AN1900

Microchip以太网控制器、开关和EtherCAT控制器的无变压器应用

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

简介

Microchip提供了旨在支持新一代以太网开关、EtherCAT工业控制器和10/100工业以太网MAC/PHY控制器的设计解决方案。以太网开关产品分为主机总线和MII两类，其中主机总线版本支持基于开关结构的全功能以太网MAC。非主机总线版本支持各种可选单/双端口的MII、RMII和Turbo MII选项。

下表列出了各种可用产品。

设备编号	说明
LAN9250	10/100工业以太网控制器和PHY
LAN9252	具有集成以太网PHY的双/三端口EtherCAT从控制器
LAN9352	带16位非PCI CPU接口的双端口10/100管理型以太网开关
LAN9353	具有单MII/Turbo MII或双RMII的三端口10/100管理型以太网开关
LAN9354	具有单RMII的三端口10/100管理型以太网开关
LAN9355	具有双MII/RMII/Turbo MII的三端口10/100管理型以太网开关

对成本敏感的应用、使用近距离PCB连接的应用，甚至是在极端环境（如极端温度条件下）使用的应用，无变压器工作均能带来好处。无磁设计可应用于任何距离已知且固定的以太网设备之间的通信。例如，两设备在同一PCB板上或通过背板（如在VME底盘中）进行通信。

本应用笔记提供了相关准则，指导您如何不使用变压器来连接两个LAN9XXX以太网设备。

典型变压器隔离

要了解非典型无变压器应用的开发限制，首先需要理解物理网络服务和信令，以及变压器在典型应用中提供的功能。

典型网络配置是通过电缆对两个物理层设备进行点对点连接。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变压器与网络电缆直流隔离。

变压器提供与电缆的直流隔离功能，并为物理层设备提供直流偏置。设备需要进行隔离以满足针对电缆配置的IEEE 802.3交流和直流隔离规范。

© 2016 Microchip Technology Inc.

图1： 典型变压器隔离

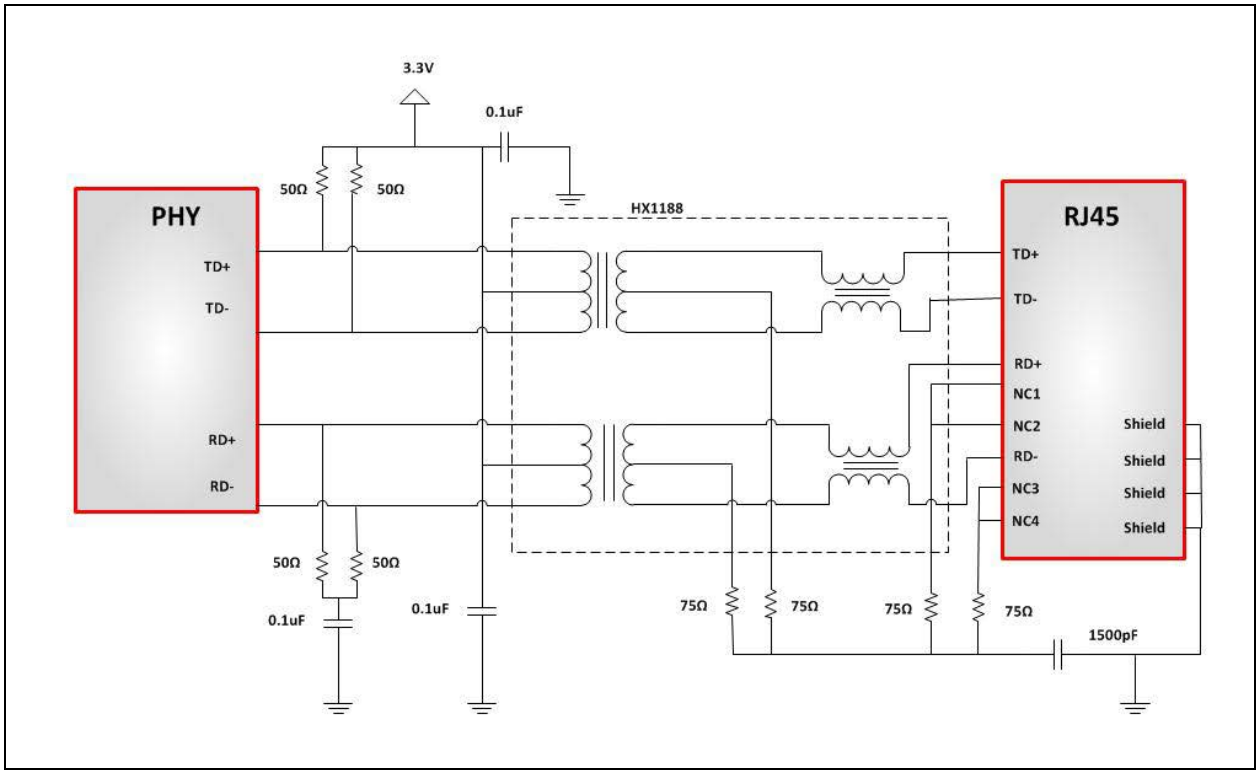
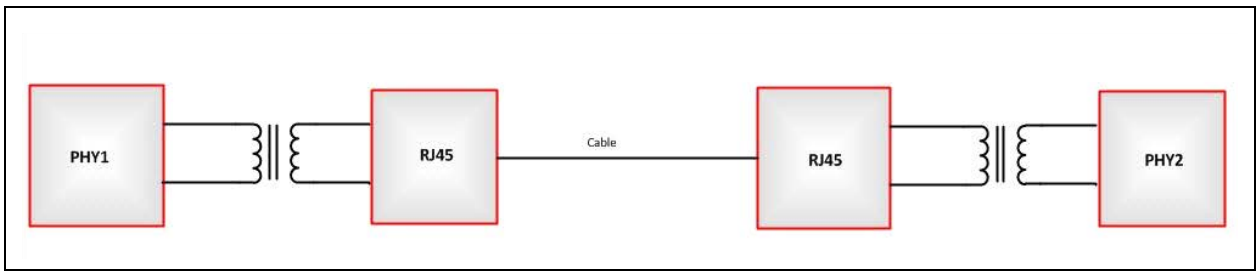


