

計時器とは?

著者: Robert Perkel, Applications Engineer; Ross Satchell, Applications Engineer. Microchip Technology Inc.

計時器はマイクロ コントローラの基本的な周辺機能です。各々それら自身の能力を持つ計時器が多数あることは驚くことではありません。計時器を選ぶ時に利用可能な要件と利用可能なデバイス資源に依存するため、間違った答えはあまりありません。この文書はAVR®マイクロ コントローラで現在利用可能な計時器を網羅します。対の一方の文書はPIC®マイクロ コントローラで現在利用可能な計時器を網羅します。

この文書の目的に関して、ハードウェア計時器は周期的な割り込みから波形生成器までの特有活動を実行するためにクロック パルスを計数する周辺機能です。多くの場合、いくつかの追加ソフトウェアとで特化した計時器を通常の計時器や計数器のように動かすことが可能です。

本書は一般の方々の便宜のため有志により作成されたもので、Microchip社とは無関係であることを御承知ください。しおりの[はじめに]での内容にご注意ください。

目次

計時器とは?	1
1. 周辺機能概要	3
2. タイマ/カウンタA型 (TCA)	4
3. タイマ/カウンタB型 (TCB)	5
4. タイマ/カウンタD型 (TCD)	6
5. タイマ/カウンタE型 (TCE)と波形拡張 (WEX)	7
6. タイマ/カウンタF型 (TCF)	8
7. 実時間計数器 (RTC)と周期的割り込み計時器 (PIT)	9
8. ウォッチドッグ タイマ (WDT)	10
9. 計時器選択ともっと知る	11
10. 改訂履歴	12
Microchip情報	13
Microchipウェブ サイト	13
製品変更通知サービス	13
お客様支援	13
Microchipデバイス コード保護機能	13
法的通知	13
商標	14
品質管理システム	14
世界的な販売とサービス	15

1. 周辺機能概要

表1-1. 利用可能な計時器の比較

計時器	幅	測定	波形生成	休止動作(注)
TCA	16ビットまたは8ビット×2	○	○	アイドル/スタンバイ
TCB	16ビット	○	○	アイドル/スタンバイ
TCD	12ビット	○	○	アイドル/スタンバイ
TCE	16ビット	○	○	アイドル/スタンバイ
TCF	24ビット	×	○	アイドル/スタンバイ
RTC	16ビット	×	×	アイドル/スタンバイ
PIT	16ビット	×	×	アイドル/スタンバイ/パワーダウン
WDT	N/A	×	×	アイドル/スタンバイ/パワーダウン

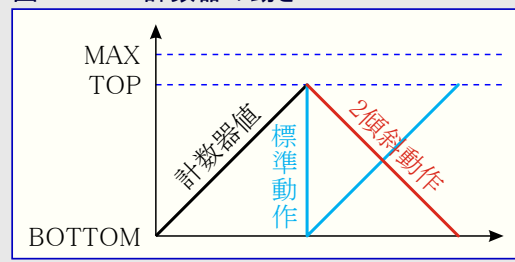
注: AVR MCUでの最大電力から最小電力への電力基準化はアイドル⇒スタンバイ⇒パワーダウンです。

2. タイマ/カウンタ型 (TCA)

TCAはパルス幅変調(PWM:Pulse-Width Modulation)生成に最適化した計時器です。高分解能用の16ビット動作または計時器の各々半分の独立して動作する8ビット×2動作で動くことができます。計数器はTOP値に達するまで走行します。これが起きると、2傾斜動作を除き、計数器はBOTTOM値(0)にリセットします。2傾斜動作では計数器は0にリセットしませんが、代わりに下図で示されるように周回をリセットするために0へ向かって計数します。

PWM信号を生成するために設定した値に計数器が一致または超えたかを調べるには比較チャンネルを使ってください。そうすれば関連する出力がHighに駆動されます。この計時器は計数器が更新を起動するまで計数器へ書かれた値が保持される2重緩衝も支援し、これは動作形態によって変わります。事象システム(EVSYS)とでもっと高度な制御が可能です。例えば、入力の開閉、事象端の計数、計数方向(上昇または下降)の制御、様々な条件下で計時器の再始動をすることができます。

