

符合PCIe 4.0标准的Microchip时钟器件

作者: *Maurizio Gavardoni*
Microchip Technology Inc.

简介

PCI Express (PCIe) 是一种点对点串行通信标准，主要用于消费、计算、服务器和存储应用。从消费级笔记本电脑和台式机到企业级数据服务器，在几乎所有现代的计算机中，PCIe总线均作为主要的主板级互联总线将主机系统处理器与集成外设和附加外设（扩展卡）连接在一起。目前，PCIe已经历四代，每代支持不同的数据速率。最新一代是PCIe 4.0，最高支持16 Gbps数据速率。

本应用笔记介绍第四代即最新一代PCIe对参考时钟的要求，并提供一些符合PCIe 4.0标准的即用型Microchip时钟解决方案。

PCI EXPRESS系统概述

下面的图1为通用PCIe系统的框图，其中假定使用一种同时给PCIe发送器件和PCIe接收器件馈送时钟的通用时钟架构。每个器件自身均带有PLL，具有二阶低通滤波器特性。

接收器还使用一个时钟数据恢复（Clock Data Recovery, CDR）电路，具有高通滤波器特性（一阶）。

PCIe参考时钟的抖动规范基于接收器锁存器提供。此参考时钟的传递函数被定义为发送器与接收器PLL之间的差分函数乘以接收器CDR高通特性。另外，由于从参考时钟到接收器锁存器有两条路径：一条路径通过TX PLL，另一条路径通过RX PLL和CDR，传递函数也受这两条路径的传输延迟影响。传输延迟分别应用于TX PLL和RX PLL传递函数，并已考虑到这两种场景中最糟糕的抖动情况。

公式1:

$$H(s) = (H_1(s) \times e^{-sT} - H_2(s)) \times H_3(s) = (H_2(s) \times e^{-sT} - H_1(s)) \times H_3(s)$$



