AN2007

Microchip 以太网控制器、开关和 EtherCAT 控制器的 100BASE-FX 光纤介质支持

作者： *Anant Dalimkar*
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。

下表列出了各种现有产品。

部件编号	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	具有 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

本文档将重点介绍在 Microchip 以太网控制器、开关和 EtherCAT 控制器上实现 100BASE-FX 光纤介质所需的设计差异。

本文档包括以下主题：

- 第 3 页上的 100BASE-FX 的特性差异
- 第 9 页上的 EtherCAT 光链路 （FX）——仅适用于 LAN9252

受众

本文档的目标受众是在 100BASE-FX 应用中使用 Microchip 以太网控制器、开关和 EtherCAT 控制器的硬件设计工程师和经理。

参考文献

使用本应用笔记时应参考以下文档。欲知如何获取以下文档，请咨询您的 Microchip 代表。

- 《LAN9250 数据手册》
- 《LAN9252 数据手册》
- 《LAN9352/LAN9354/LAN9355 数据手册》
- 《LAN9355 数据手册》

© 2016 Microchip Technology Inc.

术语和缩写

- MII——介质无关接口
- RMII——简化介质无关接口
- EEE——高效节能以太网
- SFF——小型
- SFP——小型可插拔
- SMI——串行管理接口
- MAC——介质访问控制
- PHY——物理层设备
- EEE——高效节能以太网

© 2016 Microchip Technology Inc.

100BASE-FX 的特性差异

本节描述设计人员在 Microchip 以太网控制器、开关和 EtherCAT 控制器中实现新的 100BASE-FX 光纤介质时需要注意的硬件和软件差异。

硬件详细信息

100BASE-FX 支持通过外部光纤收发器实现。

设置为 100BASE-FX 操作时，禁止加扰器和 MTL-3 模块，模拟接收和发送引脚更改为差分 LVPECL 引脚，并通过外部端子连接到外部光纤收发器。差分 LVPECL 引脚支持与 SFF （LVPECL）和 SFP （精简 LVPECL）类型收发器兼容的信号电压范围。

处于 100BASE-FX 操作中时，由外部收发器提供接收信号质量作为漏极开路、CMOS 电平、信号损失（SFP）或 LVPECL 信号检测 （SFF）。

100BASE-FX 使能和 LOS/SD 选择

100BASE-FX 操作可通过使用 FX 模式配置脚（fx_mode_strap_1 和 fx_mode_strap_2）使能并反映在 PHY x 特殊模式寄存器 （PHY_SPECIAL_MODES_x）的 100BASE-FX 模式 （FX_MODE）位中。

由三级 FXLOSEN 配置脚输入引脚为两个 PHY 选择信号损失模式。这三级分别对应于不同情况下的信号损失模式：a) 不属于任何 PHY （小于 1V （典型值））； b) 属于 PHY A （大于 1V （典型值）但小于 2V （典型值））； c) 同时属于两个 PHY （大于 2V （典型值））。无法仅为 PHY B 选择信号损失模式。

如果未选择信号损失模式，则通过 FXSDENA 或 FXSDENB 配置脚输入引脚单独选择信号检测模式。大于 1V （典型值）时，使能信号检测模式；小于 1V （典型值）时，使能铜制双绞线模式。

注：	FXSDENA 配置脚输入引脚与 FXSDA 引脚共用，FXSDENB 配置脚输入引脚与 FXSDB 引脚共用。因此，LVPECL 电平确保输入大于 1V （典型值）并已选择信号检测模式。需要 TP 铜缆时，无需信号检测输入功能，引脚应设置为 0V。

请务必注意，确保未供电或已禁止的收发器不会加载低于有效 LVPECL 电平的信号检测输入。

表 1： PHY A 的 100BASE-FX LOS、 SD 和 TP 铜缆选择

FLXLOSEN	FXSDENA	PHY 模式
<1 V （典型值）	<1 V （典型值）	TP 铜缆
	>1 V （典型值）	100BASE-FX 信号检测 （SFF）
>1 V （典型值）	NA	100BASE-FX LOS （SFP）

表 2： PHY B 的 100BASE-FX LOS、 SD 和 TP 铜缆选择

FLXLOSEN	FXSDENA	PHY 模式
<1 V （典型值）	<1 V （典型值）	TP 铜缆
	>1 V （典型值）	100BASE-FX 信号检测 （SFF）
>2 V （典型值）	NA	100BASE-FX LOS （SFP）

信号检测 （SD）

信号检测 （Signal Detection， SD）要求单端 3.3V LVPECL 电平，支持小型 （Small Form Factor， SFF）光学模块。信号检测用于确定正常工作——检测到光信号。

SD 是信号损失 （Loss of Signal， LOS）的逻辑组成部分。

- 单端 LVPECL
  - SD > VLVPECL_COMMON_MODE——正常工作，检测到光信号
  - SD < VLVPECL_COMMON_MODE——未检测到光信号
- 50Ω 单端阻抗

信号损失（LOS）

信号损失（LOS）要求 CMOS 电平，支持小型可插拔（Small Form-Factor Pluggable， SFP）光模块。LOS 为漏极开路 / 集电极。LOS 是信号检测 （SD）的逻辑组成部分。

- LOS < 0.8V 正常工作——检测到光信号
- LOS > 2.0V 未检测到光信号

LOS （信号损失）是漏极开路 / 集电极输出，应通过 4.7K-10K 电阻进行上拉。

连接到 100BASE-FX 光纤模块

FX 模式允许使用光纤收发器 （Fiber Optics Transceiver， FOT）通过光纤介质实现 10/100 Mbps 以太网 PHY 数据传输。FX 模式支持两种运行速度为 100 Mbps 的小型收发器。小型（SFF）模块可使用交流或直流耦合通道进行配置，而小型可插拔 （SFP）模块仅可在交流耦合通道中配置。

