

Robin Singh,

Sitaraプロセッサ設計エンジニア

Thomas Leyrer,

産業用オートメーション・システム・マネージャー

テキサス・インスツルメンツ

要旨

PROFINET[®] は、産業用オートメーション向けの主要な産業用イーサネット規格です。テキサス・インスツルメンツ (TI) では、ARM[®] Cortex-A8[®] ベースの Sitara[™] AM335x プロセッサに PROFINET テクノロジーを統合していますが、その他の Sitara プロセッサ、例えば最近登場した ARM Cortex-A9 ベースの AM437x デバイスは、PROFINET の完全統合をサポートするために必要となるすべての技術的リソースを備えています。TI では、PROFINET を Sitara AM335x プロセッサに統合するため、プログラマブル・リアルタイム・ユニット (PRU) テクノロジーを基に産業用通信サブシステム (ICSS) を作成しました。

PROFINET のリアルタイム処理要件による負荷を ARM アプリケーション・プロセッサから ICSS に移動するために、TI では 2 ポートの PROFINET カットスルー・スイッチを ICSS に実装しています。これによって、ARM アプリケーション・プロセッサの処理能力の大部分を産業用アプリケーションのために残すことができます。

また、TI では、Sitara プロセッサを用いた PROFINET ベースの製品開発を合理化するためのソフトウェア、ハードウェア、ツールなども提供しています。産業用グレード温度がサポートされ、長期供給が保証される Sitara プロセッサは、PROFINET などの産業用ネットワーク規格にとって魅力的な選択肢となっています。

TIのSitara[™]プロセッサにおけるPROFINET[®]

PROFINET の概論

概要

PROFINET[®] は、ファクトリー・オートメーション、プロセス・オートメーション、ビルディング・オートメーションといった広範囲の産業用アプリケーションで必要とされる、高速かつ決定性の通信のための、リアルタイム・イーサネット規格です。Siemens GmbH の主導の下、当初は一般的な PROFIBUS[®] フィールドバス・テクノロジーに対するネットワーク拡張として開発が始まった PROFINET ですが、現在では世界最大のフィールドバス組織である PROFIBUS & PROFINET International によってサポートされています。2003 年、PROFINET は IEC 61158 および IEC 61784 規格に統合されました。そのアーキテクチャの開発は、70 社を超える企業の各代表者をメンバーに含む 30 のワーキング・グループによって行われました。

イーサネットで産業用アプリケーションをサポートできるようにすると、TCP/IP や XML のようなよく知られたテクノロジーを使って企業の IT 部門と工場の現場という 2 つの世界を技術的につなぐことができます。IT 中心の企業環境においては、標準イーサネットでも素晴らしいソリューションを提供できますが、ファクトリー・オートメーション向けとしては不十分な点がいくつかあります。標準イーサネットは、例えばファクトリー・オートメーションに特有の少量のデータ交換には非効率であり、その決定性の欠如は、モーター・ドライブ制御などの産業用リアルタイム・アプリケーションに必要なリアルタイム操作がサポートできないことを意味します。PROFINET は、このような課題を解決するための代表的な規格であり、これを利用することによってイーサネットをリアルタイム産業用アプリケーションに適応させることができます。

技術

PROFINET はマスタ・スレーブ通信パラダイムに基づいています。マスタ (IO-Controller) は、ネットワーク内のすべてのデバイスとの間でフレームを送受信できます。スレーブ (IO-Device) は、IO-Controller にフレームを送信できますが、他の IO-Device へのトラフィックは非周期的にのみ可能です。PROFINET のシステム・モデルは、PROFIBUS フィールドバス・システムによく似ています。

プロセス・データは、コントローラとスレーブの間でリアルタイム・データとして周期的に交換されます。これにより、レイヤ 2 で Ethertype 0x8892 を使用して直接行われる周期的 I/O データ交換用のリアルタイム・インターフェイスが実現されます。リアルタイム・データの転送に標準 TCP/IP スタックを使用しないため、コントローラとスレーブの間で行われる周期的データ転送のレイテンシが低減します。周期的データには、ネットワーク・コンポーネントでの処理を最適化するために、高い優先度を持つ VLAN タグが使用されます。

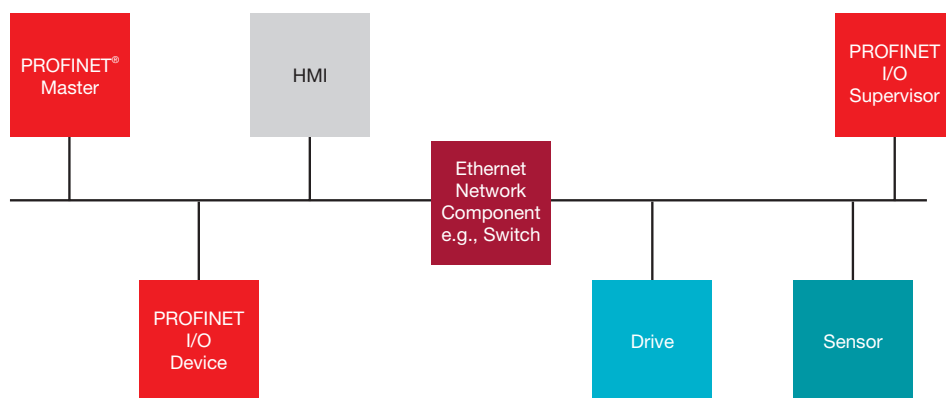


図 1: 基本的な PROFINET ネットワークの例

PROFINET 規格には、以下のデバイス・クラスが定義されています。

- IO-Controller: 通常、これは産業用オートメーション・プログラムを実行する、プログラマブル・ロジック・コントローラ (PLC) です。PROFIBUS の Class 1 マスタに相当します。IO-Controller は、構成済みの IO-Device に出力データを提供し、IO-Device の入力データを受け取ります。
- IO-Device: IO-Device は分散型 I/O フィールド・デバイスであり、1 つ以上の IO-Controller に PROFINET を介して接続されます。PROFIBUS のスレーブの機能に相当します。
- IO-Supervisor: これは、コミッショニング用や診断用のプログラミング・デバイス、パーソナル・コンピュータ (PC)、マンマシン・インターフェイス (HMI) デバイスなどの場合があり、PROFIBUS の Class 2 マスタに相当します。

