

连接KSZ9xx7S和KSZ8567S交换芯片上的SGMII端口

作者: Kelly Maas
Microchip Technology Inc.

简介

部分Microchip千兆位以太网交换芯片新增了一项功能，即在某个端口上提供串行千兆位介质无关接口（Serial Gigabit Media Independent Interface, SGMII）。这是一个低引脚数接口，用于将交换芯片连接至千兆位以太网PHY、光纤收发器或另一交换芯片。以下部分介绍了这些应用、兼容的器件及其连接方式，以及如何配置和管理该接口。

适用产品包括：

- KSZ8567S
- KSZ9477S
- KSZ9567S
- KSZ9897S

应用配置

SGMII端口接口以1.25 Gbps的波特率工作，支持1000BASE-T（铜）、1000BASE-X（光纤）和低速以太网应用。

表1: 支持的应用与不支持的应用

支持的应用	不支持的应用
10/100/1000BASE-T铜PHY或模块	1000BASE-KX
100BASE-FX SFP模块	10 Gbps及更高速度的光纤收发器
非SGMII 1000BASE-T PHY或模块	1000BASE-X半双工
1000BASE-X光纤收发器（-LX和-SX等）	使用非SFP收发器的100BASE-FX
两个交换芯片相连	

该端口有两种工作模式：

- **SerDes模式**，用于将交换芯片连接至1000BASE-X（-SX、-LX或类似）光纤收发器。此外，某些1000BASE-T小尺寸可插拔（SFP）模块具有SerDes接口，可在SerDes模式下连接交换芯片。
- **SGMII模式**，用于将交换芯片中的介质访问控制（Media Access Control, MAC）模块连接至多速率10/100/1000BASE-T PHY或任何支持SGMII的其他PHY。例如，某些支持SGMII的100BASE-FX（100Mbps光纤）SFP模块。

这两种模式使用相同的电气接口，但SerDes模式仅支持1 Gbps和全双工，而SGMII模式在1 Gbps的基础之上还支持10 Mbps和100 Mbps的数据速率。这意味着两种模式在“自动协商”期间交换数据的方式有所不同。在SGMII模式下，MAC从PHY接收关于Cat5介质接口上链路的速度、双工模式和状态的信息。相比之下，SerDes模式则使用更为简单的1000BASE-X“自动协商”，这种方式是对称的。

以下部分详细介绍了这些应用。

AN2647

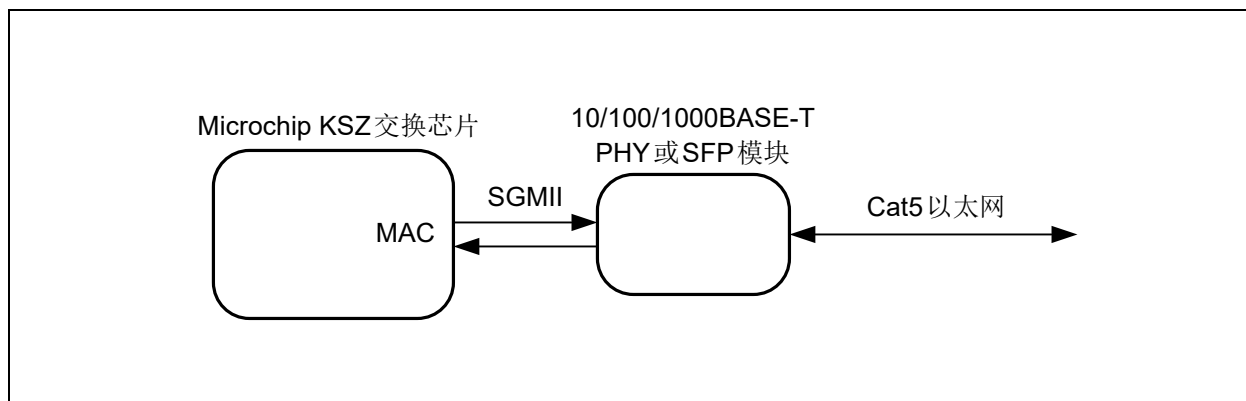
支持的应用

10/100/1000BASE-T PHY 或模块

使用 SGMII 模式连接至 10/100/1000BASE-T PHY，如图 1 所示。PHY 可与磁性元件和 RJ45 插孔一起安装在 10/100/1000BASE-T SFP 模块中，这些元件也可单独位于电路板上。

该应用中可能会发生两次单独的自动协商。第一次是通过 Cat5 线缆进行的自动协商，用于使近端 PHY 与远端 PHY 以相同的速度（10 Mbps、100 Mbps 或 1000 Mbps）和双工模式建立链路。第二次是 SGMII “自动协商”，MAC 与 PHY 确认通信，PHY 向 MAC 通知 Cat5 介质链路的速度、双工模式和状态。