SFF：

- 直流 / 交流耦合
  - 100Ω 等效发送 / 接收端接电阻

SFP：

- 交流耦合
  - 100Ω 发送 / 接收端接电阻

FX 模式收发器包含 LVPECL 差分驱动器来发送 4b5b 编码数据，而接收器支持 LVDS 和 LVPECL 两种信号电平。

以下框图显示了各种配置的 10/100 Mbps 以太网 PHY 和 FOT 之间的通用接口。

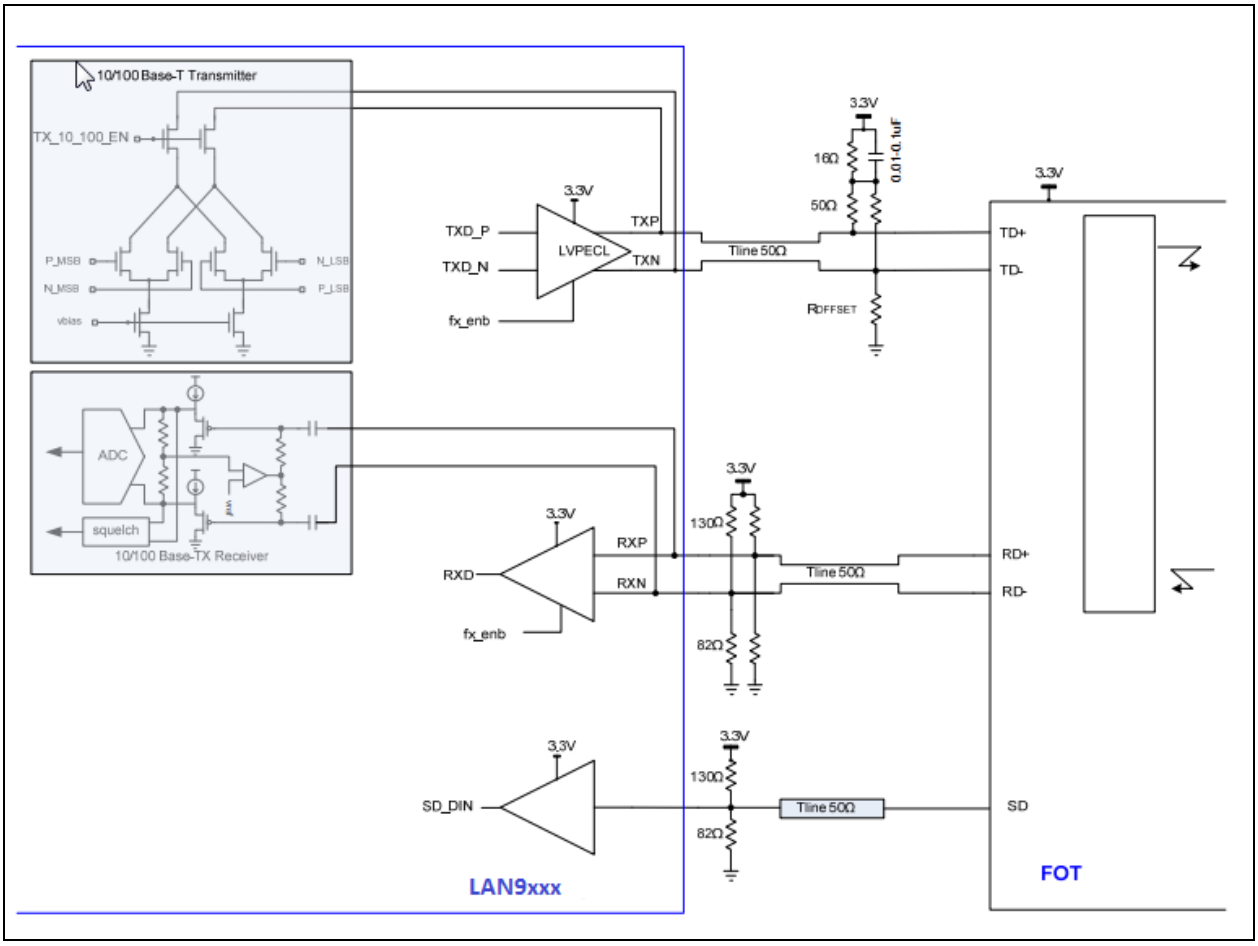
© 2016 Microchip Technology Inc.

直流耦合 （SFF 模块）

注：	建议将直流耦合用于 3.3V FOT 模块。

Jutland FX 模式 LVPECL 输出驱动器始终需要一个 50Ω 端接电阻。还需要另一个 16Ω 端接电阻为 FOT 设置适当的共模电压。该配置只适用于 3.3V FOT。如果需要 PHY 与 5V FOT 接口，必须更改电阻值来设置共模电压。建议将直流耦合用于 3.3V FOT。另外一个好方法是将 50Ω 端接电阻尽可能靠近 FOT 放置，从而将由于反射产生的噪声降至最低。Jutland FX 模式接收器在 PHY 之外包含 50Ω 端接电阻以降低片上功耗并且可灵活改变用于交流耦合通道的端接电阻值。如果发送器路径需要偏移，可在 TXN 焊盘和地之间添加电阻 ROFFSET。电阻的值由所需的偏移量决定。信号检测几乎始终直流耦合，且需要 50Ω 阻抗实现 1.3V 共模电压。