産業用アプリケーションに展開されたシステムは、少なくとも 1 つの IO-Controller と、1 つ以上の IO-Device を備えています。通常、IO-Supervisor の統合は、コミッショニングまたはトラブルシューティングを目的とした一時的なものに限定されています。図 2 には、定義済みデバイス間のさまざまな通信バスを示します。

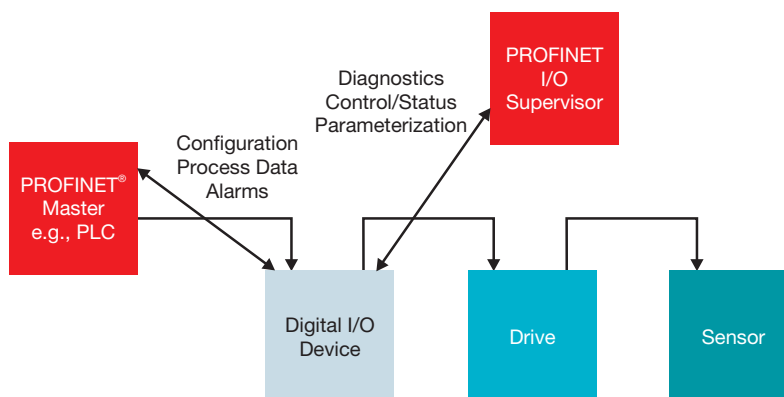


図 2: PROFINET の通信バス

デバイス・モデル

PROFINET のデバイス・モデルは、デバイス・アクセス・ポイント (DAP) と、特定のデバイス・ファミリ用の定義済みモジュールで表される、技術的および機能的特性によって規定されています。DAP は、イーサネット・インターフェイスや処理プログラムとの通信のためのアクセス・ポイントです。プロセス・データの実際の通信を管理するため、さまざまな I/O モジュールを DAP に割り当てることができます。

以下の標準構造は、すべての IO-Device に適用されます。

- スロットは、モジュール型 IO-Device の、I/O モジュールが挿入される場所です。構成済みモジュールは 1 つ以上のサブスロットを持ち、それらはデータ交換に使用され、スロットごとにアドレッシングされます。
- サブスロットは、プロセスへの実際のインターフェイスを実装します。サブスロットの粒度 (I/O データのビット単位、バイト単位、またはワード単位の分割) は、メーカーが決定します。サブスロットのデータ・コンテンツには、そのデータの妥当性を判定できるように、常にステータス情報が付属しています。
- インデックスは、読み取り / 書き込みサービスを介して非周期的に読み取りまたは書き込みができる、スロット / サブスロット内のデータを指定します。例えば、モジュールへのパラメータの書き込みや、メーカーに固有のモジュール・データの読み出しは、インデックスに基づいて実行できます。

PROFINET では、拡張度がメーカーによって既に指定されていて、ユーザーによる変更ができないコンパクト・フィールド・デバイスと、システムの構成時に拡張度を特定のアプリケーション向けにカスタマイズできるモジュラー・フィールド・デバイスが区別されます。

周期的 I/O データのアドレッシングは、スロットとサブスロットの組み合わせを指定することによって行いますが、通常はメーカーで定義されています。読み取り / 書き込みサービスを介した非周期的データ通信の場合、アプリケーションではアドレッシング対象のデータをスロット、サブスロット、およびインデックスを使用して指定できます。

ユーザー・プロファイルの定義 (PROFIdrive の場合、計量と供給など) でのアクセスの競合を防止するために、アプリケーション・プログラミング・インターフェイス (API) が追加のアドレッシング・レベルとして定義されています。

デバイスの説明

すべてのフィールド・デバイスには General Station Description (GSD) ファイルが付属するため、システム・エンジニアリング向けにデバイスを構成できます。この XML ベースの GSD ファイルには、プロパティや機能についての説明のほか、エンジニアリングや、フィールド・デバイスとのデータ交換に関連するすべてのデータが含まれています。フィールド・デバイスのメーカーは、GSDML 仕様に準拠した XML ベースの GSD を提供する必要があります。

通信

IO-Controller と IO-Device の間で確立する必要がある通信パスは、エンジニアリング・システムの構成データに基づき、IO-Controller によってシステムのスタートアップ時に設定されます。これにより、データ交換が明示的に指定されます。

すべてのデータ交換は、Application Relation (AR) に組み込まれています。AR 内では、Communication Relation (CR) がデータを明示的に指定します。一般的な通信パラメータを含むデバイス・モデリング用のすべてのデータが、IO-Device にダウンロードされます。IO-Device は、異なる IO-Controller との間で複数の AR を確立することができます。周期的データ交換 (IOCR)、非周期的データ交換 (レコード・データ CR)、およびアラーム (アラーム CR) 用の各通信チャンネルが同時に設定されます。

複数の IO-Controller を使用できますが、複数の IO-Controller は IO-Device 内の同じデータにアクセスする必要があるため、IO-Device の構成時にこのデータ共有を指定しなければなりません。IO-Controller は、複数の IO-Device との間にそれぞれ 1 つの AR を確立できます。AR 内では、複数の IOCR および API をデータ交換に使用できます。これは、例えば通信に複数のユーザー・プロファイル (PROFI-drive、Encoder など) が関与し、異なるサブスロットが必要とされる場合に役立つことがあります。指定した API は、IOCR 内でのデータ通信を区別するために役立ちます。

アドレッシング

PROFINET では、IP アドレスの割り当て時に、すべてのフィールド・デバイスに割り当てられた固有の名前が使用されます。このため、Dynamic Configuration Protocol (DCP) がすべての IO-Device に組み込まれています。

IP アドレスは、デバイス名に基づき、DCP プロトコルを使用して割り当てられます。Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) は国際的に広く使用されていることから、PROFINET は DHCP やメーカー固有のメカニズムを通じてオプションのアドレス設定を提供しています。フィールド・デバイスでサポートされるアドレッシングのオプションは、各フィールド・デバイスの GSD ファイル内で定義されています。

オプションとしては、近傍検出に基づくトポロジを指定することによって、IO-Device に自動で名前を割り当てることもできます。PROFINET IO-Device は直接データ交換のために自身の MAC アドレスによってアドレッシングされます。

適合クラス

PROFINET IO は、標準的なアプリケーション向けの、相互に依存する 3 つの適合クラスに分かれています。

Conformance Class A (CC-A) は、標準イーサネット・ハードウェアを使用して実装でき、周期的リアルタイム通信 (RT フレーム) と非周期的 TCP/IP 通信の基本機能をサポートしています。ネットワーク・コンポーネント内での処理を最適化するため、IEEE 802.1Q に従い、優先度の高い RT フレームで VLAN タグが使用されます。これらのフレームは非リアルタイム TCP/IP フレームよりも優先され、MAC アドレスに基づいて送信されます。デバイス間での同期は行われず、RT フレームの送信サイクルはシステム設計者が定義します。