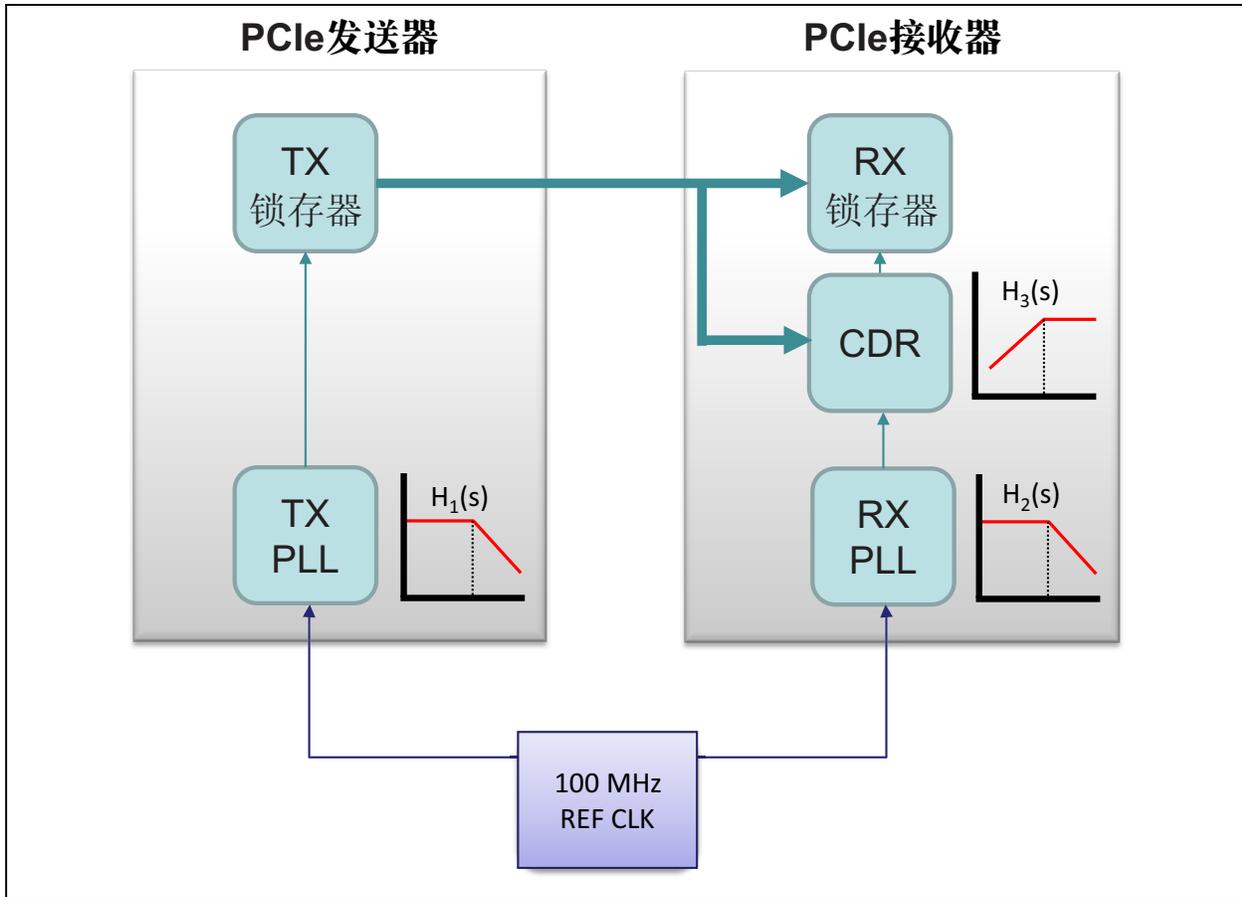


图1: PCI系统框图。

PCI EXPRESS相位噪声带宽和抖动要求

PCIe规范以前曾规定了多种滤波器类型。PCIe 4.0提供16种滤波器组合，如表1所示。这些组合产生的相位噪声带宽大约为2 MHz – 5 MHz至10 MHz（请参阅图2）。因此，PCIe相位噪声带宽比12 kHz至20 MHz的传统基准带宽要窄很多。

PCIe 4.0的抖动要求（基于接收器锁存器提供）为 ≤ 500 fs_{RMS}。有关各代PCIe的抖动要求，请参见下面的表2。

表1: PCIe 4.0滤波器一览表

编号	数据速率	PLL1带宽	PLL1峰值	PLL2带宽	PLL2峰值	CDR带宽	CDR峰值
1	16 Gbps	2 MHz	0.01 dB	2 MHz	0.01 dB	10 MHz	0 dB
2	16 Gbps	2 MHz	0.01 dB	2 MHz	1 dB	10 MHz	0 dB
3	16 Gbps	2 MHz	2 dB	2 MHz	0.01 dB	10 MHz	0 dB
4	16 Gbps	2 MHz	2 dB	2 MHz	1 dB	10 MHz	0 dB
5	16 Gbps	2 MHz	0.01 dB	5 MHz	0.01 dB	10 MHz	0 dB
6	16 Gbps	2 MHz	0.01 dB	5 MHz	1 dB	10 MHz	0 dB
7	16 Gbps	2 MHz	2 dB	5 MHz	0.01 dB	10 MHz	0 dB
8	16 Gbps	2 MHz	2 dB	5 MHz	1 dB	10 MHz	0 dB
9	16 Gbps	4 MHz	0.01 dB	2 MHz	0.01 dB	10 MHz	0 dB
10	16 Gbps	4 MHz	0.01 dB	2 MHz	1 dB	10 MHz	0 dB
11	16 Gbps	4 MHz	2 dB	2 MHz	0.01 dB	10 MHz	0 dB
12	16 Gbps	4 MHz	2 dB	2 MHz	1 dB	10 MHz	0 dB
13	16 Gbps	4 MHz	0.01 dB	5 MHz	0.01 dB	10 MHz	0 dB

表1: PCIE 4.0滤波器一览表 (续)

编号	数据速率	PLL1带宽	PLL1峰值	PLL2带宽	PLL2峰值	CDR带宽	CDR峰值
14	16 Gbps	4 MHz	0.01 dB	5 MHz	1 dB	10 MHz	0 dB
15	16 Gbps	4 MHz	2 dB	5 MHz	0.01 dB	10 MHz	0 dB
16	16 Gbps	4 MHz	2 dB	5 MHz	1 dB	10 MHz	0 dB