图 1： 100BASE-FX 直流耦合配置 （SFF 模式）

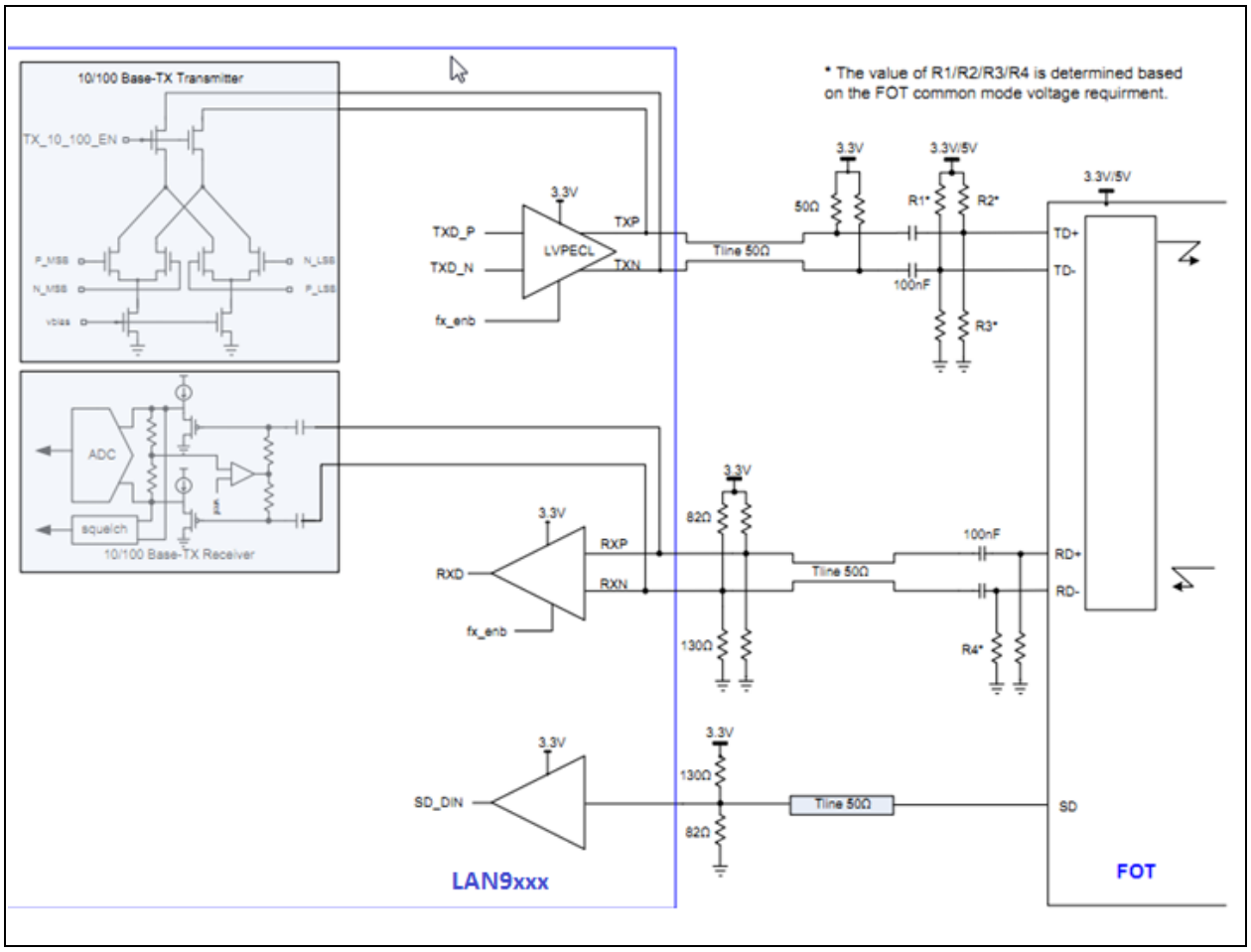


交流耦合 （SFF 模块）

注：	建议将交流耦合用于 5V FOT 模块。

Jutland FX 模式 LVPECL 输出驱动器始终需要一个 50Ω 外部端接电阻。一个好方法是将 50Ω 端接电阻尽可能靠近 FOT 放置，从而将由于反射产生的噪声降至最低。接收器的共模电压设置为与 LVPECL 共模电压 （VDD-1.3V）相同。如果发送器路径需要偏移，可相对于 TD+ 处的上拉电阻增加或降低 TD- 处的上拉电阻。上拉电阻之间的不匹配值由 FOT 所需的偏移量决定。如果需要零偏移，则 TD+ 和 TD- 处的 R1* 和 R2* 两个上拉电阻值相等。信号检测应为直流耦合且包含一个 50Ω 端接电阻将共模电压设置为 1.3V。

