

# TI Designs リファレンス・デザイン イーサネットPOWERLINK開発プラットフォーム リファレンス・デザイン



## デザイン概要

TIDEP0028イーサネットPOWERLINK開発プラットフォームは、テキサス・インスツルメンツ(TI)のAM335x Sitara™ プロセッサ・ファミリとPOWERLINKオープンMAC(Media Access Control)レイヤを1つのSoC(System-on-Chip)ソリューションに統合したものです。イーサネットPOWERLINKスレーブ通信用に開発されたTIDEP0028デザインを利用することで、設計者は、幅広い範囲の産業用オートメーション機器に対してリアルタイムのPOWERLINK通信標準を実装できます。このデザインは、TMDSICE3359産業用通信エンジン(ICE)に基づいています。

## デザイン・リソース

<a href="#">TIDEP0028</a>	デザイン・ファイルを含むツール・フォルダ
<a href="#">AM3359</a>	プロダクト・フォルダ
<a href="#">TMDSICE3359</a>	プロダクト・フォルダ
<a href="#">OtherEVMs/TI Designs</a>	ツール・フォルダ

## デザインの特長

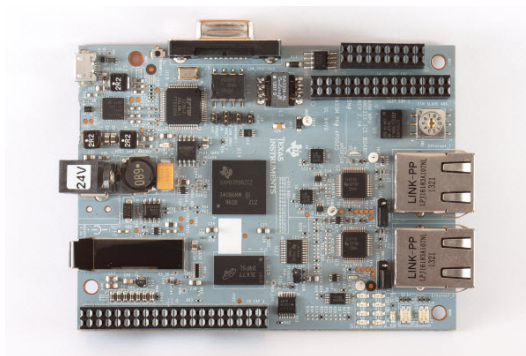
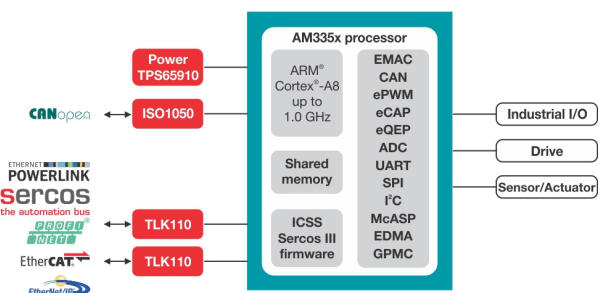
- POWERLINKの厳密な通信方式に半二重動作を組み合わせて、極めて低いレイテンシと完全に予測可能なネットワーク・インフラストラクチャを提供
- 低消費電力のSitara AM335xプロセッサを使用
- 開発ボードを注文可能(ハードウェア、ユーザー・ガイド、TIのStarterWare™ソフトウェア、およびアプリケーション・スタックが付属)

## 主なアプリケーション

- モーター駆動
- プログラマブル・ロジック・コントローラ
- デジタルおよびアナログI/Oモジュール
- マンマシン・インターフェイス(HMI)
- モーター制御



E2Eエキスパートに質問  
WEBENCH®設計支援ツール



使用許可、知的財産、その他免責事項は、最終ページにあるIMPORTANT NOTICE(ご注意)をご参照くださいますようお願いいたします。

## 1 システム概要

従来の集中型のI/Oシステムは、大規模なマシンの構築には不十分です。高速のI/Oラインを長い距離にわたって敷設すると、高い周波数での信号雑音によって、ケーブルの要件が厳しくなり、エラーも増加します。産業用イーサネットを利用すれば、SoC (System-on-Chip) による高速化を通じて、動作制御などの高周波アプリケーションで使用されるI/O、センサ、アクチュエータなどを管理することにより、これらの問題の多くを解決できます。SoCは、リアルタイムで決定性かつジッタ・フリーのイーサネット通信を実現するプロトコルに加え、長距離でも信頼性の高い決定性同期機能を提供します。

POWERLINKは、イーサネット標準のIEEE 802.3に基づく、リアルタイムのイーサネット・フィールドバス・システムです。POWERLINKは、B&Rによって最初に開発され、2001年に導入されました。そして2003年以降、独立したユーザー組織であるEthernet POWERLINK Standardization Group (EPSG) によって、さらに開発が促進されました。EPSGは、CAN in Automation (CiA) やInternational Electrotechnical Commission (IEC) など、他の関連する標準化団体やユーザー組織とも連携しています。2008年からは、無料で利用できるオープン・ソース版のPOWERLINKが提供されています。

