TB3318

SAM L10/L11 系列器件在待机模式下的外设功耗

简介

本文档介绍了 SAM L10/L11 系列单片机在待机休眠模式下其各种外设的使用。当器件处于待机休眠模式时，内部稳压器（为 SAM L10 器件上的 VDDCORE 供电）可在低功耗模式下运行。由于低功耗模式下的稳压器电流驱动能力低于正常工作模式，因此必须配置外设以避免稳压器过载。

对于某些应用，器件功耗必须足够低，同时要保持一些外设运行。在此类情况下，可以使用待机休眠模式。

本文档将帮助估计稳压器在低功耗模式下工作时，VDDCORE 电源域中的外设所消耗的电流。本文档中给出的测量是在 SAM L10 器件上进行的。对于 SAM L11 器件上的外设，内部稳压器所消耗的电流将与本文档中提供的数值类似。

© 2022 Microchip Technology Inc.
及其子公司

目录

简介 1

1. SAM L10 电源域和低功耗模型 3

2. 休眠模式 4
   - 2.1. 空闲模式 4
   - 2.2. 待机模式 4
   - 2.3. 关闭模式 4

3. 稳压器自动低功耗模式 5

4. 内核功耗结果 6
   - 4.1. 用于测量的时钟条件 6
   - 4.2. 25°C 下的测量结果 6

5. 待机模式使用示例 7

6. 结论 8

7. 常见问题 9

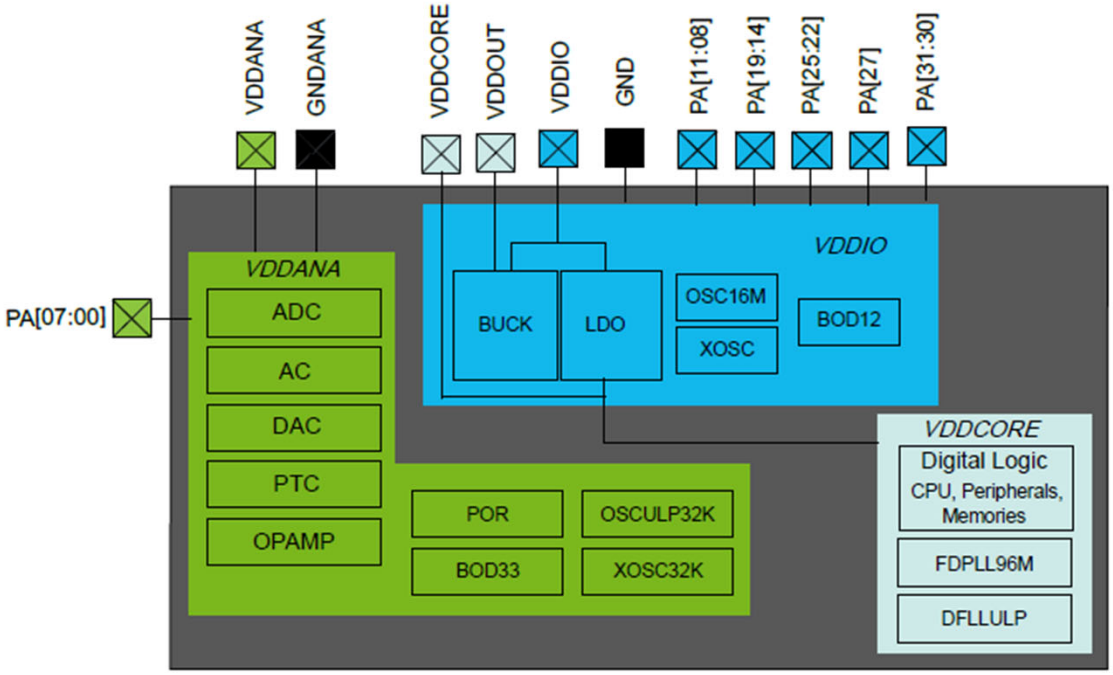
8. 参考资料 10

Microchip 信息 11
- Microchip 网站 11
- 产品变更通知服务 11
- 客户支持 11
- Microchip 器件代码保护功能 11
- 法律声明 11
- 商标 12
- 质量管理体系 12
- 全球销售及服务网点 13

