

## Technical White Paper

Arm<sup>®</sup> ベースのマイクロコントローラとプロセッサ向けの機能安全サポート

Neelima Muralidharan, Michael Firth, Kathryn Kalouf

Catalog Processors

## 概要

このホワイトペーパーでは、危険分析とリスク評価、ランダム故障と決定論的原因故障、コンテキスト外安全要素、IEC 61508 SIL および ISO 26262 ASIL 定格など、機能安全の概念を説明します。システムインテグレータで機能安全目標を達成するために、AM243x MCU および AM64x プロセッサシリーズのオンチップセーフティ MCU と安全診断を使用する例を示します。

## 目次

1 機能安全目標と安全コンセプト.....	1
2 HARA および安全コンセプトの評価段階.....	2
3 SIL と ASIL の分類.....	2
4 ランダム故障および決定論的原因故障.....	5
5 AM243x および AM64x:安全診断および例.....	5
6 AM243x および AM64x: FFI サポート付きセーフティ MCU.....	6
7 コンテキスト外安全要素.....	8
8 機能安全のリソースおよび例.....	8

## 図の一覧

図 2-1. HARA および安全コンセプトの評価段階.....	2
図 3-1. IEC 61508 のリスクグラフ、危険分類マトリクス.....	3
図 3-2. ISO 26262 の危険分類マトリクス.....	4
図 5-1. 安全診断カテゴリ.....	5
図 6-1. 2つの外部セーフティマイクロコントローラを搭載した SIL-3 HFT = 1 のシステム.....	6
図 6-2. 統合セーフティマイクロコントローラと外部セーフティマイクロコントローラを搭載した SIL-3 HFT = 1 のシステム.....	7
図 6-3. AM64x および AM243x のオンチップセーフティ MCU.....	8

## 表の一覧

表 3-1. IEC 61508 SIL のマトリクス.....	4
表 3-2. ISO 26262 ASIL のマトリクス.....	4
表 8-1. 機能安全関連資料.....	8

## 1 機能安全目標と安全コンセプト

機能安全目標は、設計プロセスの最初に定義されるシステムレベルの目標で、潜在的に危険な事象のリスクを低減することに重点を置いています。危害のリスクを完全に除外するようにシステムを設計することはできませんが、適切な設計手法を使用することで、危害のリスクを許容可能なレベルまで低減できます。機能安全目標は、最終アプリケーション、潜在的な危害の程度、危険が発生する可能性の程度によって異なります。安全目標を許容できる危害のリスクレベルで達成する方法は、安全コンセプトと呼ばれます。

機能安全目標と安全コンセプトをよりの確に理解する場合、現代の製造プラントを検証することが役立ちます。製造現場では、自動化されたプロセスおよび機械と自動化されていないプロセスおよび機械が共存し、多くの人々が装置を操作、監視、保守しています。製造装置は高速で移動するロボットアームからシンプルな試験 / 測定ステーションまでいろいろな種類があり、特定の条件下では個人に危害を及ぼす可能性があります。

製造現場での危害のリスクを低減するために、設計プロセスの初期段階で、製造装置と工場プロセスの両方に対して安全目標を定義しました。人間がロボットアームに衝突した場合の潜在的な危険に対処するために、そのような危険の発生を 10 億時間の操作あたり 1 回未満に低減するという安全目標を定義しました。次に、この安全目標をサポートするため、レーザー ベースのライト カーテンを使用してロボットアームの周囲に立ち入り禁止ゾーンを作成するという安全コンセプトを定義しました。これには、機械学習 (ML) ベースのビジョン システムを使用して立ち入り禁止ゾーンに対するオペレータの位置を追跡し、オペレータが立ち入り禁止ゾーンに入ったことを検出した場合にロボットアームを停止するフェイルセーフ方式を採用しています。ロボットアームの緊急停止には、セーフトルク オフ (STO) および安全ブレーキ制御 (SBC) 安全機能が使用されます。STO はモーターの電源をオフにし、SBC はモーターに外部ブレーキを印加します。STO、SBC (およびモーター固有のその他の安全機能) は、モーター制御アプリケーションで安全コンセプトをサポートするために一般的に使用されています。次のセクション (セクション 2) では、システム インテグレータが安全目標と安全コンセプトを定義するために使用するプロセスについて詳しく説明します。