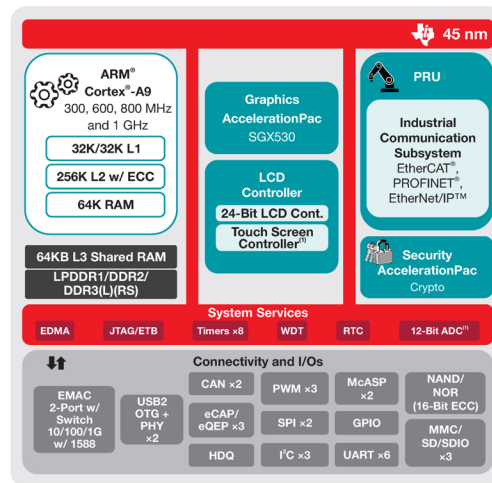
POWERLINKは、クロス・トラフィック、ホット・プラグなどのイーサネットの標準機能や、スター型、リング型、またはそれらの混在トポロジなど、各種のネットワーク構成をサポートしています。イーサネットPOWERLINKの通信プロファイルは、CANopenに基づいています。プロセス変数用のプロセス・データ・オブジェクト (PDO)、および構成オブジェクトやリモート・オブジェクト用のサービス・データ・オブジェクト (SDO) は、再利用されます。安全性に関わるアプリケーションでは、POWERLINKをopenSAFETYスタックとともに使用できます (openSAFETYスタックもオープン・ソースとして提供されています)。

TIDEP0028デザインは、POWERLINKをSitaraプラットフォーム上に実装する方法の例を提供します。

### 1.1 SitaraによるPOWERLINKソリューション

TIのSitara AM335xプロセッサは、ARM® Cortex®-A8を搭載した低消費電力プロセッサであり、幅広い範囲の産業用ペリフェラルを内蔵しています (図 1参照) ARM Cortex-A8は、単純なI/Oアプリケーション用の300MHzから、より高いCPU性能を必要とする複雑な制御アプリケーション用には1GHzまで、広いクロック周波数範囲をサポートしています。

AM335xデバイス・ファミリは、産業用通信サブシステム (PRU-ICSS) 内にTIのプログラマブル・リアルタイム・ユニットのインスタンスを格納しています。PRU-ICSSには、2つの専用処理コア (プログラマブル・リアルタイム・ユニット、PRU) と、UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)、MII (Media Independent Interface)、MDIO (Management Data Input/Output) などの産業用通信インターフェイスが搭載されています。2つのPRU-MIIインターフェイスは、2つのイーサネットPHYデバイスおよびそれらのポートに基板上で直接接続されています。これにより、ソフトウェアを使用して、さまざまな産業用プロトコルの実装用に、あらゆる種類のイーサネットMAC実装を実現できます。



\* 800 MHz / 1 GHz only available on 15x15 package. 13x13 supports up to 600 MHz.  
<sup>(1)</sup> Use of TSC will limit available ADC channels.

Figure 2: AM335x SoC block diagram

図 1. AM335x SoCのブロック図

## 1.2 TI openMAC

TIでは、POWERLINK用のopenMACモジュールを実装しました。これは、標準のイーサネットMACに、自動応答や時間トリガ送信機能など、POWERLINK用の拡張機能を追加したものです。PRU-ICSS上でopenMACモジュールを使用し、AM335xプロセッサ内部のARMホスト上でPOWERLINKスタックを実行することで、ユーザーは統合されたPOWERLINK制御対象ノード(CN)または管理ノード(MN)を実装できます。

TIのopenMAC実装の主な特長は次のとおりです。

- openMAC仕様への準拠
- 100Mbpsの全二重および半二重通信をサポートした2つのMIIインターフェイス
- 3ポート・ハブの実装
- 16個のRxフィルタ
- Rxパケットの最初の31バイトをフィルタリングする機能
- 自動応答機能
- TxおよびRxパケットへのタイムスタンプ付加、ホスト・プロセッサへの割り込み要求 (IRQ) 生成
- オペレーティング・システム(OS)に依存しないドライバ、およびハードウェア抽象化レイヤ (HAL) コード

