

Application Note

AM62L 消費電力の概略



Anshu Madwesh

概要

このアプリケーション ノートでは、AM62Lx Sitara™ プロセッサに関する一般的なベンチマークおよびシステム アプリケーションの使用シナリオでの消費電力について説明します。本書に記載されている各種指標は、ユーザーが AM62Lx の動作時および低消費電力時の電力特性をより理解しやすくするためのものです。これにより、所定の電力予算を満たすために最適な構成を判断しやすくなります。

目次

1 動作時消費電力の概要.....	2
2 低消費電力の概要.....	3
3 はじめに.....	4
3.1 テスト条件とパラメータ.....	4
3.2 スタータ キット EVM の情報.....	4
4 電力測定データ.....	6
4.1 低消費電力モード.....	6
4.2 コア.....	8
4.3 メディアおよびデータ ストレージ.....	10
4.4 ネットワーキングと暗号化.....	11
4.5 アプリケーションのデモ.....	13
5 参考資料.....	15
6 付録.....	16
6.1 LPDDR4 データ レートの変更方法.....	16
6.2 オンダイ温度の測定方法.....	16

商標

Sitara™ is a trademark of Texas Instruments.  
ARM® and Cortex® are registered trademarks of Arm Limited.  
CoreMark® is a registered trademark of Embedded Microprocessor Benchmark Consortium.  
すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

## 1 動作時消費電力の概要

カテゴリ	テスト名称	A53 コア速度	LPDDR4 のデータレート	AM62L 電源 (mW)
コア	Dhrystone	1 コア @ 833MHz	1600MT/s	344.53
		1 コア @ 1250MHz	1600MT/s	373.96
		2 コア @ 833MHz	1600MT/s	395.84
		2 コア @ 1250MHz	1600MT/s	450.78
	Whetstone	1 コア @ 1250MHz	1600MT/s	352.85
		2 コア @ 1250MHz	1600MT/s	414.22
	Stress-ng	1 コア @ 1250MHz	1600MT/s	407.35
		2 コア @ 1250MHz	1600MT/s	473.57
	CoreMark®- プロ	1 コア @ 1250MHz	1600MT/s	430.16
		2 コア @ 1250MHz	1600MT/s	466.26
メモリ / データ ストレージ	Stream	1 コア @ 1250MHz	800MT/s	411.03
		2 コア @ 1250MHz	800MT/s	457.04
		1 コア @ 1250MHz	1600MT/s	500.15
		2 コア @ 1250MHz	1600MT/s	537.98
	Memtester	1 コア @ 1250MHz	800MT/s	423.58
		2 コア @ 1250MHz	1600MT/s	505.36
	eMMC 読み取り	2 コア @ 1250MHz	1600MT/s	436.77
	eMMC 書き込み	2 コア @ 1250MHz	1600MT/s	476.33
ネットワーキングと暗号化	OpenSSL	1 コア @ 1250MHz	1600MT/s	429.32
		2 コア @ 1250MHz	1600MT/s	458.05
	イーサネットのスループット	2 コア @ 1250MHz	1600MT/s	401.92
アプリケーションのデモ	LVGL のデモ	1250MHz	1600MT/s	578.85
	オーディオ再生のデモ	1250MHz	1600MT/s	376.31

## 2 低消費電力の概要

AM62L の低消費電力モードの最新の消費電力データについては、[Linux SDK カーネル パフォーマンス ガイド](#)を参照してください。

カテゴリ	低消費電力状態	変数パラメータ	AM62L 電源 (mW)
低消費電力モード	<a href="#">ディープスリープ</a>	ディープスリープ	10.97
	<a href="#">RTC のみ + DDR</a>	RTC のみ + DDR	2.51
	<a href="#">RTC のみ</a>	RTC のみ	Linux SDK 12.x

## 3 はじめに

このアプリケーション ノートの目的は、ベンチマークや具体的なユースケースなど、さまざまなシナリオにおける AM62L デバイスの消費電力を示すことです。AM62L の性能ベンチマークの詳細については、[AM62L ベンチマーク アプリケーション ノート](#)を参照してください。