Conformance Class B (CC-B) には Conformance Class A のすべての機能が含まれ、さらにネットワーク診断とトポロジ検出を加えることでその機能を拡張しています。このために Simple Network Management Protocol (SNMP) が使用されますが、CC-B への適合にはこのプロトコルの実装が必須です。CC-B (PA) と呼ばれる CC-B の拡張バージョンには、Media Redundancy Protocol (MRP) が含まれています。TI の Sitara™ AM335x プロセッサ上の統合 PROFINET® ソリューションは、Conformance Class B のすべての機能を含み、さらに IO-Device

間での同期という重要な機能を加えた、Conformance Class C (CC-C) を実現しています。帯域幅は、高精度かつ決定性のデータ送信向けに確保されています。これはアイソクロナス・アプリケーションの基本です。CC-C の実現に必要なとされた機能やリソースと同じものが、Sitara AM437x に統合されています。

Conformance Class C (CC-C) は Conformance Class B のすべての機能を含み、さらに IO-Device 間での同期という重要な機能が追加されています。帯域幅は、高精度かつ決定性のデータ送信向けに確保されています。これはアイソクロナス・アプリケーションの基本です。

PROFINET ノードのコンポーネント

図 3 に示すように、OSI モデルに準拠する物理層、データ・リンク層、アプリケーション層の 3 つの層が各 PROFINET ノードに含まれています。

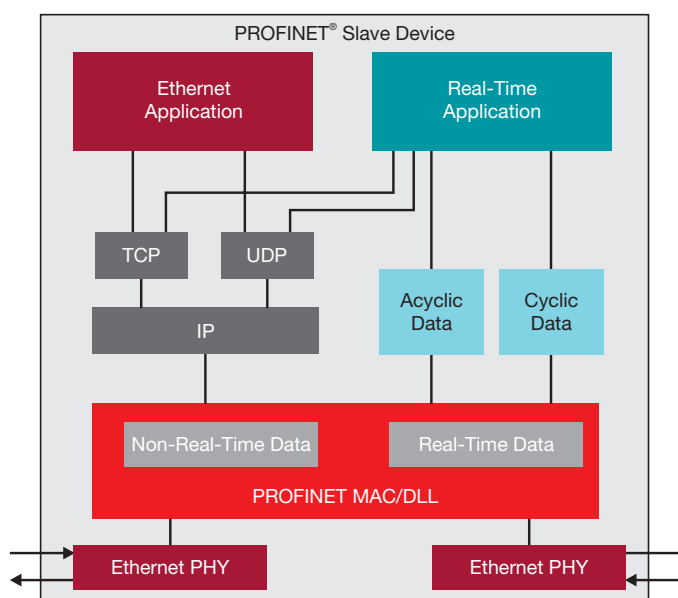


図 3 : PROFINET ノードのコンポーネント

物理層は、単にネットワークを介してビットストリームを運ぶための媒体です。PROFINET はイーサネットに 100% 対応しているため、物理層の実装には、100Mbit/s のデータ・レートをサポートする銅線または光ファイバのイーサネット対応ツイストペア・ケーブルであれば、どのようなものでも使用できます。MAC 層の実装には、ASIC または FPGA のいずれかを使用できます。産業用アプリケーションの唯一の条件は、標準 TCP/IP および UDP/IP スタックと、イーサネット・ベースのデバイス・プロファイルをサポートしていることです。PROFINET ノード内では、ハードウェア、またはハードウェアと組み込み CPU で動作しているソフトウェアの組み合わせでアプリケーションを実行できます。

標準的な PROFINET ノード

現在の PROFINET ノードの実装は、通常、次ページの図 4 と図 5 に示す 2 つのアーキテクチャのいずれかを備えています。



図 4: ASIC と外部プロセッサを備えた PROFINET スイッチ

PROFINET デバイスの多くは、図 5 に示すように 2 チップ・アーキテクチャを使用して作成されています。図 5 では PROFINET スイッチを FPGA または ASIC に実装し、外部プロセッサ（多くの場合オンチップのフラッシュ・メモリを搭載）を追加して、アプリケーション・レベルの処理を実行するための処理能力を付加しています。この種類のノードの優れた例が、センサ・アプリケーションです。プロセッサはセンサを操作し、デバイス・ドライバを実装して PROFINET プロトコルスタックを実行します。これにより、設計者はニーズやコスト目標に見合ったプロセッサを選択できますが、このアーキテクチャを備えた PROFINET デバイスは、2 つの個別のチップを伴うことから高価であり、ホスト・プロセッサと ASIC の間のインターフェイスがパフォーマンスの妨げになる可能性もあります。

さらに別のアプローチとしては、図 5 に示す、CPU を内蔵したデバイスのペリフェラルの 1 つとして PROFINET スイッチを実装するような PROFINET デバイスの実装方法もあります。FPGA デバイスの多くは、FPGA 内でプロセッサを構成するための機能を持っているか、既にプロセッサを内蔵しています。一部のベンダーでは、デバイス上に PROFINET と適切なプロセッサを両方備えた ASIC を提供しています。FPGA は柔軟ですが、CPU の選び方によってはコストまたは動作周波数の目標を満たすことが難しくなるというリスクがあります。

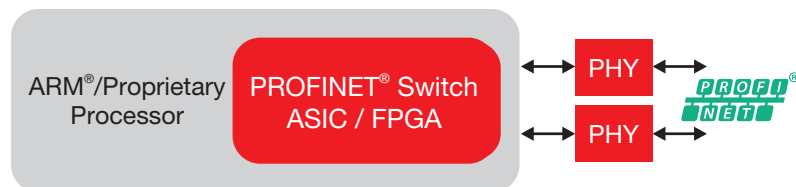


図 5: プロセッサを持つ統合 PROFINET スイッチ

TI の PROFINET ソリューション

TI では、既に PROFINET の機能を Sitara AM335x プロセッサに統合していますが、一方で Sitara AM437x は、PROFINET の完全統合をサポートするために必要となるリソースをすべて備えています。ARM Cortex-A8/A9 プロセッサの組み合わせと、PROFINET を補完する広範なペリフェラルやインターフェイスにより、Sitara プロセッサは産業用オートメーション機器にとって魅力的なデバイスとなっています。Sitara プロセッサの詳細については、こちらを[クリック](#)してください。

