

10GEPON SY88009L和XGS-PON/NG-PON2 SY88029L OLT突发模式限幅放大器

作者: *Abdenmour Mezerreg*
Microchip Technology Inc.

简介

本文档将介绍如何在10GEPON和XGS-PON应用中使用SY88009L和SY88029L突发模式限幅放大器。

SY88009L是一款用于10GEPON OLT接收器的双速1.25G/10G双输出PECL（1.25G）/CML（10G）突发模式限幅后置放大器，而SY88029L是一款用于XGPON/XGS-PON、NG-PON2和10GEPON OLT接收器的双速（2.5G/10G或1.25G/10G）单CML输出突发模式限幅后置放大器。

SY88009L（或SY88029L）包含一个高灵敏度输入级，后接1.25G/10G（或1.25G/2.5G/10G）自动速率检测器/噪声鉴别器模块，该模块具有用户可编程的宽范围LOS/SD置为有效/无效阈值，可优化系统的适用范围。这两款器件均提供逻辑电平控制引脚，支持用户选择TTL LOS或SD状态指示信号。当输入端没有数据时，LOS/SD输出可以反馈到JAM输入端以保持输出稳定。LOS/SDLVL可设置输入信号检测的阈值。

这两款放大器在AUTORESET模式下将LOS/SD置为有效/无效的时间为75 ns至150 ns，而SY88029L在施加RESET信号后可将该时间缩短至不到5 ns，因此SY88029L在很大程度上可满足XGS-PON和NG-PON2应用的时序要求。

自动速率检测器

噪声鉴别器功能适用于使用高增益突发模式TIA且TIA具有高响应度APD接收器的PON OLT应用。在此类应用中，噪声会在没有输入数据时触发将LOS置为无效或将SD置为有效的错误信号。噪声鉴别器将通过一系列专用电路过滤输入数据，这些电路只会触发有效PON数据信号的前导码上的LOS/SD，其中SY88009L的带宽为1.25 Gbps/10 Gbps，SY88029L的带宽为1.25 Gbps/2.5 Gbps/10 Gbps。对于SY88009L，噪声鉴别器/自动速率检测器将开启相应的输出（PECL输出的带宽为1.25G，CML输出的带宽为10G）并关闭其他输出。

突发模式应用中的RESET与AUTORESET操作

AUTORESET和RESET具有双重功能，可在丢失突发脉冲之后将SD置为无效（LOS置为有效）并初始化噪声鉴别器（Noise Discriminator，ND），以便为新的突发检测做好准备。SY88009L在运行时始终开启AUTORESET模式，而对于SY88029L，用户可选择AUTORESET或手动RESET模式。在AUTORESET模式下，SD将在输入数据突发最后一次转换后的150 ns（所有最差组合条件下的最差情况）内自动置为无效（LOS置为有效）。如果禁止AUTORESET功能（仅限SY88029L），则必须通过在RESET引脚上施加RESET脉冲手动将SD置为无效（LOS置为有效）。

交流或直流耦合以及突发模式接收器面临的挑战

接收器应能够支持具有一长串连续相同数字（Consecutive Identical Digit，CID）的数据信号，并且能够实现从强突发到弱突发的功率转换（反之亦然）以避免丢失数据包。如果从TIA到限幅放大器的接收器链路是直流耦合并且不包含任何耦合电容，则这两种情况不会成为问题。遗憾的是，将限幅放大器直流耦合到TIA需要TIA的输出与LA的输入具有兼容的共模电压，而目前市场上不太可能找到满足该条件的TIA-LA。因此，为了在部件选择方面有更多的可能性，模块设计人员更倾向于在TIA和LA之间使用交流耦合。

将TIA交流耦合到LA会伴随着一系列问题，设计人员应使用适当的架构和元件值来加以解决。使用交流耦合时所面临的两个问题是存在一长串连续相同数字（CID）以及在强突发到弱突发（反之亦然）的大功率转换期间的接收器阈值稳定时间。

CID

CID被定义为连续相同数字，可能因协议而异，可以是连续的“1”或连续的“0”。模块设计人员负责确保模块能够根据具体应用正确处理相应数量的CID。图1所示为使用大小耦合电容时长串CID的影响。

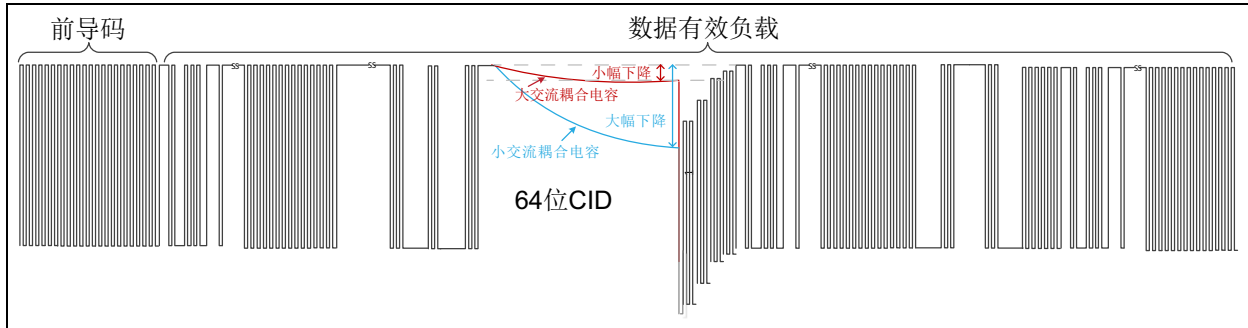


图1: CID的影响

小耦合电容将产生较高的低频截止频率（电容与端接电阻构成高通滤波器），可能导致低频数据处出现错误，尤其是因电压下降而出现长串CID时（见图1）。另外，这种情况会使数据眼图中心与低频数据分量一起漂移。因此，电容值应足够大，以便将低频截止频率设置在最低频率分量（由CID产生）以下，并最大限度地减少随低频分量一起出现的直流电压漂移。

