



TB3307

厳しい電気環境やコンプライアンス要件に対応する 堅牢設計実現への注意点

はじめに

半導体デバイスを備えたシステムの設計では、対象となる使用環境で発生する可能性がある有害な電気イベントから半導体デバイスを保護するための対策が不可欠です。これらの保護対策を強化する際の原動力となるのはほぼ例外なくコストですが、現場での関連する障害への対処および適合試験の繰り返しにかかる潜在的なコストはこれらのコストモデルではしばしば過小評価されます。特に低コストのコンシューマ デバイスの場合、想定したアプリケーションに対してシステムが「過剰設計」または「過剰保護」ではないと考えるのは期待としてもっともな事です。この制約が認識されている以上、対象となる使用環境に対してシステムが適切に保護され、適切なコンプライアンス要件を満たせるように慎重に検討する必要があります。詳細はMicrochip社が提供する文書『[AN2587 - EMI, EMC, EFT, and ESD Circuit Design Consideration for 32-bit Microcontrollers](#)』(DS00002587)で解説します。本書ではこれらの情報の概要に加えて特に気になる事例を紹介します。

1. EMI、EMC、EFT、ESD

各種電磁干渉イベントおよび試験要件を説明するために複数の分類があります。以下に、これらの分類の概要を説明します。

1.1 静電気放電

ESD(静電気放電)は、誘電体(電荷を蓄える物質)に蓄えられた電荷が放電経路に近付いた後に急に放電した場合、または電荷の起電力(EMF/電圧)が周囲の物質の耐電圧を超えるレベルに達した場合に発生します。通常の半導体デバイスではHBM(人体モデル)レベルのESD保護が内部に施されています。これは、ほとんどのイミュニティ適合試験の要件を満たすのに十分な保護ではありません。一般的な試験で使うイベントの立ち上がり時間、持続時間、総エネルギーは、最低レベルでもHBMイベントよりかなり厳しいものになります。実際の使用シナリオでは、HBMはシステムで通常直面する潜在的なESDの問題の1つに過ぎません。システム設計者は、IEC 61000-4-2 (IEC ESD規格)への準拠に関してデバイスメーカーが主張する内容に特に注意する必要があります。この主張は誤解を招くことがあります。詳細は『AN2587 - EMI, EMC, EFT, and ESD Circuit Design Consideration for 32-bit Microcontrollers』の「セクション2」に記載しています。

1.2 電氣的高速過渡現象

EFT(電氣的高速過渡現象)は、誘導性や容量性負荷への電力投入および遮断時等の大きな負荷変動によって発生します。同種の挙動は落雷等の外部イベントによって引き起こされることがあります。こうしたイベントに耐えるシステムの能力がIEC 61000-4-4等の規格の焦点です。一般的なEFTイベントは、一般的なESDイベントよりも持続時間が長い高エネルギーのイベントで、立ち上がり時間は長く、ゆっくりと減衰します。繰り返しはEFTの重要な要素であり、この繰り返しという性質が保護デバイス、そして場合によっては基本のシステムに、より大きなストレスを与えます。EFT用の保護デバイスはエネルギー散逸要件が大きくなるため、大型で高価になる傾向があります。MOV(金属酸化バリスタ)のように、大きなイベントがあるたびに性能が劣化するものもあります。さらに、これらのデバイスの多くは、一般的なEFTイベントの初期の高周波成分を(適合試験中に混入したものも含めて)全て吸収できるほど迅速には応答しません。詳細は『AN2587 - EMI, EMC, EFT, and ESD Circuit Design Consideration for 32-bit Microcontrollers』の「セクション3」に記載しています。

1.3 サージ、瞬低(サグ)、瞬断

サージ、瞬低(サグ)、瞬断とは電気システムに供給される動作電圧の短期的な上昇、下降、中断の事です。

1.4 電磁両立性 - 放射性および伝導性イミュニティ

EMC(電磁両立性)は、有線接続を介した伝導と周辺環境からの両方の放射による各種の有害な電気イベント(EMI)の指標が存在する環境下でシステムが動作する能力を表す名称です。

1.5 電磁干渉 - 放射性および伝導性エミッション

EMI(電磁干渉)は、電気システム操作時の意図しない副作用として起こる、または環境に起因する放射性および伝導性の電気エネルギーです。

1.6 EMI/EMCの適合試験

一般的な適合試験では、EUT(被試験機器)から発生するEMIは試験のエミッション項目(つまりFCC Part 15-B / EN 55032 / EN 61000-3)で計測されます。EMCは試験のイミュニティ項目(EN 61000-4)でカバーされます。包括的な規格と重複規格が多く存在します。ここでは北米とEUで販売される一般的な家電製品を例に挙げます。