アプリケーション・プロセッサの負荷軽減

次ページの図 6 に示すように、Sitara AM335x および AM437x プロセッサは TI のプログラマブル・リアルタイム・ユニット（PRU）サブシステムを備えており、これによって MII インターフェイスとの非常に低いレベルのやり取りがサポートされます。PRU サブシステムは、PROFINET のような特殊な通信プロトコルを簡単に実装できます。Sitara AM335x における内蔵 PROFINET ソリューションのように、ファームウェアを通じて PROFINET スイッチ全体を PRU サブシステム内にカブ

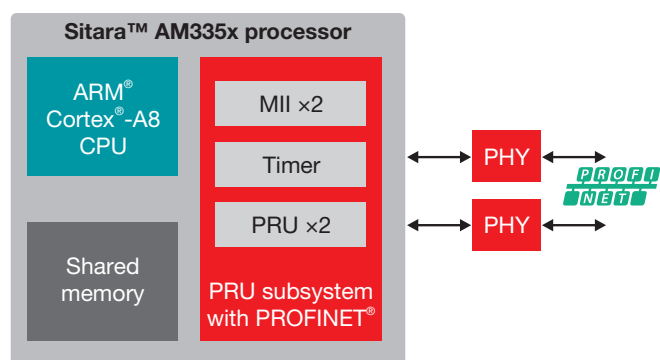


図 6：TI Sitara™ AM335x プロセッサ上の PROFINET スレーブ

セル化することで、ARM アプリケーション・プロセッサをスタックやアプリケーションの処理から解放できます。Consumer Protocol Machine (CPM) フレームの解析と Provider Protocol Machine (PPM) フレームの生成は、PRU によってすべて処理できます。TI が PROFINET プロトコルを組み込んだ AM335x プロセッサ上の、PROFINET PRU ファームウェアに含まれるスイッチによって、PROFINET ノード向けではないフレームは次のノードまでカットスルーされます。この実装によって、分散型 I/O のような、より単純でコスト制約のあるアプリケーション向けに、低速タイプの ARM アプリケーション・プロセッサを使用できるようになります。

PROFINET スタック（レイヤ 7）および産業用アプリケーションが動作している ARM プロセッサとの間で必要となる通信には、割り込みが使用されます。PRU サブシステムは、逆方向へのフレーム転送も実行できます。TI の Sitara PROFINET ソリューションを完成させるために、TI の TLK110 などのイーサネット PHY デバイスが使用されています。TLK110 は、重要な性能属性である、MII および PHY インターフェイス間の低レイテンシ向けに最適化されています。また、TLK110 は、ケーブル障害の位置をすばやく特定できる、高度なケーブル診断機能も備えています。

サポートされる適合クラス

AM335x の PRU 上で動作する、TI の柔軟な ICSS は、次ページの図 7 に示すように、PROFINET のすべての適合クラスをサポートしています。この PROFINET の完全統合は、サードパーティの PROFINET スタックを使用した適合クラス A および B の機能に関して、COMDEC ラボから認定を受けています。

共有デバイスと共有入力

AM335x プロセッサにおける、TI の統合 PROFINET ソリューションでは、複数のコントローラを使用した複数同時 AR をサポートしています。このソリューションでは、1 度に 8 個の AR と 8 個の IOCR を確立することができます。これにより、あるコントローラと既に I/O データを交換中であっても、他のコントローラで通信の確立や切断を行うことができます。このソリューションでは共有入力がサポートされるため、複数のコントローラからデバイス内の同じスロットにアクセスすることができます。

性能

AM335x プロセッサの統合 PROFINET ソリューションでは、最小 250 μs の送信クロック時間またはフェーズ継続時間をサポートしています。デバイスとの間で同時に確立されたすべての IOCR

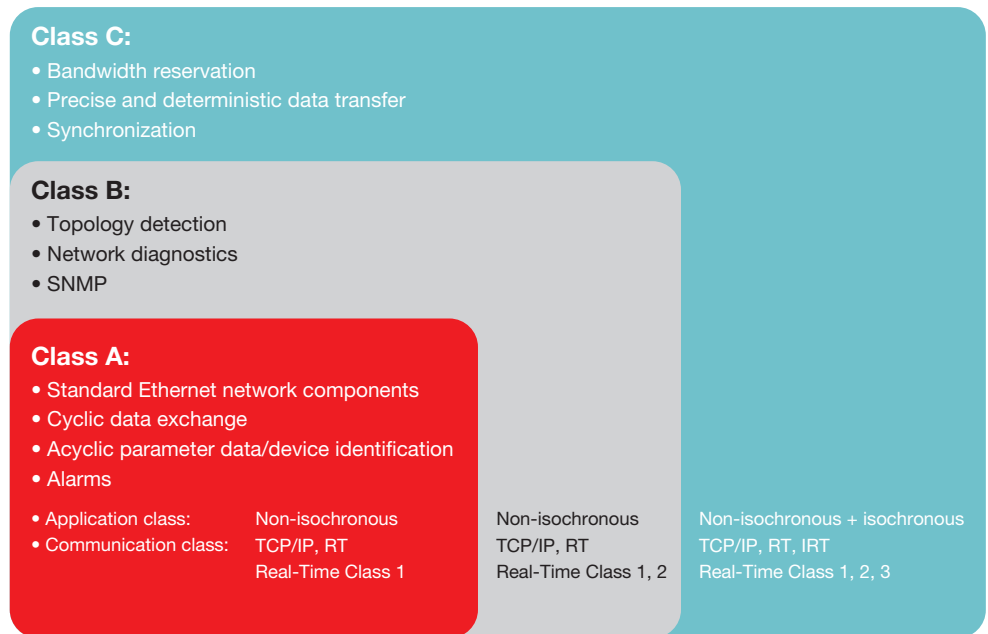


図 7: TI の PROFINET ソリューションでサポートされる適合クラス

で、最小 $250\mu\text{s}$ の送信クロック時間をサポートできます。また、1 から 512 までの縮小率の有効値をすべてサポートしています。内蔵スイッチのカットスルー・レイテンシは、フレーム・サイズに関係なく $1 \sim 2\mu\text{s}$ の範囲内です。

