
32 ビット マイクロコントローラ WLCSP (ウェハーレベル チップスケール パッケージ)

はじめに

WLCSP(ウェハーレベル チップスケール パッケージ)はシリコンダイと同じサイズに縮小した最小のパッケージです。WLCSP の製造ではバンピング、ボール ドロップ、テストをウェハーレベルで行います。ウェハーをカットして製品(通常テープ&リールメディアで梱包)にするのはこれらのプロセスを経た後です。QFP と QFN 等の従来のリード フレーム パッケージでは、まずウェハーをカットし、ワイヤ ボンディングでリードフレームにダイを取り付け、モールド コンパウンドで封止する事でパッケージ化されたシリコンを製造します。パッケージ化されたシリコンに対してテストを行い、トレイ、チューブ、テープ&リールメディアで梱包します。

Note:

1. バンピングは、シリコンダイ上にはんだ接続バンプを形成する高度なプロセスです。
2. ボールドロップは、バンプ形成済みのシリコンダイにはんだボールを付着させるプロセスです。

WLCSP は独自の製造プロセスでリードフレームやモールド コンパウンドを不要としたため、リードフレーム ベースのパッケージに比べると脆弱です。そのため、WLCSP パッケージは一般的な車載および産業アプリケーションでは望ましくないと見なされますが、スマートフォン、ウェアラブル、ヘッドフォン、タブレット端末用アクセサリ(例えばスタイラスペン)等、スペースに制約のあるアプリケーションでは小型である事が高く評価されています。Microchip 社の 32 ビット SAM 製品群の中で最も小さい WLCSP パッケージは、20 ピンを備えた 1.9 mm x 2.4 mm サイズの SAMD11 Cortex® M0+ MCU です。WLCSP には、SAM D5x/E5x および SAMG5x シリーズ等、より高性能な Cortex M4F ファミリー向けのものもあります。WLCSP パッケージに加えて、Microchip 社は 32 ビット PIC®および SAM MCU 製品群向けに堅牢で PCB への実装が容易な小型リードフレーム ベースのパッケージも提供しています。パッケージには 24 ピン VQFN 4 mm x 4 mm と 32 ピン VQFN 5 mm x 5 mm があります。スペースに制約のあるアプリケーションのタイプによっては、これらの VQFN の方が一般的であり、高温対応、機械的応力、取り扱い、アセンブリに配慮しなければならない WLCSP の代替品と見なす事ができます。WLCSP パッケージのアセンブリと表面実装を支援するために本書後半にガイドラインを記載しています。

目次

はじめに.....	1
1. ブートローダ.....	3
2. プログラミング.....	5
3. 注文時のガイドライン.....	6
4. 梱包、出荷、SMT(表面実装)時の WLCSP の取り扱いについて.....	7
5. リワーク.....	8
6. SMT(表面実装)のガイドラインと PCB のベスト プラクティス.....	9
7. 参考資料.....	11
Microchip 社のウェブサイト.....	12
製品変更通知サービス.....	12
お客様サポート.....	12
Microchip 社のデバイスコード保護機能.....	12
法律上の注意点.....	12
商標.....	13
品質管理システム.....	14
各国の営業所とサービス.....	15

1. ブートローダ

本セクションでは、書き込み済みのブートローダを実装した Microchip 社の WLCSP ファミリデバイス、使用するプロトコル、端子割り当ての詳細について説明します。また、ブートローダをサポートする非 WLCSP ファミリデバイスの詳細についても説明します。

ブートローダ ライブラリを使うと、外部のプログラマ/デバッガを使わずにターゲット デバイスのファームウェアをアップグレードできます。

ブートローダはデバイスの動作を開始する小さなアプリケーションです。ブートローダはデバイスを完全には動作させませんが、メイン アプリケーションを起動する前に以下の機能を実行できます。

- ファームウェアのアップグレード
- アプリケーションの一貫性
- アプリケーションの起動

下表に、工場で書き込み済みのブートローダを含む WLCSP ファミリデバイスのリストを示します。

表 1-1 WLCSP ファミリデバイスのリスト

ファミリ	アプリケーションノート	プロトコル	コメント
SAMD1x	-	UART	-
SAMD20	AT09002	I ² C/SPI	AT09002 SAM I ² C - SPI ブートローダ
SAMD21	AT09002	I ² C/SPI	AT09002 SAM I ² C - SPI ブートローダ
SAMC2x	AT09002	UART/I ² C	AT09002 SAM I ² C - SPI ブートローダ
SAML1x	-	UART	-
SAML21	AT09002	I ² C/SPI	AT09002 SAM I ² C - SPI ブートローダ
SAML22	AT09002	I ² C/SPI	AT09002 SAM I ² C - SPI ブートローダ
SAMD5x/ E5x	-	UART	-
SAMG5x	AT09002	I ² C	AT09002 SAM I ² C - SPI ブートローダ