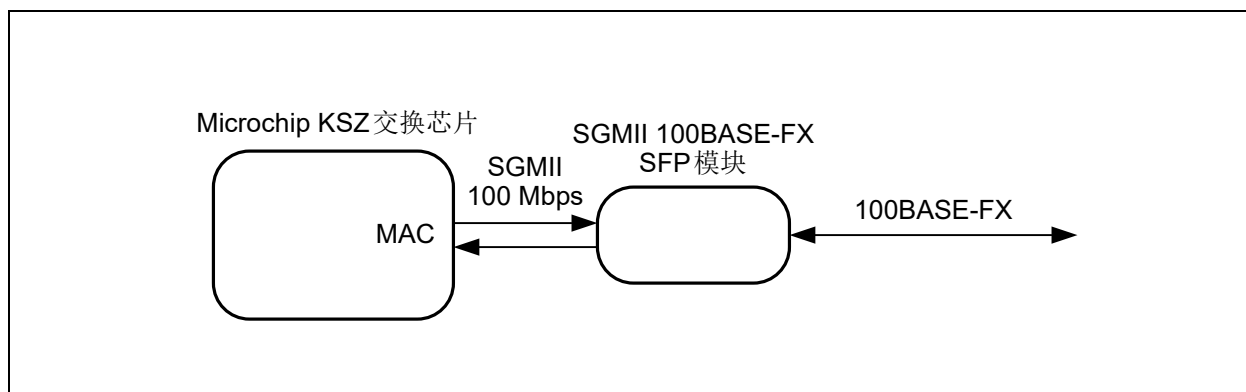
图 1: 使用 SGMII 模式连接至 CAT5 介质 PHY



100BASE-FX SFP 模块

100BASE-FX SFP 模块等其他 SGMII 器件不太常用，其连接如图 2 所示。100BASE-FX 始终为 100 Mbps 和全双工，因此在 SGMII 自动协商期间，PHY（位于 SFP 模块中）会通知 MAC 该链路为 100 Mbps 和全双工。

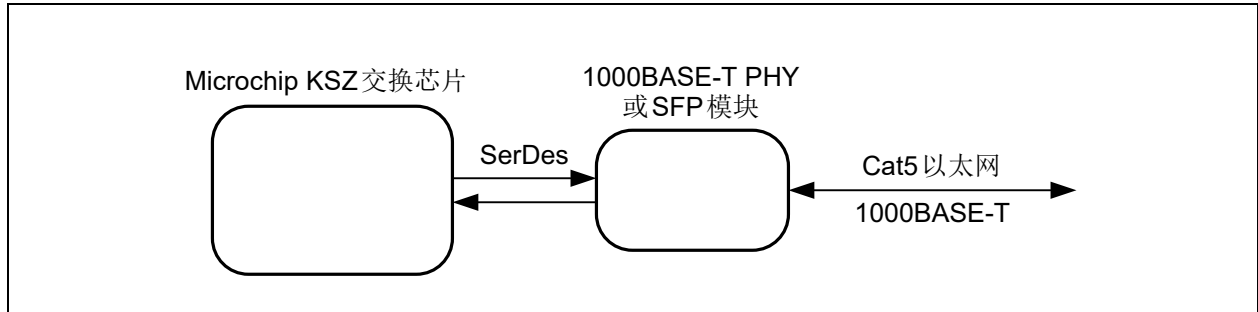
图 2: 使用 SGMII 模式连接至 100BASE-FX SFP 模块



非SGMII 1000BASE-T PHY或模块

使用SerDes模式连接至单速1000BASE-T以太网PHY或SFP模块，如图3所示。如“10/100/1000BASE-T PHY或模块”部分所述，PHY、磁性元件和插孔可直接安装到电路板或SFP模块中。该配置与前文所述的1000BASE-T配置类似，主要差异在于该PHY仅以1000BASE-T（1 Gbps速度）和全双工模式工作，不支持10 Mbps或100 Mbps速度或者半双工。该PHY的作用实际上只是充当介质转换器，因此使用SerDes模式而非SGMII模式。

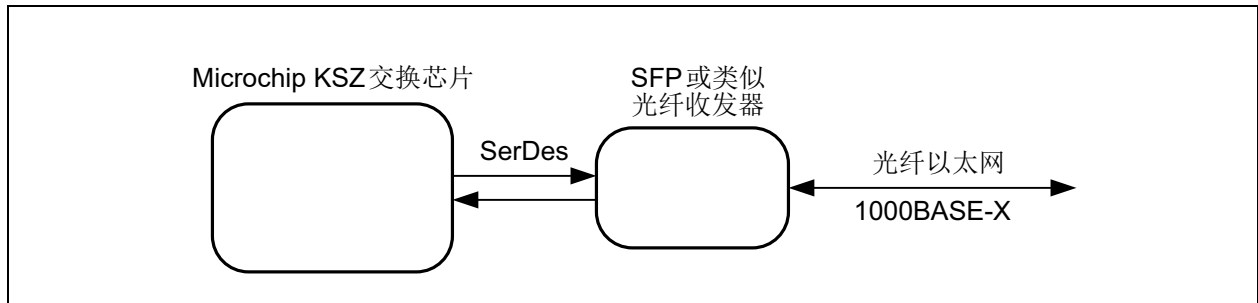
图3： 使用SerDes模式连接至非SGMII 1000BASE-T PHY



1000BASE-X 光纤收发器

使用SerDes模式连接至光纤收发器以创建1000BASE-X（-SX、-LX或类似）光纤以太网端口。交换芯片在该模式下仅支持全双工，这符合1000BASE-X标准。光纤收发器不参与自动协商，因此“自动协商”交换是在交换芯片与光纤远端的器件之间进行。图4对该配置进行了说明。

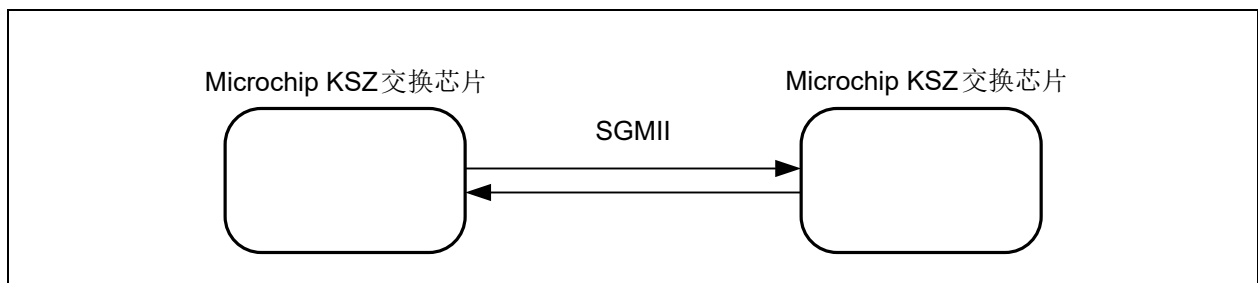
图4： 使用1000BASE-X模式连接至光纤收发器



两个交换芯片相连

两个交换芯片可使用SGMII模式或SerDes模式连接在一起。这两种模式性能相当，但为了简单起见，本文档仅介绍在禁止自动协商的情况下使用SGMII模式将两个交换芯片相连的情况。两个交换芯片既可位于同一块电路板上，也可跨越背板进行SGMII连接。该配置如图5所示。

