

8ビット マイクロ コントローラでの処理計画

序説

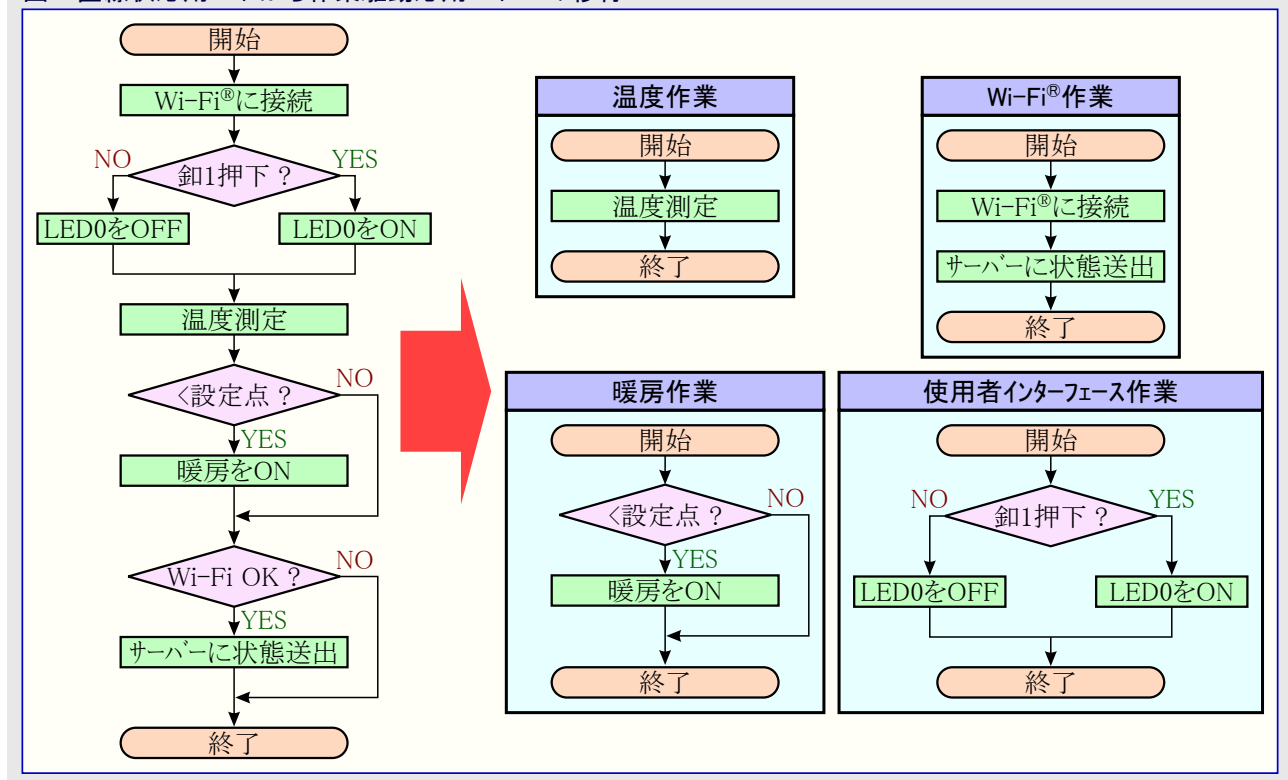
著者: Ivar Holand, M.Sc., Microchip Technology Inc.

今日の消費者市場では、製品がより多くのことを行い、消費者は一般的により多くを期待する傾向にあります。洗濯機はスマートフォン アプリで残り時間を報告します。煙探知器は点滅して警告音を出すだけでなく、それらは火災の位置を見つけるために他の煙感知器と通信し、救急隊員に警告し、音声メッセージを通じて火災の場所について消費者に知らせます。これまで釦とLEDを頼っていた多くの組み込み応用は今や違うチャネルを渡ってそれらの状態を報告してそれらの入力を得ます。簡単で度々一般商品化されたと認識される機能は基礎をなすソフトウェアとハードウェアに高い要求をします。AspenCoreのEE Times/embedded.com 2017組み込み市場調査(Embedded Markets Study)によると、19%がコードの大きさと複雑さで増す管理、それに直ぐ続いて新しい技術やツールの統合が18%、安全性関係が17%と思われる。