## 2 HARA および安全コンセプトの評価段階

ハザード分析とリスク アセスメント (HARA) は、システム レベルの安全性目標を定義するためのプロセスとして広く受け入れられています。HARA プロセスの最初のステップは、システム内のすべての潜在的な危険を特定し、危害のリスクに基づいて各危険を分類することです。危険を分類するために使用される基準は使用されている規格によって異なりますが、通常は危険度 (重大度)、発生する可能性 (暴露)、危険の制御しやすさ (制御可能性) などの要素が含まれています。このホワイト ペーパーでは、安全インテグリティレベル (SIL) と車載 SIL (ASIL) の危険分類手法とレベルに注目します。

システム レベルの危険を特定し、SIL または ASIL レベルを割り当てたら、安全性の目標を定義して危険を軽減できます。最終システムで安全目標を達成するには、安全コンセプトの評価段階で定義された安全コンセプトが必要です。この段階で、安全コンセプトをサポートするために必要な個々の部品を特定し、適切な SIL または ASIL レベルを割り当てます。たとえば、システム インテグレータはこの段階で、MCU またはプロセッサが安全コンセプトの実装に重要であるかどうかを判断し、重要である場合は適切な SIL または ASIL 定格を割り当てます。安全規格に従った分割手法を使用すると、最終的なシステムの安全性インテグリティレベルを下げることなく、システム アーキテクチャに基づいて特定の部品の安全性インテグリティレベルを下げるすることができます。

図 2-1 に、HARA および安全コンセプト段階を図示します。

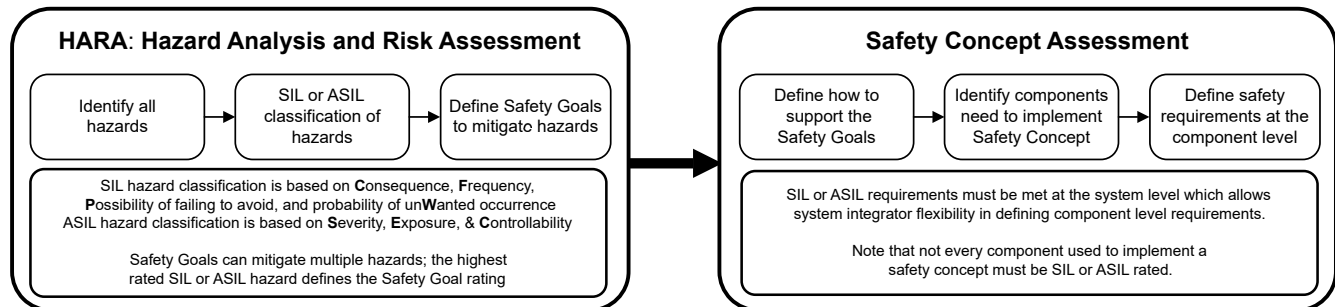


図 2-1. HARA および安全コンセプトの評価段階

## 3 SIL と ASIL の分類

多くの産業用アプリケーションでは、SIL レベルを使用して危険を分類し、安全コンセプト部品の許容可能な故障率を定義しています。SIL レベルを割り当てる基準は、国際電気標準会議 (IEC) 61508 の機能安全規格で定義されています。IEC 61508 は多くの業界で使用されており、電気、電子、プログラマブル電子デバイス (またはこれら 3 つの機能の任意の組み合わせ) を内蔵する安全関連システムに適用されています。

