新以太网系统和数据一同分配直流电源

遍及各地的网络正在走进你身边的RJ-45插孔，它不仅给你带来了数据包，还带来了电源！

以太网供电(PoE)是一种电源分配技术，前不久作为IEEE标准802.3af获得了通过。这种技术允许无所不在的通用网络，以太网，在运送数据包的同时运送直流电源。最近获得批准的这个IEEE标准看起来是第一个定义了一套能够在世界各地使用的通用电源插座和插头的标准。这就意味着并不是所有需要连续供电的网络设备都需要本地的交流电源了，例如IP电话、无线接入节点和网络监控相机等。它还意味着设备不一定非要放置在靠近墙上电源插座的位置，有些情况下电源线都可以省掉。

在PoE系统中，通过现有的以太网接收电源的客户端设备被称为受电设备(PD)。向PD输送电力的设备称为供电设备(PSE)。通过每个RJ-45端口，PD可消耗的功率被限制在12.95W，PSE的输出被限制在15.4W。每个PD可期望获得最大350mA的持续电流，只要以太网电缆和物理层(PHY)变压器具有良好的平衡。

考虑到CAT-5以太网线(最长100m)上的电压降，IEEE标准为PD和PSE规定了不同的电压规格。较长的连线上会产生显著的压降，这就迫使PSE输出比通常的48VDC更高的电压，以便输送给PD尽可能多的功率。因此，在以太网线上高达57VDC的电压将随处可见。

大多数PoE网络可利用端点或中间PSE实现。端点PSE在同一设备内集成了以太网交换机和电源，位于以太网连线的另一个端点上。用这种类型的PSE实现PoE网络最为方便，因为在以太网连线的端点处电源就已经在线了。这种以太网交换机有时被称为具有“在线电源”(见**图1**)。端点PSE最适合于新的网络基础设施的部署。

对于现有的以太网，如果不允许进行大的改动，电源可利用中间PSE方式注入网线。中间PSE通过CAT-5电缆中的“空闲线对”提供电源——如果只有少数以太网设备需要电源，这种方法更具成本效益。这样的案例通常是在一个局部区域内有4到24个端口，而它又是一个更大的多端口网络的一部分(**图2**)。

端点PSE不同于中间 PSE的地方是，它可以选择利用信号线对同时传输电源和信号，也可以选择空闲线对传送电源。通常来讲，PSE必须能够通过信号线对或空闲线对提供电源，但不必两者同时。