图2： 典型变压器隔离——将两个PHY连接在一起



© 2016 Microchip Technology Inc.

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，必须实现对物理层元件发送和接收的分离与偏置以及为满足应用特定安全要求的高电压直流隔离。

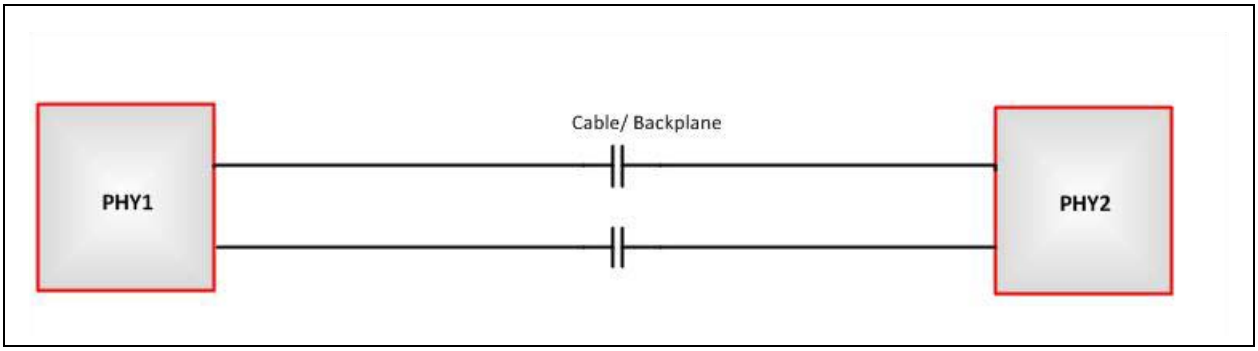
对于非典型应用，可以利用无极性电容实现变压器在典型配置中提供的隔离功能。

典型网络配置提供了自动协商和Auto-MDIX服务以及10 Mbps和100 Mbps两种工作速度。在无变压器应用中可以禁止自动协商和Auto-MDIX，因为链路两端的设备均为本地控制（LAN9252除外，该设备始终使能自动协商和Auto-MDIX）。系统设计人员可以在两个设备上配置特定的速度和双工模式，以确保正常通信。

根据Microchip的实验室测试，两个PHY设备可在使能自动协商和Auto-MDIX的情况下成功链接并通信，但复位后恢复链接需要几秒钟的延时。禁止自动协商和Auto-MDIX可以消除系统启动期间的这一段延时。

