

Microchip I²C EERAM 器件的推荐使用方法

作者: Robert Proctor
Microchip Technology Inc.

简介

EERAM 是一种非易失性存储器，由一个 SRAM 和配套的备份 EEPROM 组成。借助 EERAM 的设计，可随时根据需要快速写入数据，并且在意外断电时可安全保存数据。随后可在恢复供电后再次恢复数据。

本应用笔记是数据手册 (DS20005371) 的扩展内容，通过提供多种技巧帮助实现更稳健的 EERAM 器件应用。

工作模式

SRAM 允许快速读取和写入，耐擦写次数不限。只要不断电，存储在 SRAM 中的数据就可以根据需要随时更新。

为了保存 SRAM 映像，只要检测到电压低于预设大小，自动存储功能就会将整个 SRAM 映像复制到 EEPROM 阵列。自动存储过程的电源由外部连接的 VCAP 电容提供。

上电时，通过将 EEPROM 映像复制到 SRAM 来恢复整个存储器的内容。这种自动恢复操作在上电后的数秒内完成，并与其他器件的初始化同时进行。

写入 SRAM 没有延时。SRAM 可从任意随机地址开始写入，并可在整个阵列中连续写入，然后在到达末尾后返回到起始处。在写入 STATUS 寄存器 (SR) 的非易失性配置位时有一个短暂延时 (在数据手册中指定为 TWC)。

除了自动存储功能之外，还有另外两种将 SRAM 数据存储到 EEPROM 的方法：

- 一种方法是硬件存储，由 HS 引脚的上升沿启动。
- 另一种方法是软件存储，启动方式是通过 I²C 向 COMMAND 寄存器写入正确指令。

如果用户希望仅使用手动存储方法，可将器件配置为在没有 VCAP 电容的情况下使用。在这种情况下，应通过将 STATUS 寄存器中的 ASE 位清零来禁止自动存储功能，VCAP 引脚应连接到 VCC。

如果禁止自动存储操作，器件不会自动备份 SRAM 数据。因此，断电时，自上次存储操作起写入 SRAM 的任何数据都可能会丢失。鉴于上述原因，应用必须经常启动存储操作，以最大限度地减少数据丢失，但频率不得超过 EEPROM 的耐擦写次数。

PCB 布线注意事项

EERAM 器件的 VCC 引脚上应有一个旁路电容，就像任何 CMOS 集成电路一样。建议在 VCC 与 VSS 之间连接一个 0.1 μ F 的电容，并且靠近器件放置。

VCAP 连接的布局不是很重要，但是应将电容靠近 IC 安装，走线尽可能短，最好使两者距离在 1 或 2 英寸以内。VCAP 线不得分接，也不得与任何其他电路共用。VCAP 电容绝对不能用电池替代。

上电后初次为 VCAP 电容充电所需的电流可能明显高于正常工作电流 (VCAP 峰值充电电流可能达到或超出 50 mA)，因此 EERAM 和 VCAP 电容负极的接地连接应相对系统地保持低阻抗状态，最好将每一个都连接到地平面，以防止出现可能被误认为是逻辑电平信号的压降。

SDA 和 SCL 这两条 I²C 线应远离噪声源以防止干扰总线。

芯片地址输入

为了在同一 I²C 总线上同时连接最多 4 个 EERAM 器件，我们提供了地址引脚 A1 和 A2。这两个引脚可连接到 VCC 或 VSS。逻辑电平对应控制字节中的地址位。如果这两个引脚未连接，则它们将通过内部弱下拉默认配置为逻辑低电平，但在可能存在外部噪声的情况下，还是建议将这两个引脚连接至 VCC 或 VSS，以提高其抗噪声能力。

总线上拉电阻

应根据总线最高速度选择适当阻值的上拉电阻将SDA和SCL这两个I²C信号连接到总线。如果总线最高速度为400 kHz，建议使用10 kΩ上拉电阻。如果最高速度为1 MHz，建议使用2 kΩ上拉电阻。有关更多详细信息，请参见数据手册的“I²C接口”部分。

