

## Microchip LAN9252 EtherCAT<sup>®</sup> 控制器的无变压器应用

作者: *Kansal Mariam Banu Shaick Ibrahim*  
*Microchip Technology Inc.*

### 简介

Microchip LAN9252 提供了一种旨在支持新一代 EtherCAT<sup>®</sup> 工业控制器的设计解决方案。无论是成本敏感型应用还是使用短距离 PCB 连接的应用，甚至是在极端环境条件（如高温）下工作的应用，都可以从这种无变压器的工作模式中获益。只要是两个已知且固定的以太网器件在一段已知的距离上进行通信，就可以采用无磁设计。

本应用笔记将指导用户如何在不使用变压器的情况下连接两个 Microchip 以太网器件。

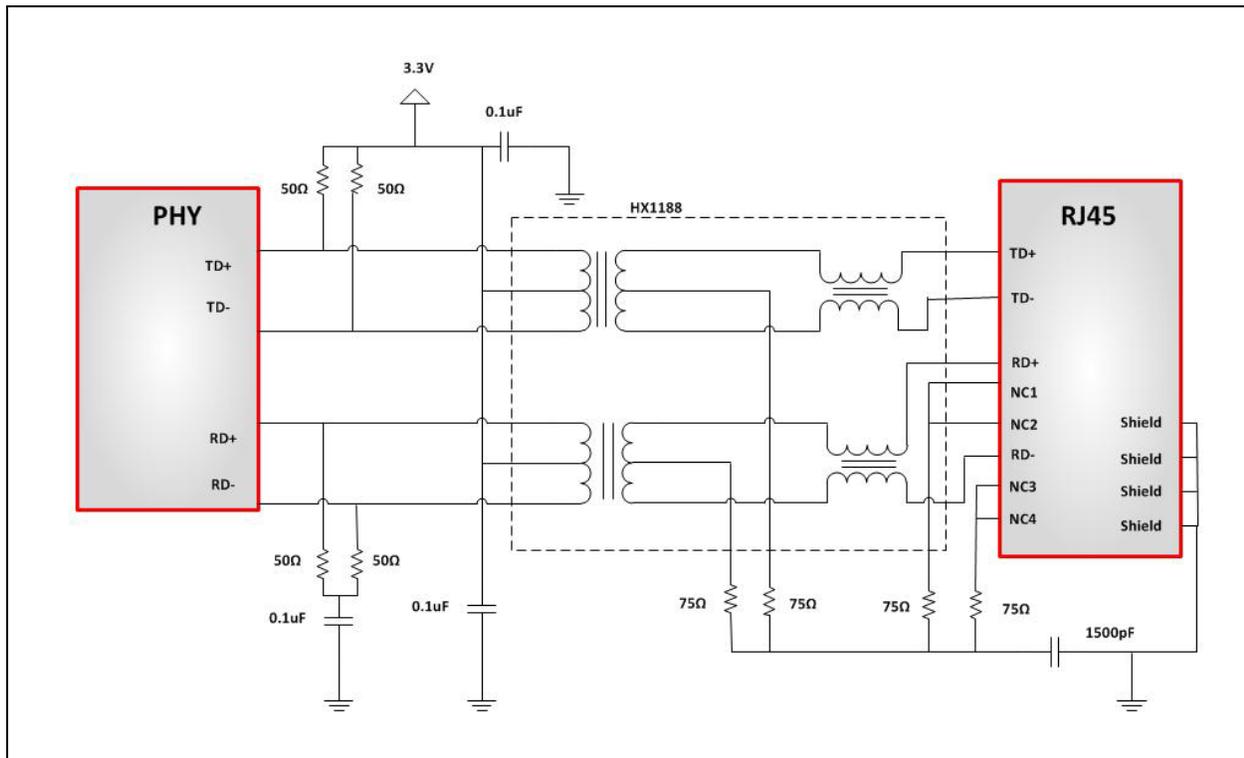
**注：** 有关 LAN9250/LAN935x 的无变压器工作模式的信息，请参见应用笔记 “*Transformerless Applications of Microchip’s LAN9250/LAN935x Ethernet Controller and Switches*”。