Note: WLCSP のデバイスは工場で書き込み済みのブートローダを含んでいます。詳細は正規代理店にお問い合わせください。

ハードウェア端子割り当て

下表に、WLCSP ブートローダの I²C と SPI の端子割り当てを示します。

表 1-2 I²C と SPI の端子割り当て

ピン機能	SAML21	SAML22	SAMD1x	SAMD20	SAMD21	SAMC2x	SAMG5x
Reset	RESETN	RESETN	RESETN	PB12	RESETN	RESETN	RESETN
SDA	PA08	PA12	PA06	PA08	PA08	PA22	PA03
SCL	PA11	PA13	PA05	PA09	PA11	PA23	PA04
MISO	PA08	PA12	PA06	PA08	PA08	-	PA12
MOSI	PA11	PA15	PA05	PA18	PA11	-	PA13

.....続き

ピン機能	SAML21	SAML22	SAMD1x	SAMD20	SAMD21	SAMC2x	SAMG5x
SCK	PA09	PA13	PA07	PA09	PA09	-	PA14
ハンドシェイク ピン	PA27	PA16	PA14	PB13	PA14	-	PA01
CS	PA10	PA14	PA04	PA17	PA10	-	PA11

下表に、WLCSP ブートローダの UART 端子割り当てを示します。

表 1-3 UART - 端子割り当て

デバイス	UART TX	UART RX	エントリ
SAMC2x	PA22	PA23	PA19
SAML1x	PA22	PA12	PA19
SAMD5x	PB12	PB13	PA27

Note:

- ブートローダ エントリピンはアクティブ Low であり、その値はブートローダの実行開始時にサンプリングされます。ピンのサンプリング前に内部プルアップ抵抗は有効になっていますが、ノイズ耐性を改善するためにブートローダ エントリピンを外部からプルアップする事を推奨します。
- このブートローダが使う UART 設定は 115200 8N1 です。
- 本ブートローダは UART baud レートの自動チューニングをサポートしています。この機能は baud レート値を正確に設定できないホストで便利です。自動チューニングはいつでも実行できます。自動チューニングを実行するには、ホストはブ레이크信号(Low を 11 ビット以上)を送信し、続けて 0x55 を送信します。この要求に対する応答はありません。

下表に、工場で書き込み済みのブートローダを備えた非 WLCSP ファミリデバイスのリストを示します。

表 1-4 工場で書き込み済みのブートローダを備えた非 WLCSP ファミリデバイス

ファミリ	プロトコル	コメント
SAM4S/ SAM4E/ SAM4C/ SAM3x	UART/USB	16 KB ROM: ブートローダ ルーチン(UART、USB)と IAP ルーチン内蔵。
SAM E70/ S70/V70/V71	UART/USB	16 KB ROM: ブートローダ ルーチン(UART、USB)と IAP ルーチン内蔵。

ブートローダをプログラミングするためのオプションは以下の通りです。

- ウェハレベルで Microchip 社がプログラミング済み(Quick Time Programming)
- Microchip 社のオフボード (チップ単体) プログラミング(microchipDIRECT プログラミング サービス)
- ユーザによるオンボード プログラミング
- ユーザによるオフボード プログラミング

ブートローダの使い方:

- ブートローダ ライブラリの動作の詳細は <https://github.com/Microchip-MPLAB-Harmony/bootloader> を参照してください。

2. プログラミング

Microchip 社の WLCSP は、ウェハーレベルまたはパッケージレベルでユーザのコードを使って事前にプログラミングできます。ウェハーレベルで行う QTP (Quick Time Programming)は部品を注文するユーザ固有のパターンを受け取ってプログラミングします。パッケージレベルでのプログラミングでは、HEX コードをアップロードする事で microchipDIRECT プログラミング サービスを利用できます。