従来の単純な組み込み系では実時間要件が専用の基板上ハードウェアによって、またはマイクロ コントローラ(MCU)の周辺機能として面倒をみられる、直線状のコードとしてソフトウェアが開発されています。全ての周辺機能、PCBの物的資源、または予算が使い尽くされた時点で、開発者は直線状のコード内に実時間作業(タスク)を組み込み、意図する動きを得るようにシステムの微調整を強制されます。コードの再利用性が劇的に減らされ、外部ハードウェアや応用の要件での小さな変更がソフトウェア開発と応用の試験で大きな影響を与えます。

この問題に対する解決策は図1.で示されるように、待ち行列(キュー)に割り当て、優先付けし、必要とされる時に走行することを作業(タスク)に許す、或るいくつかの計画システムに移ることで、AspenCoreのEE Times/embedded.com 2017組み込み市場調査は全組み込み計画の67%がオペレーティング システム、RTOS、カーネル、ソフトウェア管理部、計画部(スケジューラ)または同様のもので行うことを示します。それらの内訳は、組み込みLinuxが22%で最大、それに直ぐ続いて20%でFreeRTOS、19%で自家製/独自です。

図1. 直線状応用コードから作業駆動応用コードへの移行



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

序説	1
1. 解決策	3
1.1. 計画なし	3
1.2. 混成ハードウェア駆動計画	3
1.3. 自作マルチタスク	3
1.4. 商用割り込み型マルチタスクシステム	3
2. ソフトウェア開発戦略の得失	4
3. 工業標準RTOS/FreeRTOS™	4
4. AVR®マイクロコントローラでFreeRTOS™を使う恩恵	5
5. 改訂履歴	5
Microchipウェブサイト	6
お客様への変更通知サービス	6
お客様支援	6
Microchipデバイスコード保護機能	6
法的通知	6
商標	7
DNVによって認証された品質管理システム	7
世界的な販売とサービス	8

1. 解決策

1.1. 計画なし

問題に対する一般的な手法は十分なCPU時間を得ることを重要な動作に保証し、タイミング制御の少ない作業が交互に扱われる方法でシステムを注意して設計することです。例は、1秒間のCPU多忙待ちの後にLEDをOFFにする代わりに、この時間を一定間隔でインターフェース釘を調べるのに使うことです。けれども、これはLED作業と釘調査作業が互いに大きく依存することを意味します。システムへのより多くの作業追加はシステム性能全体に渡って変わるのを防ぐために同じ慎重な統合を必要とします。

別の手法は全ての重要な作業を識別してそれらを割り込みや状況ハードウェアに移され、即ち、その機能はMCU周辺機能によって直接的に支援されます。低優先の作業は各作業が完了するのに必要な時間を得る'while (1)'繰り返しの移されます。この実装が正しく行われたなら、実時間が重要な作業はCPUに対して割り込みの形で状況切り替え(コンテキスト スイッチ)を使って処理されるため、システムは遅いと認識されません。タイミング要件が単純、または相対的に簡単、全ての低優先作業が常に'while (1)'繰り返しの単一経路で走行時に、開発者に対してこの実装は簡単です。この仕組みは各作業がCPU時間を協調的に次の作業に渡すため、協調マルチタスクシステムと呼ばれるものに向かっています。

作業が違う時間区間で走行することを意図される時点、または時間が重要な作業がハードウェア/割り込みの状況から'while (1)'繰り返しの移されなければならない時に、複雑さが増えます。例はLEDが1秒毎に点滅、使用者インターフェースの釘は各250msで状態変化を調べられ、アナログ感知器が2分毎に測定され、などのシステムです。前で一覧にしたもののような必要条件は、'while (1)'繰り返しの1回の通過が、使用者インターフェースを調べるためのこの例での250msである、システムで必要とされる遅延よりも長くすることはできないことを意味します。状態機構のような追加制御ソフトウェアは特定の作業が繰り返し周りで与えられた時間で走らせるべきかの制御を必要とされます。