### 典型变压器隔离

要了解非典型无变压器应用的开发限制，首先需要了解典型变压器应用中的物理网络服务和信号传输以及变压器所提供的功能。

在典型网络配置中，两个物理层器件通过线缆进行点对点连接。图 1 给出了典型变压器接口的原理图。每个节点的发送器和接收器均通过 1:1 变压器与网线进行直流隔离。

图1: 典型变压器隔离



## 无变压器配置

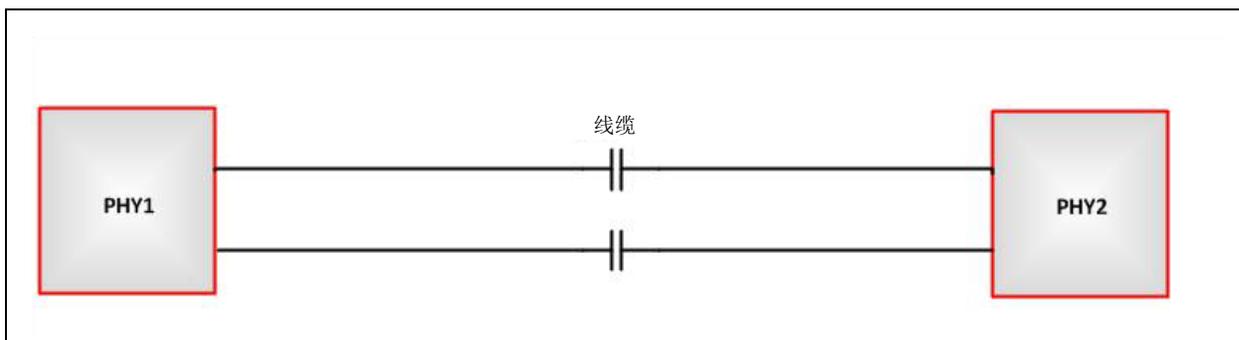
要满足非典型无变压器网络应用的工作要求，必须实现物理层元件发送和接收的分离和偏置以及高电压直流隔离，以符合应用的特定安全要求。

对于非典型应用，可以使用无极性电容来实现变压器在典型配置中提供的隔离功能。

典型网络配置提供自动协商和自动MDIX服务以及10 Mbps和100 Mbps两种工作速度。但在无变压器应用中，链路两端均为本地控制，因此必须禁止自动协商和自动MDIX。系统设计人员可在两端的器件上配置特定的速度和双工模式，以确保正常通信。

根据IEEE 802.3-2008规范，TX线与RX线需采用差分模式。TXP线与TXN线构成一个差分对，长距离通信时需设计为100Ω差分阻抗，短距离通信时需设计为50Ω差分阻抗。RXP线与RXN线也构成一个差分对，并且需要设计为适当的差分阻抗目标值。

图2： 典型无变压器隔离——将两个PHY连接在一起



## 自动协商

自动协商功能的用途是根据链路伙伴的能力将收发器自动配置为最优链路参数。自动协商是一种在两个链路伙伴之间交换配置信息和自动选择双方支持的最高性能工作模式的机制。在无变压器应用中，必须为Microchip器件禁止自动协商。

**注：** 在以下部分中，每个PHY寄存器名称的末尾都追加了小写字母“x”。对于PHY A或PHY B寄存器，“x”应分别替换为“A”或“B”。在某些情况下，替换为“1”或“2”可能更合适。

## 通过寄存器禁止自动协商

将PHY x基本控制寄存器（PHY\_BASIC\_CONTROL\_x）的自动协商使能（PHY\_AN）位清零可以禁止自动协商。收发器随后将根据PHY x基本控制寄存器（PHY\_BASIC\_CONTROL\_x）的速度选择LSb（PHY\_SPEED\_SEL\_LSB）位和双工模式（PHY\_DUPLEX）位中的信息强制设置其工作速度。使能自动协商时，这些位将被忽略。

PHY x基本控制寄存器（PHY_BASIC_CONTROL_x）			
Bit	说明	类型	默认值
13	<b>速度选择LSb（PHY_SPEED_SEL_LSB）</b> 该位用于在自动协商使能（PHY_AN）位被禁止时设置PHY的速度。 0: 10 Mbps 1: 100 Mbps	R/W	1'b1
12	<b>自动协商使能（PHY_AN）</b> 该位用于使能/禁止自动协商。使能时，速度选择LSb（PHY_SPEED_SEL_LSB）位和双工模式（PHY_DUPLEX）位会被改写。 0: 禁止自动协商 1: 使能自动协商	R/W	处于100BASE-FX模式时为1'b0 否则为1'b1
8	<b>双工模式（PHY_DUPLEX）</b> 该位用于在自动协商使能（PHY_AN）位被禁止时设置双工模式。 0: 半双工 1: 全双工	R/W	1'b1

# AN2189

## HP 自动 MDIX

借助 HP 自动 MDIX，可以方便地使用 CAT-3（10BASE-T）或 CAT-5（100BASE-TX）介质 UTP 互连线缆，无需考虑接口接线方案。如果用户插入直连或交叉网线，则收发器可以配置 TXPx/TXNx 和 RXPx/RXNx 双绞线引脚以确保正常工作。

器件的内部逻辑会检测连接器件的 TX 和 RX 引脚。由于 RX 和 TX 线对可以互换，因此需要遵守特殊的 PCB 设计注意事项以适应自动 MDIX 设计的对称磁件和端接。对于无变压器应用，建议禁止 HP 自动 MDIX。

