

アンテナ内蔵 CC2340R5MODA SimpleLink™ 2.4GHz ワイヤレス MCU モジュール

1 特長

認証済みワイヤレス モジュール

- 最適化された 48MHz Arm® Cortex®-M0+ プロセッサ
- 512 KB のインシステム プログラマブル フラッシュ
- ブートローダーおよびドライバ用の 12KB の ROM
- 64 KB の超低リーク SRAM。スタンバイ モードでの RAM の完全保持
- Bluetooth® Low Energy と互換性のある 2.4GHz RF トランシーバ
- CC2340R53 WCSP パッケージを土台として製作
- 内蔵アンテナ
- オプションの外部アンテナ
- OTA (Over-The-Air) アップグレードに対応
- シリアルワイヤ デバッグ (SWD)

低消費電力

- MCU の消費電流:
 - 2.6mA (アクティブ モード、CoreMark®)
 - 53µA/MHz (CoreMark® 実行中)
 - 710nA スタンバイ モード
 - 165nA (シャットダウン モード、ウェイクアップ オンピン)
- 無線の消費電流:
 - 5.5mA (RX)
 - 5.1mA (TX, 0dBm)
 - 11.0mA 未満 (TX, +8dBm)

無線プロトコルのサポート

- Bluetooth® LE¹
 - 特長: LE 2M、LE コード化、定期広告、拡張広告、LE セキュア接続
 - Bluetooth Core 5.4 に対して認定済み

高性能の無線

- Bluetooth® Low Energy 125kbps で -102dBm の感度
- Bluetooth® Low Energy 1Mbps で -96.5dBm の感度
- 温度補償付きで最大 +8dBm の出力電力

法規制の順守

- 以下の規格への準拠を目的としたシステムに最適:
 - EN 300 328 (ヨーロッパ)
 - FCC CFR47 Part 15
 - ARIB STD-T66 (日本)

¹ モジュールは、Bluetooth LE のみの事前認証を取得済み

- ISED (カナダ)
- NCC (台湾)
- KCC (韓国)

MCU 周辺機器

- 最大 12 個の I/O パッド
 - 2 つの IO パッド SWD、GPIO と多重化
 - 2 つの IO パッド LFXT、GPIO と多重化
 - 最大 12 個の DIO (アナログまたはデジタル IO)
- 3 × 16 ビットおよび 1 × 24 ビットの汎用タイマ、直交デコード モードをサポート
- 12 ビット ADC、267ksps、内部リファレンス付き、4 つの外部 ADC 入力
- 1 つの低消費電力コンパレータ
- 1 つの UART
- 1 つの SPI
- 1 つの I²C
- リアルタイム クロック (RTC)
- 温度およびバッテリー モニタを内蔵
- ウォッチドッグ タイマ

セキュリティ イネーブラ (実現機能)

- AES 128 ビット暗号化アクセラレータ
- オンチップ アナログ ノイズからの乱数発生器

開発ツールとソフトウェア

- [LP-EM-CC2340R53 LaunchPad](#) 開発キット
- [LP-EM-CC2340R5MODA](#) の設計ファイル
- [SimpleLink™ Low Power F3](#) ソフトウェア開発キット
- [SmartRF™ Studio](#) による容易な無線構成
- [SysConfig](#) システム コンフィギュレーション ツール

動作範囲

- オンチップの降圧型 DC/DC コンバータ
- 1.71V ~ 3.8V の単一電源電圧
- T_J: -40°C ~ 最高 +85°C

RoHS 準拠のパッケージ

- 7mm × 10mm の 24 ピン MHA パッケージ



2 アプリケーション

- 医療用
 - 家庭用ヘルスケア - 血糖値測定器、血圧計、CPAP 機器、電子体温計
 - 患者の監視と診断 - 医療用センサ パッチ
 - パーソナル ケアとフィットネス - 電動歯ブラシ、ウェアラブル フィットネスおよびアクティビティ モニタ
- ビル オートメーション
 - ビルディングのセキュリティ システム – モーション検出器、電子スマート ロック、ドアおよび窓センサ、ガラスドア システム、ゲートウェイ
 - HVAC - サーモスタット、ワイヤレス環境センサ
 - 防火システム - 煙および熱感知器
 - ビデオ監視 – IP ネットワーク カメラ
- 照明器具
 - LED 照明
 - 照明制御 - 日光センサ、照明センサ、ワイヤレス制御
- ファクトリ オートメーション / 制御
 - リテール オートメーションと支払い - 電子 POS
 - 電子棚札
- グリッド インフラ
 - スマート メータ – 水道メータ、ガス メータ、電気メータ、ヒート コスト アロケータ
 - グリッド通信 – 無線通信 – 長距離センサ アプリケーション
 - その他の代替エネルギー - 環境発電
- 通信機器
 - 有線ネットワーク
 - ワイヤレス LAN または Wi-Fi アクセス ポイント、エッジ ルーター
- パーソナル エレクトロニクス
 - ネットワーク接続の周辺機器 – 民生用ワイヤレス モジュール、ポインティング デバイス、キーボードとキーパッド
 - ゲーム – 電子玩具とロボット玩具
 - ウェアラブル (医療以外) – スマートトラッカー、スマート衣料

3 説明

CC2340R5MODA SimpleLink™ のデバイスは 2.4GHz ワイヤレス マイコン (MCU) であり、Bluetooth® Low Energy を対象としています。低消費電力のワイヤレス通信用に最適化されたデバイスで、ビルディング オートメーション (ワイヤレス センサ、照明制御、ビーコン)、アセット トラッキング、医療、パーソナル エレクトロニクス (玩具) 市場の OAD (Over the Air Download) に対応しています。このデバイスの主な機能は次のとおりです。

- CC2340R5MODA はアンテナ、DCDC コンポーネント、高周波水晶発振器を内蔵した 7mm x 10mm の認証済みワイヤレス モジュール (2.4GHz) です。
- Bluetooth 5 の以下の機能に対応: ハイスピード モード (2Mbps PHY)、長距離 (LE コードの 125kbps および 500kbps PHY)、Privacy 1.2.1 およびチャネル選択アルゴリズム #2、および Bluetooth 4.2 およびそれ以前の Low Energy 仕様の主要機能に対する下位互換性とサポート
- SimpleLink™ Low Power F3 ソフトウェア開発キット (SDK) に、完全認定済み Bluetooth ソフトウェア プロトコル スタックを搭載
- RTC が動作し、RAM 全体を保持しながら 0.71µA 未満の超低スタンバイ電流により、特にスリープ時間が長いアプリケーションで、バッテリー駆動時間を大幅に延長できます。
- Bluetooth Low Energy (125kbps の LE Coded PHY で -102dBm) に対応する優れた無線感度および堅牢 (選択度、ブロッキング) 性能

CC2340R5MODA ファミリーは SimpleLink™ MCU プラットフォームに属し、シングル コア SDK (ソフトウェア開発キット) と豊富なツール セットを備えた使いやすい共通の開発環境を共有する Wi-Fi®, Bluetooth Low Energy、Thread、Zigbee、Sub-1GHz MCU、ホスト MCU で構成されています。SimpleLink™ プラットフォームは一度で統合を実現でき、製品ラインアップのどのデバイスの組み合わせでも設計に追加できるので、設計要件変更の際もコードの 100% 再利用が可能です。詳細については、SimpleLink™ MCU プラットフォームを参照してください。

製品情報

部品番号 ⁽¹⁾	フラッシュ	RAM	温度範囲	パッケージ	ステータス
CC2340R5MODAN0MHAR	512kB	64kB	-40°C ~ 85°C	MHA24	リリース済み

(1) 詳細については、[セクション 13](#) を参照してください。

4 機能ブロック図

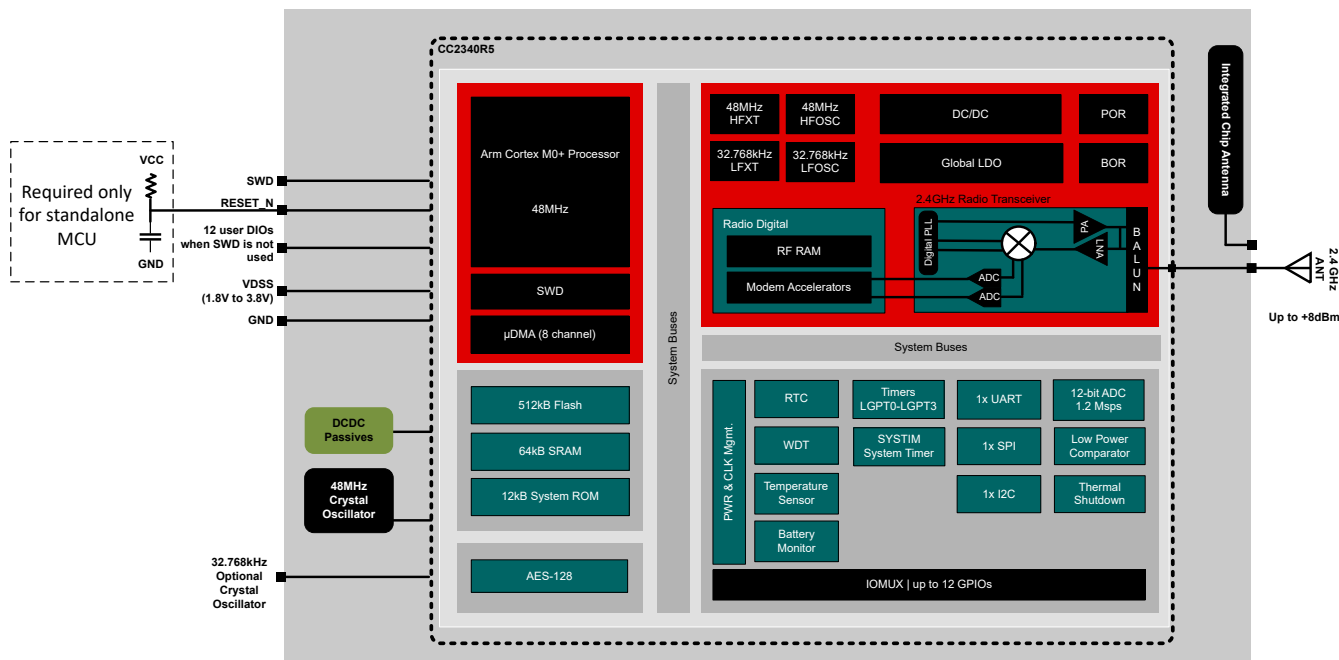


図 4-1. CC2340R5MODA のブロック図

目次

1 特長	1	8.6 タイマ.....	41
2 アプリケーション	2	8.7 シリアル ペリフェラルと I/O.....	42
3 説明	2	8.8 バッテリと温度の監視.....	43
4 機能ブロック図	3	8.9 μ DMA.....	43
5 デバイスの比較	5	8.10 デバッグ.....	43
6 ピン構成および機能	6	8.11 パワー マネージメント.....	44
6.1 ピン配置図.....	6	8.12 クロック システム.....	45
6.2 信号の説明.....	8	8.13 ネットワーク プロセッサ.....	45
6.3 未使用ピンおよびモジュールの接続.....	11	8.14 デバイスの認証と認定.....	46
7 仕様	12	8.15 モジュールのマーキング.....	49
7.1 絶対最大定格.....	12	8.16 最終製品のラベリング.....	49
7.2 ESD 定格.....	12	8.17 エンド ユーザー向けマニュアルに関する情報.....	49
7.3 推奨動作条件.....	12	9 アプリケーション、実装、およびレイアウト	50
7.4 DCDC.....	12	9.1 代表的なアプリケーション回路.....	50
7.5 グローバル LDO (GLDO).....	13	9.2 デバイスの接続.....	51
7.6 電源およびモジュール.....	13	9.3 PCB のレイアウト ガイドライン.....	52
7.7 バッテリ モニタ.....	13	9.4 リファレンス デザイン.....	55
7.8 温度センサ.....	13	10 環境要件と SMT 仕様	57
7.9 消費電力 — 電力モード.....	14	10.1 PCB の曲げ.....	57
7.10 消費電力 - 無線モード.....	15	10.2 取り扱い環境.....	57
7.11 不揮発性 (フラッシュ) メモリ.....	15	10.3 保存条件.....	57
7.12 熱抵抗特性.....	15	10.4 PCB アセンブリ ガイド.....	57
7.13 RF 周波数帯域.....	16	10.5 ベーキング条件.....	58
7.14 Bluetooth Low Energy - 受信 (RX).....	17	10.6 SMT に関する推奨事項.....	59
7.15 Bluetooth Low Energy - 送信 (TX).....	20	11 デバイスおよびドキュメントのサポート	60
7.16 2.4GHz RX/TX CW.....	21	11.1 デバイスの項目表記.....	60
7.17 タイミングおよびスイッチング特性.....	21	11.2 ツールとソフトウェア.....	60
7.18 ペリフェラルのスイッチング特性.....	22	11.3 ドキュメントのサポート.....	62
7.19 代表的特性.....	31	11.4 サポート・リソース.....	62
8 詳細説明	39	11.5 商標.....	63
8.1 概要.....	39	11.6 静電気放電に関する注意事項.....	63
8.2 システム CPU.....	39	11.7 用語集.....	63
8.3 無線 (RF コア).....	39	12 改訂履歴	63
8.4 メモリ.....	40	13 メカニカル、パッケージ、および注文情報	64
8.5 暗号化.....	41		

5 デバイスの比較

モジュール	アンテナ		無線サポート			認証						FLASH (KB)	RAM + キャッシュ (KB)	GPIO	パッケージサイズ			
	外部	統合	Bluetooth® LE	ZigBee	+10dBm PA	FCC/IC	CE	RER (英国)	日本	韓国	台湾				7 x 7 QFM (73)	7 x 7 QFM (59)	16.9 x 11.0 QFM (29)	7 x 10 MHA (24)
CC2340R5MODA	X	X	X			X	X	X	X	X	X	512	64	12				X
CC2650MODA		X	X	X		X	X		X			128	20 + 8	15			X	
CC2651R3SIPA	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	352	32 + 8	32		X		
CC2652RSIP	X		X	X		X	X	X				352	80 + 8	32	X			
CC2652PSIP	X		X	X	X	X	X	X				352	80 + 8	30	X			

6 ピン構成および機能

6.1 ピン配置図

6.1.1 ピン配置図 — MHA パッケージ (上面図)

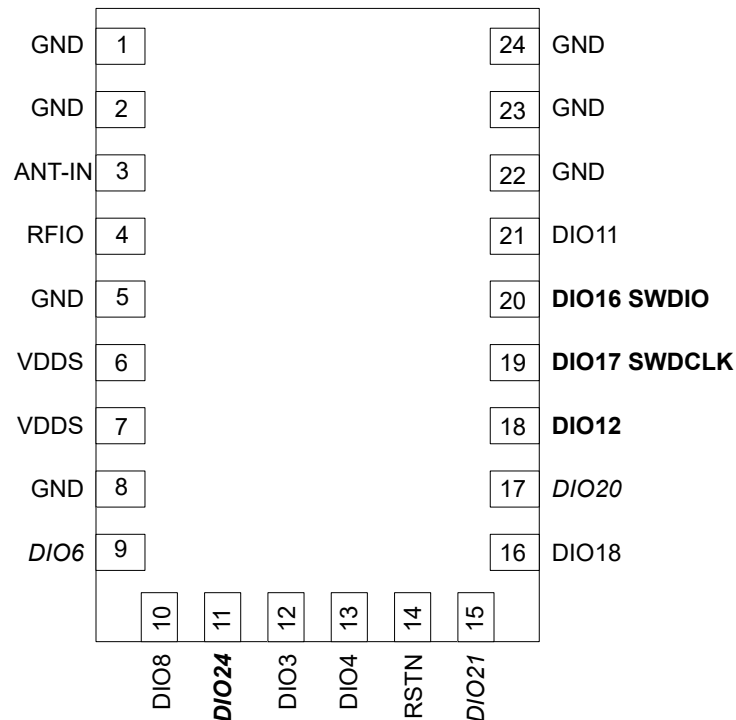


図 6-1. ピン配置図 — MHA パッケージ (上面図)

ピン配置図 — MHA パッケージ (上面図) に太字 で示されている次の I/O ピンは、高ドライブ能力を備えています。

- ピン 18、DIO12
- ピン 20、DIO16_SWDIO
- ピン 19、DIO17_SWDCK
- ピン 11、DIO24_A7

ピン配置図 — MHA パッケージ (上面図) に傾体で示されている次の I/O ピンは、アナログ能力を備えています。

- ピン 17、DIO20_A11
- ピン 15、DIO21_A10
- ピン 11、DIO24_A7
- ピン 9、DIO6_A1

表 6-1. ピン属性 (MHA パッケージ)

ピン番号	信号名	ピン名	MUX エンコード	信号のタイプ
3	ANT-IN	ANT-IN		RF
10	DIO8	GPIO8	0	I/O
		SPI0SCLK	1	I/O
		UART0RTS	2	I/O
		T1C0N	3	I/O
		I2C0SDA	4	I/O
		T0C0N	5	I/O
		DTB3	7	I/O

表 6-1. ピン属性 (MHA パッケージ) (続き)

ピン番号	信号名	ピン名	MUX エンコード	信号のタイプ
21	DIO11	GPIO11	0	I/O
		SPI0CSN	1	I/O
		T1C2N	2	I/O
		T0C0	3	I/O
		LRFD0	4	I/O
		SPI0POCI	5	I/O
		DTB9	7	I/O
18	DIO12	GPIO12	0	I/O
		SPI0POCI	1	I/O
		SPI0PICO	2	I/O
		UART0RXD	3	I/O
		T1C1	4	I/O
		I2C0SDA	5	I/O
		DTB13	7	I/O
20	DIO16_SWDIO	GPIO16	0	I/O
		SPI0PICO	1	I/O
		UART0RXD	2	I/O
		I2C0SDA	3	I/O
		T1C2	4	I/O
		T1C0N	5	I/O
		DTB10	7	I/O
19	DIO17_SWDCK	GPIO17	0	I/O
		SPI0SCLK	1	I/O
		UART0TXD	2	I/O
		I2C0SCL	3	I/O
		T1C1N	4	I/O
		T0C2	5	I/O
		DTB11	7	I/O
16	DIO18	GPIO18	0	I/O
		T3C0	1	I/O
		LPC0	2	I/O
		UART0TXD	3	I/O
		SPI0SCLK	4	I/O
		DTB12	7	I/O
17	DIO20_A11	GPIO20	0	I/O
		LPC0	1	I/O
		UART0TXD	2	I/O
		UART0RXD	3	I/O
		T1C0	4	I/O
		SPI0POCI	5	I/O
		ANA11	6	アナログ
15	DIO21_A10	DTB14	7	I/O
		GPIO21	0	I/O
		UART0CTS	1	I/O
		T1C1N	2	I/O
		T0C1	3	I/O
		SPI0POCI	4	I/O
		LRFD1	5	I/O
		ANA10	6	アナログ
		DTB15	7	I/O

表 6-1. ピン属性 (MHA パッケージ) (続き)

ピン番号	信号名	ピン名	MUX エンコード	信号のタイプ
11	DIO24_A7	GPIO24	0	I/O
		SPI0SCLK	1	I/O
		T1C0	2	I/O
		T3C0	3	I/O
		T0PE	4	I/O
		I2C0SCL	5	I/O
		ANA7	6	アナログ
		DTB5	7	I/O
12	DIO3_X32P	GPIO3	0	I/O
		LFCI	1	I/O
		T0C1N	2	I/O
		LRFD0	3	I/O
		T3C1	4	I/O
		T1C2	5	I/O
		LFXT_P	6	I/O
		DTB7	7	I/O
13	DIO4_X32N	GPIO4	0	I/O
		T0C2N	1	I/O
		UART0TXD	2	I/O
		LRFD1	3	I/O
		SPI0PICO	4	I/O
		T0C2	5	I/O
		LFXT_N	6	I/O
		DTB8	7	I/O
9	DIO6_A1	GPIO6	0	I/O
		SPI0CSN	1	I/O
		I2C0SCL	2	I/O
		T1C2	3	I/O
		LRFD2	4	I/O
		UART0TXD	5	I/O
		ANA1	6	アナログ
		DTB6	7	I/O
1、2、22、23、24、5、8	GND	GND		GND
4	RFIO	RFIO		RF
14	RSTN	RSTN		I/O
6、7	VDDS	VDDS		PWR

6.2 信号の説明

表 6-2. アナログ出力信号の説明

信号名	ピンの種類	信号の方向	説明	MHA ピン
ANA1	アナログ	I	ADC 基準電圧 (正端子) または ADC チャンネル 1 入力	9
ANA7	アナログ	I	低消費電力コンパレータ入力 (正または負端子)/ADC チャンネル 7 入力	11
ANA10	アナログ	I	低消費電力コンパレータ入力 (正端子)/ADC チャンネル 10 入力	15
ANA11	アナログ	I	ADC チャンネル 11 入力	17

表 6-3. クロック信号の説明

信号名	ピンの種類	信号の方向	説明	MHA ピン
LFCI	I/O	I	低周波数クロック入力 (ピンからの LFXT バイパス クロック)	12
LFXT_N	I/O	I	32kHz 水晶発振器ピン 2	13

表 6-3. クロック信号の説明 (続き)

信号名	ピンの種類	信号の方向	説明	MHA ピン
LFXT_P	I/O	I	32kHz 水晶発振器ピン 1	12

表 6-4. DTB 信号の説明

信号名	ピンの種類	信号の方向	説明	MHA ピン
DTB3	I/O	O	デジタル テスト バス出力 3	10
DTB5	I/O	O	デジタル テスト バス出力 5	11
DTB6	I/O	O	デジタル テスト バス出力 6	9
DTB7	I/O	O	デジタル テスト バス出力 7	12
DTB8	I/O	O	デジタル テスト バス出力 8	13
DTB9	I/O	O	デジタル テスト バス出力 9	21
DTB10	I/O	O	デジタル テスト バス出力 10	20
DTB11	I/O	O	デジタル テスト バス出力 11	19
DTB12	I/O	O	デジタル テスト バス出力 12	16
DTB13	I/O	O	デジタル テスト バス出力 13	18
DTB14	I/O	O	デジタル テスト バス出力 14	17
DTB15	I/O	O	デジタル テスト バス出力 15	15