EMIやEMCの適合試験に新製品を合格させるのはコスト面でもスケジュール面でも難題です。設計プロセスの早い段階で緩和策を講じ、製品開発中もこれらの問題を優先させる事で適合試験の際に大きな成果が得られます。詳細は『[AN2587 - EMI, EMC, EFT, and ESD Circuit Design Consideration for 32-bit Microcontrollers](#)』の「セクション5」に記載しています。

2. 半導体デバイス障害モード

2.1 分類

IEC 62132-1で定義されている半導体デバイス障害の分類を以下に示します。

- A - 障害の発生中も発生後も正常に動作する。
- B - 正常に動作するものの、機能仕様から逸脱する可能性がある。
- C - 機能的な障害。ただし、介入しなくても正常な状態に戻る。
- D - 機能的な障害。リセット後に正常な状態に戻る。
- E - 機能的な障害。正常な状態に戻らない。

2.2 障害モード

以下に、電氣的妨害でMCUに発生する一般的な障害モードをいくつか示します。

1. BOR(ブラウンアウト リセット)
2. RAMメモリの破損(誤動作が発生して復旧のためにリセットが必要となる)
3. フラッシュメモリの破損(コンフィグレーション データまたはプログラムメモリが劣化し、再プログラムおよび再設定するまでシステムが機能しない可能性がある)
4. ゲート ラッチアップ (イベント発生後すぐに電源を再投入しないとデバイスが破壊される可能性がある)

これらの障害モードの詳細は『[AN2587 EMI, EMC, EFT, and ESD Circuit Design Consideration for 32-bit Microcontrollers](#)』に記載しています。



Important: フラッシュメモリは、蓄積した電荷の量で情報を保存するという原理を利用しています。この電荷に乱れが生じると情報に影響を与え、結果としてデータ破損が発生します。この乱れの原因として高周波伝導性EMIがあります。設置箇所ですべて確実に動作するシステムを構築するためにMCUを高周波EMIから保護する事が不可欠です。

3. ESD/EFT/EMI/EMCの緩和戦略

3.1 部品の選択

完璧な部品は存在しません。現実の設計では部品の制約に対処しなければなりません。コンデンサは、理想的な性能からの逸脱が設計プロセスで考慮されない事が多い部品と言えるでしょう。誘電体材料には周波数と温度の制約があります。性能の制約の種類はデバイス パッケージによっても異なります。誘電率が低下し、高周波でパッケージ インダクタンスの影響が大きくなると、コンデンサが開回路のようになる事もあります。

コンデンサ選択については『[AN2587 EMI, EMC, EFT, and ESD Circuit Design Consideration for 32-bit Microcontrollers](#)』の「セクション4」に記載しています。

3.2 保護部品の選択

保護部品の選定には多くの重要な検討事項がありますが、特に重要なのはコストです。保護回路の過剰設計は通常、選択肢にはなりません。設計は、想定動作環境とコンプライアンス要件に適合するようにスケーリングする必要があります。コストに加えて一般的な検討項目を以下に示します。

- 保護された回路の動作電圧または電流
- 保護された回路の動作周波数、保護デバイスの許容リアクタンス
- 予測されたイベントのイベント電圧と総エネルギー
- 予測されたイベントの立ち上がり時間

詳細と例は『[AN2587 - EMI, EMC, EFT, and ESD Circuit Design Consideration for 32-bit Microcontrollers](#)』の「セクション12」に記載しています。

3.3 ケーブル

ケーブル配線、特に低電圧と信号のケーブル配線は堅牢な設計を作成する上で最も忘れがちな検討事項の1つです。電気イベントがシステム内に入らないようにするのが一番です。クランプオン フェラ이트 フィルタは、ケーブルの伝導性EMIを低減する優れたソリューションですが、このデバイスはコストがかさみます。ワイヤ、ケーブル、コネクタのタイプはケーブルに誘導されるEMIの量に大きく影響するため、EMIを管理するための労力とコストを軽減できます。詳細は『[AN2587 - EMI, EMC, EFT, and ESD Circuit Design Consideration for 32-bit Microcontrollers](#)』の「セクション8」と「セクション12」に記載しています。