图5： 两个SGMII交换芯片相连



配置检测

KSZxxx7S 交换芯片既无法自动检测到连接的器件，也无法在 SGMII 模式与 SerDes 模式之间自动切换。了解每种模式下的限制以及兼容的器件至关重要。对于允许使用可互换接口模块（如 SFP）的系统，必须告知用户哪些特定的 SFP 模块可用于该系统。如果必须同时支持 SGMII 模式和 SerDes 模式，则可通过软件管理接口并切换模式以匹配已安装的模块，如“[支持多种类型的 SFP 模块](#)”部分所述。

选择光纤模块

IEEE 1000BASE-X 标准是指 1000BASE-SX 和 1000BASE-LX 等一系列接口，其使用不同的光纤模块来覆盖不同的距离。实际上有多种光纤收发器可供使用，支持不同的光纤类型、光波长、线缆长度和数据速率。除了传统的双光纤接口（一根用于发送，一根用于接收）之外，还可使用通过单根光纤以不同波长进行发送和接收的收发器。但是，光纤侧接口的具体特性与交换芯片的 SGMII 端口无关。

为了兼容以 SerDes 模式工作的交换芯片 SGMII 端口，光纤收发器仅需支持 1.25 Gbps 的数据速率。收发器可以是 SFP 或任何其他尺寸规格。

选择 CAT5 PHY 或模块

使用铜缆的千兆位以太网可在交换芯片的 SGMII 端口上使用单独的 PHY 芯片、磁性元件和 RJ45 插孔来实现，这些元件也可作为集成模块（通常为 SFP 形式）另行购买。

Cat5 千兆位以太网 SFP 模块有两种类型。一种类型仅支持 SGMII 模式，另一种类型仅支持 SerDes 模式，因此了解这两种类型之间的差异才能确保设计出所需类型并安装正确的模块。

10/100/1000BASE-T SFP 模块支持基于双绞线的所有三种以太网速度。这些模块使用 SGMII 模式连接至 MAC，并且能够以 10 Mbps、100 Mbps 或 1000 Mbps 的数据速率工作，从而匹配双绞线接口上的链路速度。这种类型的 SFP 模块称为“SGMII”，支持三种 Cat5 速度：10 Mbps、100 Mbps 和 1000 Mbps。这种类型的模块与交换芯片中的 SerDes 模式不兼容。

另一种 Cat5 介质 SFP 模块以固定的 1000BASE-X 速度和全双工模式工作，并使用 SerDes 模式而非 SGMII 模式连接至 MAC。从交换芯片的角度来看，这种固定速度的 1000BASE-T 模块的行为与 1000BASE-X 光纤收发器相同。在这种类型模块的文档中，不会提及 SGMII 或 10/100BASE-T，可能会提及具有“SerDes”接口，也可能不会提及。

如果必须同时支持这两种类型的模块，则可通过软件监视特定寄存器以确定已安装的模块类型，然后为该模块设置对应的接口模式。有关详细说明，请参见“[支持多种类型的 SFP 模块](#)”部分。

原理图和布线建议

SGMII 或 SerDes 接口以 1.25 Gbps 的速度工作，由一个 TX 差分对和一个 RX 差分对组成，使用低电压差分信号（Low-Voltage Differential Signal, LVDS）。接收器从数据中恢复时钟，无需单独提供时钟信号。

每个信号都需要交流耦合。请注意，SFP 模块的 TX 对和 RX 对上均配有交流耦合电容，因此无需外接耦合电容。在其他应用（例如，两个交换芯片相连或交换芯片与 PHY 相连）中，使用 0.1 μ F 的陶瓷片式电容。[图6](#)、[图7](#)和[图8](#)分别给出了每种应用类型的连接。

