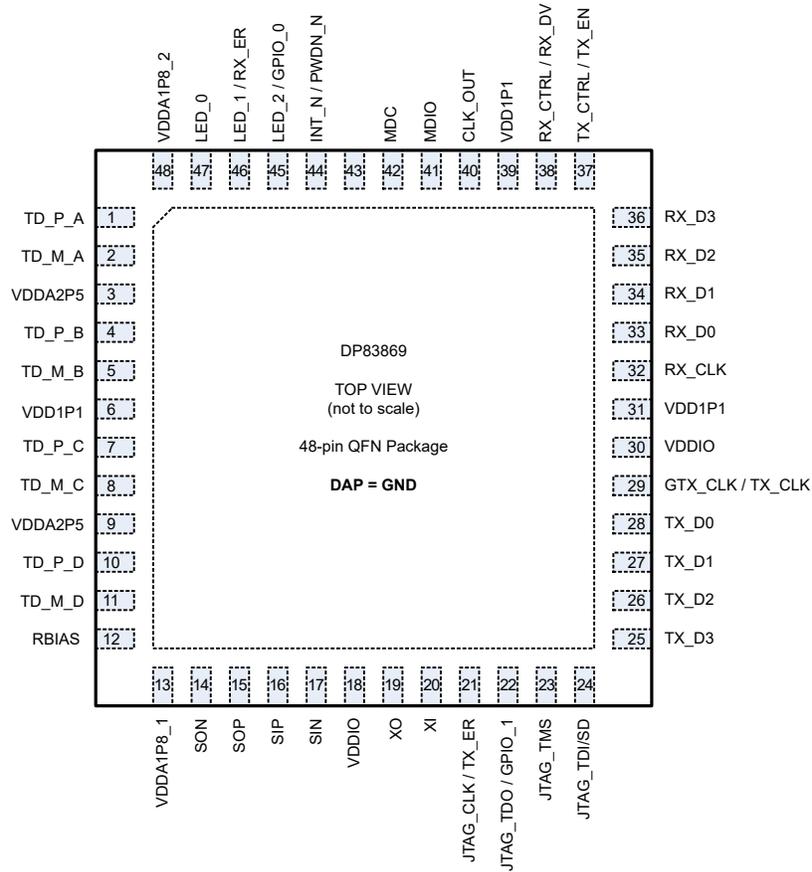


图 3-7. RGZ 封装 (48 引脚 VQFN) 顶视图

3.4.1 DP83869 硬件自动加载配置

DP83869HM 使用很多功能引脚作为自动加载选项，以便将器件置于特定的运行模式。上电或硬复位时会对这些引脚的值进行采样。

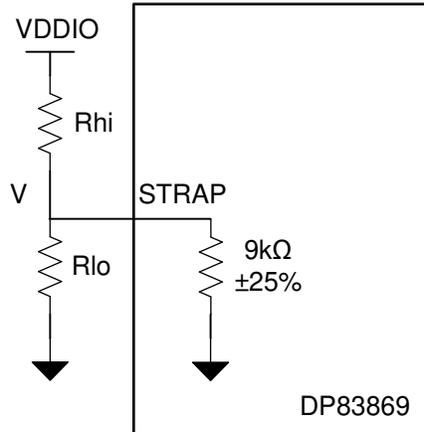


图 3-8. 设置电路

DP83869 的自动加载选择主要由三个引脚控制：JTAG_TDO/GPIO_1、RX_D3 和 RX_D2。这些引脚代表 OPMODE[0..2] 位，下表总结了可以使用这些引脚选择的不同功能模式。

备注

DP83869 无法自动加载到 MII 模式。

II 模式仅适用于 100Base-TX/100Base-FX，并且必须通过寄存器写入进行配置（通过取消广播千兆位功能）。

表 3-8. 功能模式自动加载表

引脚名称	搭接名称	引脚数	默认值	OPMODE[2]	OPMODE[1]	OPMODE[0]	功能模式
JTAG_TDO/ GPIO_1	OPMODE[0]	22	0	0	0	0	RGMII 转铜缆 (1000Base-T/ 100Base-TX/10Base-Te)
				0	0	1	RGMII 转 1000Base-X
RX_D3	OPMODE[1]	36	0	0	1	0	RGMII 转 100Base-FX
				0	1	1	RGMII-SGMII 桥接模式
RX_D2	OPMODE[2]	35	0	1	0	0	1000Base-T 转 1000Base-X
				1	0	1	100Base-T 转 100Base-FX
				1	1	0	SGMII 转铜缆 (1000Base-T/ 100Base-TX/10Base-Te)
				1	1	1	用于边界扫描的 JTAG