表 6-5. GPIO 信号の説明

信号名	ピンの種類	信号の方向	説明	MHA ピン
GPIO3	I/O	I/O	汎用入出力	12
GPIO4	I/O	I/O	汎用入出力	13
GPIO6	I/O	I/O	汎用入出力	9
GPIO8	I/O	I/O	汎用入出力	10
GPIO11	I/O	I/O	汎用入出力	21
GPIO12	I/O	I/O	汎用入出力	18
GPIO16	I/O	I/O	汎用入出力	20
GPIO17	I/O	I/O	汎用入出力	19
GPIO18	I/O	I/O	汎用入出力	16
GPIO20	I/O	I/O	汎用入出力	17
GPIO21	I/O	I/O	汎用入出力	15
GPIO24	I/O	I/O	汎用入出力	11

表 6-6. デバイスのグランド

信号名	ピンの種類	信号の方向	説明	MHA ピン
GND	GND	該当なし	グランド	1、2、22、23、24、5、8

表 6-7. I2C 信号の説明

信号名	ピンの種類	信号の方向	説明	MHA ピン
I2C0SCL	I/O	I/O	I2C0 クロック	11、19、9
I2C0SDA	I/O	I/O	I2C0 データ	10、18、20

表 6-8. 低消費電力コンパレータ出力信号の説明

信号名	ピンの種類	信号の方向	説明	MHA ピン
LPCO	I/O	O	低消費電力コンパレータ出力	16、17

表 6-9. デバイス電源

信号名	ピンの種類	信号の方向	説明	MHA ピン
VDDS	PWR	該当なし	1.71V ~ 3.8V を供給	6、7

表 6-10. リセット信号の説明

信号名	ピンの種類	信号の方向	説明	MHA ピン
RSTN	I/O	I	グローバル メイン デバイス リセット (アクティブ Low)	14

表 6-11. 無線デジタル出力信号の説明

信号名	ピンの種類	信号の方向	説明	MHA ピン
LRFD0	I/O	O	無線コア出力 0	12、21
LRFD1	I/O	O	無線コア出力 1	13、15
LRFD2	I/O	O	無線コア出力 2	9

表 6-12. RF ポート

信号名	ピンの種類	信号の方向	説明	MHA ピン
ANT-IN	RF	I/O	内蔵アンテナ用接続	3
RFIO	RF	I/O	50Ω RF ポート	4

表 6-13. SPI 信号の説明

信号名	ピンの種類	信号の方向	説明	MHA ピン
SPI0CSN	I/O	I/O	SPI0 チップ セレクト	21、9
SPI0PICO	I/O	I/O	SPI0 ペリフェラル入力コントローラ出力	13、18、20
SPI0POCI	I/O	I/O	SPI0 ペリフェラル出力コントローラ入力	15、17、18、21
SPI0SCLK	I/O	I/O	SPI0 クロック	10、11、16、19

表 6-14. タイマのキャプチャまたは比較信号の説明

信号名	ピンの種類	信号の方向	説明	MHA ピン
T0C0	I/O	I/O	タイマ 0 からキャプチャまたは比較 0	21
T0C1	I/O	I/O	タイマ 0 からキャプチャまたは比較 1	15
T0C2	I/O	I/O	タイマ 0 からキャプチャまたは比較 2	13、19
T1C0	I/O	I/O	タイマ 1 からキャプチャまたは比較 0	11、17
T1C1	I/O	I/O	タイマ 1 からキャプチャまたは比較 1	18
T1C2	I/O	I/O	タイマ 1 からキャプチャまたは比較 2	12、20、9
T3C0 ⁽¹⁾	I/O	I/O	タイマ 3 からキャプチャまたは比較 0	11、16
T3C1	I/O	I/O	タイマ 3 からキャプチャまたは比較 1	12

(1) タイマ 3 は CC2340R21 では使用できません。

表 6-15. タイマ相補出力信号の説明

信号名	ピンの種類	信号の方向	説明	MHA ピン
T0CON	I/O	O	タイマ 0 からの相補比較または PWM 出力 0	10

表 6-15. タイマ相補出力信号の説明 (続き)

信号名	ピンの種類	信号の方向	説明	MHA ピン
T0C1N	I/O	O	タイマ 0 からの相補比較または PWM 出力 1	12
T0C2N	I/O	O	タイマ 0 からの相補比較または PWM 出力 2	13
T1C0N	I/O	O	タイマ 1 からの相補比較または PWM 出力 0	10、20
T1C1N	I/O	O	タイマ 1 からの相補比較または PWM 出力 1	15、19
T1C2N	I/O	O	タイマ 0 からの相補比較または PWM 出力 2	21

表 6-16. タイマ プリスケアラ イベント信号の説明

信号名	ピンの種類	信号の方向	説明	MHA ピン
T0PE	I/O	O	タイマ 0 からのプリスケアラ イベント出力	11

表 6-17. UART 信号の説明

信号名	ピンの種類	信号の方向	説明	MHA ピン
UART0CTS	I/O	I	UART0 CTS (Clear to Send) 入力 (アクティブ Low)	15
UART0RTS	I/O	O	UART0 RTS (Request to Send) (アクティブ Low)	10
UART0RXD	I/O	I	UART0 受信データ	17、18、20
UART0TXD	I/O	O	UART0 送信データ	13、16、17、19、9

6.3 未使用ピンおよびモジュールの接続

表 6-18. 未使用ピンの接続

FUNCTION	信号名	許容される処置 ⁽¹⁾	好ましい方法 ⁽¹⁾
GPIO (デジタル)	DIO _n	NC、GND、または VDD _S	NC
SWD	DIO16_SWDIO	NC、GND、または VDD _S	NC または VDD _S
	DIO17_SWDCCK	NC、GND、または VDD _S	NC または GND
GPIO (デジタルまたはアナログ)	DIO _n _An	NC、GND、または VDD _S	NC
32.768-kHz 水晶振動子	DIO3_X32P	NC または GND	NC
	DIO4_X32N		

(1) NC = 接続なし

7 仕様

7.1 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)}

		最小値	最大値	単位
V _{DD}	電源電圧	-0.3	4.1	V
	デジタルピンの電圧 ⁽³⁾	-0.3	V _{DD} + 0.3、最大 4.1	V
	水晶発振器ピンの電圧 X48P および X48N	-0.3	1.24	V
V _{in_adc}	ADC 入力での電圧	0	V _{DD}	V
	入力レベル、RF ピン		5	dBm
T _{stg}	保存温度	-40	150	°C

- (1) 「絶対最大定格」の範囲外の動作は、デバイスの永続的な損傷の原因となる可能性があります。「絶対最大定格」は、これらの条件において、または「推奨動作条件」に示された値を超える他のいかなる条件でも、本製品が正しく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」の範囲内であっても「推奨動作条件」の範囲外で使用すると、デバイスが完全に機能しない可能性があり、デバイスの信頼性、機能、性能に影響を及ぼし、デバイスの寿命を縮める可能性があります。
- (2) すべての電圧値は、特に記述のない限り、グラウンド端子を基準とします。
- (3) このために、アナログ対応 DIO が含まれます

7.2 ESD 定格

				値	単位
MHA パッケージ					
V _{ESD}	静電放電	人体モデル (HBM)、ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 に準拠 ^{(1) (3)}	すべてのピン	±1000	V
		デバイス帯電モデル (CDM)、ANSI/ESDA/JEDEC JS-002 準拠 ⁽²⁾	すべてのピン	±500	V

- (1) JEDEC ドキュメント JEP155 には、500V HBM であれば標準的な ESD 管理プロセスにより安全な製造が可能であると記載されています
- (2) JEDEC のドキュメント JEP157 には、250V CDM であれば標準的な ESD 制御プロセスにより安全な製造が可能であると記載されています。
- (3) ESD 定格は、CC2340R53E0YBGR をベースにしています

7.3 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	最大値	単位
動作時周囲温度 ^{(1) (2)}	-40	85	°C
動作時接合部温度 ^{(1) (2)}	-40	85	°C
動作電源電圧 (V _{DD})	1.71	3.8	V
立ち上がり電源電圧のスロー レート	0	100	mV/μs
立ち下がり電源電圧のスロー レート ⁽³⁾	0	1	mV/μs

- (1) 最大動作温度またはそれに近い温度で長時間動作させると、寿命が短縮されます。
- (2) 熱抵抗の詳細については、このドキュメントの「熱抵抗特性」表を参照してください。
- (3) 小型のコイン電池の場合、考えられる限り最悪の事態の等価ソース抵抗が大きいため、このスロー レートに確実に準拠するために、10μF V_{DD} 入力コンデンサを使用する必要があります。

7.4 DCDC

特に記述のない限り、T_c = 25°C および DCDC イネーブルの LP-EM-CC2340R5MODA リファレンス デザインで測定されています。

パラメータ	テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
DCDC 動作に必要な V _{DD} 電源電圧 ^{(1) (2)}		2.2	3.0	3.8	V

- (1) 電源電圧が DCDC 動作最小電圧を下回ると、デバイスは自動的にオンチップ GLDO レギュレータを使用するように遷移します。
- (2) V_{DD} 電圧レールには、10μH および 10μF の負荷コンデンサが必要です。それらは DCDC 出力ピンの近くに配置する必要があります。

7.5 グローバル LDO (GLDO)

LP-EM-CC2340R5MODA リファレンス デザイン、 $T_c = 25^\circ\text{C}$ で測定された場合。

パラメータ	テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
GLDO 動作に必要な VDDS 電源電圧 ⁽¹⁾		1.71	3.0	3.8	V

(1) VDDR ピンには、10 μF コンデンサを推奨します。

7.6 電源およびモジュール

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	テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
VDDS_BOD					
トリムされたブラウンアウト立ち上がりスレッシュホルド ⁽¹⁾			1.68		V
トリムされたブラウンアウト立ち下がりスレッシュホルド ⁽¹⁾			1.67		V
POR					
パワーオン リセットのパワーアップ レベル			1.5		V
パワーオン リセットのパワーダウン レベル			1.45		V

(1) ブラウン アウト検出器は初期ブート時にトリムされ、POR リセットまたは RSTN ピンによってデバイスがリセットされるまでの間、値が保持されます。

7.7 バッテリ モニタ

特に記述のない限り、 $T_c = 25^\circ\text{C}$ の LP-EM-CC2340R5MODA リファレンス デザインで測定されています。

パラメータ	テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
分解能			22		mV
範囲		1.71		3.8	V
精度	VDDS = 3.0V		30		mV

7.8 温度センサ

特に記述のない限り、 $T_c = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{\text{DDS}} = 3.0\text{V}$ の LP-EM-CC2340R5MODA リファレンス デザインで測定されています。

パラメータ	テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
精度	$-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$		$\pm 10^{(1)}$		$^\circ\text{C}$

(1) レジスタからの Raw 出力。

7.9 消費電力 — 電力モード

特に記述のない限り、 $T_c = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{DD5} = 3.0\text{V}$ 、DCDC がイネーブル、GLDO がディスエーブルの条件で、LP-EM-CC2340R5MODA リファレンス デザインで測定。

パラメータ	テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
DCDC によるコア消費電流					
I_{core}	アクティブ マイコンが CoreMark をフラッシュから実行中 (48MHz、)		2.6		mA
I_{core}	アクティブ MCU が CoreMark をフラッシュから実行中 (48MHz、)		53		$\mu\text{A}/\text{MHz}$
I_{core}	アイドル 電源システムおよび RAM が動作中、フラッシュがディスエーブル、DMA がディスエーブル、		0.8		mA
I_{core}	アイドル 電源システムおよび RAM が動作中、フラッシュがディスエーブル、DMA がイネーブル、		0.8		mA
I_{core}	アイドル 電源システムおよび RAM が動作中、フラッシュがイネーブル、DMA がディスエーブル、		1.1		mA
I_{core}	アイドル 電源システムと RAM が動作中、フラッシュがイネーブル、DMA がイネーブル		1.2		mA
I_{core}	スタンバイ RTC 動作中、フル RAM リテンション LFOSC、DCDC の再充電電流設定 ($i_{\text{peak}} = 1$)		0.71		μA
I_{core}	スタンバイ RTC 動作中、フル RAM リテンション LFXT、DCDC 再充電電流設定 ($i_{\text{peak}} = 1$)		0.74		μA
GLDO によるコア消費電流					
I_{core}	アクティブ マイコンが 48MHz の		4.1		mA
I_{core}	アイドル 電源システムおよび RAM が動作中、フラッシュがディスエーブル、DMA がディスエーブル、		1.2		mA
I_{core}	アイドル 電源システムおよび RAM が動作中、フラッシュがディスエーブル、DMA がイネーブル、		1.3		mA
I_{core}	アイドル 電源システムおよび RAM が動作中、フラッシュがイネーブル、DMA がディスエーブル、		1.5		mA
I_{core}	アイドル 電源システムおよび RAM が動作中、フラッシュがイネーブル、DMA がイネーブル、		1.7		mA
I_{core}	スタンバイ RTC 動作中、フル RAM リテンション LFOSC、デフォルトの GLDO 再充電電流設定		1.1		μA
I_{core}	スタンバイ RTC 動作中、フル RAM リテンション LFXT、デフォルトの GLDO 再充電電流設定		1.15		μA
リセット、シャットダウン時の消費電流					
I_{core}	リセット リセット: RSTN ピンがアサートされるか、VDD5 がパワーオン リセット スレッシュホールドを下回っています		165		nA
I_{core}	シャットダウン 定常状態でシャットダウンを測定。動作中クロックなし、保持なし、IO ウェークアップがイネーブル		165		nA
ペリフェラルの消費電流					
I_{peri}	RF デルタ電流、クロックがイネーブル、RF サブシステムはアイドル状態		40		μA
I_{peri}	タイマ クロックがイネーブルのときのデルタ電流、モジュールがアイドル状態、1 つの LGPT タイマ		2.4		μA
I_{peri}	I2C デルタ電流クロックがイネーブルの場合、モジュールはアイドル状態です		10.6		μA
I_{peri}	SPI デルタ電流クロックがイネーブルの場合、モジュールはアイドル状態です		3.4		μA
I_{peri}	UART デルタ電流クロックがイネーブルの場合、モジュールはアイドル状態です		24.5		μA
I_{peri}	暗号化 (AES) デルタ電流クロックがイネーブルの場合、モジュールはアイドル状態です		3.8		μA

7.10 消費電力 - 無線モード

LP-EM-CC2340R5MODA リファレンス デザインで測定した場合: $T_C = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{DD5} = 3.0\text{V}$ 、DCDC イネーブル (特に記述のない限り)。

パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
I_{RX}	無線受信電流	2440MHz、1Mbps、GFSK、システム バス オフ ⁽¹⁾		5.5		mA
I_{RX}	無線受信電流	2440MHz、1Mbps、GFSK、DCDC オフ、システム バス オフ ⁽¹⁾		9		mA
I_{TX}	無線送信電流	-8dBm 出力電力設定 2440MHz システム バス オフ ⁽¹⁾		4.5		mA
I_{TX}	無線送信電流	0dBm 出力電力設定 2440MHz システム バス オフ ⁽¹⁾		5.1		mA
I_{TX}	無線送信電流	0dBm 出力電力設定 2440MHz DCDC オフ、システム バス オフ ⁽¹⁾		9.0		mA
I_{TX}	無線送信電流	+4dBm 出力電力設定 2440MHz システム バス オフ ⁽¹⁾		7.9		mA
I_{TX}	無線送信電流	+6dBm 出力電力設定 2440MHz システム バス オフ ⁽¹⁾		8.9		mA
I_{TX}	無線送信電流	-8dBm 出力電力設定 2440MHz システム バス オフ ⁽¹⁾		10.7		mA
I_{TX}	無線送信電流	+8dBm 出力電力設定 2440MHz DCDC オフ、システム バス オフ ⁽¹⁾		19		mA

(1) システム バスがオフとは、デバイスのアイドル モード、DMA ディスエーブル、フラッシュ ディスエーブルを指しています。

7.11 不揮発性 (フラッシュ) メモリ特性

自由気流での動作温度範囲内、 $V_{DD5} = 3.0\text{V}$ (特に記述のない限り)

パラメータ	テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
フラッシュ セクタ サイズ			2		KB
故障前、バンク全体でフラッシュ消去サイクルをサポート ^{(1) (2)}		30			k サイクル
障害発生前のフラッシュ消去サイクルをサポート、単一セクタ ⁽³⁾		60			k サイクル
セクタ消去までの行あたりの書き込み動作の最大数 ⁽⁴⁾				83	書き込み動作
フラッシュ保持	85°C	11.4			年
フラッシュ セクタの消去電流	平均デルタ電流		1.2		mA
フラッシュ セクタの消去時間 ⁽⁵⁾	0 消去サイクル		2.2		ms
フラッシュ書き込み電流	平均デルタ電流、一度にフル セクタ		1.7		mA
フラッシュの書き込み時間 ⁽⁵⁾	一度にフル セクタ (2kB) を処理、0 消去サイクル		8.3		ms

- (1) バンクの完全消去は、各セクタで 1 つの消去サイクルとしてカウントされます。
- (2) 消去またはプログラム モード中にフラッシュを中止することは、安全な動作ではありません。
- (3) 最大 16 つの顧客指定セクタを個別に消去でき、30K サイクルのベースライン バンク制限を超えてさらに 30K 回消去できます
- (4) 各ワードラインの幅は 2048 ビット (または 256 バイト) です。この制限は、ワードライン全体の 1 回の書き込みあたり最小 4 (3.1) バイトのシーケンシャル メモリ書き込みに対応します。同じワード線への追加書き込みが必要な場合、行あたりの書き込み動作の最大回数に達すると、セクタ消去が必要です。
- (5) この値はフラッシュの経年劣化に依存し、時間の経過および消去サイクルの経過とともに増加します

7.12 熱抵抗特性

熱評価基準	熱評価基準	パッケージ	単位 ⁽¹⁾
		MHA	
		26 ピン	
R _{θJA}	接合部から周囲への熱抵抗	58.0	°C/W
R _{θJC(top)}	接合部からケース (上面) への熱抵抗	61.6	°C/W
R _{θJB}	接合部から基板への熱抵抗	30.5	°C/W
Ψ _{JT}	接合部から上面への特性パラメータ	23.7	°C/W

熱評価基準	熱評価基準	パッケージ	単位 ⁽¹⁾
		MHA	
		26 ピン	
Ψ_{JB}	接合部から基板への特性パラメータ	30.4	°C/W

(1) °C/W = 摂氏温度 / ワット。

7.13 RF 周波数帯域

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
周波数帯域	2360		2510	MHz

7.14 Bluetooth Low Energy - 受信 (RX)

LP-EM-CC2340R5MODA リファレンス デザイン、 $T_c = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{DD5} = 3.0\text{V}$ 、 $f_{RF} = 2440\text{MHz}$ 、DCDC イネーブルで測定されたものです (特に記述のない限り)。すべての測定は、RX パスと TX パスを組み合わせたアンテナ入力で行われます。すべての測定が行われます。

パラメータ	テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
125kbps (LE 符号化)					
レシーバ感度	$\text{BER} = 10^{-3}$		-102		dBm
レシーバの飽和	$\text{BER} = 10^{-3}$		5		dBm
周波数許容誤差	受信キャリア周波数と内部で生成されるキャリア周波数の差。		$> (-250/250)^{(1)}$		kHz
データレート許容誤差	受信データレートと内部で生成されるデータレートの差 (37 バイト パケット)。		$> (-90/90)^{(1)}$		ppm
データレート許容誤差	受信データレートと内部で生成されるデータレートの差 (255 バイト パケット)。		$> (-90/90)^{(1)}$		ppm
同一チャネル除去 ⁽²⁾	必要な信号: -79dBm、チャネル内の変調干渉、 $\text{BER} = 10^{-3}$		-6		dB
選択性、 $\pm 1\text{MHz}^{(2)}$	必要な信号: -79dBm、 $\pm 1\text{MHz}$ での変調干渉、 $\text{BER} = 10^{-3}$		9/5 ⁽³⁾		dB
選択性、 $\pm 2\text{MHz}^{(2)}$	必要な信号: -79dBm、 $\pm 2\text{MHz}$ での変調干渉、 $\text{BER} = 10^{-3}$		44/31 ⁽³⁾		dB
選択性、 $\pm 3\text{MHz}^{(2)}$	必要な信号: -79dBm、 $\pm 3\text{MHz}$ での変調干渉、 $\text{BER} = 10^{-3}$		47/42 ⁽³⁾		dB
選択性、 $\pm 4\text{MHz}^{(2)}$	必要な信号: -79dBm、 $\pm 4\text{MHz}$ での変調干渉、 $\text{BER} = 10^{-3}$		49/45 ⁽³⁾		dB
選択性、 $\pm 6\text{MHz}^{(2)}$	必要な信号: -79dBm、 $\geq \pm 6\text{MHz}$ での変調干渉、 $\text{BER} = 10^{-3}$		52/48 ⁽³⁾		dB
選択性、 $\pm 7\text{MHz}$	必要な信号: -79dBm、 $\geq \pm 7\text{MHz}$ での変調干渉、 $\text{BER} = 10^{-3}$		54/49 ⁽³⁾		dB
選択性、イメージ周波数 ⁽²⁾	必要な信号: -79dBm、イメージ周波数での変調干渉、 $\text{BER} = 10^{-3}$		31		dB
選択性、イメージ周波数 $\pm 1\text{MHz}^{(2)}$	イメージ周波数 +1MHz は同一チャネル -1MHz であることに注意してください。必要な信号 -79dBm、イメージ周波数から $\pm 1\text{MHz}$ での変調干渉、 $\text{BER} = 10^{-3}$		5/42 ⁽³⁾		dB
500kbps (LE 符号化)					
レシーバ感度	$\text{BER} = 10^{-3}$		-99		dBm
レシーバの飽和	$\text{BER} = 10^{-3}$		5		dBm
周波数許容誤差	受信キャリア周波数と内部で生成されるキャリア周波数の差		$> (-250/250)^{(1)}$		kHz
データレート許容誤差	受信データレートと内部で生成されるデータレートの差 (37 バイト パケット)。		$> (-90/90)^{(1)}$		ppm
データレート許容誤差	受信データレートと内部で生成されるデータレートの差 (255 バイト パケット)		$> (-90/90)^{(1)}$		ppm
同一チャネル除去 ⁽²⁾	必要な信号 -72dBm、チャネル内の変調干渉、 $\text{BER} = 10^{-3}$		-4.5		dB
選択性、 $\pm 1\text{MHz}^{(2)}$	必要な信号: -72dBm、 $\pm 1\text{MHz}$ での変調干渉、 $\text{BER} = 10^{-3}$		9/5 ⁽³⁾		dB
選択性、 $\pm 2\text{MHz}^{(2)}$	必要な信号: -72dBm、 $\pm 2\text{MHz}$ での変調干渉、 $\text{BER} = 10^{-3}$		42/31 ⁽³⁾		dB
選択性、 $\pm 3\text{MHz}^{(2)}$	必要な信号: -72dBm、 $\pm 3\text{MHz}$ での変調干渉、 $\text{BER} = 10^{-3}$		45/41 ⁽³⁾		dB
選択性、 $\pm 4\text{MHz}^{(2)}$	必要な信号: -72dBm、 $\pm 4\text{MHz}$ での変調干渉、 $\text{BER} = 10^{-3}$		46/42 ⁽³⁾		dB
選択性、 $\pm 6\text{MHz}^{(2)}$	必要な信号: -72dBm、 $\geq \pm 6\text{MHz}$ での変調干渉、 $\text{BER} = 10^{-3}$		50/45 ⁽³⁾		dB
選択性、 $\pm 7\text{MHz}$	必要な信号: -72dBm、 $\geq \pm 7\text{MHz}$ での変調干渉、 $\text{BER} = 10^{-3}$		51/46 ⁽³⁾		dB
選択性、イメージ周波数 ⁽²⁾	必要な信号: -72dBm、イメージ周波数での変調干渉、 $\text{BER} = 10^{-3}$		31		dB
選択性、イメージ周波数 $\pm 1\text{MHz}^{(2)}$	イメージ周波数 +1MHz は同一チャネル -1MHz であることに注意してください。必要な信号 -72dBm、イメージ周波数から $\pm 1\text{MHz}$ での変調干渉、 $\text{BER} = 10^{-3}$		5/41 ⁽³⁾		dB
1Mbps (LE 1M)					
レシーバ感度	$\text{BER} = 10^{-3}$		-96.5		dBm
レシーバの飽和	$\text{BER} = 10^{-3}$		5		dBm
周波数許容誤差	受信キャリア周波数と内部で生成されるキャリア周波数の差。		$> (-250/250)^{(1)}$		kHz