図 2 に、openMACの使用シナリオ例を示します。openMACモジュールは、POWERLINKスタックで使用可能なイーサネット・ハブの下位レイヤを実装します。ユーザーは、そのレイヤ上にPOWERLINKのMNまたはCNソリューションを実装できます。

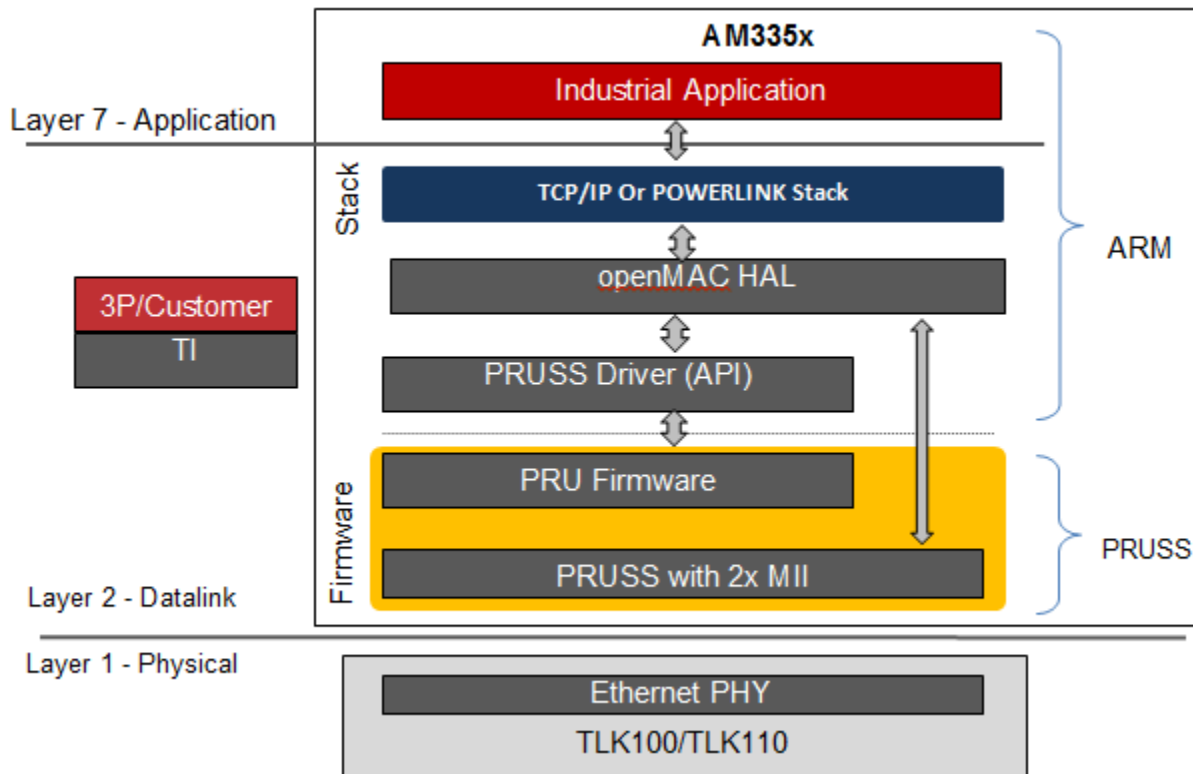


図 2. openMACの使用例

### 1.3 portによるサードパーティ・サポート

ドイツのハレを拠点とするport GmbHから、サードパーティ・プロトコル・スタックが提供されています。portでは、独自のPOWERLINKスタックとツールを使用して、必要なデバイス記述ファイルやアプリケーション・コードを作成する顧客をサポートしています。このソリューションは、TIの開発基板上で実行されるportソフトウェアから構成され、EPSSGによって正式な認定を受けています。portでは、TIのPOWERLINK PRUファームウェアとインターフェイスするためのドライバを作成し、表 1に示すような POWERLINK製品向け機能を提供しています。