硬件存储引脚

HS引脚用于检测外部事件和通过硬件启动存储功能。当检测到HS引脚的上升沿时，将启动硬件存储（前提是SRAM阵列已被修改，可通过STATUS寄存器中的AM位变为高电平来判断）。此外，STATUS寄存器中的非易失性EVENT位将置1。如果SRAM阵列未被修改，则AM位不会置1，HS引脚的上升沿仍将启动对STATUS寄存器中的EVENT位的写操作。由于EVENT位是非易失性的，因此可稍后检查其是否已触发，以便用于存储外部事件。可通过写入STATUS寄存器使用软件清零EVENT位。

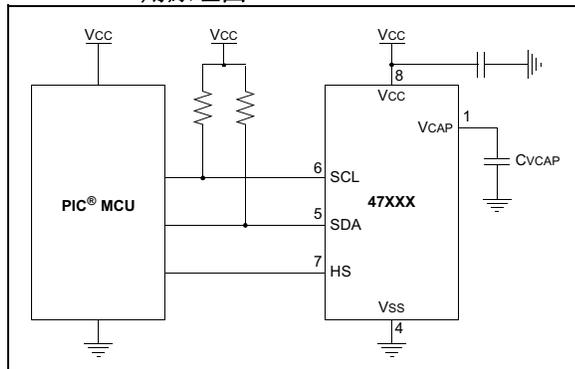
使用自动存储

VCAP引脚和地之间的电容为自动存储操作供电。该电容由EERAM器件通过VCC引脚充电。

数据手册提供了所需的最小电容值列表。电容容差可能会有所不同，因此请务必选择即使位于容差范围的下限也能满足最小电容值要求的电容。

使用VCAP电容时，STATUS寄存器中的自动存储使能（ASE）位必须置1，以便允许在断电时执行存储操作。有关详细信息，请参见“STATUS寄存器”部分。

图1： 自动存储模式（ASE = 1）下的典型应用原理图



不使用外部电容

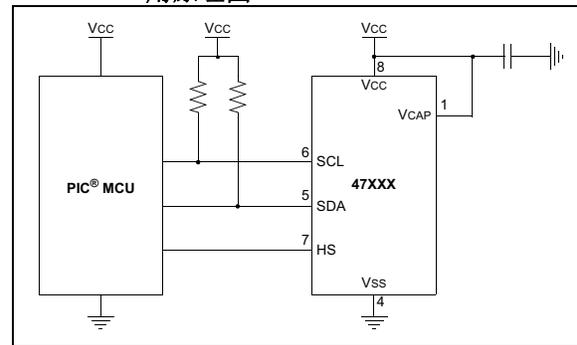
如果不想使用外部电容，必须将VCAP引脚连接到VCC引脚。此外，仍然建议在VCC上使用旁路电容。为防止断电时激活自动存储功能（这可能导致数据损坏），STATUS寄存器中的ASE位必须清零。

仍可通过以下方式执行存储操作：使用硬件存储（Hardware Store, HS）引脚或通过写入COMMAND寄存器来发出软件存储命令。

如果在手动存储过程中发生断电，仅使用手动存储可能会损坏数据。存储操作必须先擦除EEPROM阵列再写入SRAM映像，因此在此操作过程中发生断电可能会导致部分或全部数据丢失。

当使用手动存储方法时，必须权衡考虑数据备份频率和EEPROM耐擦写次数。EERAM中的EEPROM阵列与普通EEPROM类似。SRAM中的数据仍可时常更新，但在EEPROM中备份映像的频率不再自动确定，因此在应用的预期使用寿命到达前，备份的频率不得超过指定的最大存储次数。

图2： 手动存储模式（ASE = 0）下的典型应用原理图



写保护功能

EERAM 器件包含写保护功能，可防止用户修改阵列的某个部分。从 1/64 的高地址存储区域到更大的存储区域，再到整个存储器，均可得到保护。STATUS 寄存器中的 3 个块保护位均已置 1。