3. 注文時のガイドライン

32ビット SAM MCU で提供される Microchip 社の WLCSP には、-40 °C ~ 85 °C の温度範囲に対応しているものと -40 °C ~ 105 °C の温度範囲に対応しているものがあります。注文受付後の製品のキャンセル、返品はできません。ユーザは CRD(Customer Request Date)をプッシュアウトできませんが、プルインは可能です。量産用に発注する WLCSP は MoQ(最小注文数量)を満たす必要があります。MoQ は製品ファミリーによって 10,000 個から 85,000 個までの範囲があります。パイロットまたは評価ビルドでは、MoQ 未満の注文を許可するために承認が必要です。MoQ 未満の注文が必要な場合、正規代理店までお問い合わせください。

4. 梱包、出荷、SMT(表面実装)時の WLCSP の取り扱いについて

以下の情報は、表面実装アプリケーション用で、MBB(防湿袋)に梱包された WLCSP 製品に必須の取り扱い方法について説明したものです。これらの取り扱いガイドラインを遵守する事により、各コンポーネントの出荷時の乾燥状態を維持し、表面実装プロセスで発生する可能性があるパッケージの亀裂およびその他の水分に関連する応力の影響を軽減できます。ピンセットを使って手作業で部品を取り扱う事はチップアウト (シリコンの亀裂)の恐れがあるので避けてください。

1. 受領時の検査:

製品の受領時に、出荷された袋の気密性を検査する必要があります。袋の中身または袋の内層を露出させるどんな穴、削られた跡、裂け目、穿孔もない事を確認します。

2. 保管条件/保管寿命:

JEDEC 仕様 J-STD-033 に従って MSL-1 デバイスを保管した場合、保管寿命に期限はありません。

3. MBB の開封:

MBB を開封する場合、袋の上部を横に切って、封入物を傷つけないように注意してください。袋を開封したら、次のセクションの環境暴露時間に関するガイドラインに従ってデバイスを規定湿度未満に維持します。

4. 製造条件/フロアライフ:

Microchip 社は表面実装部品を耐湿性レベルで分類しています。MBB のラベルには耐湿性レベルと許容フロアライフを記載しています。MBB を開封した後、MBB のラベルに記載された時間内に袋の中の各部品を表面実装してリフローする事を Microchip 社は推奨しています。この時間は、30 °C/60% RH の上限を超えず、はんだリフロー時の部品本体温度が最大 260 °C の製造環境に基づいています。この時間内に部品を実装できない場合、J-STD-033 に規定された保管環境にただちに入れるか、できるだけ早く MBB に封入する必要があります。

5. MBB への再封函:

何らかの理由で MBB へ再封函する必要がある場合、袋の封から湿気が入らないようにするために Microchip 社は以下のガイドラインを推奨しています。JEDEC J-STD-033 仕様で規定した荷重および温度条件下で封函部に剥離が生じない事が必要です。封函の気密性はデバイスの保管寿命に不可欠です。

5. リワーク

PCB リワーク時に取り外した WLCSP 部品は、さらなる FA(不具合の解析)作業に使う必要がない限り製品用アセンブリに再利用しないでください。

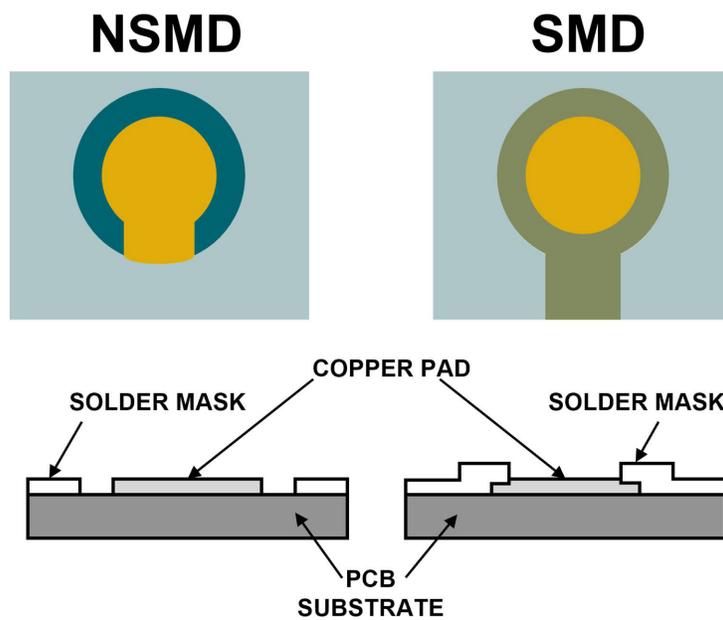
WLCSP のリワークプロセスは BGA タイプのパッケージのリワークプロセスと同様です。リワークプロセスでは以下の手順を実行します。