© 2022 Microchip Technology Inc. 及其子公司

1. SAM L10 电源域和低功耗模型

图 1-1. 电源域概览



SAM L10 有三个电源引脚：VDDIO、VDDOUT 和 VDDANA。这些引脚必须连接并馈入标称电压范围：3.3V、1.62V 至 3.63V。这一公共电压称为 VDD。即使器件由单一电源供电，器件内部也会运行两个电压域。内核、存储器、外设到内核接口、DFLLULP 和 FDPLL96M 在 0.9V 至 1.2V 范围内工作。I/O 的工作电压与 VDD 电源相同（标称电压范围：3.3V、1.62V 至 3.63V）。SAM L10 器件上的内部稳压器为内核提供 1.2V 电源。

SAM L10 器件支持不同的休眠模式，例如空闲、待机和关闭，可针对低功耗应用进行优化。有关更多信息，请参见《SAM L10 数据手册》中的“电源注意事项”一章。

2. 休眠模式

SAM L1X 产品系列提供三种主要的休眠模式：空闲、待机和关闭。

表 2-1. 休眠模式进入和退出

模式	模式进入	唤醒源	Harmony PLIB API (4)
空闲	SLEEPCFG.SLEEPMODE = IDLE_n	同步(2)（APB 和 AHB），异步(1)	PM_IdleModeEnter()
待机	SLEEPCFG.SLEEPMODE = STANDBY	同步(3)，异步	PM_StandbyModeEnter()
关闭	SLEEPCFG.SLEEPMODE = OFF	外部复位	PM_OffModeEnter()

注：

1. 异步：在通用时钟、外部时钟或外部事件上产生中断。
2. 同步：在 APB 时钟上产生中断。
3. 同步中断只适用于配置为在待机模式下运行的外设。
4. 用户可以在应用程序中调用这些 MPLAB® Harmony PLIB API，以使器件进入相应的休眠模式。

2.1 空闲模式

CPU 停止，外设仍在运行。同步时钟停止，请求时除外。该模式支持功耗优化和快速唤醒时间。

2.2 待机模式

除了模块的 RUNSTDBY（在待机模式下运行）位置 1 或 ONDEMAND 位置 0 的时钟源以外，所有时钟源都将停止。默认情况下，当使用待机休眠模式时，稳压器会在低功耗模式下运行，对于需要更高能耗的 SleepWalking 任务，则会自动切换为正常模式。在该模式下，器件功耗最低，唤醒时间开销较少。

注：：在待机休眠模式下，FDPLL96M 不支持 ONDEMAND，因为 FDPLL96M 按需模式（DPLLCTRLA.ONDEMAND = 1）在待机模式下不起作用。请参见 SAML10 勘误表中的第 2.19.4 节。

2.3 关闭模式

器件完全掉电。在该模式下，可以实现最低功耗。由于器件必须复位才能从该模式恢复，因此唤醒时间较长。

3. 稳压器自动低功耗模式

嵌入式稳压器用于为器件提供 VDDCORE。

SAM L10/L11 稳压器具有以下模式：

- 线性（LDO）模式：复位之后的默认模式。
- 开关（BUCK）模式：CPU 和外设运行时的最节能模式（工作模式）。
  注：在工作模式下，可以使用电源控制器（SUPC）在 LDO（低压差）型稳压器和降压转换器之间动态选择稳压器。
- 低功耗模式（LPVREG）：器件处于待机休眠模式时使用的默认模式。

电源管理器（Power Manger，PM）在待机模式下选择主稳压器或低功耗稳压器为 VDDCORE 供电。如果可切换的电源域处于保持状态，则使用低功耗稳压器。

如果 SleepWalking 任务在异步时钟（通用时钟）或同步时钟（APB/AHB 时钟）上运行，则使用主稳压器。该行为可以通过写入待机配置寄存器中的稳压器待机模式位（STDBYCFG.VREGSMOD）进行更改。用户可以使用 MPLAB 代码配置器 GUI 中的 PM 外设模块配置来配置这些功能。

表 3-1.

