
SAM L10/L11ファミリデバイスのスタンバイモード中の 周辺モジュールの消費電力

はじめに

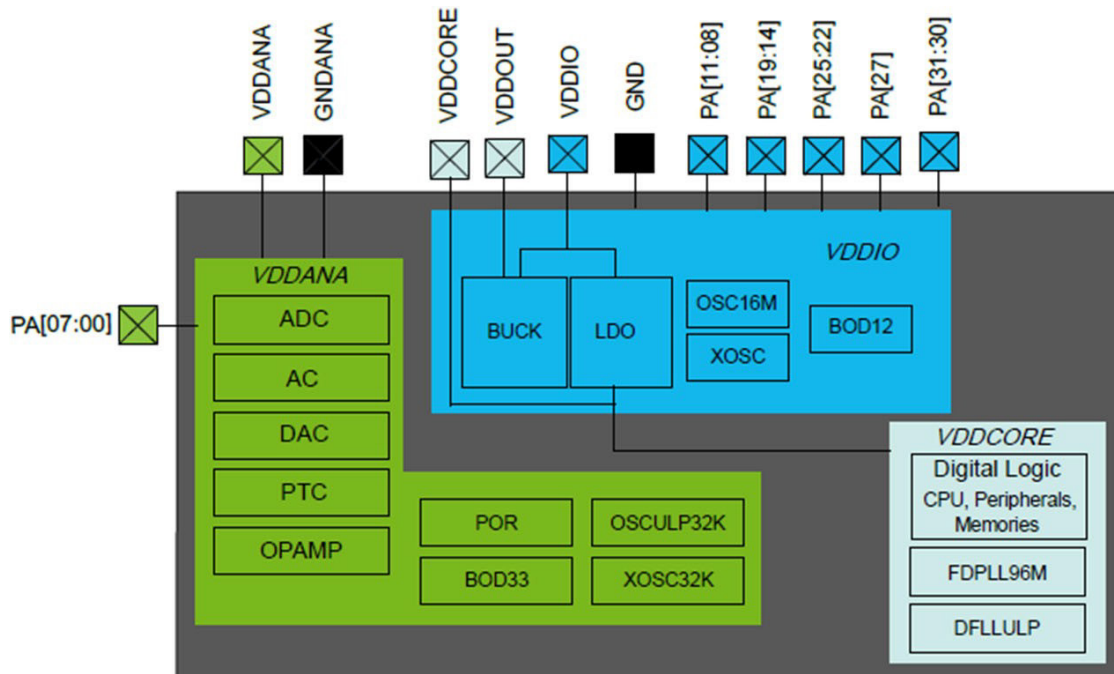
本書では、SAM L10/L11ファミリ マイクロコントローラのスタンバイ スリープモード中の各種周辺モジュールの使用について説明します。SAM L10デバイスがスタンバイ スリープモード中は、デバイス内のVDDCOREに電力を供給している内部電圧レギュレータを低消費電力モードで動作させる事ができます。低消費電力モードではレギュレータの電流駆動能力が通常動作モードより低いため、電圧レギュレータに負荷がかかり過ぎないように周辺モジュールを設定する必要があります。

アプリケーションによっては、複数の周辺モジュールを動作させながら消費電力を極力小さくしなければなりません。そのような場合、スタンバイ スリープモードが使えます。

本書は、電圧レギュレータが低消費電力モードで動作している時に、周辺モジュールがVDDCORE電源領域から消費する電流を見積もるのに役立ちます。本書に記載した計測値はSAM L10デバイスで計測したものです。SAM L11デバイスの周辺モジュールによる内部電圧レギュレータの消費電流も本書に記載する数値と同様になります。