表 1. スタック機能

FEATURE	SUPPORT
Controlled node functionality	Yes
Managing node functionality	-
Isochronous controlled node	Yes
Async-only controlled node	Yes
PDO producer	Yes
PDO consumer	Yes
Number of supported transmit-PDOs	1
Number of supported receive-PDOs	1-254
Dynamic PDO mapping	Yes
Static PDO mapping	Yes
IP support	Yes
SDO-server	Yes
SDO-client	Yes

表 1. スタック機能 (continued)

FEATURE	SUPPORT
SDO over UDP	Yes
SDO over ADnd	Yes
SDO over PDO	–
SDO expedited transfer	Yes
SDO segmented transfer	Yes
Number of supported lines	1
Multiplexing	Yes
Usage of nonvolatile memory	Yes
CN NMT state machine	Yes
Object dictionary	Yes
Extended data types	Yes
Usage of CANopen profiles	Yes
CA-401 framework support	Yes
Frame autoreply support	Yes

TIDEP0028は、複雑なオブジェクト・ディクショナリを管理するportのPOWERLINK Design Toolによってサポートされています。

POWERLINK Design Toolには以下の機能があります。

- オブジェクト・ディクショナリの管理 (動的または静的)
- それに合わせたPOWERLINKスタックの構成
- .XDDデバイス記述ファイルの作成
- ユーザー・アプリケーション用のアプリケーション・スタブの作成
- オブジェクト・ディクショナリのドキュメントの提供
- 自動的でエラー・フリーかつ再現可能な方法による構成の作成

このツールは、POWERLINKを単純なプロトコル・スタックからPOWERLINKソリューション・チェーンへと拡張します。

## 2 ブロック図

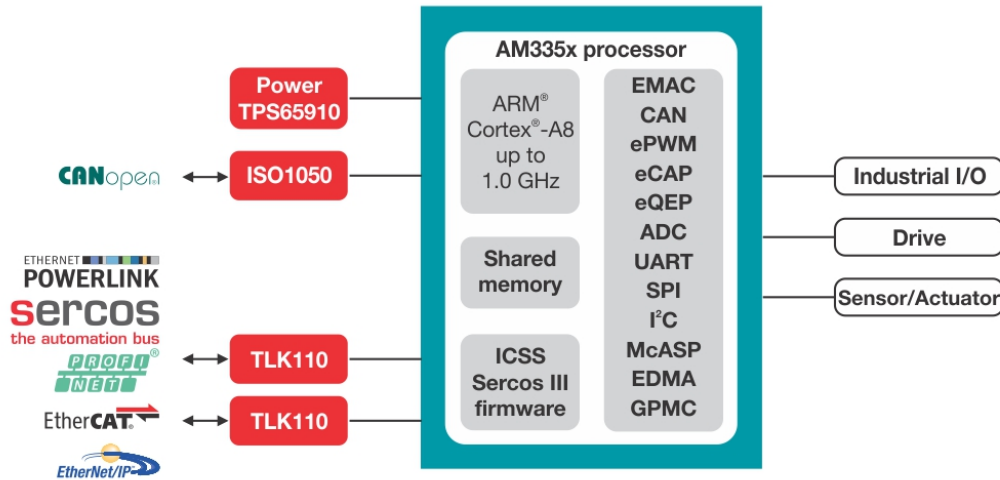


図 3. TMSICE3359産業用通信エンジン(ICE)基板のシステム・ブロック図

### 2.1 使用製品

産業用通信エンジン(ICE)は、Sitara AM3359デバイスに基づいています。ICEは、SPI(Serial Peripheral Interface)、I<sup>2</sup>C、UART、さらにはLED(発光ダイオード)を駆動するためのGPIO(汎用入出力)など、多くのSoCペリフェラルに加え、TLK110イーサネットPHYデバイスなどのコンポーネントを基板上に搭載しています。イーサネット接続用には、PRU-MIIに接続された2つのイーサネット・ポートをサポートします。ICE基板には、SPIおよびNORベースのフラッシュ・メモリと、恒久保存用のSDカード・インターフェイスが搭載されています。

portから、ユーザーが基板上で直接適用できる評価用ソフトウェア・パッケージが提供されています。供給されるバイナリ・アプリケーション・プログラムをmicroSDカードにコピーする必要があります。microSDカードを挿入した後は、基板をカードから起動して、POWERLINKのCN実装を実行できます。これにより、ユーザーは、関連するデバイス記述ファイルを、POWERLINKのマスタ(MN)機能を持つプログラマブル・ロジック・コントローラ(PLC)システムにインポートできます。定義済みの入力および出力データ・フィールドを使用して、MNとCN間のデータ転送を実装できます。CNの出力データは、サンプル・アプリケーション内で基板上の8個のLEDに関連付けられています。MNから送信されたデータは、基板上で直接視覚化できます。