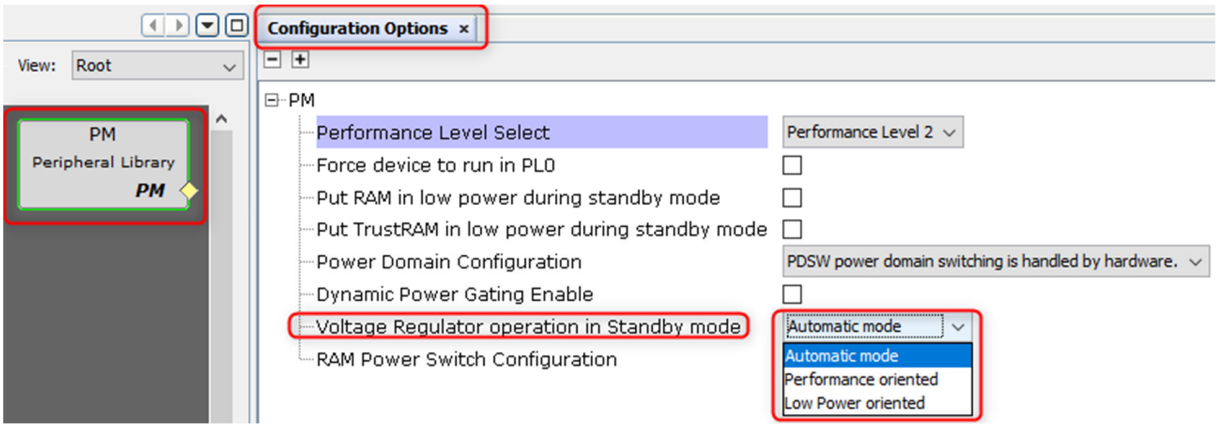
休眠模式	STDBYCFG.VREGSMOD	SleepWalking (1)	VDDCORE 的稳压器状态
工作	-	-	主稳压器
空闲	-	-	主稳压器
待机（工作）	0x0：自动	否	低功耗稳压器
		是	主稳压器
	0x1：性能		主稳压器
	0x2：LP (2)	- (2)	低功耗稳压器
待机（保持）	-	-	低功耗稳压器

注：

1. SleepWalking 在 GCLK 时钟或同步时钟上运行。这与 XOSC32K 或 OSCULP32K 时钟无关。
2. 只能用于 SleepWalking 在具有 32 kHz 源的 GCLK 上运行的情况。

下节将介绍待机模式下各种外设的功耗详细信息以及测量条件。

图 3-1. MPLAB 代码配置器 GUI 中的 SAM L10 器件电源管理器外设模块配置



4. 内核功耗结果

本节测量了 SAM L10 器件处于待机休眠模式时一些外设的功耗。

4.1 用于测量的时钟条件

外设使用的通用时钟如下：

- RTC：1 kHz，由 ULP1K 提供
- WDT：1 kHz，由 ULP1K 提供
- ADC：1 MHz，由 OSC16M 提供
- AC：1 MHz，由 OSC16M 提供
- TC：1 kHz，由 XOSC32K 提供
- EIC：32 kHz，由 XOSC32K 提供

4.2 25°C 下的测量结果

表 4-1. 25°C 下的测量结果

外设	电流消耗[nA]
无(4)	671(1)
RTC	685.9
TC	2025
ADC	696.7
WDT	1730
AC	694.9
EIC(2)	696.3
EIC(3)	2115

注：

1. 典型的电流消耗可能小于该值。
2. 边沿检测时钟异步运行。
3. 边沿检测时钟同步运行。
4. 外设列中的“无”指示没有外设运行时由内部稳压器产生的功耗。

5. 待机模式使用示例

本节将介绍待机模式下的外设使用示例。该应用使用 RTC 和 ADC。ADC 用于定期测量输入引脚上的电压。下面的计算将有助于决定内部稳压器需要在正常模式还是低功耗模式下运行。

当在 25°C 下测量时，RTC 和 ADC 在待机模式下由内部稳压器产生的电流消耗为：

- RTC ≥ 685.9 nA
- ADC ≥ 696.7 nA

两个外设的总电流消耗可通过如下公式计算：

由内部稳压器产生的总电流消耗 = 无外设运行时的功耗 + 各外设的功耗之和 – (无外设运行时的功耗 * 待机模式下运行的外设总数)。

注：表 4-1 中提到的各个外设功耗值包含在“无”功耗值中。

因此，值为 671 + (685.9 + 696.7) - (671 * 2) = 711.6 nA。

在这种情况下，这两个外设的 RUNSTDBY 位可以置 1 以使其在待机休眠模式下运行，并且内部稳压器可以配置为在低功耗模式下运行。

6. 结论

- 多个外设可以在待机模式下运行。功耗预算可以根据本文档中给出的典型值确定。
- 当外设的 GCLK 频率高于用于测量的时钟条件中提到的时钟条件时，外设从内部稳压器消耗的电流可能高于本文档中给出的值。在这种情况下，建议在器件处于待机休眠模式时，将内核稳压器置于正常工作模式。

7. 常见问题

- **是否可以在 SAM L10 Xplained Pro 上进行此类测量？**
  可以在 SAM L10 Xplained Pro 上完成，因为值是在 SAM L10 Xplained Pro 上测得的。要测量 SAM L10 MCU 功耗，用户可以使用 *SAM L10/L11 Xplained Pro User Guide* 中提到的“XAM 配置”设置。

  请参见“SAM L10/L11 Xplained Pro User Guide”，下载链接为 www.microchip.com/en-us/development-tool/dm320204#Documentation。
- **本文档中给出的测量值是否适用于其他 SAM L1X 器件？**
  本技术简介中给出的测量值是在 SAM L10 器件上测得的。SAM L11 上的功耗数据与本文档中提供的数据类似或更低。
- **如果外设的 GCLK 频率减半，将对内部稳压器的电流消耗产生什么影响？**
  由此产生的电流消耗将与原始值大致相同或略低。

8. 参考资料

以下文档用于参考。有关更多信息，请访问 Microchip 网站或联系当地的 Microchip 销售代表。

- SAM L10/L11 数据手册
- SAM L 系列器件的低功耗特性
- 使用 MCC 创建新的 MPLAB® Harmony v3 项目
- 将现有基于 MHC 的 MPLAB® Harmony v3 项目更新和配置为基于 MCC 的项目
- 使用 MPLAB 代码配置器的 MPLAB Harmony v3 入门
- MPLAB Harmony v3 项目的 MPLAB®代码配置器内容管理器

Microchip 信息

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

产品变更通知服务

Microchip 的产品变更通知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 www.microchip.com/support 获得网上技术支持。

Microchip 器件代码保护功能

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中。Microchip 承诺将不断改进产品的代码保护功能。

法律声明

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。

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、APT、ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、Flashtec、Hyper Speed Control、HyperLight Load、Libero、motorBench、mTouch、Powermite 3、Precision Edge、ProASIC、ProASIC Plus、ProASIC Plus 徽标、Quiet-Wire、SmartFusion、SyncWorld、Temux、TimeCesium、TimeHub、TimePictra、TimeProvider、TrueTime 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、GridTime、IdealBridge、In-Circuit Serial Programming、ICSP、INICnet、Intelligent Paralleling、IntelliMOS、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、Knob-on-Display、KoD、maxCrypto、maxView、memBrain、Mindi、MiWi、MPASM、MPF、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、PowerSmart、PureSilicon、QMatrix、REAL ICE、Ripple Blocker、RTAX、RTG4、SAM-ICE、Serial Quad I/O、simpleMAP、SimpliPHY、SmartBuffer、SmartHLS、SMART-I.S.、storClad、SQI、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Switchtec、SynchroPHY、Total Endurance、Trusted Time、TSHARC、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。

