

Christopher Gobok, 产品营销总监

IEEE新推出的以太网供电(PoE)标准, 也被称为PoE 2或802.3bt (以前称为PoE++), 从推出至今刚满3年, 但其应用势头比过去更为强劲。虽然因为受到2019年新冠肺炎疫情(COVID-19)的影响, 远程工作的数量增加, 但每年部署的以太网供电端口数量也在持续增加。雇主利用空下来的桌椅, 升级IT基础设施, 打造面向未来的工作场所, 希望最终能够座无虚席。要创建智能办公室, 就需要在办公室内配备多台连接到互联网的物联网设备, 包括会议室标牌、电话会议设备和各种传感器。智能办公室具有诸多优势, 包括节能、简化业务运营, 或许更重要的是, 提高员工在工作场所的安全性。新冠肺炎疫情只是加快凸显了我们对可管控的楼宇暖通空调(HVAC)系统和大量非接触式公共物品的需求, 促使设施和IT经理开始协作部署支持PoE的系统。根据650 Group市场研究公司的数据, 到2025年, 全球交换机/PoE端口的出货量预计将超过1.5亿。

图1显示基本的PoE框图，其中一台PD连接到供电设备(PSE)。对于过去的几代PoE，一个电源通道就足以以为每个PoE端口供电。经过快速发展，现在，到了802.3bt，每个端口需要配备两个电源通道，以实现中等和高电平，此外，可能还需要考虑提高每个通道的功率密度。在全球以太网市场中，支持PoE的端口的数量在不断增加。受上述所有因素影响，IT部门需要部署大量高功率密度、高端口数量的系统，所有这些系统都要求达到99.999%（5个9）的正常运行时间和可靠性。我们需要一种真正可扩展的PoE子系统来简化高端口数量、支持PoE的交换机的部署，这种需求由来已久。