图 2： 100BASE-FX 交流耦合配置 （SFF 模式）

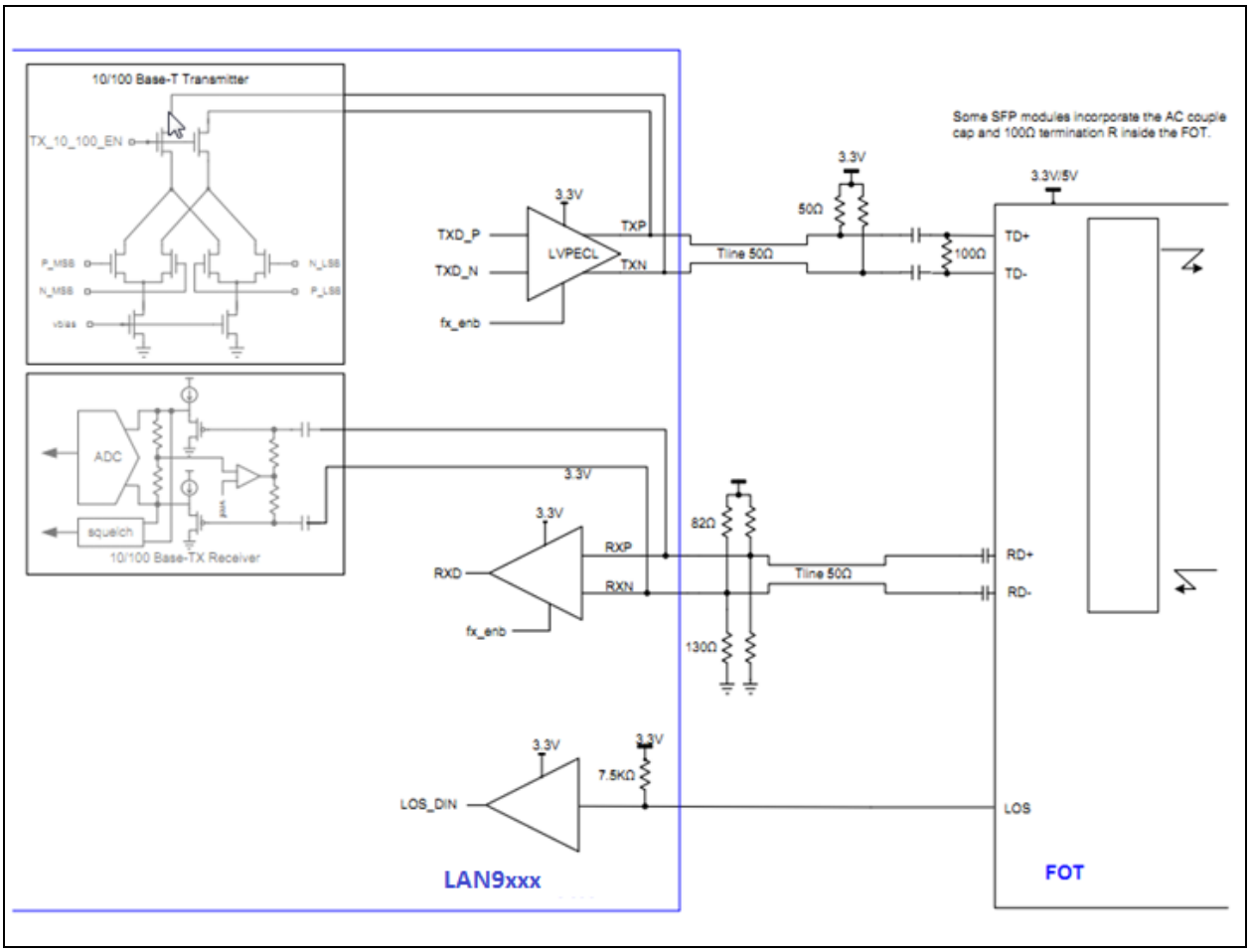


© 2016 Microchip Technology Inc.

交流耦合 （SFP 模块）

SFP 模块由于通道的交流耦合性质和嵌入在 FOT 模块内的 100Ω 端接电阻而工作在降低的 LVPECL 信号电平。交流耦合电容可以嵌入也可以不嵌入在 FOT 模块内。由于附加的 100Ω 端接电阻，LVPECL 发送数据信号电平将在 FOT 输入端（TD+/-）降低一半。在接收端，82Ω/130Ω 片外端接电阻设置接收器的 50Ω 端接电阻以及共模电压。Jutland 接收器要求将 50Ω 端接电阻尽可能靠近 Jutland PHY 放置而将由于反射产生的噪声降至最低。信号检测应为直流耦合且包含一个 50Ω 端接电阻将共模电压设置为 1.3V。

图 3：　　100BASE-FX 交流耦合配置 （SFP 模式）



寄存器设置

物理 PHY 符合针对双绞线以太网的 IEEE 802.3 物理层标准，可配置为全双工 / 半双工 100 Mbps （100BASE-TX/100BASE-FX）或 10 Mbps （10BASE-T）以太网操作。所有 PHY 寄存器均遵循 IEEE 802.3 （第 22.2.4 条）指定的 MII 管理寄存器组规范并且可完全配置。

100BASE-FX 操作可通过使用 FX 模式配置脚（fx_mode_strap_1 和 fx_mode_strap_2）使能并反映在 PHY x 特殊模式寄存器 （PHY_SPECIAL_MODES_x）的 100BASE-FX 模式 （FX_MODE）位中。

光纤模块

下面几个光纤模块可与支持 100Base-FX （IEEE 802.3u）的以太网 PHY 配合使用：

小型 （SFF）收发器

- AFBR-59E4APZ——Avago Technologies
- （新的 2x5 DIP 型封装）

- 差分 LVPECL——发送和接收
- 单端 LVPECL——信号检测 （SD）
- 3.3V 电源
- 仅支持直流耦合

图 4：　　小型 （SFF）收发器

小型可插拔 （SFP）收发器

- FTLF1318P2xCL——Finisar Corporation
- 精简 LVPECL——发送和接收
- 漏极开路 / 集电极——信号损失
- 3.3V 电源
- 仅支持交流耦合

图 5：　　小型可插拔 （SFP）收发器

工作控制和指示

100BASE-FX 支持的特性

由于 100BASE-FX 模式使用 100BASE-T 资源，因此其工作控制和指示是采用 100BASE-T 模式的，例如 LED、链路状态指示和环回模式。

- LED 指示——任何支持 100BASE-TX 的 LED 现在将支持 100BASE-FX 指示
- 链路状态——对于链路状态指示，链路状态位寄存器 1.2 将指示是否存在 100BASE-FX 链路

100BASE-FX 不支持的特性

FX 模式不支持的特性包括自动协商、 AMDIX、 TDR、 EDPD 和 EEE 特性。

© 2016 Microchip Technology Inc.