IEEE 802.3–2008规范要求TX与RX线路运行在不同模式下。TXP与TXN线路构成一个差分对，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与RXN线路也构成一个差分对，并且需要设计为相应的差分阻抗目标值。

图3：　典型无变压器隔离——将两个PHY连接在一起



自动协商

自动协商功能旨在根据链路伙伴的能力将收发器自动配置为最佳链路参数。自动协商是一种在两个链路伙伴之间交换配置信息并自动选择受双方支持的最高性能工作模式的机制。

已采用下文硬件部分给出的配置成功对LAN9XXX的自动协商功能进行了测试。

> *注：以下部分中在每个PHY寄存器名称的末尾追加了小写字母“x”，对于PHY A或PHY B寄存器，应分别将“x”替换为“A”或“B”。在某些情况下，也可以相应替换为“1”或“2”。（这不适用于LAN9250）。*

通过寄存器禁止自动协商（不适用于LAN9252，该设备始终使能自动协商）

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。之后，收发器将强制自身采用相应的工作速度以反映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。使能自动协商后将忽略这些位。

PHY x基本控制寄存器（PHY_BASIC_CONTROL_x）			
位	说明	类型	默认值
13	**速度选择LSB（PHY_SPEED_SEL_LSB）** 该位用于在禁止自动协商使能（PHY_AN）位时设置PHY的速度。 0：10 Mbps 1：100 Mbps	R/W	**LAN9252**： 1’b1 **LAN9250、LAN352、LAN9353、LAN9354和LAN9355**： 处于100BASE-FX模式下时为1’b1 当autoneg_strap_X为1时为1’b1 否则默认设为speed_strap_x的值
1	**自动协商使能（PHY_AN）** 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）位会被覆盖。 0：禁止自动协商 1：使能自动协商	R/W	**LAN9252**： 处于100BASE-FX模式下时为1’b0 否则为1’b1 **LAN9250、LAN9352、LAN9353、LAN9354和LAN9355**： 处于100BASE-FX模式下时为1’b0 否则默认设为autoneg_strap_X的值
8	**双工模式（PHY_DUPLEX）** 该位用于在禁止自动协商使能（PHY_AN）位时设置双工模式。 0：半双工 1：全双工	R/W	**LAN9252**：1’b1 **LAN9250、LAN9352、LAN9353、LAN9354和LAN9355**： 处于100BASE-FX模式下时为duplex_strap_x的值 当autoneg_strap_X为1时为1’b0 否则默认设为duplex_strap_x的值。

© 2016 Microchip Technology Inc.

通过硬件配置脚禁止自动协商（不适用于LAN9252）

下面的配置脚对LAN9252无效。

对于LAN9250，autoneg_strap_2、duplex_strap_2和speed_strap_2均无效。

配置脚名称	说明	引脚/默认值
autoneg_strap_1	PHY A自动协商使能配置脚： “0”——禁止自动协商 “1”——使能自动协商	**LAN9250、LAN9352和LAN9354**：1’b1 **LAN9353和LAN9355**：P1_INTPHY配置脚的值 （注：P1_INTPHY为复位期间锁存的硬配置脚）
autoneg_strap_2	PHY B自动协商使能配置脚： “0”——禁止自动协商 “1”——使能自动协商	1’b1
duplex_strap_1/2	PHY x双工选择配置脚： “1”——全双工 “0”——半双工	1’b1
speed_strap_1/2	PHY x速度选择配置脚： “1”——100 Mbps “0”——10 Mbps	1’b1

HP AUTO-MDIX

HP Auto-MDIX有助于使用CAT-3（10BASE-T）或CAT-5（100BASE-TX）介质UTP互连电缆，而无需考虑接口接线方案。如果用户插入直连LAN电缆或交叉接线电缆，收发器可以配置TXPx/TXNx和RXPx/RXNx（对于LAN9250，仅配置单一的TXP/TXN或RXP/RXN）双绞线引脚，以确保收发器正常工作。

设备的内部逻辑会检测连接设备的TX和RX引脚。由于RX和TX线路对可以互换，因此设计PCB时需特别注意，以便适应Auto-MDIX设计的对称磁件和端接。

> ***注：*** *以下部分中在每个PHY寄存器名称的末尾追加了小写字母“x”，对于PHY A或PHY B寄存器，应分别将“x”替换为“A”或“B”。在某些情况下，也可以相应替换为“1”或“2”。（这不适用于LAN9250）。*