**注：** 在无变压器应用中，如果 TX 和 RX 线意外互换，则可以考虑使用 HP 自动 MDIX 功能。

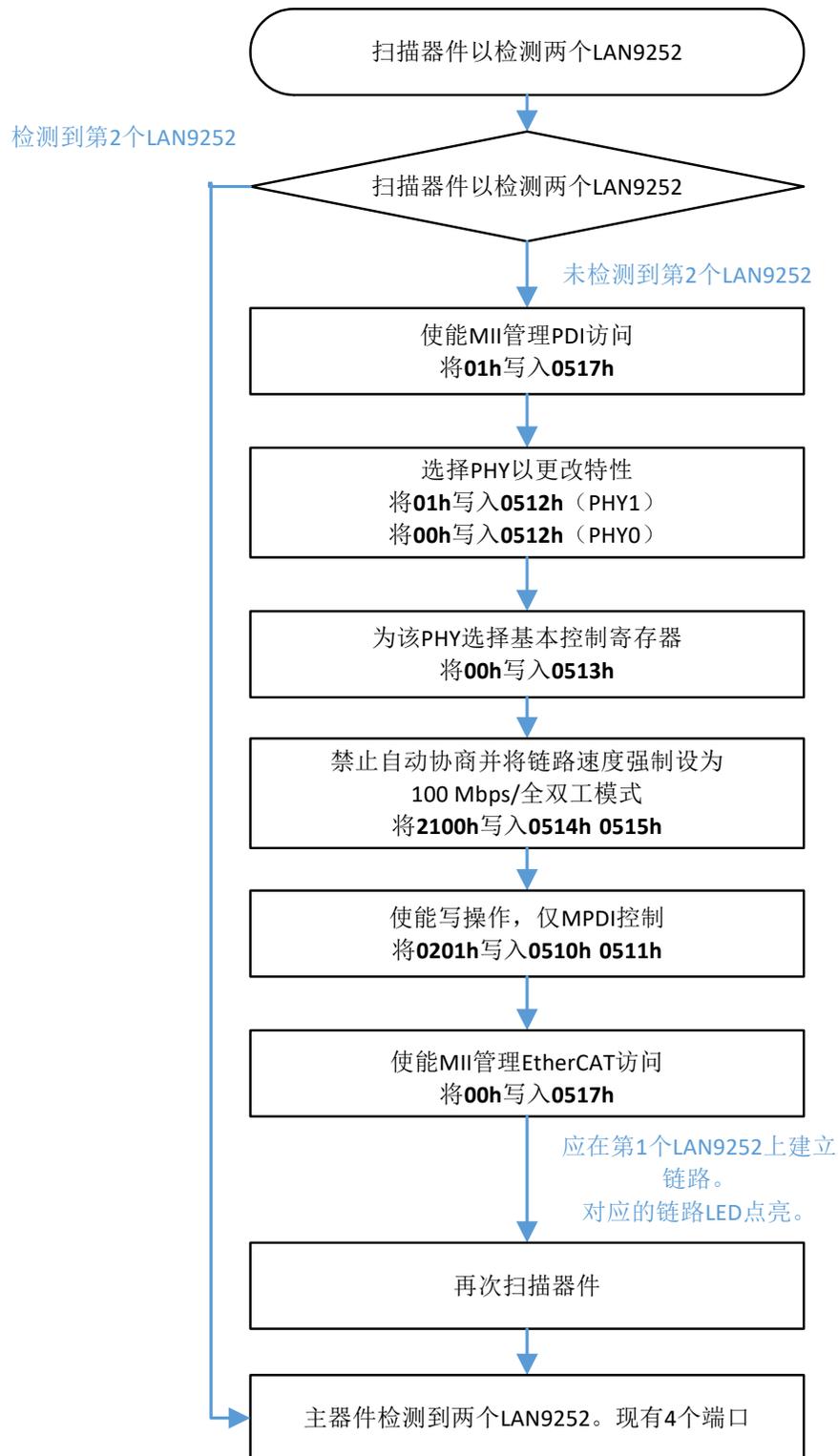
## 通过 PDI 访问 LAN9252 PHY 寄存器

使用 MII 管理接口寄存器时，可通过 PDI 访问 LAN9252 PHY x 寄存器，详细信息请参见“LAN9252 数据手册”（DS00001909A\_CN）。下表汇总了这类寄存器。

EtherCAT® 内核地址	MII 管理接口寄存器名称
0510h-0511h	MII 管理控制/状态寄存器
0512h	PHY 地址寄存器
0513h	PHY 寄存器地址寄存器
0514-0515h	PHY 数据寄存器