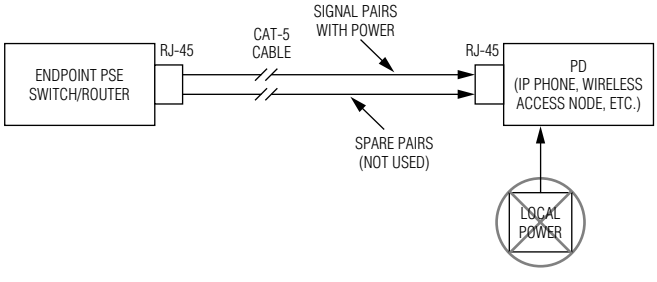

图1. 在端点PSE和PD设备的连接中，电源通过信号线对传送。

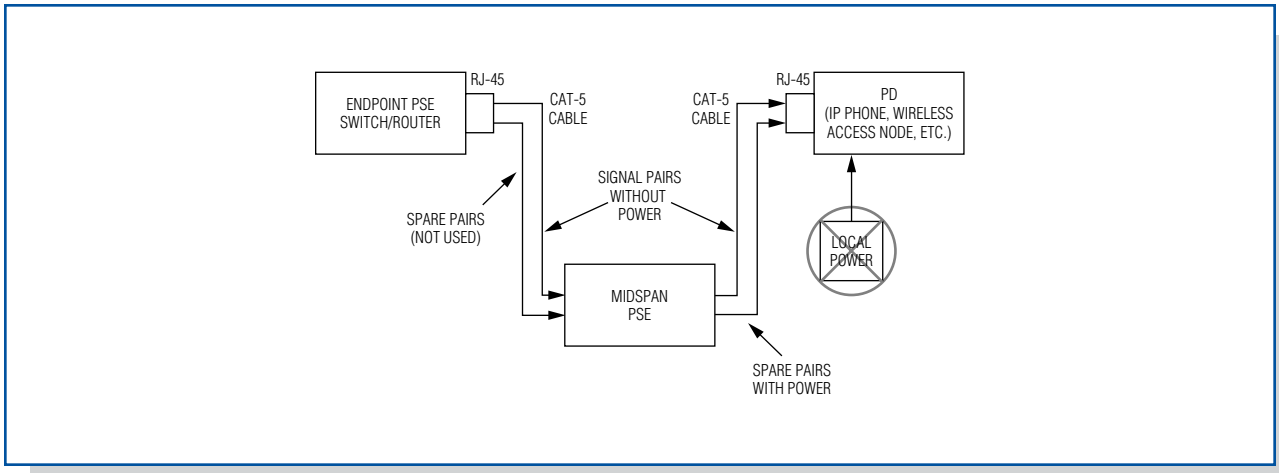

图 2. 在中间 PSE 和 PD 设备的连接中，电源通过空闲线对传送。

这个系统看上去很简单，但是却蕴含了相当的设计心血。它们必须具有足够的安全措施，以确保向后兼容那些不希望在以太网连线上出现48VDC电压的设备。IEEE 802.3af标准包含了后向兼容性，并且，通过提供多种驱动以太网的方式，它还兼顾了未来。本文介绍了设计者在为新的或现有系统开发产品时需要了解的基本知识—这些产品有可能被移植到千兆位以太网或 1000BASE-T/TX 系统。

如何考虑千兆位以太网?

千兆位以太网可以工作于端点PSE，但不能使用中间 PSE，因为它使用CAT-5电缆内的所有四对线传送数据。不同于此，10BASE-T和100BASE-TX仅用两对线传送数据 (线芯 1-2 和 3-6)，空闲线对(线芯 4-5 和 7-8)就可留给中间 PSE作电源注入。因此，要给千兆位以太网提供在线电源，就需要使用端点PSE交换机。

IEEE 802.3af标准也支持CAT-3电缆，因为它被早期的10BASE-T系统采用。不过，在部署新的网络时，为了获得尽可能高的信号完整性，我们建议采用现有的最高规格的以太网电缆 (CAT-5e或CAT-6)。这是因为电缆基础设施通常代表长达十年的远期投资。千兆位以太网(特别是1000BASE-T) 要求CAT-5电缆，但有些使用CAT-5和千兆位以太网交换机的应用已经很勉强了。因此，最新的 1000BASE-TX标准要求CAT-6电缆，而最早的1000BASE-T标准要求CAT-5电缆。

PD侦测

当被接入以太网链路时，PSE必须侦测每个以太网设备是否需要电源。因而PD必须表现出区别于传统以太网设备的特性。为实现这种侦测，PSE进行 V-I 测量，利用2.7V至10.1V的限流电压探测信号线。**表1**列出了要被侦测为有效的PD必须具备的一些条件。允许1.9V的串联偏移是因为通常

表1. 对于一个有效的PD特征，所有下列条件都必须被中间或端点PSE侦测到。

Parameter	Conditions (V)	Minimum	Maximum
V-I slope (at any chord of 1V or greater)	2.7 to 10.1	23.75kΩ	26.25kΩ
Voltage offset	—	—	1.9V
Current offset	—	—	10μA
Input capacitance	2.7 to 10.1	0.05μF	0.12μF
Input inductance	2.7 to 10.1	—	100μH