通过寄存器禁止Auto-MDIX（不适用于LAN9252）

通过PHY x特殊控制/状态指示寄存器（PHY_SPECIAL_CONTROL_STAT_IND_x）的Auto-MDIX控制（AMDIXCTRL）位，可对Auto-MDIX功能执行基于软件的控制。当AMDIXCTRL位置1时，Auto-MDIX功能由PHY x特殊控制/状态指示寄存器（PHY_SPECIAL_CONTROL_STAT_IND_x）的Auto-MDIX使能（AMDIXEN）位和Auto-MDIX状态（AMDIXSTATE）位控制。

PHY x特殊控制/状态指示寄存器（PHY_SPECIAL_CONTROL_STAT_IND_x）			
位	说明	类型	默认值
15	**Auto-MDIX控制（AMDIXCTRL）** 该位负责确定Auto-MDIX控制源。 置1时，使用该寄存器的AMDIXEN位和AMDIXSTATE位控制Auto-MDIX功能。 0：端口x的Auto-MDIX功能由配置脚输入控制 1：端口x的Auto-MDIX功能由bit 14和bit 13控制	R/W NASR	0
14	**Auto-MDIX使能（AMDIXEN）** 该寄存器的AMDIXCTRL位置1时，该位与AMDIXSTATE位搭配使用以控制端口x的Auto-MDIX功能	R/W NASR	0
13	**Auto-MDIX状态（AMDIXSTATE）** 该寄存器的AMDIXCTRL位置1时，该位与AMDIXEN位搭配使用以控制端口x的Auto-MDIX功能	R/W NASR	0

Auto-MDIX使能	Auto-MDIX状态	模式
0	0	手动模式，无交叉
0	1	手动模式，交叉
1	0	Auto-MDIX模式
1	1	保留（不要使用该状态）

通过硬件配置脚禁止Auto-MDIX（不适用于LAN9252）

MDIX配置脚功能定义如下。

auto_mdix_strap_x	manual_mdix_strap_x	模式
0	0	手动模式，无交叉
0	1	手动模式，交叉
1	X	Auto-MDIX模式

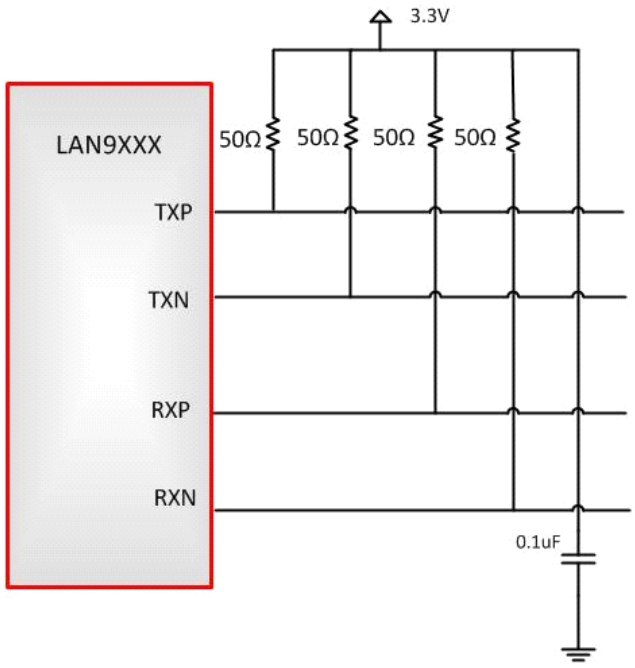
© 2016 Microchip Technology Inc.

物理连接

发送器输出设计为向变压器灌入电流。不使用变压器时，必须在每个设备上连接负载电阻以产生输出电压，如图4所示。

注：	*将RX引脚配置为通过50Ω电阻连接到电源以确保AMDIX正常工作，它们也可以配置为TX引脚。如果禁止AMDIX且RX引脚仅用于接收模式，则只要引脚间存在100Ω电阻差就可采用任何方式进行外部端接。*