### 3.1 テスト条件とパラメータ

- ソフトウェア
  - Linux SDK バージョン 11.1
- ハードウェア
  - AM62L スタータ キット評価基板 (TMD62LEVM)
- テスト環境
  - 室温
  - 公称プロセス
- 使用するペリフェラル
  - USB-C 電源入力
  - シリアル接続向け Micro-USB
  - HDMI/ スピーカ/ Ethernet (テスト ケースに応じて)

#### 注

消費電力とダイ温度の測定値は、[TMD62LEVM 評価基板](#)を使用して収集しました。この EVM は熱性能を最適化して設計されていません。この EVM の設計目的は、SoC の機能と性能を実証することです。この目的を達成するために、SoC のほとんどのピンが使用されており、その結果、放熱を改善するためのレイアウトのベスト プラクティスを実装することが難しくなっています。システムの接合部から周囲への熱抵抗に影響を及ぼす変数は多数あります。これには、PCB サイズ、ビアの数、接地手法、層数、筐体やヒートシンクなどの要素が含まれます。実際のアプリケーションでは、パッケージ内の一部のピンが未使用であったり、EVM に含まれている外部デバイスが不要な場合があります。そのような場合は、ダイ接合部の温度を下げるために、より効率的な接地接続を設計することが推奨されます。たとえば、SoC 下部のすべてのグランド ピンを同一層の共通グラウンド プレーンに接続し、可能な限り多くのビアを PCB のグランド層に追加することが挙げられます。以下のドキュメントでは、PCB 設計の熱放散に関するベスト プラクティスおよび経験則について、いくつか説明します：

<https://www.ti.com/lit/an/spradb7/spradb7.pdf>。システムの熱特性を最も正確に再現するためには、デバイスの熱モデルと基板の特性を熱解析シミュレーション プログラムに取り込むことを推奨します。

### 3.2 スタータ キット EVM の情報

- 使用 EVM: [TMD62LEVM](#)
  - 0.75V のコア電源電圧
  - 特に記述のない限り 1600MT/s の LPDDR4 DRAM
  - 両方の A53 コアが 1.25GHz で動作 (特に記述のない限り)

### 3.2.1 スタータキット EVM 電源レール

電源	説明
VDD_CORE	SoC ARM® コア向けの電源。
VDD_LPDDR4	このレールには、SoC の LPDDR4 IO と外部 DRAM 部品の電源の両方が含まれます。
VDD_RTC	内部リアルタイム クロック モジュールの電源。
VDD_RTC_1V8	内部リアルタイム クロックの 1v8 I/O の電源です。
VDDA_1V8	SoC アナログ電源。このレールは、発振器、PLL、USB、DSI、および ADC の電源を供給します。
SOC_DVDD_1V8	1v8 デジタル I/O レールです。このレールは、OSPI、MMC0 および 2、さらに一部の一般的な VDDS0/1 レールに電力を供給します。
SOC_DVDD_3V3	3v3 デジタル I/O レールです。このレールは、RGMII、GPMC、USB I/O、および一部の一般的な VDDSHV0/1 レールに電力を供給します。

## 4 電力測定データ

このセクションでは、さまざまな低消費電力モード、ベンチマーク、使用事例について説明します。

### 4.1 低消費電力モード

低消費電力モードとは、動作中の部品を最小限に抑え、割り込み信号によって通常動作に復帰するのを待機しているデバイス状態を指します。低消費電力モードの目標は、デバイスがアイドル状態にあるときに、消費電力を最小化し、エネルギー効率を改善することです。各種の低消費電力モード、ウェークアップソース、スリープシーケンスの詳細については、[AM62L テクニカル リファレンス マニュアル](#)の電力モードセクションを参照してください。デバイス固有のテクニカル リファレンス マニュアルに記載されているすべての機能が、ソフトウェア開発キットに実装されているわけではないことに注意してください。

AM62L の低消費電力モードの最新の消費電力データについては、[Linux SDK カーネル パフォーマンス ガイド](#)を参照してください。

#### 4.1.1 ディープスリープ

[ARM Trusted Firmware 側の変更](#)に従って、正しい低消費電力モードが選択されていることを確認します。

次に、DeepSleep に移行するコマンドは次のとおりです：

```
root@am62lxx-evm:~# echo mem > /sys/power/state
```