- **部品の取り外し:** 故障した部品は、コンポーネントの上部と PCB を加熱している下部に熱風を当ててボードから取り外す必要があります。FA 作業に不要な場合、取り外した故障部品は廃棄してください。
- **PCB の洗浄:** 新しい部品を取り付けるために PCB ランド部位の洗浄と仕上げ処理が必要です。はんだ除去装置またははんだコテおよびはんだ吸い取り線等を使う事で、はんだマスク材料とパッドにダメージを与える事なく効果的に残留はんだを除去できます。PCB の銅パッドが剥離する事があるため、適用温度が 245 °C を超えないように注意してください。また、フラックス等の残渣除去も必要に応じて実施します。
- **はんだペーストの付着:** はんだペーストの付着には、量産用と同じ厚みと開口部を持つ小型ステンシルを使う必要があります。部品配置前にプリントされたはんだペーストを検査し、均一で十分な量が付着しているかを確認する必要があります。
- **部品の配置:** 新しい WLCSP 部品を選択し、対応するフットプリントに正確にアライメントして配置するために、真空ノズルとビジョンシステムを備えた WLCSP リワーク用ステーションを使う必要があります。
- **リワークリフロー:** その後、量産リフロー プロファイルと同様の温度プロファイルを使って、交換した WLCSP コンポーネントを PCB にはんだ付けします。WLCSP リワーク用ステーションは通常、部品に応じて選択するプログラマブルなリフロー プロファイルを備えています。

6. SMT(表面実装)のガイドラインと PCB のベスト プラクティス

WLCSP は表面実装可能なパッケージで、外部接続用に底面をはんだボールで仕上げています。全ての WLCSP のランドパターン設計は IPC-7351 および IPC-7095 規格に基づいています。下図に示すように、全ての基板のパッドに対して NSMD (Non Solder Mask Defined)パッド デザインを推奨します。

図 6-1 NSMD および SMD ボードパッド定義



NSMD ボードパッド構成では、はんだが Cu パッドの側面にしっかりと付着し、WLCSP パッケージと PCB パッドの間のはんだ接合部の強度が向上するため、SMD パッドよりも強固なはんだ接合が実現します。SMD パッドでは、はんだマスクのエッジがはんだピンの根元に応力を発生させ、はんだ接合部の亀裂を引き起こす可能性があります。NSMD では、パッドのはんだ濡れ領域をはんだマスクではなく定義された Cu 領域で決定する必要があります。これが有利な理由は、はんだマスク実装作業よりも Cu エッチング プロセスの方が厳密にコントロールできるためです。さらに、NSMD 設計ではパッドサイズを小さくする事で、PCB 上の狭小ピッチ配線のためのスペースも確保しています。

図 6-2 NSMD はんだ接合部の断面図



WLCSP の部品サイズには、PCB 設計プロセスで最適な信頼性、処理、性能の面で注意が必要です。下図に、代表的なランドパターン情報の例を示します。さらに、ユーザは以下のルールを考慮しながら PCB を設計する必要があります。

- PCB ラミネートのガラス転移温度が想定アプリケーションの動作範囲より上であれば、最良の信頼性結果が得られます。
- Ni/Au 表面仕上げは鉛フリーはんだデバイスには推奨できません。また、OSP (水溶性プリフラックス)の表面仕上げは優れた信頼性を実現します。

- PCB ランドパッドから離れた位置に配線される Cu トレースでは、(NSMD パッド用)はんだマスク開口部内の露出部の幅が 100 μm 未満(推奨値は 75 μm)にする必要があります。トレースの幅を広くすると、部品のスタンドオフが減少してはんだ接合部の信頼性が影響を受けます。
- はんだ濡れ性と表面張力の偏りによる想定外の部品の動きを避けるため、WLCSP デバイスから離れたトレース配線は X 方向と Y 方向にバランス良く配置する必要があります。
- 無洗浄はんだペースト。