堅牢性

完全統合 AM335x PROFINET ソリューションは、PROFINET トラフィックを標準 TCP/IP トラフィックから分離しているため、非常に堅牢です。このソリューションは、ホストおよびポート・インターフェイス上に 4 つの優先度付きキューを備えています。2 つの最優先キューは PROFINET フレーム向けに、残りの 2 つのキューは TCP/IP フレーム向けに確保されています。キューが一杯になると、そのキューを宛先とするフレームは破棄されます。TCP/IP のトラフィックが多すぎる場合は別のキューを使用するため、PROFINET のトラフィックには影響しません。この PROFINET QoS に従った個別キューへのトラフィック分割によって、デバイスは大規模ネットワーク内のあらゆるトラフィックに耐えることができます。

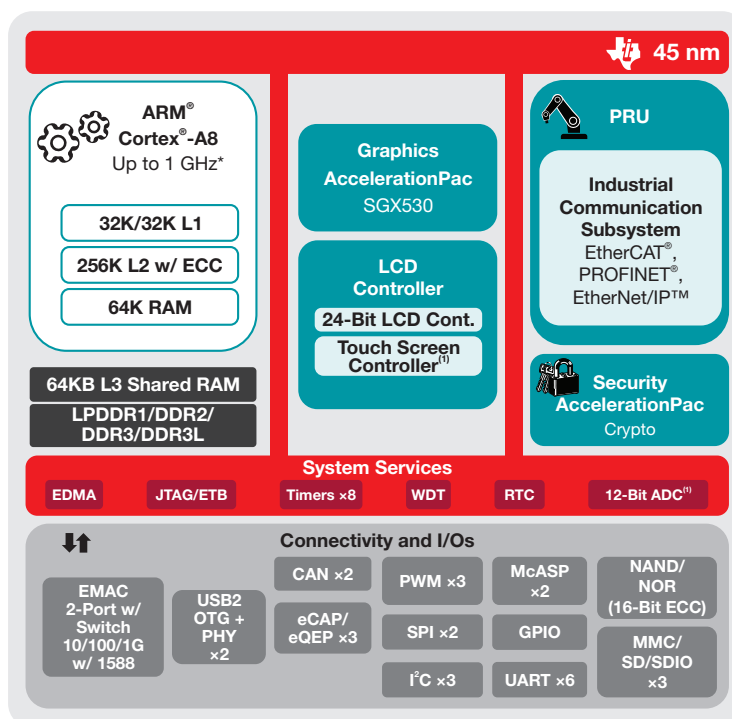
周期的データ専用の低レイテンシ・インターフェイス

Sitara AM335x プロセッサに統合された PROFINET は、アプリケーションと ICSS の間での周期的 I/O データ交換用に低レイテンシ・リアルタイム・インターフェイスを実装しています。周期的データ・フレームの受信や送信は、ホストおよびポート・キューを介して個別に行われることはありません。PROFINET の周期的データ・フレームは ICSS 内で終端され、データはトリプル・バッファを介して直接アプリケーションに提供されます。ホストと PRU が常にデータ格納用のバッファを見つけられるように、周期的データの交換にはトリプル・バッファ管理が使用されています。

Sitara プロセッサのブロック図

Sitara AM335x および AM437x プロセッサは、それぞれ ARM Cortex-A8 コアと ARM Cortex-A9 RISC コアをベースにした低電力デバイスです。どちらのプロセッサも、多様な内蔵ペリフェラル

を備えています。Sitara プロセッサは、単純なアプリケーション用の 300MHz から、産業用ドライブなどの高い性能を必要とする複雑なアプリケーション用の 1GHz まで、産業用アプリケーション向けに複数の動作周波数をサポートしています。AM335x および AM437x プロセッサは、どちらも PROFINET をあらゆる性能レベルで実装できます。AM335x プロセッサは、1 個の PRU コプロセッサ（2 個のリアルタイム・コア）で構成されていますが、一方で AM437x プロセッサは 2 個の PRU（合計で 4 個のリアルタイム・コア）を搭載しています。Sitara AM335x および AM437x プロセッサのブロック図を、図 8 と図 9 に示します。両デバイスに関するその他の情報や、オンチップのペリフェラルと各機能については、www.ti.com/am335x または www.ti.com/am437x を参照してください。



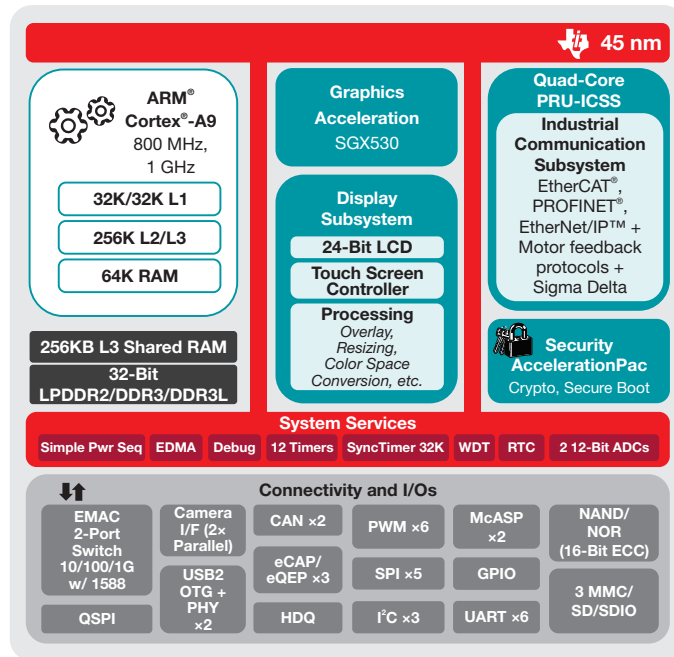
*800MHz/1GHzは、15×15パッケージでのみ使用可能。13×13パッケージでは、最大600MHzまでサポートします。
(1) TSCを使用すると、使用できるADCチャネルが制限されます。

図 8 : Sitara™ AM335x プロセッサのブロック図

PROFINET ソフトウェア・アーキテクチャ

AM335x プロセッサに統合された PROFINET スレーブの実装には、3 つの主なソフトウェア・コンポーネントがあります。1 つ目はデバイスの PRU 内でレイヤ 2 の機能を実装するマイクロコード、2 つ目は ARM プロセッサで動作する PROFINET スレーブ・スタック、3 つ目は産業用アプリケーションです。TI は、Sitara プロセッサをサポートするソフトウェア開発キット内で、プロトコル・アダプテーション層やデバイス・ドライバといった追加のコンポーネントを提供しています。