1. SAM L10の電源領域と低電力モデル

図1-1. 電源領域の概要



SAM L10にはVDDIO、VDDOUT、VDDANAの3本の電源ピンがあります。これらのピンは公称電圧3.3 Vまたは、1.62~3.63 Vに接続する必要があります。この共通電圧をVDDと呼びます。本デバイスは単電源で駆動しますが、内部的には2つの電圧領域で動作します。コア、メモリ、周辺モジュールからコア インターフェイス、DFLLULP、FDPLL96Mは0.9~1.2 Vレンジで動作します。I/OはVDD電源と同じ電圧レベルで動作します(公称電圧3.3 Vまたは、1.62~3.63 V)。SAM L10デバイスの内部電圧レギュレータはコアに1.2 Vの電力を供給します。

SAM L10デバイスは低消費電力アプリケーションに最適化するためにアイドルモード、スタンバイモード、OFFモード等の各種スリープモードをサポートしています。詳細は『SAM L10 Data Sheet』の「Power Considerations」の章を参照してください。

2. スリープモード

SAM L1X製品ファミリには、アイドルモード、スタンバイモード、OFFモードの主に3種類のスリープモードがあります。

表2-1. スリープモードの開始条件と復帰要因

モード	モードの開始条件	復帰要因	Harmony PLIB API (4)
アイドル	SLEEP_CFG.SLEEPMODE = IDLE_n	同期 ⁽²⁾ (APB、AHB)、非同期 ⁽¹⁾	PM_IdleModeEnter ()
スタンバイ	SLEEP_CFG.SLEEPMODE = STANDBY	同期 ⁽³⁾ 、非同期	PM_StandbyModeEnter ()
OFF	SLEEP_CFG.SLEEPMODE = OFF	外部リセット	PM_OffModeEnter ()

Note:

1. 非同期: 汎用クロック、外部クロック、または外部イベントで割り込みが生成されます。
2. 同期: APBクロックで割り込みが生成されます。
3. スタンバイモードで動作するように設定された周辺モジュール専用の同期割り込みです。
4. ユーザはこれらのMPLAB Harmony PLIB APIをアプリケーション内で呼び出して、デバイスを対応するスリープモードに移行させる事ができます。

2.1 アイドルモード

CPUは停止し、周辺モジュールは動作を継続します。要求された場合を除き、同期クロックは停止されます。このモードでは、高速な復帰と電力の最適化を可能にします。

2.2 スタンバイモード

モジュールに対してRUNSTDBY(スタンバイ中動作)ビットがセットされているかONDEMANDビットが0に設定されているものを除き、全クロック源が停止します。既定値では、レギュレータはスタンバイ スリープモード中は低消費電力モードで動作し、より多くの電力が必要になるSleepWalkingタスクでは自動的に通常モードに切り換わります。このモードでは、復帰時間のオーバーヘッドをほとんど発生させずに消費電力を最小限に抑えられます。

Note: FDPLL96Mのオンデマンド モード(DPLLCTRLA.ONDEMAND = 1)はスタンバイモードで動作しないため、FDPLL96Mはスタンバイモード中にONDEMANDをサポートしていません。『[SAML10 Errata](#)』の2.19.4を参照してください。

2.3 OFFモード

デバイスは完全にパワーOFFの状態です。このモードでは、最小の消費電力を達成できます。このモードから復帰するにはデバイスのリセットが必要なため、復帰時間は長くなります。

3. 電圧レギュレータの自動低消費電力モード

内蔵電圧レギュレータは、デバイスにVDDCOREを供給するために使われます。SAM L10/L11電圧レギュレータには以下のモードがあります。

- ・ リニア(LDO)モード: リセット後の既定値モードです。
- ・ スイッチング(BUCK)モード: CPUと周辺モジュールが動作中(アクティブモード)に最も電力効率が良いモードです。
Note: アクティブモードでは、電源コントローラ(SUPC)を使う事により、電圧レギュレータをLDO(低ドロップアウト)型レギュレータと降圧型コンバータの間で動作中に切り替え可能です。
- ・ 低消費電力モード(LPVREG): デバイスがスタンバイ スリープモード中に使われる既定値モードです。