図 6-3 一般的な WLCSP PCB ランドパターン

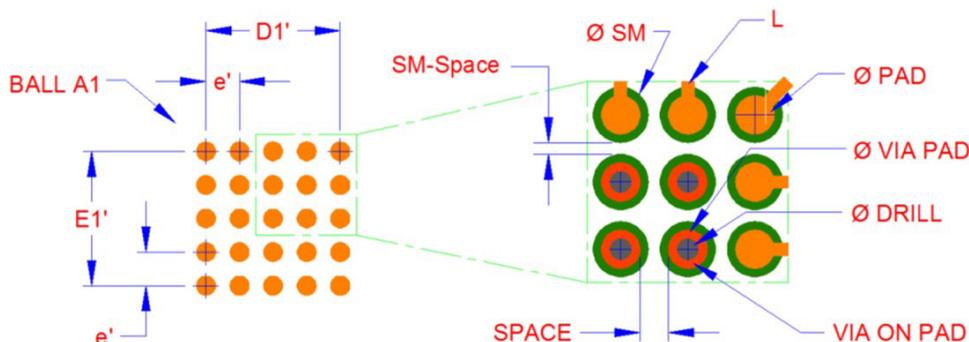


表 6-1 ランドパターンの記号とサイズ

記号	Min.	Typ.	Max.
D1'/E1'		1.600	
e'		0.400	
ØPAD	0.200	0.230	-
ØSM	0.300	0.330	-
トレース幅(L)	-	0.075	-
スペース(Cu から Cu)	-	0.170	-
SM スペース	-	0.070	-
ØVIA PAD	0.200	0.230	-
ØDRILL	0.100	0.125	-

Note:

- 各 WLCSP の PCB ランドパターンのガイドラインと寸法は、www.microchip.com/Packaging を参照してください。
- この PCB ランドパターンの情報はガイドラインとしてのみご利用ください。その他、エンドユーザのレイアウトと設計、製品固有のアプリケーション、実際の経験を考慮して最適な部品実装プロセスのための最終的な PCB ランドパターンを決定する必要があります。

リフローはんだ付けとプロファイリング

全ての SMT 部品と同様に、全ての新しいボード設計において温度プロファイルを監視する事が重要です。また、ボード上に複数のパッケージがある場合、複数の位置で温度プロファイルを計測する必要があります。部品温度は、周囲の部品、ボード上のデバイスの位置、パッケージの密度によって変化する事があります。WLCSP コンポーネントのセルフアライメント効果を最大にするために、はんだペーストの最高リフロー温度仕様を超えない事を推奨します。

ボード上の鉛フリー-WLCSP コンポーネントに最適なリフロー プロファイルを開発するために、Microchip 社は業界仕様 IPC-7095 および J-STD-020 のガイドラインに従う事を推奨します。

7. 参考資料

以下の文書は参照目的で使用します。詳細は [Microchip 社ウェブサイト](#) でご覧頂くか正規代理店にお問い合わせください。

- Microchip パッケージの詳細:
www.microchip.com/packaging
- QTP プロセスの詳細:
www.microchip.com/QTP
- microchipDIRECT プログラミング サービスの詳細:
www.microchipdirect.com/programming
- WLCSP のパッケージ アプリケーション ノート:
ww1.microchip.com/downloads/cn/AppNotes/cn584848.pdf
- Atmel AVR211: ウェハーレベル チップスケール パッケージ:
ww1.microchip.com/downloads/en/Appnotes/doc42007.pdf
- 統一された Microchip ブートローダ:
www.microchip.com/promo/unified-bootloaders
- パッケージ画面:
www.microchip.com/en-us/support/package-drawings
- MPLAB Harmony v3 ブートローダ:
github.com/Microchip-MPLAB-Harmony/bootloader

Microchip 社のウェブサイト

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、Liberio、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、PICKtail、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、ZENAI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: 978-1-6683-0253-8