IEC 61508 では、各危険は結果、頻度と暴露時間、回避できない可能性、望ましくない発生の確率によって分類されています。

図 3-1 に、各危険を SIL 1 から SIL 4 (SIL 1 が最低の危害リスク) に評価するために使用されるマトリックスを示します。

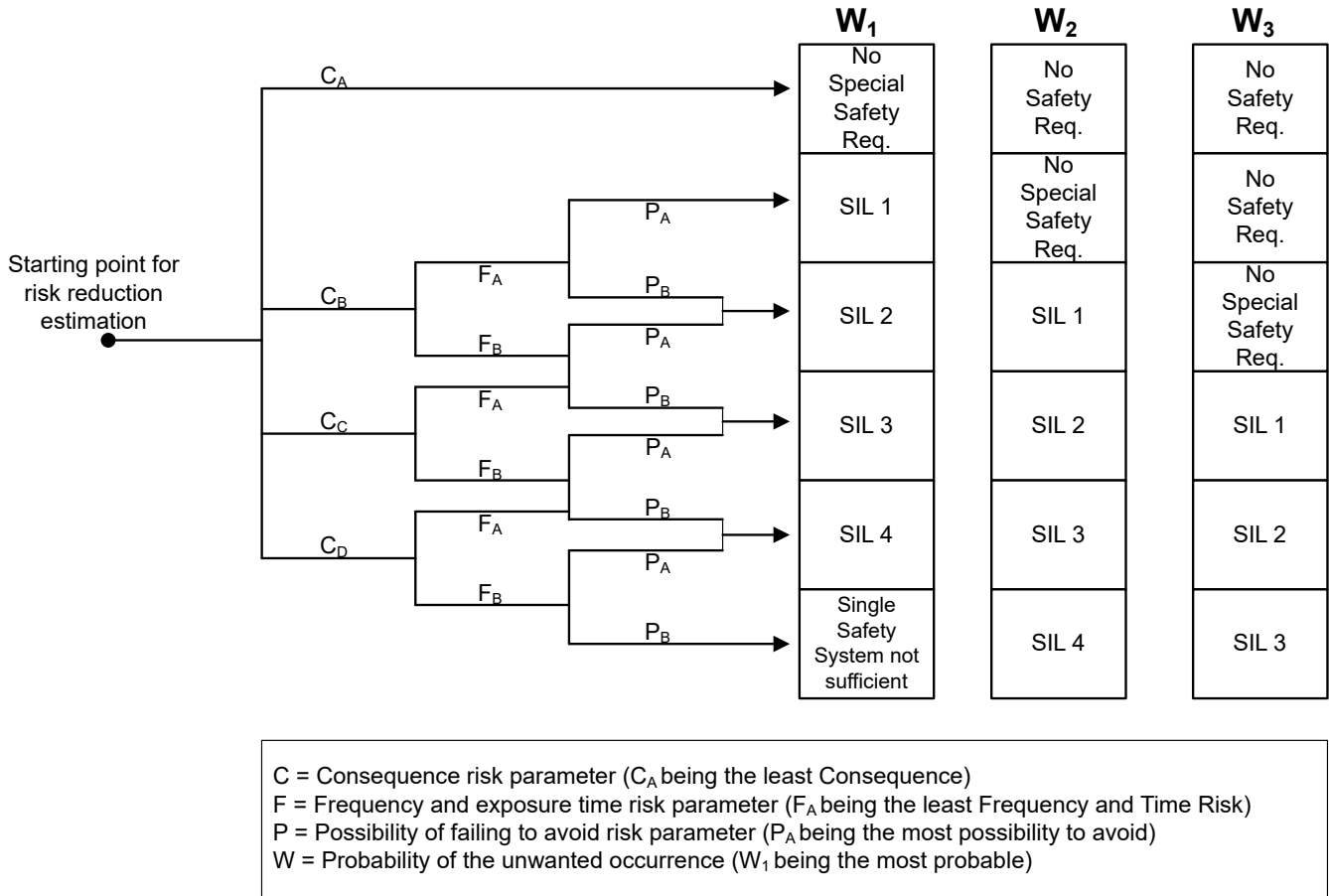


図 3-1. IEC 61508 のリスク グラフ、危険分類マトリクス

車載アプリケーションでは、ASIL レベルを使用して危険を分類し、安全コンセプト部品の許容可能な故障率を定義しています。ASIL レベルを割り当てる基準は、国際標準化機構 (ISO) 26262 規格で定義されています。IEC 61508 と ISO 26262 は、目的は似ていますが、使用する手法や安全マトリクスが異なります。

ISO 26262 では、危害の重大度 (S)、暴露の可能性 (E)、および危険を回避できるレベルを示す制御可能性 (C) を使用して各危険を分類しています。図 3-2 に示したマトリクスを使用して、各危険は品質管理 (QM)、または ASIL A から ASIL D までの 4 つのレベルのいずれかに分類されます。QM 定格は、特定された危険がリスクを低減するための専用の安全目標を必要としないことを示します。ASIL D 定格は、危害の可能性が最も高いことを示します。

注

集積回路 (IC) の場合は、QM 評価をサポートするには、標準的な半導体の品質管理設計 / 製造プロセスで対応できます。

		C1	C2	C3
S1	E1	QM	QM	QM
	E2	QM	QM	QM
	E3	QM	QM	ASIL-A
	E4	QM	ASIL-A	ASIL-B
S2	E1	QM	QM	QM
	E2	QM	QM	ASIL-A
	E3	QM	ASIL-A	ASIL-B
	E4	ASIL-A	ASIL-B	ASIL-C
S3	E1	QM	QM	ASIL-A
	E2	QM	ASIL-A	ASIL-B
	E3	ASIL-A	ASIL-B	ASIL-C
	E4	ASIL-B	ASIL-C	ASIL-D