图6: 两个交换芯片的连接图

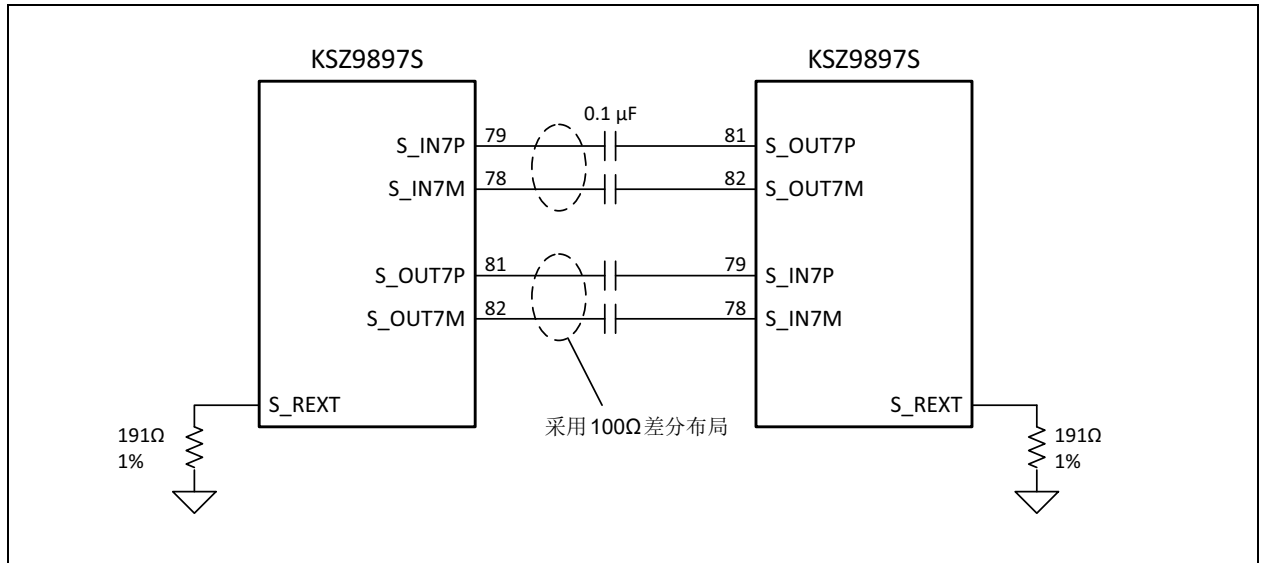


图7: 交换芯片与SFP模块的连接图

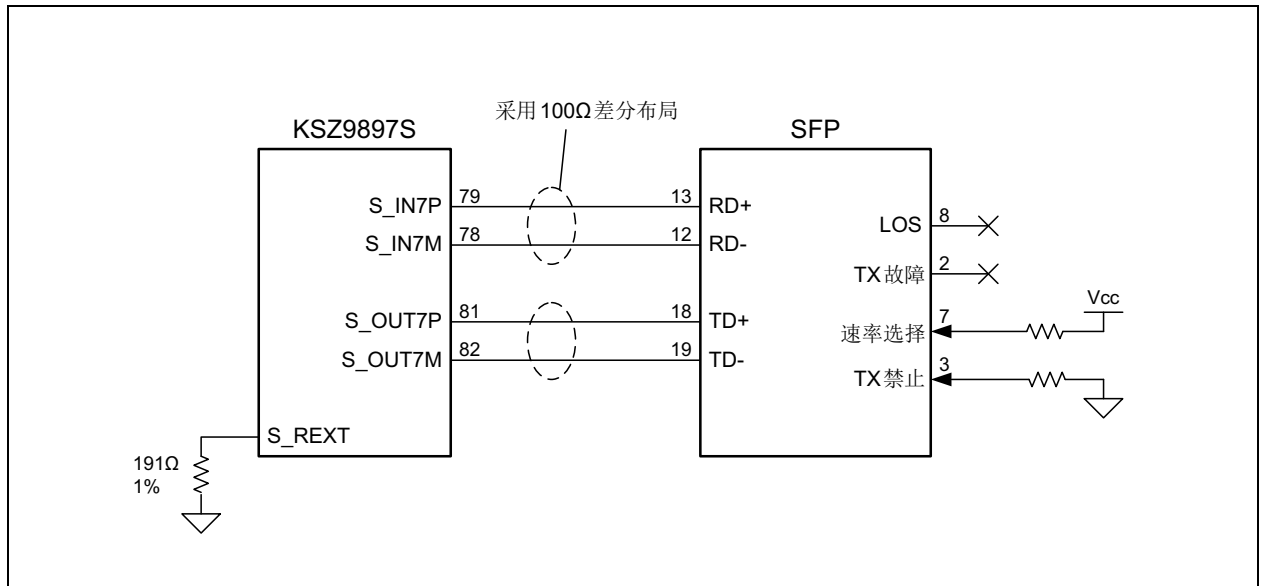
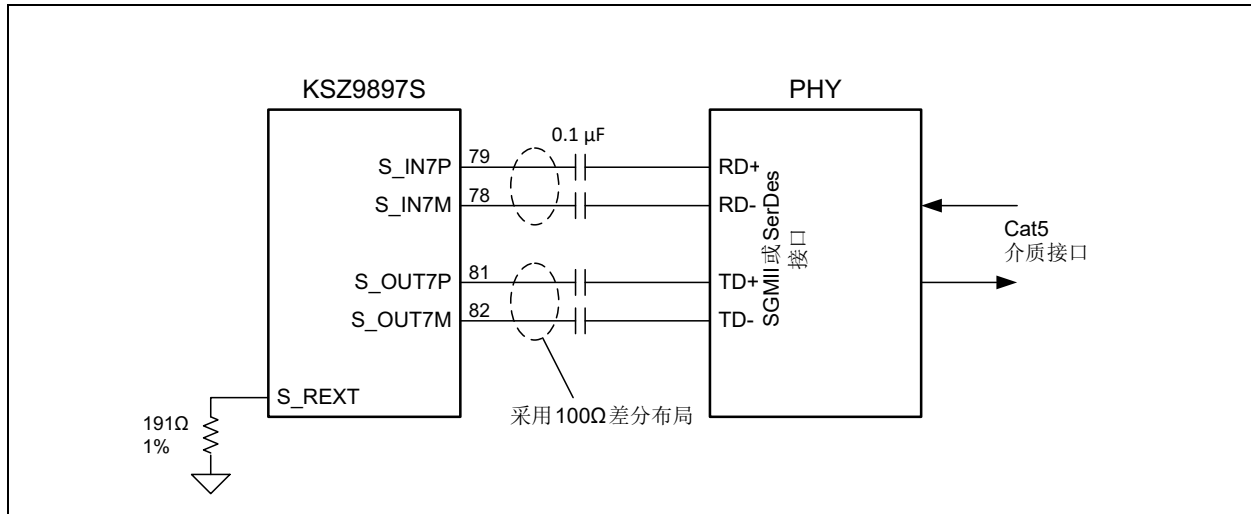