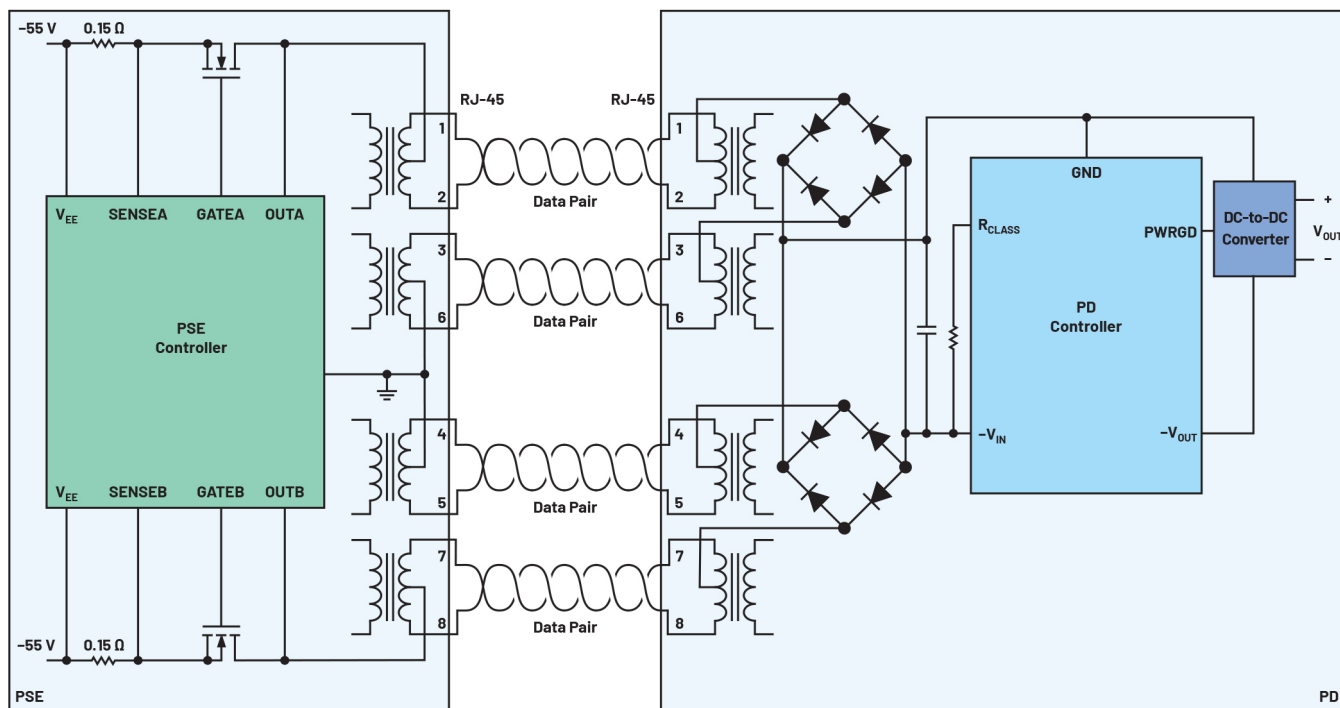


图1. 以太网供电框图。

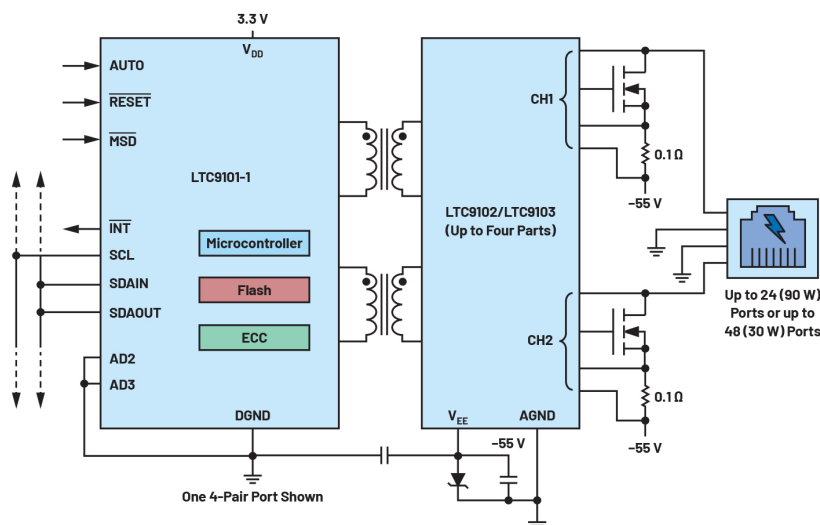


图2. LTC9101/LTC9102/LTC9103 PoE 2 24端口PSE芯片组的简化原理图。

ADI公司作为PoE领域的带头人、IEEE 802.3bt Task Force的成员，以及以太网联盟的活跃成员，长期以来一直在提供出色的PSE和PD控制器，为如今部署的数以百万计的端口贡献了自己的力量。刚刚发布的ADI LTC9101、LTC9102和LTC9103高端口数量的PSE芯片组和ADI的PoE 2 PD控制器让开发人员能够提供完整的端到端PoE 2系统。我们来深入研究一下为何这款新平台在如今的市场中地位特殊。

基于平台的PSE设计方法

现代的交流芯片是非常复杂的系统，常常会面对非常严苛的环境条件，包括浪涌和电缆放电，且必须提供出色的系统可靠性和正常运行时间。过去的PSE架构方法是在组件层级审查PSE子系统，重点关注增量组件改进，而这些改进并不一定会优化整体系统性能。若从更高层级审查PSE子系统，将迫使ADI公司的设计团队开始重新思考PSE范例，并提供系统级解决方案。LTC9101/LTC9102/LTC9103和未来的衍生产品将采用这种系统级方法，将数字和模拟组件组合起来，以解决系统集成商面临的PSE挑战，包括表1中列出的挑战。