図2-1. TCA計数器の動き



3. タイマ/カウンタB型 (TCB)

TCBはタイミングと捕獲に最適化した16ビット計時器です。TCBは一定間隔で割り込みが起こる周期的割り込み動作で動くことができます。計時器がEVSYS入力によってリセットされ得ることを除き、制限時間検査動作でも同様です。TCBは単発計時器としても動作することができます。長時間の期間に対して、RTC/PITはTCBよりもっと適切な選択になるかもしれません。

捕獲動作は計時器の計数を「捕獲」する計時器の能力を示します。これは自由走行で入力が発生する時、2つの上昇端間の時間(周波数測定)、パルス長(PWM)と同じ位簡単にできます。加えて、2つのTCB実体は高精度測定用に真の32ビット計数器を作成するために共に連結することができます。

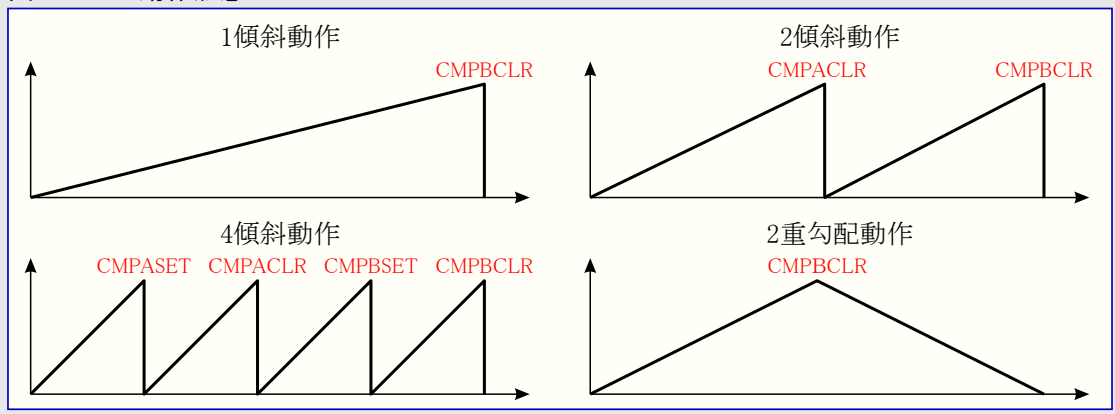
TCBはTCAでの単一傾斜動作のように8ビットPWMとして使うこともできます。

4. タイマ/カウンタ型 (TCD)

TCDは半ブリッジと全ブリッジの出力のような複雑なPWM波形の生成に最適化した12ビット計時器です。TCD内にはCMPAとCMPBの2つの比較器があります。各比較器はSET値とCLR値を持ちます。計数がSETに当たる時に出力は活性です。その後、CLRに達すると、出力が非活性にされます。

TCDは1傾斜、2傾斜、4傾斜、2重勾配の4つの動作形態を支援します。これらの名称は計数器が通る周回数を表します。4傾斜動作は4周回を通して進み、CMPASET、CMPACL R、CMPBSET、CMPBCLRに於いてこの順でリセットします。2傾斜動作は2周回を通して進み、CMPACL RとCMPBCLRに於いてこの順でリセットします。1傾斜動作はCMPBCLRだけでリセットします。最後に、2重勾配動作はCMPBCLRまで上昇計数し、その後0へ下降計数します。下図は視覚的な目的のため、同じy位置で終わる各傾斜を持ちます。けれども、これらは値が等しくない時に変わります。加えて、示されない値(例えば、CMPASET)は未だ有効ですが、この期間で役割を果たしません。