最新の手順については、[AM62L Linux SDK パワー マネジメント](#) セクションを参照してください。

レール名	レール電圧	電力 (mW)
VDD_CORE	0.75V	5.20
SOC_DVDD_1V8	1.8V	2.01
SOC_DVDD_3V3	3.3V	2.12
VDDA_1V8	1.8V	0.59
VDD_LPDDR4	1.1V	1.02
VDD_RTC	0.75V	0.02
VDD_RTC_1V8	1.8V	0.02
合計電力		10.97

#### 4.1.2 RTC のみ + DDR

ARM Trusted Firmware 側の変更に従って、正しい低消費電力モードが選択されていることを確認します。

次に、RTC のみ + DDR モードに移行するコマンドは以下の通りです

```
root@am62lxx-evm:~# echo mem > /sys/power/state
```

最新の手順については、[AM62L Linux SDK パワー マネジメント](#) セクションを参照してください。

レール名	レール電圧	電力 (mW)
VDD_CORE	0.75V	0.00
SOC_DVDD_1V8	1.8V	1.33
SOC_DVDD_3V3	3.3V	1.13
VDDA_1V8	1.8V	0.00
VDD_LPDDR4	1.1V	0.00
VDD_RTC	0.75V	0.02
VDD_RTC_1V8	1.8V	0.05
合計電力		2.51

#### 4.1.3 RTC のみ

RTC のみの低消費電力モードは、今後の Linux SDK リリースで追加される予定です。この低消費電力モードでは、内部 RTC モジュールのみを動作させて時刻を維持し、ユーザーが設定した時間が経過した後に SoC をウェイクアップさせます。

このアプリケーション ノートは、RTC のみが Linux SDK でサポートされている場合に更新されます。

## 4.2 コア

このセクションでは、Cortex® A53 コアを中心としたベンチマークに注目します

### 4.2.1 Dhrystone

N-Core は、同時に実行されている Dhrystone のインスタンス数を示します。各インスタンスは 1 つの A53 コアで実行されます。

Dhrystone を実行するための Linux コマンド:

#### 1 コア Dhrystone

```
root@am62lxx-evm:~# dhrystone 400000000
```

#### 2 コア Dhrystone

```
root@am62lxx-evm:~# taskset 0x1 dhrystone 400000000 &
root@am62lxx-evm:~# taskset 0x2 dhrystone 400000000 &
```

		1 コアの 833MHz	1 コアの 1250MHz	2 コアの 833MHz	2 コアの 1250MHz
レール名	レール電圧	電力 (mW)			
VDD_CORE	0.75V	260.58	290.06	312.17	367.12
SOC_DVDD_1V8	1.8V	4.57	4.58	4.53	4.56
SOC_DVDD_3V3	3.3V	2.68	2.67	2.67	2.67
VDDA_1V8	1.8V	20.81	20.79	20.81	20.81
VDD_LPDDR4	1.1V	55.85	55.82	55.60	55.57
VDD_RTC	0.75V	0.02	0.02	0.03	0.02
VDD_RTC_1V8	1.8V	0.02	0.02	0.02	0.02
合計電力		344.53	373.96	395.84	450.78
ダイ温度 (°C)		43°C	43°C	43°C	43°C

### 4.2.2 Whetstone

N-Core は、Whetstone が同時に実行されるインスタンスの数を示します。各インスタンスは 1 つの A53 コアで実行されます。

Whetstone を実行するための Linux コマンド:

#### 1 コアの Whetstone

```
root@am62lxx-evm:~# whetstone 3600000
```

#### 2 コアの Whetstone

```
root@am62lxx-evm:~# taskset 0x1 whetstone 3600000 &
root@am62lxx-evm:~# taskset 0x2 whetstone 3600000 &
```