S = Severity: How severe is the injury due to the hazard (S1 being the least severe)  
 E = Exposure: How likely is the hazard to occur (E1 being the least likely)  
 C = Controllability: How much can the driver do to prevent injury (C1 being the least controllable)

**図 3-2. ISO 26262 の危険分類マトリクス**

**FIT** 率は、IEC 61508 と ISO 26262 の両方で許容可能なリスクレベルを定義するための主要なコンプライアンスメトリクスです。FIT は、 $10^9$  時間の動作間隔 (動作時間 10 億時間) での故障回数 (**Failures In Time**) として定義されます。

すべての故障が潜在的な危害という点で同じであるとは限りられないため、故障は、非安全関連の故障、検出された安全な故障、検出されない安全な故障、検出された危険な故障、検出されない危険な故障など、さまざまなカテゴリに分類されます。明らかな理由から、最も重要なカテゴリは検出されない危険な故障です。他の故障カテゴリは、安全上の重大な懸念をもたらさないか、診断によって検出され、潜在的な危害を排除するために緩和できます。部品レベルでの FIT 率は、時間の経過とともに発生する可能性のある、検出されない危険な故障の最大数を定義します。

表 3-1 と表 3-2 に、IEC 61508 SIL と ISO 26262 ASIL の各メトリクスを示します。

**表 3-1. IEC 61508 SIL のメトリクス**

SIL レベル (タイプ B システム)	HFT = 0		HFT = 1	
	PFH	SFF	PFH	SFF
SIL 1	$\leq 1000$ FIT	$\geq 60\%$	$\leq 1000$ FIT	60% 未満
SIL 2	$\leq 100$ FIT	90% 以上	$\leq 100$ FIT	60% 以上
SIL 3	$\leq 10$ FIT	99% 以上	$\leq 10$ FIT	90% 以上
SIL 4	達成不可能		$\leq 1$ FIT	99% 以上

**表 3-2. ISO 26262 ASIL のメトリクス**

ASIL レベル	PMHF	SPFM	LFM
ASIL A	$\leq 1000$ FIT	指定なし	指定なし
ASIL B	$\leq 100$ FIT	90% 以上	60% 以上
ASIL C	$\leq 100$ FIT	97% 以上	80% 以上
ASIL D	$\leq 10$ FIT	99% 以上	90% 以上

IEC 61508 規格では、PFH (Probability of Failure per Hour: 1 時間あたりの故障の確率) を使用して 1 時間あたりの検出されない危険な故障の総数を表しています。SFF (Safe Failure Fraction: 安全故障率) は、検出されない危険な故障に分類されないすべての故障タイプの割合を表します。

PFH メトリクスと同様に、ISO 26262 では、PMHF (Probabilistic Metric for random Hardware Failures: ランダムハードウェア故障率メトリクス) を使用して検出されない危険な故障の総数を表しています。SPFM (Single Point Fault Metric: シングルポイント故障メトリクス) は、SFF に類似しています。

ISO 26262 には、IEC 61508 にはない診断ハードウェアに対する LFM (Latent Fault Metric: 潜在故障メトリクス) と呼ばれる追加のフォルトメトリクスが追加されています。診断ハードウェアの故障は、通常の動作中は検出できず、検出可能な故障が検出されない場合にのみ明らかになるため、潜在的な故障と見なされます。LFM 故障の数を減らすために、診断ハードウェアはテスト適用範囲が高い割合になるように設計し、現場への導入前に広範にテストする必要があります。

## 4 ランダム故障および決定論的原因故障

発生する可能性のある故障には、ランダム故障と決定論的原因故障の 2 種類があります。ランダム故障の発生は、動作温度、電源オン時間、動作電圧、中性子束係数など、多くの変数の影響を受けます。そのため、ランダムなハードウェア故障に対処する能力は、ランタイム実行中に故障を検出し、可能であれば防止し、システムを安全な状態にすることに限定されます。決定論的原因故障は、設計、開発、製造プロセスの不備に起因し、通常は開発プロセスのギャップから生じます。シリコンバグは、開発の設計検証段階で検出できるため、決定論的原因故障です。