突发模式应用中的接收器阈值稳定时间

图2所示为从强突发到弱突发转换期间大小耦合电容对接收器稳定时间的影响。当接收器输入端的数据从强突发转换到弱突发时，数据信号的直流分量随着时间呈指数衰减。如果为耦合电容选择较大的值，则数据的直流电压无法在前导码时间内稳定到允许偏差范围内的新突发基线，因此会导致数据检测出错。换句话说，由耦合电容产生的时间常数应该足够小，以使接收器阈值稳定过程对强弱突发转换透明。

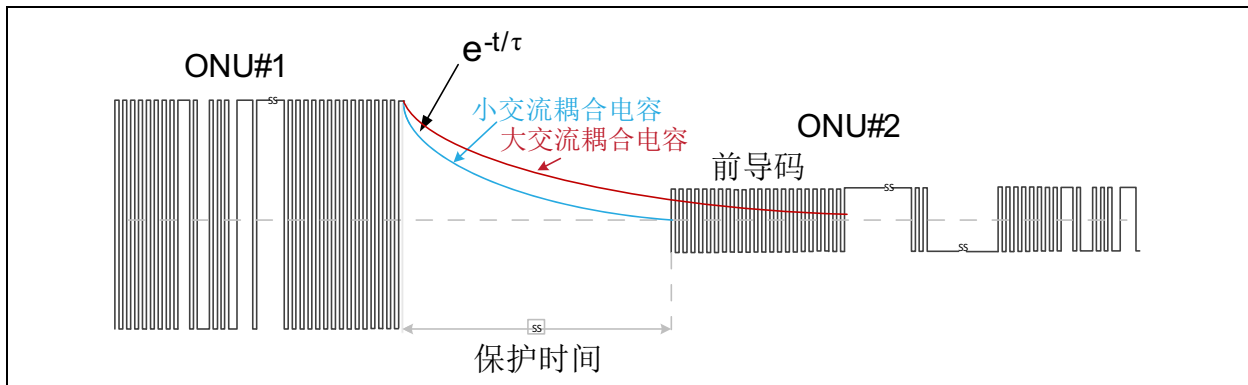


图2: 耦合电容对接收器稳定时间的影响

10GEPON OLT接收器

SY88009L

对于10GEPON OLT接收器，突发之间的保护时间大于400 ns，单个耦合电容/输入端接电阻组合同时适用于1.25G和10G突发。SY88009L具有50Ω内部端接电阻和1 nF至10 nF耦合电容，足以确保顺利完成1.25G和10G数据突发。如上所述，采用AUTORESET的SY88009L LOS/SD响应时间在75 ns至150 ns范围内，在很大程度上满足了10GEPON应用的时序要求。图3所示为SY88009L的可能配置。