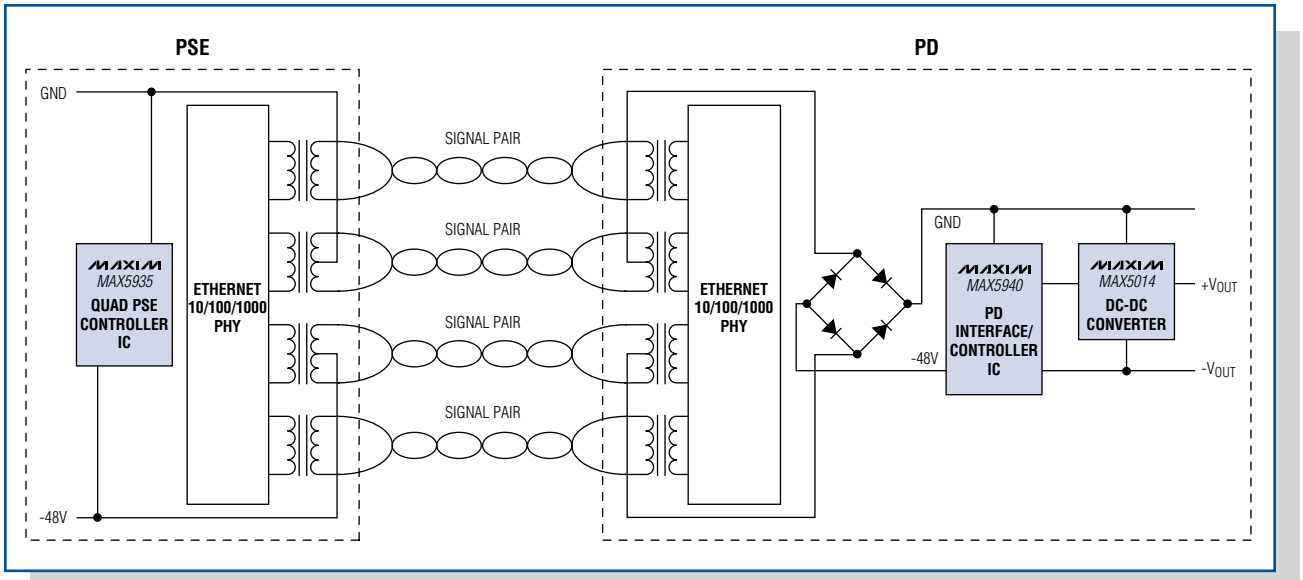

图 3. 工作于千兆位以太网的 PD 必须向后兼容于中间 PSE 应用，因此要从一个端点 PSE 交换机接收电源。

采用二极管桥来控制电压极性。每个PD会用到两个这样的桥，因为PD必须向后兼容于中间PSE (**图3**)。10μA的电流偏移是因为PD内部通常具有一定的泄漏。**表2**给出了另外一系列条件，任何满足这些条件的侦测都将判定以太网设备为一个无效PD。

PD功率分级

促使供电与以太网走向结合的最开始的动力来自于IP电话(VoIP)。由于如此众多的其它类型的以太网设备(RFID阅读器、PDA充电器、移动电话甚至膝上电脑等)也会使用这种方便的电源。IEEE 802.3af标准还包含了一个可选的功能，称为功率分级。这项功能使PSE能够更加精细地管理其功率预算。**表3**列出了可以供应一个PD使用的不同功率级别，以及它们所对应的分级特征。

为实现这项可选的功率分级方法，PSE施加一个14.5V至20.5V间的探查电压。作为回应，PD呈现出某种特征(分级电流)，指示PSE该PD将要吸取的最大功率。这个信息便于PSE管理任意给定时刻它向已连接的PD传递的最大功率。

通过选择合适的PSE控制IC，你可以实现另外一些IEEE 802.3af标准之外的功能：对于PSE向每个端口输出功率的硬性限制。除非调度管理人员能够保证所有PD永远都不会被替换为消耗功率更大的一个，交换机所预期的功率预算总有可能被偶然突破。在此情况下，PSE将拒绝为这个端口供电，除非它符合PD功率分级。