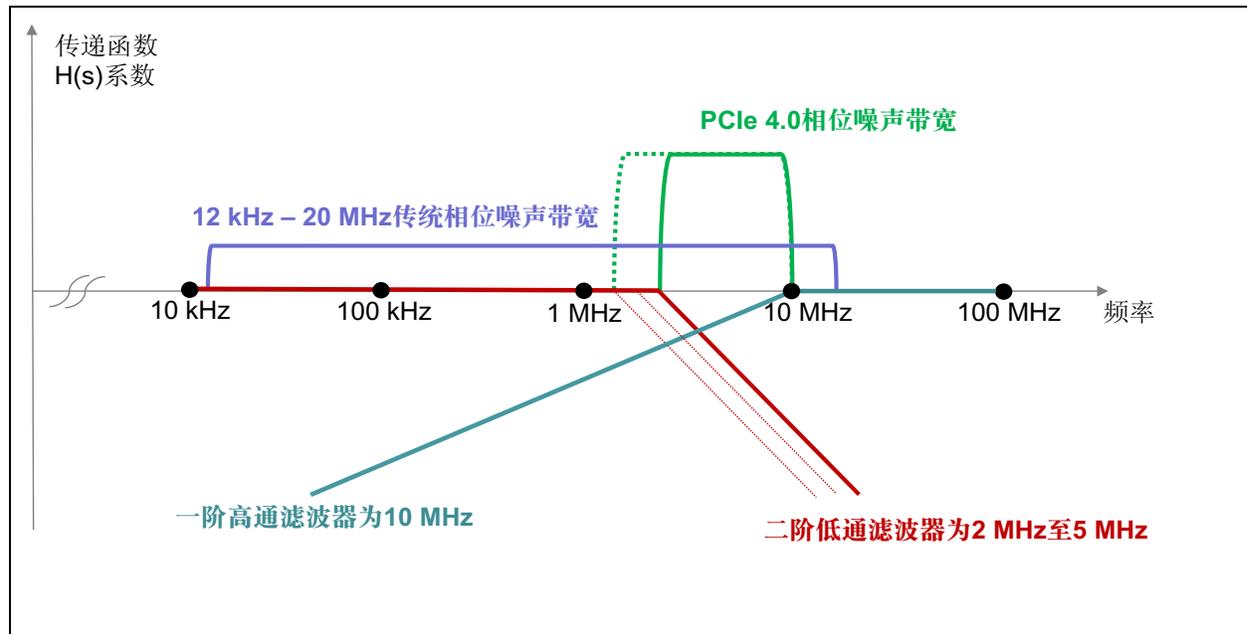


图2: PCI系统时钟带宽。

表2: 各代PCIE数据速率和抖动要求

PCIE代系	数据速率	接收器锁存器的通用时钟抖动限制
1.0	2.5 Gbps	108 ps峰-峰值
2.0	5 Gbps	3.1 ps _{RMS}
3.0	8 Gbps	1 ps _{RMS}
4.0	16 Gbps	500 fs _{RMS}

AN2484

符合PCI EXPRESS 4.0标准的MICROCHIP时钟器件

一些Microchip时钟发生器和缓冲器已经过PCIe 4.0合规性测试，受测器件全部符合最新一代PCIe 4.0标准。由于第四代的抖动要求最严格，因此同一系列器件也符合以前各代PCIe的标准。

表3: 符合PCI EXPRESS 4.0标准的MICROCHIP部件

部件编号	器件系列	器件系列URL	PCIe 4.0 符合性
DSC557、DSC400和DSC1104	MEMS 技术	http://www.microchip.com/wwwproducts/en/DSC557-03	通过
SM802xxx	具有外部晶振/参考的高性能时钟发生器	http://www.microchip.com/wwwproducts/en/SM802XXX	通过
MX85xxxx	具有集成晶振的高性能时钟发生器	http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/mx85xxxx.pdf	通过
PL602-21	具有晶振输入的时钟发生器 (10 kHz偏移时为-130 dBc)	http://www.microchip.com/wwwproducts/en/PL602-21	通过
SY75576L/8L	HCSL多路输出缓冲器	http://www.microchip.com/wwwproducts/en/SY75576L	通过