		1 コアの 1250MHz	2 コアの 1250MHz
レール名	レール電圧	電力 (mW)	
VDD_CORE	0.75V	269.22	330.57
SOC_DVDD_1V8	1.8V	4.58	4.56
SOC_DVDD_3V3	3.3V	2.65	2.68
VDDA_1V8	1.8V	20.78	20.80
VDD_LPDDR4	1.1V	55.59	55.57
VDD_RTC	0.75V	0.02	0.02
VDD_RTC_1V8	1.8V	0.02	0.02
合計電力		352.85	414.22
ダイ温度 (°C)		41°C	43°C

### 4.2.3 Stress-ng

N-Core は、Stress-ng のスレッドが同時に実行されている数を示します。各スレッドは 1 つの A53 コアで実行されます。

Stress-ng を実行するための Linux コマンドは、次の形式に従います：

```
root@am62lxx-evm:~# stress-ng --cpu <# of Cores> -t <time in minutes>m
```

		1 コアの 1250MHz	2 コアの 1250MHz
レール名	レール電圧	電力 (mW)	
VDD_CORE	0.75V	314.82	382.06
SOC_DVDD_1V8	1.8V	4.97	5.18
SOC_DVDD_3V3	3.3V	2.14	2.14
VDDA_1V8	1.8V	20.83	20.83
VDD_LPDDR4	1.1V	64.53	63.31
VDD_RTC	0.75V	0.03	0.03
VDD_RTC_1V8	1.8V	0.01	0.01
合計電力		407.35	473.57
ダイ温度 (°C)		41°C	42°C

### 4.2.4 CoreMark® — Pro

このベンチマーク テストは Core SDK には含まれていません。

まず、リポジトリのクローンを作成してからビルドします

```
root@am62lxx-evm:~# git clone https://github.com/eembc/coremark-pro.git
root@am62lxx-evm:~# cd coremark-pro/
root@am62lxx-evm:~/coremark-pro# make TARGET=linux64 build-all
```

N を使用しているコアの数でベンチマークを実行します：

```
root@am62lxx-evm:~/coremark-pro# make TARGET=linux64 certify-all XCMD='-cN'
```

詳細については、[AM62L ベンチマーク アプリケーション ノート](#)を参照してください。

		1 コアの 1250MHz	2 コアの 1250MHz
レール名	レール電圧	電力 (mW)	
VDD_CORE	0.75V	295.31	318.09
SOC_DVDD_1V8	1.8V	7.52	8.36
SOC_DVDD_3V3	3.3V	2.66	2.68
VDDA_1V8	1.8V	20.68	20.83
VDD_LPDDR4	1.1V	103.95	116.26
VDD_RTC	0.75V	0.03	0.03
VDD_RTC_1V8	1.8V	0.02	0.02
合計電力		430.16	466.26
ダイ温度 (°C)		43°C	43°C

### 4.3 メディアおよびデータ ストレージ

このセクションでは、DDR4/LPDDR4 の負荷試験と、eMMC への読み書き処理に焦点を当てます。

#### 4.3.1 Stream

これらのテストを実行するための Linux コマンドは、次の形式に従います：

```
root@am62lxx-evm:~# stream -P <# of Cores/# of Threads> -N <# of Iterations>
```

使用するコアの数が少ない場合は、反復回数を増やして測定に十分な時間を確保できます。

##### 1 コア Stream

```
root@am62lxx-evm:~# stream -P 1 -N 500
```

##### 2 コア Stream

```
root@am62lxx-evm:~# stream -P 2 -N 200
```

LPDDR4 のデータレート		800MT/s		1600MT/s	
A53 コア速度		1 コアの 1250MHz	2 コアの 1250MHz	1 コアの 1250MHz	2 コアの 1250MHz
レール名	レール電圧	電力 (mW)			
VDD_CORE	0.75V	248.29	290.18	316.38	366.23
SOC_DVDD_1V8	1.8V	6.93	7.97	8.60	9.90
SOC_DVDD_3V3	3.3V	2.67	2.68	2.69	2.65
VDDA_1V8	1.8V	20.80	20.82	20.82	20.78
VDD_LPDDR4	1.1V	132.29	135.35	151.62	138.38
VDD_RTC	0.75V	0.02	0.03	0.03	0.02
VDD_RTC_1V8	1.8V	0.02	0.02	0.02	0.02
合計電力		411.03	457.04	500.15	537.98
ダイ温度 (°C)		43°C	43°C	44°C	45°C