使用LAN9252寄存器通过PDI禁止自动协商的步骤

图3: 使用LAN9252寄存器通过PDI禁止自动协商



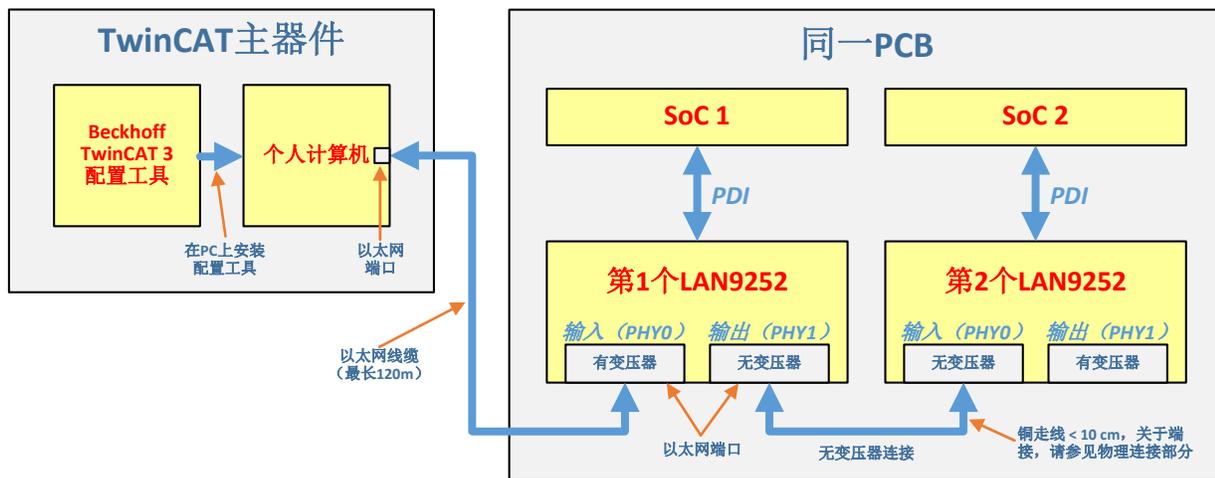
## LAN9252无变压器PHY工作模式

如图4所示，第一个LAN9252（PHY1）与第二个LAN9252（PHY0）之间使用了无变压器PHY连接。要建立无变压器连接链路，必须执行以下操作：

- 在第一个LAN9252（PHY1）和第二个LAN9252（PHY0）上禁止自动协商，并将链路速度强制设为100 Mbps全双工模式（遵循图3所示的过程）。
- 在两个LAN9252上，通过EEPROM在MII管理控制/状态寄存器中禁止“MI链路检测”（见“LAN9252数据手册”中的“EEPROM可配置寄存器”）。
- 在两个LAN9252上，通过EEPROM在ESC配置寄存器中禁止“增强型链路检测”（见“LAN9252数据手册”中的“EEPROM可配置寄存器”）。

PHY x基本控制寄存器的bit8、bit12和bit13分别用于控制自动协商、链路速度和双工模式（见“LAN9252数据手册”（DS00001909A\_CN））。可通过EtherCAT主器件或PDI访问LAN9252 PHY x基本控制寄存器。

图4： LAN9252无变压器PHY连接的简单示例



**注：** 只要是两个固定的LAN9252器件在一段已知的距离上进行通信，就可以采用无磁设计。

以下示例说明了如何在EEPROM中禁止自动协商、MI链路检测和增强型链路检测。

### 禁止自动协商的PIC32代码示例

1. 在SDK中，导航到以下文件夹：EVB-LAN9252-HBI\_PIC32\_SDK\_V1.3\SSC
2. 将SSC文件夹复制两次，分别命名为“SSC0”和“SSC1”
3. 转到每个新副本中的“common”文件夹
4. 打开9252\_HW.c文件，然后添加如图5所示的代码。在图5中的“Select PHY0”部分，将数据值改为0x0100表示选择PHY1，保留原样表示选择PHY0。

图5: 禁止自动协商的PIC32代码示例

```

        intMask = 0;
        HW_EscReadWord(intMask, ESC_AL_EVENTMASK_OFFSET);
    } while (intMask != 0x93);

    //Enable PDI access to MII management
    data = 0x01;
    HW_EscWriteWord(data, 0x0517);

    //Select PHY0
    data = 0x0000;
    HW_EscWriteWord(data, 0x0512);

    //Disable Auto-Negotiation and force link speed to 100mbps / full duplex
    data = 0x2100;
    HW_EscWriteWord(data, 0x0514);

    //Enable write operation, MDPI control only
    data = 0x0201;
    HW_EscWriteWord(data, 0x0510);

    //Enable PDI access to MII management
    data = 0x00;
    HW_EscWriteWord(data, 0x0517);