图4： 无变压器应用中的负载电阻



距离注意事项

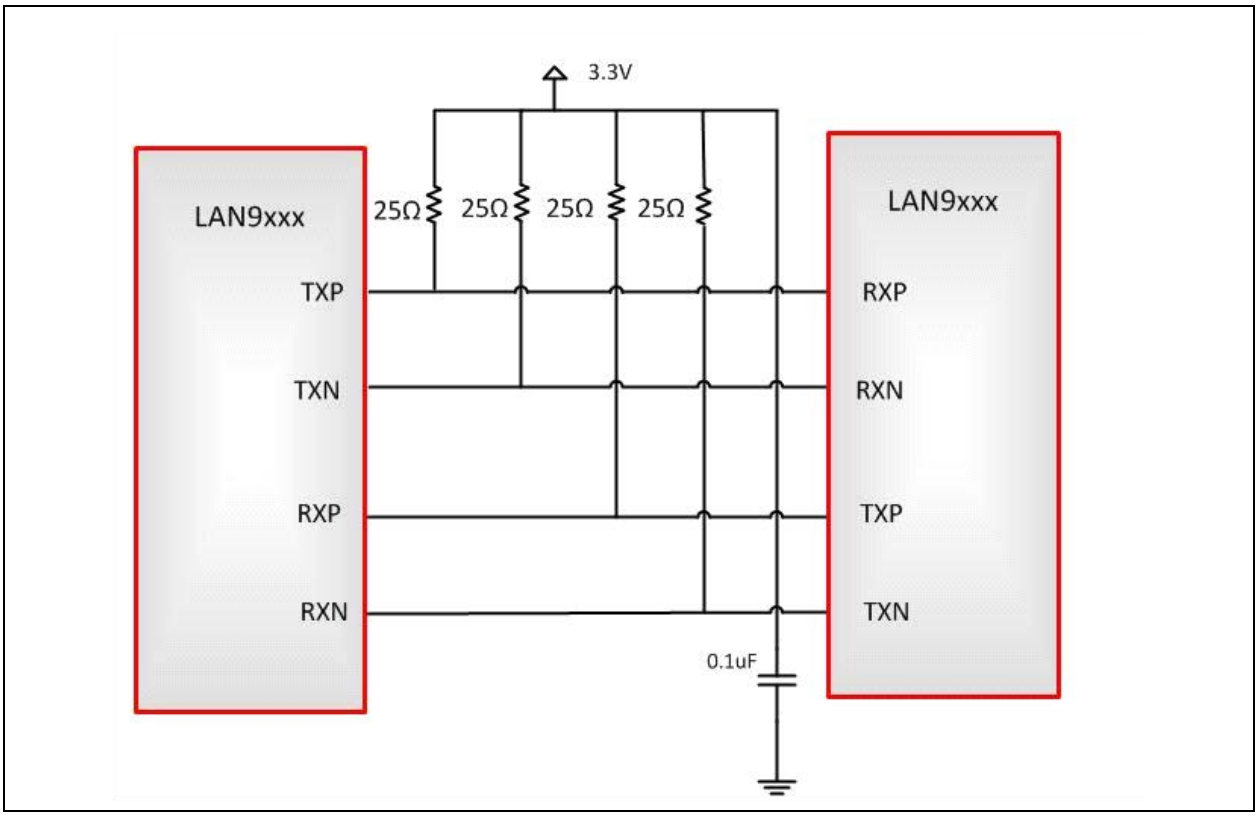
设计不使用变压器来连接两个以太网设备的系统时，两个设备之间的距离会影响硬件要求。

