AWR2943/AWR2944 シングル チップ 76～81GHz FMCW レーダー センサ

1 特長

- FMCW トランシーバ
  - PLL、トランスミッタ、レシーバ、ベースバンド、ADC を内蔵
  - 76～81GHz の範囲 (4GHz の連続帯域幅) に対応
  - アンテナへの PCB インターフェイスのための 4 個の受信チャネルと 3～4 個の送信チャネル (AWR2943 は 3 チャネル、AWR2944 は 4 チャネル)
  - 送信用位相シフタ
  - フラクショナル N PLL を使用した超高精度のチャープ エンジン
  - TX 出力
    - 13.5dBm
  - RX ノイズ指数
    - 12dBm
  - 1MHz での位相ノイズ
    - –96dBc/Hz (76GHz～77GHz)
    - –95dBc/Hz (76GHz～81GHz)
- 較正および自己テストを内蔵
  - 内蔵ファームウェア (ROM)
  - プロセスおよび温度の自己較正システム
- 処理部品
  - 300MHz で動作する Arm® Cortex-R5F® コア (ロック ステップ動作をサポート)
  - 360MHz (AWR2944/AWR2943) で動作する、テキサス・インスツルメンツのデジタル信号プロセッサ C66x
  - FFT、対数振幅、メモリ圧縮などの動作向け、テキサス・インスツルメンツのレーダー ハードウェア アクセラレータ (HWA2.1)。
  - データ移動用の複数の EDMA インスタンス
- ホスト インターフェイス
  - 2 個の CAN-FD
  - 10/100Mbps RGMII/RMII/MII イーサネット (AWR2944/AWR2943)
- シリアル フラッシュ メモリ インターフェイスをサポート (QSPI フラッシュ メモリからのユーザー アプリケーションのロード)
- ユーザー アプリケーションで利用可能なその他のインターフェイス
  - 最大 9 つの ADC チャネル
  - 2 つの SPI
  - 4 つの UART
  - I^2C
  - GPIO
  - 3 つの EPWM
  - 生の ADC データおよびデバッグ計測用の 4 レーン Aurora LVDS (AWR2944/AWR2943)
  - CSI2 Rx インターフェイスにより、キャプチャされたデータの再生が可能 (AWR2944/AWR2943)
- オンチップ RAM
  - 3～4MB (AWR2944LC は 3MB、AWR2943 は 3.5MB、AWR2944 は 4MB)
  - DSP、MCU、共有 L3 でメモリ空間を分割
- デバイスのセキュリティ (一部の型番のみ)
  - プログラム可能な組み込みハードウェア セキュリティ モジュール (HSM)
  - セキュア認証および暗号化ブートのサポート
  - 顧客がプログラム可能なルート キー、対称キー (256 ビット)、非対称キー (RSA-4K または ECC-512 まで)、キー失効機能付き
  - 暗号化ハードウェア アクセラレータ:ECC 付き PKA、AES (最大 256 ビット)、SHA (最大 512 ビット)、TRNG/DRBG
- 機能安全準拠製品向け
  - 機能安全アプリケーション向けに開発
  - ISO 26262 機能安全システム設計を支援するドキュメントを準備中
  - ASIL B までを対象とするハードウェア インテグリティ
- AEC-Q100 認定済み
- 高度な機能
  - 外部プロセッサの関与を必要としない自己監視機能を内蔵
  - 干渉検出機能を内蔵
- パワー マネージメント
  - オンダイ LDO ネットワークにより PSRR の向上を実現
  - LVCMOS IO は 3.3V、1.8V のデュアル電圧に対応
- クロック ソース
  - 40MHz の水晶振動子と内部発振器
  - 40MHz の外部発振器をサポート
  - 40MHz の外部駆動クロック (方形波 / 正弦波) をサポート
- 効果的なパワー マネージメント
  - 推奨される LP87745-Q1 パワー マネージメント IC (PMIC)
    - デバイスの電源要件を満たすように特別に設計されたコンパニオン PMIC

このリソースの元の言語は英語です。翻訳は概要を便宜的に提供するもので、自動化ツール (機械翻訳) を使用していることがあり、TI では翻訳の正確性および妥当性につきましては一切保証いたしません。実際の設計などの前には、ti.com で必ず最新の英語版をご参照くださいますようお願いいたします。

- さまざまな使用事例をサポートするためのフレキシブルなマッピングと工場出荷時にプログラムされた構成
- コストを抑えたハードウェア設計
  - 0.65mm ピッチ、12mm × 12mm のフリップ チップ BGA パッケージにより、組み立てが簡単で低コストの PCB 設計が可能
  - 小型ソリューション サイズ
- 車載用動作温度範囲に対応
  - 動作時の接合部温度範囲:-40℃～140℃

2 アプリケーション

- 車線変更支援
- 死角検出
- 自動緊急ブレーキ
- アダプティブ クルーズ コントロール
- クロストラフィック アラート

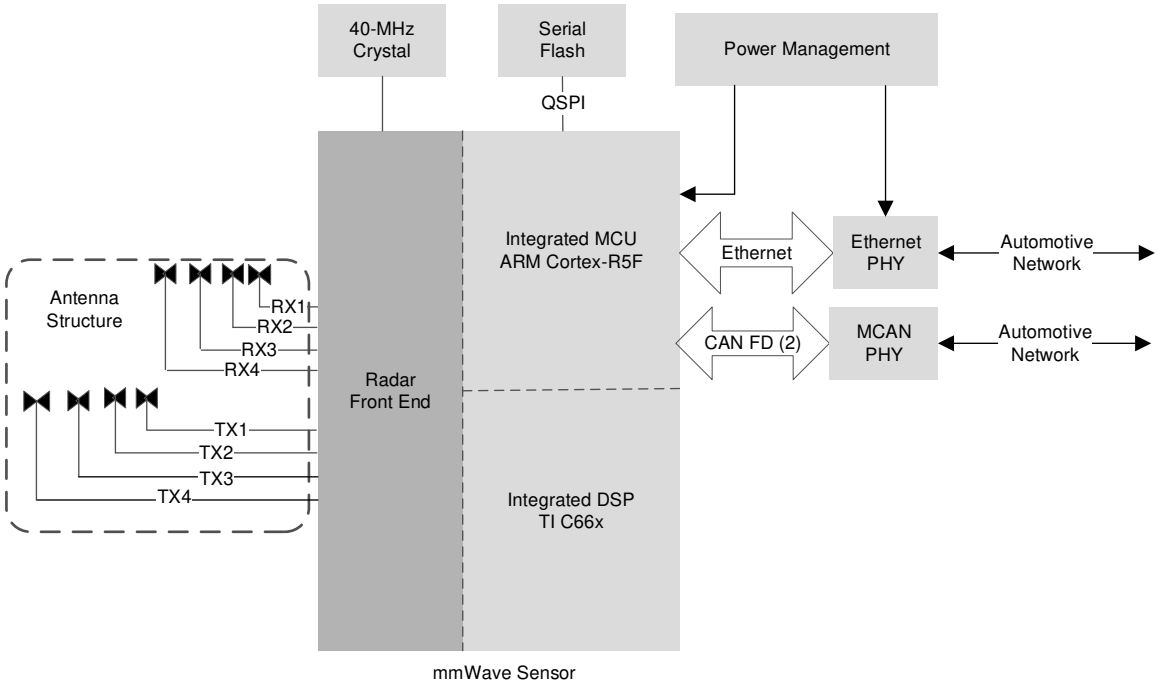


図 2-1. 車載アプリケーション用の自律レーダー センサ

3 概要

AWR294x は、シングルチップのミリ波センサであり、76～81GHz 帯で動作する FMCW トランシーバ、レーダー データ処理素子、および車内ネットワーク用のペリフェラルで構成されています。AWR294x は、テキサス・インスツルメンツの低消費電力 45nm RFCMOS プロセスで製造され、小さいフォーム ファクタと最小限の部品点数で、かつてないレベルの統合を実現しています。AWR294x は、低消費電力で自己監視機能を備えた、超高精度の車載用レーダー システムに適したデバイスです。

テキサス・インスツルメンツの低消費電力 45nm RFCMOS プロセスにより、PLL、VCO、ミキサ、ベースバンド ADC を内蔵し、3～4 個の TX、4 個の RX を備えたシステムのモノリシック実装が可能になります。DSP サブシステム (DSS) には、テキサス・インスツルメンツのレーダー信号処理用高性能 C66x DSP が組み込まれています。このデバイスは、レーダー フロントエンドの構成、制御、較正を行う、無線プロセッサ サブシステムも備えています。メイン サブシステム (MSS) 内には、ユーザーによるプログラムが可能な Arm Cortex-R5F プロセッサが実装されており、カスタム制御アプリケーションや車載用インターフェイス アプリケーションに使用できます。ハードウェア アクセラレータ ブロック (HWA 2.1) は、

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

FFT、CFAR (Constant False Alarm Rate、一定誤警報率)、スケーリング、圧縮などの一般的なレーダー処理を負荷分担して、DSS と MSS を補完します。これにより DSS と MSS の MIPS が軽減され、カスタム アプリケーションや高度なアルゴリズムのためにリソースが使えるようになります。

ハードウェア セキュリティ モジュール (HSM) もこのデバイスに用意されています (セキュア部品バリアントのみで使用可能)。HSM は、プログラム可能な Arm Cortex-M4 コアと、デバイス内でセキュアな動作ゾーンを実現するために必要なインフラで構成されます。

プログラミング モデルを変更するだけで、さまざまなセンサ (短距離、中距離、長距離) を実装でき、マルチモード センサの実装においては動的再構成にも対応します。

また、AWR294x は、テキサス・インスツルメンツのハードウェアおよびソフトウェアのリファレンス デザイン、ソフトウェア ドライバ、構成例、API ガイド、ユーザー マニュアルを含む完全なプラットフォーム ソリューションとして提供しています。

製品情報

部品番号	パッケージ(1)	本体サイズ (公称)	デバイスの種類
AWR2943ABGALTQ1	ALT (FCBGA、266)	12mm × 12mm	AWR2943
AWR2943ABGALTRQ1	ALT (FCBGA、266)	12mm × 12mm	AWR2943
AWR2943ABSALTRQ1	ALT (FCBGA、266)	12mm × 12mm	AWR2943
AWR2944ABGALTQ1	ALT (FCBGA、266)	12mm × 12mm	AWR2944
AWR2944ABGALTRQ1	ALT (FCBGA、266)	12mm × 12mm	AWR2944
AWR2944ABSALTQ1	ALT (FCBGA、266)	12mm × 12mm	AWR2944
AWR2944ABSALTRQ1	ALT (FCBGA、266)	12mm × 12mm	AWR2944
AWR2944ALBGALTRQ1	ALT (FCBGA、266)	12mm × 12mm	AWR2944LC
AWR2944ALBSALTRQ1	ALT (FCBGA、266)	12mm × 12mm	AWR2944LC
AWR2944ALBGALTQ1	ALT (FCBGA、266)	12mm × 12mm	AWR2944LC

(1) 詳細については、セクション 12、「*メカニカル、パッケージ、および注文情報*」を参照してください。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

3.1 機能ブロック図

図 3-1 は、デバイスの機能ブロック図です。

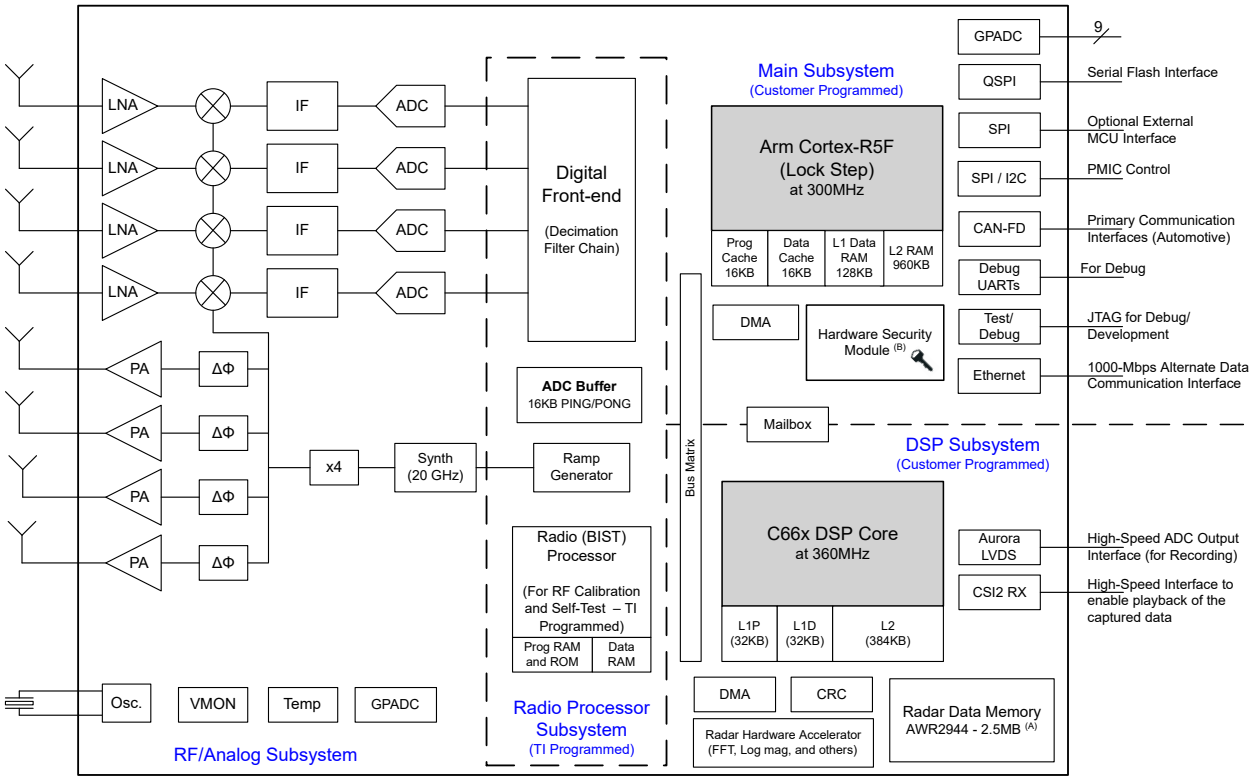


図 3-1. 機能ブロック図

A. アプリケーションのユースケースに応じて、構成可能なメモリをレーダー データ メモリからメイン Cortex-R5F プログラムおよびデータ RAM に切り替えることができます。

B. この機能は、セクション 3「製品情報」表の「デバイス タイプ」識別子で示されているように、一部の部品バリアントでのみ使用できます。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

目次

1 特長 1
2 アプリケーション 2
3 概要 2
3.1 機能ブロック図 4
4 デバイスの比較 6
4.1 関連製品 7
5 ピン構成および機能 8
5.1 ピン配置図 8
5.2 ピン属性 13
5.3 信号の説明 - デジタル 25
5.4 信号の説明 - アナログ 32
6 仕様 35
6.1 絶対最大定格 35
6.2 ESD 定格 35
6.3 電源投入時間 (POH) 36
6.4 推奨動作条件 36
6.5 ワンタイム プログラマブル (OTP) eFuse の VPP 仕様 37
6.6 電源仕様 38
6.7 消費電力の概略 39
6.8 RF の仕様 40
6.9 熱抵抗特性 41
6.10 電源シーケンスおよびリセット タイミング 42
6.11 入力クロックおよび発振器 43
6.12 ペリフェラル情報 44
6.13 エミュレーションおよびデバッグ 66
7 詳細説明 69
7.1 概要 69
7.2 機能ブロック図 69
7.3 サブシステム 70
7.4 その他のサブシステム 74
8 監視と診断 76
8.1 監視と診断のメカニズム 76
9 アプリケーション、実装、およびレイアウト 80
9.1 使用上の注意 80
9.2 短距離および中距離レーダー 80
9.3 リファレンス回路図 80
10 デバイスおよびドキュメントのサポート 81
10.1 デバイス サポート 81
10.2 デバイスの命名規則 81
10.3 ツールとソフトウェア 82
10.4 ドキュメントのサポート 82
10.5 サポート・リソース 82
10.6 商標 82
10.7 ドキュメントの更新通知を受け取る方法 82
10.8 静電気放電に関する注意事項 83
10.9 用語集 83
11 改訂履歴 84
12 メカニカル、パッケージ、および注文情報 85

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

4 デバイスの比較

表 4-1. デバイスの機能の比較

機能		AWR2943	AWR2944	AWR2944LC	AWR2243	AWR1843
レシーバの数		4	4	4	4	4
トランスミッタの数		3	4	4	3(1)	3(1)
オンチップ メモリ		3.5MB	4MB	3MB	—	2MB
最大 I/F (中間周波数) (MHz)		15	15	15	20	10
最大実数 / 複素数 2x サンプリング レート (MSPS)		37.5 (2)	37.5 (2)	37.5 (2)	45	25
最大複素数 1x サンプリング レート (MSPS)		—(2)	—(2)	—(2)	22.5	12.5
安全およびセキュリティ (3)						
デバイスのセキュリティ (4)		あり	あり	あり	—	あり
AEC-Q100 認定済み		あり	あり	あり	あり	あり
プロセッサ						
MCU (RxF)		あり(5)	あり(5)	あり(5)	—	あり
DSP (C6xx)		あり(6)	あり(6)	—	—	あり
ハードウェア アクセラレータ		あり(7)	あり(7)	あり(7)	—	あり
ハードウェア セキュリティ モジュール (HSM) (8)		あり	あり	あり	—	—
セキュリティ アクセラレータ (8)		あり	あり	あり	—	あり
ペリフェラル						
シリアル ペリフェラル インターフェイス (SPI) ポート		2	2	2	1	2
クワッド シリアル ペリフェラル インターフェイス (QSPI)		あり	あり	あり	—	あり
LVDS / デバッグ		あり	あり	あり	あり	あり
Aurora 向け LVDS		あり	あり	—	—	—
イーサネット インターフェイス		あり	あり	—	—	—
I^2C (Inter-Integrated Circuit) インターフェイス		1	1	1	1	1
コントローラ エリア ネットワーク (DCAN) インターフェイス		—	—	—	—	あり
CAN FD		2	2	2	—	1
トレース		あり	あり	あり	—	あり
ePWM		あり	あり	あり	—	あり
DMM インターフェイス		あり	あり	あり	—	あり
GPADC		あり(9)	あり(9)	あり(9)	あり	あり
CSI2 TX		—	—	—	あり	—
CSI2 RX (10)		あり	あり	—	—	—
カスケード (20GHz 同期)		—	—	—	あり	—
JTAG		あり	あり	あり	—	あり
チャープごとに構成可能な Tx 位相シフタ		あり	あり	あり	あり	あり
製品ステータス (11)	製品プレビュー (PP)、事前情報 (AI)、量産データ (PD)	PD	PD	PD	PD	PD

(1) AWR1843 および AWR2243 での 3 Tx 同時動作は、1V LDO バイパスおよび PA LDO 無効化モードのみでサポートされます。このモードでは、1V 電源を VOUT PA ピンに供給する必要があります。詳細については、各製品のデータシートを参照してください。
(2) AWR294x は、実数信号専用のレシーバをサポートします。
(3) 機能安全アプリケーション向けに開発された AWR294x デバイスは、ハードウェアの整合性において ASIL-B までの対応を想定しています。他のデバイスについては、各製品のデータシートを参照してください。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

(4) セキュア ブートやお客様がプログラム可能なキーなどのデバイス セキュリティ機能は、セクション 3 の「デバイス情報」表に記載されているデバイス タイプ識別子によって示される、特定の品番バリアントに適用されます。
(5) AWR294x では、メインサブシステム処理コアが AWR1843 の Arm CR4F から Arm CR5F に変更されます。
(6) AWR294x の DSP プロセッシング コアは、AWR1843 の C67x から C66x にアップグレードされています。
(7) AWR294x のハードウェア アクセラレータは HWA2.1 にアップグレードされ、AWR1843 に比べて機能が追加されています。AWR2944LC は HWA に M4 コアを搭載しています
(8) AWR294x セキュア部品バリアントにのみ適用できます
(9) AWR294x は外部電圧監視用の専用 GPADC を搭載しています。
(10) AWR294x は、CSI2 Rx ベースの再生機能をサポートしています。
(11) 量産データの情報は、公開日の時点で最新のものです。製品は、テキサス・インスツルメンツの標準保証条件に基づく仕様に準拠しています。量産プロセスにすべてのパラメータのテストが含まれているとは限りません。
事前情報は、開発のサンプリングまたは量産開始前フェーズの新製品に関するものです。特性データおよびその他の仕様は、予告なく変更される場合があります。

4.1 関連製品

この製品ファミリまたは関連製品の他のデバイスの詳細については、以下のリンクを参照してください。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5 ピン構成および機能

5.1 ピン配置図

12 x 12mm FCBGA パッケージのピン位置を、図 5-1 に示します。図 5-2、図 5-3、図 5-4、および 図 5-5 は同じピンを示していますが、4 つの象限に分割されています。

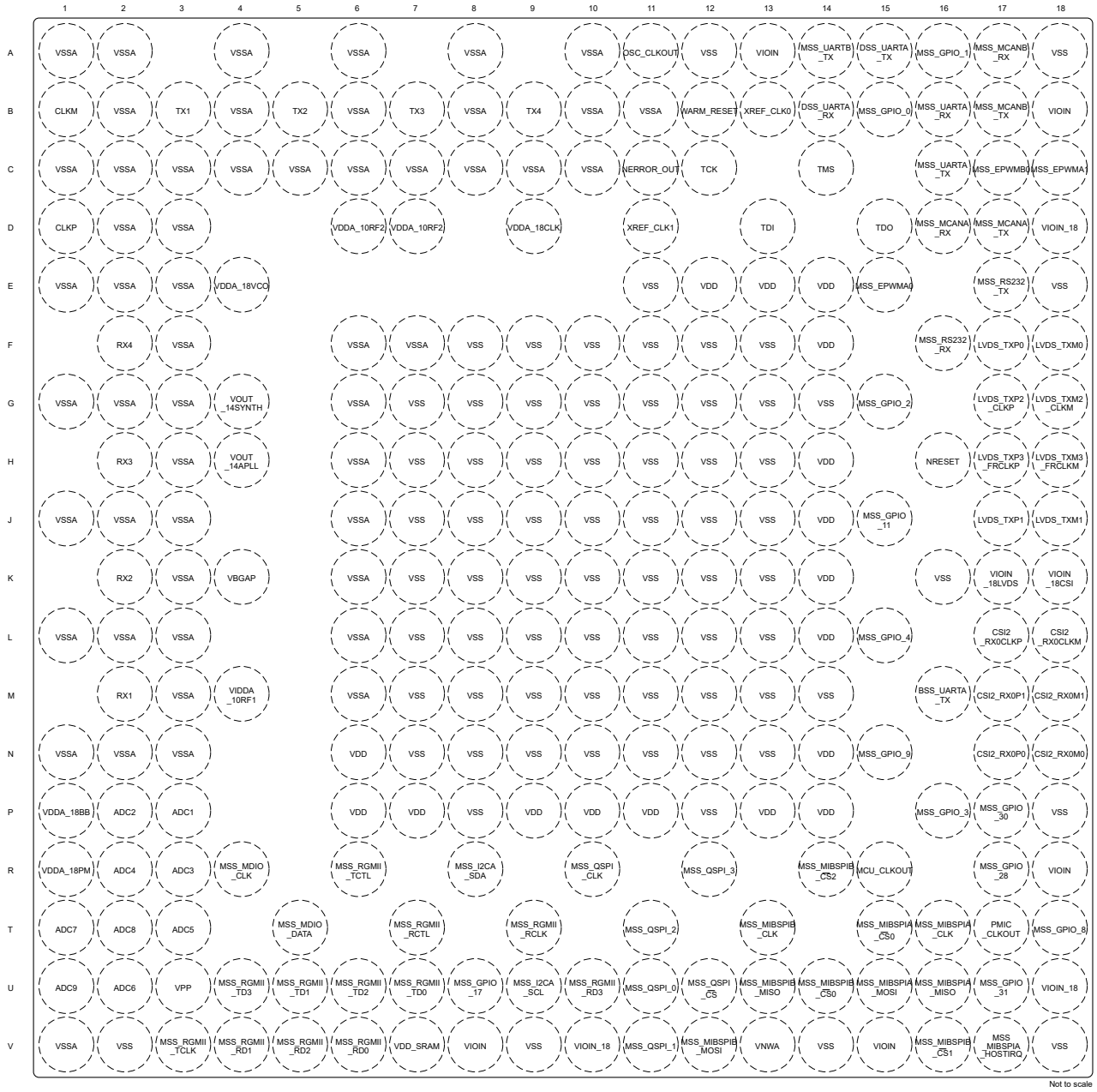


図 5-1. ピン配置図

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

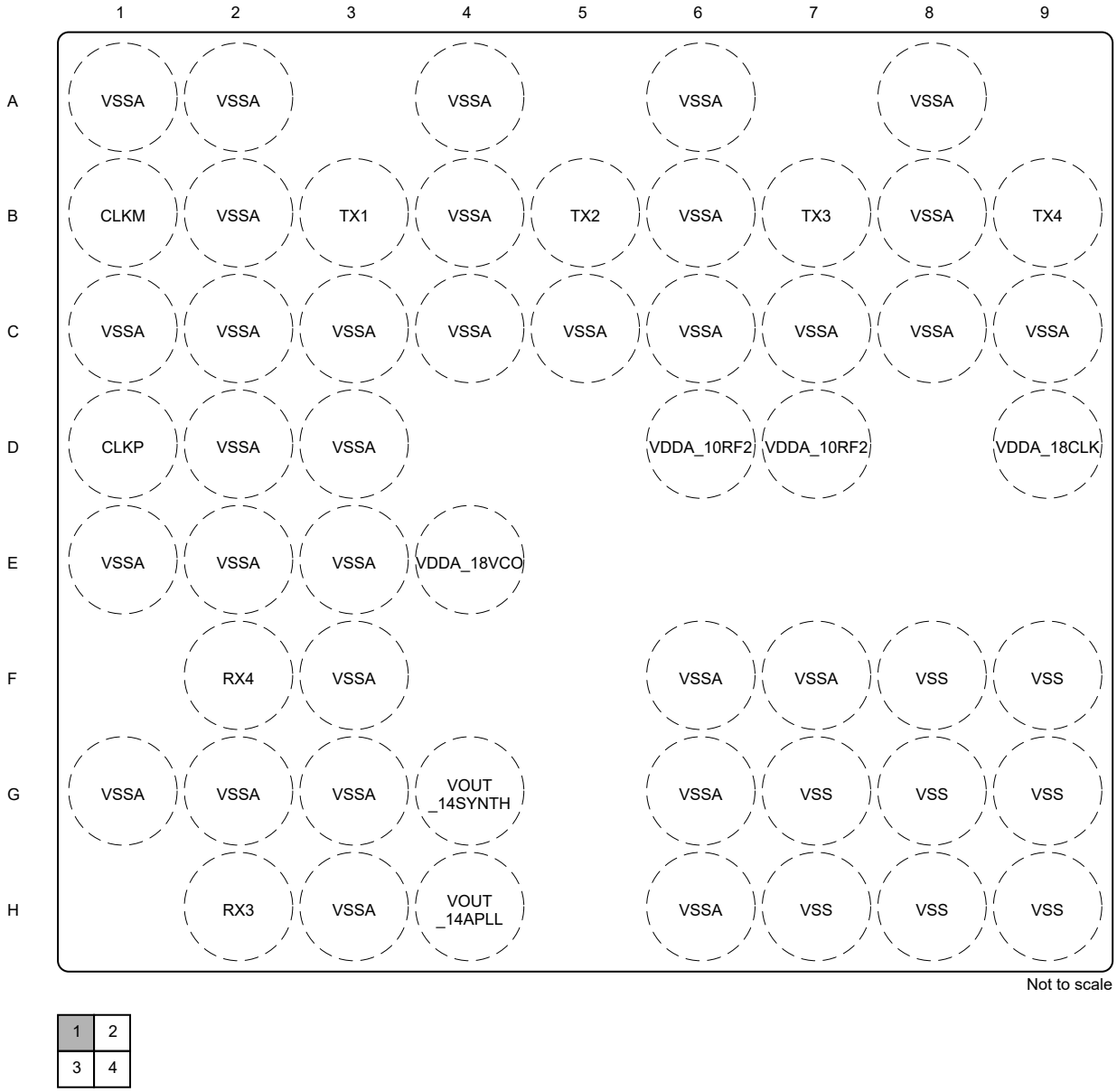

1 2 3 4 5 6 7 8 9
A VSSA VSSA VSSA VSSA VSSA
B CLKM VSSA TX1 VSSA TX2 VSSA TX3 VSSA TX4
C VSSA VSSA VSSA VSSA VSSA VSSA VSSA VSSA VSSA
D CLKP VSSA VSSA VDDA_10RF2 VDDA_10RF2 VDDA_18CLK
E VSSA VSSA VSSA VDDA_18VCO
F RX4 VSSA VSSA VSSA VSS VSS
G VSSA VSSA VSSA VOUT _14SYNTH VSSA VSS VSS VSS
H RX3 VSSA VOUT _14APLL VSSA VSS VSS VSS
Not to scale
1 2
3 4

図 5-2. 左上象限

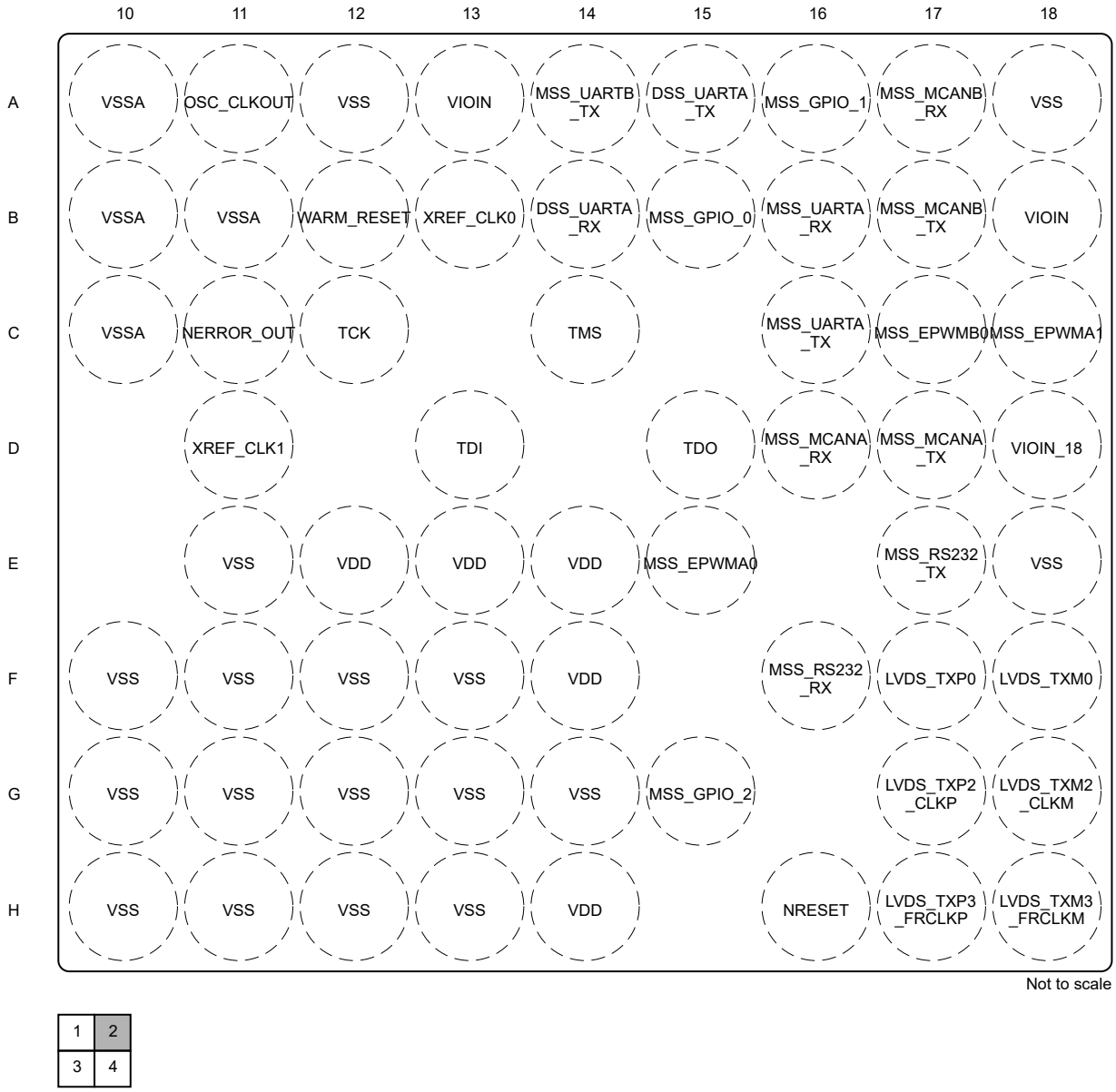


図 5-3. 右上象限

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

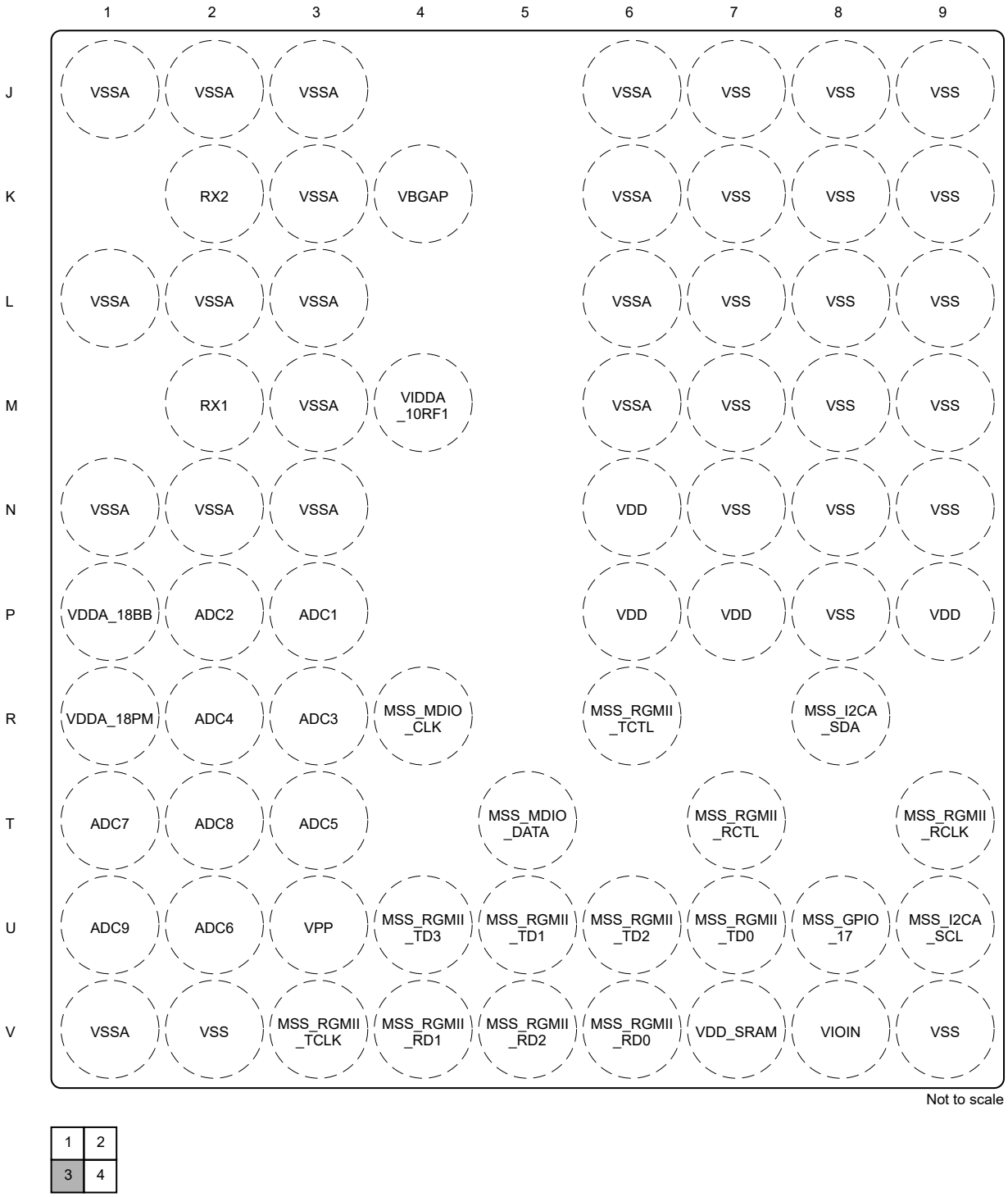

1 2 3 4 5 6 7 8 9
J VSSA VSSA VSSA VSSA VSS VSS VSS
K RX2 VSSA VBGAP VSSA VSS VSS VSS
L VSSA VSSA VSSA VSSA VSS VSS VSS
M RX1 VSSA VIDDA _10RF1 VSSA VSS VSS VSS
N VSSA VSSA VSSA VDD VSS VSS VSS
P VDDA_18BB ADC2 ADC1 VDD VDD VSS VDD
R VDDA_18PM ADC4 ADC3 MSS_MDIO _CLK MSS_RGMII _TCTL MSS_I2CA _SDA
T ADC7 ADC8 ADC5 MSS_MDIO _DATA MSS_RGMII _RCTL MSS_RGMII _RCLK
U ADC9 ADC6 VPP MSS_RGMII _TD3 MSS_RGMII _TD1 MSS_RGMII _TD2 MSS_RGMII _TD0 MSS_GPIO _17 MSS_I2CA _SCL
V VSSA VSS MSS_RGMII _TCLK MSS_RGMII _RD1 MSS_RGMII _RD2 MSS_RGMII _RD0 VDD_SRAM VIOIN VSS
Not to scale
1 2
3 4