ETHERCAT 光链路 （FX）——仅适用于 LAN9252

可使用以太网 PHY 通过光链路实现 EtherCAT 通信，但必须考虑 EtherCAT 的一些需求，同时也必须考虑 EtherCAT 从控制器的一些特征。

本章的目的是分享有关 FX 操作与 EtherCAT 的前沿知识。

链路伙伴通知和环路关闭

防止发生链路错误操作的主要原理是通过关闭环路禁止不可靠的链路。这由 ESC 自动执行。 ESC 依赖于来自 PHY 的 LINK_MII 信号以检测链路状态。

对于 FX PHY，有可能发生收发器器件已上电，而 PHY（和 / 或 ESC）不工作。通信伙伴将检测到信号，该信号导致它打开链路。由于 PHY （或 ESC）未在运行，因此所有帧将丢失。

因此至少必须满足以下两个需求，否则帧将丢失：

- ESC 处于复位状态 → 禁止收发器
- PHY 处于复位状态 → 禁止收发器

针对该问题的建议解决方案是通过 PHY 复位信号使能收发器。如果收发器没有合适的输入，收发器的电源将切断。由于 PHY 复位应由 ESC 的复位输出控制（有延时，请参见后面内容），当 PHY 处于复位状态并且 ESC 也处于复位状态时，收发器将掉电。因此， ESC 和 PHY 将在收发器工作时开始工作，且不会丢失任何帧。

远端故障 （FEF）指示

LAN9252 提供一个称为远端故障生成 / 检查的功能。目的是通知链路伙伴有坏的链路。

FEF 功能对于 EtherCAT 非常有利，这是因为 PHY 仅在信号质量足够高时才指示链路。如果没有 FEF，EtherCAT 从控制器必须依赖增强型链路检测功能来检测低质量链路。

然而，增强型链路检测仅在已建立链路时有效，因此对于低质量链路，链路状态将是打开 / 关闭（连接 → 增强型链路检测将拆除链路 → 连接 ...）。这足以找到网络中的问题，但是它可能妨碍其余网络的操作。

因此，强烈建议使用 PHY，可完全实现 FEF 生成和检测。

标准链路检测

当接收错误达到一定级别时，增强型链路检测重新启动 PHY 之间的自动协商。对于 FX PHY，自动协商不可用 （它是 100Base-TX 特性）。通常，PHY 忽略重新启动自动协商请求。因此，EtherCAT 从控制器无休止地等待链路中断。由于自动协商由重新启动自动协商请求使能，因此其他 PHY 可能进入死锁，但由于 FX 工作模式， 自动协商将不会完成。

因此，必须为 FX 链路关闭增强型链路检测 （除非使用增强型 FX 链路检测，这是建议做法）。

问题：EEPROM 加载期间的临时增强型链路检测

复位后使能增强型链路检测，且仅可由 EEPROM 禁止。这将花费大约 170 ms。同时， FX PHY 将上电。由于它们无需完成自动协商序列，因此链路 （信号检测）来得非常早。有可能检测到链路，但却无法进行通信 （检测到 RX_ERR）。这会在加载 EEPROM 之前引起 ESC 重新启动自动协商，从而导致 ESC 等待链路中断。这可能不会发生，因为 PHY 忽略该命令，因此 ESC 保持在死锁状态。

克服该问题的建议解决方案是在 ESC 就绪至少 170 ms 后对 FX PHY（和收发器）上电，例如通过额外的具有延时或供电序列的复位控制器 （图 6 或图 7）。