图8: 交换芯片与PHY的连接图



信号类型为LVDS，目标端的每个信号对需要100Ω的终端电阻。Microchip的交换芯片和所有SFP器件均内置终端电阻，因此无需外接电阻。将任何其他器件连接至交换芯片时，务必要查看该器件的文档以确定其输入端是否需要外接终端电阻。

针对差分信号进行布线时应遵循标准最佳实践，以确保与其他信号之间留有适当的间隙。差分阻抗要求为100Ω。为满足这一要求，应与PCB供应商合作，一同针对具体的层叠结构优化走线宽度和间距。每个信号对的长度应保持一致，误差在50 mil（1.2 mm）以内。最大走线长度为20英寸（50 cm）。在背板应用中，使用额定频率为数GHz的高速连接器。

交换芯片与SGMII接口使用同一个25 MHz主晶振（或振荡器）。不需要额外的参考时钟。与非SGMII以太网器件一样，时钟容差应为±50 ppm。

寄存器配置

无论所连接器件的工作模式和类型为何，都需要在交换芯片中写入至少一个寄存器来设置接口。这既可以通过SPI或I²C接口来完成，也可以通过带内访问（In-Band Access, IBA）方法来完成。除了初始寄存器配置之外，要真正实现SGMII多速度支持，还需要通过管理处理器对SGMII端口进行持续管理，如“10/100/1000 Cat5 PHY或模块（SGMII模式）”部分所示。

根据每款器件的数据手册中所述，SGMII端口通过SGMII寄存器进行配置。SGMII寄存器是通过寄存器0x7200-0x7203和0x7206-0x7207（这些寄存器在数据手册中记录为0xN200-0xN203和0xN206-0xN207）访问的间接寄存器。SGMII寄存器具有21位地址，地址范围为0x1F0000-0x1F0006和0x1F8000-0x1F8002。

写操作示例：如何将数据0x1234写入SGMII寄存器0x1F0004

寄存器0x7200 = 0x001F0004

寄存器0x7206 = 0x1234

读操作示例：如何读取SGMII寄存器0x1F0001

寄存器0x7200 = 0x001F0001

读取寄存器0x7206

SGMII 勘误

这些交换芯片目前有两项可操作的已知SGMII勘误，相应的变通方法已合并到“[每种配置对应的寄存器设置](#)”部分所提供的寄存器详细信息中。使用每款器件之前，请访问Microchip网站阅读该器件的勘误表文档，以确认在本文档发布后没有其他新增的SGMII勘误。以下部分将介绍这两项可操作的勘误。

SGMII 自动协商未将自动协商代码字中的BIT 0置1

变通方法是写入SGMII寄存器0x1F0004。相关信息已合并到“[每种配置对应的寄存器设置](#)”部分的详细信息中。

来自所连接的SGMII PHY的SGMII 端口链路详细信息未正确传递至端口7 GMAC

为了实现完整的SGMII多速度支持，管理处理器必须从SGMII寄存器0x1F8002读取状态信息，然后将适当的数据写入寄存器0x1F0000。有关详细信息，请参见“[每种配置对应的寄存器设置](#)”部分。

每种配置对应的寄存器设置

两个交换芯片相连（SGMII 模式）

将两个交换芯片相连时，有两种配置可供选择，但每次只能选择其中一种配置：**(a)**将两个交换芯片均设置为禁止自动协商；**(b)**将一个交换芯片保留在默认模式（MAC侧模式），另一个交换芯片设置为PHY侧模式。

配置A

禁止自动协商（两个交换芯片的配置相同）。

SGMII寄存器0x1F0000 = 0x0140 // 1000 Mbps，全双工，禁止自动协商

配置B

PHY侧自动协商（两个交换芯片中只有一个采用这种配置，另一个保留在默认寄存器设置。第二个交换芯片无需执行写入SGMII寄存器0x1F0004的勘误变通方法）。

SGMII寄存器0x1F8001 = 0x001C // 设置SGMII PHY侧模式

SGMII寄存器0x1F0004 = 0x0020 // 勘误变通方法；其他值也适用

SGMII寄存器0x1F0000 = 0x1340 // 重新启动自动协商

10/100/1000 CAT5 PHY或模块（SGMII 模式）

一次性设置：

SGMII寄存器0x1F8001 = 0x0005 // （可选）允许自动协商完成中断

SGMII寄存器0x1F0004 = 0x0020 // 勘误变通方法；其他值也适用

勘误变通方法：

交换芯片通过SGMII接收Cat5链路详细信息，但由于勘误的原因，有一个逻辑模块未接收这些详细信息。交换芯片端口默认设置为1000 Mbps和全双工，如果已知Cat5链路为1000BASE-T和全双工，则无需执行下述勘误变通方法。但是，如果链路为10BASE-T或100BASE-TX，或者链路可能为半双工，则必须执行这一变通方法。

软件必须读取寄存器0x1F8002中的自动协商（AN）结果，并通过写入寄存器0x1F0000来传递链路速度和双工模式信息。每次SGMII接口上发生自动协商交换时，管理处理器都必须执行上述操作（每当Cat5链路接通或断开时，就会发生自动协商交换）。处理器可通过两种方法来检测自动协商交换：监视寄存器0x1F8002中的自动协商完成中断位（bit 0，一旦该位置1就将其清零），或设置通过自动协商完成来驱动INTRP_N引脚（如“[自动协商完成中断](#)”部分所述）。