```

5. 使用新文件编程PIC32软件。更多信息，请参见软件快速入门指南。

### 更新EEPROM 设置

1. 在SDK中，导航到以下文件夹：EVB-LAN9252-HBI\_PIC32\_SDK\_V1.3\ESI files
2. 在文本编辑器中打开所需模式的XML文件。
3. 针对PHY1或PHY0更改第1508行代码，具体如下所示：  
**初始代码:** <ConfigData>800E00CC8813ff000000000800000</ConfigData>  
**PHY1:** <ConfigData>802C00CC8813ff000000000000000</ConfigData>  
**PHY0:** <ConfigData>801C00CC8813ff000000000000000</ConfigData>
4. 这两项更改将禁止增强型链路检测和MI链路检测。

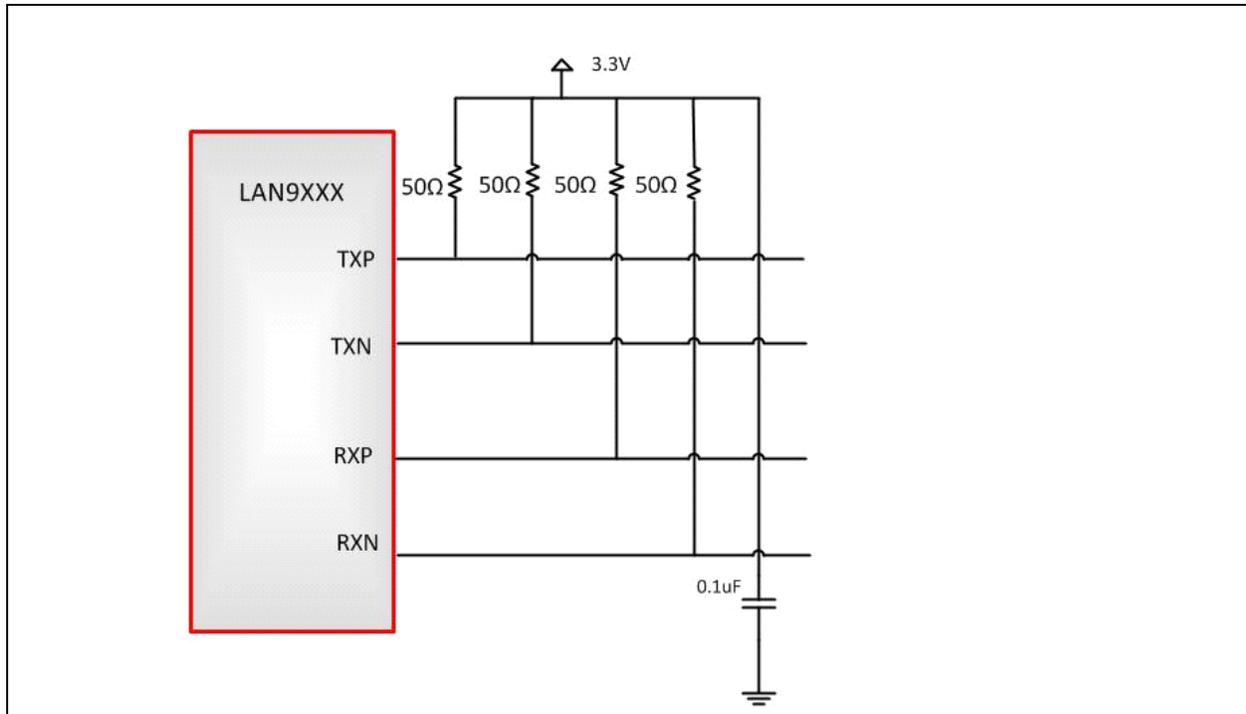
# AN2189

## 物理连接

使用变压器时，发送器输出用于向变压器灌入电流。不使用变压器时，必须在每个器件上连接负载电阻以产生输出电压，如图6所示。

**注：** 如果使能AMDIX，则应将RX引脚配置为通过50Ω电阻连接到电源，以便在需要时可将RX引脚配置为TX引脚。如果禁止AMDIX且RX引脚仅用于接收模式，则只要确保RX引脚与TX引脚之间存在100Ω的差分阻抗，可以采用任何形式的外部端接。