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
<p>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</p> <p>アトランタ Duluth, GA Tel: 678-957-9614 Fax: 678-957-1455</p> <p>オースティン、TX Tel: 512-257-3370</p> <p>ボストン Westborough, MA Tel: 774-760-0087 Fax: 774-760-0088</p> <p>シカゴ Itasca, IL Tel: 630-285-0071 Fax: 630-285-0075</p> <p>ダラス Addison, TX Tel: 972-818-7423 Fax: 972-818-2924</p> <p>デトロイト Novi, MI Tel: 248-848-4000</p> <p>ヒューストン、TX Tel: 281-894-5983</p> <p>インディアナポリス Noblesville, IN Tel: 317-773-8323 Fax: 317-773-5453 Tel: 317-536-2380</p> <p>ロサンゼルス Mission Viejo, CA Tel: 949-462-9523 Fax: 949-462-9608 Tel: 951-273-7800</p> <p>ローリー、NC Tel: 919-844-7510</p> <p>ニューヨーク、NY Tel: 631-435-6000</p> <p>サンノゼ、CA Tel: 408-735-9110 Tel: 408-436-4270</p> <p>カナダ - トロント Tel: 905-695-1980 Fax: 905-695-2078</p>	<p>オーストラリア - シドニー Tel: 61-2-9868-6733</p> <p>中国 - 北京 Tel: 86-10 -8569-7000</p> <p>中国 - 成都 Tel: 86-28-8665-5511</p> <p>中国 - 重慶 Tel: 86-23-8980-9588</p> <p>中国 - 東莞 Tel: 86-769-8702-9880</p> <p>中国 - 広州 Tel: 86-20-8755-8029</p> <p>中国 - 杭州 Tel: 86-571-8792-8115</p> <p>中国 - 香港SAR Tel: 852-2943-5100</p> <p>中国 - 南京 Tel: 86-25-8473-2460</p> <p>中国 - 青島 Tel: 86-532-8502-7355</p> <p>中国 - 上海 Tel: 86-21-3326-8000</p> <p>中国 - 瀋陽 Tel: 86-24-2334-2829</p> <p>中国 - 深圳 Tel: 86-755-8864-2200</p> <p>中国 - 蘇州 Tel: 86-186-6233-1526</p> <p>中国 - 武漢 Tel: 86-27-5980-5300</p> <p>中国 - 西安 Tel: 86-29-8833-7252</p> <p>中国 - 厦門 Tel: 86-592-2388138</p> <p>中国 - 珠海 Tel: 86-756-3210040</p>	<p>インド - バンガロール Tel: 91-80-3090-4444</p> <p>インド - ニューデリー Tel: 91-11-4160-8631</p> <p>インド - プネ Tel: 91-20-4121-0141</p> <p>日本 - 大阪 Tel: 81-6-6152-7160</p> <p>日本 - 東京 Tel: 81-3-6880-3770</p> <p>韓国 - 大邱 Tel: 82-53-744-4301</p> <p>韓国 - ソウル Tel: 82-2-554-7200</p> <p>マレーシア - クアラルンプール Tel: 60-3-7651-7906</p> <p>マレーシア - ペナン Tel: 60-4-227-8870</p> <p>フィリピン - マニラ Tel: 63-2-634-9065</p> <p>シンガポール Tel: 65-6334-8870</p> <p>台湾 - 新竹 Tel: 886-3-577-8366</p> <p>台湾 - 高雄 Tel: 886-7-213-7830</p> <p>台湾 - 台北 Tel: 886-2-2508-8600</p> <p>タイ - バンコク Tel: 66-2-694-1351</p> <p>ベトナム - ホーチミン Tel: 84-28-5448-2100</p>	<p>オーストリア - ヴェルス Tel: 43-7242-2244-39 Fax: 43-7242-2244-393</p> <p>デンマーク - コペンハーゲン Tel: 45-4485-5910 Fax: 45-4485-2829</p> <p>フィンランド - エスポー Tel: 358-9-4520-820</p> <p>フランス - パリ Tel: 33-1-69-53-63-20 Fax: 33-1-69-30-90-79</p> <p>ドイツ - ガーヒンク Tel: 49-8931-9700</p> <p>ドイツ - ハーン Tel: 49-2129-3766400</p> <p>ドイツ - ハイムブロン Tel: 49-7131-72400</p> <p>ドイツ - カールスルーエ Tel: 49-721-625370</p> <p>ドイツ - ミュンヘン Tel: 49-89-627-144-0 Fax: 49-89-627-144-44</p> <p>ドイツ - ローゼンハイム Tel: 49-8031-354-560</p> <p>イスラエル - ラーナナ Tel: 972-9-744-7705</p> <p>イタリア - ミラノ Tel: 39-0331-742611 Fax: 39-0331-466781</p> <p>イタリア - パドヴァ Tel: 39-049-7625286</p> <p>オランダ - ドリューネン Tel: 31-416-690399 Fax: 31-416-690340</p> <p>ノルウェー - トロンハイム Tel: 47-7288-4388</p> <p>ポーランド - ワルシャワ Tel: 48-22-3325737</p> <p>ルーマニア - ブカレスト Tel: 40-21-407-87-50</p> <p>スペイン - マドリッド Tel: 34-91-708-08-90 Fax: 34-91-708-08-91</p> <p>スウェーデン - ヨーテボリ Tel: 46-31-704-60-40</p> <p>スウェーデン - ストックホルム Tel: 46-8-5090-4654</p> <p>イギリス - ウォーキンガム Tel: 44-118-921-5800 Fax: 44-118-921-5820</p>