図4-1. TCA動作形態



EVSYSを通してTCDは入力抑制、デジタル濾波、それと出力解消や計数一時停止のための様々な障害動作も支援します。TCDは計数捕獲にも使われます。加えて、PLL(位相固定化閉路)と共にTCDを使うことができ、これは基本クロックよりも高い周波数での動作をTCDに許します。

5. タイマ/カウンタ型 (TCE)と波形拡張 (WEX)

TCEはタイミングとPWM生成に最適化した16ビット上昇/下降計時器です。上昇/下降計時器は現在設定された方向に応じて増加または減少することができます。TCEがTOPに当たる時に、次に設定される値は方向に依存します。上昇計数の場合は0に回り込みます。下降計数の場合、TCEは0へ下降減少します。同様に、方向が下降の場合、計数器はTOPに回り込みます。上昇への方向変更は計時器を増加開始にします。

TCEは中間の計時器周期での不具合タイミングを避けるため、比較一致発生時に変更するレジスタ値を設定する2重緩衝を支援し、これは計時器走行中の変更を許します。

TCEは波形生成に対して複数の動作形態を持ちます。これらの動作形態は他の計時器の動作形態と同じです。例えば、TCEは”標準”計時器動作、単一(1)傾斜PWM、2傾斜(2重勾配)PWM、周波数生成を支援します。PWMの出力分解能を増すため、TCEは高速クロック信号を使うことによってPWMの分解能を増すのに使うことができる高分解能動作を持ちます。この機能を完全に利用するために、この信号はCPU速度よりもおそらく最低4倍速いでしょう。TCEはこのクロック信号を生成するのにPLLを利用することができます。

加えて、TCEはWEXも統合します。WEXは補完出力生成、沈黙時間挿入、出力模様生成、ハードウェアでの障害信号処理を計時器に許します。

6. タイマ/カウンタ型 (TCF)

TCFは数値制御発振器(NCO:Numerically Controlled Oscillator)のよう働くのに最適化した24ビット計時器です。NCOは累積器、加算器、増加値から成るデジタル部です。クロック周期毎に設定した増加値を累積した合計に加算します。累積器が溢れる時に出力が生成され、剰余が累積器に加算されます。デバイスにPLLが装備されている場合、TCFはそれをクロック元として使うことができます。

注: TCFは周辺機能クロックと非同期に動き、これは柔軟性を改善します。けれども、これは計時器の計数を読む時に遅延をもたらします。このため、TCFは正確な計時よりもむしろ周波数生成に対するより良い解決策です。

PWMでは出力を設定するのに累積器出力が使われます。その後に固定(但し使用者設定可能)のクロック周期数後、出力が解除されます。固定デューティサイクル動作では累積器出力信号が出力フリップフロップを交互切り替えし、50%デューティサイクルを生成します。

7. 実時間計数器 (RTC)と周期的割り込み計時器 (PIT)

RTCは実時間計数器(RTC:Real Time Counter)と周期的割り込み計時器(PIT:Periodic Interrupt Timer)の2つの機能を提供します。両周辺機能は32.768kHz外部クリスタルまたは内部、独立して動いている間の超低電力32.768kHzのどれかで同じクロック元を共用します。クリスタル発振器使用時、RTCは最大±127PPMの誤差で正確にすることができます。クロック元は15ビット前置分周器で縮尺(分周)することができます。

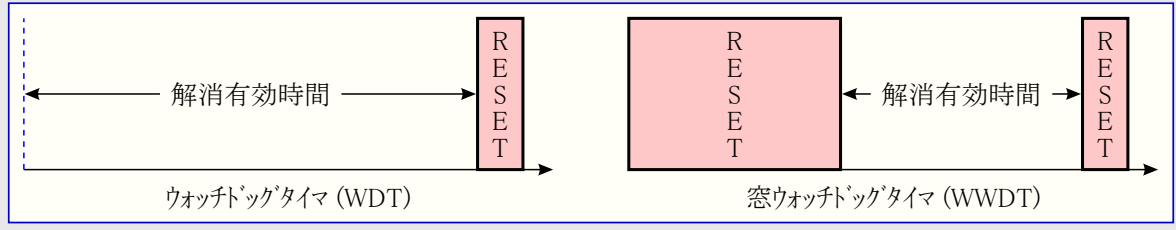
RTCは比較一致と溢れで割り込みを生成することができる一方で、PITはクロック周期の2のべき乗(例: 2/4/8/~/32768)で割り込みを生成することができます。RTCとPITの割り込みが必ずしも同期(例:同時に発生)しないことに注目することができます。PITはパワーダウン動作で継続的に機能する最適な計時器の1つなので、超低電力应用到に使われなければならない、一方でRTCはもう少し電力を使いますが、より長い周期を支援します。1kHzに縮尺(分周)したクロックで、RTC制限時間期間は18時間を超えることができます。