決定論的原因故障は、開発および製造プロセスを厳密に管理し、遵守することにより、理論上はゼロにすることができます。SIL または ASIL の決定論的評価は、ランダム故障のように FIT 率を割り当てられるのではなく、遵守しなければならない手順やプロセスのレベルをそれぞれ定義しています。IEC 61508 と ISO 26262 の両方の決定論的能力の要件を満たすために、テキサス・インスツルメンツでは社内の安全 IC 開発標準を策定し、独立した第三者評価機関である TÜV SÜD の認証を受けています。安全なハードウェアおよびソフトウェアの開発に関するテキサス・インスツルメンツの認証については、テキサス・インスツルメンツの機能安全ホームページを参照してください。

決定論的原因故障とは異なり、ランダム故障はゼロに減らすことはできず、さまざまな手法を使用して、許容可能なレベルに管理する必要があります。IC の場合、システムレベルの設計手法を使用し、低 FIT 率のシリコンプロセスで製造し、ハードウェアとソフトウェアの両方の安全診断を実装することで、ランダムハードウェア故障数を SIL または ASIL で許容可能なレベルまで削減できます。セクション 5 に、安全診断の意味を説明し、AM243x および AM64x デバイスの使用例を示します。

## 5 AM243x および AM64x: 安全診断および例

テキサス・インスツルメンツの AM243x マイクロコントローラおよび AM64x プロセッサは、プログラマブルロジックコントローラ (PLC)、モーター制御、産業用通信ゲートウェイ、ロボティクスなど、幅広いアプリケーションで機能安全をサポートするように特別に設計されています。AM243x および AM64x シリーズには、SIL-2 のランダム故障耐性 ( $\leq 100$  FIT の検出されない危険な故障) および SIL-3 の決定論的能力に準拠することを目標としたデバイスオプションがあります。システムレベルでは、AM243x および AM64x を外部セーフティープロセッサと組み合わせることで、システムインテグレータが SIL-3 HFT = 1 まで達成できるよう支援できます。ハードウェア故障耐性 (HFT) = 1 とは、シングルポイントハードウェア故障が発生した場合でも、システムが安全コンセプトを維持できることを意味します。

SIL-2 のランダム故障メトリクスに応じて、AM243x および AM64x は安全診断を広範に活用しています。デバイスレベルの安全診断は、図 5-1 に示すように、3 つのカテゴリに分類されます。

Safety Diagnostics		
Hardware Diagnostics	Software Diagnostics	Hardware + Software Diagnostics
Diagnostics supported in hardware. Software may or may not be needed for initial configuration, but not required after configuration.	Diagnostics supported by software. Require CPU support and often need to meet critical timing requirements.	Diagnostics require hardware and software support. Minimal CPU support requirements.

図 5-1. 安全診断カテゴリ



**SECEDED (Single-Error Correcting Double-Error Detecting)**: シングル エラー訂正およびダブル エラー検出) は、メモリ エラーの検出に使用される一般的なハードウェア診断機能です。この診断機能は名前が示すとおり、1 ビットのメモリ エラーを訂正し、2 ビットさらには一部の 3 ビットのメモリ エラーを検出するというものです。AM243x と AM64x のどちらも、すべてのオンチップ メモリに SECEDED が搭載されています。

**CRC (Cyclic Redundancy Check)**: 巡回冗長性検査) は、データ転送エラーを検出するために使用されるソフトウェア診断です。CRC 値は、転送前にデータ パケットに基づいて計算され、受信側で再計算されます。計算値が一致しない場合は、転送中にデータが破損しています。どちらの計算もソフトウェアで行われ、ソフトウェアの実装はシステム インテグレータが行います。

ハードウェアとソフトウェアの診断を組み合わせた例として、内部ウォッチドッグ タイマがあります。ウォッチドッグ タイマはシリコンで実装されたカウンタで、初期値からゼロまでカウントダウンします。監視対象のプロセッサは、定期的にウォッチドッグ タイマをリセットするプログラムを実行し、タイマがゼロにならないようにします。ウォッチドッグ がゼロになった場合、プロセッサがロックしており、リセットする、安全な状態にする、またはリセットして安全な状態にする必要があると想定されます。

すべての安全故障は AM64x および AM243x のエラー シグナリング モジュール (ESM) に集約され、中央集中型の故障管理および報告システムを実現しています。ESM モジュールは重大度に基づいてエラーを分類し、システム インテグレータが各エラーに対する応答をプログラムできるようにします。応答オプションには、安全エラー ピン (図 6-3) のアサート、高優先度または低優先度の割り込みの生成、安全エラー ピンのアサートと割り込みの生成があります。