図 5-4. 左下象限



図 5-5. 右下象限

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.2 ピン属性

ボール番号 (1)	パッド名 (9)	ボール名 (2)	信号名 (3)	モード (4)、(8)	タイプ (5)	ボール リセット状態 (6)	プルアップ / ダウン タイプ (7)
V16	PAD_AA	MSS_MIBSPIB_CS1	MSS_GPIO_12	0	IO	出力ディセーブル	プルダウン
			MSS_MIBSPIA_HOSTIRQ	1	O		
			ADC_VALID	2	O		
			MSS_MIBSPIB_CS1	6	IO		
B15	PAD_AB	MSS_GPIO_0	MSS_GPIO_13	0	IO	出力ディセーブル	プルダウン
			MSS_GPIO_0	1	IO		
			PMIC_CLKOUT	2	O		
			MSS_EPWM_TZ2	3	I		
			MSS_EPWMA1	10	O		
			MSS_EPWMB0	11	O		
A16	PAD_AC	MSS_GPIO_1	MSS_GPIO_16	0	IO	出力ディセーブル	プルダウン
			MSS_GPIO_1	1	IO		
			SYNC_OUT	2	O		
			MSS_EPWM_TZ1	3	I		
			BSS_UARTA_TX	7	O		
			READY_INT	8	O		
			LVDS_VALID	9	O		
			DMM_MUX_IN	12	I		
			MSS_MIBSPIB_CS1	13	IO		
			MSS_MIBSPIB_CS2	14	IO		
			MSS_EPWMA_SYNCI	15	I		
V12	PAD_AH	MSS_MIBSPIB_MOSI	MSS_GPIO_21	0	IO	出力ディセーブル	プルアップ
			MSS_MIBSPIB_MOSI	1	IO		
			MSS_I2CA_SDA	2	IO		
			MSS_EPWMA0	3	O		
			MSS_MCANB_RX	7	I		
U13	PAD_AI	MSS_MIBSPIB_MISO	MSS_GPIO_22	0	IO	出力ディセーブル	プルアップ
			MSS_MIBSPIB_MISO	1	IO		
			MSS_I2CA_SCL	2	IO		
			MSS_EPWMB0	3	O		
			DSS_UARTA_TX	6	IO		
			MSS_MCANB_TX	7	O		

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

ボール番号 (1)	パッド名 (9)	ボール名 (2)	信号名 (3)	モード (4)、(8)	タイプ (5)	ボール リセット状態 (6)	プルアップ / ダウン タイプ (7)
T13	PAD_AJ	MSS_MIBSPIB_CLK	MSS_GPIO_5	0	IO	出力ディセーブル	プルアップ
			MSS_MIBSPIB_CLK	1	IO		
			MSS_UARTA_RX	2	IO		
			MSS_EPWMC0	3	O		
			MSS_UARTB_TX	6	IO		
			BSS_UARTA_TX	7	O		
			MSS_MCANA_RX	8	I		
U14	PAD_AK	MSS_MIBSPIB_CS0	MSS_GPIO_4	0	IO	出力ディセーブル	プルアップ
			MSS_MIBSPIB_CS0	1	IO		
			MSS_UARTA_TX	2	IO		
			MSS_UARTB_TX	6	IO		
			BSS_UARTA_TX	7	O		
			MSS_MCANA_TX	9	O		
U11	PAD_AL	MSS_QSPI_0	MSS_GPIO_8	0	IO	出力ディセーブル	プルダウン
			MSS_QSPI_0	1	IO		
			MSS_MIBSPIB_MISO	2	IO		
V11	PAD_AM	MSS_QSPI_1	MSS_GPIO_9	0	IO	出力ディセーブル	プルダウン
			MSS_QSPI_1	1	I		
			MSS_MIBSPIB_MOSI	2	IO		
			MSS_MIBSPIB_CS2	8	IO		
T11	PAD_AN	MSS_QSPI_2	MSS_GPIO_10	0	IO	出力ディセーブル	プルアップ
			MSS_QSPI_2	1	I		
			ADC_VALID	2	O		
			MSS_MCANA_TX	8	O		
R12	PAD_AO	MSS_QSPI_3	MSS_GPIO_11	0	IO	出力ディセーブル	プルアップ
			MSS_QSPI_3	1	I		
			ADC_VALID	2	O		
			MSS_MCANA_RX	8	I		
R10	PAD_AP	MSS_QSPI_CLK	MSS_GPIO_7	0	IO	出力ディセーブル	プルダウン
			MSS_QSPI_CLK	1	IO		
			MSS_MIBSPIB_CLK	2	IO		
			DSS_UARTA_TX	6	IO		
U12	PAD_AQ	MSS_QSPI_CS	MSS_GPIO_6	0	IO	出力ディセーブル	プルアップ
			MSS_QSPI_CS	1	O		
			MSS_MIBSPIB_CS0	2	IO		
B12	PAD_AS	WARM_RESET	WARM_RESET	0	IO	HiZ 入力 (オープン ドレイン)	
C11	PAD_AT	NERROR_OUT	NERROR_OUT	0	O	HiZ (オープンドレイン)	

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

ボール番号 (1)	パッド名 (9)	ボール名 (2)	信号名 (3)	モード (4)、(8)	タイプ (5)	ボール リセット状態 (6)	プルアップ / ダウン タイプ (7)
C12	PAD_AU	TCK	MSS_GPIO_17	0	IO	出力ディセーブル	プルダウン
			TCK	1	I		
			MSS_UARTB_TX	2	IO		
			BSS_UARTA_RX	6	I		
			MSS_MCANA_TX	8	O		
C14	PAD_AV	TMS	MSS_GPIO_18	0	IO	出力ディセーブル	プルアップ
			TMS	1	IO		
			BSS_UARTA_TX	2	O		
			MSS_MCANA_RX	6	I		
D13	PAD_AW	TDI	MSS_GPIO_23	0	IO	出力ディセーブル	プルアップ
			TDI	1	I		
			MSS_UARTA_RX	2	IO		
			DSS_UARTA_RX	7	IO		
D15	PAD_AX	TDO	SOP[0]	パワーアップ時	I	出力イネーブル	
			MSS_GPIO_24	0	IO		
			TDO	1	O		
			MSS_UARTA_TX	2	IO		
			MSS_UARTB_TX	6	IO		
			BSS_UARTA_TX	7	O		
			NDMM_EN	9	O		
R15	PAD_AY	MCU_CLKOUT	MSS_GPIO_25	0	IO	出力ディセーブル	プルダウン
			MCU_CLKOUT	1	O		
			TRACE_CLK	2	O		
			FRAME_START	7	O		
			READY_INT	8	O		
			LVDS_VALID	9	O		
			BSS_UARTA_RX	10	I		
			MSS_EPWMA0	12	O		
			DMM_CLK	14	I		
			OBS_CLKOUT	15	O		

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

ボール番号 (1)	パッド名 (9)	ボール名 (2)	信号名 (3)	モード (4)、(8)	タイプ (5)	ボール リセット状態 (6)	プルアップ / ダウン タイプ (7)
G15	PAD_AZ	MSS_GPIO_2	MSS_GPIO_26	0	IO	出力ディセーブル	プルダウン
			MSS_GPIO_2	1	IO		
			MSS_UARTB_TX	7	IO		
			MSS_GPIO_2	1	IO		
			SYNC_OUT	9	O		
			PMIC_CLKOUT	10	O		
			CHIRP_START	11	O		
			CHIRP_END	12	O		
			FRAME_START	13	O		
			MSS_EPWM_TZ0	14	I		
			LVDS_VALID	15	O		
T17	PAD_BA	PMIC_CLKOUT	SOP[2]	パワーアップ時	I	出力ディセーブル	プルなし
			MSS_GPIO_27	0	IO		
			PMIC_CLKOUT	1	O		
			OBS_CLKOUT	2	O		
			TRACE_CTL	3	O		
			CHIRP_START	6	O		
			CHIRP_END	7	O		
			FRAME_START	8	O		
			READY_INT	9	O		
			LVDS_VALID	10	O		
			MSS_EPWMA1	11	O		
			MSS_EPWMB0	12	O		
			DMM_SYNC	13	I		
R17	PAD_BB	MSS_GPIO_28	MSS_GPIO_28	0	IO	出力ディセーブル	プルダウン
			SYNC_IN	1	I		
			ADC_VALID	2	O		
			MSS_UARTB_RX	6	IO		
			DMM_MUX_IN	7	I		
			DSS_UARTA_RX	8	IO		
			SYNC_OUT	9	O		

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

ボール番号 (1)	パッド名 (9)	ボール名 (2)	信号名 (3)	モード (4)、(8)	タイプ (5)	ボール リセット状態 (6)	プルアップ / ダウン タイプ (7)
R14	PAD_BC	MSS_MIBSPIB_CS2	SOP[1]	パワーアップ時	I	出力ディセーブル	
			MSS_GPIO_29	0	IO		
			SYNC_OUT	1	O		
			RCOSC_CLK	2	O		
			READY_INT	6	O		
			LVDS_VALID	7	O		
			DMM_MUX_IN	9	I		
			MSS_MIBSPIB_CS1	10	IO		
			MSS_MIBSPIB_CS2	11	IO		
			MSS_EPWMB0	12	O		
			MSS_EPWMB1	13	O		
F16	PAD_BD	MSS_RS232_RX	MSS_GPIO_15	0	IO	出力ディセーブル	プルアップ
			MSS_RS232_RX	1	IO		
			MSS_UARTA_RX	2	IO		
			TRACE_CLK	3	O		
			BSS_UARTA_TX	6	O		
			MSS_UARTB_RX	7	IO		
			MSS_MCANA_RX	8	I		
			MSS_I2CA_SCL	9	IO		
			MSS_EPWMB0	10	O		
			MSS_EPWMB1	11	O		
			MSS_EPWMC0	12	O		
E17	PAD_BE	MSS_RS232_TX	MSS_GPIO_14	0	IO	出力イネーブル	プルアップ
			MSS_RS232_TX	1	IO		
			TRACE_CTL	2	O		
			MSS_UARTA_TX	5	IO		
			MSS_UARTB_TX	6	IO		
			BSS_UARTA_TX	7	O		
			READY_INT	8	O		
			LVDS_VALID	9	O		
			MSS_MCANA_TX	10	O		
			MSS_I2CA_SDA	11	IO		
			MSS_EPWMA0	12	O		
			MSS_EPWMA1	13	O		
			NDMM_EN	14	O		
			MSS_EPWMB0	15	O		

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

ボール番号 (1)	パッド名 (9)	ボール名 (2)	信号名 (3)	モード (4)、(8)	タイプ (5)	ボール リセット状態 (6)	プルアップ / ダウン タイプ (7)
U17	PAD_BF	MSS_GPIO_31	TRACE_DATA_0	0	O	出力ディセーブル	プルダウン
			MSS_GPIO_31	1	IO		
			DMM0	2	I		
			MSS_UARTA_TX	4	IO		
			MSS_I2CA_SDA	10	IO		
P17	PAD_BG	MSS_GPIO_30	TRACE_DATA_1	0	O	出力ディセーブル	プルダウン
			MSS_GPIO_30	1	IO		
			DMM1	2	I		
			MSS_EPWMC_SYNCI	3	I		
			MSS_UARTA_RX	4	IO		
			MSS_GPIO_0	6	IO		
			MSS_I2CA_SCL	10	IO		
T18	PAD_BH	MSS_GPIO_8	TRACE_DATA_2	0	O	出力ディセーブル	プルダウン
			MSS_GPIO_29	1	IO		
			DMM2	2	I		
			MSS_EPWMB_SYNCI	3	I		
			MSS_GPIO_1	6	IO		
			MSS_GPIO_8	7	IO		
N15	PAD_BI	MSS_GPIO_9	TRACE_DATA_3	0	O	出力ディセーブル	プルダウン
			MSS_GPIO_28	1	IO		
			DMM3	2	I		
			MSS_EPWMC_SYNCO	4	O		
			MSS_GPIO_2	6	IO		
			MSS_GPIO_9	7	IO		
P16	PAD_BJ	MSS_GPIO_3	TRACE_DATA_4	0	O	出力ディセーブル	プルダウン
			MSS_GPIO_3	1	IO		
			DMM4	2	I		
			MSS_EPWMB_SYNCO	4	O		
			MSS_GPIO_27	6	IO		
L15	PAD_BK	MSS_GPIO_4	TRACE_DATA_5	0	O	出力ディセーブル	プルダウン
			MSS_GPIO_4	1	IO		
			DMM5	2	I		
			MSS_EPWM_TZ2	4	I		
			MSS_UARTB_TX	5	IO		
			MSS_GPIO_26	6	IO		

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

ボール番号 (1)	パッド名 (9)	ボール名 (2)	信号名 (3)	モード (4)、(8)	タイプ (5)	ボール リセット状態 (6)	プルアップ / ダウン タイプ (7)
M16	PAD_BL	BSS_UARTA_TX	TRACE_DATA_6	0	O	出力ディセーブル	プルダウン
			MSS_GPIO_5	1	IO		
			DMM6	2	I		
			MSS_EPWM_TZ1	4	I		
			BSS_UARTA_TX	5	O		
			MSS_GPIO_25	6	IO		
			MSS_GPIO_10	7	IO		
J15	PAD_BM	MSS_GPIO_11	TRACE_DATA_7	0	O	出力ディセーブル	プルダウン
			MSS_GPIO_6	1	IO		
			DMM7	2	I		
			MSS_EPWM_TZ0	4	I		
			DSS_UARTA_TX	5	IO		
			MSS_GPIO_24	6	IO		
			MSS_GPIO_11	7	IO		
D17	PAD_BN	MSS_MCANA_TX	TRACE_DATA_8	0	O	出力ディセーブル	プルダウン
			MSS_GPIO_7	1	IO		
			DMM8	2	I		
			MSS_MCANA_TX	4	O		
			MSS_EPWMA_SYNCI	5	I		
			MSS_GPIO_23	6	IO		
D16	PAD_BO	MSS_MCANA_RX	TRACE_DATA_9	0	O	出力ディセーブル	プルダウン
			MSS_GPIO_8	1	IO		
			DMM9	2	I		
			MSS_MCANA_RX	4	I		
			MSS_EPWMA_SYNCO	5	O		
			MSS_GPIO_22	6	IO		
E15	PAD_BP	MSS_EPWMA0	TRACE_DATA_10	0	O	出力ディセーブル	プルダウン
			MSS_GPIO_9	1	IO		
			DMM10	2	I		
			MSS_EPWMA0	3	O		
			MSS_EPWMC0	4	O		
			MSS_GPIO_21	6	IO		
C18	PAD_BQ	MSS_EPWMA1	TRACE_DATA_11	0	O	出力ディセーブル	プルダウン
			MSS_GPIO_10	1	IO		
			DMM11	2	I		
			MSS_EPWMA1	3	O		
			MSS_EPWMC1	4	O		
			MSS_GPIO_20	6	IO		

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

ボール番号 (1)	パッド名 (9)	ボール名 (2)	信号名 (3)	モード (4)、(8)	タイプ (5)	ボール リセット状態 (6)	プルアップ / ダウン タイプ (7)
B17	PAD_BR	MSS_MCANB_TX	TRACE_DATA_12	0	O	出力ディセーブル	プルダウン
			MSS_GPIO_11	1	IO		
			DMM12	2	I		
			MSS_EPWMB0	3	O		
			MSS_EPWMA0	4	O		
			MSS_MCANB_TX	5	O		
			MSS_GPIO_19	6	IO		
A17	PAD_BS	MSS_MCANB_RX	TRACE_DATA_13	0	O	出力ディセーブル	プルダウン
			MSS_GPIO_12	1	IO		
			DMM13	2	I		
			MSS_EPWMB1	3	O		
			MSS_EPWMA1	4	O		
			MSS_MCANB_RX	5	I		
			MSS_GPIO_18	6	IO		
C17	PAD_BT	MSS_EPWMB0	TRACE_DATA_14	0	O	出力ディセーブル	プルダウン
			MSS_GPIO_13	1	IO		
			DMM14	2	I		
			MSS_EPWMC0	3	O		
			MSS_EPWMB0	4	O		
			MSS_GPIO_17	6	IO		
U8	PAD_BX	MSS_GPIO_17	MSS_GPIO_17	0	IO	出力ディセーブル	プルダウン
			MSS_MII_COL	1	I		
			MSS_RMII_REFCLK	2	IO		
			MSS_EPWMA1	6	O		
R8	PAD_BY	MSS_I2CA_SDA	MSS_GPIO_18	0	IO	出力ディセーブル	HiZ (オープンドレイン)
			MSS_MII_CRS	1	I		
			MSS_RMII_CRS_DV	2	I		
			MSS_I2CA_SDA	3	IO		
			MSS_EPWMB1	6	O		
U9	PAD_BZ	MSS_I2CA_SCL	MSS_GPIO_19	0	IO	出力ディセーブル	HiZ (オープンドレイン)
			MSS_MII_RXER	1	I		
			MSS_RMII_RXER	2	I		
			MSS_I2CA_SCL	3	IO		
			MSS_EPWMC1	6	O		
R6	PAD_CA	MSS_RGMII_TCTL	MSS_GPIO_20	0	IO	出力ディセーブル	プルダウン
			MSS_MII_TXEN	1	O		
			MSS_RMII_TXEN	2	O		
			MSS_RGMII_TCTL	3	O		
			MSS_EPWMA0	6	O		

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

ボール番号 (1)	パッド名 (9)	ボール名 (2)	信号名 (3)	モード (4)、(8)	タイプ (5)	ボール リセット状態 (6)	プルアップ / ダウン タイプ (7)
T7	PAD_CB	MSS_RGMII_RCTL	MSS_GPIO_21	0	IO	出力ディセーブル	
			MSS_MII_RXDV	1	I		
			MSS_RGMII_RCTL	3	I		
			MSS_RMII_CRS_DV	4	I		
			MSS_UARTB_RX	5	IO		
			MSS_EPWMB0	6	O		
U4	PAD_CC	MSS_RGMII_TD3	MSS_GPIO_22	0	IO	出力ディセーブル	プルダウン
			MSS_MII_TXD3	1	O		
			MSS_RGMII_TD3	3	O		
			MSS_UARTB_TX	5	IO		
			MSS_EPWMC0	6	O		
U6	PAD_CD	MSS_RGMII_TD2	MSS_GPIO_23	0	IO	出力ディセーブル	プルダウン
			MSS_MII_TXD2	1	O		
			MSS_RGMII_TD2	3	O		
U5	PAD_CE	MSS_RGMII_TD1	MSS_GPIO_24	0	IO	出力ディセーブル	プルダウン
			MSS_MII_TXD1	1	O		
			MSS_RMII_TXD1	2	O		
			MSS_RGMII_TD1	3	O		
U7	PAD_CF	MSS_RGMII_TD0	MSS_GPIO_25	0	IO	出力ディセーブル	プルダウン
			MSS_MII_TXD0	1	O		
			MSS_RMII_TXD0	2	O		
			MSS_RGMII_TD0	3	O		
V3	PAD_CG	MSS_RGMII_TCLK	MSS_GPIO_26	0	IO	出力ディセーブル	プルダウン
			MSS_MII_TXCLK	1	I		
			MSS_RGMII_TCLK	3	O		
T9	PAD_CH	MSS_RGMII_RCLK	MSS_GPIO_27	0	IO	出力ディセーブル	プルダウン
			MSS_MII_RXCLK	1	I		
			MSS_RGMII_RCLK	3	I		
			MSS_RMII_REFCLK	4	IO		
U10	PAD_CI	MSS_RGMII_RD3	MSS_GPIO_28	0	IO	出力ディセーブル	
			MSS_MII_RXD3	1	I		
			MSS_RGMII_RD3	3	I		
V5	PAD_CJ	MSS_RGMII_RD2	MSS_GPIO_29	0	IO	出力ディセーブル	
			MSS_MII_RXD2	1	I		
			MSS_RGMII_RD2	3	I		
V4	PAD_CK	MSS_RGMII_RD1	MSS_GPIO_30	0	IO	出力ディセーブル	
			MSS_MII_RXD1	1	I		
			MSS_RMII_RXD1	2	I		
			MSS_RGMII_RD1	3	I		

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

ボール番号 (1)	パッド名 (9)	ボール名 (2)	信号名 (3)	モード (4)、(8)	タイプ (5)	ボール リセット状態 (6)	プルアップ / ダウン タイプ (7)
V6	PAD_CL	MSS_RGMII_RD0	MSS_GPIO_31	0	IO	出力ディセーブル	
			MSS_MII_RXD0	1	I		
			MSS_RMII_RXD0	2	I		
			MSS_RGMII_RD0	3	I		
T5	PAD_CM	MSS_MDIO_DATA	MSS_GPIO_30	0	IO	出力ディセーブル	プルアップ
			MSS_MDIO_DATA	1	IO		
R4	PAD_CN	MSS_MDIO_CLK	MSS_GPIO_31	0	IO	出力ディセーブル	プルアップ
			MSS_MDIO_CLK	1	O		
U15	PAD_CO	MSS_MIBSPIA_MOSI	MSS_GPIO_0	0	IO	出力ディセーブル	プルアップ
			MSS_MIBSPIA_MOSI	5	IO		
U16	PAD_CP	MSS_MIBSPIA_MISO	MSS_GPIO_1	0	IO	出力ディセーブル	プルアップ
			MSS_MIBSPIA_MISO	5	IO		
T16	PAD_CQ	MSS_MIBSPIA_CLK	MSS_GPIO_2	0	IO	出力ディセーブル	プルアップ
			MSS_MIBSPIA_CLK	5	IO		
T15	PAD_CR	MSS_MIBSPIA_$\overline{CS}$0	MSS_GPIO_3	0	IO	出力ディセーブル	プルアップ
			MSS_MIBSPIA_$\overline{CS}$0	5	IO		
V17	PAD_$\overline{CS}$	MSS_MIBSPIA_HOSTIRQ	MSS_GPIO_4	0	IO	出力ディセーブル	プルダウン
			MSS_GPIO_2	2	IO		
			MSS_GPIO_8	3	IO		
			MSS_MIBSPIA_HOSTIRQ	5	O		
			MSS_MIBSPIB_$\overline{CS}$2	6	IO		
			MSS_GPIO_2	7	IO		
			MSS_GPIO_8	10	IO		
B16	PAD_DA	MSS_UARTA_RX	MSS_GPIO_12	0	IO	出力ディセーブル	プルアップ
			MSS_CPTS0_TS_SYNC	1	O		
			MSS_GPIO_8	3	IO		
			MSS_UARTB_TX	4	IO		
			MSS_UARTA_RX	5	IO		
			DSS_UARTA_TX	6	IO		
C16	PAD_DB	MSS_UARTA_TX	SOP[4]	パワーアップ時	I	出力ディセーブル	
			MSS_GPIO_13	0	IO		
			MSS_CPTS0_HW2TSPUSH	1	I		
			MSS_GPIO_9	3	IO		
			MSS_UARTB_RX	4	IO		
			MSS_UARTA_TX	5	IO		
			DSS_UARTA_RX	6	IO		

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

ボール番号 (1)	パッド名 (9)	ボール名 (2)	信号名 (3)	モード (4)、(8)	タイプ (5)	ボール リセット状態 (6)	プルアップ / ダウン タイプ (7)
A15	PAD_DC	DSS_UARTA_TX	MSS_GPIO_14	0	IO	出力ディセーブル	プルアップ
			MSS_CPTS0_HW1TSPUSH	1	I		
			MSS_GPIO_10	3	IO		
			DSS_UARTA_TX	4	IO		
			MSS_UARTA_RX	6	IO		
B14	PAD_DD	DSS_UARTA_RX	MSS_GPIO_15	0	IO	出力ディセーブル	プルアップ
			DSS_UARTA_RX	1	IO		
			MSS_GPIO_11	3	IO		
			MSS_UARTA_TX	6	IO		
A14	PAD_DE	MSS_UARTB_TX	SOP[3]	パワーアップ時	I	出力ディセーブル	
			MSS_GPIO_0	0	IO		
			DSS_UARTA_TX	1	IO		
			MSS_EPWMB_SYNCI	3	I		
			MSS_UARTA_TX	5	IO		
			MSS_UARTB_TX	6	IO		
			LVDS_VALID	8	O		
			MSS_GPIO_31	12	IO		
B13	PAD_DF	XREF_CLK0	MSS_GPIO_1	0	IO	出力ディセーブル	プルダウン
			XREF_CLK0	1	I		
			MSS_GPIO_8	3	IO		
			MCU_CLKOUT	6	O		
			MSS_GPIO_30	12	IO		
D11	PAD_DG	XREF_CLK1	MSS_GPIO_2	0	IO	出力ディセーブル	プルダウン
			XREF_CLK1	1	I		
			MSS_GPIO_9	3	IO		
			PMIC_CLKOUT	7	O		
			MSS_GPIO_29	12	IO		

(1) **ボール番号:** 底面の各信号に関連付けられた底面側のボール番号。
(2) **ボール名:** パッケージ デバイスの機械名称 (実装例に基づいて命名)。
(3) **信号名:** 各ボールで多重化された信号の名前 (ボールの名前は muxmode 0 での信号名であることにも注意)。
(4) **モード:** 多重化モード番号:このボール番号に対応する特定の信号名を選択するために PinMux 制御レジスタに書き込まれる値。モード列にはビット範囲値があります。
(5) **タイプ:** 信号の種類と方向:
- I = 入力
- O = 出力
- IO = 入出力

(6) **ボール リセット状態:** パワーオン リセット時の端子の状態
(7) **プルアップ / ダウン タイプ:** 内部プルアップまたはプルダウン抵抗が存在することを示します。プルアップおよびプルダウン抵抗は、ソフトウェアによって有効化または無効化できます。
- プルアップ:内部プルアップ

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

- プルダウン：内部プルダウン
- HiZ

(8) ピン多重化制御値はレジスタの下位 4 ビットに割り当てられています。
(9) 一部のパッドは、専用の BGA ピンに割り当てられていません。これらの未使用パッドは、アプリケーションで無効にする必要があります。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.3 信号の説明 - デジタル

注

本デバイスのすべてのデジタル IO ピン (NERROR_OUT、WARM_RESET を除く) フェイルセーフではないので、VIO 電源が本デバイスに供給されていない状態において、これらの IO ピンが外部から駆動されないように注意する必要があります。

注

電源ランプ時の GPIO 状態は保証されません。GPIO の状態が重要なアプリケーションで GPIO を使用する場合には、NRESET が Low であるときにも、トライステート バッファを使用して GPIO 出力をレーダー デバイスから分離し、プル抵抗を使って、アプリケーションで必要な状態を確定する必要があります。レーダー デバイスへの NRESET 信号は、トライステート バッファの出力イネーブル (OE) を制御するために使用できます。

注

ROM ブートローダーは、フラッシュ書き込みに B16 (MSS_UARTA_RX) および C16 (MSS_UARTA_TX) ピンのみを使用します。モジュールを構築する際は、これらのピンを使用することを推奨します。

注

LVDS および Aurora インターフェイスは、デバッグおよび開発目的での使用を想定しており、量産用途には対応していません。

表 5-1. 信号の説明 - デジタル

機能	信号名	ピンの種類	説明	ピン番号
SPI インターフェイス	MSS_MIBSPIA_CLK	IO	SPI チャネル A - クロック	T16
	MSS_MIBSPIA_MOSI	IO	SPI チャンネル A - コントローラ出力 / 周辺装置入力	U15
	MSS_MIBSPIA_MISO	IO	SPI チャンネル A - コントローラ入力 / 周辺装置出力	U16
	MSS_MIBSPIA_$\overline{CS}$0	IO	SPI チャネル A チップ セレクト	T15
	MSS_MIBSPIA_HOSTIRQ	O	SPI 経由で通信中の外部ホストへの帯域外割り込み	V16、V17
	MSS_MIBSPIB_CLK(1)	IO	SPI チャネル B - クロック	T13、R10
	MSS_MIBSPIB_MOSI(1)	IO	SPI チャネル B - コントローラ出力 / 周辺装置入力	V12、V11
	MSS_MIBSPIB_MISO(1)	IO	SPI チャネル B - コントローラ入力 / 周辺装置出力	U13、U11
	MSS_MIBSPIB_$\overline{CS}$0	IO	SPI チャネル B チップ セレクト (インスタンス ID 0)	U14、U12
	MSS_MIBSPIB_$\overline{CS}$1	IO	SPI チャネル B チップ セレクト (インスタンス ID 1)	V16、A16、R14
	MSS_MIBSPIB_$\overline{CS}$2	IO	SPI チャネル B チップ セレクト (インスタンス ID 2)	A16、V11、R14、V17
CAN-FD	MSS_MCANA_RX	I	CAN-FD A (MCAN) 受信信号	T13、R12、C14、F16、D16
	MSS_MCANA_TX	O	CAN-FD A (MCAN) 送信信号	U14、T11、C12、E17、D17
	MSS_MCANB_RX	I	CAN-FD B (MCAN) 受信信号	V12、A17
	MSS_MCANB_TX	O	CAN-FD B (MCAN) 送信信号	U13、B17

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 5-1. 信号の説明 - デジタル (続き)

機能	信号名	ピンの種類	説明	ピン番号
UART (MSS)	MSS_UARTA_RX	IO	メイン サブシステム - UART A 受信 (フラッシュ プログラミング用)	T13、D13、F16、P17、B16、A15
	MSS_UARTA_TX	IO	メイン サブシステム - UART A 送信 (フラッシュ プログラミング用)	U14、D15、E17、U17、C16、B14、A14
	MSS_UARTB_TX	IO	メイン サブシステム - UART B 受信	T13、U14、C12、D15、G15、E17、L15、U4、B16、A14
	MSS_UARTB_RX	IO	メイン サブシステム - UART B 送信	R17、F16、T7、C16
シリアル フラッシュ向け QSPI	MSS_QSPI_0	IO	QSPI データ ライン #0 (シリアル データ フラッシュと使用)	U11
	MSS_QSPI_1	I	QSPI データ ライン #1 (シリアル データ フラッシュと使用)	V11
	MSS_QSPI_2	I	QSPI データ ライン #2 (シリアル データ フラッシュと使用)	T11
	MSS_QSPI_3	I	QSPI データ ライン #3 (シリアル データ フラッシュと使用)	R12
	MSS_QSPI_CLK	IO	QSPI クロック (シリアル データ フラッシュと使用)	R10
	MSS_QSPI_$\overline{CS}$	O	QSPI チップ セレクト (シリアル データ フラッシュと使用)	U12
I2C インターフェイス	MSS_I2CA_SDA	IO	I2C クロック	V12、E17、U17、R8
	MSS_I2CA_SCL	IO	I2C データ	U13、F16、P17、U9
RS232 UART	MSS_RS232_RX	IO	デバッグ UART (バス コントローラとして動作) - 受信信号	F16
	MSS_RS232_TX	IO	デバッグ UART (バス コントローラとして動作) - 送信信号	E17
PWM モジュール	MSS_EPWMA0	O	PWM モジュール 1 - 出力 A0	V12、R15、E17、E15、B17、R6
	MSS_EPWMA1	O	PWM モジュール 1 - 出力 A1	B15、T17、E17、C18、A17、U8
	MSS_EPWMA_SYNCI	I	PWM モジュール 1 - 同期入力	A16、D17
	MSS_EPWMA_SYNCO	O	PWM モジュール 1 - 同期出力	D16
	MSS_EPWMB0	O	PWM モジュール 2 - 出力 B0	B15、U13、T17、R14、F16、E17、B17、C17、T7
	MSS_EPWMB1	O	PWM モジュール 2 - 出力 B1	R14、F16、A17、R8
	MSS_EPWMB_SYNCI	I	PWM モジュール 2 - 同期入力	T18、A14
	MSS_EPWMB_SYNCO	O	PWM モジュール 2 - 同期出力	P16
	MSS_EPWMC0	O	PWM モジュール 3 - 出力 C0	T13、F16、E15、C17、U4
	MSS_EPWMC1	O	PWM モジュール 3 - 出力 C1	C18、U9
	MSS_EPWMC_SYNCI	I	PWM モジュール 3 - 同期入力	P17
	MSS_EPWMC_SYNCO	O	PWM モジュール 3 - 同期出力	N15
	MSS_EPWM_TZ0	I	PWM モジュール トリップ信号 0	G15、J15
	MSS_EPWM_TZ1	I	PWM モジュール トリップ信号 1	A16、M16
	MSS_EPWM_TZ2	I	PWM モジュール トリップ信号 2	B15、L15

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 5-1. 信号の説明 - デジタル (続き)