1.2. 混成ハードウェア駆動計画

MCUは一般的に時間基準を管理するためのハードウェア機能(周辺機能)、例えば、全てが計画機構を駆動するのに使うことができる、実時間計数器/クロック、一般的なタイマ/カウンタ、システム計時、ウォッチドッグ タイマなどを提供します。共通的な手法は上で言及されたように、各作業が可能な次の時間枠での走行が当然与えられるべきか否かを制御する全域フラグと関連付けされた'while (1)'繰り返しの実装することです。関連付けされたフラグは周辺機能割り込みによって順に制御され、それは応用に応じて1つまたはいくつかのフラグを制御します。

この手法は各作業の制御とそれが当然走行を与えられる時を多少単純化します。これは応用間でもっと再利用可能なコードと作業にもします。けれども、最長実行時間を持つ作業がシステムで意図される遅延よりも長く走行することができないため、同じ遅延制限が存在します。また、利用可能な周辺機能数は利用可能な制御フラグ数を制限し、これは同様に制御可能な作業数を制限します。

1.3. 自作マルチタスク

計画部(スケジューラ)の更なる1段の進歩は作業が自発的にそのCPU時間を渡すことなく、実行途中で必要とされる時に一時停止されることを作業に許すことです。この仕組みは割り込み型マルチタスク計画機構として知られます。割り込み型マルチタスクは現在実行している作業を一時停止して次にどの作業を実行すべきかを決定するのに計画部(スケジューラ)を使う、割り込み機構を伴います。作業はもはやお互いのタイミングに依存せず、故にこれは開発者に対して増された柔軟性を意味します。

けれども、割り込み型マルチタスク機構を処理するための自作システムの開発は上で検討した他の仕組みよりもけた違いにもっと複雑です。良い割り込み型マルチタスクシステムを開発することができるには、CPU、レジスタ、RAMの基本構造の深い知識と洞察力が必要とされます。AspenCoreのEE Times/embedded.com 2017組み込み市場調査(Embedded Markets Study)は計画システムを走行するほぼ1/5の応用が自家製/独自の計画部(スケジューラ)で走行することを示します。

1.4. 商用割り込み型マルチタスク システム

割り込み型マルチタスク システムでは作業(タスク)がそれらの完了に先立って割り込まれたり停止されたりします。計画部(スケジューラ)がこれを制御するかもしれないし、または各作業がそれらの実行の或る時点で割り込まれるのを承諾するかもしれないのどちらか一方です。作業は待ち行列で到着するデータ、準備が整った合図、またはハードウェア資源が作業に対して利用可能になるなど、それらを待つ間にそれらのCPU時間を渡すことができます。強制的な割り込みと自発的な割り込みの両方の組み合わせが一般的です。作業は優先権を割り当てされることができ、より高い優先権の作業はより高い優先権の作業が走行している間、引低い優先権の作業を停止することができます。加えて、作業は例え作業が完了されていなくても、何かが起こるのを待つ間、それらのCPU時間を渡すことができ、他のより低い作業を走らせたり、または電力を浪費しないためにCPUとシステムを休止にすることを許します。

組み込み開発者用にいくつかの利用可能な商用マルチタスク システムがあります。機能に応じて、それらは簡単な計画部、オペレーティングシステム(OS)、または完全な実時間オペレーティング システム(RTOS)と見做されるそれらを提供します。いくつかは購入で入手可能で、一方で他は無料で開放ソースです。

(RT)OSは通常、使用者用に利用可能な関連関数一式を提供します。これらは構成可能な計画機構、構成可能な作業優先権、そして作業実行を制御するのに関連する多くの機能を行うことができます。共通制御関数はセマフォ(合図機構、排他制御)、ミューテックス(同期機構、排他制御)、キュー(待ち行列)、ソフトウェア タイマなどです。加えて、いくつかのシステムは内部と外部の周辺機能に対する駆動部(ドライバ)も提供します。