TIのopenMACモジュールとportのPOWERLINK CNスタックに基づくサンプル・アプリケーションは、現在、表 2 に示される機能をサポートします。

表 2. ICEの機能

FEATURE	DESCRIPTION
POWERLINK cycle time	POWERLINK cycle time
Multiplexing	Yes
Async MTU size	300 to 1500 bytes
Basic Ethernet mode	Yes
SDO	Using ASnd and UDP
Conformance	POWERLINK conformance test version 1.1.0
Ports	Two external Ethernet ports, internal hub

産業用自動化ソフトウェア開発キット(IA-SDK)を使用することで、さらにソフトウェア開発を進めることができます。この開発キットは、産業用イーサネット・プロトコルを使用してTIのSYS/BIOS™リアルタイム・オペレーティング・システム(RTOS)とサンプル・プロジェクトとを組み合わせるものです。



### 2.1.1 AM3359

最大800MHzのSitara™ARM® Cortex®-A8 32ビットRISC (Reduced Instruction Set Computer) プロセッサ

- ARM® NEON™ SIMD (Single Instruction/Multiple Data) コプロセッサ
- 32KBのL1命令キャッシュおよび32KBのデータ・キャッシュ、単一エラー検出(パリティ)付き
- 256KBのL2キャッシュ、エラー訂正コード(ECC)付き
- 176KBのオンチップ・ブートROM
- 64KBの専用RAM
- エミュレーションおよびデバッグ - JTAG
- 割り込みコントローラ(最大128個の割り込み要求)

プログラマブル・リアルタイム・ユニット・サブシステムおよび産業用通信サブシステム(PRU-ICSS)

- EtherCAT®, PROFIBUS、PROFINET、EtherNet/IP™などのプロトコルをサポート
- 2個のプログラマブル・リアルタイム・ユニット(PRU)
- 200MHzで動作可能な32ビットのロード/ストアRISCプロセッサ
- 8KBの命令RAM、単一エラー検出(パリティ)付き
- 8KBのデータRAM、単一エラー検出(パリティ)付き
- 64ビット・アキュムレータを備えたシングル・サイクル32ビット乗算器
- 強化されたGPIOモジュールによりシフトイン/シフトアウトおよび外部信号の並列ラッチをサポート
- 12KBの共有RAM、単一エラー検出(パリティ)付き
- 各PRUからアクセス可能な120バイトのレジスタ・バンク × 3
- 割り込みコントローラ(INTC)モジュール(システム入力イベントの処理用)
- 内部および外部マスタをPRU-ICSS内部のリソースに接続するローカル相互接続バス
- PRU-ICSS内部のペリフェラル:
  - 最大12Mbpsをサポートするフロー制御ピン付きUARTポート × 1
  - eCAP (enhanced capture) モジュール × 1
  - EtherCATなどの産業用イーサネットをサポートするMIIイーサネット・ポート × 2
  - MDIOポート × 1

オンチップ・メモリ(共有L3 RAM)

- 64KBの汎用オンチップ・メモリ・コントローラ(OCMC) RAM
- すべてのマスタからアクセス可能

外部メモリ・インターフェイス(EMIF)

- mDDR (LPDDR)、DDR2、DDR3、およびDDR3Lコントローラ:
  - mDDR: 200MHzクロック(データ・レート: 400MHz)
  - DDR2: 266MHzクロック(データ・レート: 532MHz)
  - DDR3: 400MHzクロック(データ・レート: 800MHz)
  - DDR3L: 400MHzクロック(データ・レート: 800MHz)
  - 16ビット・データ・バス
  - 合計1GBのアドレッシング可能領域