機能	信号名	ピンの種類	説明	ピン番号
RGMII/RMII/MII イーサネット	MSS_MII_COL	I	MSS イーサネット MII 衝突検出	U8
	MSS_MII_CRS	I	MSS イーサネット MII キャリア センス	R8
	MSS_MII_RXER	I	MSS イーサネット MII 受信エラー	U9
	MSS_MII_TXEN	O	MSS イーサネット MII 送信イネーブル	R6
	MSS_MII_RXDV	I	MSS イーサネット MII 受信データ有効	T7
	MSS_MII_TXD3	O	MSS イーサネット MII 送信データ 3	U4
	MSS_MII_TXD2	O	MSS イーサネット MII 送信データ 2	U6
	MSS_MII_TXD1	O	MSS イーサネット MII 送信データ 1	U5
	MSS_MII_TXD0	O	MSS イーサネット MII 送信データ 0	U7
	MSS_MII_TXCLK	I	MSS イーサネット MII 送信クロック	V3
	MSS_MII_RXCLK	I	MSS イーサネット MII 受信クロック	T9
	MSS_MII_RXD3	I	MSS イーサネット MII 受信データ 3	U10
	MSS_MII_RXD2	I	MSS イーサネット MII 受信データ 2	V5
	MSS_MII_RXD1	I	MSS イーサネット MII 受信データ 1	V4
	MSS_MII_RXD0	I	MSS イーサネット MII 受信データ 0	V6
	MSS_RMII_REFCLK	IO	MSS イーサネット RMII クロック入力	U8、T9
	MSS_RMII_CRS_DV	I	MSS イーサネット RMII キャリア センス/受信データ有効	R8、T7
	MSS_RMII_RXER	I	MSS イーサネット RMII 受信エラー	U9
	MSS_RMII_TXEN	O	MSS イーサネット RMII 送信イネーブル	R6
	MSS_RMII_TXD1	O	MSS イーサネット RMII 送信データ 1	U5
	MSS_RMII_TXD0	O	MSS イーサネット RMII 送信データ 0	U7
	MSS_RMII_RXD1	I	MSS イーサネット MII 受信データ 1	V4
	MSS_RMII_RXD0	I	MSS イーサネット MII 受信データ 0	V6
	MSS_RGMII_TCTL	O	MSS イーサネット RGMII 送信制御	R6
	MSS_RGMII_RCTL	I	MSS イーサネット RGMII 受信制御	T7
	MSS_RGMII_TD3	O	MSS イーサネット RGMII 送信データ 3	U4
	MSS_RGMII_TD2	O	MSS イーサネット RGMII 送信データ 2	U6
	MSS_RGMII_TD1	O	MSS イーサネット RGMII 送信データ 1	U5
	MSS_RGMII_TD0	O	MSS イーサネット RGMII 送信データ 0	U7
	MSS_RGMII_TCLK	O	MSS イーサネット RGMII 送信クロック	V3
	MSS_RGMII_RCLK	I	MSS イーサネット RGMII 受信クロック	T9
	MSS_RGMII_RD3	I	MSS イーサネット RGMII 受信データ 3	U10
	MSS_RGMII_RD2	I	MSS イーサネット RGMII 受信データ 2	V5
	MSS_RGMII_RD1	I	MSS イーサネット RGMII 受信データ 1	V4
	MSS_RGMII_RD0	I	MSS イーサネット RGMII 受信データ 0	V6
	MSS_MDIO_DATA	IO	MSS イーサネット管理データの入出力データ	T5
	MSS_MDIO_CLK	O	MSS イーサネット管理データの入出力クロック	R4
	MSS_CPTS0_TS_SYNC	O	イーサネット タイムスタンプ同期出力	B16
	MSS_CPTS0_HW2TSPUSH	I	イーサネット ハードウェア タイムスタンプ入力ピン	C16
	MSS_CPTS0_HW1TSPUSH	I		A15

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 5-1. 信号の説明 - デジタル (続き)

機能	信号名	ピンの種類	説明	ピン番号
トレース信号	TRACE_DATA_0	O	デバッグ トレース出力 - データ ライン	U17
	TRACE_DATA_1	O	デバッグ トレース出力 - データ ライン	P17
	TRACE_DATA_2	O	デバッグ トレース出力 - データ ライン	T18
	TRACE_DATA_3	O	デバッグ トレース出力 - データ ライン	N15
	TRACE_DATA_4	O	デバッグ トレース出力 - データ ライン	P16
	TRACE_DATA_5	O	デバッグ トレース出力 - データ ライン	L15
	TRACE_DATA_6	O	デバッグ トレース出力 - データ ライン	M16
	TRACE_DATA_7	O	デバッグ トレース出力 - データ ライン	J15
	TRACE_DATA_8	O	デバッグ トレース出力 - データ ライン	D17
	TRACE_DATA_9	O	デバッグ トレース出力 - データ ライン	D16
	TRACE_DATA_10	O	デバッグ トレース出力 - データ ライン	E15
	TRACE_DATA_11	O	デバッグ トレース出力 - データ ライン	C18
	TRACE_DATA_12	O	デバッグ トレース出力 - データ ライン	B17
	TRACE_DATA_13	O	デバッグ トレース出力 - データ ライン	A17
	TRACE_DATA_14	O	デバッグ トレース出力 - データ ライン	C17
	TRACE_CLK	O	デバッグ トレース出力 - クロック	R15
	TRACE_CTL	O	デバッグ トレース出力 - 制御	T17

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 5-1. 信号の説明 - デジタル (続き)

機能	信号名	ピンの種類	説明	ピン番号
DMM インターフェイス	DMM0	I	デバッグ インターフェイス (ハードウェア インループ) - データ ライン	U17
	DMM1	I	デバッグ インターフェイス (ハードウェア インループ) - データ ライン	P17
	DMM2	I	デバッグ インターフェイス (ハードウェア インループ) - データ ライン	T18
	DMM3	I	デバッグ インターフェイス (ハードウェア インループ) - データ ライン	N15
	DMM4	I	デバッグ インターフェイス (ハードウェア インループ) - データ ライン	P16
	DMM5	I	デバッグ インターフェイス (ハードウェア インループ) - データ ライン	L15
	DMM6	I	デバッグ インターフェイス (ハードウェア インループ) - データ ライン	M16
	DMM7	I	デバッグ インターフェイス (ハードウェア インループ) - データ ライン	J15
	DMM8	I	デバッグ インターフェイス (ハードウェア インループ) - データ ライン	D17
	DMM9	I	デバッグ インターフェイス (ハードウェア インループ) - データ ライン	D16
	DMM10	I	デバッグ インターフェイス (ハードウェア インループ) - データ ライン	E15
	DMM11	I	デバッグ インターフェイス (ハードウェア インループ) - データ ライン	C18
	DMM12	I	デバッグ インターフェイス (ハードウェア インループ) - データ ライン	B17
	DMM13	I	デバッグ インターフェイス (ハードウェア インループ) - データ ライン	A17
	DMM14	I	デバッグ インターフェイス (ハードウェア インループ) - データ ライン	C17
	DMM_CLK	I	デバッグ インターフェイス (ハードウェア インループ) - クロック	R15
	DMM_SYNC	I	デバッグ インターフェイス (ハードウェア インループ) - 同期	T17
	DMM_MUX_IN	I	デバッグ インターフェイス (ハードウェア インループ) DMM1 と DMM2 の間でのマルチプレクサ選択 (2 インスタンス)	A16、R17、R14
	NDMM_EN	O	デバッグ インターフェイス (ハードウェア インループ) イネーブル - アクティブ Low 信号	D15、E17

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 5-1. 信号の説明 - デジタル (続き)

機能	信号名	ピンの種類	説明	ピン番号
汎用 I/O	MSS_GPIO_0	IO	汎用 I/O	B15、P17、U15、A14
	MSS_GPIO_1	IO	汎用 I/O	A16、T18、U16、B13
	MSS_GPIO_2	IO	汎用 I/O	G15、N15、T16、V17、D11
	MSS_GPIO_3	IO	汎用 I/O	P16、T15
	MSS_GPIO_4	IO	汎用 I/O	U14、L15、V17
	MSS_GPIO_5	IO	汎用 I/O	T13、M16
	MSS_GPIO_6	IO	汎用 I/O	U12、J15
	MSS_GPIO_7	IO	汎用 I/O	R10、D17
	MSS_GPIO_8	IO	汎用 I/O	U11、T18、D16、V17、B16、B13
	MSS_GPIO_9	IO	汎用 I/O	V11、N15、E15、C16、D11
	MSS_GPIO_10	IO	汎用 I/O	T11、M16、C18、A15
	MSS_GPIO_11	IO	汎用 I/O	R12、J15、B17、B14
	MSS_GPIO_12	IO	汎用 I/O	V16、A17、B16
	MSS_GPIO_13	IO	汎用 I/O	B15、C17、C16
	MSS_GPIO_14	IO	汎用 I/O	E17、A15
	MSS_GPIO_15	IO	汎用 I/O	F16、B14
	MSS_GPIO_16	IO	汎用 I/O	A16
	MSS_GPIO_17	IO	汎用 I/O	C12、C17、U8
	MSS_GPIO_18	IO	汎用 I/O	C14、A17、R8
	MSS_GPIO_19	IO	汎用 I/O	B17、U9
	MSS_GPIO_20	IO	汎用 I/O	C18、R6
	MSS_GPIO_21	IO	汎用 I/O	V12、E15、T7
	MSS_GPIO_22	IO	汎用 I/O	U13、D16、U4
	MSS_GPIO_23	IO	汎用 I/O	D13、D17、U6
	MSS_GPIO_24	IO	汎用 I/O	D15、J15、U5
	MSS_GPIO_25	IO	汎用 I/O	R15、M16、U7
	MSS_GPIO_26	IO	汎用 I/O	G15、L15、V3
	MSS_GPIO_27	IO	汎用 I/O	T17、P16、T9
	MSS_GPIO_28	IO	汎用 I/O	R17、N15、U10
	MSS_GPIO_29	IO	汎用 I/O	R14、T18、V5、D11
	MSS_GPIO_30	IO	汎用 I/O	P17、V4、T5、B13
	MSS_GPIO_31	IO	汎用 I/O	U17、V6、R4、A14
UART (DSS)	DSS_UARTA_TX	IO	デバッグ UART 送信 [DSP]	U13、R10、J15、B16、A15、A14
	DSS_UARTA_RX	IO	デバッグ UART 受信 [DSP]	D13、R17、C16、B14
チャープ/フレーム信号	ADC_VALID	O	High のとき、有効な ADC サンプルを示します	V16、T11、R12、R17
	CHIRP_START	O	各チャープの開始を示すパルス信号	G15、T17
	CHIRP_END	O	各チャープの終了を示すパルス信号	G15、T17
	FRAME_START	O	各フレームの開始を示すパルス信号	R15、G15、T17
LVDS_VALID	LVDS_VALID	O	High のとき、有効な LVDS データを示します	A16、R15、G15、T17、R14、E17、A14

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 5-1. 信号の説明 - デジタル (続き)

機能	信号名	ピンの種類	説明	ピン番号
外部クロック出力	MCU_CLKOUT	O	外部 MCU またはプロセッサに供給されるプログラマブル クロック	R15、B13
	PMIC_CLKOUT	O	PMIC 向けのデバイスからの出力クロック	B15、G15、T17、D11
システムの同期	SYNC_IN	I	低周波数同期信号入力	R17
	SYNC_OUT	O	低周波数同期信号出力	A16、G15、R17、R14
クロック出力	OBS_CLKOUT	O	観測クロック出力	R15、T17
	RCOSC_CLK	O	内部 RCOSC クロック出力	R14
リファレンス クロック	XREF_CLK0	I	外部基準入力クロック 0	B13
	XREF_CLK1	I	外部基準入力クロック 1	D11
JTAG	TCK	I	JTAG テスト クロック	C12
	TMS	IO	JTAG テスト モード信号	C14
	TDI	I	JTAG テスト データ入力	D13
	TDO	O	JTAG テスト データ出力	D15
UART (BSS)	BSS_UARTA_TX	O	デバッグ UART 送信 [レーダー ブロック]	A16、T13、U14、C14、D15、F16、E17、M16
	BSS_UARTA_RX	I	デバッグ UART 受信 [レーダー ブロック]	C12、R15
リセット	WARM_RESET	IO	オープン ドレインのフェイルセーフ ウォーム リセット信号。診断用として PMIC から駆動するか、または、デバイスがリセット中であることを示すステータス信号として使用できます。	B12
安全	NERROR_OUT	O	オープン ドレインのフェイルセーフ出力信号。非常に重大なフォルトが発生していることを示すために、PMIC / プロセッサ / MCU に接続されています。復帰にはリセットが必要です。	C11
センス オン パワー	SOP[0]	I	SOP ピンは外部から駆動され (弱い駆動)、ミリ波デバイスはブートアップ時にこれらのピンの状態を検出して、ブートアップ モードを決定します。ブート後は、同じピンが他の機能を持つようになります。 • [SOP2 SOP1 SOP0] = [0 0 1] -> 機能 QSPI 負荷モード • [SOP2 SOP1 SOP0] = [1 0 1]-> UART 負荷モード • [SOP2 SOP1 SOP0] = [0 1 1]-> デバッグおよび開発モード 以下の SOP ピンの構成により、基準水晶発振子の周波数が決定されます • [SOP4 SOP3] = [0 0] -> 40MHz	D15
	SOP[1]	I		R14
	SOP[2]	I		T17
	SOP[3]	I		A14
	SOP[4]	I		C16
CSI2 RX	CSI2_RX0M0	I	CSI2.0 レシーバ #1、負の極性、レーン 0	N18
	CSI2_RX0P0	I	CSI2.0 レシーバ #1、正の極性、レーン 0	N17
	CSI2_RX0CLKM	I	CSI2.0 レシーバ #1、クロック入力、負の極性	L18
	CSI2_RX0CLKP	I	CSI2.0 レシーバ #1、クロック入力、正の極性	L17
	CSI2_RX0M1	I	CSI2.0 レシーバ #1、負の極性のレーン 1	M18
	CSI2_RX0P1	I	CSI2.0 レシーバ #1、正の極性のレーン 1	M17

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 5-1. 信号の説明 - デジタル (続き)

機能	信号名	ピンの種類	説明	ピン番号
Aurora 向け LVDS	LVDS_TXM0	O	LVDS/Aurora トランスミッタ、データ出力、レーン 0	F18
	LVDS_TXP0	O		F17
	LVDS_TXM2_CLKM	O	LVDS クロック、Aurora データ出力 - レーン 2	G18
	LVDS_TXP2_CLKP	O		G17
	LVDS_TXM3_FRCLKM	O	LVDS フレーム クロック、Aurora データ出力 - レーン 3	H18
	LVDS_TXP3_FRCLKP	O		H17
	LVDS_TXM1	O	LVDS/Aurora トランスミッタ、データ出力、レーン 1	J18
	LVDS_TXP1	O		J17

(1) SPI タイミングを満たすため、MSS_MIBSPIB_MOSI = V12、MSS_MIBSPIB_MISO = U13 の状態で、MSS_MIBSPIB_CLK = T13 を使用することを推奨します。同じことが、もう 1 つの MSS_MIBSPIB_CLK = R10、つまり MSS_MIBSPIB_MOSI = V11、MSS_MIBSPIB_MISO = U11 の場合も当てはまります

5.4 信号の説明 - アナログ

インターフェイス	信号名	ピンの種類	説明	ボール番号
トランスミッタ	TX1	O	シングルエンド トランスミッタ 1 O/P	B3
	TX2	O	シングルエンド トランスミッタ 2 O/P	B5
	TX3	O	シングルエンド トランスミッタ 3 O/P	B7
	TX4(1)	O	シングルエンド トランスミッタ 4 O/P	B9
レシーバ	RX1	I	シングルエンド レシーバ 1 I/P	M2
	RX2	I	シングルエンド レシーバ 2 I/P	K2
	RX3	I	シングルエンド レシーバ 3 I/P	H2
	RX4	I	シングルエンド レシーバ 4 I/P	F2
リセット	NRESET	I	チップのパワーオン リセット。アクティブ Low	H16
リファレンス発振器	CLKP	I	XTAL モード:リファレンス水晶振動子用入力 外部クロック モード:シングルエンド入力リファレンス クロック ポート	D1
	CLKM	I	XTAL モード:リファレンス水晶振動子用フィードバック駆動 外部クロック モード:このポートはグランドに接続します。	B1
リファレンス クロック	OSC_CLKOUT	O	PLL をクリーンアップした後にクロック サブシステムから出力されるリファレンス クロック	A11
バンドギャップ電圧	VBGAP	O	デバイスのバンドギャップ リファレンス出力	K4

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

インターフェイス	信号名	ピンの種類	説明	ボール番号
電源	VDD	電源	1.2V デジタル電源	E12、E13、E14、F14、H14、J14、K14、L14、N6、N14、P6、P7、P9、P10、P11、P13、P14
	VDD_SRAM	電源	内部 SRAM 用 1.2V 電源レール	V7
	VNWA	電源	SRAM アレイのバック バイアス用 1.2V 電源レール	V13
	VIOIN	電源	I/O 電源 (3.3V または 1.8V):すべての CMOS I/O はこの電源で動作します。	A13、B18、R18、V8、V15
	VIOIN_18	電源	CMOS IO 用 1.8V 電源	D18、U18、V10
	VDDA_18CLK	電源	クロック モジュール用 1.8V 電源	D9
	VDDA_18PM	電源	クロック モジュール用 1.8V PM モジュール	R1
	VIOIN_18LVDS	電源	LVDS ポート用 1.8V 電源	K17
	VIOIN_18CSI	電源	CSI ポート用 1.8V 電源	K18
	VPP	電源	ヒューズ チェーン用電源電圧	U3
電源	VIDDA_10RF1	電源	1V アナログおよび RF 電源、VDDA_10RF1 と VDDA_10RF2 が基板上で短絡されている可能性があります。	M4
	VDDA_10RF2	電源	1V アナログおよび RF 電源	D6、D7
	VDDA_18BB	電源	1.8V アナログ ベース バンド電源	P1
	VDDA_18VCO	電源	1.8V RF VCO 電源	E4
	VSS(3)	グランド	デジタル グランド	A12、A18、E11、E18、F8、F9、F10、F11、F12、F13、G7、G8、G9、G10、G11、G12、G13、G14、H7、H8、H9、H10、H11、H12、H13、J7、J8、J9、J10、J11、J12、J13、K7、K8、K9、K10、K11、K12、K13、K16、L7、L8、L9、L10、L11、L12、L13、M7、M8、M9、M10、M11、M12、M13、M14、N7、N8、N9、N10、N11、N12、N13、P8、P12、P18、V2、V9、V14、V18
	VSSA(4)	グランド	アナログ グランド	A1、A2、A4、A6、A8、A10、B2、B4、B6、B8、B10、B11、C1、C2、C3、C4、C5、C6、C7、C8、C9、C10、D2、D3、E1、E2、E3、F3、F6、F7、G1、G2、G3、G6、H3、H6、J1、J2、J3、J6、K3、K6、L1、L2、L3、L6、M3、M6、N1、N2、N3、V1

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

インターフェイス	信号名	ピンの種類	説明	ボール番号
内部 LDO 出力 / 入力	VOUT_14APLL	O	内部 LDO 出力	H4
	VOUT_14SYNTH	O	内部 LDO 出力	G4
外部電圧監視用の汎用 ADC 入力(2)	ADC1	IO	ADC チャネル 1	P3
	ADC2	IO	ADC チャネル 2	P2
	ADC3	IO	ADC チャネル 3	R3
	ADC4	IO	ADC チャネル 4	R2
	ADC5	IO	ADC チャネル 5	T3
	ADC6	IO	ADC チャネル 6	U2
	ADC7	IO	ADC チャネル 7	T1
	ADC8	IO	ADC チャネル 8	T2
	ADC9	IO	ADC チャネル 9	U1

(1) TX4 は、4 個のトランスミッタを搭載した AWR294x バリアント、つまり AWR2944 にのみ適用できます。
(2) 詳細については、セクション 7.4.3 を参照してください。
(3) コーナー BGA は VSS であり冗長化されているため、コーナー BGA に障害が発生してもデバイスは引き続き機能します。
(4) 起動に関連する VSSA BGA は冗長ではなく、機能に必要です。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6 仕様

6.1 絶対最大定格

自由気流での動作温度範囲内 (特に記述のない限り)(1) (2)

パラメータ		最小値	最大値	単位
VDD	1.2V デジタル電源	-0.5	1.4	V
VDD_SRAM	内部 SRAM 用 1.2V 電源レール	-0.5	1.4	V
VNWA	SRAM アレイのバック バイアス用 1.2V 電源レール	-0.5	1.4	V
VIOIN	I/O 電源 (3.3V または 1.8V): すべての CMOS I/O はこの電源で動作します。	-0.5	3.8	V
VIOIN_18	CMOS IO 用 1.8V 電源	-0.5	2	V
VDDA_18CLK	クロック モジュール用 1.8V 電源	-0.5	2	V
VDDA_18PM	PM モジュール用 1.8V 電源	-0.5	2	V
VIOIN_18CSI	CSI2 ポート用 1.8V 電源	-0.5	2	V
VIOIN_18LVDS	LVDS ポート用 1.8V 電源	-0.5	2	V
VDDA_10RF1 VDDA_10RF2	1V アナログおよび RF 電源、VDDA_10RF1 と VDDA_10RF2 が基板上で短絡する可能性があります。	-0.5	1.4	V
VDDA_18BB	1.8V アナログ ベースバンド電源	-0.5	2	V
VDDA_18VCO 電源	1.8V RF VCO 電源	-0.5	2	V
RX1-4	RF 入力の外部印加電力		10	dBm
TX1-4	RF 出力の外部印加電力 (3)		10	dBm
TX1-4	温度センサ精度	±5		℃
入力および出力電圧範囲	デュアル電圧 LVCMOS 入力、3.3V または 1.8V (定常状態)	-0.3V	VIOIN + 0.3	V
	デュアル電圧 LVCMOS 入力。3.3V/1.8V (過渡オーバーシュート / アンダーシュート) または外部発振器入力で動作します。		VIOIN + 20% 信号周期の 20% まで	
CLKP、CLKM	リファレンス水晶振動子用入力ポート	-0.5	2	V
クランプ電流	それぞれの電源レールを 0.3V 上回るまたは下回る入力または出力電圧。I/O の内部ダイオード保護セルを流れるクランプ電流を制限します。	-20	20	mA
T_J	動作ジャンクション温度範囲	-40	140	°C
T_{STG}	プリント基板に半田付けした後の保存温度範囲	-55	150	°C

(1) 「絶対最大定格」を上回るストレスが加わった場合、デバイスに永続的な損傷が発生する可能性があります。これらはストレス定格のみを示すものであり、これらの条件で、または「推奨動作条件」で示された条件を超えるそれ以外の条件で本デバイスが正常に動作することを意味するものではありません。絶対最大定格の状態が長時間続くと、デバイスの信頼性に影響を与える可能性があります。
(2) 特に記述のない限り、すべての電圧値は V_{SS} を基準にしていします。
(3) この値は、TX に外部から印加される信号レベルに対応します。さらに、TX 出力にはガンマ = 1 までの反射係数を適用できます。

6.2 ESD 定格

			値	単位
$V_{(ESD)}$ 静電放電	人体モデル (HBM)、AEC Q100-002 準拠 (1)	すべてのピン	±2000	V
	デバイス帯電モデル (CDM)、AEC Q100-011 準拠	GPADC5、GPADC6	±350	
		その他のすべてのコーナーなしのピン	±500	
		角のピン	±750	

(1) AEC Q100-002 は、HBM ストレス試験を ANSI / ESDA / JEDEC JS-001 仕様に従って実施しなければならないと規定しています。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.3 電源投入時間 (POH)

接合部温度 (T_j)(1) (2)	動作条件	公称 CVDD 電圧 (V)	パワーオン時間 [POH] (時間)
-40°C	50% デューティ サイクル	1.2	1440 (6%)
75°C			4800 (20%)
95°C			15600 (65%)
130°C			1920 (8%)
140°C			240 (1%)

(1) この情報は、お客様の利便性のみを目的として提供されるものであり、テキサス・インスツルメンツの半導体製品に関する標準的な契約条件に基づいて提供される保証を拡張または変更するものではありません。
(2) POH の規定値は、デフォルトのファームウェアのゲイン表を使って Tx 出力電力を最大値に設定した場合に適用されます。API を使用して Tx ゲイン表が上書きされた場合、POH の規定値は適用されません。

6.4 推奨動作条件

自由気流での動作温度範囲内 (特に記述のない限り)

		最小値	公称値	最大値	単位
VDD	1.2V デジタル電源	1.14	1.2	1.26	V
VDD_SRAM	内部 SRAM 用 1.2V 電源レール	1.14	1.2	1.26	V
VNWA	SRAM アレイのバック バイアス用 1.2V 電源レール	1.14	1.2	1.26	V
VIOIN	I/O 電源 (3.3V または 1.8V): すべての CMOS I/O はこの電源で動作します。	3.135	3.3	3.465	V
		1.71	1.8	1.89	
VIOIN_18	CMOS IO 用 1.8V 電源	1.71	1.8	1.89	V
VDDA_18CLK	クロック モジュール用 1.8V 電源	1.71	1.8	1.89	V
VDDA_18PM	PM モジュール用 1.8V 電源	1.71	1.8	1.89	V
VIOIN_18CSI	CSI2 ポート用 1.8V 電源	1.71	1.8	1.89	V
VIOIN_18LVDS	LVDS ポート用 1.8V 電源	1.71	1.8	1.89	V
VDDA_10RF1	1V アナログおよび RF 電源。VDDA_10RF1 と VDDA_10RF2 が基板上で短絡する可能性があります。	0.95	1	1.05	V
VDDA_10RF2					
VDDA_18BB	1.8V アナログ ベースバンド電源	1.71	1.8	1.89	V
VDDA_18VCO	1.8V RF VCO 電源	1.71	1.8	1.89	V
V_{IH}	電圧入力 High (1.8 V モード)	1.17		0.3 + VIOIN	V
	電圧入力 High (3.3 V モード)	2.25		0.3 + VIOIN	
V_{IL}	電圧入力 Low (1.8V モード)	-0.3		0.3*VIOIN	V
	電圧入力 Low (3.3V モード)	-0.3		0.62	
V_{OH}	High レベル出力スレッショルド (I_{OH} = 6mA)	VIOIN - 450			mV
V_{OL}	Low レベル出力スレッショルド(I_{OL} = 6mA)			450	mV
NRESET SOP[4:0]	V_{IL} (1.8V モード)			0.45	V
	V_{IH} (1.8V モード)	0.96			
	V_{IL} (3.3V モード)			0.65	
	V_{IH} (3.3V モード)	1.57			
T_J	動作ジャンクション温度範囲	-40		140	℃

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.5 ワンタイム プログラマブル (OTP) eFuse の VPP 仕様

このセクションは、OTP eFuse のプログラミングに必要な動作条件を規定しており、認証済みブート デバイスにのみ適用できます。お客様固有のキーまたはその他のフィールド (ソフトウェア バージョンなど) を efuse に書き込む際に、ユーザーは VPP 電源を供給する必要があります。

6.5.1 OTP eFuse プログラミングの推奨動作条件

パラメータ	説明	最小値	公称値	最大値	単位
VPP	通常動作時の eFuse ROM ドメインの電源電圧範囲		NC (2)		
	OTP プログラミング時の eFuse ROM ドメインの電源電圧範囲(1)	1.65	1.7	1.75	V
VPP 電源の持続時間	VPP 電圧が推奨時間を超えて供給された場合、信頼性の問題が発生する可能性があります。			24	時間帯
I(VPP)				50	mA

(1) 通常動作中は、VPP に電圧を印加しないでください。これは通常、VPP 端子に接続されている外部レギュレータを無効にすることで実現できます。
(2) NC:接続なし

6.5.2 ハードウェア要件

OTP eFuse にキーをプログラムする場合、以下のハードウェア要件を満たす必要があります。

- OTP レジスタをプログラムしないときは、VPP 電源をディセーブルにする必要があります。

6.5.3 ハードウェア保証への影響

お客様は、eFuse を使用すると テキサス・インスツルメンツのデバイスに対して永続的な変更が加えられることを、自己の責任において認識し、受け入れるものとします。お客様は、不適切な動作条件またはプログラミング シーケンスが原因で eFuse が故障する可能性があることを承諾するものとします。このような障害が発生すると、テキサス・インスツルメンツのデバイスが動作不能になることがあります。また、テキサス・インスツルメンツは eFuse の使用を試行する前に、テキサス・インスツルメンツのデバイスがテキサス・インスツルメンツのデバイスの仕様に準拠していることを確認できません。したがって、eFuse のプログラム可能性に問題がある場合、テキサス・インスツルメンツは法的責任を負いません。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.6 電源仕様

表 6-1 では、外部電源から AWR2944 に供給すべき 4 系統の必須電源レールについて説明します。1.8V LVCMOS IO を使用する場合、VIOIN は 1.8V 電源から供給されるため、3.3V 電源レールは省略可能となり、必要な電源レールは 3 系統のみとなります。また、採用する電源トポロジによっては、RF 用 1.0V およびベースバンド、クロック、VCO 用の 1.8V 電源に対して、所定のリップル仕様を満たすために追加の電源フィルタ処理が必要となる場合があります。この追加のフィルタ処理により、これら 4 つの基本レールから、個別の電源回路が生成されます。

表 6-1. 電源レールの特性：

電源電圧	その電源から電力を供給されるデバイス ブロック	デバイスの電源ネット
1.8V	シンセサイザおよび APLL の VCO、水晶発振器、IF アンプ段、ADC、CSI2、LVDS、LVCMOS I/O	入力:VDDA_18VCO、VDDA_18CLK、VIN_18PM、VDDA_18BB、VIOIN_18CSI、VIOIN_18LVDS、VIOIN_18 LDO 出力:VOUT_14SYNTH、VOUT_14APLL
1.0V	パワー アンプ、低ノイズ アンプ、ミキサ、LO 分配	入力:VDDA_10RF2、VDDA_10RF1
3.3V (または、1.8V I/O モードの場合は 1.8V)	LVCMOS IO	VIOIN
1.2V	コア デジタルおよび SRAM	VDD、VDD_SRAM、VNWA
1.7V	OTP eFuse のプログラミング (セキュア デバイス用)	VPP

1.0V および 1.8V の電源リップル仕様については、表 6-2 に記載されています。スプリアス レベルとリップル レベルには dB 単位での相関関係があり、たとえば電源リップルが 1dB 増加すると、スプリアス レベルもおおよそ 1dB 増加します。記載された値は、指定された周波数で印加された正弦波入力の rms レベルです。

表 6-2. リップル仕様

周波数 (kHz)	スプリアス レベル dBc)	RF レール	VCO/IF レール
		1V (μV_{RMS})	1.8 V (uV_{RMS})
10	-85	22	10990
100	-95	8	1420
200	-98	6	730
500	-102	4	450
1000	-105	3	300
2000	-105	3	80
5000	-105	3	60
10000	-105	3	60
15000	-105	2	40
20000	-105	2	40

電源に関するガイドライン

統合型 AWR2944 電源ソリューションには、LP87745-Q1 PMIC (パワー マネージメント IC) を推奨します。この低コストかつ省スペースのソリューションは、AWR2944 レーダー センサとその主要なペリフェラルへの電力供給用に設計されています。

LP87745-Q1 PMIC を AWR2944 への電力供給に使用すると、次のような利点があります。

1. テキサス・インスツルメンツの評価ボードで検証済みのデバイス性能をフルに発揮
2. AWR ノイズ/リップル性能仕様を満たすノイズ/リップル性能

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

a. LP87745-Q1 は 17.6MHz の高いスイッチング周波数で動作し、中間周波（IF）帯域の外でスイッチングを行うため、スプリアスの影響を回避できます。また、LDO の使用を避けることで、システム全体の熱性能が向上し、リップルやスプリアスを抑えるための 2 段 LC フィルタも不要になります。
b. 放熱は RF 性能に影響を与えません

6.7 消費電力の概略

表 6-3 および 表 6-4 に、電源端子の消費電力をまとめます。

表 6-3. 電源端子の最大電流定格

パラメータ(1)	電源名	説明	最小値	標準値	最大値(1)	単位
消費電流	VDD、VDD_SRAM、VNWA	1.2V レールによって駆動される全ノードが消費する電流の合計値			2000	mA
	VDDA_10RF1、VDDA_10RF2	4 つのトランスミッタすべてを使用した場合に、1V レールで駆動されるすべてのノードが消費する合計電流			2300	
	VIOIN_18、VDDA_18CLK、VDDA_18PM、VIOIN_18CSI、VIOIN_18LVDS、VDDA_18BB、VDDA_18VCO	1.8V レールによって駆動される全ノードが消費する電流の合計値			550	
	VIOIN	3.3V レールによって駆動される全ノードが消費する電流の合計値			50(2)	

(1) 記載されている電流値は、(推奨動作条件における) 最大電源電圧レベルでの値です。
(2) 正確な値は、システムの使用用途や設計に依存します。

表 6-4. 電源端子の平均消費電力

パラメータ	条件(2)		説明	最小値	標準値(1)	最大値	単位
シングル チップ モードでの平均消費電力。	3TX、4RX	25% デューティ サイクル	使用事例: 76 ～ 77GHz のチャープ (50% デューティ サイクルの場合) と 80 ～ 81GHz のチャープ (25% デューティ サイクルの場合)。 レギュラー モード、37.5Msps のサンプリング レート、25.6ms のフレーム周期、1 フレームあたり 256 チャープ、アイドル時間 2µs、ランプ終了時間 50µs、ADC 開始時間 7µs、およびランプ余剰時間 コアのアクティビティ: • 70% MSS R5F • 70% の C66x DSP と HWA • 50% Arm M4F 上記すべてのコアは、アイドル時間中に動作クロックが低下またはクロックゲーティングされています) イーサネットはデータ転送用にイネーブルになっています		1.37		W
		50% デューティ サイクル			1.98		
	4TX、4RX	25% デューティ サイクル			1.44		
		50% デューティ サイクル			2.11		

(1) 電力消費の数値は、代表的な使用例に基づくものであり、25°C の周囲温度および公称電圧条件下における標準デバイスでの値です。
(2) フレームのデューティ サイクルは、フレーム アクティブ時間と合計フレーム時間の比率 (チャープ間、フレーム間時間を含む) を表します。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.8 RF の仕様

推奨動作条件下およびランタイム キャリブレーションを有効にした状態で測定 (特に記述のない限り)

パラメータ			最小値	標準値	最大値	単位
レシーバ	ノイズ指数			12		dB
	1-dB 圧縮ポイント (帯域外) (1)			-7		dBm
	最大ゲイン			44		dB
	ゲイン範囲			20		dB
	ゲイン ステップ サイズ			2		dB
	IF 帯域幅 (2)				15	MHz
	ADC サンプリング レート				37.5	Msps
	ADC の分解能			16		ビット
	反射損失 (S11)			-10		dB
	ゲイン ミスマッチの変動 (温度範囲全体)			±0.5		dB
	位相ミスマッチの変動 (温度範囲全体)			±3		°
	アイドル チャネル スプリアス			-90		dBFS
トランスミッタ	出力電力			13.5		dBm
	位相シフタの精度			±5		°
	振幅ノイズ			-145		dBc/Hz
クロック サブシステム	周波数範囲		76		81	GHz
	ランプ レート				250(3)	MHz/µs
	1MHz オフセットでの位相ノイズ	76～77 GHz (VCO1)		-96		dBc/Hz
		76～81 GHz (VCO2)(4)		-95		