AM243x および AM64x がサポートしているハードウェア診断とソフトウェア診断の一覧については、機能安全マニュアルを参照してください。

## 6 AM243x および AM64x: FFI サポート付きセーフティ MCU

AM243x および AM64x はどちらも、専用のメモリとペリフェラルを備えたオンチップ絶縁型 **Arm®Cortex®-M4F** プロセッサを搭載しています。セーフティ MCU として構成した場合、M4F を使用して、システムの SIL 評価をサポートするためにメイン処理ドメインを監視できます。

AM243x および AM64x を 2 番目のセーフティ MCU と組み合わせると、SIL-3 HFT = 1 評価のシステムまでサポートできます。2 番目のセーフティ MCU を追加することで、システムにハードウェア故障耐性が追加されます。2 つのセーフティ MCU は互いにクロスチェック計算を実行します。結果が一致しない場合は、2 つのプロセッサのいずれかを使用してシステムを安全な状態に移行できます。

2 つの外部セーフティ MCU を使用するのではなく、セーフティ MCU を統合することで、システム コストと基板面積を削減できます。図 6-1 に、2 つの外部セーフティ MCU を搭載した SIL-3 HFT = 1 のシステムを示します。図 6-2 は同じシステムを示していますが、セーフティ MCU のうちの 1 つが AM243x または AM64x コントローラに統合されています。