電源マネージャ(PM)により、スタンバイモード中にメイン電圧レギュレータと低消費電力電圧レギュレータのどちらからVDDCOREに電力を供給するかを選択します。低消費電力電圧レギュレータは、切り換え可能な電源領域が保持ステートである場合に使われます。

メイン電圧レギュレータは、SleepWalkingタスクが非同期クロック(汎用クロック)または同期クロック(APB/AHBクロック)で動作している場合に使われます。この動作は、スタンバイ コンフィグレーション レジスタ(STDBYCFG.VREGSMOD)の電圧レギュレータ スタンバイモード ビットに書き込む事によって変更できます。ユーザはMPLAB Code Configurator GUIのPM周辺モジュール コンフィグレーションを使ってこれらの機能を設定できます。

表3-1.

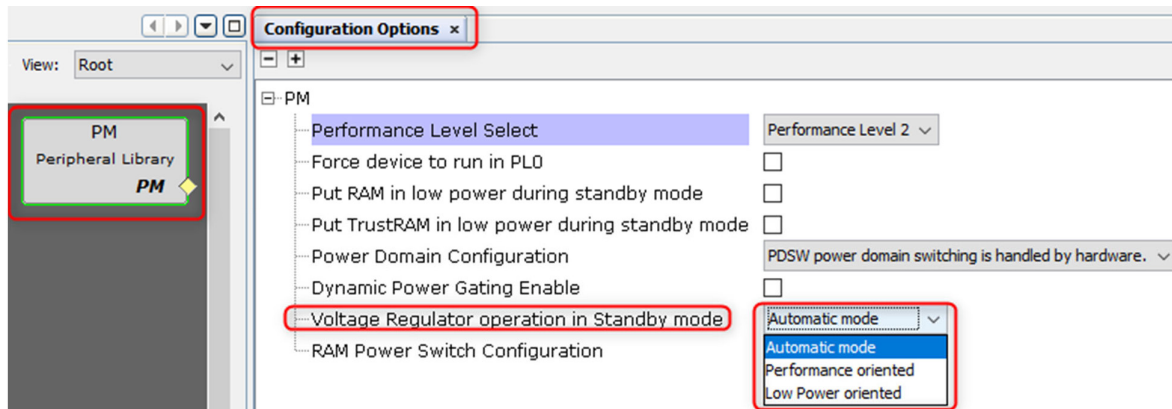
スリープモード	STDBYCFG. VREGSMOD	SleepWalking ⁽¹⁾	VDDCOREのレギュレータのステート
アクティブ	-	-	メイン電圧レギュレータ
アイドル	-	-	メイン電圧レギュレータ
スタンバイ (アクティブ)	0x0: AUTO	なし	低消費電力レギュレータ
		あり	メイン電圧レギュレータ
	0x1: 性能		メイン電圧レギュレータ
	0x2: LP ⁽²⁾	- ⁽²⁾	低消費電力レギュレータ
スタンバイ(保持)	-	-	低消費電力レギュレータ

Note:

1. SleepWalkingはGCLKクロックまたは同期クロックで動作しています。これはXOSC32KクロックまたはOSCULP32Kクロックとは関係しません。
2. SleepWalkingが32 kHzソースのGCLKで動作している場合のみに使う必要があります。

スタンバイモードにおける各種周辺モジュールの消費の詳細は、計測条件と共に以下のセクションで説明します。

図3-1. MPLAB Code Configurator GUIでのSAM L10デバイス電源マネージャによる周辺モジュールのコンフィグレーション



4. コア電力消費結果

ここでは、SAM L10デバイスがスタンバイ スリープモード中に複数の周辺モジュールの電力消費を計測します。

4.1 計測に用いたクロック条件

各周辺モジュールが使う汎用クロックは以下の通りです。

- RTC: ULP1Kからの1 kHz
- WDT: ULP1Kからの1 kHz
- ADC: OSC16Mからの1 MHz
- AC: OSC16Mからの1 MHz
- TC: XOSC32Kからの1 kHz
- EIC: XOSC32Kからの32 kHz