8. ウォッチドッグ タイマ (WDT)

WDTは周期的に解消されない場合にマイクロコントローラをリセットする特別な計時器です。多数の選択可能な制限時間期間を持ち、内部超低電力23.768kHz発振器から派生した内部1.024kHzで走行します。WDTは標準と窓の2つの動作形態を持ちます。標準動作では計数一致前にWDTが解消されなければなりません。けれども、誤りが何らかの方法で継続的にWDTを解消するなら、その後は計時器が障害を検出しないでしょう。これに対して守るために窓動作を使うかもしれません。

窓動作では設定した遅延後で計時器が起動する前にWDT解消が起きなければなりません。早すぎや遅すぎの解消の場合、WDT違反と見做されてマイクロコントローラリセットを起動します。WDTレジスタは構成設定変更保護(CCP: Configuration Change Protection)機能と制御レジスタ施錠によって保護され、これはWDT設定を迂闊に変えるソフトウェア誤りの可能性を減らします。WDTは全ての電力動作形態で動作します。

図8-1. 標準動作と窓動作の比較



9. 計時器選択ともっと知る

各計時器周辺機能の能力を理解した後、応用で必要とされる機能に最も近く一致するどれかの計時器を選んでください。多くの場合、複数の可能な計時器がその作業を実行できます。この場合、最も簡単な計時器を選び、将来の使用に利用可能なより多くの能力を持つ計時器を残してください。デバイスのデータシート、応用記述、技術概説は計時器がどう動作するか、それらに関連するレジスタ、デバイス特有の変更を詳述します。特定計時器を使うコード例はMPLAB® Discoverを探ることによって見つけることができます。

10. 改訂履歴

文書改訂	日付	注釈
A	2024年9月	初版文書公開

Microchip情報

Microchipウェブ サイト

Microchipはwww.microchip.com/で当社のウェブ サイト経由でのオンライン支援を提供します。このウェブ サイトはお客様がファイルや情報を容易に利用可能にするのに使われます。利用可能な情報のいくつかは以下を含みます。

- **製品支援** – データシートと障害情報、応用記述と試供プログラム、設計資源、使用者の手引きとハードウェア支援資料、最新ソフトウェア配布と保管されたソフトウェア
- **一般的な技術支援** – 良くある質問(FAQ)、技術支援要求、オンライン検討グループ、Microchip設計協力課程会員一覧
- **Microchipの事業** – 製品選択器と注文の手引き、最新Microchip報道発表、セミナーとイベントの一覧、Microchip営業所の一覧、代理店と代表する工場

製品変更通知サービス

Microchipの製品変更通知サービスはMicrochip製品を最新に保つのに役立ちます。加入者は指定した製品系統や興味のある開発ツールに関連する変更、更新、改訂、障害情報がある場合に必ず電子メール通知を受け取ります。

登録するにはwww.microchip.com/pcnへ行って登録指示に従ってください。

お客様支援

Microchip製品の使用者は以下のいくつかのチャネルを通して支援を受け取ることができます。

- 代理店または販売会社
- 最寄りの営業所
- 組み込み解決技術者(ESE:Embedded Solutions Engineer)
- 技術支援

お客様は支援に関してこれらの代理店、販売会社、またはESEに連絡を取るべきです。最寄りの営業所もお客様の手助けに利用できます。営業所と位置の一覧はこの資料の後ろに含まれます。