次ページの図 10 に示す AM335x アーキテクチャは、TI によるテスト済みの PROFINET プロトコル・スタックとサードパーティ・スタックのどちらが使用されていても、変更を加えることなく機能します。この統合ソリューションは OS から独立しているため、TI の PROFINET API ガイドを参照することで、どのような改良でも加えることができます。



- (1) TSCを使用すると、1つのADCで使用できるチャンネルが制限されます。
- (2) 最大クロック: LPDDR2=266MHz、DDR3=400MHz

図 9 : 2 個の PRU コプロセッサを示す、Sitara AM437x プロセッサのブロック図

ファームウェア

図 11 に示すファームウェア・アーキテクチャは、AM335x プロセッサに統合された PROFINET スレーブの機能を表しています。PROFINET のレイヤ 2 において、PRU は、CPM/PPM 処理、データ・ホールド・タイマ (DHT)、DCP 識別フィルタ、カットスルー・スイッチング、エラー検出、ホスト・インターフェイス処理などのタスクを実行します。

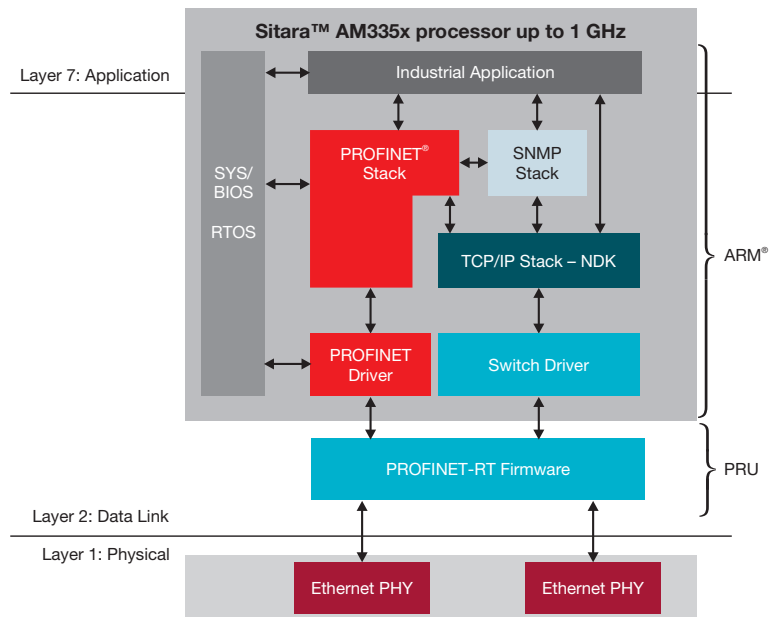


図 10 : Sitara プロセッサ上の PROFINET スレーブ向けソフトウェア・アーキテクチャ

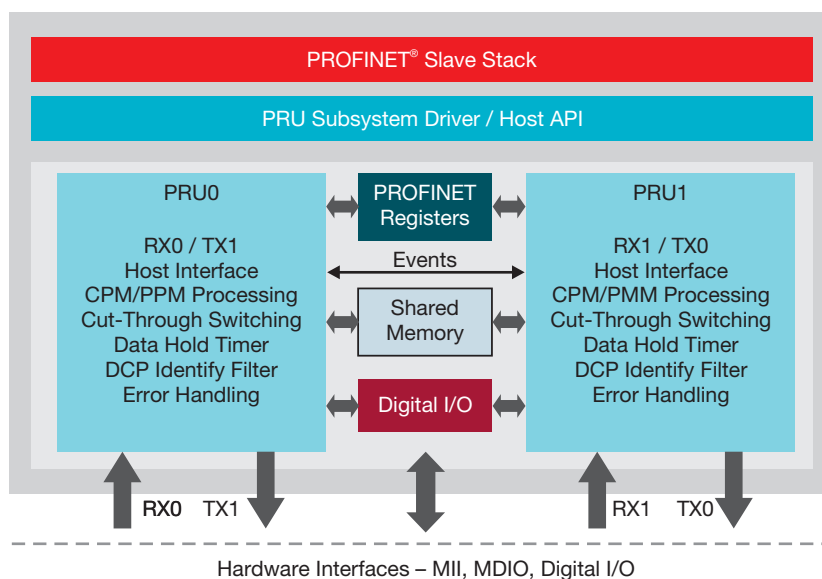


図 11：PROFINET ファームウェア・アーキテクチャ

PRU は、内部の共有メモリで使いやすい PROFINET レジスタ空間を提供します。PRU が持つ決定性のリアルタイム処理能力により、安定的かつ予測可能な処理レイテンシで PROFINET フレームを処理できます。

CPM/PPM 処理

CPM フレームは、ホスト・プロセッサが通知を受けるべきかどうかをチェックするために、ファームウェアによって解析されます。受信した CPM フレームのフレーム ID がアクティブな IOCR の構成済みフレーム ID と一致する場合は、ホストのみに割り込みが行われます。ファームウェアは、割り込みが行われる前にデータがホストで使用できる状態になるように、CPM フレームを事前に定義されたバッファに格納します。

すべてのアクティブな IOCR の PPM フレームは、PRU 上で動作しているファームウェアによって生成されます。ホストに必要とされるのは、TI の PROFINET API を使用して、すべての IOCR に対する PPM フレームの生成に必要な情報を、最初にすべて構成することだけです。各フェーズの開始時点で、ファームウェアがそのフェーズで送信が必要なすべての PPM フレームの送信先を決定し、それらを送信しますが、ホストからはどのような干渉も受けません。

データ・ホールド・タイマ (DHT)

データ・ホールド・タイマは AM335x 上の PRU ファームウェアに実装されており、DHT が満了した場合は常に、PROFINET スタックを実行している ARM プロセッサに対して割り込みが発生します。IOCR または CPM 接続ごとに、1 つの DHT をファームウェアが管理しています。CPM フレームを受信するたびに、ファームウェアは関連する IOCR のデータ・ホールド時間を更新します。特定の CPM の DHT が満了した場合、ファームウェアはその IOCR に関連付けられているすべての PPM を終了します。ホスト・プロセッサには、DHT が満了した場合にのみ割り込みが行われます。複数の IOCR が同時に存在できるため、ファームウェアに DHT を実装することで、ARM プロセッサの処理負担を大幅に軽減できます。