如果0x1F8002 = 0x001B，则写入0x1F0000 = 0x1140 // 1000 Mbps，全双工

如果0x1F8002 = 0x0017，则写入0x1F0000 = 0x3100 // 100 Mbps，全双工

如果0x1F8002 = 0x0013，则写入0x1F0000 = 0x1100 // 10 Mbps，全双工

AN2647

如果0x1F8002 = 0x0015, 则写入0x1F0000 = 0x3000 // 100 Mbps, 半双工

如果0x1F8002 = 0x0011, 则写入0x1F0000 = 0x1000 // 10 Mbps, 半双工

100BASE-FX 模块 (SGMII 模式)

请按照“[10/100/1000 Cat5 PHY或模块 \(SGMII模式\)](#)”部分所述的步骤操作, 或者采用以下快捷设置:

一次性设置:

SGMII 寄存器0x1F0004 = 0x0020 // 勘误变通方法; 其他值也适用

SGMII 寄存器0x1F0000 = 0x3100 // 100 Mbps, 全双工

(非SGMII) 1000BASE-T CAT5 PHY或模块 (SerDes 模式)

一次性设置:

SGMII 寄存器0x1F8001 = 0x0019 // 设置SerDes 模式

SGMII 寄存器0x1F0004 = 0x01A0 // 勘误表变通方法; 其他值也适用

SGMII 寄存器0x1F0000 = 0x1340 // 重新启动自动协商

1000BASE-X 光纤 (SerDes 模式)

一次性设置:

SGMII 寄存器0x1F8001 = 0x0019 // 设置SerDes 模式

SGMII 寄存器0x1F0004 = 0x01A0 // 自动协商参数; 该值可修改

SGMII 寄存器0x1F0000 = 0x1340 // 重新启动自动协商

支持多种类型的SFP 模块

“[寄存器配置](#)”部分提供了关于连接特定PHY或模块类型的详细信息。交换芯片无法自动检测所连接SFP模块的类型。应告知用户哪些模块类型适用于给定的系统设计。如果无法限制安装的SFP模块类型, 或者希望获得最大的灵活性, 可通过软件按照以下步骤进行操作, 以使交换芯片能够适应任何类型的SFP模块:

1. 执行勘误变通方法: 将数据0x01A0写入寄存器0x1F0004。
2. 轮询寄存器0x1F0006, 直到接收到自动协商字位 (bit 0) 置1 (如有需要, 可使用自动协商完成中断)。请注意, 当存在本地SGMII 器件 (PHY 或模块) 时, SGMII 应用将完成自动协商, 但SerDes 模式应用 (光纤和Cat5) 将等到线缆与远端器件建立链路后才会完成自动协商。
3. 读取寄存器0x1F0005并检查bit 5-8。
 - a. 如果这些位中的任何一位置1, 则连接的模块是SerDes 模式器件。这种情况下, 按照“[1000BASE-X 光纤 \(SerDes 模式\)](#)”部分所示继续完成SerDes 模式的相关设置。
 - b. 如果这些位均未置1, 则连接的模块是SGMII 模式器件。这种情况下, 按照“[10/100/1000 Cat5 PHY或模块 \(SGMII模式\)](#)”部分的说明进行操作。

寄存器汇总

以下寄存器汇总了与设置和管理该端口上的数据流相关的主要状态与控制寄存器和位。这里不包括复位、掉电和环回模式等功能的控制位。

表2: 状态位和寄存器

寄存器和位	类型	说明
0x1F0001 bit 5	RO	自动协商完成。用于指示接收到ACK位置1的自动协商字。该状态位与0x1F8002 bit 0基本相同，只是在串行链路断开之前会一直保持置1状态。
0x1F0001 bit 4	RO	接收到远程故障指示。仅适用于SGMII模式，指示接收到来自链路伙伴的远程故障指示。如果0x1F0004 bit 12或bit 13置1，则该位也会置1。
0x1F0001 bit 2	RO和LL	器件/链路检测。这是最基本的接收器状态位。对于SGMII模式，该位指示来自所连接PHY/模块的有效信号。对于SerDes模式，该位指示来自远端链路伙伴的有效信号。
0x1F0005 bit [8:5]	RO	(SerDes模式)接收到的链接伙伴功能: ACK、远程故障、暂停和双工模式。
0x1F0006 bit 1	RO和LH	接收到自动协商字。在寄存器被读取之前保持置1状态。当该位置1时，接收到的自动协商字信息可从寄存器0x1F0005(对于SerDes模式)或0x1F8002(对于SGMII模式)中获取。
0x1F8002 bit [4:1]	RO	(SGMII模式)接收到的Cat5链路状态: Cat5链路上行/下行、速度和双工模式。
0x1F8002 bit 0	SS和WC	自动协商完成。该位具有中断功能;一旦置1便会保持置1状态,直到写入0为止。该状态位与0x1F0001 bit 5基本相同。用于指示接收到ACK位置1的自动协商字。

图注:

- RO = 只读
- LL = 锁存低电平, 读取两次才能获取当前状态
- LH = 锁存高电平
- WC = 写入0清零该位
- SS = 自置1
- R/W = 读或写