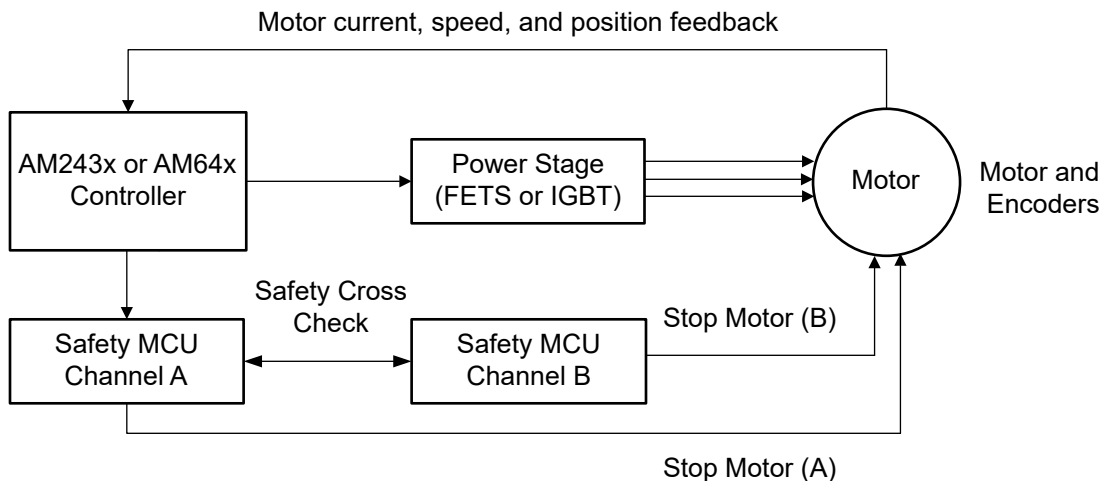


図 6-1. 2 つの外部セーフティ マイクロコントローラを搭載した SIL-3 HFT = 1 のシステム

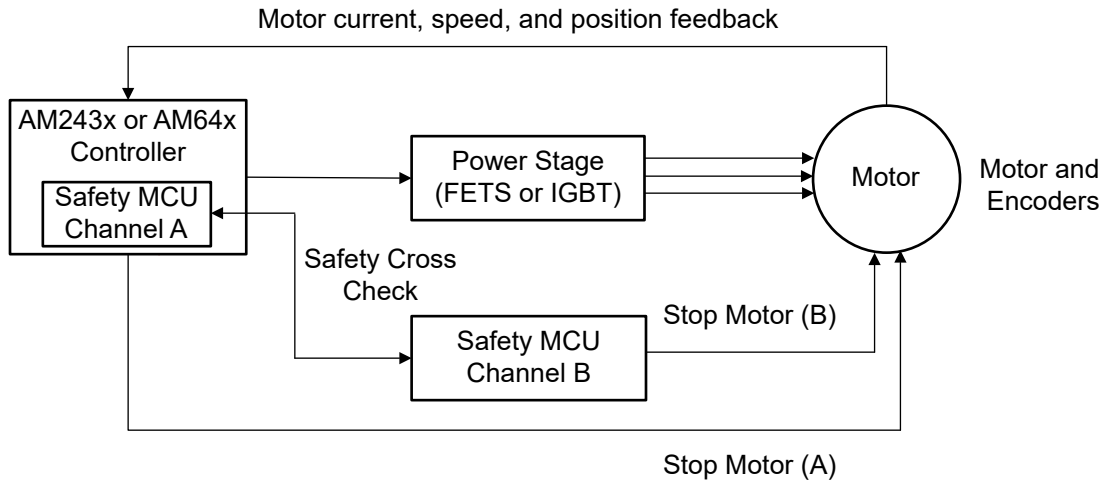


図 6-2. 統合セーフティ マイクロコントローラと外部セーフティ マイクロコントローラを搭載した SIL-3 HFT = 1 のシステム

セーフティ MCU の統合には、いくつかの FFI (Freedom From Interference、無干渉) 技術を使用して、セーフティ MCU をメイン処理ドメインから隔離する必要があります。FFI とは、システム内の 2 つ以上の要素間にカスケード故障やカスケード依存関係の可能性がないことと定義されます。FFI は隔離の一形態です。

AM243x と AM64x の安全ドメインを隔離するためにファイアウォールとタイムアウト ガスケットを使用し、メインドメインで発生したイベントが安全ドメインに影響を及ぼさないようにします。タイムアウト ガスケットは、ドメイン間通信中にメインドメインで発生する故障から安全ドメインを保護します。セーフティドメインがメインドメインとのトランザクションを開始すると、ウォッチドッグ タイマが設定されます。トランザクションが完了する前にタイマが時間切れになった場合 (メインドメイン内での問題が原因)、バスのトランザクションはキャンセルされ、セーフティドメインがロックアップするのを防止します。メインドメインが応答しなくなった場合、セーフティドメインはアクティブ状態を維持しながらメインドメインをリセットできます。

ファイアウォールとセーフティ ガスケットに加えて、セーフティドメインの追加安全機能として、クロック喪失検出回路、誤ったクロック周波数を検出するためのデュアル クロック コンパレータ、バストランザクションのパリティ、専用 I/O 電源レール、内蔵セルフ テスト (BIST) サポートがあります。

図 6-3 に、AM243x および AM64x セーフティドメイン、メインドメインリセット、セーフティ エラー フラグ、デバイスリセットピンを示します。重大なエラーが発生した場合、エラー フラグでパワー マネージメント IC (PMIC) または他のデバイスに信号を送信し、AM243x および AM64x デバイスのリセットを開始できます。

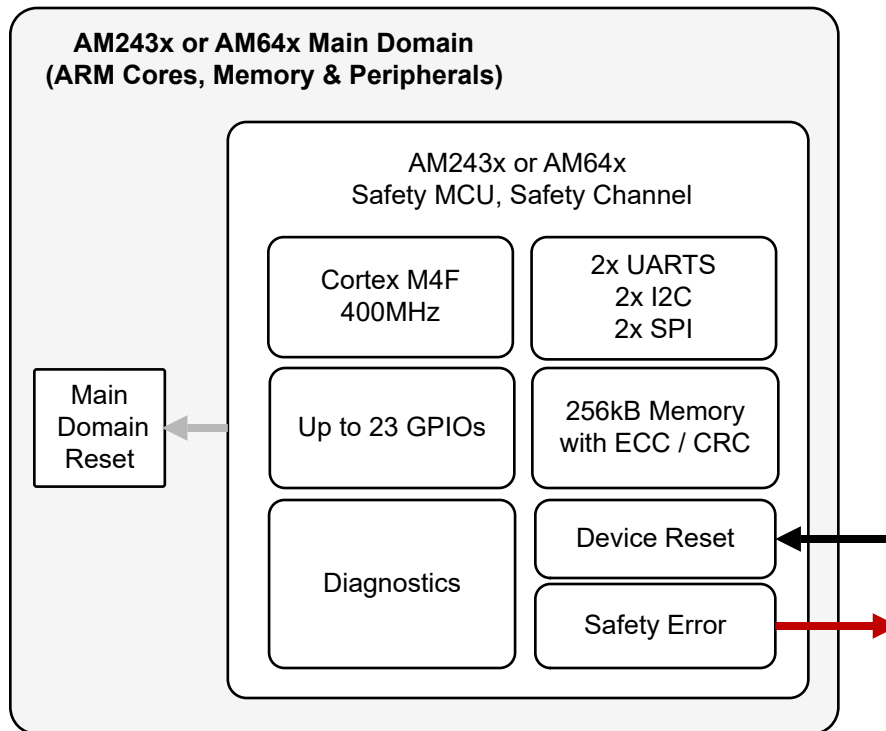


図 6-3. AM64x および AM243x のオンチップ セーフティ MCU

## 7 コンテキスト外安全要素

AM243x および AM64x のシリーズは、コンテキスト外安全要素 (SEooC、**Safety Elements out of Context**) として開発されました。SEooC は、最終システムの安全目標やシステムの動作方法について事前に知らなくても、機能安全をサポートできるように設計されたデバイスのことです。SEooC としてデバイスを開発すると、1 つのデバイスで多様なアプリケーションと安全目標をサポートできるため、リソースと資本を効率的に使用できます。