另外一些紧急情况下非常有用的功能是，PSE能够排出一个优先级顺序，决定首先为那个端口加电，或者当UPS或备用电源能量快用完时，哪些端口应该首先被切断。然后，交换机就可维持最重要的以太网端口的供电。这样的端口可能包括E911电话、标记阅读器、某些监视摄像头或接入

表2. 中间或端点PSE侦测到以下条件就说明以太网设备是一个无效的PD

Parameter	Conditions (V)	Range of Values
V-I slope	2.7 to 10.1	Either >45kΩ or <12kΩ
Input capacitance	2.7 to 10.1	>10μF

表3. PD功率分级的五个级别及其分级特征。

Class	Conditions (V)	Classification Current (mA)	PD Power Range (W)
0 (Default)	14.5 to 20.5	0 to 4	0.44 to 12.95
1	14.5 to 20.5	9 to 12	0.44 to 3.84
2	14.5 to 20.5	17 to 20	3.84 to 6.49
3	14.5 to 20.5	26 to 30	6.49 to 12.95
4 (Reserved for future use)	—	—	—

点、或者一些经营性的数据电路。这些失效保护特性被整合于PSE控制IC内部，可通过硬件接线或软件方式进行配置，有助于紧急情况下管理功率预算。因此，应寻找软件可配置的PSE控制IC。

侦测断开的PD

PSE加电给PD后，按照IEEE 802.3af标准它必须监视PD的“维持功率”特征。PSE还要侦测PD是否已断线。标准定义了交流和直流两种侦测PD断线的方法。例如，考虑这种情况，当PD被断开，而一个传统的以太网设备被立即插入交换机的同一个RJ-45插孔时的情况。如果48VDC电源没有在PD离开后被立即切断，传统设备就会受到伤害。

对PD进行交流阻抗测量一般要比纯直流电阻测量方法更精确。一个小幅度的共模交流电压与数据信号和48VDC被同时送到以太网线上。然后测量交流电流并算出端口阻抗，如果PD还没有被断开，这个值应该低于26.25kΩ。交流电压的频率应该在1MHz至100MHz之间。有关直流和交流断线侦测方法的其他更多细节，设计者应参考IEEE 802.3af标准。不管选择哪种方法，都必须迅速执行测量，并在PD断线后迅速移走电源。

硅片上的高级特性

用于多端口PSE的硅芯片现在已可从市场上找到，最常见的是控制四端口在线电源的PSE控制器。具有I^2C™兼容串行接口、具有可编程寄存器的器件提供了配合MCU使用的选项。出于对紧急情况的考虑，各种工作模式下的一些高级特性现在变得日益重要，而且重要性在9/11/01之后被进一步扩大了。

举例来讲，MAX5935提供的工作模式包括自动、半自动、手动、关断和调试模式。自动模式允许器件在无需软件干预的情况下工作。半自动模式(按需)连续侦测并分级连接到端口上的设备，但在接到软件指令前不会给端口加电。手动模式允许软件完全控制器件，对于系统诊断非常有用。关断模式终止所有活动，并关闭端口上的电源。最后，调试模式允许精细地步进器件状态机，以便进行细致的系统诊断。

图3是一个PoE系统设计的简化实例，给出了千兆位以太网中PSE和PD的连接。由于千兆位以太网不支持中间电源注入，100/10M以太网模式只能连接到一个端点PSE交换机上。(MAX5940 PD接口控制器不需要二极管桥，如果需要也可以加一个。)今天的PD接口控制IC (例如MAX5941和MAX5942)还包含脉宽调制(PWM)控制器，尽管PD通常包含了DC/DC转换器。

向 Maxim Integrated Products, Inc.或其从属许可名义下的相关公司购买 I^2C 元件，将传递 Philips I^2C 专利许可，允许这些元件用于 I^2C 系统，如果该系统符合 Philips 定义的 I^2C 标准规范的话 (美国专利号: 4,689,740)。