在尝试对 SRAM 写入时可使用该保护功能，并可通过在受保护区域中尝试写入任何字节后返回的 NACK 来检测。NACK 在数据字节（而非地址字节）随时钟输入后返回。

SRAM 的受保护数据区域仍然通过存储操作写入备份 EEPROM，以确保数据同步。这意味着如果不使用 VCAP 电容，即使是受保护的区域，一旦存储操作因断电而中断，也会导致数据损坏。

电源

数据手册中列出了标称 3.3V 或 5V 工作电压的 Vcc 电压范围。请注意，Vcc 的上升和下降速率对于该器件十分重要，必须严格遵守才能确保自动存储和读回功能正常工作。根据数据手册规范，应避免下降和上升速率过快，较慢的速率是可以接受的；上升过程应是单调的，以避免不必要的存储或读回事件。EERAM 器件的理想供电电源为干净的直流电源，具有低纹波分量，并且不会因其他负载而引起骤降。由于 EERAM 通过连续监视 Vcc 电压来了解何时开始自动存储操作，因此这一点很重要。即使 Vcc 因短暂偏移而降至 VTRIP 以下，也可能导致自动存储开始运行，进而在存储时间内阻止 I²C 通信。因此，建议使电源保持稳定，对开关电源（Switch Mode Power Supplies, SMPS）进行滤波以使纹波保持在最低水平，最好使电压保持在 Vcc 建议工作范围的中间到上部区域以防止意外触发自动存储功能。

事实上，并非只有 EERAM 对电压变化非常敏感，因为许多器件都配有欠压检测电路。但应该注意的是，不同器件的敏感程度有所不同，因此 EERAM 可能在主机单片机之前或之后检测到电压下降，或者与其他 I²C 器件在不同的时间检测到电压下降。在任何一种情况下，都可能出现 I²C 总线出错的问题，因此单片机应做好准备，例如在检测到总线未按预期做出响应时对总线执行软件复位。

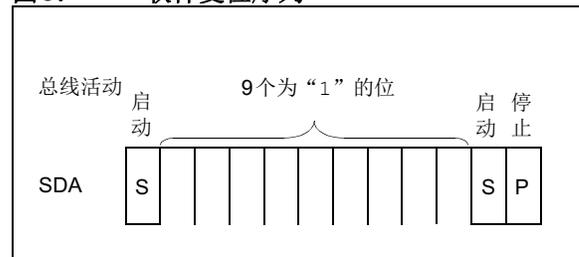
软件复位序列

有时可能需要执行软件复位序列以确保串行 EERAM 处于正确且已知的状态。此操作适用于 I²C 总线上存在冲突、EERAM 已进入未知状态（由于过大的总线噪声或电源波动等）或单片机在通信过程中复位等情况。

可以发送以下序列以确保串行 EERAM 器件正确复位（图 3）：

- 启动位
- 随时钟输入 9 个为“1”的位
- 启动位
- 停止位

图 3： 软件复位序列



第一个启动位将使器件从接收单片机数据时的预期状态复位。在此模式下，器件将在接收模式下监视数据总线，并可检测启动位，从而强制执行内部复位。9 个为“1”的位用于强制复位前一个启动位无法复位的器件。只有当器件处于在总线上驱动应答位（低电平）的模式下，或者处于输出模式且正在总线上驱动数据位“0”输出时，才会出现这种情况。在这两种情况下，前一个启动位（定义为 SCL 高电平时 SDA 变为低电平）会因器件使总线保持低电平而无法生成。发送 9 个为“1”的位可确保器件检测到 NACK（即，单片机不会通过将总线驱动为低电平来应答 EERAM 发送的数据），这样也会强制执行内部复位。

检测 I²C 通信错误

I²C 通信的诸多优势之一是接收到每个字节后发送的应答位。在存储、读回和 STATUS 写入周期以外的时间内，除非尝试写入存储器阵列的受保护区域，否则 EERAM 每收到一个字节就会以低电平发送该位（假设已收到有效的启动位和控制字节）。因此，主器件可以监视整个操作中收到的 ACK 位，以检测可能发生的错误。始终建议在传输期间检查收到的 ACK 位是否为逻辑“1”（表示 EERAM 未响应）。此时，需要一个错误处理程序来确定器件为什么没有响应，并在必要时执行软件复位序列。

应答轮询

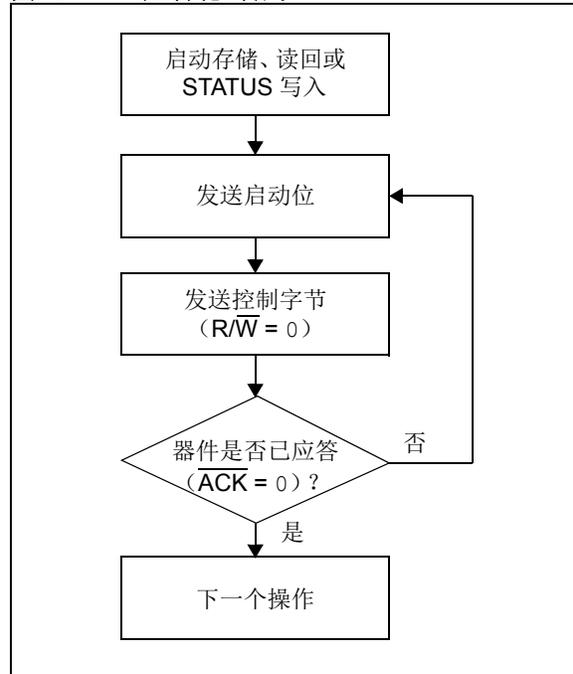
串行 EERAM 上的写操作不需要遵循写周期时间来写入数据，因为数据直接写入 SRAM。但是在写入非易失性 STATUS 寄存器期间以及在存储和读回操作期间，将禁止 EERAM I²C 通信并且将忽略主器件对器件的任何访问尝试。

因此，主器件务必要等待至任何繁忙周期结束之后再尝试重新访问 EERAM。

每个器件都有指定的最坏情况存储时间（通常列为 T_{STORE}）、STATUS 写入时间（指定为 T_{WC}）和读回时间（指定为 T_{RECALL}）。若要确保遵循写入、存储或读回时间，一种简单方法是在再次访问 EERAM 之前执行指定长度的延时。不过，器件完成这些操作所需的时间通常都少于指定的最大时间。因此，使用固定延时方法可能会导致不必要的等待时间。

为了消除这段额外的时间以便更高效地运行，强烈建议使用应答轮询功能。由于 Microchip 的 I²C 串行 EERAM 器件不会在存储、读回或 STATUS 写周期期间进行应答，因此可以连续轮询器件，直到收到 ACK 位（表示操作完成）。

图4： 应答轮询流程



步骤

在开始存储、读回或 STATUS 写操作后，可立即启动 ACK 轮询。此时主器件将发送一个启动条件，然后发送写命令的控制字节（R/W = 0）。如果器件仍然忙于操作，将不会返回 ACK。如果没有返回 ACK，则必须重新发送启动位和控制字节。如果操作完成，器件将返回 ACK，随后主器件可以继续下一个读/写命令。有关详细信息，请参见图4。

软件操作

EERAM有两个用于使能器件特殊功能的特殊寄存器，即STATUS寄存器和COMMAND寄存器。

STATUS寄存器

STATUS寄存器包含易失性位和非易失性位，用于控制和检测重要的行为。更改STATUS寄存器的设置是通过写入整个寄存器完成的，并且应该以读-修改-写的形式来完成以保留其他位的设置。