DCP 識別フィルタ

ARM プロセッサに届く DCP 識別要求フレームの数を削減するために、AM335x 上の PRU ファームウェアに DCP 識別フィルタが実装されており、ホスト向けではない DCP 識別フレームをすべて除外します。ドライバで提供される API によってスタックがステーション名とその長さを設定し、それらをファームウェアがフィルタリングに使用します。

内蔵カットスルー・スイッチ

AM335x の PROFINET ファームウェアには、2 ポートのカットスルー・スイッチが組み込まれています。このスイッチは、非リアルタイム・トラフィックを処理し、ホスト上で動作している PROFINET および TCP/IP スタックと接続することができます。また、マルチキャスト・アドレス向けの PROFINET Filter Data Base (FDB) や、ホストおよびポート・インターフェイス上で 4 つの優先度付きキューを使用する PROFINET QoS (Quality of Service) を実装しています。スイッチの学習部分はホスト側に実装されています。

簡単な PROFINET の統合

TI では、PROFINET と Sitara プロセッサの統合プロセスを合理化しました。PROFINET スレーブの統合に必要なすべてのツールとソフトウェア・コードは、ソフトウェア開発キット (SDK) の一部として利用できます。それぞれの開発プラットフォームにおいて、SDK には、PROFINET プロトコル用のファームウェア、ソフトウェア・ドライバ、ハードウェア初期化ルーチン、スタック API 用のアダプテーション層、PROFINET プロトコル・スタック、およびアプリケーション自体が含まれています。サポート・ドキュメントと SDK を利用することで、機能に変更を加えたり、新しい機能をアプリケーションに組み込んだりできます。

TI は、PROFINET プロトコル・スタックの統合を促進するためにサードパーティ・ベンダーと密接に連携し、Sitara デバイスで PROFINET スレーブ・スタック・コードを検証しました。このスタックは、AM335x 上で動作するように移植され、シームレスな統合ができるようにテストされています。ユーザーには、このサードパーティに問い合わせを行い、製品の市場投入前にスタックのライセンスを取得することが期待されます。PROFINET スタックのコピーは、評価、開発、およびテストのために、オブジェクト形式で TI Sitara AM335x 産業用 SDK に含まれています。

最終製品への PROFINET の統合

PROFINET スレーブを産業用機器に統合するため、ユーザーは TI の統合 PROFINET スレーブの実装を AM335x プロセッサ上で使用し、さらに SDK で提供される PROFINET スレーブ・スタック・コードの評価用コピーを使用することで、設計プロセスを完了できます。スレーブ・スタック・コードはサードパーティ・ベンダーから取得済みです。必要な場合、ユーザーは別のベンダーのスレーブ・スタックを使用するか、独自に開発することもできます。ユーザーは、PROFINET IO テスタを使用してすべてのテストをパスする必要があります。その後は任意で、COMDEC 認定ラボで認定された製品を入手することや、PROFINET プラグ・フェストでより広範な相互運用性テストを行うこともできます。

PROFINET 実装用のデバイス

TI では、いくつかの PROFINET 対応 Sitara プロセッサや、信号チェーンおよび電源回路向けの補完用アナログ製品も提供しています。表 1 に記載されているすべての製品は、産業用グレードの温度範囲で長期的に利用できます。

Product	Description
Sitara™ AM335x processor	ARM® Cortex®-A8 32-bit processor available in two speed grades. Integrated PROFINET® slave/master and other industrial Ethernet standards such as EtherCAT® as well as fieldbus standards such as PROFIBUS® and CANopen®
Sitara AM437x processor	ARM Cortex-A9 32-bit processor available in speed grades up to 1 GHz
TLK110	Ethernet PHY optimized for high-performance industrial Ethernet such as PROFINET
TPS65910	Advanced low-footprint power management solution for Sitara AM335x processors

表 1. PROFINET 実装用の TI デバイス

PROFINET 向け開発ツール

ユーザーによる実装を支援するため、TI では、包括的なドキュメントを備えた、複数の産業用ハードウェア開発プラットフォームを提供しています。これらのハードウェア・プラットフォームの回路図やレイアウトといった設計データを活用することで、ユーザーの設計期間を大幅に短縮できます。さらに、TI は産業用アプリケーション向けに追加の開発プラットフォームを用意するため、サードパーティ・ベンダーとも連携しています。特定のプロセッサ向けに利用できるツールの詳細については、[こちらをクリックしてください](#)。

まとめ

TI では、Sitara AM335x プロセッサ上に完全統合された PROFINET スレーブ機能や、Sitara AM437x デバイスへのスレーブ機能の統合に必要なすべてのオンチップ・リソースを提供しています。強力かつ低電力の ARM コアと PROFINET の統合によって、機能要件や動作要件で妥協することなく、低コストの最終製品を実現できます。また、TI では EtherCAT®、EtherNet/IP™、PROFIBUS® などの産業用通信インターフェイス向けに、絶縁機構を組み込んだトランシーバも提供しています。包括的なソフトウェアおよびハードウェア開発ツール、PROFINET のワールドワイド・サポート、活発な TI E2E™開発者コミュニティなどが利用できるため、ユーザーにとっては、大幅なコスト削減という付加価値のある、非常に単純化された PROFINET の統合が期待できます。

ご注意：本資料に記載された製品・サービスにつきましては予告なしにご提供の中止または仕様の変更をすることがありますので、本資料に記載された情報が最新のものであることをご確認の上ご注文下さいようお願い致します。TI は製品の使用用途に関する援助、お客様の製品もしくはその設計、ソフトウェアの性能、または特許侵害に対して責任を負うものではありません。また、他社の製品・サービスに関する情報を記載していても、TI がその他社製品を承認あるいは保証することにはなりません。

*プラットフォーム・バー、C2000、E2E、Sitaraは、テキサス・インスツルメンツの商標です。

*すべての商標および登録商標はそれぞれの所有者に帰属します。

ご注意

Texas Instruments Incorporated 及びその関連会社 (以下総称して TI といいます) は、最新の JESD46 に従いその半導体製品及びサービスを修正し、改善、改良、その他の変更をし、又は最新の JESD48 に従い製品の製造中止またはサービスの提供を中止する権利を留保します。お客様は、発注される前に、関連する最新の情報を取得して頂き、その情報が現在有効かつ完全なものであるかどうかをご確認下さい。全ての半導体製品は、ご注文の受諾の際に提示される TI の標準販売契約約款に従って販売されます。