图6： 无变压器应用中的负载电阻

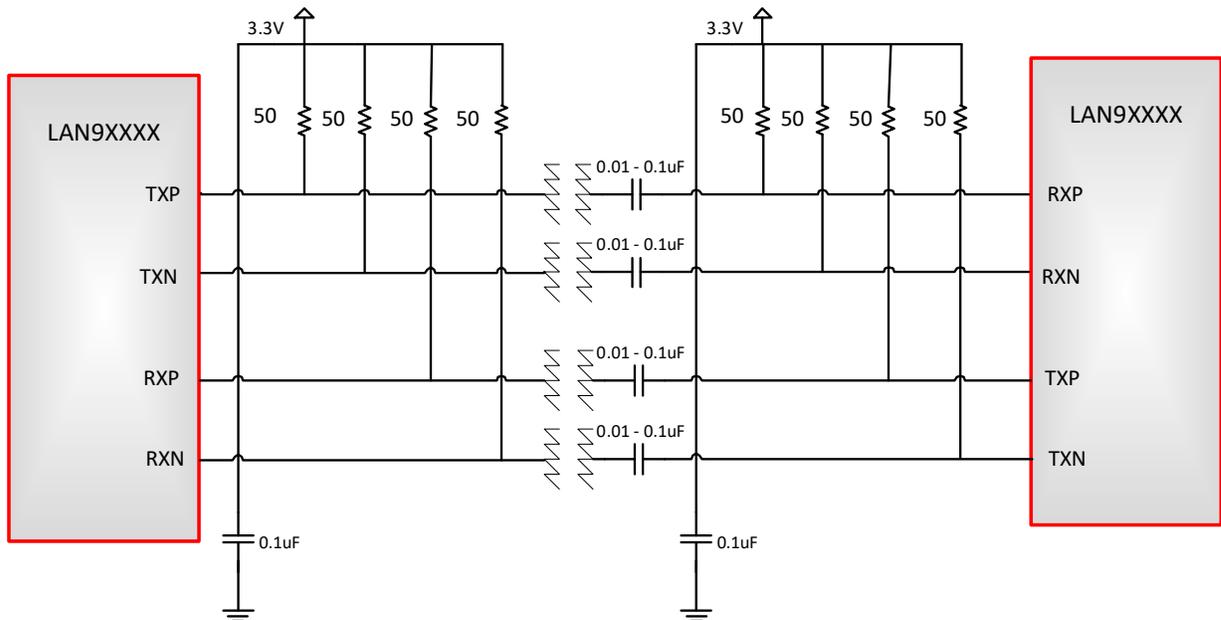


## 距离注意事项

Microchip 建议在两个以太网器件的所有模拟引脚上都连接端接电阻。此外，应在实验室中进行适当的验证，以确保提供最佳的电阻布局方案（如图7所示）。

建议不要在未使用变压器的情况下进行超长距离的线缆连接，因为可能存在高压积聚和噪声影响的风险。

图7： 连接示例



**注：** 如果两个Microchip 器件共用同一PCB中的同一个电源域，则针对长度超过12英寸的PCB走线，每个器件上的50Ω端接电阻无需交流耦合电容。

**注：** 只要板间通信使用不同的电源域，就需要交流耦合电容。这是因为电路板之间的电源/接地域可能发生偏移，需要通过耦合电容来最大限度地减少直流均衡问题。

## 总结

Microchip 以太网器件经过配置可在非典型无变压器网络应用中可靠地进行发送和接收操作。建议使用无极性电容与网线进行直流隔离，并确保直流隔离额定值满足应用最低要求。

# AN2189

---

## 附录 A: 应用笔记版本历史

表A-1: 版本历史

版本与日期	节/图/条目	更正
DS00002189A (2016年6月14日)	全部	初始版本

**请注意以下有关 Microchip 产品代码保护功能的要点：**

- Microchip 的产品均达到 Microchip 数据手册中所述的技术规范。
- Microchip 确信：在正常使用且符合工作规范的情况下，Microchip 系列产品非常安全。
- Microchip 注重并积极保护其知识产权。严禁任何试图破坏 Microchip 产品代码保护功能的行为，这种行为可能会违反《数字千年版权法案》（Digital Millennium Copyright Act）。
- Microchip 或任何其他半导体厂商均无法保证其代码的安全性。代码保护并不意味着我们保证产品是“牢不可破”的。代码保护功能处于持续发展之中。Microchip 承诺将不断改进产品的代码保护功能。

提供本档的中文版本仅为了便于理解。请勿忽视文档中包含的英文部分，因为其中提供了有关 Microchip 产品性能和使用情况的有用信息。Microchip Technology Inc. 及其分公司和相关公司、各级主管与员工及事务代理机构对译文中可能存在的任何差错不承担任何责任。建议参考 Microchip Technology Inc. 的英文原版文档。

本出版物及其提供的信息仅适用于 Microchip 产品，包括设计、测试以及将 Microchip 产品集成到您的应用中。以其他方式使用这些信息都将被视为违反条款。本出版物中的器件应用信息仅为您提供便利，将来可能会发生更新。如需额外的支持，请联系当地的 Microchip 销售办事处，或访问 <https://www.microchip.com/en-us/support/design-help/client-supportservices>。