表1. PSE系统级挑战和解决方案

系统集成商面临的挑战	ADI解决方案
浪涌和电缆放电	耐用的端口引脚
系统级隔离要求	集成式隔离通信通道
LED照明支持	专用的、每个端口的检测/分级资源
802.3bt复杂性和标准变更	带闪存自定义数字控制器
混合端口设计	软件可配置架构
寄存器接口的多样性	平台的灵活性（即将实现）
热效率	行业中极低的功率路径电阻
功率输出效率	符合802.3bt标准的汽车类别

LTC9101/LTC9102/LTC9103属于自隔离PSE控制器芯片组的一部分，基于衬底，专为PoE 2系统设计。图2显示简化的原理图，以及如何为多达48个以太网端口中的一个端口供电。芯片组具有新特性，它们支持集成式隔离。所以，在芯片组架构中，LTC9101为PSE主机提供隔离数字接口，而多个LTC9102和/或LTC9103提供高压模拟以太网接口。802.3以太网规范要求将网段（包括PoE电路）与底盘地和PHY进行电气隔离。通过将LTC9101置于非隔离侧，将LTC9102或LTC9103置于隔离侧，可将多达6个昂贵的光耦合器和1个隔离电源替换为更便宜、更可靠的10/100以太网变压器。这种拓扑结构不仅可以节省成本，还可以实现更稳定可靠和易于制造的PSE设计。

这种可扩展的解决方案支持灵活实施大型PSE系统，端口数量从4个到48个，具体由每个端口需要多少功率来决定。每个设计至少需要一个LTC9101数字控制器和一个或多个LTC9102/LTC9103模拟控制器。

- ▶ LTC9102提供12个电源通道，每个通道为以太网电缆中的4个电缆对中的2对供电，为12个30 W端口（每个端口使用一个电源通道）到6个90 W端口（每个端口使用两个电源通道）供电。
- ▶ 同样，LTC9103提供8个电源通道，可用于为8个30 W端口到4个90 W端口供电。
- ▶ 单个LTC9101可以管理多达4个LTC9102和/或LTC9103，它们可以混合和匹配使用。例如，可以使用1个LTC9101、1个LTC9102和2个LTC9103来构建24端口PSE，包含4个90 W端口和20个30 W端口，如图3所示。

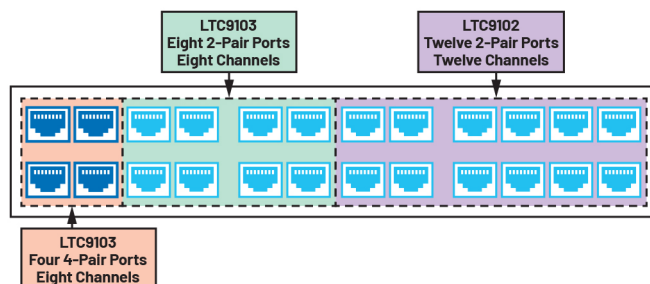


图3. LTC9102/LTC9103混合/匹配实现示例：24端口PSE，包含4个90 W端口和20个30 W端口。

IT和设施经理都很喜欢LTC9101的第六代数字功能，包括用于存储固件更新的内部eFlash和自定义用户配置包、向后兼容LTC4291 4端口PoE 2 PSE驱动器，以及I2C串行接口。LTC9101的现场可升级固件映像存储在专用的闪存分区中，在该位置预先配置了符合IEEE 802.3at/bt标准的固件映像。在单独的ECC和CRC保护措施下，维护固件映像的两个完整副本，以最大限度保护数据。在成功启动芯片组之后，用户可以配置并通过LTC9101的I2C接口与芯片组通信，每个端口可以单独配置为四种PSE操作模式（自动、半自动、手动或关断）中的一种，且可以使用端口电流、PoE电源电压和端口电源等的遥测读数来管理系统电源。