### 4.3.2 Memtester

これらのテストを実行するための Linux コマンドは、次の形式に従います:

```
root@am62lxx-evm:~# memtester 1G 1
```

これにより、テスト用に 1 ギガバイトのメモリ スペースが割り当てられ、1 つのループで実行されます。

LPDDR4 のデータレート		800MT/s	1600MT/s
A53 コア速度		2 コアの 1250MHz	
レール名	レール電圧	電力 (mW)	
VDD_CORE	0.75V	258.14	328.34
SOC_DVDD_1V8	1.8V	6.35	8.41
SOC_DVDD_3V3	3.3V	2.67	2.69
VDDA_1V8	1.8V	20.80	20.84
VDD_LPDDR4	1.1V	135.58	145.03
VDD_RTC	0.75V	0.02	0.03
VDD_RTC_1V8	1.8V	0.02	0.02
合計電力		423.58	505.36
ダイ温度 (°C)		43°C	45°C

### 4.3.3 eMMC 読み取り/書き込み

このテストでは、AM62L EVM のオンボード eMMC デバイスの書き込みと読み取りを実行します。

書き込みシーケンスを実行する場合:

```
root@am62lxx-evm:~# dd if=/dev/urandom of=<eMMC block device> bs=1M status=progress count=10000
```

読み取りシーケンスを実行する場合:

```
root@am62lxx-evm:~# dd if=<eMMC block device> of=/dev/null bs=1M status=progress
```

eMMC 動作		読み出し	書き込み
A53 コア速度		2 コアの 1250MHz	
レール名	レール電圧	電力 (mW)	
VDD_CORE	0.75V	270.12	310.20
SOC_DVDD_1V8	1.8V	27.31	37.40
SOC_DVDD_3V3	3.3V	2.67	2.68
VDDA_1V8	1.8V	20.80	20.82
VDD_LPDDR4	1.1V	115.81	105.17
VDD_RTC	0.75V	0.02	0.03
VDD_RTC_1V8	1.8V	0.02	0.02
合計電力		436.77	476.33
ダイ温度 (°C)		43°C	45°C

## 4.4 ネットワーキングと暗号化

このセクションでは、イーサネットと暗号化によるネットワーキングに焦点を当てます

#### 4.4.1 OpenSSL

これは、ネットワークおよび暗号処理を基盤としたベンチマークです。このテストでは、EVM に接続されたイーサネット ケーブルが必要です。

これらのテストを実行するための Linux コマンドは、次の形式に従います：

```
root@am62lxx-evm:~# openssl speed -multi <# of Cores/# of Threads>
```

		1 コアの 1250MHz	2 コアの 1250MHz
レール名	レール電圧	電力 (mW)	
VDD_CORE	0.75V	336.71	365.46
SOC_DVDD_1V8	1.8V	11.59	11.58
SOC_DVDD_3V3	3.3V	2.32	2.32
VDDA_1V8	1.8V	20.88	20.91
VDD_LPDDR4	1.1V	57.78	57.73
VDD_RTC	0.75V	0.03	0.04
VDD_RTC_1V8	1.8V	0.01	0.01
合計電力		429.32	458.05
ダイ温度 (°C)		45°C	47°C

#### 4.4.2 イーサネットのスループット

このテストでは、イーサネット ポート経由でデータが送信されます。このテストでは、EVM に接続されたイーサネット ケーブルが必要です。

まず、IP アドレスを追加します：

```
root@am62lxx-evm:~# ip addr add <ip addr>/<mask> dev <ethernet device>
```

ホスト マシンで iperf3 サーバーをセットアップします：

```
HOST:~# ip addr add <different ip addr>/<mask> dev <ethernet device>
HOST:~# iperf3 -s
```

最後に、EVM でスループット テストを開始します。

```
root@am62lxx-evm:~# iperf3 -c <host defined ip addr>
```