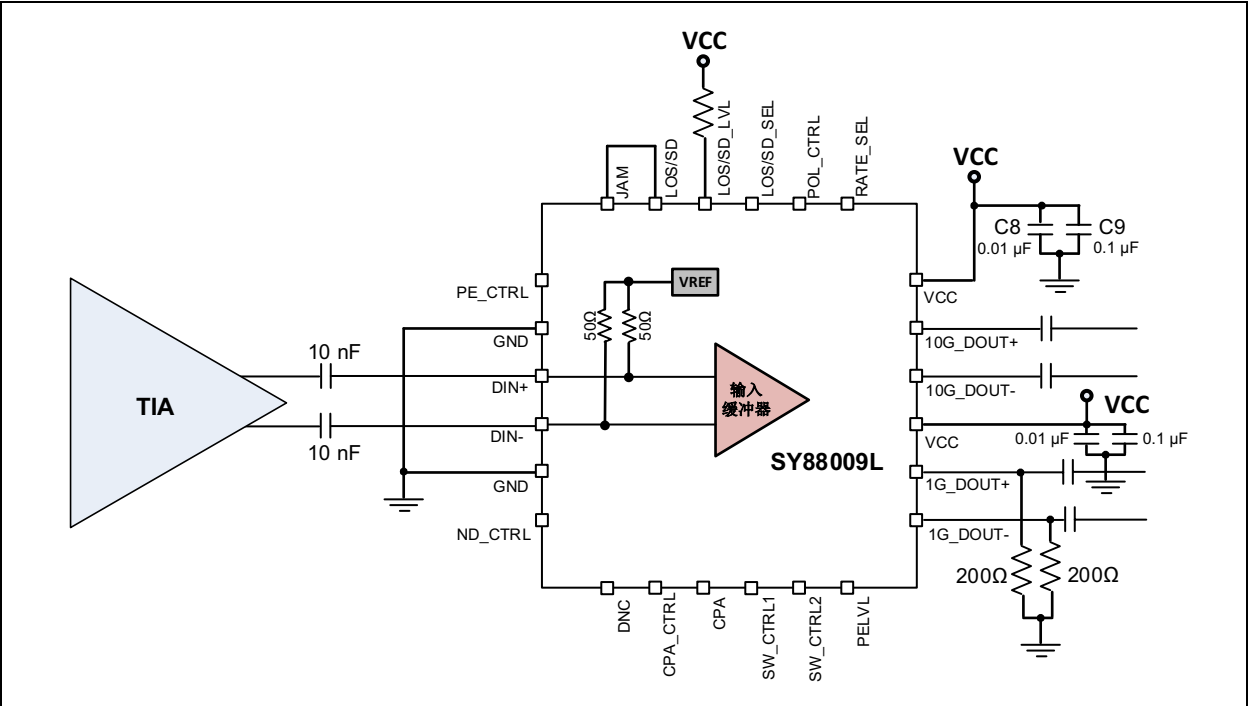


图3： 采用SY88009L的10GEPON单芯片OLT LA解决方案

SY88029L

SY88029L 可编程为在 10GEPON OLT 接收器中通过单个 CML 输出处理 10G 和 1.25G 数据突发。可通过以下方式选择该工作模式：将引脚 19（1G_SEL）设置为高电平来选择 1.25G 工作模式（而不是 2.5G 工作模式），并在 DIN 和 VREF 之间安装 50Ω 电阻，如图 4 所示。

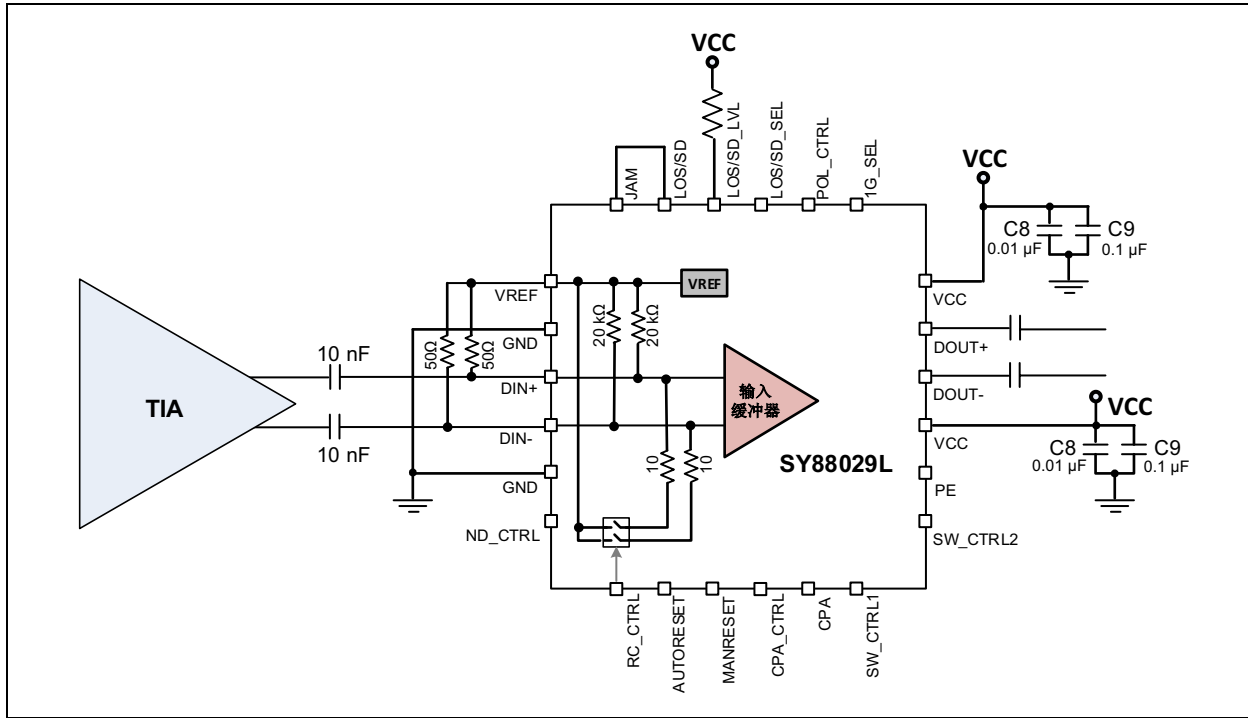


图4：采用SY88029L的10GEPON单芯片OLT LA解决方案

XGS-PON/NG-PON2 OLT接收器

对于XGS-PON和NG-PON2应用，突发之间的保护时间的目标规范值为25.6 ns至51.2 ns，并且使用一个耦合电容/输入端接电阻组合无法维持足够长的接收器稳定时间以避免数据包丢失，也无法获得足够大的RC时间常数以防止因长串CID期间信号减弱而导致数据错误。

CID和接收器阈值稳定时间解决方案

为了改善要求小时间常数的接收器阈值稳定时间和要求大时间常数的CID问题，可以将电路设计成具有两个低频截止频率：一个足够低以用于CID，另一个足够高以改善两次突发之间的接收器稳定时间。图5和图6中所示的SY88029L在其输入端集成了一个开关，允许用户在大、小RC时间常数之间切换。

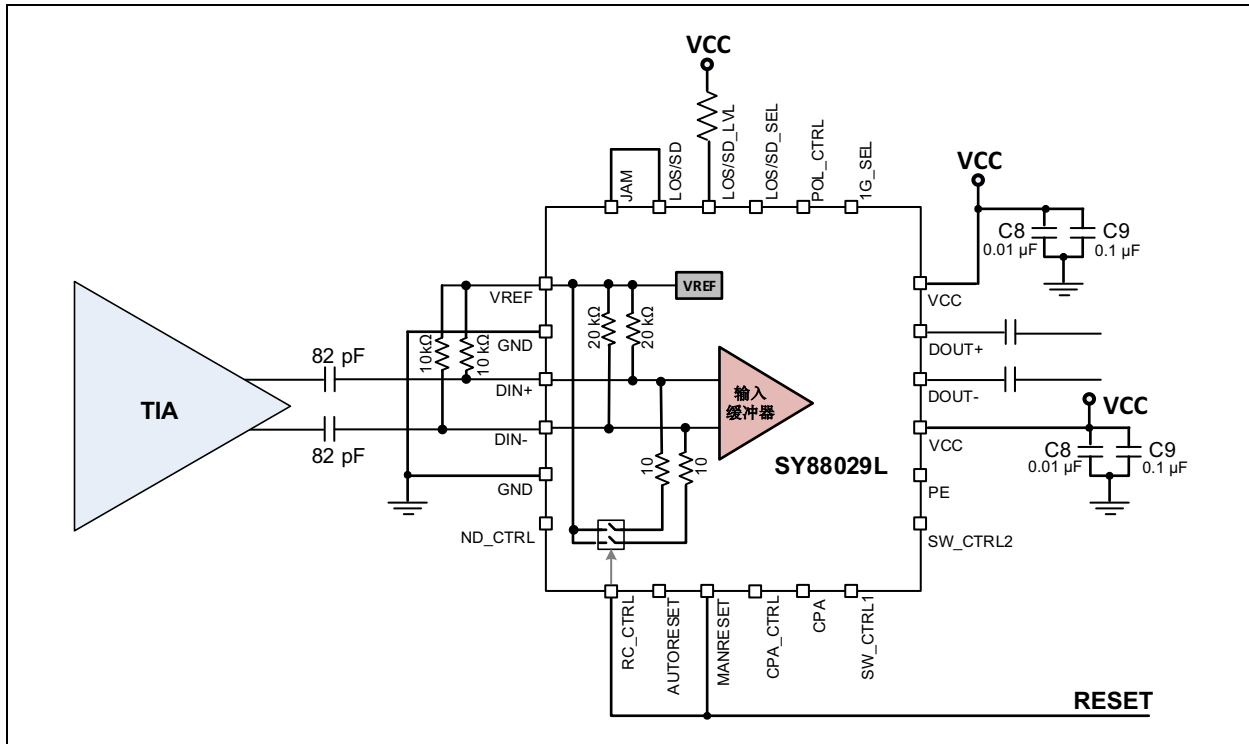


图5: 基于两个时间常数的解决方案 (对RC_CTRL施加RESET信号)

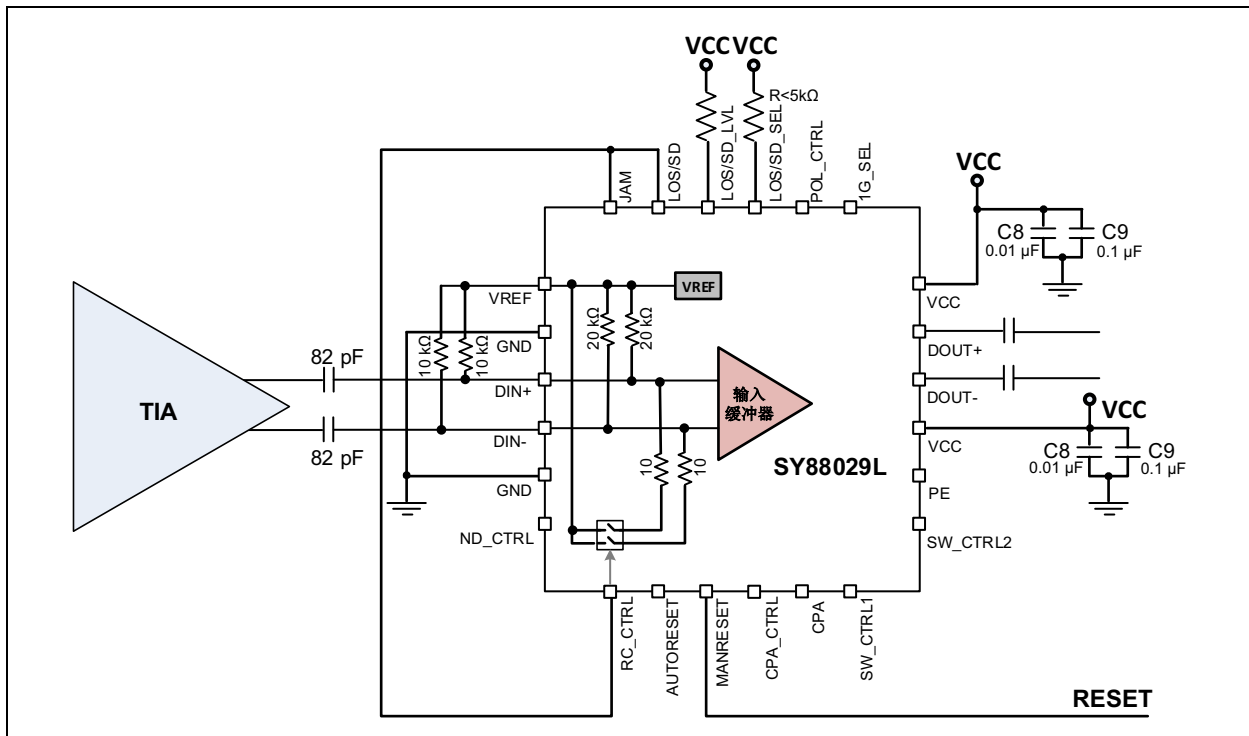


图6: 基于两个时间常数的解决方案 (对RC_CTRL施加LOS信号)

请注意, 对于图6中使用的配置, 必须选择LOS (LOS /SD_SEL引脚为高电平)。

TIA的输出端通过一个小电容（82 pF）与LA的输入端耦合。限幅放大器的输入端接电阻在连续突发和第二次突发的前导码之间的保护时间内切换到低阻值（10Ω），之后切换到高阻值（内部20 kΩ电阻，与外部DIN±和VREF之间安装的任何电阻并联，如图5和图6所示）。当阻值较低时可快速采集阈值，当阻值较高时可允许阈值在CID期间小幅下降。

可通过RC_CTRL引脚在两个端接电阻之间进行选择，从而决定采用哪一种低频截止频率。当在RC_CTRL引脚上施加高电平信号时，开关将闭合，并且端接电阻变为10Ω（表示开关闭合串联电阻）。当施加低电平信号时，开关将断开，端接电阻变为20 kΩ内部电阻，并与部件外的DIN和VREF之间安装电阻并联。

RESET信号应该在保护时间内开始，并在保护时间内或在第二个突发前导码的几位之后结束，如图8和图11所示。这样可以快速采集ONU#2阈值（在施加RESET信号时选择较小的时间常数），并可在RESET为低电平（选择较大的RC时间常数）时最大限度减小CID期间的阈值下降。如果RESET在保护时间内结束，接收器需要花费较长时间才能稳定到新突发的基线，因为第二次突发开始时选择较大的RC时间常数。如果RESET在第二次突发前导码期间结束，则在RESET和前导码之间的重叠时间内无信号检测。

控制RC_CTRL的最佳解决方案是使用LOS信号，如图6所示。在第一次突发结束后立即施加RESET信号，并在保护时间内结束，这样就能从下一次突发的第一位开始检测。在保护时间内，LOS为高电平，用于选择较小的RC时间常数（选择10Ω端接电阻）。这样可以使接收器快速稳定到新的突发基线。当检测到信号时，LOS将切换到低电平并选择较大的RC时间常数，以优化接收器的长CID串。

测试模式和灵敏度

如果LOS/SD引脚没有连接到JAM引脚（意味着不使用静噪功能）并且噪声鉴别器被禁止，则可以使用任何模式来测试灵敏度，因为测试信号在没有任何控制的情况下流经RF路径。灵敏度仅由放大器的能力决定。如果使用静噪功能（LOS/SD连接到JAM），则测试结果取决于测试模式、噪声鉴别器和LOS/SDLVL。

禁止ND，使用静噪功能

如果禁止噪声鉴别器（ND），则可以通过任何模式完成灵敏度测试，因为在这种情况下，测试信号流经RF路径，不会通过ND进行任何信号验证测试。灵敏度由放大器的能力决定，检测阈值通过施加在LOS/SDLVL引脚上的直流电压或安装在LOS/SDLVL引脚与VCC之间的电阻进行设置（具体以使用的引脚为准）。对于SY88009L，可使用RATE_SEL在1.25 Gbps和10 Gbps数据速率之间进行选择。

使能ND，已使用或未使用静噪功能

如果使能噪声鉴别器，则测试模式应使用“1010...”（前导码）作为起始序列，以允许ND块在开始时检测/验证数据，避免额外的延时。灵敏度仍由LOS/SD LVL设置。如果在没有前导码的情况下使用PRBS模式，ND将花费一段时间来检测/验证数据，该时间长度不定，具体取决于在PRBS数据信号中检测到“1010...”序列的位置。在这种情况下，ND将需要一段长延时来检测数据以及释放LOS/SD信号，以将其置为有效/无效，而灵敏度测试会受到这段延时的影响。

RESET信号对SD/LOS时序的影响（仅限SY88029L）

禁止噪声鉴别器（ND）

如果禁止噪声鉴别器（ND）并在两个ONU数据之间的保护时间内施加RESET信号，然后在ONU#2的前导码之前结束（如图7所示），则不会对LOS/SD置为有效或置为无效的时间产生影响。但是，阈值采集速度不会很快，因为直流电压在前导码期间将首先稳定到VREF，然后再稳定到ONU#2数据阈值。

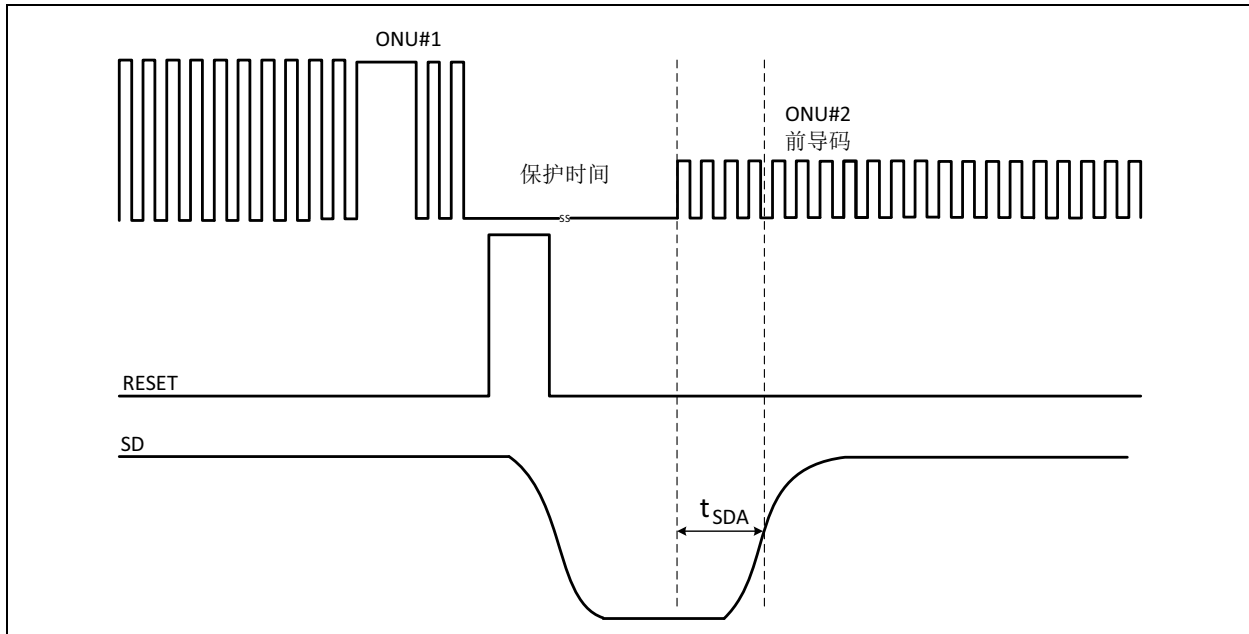


图7: RESET在前导码前结束（禁止ND）

为了改善两个突发之间的阈值采集和接收器稳定时间，可在保护时间内施加RESET信号，并在ONU#2的前导码期间结束，如图8所示。如果在前导码的几个位期间保持RESET，则可使用较短的时间常数快速采集ONU#2数据阈值。

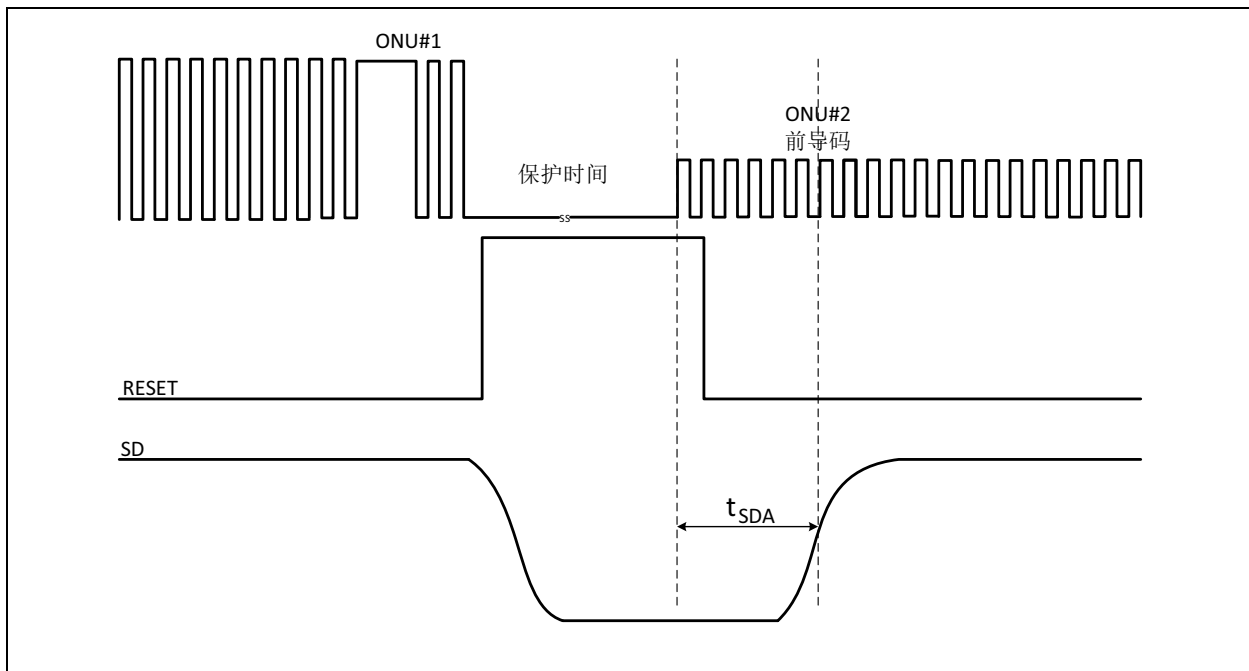


图8: RESET在前导码期间结束（禁止ND）

这种改善的代价是SD置为有效（LOS置为无效）的操作出现延时，因为在与RESET信号重叠的前导码位期间不会检测数据。为了尽量减少延时，RESET和前导码之间的重叠应保持在最低水平，以消除或最大程度地减小数据直流分量的下降。

如果在第一个突发结束后施加RESET信号，然后在前导码或数据期间施加另一个RESET信号（如图9所示），SD（或LOS）在稳定之前会产生毛刺。SD在前导码的前几个位期间置为有效（高电平），然后在RESET之后置为无效（低电平），以便在前导码期间或RESET结束后的数据位期间再次置为有效（高电平）。

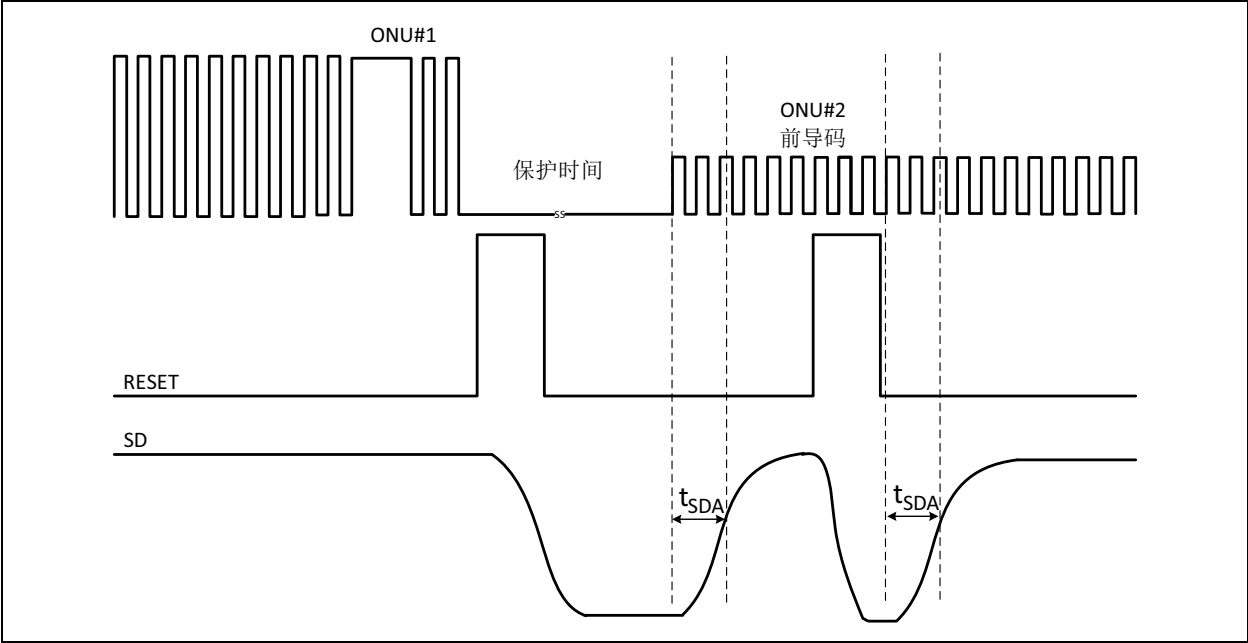


图9： 在前导码或数据期间施加RESET信号（禁止ND）

使能噪声鉴别器

如果使能噪声鉴别器并在保护时间内施加RESET信号，然后在ONU#2的前导码之前结束（如图10所示），将噪声鉴别器数据检测的时间和数据检测与SD置为有效（高电平）之间的延时相加即为SD置为有效的时间。

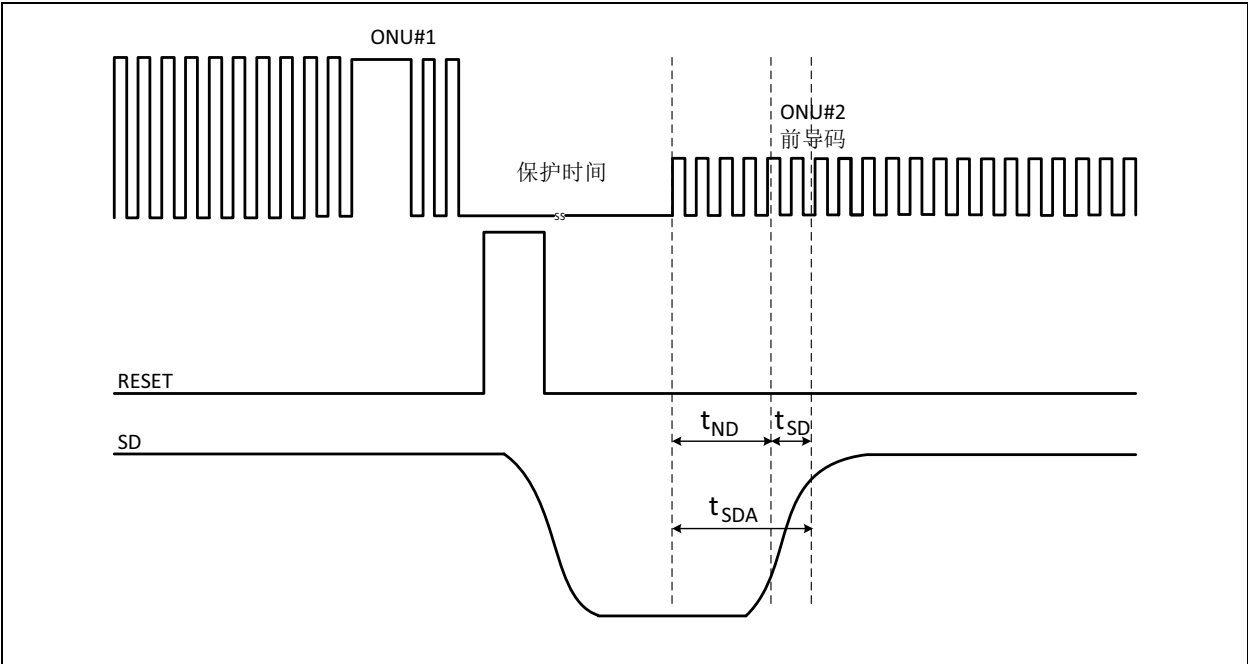


图10： RESET在前导码之前结束（使能ND）

如果使能噪声鉴别器并在保护时间内施加RESET信号，然后在ONU#2的前导码期间结束（图11），将前导码起始位到RESET结束之后的第一个“1”位的延时、噪声鉴别器的数据检测时间以及数据检测与SD置为有效之间的延时相加即为SD置为有效的时间。

请注意，如果在保护时间内施加RESET信号并延伸到前导码，SD置为有效的延时将随RESET信号的结束位置而变化。换句话说，SD置为有效的时间不会重复。因此，如果需要最短且稳定的SD置为有效时间，建议不要采用这种施加RESET信号的方法。

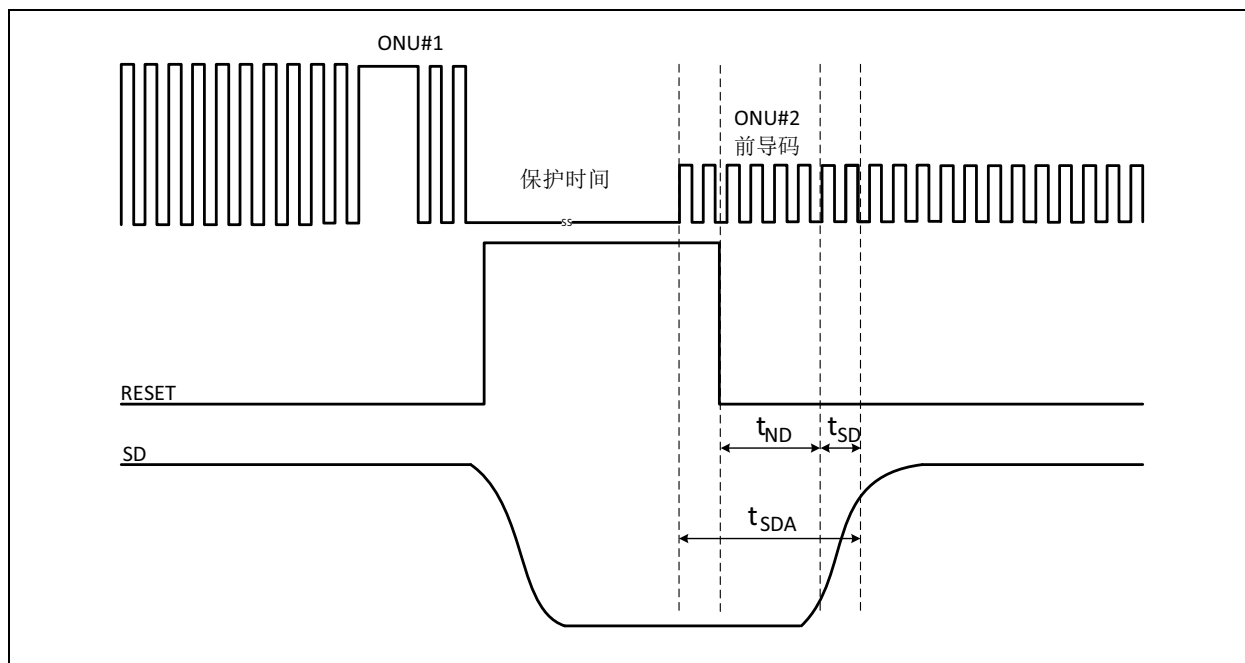


图11: RESET在前导码期间结束（使能ND）

如果在第一个突发结束后施加RESET信号并在前导码或数据期间施加另一个RESET信号（如图12所示），同时使能ND，则SD（或LOS）在稳定之前会产生毛刺。SD在前导码的前几个位期间置为有效（高电平），然后通过RESET置为无效（低电平），以便在前导码期间再次置为有效（高电平）。如果RESET在数据期间结束，只有当ND在RESET结束后在数据位中检测到“1010...”序列时，SD才会置为有效（高电平）。

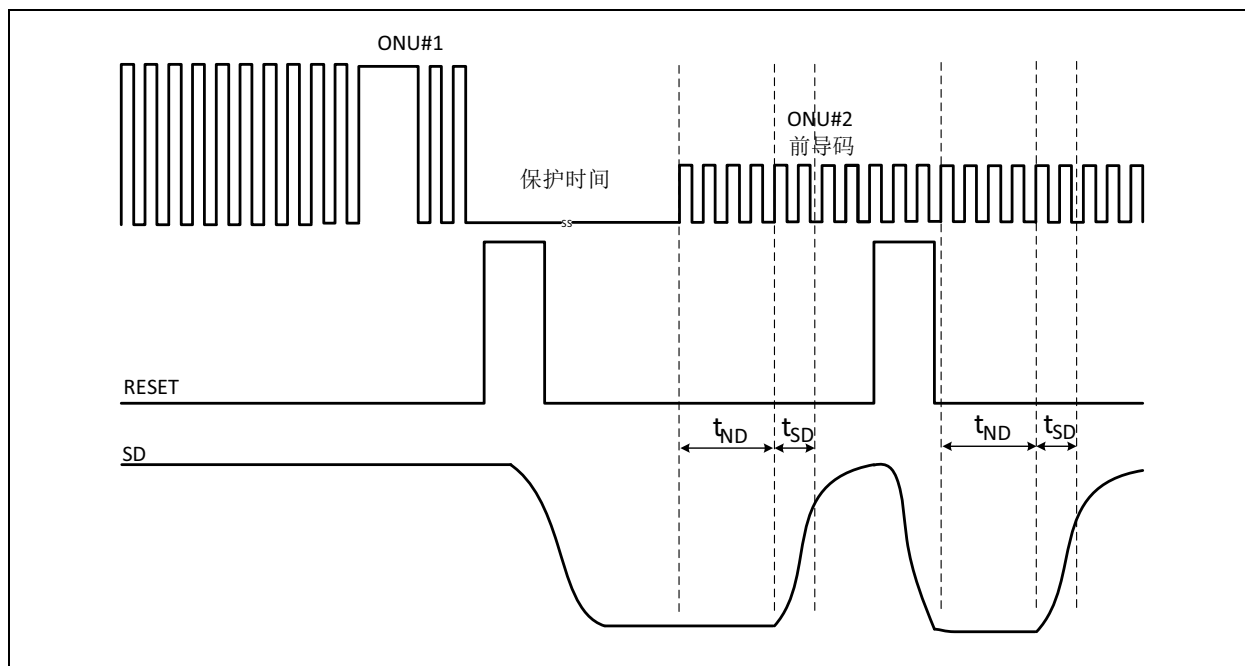


图12: 在前导码或数据期间施加RESET信号（使能ND）

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，不得暗中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、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: 978-1-5224-2794-0

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

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 - Gothenburg
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