LTC9101是芯片组的核心，LTC9102/LTC9103则是枝干，通过多种方式保证高压电源路径的高效率和耐用性。每个LTC9102/LTC9103电源通道都采用专用的检测和分级硬件。这使得所有端口都能够同时检测、分级和上电，从而大幅降低交换芯片中的上电延迟。其他不太先进的PSE容易受到PD等明显的延迟影响；例如，LED以串行端口为基础供电。LTC9102/LTC9103使用外部MOSFET控制每个电源通道，所以用户可以选择低RDS(ON)器件，以降低功耗并解除通道故障。使用0.1Ω检测电阻有助于进一步降低功耗。

在发生过电流故障或端口短路时，LTC9102/LTC9103在~1 μs内快速断开电源，以保护PSE、MOSFET和后端电路。此外，所有面向端口的引脚可以承受高达+80 V或低至-20 V的电压瞬变事件，不会造成损坏。芯片组能够根据IEC 61000-4-5浪涌抗扰度规范，尽可能采用较少的外部器件，在超过±6.5 kV的浪涌下运行，这一特性非常不错（DC3160演示板显示了此特性）。在发生故障之后，LTC9102/LTC9103能够以限流的方式快速安全地重新开启MOSFET，尽量减少对PD的中断，这是尽量延长网络正常运行时间的关键。

PoE 2拓扑、检测方案和功率分级

PoE 2引入了两种不同的PD特征配置：单特征和双特征PD。单特征PD（图4）是在两个线对(pairset)之间共用相同的检测特征和分级特征的PoE2 PD。双特征PD是在每个线对上都具有独立特征的PoE 2 PD，允许每个线对具有完全独立的分级和功率分配。双特征PD解决方案非常复杂，其成本是单特征PD的两倍。值得注意的是，尽管共用一个相同的架构，802.3bt双特征PD并不等同于先前标准的UPoE设备。LTC9101/LTC9102/LTC9103支持可靠的PoE 2 PD检测过程，包含新的连接检查子过程，以确定PSE连接哪种PD特征配置。

除了进行连接检查外，器件还需验证连接的PD是否符合IEEE标准的PD。虽然IEEE要求PSE使用2点电压或2点电流检测方案之一来检测有效PD特征(25 kΩ)，但LTC9101/LTC9102/LTC9103通过同时采用两种类型的检测方案以实现更稳定可靠的方案。这种多点（多电压和多电流）检测机制可用来消除误报，并可避免损坏未针对PoE直流电压承受力而设计的网络设备。

PoE 2为两对导体（4线）供电，以提供高达25.5 W的功率，为四对导体（8线）供电，以提供高达71.3 W的功率。这不仅能实现更高功率水平，而且由于在所有导体通电后，电缆中的功率损耗减少了一半，因此使用更多导体可以提高旧有的低功率水平系统的效率。例如，为确保PoE 1 PD可接收到25.5 W，需要采用PoE 1(PoE+) PSE提供30 W功率，因为在100 m的CAT5e电缆上的损耗为4.5 W。四对导体通过PoE 2为相同的25.5 W PD供电，通常可将损耗降低至2.25 W以下，从而使总功率传输效率从85%提高至92.5%。考虑到全球PoE PD的数量，这意味着大幅降低功耗，在许多用例中，碳排放量可降低7.5%。