- 1個のx16メモリまたは2個のx8メモリによるデバイス構成をサポート
- 汎用メモリ・コントローラ(GPMC)
  - 最大7個のチップ選択(NAND、NOR、Muxed-NOR、SRAM)を備えた柔軟な8ビットおよび16ビット非同期メモリ・インターフェイス
  - BCHコードを使用して4、8、または16ビットECCをサポート
  - ハミング・コードを使用して1ビットECCをサポート

機能リストについては、AM335xデータシートを参照してください[SPRS717](#)

## 2.1.2 TMDSCICE3359産業用通信エンジンEVM

ハードウェア仕様

- AM3359 ARM Cortex-A8
- DDR3、NORフラッシュ、SPIフラッシュ
- 有機発光ダイオード(OLED)ディスプレイ
- TPS65910電源管理
- 24V電源
- JTAGインターフェイスおよびシリアル・コンソール用USBケーブル

ソフトウェアおよびツール

- SYS/BIOSリアルタイムOS
- TIのStarterWare™ソフトウェア
- TIのCode Composer Studio™統合開発環境(IDE)
- 産業用通信プロトコル用のアプリケーション・スタック
- 産業用サンプル・アプリケーション

コネクティビティ

- PROFIBUSインターフェイス
- CANOpen
- イーサネット/IP
- PROFINET
- Sercos III
- デジタル入出力(I/O)
- SPI
- UART
- JTAG

機能およびデザイン・リソースのリストについては、TMDSCICE3359 Webサイトを参照してください:[www.ti.com/tool/tmdsice3359](http://www.ti.com/tool/tmdsice3359)

### 3 テストの設定

Sitara AM335xプロセッサ用のイーサネットPOWERLINKソリューションは、EPSCGによって提供されるPOWERLINK準拠確認ツールopenCONFORMANCEを使用して検証済みです。

### 4 テスト・データ



## Certificate

Ethernet POWERLINK Standardization Group grants to

---

**Texas Instruments Deutschland GmbH**  
 Haggertystr. 1  
 85356 Freising  
 Germany

---

Certificate No. 10000123

Certified Product Name	AM3359 Industrial Communications Engine
VendorID	0x34
Device Type	CN
HW Revision	1.0A
SW/FW Revision	R-251
XDD File name / Date	00000034_ICE_port_epl_am335x.xdd
Test date	2014-06-04
Test Report Number	04062014_034_CN_1
Expiry date of Certificate	2017-06-03

This declaration of conformity is valid for the entire product family using the identical fieldbus communication interface technology as in the tested product.  
 This certificate confirms that the product has successfully passed the POWERLINK certification tests conducted at an authorized test laboratory. Further this certification authorizes the product vendor to use the official POWERLINK »Certified Product« label as shown below for the POWERLINK compliant products as listed above.

The tests were executed in accordance with the following document: DS301 V1.1.0



Issuing date: Fredersdorf, 2014-06-16

  
 Stefan Schönegger  
 General Manager

  
 Heide Rennemann-Ihlenburg  
 POWERLINK-Office of EPSCG

図 4. EPSCG証明書

## 5 デザイン・ファイル

### 5.1 回路図

回路図のダウンロードについては、デザイン・ファイルを参照してください:[TIDEP0028](#)

### 5.2 部品表

部品表 (BOM) のダウンロードについては、デザイン・ファイルを参照してください:[TIDEP0028](#)

### 5.3 PCBレイアウト

PCBレイアウトのダウンロードについては、デザイン・ファイルを参照してください: [TIDEP0028](#)

### 5.4 ソフトウェア・ファイル

ソフトウェア・ファイルのダウンロードについては、デザイン・ファイルを参照してください: [TIDEP0028](#)

## 6 参考資料

1. Ethernet-POWERLINK.org, *ETHERNET POWERLINK Standardization Group*,  
<http://www.ethernet-powerlink.org/>
2. port GmbH, アプリケーション、<http://www.port.de/en/products/applications/>

## TIの設計情報およびリソースに関する重要な注意事項

Texas Instruments Incorporated ("TI")の技術、アプリケーションその他設計に関する助言、サービスまたは情報は、TI製品を組み込んだアプリケーションを開発する設計者に役立つことを目的として提供されるものです。これにはリファレンス設計や、評価モジュールに関係する資料が含まれますが、これらに限られません。以下、これらを総称して「TIリソース」と呼びます。いかなる方法であっても、TIリソースのいずれかをダウンロード、アクセス、または使用した場合、お客様(個人、または会社を代表している場合にはお客様の会社)は、これらのリソースをここに記載された目的のみに使用し、この注意事項の条項に従うことに合意したものとします。