短距离连接两个设备

根据一般准则，一米以内的距离属于短距离，一米以外的距离属于长距离。

对于短距离通信，可通过并联50Ω电阻提供25Ω电阻，如图5所示。

图5：　短距离通信的负载电阻



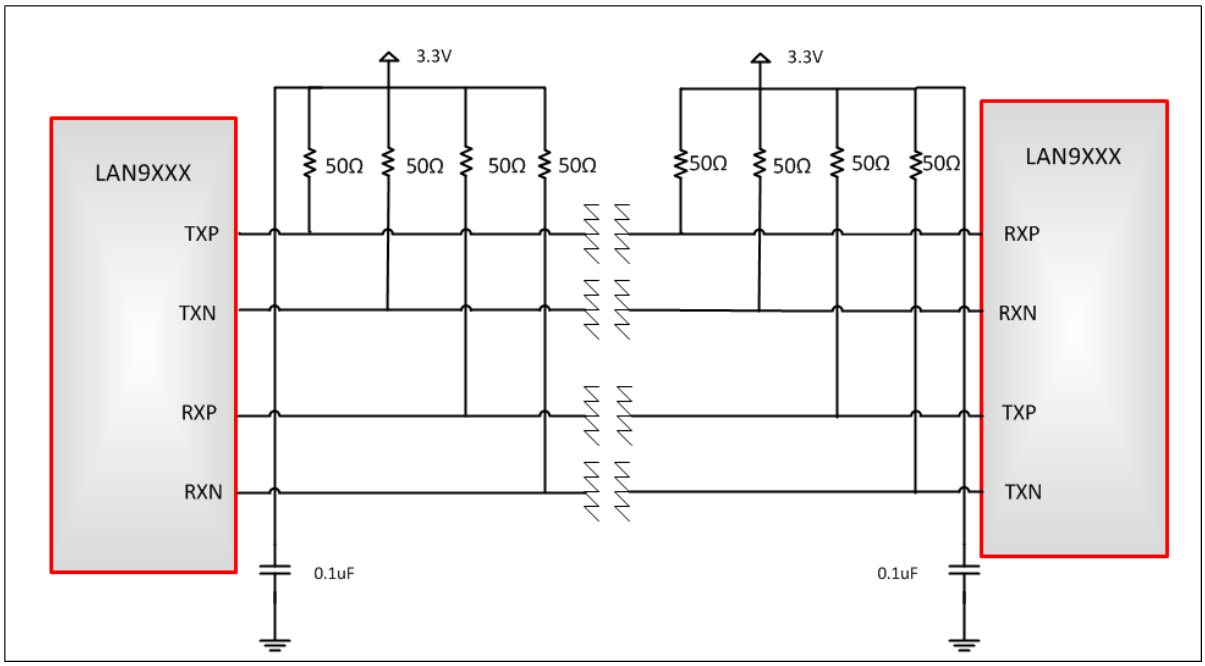
© 2016 Microchip Technology Inc.

长距离连接两个设备

对于长距离通信，Microchip建议在两个以太网设备的每个模拟引脚上连接端接电阻。长距离配置示例包含背板连接设备或长电缆连接卡。应采用图6所示的配置执行适当的实验室验证，从而提供最佳电阻放置方案。

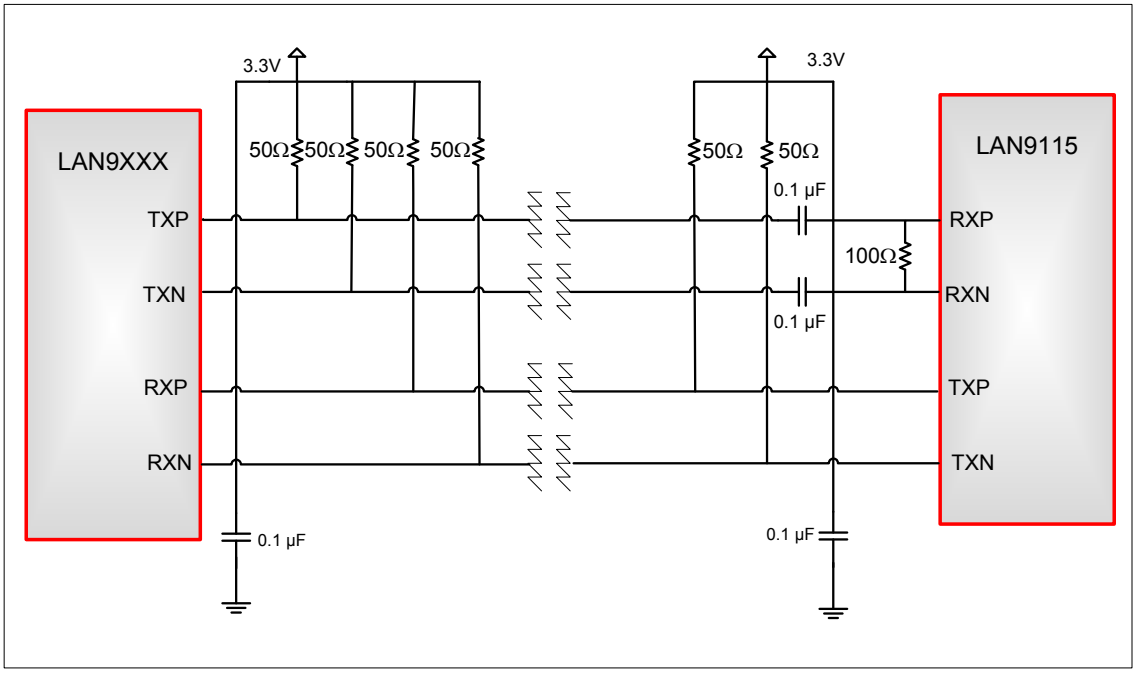
由于潜在的高压积聚和噪声影响风险，因此不提倡在不使用变压器的情况下进行超长距离电缆连接。