LP-EM-CC2340R5MODA リファレンス デザイン、 $T_c = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{\text{DD}} = 3.0\text{V}$ 、 $f_{\text{RF}} = 2440\text{MHz}$ 、DCDC イネーブルで測定されたものです (特に記述のない限り)。すべての測定は、RX パスと TX パスを組み合わせたアンテナ入力で行われます。すべての測定が行われます。

パラメータ	テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
データレート許容誤差	受信データレートと内部で生成されるデータレートの差 (37 バイト パケット)。		$> (-90/90)^{(1)}$		ppm
同一チャンネル除去 ⁽²⁾	必要な信号: -67dBm 、チャンネル内の変調干渉、 $\text{BER} = 10^{-3}$		-6		dB
選択性、 $\pm 1\text{MHz}$ ⁽²⁾	必要な信号 -67dBm 、 $\pm 1\text{MHz}$ での変調干渉、 $\text{BER} = 10^{-3}$		7/5 ⁽³⁾		dB
選択性、 $\pm 2\text{MHz}$ ⁽²⁾	必要な信号 -67dBm 、 $\pm 2\text{MHz}$ での変調干渉、 $\text{BER} = 10^{-3}$		39/28 ⁽³⁾		dB
選択性、 $\pm 3\text{MHz}$ ⁽²⁾	必要な信号 -67dBm 、 $\pm 3\text{MHz}$ での変調干渉、 $\text{BER} = 10^{-3}$		38/38 ⁽³⁾		dB
選択性、 $\pm 4\text{MHz}$ ⁽²⁾	必要な信号 -67dBm 、 $\pm 4\text{MHz}$ での変調干渉、 $\text{BER} = 10^{-3}$		47/35 ⁽³⁾		dB
選択性、 $\pm 5\text{MHz}$ 以上 ⁽²⁾	必要な信号: -67dBm 、 $\geq \pm 5\text{MHz}$ での変調干渉、 $\text{BER} = 10^{-3}$		40		dB
選択性、イメージ周波数 ⁽²⁾	必要な信号: -67dBm 、イメージ周波数での変調干渉、 $\text{BER} = 10^{-3}$		28		dB
選択性、イメージ周波数 $\pm 1\text{MHz}$ ⁽²⁾	イメージ周波数 $+1\text{MHz}$ は同一チャンネル -1MHz であることに注意してください。必要な信号: -67dBm 、イメージ周波数から $\pm 1\text{MHz}$ での変調干渉、 $\text{BER} = 10^{-3}$		5/38 ⁽³⁾		dB
帯域外ブロッキング ⁽⁴⁾	30MHz ~ 2000MHz		-10		dBm
帯域外ブロッキング	2003MHz ~ 2399MHz		-10		dBm
帯域外ブロッキング	2484MHz ~ 2997MHz		-10		dBm
帯域外ブロッキング	3000MHz ~ 12.75GHz (VCO 周波数を除く)		-2		dBm
相互変調	必要な信号 2402MHz、 -64dBm 。2405MHz および 2408MHz に 2 つの干渉源、所定の電力レベル		-37		dBm
スプリアス発射、30 ~ 1000MHz ⁽⁵⁾	50Ω シングルエンド負荷で測定。		< -59		dBm
スプリアス発射、1 ~ 12.75GHz ⁽⁵⁾	50Ω シングルエンド負荷で測定。		< -47		dBm
RSSI ダイナミックレンジ ⁽⁶⁾			70		dB
RSSI の精度			± 4		dB
RSSI の分解能			1		dB
2Mbps (LE 2M)					
レシーバ感度	SMA コネクタで測定、 $\text{BER} = 10^{-3}$		-92		dBm
レシーバの飽和	SMA コネクタで測定、 $\text{BER} = 10^{-3}$		2		dBm
周波数許容誤差	受信キャリア周波数と内部で生成されるキャリア周波数の差		$> (-250/250)^{(1)}$		kHz
データレート許容誤差	受信データレートと内部で生成されるデータレートの差 (37 バイト パケット)		$> (-90/90)^{(1)}$		ppm
同一チャンネル除去 ⁽²⁾	必要な信号: -67dBm 、チャンネル内の変調干渉、 $\text{BER} = 10^{-3}$		-8		dB
選択性、 $\pm 2\text{MHz}$ ⁽²⁾	必要な信号: -67dBm 、 $\pm 2\text{MHz}$ での変調干渉、イメージ周波数: -2MHz 、 $\text{BER} = 10^{-3}$		9/5 ⁽³⁾		dB
選択性、 $\pm 4\text{MHz}$ ⁽²⁾	必要な信号 -67dBm 、 $\pm 4\text{MHz}$ での変調干渉、 $\text{BER} = 10^{-3}$		40/32 ⁽³⁾		dB
選択性、 $\pm 6\text{MHz}$ ⁽²⁾	必要な信号 -67dBm 、 $\pm 6\text{MHz}$ での変調干渉、 $\text{BER} = 10^{-3}$		42/38 ⁽³⁾		dB
選択性、イメージ周波数 ⁽²⁾	必要な信号: -67dBm 、イメージ周波数での変調干渉、 $\text{BER} = 10^{-3}$		5		dB
選択性、イメージ周波数 $\pm 2\text{MHz}$ ⁽²⁾	イメージ周波数 $+2\text{MHz}$ は同一チャンネルであることに注意してください。必要な信号 -67dBm 、イメージ周波数から $\pm 2\text{MHz}$ での変調干渉、 $\text{BER} = 10^{-3}$		-8/32 ⁽³⁾		dB
帯域外ブロッキング ⁽⁴⁾	30MHz ~ 2000MHz		-10		dBm
帯域外ブロッキング	2003MHz ~ 2399MHz		-10		dBm
帯域外ブロッキング	2484MHz ~ 2997MHz		-12		dBm
帯域外ブロッキング	3000MHz ~ 12.75 GHz (VCO 周波数を除く)		-10		dBm

LP-EM-CC2340R5MODA リファレンス デザイン、 $T_c = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{\text{DD}} = 3.0\text{V}$ 、 $f_{\text{RF}} = 2440\text{MHz}$ 、DCDC イネーブルで測定されたものです (特に記述のない限り)。すべての測定は、RX パスと TX パスを組み合わせたアンテナ入力で行われます。すべての測定が行われます。

パラメータ	テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
相互変調	必要な信号 2402MHz、-64dBm。2408 および 2414MHz に 2 つの干渉源、所定の電力レベル		-38		dBm

- (1) Bluetooth 仕様を超える実際の性能
- (2) I/C dB として与えられる数値
- (3) X/Y。ここで、X は +NMHz、Y は -NMHz です。
- (4) Bluetooth 仕様に準拠した $F_{\text{wanted}} / 2$ での 1 つの例外を除外
- (5) 国際的な無線周波数規制 ETSI EN 300 328 および EN 300 440 Class 2 (欧州)、FCC CFR47 Part 15 (米国)、および ARIB STD-T66 (日本) への準拠を目標とするシステムに好適
- (6) デバイスは -30dB で飽和。

7.15 Bluetooth Low Energy - 送信 (TX)

LP-EM-CC2340R5MODA リファレンス デザイン、 $T_c = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{\text{DDS}} = 3.0\text{V}$ 、 $f_{\text{RF}} = 2440\text{MHz}$ 、DCDC イネーブルで測定されたものです (特に記述のない限り)。すべての測定は、RX パスと TX パスを組み合わせたアンテナ入力で行われます。すべての測定が行われます。

パラメータ	テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
一般パラメータ					
最大出力電力	シングルエンドの 50Ω 負荷に内蔵バランを通じて供給		8		dBm
出力電力プログラマブル範囲	シングルエンドの 50Ω 負荷に内蔵バランを通じて供給		28		dB

7.16 2.4GHz RX/TX CW

LP-EM-CC2340R5MODA リファレンス デザイン、 $T_c = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{\text{DD5}} = 3.0\text{V}$ 、 $f_{\text{RF}} = 2440\text{MHz}$ 、DCDC イネーブルで測定されたものです (特に記述のない限り)。すべての測定は、RX パスと TX パスを組み合わせたアンテナ入力で行われます。すべての測定が行われます。

パラメータ	テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
スプリアス電磁波と高調波					
スプリアス放射 (1)	F < 1GHz、制限帯域外	+8dBm 設定	< -36		dBm
	f < 1GHz、制限帯域 ETSI		< -54		dBm
	f < 1GHz、制限帯域 FCC		< -55		dBm
	f > 1GHz、高調波を含む (ETSI)		< -30		dBm
高調波 (1)	2 次高調波		< -42		dBm
	3 次高調波		< -42		dBm

(1) 世界的な無線周波数規制 ETSI EN 300 328 および EN 300 440 クラス 2 (ヨーロッパ)、FCC CFR47 Part 15 (米国)、および ARIB STD-T66 (日本) への準拠をターゲットとするシステムに最適です。

7.17 タイミングおよびスイッチング特性

7.17.1 リセット タイミング

パラメータ	最小値	標準値	最大値	単位
RSTN Low 期間	1			μs

7.17.2 ウェークアップタイミング

自由気流温度での動作温度範囲内、 $V_{\text{DD5}} = 3.0\text{V}$ (特に記述のない限り)ここに記載されている時間には、ソフトウェアのオーバーヘッドは含まれていません (特に記述のない限り)。

パラメータ	テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
マイコン、リセット/シャットダウンからアクティブへ(1)	GLDO のデフォルト充電電流設定、VDDR コンデンサはフル充電 (2)	350-450			μs
マイコン、スタンバイからアクティブへ	マイコン、スタンバイからアクティブ (フラッシュからコードを実行する準備完了)。DCDC オン、デフォルトの再充電電流構成	33 ~ 43 (3)			μs
マイコン、スタンバイからアクティブへ	マイコン、スタンバイからアクティブ (フラッシュからコードを実行する準備完了)。GLDO ON、デフォルトの再充電電流設定のために	33 ~ 50 (3)			μs
マイコン、アイドルからアクティブへ	アイドル モードでフラッシュはイネーブル	3			μs
マイコン、アイドルからアクティブへ	アイドル モードでフラッシュがディスエーブル	14			μs

- (1) ウェイクアップ時間には、デバイスの ROM ブートコード実行時間が含まれます。ウェークアップ時間は、デバイスを起動するときの VDDR コンデンサの残り電荷量、およびデバイスがリセットまたはシャットダウン状態になってから再度起動するまでの時間に依存します。
- (2) これは、リセット/ シャットダウンからアクティブ状態への最短時間 (ROM ブートコードの実行時間を含む) を示しており、指定された GLDO の充電電流設定において、VDDR コンデンサが完全に充電されており、リセットおよびシャットダウン時に放電されない場合、つまりデバイスがリセット/ シャットダウン モードに非常に短時間しかとどまらない場合の値です
- (3) VDDR コンデンサ電圧レベルに依存します。

7.17.3 クロック仕様

7.17.3.1 48MHz の水晶発振器 (HFXT)

$T_c = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{\text{DD5}} = 3.0\text{V}$ (初期状態) で、外部メーカーの水晶振動子仕様に基づくパラメータを含め、48MHz 水晶発振子を内蔵したテキサス インストルメンツのリファレンス デザインで測定されています (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
	水晶周波数		48		MHz
起動時間	クロックが認証されるまで(1)		200		μs
	水晶振動子周波数の許容誤差(2)	-10		10	ppm

$T_c = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{DD5} = 3.0\text{V}$ (初期状態) で、外部メーカーの水晶振動子仕様に基づくパラメータを含め、48MHz 水晶発振子を内蔵したテキサス インストルメンツのリファレンス デザインで測定されています (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
	水晶の経年劣化 ⁽²⁾	-3		3	ppm/年
	内部コンデンサを調整するためのソフトウェア較正值		0x2A		16 進数値

- (1) TI から提供されるパワー ドライバを使用した起動時間。ドライバを使用しない場合、起動時間が長くなることがあります。
 (2) 外部メーカーの水晶振動子の仕様

7.17.3.2 48MHz の RC 発振器 (HFOSC)

特に記述のない限り、 $T_c = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{DD5} = 3.0\text{V}$ の LP-EM-CC2340R5MODA リファレンス デザインで測定されています。

	最小値	標準値	最大値	単位
周波数		48		MHz
キャリブレーションなしの周波数精度		± 3		%
較正済みの周波数精度 ⁽¹⁾		± 0.25		%

- (1) 較正源 (HFXT) に対する精度

7.17.3.3 32kHz の水晶発振器 (LFXT)

特に記述のない限り、 $T_c = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{DD5} = 3.0\text{V}$ の LP-EM-CC2340R5MODA リファレンス デザインで測定されています。

	最小値	標準値	最大値	単位
水晶周波数		32.768		kHz
水晶振動子の負荷容量をサポート	6		12	pF
ESR		30	100	k Ω

7.17.3.4 32kHz の RC 発振器 (LFOSC)

特に記述のない限り、 $T_c = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{DD5} = 3.0\text{V}$ の LP-EM-CC2340R5MODA リファレンス デザインで測定されています。

	最小値	標準値	最大値	単位
較正済みの周波数		32.768 ⁽¹⁾		kHz

- (1) LFOSC を低周波数システム クロック (LFCLK) のソースとして使用する場合、HFXT に対する LFOSC を測定し、RTC ティック速度を補償することで、LFCLK から派生したリアル タイム クロック (RTC) の精度を改善できます。この機能は、TI が提供するパワー ドライバから利用できます。

7.18 ペリフェラルのスイッチング特性

7.18.1 UART

7.18.1.1 UART の特性

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
	UART レート			3	MBaud

7.18.2 SPI

7.18.2.1 SPI の特性

TI SPI ドライバを使用、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	テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
fSCLK 1/tsclk	SPI クロック周波数	コントローラ モードおよびペリフェラル モード ⁽¹⁾ $2.7\text{V} \leq V_{DD5} < 3.8\text{V}$			12	MHz
		コントローラ モードおよびペリフェラル モード ⁽¹⁾ $V_{DD5} < 2.7\text{V}$			8	MHz

TI SPI ドライバを使用、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		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
DC _{SCK}	SCK のデューティ サイクル		45	50	55	%

(1) 理想的な SPI コントローラおよび SPI ペリフェラル デバイスとのインターフェイスを想定しています

7.18.2.2 SPI コントローラ モード

TI SPI ドライバを使用、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		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
t _{SCLK_H/L}	SCLK High または Low 時間		(t _{SPI} /2) - 1	t _{SPI} /2	(t _{SPI} /2) + 1	ns
t _{CS.LEAD}	CS 進み時間、CS アクティブからクロックまで		1			SCLK
t _{CS.LAG}	CS 遅れ時間、最後のクロックから CS 非アクティブまで		1			SCLK
t _{CS.ACC}	CS アクセス時間、CS アクティブから PICO データ出力まで				1	SCLK
t _{CS.DIS}	CS ディセーブル時間、CS 非アクティブから PICO 高インピーダンスまで				1	SCLK
t _{VALID.CO}	PICO 出力データの有効時間 (1)	SCLK エッジから PICO 有効まで、C _L = 20pF			13	ns
t _{HD.CO}	PICO 出力データのホールド時間 (2)	C _L = 20pF	0			ns

(1) 出力が SCLK クロック エッジを変更した後、次の有効なデータを出力に駆動する時間を規定します。

(2) 出力が SCLK クロック エッジを変更した後、出力のデータが有効である間の時間を規定します。

7.18.2.3 SPI のタイミング図 - コントローラ モード

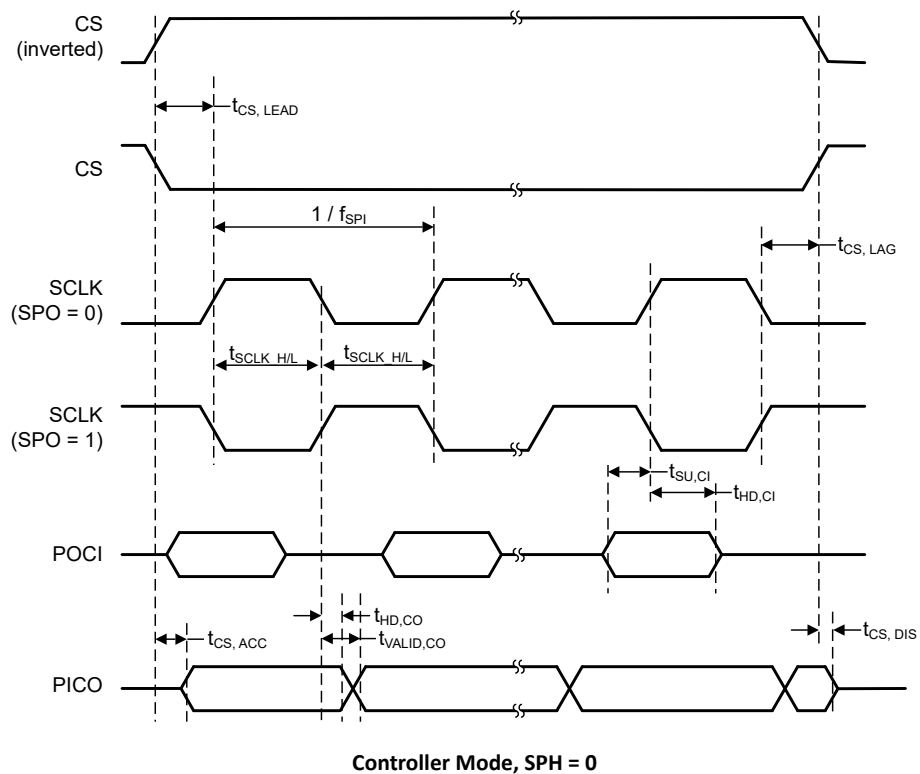


図 7-1. SPI のタイミング図 - コントローラ モード、SPH = 0

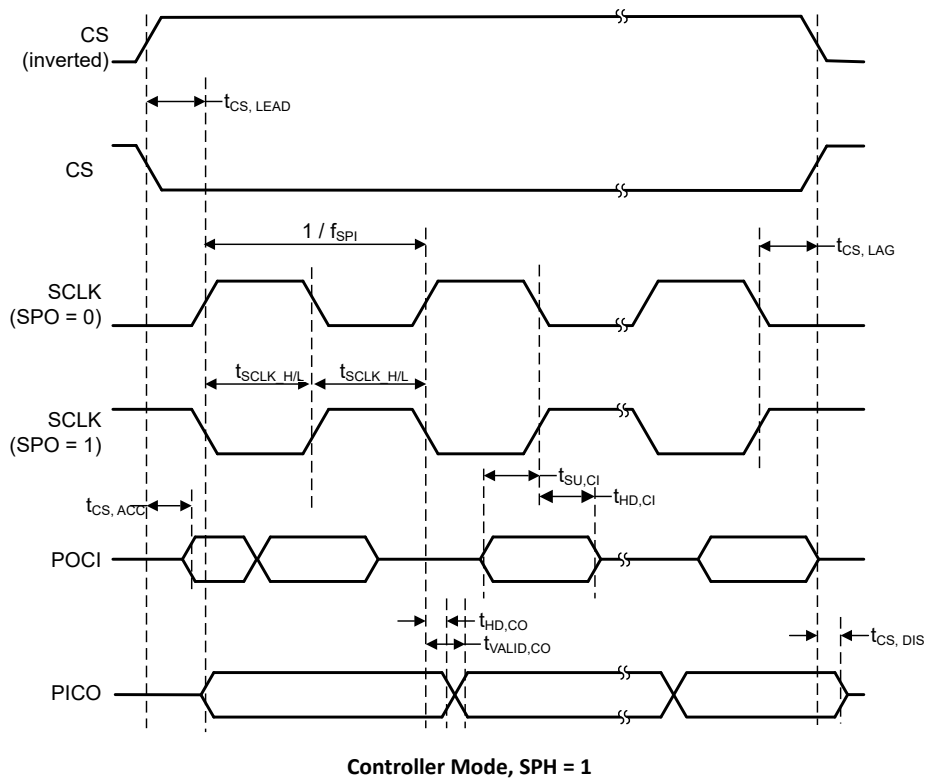


図 7-2. SPI のタイミング図 - コントローラ モード、SPH = 1

7.18.2.4 SPI ペリフェラル モード

TI SPI ドライバを使用、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		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
$t_{CS.LEAD}$	CS 進み時間、CS アクティブからクロックまで		1			SCLK
$t_{CS.LAG}$	CS 遅れ時間、最後のクロックから CS 非アクティブまで		1			SCLK
$t_{CS.ACC}$	CS アクセス時間、CS アクティブから POCI データ出力まで	VDDS = 3.3V			35	ns
$t_{CS.ACC}$	CS アクセス時間、CS アクティブから POCI データ出力まで	VDDS = 1.8V			50	ns
$t_{CS.DIS}$	CS ディセーブル時間、CS 非アクティブから POCI 高インピーダンスまで	VDDS = 3.3V			35	ns
$t_{CS.DIS}$	CS ディセーブル時間、CS 非アクティブから POCI 高インピーダンスまで	VDDS = 1.8V			50	ns
$t_{SU.PI}$	PICO 入力データ セットアップ時間		13			ns
$t_{HD.PI}$	PICO 入力データ ホールド時間		0			ns
$t_{VALID.PO}$	POCI 出力データの有効時間 (1)	SCLK エッジから POCI 有効まで、 $C_L = 20pF$ 、3.3V			35	ns
$t_{VALID.PO}$	POCI 出力データの有効時間 (1)	SCLK エッジから POCI 有効まで、 $C_L = 20pF$ 、1.8V			50	ns
$t_{HD.PO}$	POCI 出力データのホールド時間 (2)	$C_L = 20pF$	0			ns