表 3-9. DP83869 100/1000 铜缆自动加载选择

DP83869 100Base-TX/ 1000Base-T	引脚	R _{H(kΩ)}	R _{L(kΩ)}	备注
MAC 接口：RGMII， 100Base-TX/1000Base-T， 全双工， 自动 MDIX， 自动协商，	JTAG_TDO	开路	2.49	OPMODE：000 RGMII 转 铜缆， 1000Base-T/100Base-TX/ 10base-Te
	RX_D3	开路	2.49	
	RX_D2	开路	2.49	
	LED_0	开路	2.49	自动协商，
	LED_1	2.49	开路	禁用 10M 速度，
	LED_2	开路	2.49	自动 MDI-X
	RX_CTRL	开路	2.49	端口镜像已禁用

表 3-10. DP83869 1000Base-X 光纤自动加载选择

DP83869 1000Base-X	引脚	R _{H(kΩ)}	R _{L(kΩ)}	备注
MAC 接口：RGMII， 1000Base-X， 全双工， 自动 MDIX， 自动协商，	JTAG_TDO	2.49	开路	OPMODE：001
	RX_D3	开路	2.49	RGMII 转 1000Base-X
	RX_D2	开路	2.49	
	LED_0	开路	2.49	启用光纤自动协商
	LED_1	2.49	开路	启用信号检测引脚

表 3-11. DP83869 100Base-FX 光纤自动加载选择

DP83869 100Base-FX	引脚	R _{H(kΩ)}	R _{L(kΩ)}	备注
MAC 接口：RGMII， 100Base-FX， 全双工，	JTAG_TDO	开路	2.49	OPMODE：010
	RX_D3	2.49	开路	RGMII 转 100Base-FX
	RX_D2	开路	2.49	
	LED_1	2.49	开路	启用信号检测引脚

3.4.2 DP83869 寄存器配置

如果硬件自动加载不够，可以通过寄存器写入来配置我们的以太网 PHY，这可以更改 PHY 模式，无论自动加载如何配置都是如此。

如自动加载部分所述，仅使用自动加载无法将 DP83869 配置为 MII 模式，需要执行寄存器写入。

表 3-12. DP83869 RGMII 软件配置

寄存器地址	写入值	备注
01DF	请参阅备注	OP_MODE_DECODE： RGMII 转铜缆写入：0000 RGMII 转 1000Base-X：0001 RGMII 转 100Base-FX：0002
0000	1140	启用自动协商， 全双工模式， 对于强制 100Mbps，请写入 2100 对于强制 1000Mbps，请写入 2140，注意：不推荐
0004	0101	取消广播 10Base-T 和半双工 100Base-Tx
0009	0200	对于 1000Base-T，取消广播半双工
0010	5048	启用自动 MDI-X
002D	801F	启用 FLD 最后半字节“F”设置快速链路丢弃功能 可以在数据表中找到详细信息，请搜索“偏移 = 2Dh”
001F	4000	软复位 PHY

表 3-13. DP83869 MII 软件配置

寄存器地址	写入值	备注
01DF	请参阅备注	OP_MODE_DECODE : MII 转铜缆写入 : 0060 MII 转光纤写入 : 0062
0000	1140	启用自动协商, 全双工模式, 对于强制 100Mbps, 请写入 2100
0004	0101	取消广播 10Base-T 和半双工 100Base-Tx
0009	0000	取消广播 1000Base-T
0010	5048	启用自动 MDI-X
0018	000E	MII 操作需要。
001F	4000	软复位 PHY

4 总结

本应用手册作为指南, 可帮助确定以太网 PHY 是否符合 PROFINET 的系统要求。此外, 本应用手册还提供了德州仪器 (TI) 当前提供的以太网 PHY 示例及其配置方法。它们具有低延时以太网 PHY, 可满足 PROFINET 系统中使用所需的要求, 并能够通过硬件自动加载或软件寄存器写入进行配置。

5 参考文献

1. [PROFINET 系统说明](#)
2. 德州仪器 (TI), [TI 处理器集成 PROFINET® 技术用户指南](#)
3. 德州仪器 (TI), [DP83826 确定性、低延时、低功耗、10/100Mbps 工业以太网 PHY 数据表](#)
4. 德州仪器 (TI), [DP83822 低功耗耐用型 10/100Mbps 以太网物理层收发器 数据表](#)。
5. 德州仪器 (TI), [DP83867E/IS/CS 稳健型高抗扰度小尺寸 10/100/1000 以太网物理层收发器 数据表](#)。
6. 德州仪器 (TI), [DP83869HM 配备铜缆和光纤接口的高抗扰性 10/100/1000 以太网物理层收发器 数据表](#)。
7. 德州仪器 (TI), [了解 DP83869 的不同工作模式 应用手册](#)。
8. 德州仪器 (TI), [DP83822 Profinet 合规性电缆断开测试 应用手册](#)。

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 © 2023，德州仪器 (TI) 公司