(1) 1dB 圧縮ポイント (帯域外) は、プログラムされた HPF のカットオフ周波数の 5% に相当する連続波トーン (いわゆるブロッカー トーン) を印加して測定されます。圧縮ポイントは、RX ADC においてブロッカー トーンが 1dB 圧縮されるブロッカー電力によって決定されます。

(2) アナログ IF 段には、次の -6dB コーナー周波数に設定可能な 2 次ハイパス フィルタが含まれています:

使用可能な HPF コーナー周波数 (kHz)
HPF 300、350、700、1400、

デジタル ベースバンド チェーンによるフィルタリングは、以下の特長を実現することを目的としています。

- パスバンド リップル / ドループ ±0.5dB 未満、および
- パスバンドにエイリアス バックする可能性のある任意の周波数に対して、60dB 以上のアンチエイリアシング減衰。

(3) 最大ランプレートは「AWR_APLL_SYNTH_BW_CONTROL_SB」API によって設定される PLL 帯域幅の構成に依存します。詳細については、『ミリ波レーダー インターフェイス制御』の資料を参照してください。

(4) VCO2 は最大 4.5GHz の連続範囲をサポートします。対応する周波数範囲は、AWR_CAL_MON_FREQUENCY_ API 内の VCO2_RANGE_CONFIG によって、76～80.5GHz または 76.5～81GHz のいずれかに設定できます。

図 6-1 に、設定されたレシーバ ゲインに対するノイズ指数と帯域内 P1dB パラメータのばらつきを示します。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

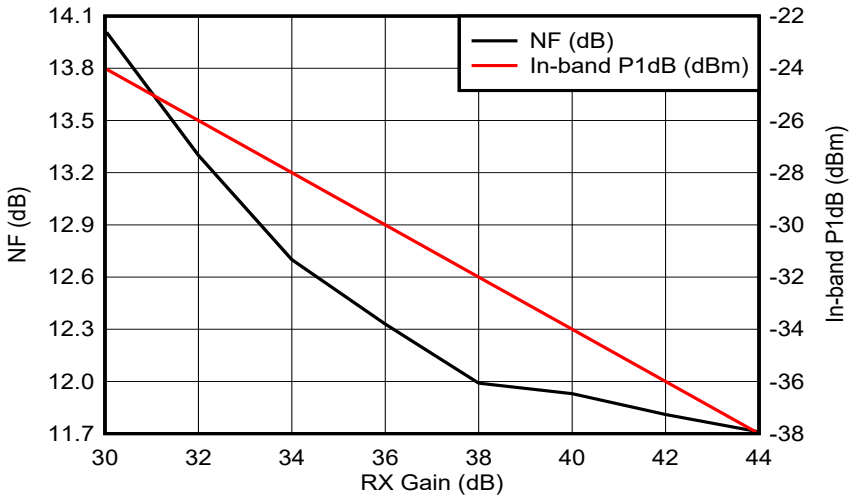


図 6-1. ノイズ指数、帯域内 P1dB とレシーバ ゲインとの関係

6.9 熱抵抗特性

熱評価基準 (1) (4)		°C/W (2) (3)
$R\Theta_{JC}$	接合部とケースとの間	3.3
$R\Theta_{JB}$	接合部と基板との間	2.9
$R\Theta_{JA}$	接合部と自由空気との間	14.9
Psi_{JC}	接合部とケースとの間	0.1
Psi_{JB}	接合部と基板との間	2.8

(1) 従来および最新の熱評価基準の詳細については、『半導体および IC パッケージの熱評価基準』を参照してください。
(2) °C/W = 摂氏温度 / ワット。
(3) これらの値は、JEDEC により定義された 2S2P システム (JEDEC 定義の 1S0P システムによる θ JC [$R\Theta_{JC}$] 値を除く) に基づいており、周囲環境とアプリケーションによって変化します。詳細については、以下の EIA/JEDEC 規格を参照してください。

- JESD51-2、*『IC の熱テスト手法の環境条件 - 自然対流 (静止空気)』*
- JESD51-3、『リード付き表面実装パッケージ用の有効熱伝導率の低いテスト基板』
- JESD51-7、『リード付き表面実装パッケージ用の有効熱伝導率の高いテスト基板』
- JESD51-9、『エリア アレイ表面実装パッケージの熱測定用テスト基板』

140°C の接合部温度を想定。
(4) エアフロー = 1m/s

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.10 電源シーケンスおよびリセット タイミング

AWR294x デバイスでは、デバイスを正常に起動させるために、外部の 1.2V、1.8V、3.3V の各電圧レールおよびすべての SOP[4:0] ラインが、NRESET がデアサートされる前に安定している必要があります。VIOIN および VIOIN_18 の電源が供給されるまでは、IO の状態は保証されません。図 6-2 に、デバイス ウェークアップ シーケンスを示します。

注

ハードウェア プラットフォームは、OTP eFuse プログラミング中のみ VPP ピンに 1.7V を供給できる必要があります。

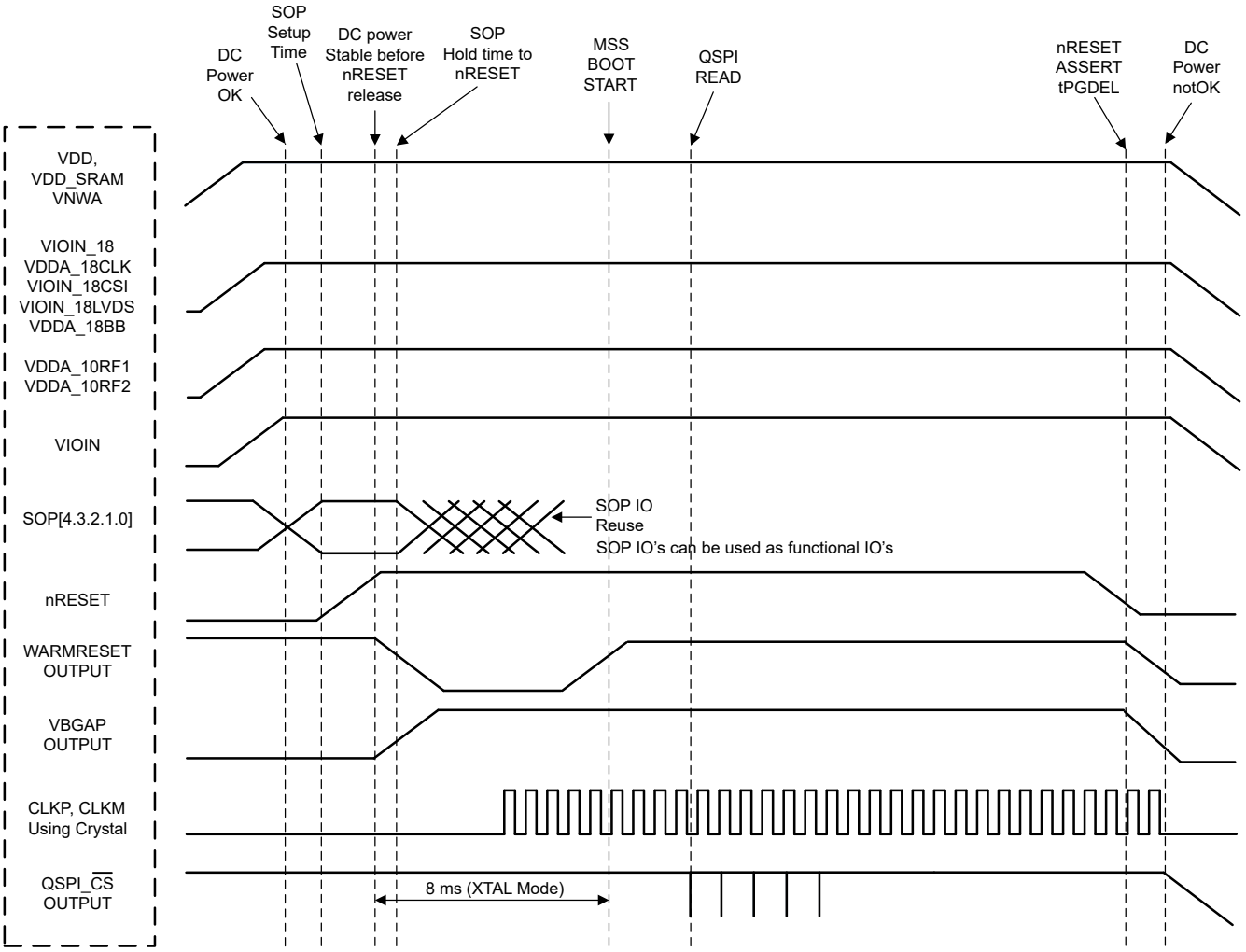


図 6-2. デバイス ウェークアップ シーケンス

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.11 入力クロックおよび発振器

6.11.1 クロック仕様

外部水晶振動子は、デバイスのピンに接続されています。図 6-3 に、水晶振動子の実装を示します。

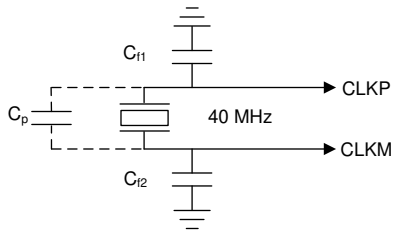


図 6-3. 水晶振動子の実装

注

図 6-3 の負荷コンデンサ C_{f1} および C_{f2} は、式 1 が満足されるように選択できます。この式の C_L は、水晶振動子のメーカーによって指定された負荷です。発振器回路の実装に使用されるすべてのディスクリート部品は、関連する発振器の CLKP および CLKM ピンのできるだけ近くに配置できます。Cf1 と Cf2 には、PCB 配線による寄生容量が含まれていることに注意してください。

注

CLKP/CLKM ピン間の基板配線寄生成分も C_P の見積もりに含める必要があります

$$C_L = C_{f1} \times \frac{C_{f2}}{C_{f1} + C_{f2}} + C_P \quad (1)$$

表 6-5 に、クロック水晶振動子の電気的特性を示します。

表 6-5. 水晶振動子の電気的特性 (発振器モード)

名称	説明	最小値	標準値	最大値	単位
f_p	並列共振水晶振動子周波数		40		MHz
C_L	水晶振動子の負荷容量	5	8	12	pF
ESR	水晶振動子の ESR			50	Ω
温度範囲	想定される動作温度範囲	-40		140	℃
周波数の許容誤差	水晶振動子周波数の許容誤差 (1) (2)	-100		100(3)	ppm
励振レベル			50	200	µW

(1) 水晶振動子メーカーの仕様はこの要件を満たす必要があります。
(2) 水晶振動子の初期許容誤差、全温度範囲でのドリフト、経年劣化、不適切な負荷容量による周波数変動が含まれます。
(3) イーサネットを動作させるには、100PPM 未満の周波数誤差というより厳しい仕様が求められます。イーサネット インターフェイスを使用しない場合、最大 200 PPM までの PPM が許容されます。

外部クロックをクロック源として使用する場合、その信号は CLKP ピンにのみ入力し、CLKM はグランドに接続します。40MHz クロックを外部から入力する場合、位相ノイズ要件は非常に重要です。表 6-6 に、外部クロック信号の電気的特性を示します。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 6-6. 外部クロック モード仕様

パラメータ		仕様			単位
		最小値	標準値	最大値	
入力クロック:外部 AC 結合正弦波または DC 結合方形波の位相ノイズ (40MHz 基準)	周波数		40		MHz
	AC 振幅	700		1200	mV (pp)
	DC-trise/fall			10	ns
	1kHz での位相ノイズ			-132	dBc/Hz
	10kHz での位相ノイズ			-143	dBc/Hz
	100kHz での位相ノイズ			-152	dBc/Hz
	1MHz での位相ノイズ			-153	dBc/Hz
	デューティ サイクル	35		65	%
	周波数の許容範囲	-100		100	ppm

6.12 ペリフェラル情報

以下のセクションで、初期のペリフェラルの説明と特長を示します。追加のペリフェラルの詳細やインターフェイスのタイミング情報については、今後の製品プレビューやデータ シートのリリースで提供される予定です。

6.12.1 QSPI フラッシュ メモリ ペリフェラル

このデバイスには、外部フラッシュ メモリへのアクセスのためのクアッド シリアル ペリフェラル インターフェイスが搭載されています。フラッシュ メモリは、次のような多くの目的に使用できます:セカンダリ ブートローダー用メモリ、アプリケーション プログラム用メモリ、セキュリティ キーの保存、およびセキュリティやエラー状況に関する長期データ ログ用メモリ。

デバイスの QSPI インターフェイスは、以下の機能をサポートしています:

- ループバック スキュー補正により、クロック信号の遅延を調整し、高速なフラッシュ インターフェイスのクロック周波数に対応
- 2 つのチップ セレクト信号により、2 つの外部フラッシュ デバイスに接続可能
- フラッシュ データ転送を行うために、メモリ マップドの「直接モード」と、ソフトウェア トリガによる「間接モード」の動作をサポート

6.12.1.1 QSPI のタイミング条件

パラメータ		最小値	標準値	最大値	単位
入力条件					
t_R	入力立ち上がり時間	1		3	ns
t_F	入力立ち下がり時間	1		3	ns
出力条件					
C_{LOAD}	出力負荷容量	5		15	pF

6.12.1.2 QSPI のタイミング要件 (1) (2)

仕様番号	パラメータ		最小値	標準値	最大値	単位
Q12	$t_{su(D-SCLK)}$	セットアップ時間、SCLK の立ち下がりエッジの前に D[3:0] が有効である必要がある時間 (Q12)	5			ns
Q13	$t_{h(SCLK-D)}$	ホールド時間:SCLK の立ち下がりエッジ (Q13) の後に D[3:0] が有効である必要がある時間	1			ns
Q14	$t_{su(D-SCLK)}$	セットアップ時間、最後の D[3:0] ビット有効から最後の SCLK 立ち下がりエッジまで	5-P(3)			ns
Q15	$t_{h(SCLK-D)}$	ホールド時間、最後の SCLK 立ち下がりエッジから最後の D[3:0] ビット有効の間	1+P(3)			ns

(1) クロック モード 0 (クロック極性 = 0、クロック位相 = 0) が動作モードです。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

(2) 従来の立ち上がりクロック エッジとは対照的に、本デバイスはクロック モード 0 の立ち下がりクロック エッジでデータを取り込みます。標準ではありませんが、立ち下がりエッジ基準のセットアップ時間およびホールド時間のタイミングは、クロック モード 0 においてデータを立ち下がりエッジで出力する標準的な SPI デバイスとの互換性があるように設計されています。
(3) P = SCLK 周期 (ns 単位)。

6.12.1.3 QSPI のスイッチング特性 (1) (2)

仕様番号	パラメータ		最小値	標準値	最大値	単位
Q1	$t_{c(SCLK)}$	サイクル時間、sclk	12.5			ns
Q2	$t_{w(SCLKL)}$	パルス幅、sclk Low	0.5*P – 0.625			ns
Q3	$t_{w(SCLKH)}$	パルス幅、sclk High	0.5*P – 0.625			ns
Q4	$t_{d(CS-SCLK)}$	遅延時間、sclk 立ち下がりエッジから cs アクティブ エッジまで	–M*P – 1		–M*P + 2.5	ns
Q5	$t_{d(SCLK-CS)}$	遅延時間、sclk 立ち下がりエッジから cs 非アクティブ エッジまで	N*P – 1		N*P + 2.5	ns
Q6	$t_{d(SCLK-D1)}$	遅延時間、sclk 立ち下がりエッジから d[0] 遷移まで	-4.5		2	ns
Q7	$t_{ena(CS-D1LZ)}$	イネーブル時間、cs アクティブ エッジから d[0] 駆動 (ロー インピーダンス) まで	–P – 4		–P +1	ns
Q8	$t_{dis(CS-D1Z)}$	ディセーブル時間、cs アクティブ エッジから d[0] トライ ステート (ハイ インピーダンス) まで	–P – 4		–P +1	ns
Q9	$t_{d(SCLK-D1)}$	遅延時間、最初の sclk 立ち下がりエッジから最初の d[1] 遷移まで (PHA = 0 の場合のみ)	–4.5– P		2 – P	ns

(1) P = SCLK 周期 (ns 単位)。
(2) M = QSPI_SPI_DC_REG.DDx + 1、N = 2

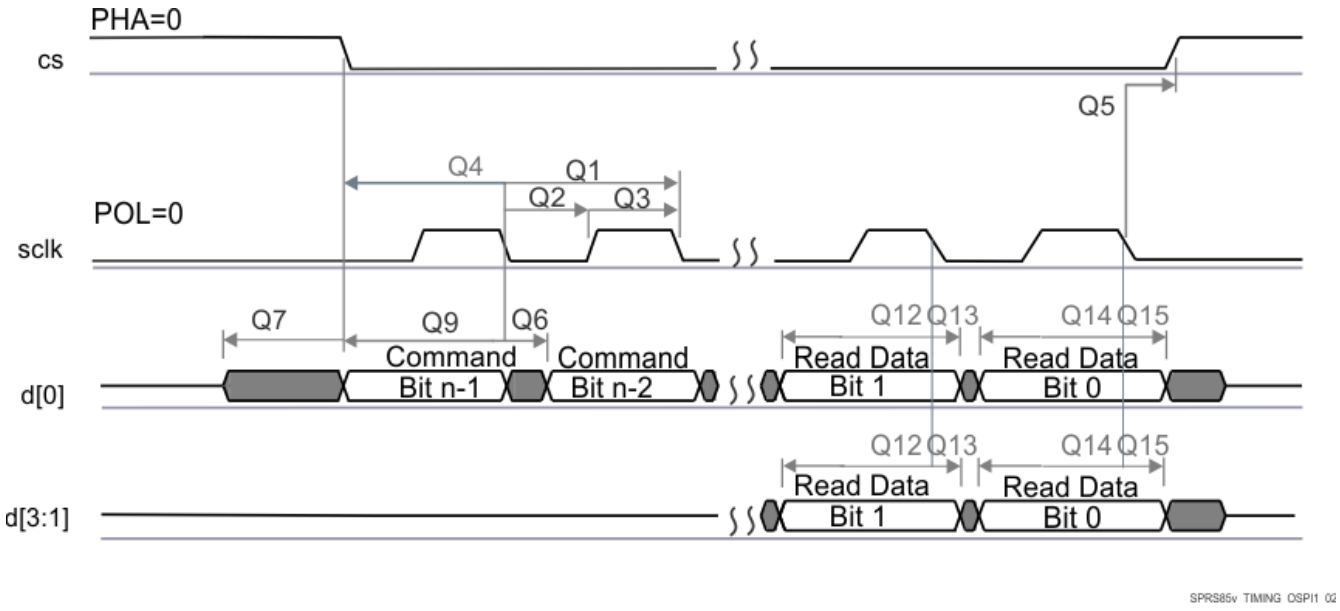


図 6-4. QSPI 読み出し (クロック モード 0)

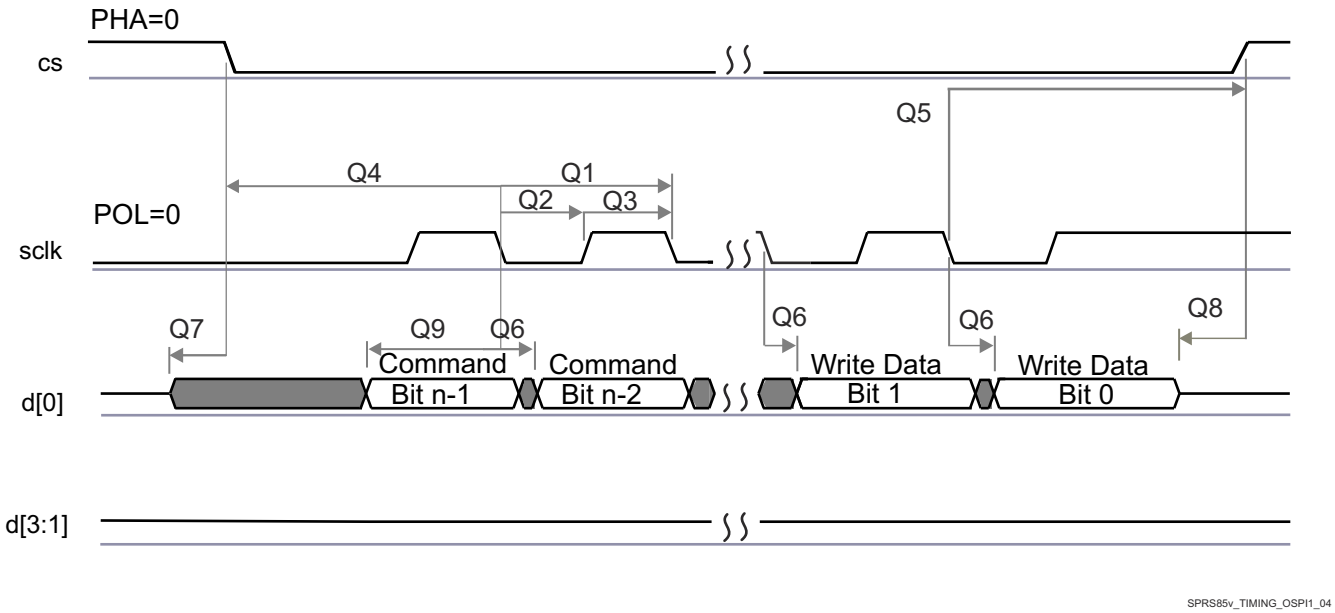


図 6-5. QSPI 書き込み (クロック モード 0)

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.12.2 マルチバッファ付き / 標準シリアル ペリフェラル インターフェイス (MibSPI)

6.12.2.1 MibSPI ペリフェラルの説明

MibSPI/SPI は高速な同期シリアル入出力ポートであり、プログラムされたビット転送速度で、プログラムされた長さ (2～16 ビット) のシリアル ビット ストリームをデバイスにシフトイン / シフトアウトできます。このデバイスには、メイン サブシステム (MSS) 内に 2 つのマルチバッファ付きシリアル ペリフェラル インターフェイス (MIBSPI) が含まれています。これらは外部の MCU、PMIC、EEPROM、およびウォッチドッグ通信用です。

標準的なモジュールと MibSPI モジュールの主な機能は次の通りです。

- 16 ビット シフト レジスタ
- 受信バッファ レジスタ
- 8 ビット ボー クロック ジェネレータ
- SPICLK は、内部で生成される (コントローラ モード) か、外部クロック ソースから受信されます (ペリフェラル モード)
- 各 MIBSPI モジュールでサポートされる最大クロック レートは 40MHz です。
- 転送される各ワードは、固有のフォーマットを持つことができます。
- 通信で使用されていない SPI I/O は、デジタル入出力信号として使用できます。

6.12.2.2 MibSPI 送信および受信 RAM の構成

マルチバッファ RAM は 256 個のバッファで構成されています。マルチバッファ RAM の各エントリは、16 ビットの送信フィールド、16 ビットの受信フィールド、16 ビットの制御フィールド、16 ビットのステータス フィールドという、4 つの部分で構成されています。マルチバッファ RAM は、それぞれ異なるバッファ数の複数の転送グループに分割できます。

セクション 6.12.2.2.2 とセクション 6.12.2.2.3 は、セクション 6.12.2.2.1 に記載された動作条件を前提としています。

6.12.2.2.1 SPI のタイミング条件

		最小値	標準値	最大値	単位
入力条件					
t_R	入力立ち上がり時間	1		3	ns
t_F	入力立ち下がり時間	1		3	ns
出力条件					
C_{LOAD}	出力負荷容量	2		20	pF

6.12.2.2.2 SPI コントローラ モードのスイッチング パラメータ (クロック位相 = 0、SPICLK = 出力、SPISIMO = 出力、SPISOMI = 入力) (1) (2) (3)

番号	パラメータ		最小値	標準値	最大値	単位
1	$t_{c(SPC)M}$	サイクル時間、SPICLK(4)	20		$256t_{c(VCLK)}$	ns
2(4)	$t_{w(SPCH)M}$	パルス幅、SPICLK high (クロック極性 = 0)	$0.5t_{c(SPC)M}$ - 2		$0.5t_{c(SPC)M}$ + 2	ns
	$t_{w(SPCL)M}$	パルス幅、SPICLK Low (クロック極性 = 1)	$0.5t_{c(SPC)M}$ - 2		$0.5t_{c(SPC)M}$ + 2	
3(4)	$t_{w(SPCL)M}$	パルス幅、SPICLK Low (クロック極性 = 0)	$0.5t_{c(SPC)M}$ - 2		$0.5t_{c(SPC)M}$ + 2	ns
	$t_{w(SPCH)M}$	パルス幅、SPICLK high (クロック極性 = 1)	$0.5t_{c(SPC)M}$ - 2		$0.5t_{c(SPC)M}$ + 2	
4(4)	$t_{d(SPCH-SIMO)M}$	遅延時間、SPISIMO 有効から SPICLK Low まで (クロック極性 = 0)	$0.5t_{c(SPC)M}$ - 7			ns
	$t_{d(SPCL-SIMO)M}$	遅延時間、SPISIMO 有効から SPICLK High まで (クロック極性 = 1)	$0.5t_{c(SPC)M}$ - 7			
5(4)	$t_{v(SPCL-SIMO)M}$	有効時間、SPICLK Low から SPISIMO データ有効の間 (クロック極性 = 0)	$0.5t_{c(SPC)M}$ - 8			ns
	$t_{v(SPCH-SIMO)M}$	有効時間、SPICLK High から SPISIMO データ有効の間 (クロック極性 = 1)	$0.5t_{c(SPC)M}$ - 8			

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

番号	パラメータ			最小値	標準値	最大値	単位
6[5]	$t_{C2TDELAY}$	セットアップ時間、CS アクティブから SPICLK High まで (クロック極性 = 0)	CSHOLD = 0	(C2TDELAY+2)*$t_{c(VCLK)}$ – 7.5		(C2TDELAY+2) * $t_{c(VCLK)}$ + 7	ns
			CSHOLD = 1	(C2TDELAY +3) * $t_{c(VCLK)}$ – 7.5		(C2TDELAY+3) * $t_{c(VCLK)}$ + 7	
		セットアップ時間、CS アクティブから SPICLK Low まで (クロック極性 = 1)	CSHOLD = 0	(C2TDELAY+2)*$t_{c(VCLK)}$ – 7.5		(C2TDELAY+2) * $t_{c(VCLK)}$ + 7	
			CSHOLD = 1	(C2TDELAY +3) * $t_{c(VCLK)}$ – 7.5		(C2TDELAY+3) * $t_{c(VCLK)}$ + 7	
7[5]	$t_{T2CDELAY}$	ホールド時間、SPICLK Low から CS 非アクティブまで (クロック極性 = 0)		0.5*$t_{c(SPC)M}$ + (T2CDELAY + 1) *$t_{c(VCLK)}$ – 7		0.5*$t_{c(SPC)M}$ + (T2CDELAY + 1) * $t_{c(VCLK)}$ + 7.5	ns
		ホールド時間、SPICLK High から CS 非アクティブまで (クロック極性 = 1)		0.5*$t_{c(SPC)M}$ + (T2CDELAY + 1) *$t_{c(VCLK)}$ – 7		0.5*$t_{c(SPC)M}$ + (T2CDELAY + 1) * $t_{c(VCLK)}$ + 7.5	
8[4]	$t_{su(SOMI-SPCL)M}$	セットアップ時間、SPISOMI から SPICLK Low まで (クロック極性 = 0)		5			ns
	$t_{su(SOMI-SPCH)M}$	セットアップ時間、SPISOMI から SPICLK High まで (クロック極性 = 1)		5			
9[4]	$t_{h(SPCL-SOMI)M}$	ホールド時間、SPICLK Low から SPISOMI データ有効の間 (クロック極性 = 0)		2			ns
	$t_{h(SPCH-SOMI)M}$	ホールド時間、SPICLK High から SPISOMI データ有効の間 (クロック極性 = 1)		2			

(1) コントローラ ビット (SPIGCRx.0) はセットされ、クロック位相ビット (SPIFMTx.16) はクリアされています (x = 0 または 1)。
(2) $t_{c(MSS_VCLK)}$ = メイン サブシステム クロック時間 = 1 / $f_{(MSS_VCLK)}$.詳細については、デバイスのテクニカル リファレンス マニュアルを参照してください。
(3) SPI がコントローラ モードの場合、次の条件を満たす必要があります。PS 値が 1～255 の場合 : $t_{c(SPC)M} \geq (PS + 1)t_{c(MSS_VCLK)} \geq 25ns$。ここで、PS は SPIFMTx.[15:8] レジスタ ビットで設定されたプリスケール値です。PS 値が 0 の場合 : $t_{c(SPC)M} = 2t_{c(MSS_VCLK)} \geq 25ns$。
(4) 基準となる SPICLK 信号のアクティブ エッジはクロック極性ビット (SPIFMTx.17) によって制御されます。
(5) C2TDELAY および T2CDELAY は、SPIDELAY レジスタでプログラムされます

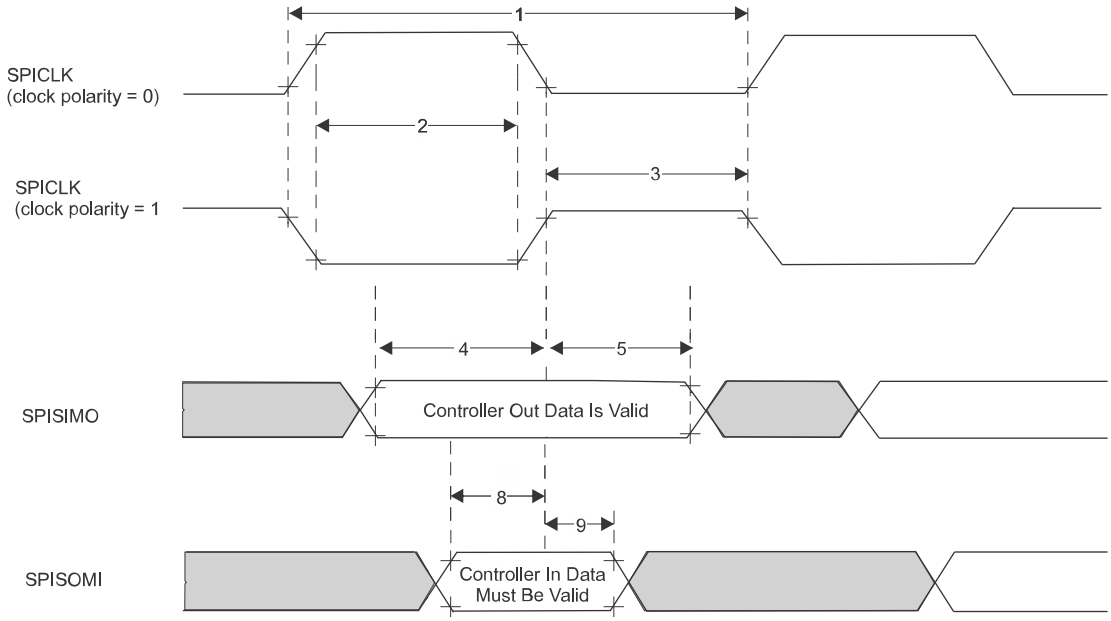


図 6-6. SPI コントローラ モードの外部タイミング (クロック位相 = 0)

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

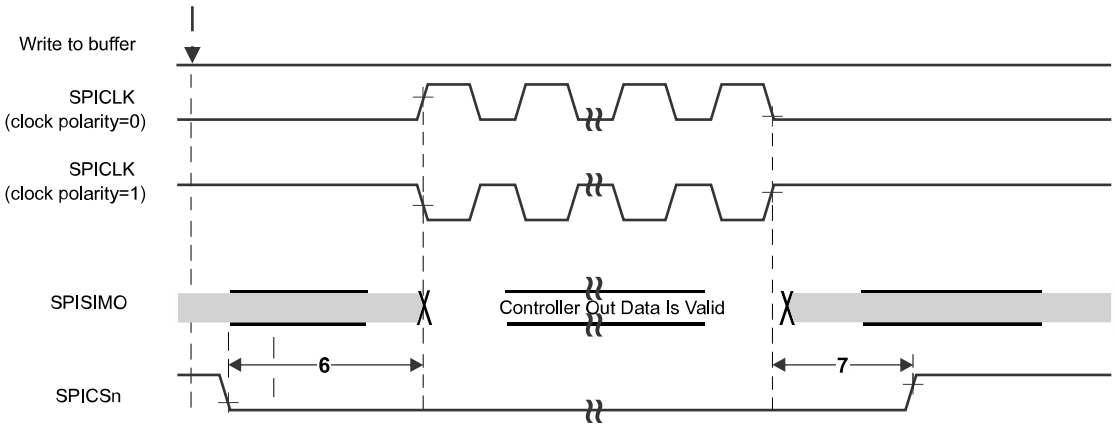


図 6-7. SPI コントローラ モードのチップ セレクト タイミング (クロック位相 = 0)

6.12.2.2.3 SPI コントローラ モードのスイッチング パラメータ (クロック位相 = 1、SPICLK = 出力、SPISIMO = 出力、SPISOMI = 入力) (1) (2) (3)

番号	パラメータ			最小値	標準値	最大値	単位
1	$t_{c(SPC)M}$	サイクル時間、SPICLK(4)		20		$256t_{c(VCLK)}$	ns
2(4)	$t_{w(SPCH)M}$	パルス幅、SPICLK high (クロック極性 = 0)		$0.5t_{c(SPC)M}$ - 2		$0.5t_{c(SPC)M}$ + 2	ns
	$t_{w(SPCL)M}$	パルス幅、SPICLK Low (クロック極性 = 1)		$0.5t_{c(SPC)M}$ - 2		$0.5t_{c(SPC)M}$ + 2	
3(4)	$t_{w(SPCL)M}$	パルス幅、SPICLK Low (クロック極性 = 0)		$0.5t_{c(SPC)M}$ - 2		$0.5t_{c(SPC)M}$ + 2	ns
	$t_{w(SPCH)M}$	パルス幅、SPICLK high (クロック極性 = 1)		$0.5t_{c(SPC)M}$ - 2		$0.5t_{c(SPC)M}$ + 2	
4(4)	$t_{d(SPCH-SIMO)M}$	遅延時間、SPISIMO 有効から SPICLK Low まで (クロック極性 = 0)		$0.5t_{c(SPC)M}$ - 7			ns
	$t_{d(SPCL-SIMO)M}$	遅延時間、SPISIMO 有効から SPICLK High まで (クロック極性 = 1)		$0.5t_{c(SPC)M}$ - 7			
5(4)	$t_{v(SPCL-SIMO)M}$	有効時間、SPICLK Low から SPISIMO データ有効の間 (クロック極性 = 0)		$0.5t_{c(SPC)M}$ - 8			ns
	$t_{v(SPCH-SIMO)M}$	有効時間、SPICLK High から SPISIMO データ有効の間 (クロック極性 = 1)		$0.5t_{c(SPC)M}$ - 8			
6(5)	$t_{C2TDELAY}$	セットアップ時間、CS アクティブから SPICLK High まで (クロック極性 = 0)	CSHOLD = 0	$0.5*t_{c(SPC)M}$ + (C2TDELAY + 2)*$t_{c(VCLK)}$ – 7		$0.5*t_{c(SPC)M}$ + (C2TDELAY+2) * $t_{c(VCLK)}$ + 7.5	ns
			CSHOLD = 1	$0.5*t_{c(SPC)M}$ + (C2TDELAY + 2)*$t_{c(VCLK)}$ – 7		$0.5*t_{c(SPC)M}$ + (C2TDELAY+2) * $t_{c(VCLK)}$ + 7.5	
		セットアップ時間、CS アクティブから SPICLK Low まで (クロック極性 = 1)	CSHOLD = 0	$0.5*t_{c(SPC)M}$ + (C2TDELAY+2)*$t_{c(VCLK)}$ – 7		$0.5*t_{c(SPC)M}$ + (C2TDELAY+2) * $t_{c(VCLK)}$ + 7.5	
			CSHOLD = 1	$0.5*t_{c(SPC)M}$ + (C2TDELAY+3)*$t_{c(VCLK)}$ – 7		$0.5*t_{c(SPC)M}$ + (C2TDELAY+3) * $t_{c(VCLK)}$ + 7.5	
7(5)	$t_{T2CDELAY}$	ホールド時間、SPICLK Low から CS 非アクティブまで (クロック極性 = 0)		(T2CDELAY + 1) *$t_{c(VCLK)}$ – 7.5		(T2CDELAY + 1) *$t_{c(VCLK)}$ + 7	ns
		ホールド時間、SPICLK High から CS 非アクティブまで (クロック極性 = 1)		(T2CDELAY + 1) *$t_{c(VCLK)}$ – 7.5		(T2CDELAY + 1) *$t_{c(VCLK)}$ + 7	
8(4)	$t_{su(SOMI-SPCL)M}$	セットアップ時間、SPISOMI から SPICLK Low まで (クロック極性 = 0)		5			ns
	$t_{su(SOMI-SPCH)M}$	セットアップ時間、SPISOMI から SPICLK High まで (クロック極性 = 1)		5			
9(4)	$t_{h(SPCL-SOMI)M}$	ホールド時間、SPICLK Low から SPISOMI データ有効の間 (クロック極性 = 0)		2			ns
	$t_{h(SPCH-SOMI)M}$	ホールド時間、SPICLK High から SPISOMI データ有効の間 (クロック極性 = 1)		2			