(1) 出力が SCLK クロック エッジを変更した後、次の有効なデータを出力に駆動する時間を規定します。

(2) 出力が SCLK クロック エッジを変更した後、出力のデータが有効である間の時間を規定します。

7.18.2.5 SPI のタイミング図 - ペリフェラル モード

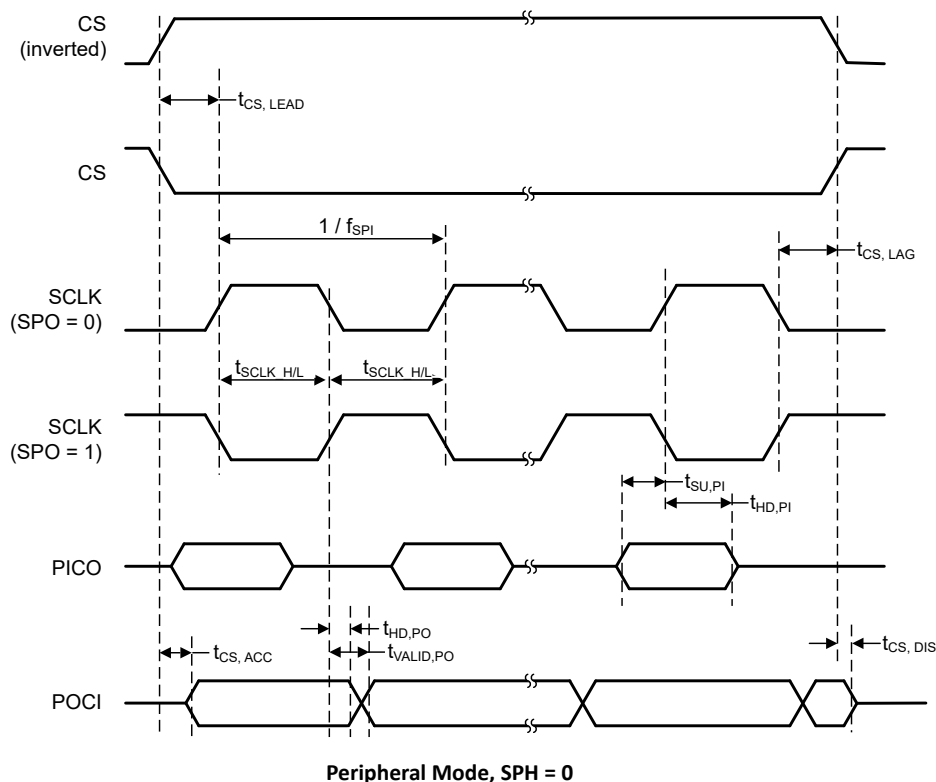


図 7-3. SPI のタイミング図 – ペリフェラル モード、SPH = 0

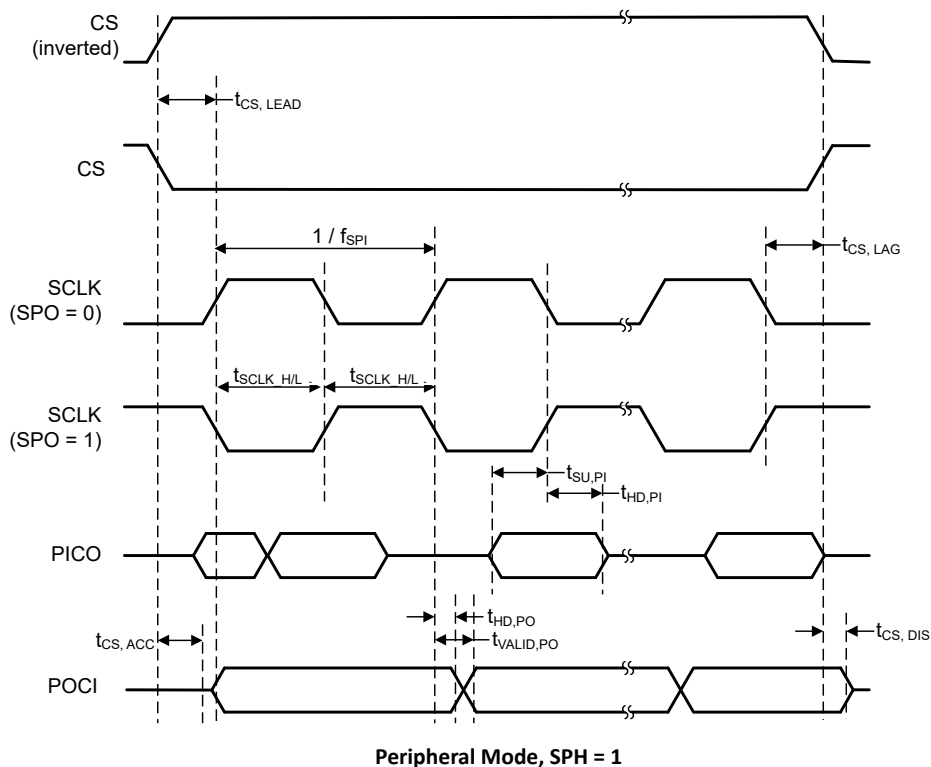


図 7-4. SPI のタイミング図 – ペリフェラル モード、SPH = 1

7.18.3 I²C

7.18.3.1 I²C

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	テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
f _{SCL}	SCL クロック周波数	0		400	kHz
t _{HD,STA}	(リピート) スタート ホールド時間	f _{SCL} = 100kHz		4.0	μs
t _{HD,STA}	(リピート) スタート ホールド時間	f _{SCL} > 100kHz		0.6	μs
t _{SU,STA}	反復 START のセットアップ時間	f _{SCL} = 100kHz		4.7	μs
t _{SU,STA}	反復 START のセットアップ時間	f _{SCL} > 100kHz		0.6	μs
t _{HD,DAT}	データ ホールド時間			0	μs
t _{SU,DAT}	データ セットアップ時間	f _{SCL} = 100kHz		250	ns
t _{SU,DAT}	データ セットアップ時間	f _{SCL} > 100kHz		100	ns
t _{SU,STO}	ストップ セットアップ時間	f _{SCL} = 100kHz		4.0	μs
t _{SU,STO}	ストップ セットアップ時間	f _{SCL} > 100kHz		0.6	μs
t _{BUF}	STOP 条件と START 条件間のバス開放時間	f _{SCL} = 100kHz		4.7	μs
t _{BUF}	STOP 条件と START 条件間のバス開放時間	f _{SCL} > 100kHz		1.3	μs
t _{SP}	入力グリッチ除去フィルタにより抑制されるスパイクのパルス持続時間			50	ns

7.18.3.2 I²C のタイミング図

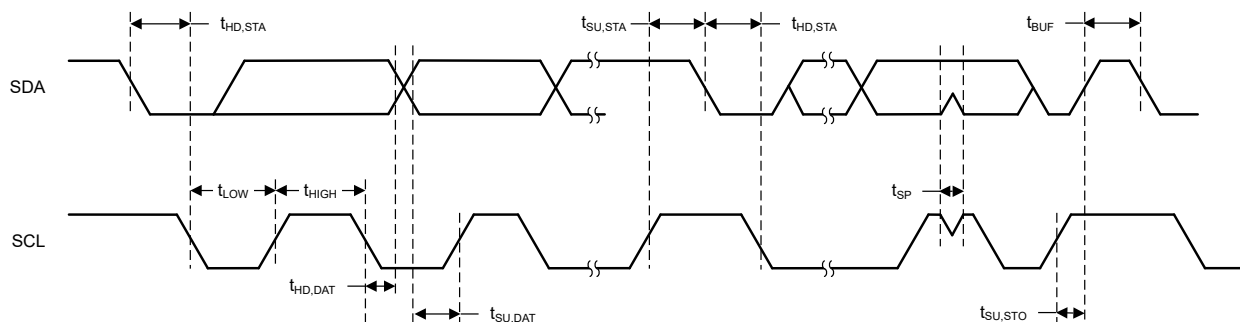


図 7-5. I²C のタイミング図

7.18.4 GPIO

7.18.4.1 GPIO の DC 特性

パラメータ	テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
T_A = 25°C, V_{DDs} = 1.8 V					
GPIO ブルアップ電流	入力モード、ブルアップ イネーブル、VPAD = 0V	39	66	109	μA
GPIO ブルダウン電流	入力モード、ブルダウン イネーブル、VPAD = VDDs	10	21	40	μA
GPIO の Low から High への入力遷移、ヒステリシス付き	IH = 1、入力読み出しで 0→1 としての遷移電圧	0.91	1.11	1.27	V
GPIO の High から Low への入力遷移、ヒステリシスつき	IH = 1、入力読み出しで 1→0 としての遷移電圧	0.59	0.75	0.91	V
GPIO 入力ヒステリシス	IH = 1, 0→1 と 1→0 点の差	0.26	0.35	0.44	V
T_A = 25°C, V_{DDs} = 3.0 V					
10mA 負荷時の GPIO VOH	高駆動 GPIO のみ、最大駆動設定	2.47			V
10mA 負荷時の GPIO VOL	高駆動 GPIO のみ、最大駆動設定			0.25	V
2mA 負荷時の GPIO VOH	標準駆動 GPIO	2.52			V

パラメータ	テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
2mA 負荷時の GPIO VOL	標準駆動 GPIO			0.20	V
T_A = 25°C、V_{DDs} = 3.8 V					
GPIO プルアップ電流	入力モード、プルアップ イネーブル、VPAD = 0V	170	262	393	μA
GPIO プルダウン電流	入力モード、プルダウン イネーブル、VPAD = VDDs	60	110	172	μA
GPIO の Low から High への入力遷移、ヒステリシス付き	IH = 1、入力読み出しで 0→1 としての遷移電圧	1.76	1.98	2.27	V
GPIO の High から Low への入力遷移、ヒステリシスつき	IH = 1、入力読み出しで 1→0 としての遷移電圧	1.26	1.52	1.79	V
GPIO 入力ヒステリシス	IH = 1, 0→1 と 1→0 点の差	0.40	0.47	0.54	V
T_A = 25°C					
VIH	最小 GPIO 入力電圧が、 High と確実に解釈可能	0.8*V _{DDs}			V
VIL	最高の GPIO 入力電圧が、 Low と確実に解釈可能	0.2*V _{DDs}			V

7.18.5 ADC

7.18.5.1 A/D コンバータ (ADC) の特性

特に記述のない限り、 $T_c = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{DD5} = 3.0\text{V}$ です。(1)

性能値を求めるには、TI の ADC ドライバがソフトウェアで調整するオフセットとゲインを使用する必要があります。

パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
ADC の電源および入力範囲の条件						
$V_{(Ax)}$	アナログ入力電圧範囲	すべての ADC アナログ入力ピン Ax	0		V_{DD5}	V
$I_{(ADC)}$ シングルエンド モード	V_{DD5} 端子に流れ込む動作電源電流	RES = 0x0 (12 ビットモード)、Fs = 1.2MSPS、内部リファレンスは OFF (ADCREF_EN = 0)、 $V_{REF+} = V_{DD5}$		480		μA
		RES = 0x0 (12 ビットモード)、Fs = 266kSPS、内部リファレンスは ON (ADCREF_EN = 0)、ADCREF = 2.5V		365		
$C_{I\text{ GPIO}}$	シングル端子の入力容量			5	7	pF
$R_{I\text{ GPIO}}$	入力マルチプレクサのオン抵抗			0.5	1	k Ω
ADC スイッチング特性						
F_S ADCREF F	内部 ADC リファレンス電圧を使用する場合の ADC サンプルング周波数	ADCREF_EN = 1、RES = 0x0 (12 ビット)、 $V_{DD5} = 1.71\text{V} \sim V_{DD5\text{max}}$			267 (2)	ksps
F_S ADCREF F	内部 ADC リファレンス電圧を使用する場合の ADC サンプルング周波数	ADCREF_EN = 1、RES = 0x1 (10 ビット)、 $V_{DD5} = 1.71\text{V} \sim V_{DD5\text{max}}$			308 (2)	ksps
F_S ADCREF F	内部 ADC リファレンス電圧を使用する場合の ADC サンプルング周波数	ADCREF_EN = 1、RES = 0x2 (8 ビット)、 $V_{DD5} = 1.71\text{V} \sim V_{DD5\text{max}}$			400 (2)	ksps
F_S EXTREF	外部 ADC リファレンス電圧を使用する場合の ADC サンプルング周波数	ADCREF_EN = 0、 $V_{REF+} = V_{DD5}$ 、RES = 0x0 (12 ビット)、 $V_{DD5} = 1.71\text{V} \sim V_{DD5\text{max}}$			1.2 (2)	MSPS
F_S EXTREF	外部 ADC リファレンス電圧を使用する場合の ADC サンプルング周波数	ADCREF_EN = 0、 $V_{REF+} = V_{DD5}$ 、RES = 0x1 (10 ビット)、 $V_{DD5} = 1.71\text{V} \sim V_{DD5\text{max}}$			1.33 (2)	MSPS
F_S EXTREF	外部 ADC リファレンス電圧を使用する場合の ADC サンプルング周波数	ADCREF_EN = 0、 $V_{REF+} = V_{DD5}$ 、RES = 0x2 (8 ビット)、 $V_{DD5} = 1.71\text{V} \sim V_{DD5\text{max}}$			1.6 (2)	MSPS
N_{CONVERT}	変換に使用するクロック サイクル	RES = 0x0 (12 ビット)		14		サイクル
N_{CONVERT}	変換に使用するクロック サイクル	RES = 0x1 (10 ビット)		12		サイクル
N_{CONVERT}	変換に使用するクロック サイクル	RES = 0x2 (8 ビット)		9		サイクル
t_{Sample}	サンプルング時間	RES = 0x0 (12 ビット)、 $R_S = 25\Omega$ 、 $C_{\text{pext}} = 10\text{pF}$ 、 ± 0.5 LSB のセトリング	250			ns
$t_{\text{VSUPPLY/3(sample)}}$	$V_{\text{supply/3}}$ チャンネルを選択した場合に必要なサンプルング時間		20			μs
ADC の直線性パラメータ						
E_I	シングルエンド入力の積分直線性誤差 (INL)	12 ビット モード、 $V_{R+} = V_{REF+} = V_{DD5}$ 、 $V_{DD5} = 1.71 \rightarrow 3.8$		± 2		LSB
E_D	微分直線性誤差 (DNL)	12 ビット モード、 $V_{R+} = V_{REF+} = V_{DD5}$ 、 $V_{DD5} = 1.71 \rightarrow 3.8$		± 1		LSB
E_O	オフセット誤差	12 ビット モード、内部リファレンス、 $V_{R+} = \text{ADCREF} = 2.5\text{V}$		1.02		LSB
E_G	ゲイン誤差	内部リファレンス電圧、 $V_{R+} = \text{ADCREF} = 2.5\text{V}$		± 40		LSB
ADC の動的パラメータ						
ENOB	有効ビット数	ADCREF_EN = 0、 $V_{REF+} = V_{DD5} = 3.3\text{V}$ 、 $V_{REF-} = 0\text{V}$ 、RES = 0x2 (8 ビット)		8		ビット
ENOB	有効ビット数	ADCREF_EN = 0、 $V_{REF+} = V_{DD5} = 3.3\text{V}$ 、 $V_{REF-} = 0\text{V}$ 、RES = 0x1 (10 ビット)		9.9		ビット
ENOB	有効ビット数	ADCREF_EN = 0、 $V_{REF+} = V_{DD5} = 3.3\text{V}$ 、 $V_{REF-} = 0\text{V}$ 、RES = 0x0 (12 ビット)		11.2		ビット
ENOB	有効ビット数	ADCREF_EN = 1、ADCREF_VSEL = {2.5V、1.4V}、RES = 0x2 (8 ビット)		8		ビット

特に記述のない限り、 $T_c = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{\text{DD}} = 3.0\text{V}$ です。(1)

性能値を求めるには、TI の ADC ドライバがソフトウェアで調整するオフセットとゲインを使用する必要があります。

パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
ENOB	有効ビット数	ADCREF_EN = 1, ADCREF_VSEL = {2.5V, 1.4V}, RES = 0x1 (10 ビット)		9.6		ビット
ENOB	有効ビット数	ADCREF_EN = 1, ADCREF_VSEL = {2.5V, 1.4V}, RES = 0x0 (12 ビット)		10.4		ビット
ENOB	有効ビット数	VDDS リファレンス, RES = 0x0 (12 ビット)		11.2		ビット
SINAD	信号対雑音と歪み比	ADCREF_EN = 0, VeREF+ = VDDS = 3.3V, VeREF- = 0V, RES = 0x0 (12 ビット)		69.18		dB
SINAD	信号対雑音と歪み比	ADCREF_EN = 1, ADCREF_VSEL = {2.5V, 1.4V}, RES = 0x0 (12 ビット)		64.37		dB
SINAD	信号対雑音と歪み比	VDDS リファレンス, RES = 0x0 (12 ビット)		69.18		dB
ADC 温度ダイオード、電源モニタ						
Temp_diode の精度	温度誤差	ADC の入力チャネル: 温度ダイオード電圧、温度範囲で計算された誤差: $-30^\circ\text{C} \sim +40^\circ\text{C}$ 、シングル ポイント キャリブレーションあり(1)		± 3		C
ADC 内部入力: $V_{\text{SUPPLY}}/3$ の精度	電源監視用の V_{supply} 分圧器の精度	ADC の入力チャネル: V_{supply} モニタ		± 1		%
ADC 内部入力: $I_{V_{\text{supply}}/3}$	V_{supply} 分圧器の消費電流	ADC 入力チャネル V_{supply} モニタ。 $V_{\text{supply}} = V_{\text{DD}} = 3.3\text{V}$		10		μA
ADC 内部および VDDS リファレンス						
VDDSR EF	正の ADC リファレンス電圧	VDDS から供給される ADC リファレンス		VDDS		V
ADCRE F	内部 ADC リファレンス電圧	ADCREF_EN = 1, ADCREF_VSEL = 0, VDDS = 1.71V - VDDSmx		1.4		V
		ADCREF_EN = 1, ADCREF_VSEL = 1, VDDS = 2.7V - VDDSmx		2.5		V
$I_{\text{ADCRE F}}$	内部リファレンスがオンのときの VDDA 端子に流れ込む動作電源電流	ADCREF_EN = 1, VDDA = 1.7V $\sim$ VDDAmax, ADCREF_VSEL = {0,1}		80		μA
t_{ON}	内部 ADC リファレンス電圧のパワーオン時間	ADCREF_EN = 1		2		μs

(1) 用語とテスト方法に IEEE Std 1241-2010 を使用

(2) 48MHz HFOSC で測定

7.18.6 コンパレータ

7.18.6.1 超低消費電力コンパレータ

$T_C = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{DD5} = 3.0\text{V}$ (特に記述のない限り)

パラメータ	テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
入力電圧範囲		0		V_{DD5}	V
クロック周波数			32		KHz
分圧器の精度	入力電圧範囲は $V_{DD5}/4 \sim V_{DD5}$		98		%
オフセット	$V_{DD5}/2$ で測定 (2 つの外部入力を使用したときの誤差)		± 27.3		mV
決定時間	$-50\text{ mV} \sim 50\text{ mV}$ のステップ		1	3	クロック サイクル
コンパレータ イネーブル時間	COMP_LP ディスエーブル → イネーブル、ピンからの VIN+、VIN-、オーバードライブ $\geq 20\text{mV}$		70		μs
消費電流	VIN コンパレータ端子で内部基準電圧として $V_{DD5}/2$ を使用する場合を含む		370		nA

7.19 代表的特性

このセクションの測定はすべて、特に記述のない限り、 $T_C = 25^\circ\text{C}$ および $V_{DD5} = 3.0\text{V}$ で行われます。デバイスの限界値については、『推奨動作条件』を参照してください。これらの限界値を超える値は参考値です。