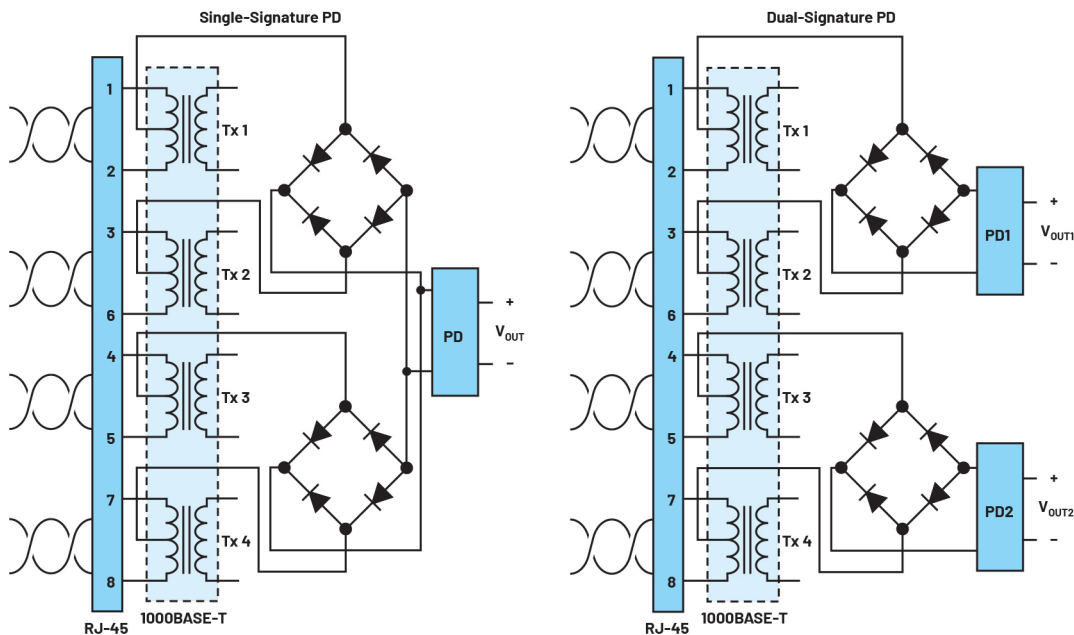


图4. 单特征与双特征PD的拓扑结构。

PoE 2引入四种新的大功率PD分级，从而使单特征分级总数达到9个（如表2所示）。分级5至8是PoE 2的新增分级，相当于40 W至71.3 W的PD功率水平。PSE仍然可选择使用物理层（即用于71.3 W的5事件分级）或数据链路层（即链路层发现协议，LLDP）进行PD的分级，而且PD依然必须能够支持两种分级方案以与标准相符。请记住，因为每个线对在双特征PD中独立运行，所以每个线对都可以是不同的分级。例如，第一个线对上的Class 1 (3.84 W)和第二个线对上的Class 2 (6.49 W)将形成一个双特征Class 1和Class 2 (10.3 W) PD。

表2. PoE 2 PD分级和功率水平

单特征PD		双特征PD	
分级	可用的PD功率	分级	可用的线对PD功率
0	13 W		
1	3.84 W	1	3.84 W
2	6.49 W	2	6.49 W
3	13 W	3	13 W
4	25.5 W	4	25.5 W
5	40 W	5	35.5 W
6	51 W		
7	62 W		
8	71 W		

PoE 2 PD还可以实现物理层分级的一种可选扩展（称为Autoclass），其中PoE 2 PSE（如LTC9101/LTC9102/LTC9103）芯片组测量连接PD的实际最大吸取功率。这样，利用这种电源管理功能，可以将剩余的功率分配给其他灯泡（如果测量某个灯泡，由于较低的亮度设置或电缆较短，其功耗低于其分级功率）。

不言而喻，PoE 2可向后兼容旧的 25.5 W 和13 W PoE 1标准。较低功率的PoE 1 PD可以连接至较高功率的PoE 2 PSE，这不会有任何问题。而且，当情况反过来时，即较高功率的PoE 2 PD连接至较低功率的PoE 1 PSE时，PD可在经协商的较低功率状态下工作，这被称为降级。如果PD忽略降级并工作在其最高功率状态，则高耗电的PD将导致PSE反复地接通，达到其电流限值，然后关断，这实际上使PSE产生低频寄生振荡。因此，PoE 1和PoE 2 PD都需要降级，但遗憾的是在许多实施方案中降级被忽视了。