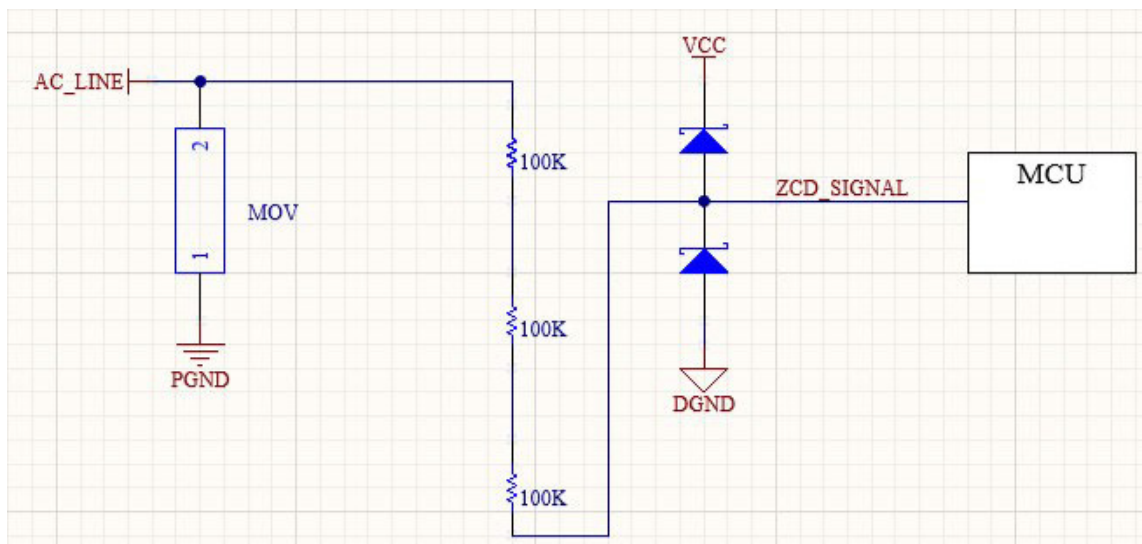
3.4 PCBレイアウト

EMI/EMCに対しては設計プロセスの最初の段階から最後まで配慮する必要があります。EMI/EMCへの配慮が特に必要となるのがPCBレイアウトです。部品配置、層の数、配線選択、配線ルールは可能な限りEMI/EMCを考慮した上で進める必要があります。プロセスの開始時にEMI/EMCに積極的に対処する事が最善策です。プロセスの初期段階でEMI/EMCに対処しておかないと、適合試験の問題、追加コスト、遅延、現場でのシステムの不具合につながる可能性があります。詳細と例は『[AN2587 - EMI, EMC, EFT, and ESD Circuit Design Consideration for 32-bit Microcontrollers](#)』の「セクション7」に記載しています。

4. 使用例 - ゼロクロス検出回路

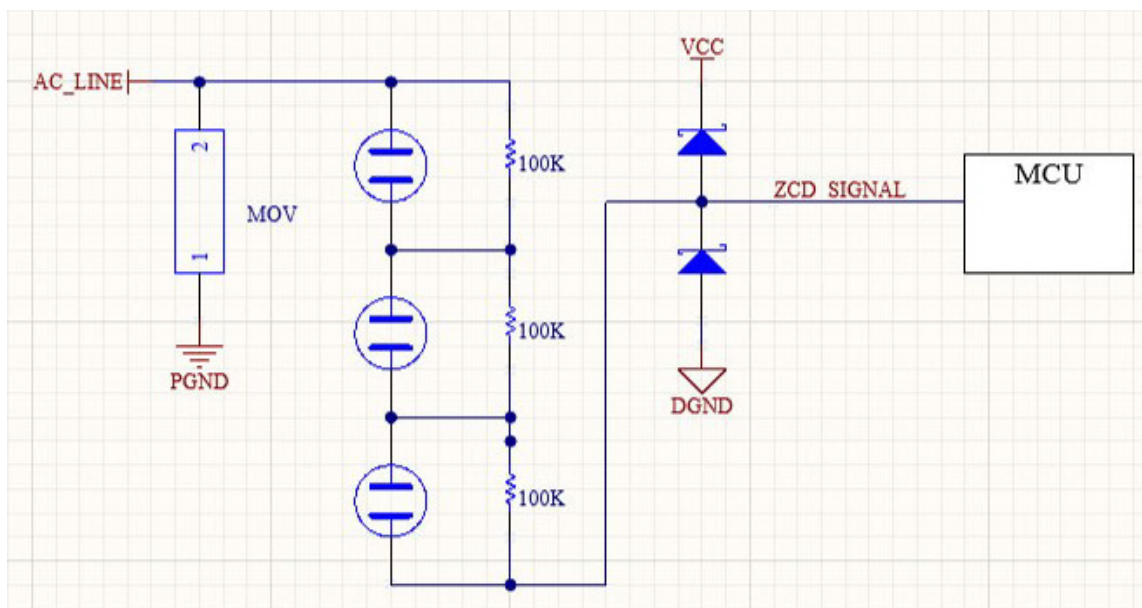
高電圧AC電源からゼロクロス信号を生成するには、直列抵抗のブートストラップ スtringを使うのが一般的です。下図に、この回路のシミュレーション例を示します。全ての部品が理想的であれば、この回路は計画通りに動作し、VCCよりダイオード1段分上またはDGNDよりダイオード1段分下の信号を出力します。