(1) コントローラ ビット (SPIGCRx.0) はセットされ、クロック位相ビット (SPIFMTx.16) はセットされています (x = 0 または 1)。
(2) $t_{c(MSS_VCLK)}$ = メイン サブシステム クロック時間 = 1 / $f_{(MSS_VCLK)}$.詳細については、デバイスのテクニカル リファレンス マニュアルを参照してください。
(3) SPI がコントローラ モードの場合、次の条件を満たす必要があります。PS 値が 1～255 の場合:$t_{c(SPC)M} \geq (PS + 1)t_{c(MSS_VCLK)} \geq 25ns$。ここで、PS は SPIFMTx.[15:8] レジスタ ビットで設定されたプリスケール値です。PS 値が 0 の場合:$t_{c(SPC)M} = 2t_{c(MSS_VCLK)} \geq 25ns$。
(4) 基準となる SPICLK 信号のアクティブ エッジはクロック極性ビット (SPIFMTx.17) によって制御されます。
(5) C2TDELAY および T2CDELAY は、SPIDELAY レジスタでプログラムされます

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

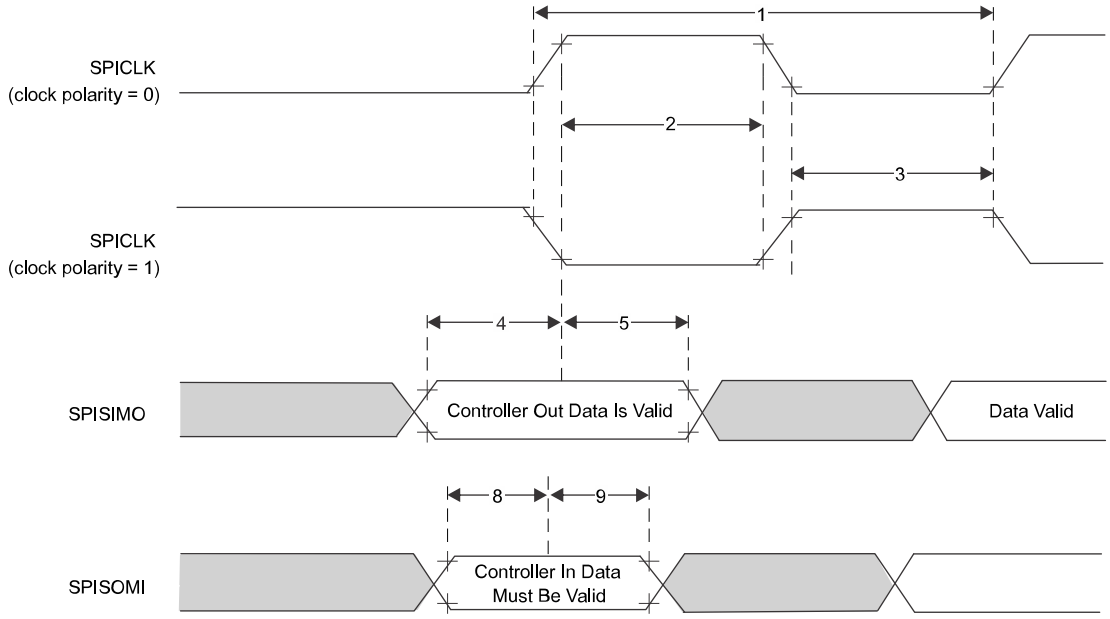


図 6-8. SPI コントローラ モードの外部タイミング (クロック位相 = 1)

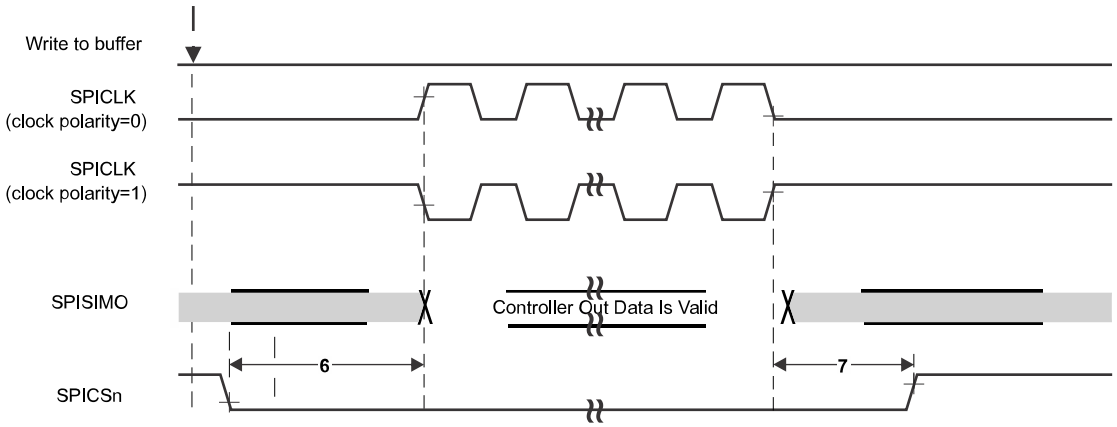


図 6-9. SPI コントローラ モードのチップ セレクト タイミング (クロック位相 = 1)

6.12.2.3 SPI ペリフェラル モードの I/O タイミング

6.12.2.3.1 SPI ペリフェラル モードのスイッチング パラメータ (SPICLK = 入力、SPISIMO = 入力、SPISOMI = 出力) (1) (2) (3)

仕様番号	パラメータ(5)		最小値	標準値	最大値	単位
1	$t_{c(SPC)S}$	サイクル時間、SPICLK (4)	20			ns
2	$t_{w(SPCH)S}$	パルス幅、SPICLK high (クロック極性 = 0)	8			ns
	$t_{w(SPCL)S}$	パルス幅、SPICLK Low (クロック極性 = 1)	8			
3	$t_{w(SPCL)S}$	パルス幅、SPICLK Low (クロック極性 = 0)	8			ns
	$t_{w(SPCH)S}$	パルス幅、SPICLK high (クロック極性 = 1)	8			
4	$t_{d(SPCH-SOMI)S}$	遅延時間、SPICLK High から SPISOMI 有効まで (クロック極性 = 0)			10	ns
	$t_{d(SPCL-SOMI)S}$	遅延時間、SPICLK Low から SPISOMI 有効まで (クロック極性 = 1)			10	
5	$t_{h(SPCH-SOMI)S}$	ホールド時間、SPICLK High から SPISOMI データ有効の間 (クロック極性 = 0)	2			ns
	$t_{h(SPCL-SOMI)S}$	ホールド時間、SPICLK Low から SPISOMI データ有効の間 (クロック極性 = 1)	2			
4	$t_{d(SPCH-SOMI)S}$	遅延時間、SPICLK High から SPISOMI 有効まで (クロック極性 = 0、クロック位相 = 0) または (クロック極性 = 1、クロック位相 = 1)			14	ns
	$t_{d(SPCL-SOMI)S}$	遅延時間、SPICLK Low から SPISOMI 有効まで (クロック極性 = 0、クロック位相 = 0) または (クロック極性 = 0、クロック位相 = 1)			14	
5	$t_{h(SPCH-SOMI)S}$	ホールド時間、SPICLK High から SPISOMI データ有効の間 (クロック極性 = 0、クロック位相 = 0) または (クロック極性 = 1、クロック位相 = 1)	2			ns
	$t_{h(SPCL-SOMI)S}$	ホールド時間、SPICLK Low から SPISOMI データ有効の間 (クロック極性 = 1、クロック位相 = 0) または (クロック極性 = 0、クロック位相 = 1)	2			
6	$t_{su(SIMO-SPCL)S}$	セットアップ時間、SPISIMO から SPICLK Low まで (クロック極性 = 0、クロック位相 = 0) または (クロック極性 = 1、クロック位相 = 1)	2.1			ns
	$t_{su(SIMO-SPCH)S}$	セットアップ時間、SPISIMO から SPICLK High まで (クロック極性 = 1、クロック位相 = 0) または (クロック極性 = 0、クロック位相 = 1)	2.1			
7	$t_{h(SPCL-SIMO)S}$	ホールド時間、SPICLK Low から SPISIMO データ有効の間 (クロック極性 = 0、クロック位相 = 0) または (クロック極性 = 1、クロック位相 = 1)	1			ns
	$t_{h(SPCL-SIMO)S}$	ホールド時間、SPICLK High から SPISIMO データ有効の間 (クロック極性 = 1、クロック位相 = 0) または (クロック極性 = 0、クロック位相 = 1)	1			

(1) コントローラ ビット (SPIGCRx.0) がクリアされます (x = 0 または 1)。
(2) クロック位相ビット (SPIFMTx.16) は、クロック位相 = 0 またはクロック位相 = 1 の場合、それぞれクリアまたはセットされます。
(3) $t_{c(MSS_VCLK)}$ = メイン サブシステム クロック時間 = 1 / $f_{(MSS_VCLK)}$.詳細については、デバイスのテクニカル リファレンス マニュアルを参照してください。
(4) SPI がペリフェラル モードの場合、次の条件を満たす必要があります。PS 値が 1～255 の場合：$t_{c(SPC)S} \geq (PS + 1)t_{c(MSS_VCLK)} \geq 25ns$、ここでは、PS は SPIFMTx.[15:8] レジスタ ビットに設定されたプリスケール値です。PS 値が 0 の場合：$t_{c(SPC)S} = 2t_{c(MSS_VCLK)} \geq 25$ ns。
(5) 基準となる SPICLK 信号のアクティブ エッジはクロック極性ビット (SPIFMTx.17) によって制御されます。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

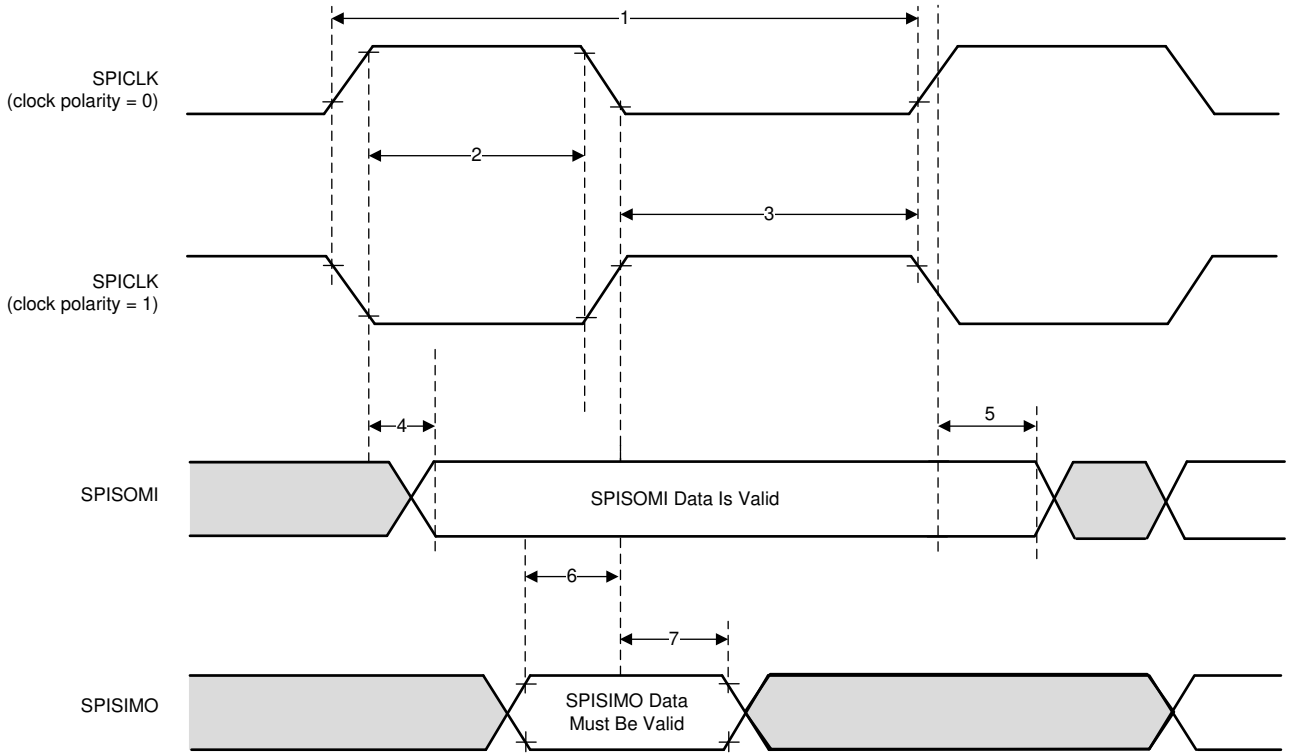


図 6-10. SPI ペリフェラル モードの外部タイミング (クロック位相 = 0)

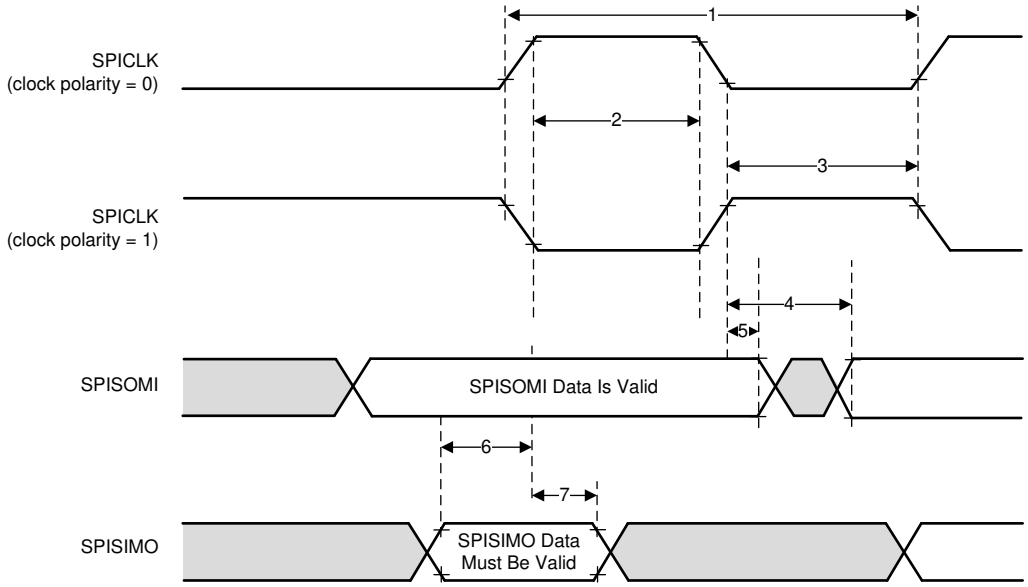


図 6-11. SPI ペリフェラル モードの外部タイミング (クロック位相 = 1)

6.12.3 イーサネット スイッチ (RGMII/RMII/MII) ペリフェラル

このデバイスは 2 ポート イーサネットを統合しており、1 つは外部 RGMII/RMII/MII ポート、もう 1 つはメイン サブシステム (MSS) に接続されます。このインターフェイスは主に 100Mbps の ECU インターフェイスとして動作することを目的としています。また、計測用インターフェイスとして使用することもできます。

- RGMII、RMII、MII パラレル インターフェイス経由のイーサネット PHY への全二重通信 10/100Mbps ワイヤ レート インターフェイス
- MDIO Clause 22 および 45 PHY 管理インターフェイス
- IEEE 1588 同期イーサネットのサポート
- AWR の同期トリガ出力により、イーサネットを介してレーダー フレームのトリガが可能

6.12.3.1 RGMII のタイミング条件

仕様番号	パラメータ	最小値	標準値	最大値	単位
	入力条件				
1	SR_I 入力スルーレート	2.64		5	V/ns
	出力条件				
3	C_{LOAD} 出力負荷容量	2		20	pF

6.12.3.2 RGMII 送信クロックのスイッチング特性

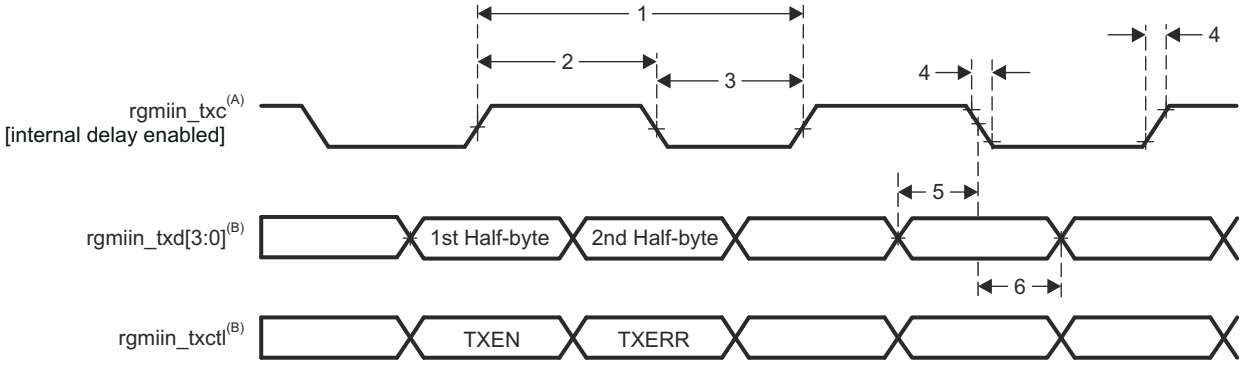
番号	パラメータ	説明	SPEED	最小値	最大値	単位
1	$t_{c(TXC)}$	サイクル タイム、rgmiin_txc	10Mbps	360	440	ns
			100Mbps	36	44	ns
2	$t_{w(TXCH)}$	パルス幅、rgmiin_txc High	10Mbps	160	240	ns
			100Mbps	16	24	ns
3	$t_{w(TXCL)}$	パルス幅、rgmiin_txc Low	10Mbps	160	240	ns
			100Mbps	16	24	ns
4	$t_{t(TXC)}$	遷移時間、rgmiin_txc	10Mbps		0.75	ns
			100Mbps		0.75	ns

6.12.3.3 RGMII の送信データおよび制御のスイッチング特性

NO.(1)	パラメータ	説明	モード	最小値	最大値	単位
5	$t_{osu(TXD-TXC)}$	出力セットアップ時間：送信信号が有効になってから、MSS_RGMII_TCLK の立ち上がり/立ち下がりエッジまでの時間	RGMII、内部遅延有効化、10/100 Mbps	1.2		ns
6	$t_{oh(TXC-TXD)}$	出力ホールド時間：MSS_RGMII_TCLK の立ち上がり/立ち下がりの後も、送信される選択信号が有効であり続ける時間	RGMII、内部遅延有効化、10/100 Mbps	1.2		ns

(1) RGMII の場合、選択した信号の送信には以下が含まれます：MSS_RGMII_TXD[3:0] および MSS_RGMII_TCTL。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated



A. TXC は内部で遅延されてから、rgmiin_txc ピンを駆動します。この内部遅延は常にイネーブルになっています。

B. データおよび制御情報は、クロックの両エッジを使用して送信されます。rgmiin_txd[3:0] は、rgmiin_txc の立ち上がりエッジでデータ ビット 3～0 を、立ち下がりエッジでビット 7～4 を伝送します。同様に、rgmiin_txctl は、rgmiin_txc の立ち上がりエッジで TXEN を、立ち下がりエッジで TXERR を伝送します。

図 6-12. RGMII 送信インターフェイスのスイッチング特性

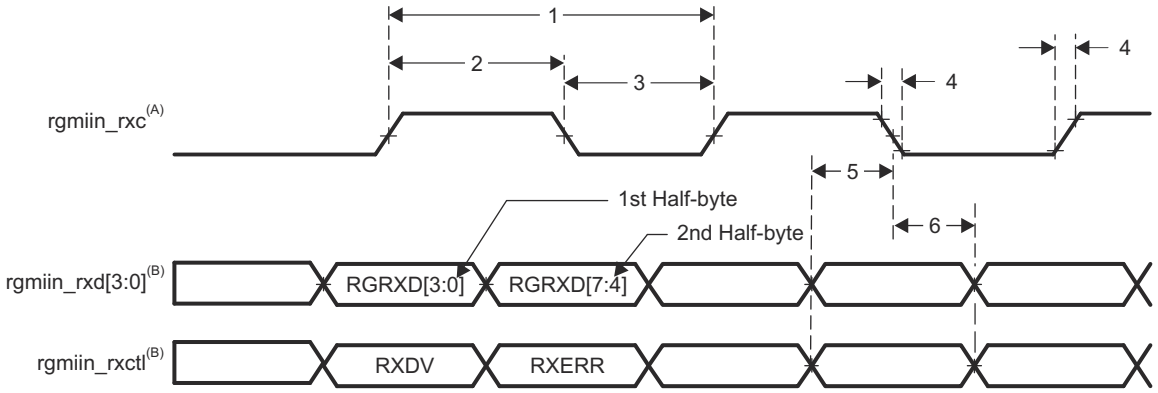
6.12.3.4 RGMII 受信クロックのタイミング要件

番号	パラメータ	説明	SPEED	最小値	最大値	単位
1	$t_{c(RXC)}$	サイクル タイム、rgmiin_rxc	10Mbps	360	440	ns
			100Mbps	36	44	ns
2	$t_{w(RXCH)}$	パルス幅、rgmiin_rxc High	10Mbps	160	240	ns
			100Mbps	16	24	ns
3	$t_{w(RXCL)}$	パルス幅、rgmiin_rxc Low	10Mbps	160	240	ns
			100Mbps	16	24	ns
4	$t_{t(RXC)}$	遷移時間、rgmiin_rxc	10Mbps		0.75	ns
			100Mbps		0.75	ns

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.12.3.5 RGMII 受信データおよび制御のタイミング要件

番号	パラメータ	説明	最小値	最大値	単位
5	$t_{su(RXD-RXCH)}$	セットアップ時間: MSS_RGMII_RCLK の High/Low の遷移前に、選択された信号が有効である必要がある時間	1		ns
6	$t_{h(RXCH-RXD)}$	ホールド時間: MSS_RGMII_RCLK の High/Low の遷移後に、選択された信号が有効であり続ける必要がある時間	1		ns



A. rgmiin_rxc は、データ ピンおよび制御ピンに対して、外部で遅延させる必要があります。

B. データおよび制御情報は、クロックの両方のエッジを使用して受信されます。MSS_RGMII_RXD[3:0] は、rgmiin_rxc の立ち上がりエッジでデータ ビット 3～0 を、立ち下がりエッジでデータ ビット 7～4 を伝送します。同様に、rgmiin_rxctl は rgmiin_rxc の立ち上がりエッジで RXDV を、立ち下がりエッジで RXERR を伝送します。

図 6-13. MAC 受信インターフェイスのタイミング、RGMIIn 動作

6.12.3.6 RMII 送信クロックのスイッチング特性

番号	パラメータ	説明	最小値	最大値	単位
RMII7	$t_{c(REF_CLK)}$	サイクル時間、REF_CLK	20		ns
RMII8	$t_{w(REF_CLKH)}$	パルス幅、REF_CLK High	7	13	ns
RMII9	$t_{w(REF_CLKL)}$	パルス幅、REF_CLK Low	7	13	ns
RMII10	$t_{t(REF_CLK)}$	遷移時間、REF_CLK		3	ns

6.12.3.7 RMII の送信データおよび制御のスイッチング特性

番号	パラメータ	説明	最小値	最大値	単位
RMII11	$t_{d(REF_CLK-TXD)}$ $t_{dd(REF_CLK-TXEN)}$	選択された送信信号が有効になるまでの REF_CLK High からの遅延時間	2	14.2	ns

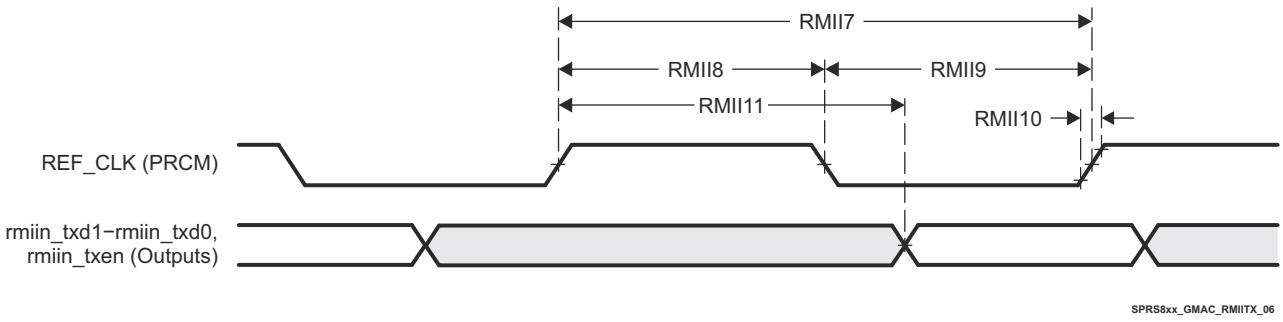


図 6-14. MAC 送信インターフェイスのタイミング、RMIIn 動作

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.12.3.8 RMII 受信クロックのタイミング要件

番号	パラメータ	説明	最小値	最大値	単位
RMII1	$t_{c(REF_CLK)}$	サイクル時間、REF_CLK	20		ns
RMII2	$t_{w(REF_CLKH)}$	パルス幅、REF_CLK High	7	13	ns
RMII3	$t_{w(REF_CLKL)}$	パルス幅、REF_CLK Low	7	13	ns
RMII4	$t_{tt(REF_CLK)}$	遷移時間、REF_CLK		3	ns

6.12.3.9 RMII 受信データおよび制御のタイミング要件

番号	パラメータ	説明	最小値	最大値	単位
RMII5	$t_{su(RXD-REF_CLK)}$	セットアップ時間、受信される選択信号が REF_CLK の前に有効である必要がある時間	4		ns
	$t_{su(CRS_DV-REF_CLK)}$				
	$t_{su(RX_ER-REF_CLK)}$				
RMII6	$t_{h(REF_CLK-RXD)}$	ホールド時間、受信される選択信号が REF_CLK の後に有効であり続ける必要がある時間	2		ns
	$t_{h(REF_CLK-CRS_DV)}$				
	$t_{h(REF_CLK-RX_ER)}$				

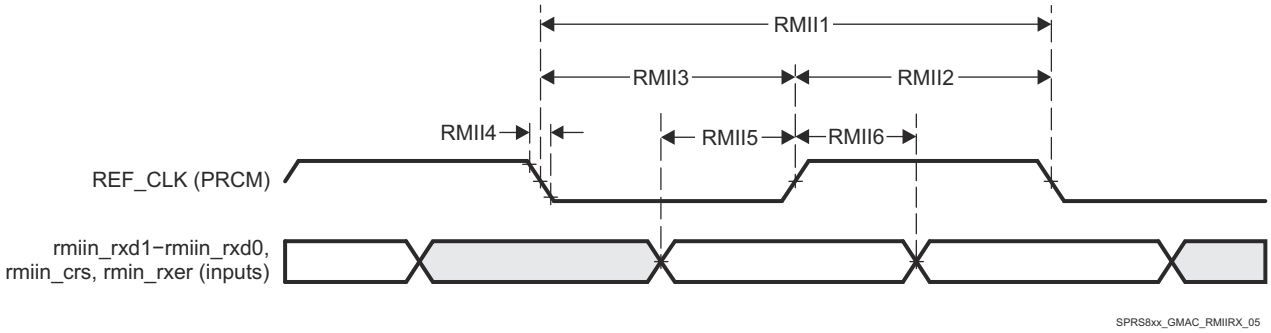


図 6-15. MAC 受信インターフェイスのタイミング、RMIIn 動作

6.12.3.10 MII 送信のスイッチング特性

番号	パラメータ	説明	最小値	最大値	単位
1	$t_{d(TX_CLK-TXD)}$	遅延時間、miin_txclk から送信される選択信号が有効になるまでの時間	0	25	ns
	$t_{d(TX_CLK-TX_EN)}$				
	$t_{d(TX_CLK-TX_ER)}$				

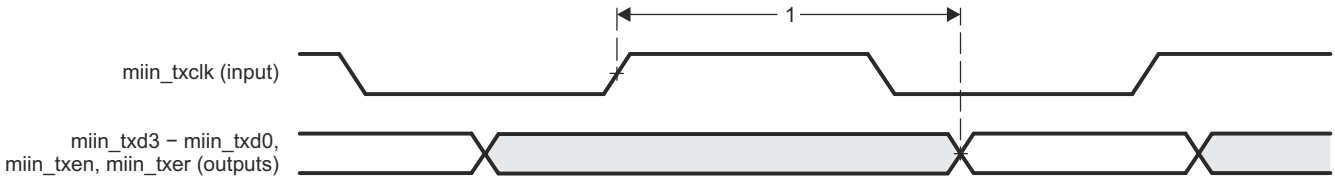


図 6-16. MAC 送信インターフェイスのタイミング、MIIn 動作

6.12.3.11 MII 受信クロックのタイミング要件

番号	パラメータ	説明	SPEED	最小値	最大値	単位
1	$t_{c(RX_CLK)}$	サイクル タイム、miin_rxclk	10Mbps	400		ns
			100Mbps	40		ns

番号	パラメータ	説明	SPEED	最小値	最大値	単位
2	$t_{w(RX_CLKH)}$	パルス幅、miin_rxclk High	10Mbps	140	260	ns
			100Mbps	14	26	ns
3	$t_{w(RX_CLKL)}$	パルス幅、miin_rxclk Low	10Mbps	140	260	ns
			100Mbps	14	26	ns
4	$t_{t(RX_CLK)}$	遷移時間、miin_rxclk	10Mbps		3	ns
			100Mbps		3	ns

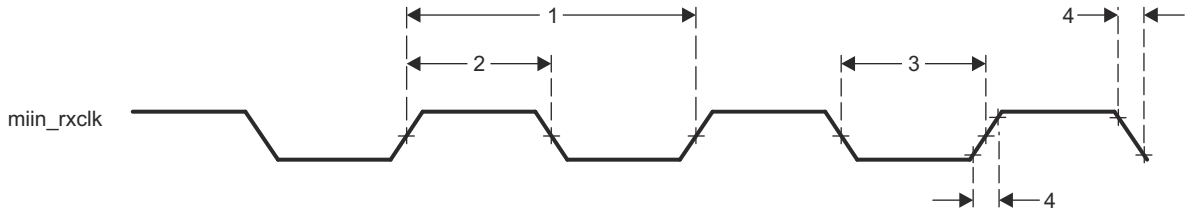


図 6-17. クロック タイミング (MAC 受信) - MIIn 動作

6.12.3.12 MII 受信のタイミング要件

番号	パラメータ	説明	最小値	最大値	単位
1	$t_{su(RXD-RX_CLK)}$	セットアップ時間、miin_rxclk の立ち上がり/立ち下がり前に、受信する選択信号が有効である必要がある時間	8		ns
	$t_{su(RX_DV-RX_CLK)}$				
	$t_{su(RX_ER-RX_CLK)}$				
2	$t_{h(RX_CLK-RXD)}$	ホールド時間、miin_rxclk から選択した信号の受信有効の間	8		ns
	$t_{h(RX_CLK-RX_DV)}$				
	$t_{h(RX_CLK-RX_ER)}$				

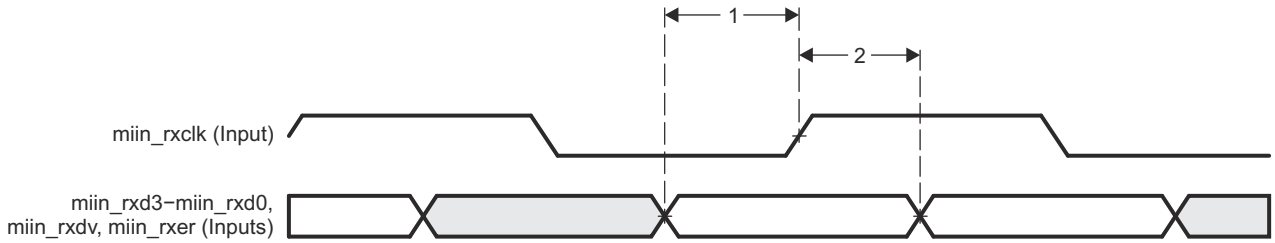


図 6-18. MAC 受信インターフェイスのタイミング、MIIn 動作

6.12.3.13 MII 送信クロックのタイミング要件

番号	パラメータ	説明	SPEED	最小値	最大値	単位
1	$t_{c(TX_CLK)}$	サイクル タイム、miin_txclk	10Mbps	400		ns
			100Mbps	40		ns
2	$t_{w(TX_CLKH)}$	パルス幅、miin_txclk High	10Mbps	140	260	ns
			100Mbps	14	26	ns
3	$t_{w(TX_CLKL)}$	パルス幅、miin_txclk Low	10Mbps	140	260	ns
			100Mbps	14	26	ns
4	$t_{t(TX_CLK)}$	遷移時間、miin_txclk	10Mbps		3	ns
			100Mbps		3	ns

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

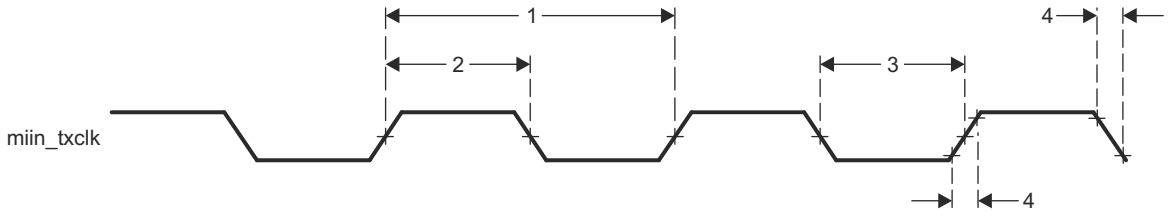


図 6-19. クロック タイミング (MAC 送信) — MIIn 動作

6.12.3.14 MDIO インターフェイスのタイミング

> **注意**
>
> このセクションに記載されている IO タイミングは、対応する仮想 IO タイミングまたは手動 IO タイミングが本セクション内の表に記載されたとおりに設定されている場合に限り、一部の MAC 使用モードにおいてのみ有効です。