2. ソフトウェア開発戦略の得失

多くの組み込みシステムはそれらが計画を必要としないほどとても単純か、またはとても少ない作業(タスク)数です。基板上の周辺機能はどの実時間または計画の要件を解決することができ、例えば、計時器はLEDを点滅するのに使うことができます。外部割り込みは鉤入力に反応することができます。意図される動きを達成するのに、少数の外部信号が監視され、少数の活動が必要です。これらのシステムでは本格的なRTOS計画部は過剰で、ソフトウェアを必要以上に難しくします。加えて、総合的なソフトウェアの大きさはおそらくとても小さくて理解が容易です。応用をいくつかの実行可能な作業に分ける利点は殆どありません。この筋書きでのコード再利用はおそらくドライバレベルで保たれます。

僅かにもっと高度な応用では応用の流れを制御するのにハードウェア割り込みとの組み合わせで全域フラグと状態機構を使うことができます。作業はもっと柔軟になり、応用間で作業を再利用することが可能であるべきです。けれども、単一作業の走行時間がシステム性能全体に渡って大いに影響を及ぼすため、総合的なシステムは全ての作業を考慮して計画することが必要です。応用の複雑さと選んだMCUで利用可能なハードウェア割り込み数に応じて、これは多くの開発者に対して未だ好ましい解決策かもしれません。この実装は素直で、応用の求めに正確に合うように詠えることができ、その方法で非常に効率的なコード量です。

自作マルチタスクシステムは大きな開発努力です。一旦開発されると、この解決策は開発費用を正当化するためにいくつかの企画に使われるべきです。このシステムを開発するには、CPU、レジスタ、RAMの基本構造の詳細な知識が必要とされます。システムは意図される全てのデバイスと基盤に対して移植されて開発されなければなりません。また、計画部(スケジューラ)が定期的に重要なCPUレジスタを操作することなしにこの機能を開発することが難しいため、広範囲に渡る試験と検証が必要とされます。恩恵はシステムが応用の求めに正確に合うように詠えることができ、同様に、コードの量とコードの付随負担が最小であるべきことを意味します。

商用利用可能な(RT)OSは大きなソフトウェア階層を快適に使う開発者を必要とします。選んだ(RT)OSを学ぶために開発者に関する幾許かの費用がありますが、一旦学ぶと、(RT)OSは計画、応用、都度の基盤に渡って再利用することができます。商用利用可能な(RT)OSでの欠点はシステムが多くの異なる応用と基盤で動くことが可能な限り一般的であるように開発されていることです。開発者に関して、これは最終製品に於いていくつかのソフトウェア付随負担が存在することを意味します。殆どの(RT)OS実装は可能な限りより多くの構成の可能性を提供することによってこれに対抗しようとしています。開発者に対する最大の学習努力はしばしば(RT)OSを正しく構成設定することです。大きな恩恵は(RT)OSがいくつかのデバイス、基本構造、基盤に渡って試験されて検証されていることです。

3. 工業標準RTOS/FreeRTOS™

AspenCoreのEE Times/embedded.com 2017組み込み市場調査(Embedded Markets Study)によると、オペレーティングシステム、RTOS、カーネル、ソフトウェア管理部、計画部(スケジューラ)または同様のもの走行する応用の22%が組み込みLinuxを使っています。この文書の焦点が8ビットマイクロコントローラのため、組み込みLinuxは8ビットマイクロコントローラ用支援が欠乏しているのでやや範囲外で、組み込みLinuxを動かすのに必要とされるハードウェアも8ビットマイクロコントローラで一般的に利用可能ではありません。

同じ調査で、20%がFreeRTOS™を使っていると言及されています。FreeRTOSは8ビットAVR® MCUを支援し、長年の間そのように行っています。FreeRTOSはRTOS機能、例えば、セマフォ(合図機構、排他制御)、ミュテックス(同期機構、排他制御)、キュー(待ち行列)、ソフトウェアタイマなどに関連する多くの他の機能と共に直ぐに使える割り込み型マルチタスクを提供します。RTOSは作業(タスク)相互間タイミング要件を管理し、これは作業がお互いに幾分独立していることを意味します。これは同様に、1つの応用のために構築されたソフトウェアが殆どまたは全く変えることなく、他の応用で再利用することができることを意味します。