**Microchip “按原样”提供这些信息。Microchip 对这些信息不作任何明示或暗示、书面或口头、法定或其他形式的声明或担保，包括但不限于针对非侵权性、适销性和特定用途的适用性的暗示担保，或针对其使用情况、质量或性能的担保。**

在任何情况下，对于因这些信息或使用这些信息而产生的任何间接的、特殊的、惩罚性的、偶然的或间接的损失、损害或任何类型的开销，Microchip 概不承担任何责任，即使 Microchip 已被告知可能发生损害或损害可以预见。在法律允许的最大范围内，对于因这些信息或使用这些信息而产生的所有索赔，Microchip 在任何情况下所承担的全部责任均不超出您为获得这些信息向 Microchip 直接支付的金额（如有）。如果将 Microchip 器件用于生命维持和 / 或生命安全应用，一切风险由买方自负。买方同意在由此引发任何一切损害、索赔、诉讼或费用时，会维护和保障 Microchip 免于承担法律责任。除非另外声明，在 Microchip 知识产权保护下，不得暗中以其他方式转让任何许可证。

有关 Microchip 质量管理体系的更多信息，请访问 [www.microchip.com/quality](http://www.microchip.com/quality)。

## 商标

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、Adaptec、AnyRate、AVR、AVR 徽标、AVR Freaks、BesTime、BitCloud、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、flexPWR、HELDO、IGLOO、JukeBlox、KeeLoq、Kleer、LANCheck、LinkMD、maXStylus、maXTouch、MedialB、megaAVR、Microsemi、Microsemi 徽标、MOST、MOST 徽标、MPLAB、OptoLyzer、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32 徽标、PolarFire、Prochip Designer、QTouch、SAM-BA、SenGenuity、SpyNIC、SST、SST 徽标、SuperFlash、Symmetricom、SyncServer、Tachyon、TimeSource、tinyAVR、UNI/O、Vectron 及 XMEGA 均为 Microchip Technology Incorporated 在美国和其他国家或地区的注册商标。

AgileSwitch、APT、ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、Flashtec、Hyper Speed Control、HyperLight Load、IntelliMOS、Libero、motorBench、mTouch、Powermite 3、Precision Edge、ProASIC、ProASIC Plus、ProASIC Plus 徽标、Quiet-Wire、SmartFusion、SyncWorld、Temux、TimeCesium、TimeHub、TimePictra、TimeProvider、TrueTime、WinPath 和 ZL 均为 Microchip Technology Incorporated 在美国的注册商标。

Adjacent Key Suppression、AKS、Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、Augmented Switching、BlueSky、BodyCom、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoAutomotive、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、Espresso T1S、EtherGREEN、GridTime、IdealBridge、In-Circuit Serial Programming、ICSP、INICnet、Intelligent Paralleling、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、Knob-on-Display、maxCrypto、maxView、memBrain、MindI、MiWi、MPASM、MPF、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、NVM Express、NVMe、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、PowerSmart、PureSilicon、QMatrix、REAL ICE、Ripple Blocker、RTAX、RTG4、SAM-ICE、Serial Quad I/O、simpleMAP、SimpliPHY、SmartBuffer、SmartHLS、SMART-I.S.、storClad、SQL、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Switchtec、SynchroPHY、Total Endurance、TSHARC、USBCheck、VariSense、VectorBlox、VeriPHY、ViewSpan、WiperLock、XpressConnect 和 ZENA 均为 Microchip Technology Incorporated 在美国和其他国家或地区的商标。

SQTP 为 Microchip Technology Incorporated 在美国的服务标记。Adaptec 徽标、Frequency on Demand、Silicon Storage Technology、Symmcom 和 Trusted Time 均为 Microchip Technology Inc. 在除美国外的国家或地区的注册商标。

GestIC 为 Microchip Technology Inc. 的子公司 Microchip Technology Germany II GmbH & Co. KG 在除美国外的国家或地区的注册商标。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2022, Microchip Technology Incorporated 及其子公司版权所有。  
ISBN: 978-1-5224-9994-7

## 全球销售及服务中心

### 美洲

公司总部 **Corporate Office**  
2355 West Chandler Blvd.  
Chandler, AZ 85224-6199  
Tel: 1-480-792-7200  
Fax: 1-480-792-7277

技术支持:  
<http://www.microchip.com/support>

网址: [www.microchip.com](http://www.microchip.com)