图6：　长距离通信两端的电阻



LAN9XXX不需要在RX引脚上连接隔直电容。连接另一个以太网设备时，可能需要添加电容。图7给出了一个连接LAN9115的示例。

图7：　　其他设备可能需要隔直电容



总结

LAN9XXX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实现与网络电缆的直流隔离，并确保直流隔离额定值满足应用最低要求。

© 2016 Microchip Technology Inc.

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	修正
DS00001900A（2015年02月26日）	文档首次发布	

请注意以下有关 Microchip 器件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指标。
- Microchip 确信：在正常使用的情况下， Microchip 系列产品是当今市场上同类产品中最安全的产品之一。
- 目前，仍存在着恶意、甚至是非法破坏代码保护功能的行为。就我们所知，所有这些行为都不是以 Microchip 数据手册中规定的操作规范来使用 Microchip 产品的。这样做的人极可能侵犯了知识产权。
- Microchip 愿与那些注重代码完整性的客户合作。
- 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中。 Microchip 承诺将不断改进产品的代码保护功能。任何试图破坏 Microchip 代码保护功能的行为均可视为违反了《数字器件千年版权法案 （Digital Millennium Copyright Act）》。如果这种行为导致他人在未经授权的情况下，能访问您的软件或其他受版权保护的成果，您有权依据该法案提起诉讼，从而制止这种行为。

提供本文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。

本出版物中所述的器件应用信息及其他类似内容仅为您提供便利，它们可能由更新之信息所替代。确保应用符合技术规范，是您自身应负的责任。**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，包括但不限于针对其使用情况、质量、性能、适销性或特定用途的适用性的声明或担保。** Microchip 对因这些信息及使用这些信息而引起的后果不承担任何责任。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伤害、索赔、诉讼或费用时，会维护和保障 Microchip 免于承担法律责任，并加以赔偿。除非另外声明，在 Microchip 知识产权保护下，不得暗中或以其他方式转让任何许可证。

商标

Microchip 的名称和徽标组合、 Microchip 徽标、 dsPIC、 FlashFlex、 flexPWR、 JukeBlox、 KEELOQ、 KEELOQ 徽标、 Kleer、 LANCheck、 MediaLB、 MOST、 MOST 徽标、 MPLAB、 OptoLyzer、 PIC、 PICSTART、 PIC^{32} 徽标、 RightTouch、 SpyNIC、 SST、 SST 徽标、 SuperFlash 及 UNI/O 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

The Embedded Control Solutions Company 和 mTouch 为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

Analog-for-the-Digital Age、 BodyCom、 chipKIT、 chipKIT 徽标、 CodeGuard、 dsPICDEM、 dsPICDEM.net、 ECAN、 In-Circuit Serial Programming、 ICSP、 Inter-Chip Connectivity、 KleerNet、 KleerNet 徽标、 MiWi、 motorBench、 MPASM、 MPF、 MPLAB Certified 徽标、 MPLIB、 MPLINK、 MultiTRAK、 NetDetach、 Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、 RightTouch 徽标、 REAL ICE、 SQI、 Serial Quad I/O、 Total Endurance、 TSHARC、 USBCheck、 VariSense、 ViewSpan、 WiperLock、 Wireless DNA 和 ZENA 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的商标。

SQTP 为 Microchip Technology Inc. 在美国的服务标记。

Silicon Storage Technology 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。

© 2016, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN：978-1-5224-0091-2

QUALITY MANAGEMENT SYSTEM CERTIFIED BY DNV

═ ISO/TS 16949 ═

Microchip 位于美国亚利桑那州 Chandler 和 Tempe 与位于俄勒冈州 Gresham 的全球总部、设计和晶圆生产厂及位于美国加利福尼亚州和印度的设计中心均通过了 ISO/TS-16949:2009 认证。 Microchip 的 PIC® MCU 与 dsPIC® DSC、KEELOQ® 跳码器件、串行 EEPROM、单片机外设、非易失性存储器和模拟产品严格遵守公司的质量体系流程。此外， Microchip 在开发系统的设计和生产方面的质量体系也已通过了 ISO 9001:2000 认证。

© 2016 Microchip Technology Inc.