TIによるTIリソースの提供は、TI製品に対する該当の発行済み保証事項または免責事項を拡張またはいかなる形でも変更するものではなく、これらのTIリソースを提供することによって、TIにはいかなる追加義務も責任も発生しないものとします。TIは、自社のTIリソースに訂正、拡張、改良、およびその他の変更を加える権利を留保します。

お客様は、自らのアプリケーションの設計において、ご自身が独自に分析、評価、判断を行う責任がお客様にあり、お客様のアプリケーション(および、お客様のアプリケーションに使用されるすべてのTI製品)の安全性、および該当するすべての規制、法、その他適用される要件への遵守を保証するすべての責任をお客様のみが負うことを理解し、合意するものとします。お客様は、自身のアプリケーションに関して、(1) 故障による危険な結果を予測し、(2) 障害とその結果を監視し、および、(3) 損害を引き起こす障害の可能性を減らし、適切な対策を行う目的での、安全策を開発し実装するために必要な、すべての技術を保持していることを表明するものとします。お客様は、TI製品を含むアプリケーションを使用または配布する前に、それらのアプリケーション、およびアプリケーションに使用されているTI製品の機能性を完全にテストすることに合意するものとします。TIは、特定のTIリソース用に発行されたドキュメントで明示的に記載されているもの以外のテストを実行していません。

お客様は、個別のTIリソースにつき、当該TIリソースに記載されているTI製品を含むアプリケーションの開発に関連する目的でのみ、使用、コピー、変更することが許可されています。明示的または黙示的を問わず、禁反言の法理その他のような理由でも、他のTIの知的所有権に対するその他のライセンスは付与されません。また、TIまたは他のいかなる第三者のテクノロジーまたは知的所有権についても、いかなるライセンスも付与されるものではありません。付与されないものには、TI製品またはサービスが使用される組み合わせ、機械、プロセスに関連する特許権、著作権、回路配置利用権、その他の知的所有権が含まれますが、これらに限られません。第三者の製品やサービスに関する、またはそれらを参照する情報は、そのような製品またはサービスを利用するライセンスを構成するものではなく、それらに対する保証または推奨を意味するものでもありません。TIリソースを使用するため、第三者の特許または他の知的所有権に基づく第三者からのライセンス、あるいはTIの特許または他の知的所有権に基づくTIからのライセンスが必要な場合があります。

TIのリソースは、それに含まれるあらゆる欠陥も含めて、「現状のまま」提供されます。TIは、TIリソースまたはその仕様に関して、明示的か暗黙的にかかわらず、他のいかなる保証または表明も行いません。これには、正確性または完全性、権原、続発性の障害に関する保証、および商品性、特定目的への適合性、第三者の知的所有権の非侵害に対する黙示の保証が含まれますが、これらに限られません。

TIは、いかなる苦情に対しても、お客様への弁済または補償を行う義務はなく、行わないものとします。これには、任意の製品の組み合わせに関連する、またはそれらに基づく侵害の請求も含まれますが、これらに限られず、またその事実についてTIリソースまたは他の場所に記載されているか否かを問わないものとします。いかなる場合も、TIリソースまたはその使用に関連して、またはそれらにより発生した、実際の、直接的、特別、付随的、間接的、懲罰的、偶発的、または、結果的な損害について、そのような損害の可能性についてTIが知らされていたかどうかにかかわらず、TIは責任を負わないものとします。

お客様は、この注意事項の条件および条項に従わなかったために発生した、いかなる損害、コスト、損失、責任からも、TIおよびその代表者を完全に免責するものとします。

この注意事項はTIリソースに適用されます。特定の種類の資料、TI製品、およびサービスの使用および購入については、追加条項が適用されます。これには、半導体製品(<http://www.ti.com/sc/docs/stdterms.htm>)、評価モジュール、およびサンプル(<http://www.ti.com/sc/docs/sampterm.htm>)についてのTIの標準条項が含まれますが、これらに限られません。