技術支援はwww.microchip.com/supportでのウェブ サイトを通して利用できます。

Microchipデバイス コード保護機能

Microchip製品での以下のコード保護機能の詳細に注意してください。

- Microchip製品はそれら特定のMicrochipデータシートに含まれる仕様に合致します。
- Microchipは動作仕様内で意図した方法と通常条件下で使われる時に、その製品系統が安全であると考えます。
- Microchipはその知的所有権を尊重し、積極的に保護します。Microchip製品のコード保護機能を侵害する試みは固く禁じられ、デジタル ミレニアム著作権法に違反するかもしれません。
- Microchipや他のどの半導体製造業者もそのコードの安全を保証することはできません。コード保護は製品が”破ることができない”ことを当社が保証すると言うことを意味しません。コード保護は常に進化しています。Microchipは当社製品のコード保護機能を継続的に改善することを約束します。

法的通知

この刊行物と契約での情報は設計、試験、応用とのMicrochip製品の統合を含め、Microchip製品でだけ使えます。他の何れの方法でのこの情報の使用はこれらの条件に違反します。デバイス応用などに関する情報は皆さまの便宜のためにだけ提供され、更新によって取り換えられるかもしれません。皆さまの応用が皆さまの仕様に合致するのを保証するのは皆さまの責任です。追加支援については最寄りのMicrochip営業所にお問い合わせ頂くか、www.microchip.com/en-us/support/design-help/client-support-servicesで追加支援を得てください。

この情報はMicrochipによって「現状そのまま」で提供されます。Microchipは非侵害、商品性、特定目的に対する適合性の何れの黙示的保証やその条件、品質、性能に関する保証を含め、明示的にも黙示的にもその情報に関連して書面または表記された書面または黙示の如何なる表明や保証もしません。

如何なる場合においても、Microchipは情報またはその使用に関連するあらゆる種類の間接的、特別的、懲罰的、偶発的または結果的な損失、損害、費用または経費に対して責任を負わないものとします。法律で認められている最大限の範囲で、情報またはその使用に関連する全ての請求に対するMicrochipの全責任は、もしあれば、情報のためにMicrochipへ直接支払った料金を超えないものとします。生命維持や安全応用でのMicrochipデバイスの使用は完全に購入者の危険性で、購入者はそのような使用に起因する全ての損害、請求、訴訟、費用からMicrochipを擁護し、補償し、免責にすることに同意します。他に言及されない限り、Microchipのどの知的財産権下でも暗黙的または違う方法で許認可は譲渡されません。

商標

Microchipの名前とロゴ、Microchip、Adaptec、AVR、AVR、AVR Freaks、BesTime、BitCloud、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、flexPWR、HELDO、IGLOO、JukeBlox、KeeLoq、Kleer、LANCheck、LinkMD、maxStylus、maxXTouch、MediaLB、megaAVR、Microsemi、Microsemi、MOST、MOST、MPLAB、OptoLyzer、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32、PolarFire、Prochip Designer、QTouch、SAM-BA、SenGenuity、SpyNIC、SST、SST、Super Flash、Symmetricom、SyncServer、Tachyon、TimeSource、tinyAVR、UNI/O、Vectron、XMEGAは米国と他の国に於けるMicrochip Technology Incorporatedの登録商標です。

AgileSwitch、ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、Flashtec、Hyper Speed Control、HyperLight Load、IntelliMOS、Libero、motorBench、mTouch、Powermite 3、Precision Edge、ProASIC、ProASIC Plus、ProASIC Plus、Quiet-Wire、SmartFusion、SyncWorld、TimeCesium、TimeHub、TimePictra、TimeProvider、ZLは米国に於ける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、EyeOpen、GridTime、IdealBridge、IGaT、In-Circuit Serial Programming、ICSP、INICnet、Intelligent Paralleling、IntelliMOS、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、Knob-on-Display、MarginLink、maxCrypto、maxView、memBrain、Mindi、MiWi、MPASM、MPF、MPLAB Certified、MPLIB、MPLINK、mSiC、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICKit、PICtail、Power MOS IV、Power MOS 7、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、Turing、USBCheck、VariSense、Vector Blox、VeriPHY、ViewSpan、WiperLock、XpressConnect、ZENAは米国と他の国に於けるMicrochip Technology Incorporatedの商標です。