表 6-7 表 6-8 および図 6-20 は、MDIO インターフェイスのスイッチング特性とタイミング要件を示します。

表 6-7. MDIO 入力のタイミング要件

なし	パラメータ	説明	最小値	最大値	単位
MDIO1	$t_{c(MDC)}$	サイクル時間、MDC	400		ns
MDIO2	$t_{w(MDCH)}$	パルス幅、MDC High	160		ns
MDIO3	$t_{w(MDCL)}$	パルス幅、MDC Low	160		ns
MDIO4	$t_{su(MDIO-MDC)}$	セットアップ時間、MDIO 有効から MDC High まで	90		ns
MDIO5	$t_{h(MDIO_MDC)}$	ホールド時間、MDC High から MDIO 有効まで	0		ns

表 6-8. MDIO 出力の推奨動作条件に対するスイッチング特性

なし	パラメータ	説明	最小値	最大値	単位
MDIO6	$t_{t(MDC)}$	遷移時間、MDC		5	ns
MDIO7	$t_{d(MDC-MDIO)}$	遅延時間、MDC LOW から MDIO 有効まで	10	(P * 0.5) - 10	ns

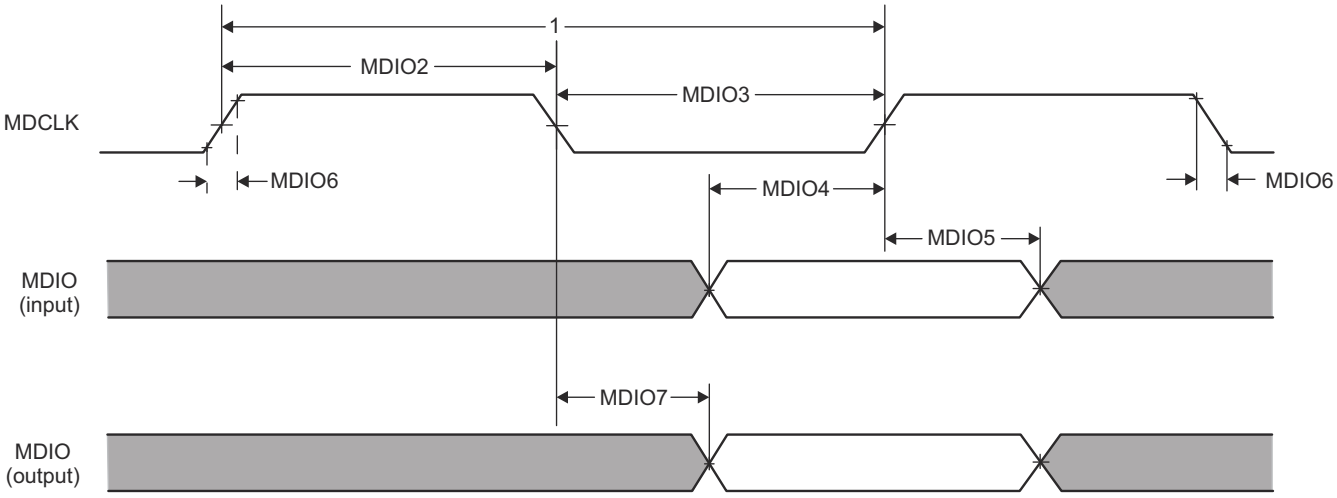


図 6-20. MAC MDIO の図

6.12.4 LVDS/Aurora 計測および測定ペリフェラル

このデバイスは、2 つの異なるモードで一連の LVDS インターフェイスをサポートしています。

- 従来の LVDS モード
- STM-TWP Aurora インターフェイス

LVDS IO は、上記の 2 つの測定インターフェイス オプションで共有されます。

以下の機能をサポートしています:

- 2 個のデータ レーンの LVDS インターフェイス (データ クロックおよびフレーム クロック用に追加の 2 レーンを含みます)
- 4 レーン STM-TWP-Aurora-LVDS インターフェイス モード。次のような特長があります:
  - 4/2/1 動作レーンを構成可能。
  - 送信データは、Aurora 8B/10B シリアル シンプレックス動作に準拠
  - 送信データは、Aurora 64B/66B シリアル シンプレックス動作に準拠

両方の LVDS インターフェイスのプログラミング オプションに関する情報については、デバイスの TRM を参照してください。

6.12.4.1 LVDS インターフェイスの構成

サポートされている LVDS レーン構成は、または 2 データ レーン (LVDS_TXP/M)、1 ビット クロック レーン (LVDS_TXxx_CLKP/M)、および 1 フレーム クロック レーン (LVDS_TXxx_FRCLKP/M) です。LVDS インターフェイスは、最大 900Mbps (450MHz DDR クロック) のプログラマブルなデータ レートをサポートしています。

ビット クロックは DDR 形式であるため、クロックのトグル回数はデータのビット数と同等になりますのでご注意ください。

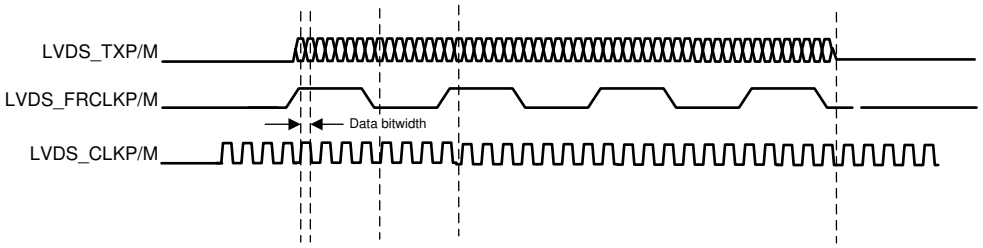


図 6-21. LVDS インターフェイスのレーン構成および相対タイミング

6.12.4.2 LVDS インターフェイスのタイミング

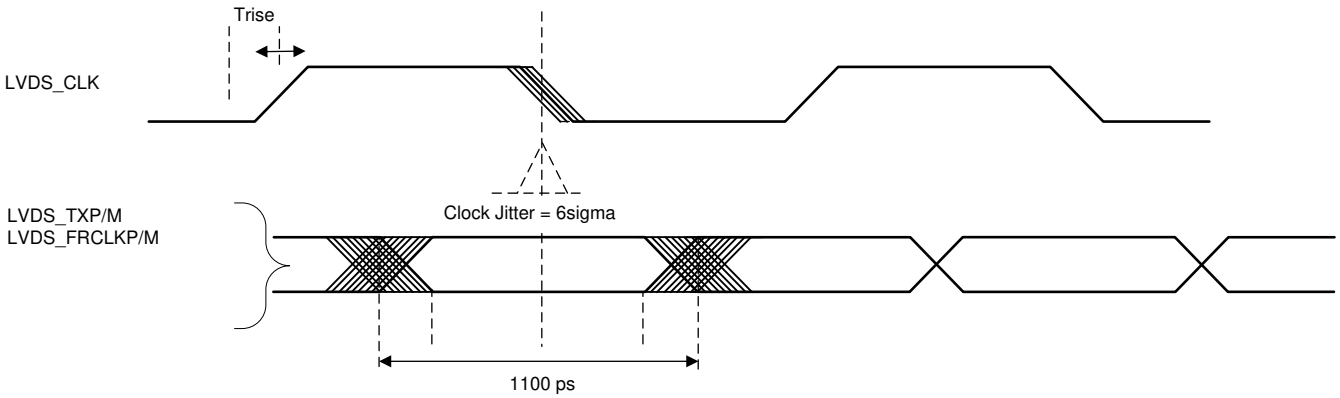


図 6-22. タイミング パラメータ

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 6-9. LVDS の電気的特性

パラメータ	テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
デューティ サイクル要件	LVDS レーン上で最大 1pF の集中容量性負荷	48%		52%	
出力差動電圧	差動ペア間に 100Ω の抵抗性負荷があるピーク ツー ピークのシングルエンド	250		450	mV
出力オフセット電圧		1125		1275	mV
Trise と Tfall	20%～80%、900Mbps		330		ps
ジッタ (pk-pk)	900Mbps		80		ps

6.12.5 UART ペリフェラル

このデバイスには、4 つの UART インターフェイスが搭載されています。1 系統の UART はセカンダリ ブートローダー ソースとして、1 系統は (XDS110 エミュレータを用いた) レジスタ デバッグ インターフェイスとして使用され、残りの 2 系統は汎用 UART 通信のサポートを目的としています。

- 各クロック周波数モードにおいて、サポートされる最大ボーレートは最低でも 1536K baud とする必要があります
- UART インターフェイスは、他の I/O と多重化されており、ペリフェラル機能の最大限の柔軟な利用を可能にしています

6.12.5.1 SCI のタイミング要件

		最小値	標準値	最大値	単位
f (ボー)	サポートされているボーレート (20pF)		921.6		kHz

6.12.6 I2C (Inter-Integrated Circuit Interface)

このデバイスは、コントローラ/ターゲット両対応の インターインテグレーテッド サーキット インターフェイスを 1 系統サポートしており、外部の PMIC や EEPROM デバイス (代替制御用 SPI) に接続することを想定しています。

I2C には次の特長があります。

- 標準/ファースト モードの I2C インターフェイスは、Philips の I2C バス仕様 v2.1 (Philips ドキュメント番号 9398 393 40011) に準拠しています
  - ビット / バイト形式の転送
  - 7 ビットおよび 10 ビットのデバイス アドレッシング モード
  - ゼネラル コール
  - START バイト
  - マルチコントローラ トランスミッタ / ターゲット レシーバ モード
  - マルチコントローラ レシーバ / ターゲット トランスミッタ モード
  - コントローラ送信 / 受信、受信 / 送信の組み合わせモード
  - 100kbps～最大 400kbps (Phillips ファースト モード) の転送レートをサポート
- フリー データ形式
- 2 つの DMA イベント (送信および受信)
- DMA イベントのイネーブル / ディセーブル機能
- モジュールのイネーブル / ディセーブル機能
- SDA と SCL を汎用 I/O として構成可能 (任意)
- 出力のスルーレート制御
- 出力のオープン ドレイン制御
- 入力のプログラマブル プルアップ / プルダウン機能
- NACK 無視モードをサポート

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

注

この I2C モジュールは次の機能をサポートしていません。

- High-Speed (HS) モード
- C バス互換モード
- 10 ビット アドレス モードの複合フォーマット (I2C がターゲット アドレスの第 1 バイトを送信するたびに、ターゲット アドレスの第 2 バイトを送信する)

6.12.6.1 I2C のタイミング要件 (1)

		スタンダード モード		ファスト モード		単位
		最小値	最大値	最小値	最大値	
$t_{c(SCL)}$	サイクル時間、SCL	10		2.5		µs
$t_{su(SCLH-SDAL)}$	セットアップ時間、SCL High から SDA Low まで (繰り返しスタート条件の場合)	4.7		0.6		µs
$t_{h(SCLL-SDAL)}$	ホールド時間、SDA Low から SCL Low の間 (スタートおよび繰り返しスタート条件の場合)	4		0.6		µs
$t_{w(SCLL)}$	パルス幅、SCL low	4.7		1.3		µs
$t_{w(SCLH)}$	パルス幅、SCL high	4		0.6		µs
$t_{su(SDA-SCLH)}$	セットアップ時間、SDA 有効から SCL High まで	250		100		µs
$t_{h(SCLL-SDA)}$ (1)	ホールド時間、SCL low から SDA 有効の間	0	3.45	0	0.9	µs
$t_{w(SDAH)}$	パルス幅、ストップ条件とスタート条件の間の SDA High の期間	4.7		1.3		µs
$t_{su(SCLH-SDAH)}$	セットアップ時間、SCL High から SDA High まで (ストップ条件の場合)	4		0.6		µs
$t_{w(SP)}$	パルス幅、スパイク (抑制が必要)			0	50	ns
C_b (2) (3)	各バス ラインの容量性負荷		400		400	pF

(1) I2C ピンの SDA および SCL は、フェイルセーフ I/O バッファを備えていません。これらのピンは、デバイスの電源がオフのときに電流を引き出す可能性があります。
(2) I2C バス デバイスの th(SDA-SCLL) の最大値を満たす必要があるのは、SCL 信号の Low 期間 (tw(SCLL)) を本デバイスがストレッチ (延長) しない場合に限られます。
(3) C_b = 1 本のバス ラインの合計容量 (pF 単位)。ファスト モード デバイスと混在する場合、より高速な立ち下がり時間が許容されます。

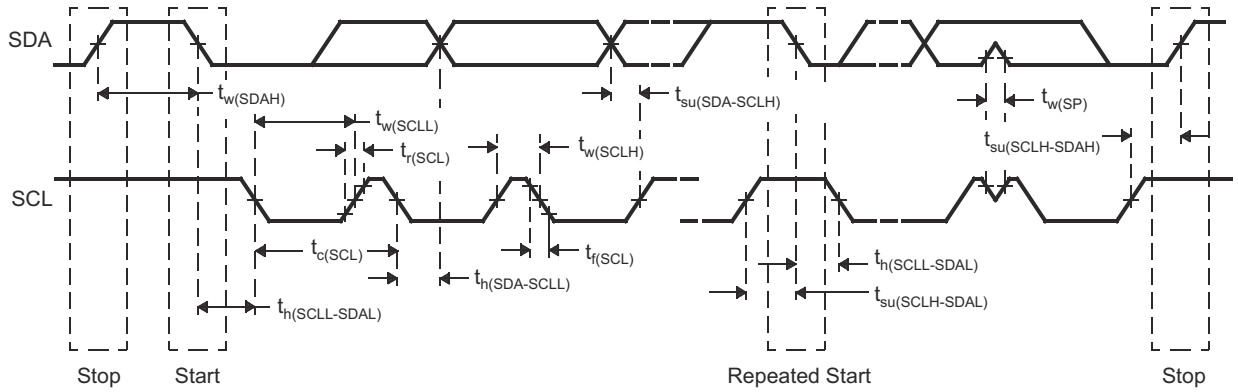


図 6-23. I2C タイミング図

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

注

- SCL 信号の立ち下がりエッジの未定義領域をブリッジするため、デバイスは SDA 信号のために (SCL 信号の VIHmin を基準として) 300ns 以上のホールド時間を内部的に確保する必要があります。
- th(SDA-SCLL) の最大値を満たす必要があるのは、SCL 信号の Low 期間 (tw(SCLL)) を本デバイスがストレッチ (延長) しない場合に限られます。ファースト モード I2C バス デバイスは、スタンダード モード I2C バス システムでも使えますが、その場合、$t_{su(SDA-SCLH)}$ ≧ 250ns の要件を満たす必要があります。本デバイスが SCL 信号の Low 期間をストレッチしない場合、これは自動的に当てはまります。そのようなデバイスが SCL 信号の Low 期間をストレッチする場合、次のデータ ビットを SDA ラインに tr max + $t_{su(SDA-SCLH)}$ の間出力する必要があります。

6.12.7 コントローラ エリア ネットワーク - フレキシブル データ レート (CAN-FD)

このデバイスには、2 つの CAN-FD インターフェイス、MSS_MCANA および MSS_MCANB が内蔵されています。これにより、一般的なユースケースである 1 つの CAN-FD インターフェイスを ECU のネットワーク インターフェイスとして使用し、もう 1 つのインターフェイスをローカル ネットワーク インターフェイスとして使用して近隣のセンサーとの通信を行うことができます。

- ISO 11898-7 規格に準拠して CAN-FD をサポートし、最大 8Mbps のデータレートに対応
- マルチプレックスされた GPIO を、CAN-FD の外部ドライバ制御に使用可能
- AWRx の同期トリガ出力によって、CAN-FD でレーダー フレームをトリガ

6.12.7.1 CAN-FD TX ピンおよび RX ピンの動的特性

パラメータ (1)		最小値	標準値	最大値	単位
$t_{d(MSS_CANA_TX)}$	遅延時間、送信シフト レジスタから MSS_CANA_TX ピンまでの遅延			15	ns
$t_{d(MSS_CANB_TX)}$	遅延時間、送信シフト レジスタの出力が MSS_CANB_TX ピンに反映されるまでの遅延時間			15	ns
$t_{d(MSS_MCANA_RX)}$	遅延時間、MSS_MCANA_RX ピンから受信シフト レジスタまでの遅延			10	ns
$t_{d(MSS_MCANB_RX)}$	MSS_MCANB_RX ピンで受信された信号が、受信シフト レジスタに到達するまでの遅延時間			10	ns

(1) これらの値には、出力バッファの立ち上がり / 立ち下がり時間は含まれていません。

6.12.8 CSI2 レシーバ ペリフェラル

このデバイスは、無線処理サブシステム内に 3 レーン構成の MIPI CSI2 D-PHY 受信ペリフェラルを 1 系統統合しています。CSI2 インターフェイスは主に、ハードウェア イン ザ ループ (HIL) インターフェイスとして機能し、開発用途において記録済みレーダー データの再生を可能にします。

- インターフェイスは、MIPI CSI-2 D-PHY 規格リビジョン 1.2 に準拠しています
- 3 レーン (データ レーン 2 本、クロック レーン 1 本) 構成の CSI2 受信インターフェイスを 1 系統搭載しており、各レーンが同時に 600Mbps で動作
- 2 レーンまたは 1 レーンの CSI2 構成
- 4 つの同時仮想チャネルとデータ型のサポート
- 8/10/12/14/16 ビットの RAW データ モードをサポートしており、RAW 10/12/14 モードでは、16 ビットメモリ アドレッシングに合わせて符号拡張またはゼロ パディングによる整列が可能
- ユーザー定義データ型のサポート

すべてのプログラマブル オプションの詳細な説明については、デバイスのテクニカル リファレンス マニュアルを参照してください。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.12.8.1 CSI2 のスイッチング特性

自由気流での動作温度範囲内 (特に記述のない限り)

パラメータ		最小値	標準値	最大値	単位
低消費電力レシーバ (LP-RX)					
V_{IL} (1)	ロジック 0 入力スレッショルド			550	mV
V_{IH} (2)	ロジック 1 入力スレッショルド	880			mV
V_{HYST}	入力ヒステリシス	25			mV
高速 レシーバ (HS-RX)					
V_{IDTH}	差動入力 High スレッショルド	70			mV
V_{IDTL}	差動入力 Low スレッショルド			-70	mV
V_{IDMAX}	最大差動入力電圧			270	mV
V_{ILHS}	シングルエンド入力 Low 電圧	-40			mV
V_{IHHS}	シングルエンド入力 High 電圧			460	mV
V_{CMRXDC}	同相電圧	70		330	mV
$\Delta_{VCMRX(HF)}$	450MHz を超える同相モード干渉			200	mVPP
$\Delta_{VCMRX(LF)}$	同相干渉 50MHz～450MHz	-50		50	mVPP
HS データクロックのタイミング仕様 (3) (5)					
UI_{INST}	データ/クロック ユニット間隔	1.11			ns
T_{SETUP}	データ - クロック セットアップ時間	166			ps
T_{HOLD}	クロックからデータまでのホールド時間	166			ps
T_{R}、T_{F} (4)	立ち上がり時間/ 立ち下がり時間	166		0.4*UI_{INST}	ps

(1) 入力 Low レベル電圧 VIL は、レシーバが入力信号の Low 状態を検出するために必要な電圧です。VIL は、HS 転送中の最大シングルエンド線電圧よりも高く設定されています。したがって、両方の LP レシーバは HS 信号伝送中に Low を検出します
(2) 入力高レベル電圧 (VIH) とは、受信側が入力信号を High と認識するために必要な電圧レベルです。
(3) 図の TSKEW は、レシーバー入力で許容できるクロックとデータ HS 信号間のスキューです。これはあくまで記述上のパラメータです。Rx のタイミングは、TSETUP/THOLD のみで規定されます。
(4) V_{IDTL} から V_{IDTH} までの立ち上がり/ 立ち下がり。
(5) セットアップ/ ホールド仕様は、レシーバ入力のデータ レーンとクロック レーンの両方で同じ同相時間と立ち上がり時間/ 立ち下がり時間を想定しています。T_{SETUP} および T_{HOLD} を測定する際は、クロック レーンとデータ レーンで V_{CMRXDC} および T_{R}、T_{F} を同一にする必要があります

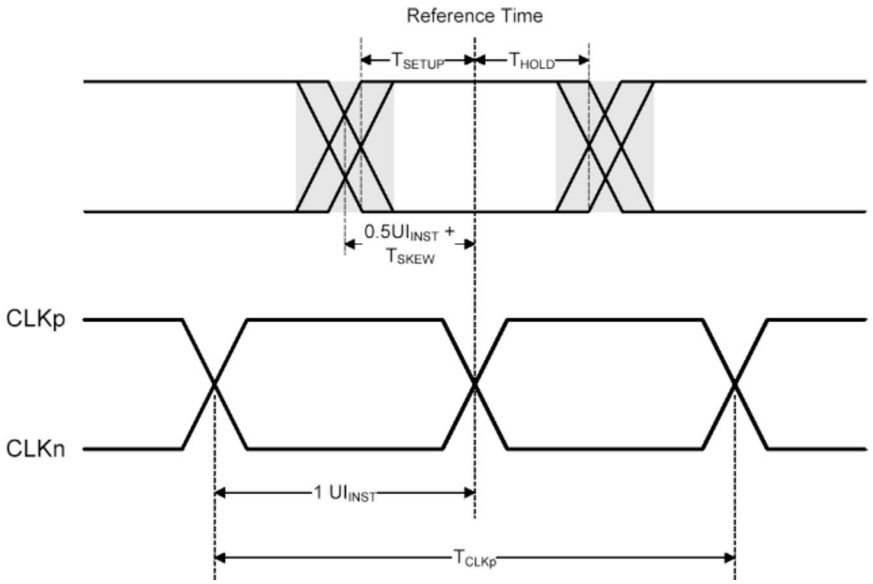


図 6-24. HS 送信におけるクロックとデータのタイミング

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.12.9 拡張パルス幅変調器 (ePWM)

このデバイスには、3 つの拡張型パルス幅変調(ePWM) モジュールが含まれています。これらのモジュールは、電源レギュレータや電源管理システム用のデューティ サイクル制御波形、またはモータ制御アプリケーション向けのより複雑な波形を生成するために使用できます。

このモジュールは以下の機能をサポートしています:

- 各 PWM モジュール向けの周期および周波数制御機能を備えた専用の 16 ビット時間ベース カウンタ
- 各モジュールには、2 つの PWM 出力 (EPWMxA および EPWMxB) が含まれており、以下の構成で使用できます:
  - シングル エッジ動作の 2 つの独立した PWM 出力
  - デュアル エッジ対称動作の 2 つの独立した PWM 出力
  - デュアル エッジ非対称動作の 1 つの独立した PWM 出力

6.12.10 汎用入出力 (General-Purpose Input/Output)

セクション 6.12.10.1 に、出力タイミングのスイッチング特性と負荷容量との関係を示します。

6.12.10.1 出力タイミングに対する負荷容量の変化によるスイッチング特性 (C_L) (1) (2)

パラメータ		テスト条件		VIOIN = 1.8V	VIOIN = 3.3V	単位
t_r	最大立ち上がり時間	スルー制御 = 0	C_L = 20pF	2.8	3.0	ns
			C_L = 50pF	6.4	6.9	
			C_L = 75pF	9.4	10.2	
t_f	最大立ち下がり時間		C_L = 20pF	2.8	2.8	ns
			C_L = 50pF	6.4	6.6	
			C_L = 75pF	9.4	9.8	
t_r	最大立ち上がり時間	スルー制御 = 1	C_L = 20pF	3.3	3.3	ns
			C_L = 50pF	6.7	7.2	
			C_L = 75pF	9.6	10.5	
t_f	最大立ち下がり時間		C_L = 20pF	3.1	3.1	ns
			C_L = 50pF	6.6	6.6	
			C_L = 75pF	9.6	9.6	

(1) PADxx_CFG_REG で設定されるスルー制御は、出力ドライバの挙動を変化させます (高速または低速の出力スルーレート)。
(2) 立ち上がり / 立ち下がり時間は、VIOIN 電圧の 10% と 90% の間を信号が遷移するのに要する時間として測定されます。

6.13 エミュレーションおよびデバッグ

6.13.1 エミュレーションおよびデバッグの説明

6.13.2 JTAG インターフェイス

JTAG インターフェイスは、プロセッサのデバッグおよびバウンダリ スキャン テストのために IEEE1149.1 標準インターフェイスを実装しています。

セクション 6.13.2.1 とセクション 6.13.2.2 は、図 6-25 に記載された動作条件を前提としています。

6.13.2.1 IEEE 1149.1 JTAG のタイミング要件

表 6-10. JTAG のタイミング条件

		最小値	標準値	最大値	単位
入力条件					
t_R	入力立ち上がり時間	1		3	ns
t_F	入力立ち下がり時間	1		3	ns
出力条件					
C_{LOAD}	出力負荷容量	2		15	pF

表 6-11. JTAG のタイミング要件

番号			最小値	標準値	最大値	単位
1	$t_{c(TCK)}$	サイクル時間 TCK	33.33			ns
1a	$t_{w(TCKH)}$	パルス幅、TCK High (tc の 40%)	13.33			ns
1b	$t_{w(TCKL)}$	パルス幅、TCK Low (tc の 40%)	13.33			ns
3	$t_{su(TDI-TCK)}$	入力セットアップ時間、TDI 有効から TCK High まで	2.5			ns
3	$t_{su(TMS-TCK)}$	入力セットアップ時間、TMS 有効から TCK High まで	2.5			ns
4	$t_{h(TCK-TDI)}$	入力ホールド時間、TCK High から TDI 有効の間	18			ns
4	$t_{h(TCK-TMS)}$	入力ホールド時間、TCK High から TMS 有効の間	18			ns

6.13.2.2 IEEE 1149.1 JTAG のスイッチング特性

番号	パラメータ		最小値	標準値	最大値	単位
2	$t_{d(TCKL-TDOV)}$	遅延時間、TCK LOW から TDO 有効まで	0		21	ns

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

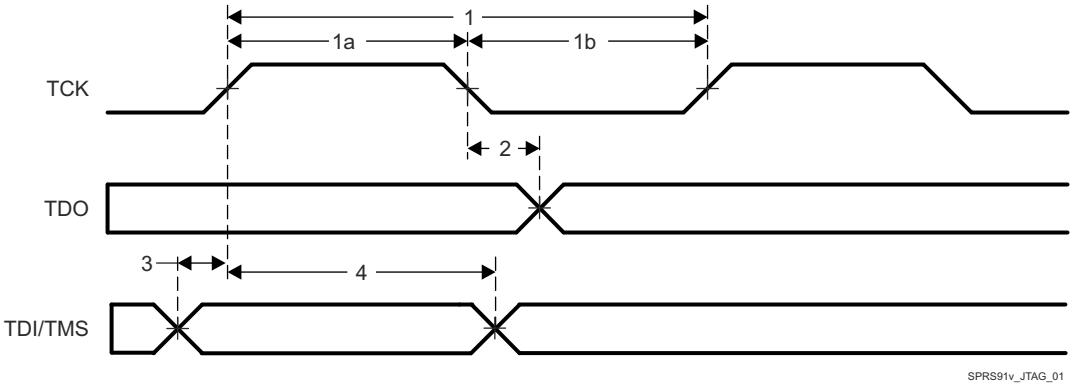


図 6-25. JTAG のタイミング

6.13.3 ETM トレース インターフェイス

ETM トレース インターフェイスは、互換性のあるエミュレータ ツールセットを介して、リアルタイムのプロセッサ デバッグ情報をホスト PC に出力する手段を提供します。

セクション 6.13.3.1 とセクション 6.13.3.2 は、図 6-26 および図 6-27 に示す動作条件を示しています。

6.13.3.1 ETM TRACE のタイミング要件

		最小値	標準値	最大値	単位
出力条件					
C_{LOAD}	出力負荷容量	2		20	pF

6.13.3.2 ETM TRACE のスイッチング特性

番号	パラメータ		最小値	標準値	最大値	単位
1	$t_{cyc(ETM)}$	サイクル時間、TRACECLK 周期	16			ns
2	$t_{h(ETM)}$	パルス幅、TRACECLK High	7			ns
3	$t_{l(ETM)}$	パルス幅、TRACECLK Low	7			ns
4	$t_{r(ETM)}$	クロック / データの立ち上がり時間			3.3	ns
5	$t_{f(ETM)}$	クロック / データの立ち下がり時間			3.3	ns
6	$t_{d(ETMTRACECLKH-ETMDATAV)}$	遅延時間、ETM トレース クロック High から ETM データ有効まで	1		14.5	ns
7	$t_{d(ETMTRACECLKl-ETMDATAV)}$	遅延時間、ETM トレース クロック Low から ETM データ有効まで	1		14.5	ns

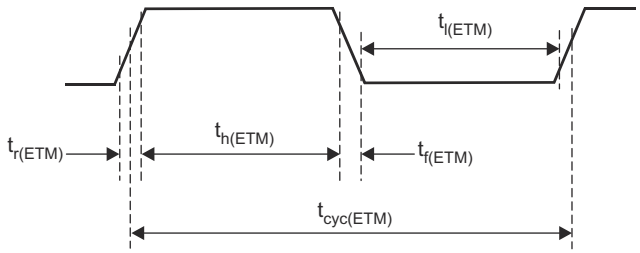


図 6-26. ETMTRACECLKOUT のタイミング

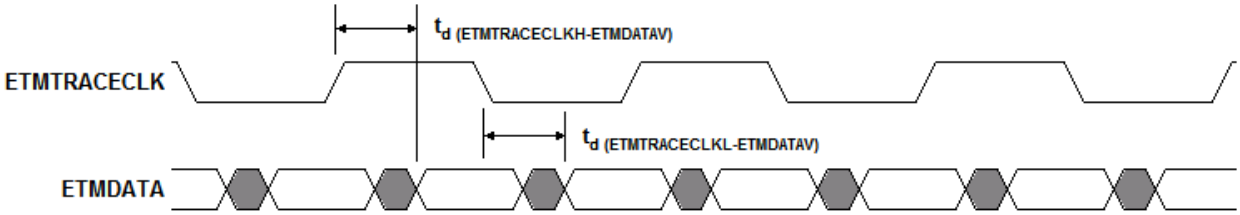


図 6-27. ETMDATA のタイミング

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

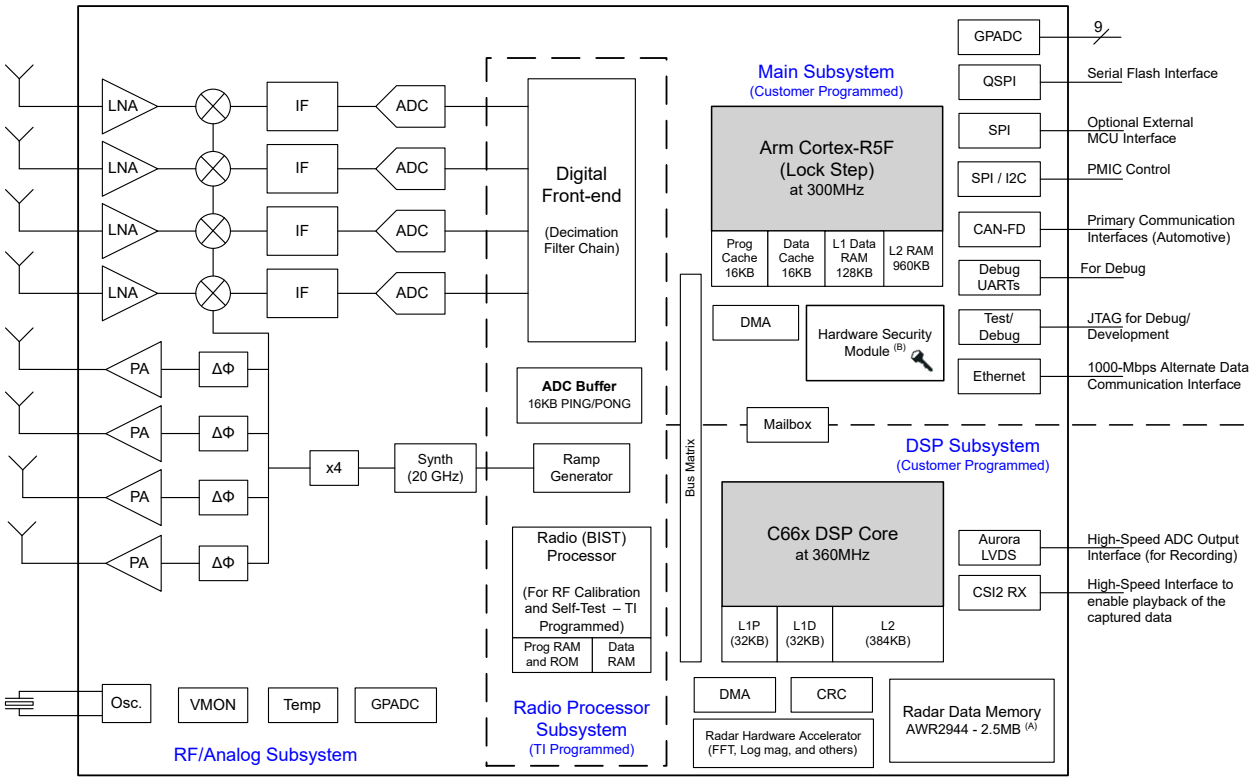
7 詳細説明

7.1 概要

AWR294x デバイスには、ミリ波ブロック全体と、3 個または 4 個のトランスミッタと 4 個のレシーバのためのアナログ ベースバンド シグナル チェーン、およびお客様がプログラム可能な MCU と DSP が含まれています。このデバイスは、メモリ、処理能力、アプリケーション コード サイズの要件が厳しくない使用事例において、オンチップレーダーとして使用できます。これらの使用事例には、24GHz 狭帯域実装から進化しつつあるコスト重視の車載用アプリケーションおよび新たに出現した超短距離レーダー アプリケーションが含まれます。

7.2 機能ブロック図

図 7-1 は、デバイスの機能ブロック図です。



A. アプリケーションの使用用途に応じて、構成可能なメモリはレーダー データ用メモリからメイン Cortex-R5F のプログラムおよびデータ RAM に切り替えることができます。

B. この機能は、セクション 3「製品情報」表の「デバイス タイプ」識別子で示されているように、一部の部品バリアントでのみ使用できます。

図 7-1. 機能ブロック図

7.3 サブシステム

7.3.1 RF およびアナログ サブシステム

RF / アナログ サブシステムには RF 回路とアナログ回路 (つまり、シンセサイザ、PA、LNA、ミキサ、IF、ADC) が含まれます。このサブシステムには水晶発振器と温度センサも含まれます。4 つの送信チャネルと受信チャネルはすべて、送信ビーム フォーミングの目的や必要に応じたデータの受信のために同時に動作させることができます。