7.19.1 MCU 電流

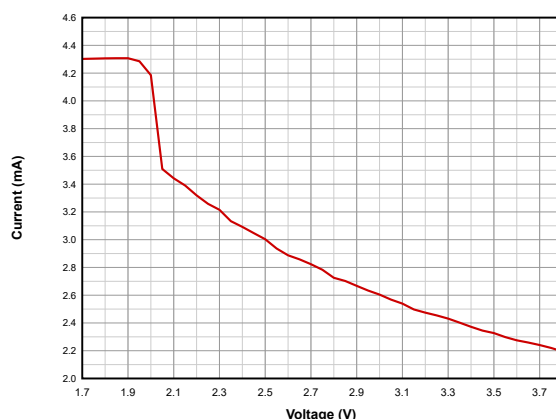


図 7-6. アクティブ モード (マイコン) 電流と電源電圧 (V_{DD5}) との関係 (CoreMark 実行)

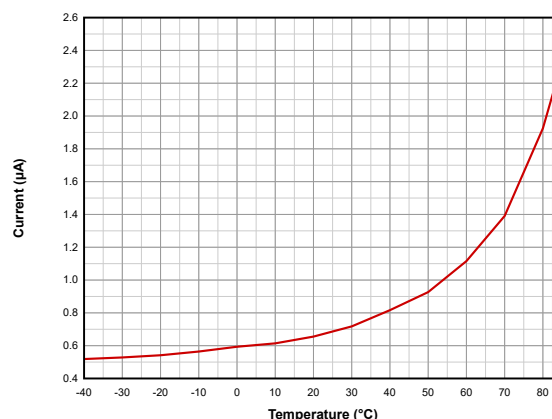


図 7-7. スタンバイ モード (マイコン) の電流と温度との関係 (RAM および部分的レジスタ保持、RTC)

7.19.2 RX 電流

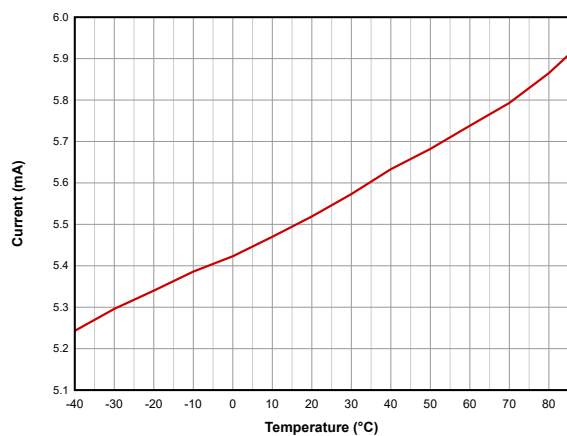


図 7-8. RX 電流と温度との関係 (Bluetooth Low Energy 1Mbps、2.44GHz)

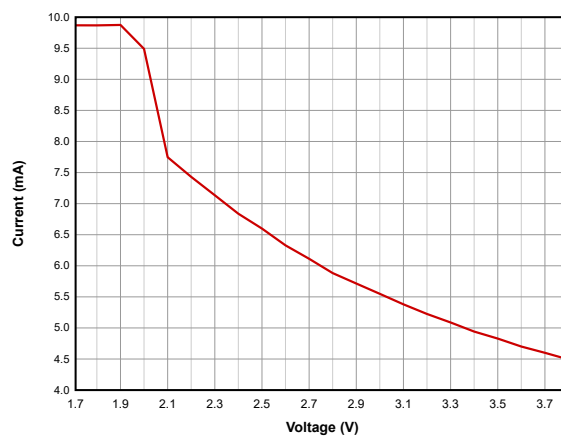


図 7-9. RX 電流と電源電圧 (VDD) との関係 (Bluetooth Low Energy 1Mbps、2.44GHz)

7.19.3 TX 電流

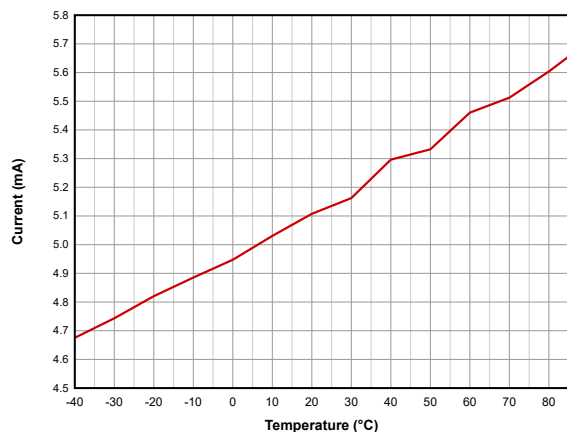


図 7-10. TX 電流と温度との関係 (BLE 1Mbps、2.44GHz、0dBm)

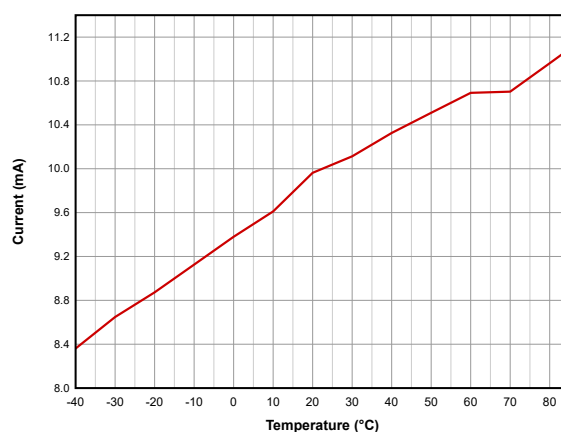


図 7-11. TX 電流と温度との関係 (BLE 1Mbps、2.44GHz、+8dBm)

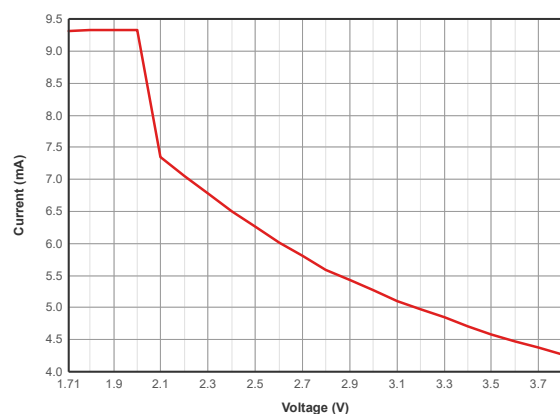


図 7-12. TX 電流と電源電圧 (VDDSD) との関係 (BLE 1Mbps、2.44GHz、0dBm)

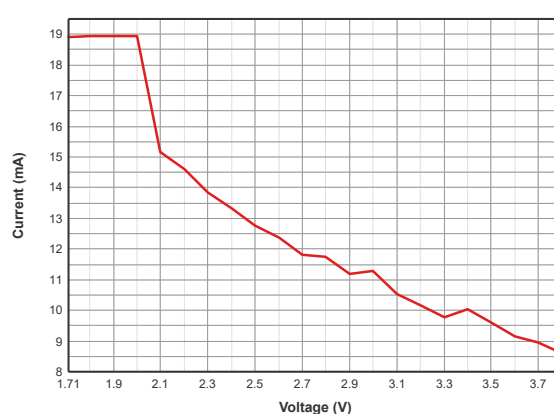


図 7-13. TX 電流と電源電圧 (VDDSD) との関係 (BLE 1Mbps、2.44GHz、+8dBm)

表 7-1 に、さまざまな出力電力設定に対する標準的な TX 電流と出力電力を示しています。

表 7-1. 標準的な TX 電流と出力電力

2.4GHz、VDDS = 3.0V、DCDC = On、温度 = 25°C (LP-EM-CC2340R5MODA で測定)			
txPowerTable インデックス	TX 電力設定 [dBm] (SmartRF Studio)	標準的な出力電力 [dBm]	標準消費電流 [mA]
13	8	7.7	10.7
12	7	7.1	9.5
11	6	6.3	8.9
10	5	5.5	8.3
9	4	4.5	7.9
8	3	3.7	7.5
7	2	2.4	7.1
6	1	1.0	5.4
5	0	0.4	5.1
4	-4	-3.1	4.8
3	-8	-7.3	4.5
2	-12	-10.9	4.2
1	-16	-15.1	4.0
0	-20	-19.0	3.8

7.19.4 RX 性能

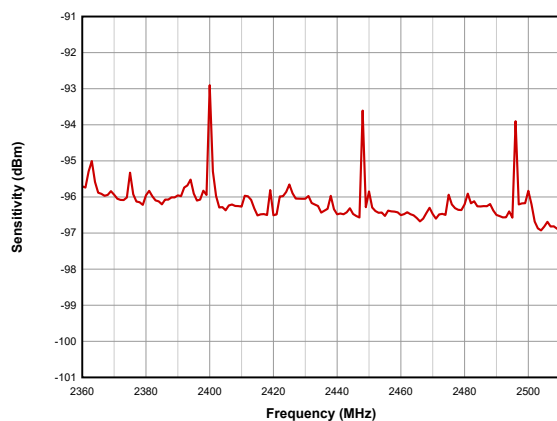


図 7-14. 感度と周波数との関係 (Bluetooth Low Energy 1Mbps)

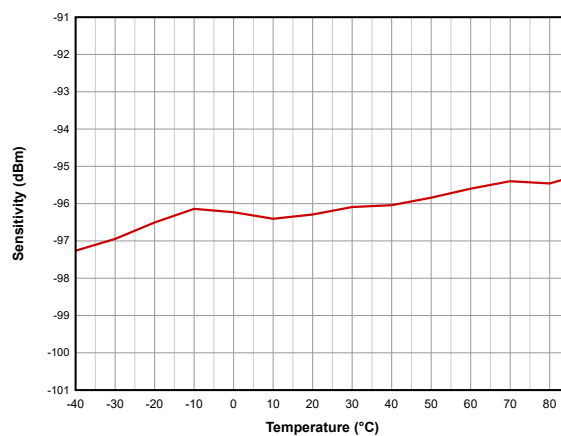


図 7-15. 感度と温度との関係 (Bluetooth Low Energy 1Mbps、2.44GHz)

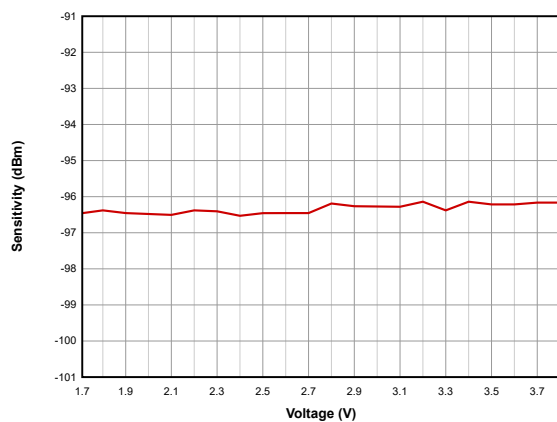


図 7-16. 感度と電源電圧 (VDDSD) との関係 (Bluetooth Low Energy 1Mbps、2.44GHz)

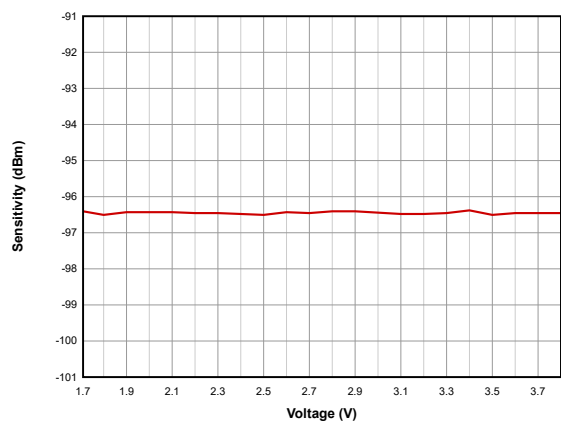


図 7-17. 感度と電源電圧との関係 (VDDSD) (Bluetooth Low Energy 1Mbps、2.44GHz、DCDC オフ)

7.19.5 TX 性能

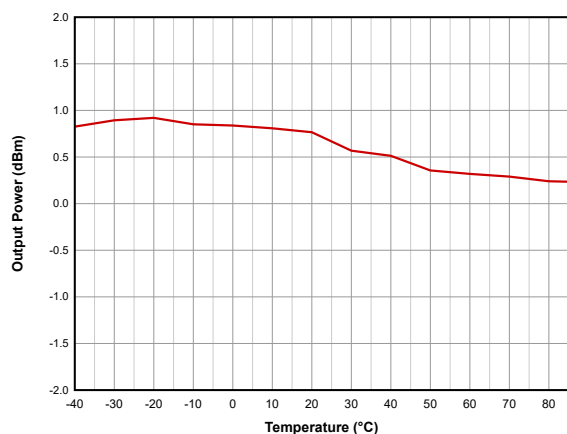


図 7-18. 出力電力と温度との関係 (Bluetooth Low Energy 1Mbps、2.44GHz、0dBm)

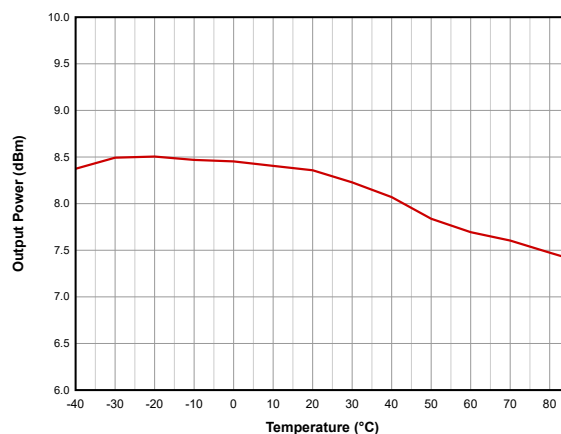


図 7-19. 出力電力と温度との関係 (Bluetooth Low Energy 1Mbps、2.44GHz、+8dBm)

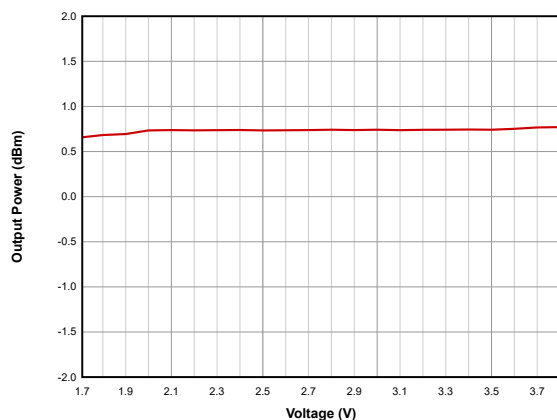


図 7-20. 出力電力と電源電圧 (VDD5) との関係 (Bluetooth Low Energy 1Mbps、2.44GHz、0dBm)

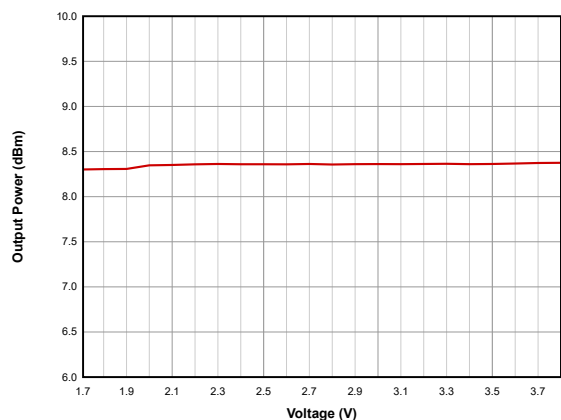


図 7-21. 出力電力と電源電圧 (VDD5) との関係 (Bluetooth Low Energy 1Mbps、2.44GHz、+8dBm)

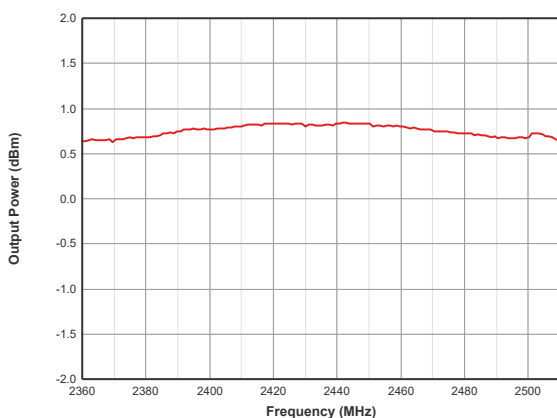


図 7-22. 出力電力と周波数との関係 (Bluetooth Low Energy 1Mbps、0dBm)

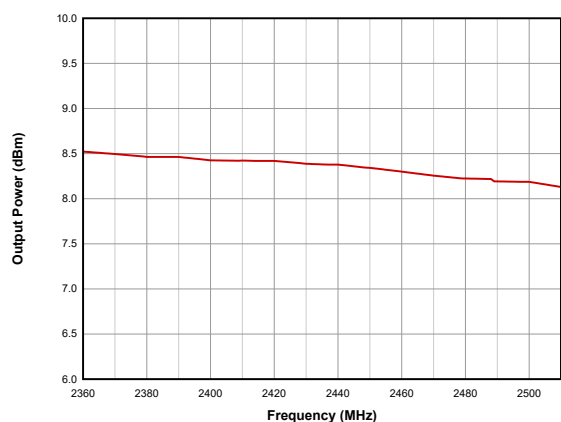


図 7-23. 出力電力と周波数との関係 (Bluetooth Low Energy 1Mbps、+8dBm)

7.19.6 ADC 性能

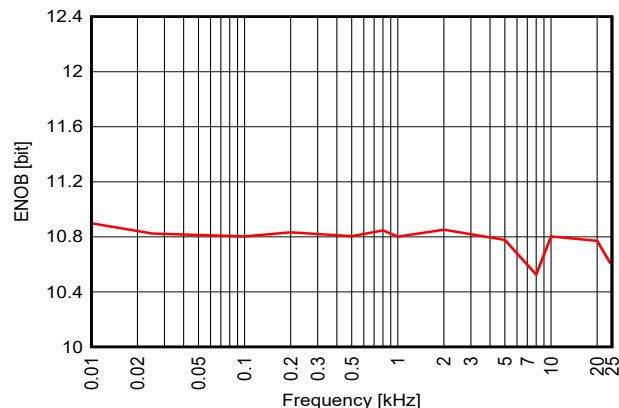


図 7-24. ENOB と入力周波数との関係 (内部リファレンス)

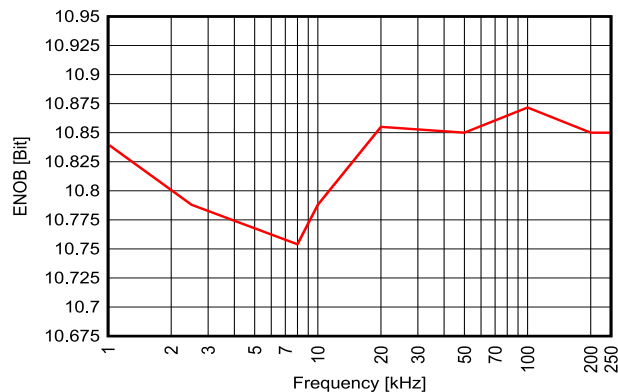


図 7-25. ENOB とサンプリング周波数との関係 ($V_{in} = 3V$ 正弦波、内部リファレンス、 $F_{in} = F_s/10$)

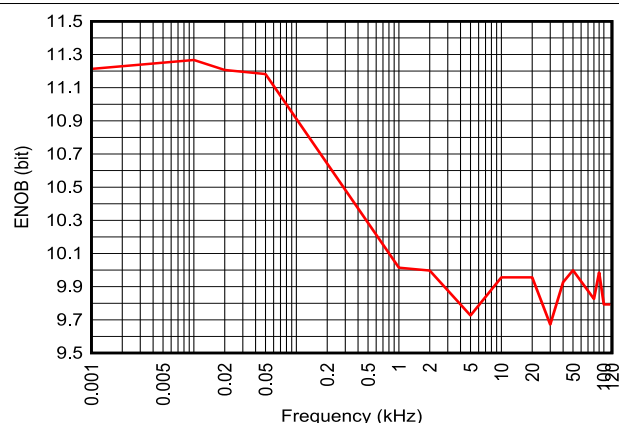


図 7-26. ENOB と入力周波数との関係 (外部リファレンス = 3.0V)

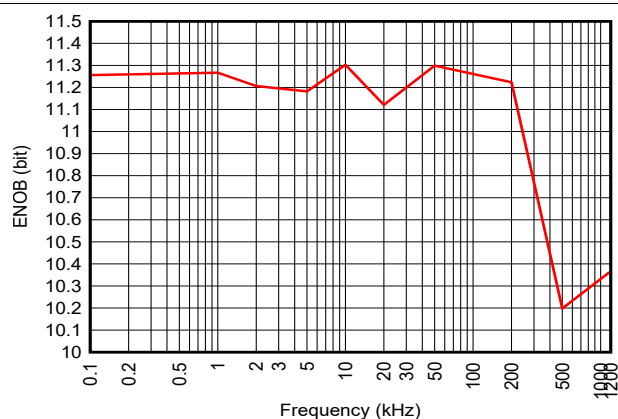


図 7-27. ENOB とサンプリング周波数との関係 ($V_{in} = 3V$ 正弦波、外部リファレンス = 3.0V、 $F_{in} = F_s/10$)

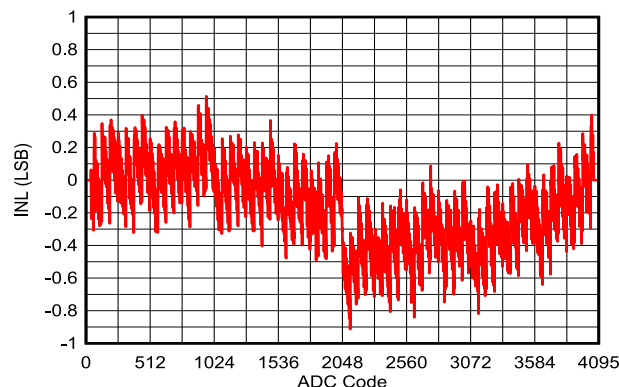


図 7-28. INL と ADC コードとの関係 ($V_{in} = 3V$ 正弦波、内部リファレンス、200ksps)