4.2 25 °Cでの計測

表4-1. 25 °Cでの計測

周辺モジュール	消費電流[nA]
なし ⁽⁴⁾	671 ⁽¹⁾
RTC	685.9
TC	2025
ADC	696.7
WDT	1730
AC	694.9
EIC ⁽²⁾	696.3
EIC ⁽³⁾	2115

Note:

1. 消費電流の代表値はこの値より小さくなる場合があります。
2. エッジ検出クロックは非同期動作です。
3. エッジ検出クロックは同期動作です。
4. 「周辺モジュール」列の「なし」は、周辺モジュールが動作していない場合の内部電圧レギュレータの消費電流を示します。

5. スタンバイモード使用例

ここでは、スタンバイモードにおける周辺モジュールの使用例を説明します。このアプリケーションではRTCとADCを使います。ADCは入力ピンの電圧を周期的に計測するために使います。以下の計算は、内部電圧レギュレータを通常モードと低消費電力モードのどちらで動作させる必要があるかを決定するのに役立ちます。

25 °Cで計測した場合、スタンバイモードにおけるRTCとADCが内部電圧レギュレータから消費した電流は以下のようになります。

- $RTC \geq 685.9 \text{ nA}$
- $ADC \geq 696.7 \text{ nA}$

この2つの周辺モジュールの合計消費電流は以下のように計算できます。

内部電圧レギュレータによる合計消費電流 = 周辺モジュールを使わない時の消費電力 + 各周辺モジュールの消費電力の合計 - (周辺モジュールが動作していない時の消費電力 * スタンバイモードで動作中の周辺モジュールの総数)。

Note: 表4-1に記載した各周辺モジュールの消費電力値は、「なし」の消費電力値に含まれます。

そのため、値は $671 + (685.9 + 696.7) - (671 * 2) = 711.6 \text{ nA}$ となります。

この場合、これら2つの周辺モジュールのRUNSTDBYビットをセットしてスタンバイ スリープモードで動作させ、内部電圧レギュレータを低消費電力モードで動作するように設定できます。

6. まとめ

- 複数の周辺モジュールをスタンバイモードで動作させる事ができます。本書に記載した代表値に基づいてパワー バジエットングを行えます。
- 周辺モジュールのGCLK周波数が「[計測に用いたクロック条件](#)」に記載したクロック条件より高い場合、周辺モジュールは本書に記載するよりも多くの電流を内部電圧レギュレータから消費する場合があります。その場合、デバイスがスタンバイ スリープモード中はコア電圧レギュレータを通常モードで動作させる事を推奨します。

7. よく寄せられる質問(FAQ)

- **このような計測をSAM L10 Xplained Proで行う事はできますか？**
これらの値はSAM L10 Xplained Proで計測したものです。そのため、SAM L10 Xplained Proで行って頂けます。
SAM L10 MCUの消費電力を計測するには、『SAM L10/L11 Xplained Pro User Guide』に記載されている「XAM Configuration」の設定が使えます。
www.microchip.com/en-us/development-tool/dm320204#Documentationからダウンロードできる『SAML10/L11 Xplained Pro Kit User's Guide』を参照してください。
- **本書に記載されている計測値はその他のSAM L1Xデバイスにも適用できますか？**
本技術概要に記載した計測値はSAM L10デバイスで計測したものです。SAM L11の消費電力値は本書に記載されている数値と同等か、これより小さくなります。
- **周辺モジュールのGCLK周波数を1/2にした場合、内部電圧レギュレータの消費電流にどのような影響がありますか？**
消費電流値は元の値とほぼ同じか、それより少し小さくなります。