表3: 控制位和寄存器

寄存器和位	说明
0x1F0000 bit 12	自动协商使能
0x1F0000 bit 9	重新启动自动协商。在寄存器0x1F0004或0x1F8001中更改任何自动协商参数后将该位置1。该位是自清零位。
0x1F0000 bit 6、bit 13和bit 8	速度和双工模式。这些位用于从交换芯片的角度确定速度和双工模式设置。这些设置必须与所连接器件的速度和双工模式设置一致。默认为1 Gbps和全双工。对于SGMII模式，将寄存器0x1F8002中的自动协商结果复制到这些位。对于SerDes模式，不要更改这些位。
0x1F0004	无论是对于SerDes模式还是SGMII模式，这些位均为链路参数通告值。除了暂停功能之外，很少有需要更改这些值的情况。请注意，暂停位和远程故障位仅用于1000BASE-X（SerDes模式）。
0x1F8001	对该寄存器进行任何更改后，需写入寄存器0x1F0004才能使更改生效。
0x1F8001 bit 4	SGMII链路状态控制。处于SGMII PHY侧模式时置1。对于SerDes模式，应始终将该位置1。
0x1F8001 bit 3	SGMII PHY侧模式或MAC侧模式。将两个交换芯片相连并使能自动协商时，应将其中一个交换芯片设置为PHY侧模式并将SGMII链路控制位（bit 4）置1。其他情况下，保留默认的MAC侧模式。对于SerDes模式，应始终将该位置1。
0x1F8001 bit 2和bit 1	SGMII或SerDes模式选择。设置为10（默认值）选择SGMII模式。设置为00选择SerDes模式。对于SerDes模式，还应将bit 3和bit 4置1。
0x1F8001 bit 0	允许自动协商完成中断。将该位置1可通过自动协商完成来驱动芯片的INTRP_N引脚。如果仅使用寄存器0x1F8002中的自动协商完成中断位，则无需将该位置1。

自动协商完成中断

交换芯片可在INTRP_N引脚上产生中断，以响应SGMII或SerDes接口上的自动协商完成。该引脚可连接至管理处理器，以通知它发生了新的自动协商。该功能必须同时在SGMII寄存器和主寄存器空间中使能。当交换芯片的SGMII或SerDes端口连接至固定PHY或特定类型的接口模块时，无需使用该功能，但对于通过软件自动检测不同类型接口模块的应用来说，该功能非常实用。此外，也可通过轮询寄存器0x1F0001中的自动协商完成位来代替中断。

请按照以下步骤允许中断：

1. 将SGMII寄存器0x1F8001中的bit 0置1。
2. 将主寄存器0x701F中的bit 3置1。
3. 将主寄存器0x001C-001F中的bit 6置1。

注： 寄存器0x1F8002中的自动协商完成中断位始终有效，不受寄存器0x1F8001中的中断允许位影响。

自动协商解释

术语“自动协商”在不同的上下文中具有不同的含义。在铜以太网应用（10BASE-T、100BASE-TX和1000BASE-T）中，每个链路伙伴使用快速链路脉冲（Fast Link Pulse, FLP）来发送（“通告”）其链路功能（速度和双工模式），然后每个链路伙伴会将其模式设置为链路双方器件均支持的最佳模式。此外，还包括流控制（暂停）和其他参数。

1000BASE-X（SerDes模式）使用特殊的带内代码进行自动协商。自动协商变量包括双工模式和暂停，但不包括速度（固定为1 Gbps）。由于光纤链路几乎总是使用全双工模式，并且暂停经常被忽略，因此几乎总是使用默认设置。在这种情况下，“自动协商”的主要目的是确认链路是否接通。为此，每个器件在接收到有效自动协商字时会自动将发送的自动协商字中的ACK位置1，以作为响应。

SGMII基于1000BASE-X，但在自动协商字中使用不同的位，并将其中两个位重新分配给不同的功能。对于1000BASE-X，两个链路伙伴是平等关系，因此自动协商过程是完全对称的。相比之下，SGMII是MAC与PHY之间的接口，因此本质上就是不对称的。具体来说，SGMII PHY使用自动协商字向MAC通知Cat5链路的详细信息：链路接通/断开、速度和双工模式。这是一种单向信息传播。MAC发送的自动协商字中不包含任何“自动协商”信息；其唯一目的是验证MAC与PHY是否正在通信。进行SGMII自动协商的两个链路伙伴必须一个是PHY（或处于PHY侧模式），另一个是MAC（或处于MAC侧模式）。

在1000BASE-X应用中，光纤收发器不参与自动协商。自动协商是在光纤两端的两个硅器件（如KSZ9897S交换芯片）之间进行。交换芯片与光纤收发器之间不单独进行通信，交换芯片无法检测到光纤收发器。只有建立完整的端到端光纤链路后，交换芯片才能完成自动协商以验证链路伙伴是否存在。SerDes/1000BASE-X自动协商结果可从SGMII寄存器0x1F0005中获取。关于1000BASE-X自动协商的定义，请参见IEEE802.3的第37条。

对于SGMII 10/100/1000BASE-T PHY或模块，SGMII自动协商仅在PHY与MAC器件之间本地进行。两个PHY之间通过Cat5铜缆进行的自动协商与SGMII自动协商是分开进行的。即使Cat5链路断开，PHY与MAC之间也仍可完成自动协商，但MAC器件可能会阻止传出流量，直到其从PHY获知Cat5链路接通为止。每当发生Cat5链路接通或链路断开事件时，PHY都会重新启动自动协商，以通知MAC更新后的链路信息。SGMII自动协商结果可从SGMII寄存器0x1F8002中获取。关于SGMII自动协商位的定义，请参见SGMII规范。

最初，每个器件都会重复发送ACK位清零的自动协商字。一旦器件接收到自动协商字，就会发送ACK位置1的自动协商字。至此，自动协商完成，器件停止发送自动协商字，可以开始进行发送和接收数据流量的正常操作。如果链路断开，则将重新启动自动协商。

SGMII寄存器中有3个状态位用于确定自动协商状态：

- 寄存器0x1F0006 bit 1用于指示何时接收到自动协商字，以及ACK位是否置1。一旦该位置1，即可读取寄存器0x1F0005和0x1F8002以确定在接收到的字中哪些位置1。该位“锁存高电平”，因此在被读取之前不会清零。
- 寄存器0x1F0001 bit 5用于指示自动协商何时完成，即接收到ACK位置1的自动协商字。
- 寄存器0x1F8002 bit 0是自动协商完成状态位的“中断”版本，这意味着该位置1后会保持高电平，直到被写入0为止。