FreeRTOSを使うことは何れかのドライバやソフトウェアを何れかの応用に追加するように、ソフトウェアライブラリ/ソースコードをプロジェクトに追加するのと同じくらい簡単です。一旦必要とされるソースファイルがプロジェクトに追加されてしまうと、作業(タスク)は独立した決して戻らない関数として作成されます。

```
void my_task(void *pvParams)
{
    /* 有るならばここに作業(タスク)初期化コード */
    for ( ;; ) {
        /* ここに作業応用コード */
    }
}
```

以下によって作業(タスク)が計画部(スケジューラ)作業待ち行列(キュー)に追加されます。

```
xTaskCreate(my_task, "My Task", [stack size for task], NULL, [priority], NULL);
```

全ての作業が待ち行列に追加されると、RTOSは呼び出すことによって開始されます。

```
vTaskStartScheduler();
```

計画部は今や作業優先権を管理します。各作業は単一実行可能物として見るすることができます。

4. AVR®マイクロコントローラでFreeRTOS™を使う恩恵

AVR®マイクロコントローラはFreeRTOS™を支援します。ATmega4809マイクロコントローラように作られた例がAtmel | START (<http://start.atmel.com/#examples/atmega4809/freertos>)で入手可能です。いくつかのより古い例がFreeRTOSのウェブページ:<http://www.freertos.org>から入手可能です。Atmel | STARTでの例はAtmel Studioで直ぐに使えるように準備が整っています。

AVRマイクロコントローラでのFreeRTOS使用は代表的に2400バイトのフラッシュメモリと51バイト+その作業(タスク)に割り当てられた構成設定可能なヒープ(スタック)の量のRAMを消費します。前の数値は応用から1つの作業を取り除いた以外の全てを持つSTARTの例からです。1つの付加作業の追加は追加の22バイトのフラッシュメモリを消費し、各作業がヒープで割り当てられたそのスタックを得るため、追加のRAMはありません。流れ(ストリーム)支援、ミューテックス(同期機構、排他制御)、キュー(待ち行列)などのような機能の追加は想像どおりで余分なフラッシュメモリを消費します。

FreeRTOSを使うことで或る程度の付随負担がありますが、より大きなソフトウェアプロジェクトに関しては恩恵がこのコード付随負担を簡単に乗り越えます。作業(タスク)は応用と基盤間で再利用することができます。違う作業で動くことにより、開発者は応用の各種部分で自動的に動かすことができます。開発者は同じ応用に於いて他の作業に対してタイミングの問題を作り出すことを心配する必要がありません。加えて、FreeRTOSは開発者に対して、一般的に各応用を作成するのに多くの時間を費やす、多くの有用な機能も提供します。例えば、FreeRTOSでの実装に対して、緩衝部、流れ(ストリーム)、待ち行列(キュー)の機能は取るに足りません。

FreeRTOSはスタックを書くこととスタック溢れを捕まえることのようなデバッグ機能を提供します。これらの能力はFreeRTOSConfig.hファイルでconfigCHECK_FOR_STACK_OVERFLOWを”1”または”2”のどちらかに設定することによって容易に許可されます。スタック溢れ捕獲を許可するための”1”設定で、FreeRTOSはその後、作業(タスク)のスタックポインタが割り当てた領域の外側になった場合、使用者によって定義された次の関数を呼びます。

```
void vApplicationStackOverflowHook( TaskHandle_t xTask, signed char *pcTaskName );
```

”2”の設定は開始でスタックを既知の値で満たします。AVRマイクロコントローラによって提供される広範囲なデバッグ機能と共にこれらのツールは、例えば、走行時デバッグ中にSRAMの内容を読み出すことにより、作業(タスク)のメモリ消費を微調整することを容易にします。そうすれば、別の方法で検出やデバッグをすることが難しい応用でのスタック溢れの問題の位置を正確に示すことが容易です。

5. 改訂履歴

資料改訂	日付	注釈
A	2018年7月	初版資料公開

Microchipウェブ サイト

Microchipは<http://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手段として使われます。お気に入りのインターネット ブラウザを用いてアクセスすることができ、ウェブ サイトは以下の情報を含みます。