非常高效的PD

ADI提供大量独特的IC，包括Maxim Integrated（现已成为ADI的一部分）设计的那些IC，以尽可能提高PoE 2 PD的性能。图3显示了带有辅助输入的高效单特征PoE 2 PD接口的简化框图。该解决方案拥有高于94%的端到端（RJ-45输入至PD负载）效率，并可在-40°C至125°C的温度范围内工作。

图5中RJ-45接口上的LT4321是一款有源二极管桥控制器，可用来取代所需的二极管桥式整流器。LT4321采用低损耗N沟道MOSFET桥，可同时提高PD的可用功率并减少散热量。PoE 2要求PD在其以太网输入端上能够接受任何极性的直流电源电压，因此LT4321可将来自两组数据线对的电源进行平滑的整流，并将其整合为极性正确的单个电源输出。由于电源效率提高实际上免除了散热要求，所以总体电路尺寸和成本得以降低，并且功率可降低10倍或更多，从而使PD能够保持在分级功率预算之内，或者使PD能够增加功能。

图5所示的理想二极管桥控制器是PD接口的“大脑中枢”，LT4295是一款PoE 2 PD接口控制器，集成了一个高效的正激式或无光耦合反激式控制器。LT4295利用一个集成型25 kΩ特征电阻、高达5事件分级和单特征拓扑支持所有9种IEEE PD分级。除了提供更多的PD功率之外，使LT4295优于传统PD控制器的因素是其采用一个外部功率MOSFET以进一步地大幅降低总体PD散热量并充分提高电源效率，由于PoE 2的功率水平更高，因此这一点变得更为重要。

对于那些需要能够支持辅助电源的PoE 2 PD设计，PD可以选择由电源适配器供电，图3顶部所示的LT4320是一款9 V至72 V有源二极管电桥控制器，它采用低损耗N-沟道MOSFET取代了全波桥式整流器中的全部4个二极管，以显著降低功耗并增加可用电压。由于电源效率的提升免除了笨重和昂贵的散热器，因此可缩减电源和墙上变压器的尺寸。通过几乎消除热运行二极管桥中固有的两个完整二极管压降（~1.2V，即12V的10%）提供了额外的裕量，从而增加了应用的储备空间，低电压应用亦能从中获益。

结论

在如今不断发展的全球以太网市场中，PoE 2仍然相当重要，即使在远程工作持续凸显优势的情况下也是如此。大中小型企业都对大楼进行改造，安装支持PoE的扫描仪、摄像头和其他系统来保护员工安全，所以比以往更加需要高端口数PSE。ADI公司的LTC9101/LTC9102/LTC9103 PoE 2 PSE芯片组能够满足这种需求，它们让交换芯片供应商能够高效、可靠地为高达48个以太网端口供电，且为设施和IT经理提供先进电源管理功能。同时，PD开发人员可以在电缆的另一端继续使用ADI公司的多款IC来提高集成度，减少散热量，并提高电源效率。