另一个建议解决方案是第 10 页上的增强型 FX 链路检测。

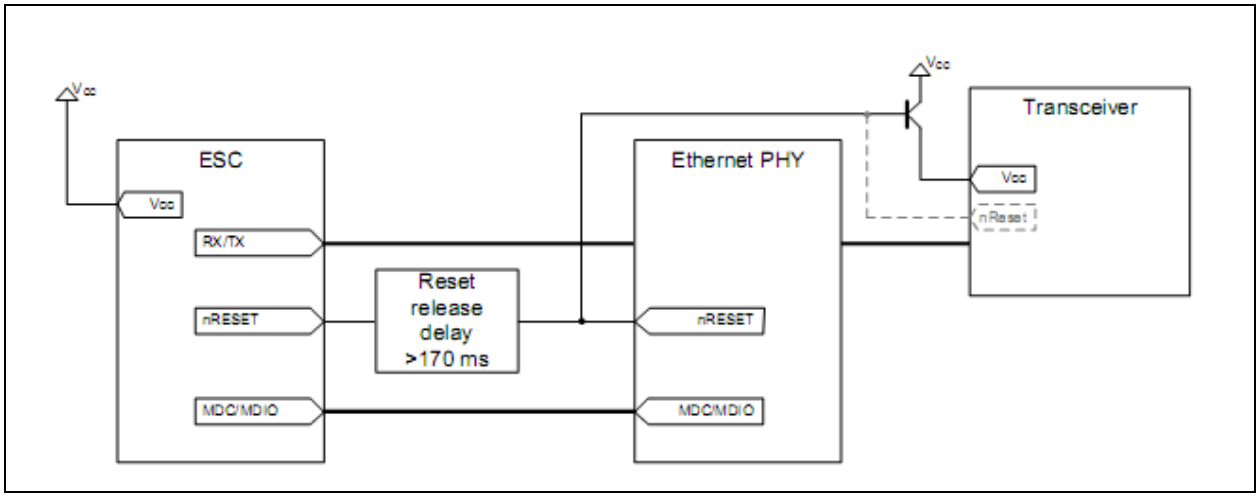
无增强型链路检测的最基本解决方案：

这两个解决方案代表正确上电和复位操作的最基本解决方案，但是在检测低质量链路方面存在缺点。首选解决方案是增强型 FX 链路检测，请参见后面的内容。

标准链路检测：通过延时复位到 FX-PHY

在 ESC （LAN9252）就绪后延时 170 ms 复位到外部 PHY。

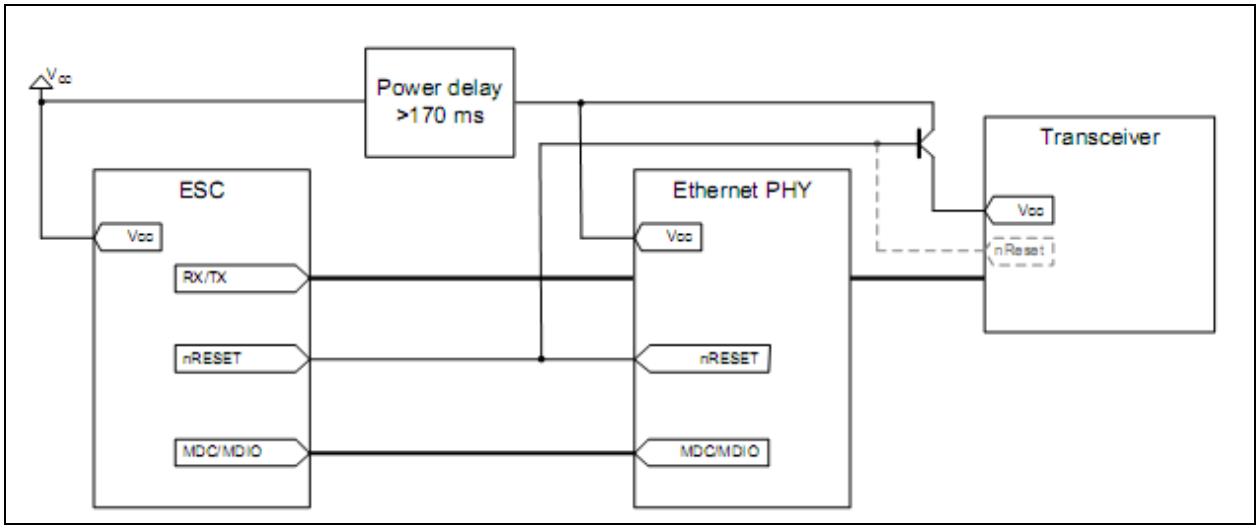
图 6： PHY 复位释放延时与收发器掉电 / 复位



标准链路检测：通过供电序列

在 ESC 上电后延时 170 ms 对外部 PHY 上电。

图 7： PHY 上电序列与收发器掉电 / 复位



增强型 FX 链路检测

为了足够快地检测错误的链路，需要将增强型链路检测的错误检测方法也用于 FX PHY。一个可能的解决方案是使用 ESC 内的增强型链路检测逻辑，另一个可能的解决方案是使用外部逻辑 （例如 CPLD）实现增强型链路检测逻辑。

LAN9252 ESC 不支持将增强型链路检测逻辑用于外部 MII 端口；因此应使用单片机 /CPLD 实现外部逻辑。

© 2016 Microchip Technology Inc.

首选解决方案是让 ESC 计数 PHY 的 RX_ERR 并通过一些连接到 MII 管理接口的附加逻辑（CPLD 或单片机等）来检测 ESC 的重新启动自动协商请求。该逻辑应复位 PHY 和收发器（掉电）一段短时间。该复位导致链路中断，该链路将被本地 ESC（离开其潜在的死锁状态）和通信伙伴（链路中断和环路闭合）检测到。如果选择该解决方案，可在 EEPROM 中使能增强型链路检测。

MII 管理接口仍连接到 PHY，CPLD/ 单片机仅侦听总线。有可能将一个 CPLD/ 单片机用于 ESC 的所有端口。必须评估 PHY 地址且必须使用每个 PHY 的各个复位输出。