図4-1. ゼロクロス検出回路



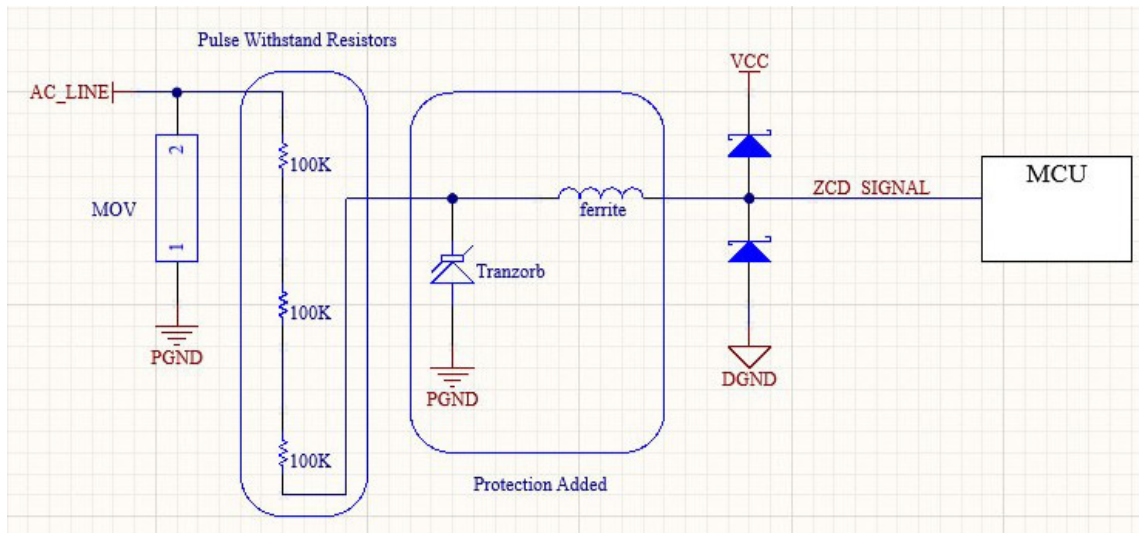
下図に、MOV(高電圧レグの電圧イベントから保護する素子)のサージ除去能力が劣化するか、またはその保護能力を超えるイベントにより凌駕された時に何が起ころうかを示します。これを表す良い例が、劣化したMOV(金属酸化物バリスタ)が立ち上がり時間20 ns未満のEFTパルスに凌駕される事です。この場合、抑制されないパルスが一定のEMF(電圧)に達すると、直列抵抗のパルス耐量を凌駕して電流が直列抵抗をアーチ状に渡る可能性があります。これはスパークギャップ要素を加えたモデルで描かれています。このため、設計時(および代用品のない製造時)には、これらの抵抗の定格動作電圧だけでなくパルス耐量も考慮する事が不可欠です。

図4-2. スパークギャップ障害の等価回路を含むゼロクロス検出回路



下図では、MOVによってモデル化された保護デバイスに制約があります。数百MHzの周波数帯にある電気イベントの一部の成分はおそらくシステムに伝導します。下図に、小さなフェライトビーズを追加する事でこの伝導を緩和する方法の1つを示します。これらのデバイスは小型のSMTパッケージで提供され、低DCRです。1種類のデバイスを選択すると、アプリケーション内の類似する多くのフィルタ処理要件を満たす事ができます。フェライトビーズが電源/信号のグラウンドプレーン移行部分をまたぐのが理想です。環境の厳しさとブートストラップ(ZCD_SIGNAL)で使うショットキーダイオードの定格に応じて、設計者はTransorbと表示される低電圧TVSデバイスを追加する事もできます。これは1つの戦略であり、これ以外の多くの戦略は『AN2587 - EMI, EMC, EFT, and ESD Circuit Design Consideration for 32-bit Microcontrollers』の「セクション12」に記載しています。