8. 参考資料

以下の文書は参照目的で使します。詳細はMicrochip社[ウェブサイト](#)をご覧ください、正規代理店にお問い合わせください。

- [SAML10 Data Sheet](#)
- [SAM L シリーズの低消費電力機能](#)
- [Create a new MPLAB Harmony v3 project using MCC](#)
- [Update and Configure an Existing MHC-based MPLAB Harmony v3 Project to MCC-based Project](#)
- [MPLAB® Harmony v3とMPLAB Code Configuratorの使い方の紹介](#)
- [MPLAB Harmony v3 プロジェクト用のMPLAB® Code Configurator Content Manager](#)

Microchip社の情報

Microchip社ウェブサイト

Microchip社はウェブサイト(www.microchip.com)を通してオンライン サポートを提供しています。当ウェブサイトでは、お客様に役立つ情報やファイルを提供しています。以下を含む各種の情報をご覧になれます。

- **製品サポート** - データシートとエラッタ、アプリケーション ノートとサンプル プログラム、設計リソース、ユーザガイドとハードウェア サポート文書、最新のソフトウェアと過去のソフトウェア
- **技術サポート** - FAQ(よく寄せられる質問)、技術サポートのご依頼、オンライン ディスカッション グループ、Microchip社のデザイン パートナー プログラムおよびメンバーリスト
- **ご注文とお問い合わせ** - 製品セレクタと注文ガイド、最新プレスリリース、セミナー/イベントの一覧、お問い合わせ先(営業所/正規代理店)の一覧

製品変更通知サービス

Microchip社の製品変更通知サービスは、お客様にMicrochip社製品の最新情報をお届けする配信サービスです。ご興味のある製品ファミリまたは開発ツールに関する変更、更新、リビジョン、エラッタ情報をいち早くメールにてお知らせします。

<http://www.microchip.com/pcn>にアクセスし、登録手続きをしてください。

お客様サポート

Microchip社製品をお使いのお客様は、以下のチャンネルからサポートをご利用頂けます。

- 正規代理店
- 技術サポート

サポートは正規代理店にお問い合わせください。本書の最後のページに各国の営業所の一覧を記載しています。

技術サポートは以下のウェブページからもご利用頂けます。www.microchip.com/support

Microchip社のデバイスコード保護機能

Microchip 社製品のコード保護機能について以下の点にご注意ください。

- Microchip社製品は、該当するMicrochip 社データシートに記載の仕様を満たしています。
- Microchip社では、通常の条件ならびに動作仕様書の仕様に従って使った場合、Microchip 社製品のセキュリティ レベルは、現在市場に流通している同種製品の中でも最も高度であると考えています。
- Microchip社はその知的財産権を重視し、積極的に保護しています。Microchip 社製品のコード保護機能の侵害は固く禁じられており、デジタル ミレニアム著作権法に違反します。
- Microchip社を含む全ての半導体メーカーで、自社のコードのセキュリティを完全に保証できる企業はありません。コード保護機能とは、Microchip 社が製品を「解読不能」として保証するものではありません。コード保護機能は常に進化しています。Microchip 社では、常に製品のコード保護機能の改善に取り組んでいます。

法律上の注意点

本書および本書に記載されている情報は、Microchip 社製品を設計、テスト、お客様のアプリケーションと統合する目的を含め、Microchip 社製品に対してのみ使う事ができます。それ以外の方法でこの情報を使う事はこれらの条項に違反します。デバイス アプリケーションの情報は、ユーザの便宜のためにのみ提供されるものであり、更新によって変更となる事があります。お客様のアプリケーションが仕様を満たす事を保証する責任は、お客様にあります。

す。その他のサポートはMicrochip 社正規代理店にお問い合わせ頂くか、<https://www.microchip.com/en-us/support/design-help/client-support-services>をご覧ください。

Microchip 社は本書の情報を「現状のまま」で提供しています。Microchip 社は明示的、暗黙的、書面、口頭、法定のいずれであるかを問わず、本書に記載されている情報に関して、非侵害性、商品性、特定目的への適合性の暗黙的保証、または状態、品質、性能に関する保証をはじめとするいかなる類の表明も保証も行いません。