- **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相談役プログラム員一覧
- **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

お客様への変更通知サービス

Microchipのお客様通知サービスは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<http://www.microchip.com/>でMicrochipのウェブ サイトをアクセスしてください。”Support”下で”Customer Change Notification”をクリックし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
- 現場応用技術者(FAE:Field Application 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、または現場応用技術者(FAE)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<http://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デバイス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、その製品系統が今日の市場でその種類の最も安全な系統の1つであると考えます。
- コード保護機能を破るのに使われる不正でおそらく違法な方法があります。当社の知る限りこれらの方法の全てはMicrochipのデータシートに含まれた動作仕様外の方法でMicrochip製品を使うことが必要です。おそらく、それを行う人は知的財産の窃盗に関与しています。
- Microchipはそれらのコードの完全性について心配されているお客様と共に働きたいと思います。
- Microchipや他のどの半導体製造業者もそれらのコードの安全を保証することはできません。コード保護は当社が製品を”破ることができない”として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。Microchipのコード保護機能を破る試みはデジタル ミレニアム著作権法に違反するかもしれません。そのような行為があなたのソフトウェアや他の著作物に不正なアクセスを許す場合、その法律下の救済のために訴権を持つかもしれません。

法的通知

デバイス応用などに関してこの刊行物に含まれ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。Microchipはその条件、品質、性能、商品性、目的適合性を含め、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**。Microchipはこの情報とそれの使用から生じる全責任を否認します。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、Mcirochipロゴ、AnyRate、AVR、AVRロゴ、AVR Freaks、BitCloud、chipKIT、chipKITロゴ、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、Heldo、JukeBlox、KeeLoq、KeeLoqロゴ、Kleer、LANCheck、LINK MD、maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、MOST、MOSTロゴ、MPLAB、OptoLyzer、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32ロゴ、Prochip Designer、QTouch、SAM-BA、SpyNIC、SST、SSTロゴ、SuperFlash、tinyAVR、UNI/O、XMEGAは米国と他の国に於けるMicrochip Technology Incorporatedの登録商標です。

ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、Hyper Speed Control、HyperLight Load、IntelliMOS、mTouch、Precision Edge、Quiet-Wire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、BodyCom、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoAutomotive、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、EtherGREEN、In-Circuit Serial Programming、ICSP、INICnet、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、KleerNet、KleerNetロゴ、memBrain、Mindi、MiWi、motorBench、MPASM、MPF、MPLAB Certifiedロゴ、MPLAB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、PowerSmart、PureSilicon、QMatrix、REAL ICE、Ripple Blocker、SAM-ICE、Serial Quad I/O、SMART-I.S.、SQI、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Total Endurance、TSHARC、USBCheck、VariSense、View Sense、WiperLock、Wireless DNA、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。

Silicon Storage Technology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。

© 2018年、Microchip Technology Incorporated、米国印刷、不許複製

DNVによって認証された品質管理システム

ISO/TS 16949

Microchipはその世界的な本社、アリゾナ州のチャンドラーとテンペ、オレゴン州グラシャムの設計とウェハー製造設備とカリフォルニアとインドの設計センターに対してISO/TS-16949:2009認証を取得しました。当社の品質システムの処理と手続きはPIC[®] MCUとdsPIC[®] DSC、KEELOQ符号飛び回りデバイス、直列EEPROM、マイクロ周辺機能、不揮発性メモリ、アナログ製品用です。加えて、開発システムの設計と製造のためのMicrochipの品質システムはISO 9001:2000認証取得です。

日本語© HERO 2021.

本応用記述はMicrochipのAN2751応用記述(DS00002751A-2018年7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: http://www.microchip.com/support ウェブアドレス: www.microchip.com 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	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 - 香港特別行政区 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 - フネー 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: 45-4450-2828 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: 49-7131-67-3636 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 - ハドバ Tel: 39-049-7625286 オランダ - デルネン Tel: 31-416-690399 Fax: 31-416-690340 ノルウェー - トロンハイム Tel: 47-7289-7561 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 - マドリード 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