TI は、その製品が、半導体製品に関する TI の標準販売契約約款に記載された保証条件に従い、販売時の仕様に対応した性能を有していることを保証します。検査及びその他の品質管理技法は、TI が当該保証を支援するのに必要とみなす範囲で行なわれております。各デバイスの全てのパラメーターに関する固有の検査は、適用される法令によってそれ等の実行が義務づけられている場合を除き、必ずしも行なわれておりません。

TI は、製品のアプリケーションに関する支援又はお客様の製品の設計について責任を負うことはありません。TI 製部品を使用しているお客様の製品及びそのアプリケーションについての責任はお客様にあります。TI 製部品を使用したお客様の製品及びアプリケーションに関連する危険を最小のものとするため、適切な設計上及び操作上の安全対策は、お客様にてお取り下さい。

TI は、TI の製品又はサービスが使用されている組み合わせ、機械装置、又は方法に関連している TI の特許権、著作権、回路配置利用権、その他の TI の知的財産権に基づいて何らかのライセンスを許諾するということは明示的にも黙示的にも保証も表明もしておりません。TI が第三者の製品もしくはサービスについて情報を提供することは、TI が当該製品又はサービスを使用することについてライセンスを与えるとか、保証又は是認するということを含みません。そのような情報を使用するには第三者の特許その他の知的財産権に基づき当該第三者からライセンスを得なければならない、又は TI の特許その他の知的財産権に基づき TI からライセンスを得て頂かなければならない場合もあります。

TI のデータ・ブック又はデータ・シートの中にある情報の重要な部分の複製は、その情報に一切の変更を加えること無く、且つその情報と関連する全ての保証、条件、制限及び通知と共になされる限りにおいてのみ許されるものとします。TI は、変更が加えられて文書化されたものについては一切責任を負いません。第三者の情報については、追加的な制約に服する可能性があります。

TI の製品又はサービスについて TI が提示したパラメーターと異なる、又は、それを超えてなされた説明で当該 TI 製品又はサービスを再販売することは、関連する TI 製品又はサービスに対する全ての明示的保証、及び何らかの黙示的保証を無効にし、且つ不公正で誤認を生じさせる行為です。TI は、そのような説明については何の義務も責任も負いません。

TI からのアプリケーションに関する情報提供又は支援の一切に拘わらず、お客様は、ご自身の製品及びご自身のアプリケーションにおける TI 製品の使用に関する法的責任、規制、及び安全に関する要求事項の全てにつき、これをご自身で遵守する責任があることを認め、且つそのことに同意します。お客様は、想定される不具合がもたらす危険な結果に対する安全対策を立案し実行し、不具合及びその帰結を監視し、害を及ぼす可能性のある不具合の可能性を低減し、及び、適切な治癒措置を講じるために必要な専門的知識の一切を自ら有することを表明し、保証します。お客様は、TI 製品を安全でないことが致命的となるアプリケーションに使用したことから生じる損害の一切につき、TI 及びその代表者にその全額の補償をするものとします。

TI 製品につき、安全に関連するアプリケーションを促進するために特に宣伝される場合があります。そのような製品については、TI が目的とするところは、適用される機能上の安全標準及び要求事項を満たしたお客様の最終製品につき、お客様が設計及び製造ができるようお手伝いすることにあります。それにも拘わらず、当該 TI 製品については、前のパラグラフ記載の条件の適用を受けるものとします。

FDA クラス III (又は同様に安全でないことが致命的となるような医療機器) への TI 製品の使用は、TI とお客様双方の権限ある役員の間で、そのような使用を行う際について規定した特殊な契約書を締結した場合を除き、一切認められていません。

TI が軍需対応グレード品又は「強化プラスチック」製品として特に指定した製品のみが軍事用又は宇宙航空用アプリケーション、若しくは、軍事的環境又は航空宇宙環境にて使用されるように設計され、かつ使用されることを意図しています。お客様は、TI がそのように指定していない製品を軍事用又は航空宇宙用に使う場合は全てご自身の危険負担において行うこと、及び、そのような使用に関して必要とされるすべての法的要求事項及び規制上の要求事項につきご自身のみの責任により満足させることを認め、且つ同意します。

TI には、主に自動車用に使われることを目的として、ISO/TS 16949 の要求事項を満たしていると特別に指定した製品があります。当該指定を受けていない製品については、自動車用に使われるようには設計されてもいませんし、使用されることを意図しておりません。従いまして、前記指定品以外の TI 製品が当該要求事項を満たしていなかったことについては、TI はいかなる責任も負いません。

Copyright © 2015, Texas Instruments Incorporated
日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社

弊社半導体製品の取り扱い・保管について

半導体製品は、取り扱い、保管・輸送環境、基板実装条件によっては、お客様での実装前後に破壊/劣化、または故障を起こすことがあります。

弊社半導体製品のお取り扱い、ご使用にあたっては下記の点を遵守して下さい。

1. 静電気

- 素手で半導体製品単体を触らないこと。どうしても触る必要がある場合は、リストストラップ等で人体からアースをとり、導電性手袋等をして取り扱うこと。
- 弊社出荷梱包単位 (外装から取り出された内装及び個装) 又は製品単品で取り扱いを行う場合は、接地された導電性のテーブル上で (導電性マットにアースをとったもの等)、アースをした作業者が行うこと。また、コンテナ等も、導電性のものを使うこと。
- マウンタやはんだ付け設備等、半導体の実装に関わる全ての装置類は、静電気の帯電を防止する措置を施すこと。
- 前記のリストストラップ・導電性手袋・テーブル表面及び実装装置類の接地等の静電気帯電防止措置は、常に管理されその機能が確認されていること。

2. 温・湿度環境

- 温度：0~40℃、相対湿度：40~85%で保管・輸送及び取り扱いを行うこと。(但し、結露しないこと。)

- 直射日光が当たる状態で保管・輸送しないこと。

3. 防湿梱包

- 防湿梱包品は、開封後は個別推奨保管環境及び期間に従い基板実装すること。

4. 機械的衝撃

- 梱包品 (外装、内装、個装) 及び製品単品を落下させたり、衝撃を与えないこと。

5. 熱衝撃

- はんだ付け時は、最低限 260℃ 以上の高温状態に、10 秒以上さらさないこと。(個別推奨条件がある時はそれに従うこと。)

6. 汚染

- はんだ付け性を損なう、又はアルミ配線腐食の原因となるような汚染物質 (硫黄、塩素等ハロゲン) のある環境で保管・輸送しないこと。
- はんだ付け後は十分にフラックスの洗浄を行うこと。(不純物含有率が一定以下に保証された無洗浄タイプのフラックスは除く。)

以上