增强型链路检测的建议解决方案：

下图 8 和图 9 显示了增强型链路检测的建议解决方案。

图 8：　　CPLD/ 单片机检测自动协商重新启动命令并复位 PHY 和收发器

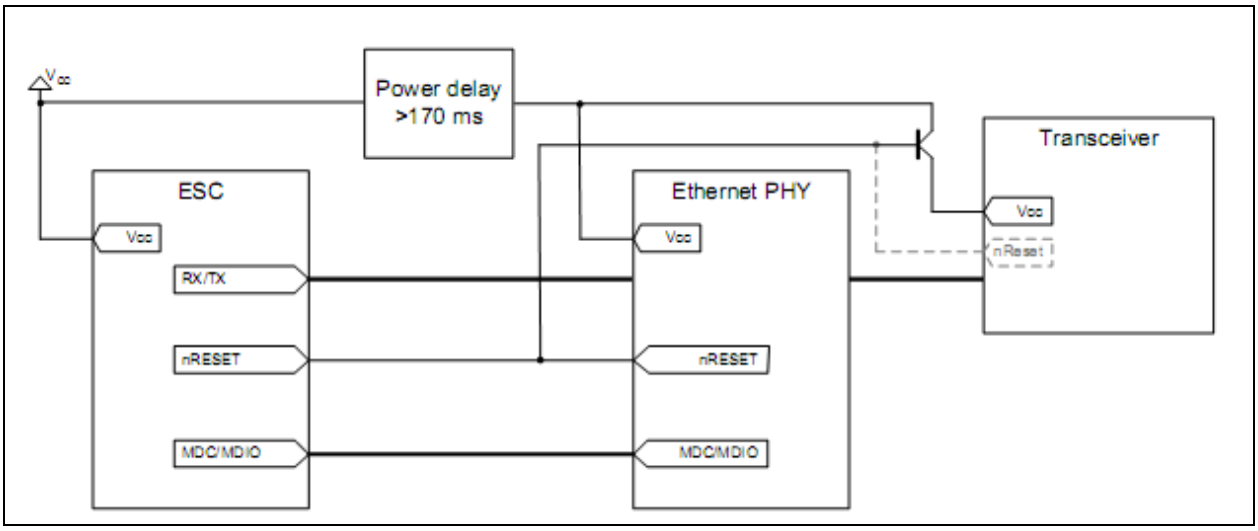
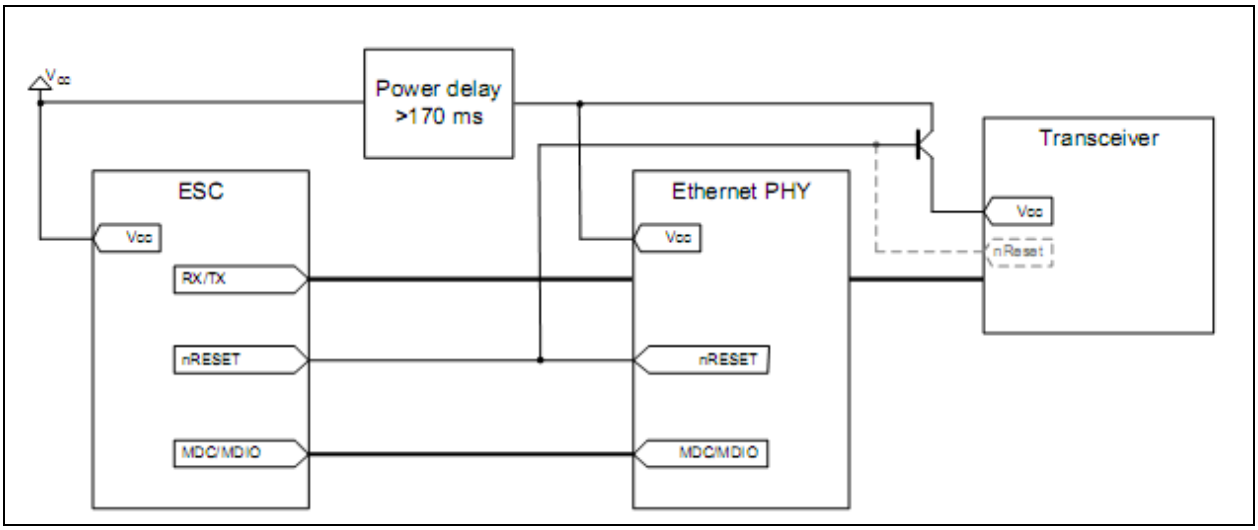


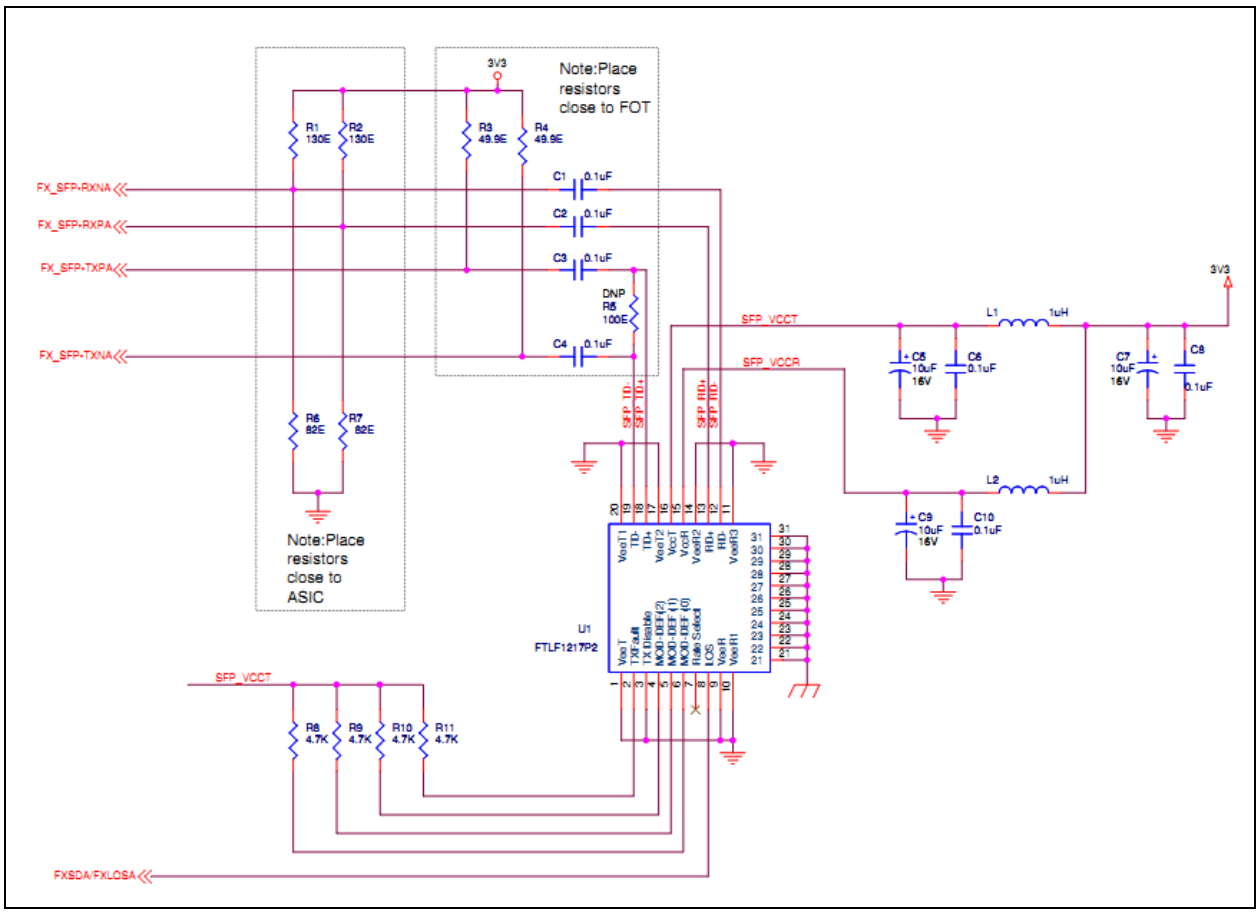
图 9：　　CPLD/ 单片机检测自动协商重新启动命令并关闭 PHY 和收发器电源