最終的なアプリケーションに依存しない機能安全をサポートするよう IC を設計するには、デバイスの SIL レベル評価を満たすため、システムレベルでいくつかの前提条件を設定し、それをサポートする必要があります。たとえば、AM243x および AM64x のシステムレベルの前提条件のうちの 1 つは、電源または他の外部監視デバイスがプロセッサを監視し、応答しない場合に検出できるということです。この要件を満たすには、オンチップ ウォッチドッグ タイマを搭載した PMIC を使用するのが一般的な方法です。

AM243x および AM64x のセーフティ マニュアルには、システム前提条件の詳細な一覧があり、診断に関する推奨事項の広範なリストと、サポートされる診断のタイプの詳細が記載されています。システム インテグレータは、その安全目標に応じて、利用可能なハードウェアおよびソフトウェア診断のサブセットを選択して機能安全目標をサポートできます。利用可能な安全診断のすべてを特定のシステムで使用する必要はありません。

## 8 機能安全のリソースおよび例

テキサス・インスツルメンツは、お客様が機能安全目標を達成できるように、広範囲に及ぶ資料とガイダンスを用意しています。例として、表 8-1 に AM243x および AM64x の機能安全リソースを示します。

表 8-1. 機能安全関連資料

セーフティ マニュアル	機能安全マニュアルには、診断機能、推奨事項、実装ガイドラインの詳細が記載されています。テキサス・インスツルメンツとお客様の両方の責任とともに、SEooC のシステムレベル設計の前提条件と設計要件も定義されています。
FMEDA (故障モード、影響、および診断分析)	FMEDA (故障モード、影響、および診断分析) は、SIL または ASIL の計算の前提条件を文書化したものです。デバイス寿命、宇宙放射に起因するソフトウェアエラー、動作温度プロファイル、特定のデバイス機能、ピンの使用方法、お客様が定義した診断に基づく FIT レートと診断範囲のモデル化をサポートしています。
安全分析レポート	安全分析レポートでは、FMEDA で想定された前提条件と、FMEDA を特定のアプリケーションに適合させるために役立つ変数を定義します。



**表 8-1. 機能安全関連資料 (続き)**

<a href="#">機能安全の診断ライブラリ</a>	安全診断ライブラリ (SDL) は、安全診断を構成および使用するためのソフトウェア インターフェイスと API インターフェイスを提供するものです。オンチップ診断用の構成コード例と、故障検出用のさまざまなオプションが提供されています。AM243x、AM64x の SDL コードは、TÜV SÜD によって SIL-3 認証を取得しています。
セーフトルク オフの安全コンセプトおよび評価レポート	SIL-3 および HFT = 1 のセーフトルク オフの安全コンセプトおよび TÜV SÜD 評価レポート

上記情報へのアクセスは、以下のリンクからリクエストしてください。AM243x、AM64x の機能安全認証が完了すると、NDA を除くすべての資料が [AM243x](#) および [AM64x](#) の製品フォルダで利用できるようになります。

- AM243x: [MySecure 機能安全アクセス リクエスト](#)
- AM64x: [MySecure 機能安全アクセス リクエスト](#)

テキサス・インスツルメンツの機能安全に関するサービスや関連する機能安全リソースの概要については、テキサス・インスツルメンツの [機能安全ホーム ページ](#) を参照してください。

## 重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、テキサス・インスツルメンツ製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した テキサス・インスツルメンツ製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとします。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている テキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、テキサス・インスツルメンツはその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。テキサス・インスツルメンツや第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、[テキサス・インスツルメンツの販売条件](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかる テキサス・インスツルメンツ製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用されるテキサス・インスツルメンツの保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、テキサス・インスツルメンツはそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated

## 重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ(データシートを含みます)、設計リソース(リファレンス・デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとし、

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、または [ti.com](#) やかかる TI 製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所 : Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated