

挑选合适的 EERAM VCAP 电容

作者: Robert Proctor
Microchip Technology Inc.

简介

Microchip Technology Inc. 的 47XXX 系列 EERAM 器件属于串行 SRAM，并且在同一封装内还搭载有匹配的 EEPROM 备用阵列。47XXX 为 SRAM 提供无限的读写周期，而 EEPROM 单元提供高耐用性、高可靠性、非易失性的数据存储。当断电时，连接到 EERAM 的小型外部电容 (VCAP) 可以提供所需的电能，以便将 SRAM 的内容自动复制和存储到 EEPROM 上。该机制被称为“自动存储”，是 EERAM 系列器件的关键功能之一。当供电恢复时，EEPROM 上的数据会被读回到 SRAM。通过结合两者，可在出现意外断电时持续更新和保护数据。

本应用笔记将指导如何使用自动存储功能并挑选合适的外部电容以实现可靠的自动数据存储。如果用户不希望使用自动存储功能，建议不要在 VCAP 处安装电容，而应将 VCAP 引脚连接到 VCC 引脚，并将 STATUS 寄存器中的自动存储使能 (AutoStore Enable, ASE) 位设为 0，以防止器件在断电时尝试使用自动存储功能。

自动存储

自动存储机制是 47XXX 器件的关键功能之一。要使用该功能，用户需要将 STATUS 寄存器中的 ASE (自动存储使能) 位设为“1”，并在 VCAP 引脚和地之间连接一个电容，如图 1 所示。但是，如果用户决定只需要手动进行存储，则必须将 ASE 位设为“0”，并且 VCAP 引脚必须连接到 VCC 引脚，如图 2 所示。

图 1: 典型应用原理图 —— 自动存储模式 (ASE = 1)

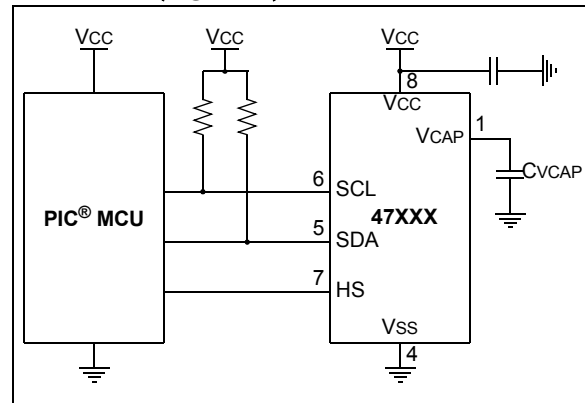
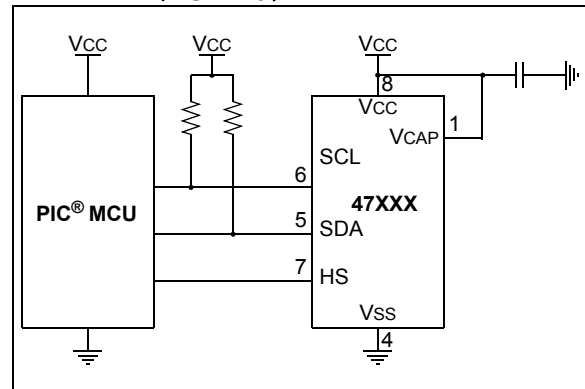


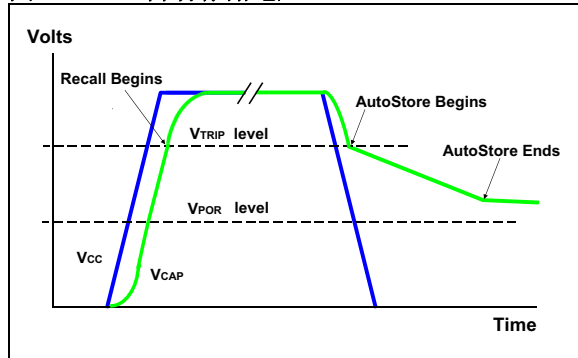
图 2: 典型应用原理图 —— 手动存储模式 (ASE = 0)



如图 3 所示，如果自动存储已使能 (ASE 位设为“1”)，并且 VCAP 引脚和地之间已连接电容，在 VCC 引脚通电之后，VCAP 电容两端的电压也会升高。在上电时，器件内部的开关会将 VCAP 引脚连接到 VCC 引脚。随着 VCAP 处的电压升高并超过 VTRIP 电压，读回功能开始运行，并将 EEPROM 数据复制到 SRAM 阵列。读回的时间非常短暂，不足 10 ms。只要 VCC 和 VCAP 电压处于正常工作范围内，内部开关就会保持导通状态，使得 VCAP 电容保持在 VCC 电压。在断电并且 VCC 下降时，VCAP 电压也会下降，但当内部电源轨的电压下降到低于 VTRIP 时，器件会自动断开 VCAP 和 VCC 之间的开关。

如果自动存储已使能（ASE 位设为“1”），并且 EEPROM 阵列与 SRAM 内容不匹配（STATUS 寄存器中的阵列已修改（Array Modified, AM）位设为“1”），自动存储功能将开始运行，并在此期间使用 VCAP 电容电压供电。在自动存储功能运行期间，VCAP 电压下降的速率与自动存储功能的电流成正比，与电容值成反比。在数据手册中指定的限制范围内，自动存储功能的电流可能随温度发生变化。VCAP 电容必须有足够大的电容值，即使环境发生变化，也能在整个自动存储周期中确保 VCAP 电压远高于 VPOR 电压。

图 3： 自动存储电压



VCAP 选择

在选择电容时，务必要确保电容提供的电能足以完成整个自动存储操作，而不会丢失任何数据。电容也不应过大，因为这样在 VCC 电压下可能需要更长的时间来充电，成本可能也会因此而增加。另外，需要根据应用中的预期电压和温度来确定电容的额定值，并且需要考虑到老化、温度或电压而导致的电容变化，确保在整个应用生命周期内不会因电容变化而导致自动存储失败。

电容要求

表 1 列出了数据手册中规定的各种 EERAM 器件所需的最小电容值。在整个指定的工作范围内，我们均使用最小值来说明这些器件的特性，旨在确保这些器件能够可靠地工作。但是，这些值代表器件的实际电容值，而不是任何特定电容的额定电容值。

不同类型的电容的额定电容值和实际电容值可能存在很大的差异。

表 1： 所需的 VCAP 最小值

器件	存储器	工作电压	VCAP 最小值
47C04	4 KB	4.5V – 5.5V	3.5 μ F
47C16	16 KB	4.5V – 5.5V	5 μ F
47L04	4 KB	2.7V – 3.6V	5 μ F
47L16	16 KB	2.7V – 3.6V	8 μ F

容差

部件间的偏差在任何生产线上都会造成问题。对于自动存储操作，如果选择了因元件偏差而导致电容值过小的电容，可能就会丢失数据。在选择电容时，务必要考虑到这一点，确保在所有工作条件下都能达到最小电容值。

例如，47L16 所需的最小电容值为 8 μ F，如果选择了电容值为 10 μ F、容差为 +20/-50% 的电容，则计算得出的实际电容值可能在 5 μ F 至 12 μ F 之间，这样每个批次都可能会有一些电容不符合最小电容值要求。在这种情况下，最好选择容差较小的电容（例如最小值为 8 μ F 时，选择电容值为 10 μ F、容差为 \pm 20% 的电容），或初始值较大的电容（例如最小值为 11 μ F 时，选择电容值为 22 μ F、容差为 +20/-50% 的电容）。

电容类型

铝电解电容

众所周知，这类电容具有较大的容差范围，甚至达到 -20% 至 +80% 或以上。如果选择这种类型的电容，请确保在最大的容差和最差的温度条件下计算得出的最小电容仍可满足最小电容值要求。对于电能存储而言，电容超过指定值的 80% 并不是严重问题，负容差才是真正的问题。铝电解电容的缺点是体积可能非常庞大，并且在较高温度下的使用寿命有限。随着时间推移，电解液可能会蒸发，从而致使电容值降低，这样可能会导致存储故障。这种类型的电容可能非常经济实惠，但如果存在上述温度和使用寿命方面的限制，应考虑使用其他类型的电容。

多层陶瓷电容（MLCC）

MLCC 具有其独特性。与 Y5V 或 Z5U 等温度代码相关的某些陶瓷化学成分可能会受工作电压的影响而呈现出明显的电容损耗，这种现象被称为“DC 偏置”效应。

在对几种 Y5V 和 Z5U 电容进行测试后，结果表明 DC 偏置对电容值有一定的影响，但即便在零伏特的 DC 偏置下，有些测量值也会低于额定值的一半。如果用户选择使用此类电容，请联系制造商以征求意见，以便满足最小电容值要求。还有一种可行的方法是，选择额定电压、额定电容值和 / 或外壳尺寸较大的电容，然后对这些电容进行测试，确保可满足最小电容值要求。

X7R 和 X5R 电容的陶瓷化学成分具有不同的电容密度，体积可能会因此而增大，但同时测量值的一致性也会大幅提升。建议您通篇仔细阅读数据手册，如果尚不清楚额定值，或者测量值与预期值不符，请务必联系电容制造商。

钽电容

这类电容的优势在于电容密度和温度稳定性，另外老化问题较少。但是，在过去几十年中，由于无法预测的故障、不时缺货造成价格高昂等问题，使用钽电容对设计人员来说是一大挑战。最近，这些问题似乎已经得到了解决，但如果在设计中采用钽电容，最好在电路板上保留可安装同等陶瓷电容的空间，以防供应问题再次出现。

其他电容规范

额定电压

只要电容的额定电压高于 EERAM 的绝对最大额定电压，电压本身应该不会成为限制因素。但是，根据我们对陶瓷电容的发现，选择额定值大于预期电压两倍的电容可带来更多的好处。常见的电容额定电压为 4V、6.3V 和 10V，用户应该优先选择最小额定电压为 10V 的电容。这样做不仅能留出更多余量，同时也具有更强的通用性，价格却更低廉。

泄漏电流

由于 EERAM 只需不到 25 ms 即可完成存储周期，这意味着电容漏电（对于这一范围内的电容而言，泄漏电流通常小于 1 μ A）对自动存储功能没有太大影响。

等效串联电阻（ESR）

虽然电容的滤波功能可能会受到 ESR 额定值的限制，但在执行自动存储功能方面，ESR 并不是主要问题。自动存储功能的电流非常小，不会造成明显的电压下降。4.7 μ F 至 47 μ F 范围内的大多数电容提供的 ESR 额定值应远小于 10 Ω ，因此不会对自动存储功能产生干扰。

最大电容值

V_{CAP} 电容没有规定电容值上限。但在某些应用中，如果电容值超出某个值，可能会出现一些问题。当 V_{CAP} 电压低于 V_{TRIP} 时，将会无法访问 EERAM 器件，而一旦超出 V_{TRIP}，将需要 10 ms 以上的时间来完成自动读回。由于电容值越大，充电所需的时间就越长，因此在上电后，器件准备就绪所需的时间也会变长。相反，在掉电时，V_{CAP} 电压可以保持更长的时间。

为 V_{CAP} 电容充电所需的时间可以理解为类似 RC 基本充电曲线，其中 V_{CC} 处电压的源阻抗与 EERAM 的内部阻抗共同限制了 V_{CAP} 电容的充电电流。内部阻抗并非指定值，约为 100 Ω 。器件的外部存在非常多的影响因素，例如 V_{CC} 电压的大小、上升时间和形状，因此很难提供精确的公式来预测充电时间。根据经验，每 3 μ F 的电容需要大约 1 ms 的充电时间。因此，如果 47L16 上使用的 V_{CAP} 实际电容值为 10 μ F，则大约需要 3.3 ms 的延迟加上正常的 T_{RECALL} 时间才能完成充电和读回，然后才能响应 I²C 总线。如果电容值为 47 μ F，则延迟为 16 ms。此时正确的做法是不再关心具体的时间，而是在上电后使用 I²C 轮询来查询器件，以确定器件是否已做好通信的准备。当器件能够对命令做出应答时，表明 SRAM 数据已恢复并可对器件进行读写操作。

在放电时间方面，随着 V_{CAP} 电压降至 V_{TRIP} 以下，电压会根据自动存储功能的电流呈线性下降。如果没有触发自动存储功能（AM = 0 或 ASE = 0），V_{CAP} 会根据泄漏电流以更缓慢的速度下降。

剩余电压无关紧要，因为在随后重新上电时，会发生以下一种情况，最终会得到相同的结果：

- 一种情况是，下次上电时，如果 V_{CAP} 电压没有降至 V_{POR} 以下，则会保留相同的 SRAM 数据，不会进行自动读回。
- 另一种情况是，如果 V_{CAP} 电压降至 V_{POR} 以下，则会进行自动读回以使用 EEPROM 中的数据来刷新 SRAM 映像。

AN2257

无论是哪种情况，SRAM 中都存在正确的数据（假定这些数据已事先手动存储或自动存储到 EEPROM）。当电压升高到 VTRIP 电压以上并完成读回（如有必要）后，与 EERAM 的 I²C 通信将被应答。

PCB 布局

VCAP 电容相对于 EERAM 器件的位置并不是很关键，但最好靠近 EERAM。EERAM 中的内部电路使用比较器来确定何时连接和断开内部开关；它不是特别敏感，但与 VCAP 串联的外部电感较大时，仍然可能导致无法预料的行为。建议保持一英寸或更短的距离。

成本

在评估物料成本时，预期和实际情况之间可能存在差异。有人可能认为，对于给定的类型、电压和封装，电容值较大的电容要比电容值较小的电容更加昂贵。但有时并非如此，因为稀缺的部件更为昂贵。

例如，对于 10 μF 到 22 μF 之间的电容值，我们可以找到 15 μF 或 18 μF 的电容，但这些电容的成本可能高于更常见的电容。在这种情况下，由于 EERAM 对更大的电容并不是特别敏感，因此更明智的做法是选择 22 μF 的电容，这样就能选择更多的封装方式，成本也更低。表 2 中提供的建议电容值均符合 EIA 标准。

结论

当与适当的电容配合使用时，EERAM 器件能够提供可靠而又经济高效的数据存储，即便数据经常更新，或者在没有警告的情况下突然掉电，也不会受到影响。要挑选合适的自动存储电容，就意味着要在各种物理特性之间做出取舍，使电容既适合工作环境，又能提供足够的储电量，从而实现完整可靠的存储。VCAP 电容的额定值应根据最高预期电路电压来确定，但在使用陶瓷电容时，采用更高的额定电压会更加有利，这样可以提高可靠性和稳定性。所需的电容值的大小取决于存储器的大小，以及存储开始时的电压。以下表格给出了建议的最小电容值，此外还请注意，为避免受到负容差的影响，可能需要更高的额定电容值。

典型值在 4.7 μF 至 22 μF 之间的电容有很多类型和温度范围。我们应该非常谨慎地考虑电容的容差，其目的不仅是确保电容可提供执行存储所需的最小电容值，还确保电容可在整个工作范围和预期使用寿命内可靠地工作。

表 2: 建议的额定电容值

器件	VCAP 最小值	EIA 电容值 (容差 $\pm 20\%$)
47C04	3.5 μF	4.7 μF
47C16	5 μF	6.8 μF
47L04	5 μF	6.8 μF
47L16	8 μF	10 μF

附录 A： 版本历史

版本 A（2016 年 8 月）

本文档的初始版本。

AN2257

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、适用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: 978-1-5224-2515-1



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