7.3.1.1 RF クロック サブシステム

デバイスのクロック サブシステムは、40 MHz の基準水晶発振器から 76 ～ 81 GHz の周波数を生成します。内蔵の発振回路の後に、アナログ PLL と RF シンセサイザ回路が続いています。次に、RF シンセサイザの出力は x4 逓倍器で処理され、76～81GHz の範囲の必要な周波数を生成します。RF シンセサイザの出力は、タイミング エンジン ブロックによって変調され、効果的なセンサ動作に必要な波形を生成することができます。または、APLL から直接 1GHz の固定信号を入力することも可能です。

アナログ PLL は、システムのウェイクアップ後にホスト プロセッサ用のリファレンス クロックも提供します。

クロック サブシステムには、水晶振動子の存在を検出し、生成されたクロックの品質を監視するための機能も内蔵されています。

図 7-2 に、クロック サブシステムを示します。

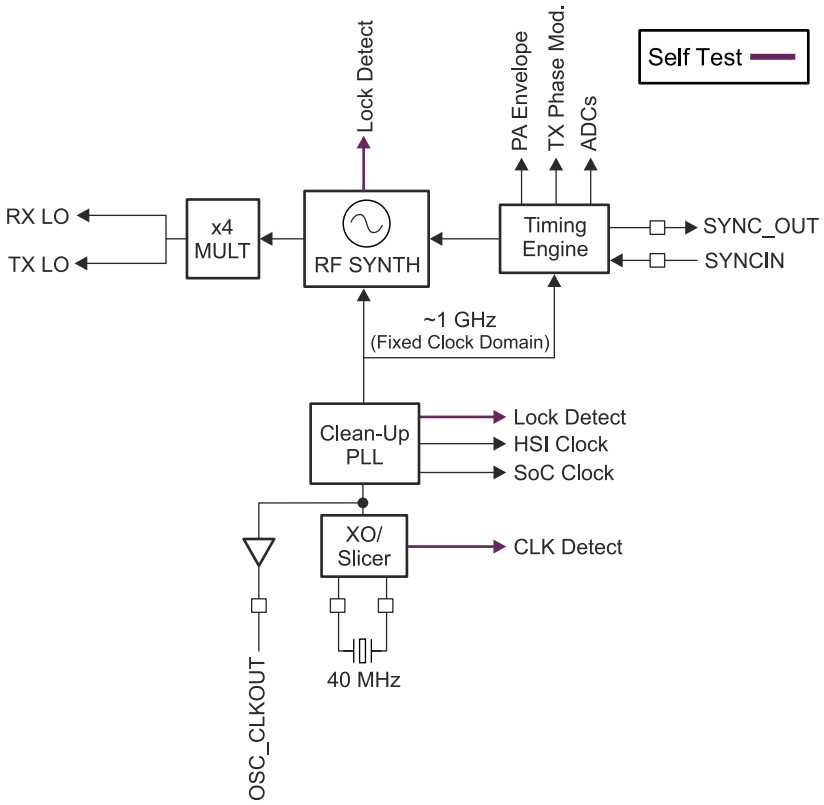


図 7-2. RF クロック サブシステム

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.3.1.2 送信サブシステム

このデバイスの送信サブシステムは、独立した位相および振幅制御を備えた 4 系統の並列送信チェーンで構成されています。4 つすべてのトランスミッタは、同時に使用することも、時分割方式で使用することもできます。次の図に示すように、このデバイスは、チャネルごとにチャープ単位でビーム フォーミング制御を行うために、バイナリ位相変調と 6 ビットのプログラマブル位相シフタをサポートしています。

各送信チェーンは、パッケージの BGA ボールで 13.5dBm の標準値を供給できます。送信チェーンは、システムを最適化するためのプログラム可能なバックオフもサポートしています。

図 7-3 に、送信サブシステムを示します。

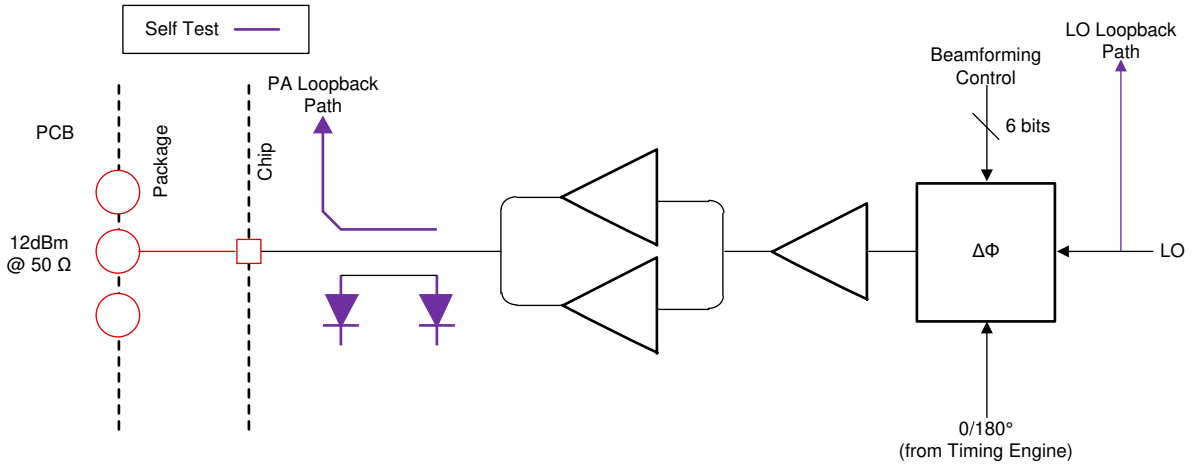


図 7-3. 送信サブシステム (チャネルごと)

7.3.1.3 受信サブシステム

このデバイスの受信サブシステムは、4 つの並列チャネルで構成されています。1 つの受信チャネルは LNA、ミキサ、IF フィルタ、ADC 変換、デシメーションで構成されています。4 つすべての受信チャネルを同時に動作させることができます。システムの最適化のために、各チャネルを個別に電源オフにするオプションも用意されています。

このデバイスは、受信専用のレシーバをサポートしています。バンドパス IF チェーンは、300kHz を超えるカットオフ周波数を設定可能で、最大 15MHz までの帯域幅に対応しています。

図 7-4 に、受信サブシステムを示します。

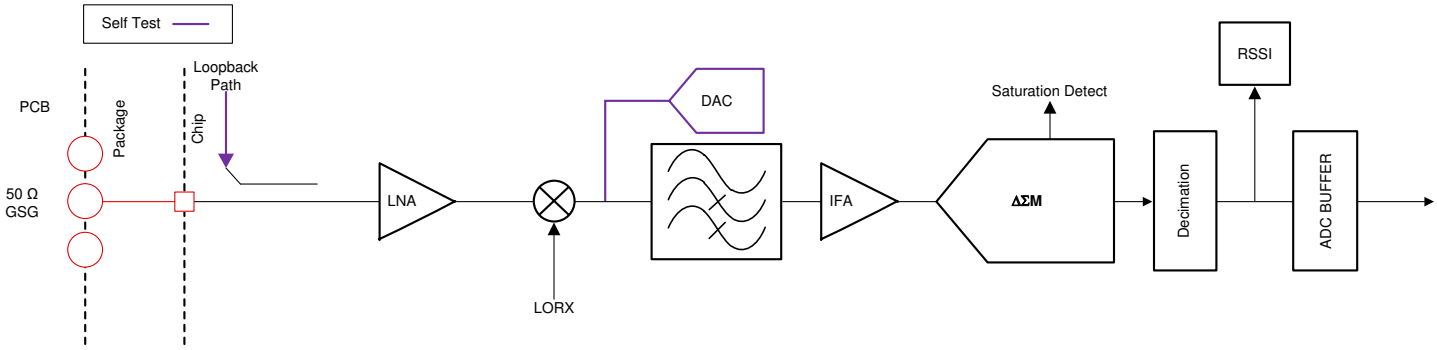


図 7-4. 受信サブシステム (チャネルごと)

7.3.2 プロセッサ サブシステム

図 7-5 は、デバイス内にあるお客様がプログラム可能なプロセッサ サブシステムのブロック図を示しています。概要としては、お客様がプログラム可能なサブシステムが 2 つあります。左側には DSP サブシステムが示されており、TI の高性能 C66x DSP、HWA 2.1、高帯域幅のインターコネクト (128 ビット、150MHz)、および関連するペリフェラル機能が含まれています。これらには、データ転送用の EDMA が 6 チャネル、測定データ出力用の Aurora および LVDS インターフェイス、L3 レーダー データ キューブ メモリ、ADC バッファ、CRC エンジン、データ ハンドシェイク用メモリ (インターコネクト上に追加メモリあり) が含まれます。

詳細については、TMS320C66x DSP CorePac ユーザー ガイドを参照してください

図の右側はメイン サブシステム (MSS) を示しています。その名の通り、メイン サブシステムはこのデバイスの主要なコントローラであり、すべてのペリフェラル機能とデバイスの管理処理を制御します。メイン サブシステムには、Cortex-R5F (MSS R5F) プロセッサが搭載されており、EDMA や CRC を含むペリフェラル機能および管理用コンポーネント、ならびに各種ペリフェラル (I^2C、UART、SPI、CAN-FD、EPWM など) が、ペリフェラル セントラルリソース (PCR インターコネクト) を介してメインのインターコネクトに接続されています。

無線処理サブシステムまたは BIST サブシステム (RSS) は、アナログ/RF モジュールの初期化とキャリブレーションを行います。RSS はアナログ/ RF 機能を定期的にモニタリングし、すべてのアナログ/ RF モジュールが規定された範囲内で動作するようにします。

汎用 ADC (GPADC)、高速フーリエ変換エンジン(FFT エンジン)、およびトランスミッタ チェーンのさまざまな点からの信号を監視するために他のモジュールが搭載されています。主に BSS の制御下にあるデジタル フロントエンド フィルタ (DFE)、ランプ生成モジュール、およびアナログ/ DFE レジスタは、メイン サブシステムからの API 呼び出しを介して間接的に制御できます。

このデバイスは、無線処理サブシステムに 1 つの 2 レーン CSI2 レシーバ インターフェイスも統合されています。このインターフェイスの主な機能は、Hardware-in-the-Loop (HIL) 機能であり、RF サブシステムを介さずに、外部から取得したデータをデバイスに入力してレーダー処理を実行することが可能です。

MSS Cortex-R5F および DSP C66x メモリ マップについては、「デバイス TRM (テクニカル リファレンス マニュアル)」を参照してください。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

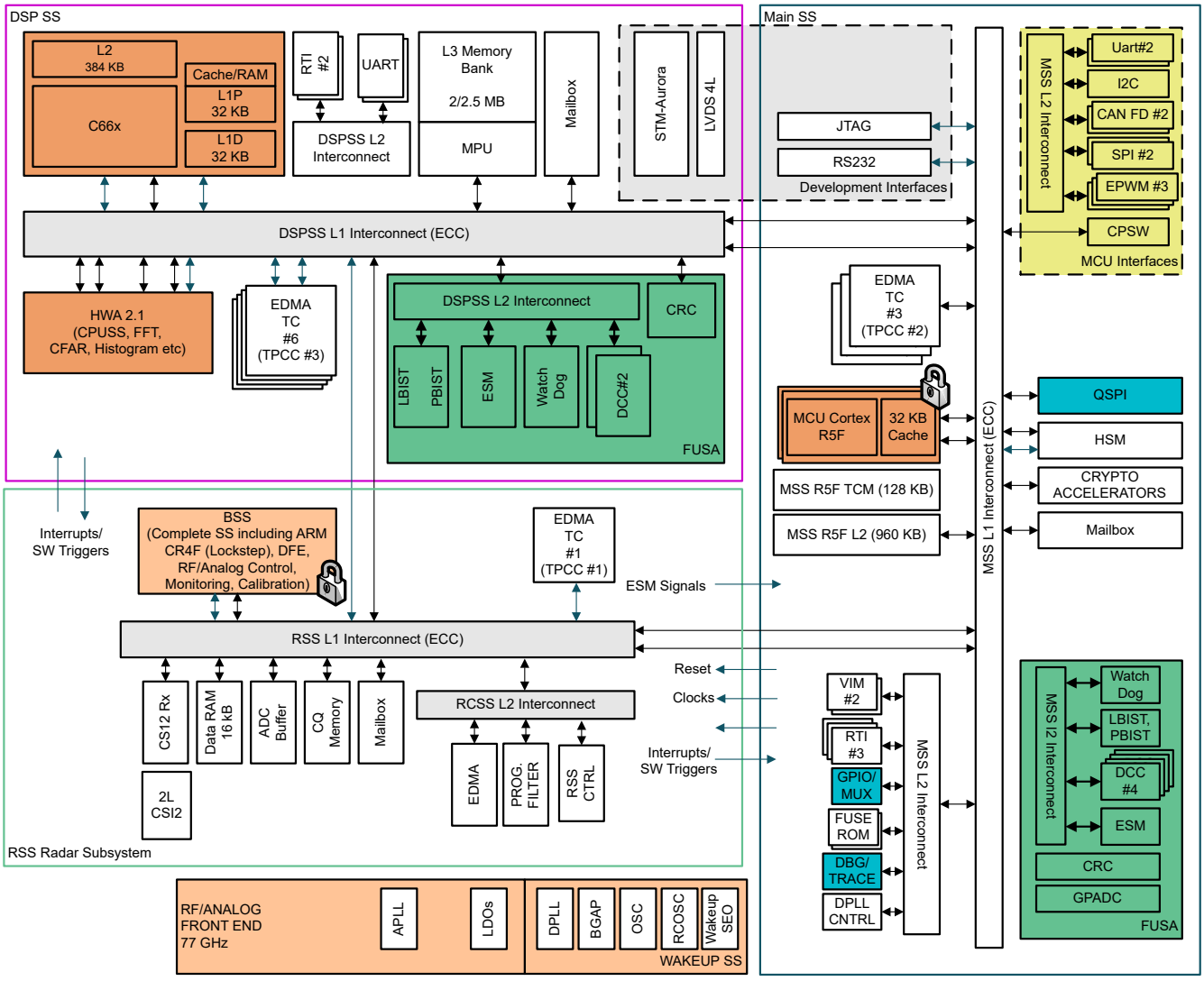


図 7-5. プロセッサ サブシステム

7.3.3 車載インターフェイス

このデバイスは、以下のメイン インターフェイスを介して車載ネットワークと通信します。

- CAN-FD
- イーサネット

7.4 その他のサブシステム

7.4.1 ハードウェア アクセラレータ サブシステム

DSP コアに加えて、このデバイスにはレーダー ハードウェア アクセラレータ (HWA2.1) が組み込まれており、DSP の前処理計算の負荷を軽減します。

目的の機能を実現するためにレーダー ハードウェア アクセラレータ 2.1 が提供する機能については、デバイス テクニカル リファレンス マニュアルの「ハードウェア アクセラレータ 2.1」セクションを参照してください。

7.4.2 セキュリティ – ハードウェア セキュリティ モジュール

セキュア ゾーン動作を実行するハードウェア セキュリティ モジュール (HSM) がこのデバイスにプロビジョニングされています (*一部の部品バリアントでのみ動作可能*)。暗号の柔軟性の要件を実装するために、プログラム可能な Arm Cortex-M4 コアが利用可能です。

暗号化アルゴリズムは、HSM のハードウェア モジュールを使用して高速化できます。機能には、非対称鍵暗号の要件に対応する数学演算を実行するための AES、SHA、および公開鍵アクセラレータ (PKA) の高速化、ならびに真の乱数生成が含まれます。

メイン サブシステム (MSS) の Cortex-R5F プロセッサは、セキュア ブートおよびセキュアなランタイム通信に必要な暗号化処理を実行するために、HSM サブシステムと連携します。

セキュリティの詳細については、関連資料を参照してください。詳細については、お近くのテキサス・インスツルメンツ営業担当者までお問い合わせください。

7.4.3 ユーザー アプリケーション向け ADC チャネル (サービス)

このデバイスにはユーザー アプリケーション向けの ADC サービスが用意されて、デバイス内の GPADC エンジンを使用して最大 9 個の外部および内部電圧を測定できます。この目的で、ADC1、ADC2、ADC3、ADC4、ADC5、ADC6、ADC7、ADC8、ADC9 の各ピンを使用します。

注

GPADC 構造は、内部温度センサの出力を測定するためにも使われます。

GPADC Specifications:

- 625Ksps SAR ADC
- 入力範囲:0～1.8V
- 10 ビット分解能

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

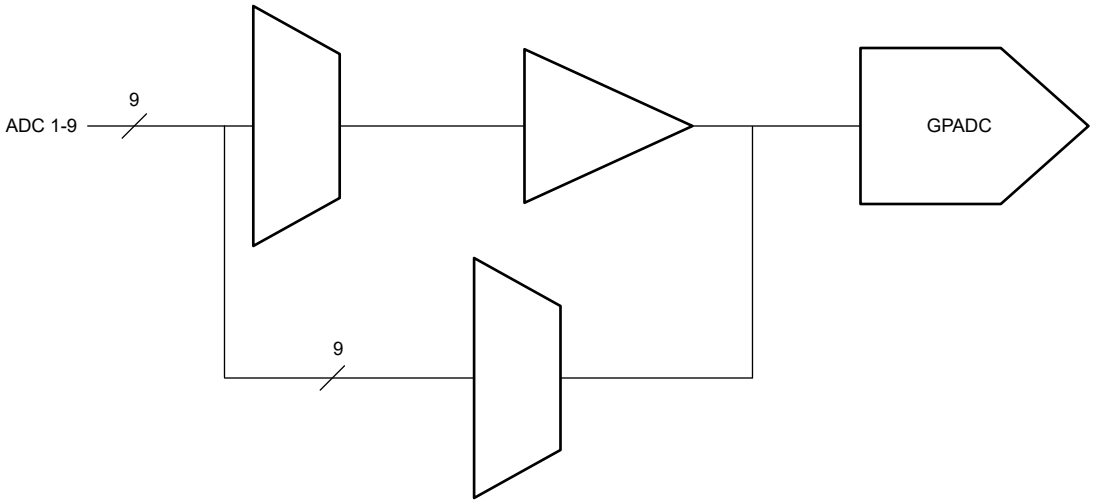


表 7-1. GP-ADC パラメータ

パラメータ	標準値	単位
ADC 電源	1.8	V
ADC の入力電圧範囲 (バッファなし)	0 – 1.8	V
ADC の入力電圧範囲 (バッファ付き) (1)	0.4 – 1.3	V
ADC の分解能	10	ビット
ADC のオフセット誤差	±5	LSB
ADC のゲイン誤差	±5	LSB
ADC の DNL	-1/+2.5	LSB
ADC の INL	±2.5	LSB
ADC のサンプリング レート	625	kSPS
ADC のサンプリング時間	400	ns
ADC の内部コンデンサ	10	pF
ADC の入力静電容量	2	pF
ADC の入力リーク電流	3	µA

(1) 規定の範囲を外れると、バッファ出力は非線形になります。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8 監視と診断

8.1 監視と診断のメカニズム

表 8-1 はデバイスで使用可能な主な監視および診断メカニズムのリストです。

表 8-1. AWR294x の監視と診断のメカニズム

なし	機能	説明
		メイン サブシステム
1	MSS R5F コアのロックステップ動作	デバイスのアーキテクチャは、MSS R5F コアのロックステップ動作をサポートしています。このコアは、デバイス内でセーフティ アイランドとして構成されているメイン サブシステムの動作コアです。
2	MSS R5F コアおよび関連 VIM 用ブート時 LBIST	デバイス アーキテクチャは、ハードウェア ロジック BIST (LBIST) エンジン セルフ テスト コントローラ (STC) をサポートしています。このロジックを使って、MSS R5F CPU コアとベクタ割り込みモジュール (VIM) において、トランジスタ レベルで非常に高い診断範囲 (>90%) を実現しています。 CPU および VIM 用の LBIST は、機能安全アプリケーションを開始する前に、アプリケーション コードによってトリガする必要があります。STC 処理の終了時に CPU のリセットが実行され、リセット要因はリセット原因レジスタに記録されます。その後、STC レジスタを読み出すことで、STC 実行の状態を確認し、エラーが発生したかどうかを判断できます。CPU は故障が検出されると while ループ内に留まり、それ以上の処理は行いません。 また、故障注入テストが実行される場合もあり、このテストによってエラーが STC レジスタに記録され、CPU がリセットされることがあります。
3	MSS R5F メモリ向けの起動時 PBIST	MSS R5F には、TCMA、TCMB0、および TCMB1 という密結合されたメモリ (TCM) であるレベル 1 (L1) メモリと、レベル 2 (L2) メモリが搭載されています。デバイスのアーキテクチャは、ハードウェア プログラマブル メモリ BIST (PBIST) エンジンをサポートしています。このロジックは、実装された MSS R5F TCM に対して、トランジスタ レベルで非常に高い診断カバレッジ (March-13n) を提供するために使用されます。 L1 および L2 メモリに対する PBIST は、アプリケーションのフラッシュまたはペリフェラル インターフェイスからのダウンロードを開始する前に、ブート時にブートローダーによってトリガされます。故障が検出されると、CPU は while ループ内で待機し、それ以上処理を進めません。
4	MSS R5F メモリ向けのエンドツーエンド ECC	TCM および L2 メモリの診断機能は、1 ビットのエラー訂正と 2 ビットのエラー検出 (SECDED) に対応した ECC 診断をサポートしています。L2 メモリでは、64 ビットのデータ バスに対して算出された ECC データを格納するために、8 ビットのコード ワードが使用されます。TCM では、32 ビットのデータ バスに対して ECC データを格納するために、7 ビットのコード ワードが使用されます。TCM における ECC の評価は、CPU 内部の ECC 制御ロジックによって行われます。この方式により、CPU と TCM 間の通信においてエンド ツー エンドの診断が可能になります。CPU は、シングル ビットおよびダブル ビットのエラー状態に対して、あらかじめ決められた応答 (無視または中止) を行うように構成できます。
5	MSS R5F のビット マルチプレクシング	論理的な TCM および L2 メモリのワードと、それに対応する ECC コードは、2 つの物理的な SRAM バンクに分割されて格納されます。この方式では、物理的な SRAM バンクのアドレス デコード障害に対する固有の診断メカニズムが提供されます。バンク アドレッシングのフォルトは、CPU によって ECC フォルトとして検出されます。 さらに、論理 (CPU) ワードを生成するためにアクセスされるビットが物理的に隣接しないように、ビット多重化方式が実装されています。この方式により、物理的なマルチビット故障が論理的なマルチビット フォルトとして現れる可能性が低減されます。代わりに、フォルトは複数のシングル ビット フォルトとして現れるようになります。SECDED TCM ECC は論理ワード内のシングル ビット フォルトを訂正できるため、この方式は TCM ECC 診断の有効性を高めます。 これら 2 つの機能はどちらもハードウェア機能であり、アプリケーション ソフトウェアによって有効化または無効化することはできません。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 8-1. AWR294x の監視と診断のメカニズム (続き)

なし	機能	説明
6	クロック モニタ	デバイスのアーキテクチャは、4 つのデジタル クロック コンパレータ (EDCC) と内部 RCOSC をサポートしています。これらのモジュールは、クロック検出とクロック モニタリングという 2 つの機能を提供します。 EDCCA は、ADPLL/APLL のロック検出およびモニタリング専用であり、ADPLL/APLL の出力を分周した信号と、デバイスの基準入力クロックを比較します。EDCCA における障害検出は、デバイスをリンプ モードに移行させるように設定することが可能です。 さらに、EDCCA を用いて内部クロックを監視するために、外部リファレンス クロックを入力できる機能も備えています。 EDCCB、EDCCC、EDCCD は、ユーザー ソフトウェアから利用可能なモジュールです。任意の 2 つのクロックを比較できます。一例として、CPU クロックをリファレンス クロックまたは内部 RCOSC クロック ソースと比較できます。障害の検出は、エラー シグナリング モジュール (ESM) を介して MSS R5F CPU に通知されます。
7	MSS R5F 用 RTI/WDT	デバイス アーキテクチャは、リアルタイム割り込み (RTI) モジュールに実装された内部ウォッチドッグの使用をサポートしています。内部ウォッチドッグには、デジタル ウォッチドッグ (DWD) とデジタル ウィンドウ付きウォッチドッグ (DWWD) という 2 つの動作モードがあります。これらの動作モードは相互に排他的であり、設計者はどちらか一方のモードを選択できますが、同時に両方を使用することはできません。 ウォッチドッグは、障害を検出した際に、内部 (ウォーム) システム リセットまたは CPU の非マスク可能割り込みのいずれかを発行できます。 ブート時には、ブートローダーによってウォッチドッグが DWD モードで有効化され、ブート プロセスの監視が行われます。アプリケーション コードが制御を取得した後は、アプリケーションの要件に応じて、ウォッチドッグのモードやタイミングを再設定できます。
8	MSS R5F 用 MPU	Cortex-R5F CPU には MPU が搭載されています。MPU ロジックを使用すると、デバイス メモリ内のソフトウェア タスクを空間的に分離できます。Cortex-R5F MPU は 16 の領域をサポートしています。オペレーティング システムは MPU を制御し、各タスクのニーズに応じて MPU の設定を変更します。構成済みメモリ保護ポリシーに違反すると、CPU が停止します。
9	ペリフェラル インターフェイス SRAM 向けの PBIST - SPI、CAN、イーサネット、EDMA、Mailbox	デバイス アーキテクチャは、ペリフェラル SRAM 用ハードウェア プログラマブル メモリ BIST (PBIST) エンジンもサポートしています。 ペリフェラル SRAM メモリ用 PBIST は、アプリケーションによってトリガできます。ユーザーは、PBIST 診断に割り当てられる実行時間に基づいて、1 つの SRAM に対して PBIST を実行するか、複数の SRAM に対して実行するかを選択できます。PBIST テストはメモリ内容を破壊する可能性があるため、通常はブート時にのみ実行されます。ただし、ペリフェラル機能の通信に支障が出ない場合であれば、ユーザーは任意のタイミングでテストを開始できます。 PBIST によって障害が検出されると、エラーは PBIST ステータス レジスタに記録されます。
10	ペリフェラル インターフェイス SRAM 向けの ECC — SPI、CAN、イーサネット、EDMA、Mailbox	ペリフェラル インターフェイス SRAM の診断は、シングル エラー訂正ダブル エラー検出 (SECDED) ECC 診断によってサポートされています。シングル ビットまたはダブル ビット エラーが検出されると、ESM (エラー信号モジュール) 経由で MSS R5F に通知されます。この機能はリセット後は無効になっています。 ソフトウェアによって、ペリフェラル モジュールおよび ESM モジュールで構成し、有効化する必要があります。ECC 障害 (シングル ビット訂正済みエラーとダブルビット訂正不可能エラーの両方) は、ESM モジュール経由の割り込みとして MSS R5F に通知されます。
11	メイン SS ペリフェラルの構成レジスタ保護	すべてのメイン サブシステム (SS) のペリフェラル モジュール (SPI、CAN、イーサネット、I2C、DMA、RTI/WD、DCC、EDMA、IOMUX など) は、ペリフェラル セントラル リソース (PCR) 経由で相互接続されています。これにより、ペリフェラルへのアクセスを制限できる 2 つの診断メカニズムが提供されます。ペリフェラルは、PCR 内のペリフェラル チップ セレクトによってクロックをゲートできます。これを利用することで、未使用の機能を無効化し、それらが干渉しないようにすることができます。また、トランザクションの特権レベルに基づいてアクセスを制限するように、各ペリフェラルのチップ セレクトをプログラムできます。この機能を使用することで、特権レベルのオペレーティング システム コードのみにペリフェラル モジュール全体へのアクセスを制限できます。 これらの診断メカニズムは、リセット後は無効化されています。ソフトウェアは、これらのメカニズムを設定して、有効にする必要があります。保護違反が発生すると、MSS R5F へのアボートや、DMA などの他のホストへのエラー応答が生成されます。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 8-1. AWR294x の監視と診断のメカニズム (続き)

なし	機能	説明
12	巡回冗長検査 - メイン SS	デバイス アーキテクチャは、メイン SS でハードウェア CRC エンジンをサポートし、以下の多項式を実装しています。 • CRC16 CCITT – 0x10 • CRC32 Ethernet – 0x04C11DB7 • CRC64 • CRC 32C – CASTAGNOLI – 0x1EDC6F4 • CRC32P4 – E2E Profile4 – 0xF4ACFB1 CRC への SRAM 内容の読み取り動作は、CPU または DMA によって行うことができます。結果の比較、フォルトの表示、およびフォルト応答は、テストを管理するソフトウェアの責任となります。
13	MPU	デバイスのアーキテクチャは、メイン SS 内の一部のペリフェラル ポートに対して MPU をサポートしています。これには、L2 メモリ、PCR ペリフェラル アクセス、QSPI アクセス、R5F の AXI ペリフェラル アクセスが含まれます。これにより、メイン SS 内のこれらの重要な領域に対してアクセス権限を設定することが可能になります。 デフォルトでは、このコントロールは HSM にあります。
14	DMA 用 MPU	デバイス アーキテクチャは、メイン SS EDMA の MPU をサポートしています。EDMA には、読み出しポートおよび書き込みポートの両方に対して MPU が含まれています。EDMA MPU は 8 つの領域をサポートしています。MPU によって障害が検出されると、ローカル ESM 経由の割り込みとしてコアに通知されます。
15	インターコネクト ECC	デバイスのアーキテクチャは、システム インターコネクト上での転送に対してハードウェア ベースの ECC 保護メカニズムをサポートしています。コード実行には、インターコネクト上に接続されたメモリからの命令フェッチが含まれるため、インターコネクト上での転送は、ECC および冗長性に基づくメカニズムの組み合わせによって安全に設計されています。転送中に検出されたすべての障害は、ESM インターフェイスを通じて報告されます。このメカニズムは HW でデフォルトで有効になっています。
16	エラー通知モジュール	診断で故障が検出された場合は、エラーを通知する必要があります。デバイス アーキテクチャは、エラー信号モジュール (ESM) と呼ばれるペリフェラル ロジックを使用して、内部の監視 / 診断メカニズムからのフォルト通知をまとめて処理します。ESM は、エラーを重大度に応じて分類し、プログラマブルなエラー応答を行うためのメカニズムを提供します。 ESM モジュールはカスタマーのアプリケーション コードによって設定され、特定のエラー信号を有効化またはマスクして、MSS R5F CPU に対して低優先度または高優先度の割り込みを発生させることができます。 また、このデバイスは Nerror 出力信号 (I/O) をサポートしており、これを外部で監視することで、R5F では処理されない設計上の重大な障害を検出することが可能です。
17	温度センサ	デバイスのアーキテクチャは、チップ内のデジタル領域における温度のホットスポットに複数の温度センサを備えており、これらは内部の GPADC チャンネルを通じてアプリケーションから監視できます。
18	電圧モニタ	デバイスのアーキテクチャは、外部の電圧モニタと連携して、チップに接続された電源レールの監視をサポートしています。
	DSP サブシステム	
1	DSP コア用のブート時 LBIST	デバイスは、DSP コア用のブート時 LBIST をサポートしています。機能安全アプリケーションの起動前に、MSS R5F のセカンダリ ブートローダーまたはアプリケーション コードによって LBIST をトリガできます。
2	ブート時の PBIST 対象: L1P、L1D、L2、L3 メモリ、HWA メモリ、RSS メモリ (ADCBUF、CQ メモリ)、メールボックス	デバイスのアーキテクチャは、DSPSS および RSS メモリに対して、非常に高い診断カバレッジ (March-13n) を提供するハードウェア プログラマブルなメモリ BIST (PBIST) エンジンをサポートしています。 PBIST は、機能安全アプリケーションを開始する前に、MSS R5F のセカンダリ ブートローダーまたはアプリケーション コードによってトリガされます。
3	L1P にはパリティ、L1D には ECC が適用	デバイス アーキテクチャは、DSP の L1P メモリでパリティ診断をサポートします。パリティ エラーは、割り込みとして CPU に通知されます。 L1D メモリは SECDED ECC でカバーされます。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 8-1. AWR294x の監視と診断のメカニズム (続き)

なし	機能	説明
4	DSP の L2 メモリの ECC	デバイス アーキテクチャは、DSP の L1D メモリと L2 メモリにおいて、パリティとシングル エラー訂正ダブル エラー検出 (SECDED) ECC 診断の両方をサポートします。L2 メモリは、DSP のプログラム セクションとデータ セクションを保存するために使用される統合型 384KB のメモリです。256 ビットのデータ バス (論理命令フェッチ サイズ) に対して計算された ECC データを保存するために、12 ビットのコード ワードを使用します。L2 アクセスの ECC ロジックは DSP 内に配置されており、DSP 内部の ECC 制御ロジックを使用して評価を行います。この方式により、DSP と L2 の間の送信について、エンド ツー エンドの診断が可能になります。バイト整列パリティ メカニズムは、データ セクションを処理するために L2 でも利用できます。
5	レーダ データ キューブ (L3) メモリ、HWA メモリ、RSS メモリ (ADCBUF)、および Mailbox の ECC 対応	L3 メモリは、デバイスのレーダー データ セクションとして使用されます。このアーキテクチャは、L3 メモリにおいて、シングル エラー訂正ダブル エラー検出 (SECDED) ECC 診断をサポートしています。ECC データの格納には、256 ビットのデータ バス上で計算された値に対して、12 ビットのコード ワードが使用されます。 RSS メモリ (ADCBUF) も SECDED ECC 診断に対応しています。 ECC ロジックによって検出された障害は、ESM を介して割り込みとして DSP コアに通知されます。
6	DSP コア用 RTI/WDT	デバイス アーキテクチャは、リアルタイム割り込み (RTI) モジュールに実装された DSP C66x の内部ウォッチドッグの使用をサポートしています。このウォッチドッグは、メイン SS で使用されるのと同じモジュールの複製です。このモジュールは、MSS 向けの RTI/WD と同様の機能をサポートしています。 このウォッチドッグは、ユーザーのアプリケーション コードによって有効化されます。タイムアウトが発生すると、その状態は DSP および/または MSS R5F に割り込みで通知され、それ以降の安全状態への移行処理は MSS R5F 上のアプリケーション コードに委ねられます。
7	DSP サブシステムの CRC	デバイス アーキテクチャは、DSPSS でハードウェア CRC エンジンをサポートし、以下の多項式を実装しています。 • CRC16 CCITT – 0x10 • CRC32 Ethernet – 0x04C11DB7 • CRC64 • CRC 32C – CASTAGNOLI – 0x1EDC6F4 • CRC32P4 – E2E Profile4 – 0xF4ACFB1 CRC への SRAM 内容の読み取り動作は、CPU または DMA によって行うことができます。結果の比較、フォルトの表示、およびフォルト応答は、テストを管理するソフトウェアの責任となります。
8	DSP の MPU	デバイス アーキテクチャは、DSP メモリ アクセス (L1D、L1P、L2) 用の MPU をサポートします。L2 メモリは 64 の領域、L1P および L1D はそれぞれ 16 の領域をサポートしています。MPU によって障害が検出されると、処理中断として DSP コアに通知されます。
9	MPU	デバイスのアーキテクチャは、DSP SS 内の特定のペリフェラル ポートに対して MPU をサポートしており、その対象には L3 メモリバンクが含まれます。これにより、DSP SS 内のこれらの重要な領域に対するアクセス許可を設定することができます。 デフォルトでは、このコントロールは HSM にあります。
BIST (レーダー サブシステム内)		
注:BIST は TI のファームウェアによって管理されます。安全メカニズムに関する情報については、mmWave-MCUPLUS-SDK パッケージに含まれる mmWave インターフェイス コントロール ドキュメントおよび安全マニュアルを参照してください。		