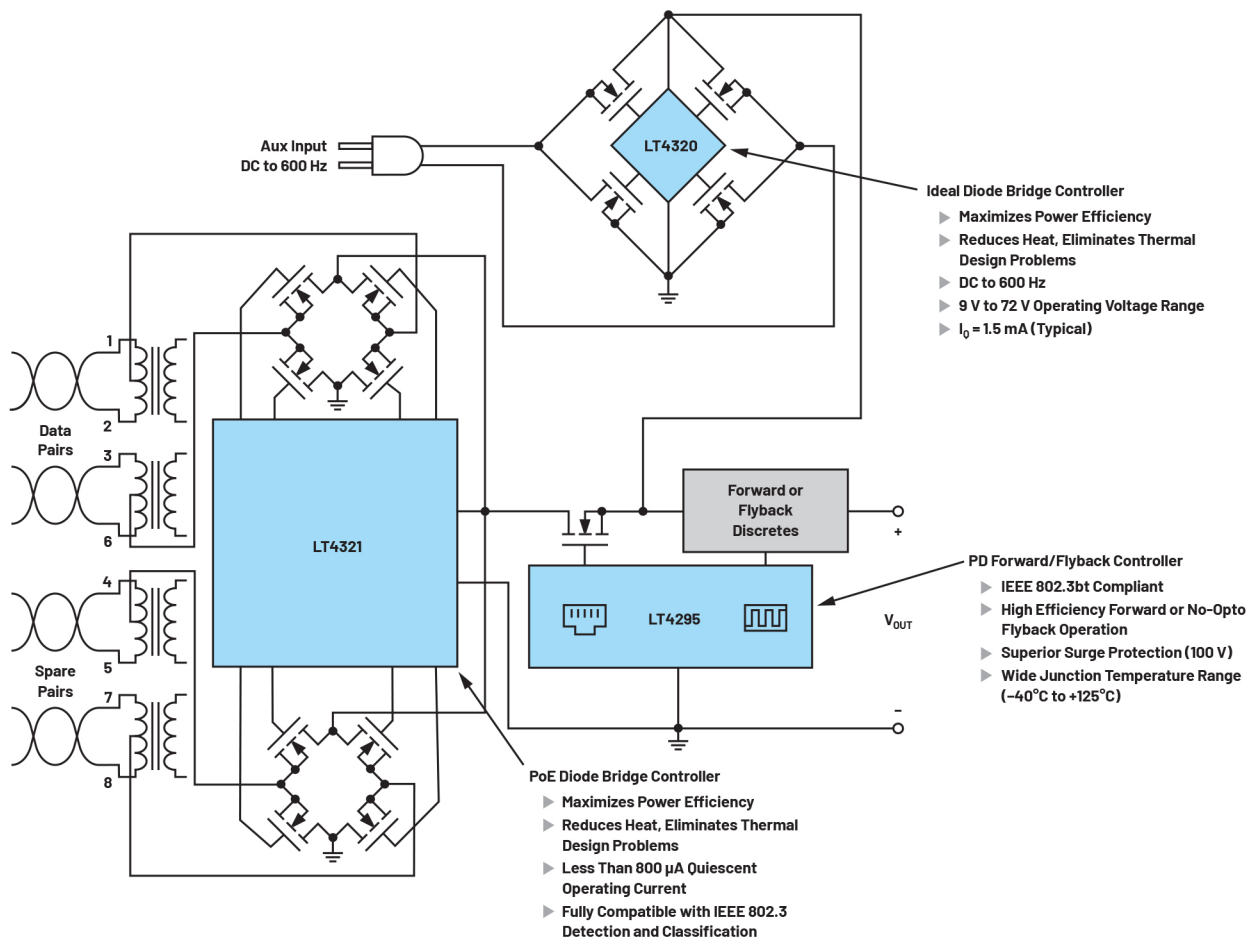


图5. 带有辅助输入的高效IEEE 802.3bt单特征PD接口的简化框图。

作者简介

Christopher Gobok是ADI公司电源系统管理产品的产品营销总监。Chris毕业于圣何塞州立大学，获得BSEE、MSEE和MBA学位。他之前的行业经验包括担任光电子和功率MOSFET的PME。联系方式：christopher.gobok@analog.com。

在线支持社区



访问ADI在线支持社区，中文技术论坛

与ADI技术专家互动。提出您的棘手设计问题、浏览常见问题解答，或参与讨论。

请访问ez.analog.com/cn



如需了解区域总部、销售和分销商，或联系客户服务和技术支持，请访问analog.com/cn/contact。

向我们的ADI技术专家提出棘手问题、浏览常见问题解答，或参与EngineerZone在线支持社区讨论。请访问ez.analog.com/cn。

©2022 Analog Devices, Inc. 保留所有权利。商标和注册商标属各自所有人所有。

“超越一切可能”是ADI公司的商标。

TA23617sc-1/22



请访问analog.com/cn