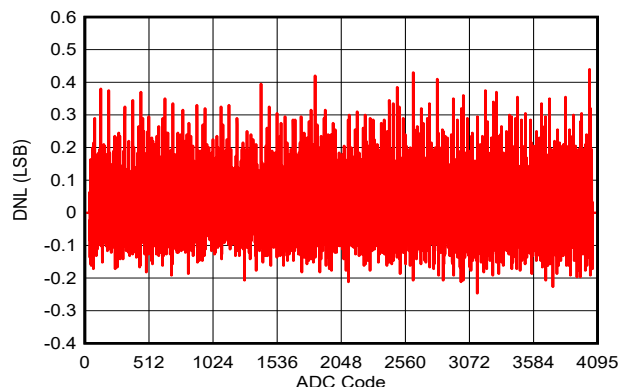


図 7-29. DNL と ADC コードとの関係 ($V_{in} = 3V$ 正弦波、内部リファレンス、200ksps)

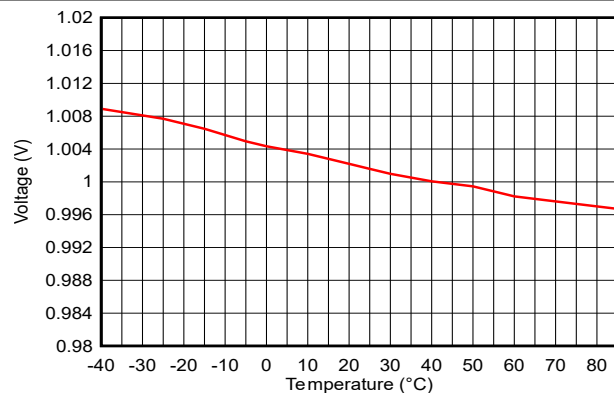


図 7-30. ADC の精度と温度との関係 ($V_{in} = 1V$ 、内部リファレンス、200ksps)

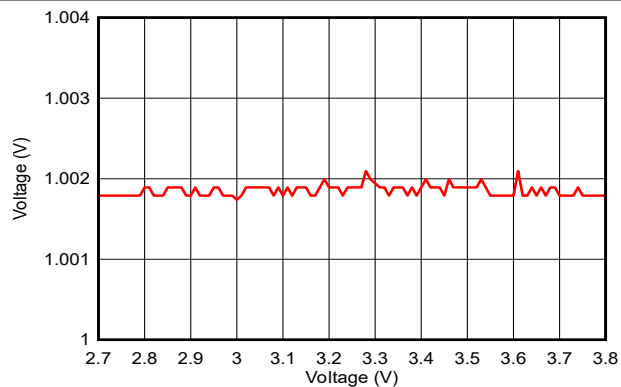


図 7-31. ADC 精度と電源電圧との関係 ($V_{in} = 1V$ 、内部リファレンス、200ksps)

8 詳細説明

8.1 概要

セクション 4 は、CC2340R5MODA デバイスの コア モジュールを示しています。

8.2 システム CPU

CC2340R5MODA SimpleLink™ ワイヤレスマイコンには Arm® Cortex®x-M0 システム CPU が搭載されており、アプリケーション、プロトコル スタック、無線を実行します。Cortex-M0+ プロセッサは、面積と消費電力が高度に最適化された 32 ビット プロセッサ コアをベースとしており、2 段パイプラインのフォン ノイマン アーキテクチャを採用しています。このプロセッサは、小規模ながら高性能な命令セットと徹底的に最適化された設計により卓越したエネルギー効率を実現し、シングル サイクル乗算器を含む高性能な処理ハードウェアを提供します。Cortex-M0+ プロセッサにより、開発者は以下のような複数の利点が得られます。

- 超低消費電力でエネルギー効率の高い動作
- タイムクリティカルなアプリケーション向けの確定的で高性能な割り込み処理
- Cortex-M プロセッサ ファミリとの上位互換性

Cortex-M0+ プロセッサは、最新の 32 ビット アーキテクチャコアに期待される優れた性能を提供し、他の 8 ビットおよび 16 ビット マイコンよりも高いコード密度を実現します。機能には、以下のものがあります。

- 小フットプリントの組み込みアプリケーション用に最適化された ARMv6-M アーキテクチャ
- 16 ビットおよび 32 ビット命令を混在させた Arm Thumb/Thumb-2 命令セットのサブセットにより、32 ビット Arm に期待される高い性能を実現
- シングル サイクル乗算命令
- VTOR は、ベクタ テーブルのベース アドレスのオフセットをサポート
- HW ブレークポイント コンパレータを搭載したシリアル ワイヤ デバッグ
- スリープ モードを内蔵した超低消費電力
- SysTick タイマ
- 48MHz 動作
- 0.99DMIPS/MHz

さらに、CC2340R5MODA デバイスは、すべての ARM ツールとソフトウェアと互換性があります。

8.3 無線 (RF コア)

ローパワー RF コア (LRF) は、ソフトウェア定義のデジタル無線 (LRFD) に加えて、RF 回路とベース バンド回路を含む、高性能で柔軟性の高い RF サブシステムを実装します。LRFD はハイレベルのコマンド ベース API をメイン CPU に提供し、さまざまな無線 PHY のタイミング重視とローレベルの詳細をすべて処理します。RF スイッチやレンジ エクステンダなどの外部回路を制御するため、複数の信号が利用可能です。

ソフトウェア定義のモデムは、お客様がプログラムすることはできませんが、代わりに、CC23xx デバイス向け SimpleLink™ 低消費電力 F3 ソフトウェア開発キット (SDK) の無線ドライバで提供される事前コンパイル済みのイメージがロードされます。このメカニズムにより、同じシリコンを使用しながらワイヤレス (OTA) 更新を使用しても、将来のバージョンの規格をサポートできるように無線プラットフォームを更新できます。LRFD は RF SRAM にコード イメージを保存し、ROM メモリを使用しません。そのため、NV メモリからのイメージのロードは、ブート後に 1 回のみ行われ、電力モードを終了する際にもパッチを適用する必要はありません。

8.3.1 Bluetooth Low Energy

RF コアは、TI 提供の Bluetooth スタックまたは高レベルの Bluetooth API を通じて、高速 2Mbps 物理層および 500kbps と 125kbps の長距離 PHY (コーデッド PHY) を含む Bluetooth Low Energy を完全にサポートしています。

新しい高速モードでは、最大 2Mbps のデータ転送が可能です。高速化に加えて、このモードは無線通信時間の短縮により、エネルギー効率と無線共存性の大幅な向上を提供します。

Bluetooth Low Energy は、アプリケーションのニーズに応じて速度と通信距離を調整できる比類なき柔軟性も提供し、それぞれ高速モードまたは長距離モードを活用します。データ転送速度が 2Mbps に達し、従来の Bluetooth Low Energy では難しかった音声、オーディオ、画像、データ ロギングを活用したアプリケーションの開発が可能になりました。高速モードを使用する既存のアプリケーションでは、高速応答、リッチなエンゲージメント、バッテリー寿命の延長を実現できます。Bluetooth Low Energy を使用すると、高速で信頼性の高いファームウェア更新が可能です。

8.4 メモリ

最大 512KB の不揮発性 (フラッシュ) メモリにより、コードとデータを保存できます。フラッシュ メモリは、インシステム プログラムブルで消去可能です。特別なフラッシュ メモリ セクタには、ブート ROM と TI が使用し、デバイスを構成するドライバが提供されている顧客構成セクション (CCFG) が含まれている必要があります。この構成は、TI が提供するすべてのサンプルに含まれる `cfg.c` ソース ファイルを使用して行われます。

最大 64KB の超低リーク システム スタティック RAM (SRAM) を、データの保存とコードの実行の両方に使用できます。スタンバイ電力モードでの SRAM 内容の保持はデフォルトで有効化され、スタンバイ モードの消費電力の数値に含まれます。システム SRAM は、ブート中にコード実行時に常にゼロに初期化されます。

ROM には、初期のデバイス トリミング処理、セキュリティ構成、デバイス ライフサイクル管理を行うデバイスのブートコードファームウェアが含まれています。また、ROM にはシリアル (SPI および UART) ブートローダーが含まれており、デバイスの初期プログラミングに使用できます。

8.5 暗号化

この CC2340R5MODA デバイスには AES-128 暗号ハードウェア アクセラレータが搭載されており、暗号処理におけるコードのフットプリントと実行時間を削減します。また、暗号化操作はバックグラウンド ハードウェア スレッドで実行されるため、消費電力を低減し、システムの可用性と応答性を向上させるという利点もあります。AES ハードウェア アクセラレータは、以下のブロック暗号モードとメッセージ認証コードをサポートしています。

- AES ECB 暗号化
- AES CBC 暗号化
- AES CTR 暗号化 / 復号化
- AES CBC-MAC
- AES GCM
- AEC CCM (ソフトウェアドライバ経由で CTR + CBC-MAC ハードウェアの組み合わせを使用)

AES ハードウェア アクセラレータは、CPU または DMA から取得した明文/暗号文を使用して供給できます。23 サイクルごとに 1 つの 16 バイト ECB ブロックの持続的なスループットが可能であり、これは 30Mbps を超える速度に対応します。

この CC2340R5MODA デバイスは、オンチップのアナログ ノイズを非決定的なノイズ源として利用するランダム数生成 (RNG) をサポートしており、これにより暗号的に安全なカウンタ決定論的ランダム ビット生成器 (CTR-DRBG) のシードを生成します。これは、鍵、初期化ベクトル (IV)、その他のランダム数の要件に使用されるランダム数を生成するために用いられます。AES CTR DRBG のハードウェア アクセラレーションがサポートされています。

この CC2340R5MODA デバイスは、完全な SHA 256 ライブラリを ROM に内蔵しているため、アプリケーションのコードのフットプリントを低減できます。ユースケースには、デジタル署名アルゴリズムで使用するダイジェストの生成、データ整合性チェック、パスワード保存などが含まれます。

ソフトウェア開発キット (SDK) に含まれる豊富なオープン ソースの暗号ライブラリと組み合わせることで、このプラットフォーム上にセキュアで将来性のある IoT アプリケーションを容易に構築できます。

8.6 タイマ

CC2340R5MODA デバイスの一部として、さまざまなタイマーを選択できます。これらのタイマは、

• リアルタイム クロック (RTC)

RTC は 67 ビット、2 チャンネルのタイマで、LFCLK システム クロックで動作します。RTC はスタンバイおよびアクティブの電力状態でアクティブになります。デバイスがリセット状態またはシャットダウン状態に移行すると、RTC はリセットされます。

RTC は、各 LFCLK ごとにリセット以降の経過時間を蓄積します。RTC カウンタは、LFINC によって 32.768kHz のレートで増加します。LFINC は LFCLK の周期を μs 単位で示し、さらに 16 ビットの小数部による細分化がされています。

カウンタは 2 つの 32 ビットレジスタから読み出すことができます。RTC.TIME8U の範囲は約 9.5 時間で、LSB は 8 マイクロ秒を表します。RTC.TIME524M の範囲は約 71.4 年で、LSB は 524 ミリ秒を表します。

システム タイマ (SYSTIM) と RTC の間でハードウェア同期が行われるため、マルチチャンネルと高分解能の SYSTIM は RTC のタイム ベースと同期し続けます。

RTC には 2 つのチャンネルがあります。1 つの比較チャンネルと 1 つのキャプチャ チャンネルで、デバイスをスタンバイ電力状態からウェイクアップできます。RTC 比較チャンネルは、通常、システム ソフトウェアによってのみ使用され、スタンバイ電力状態時にのみ使用されます。

• システム タイマ (SYSTIM)

SYSTIM は 34 ビット、5 チャンネルのラップアラウンド タイマで、チャンネルごとに 32 ビットのタイム スライスを選択でき、1 μs の分解能と 1h11m35s の範囲、または 250ns の分解能と 17m54s の範囲のいずれかを選択できます。すべての使用可能なチャンネルは、キャプチャ操作とシングルショット比較 (イベントの投稿) 操作の両方をサポートしています。

す。1つのチャンネルはシステムソフトウェア用に、3つのチャンネルは無線ソフトウェア用に予約されており、1つのチャンネルはユーザーアプリケーションで自由に使用できます。

ソフトウェアの利便性を高めるため、ハードウェア同期メカニズムにより、RTCとSYSTIMが自動的に共通のタイムベースを共有するようになります (ただし、解像度やスパンは異なります)。もう1つのソフトウェア便利機能は、SYSTIMが送信された比較値を認定し、送信されたイベントが直前 (分解能 1 μ s で 4.294s、分解能 250ns で 1.049s) の場合に、タイマチャンネルが直ちにトリガされるようにできることです。

• 汎用 タイマ (LGPT)

CC2340R5MODA デバイスは、3 × 16 ビット タイマと 1 × 24 ビット タイマを備えた最大 4 つの LGPT を提供します。すべて最大 48MHz で動作します。LGPT は、以下のような幅広い機能をサポートしています。

- 3 つのキャプチャ / 比較チャンネル
- ワンショットまたは定期的なカウント
- パルス幅変調 (PWM)
- エッジとエッジ カウント間の時間カウント
- すべてのタイマのチャンネルに実装された入力フィルタ
- タイマ-0 とタイマ-1 で利用可能な IR 生成機能
- タイマ-1 で使用できるデッドバンド機能

タイマ キャプチャ / 比較および PWM 信号は、IO コントローラ モジュール (IOC) 経由で IO に接続され、CPU、DMA、および他のペリフェラルへの内部タイマ イベント接続は、イベント ファブリック経由で行われるため、タイマは GPIO 入力、他のタイマ、DMA、ADC などの信号と相互作用できます。2 つの LGPT (2x 16 ビット タイマ) は直交デコーダ モードをサポートし、直交エンコード センサ信号のバッファ デコードを可能にします。LGPT は、デバイス アクティブおよびアイドル電力モードで使用できます。

表 8-1. タイマの比較

特長	タイマ 0	タイマ 1	タイマ 2	タイマ 3
カウンタ幅	16 ビット	16 ビット	16 ビット	24 ビット
直交デコーダ	有	無	有	無
フォルト時のパーク モード	無	有	無	無
プログラム可能なデッドバンド挿入	無	有	無	無

表 8-2. タイマの利用可能性

部品番号	タイマ 0	タイマ 1	タイマ 2	タイマ 3
CC2340R21	あり	あり	なし	なし
CC2340R22	あり	あり	あり	あり
CC2340R52	あり	あり	あり	あり
CC2340R53	あり	あり	あり	あり

• ウォッチドッグ タイマ

ウォッチドッグ タイマを使用して、ソフトウェア エラーが原因でシステムが正常に動作しない場合に、制御を回復します。カウンタが満了すると、ウォッチドッグ タイマは、システム部品の定期的な監視とタスクが正常な機能を検証できない場合にデバイスをリセットします。ウォッチドッグ タイマは 32kHz のクロック レートで動作し、デバイスのアクティブ、アイドル、スタンバイ モードで稼働できます。これは、一旦有効になると停止できません。

8.7 シリアル ペリフェラルと I/O

CC2340R5MODA デバイスは、1 つの UART、1 つの SPI、および 1 つの I2C シリアル周辺機器を提供します。

SPI モジュールは SPI コントローラと 12MHz までのペリフェラルの両方をサポートし、位相と極性を構成できます。

UART モジュールは、汎用非同期レシーバおよびトランスミッタ機能を実装しています。これらのデバイスは、最大 3Mbps の柔軟なボーレート生成と IRDA SIR 動作モードをサポートしています。

また、I²C モジュールは、I²C 標準と互換性のあるデバイスとの通信にも使用されます。I²C インターフェイスは 100kHz と 400kHz での動作を処理でき、コントローラとターゲットの両方として機能します。

I/O コントローラ (IOC) はデジタル I/O ピンを制御し、マルチプレクサ回路を内蔵しているため、DIO 経由で一連のペリフェラルを I/O ピンに柔軟に割り当てることができます。すべてのデジタル I/O は割り込みおよびウェイクアップ対応で、プログラム可能なプルアップおよびプルダウン機能を備えており、負または正のエッジで割り込みを生成できます (構成可能)。出力として構成した場合、ピンはプッシュプル、オープンドレイン、またはオープンソースのいずれかとして機能できます。いくつかの GPIO は高駆動機能を備えており、ピン構成と機能に太字で示されています。

詳細については、『[CC23xx SimpleLink™ ワイヤレス マイコン 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。

8.8 バッテリと温度の監視

CC2340R5MODA デバイスには、温度とバッテリー電圧を組み合わせたモニタが搭載されています。バッテリーおよび温度モニタにより、アプリケーションはオンチップの温度と電源電圧を継続的に監視し、必要に応じて環境条件の変化に対応できます。このモジュールには、温度または電源電圧が定義されたウィンドウから外れたときに、システム CPU に割り込みを発生させるためのウィンドウ コンパレータが搭載されています。これらのイベントを使用して、常時オン (AON) イベント フアブリックによりデバイスをスタンバイ モードからウェイクアップすることもできます。

8.9 μ DMA

デバイスはダイレクト メモリ アクセス (μ DMA) コントローラを搭載しています。 μ DMA コントローラによりシステム CPU によるデータ転送の負荷を軽減することができますので、プロセッサの効率が上がり、バス帯域幅を有効活用できます。 μ DMA コントローラは、メモリとペリフェラル間の転送を実行できます。 μ DMA コントローラには、これをサポートする各オンチップ モジュール用の専用チャンネルがあり、ペリフェラルがデータを転送できるようになったときに、ペリフェラルとメモリ間の転送を自動的に実行するようにプログラムすることが可能です。

μ DMA コントローラの機能には次のものがあります (これは完全なリストではありません)。

- 最大 8 チャンネルのチャンネル動作。専用のペリフェラル インターフェイスを備えた 6 つのチャンネル、構成可能なイベントを通じてトリガーできる 2 つのチャンネル。
- メモリとメモリ間、メモリとペリフェラル間、ペリフェラルとメモリ間、ペリフェラルとペリフェラル間の転送モード
- 8 ビット、16 ビット、32 ビットのデータ サイズ
- ピンポン モードを使用してデータを連続的にストリーミングできます

8.10 デバッグ

オンチップ デバッグは、シリアル ワイヤ デバッグ (SWD) インターフェイスを通じてサポートされ、ARM の双方向 2 線式プロトコルで、JTAG テスト用アクセス ポート (TAP) コントローラと通信し、完全なデバッグ機能を提供します。SWD には、テキサス インスツルメンツの XDS デバッグ プローブ ファミリの包括的な互換性があります。

8.11 パワー マネージメント

消費電力を最小限に抑えるため、CC2340R5MODA は多くの電力モードと電力管理機能をサポートしています (表 8-3 を参照)。

表 8-3. 電力モード

モード	ソフトウェアで構成可能な電力モード ⁽¹⁾				リセット PIN を保持します
	ACTIVE	IDLE	STANDBY	シャットダウン	
CPU	アクティブ	オフ	オフ	オフ	オフ
フラッシュ	オン	使用可能	オフ	オフ	オフ
SRAM	オン	オン	保持	オフ	オフ
無線	使用可能	使用可能	オフ	オフ	オフ
供給システム	オン	オン	デューティ サイクル	オフ	オフ
CPU レジスタの保持	フル	フル	フル ⁽²⁾	無	無
SRAM の保持	フル	フル	フル	オフ	オフ
48MHz 高速クロック (HFCLK)	HFOSC (HFXT のトラッキング)	HFOSC (HFXT のトラッキング)	オフ	オフ	オフ
32kHz 低速クロック (LFCLK)	LFXT または LFOSC	LFXT または LFOSC	LFXT または LFOSC	オフ	オフ
ペリフェラル	使用可能	使用可能	IOC、BATMON、RTC、LPCOMP	オフ	オフ
RTC によるウェークアップ	該当なし	使用可能	使用可能	オフ	オフ
ピンのエッジでウェークアップ	該当なし	使用可能	使用可能	使用可能	オフ
リセット ピンでウェークアップ	オン	オン	オン	オン	オン
ブラウンアウト検出器 (BOD)	オン	オン	デューティ サイクル	オフ	オフ
パワーオンリセット (POR)	オン	オン	オン	オン	オン
ウォッチドッグ タイマ (WDT)	使用可能	使用可能	使用可能	オフ	オフ

- (1) 「利用可能」は、特定の IP または機能を、対応するデバイスの動作モードで、ユーザー アプリケーションによって有効化できることを示しています。「オン」は、対応するデバイスの動作モードにおけるデバイスのユーザー アプリケーション構成に関係なく、特定の IP または機能がオンになっていることを示しています。「オフ」は、特定の IP または機能がオフになっており、対応するデバイスの動作モードで、ユーザー アプリケーションによって使用できないことを示しています。
- (2) スタンバイ電源モードの開始時および終了時の CPU レジスタのソフトウェア ベースによる保持 (コンテキストの保存と復元あり)

アクティブ モードでは、MCU と AON の両方の電源ドメインに電力が供給されます。クロック ゲーティングを使用して、消費電力を最小限に抑えます。ペリフェラル / サブシステムへのクロック ゲーティングは、CPU によって手動で制御されます。

アイドル モードでは、CPU はスリープ状態にあります。選択されたペリフェラルおよびサブシステム (無線など) はアクティブにできます。インフラストラクチャ (フラッシュ、ROM、SRAM、バス) のクロック ゲーティングは、DMA およびデバッグサブシステムの状態によって可能です。

スタンバイ モードでは、常時オン (AON) ドメインのみがアクティブになります。デバイスをアクティブ モードに戻すには、外部ウェークアップ イベント、RTC イベント、またはコンパレータ イベント (LP-COMP) が必要です。また、ピン リセットは、デバイスをスタンバイからアクティブに駆動します。保持機能を備えた MCU ペリフェラルを再度ウェークアップするときに再構成する必要はなく、CPU はスタンバイ モードに移行した時点から実行を継続します。すべての GPIO はスタンバイ モードでラッチされます。

シャットダウン モードでは、デバイスは完全にオフになり (AON ドメインを含む)、シャットダウン モードに移行する前に与えた値で I/O がラッチされます。シャットダウン ピンからのウェイクとして定義されている任意の I/O ピンの状態が変化する