		2 コアの 1250MHz
レール名	レール電圧	電力 (mW)
VDD_CORE	0.75V	275.63
SOC_DVDD_1V8	1.8V	17.74
SOC_DVDD_3V3	3.3V	2.66
VDDA_1V8	1.8V	20.82
VDD_LPDDR4	1.1V	85.03
VDD_RTC	0.75V	0.03
VDD_RTC_1V8	1.8V	0.02
合計電力		401.92

		2 コアの 1250MHz
レール名	レール電圧	電力 (mW)
ダイ温度 (°C)		44°C

## 4.5 アプリケーションのデモ

これらのテストの目的は、さまざまなアプリケーションの使用事例の消費電力を示すことです。

### 4.5.1 LVGL のデモ

ハードウェアの前提条件に従ってデモを実行するように EVM が構成されていることを確認します。このデモを実行するには、モニタに接続された HDMI ケーブルで映像を表示し、USB マウスでインターフェイスを操作する必要があります。TI LVGL デモは、「tisdk-default-image」でフラッシュ書き込みした SD カードでデバイスが完全にブートされると自動的に起動します。

		2 コアの 1250MHz
レール名	レール電圧	電力 (mW)
VDD_CORE	0.75V	300.09
SOC_DVDD_1V8	1.8V	12.44
SOC_DVDD_3V3	3.3V	126.23
VDDA_1V8	1.8V	46.22
VDD_LPDDR4	1.1V	93.80
VDD_RTC	0.75V	0.04
VDD_RTC_1V8	1.8V	0.01
合計電力		578.85
ダイ温度 (°C)		48°C

### 4.5.2 オーディオ再生のデモ

オーディオ再生デモを実行するには、次のようなスクリプトを作成します。

```
#!/bin/sh
while [ 1 ]; do
    arecord -Dplughw:0,0 | aplay -Dplughw:0,0
done
```

その後、次のコマンドでスクリプトを実行できます。

```
root@am62lxx-evm:~# ./<Audio Script>.sh
```

スクリプトの実行を終了するには、Ctrl+C を使用します。

		2 コアの 1250MHz
レール名	レール電圧	電力 (mW)
VDD_CORE	0.75V	277.03
SOC_DVDD_1V8	1.8V	7.29
SOC_DVDD_3V3	3.3V	6.44
VDDA_1V8	1.8V	27.25
VDD_LPDDR4	1.1V	58.26
VDD_RTC	0.75V	0.03
VDD_RTC_1V8	1.8V	0.02

		2 コアの 1250MHz
レール名	レール電圧	電力 (mW)
合計電力		376.31
ダイ温度 (°C)		40°C

## 5 参考資料

1. [AM62L Linux SDK パワー マネージメント資料](#)
2. [AM62L ベンチマーク](#)
3. [AM62L Linux SDK 最新ガイド](#)
4. [AM62L 製品ページ](#)
5. [AM62L データシート](#)
6. [AM62L テクニカル リファレンス マニュアル](#)
7. [AM62L EVM ページ](#)
8. [AM62L EVM ユーザー ガイド](#)

## 6 付録

### 6.1 LPDDR4 データレートの変更方法

1. [dev.ti.com/sysconfig](https://dev.ti.com/sysconfig) にアクセスします
2. 「ソフトウェア製品」で、「DDR 構成 ...」を選択します。AM62Lx'
3. 「デバイス」で「AM62L」を選択します
4. 速度を 800MHz から、DDR クロック速度である 400MHz に変更します。
5. 変更を実装する際は、SYSCONFIG ツールの指示に従ってください。
6. 新しい TF-A 向けの変更を実装した後、[U-Boot を再ビルド](#)

### 6.2 オンダイ温度の測定方法

AM62L には 1 つのオンダイ温度センサがあり、A53 コンピュート クラスタと DDR コントローラの間に配置されています。VTM (電圧およびサーマルモジュール) Linux ドライバを使用すると、SYSFS エントリを介して温度センサの値を読み取ることができます。

オンダイ温度センサは、こちらから読み取ることができます:

```
root@am62lxx-evm:~# cat /sys/class/thermal/thermal_zone0/temp
```



## 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、TI は一切の責任を拒否します。

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 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](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](#) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。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。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

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

Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月