図4-3. 追加保護



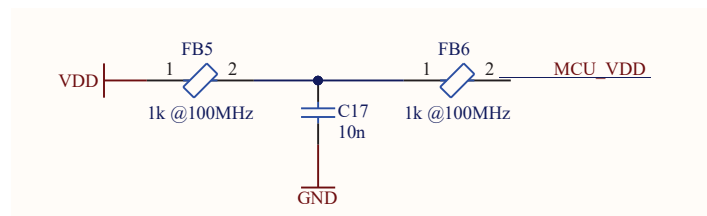
5. 一般的な組み込み制御PCB設計に関する注意

システム内のMCUにクリーンな電源レールを提供し、それを維持する事は信頼性の高い動作を実現するためにきわめて重要です。数百MHzの周波数帯の成分を持つ誘導性高周波イベントは一般的な現象であり、コンデンサだけでは軽減されません。こうした非常に高い周波数では、電源レールのコンデンサがパッケージのインダクタンス成分によって、開回路のように見え始めます。EMIのこれらの超高周波信号成分が大きく持続的な場合、RAMおよびフラッシュメモリの破損を引き起こす可能性があります。フラッシュメモリが破損した場合、電源の再投入ではシステムを復帰させる事はできません。

SMPS(スイッチング モード電源)等の内部EMI発生源はこうした設計上の課題を悪化させる可能性があります。これらの課題を解決するには、電源スイッチング トレースを可能な限り短くして導電性にし、配置配線禁止域の設定、電源インダクタのシールド要件、グランドプレーンの隔離に配慮する事がきわめて重要です。

下図に、MCUへの電源レールを100 MHz以上の過剰なEMIから守るための緩和戦略として組み込む事ができる「T」フィルタを示します。この周波数帯では、システムクロック、高周波信号トレース、SMPSのスイッチング高調波によって発生するEMIが頻発します。

図5-1. VDD Tフィルタ



組み込みシステムPCB内およびその周辺のEM抑制策として一般的に以下の戦略が考えられます。

- デバイスのデータシートおよびデバイス固有の文書に記載されている全てのプレーンおよび電源配線のガイドに従う。
- より広い帯域でEMIを減衰させるために1桁から2桁の値の異なるペア(100 nF、10 nF、1 nFのペア等)でデカップリングを追加する。
- コストに余裕があれば、100 pFレンジの高周波コンデンサを並列に追加する。これにより、数百MHzの高周波帯のEMIを抑制できます。
- デカップリング コンデンサはデバイスパッドに極力隣接配置し、かつGNDプレーンへのビアを接近配置する。
- クロックとI/Oのスルーレート制限やフィルタ処理によって不要な高周波成分を抑制する。
- クロック信号のディザリングによってEMIエネルギーを広い周波数帯域に拡散する。
- トレース間の「クロストーク」を制限するためのPCB配線ルールを設定してそれに従う。
- 絶縁部品(電磁または光学)、フェライト、TVSで全ての基板I/OをEMIから確実に保護する。

設計のアプローチは、アプリケーション要件に従って慎重に調整する必要があります。

その他の緩和戦略は『[AN2587 EMI, EMC, EFT, and ESD Circuit Design Consideration for 32-bit Microcontrollers](#)』に記載しています。包括的かつ詳細なガイダンスはこの文書を参照してください。

6. 参考情報

以下の参考情報を参照してください。詳細はMicrochip社または正規代理店にお問い合わせ頂くか[Microchip社ウェブサイト](#)をご覧ください。

- AN2587 EMI, EMC, EFT, and ESD Circuit Design Consideration for 32-bit Microcontrollers:
www.microchip.com/content/dam/mchp/documents/OTH/ApplicationNotes/ApplicationNotes/00002587A.pdf
- International Electrotechnical Commission (IEC):
www.iec.ch/homepage
- Federal Communications Commission (FCC):
www.fcc.gov/
- European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC):
www.cenelec.eu/european-standardization/european-standards/

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簡単に見つけ出せます。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** - 製品セレクトと注文ガイド、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。各地の営業所もご利用になれます。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。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 Solutions Company、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。

© 2022, Microchip Technology Incorporated and its subsidiaries. All Rights Reserved.

ISBN: 978-1-6683-0254-5

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 アトランタ Duluth, GA Tel: 678-957-9614 Fax: 678-957-1455 オースティン、TX Tel: 512-257-3370 ボストン 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 サンノゼ、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