と、デバイスはウェークアップし、リセットトリガとして機能します。CPU は、この方法でリセットと、リセット単位のリセットピンとパワーオン リセットを、またはリセット ステータス レジスタを読み取ることで、を区別することができます。このモードで保持される状態は、ラッチされた I/O 状態、3V レジスタ バンク、およびフラッシュ メモリの内容のみです。

注

CC2340R5MODA デバイスの電力、RF、クロック管理には、性能を最適化するためにソフトウェアによる特定の構成と処理が必要です。この構成および処理は、CC2340R5MODA ソフトウェア開発キット (SDK) の一部である TI が提供するドライバで実装されています。したがって、デバイス上のすべてのアプリケーション開発に、このソフトウェア フレームワークを使用することを強く推奨します。FreeRTOS、デバイスドライバ、およびサンプルを含む完全な SDK は、ソースコード形式で無償で提供されます。

8.12 クロック システム

この CC2340R5MODA デバイスには、複数の内部システム クロックがあります。

48MHz HFCLK は、メイン システム (マイコンおよびペリフェラル) クロックとして使用されます。これは、外部 48MHz 水晶振動子 (HFXT) に対して精度を追跡できる内蔵の 48MHz RC 発振器 (HFOSC) によって駆動されます。無線動作には、外部 48MHz 水晶振動子が必要です。

32.768kHz LFCLK は、内部の低周波システム クロックとして使用されます。RTC、スタンバイ電源モードで有効になっている場合のウォッチドッグ タイマ、スタンバイ電源モードの前後における無線タイマの同期に使用されます。LFCLK は、内部 32.8kHz RC 発振器 (LFOSC)、32.768kHz ウォッチ型水晶振動子、または LFXT バイパス モードのクロック入力により駆動できます。水晶振動子または内蔵 RC 発振器を使用する場合、デバイスは 32kHz LFCLK 信号を他のデバイスに出力できるため、システム全体のコストを削減できます。

8.13 ネットワーク プロセッサ

製品構成によっては、CC2340R5MODA デバイスはワイヤレス ネットワーク プロセッサ (WNP)、アプリケーションを別のホスト MCU で実行するワイヤレス プロトコル スタックを実行するデバイスとして、またはデバイス内部のシステム CPU 上でアプリケーションとプロトコル スタックが実行されるシステム オン チップ (SoC) として機能できます。

最初のケースでは、外部ホスト MCU が SPI または UART を使用してデバイスと通信します。2 番目の場合は、ワイヤレス プロトコル スタックとともに提供されるアプリケーション フレームワークに従ってアプリケーションを作成する必要があります。

8.14 デバイスの認証と認定

表 8-4 に示されているように、TI の CC2340R5MODA モジュールは、FCC、IC/ISED、ETSI/CE の認定を受けています。さらに、モジュールは Bluetooth Special Interest Group (Bluetooth SIG) によって Bluetooth 認証済み設計になっています。TI の CC2340R5MODA モジュールをベースとして製品を開発することで、TI のお客様は製品ファミリごとのテストにかかるコストと時間を削減できます。

注

FCC ID、IC ID、CE マークは、ユーザー マニュアルとパッケージの両方に記載する必要があります。モジュールのサイズが小さい (7mm x 10mm) ため、拡大せずに判読可能なサイズの文字で ID とマーキングを配置することは実用的ではありません。

表 8-4. CC2340R5MODA 認証リスト

規制機関	仕様	ID (該当する場合)
FCC (米国)	Part 15C + MPE FCC RF 露出 (Bluetooth)	ZAT-2340R5MODA
IC/ISED (カナダ)	RSS-102 (MPE) および RSS-247 (Bluetooth)	451H-2340R5MODA
ETSI/CE (欧州)	EN 300328 v2.2.2 (2019-07) (Bluetooth)	—
ETSI/CE (欧州)	EN 62311:2020 および EN 50655:2017 (MPE)	—
ETSI/CE (欧州)	EN 301 489-1 v2.2.3 (2019-11)	—
ETSI/CE (欧州)	EN 301489-17 v3.3.1 (2024-09)	—
ETSI/CE (欧州)	EN 62368-1:2020/A11:2020	—
MIC (日本)	ARIB STD-T66	201-260404
KCC (韓国)	KCC	R-C-T3P-2340R5MODA
NCC (台湾)	NCC	CCAF26Y10370T4

8.14.1 FCC 認証および声明

注意

FCC RF 放射線暴露に関する声明

この機器は、制御されていない環境で規定されている FCC 放射線暴露制限に準拠しています。エンド ユーザーは、RF 暴露制限を満たすため、特定の動作手順に従う必要があります。このトランスミッタを他のアンテナやトランスミッタと同じ場所に設置、または同時に動作させてはいけません。

TI の CC2340R5MODA モジュールは、シングル モジュール トランスミッタとして FCC の認定を取得しています。モジュールは、モジュール式の承認を受けている FCC 認定済みの無線モジュールです。

準拠の責任を負う当事者によって明示的に承認されていない変更や改造を行うと、ユーザーが機器を操作する権限が無効になる可能性があることに注意してください。

デバイスは、FCC 規則の第 15 条に適合するように設計されています。デバイスの操作を行う場合、次の 2 つの条件が適用されます。

- このデバイスが有害な干渉を引き起こさないこと。
- このデバイスが、デバイスに望ましくない動作を引き起こす可能性のある干渉も含め、受信したすべての干渉を受け入れること。

8.14.2 IC/ISED 認証および声明

注意

IC RF 放射線暴露に関する声明

IC の RF 露光要件に準拠するため、このデバイスとそのアンテナを、他のアンテナやトランスミッタと同じ場所に配置、または組み合わせて動作させてはいけません。

Pour se conformer aux exigences de conformité RF canadienne l'exposition, cet appareil et son antenne ne doivent pas être co-localisés ou fonctionnant en conjonction avec une autre antenne ou transmetteur.

TI の CC2340R5MODA モジュールは、シングル モジュール トランスミッタとして IC の認定を取得しています。TI の CC2340R5MODA モジュールは、IC のモジュール承認を得ており、ラベル要件を満たしています。この IC は、承認済み機器の認定済みモジュールに関して、FCC と同じテストおよび規則に従います。

デバイスは、カナダ産業省のライセンス免除 RSS 規格に適合しています。

デバイスの操作を行う場合、次の 2 つの条件が適用されます。

- このデバイスが干渉を引き起こさないこと。
- このデバイスが、デバイスに望ましくない動作を引き起こす可能性のある干渉も含め、すべての干渉を受け入れること。

Le présent appareil est conforme aux CNR d'Industrie Canada applicables aux appareils radio exempts de licence.

L'exploitation est autorisée aux deux conditions suivantes:

- L'appareil ne doit pas produire de brouillage
- L'utilisateur de l'appareil doit accepter tout brouillage radioélectrique subi, même si le brouillage est susceptible d'en compromettre le fonctionnement.

8.14.3 ETSI/CE 認定

TI の CC2340R5MODA モジュールは、適合宣言の中で要約され、CE マークにより証明された適切な EU 無線および EMC 指令に対する認証を受けて、CE 認定を受けています。モジュールは、無線機器指令 (RED) に基づいてテストおよび認定されています。

CC2340R5MODA デバイスの [EU 適合宣言](#)全文をご覧ください。

8.14.4 MIC 認定

TI の CC2340R5MODA モジュールは、第 49-20 条、および無線機器規制条例の関連条項に対して MIC 認定を受けています。

本デバイスの操作には次の条件が適用されます。

- ホストシステムに、ワイヤレス ワイド エリア ネットワーク (WWAN) デバイスが含まれていないこと。

8.14.5 韓国認証

TI の CC2340R5MODA モジュールは、第 58-2 条、および電波法の関連条項に対して韓国の認定を受けています。さらに、韓国のデバイス、ラベル、およびユーザー マニュアルの要件が [表 8-5](#) に従って満たされていることを確認するのは、OEM の責任です

表 8-5. EOM の KCC ラベルおよびユーザー マニュアル要件

KCC ラベル要件 ⁽¹⁾	情報	デバイス ^{(2) (3)}	パッケージ ^{(2) (3)}	ユーザー マニュアル ^{(2) (3)}
KC マーク		M	M	

表 8-5. EOM の KCC ラベルおよびユーザー マニュアル要件 (続き)

KCC ラベル要件 ⁽¹⁾	情報	デバイス ^{(2) (3)}	パッケージ ^{(2) (3)}	ユーザー マニュアル ^{(2) (3)}
KC ID	R-C-T3P-2340R5MODA	M	M	
アプリケーション名	テキサス インストルメンツ	M、E	M、E	M、E
製品名	512kB フラッシュ搭載、 CC2340R5MODA SimpleLink™ 32 ビット Arm Cortex-M0 Bluetooth Low Energy ワイヤレス マイコン モ ジュール	M、E	M、E	M、E
モデル名	CC2340R5MODAN0MHAR	M、E	M、E	M、E
メーカー名	Texas Instruments Inc.	M、E	M、E	M、E
製造国	台湾	M、E	M、E	M、E
製造年	2026	M、E	M、E	M、E

(1) 最大面積 400 mm² 以下の小型製品で、ラベルを貼付できない場合は、ラベルを製品パッケージまたは基本デザインの上に貼付するか、製品に識別コードを記載することができます。

(2) M = 必須

(3) E = OEM 積分器が、情報の配置場所を選択できます

8.14.6 NCC 認証および声明

TI の CC2340R5MODAN0MHAR モジュールは、NCC LP002 に対して NCC 認証を取得しています。

本デバイスの操作には次の条件が適用されます。

- 「取得審験證明之低功率射頻器材，非經核准，公司、商號或使 用者均不得擅自變更頻率、加大功率或變更原設計之特性及功能。低功率射 頻器材之使用不得影響飛航安全及干擾合法 通信；經發現有干擾現象時，應 立即停用，並改善至無干擾時方得繼續使用。前述合法通信，指依電信管理 法規定作業之無線電 信。低功率射頻器材須忍受合法通信或工業、科學及 醫療用電波輻射性電機設備之干擾。」

「企業、商号、事業者は、検証されたローパワー RF 機器の承認なしに、周波数の変更、電力の増加、または元の設計の特性や機能の変更を行うことはできません。ローパワー RF 機器の使用は飛行の安全性に影響を与えず、合法的な通信を妨害しないものとします。また、干渉が見つかった場合は直ちに無効化し、干渉のない状態に改善するものとします。上記の合法的通信とは、電気通信管理法の規定に基づいて運用される無線通信をいいます。ローパワー RF 機器は、合法的な通信機器、または産業、科学、医療用無線機の無線モーター機器からの干渉の対象になります。」

- 「本公司於說明書中提供所有必要資訊以指導使用者/安裝者正確的安裝及操作」。

「当社では、ユーザー / インストーラの正しいインストールと操作をガイドするために必要なすべての情報を提供します。」

- 「平台商應於最終產品本體明顯處標示 本產品內含射頻模組 CCAF26Y10370T4」。

「プラットフォーム プロバイダは、最終製品の本体に、

この製品に RF モジュール CCAF26Y10370T4 が搭載されている旨を明確に表記するものとします。」

8.15 モジュールのマーキング

図 8-1 に、CC2340R5MODA モジュールの上面マーキングを示します。

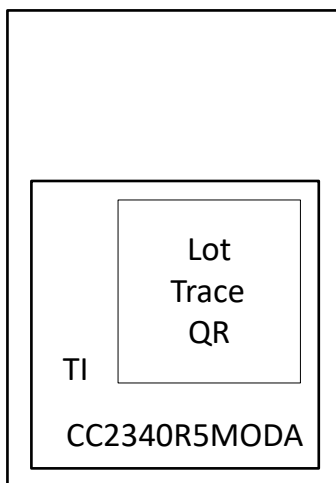


図 8-1. 上面マーキング

表 8-6 に、CC2340R5MODA モジュールのマーキングを示します。

表 8-6. モジュールの説明

マーキング	説明
CC2340R5MODA	ジェネリック型番
TI	テキサス インストルメンツ
QR コード	LTC (ロットトレースコード)

8.16 最終製品のラベリング

CC2340R5MODA モジュールは次に準拠:FCC の単一モジュール FCC 認可、FCC ID:**ZAT-2340R5MODA**。このモジュールを使用するホストシステムは、見える場所にラベルを付け、次のテキストを記載する必要があります。

次に準拠:FCC ID:**ZAT-2340R5MODA**

CC2340R5MODA モジュールは次に準拠:IC の単一モジュール IC 認可、IC:**451H-2340R5MODA**。このモジュールを使用するホストシステムは、見える場所にラベルを付け、次のテキストを記載する必要があります。

次に準拠:IC:**451H-2340R5MODA**

最終製品のラベルとサンプル ラベルの詳細については、『[OEM インテグレータ ガイド](#)』のセクション 4 を参照してください

8.17 エンド ユーザー向けマニュアルに関する情報

OEM インテグレータは、本モジュールを組み込んだ最終製品のユーザー マニュアルにおいて、この RF モジュールの取り付け方法や取り外し方法に関する情報をエンド ユーザーに提供しないように注意する必要があります。

エンド ユーザー向けマニュアルには、このマニュアルに記載されているのと同じ、必要な規制に関する情報と警告がすべて記載されている必要があります。

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のセクションにある情報は、TI の製品仕様に含まれるものではなく、TI はその精度も完全性も保証いたしません。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。また、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 代表的なアプリケーション回路

図 9-1 に、CC2340R5MODA モジュールを使用した代表的なアプリケーション回路図を示します。RFIO (ピン 4) は伝導 Tx および Rx RF ポート、ANT_IN (ピン 3) は内蔵アンテナへの接続です。モジュール内の内蔵アンテナ オプションを使用する場合は、CA1 を組み立てる必要があります。

外部アンテナ オプションを使用する場合は、CA2 を組み立てて CA1 を取り外す必要があります。完全なリファレンス回路図については、[LP-EM-CC2340R5MODA の設計ファイル](#)をダウンロードしてください。

- パワーオンリセットが必要な場合は、部品 R1 および C92 を追加する必要があります。R1 を 100k Ω 、C92 は 100nF とする必要があります。
- アプリケーションにローパワー発振器が必要な場合は、Y1 を負荷コンデンサ C81 および C91 に追加する必要があります。

注

RFIO パス ピン 4 に外部アンテナを使用する場合は、RF 設計を実装する際に、以下のガイドラインを推奨します。

- RF パスが 50 Ω のインピーダンスで設計されていることを確認します。
- PCB の寄生容量を考慮して、PCB を製造した後で、アンテナのインピーダンス π マッチング回路を調整することを推奨します。

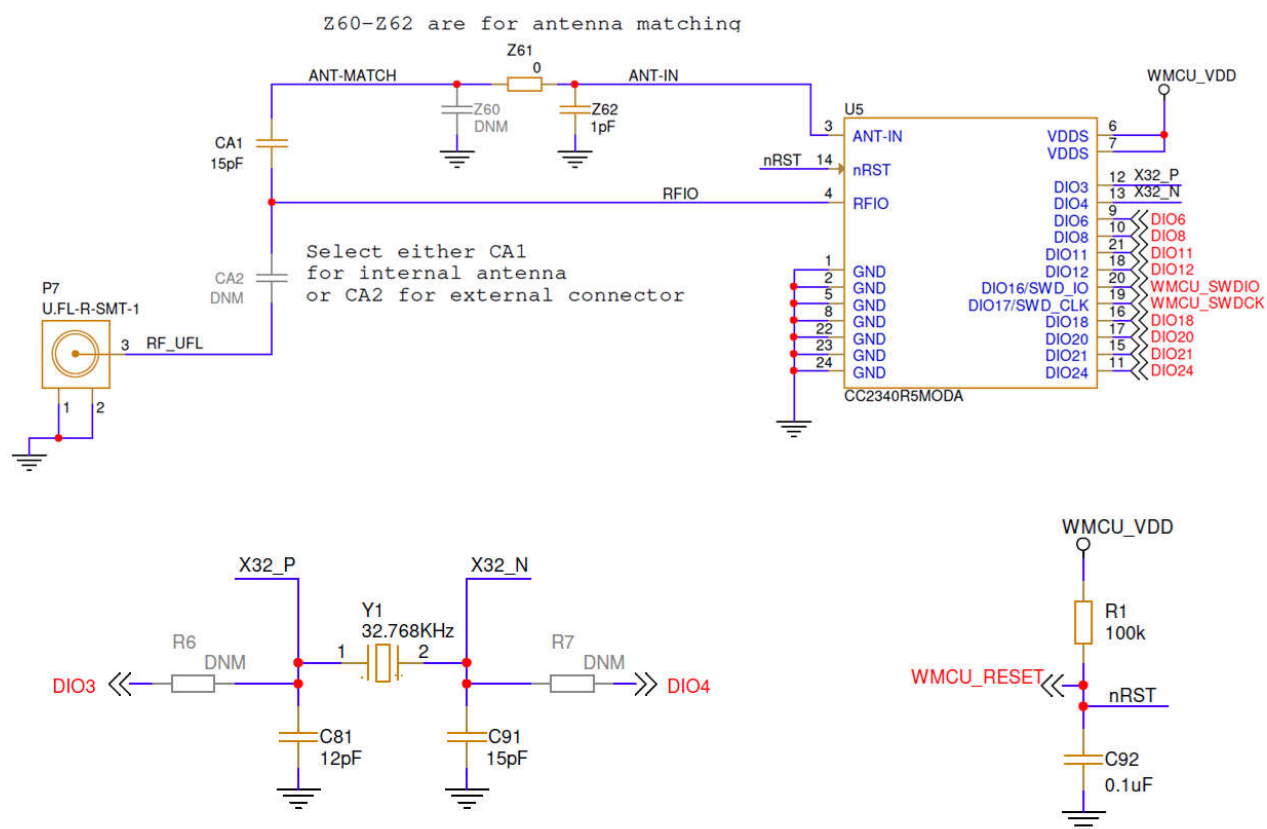


図 9-1. CC2340R5MODA の代表的なアプリケーション回路図

表 9-1 は、図 9-1 に示されているように、CC2340R5MODA モジュールと内蔵アンテナを使用した代表的なアプリケーションの部品表を示しています。

完全な動作に関するリファレンス デザインについては、[LP-EM-CC2340R5MODA の設計ファイル](#)を参照してください。

表 9-1. 内部アンテナ構成の部品表

部品リファレンス	値	製造元	部品番号	説明
CA1, CA2 ⁽¹⁾	15pF	Murata	GRM0335C1H150GA01D	コンデンサ、セラミック、15pF、50V、±2%、C0G/NP0、0201
U5	CC2340R5MODA	テキサス インストルメンツ	CC2340R5MODAN0MHAR	パワー アンプとアンテナを内蔵した SimpleLink™ マルチプロトコル 2.4GHz ワイヤレス マイコン
Y1	32.768kHz	TAI-SAW	TZ3359DAAO73	水晶振動子、32.768kHz、-40°C/+125°C、SMD

(1) 内蔵アンテナを使用する場合は、CA1 を配置します。外部アンテナを使用する場合は、CA2 を配置します

9.2 デバイスの接続

9.2.1 未使用のピン

リーク電流を心配することなく、未使用のピンはすべて未接続のままにできます。

9.3 PCB のレイアウト ガイドライン

このセクションでは、CC2340R5MODA モジュールを使用して PCB 設計を迅速化する PCB ガイドラインについて説明します。CC2340R5MODA モジュールのインテグレータは、FCC、IC/ISED、ETSI/CE、RAR (英国) の規制認証によるリスクを最小限に抑えるため、以下のサブセクションで説明する PCB レイアウト推奨事項に準拠する必要があります。さらに、TI のリファレンス デザインと同等の性能を実現するため、このセクションで説明するガイドラインの順守を推奨しています。

9.3.1 一般レイアウトに関する推奨事項

以下の一般的なレイアウトに関する推奨事項に従っていることを確認してください。

- システムの安定と放熱のため、モジュールの下に頑丈なグランド プレーンとグランド ビアを配置し、アンテナの位置から離します。アンテナの下には、すべてのメインボード層の配線が一切ないようにします。配線禁止の領域は、すべての層で $7.0 \times 3.2\text{mm}$ にする必要があります (図 9-2 を参照)。この配線禁止領域が減るか、または最下層のこの領域の範囲内に部品が配置されると、アンテナ効率が低下します。
- モジュールが実装されている層では、モジュールの下に信号を配線してはいけません。

9.3.1.1 アンテナ内蔵による一般的な RF レイアウトに関する推奨事項

モジュールの最適な性能を確保するために、RF セクションを正しくレイアウトすることが重要です。レイアウトが不適切だと、出力低下や感度劣化を招く恐れがあります。図 9-2 に、2.4GHz 内蔵アンテナを使用した CC2340R5MODA モジュールの RF 配置と配線を示します。