注：　在图 9 中，当 ESC/PHY 处于复位状态时，CPLD/ 单片机连接到 ESC/PHY 的 nRESET 信号来关闭 / 复位收发器。

附录 A： 原理图

图 A-1： 原理图 A：LAN9XXX 和 SFP （FTLF1318P2） FOT 之间的接口

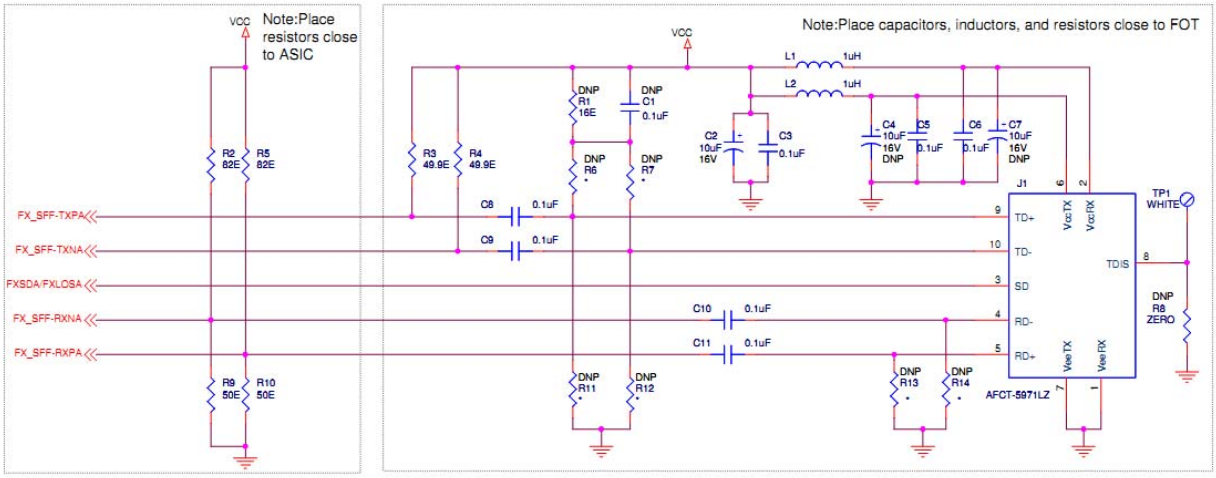


注 1： SFP 收发器 FTLF1318P2 的 TX/RX DATA 线路为交流耦合，因此不需要外部 C1、 C2、 C3 和 C4。

2： 请参见与 LAN9xxx 和 FOT 之间接口相关的 FOT 供应商建议。建议将推荐的端接电阻用于交流耦合配置（SFP 模式）。
其他端接电阻可能也适用，具体取决于 FOT 接口。

© 2016 Microchip Technology Inc.

图 A-2：　　原理图 B：LAN9XXX 和 SFF （AFBR-59E4APZ） FOT 之间的接口



注　1： SFF 收发器 AFBR-59E4APZ 的 TX/RX DATA 线路为交流耦合，因此不需要外部 C8、C9、C10 和 C11。

2： 请参见与 LAN9xxx 和 FOT 之间接口相关的 FOT 供应商建议。建议将推荐的端接电阻用于交流耦合配置（SFF 模式）。其他端接电阻可能也适用，具体取决于 FOT 接口。

附录 B： 应用笔记版本历史

表 B-1： 版本历史

版本号和日期	章节 / 图 / 条目	修正
版本 A， 2015 年 9 月	初始版本。	

© 2016 Microchip Technology Inc.

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。只要使用常用的互联网浏览器即可访问，网站提供以下信息：

- **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 顾问计划成员名单
- **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

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，请登录 Microchip 网站 www.microchip.com。在“支持”（Support）下，点击“变更通知客户”（Customer Change Notification）服务后按照注册说明完成注册。

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 （FAE）
- 技术支持

客户应联系其代理商、代表或应用工程师 （FAE）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://www.microchip.com/support 获得网上技术支持。

注：

© 2016 Microchip Technology Inc.

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。

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。

QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
═ ISO/TS 16949 ═

商标

Microchip 的名称和徽标组合、 Microchip 徽标、 AnyRate、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、Heldo、JukeBlox、KeeLoq、KeeLoq 徽标、 Kleer、 LANCheck、 LINK MD、 MediaLB、MOST、MOST 徽标、MPLAB、OptoLyzer、PIC、PICSTART、PIC32 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。

ClockWorks、 The Embedded Control Solutions Company、ETHERSYNCH、 Hyper Speed Control、 HyperLight Load、IntelliMOS、 mTouch、 Precision Edge 和 QUIET-WIRE 均为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、BodyCom、chipKIT、chipKIT 徽标、CodeGuard、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、EtherGREEN、 In-Circuit Serial Programming、 ICSP、 Inter-Chip Connectivity、 JitterBlocker、 KleerNet、 KleerNet 徽标、MiWi、motorBench、MPASM、MPF、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、 PICDEM、 PICDEM.net、 PICkit、 PICtail、PureSilicon、 RightTouch 徽标、 REAL ICE、 Ripple Blocker、Serial Quad I/O、SQI、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、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：978-1-5224-0682-2

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: 905-695-1980
Fax: 905-695-2078

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 - 广州
Tel: 86-20-8755-8029

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

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

亚太地区

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

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

06/23/16

© 2016 Microchip Technology Inc.