注

すべての診断機能の適用可能性の詳細については、『デバイス安全マニュアル』またはその他の関連資料を参照してください。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

9 アプリケーション、実装、およびレイアウト

注

以下のアプリケーションに関するセクションの情報は、テキサス・インスツルメンツの部品仕様の一部ではなく、テキサス・インスツルメンツはこれらの情報の正確性や完全性を保証しません。個々の目的に対する製品の適合性については、お客様の責任で判断していただくことになります。お客様は自身の設計実装を検証しテストすることで、システムの機能を確認する必要があります。

9.1 使用上の注意

以下のアプリケーションにおけるデバイスの主な機能は次の通りです。

- レーダー フロント エンドとプログラマブル MCU の統合
- 柔軟なブート モード：シリアル フラッシュを使用した自律アプリケーションのブート、または SPI 経由の外部ブート
- ハードウェア セキュリティ モジュール
- 最大 100Mbps の高速イーサネットをサポート

9.2 短距離および中距離レーダー

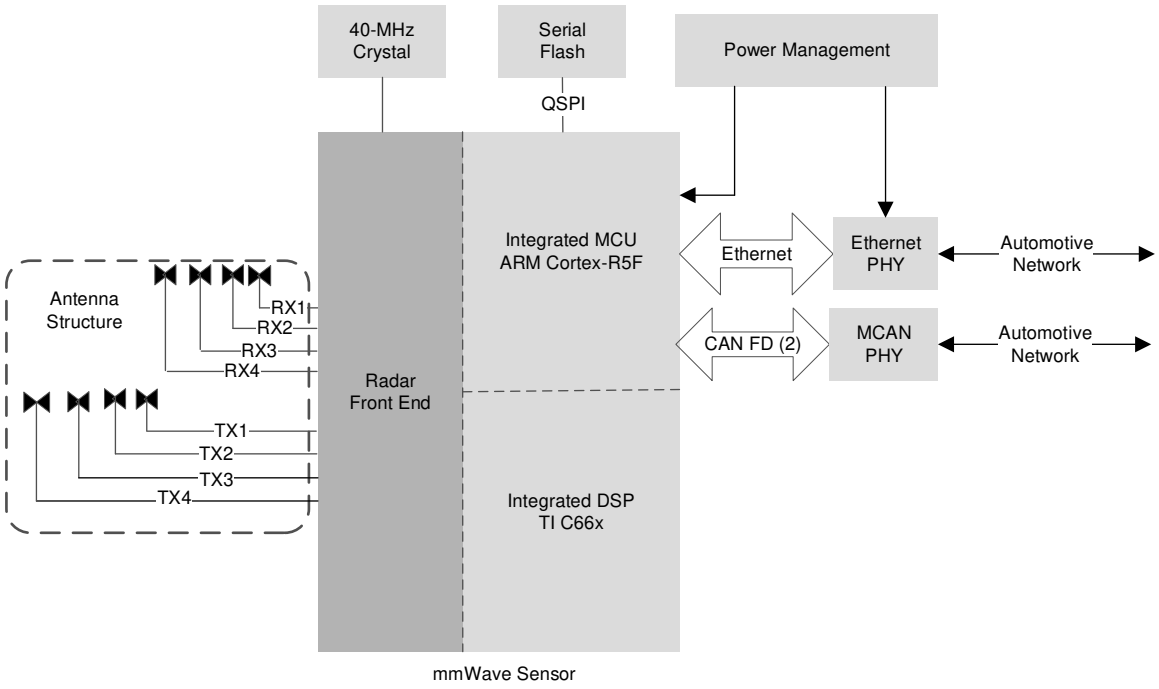


図 9-1. 短距離および中距離レーダー

9.3 リファレンス回路図

リファレンス回路図と電源に関する情報は、『AWR2944 EVM 資料』に掲載されています。

ご参考までに、AWR2944 EVM の製品ページに掲載されている PCB の設計ファイル、回路図、レイアウト、スタックアップの詳細。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

10 デバイスおよびドキュメントのサポート

TI では、幅広い開発ツールを提供しています。デバイスの性能の評価、コードの生成、ソリューションの開発を行うためのツールとソフトウェアを、以下で紹介します。

10.1 デバイス サポート

10.2 デバイスの命名規則

製品開発サイクルの段階を示すために、TI ではマイクロプロセッサ (MPU) とサポート ツールのすべての型番に接頭辞が割り当てられています。各デバイスには次の 3 つのいずれかの接頭辞があります：X、P、空白 (接頭辞なし) (例：*XA2943BGALT*)。テキサス インスツルメンツでは、サポート ツール用のプレフィックス指定子として、3 種類のうち以下の 2 つの使用を推奨しています：の 2 つを推奨しています。これらの接頭辞は、製品開発の進展段階を表します。段階には、エンジニアリング プロトタイプ(TMDX)から、完全認定済みの量産デバイス/ツール(TMDS)まであります。

デバイスの開発進展フロー：

X 実験的デバイス。最終デバイスの電気的特性を必ずしも表さず、量産アセンブリ フローを使用しない可能性があります。

P プロトタイプ デバイス。最終的なシリコン ダイとは限らず、最終的な電気的特性を満たさない可能性があります。

空白 認定済みのシリコン ダイの量産バージョン。

サポート ツールの開発進展フロー:

TMDX 開発サポート製品。テキサス・インスツルメンツの社内認定試験はまだ完了していません。

TMDS 完全に認定済みの開発サポート製品です。

X および P デバイスと TMDX 開発サポート ツールは、以下の免責事項の下で出荷されます。

「開発中の製品は、社内での評価用です。」

量産デバイスおよび TMDS 開発サポート ツールの特性は完全に明確化されており、デバイスの品質と信頼性が十分に示されています。テキサス・インスツルメンツの標準保証が適用されます。

プロトタイプ デバイス(X または P)の方が標準的な量産デバイスに比べて故障率が大きいと予測されます。これらのデバイスは予測される最終使用時の故障率が未定義であるため、テキサス・インスツルメンツではそれらのデバイスを量産システムで使用しないよう推奨しています。認定済みの量産デバイスのみを使用する必要があります。

TI デバイスの項目表記には、デバイス ファミリ名の接尾辞も含まれます。このサフィックスは、パッケージ タイプ (たとえば、*お使いのパッケージ*)、温度範囲 (たとえば、空欄は標準の商用温度範囲)、およびデバイスの動作速度範囲 (たとえば、*お使いのデバイスの速度範囲*(MHz)) を示します。図 x は、*お使いのデバイス*の完全な名称の読み方を理解するための凡例を示しています。

*お使いのデバイス*の注文可能な品番 (*お使いのパッケージ*タイプ別) については、本書の「パッケージ オプション補足資料」、TI のウェブサイト(ti.com)、または TI の営業担当までお問い合わせください。

ダイに対するデバイス命名規則マーキングの詳細説明については、『AWR2944 エラッタ 』を参照してください。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

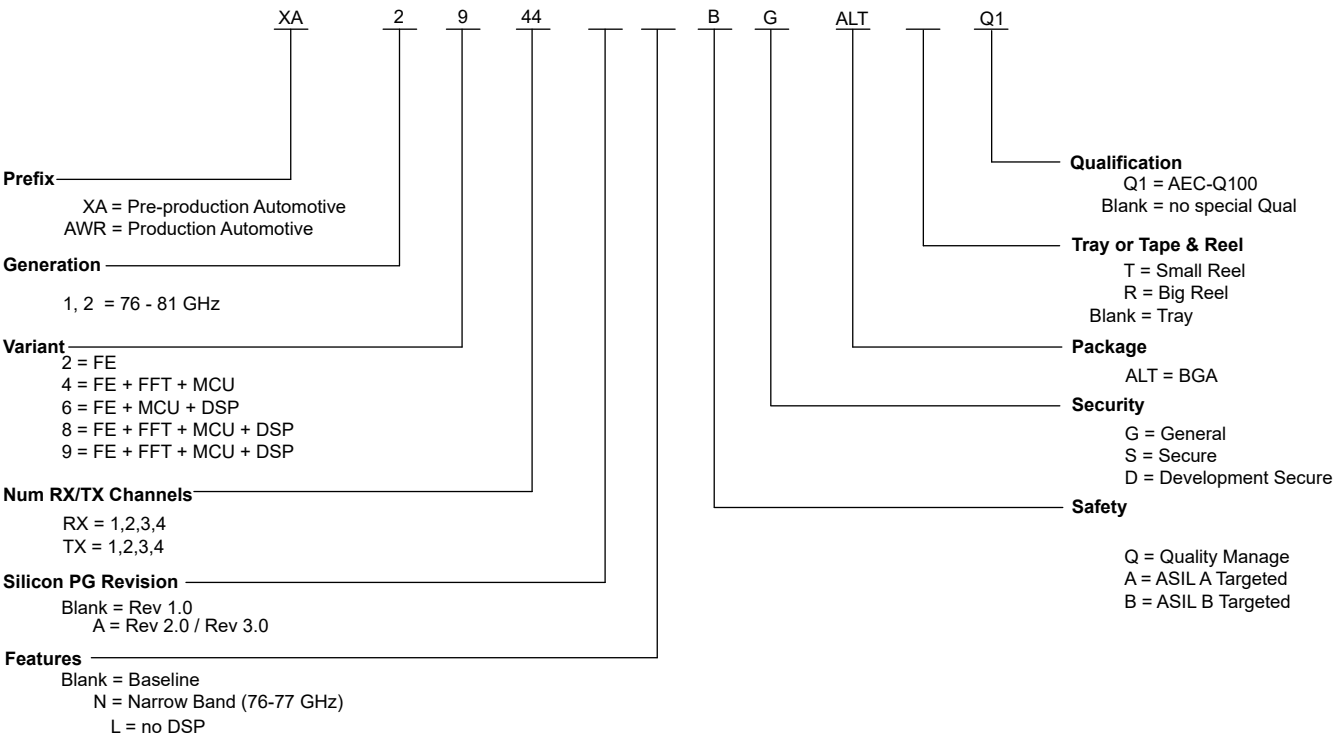


図 10-1. デバイスの命名規則

10.3 ツールとソフトウェア

このセクションの内容は以降のバージョンで更新されます。

10.4 ドキュメントのサポート

このセクションの内容は以降のバージョンで更新されます。

10.5 サポート・リソース

テキサス・インスツルメンツ E2E™ サポート・フォーラムは、エンジニアが検証済みの回答と設計に関するヒントをエキスパートから迅速かつ直接得ることができる場所です。既存の回答を検索したり、独自の質問をしたりすることで、設計で必要な支援を迅速に得ることができます。

リンクされているコンテンツは、各寄稿者により「現状のまま」提供されるものです。これらはテキサス・インスツルメンツの仕様を構成するものではなく、必ずしもテキサス・インスツルメンツの見解を反映したものではありません。テキサス・インスツルメンツの使用条件を参照してください。

10.6 商標

テキサス・インスツルメンツ E2E™ is a trademark of Texas Instruments.
Arm® and Cortex-R5F® are registered trademarks of Arm Limited.
すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

10.7 ドキュメントの更新通知を受け取る方法

ドキュメントの更新についての通知を受け取るには、www.tij.co.jp のデバイス製品フォルダを開いてください。[通知] をクリックして登録すると、変更されたすべての製品情報に関するダイジェストを毎週受け取ることができます。変更の詳細については、改訂されたドキュメントに含まれている改訂履歴をご覧ください。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

10.8 静電気放電に関する注意事項



この IC は、ESD によって破損する可能性があります。テキサス・インスツルメンツは、IC を取り扱う際には常に適切な注意を払うことを推奨します。正しい取り扱いおよび設置手順に従わない場合、デバイスを破損するおそれがあります。

ESD による破損は、わずかな性能低下からデバイスの完全な故障まで多岐にわたります。精密な IC の場合、パラメータがわずかに変化するだけで公表されている仕様から外れる可能性があるため、破損が発生しやすくなっています。

10.9 用語集

テキサス・インスツルメンツ用語集　　この用語集には、用語や略語の一覧および定義が記載されています。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

11 改訂履歴

Changes from SEPTEMBER 30, 2024 to FEBRUARY 1, 2026 (from Revision D (September 2024) to Revision E (February 2026)) **Page**

- GPADC5 および GPADC6 の ESD 定格を更新 35

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

12 メカニカル、パッケージ、および注文情報

以降のページには、メカニカル、パッケージ、および注文に関する情報が記載されています。この情報は、指定のデバイスに使用できる最新のデータです。このデータは、予告なく、このドキュメントを改訂せずに変更される場合があります。本データシートのブラウザ版を使用されている場合は、画面左側の説明をご覧ください。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

PACKAGING INFORMATION

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package | Pins	Package qty | Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
AWR2943ABGALTQ1	Active	Production	FCCSP (ALT) | 266	168 | JEDEC TRAY (5+1)	Yes	Call TI	Level-3-260C-168 HR	-40 to 140	AWR2943 BG 987B
AWR2943ABGALTQ1.B	Active	Production	FCCSP (ALT) | 266	168 | JEDEC TRAY (5+1)	Yes	Call TI	Level-3-260C-168 HR	-40 to 140	AWR2943 BG 987B
AWR2943ABGALTRQ1	Active	Production	FCCSP (ALT) | 266	1000 | LARGE T&R	Yes	Call TI	Level-3-260C-168 HR	-40 to 140	AWR2943 BG 987B
AWR2943ABGALTRQ1.B	Active	Production	FCCSP (ALT) | 266	1000 | LARGE T&R	Yes	Call TI	Level-3-260C-168 HR	-40 to 140	AWR2943 BG 987B
AWR2944ABGALTQ1	Active	Production	FCCSP (ALT) | 266	168 | JEDEC TRAY (5+1)	Yes	Call TI	Level-3-260C-168 HR	-40 to 140	AWR2944 BG 987B
AWR2944ABGALTQ1.B	Active	Production	FCCSP (ALT) | 266	168 | JEDEC TRAY (5+1)	Yes	Call TI	Level-3-260C-168 HR	-40 to 140	AWR2944 BG 987B
AWR2944ABGALTRQ1	Active	Production	FCCSP (ALT) | 266	1000 | LARGE T&R	Yes	Call TI	Level-3-260C-168 HR	-40 to 140	AWR2944 BG 987B
AWR2944ABGALTRQ1.B	Active	Production	FCCSP (ALT) | 266	1000 | LARGE T&R	Yes	Call TI	Level-3-260C-168 HR	-40 to 140	AWR2944 BG 987B
AWR2944ALBGALTQ1	Active	Production	FCCSP (ALT) | 266	168 | JEDEC TRAY (5+1)	Yes	Call TI	Level-3-260C-168 HR	-40 to 140	AWR2944L BG 987B
AWR2944ALBGALTQ1.B	Active	Production	FCCSP (ALT) | 266	168 | JEDEC TRAY (5+1)	Yes	Call TI	Level-3-260C-168 HR	-40 to 140	AWR2944L BG 987B
AWR2944ALBGALTRQ1	Active	Production	FCCSP (ALT) | 266	1000 | LARGE T&R	Yes	Call TI	Level-3-260C-168 HR	-40 to 140	AWR2944L BG 987B

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package | Pins	Package qty | Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
AWR2944ALBGALTRQ1.B	Active	Production	FCCSP (ALT) | 266	1000 | LARGE T&R	Yes	Call TI	Level-3-260C-168 HR	-40 to 140	AWR2944L BG 987B

(1) **Status:** For more details on status, see our product life cycle.

(2) **Material type:** When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, reliability performance testing, and/or process qualification, may not yet be complete, and this item is subject to further changes or possible discontinuation. If available for ordering, purchases will be subject to an additional waiver at checkout, and are intended for early internal evaluation purposes only. These items are sold without warranties of any kind.

(3) **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the TI RoHS Statement for additional information and value definition.

(4) **Lead finish/Ball material:** Parts may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

(5) **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will be used to mount the part to the printed circuit board.

(6) **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

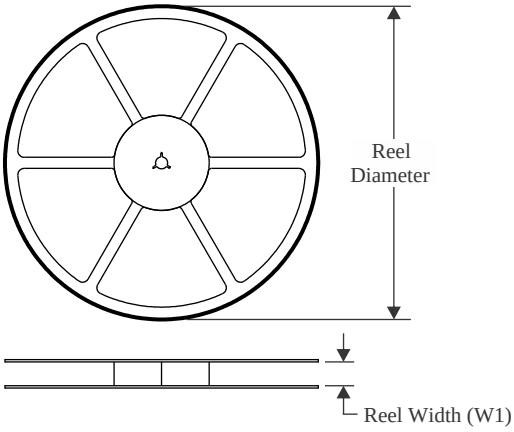
Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

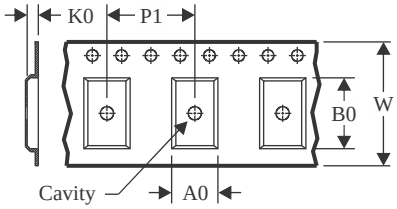
In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

TAPE AND REEL INFORMATION

REEL DIMENSIONS

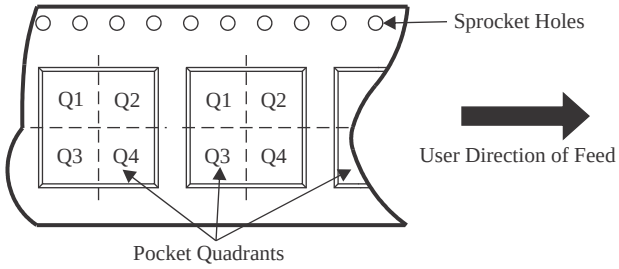


TAPE DIMENSIONS



A0	Dimension designed to accommodate the component width
B0	Dimension designed to accommodate the component length
K0	Dimension designed to accommodate the component thickness
W	Overall width of the carrier tape
P1	Pitch between successive cavity centers

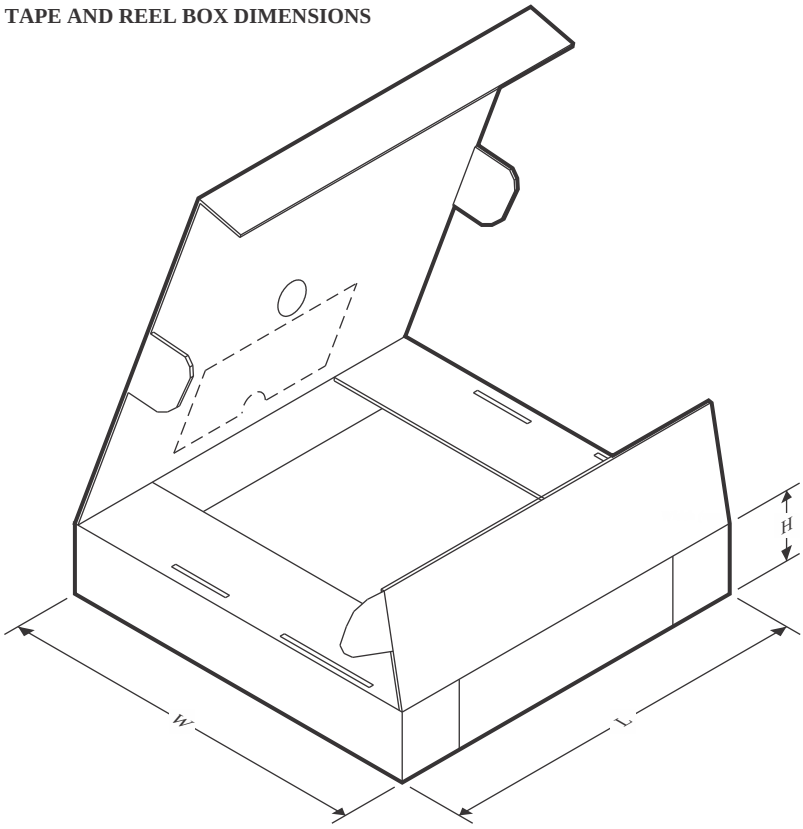
QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
AWR2943ABGALTRQ1	FCCSP	ALT	266	1000	330.0	24.4	12.3	12.3	1.6	20.0	24.0	Q1
AWR2944ABGALTRQ1	FCCSP	ALT	266	1000	330.0	24.4	12.3	12.3	1.6	20.0	24.0	Q1
AWR2944ALBGALTRQ1	FCCSP	ALT	266	1000	330.0	24.4	12.3	12.3	1.6	20.0	24.0	Q1

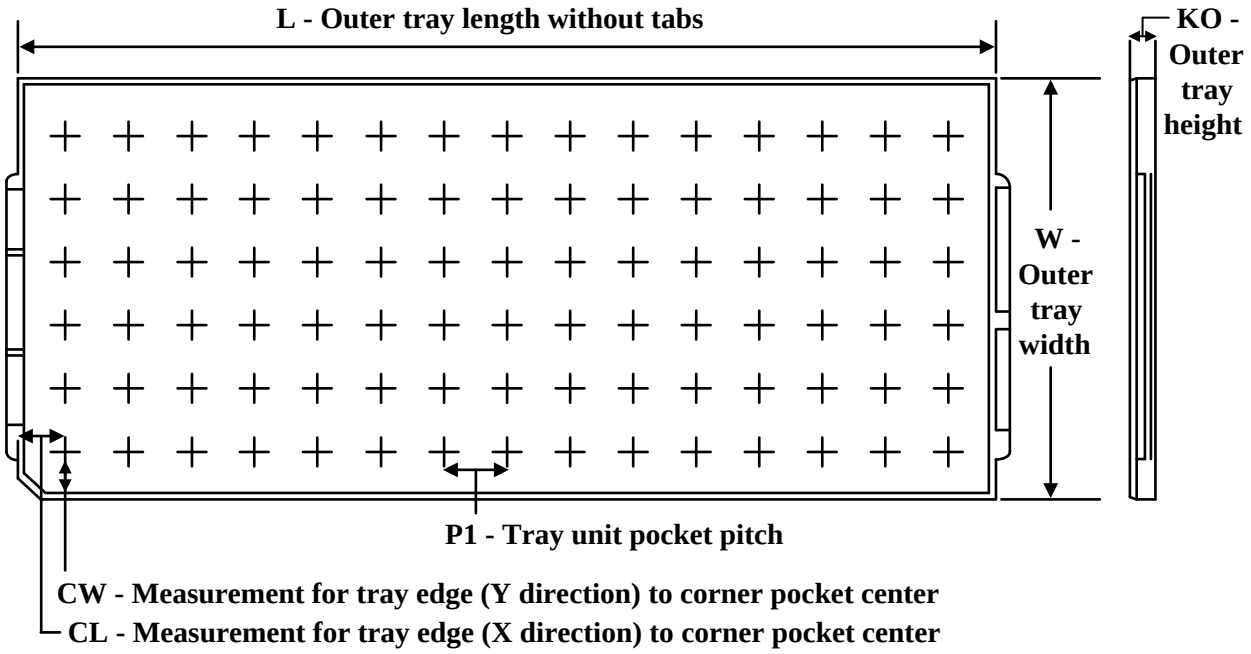
TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
AWR2943ABGALTRQ1	FCCSP	ALT	266	1000	336.6	336.6	41.3
AWR2944ABGALTRQ1	FCCSP	ALT	266	1000	336.6	336.6	41.3
AWR2944ALBGALTRQ1	FCCSP	ALT	266	1000	336.6	336.6	41.3

TRAY



Chamfer on Tray corner indicates Pin 1 orientation of packed units.

*All dimensions are nominal

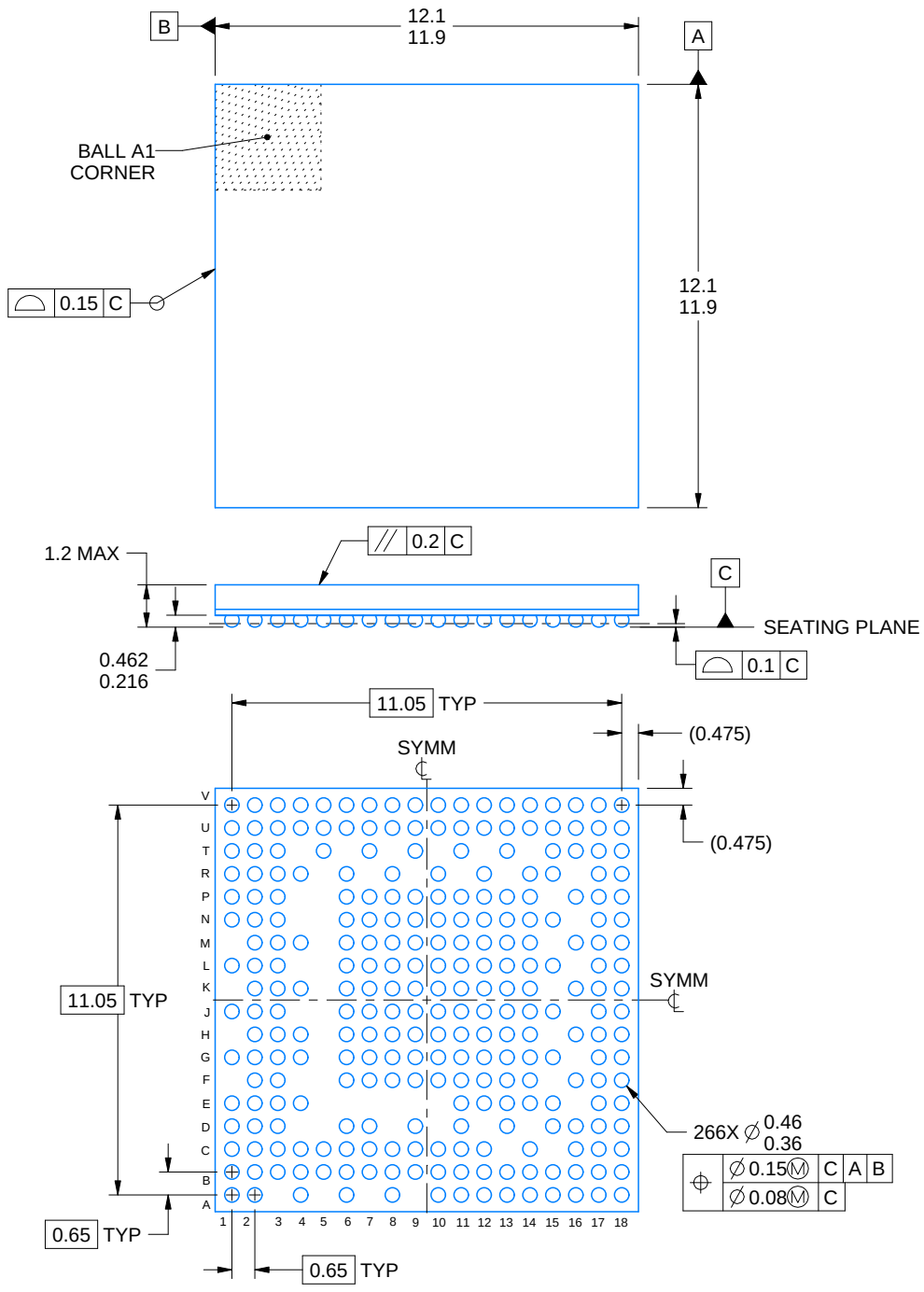
Device	Package Name	Package Type	Pins	SPQ	Unit array matrix	Max temperature (°C)	L (mm)	W (mm)	K0 (µm)	P1 (mm)	CL (mm)	CW (mm)
AWR2943ABGALTQ1	ALT	FCCSP	266	168	8 X 21	150	315	135.9	7620	14.65	11	11.95
AWR2943ABGALTQ1.B	ALT	FCCSP	266	168	8 X 21	150	315	135.9	7620	14.65	11	11.95
AWR2944ABGALTQ1	ALT	FCCSP	266	168	8 X 21	150	315	135.9	7620	14.65	11	11.95
AWR2944ABGALTQ1.B	ALT	FCCSP	266	168	8 X 21	150	315	135.9	7620	14.65	11	11.95
AWR2944ALBGALTQ1	ALT	FCCSP	266	168	8 X 21	150	315	135.9	7620	14.65	11	11.95
AWR2944ALBGALTQ1.B	ALT	FCCSP	266	168	8 X 21	150	315	135.9	7620	14.65	11	11.95

PACKAGE OUTLINE

ALT0266A

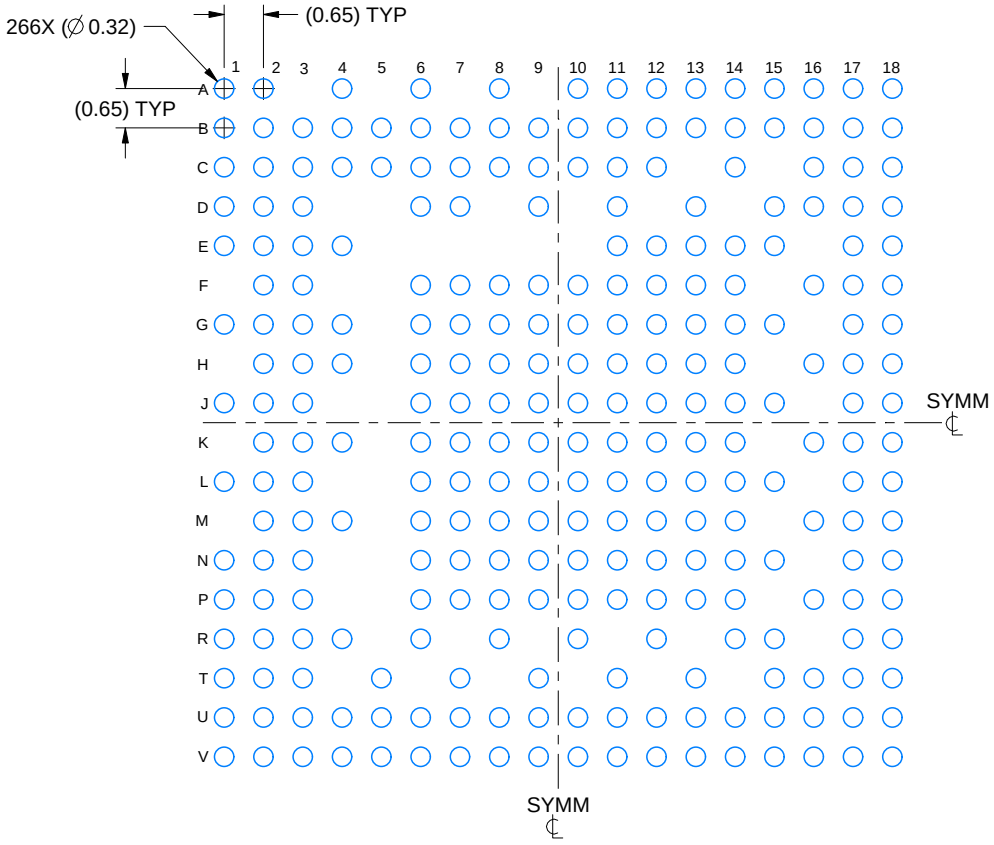
FCBGA - 1.2 mm max height

BALL GRID ARRAY

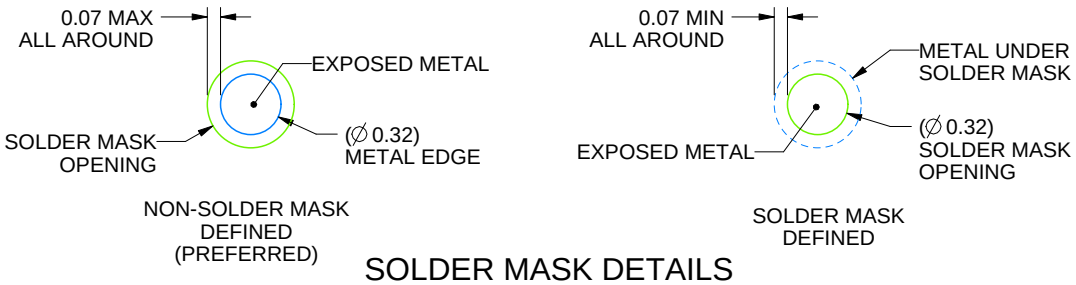


NOTES:

1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE: 8X



SOLDER MASK DETAILS
NOT TO SCALE

4226546/B 05/2023

NOTES: (continued)

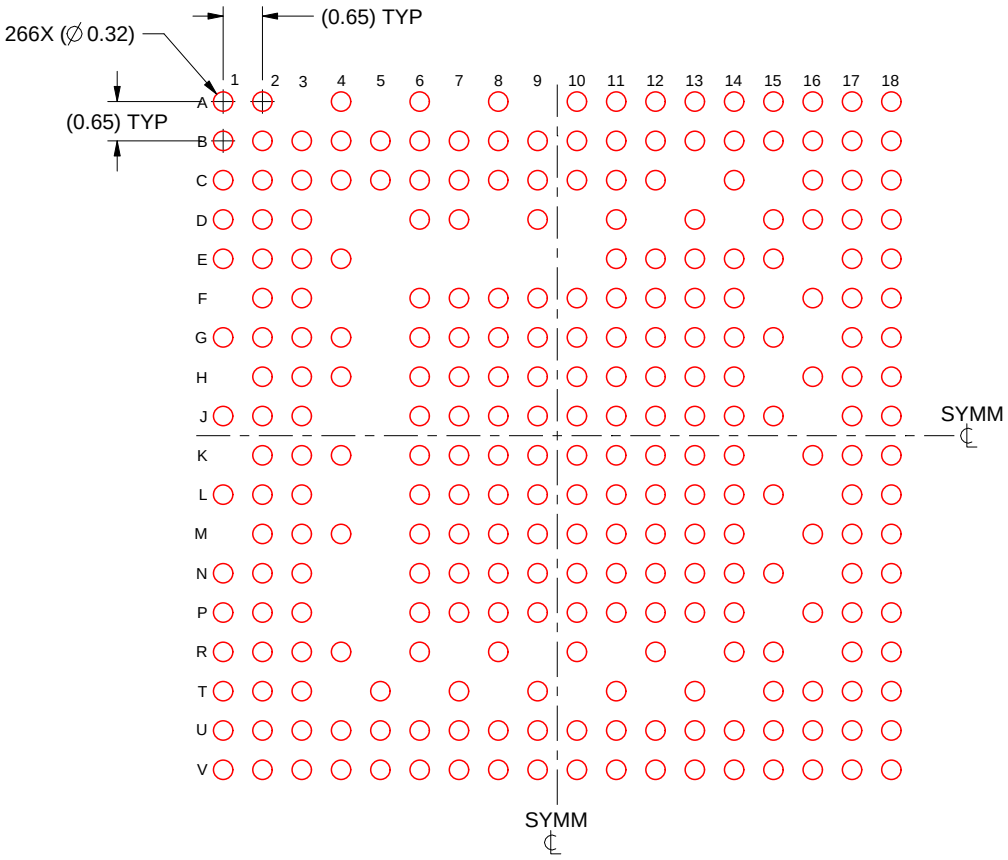
3. Final dimensions may vary due to manufacturing tolerance considerations and also routing constraints.
For information, see Texas Instruments literature number SPRAA99 (www.ti.com/lit/spraa99).

EXAMPLE STENCIL DESIGN

ALT0266A

FCBGA - 1.2 mm max height

BALL GRID ARRAY



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL
SCALE: 8X

4226546/B 05/2023

NOTES: (continued)

4. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release.

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 © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月