いかなる場合もMicrochip 社は、本情報またはその使用に関連する間接的、特殊的、懲罰的、偶発的または必然的損失、損害、費用、経費のいかにかわらず、またMicrochip 社がそのような損害が生じる可能性について報告を受けていた場合あるいは損害が予測可能であった場合でも、一切の責任を負いません。法律で認められる最大限の範囲を適用しようとも、本情報またはその使用に関連する一切の申し立てに対するMicrochip 社の責任限度額は、使用者が当該情報に関連してMicrochip 社に直接支払った額を超えません。

Microchip 社の明示的な書面による承認なしに、生命維持装置あるいは生命安全用途にMicrochip社の製品を使う事は全て購入者のリスクとし、また購入者はこれによって発生したあらゆる損害、クレーム、訴訟、費用に関して、Microchip 社は擁護され、免責され、損害をうけない事に同意するものとします。特に明記しない場合、暗黙的あるいは明示的を問わず、Microchip社が知的財産権を保有しているライセンスは一切譲渡されません。

商標

Microchip 社の名称とロゴ、Microchip ロゴ、Adaptec、AVR、AVR ロゴ、AVR Freaks、BesTime、BitCloud、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、flexPWR、HELDO、IGLOO、JukeBlox、KeeLoq、Kleer、LANCheck、LinkMD、maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、Microsemi、Microsemi ロゴ、MOST、MOST ロゴ、MPLAB、OptoLyzer、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32 ロゴ、PolarFire、Prochip Designer、QTouch、SAM-BA、SenGenuity、SpyNIC、SST、SST ロゴ、SuperFlash、Symmetricom、SyncServer、Tachyon、TimeSource、tinyAVR、UNI/O、Vectron、XMEGA は米国とその他の国におけるMicrochip Technology Incorporated の登録商標です。

AgileSwitch、APT、ClockWorks、The Embedded Control SolutionsCompany、EtherSynch、Flashtec、Hyper Speed Control、HyperLightLoad、Libero、motorBench、mTouch、Powermite 3、Precision Edge、ProASIC、ProASIC Plus、ProASIC Plus ロゴ、Quiet-Wire、SmartFusion、SyncWorld、Temux、TimeCesium、TimeHub、TimePictra、TimeProvider、TrueTime、ZL は米国におけるMicrochip Technology Incorporated の登録商標です。

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 ロゴ、MPLIB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、PowerSmart、PureSilicon、QMatrix、REAL ICE、RippleBlocker、RTAX、RTG4、SAM-ICE、Serial Quad I/O、simpleMAP、SimpliPHY、SmartBuffer、SmartHLS、SMART-I.S.、storClad、SQL、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Switchtec、SynchroPHY、TotalEndurance、Trusted Time、TSHARC、USBCheck、VariSense、VectorBlox、VeriPHY、ViewSpan、WiperLock、XpressConnect、ZENAは米国とその他の国におけるMicrochip Technology Incorporated の商標です。

SQTP は米国におけるMicrochip Technology Incorporated のサービスマークです。

Adaptec ロゴ、Frequency on Demand、Silicon Storage Technology、Symmcom はその他の国におけるMicrochip Technology Incorporatedの登録商標です。

GestIC は、その他の国におけるMicrochip Technology Germany II GmbH & Co. KG (Microchip Technology Incorporated の子会社) の登録商標です。

その他の商標は各社に帰属します。

© 2023, Microchip Technology Incorporated and its subsidiaries.

All Rights Reserved.