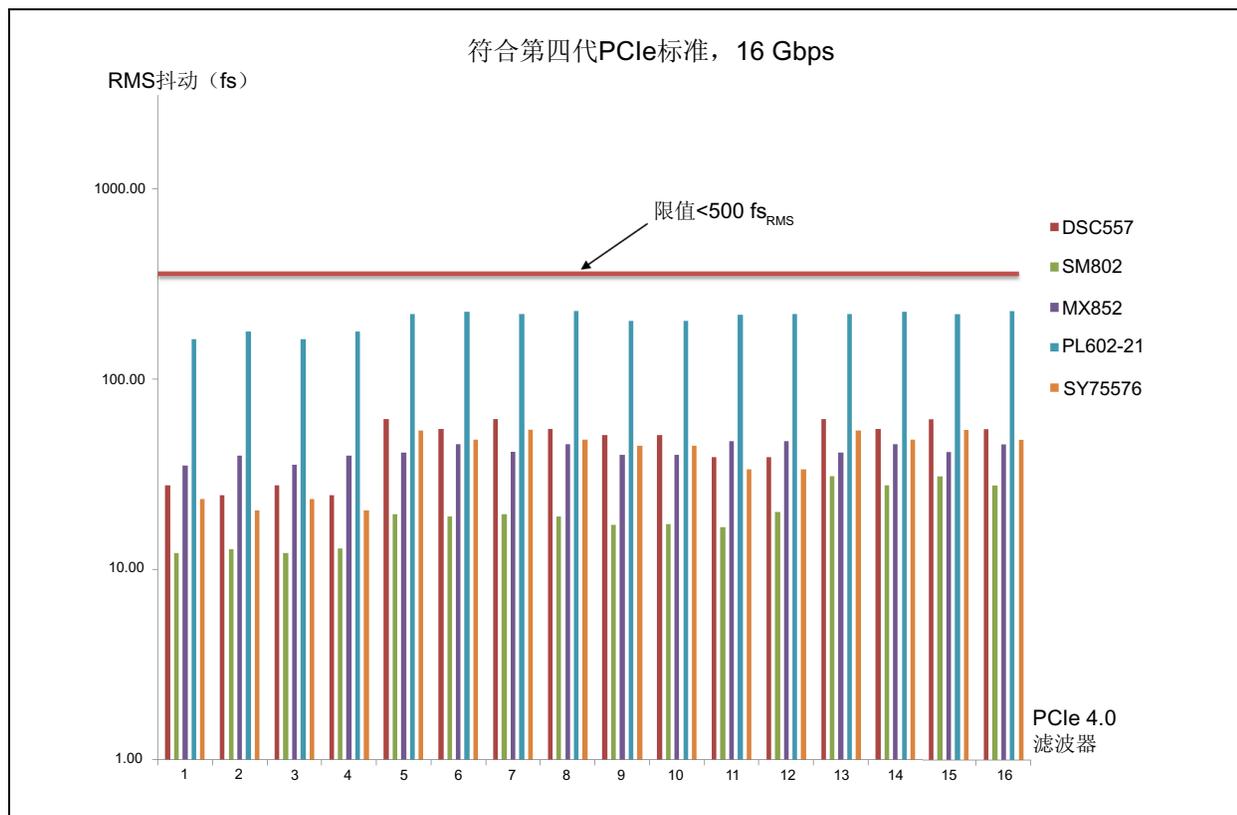


图3: Microchip时钟器件针对PCIe 4.0的要求在16种滤波器下呈现的性能

表4: PCIe 4.0滤波器 and MICROCHIP时钟器件测试结果一览表

编号	DSC557	测试结果	SM802xxx	测试结果	MX85xxxx	测试结果	PL602-21	测试结果	SY75576L	测试结果
1	27.53	通过	12.18	通过	35.20	通过	161.54	通过	23.46	通过
2	24.44	通过	12.81	通过	39.56	通过	177.09	通过	20.36	通过
3	27.61	通过	12.22	通过	35.31	通过	162.05	通过	23.53	通过
4	24.46	通过	12.82	通过	39.59	通过	177.25	通过	20.38	通过
5	61.63	通过	19.52	通过	41.26	通过	218.61	通过	53.91	通过
6	54.75	通过	19.02	通过	45.41	通过	226.67	通过	47.91	通过
7	61.68	通过	19.54	通过	41.30	通过	218.81	通过	53.96	通过
8	54.8	通过	19.04	通过	45.45	通过	226.88	通过	47.95	通过
9	50.86	通过	17.18	通过	39.81	通过	201.39	通过	44.44	通过
10	50.98	通过	17.22	通过	39.90	通过	201.85	通过	44.55	通过
11	38.73	通过	16.64	通过	47.06	通过	218.14	通过	33.46	通过
12	38.82	通过	20.01	通过	47.17	通过	218.64	通过	33.54	通过
13	61.63	通过	30.77	通过	41.26	通过	218.61	通过	53.91	通过
14	54.75	通过	27.59	通过	45.41	通过	226.67	通过	47.91	通过
15	61.68	通过	30.79	通过	41.30	通过	218.81	通过	53.96	通过
16	54.8	通过	27.62	通过	45.45	通过	226.88	通过	47.95	通过

注1: PCIe 4.0的抖动要求为低于500 fs_{RMS}。表格中的所有值的单位均为fs_{RMS}。

总结

Microchip 推出的几款时钟发生器、振荡器和缓冲器系列均符合最新一代PCIe的标准。最新一代PCIe 4.0最高支持16 Gbps数据速率，在计算机中被作为主要的主板级互联总线，面向消费者、服务器和存储市场。

AN2484

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、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、PICKtail、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: 978-1-5224-2662-2



全球销售及服务中心

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