© 2022, Microchip Technology Incorporated 及其子公司版权所有。

ISBN： 978-1-6683-1713-6

质量管理体系

有关 Microchip 的质量管理体系的信息，请访问 www.microchip.com/quality。

全球销售及服务网点

美洲	亚太地区	亚太地区	欧洲
公司总部 2355 West Chandler Blvd. Chandler, AZ 85224-6199 电话：480-792-7200 传真：480-792-7277 技术支持： www.microchip.com/support 网址： www.microchip.com **亚特兰大** 德卢斯，佐治亚州 电话：678-957-9614 传真：678-957-1455 **奥斯汀，德克萨斯州** 电话：512-257-3370 **波士顿** 韦斯特伯鲁，马萨诸塞州 电话：774-760-0087 传真：774-760-0088 **芝加哥** 艾塔斯卡，伊利诺伊州 电话：630-285-0071 传真：630-285-0075 **达拉斯** 阿迪森，德克萨斯州 电话：972-818-7423 传真：972-818-2924 **底特律** 诺维，密歇根州 电话：248-848-4000 **休斯顿，德克萨斯州** 电话：281-894-5983 **印第安纳波利斯** 诺布尔斯维尔，印第安纳州 电话：317-773-8323 传真：317-773-5453 电话：317-536-2380 **洛杉矶** 米慎维荷，加利福尼亚州 电话：949-462-9523 传真：949-462-9608 电话：951-273-7800 **罗利，北卡罗来纳州** 电话：919-844-7510 **纽约，纽约州** 电话：631-435-6000 **圣何塞，加利福尼亚州** 电话：408-735-9110 电话：408-436-4270 **加拿大 - 多伦多** 电话：905-695-1980 传真：905-695-2078	**澳大利亚 - 悉尼** 电话：61-2-9868-6733 **中国 - 北京** 电话：86-10-8569-7000 **中国 - 成都** 电话：86-28-8665-5511 **中国 - 重庆** 电话：86-23-8980-9588 **中国 - 东莞** 电话：86-769-8702-9880 **中国 - 广州** 电话：86-20-8755-8029 **中国 - 杭州** 电话：86-571-8792-8115 **中国 - 香港特别行政区** 电话：852-2943-5100 **中国 - 南京** 电话：86-25-8473-2460 **中国 - 青岛** 电话：86-532-8502-7355 **中国 - 上海** 电话：86-21-3326-8000 **中国 - 沈阳** 电话：86-24-2334-2829 **中国 - 深圳** 电话：86-755-8864-2200 **中国 - 苏州** 电话：86-186-6233-1526 **中国 - 武汉** 电话：86-27-5980-5300 **中国 - 西安** 电话：86-29-8833-7252 **中国 - 厦门** 电话：86-592-2388138 **中国 - 珠海** 电话：86-756-3210040	**印度 - 班加罗尔** 电话：91-80-3090-4444 **印度 - 新德里** 电话：91-11-4160-8631 **印度 - 浦那** 电话：91-20-4121-0141 **日本 - 大阪** 电话：81-6-6152-7160 **日本 - 东京** 电话：81-3-6880-3770 **韩国 - 大邱** 电话：82-53-744-4301 **韩国 - 首尔** 电话：82-2-554-7200 **马来西亚 - 吉隆坡** 电话：60-3-7651-7906 **马来西亚 - 槟榔屿** 电话：60-4-227-8870 **菲律宾 - 马尼拉** 电话：63-2-634-9065 **新加坡** 电话：65-6334-8870 **台湾地区 - 新竹** 电话：886-3-577-8366 **台湾地区 - 高雄** 电话：886-7-213-7830 **台湾地区 - 台北** 电话：886-2-2508-8600 **泰国 - 曼谷** 电话：66-2-694-1351 **越南 - 胡志明市** 电话：84-28-5448-2100	**奥地利 - 韦尔斯** 电话：43-7242-2244-39 传真：43-7242-2244-393 **丹麦 - 哥本哈根** 电话：45-4485-5910 传真：45-4485-2829 **芬兰 - 埃斯波** 电话：358-9-4520-820 **法国 - 巴黎** 电话：33-1-69-53-63-20 传真：33-1-69-30-90-79 **德国 - 加兴** 电话：49-8931-9700 **德国 - 哈恩** 电话：49-2129-3766400 **德国 - 海尔布隆** 电话：49-7131-72400 **德国 - 卡尔斯鲁厄** 电话：49-721-625370 **德国 - 慕尼黑** 电话：49-89-627-144-0 传真：49-89-627-144-44 **德国 - 罗森海姆** 电话：49-8031-354-560 **以色列 - 若那那市** 电话：972-9-744-7705 **意大利 - 米兰** 电话：39-0331-742611 传真：39-0331-466781 **意大利 - 帕多瓦** 电话：39-049-7625286 **荷兰 - 德卢内市** 电话：31-416-690399 传真：31-416-690340 **挪威 - 特隆赫姆** 电话：47-72884388 **波兰 - 华沙** 电话：48-22-3325737 **罗马尼亚 - 布加勒斯特** 电话：40-21-407-87-50 **西班牙 - 马德里** 电话：34-91-708-08-90 传真：34-91-708-08-91 **瑞典 - 哥德堡** 电话：46-31-704-60-40 **瑞典 - 斯德哥尔摩** 电话：46-8-5090-4654 **英国 - 沃金厄姆** 电话：44-118-921-5800 传真：44-118-921-5820