ISBN: 978-1-6683-1971-0

品質管理システム

Microchip社の品質管理システムについてはwww.microchip.com/qualityをご覧ください。

各国の営業所とサービス

南北アメリカ	アジア/太平洋	アジア/太平洋	欧州
本社 2355 West Chandler Blvd. Chandler, AZ 85224-6199 Tel: 480-792-7200 Fax: 480-792-7277 技術サポート: http://www.microchip.com/support URL: www.microchip.com	オーストラリア - シドニー Tel: 61-2-9868-6733 中国 - 北京 Tel: 86-10 -8569-7000 中国 - 成都 Tel: 86-28-8665-5511 中国 - 重慶 Tel: 86-23-8980-9588 中国 - 東莞 Tel: 86-769-8702-9880 中国 - 広州 Tel: 86-20-8755-8029 中国 - 杭州 Tel: 86-571-8792-8115 中国 - 香港SAR Tel: 852-2943-5100 中国 - 南京 Tel: 86-25-8473-2460 中国 - 青島 Tel: 86-532-8502-7355 中国 - 上海 Tel: 86-21-3326-8000 中国 - 瀋陽 Tel: 86-24-2334-2829 中国 - 深圳 Tel: 86-755-8864-2200 中国 - 蘇州 Tel: 86-186-6233-1526 中国 - 武漢 Tel: 86-27-5980-5300 中国 - 西安 Tel: 86-29-8833-7252 中国 - 厦門 Tel: 86-592-2388138 中国 - 珠海 Tel: 86-756-3210040	インド - バンガロール Tel: 91-80-3090-4444 インド - ニューデリー Tel: 91-11-4160-8631 インド - プネ Tel: 91-20-4121-0141 日本 - 大阪 Tel: 81-6-6152-7160 日本 - 東京 Tel: 81-3-6880-3770 韓国 - 大邱 Tel: 82-53-744-4301 韓国 - ソウル Tel: 82-2-554-7200 マレーシア - クアラルンプール Tel: 60-3-7651-7906 マレーシア - ペナン Tel: 60-4-227-8870 フィリピン - マニラ Tel: 63-2-634-9065 シンガポール Tel: 65-6334-8870 台湾 - 新竹 Tel: 886-3-577-8366 台湾 - 高雄 Tel: 886-7-213-7830 台湾 - 台北 Tel: 886-2-2508-8600 タイ - バンコク Tel: 66-2-694-1351 ベトナム - ホーチミン Tel: 84-28-5448-2100	オーストラリア - ヴェルス Tel: 43-7242-2244-39 Fax: 43-7242-2244-393 デンマーク - コペンハーゲン Tel: 45-4485-5910 Fax: 45-4485-2829 フィンランド - エスポー Tel: 358-9-4520-820 フランス - パリ Tel: 33-1-69-53-63-20 Fax: 33-1-69-30-90-79 ドイツ - ガーヒンク Tel: 49-8931-9700 ドイツ - ハーン Tel: 49-2129-3766400 ドイツ - ハイルブロン Tel: 49-7131-72400 ドイツ - カールスルーエ Tel: 49-721-625370 ドイツ - ミュンヘン Tel: 49-89-627-144-0 Fax: 49-89-627-144-44 ドイツ - ローゼンハイム Tel: 49-8031-354-560 イスラエル - ラーナナ Tel: 972-9-744-7705 イタリア - ミラノ Tel: 39-0331-742611 Fax: 39-0331-466781 イタリア - パドヴァ Tel: 39-049-7625286 オランダ - ドリューネン Tel: 31-416-690399 Fax: 31-416-690340 ノルウェー - トロンハイム Tel: 47-7288-4388 ポーランド - ワルシャワ Tel: 48-22-3325737 ルーマニア - ブカレスト Tel: 40-21-407-87-50 スペイン - マドリッド Tel: 34-91-708-08-90 Fax: 34-91-708-08-91 スウェーデン - ヨーテボリ Tel: 46-31-704-60-40 スウェーデン - ストックホルム Tel: 46-8-5090-4654 イギリス - ウォーキンガム Tel: 44-118-921-5800 Fax: 44-118-921-5820