全球销售及服务网点

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

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

克里夫兰 Cleveland
Independence, OH
Tel: 1-216-447-0464
Fax: 1-216-447-0643

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

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

纽约 New York, NY
Tel: 1-631-435-6000

圣何塞 San Jose, CA
Tel: 1-408-735-9110

加拿大多伦多 Toronto
Tel: 1-905-673-0699
Fax: 1-905-673-6509

亚太地区

亚太总部 Asia Pacific Office
Suites 3707-14, 37th Floor
Tower 6, The Gateway
Harbour City, Kowloon
Hong Kong
Tel: 852-2943-5100
Fax: 852-2401-3431

中国 - 北京
Tel: 86-10-8569-7000
Fax: 86-10-8528-2104

中国 - 成都
Tel: 86-28-8665-5511
Fax: 86-28-8665-7889

中国 - 重庆
Tel: 86-23-8980-9588
Fax: 86-23-8980-9500

中国 - 东莞
Tel: 86-769-8702-9880

中国 - 杭州
Tel: 86-571-8792-8115
Fax: 86-571-8792-8116

中国 - 香港特别行政区
Tel: 852-2943-5100
Fax: 852-2401-3431

中国 - 南京
Tel: 86-25-8473-2460
Fax: 86-25-8473-2470

中国 - 青岛
Tel: 86-532-8502-7355
Fax: 86-532-8502-7205

中国 - 上海
Tel: 86-21-5407-5533
Fax: 86-21-5407-5066

中国 - 沈阳
Tel: 86-24-2334-2829
Fax: 86-24-2334-2393

中国 - 深圳
Tel: 86-755-8864-2200
Fax: 86-755-8203-1760

中国 - 武汉
Tel: 86-27-5980-5300
Fax: 86-27-5980-5118

中国 - 西安
Tel: 86-29-8833-7252
Fax: 86-29-8833-7256

中国 - 厦门
Tel: 86-592-238-8138
Fax: 86-592-238-8130

中国 - 珠海
Tel: 86-756-321-0040
Fax: 86-756-321-0049

亚太地区

台湾地区 - 高雄
Tel: 886-7-213-7828

台湾地区 - 台北
Tel: 886-2-2508-8600
Fax: 886-2-2508-0102

台湾地区 - 新竹
Tel: 886-3-5778-366
Fax: 886-3-5770-955

澳大利亚 Australia - Sydney
Tel: 61-2-9868-6733
Fax: 61-2-9868-6755

印度 India - Bangalore
Tel: 91-80-3090-4444
Fax: 91-80-3090-4123

印度 India - New Delhi
Tel: 91-11-4160-8631
Fax: 91-11-4160-8632

印度 India - Pune
Tel: 91-20-3019-1500

日本 Japan - Osaka
Tel: 81-6-6152-7160
Fax: 81-6-6152-9310

日本 Japan - Tokyo
Tel: 81-3-6880-3770
Fax: 81-3-6880-3771

韩国 Korea - Daegu
Tel: 82-53-744-4301
Fax: 82-53-744-4302

韩国 Korea - Seoul
Tel: 82-2-554-7200
Fax: 82-2-558-5932 或
82-2-558-5934

马来西亚 Malaysia - Kuala Lumpur
Tel: 60-3-6201-9857
Fax: 60-3-6201-9859

马来西亚 Malaysia - Penang
Tel: 60-4-227-8870
Fax: 60-4-227-4068

菲律宾 Philippines - Manila
Tel: 63-2-634-9065
Fax: 63-2-634-9069

新加坡 Singapore
Tel: 65-6334-8870
Fax: 65-6334-8850

泰国 Thailand - Bangkok
Tel: 66-2-694-1351
Fax: 66-2-694-1350

欧洲

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

丹麦 Denmark-Copenhagen
Tel: 45-4450-2828
Fax: 45-4485-2829

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

德国 Germany - Dusseldorf
Tel: 49-2129-3766400

德国 Germany - Karlsruhe
Tel: 49-721-625370

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

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

意大利 Italy - Venice
Tel: 39-049-7625286

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

波兰 Poland - Warsaw
Tel: 48-22-3325737

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

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

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

07/14/15

© 2016 Microchip Technology Inc.