#### 亚特兰大 **Atlanta** Duluth, GA

Tel: 1-678-957-9614  
Fax: 1-678-957-1455

#### 奥斯汀 **Austin, TX** Tel: 1-512-257-3370

**波士顿 Boston**  
Westborough, MA  
Tel: 1-774-760-0087  
Fax: 1-774-760-0088

**芝加哥 Chicago**  
Itasca, IL  
Tel: 1-630-285-0071  
Fax: 1-630-285-0075

**达拉斯 Dallas**  
Addison, TX  
Tel: 1-972-818-7423  
Fax: 1-972-818-2924

**底特律 Detroit**  
Novi, MI  
Tel: 1-248-848-4000

**休斯敦 Houston, TX**  
Tel: 1-281-894-5983

**印第安纳波利斯 Indianapolis**  
Noblesville, IN  
Tel: 1-317-773-8323  
Fax: 1-317-773-5453  
Tel: 1-317-536-2380

**洛杉矶 Los Angeles**  
Mission Viejo, CA  
Tel: 1-949-462-9523  
Fax: 1-949-462-9608  
Tel: 1-951-273-7800

**罗利 Raleigh, NC**  
Tel: 1-919-844-7510

**纽约 New York, NY**  
Tel: 1-631-435-6000

**圣何塞 San Jose, CA**  
Tel: 1-408-735-9110  
Tel: 1-408-436-4270

**加拿大多伦多 Toronto**  
Tel: 1-905-695-1980  
Fax: 1-905-695-2078

### 亚太地区

中国 - 北京  
Tel: 86-10-8569-7000

中国 - 成都  
Tel: 86-28-8665-5511

中国 - 重庆  
Tel: 86-23-8980-9588

中国 - 东莞  
Tel: 86-769-8702-9880

中国 - 广州  
Tel: 86-20-8755-8029

中国 - 杭州  
Tel: 86-571-8792-8115

中国 - 南京  
Tel: 86-25-8473-2460

中国 - 青岛  
Tel: 86-532-8502-7355

中国 - 上海  
Tel: 86-21-3326-8000

中国 - 沈阳  
Tel: 86-24-2334-2829

中国 - 深圳  
Tel: 86-755-8864-2200

中国 - 苏州  
Tel: 86-186-6233-1526

中国 - 武汉  
Tel: 86-27-5980-5300

中国 - 西安  
Tel: 86-29-8833-7252

中国 - 厦门  
Tel: 86-592-238-8138

中国 - 香港特别行政区  
Tel: 852-2943-5100

中国 - 珠海  
Tel: 86-756-321-0040

台湾地区 - 高雄  
Tel: 886-7-213-7830

台湾地区 - 台北  
Tel: 886-2-2508-8600

台湾地区 - 新竹  
Tel: 886-3-577-8366

### 亚太地区

澳大利亚 **Australia - Sydney**  
Tel: 61-2-9868-6733

印度 **India - Bangalore**  
Tel: 91-80-3090-4444

印度 **India - New Delhi**  
Tel: 91-11-4160-8631

印度 **India - Pune**  
Tel: 91-20-4121-0141

日本 **Japan - Osaka**  
Tel: 81-6-6152-7160

日本 **Japan - Tokyo**  
Tel: 81-3-6880-3770

韩国 **Korea - Daegu**  
Tel: 82-53-744-4301

韩国 **Korea - Seoul**  
Tel: 82-2-554-7200

马来西亚  
**Malaysia - Kuala Lumpur**  
Tel: 60-3-7651-7906

马来西亚 **Malaysia - Penang**  
Tel: 60-4-227-8870

菲律宾 **Philippines - Manila**  
Tel: 63-2-634-9065

新加坡 **Singapore**  
Tel: 65-6334-8870

泰国 **Thailand - Bangkok**  
Tel: 66-2-694-1351

越南 **Vietnam - Ho Chi Minh**  
Tel: 84-28-5448-2100

### 欧洲

奥地利 **Austria - Wels**  
Tel: 43-7242-2244-39  
Fax: 43-7242-2244-393

丹麦  
**Denmark - Copenhagen**  
Tel: 45-4485-5910  
Fax: 45-4485-2829

芬兰 **Finland - Espoo**  
Tel: 358-9-4520-820

法国 **France - Paris**  
Tel: 33-1-69-53-63-20  
Fax: 33-1-69-30-90-79

德国 **Germany - Garching**  
Tel: 49-8931-9700

德国 **Germany - Haan**  
Tel: 49-2129-3766400

德国 **Germany - Heilbronn**  
Tel: 49-7131-72400

德国 **Germany - Karlsruhe**  
Tel: 49-721-625370

德国 **Germany - Munich**  
Tel: 49-89-627-144-0  
Fax: 49-89-627-144-44

德国 **Germany - Rosenheim**  
Tel: 49-8031-354-560

以色列 **Israel - Ra'anana**  
Tel: 972-9-744-7705

意大利 **Italy - Milan**  
Tel: 39-0331-742611  
Fax: 39-0331-466781

意大利 **Italy - Padova**  
Tel: 39-049-7625286

荷兰 **Netherlands - Drunen**  
Tel: 31-416-690399  
Fax: 31-416-690340

挪威 **Norway - Trondheim**  
Tel: 47-7288-4388

波兰 **Poland - Warsaw**  
Tel: 48-22-3325737

罗马尼亚  
**Romania - Bucharest**  
Tel: 40-21-407-87-50

西班牙 **Spain - Madrid**  
Tel: 34-91-708-08-90  
Fax: 34-91-708-08-91

瑞典 **Sweden - Gothenberg**  
Tel: 46-31-704-60-40

瑞典 **Sweden - Stockholm**  
Tel: 46-8-5090-4654

英国 **UK - Wokingham**  
Tel: 44-118-921-5800  
Fax: 44-118-921-5820