自动协商是可以禁止的。如果一个器件上使能了自动协商，另一个器件上就必须禁止自动协商，并且这两个器件必须采用相同的速度和双工模式设置。

附录A：通用术语定义

表A-1：通用术语

术语	定义
1000BASE-X	包括1000BASE-SX和1000BASE-LX
1000BASE-T	基于非屏蔽双绞线的千兆位以太网。可与100BASE-TX和10BASE-T进行自动协商（802.3第28条和第40条）。
100BASE-TX	基于非屏蔽双绞线的100 Mbps以太网。可与1000BASE-T和10BASE-T进行自动协商（802.3第28条和第40条）。
10BASE-T	基于非屏蔽双绞线的10 Mbps以太网。可与1000BASE-T和100BASE-TX进行自动协商（802.3第28条和第40条）。
10/100/1000BASE-T PHY 也称为10/100/1000BASE-TX 或10/100/1000	一种三重模式Cat5介质以太网PHY，可通过自动协商在10BASE-T、100BASE-TX和1000BASE-T中的任一模式下工作。
802.3z	1000BASE-X规范。现在是802.3的第36条、第37条和第38条
自动协商	两个节点之间的信息交换。最基本的目的是用于相互验证通信通道。此外，还可用于协商通道的速度和双工模式等。
第28条自动协商	Cat5介质10/100/1000BASE-T的自动协商
第37条自动协商	1000BASE-X（不包括1000BASE-KX）的自动协商。SGMII通常被认为使用第37条自动协商，但具体如何使用仍存在差异。
MAC	介质访问控制。该模块的一侧连接至PHY，另一侧连接至交换芯片的交换模块。如果PHY与MAC分别位于单独的芯片中，则二者通过SGMII、GMII、RGMII、RMII和MII等接口进行连接。这是ISO第2层。
MSA	多源协议（定义SFP）
PHY	物理接口模块。一侧连接至物理介质，另一侧连接至MAC。如果PHY与MAC分别位于单独的芯片中，则二者通过SGMII、GMII、RGMII、RMII和MII等接口进行连接。这是ISO第1层。
SerDes	串行器-解串器。这是一个通用术语，但这里通常用来指代不支持SGMII协议的串行PHY至MAC接口。
串行接口	串行器-解串器。通用术语，并非特指1000BASE-X或SGMII的物理接口。
SFP	小尺寸可插拔模块。接口模块的标准化封装。该模块可以是光纤模块或铜模块，支持不同的速度。定义了机械特性、引脚分配和基本引脚功能，但未定义线缆侧接口或数据速率。
SGMII	串行千兆位介质无关接口。在以太网端口上，SGMII用于连接MAC与PHY，获取GMII信号并将其串化，然后在接收端将其解串化。请参考SGMII规范。
交换芯片	指代Microchip KSZ9897S、KSZ9567S、KSZ9477S和KSZ8567S

附录B： 版本历史

表B-1： 版本历史

版本	节/图/条目	更正
DS00002647B (2018年8月22日)	第7页的“每种配置对应的寄存器设置”	将勘误变通方法部分下方的实例“0x1F80002”更改为“0x1F8002”。
DS00002647A (2018年2月12日)		初始版本

MICROCHIP 网站

Microchip 网站 (www.microchip.com) 为客户提供在线支持。客户可通过该网站方便地获取文件和信息。我们的网站提供以下内容：

- **产品支持** —— 数据手册和勘误表、应用笔记和示例程序、设计资源、用户指南以及硬件支持文档、最新的软件版本以及归档软件
- **一般技术支持** —— 常见问题解答 (FAQ)、技术支持请求、在线讨论组以及 Microchip 设计伙伴计划成员名单
- **Microchip 业务** —— 产品选型和订购指南、最新 Microchip 新闻稿、研讨会和活动安排表、Microchip 销售办事处、代理商以及工厂代表列表

变更通知客户服务

Microchip 的变更通知客户服务有助于客户了解 Microchip 产品的最新信息。注册客户可在他们感兴趣的某个产品系列或开发工具发生变更、更新、发布新版本或勘误表时，收到电子邮件通知。

欲注册，请访问 www.microchip.com/pcn，然后按照注册说明进行操作。

客户支持

Microchip 产品的用户可通过以下渠道获得帮助：

- 代理商或代表
- 当地销售办事处
- 应用工程师 (ESE)
- 技术支持

客户应联系其代理商、代表或 ESE 寻求支持。当地销售办事处也可为客户提供帮助。本文档后附有销售办事处的联系方式。

也可通过 <http://microchip.com/support> 获得网上技术支持。

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。以其他任何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, 不得暗中或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。

商标

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、Adaptec、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、ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、Flashtec、Hyper Speed Control、HyperLight Load、Liberio、motorBench、mTouch、Powermite 3、Precision Edge、ProASIC、ProASIC Plus、ProASIC Plus 徽标、Quiet-Wire、SmartFusion、SyncWorld、TimeCesium、TimeHub、TimePictra、TimeProvider 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、Clockstudio、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoAutomotive、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、Espresso T1S、EtherGREEN、EyeOpen、GridTime、IdealBridge、IGaT、In-Circuit Serial Programming、ICSP、INICnet、Intelligent Paralleling、IntelliMOS、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、Knob-on-Display、MarginLink、maxCrypto、maxView、memBrain、Mindi、MiWi、MPASM、MPF、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、mSIC、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、Power MOS IV、Power MOS 7、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、Trusted Time、TSHARC、Turing、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 和 Symmcom 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。

© 2024, Microchip Technology Incorporated 及其子公司版权所有。

ISBN: 978-1-6683-4097-4

全球销售及及服务网点

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

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