SQTPは米国に於けるMicrochip Technology Incorporatedの役務標章です。

Adaptec、Frequency on Demand、Silicon Storage Technology、Symmcomは他の国に於けるMicrochip Technology Inc.の登録商標です。

GestICは他の国に於けるMicrochip Technology Inc.の子会社であるMicrochip Technology Germany II GmbH & Co. KGの登録商標です。

ここで言及した以外の全ての商標はそれら各々の会社の所有物です。

© 2024年、Microchip Technology Incorporatedとその子会社、不許複製

品質管理システム

Microchipの品質管理システムに関する情報についてはwww.microchip.com/qualityを訪ねてください。

日本語© HERO 2024.

本技術概説はMicrochipのTB3361技術概説(DS90003361A-2024年9月)の翻訳日本語版です。日本語では不自然となる重複する形容表現は省略されている場合があります。日本語では難解となる表現は大幅に意識されている部分もあります。必要に応じて一部加筆されています。頁割の変更により、原本より頁数が少なくなっています。

必要と思われる部分には()内に英語表記や略称などを残す形で表記しています。

青字の部分はリンクとなっています。一般的に赤字の0,1は論理0,1を表します。その他の赤字は重要な部分を表します。

世界的な販売とサービス

米国	亜細亜/太平洋	亜細亜/太平洋	欧州
本社 2355 West Chandler Blvd. Chandler, AZ 85224-6199 Tel: 480-792-7200 Fax: 480-792-7277 技術支援: www.microchip.com/support ウェブアドレス: 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 - 香港特别行政区 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 - 廈門 Tel: 86-592-2388138 中国 - 珠海 Tel: 86-756-3210040	インド - ハンガロール Tel: 91-80-3090-4444 インド - ニューデリー Tel: 91-11-4160-8631 インド - プネー 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 - ウェルズ 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 - ガルピング Tel: 49-8931-9700 ドイツ - ハーン Tel: 49-2129-3766400 ドイツ - ハイムブロン 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 - ホト ハシャロン Tel: 972-9-775-5100 イタリア - ミラノ Tel: 39-0331-742611 Fax: 39-0331-466781 イタリア - ハトバ Tel: 39-049-7625286 オランダ - テルネン Tel: 31-416-690399 Fax: 31-416-690340 ノルウェー - トロンハイム Tel: 47-72884388 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 - イェテボリ 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 - ウォーキングム Tel: 44-118-921-5800 Fax: 44-118-921-5820
アトランタ Duluth, GA Tel: 678-957-9614 Fax: 678-957-1455 オースチン TX Tel: 512-257-3370 ホストン Westborough, MA Tel: 774-760-0087 Fax: 774-760-0088 シカゴ Itasca, IL Tel: 630-285-0071 Fax: 630-285-0075 ダラス Addison, TX Tel: 972-818-7423 Fax: 972-818-2924 デトロイト Novi, MI Tel: 248-848-4000 ヒューストン TX Tel: 281-894-5983 インディアナポリス Noblesville, IN Tel: 317-773-8323 Fax: 317-773-5453 Tel: 317-536-2380 ロサンゼルス Mission Viejo, CA Tel: 949-462-9523 Fax: 949-462-9608 Tel: 951-273-7800 ローリー NC Tel: 919-844-7510 ニューヨーク NY Tel: 631-435-6000 サンホセ CA Tel: 408-735-9110 Tel: 408-436-4270 カナダ - トロント Tel: 905-695-1980 Fax: 905-695-2078			