块保护位（BP<2:0>）用于保护存储器的各个区域（从1/64到整个阵列）。

ASE位用于使能自动存储功能，通常在使用VCAP电容时设置为“1”，在不使用该电容时设置为“0”。

AM位是易失性的只读位，用于指示自上一次存储或重新调用操作后已通过写操作修改SRAM阵列。AM位将指示是否需要执行硬件存储和自动存储操作。如果AM位为“0”，则表示SRAM的数据已与EEPROM的数据相同，因此不会执行自动存储或硬件存储操作（唯一例外是仍可执行软件存储）。任何源执行存储或读回之后，AM位即被清零。即使新数据值与SRAM中的现有数据相匹配并且不会在SRAM写操作中引起任何延时，只要将任何数据写入SRAM，AM位就会置1。

最后，只要HS引脚上出现到逻辑高电平的上升沿，EVENT位就会置1。即使AM位为“0”并且实际未执行任何硬件存储操作，EVENT位也会置1。通过这种方式，EVENT位可用来指示HS引脚上发生的“事件”，而与事件是否涉及存储无关。因此，这对于检测单片机处于休眠状态的系统中的变化十分有用，此时可能不需要立即处理事件，但需要知道是否有事件发生。

COMMAND寄存器

另一个特殊寄存器是COMMAND寄存器。COMMAND寄存器用于启动软件存储和软件读回指令。软件命令可以不受AM位的状态的影响启动存储和读回功能。

由于I²C总线必须工作才能写入COMMAND寄存器，因此VCC低于VTRIP时无法启动存储操作。这样，即使自动存储操作可以在进入该区域时启动，手动存储操作也无法在此处启动。但如果在VCC降至VTRIP以下前已完成命令，只要电压足以完成操作（例如，存在VCAP电容时），就能继续进行存储操作。建议不要期望I²C总线在电源故障期间可正常工作，如前文所述，不同器件会对不同的欠压电压做出响应，这可能会损坏整条总线。

当AM位等于“1”时（表示自上一次读回或存储事件后已写入SRAM映像），SRAM可能与EEPROM备份映像不匹配。如果此时发出软件读回指令，则SRAM映像将被来自EEPROM的备份映像覆盖，因此自上次存储以来对SRAM的任何更改都将丢失。

如上所述，要通过COMMAND寄存器执行软件存储操作，STATUS寄存器中的AM位无需等于“1”，但在执行软件存储后，AM位将设置为“0”。软件存储命令应谨慎使用，以防止对EEPROM执行不必要的写操作及EEPROM过早磨损。

COMMAND寄存器将忽略任何与指定的软件存储和读回命令不匹配的值。

总结

本应用笔记介绍了Microchip EERAM 器件的基本使用注意事项，并且还涵盖了PCB布线、旁路和信号连接的相关内容。其中详细说明了STATUS寄存器和控制寄存器、介绍了潜在的I²C总线问题并提供了各种预防措施。这些建议与Microchip设计、制造、质检和测试串行EERAM的方式保持一致，确保器件可在符合数据手册规范的环境下工作。建议将本应用笔记中详述的概念融合在任何使用I²C串行EERAM的系统中。

附录A： 版本历史

版本A（2016年1月）

本文档的初始版本。

AN2047

注:

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。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 and 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、AVR、AVR 徽标、AVR Freaks、BeaconThings、BitCloud、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、Heldo、JukeBlox、KEELOQ、KEELOQ 徽标、Kleer、LANCheck、LINK MD、maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、MOST、MOST 徽标、MPLAB、OptoLyzer、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32 徽标、Prochip Designer、QTouch、RightTouch、SAM-BA、SpyNIC、SST、SST 徽标、SuperFlash、tinyAVR、UNI/O 及 XMEGA 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。

Adjacent Key Suppression、AKS、Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、BodyCom、chipKIT、chipKIT 徽标、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、EtherGREEN、In-Circuit Serial Programming、ICSP、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、KleerNet、KleerNet 徽标、Mindi、MiWi、motorBench、MPASM、MPF、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、PureSilicon、QMatrix、RightTouch 徽标、REAL ICE、Ripple Blocker、SAM-ICE、Serial Quad I/O、SMART-I.S.、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。

© 2018, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN: 978-1-5224-2584-7

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: 45-4450-2828
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: 49-7131-67-3636

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: 47-7289-7561

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