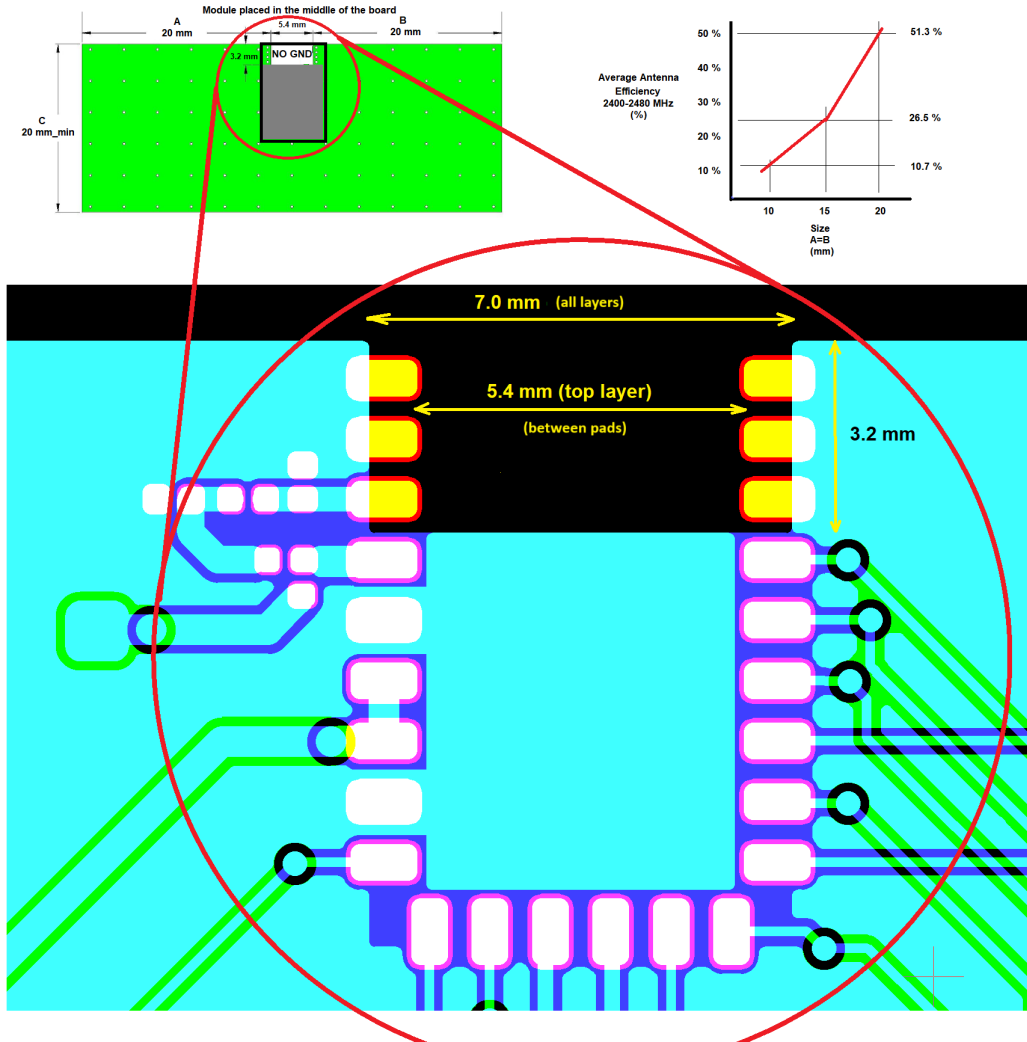


図 9-2. モジュールのレイアウト ガイドライン

内蔵アンテナを使用する場合は、CC2340R5MODA モジュールの RF レイアウトに関する以下の推奨事項に従ってください。

- 最適なアンテナ効率を得るためには、図 9-2 に示されている寸法 A、B、C を 20mm 以上にする必要があります。コンパクトなレイアウト設計の場合は、これらの寸法を縮小できますが、アンテナの効率が低下します。A と B の寸法が 20mm の場合、アンテナ効率は約 50% になります。A と B を 15mm に減少すると、期待されるアンテナ効率は約 25% になります。A と B を 10mm に減少すると、期待されるアンテナ効率は約 10% になります。A または B の寸法を 10mm 未満にすることは推奨されません。
- 部品 Z60、Z61、Z62 は、アンテナ マッチングを目的としています。Z60、Z61、Z62 の最適なアンテナ マッチング値は、レイアウト、最終製品のケースと材料、GND プレーンのサイズによって異なります。Launchpad リファレンス デザインでは、Z60: DNM、Z61: 0Ω、Z62: 1pF となります。アンテナに柔軟に対応し、ミスマッチ損失を最小限に抑えるため、アンテナのマッチングにはパイフィルタ (Z60、Z61、Z62) を使用することを常に推奨します。

- [図 9-2](#) に示されている A または B の寸法を 10mm 未満にすることは推奨されません
- メイン PCB のモジュールの下に少なくともグランド リファレンス プレーンを配置する必要があります

LaunchPad™ 開発キットおよび SensorTag 用 Sub-1GHz/2.4GHz アンテナ キット このアンテナ キットを使用して実環境でテストすることにより、個々のアプリケーションに最適なアンテナを選ぶことができます。アンテナ キットには、169MHz～2.4GHz の周波数に対応する次のようなアンテナが 16 個あります。

- PCB アンテナ
- ヘリカル アンテナ
- チップ アンテナ
- 868/915MHz と 2.4GHz を組み合わせたデュアルバンド アンテナ

アンテナ キットには、ワイヤレス MCU LaunchPad 開発キットと SensorTag を接続する JSC ケーブルが付属しています。

10 環境要件と SMT 仕様

10.1 PCB の曲げ

PCB は IPC-A-600J に準拠し、PCB のねじれと反りは 0.75% または 7.5mil/インチ未満。

10.2 取り扱い環境

10.2.1 端末

製品は、ランド グリッド アレイ (LGA) を介してマザーボードに取り付けられています。半田付け不良を防ぐため、LGA 部分に素手で触れないようにしてください。

10.2.2 落下

製品が倒れたり落下したりすると、取り付けられている部品が破損します。こうした破損により、製品が誤動作するおそれがあります。

10.3 保存条件

10.3.1 開封前の防湿袋

湿度 85% RH 以下、30°C 以下の温度で防湿袋を保管する必要があります。乾燥状態で包装された製品の算出上の保管期限は、袋の密封日から 24 か月となります。

10.3.2 防湿袋の開封

湿度インジケータ カードが青、30% 未満でなければなりません。

10.4 PCB アセンブリ ガイド

ワイヤレス マイコン モジュールは、サブストレート ベースのリードレス クワッド フラット パック (QFM) パッケージで供給されます。モジュールは、PCB レイアウトとボード実装が簡単なため、ブル バック リードを使用した設計を採用しています。

10.4.1 PCB のランド パターンとサーマル ビア

半田バランシングと半田接合の信頼性向上のため、半田付けパッドの寸法を一定にする半田マスク定義のランド パターンが推奨されています。PCB のランド パターンは、モジュールの半田付けパッドの寸法に対して 1:1 です。他の金属プレーンに接続されている PCB 上のサーマル ビアは、放熱を目的としています。デバイスのサーマル シャットダウンを防止するには、十分なサーマル ビアを確保することが重要です。推奨するビアのサイズは 0.2mm で、半田がビアの中に流入するのを防ぐため、半田ペーストの直下には配置しないでください。

10.4.2 SMT アセンブリに関する推奨事項

モジュール表面実装アセンブリの作業には以下が含まれます。

- PCB への半田ペーストのスクリーン印刷
- 半田ペーストの体積の監視 (均一性)
- 標準的な SMT 配置機器を使用したパッケージの配置
- X 線プリフロー チェック — ペーストブリッジング
- リフロー
- X 線ポストリフロー チェック — 半田ブリッジとボイド

10.4.3 PCB 表面仕上げの要件

アセンブリの歩留まりを高めるには、PCB めっき厚を均一にすることが重要です。無電解ニッケルの置換金めっき仕上げにおいて、半田接合部の脆化を回避するため、金めっきの厚さは $0.05\mu\text{m}$ ~ $0.20\mu\text{m}$ の範囲にする必要があります。Ni-Au の代替品として、有機半田付け性防腐剤 (OSP) コーティング仕上げの PCB を使用することも推奨します。

10.4.4 半田ステンシル

ステンシル印刷プロセスを使用する半田ペーストの堆積には、圧力を加えてあらかじめ定義された開口部から半田ペーストを転写する工程があります。アパーチャの面積比や製造プロセスなどのステンシル パラメータは、ペーストの堆積に大きな影響を与えます。基板の組み立て歩留まりを向上させるため、パッケージを配置する前にステンシルを検査することを強くお勧めします。

10.4.5 パッケージの配置

パッケージは、 $\pm 0.05\text{mm}$ の精度の標準的なピック アンド プレース装置を使用して配置できます。部品ピック アンド プレース システムは、部品を認識して配置するビジョン システムと、ピック アンド プレース操作を物理的に実行する機械システムで構成されます。一般的に使用されている 2 種類のビジョン システムは次のとおりです。

- パッケージ シルエットを特定するビジョン システム
- インターコネクト パターン上に個々のパッドを配置するビジョン システム

2 番目のタイプは、より正確な配置をレンダリングしますが、コストが高く、時間がかかる傾向があります。半田リフロー時に半田接合部のセルフ センタリング機能によって部品が揃うため、どちらの方法も使用できます。薄型パッケージへの損傷を防ぐため、半田ペーストに 2mil (約 0.05mm) 以上半田ブリッジを作らないか、最小限の力で接合することを推奨します (1mil は 1/1000 インチ)。

10.4.6 半田接合部の検査

表面実装アセンブリ後は、半田取り付けプロセスのサンプル監視にトランスミッション X 線を使用する必要があります。これにより、半田ブリッジ、短絡、断線、ボイドなどの欠陥を特定できます。また、X 線の他に側面図検査を使用して、半田の「くぼみ」やパッケージの傾きの有無を確認することも推奨します。「くぼみ」のある半田形状は、信頼性の高い接合部とは言えません。90°のミラー プロジェクションは側面検査に使用できます。

10.4.7 再加工および交換

TI は、取り付けプロセスと同様のプロファイルを適用する再加工ステーションでモジュールを取り外すことを推奨します。ヒートガンを使用すると、過熱によってモジュールが損傷する場合があります。

10.4.8 半田接合部のボイド

TI は、半田接合部のボイドを 30% 未満に抑制することを推奨します (IPC-7093 ごと)。部品と PCB のベーキング、半田ペーストの露出時間の最小化、リフロー プロファイルの最適化により、半田接合部のボイドを低減させることができます。

10.5 ベーキング条件

以下の場合、製品を取り付ける前にベーキングが必要です。

- 湿度インジケータ カードの読み取り値が 30% を超える場合
- 温度 < 30°C 、湿度 < 70% RH、96 時間以上の場合

ベーキング条件: 90°C 、12 ~ 24 時間

ベーキング回数: 1 回

10.6 SMT に関する推奨事項

図 10-1 に CC2340R5MODA モジュールで推奨されるリフロー プロファイルを示します。

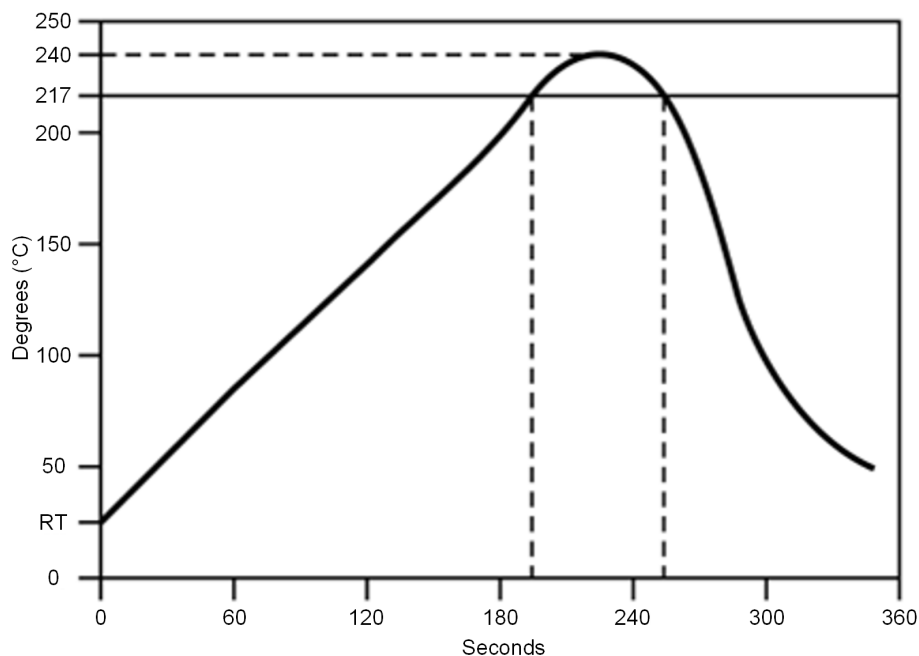


図 10-1. CC2340R5MODA モジュールのリフロー プロファイル

表 10-1. 推奨されるリフロー プロファイル

プロファイル エLEMENT	対流または IR ⁽¹⁾
ピーク温度範囲	235 ~ 240°C 標準値 (250°C 最大値)
予熱 / 浸漬時間 (150 ~ 200°C)	60 ~ 120 秒
半田付け時間 (217°C 超)	60 ~ 75 秒
ピーク温度まで 5°C の時間	20 ~ 40 秒
加熱速度	3°C / 秒
冷却速度	-3°C / 秒

- 半田ペースト合金: SAC305 (Sn96.5、Ag3.0、Cu0.5)

11 デバイスおよびドキュメントのサポート

テキサス・インスツルメンツでは、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。

11.1 デバイスの項目表記

製品開発サイクルの段階を示すために、TI ではすべての型番や日付コードに接頭辞を割り当てます。各デバイスには次の 3 つのいずれかの接頭辞/識別子があります: X、P、空白 (接頭辞なし) (たとえば、X はプレビュー中なので、X という接頭辞/識別子が割り当てられます)。

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。

量産デバイス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。TI 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 ファミリー名の接尾辞も含まれます。この接尾辞はパッケージ タイプを示します(例: MHA)。

MHA パッケージ タイプの CC2340R5MODA の注文可能な型番については、このドキュメントの「パッケージ オプション」についての付録、[セクション 3](#) のデバイス情報、TI Web サイト (www.ti.com) を参照してください。または、最寄りの TI 販売代理店にお問い合わせください。

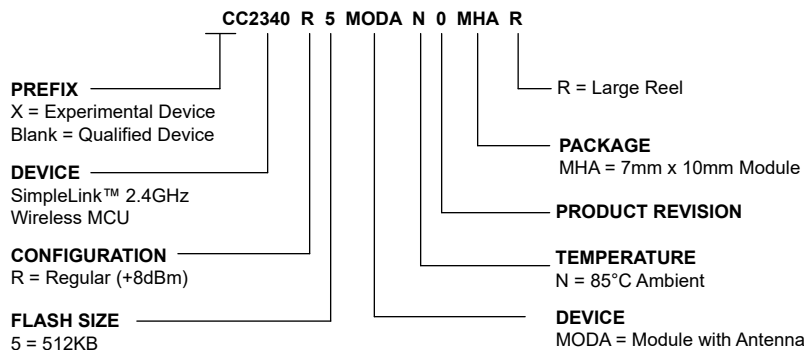


図 11-1. デバイスの項目表記

11.2 ツールとソフトウェア

CC2340R5MODA デバイスは、さまざまなソフトウェアとハードウェア開発ツールによりサポートされています。

開発キット

CC2340R53

LaunchPad™ 開発 キット

CC2340R53 LaunchPad™ 開発キットにより、低消費電力で動作する高性能なワイヤレス アプリケーションを開発できます。CC2340R53 SimpleLink ワイヤレス マイコンを採用しているため、Bluetooth 5 Low Energy などの 2.4GHz ワイヤレス アプリケーションの評価とプロトタイプ製作を

短時間で行うことができます。LaunchPad エコシステムを利用できるので、センサやディスプレイなどの追加機能も実現します。

ソフトウェア

SimpleLink™ 低消費電力 F3 ソフトウェア開発キット (SDK)

SimpleLink™ 低消費電力 F3 ソフトウェア開発キット (SDK) は、CC2340R ファミリのデバイスでワイヤレス アプリケーションを開発するための完全なパッケージです。この SDK には、CC2340R5MODA デバイス用の包括的なソフトウェア パッケージが、次のプロトコル スタックも含めて付属しています。

- Bluetooth Low Energy

SimpleLink 低消費電力 F3 SDK は、TI の SimpleLink マイコン プラットフォームの一部です。単一の開発環境からハードウェア、ソフトウェア、ツールを柔軟に選択し、有線およびワイヤレス アプリケーションを開発できます。SimpleLink マイコン プラットフォームの詳細については、<https://www.ti.com/simplelink> を参照してください。

開発ツール

Code Composer Studio™ 統合開発環境 (IDE)

Code Composer Studio は、TI のマイクロコントローラと組み込みプロセッサ ポートフォリオをサポートする統合開発環境(IDE)です。Code Composer Studio は、組み込みアプリケーションの開発およびデバッグに必要な一連のツールで構成されています。最適化 C/C++コンパイラ、ソースコード エディタ、プロジェクトビルド環境、デバッグ、プロファイラなど、多数の機能が含まれています。IDE は直感的で、アプリケーションの開発フローの各段階を、すべて同一のユーザー インターフェイスで実行できます。使い慣れたツールとインターフェイスにより、ユーザーは従来より迅速に作業を開始できます。

CCS は、すべての SimpleLink ワイヤレス MCU をサポートしており、EnergyTrace™ ソフトウェア (アプリケーションの消費電力プロファイリング) もサポートしています。

LaunchPad 開発キットに搭載されている XDS デバッガと組み合わせて使用する場合、Code Composer Studio は無償で提供されます。

Code Composer Studio™ Cloud IDE

Code Composer Studio (CCS) Cloud は、Web ベースの IDE で、CCS の各プロジェクトの作成、編集、ビルドを実行することができます。プロジェクトのビルドに成功した後、接続先の LaunchPad にプロジェクトをダウンロード (転送) し、実行することができます。ブレイクポイントの設定や、変数の値の表示など、基本的なデバッグ機能が CCS Cloud でサポートされるようになりました。

アーム®用 IAR Embedded Workbench®

IAR Embedded Workbench® は、アセンブラ、C および C++ を使用する組み込みシステムの構築とデバッグを行うための開発ツール セットです。プロジェクト マネージャ、エディタ、ビルド ツールを備えた完全統合開発環境を提供します。IAR はすべての SimpleLink ワイヤレス マイコンをサポートしています。XDS110、IAR I-jet™、Segger J-Link™ など、幅広いデバッガ サポートを提供しています。また、IAR は SimpleLink SDK の一部として提供されるほとんどのソフトウェア サンプルですぐに使えます。

SmartRF™ Studio

SmartRF™ Studio は、テキサス インストルメンツの SimpleLink ワイヤレス マイコンの評価や設定に使用できる Windows®アプリケーションです。このアプリケーションは、RF システムの設計者が設計プロセスの初期段階で無線を簡単に評価するのに役立ちます。特にコンフィギュレーション レジスタ値の生成や RF システムの実用テストおよびデバッグに役立ちます。スタンドアロン アプリケーションとしての使用、あるいは RF 製品に対応する評価ボードやデバッグ プローブとの併用が可能です。SmartRF Studio には次のような特長があります。

- リンクテスト - ノード間でパケットを送受信
- アンテナおよび放射線テスト - 無線を連続波 TX および RX 状態に設定します
- TI SimpleLink SDK RF ドライバでできるように無線構成コードをエクスポートします
- 信号伝達および外部スイッチ制御用のカスタム GPIO 構成

UniFlash

UniFlash は、TI マイコン上のオンチップ フラッシュ メモリのプログラミングに使用するスタンドアロン ツールです。UniFlash は、GUI、コマンド ライン、スクリプト インターフェイスを備えています。UniFlash は無料で利用できます。

11.2.1 SimpleLink™ マイコン プラットフォーム

SimpleLink マイコン プラットフォームは、有線およびワイヤレス Arm® MCU (システム オン チップ) の最も幅広いラインアップを 1 つのソフトウェア開発環境で開発するための新しい基準を打ち立てます。IoT アプリケーション向けのフレキシブルなハードウェア、ソフトウェア、ツール オプションを提供します。SimpleLink ソフトウェア開発キットに投資を 1 回行うだけで、製品ラインアップ全体を通して使用できます。詳細については、ti.com/simplelink をご覧ください。

11.3 ドキュメントのサポート

データシート、正誤表、アプリケーション ノートなど、ドキュメントの更新についての通知を受け取るには、デバイス製品フォルダ ([CC2340R5](#)) を開いてください。右上の [アラートを受け取る] をクリックして登録すると、製品情報の更新に関する週次ダイジェストを受け取ることができます。変更の詳細については、修正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。

MCU、関連ペリフェラル、その他の技術的事項を説明した最新のドキュメントを以下に示します。

TI Resource Explorer

TI Resource Explorer

選択したデバイスおよび開発ボードに対応するソフトウェア サンプル、ライブラリ、実行ファイル、資料をご利用になれます。

エラッタ

CC2340R シリコン エラッタ

シリコン正誤表には、デバイスのシリコンの各リビジョンについて、機能的仕様に対する既知の例外事項と、デバイスのリビジョンを確認する方法についての説明が記載されています。

アプリケーション レポート

CC2340R5MODA デバイスのすべてのアプリケーション レポートは、デバイスの製品フォルダ ([CC2340R5](#)) にあります。

テクニカル リファレンス マニュアル (TRM)

『CC23xx SimpleLink™ ワイヤレス マイコン TRM』

TRM では、このデバイス ファミリで使用可能なすべてのモジュールおよびペリフェラルについて詳細に説明します。

11.4 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、設計に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。

11.5 商標

SimpleLink™, LaunchPad™, Code Composer Studio™, EnergyTrace™, and テキサス・インスツルメンツ E2E™ are trademarks of Texas Instruments.

I-jet™ is a trademark of IAR Systems AB.

J-Link™ is a trademark of SEGGER Microcontroller Systems GmbH.

Arm®, Cortex®, and Cote® are registered trademarks of Arm Limited (or its subsidiaries) in the US and/or elsewhere.

Bluetooth® is a registered trademark of Bluetooth SIG.

CoreMark® is a registered trademark of Embedded Microprocessor Benchmark Consortium Corporation.

Wi-Fi® is a registered trademark of Wi-Fi Alliance.

IAR Embedded Workbench® is a registered trademark of IAR Systems AB.

Windows® is a registered trademark of Microsoft Corporation.

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

11.6 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。

11.7 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。

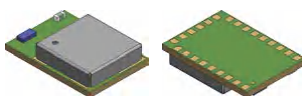
12 改訂履歴

資料番号末尾の英字は改訂を表しています。その改訂履歴は英語版に準じています。

Changes from Revision * (June 2026) to Revision A (July 2026)	Page
• デバイスのステータスを「プレビュー」から「リリース済み」に変更.....	2
• KCC (韓国)、MIC (日本)、NCC (台湾) の認証 ID を追加.....	46
• MIC (日本) 認証認定認証セクションを追加.....	47
• 韓国認証セクションを追加.....	47
• NCC (台湾) の認証セクションを追加.....	48

13 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。

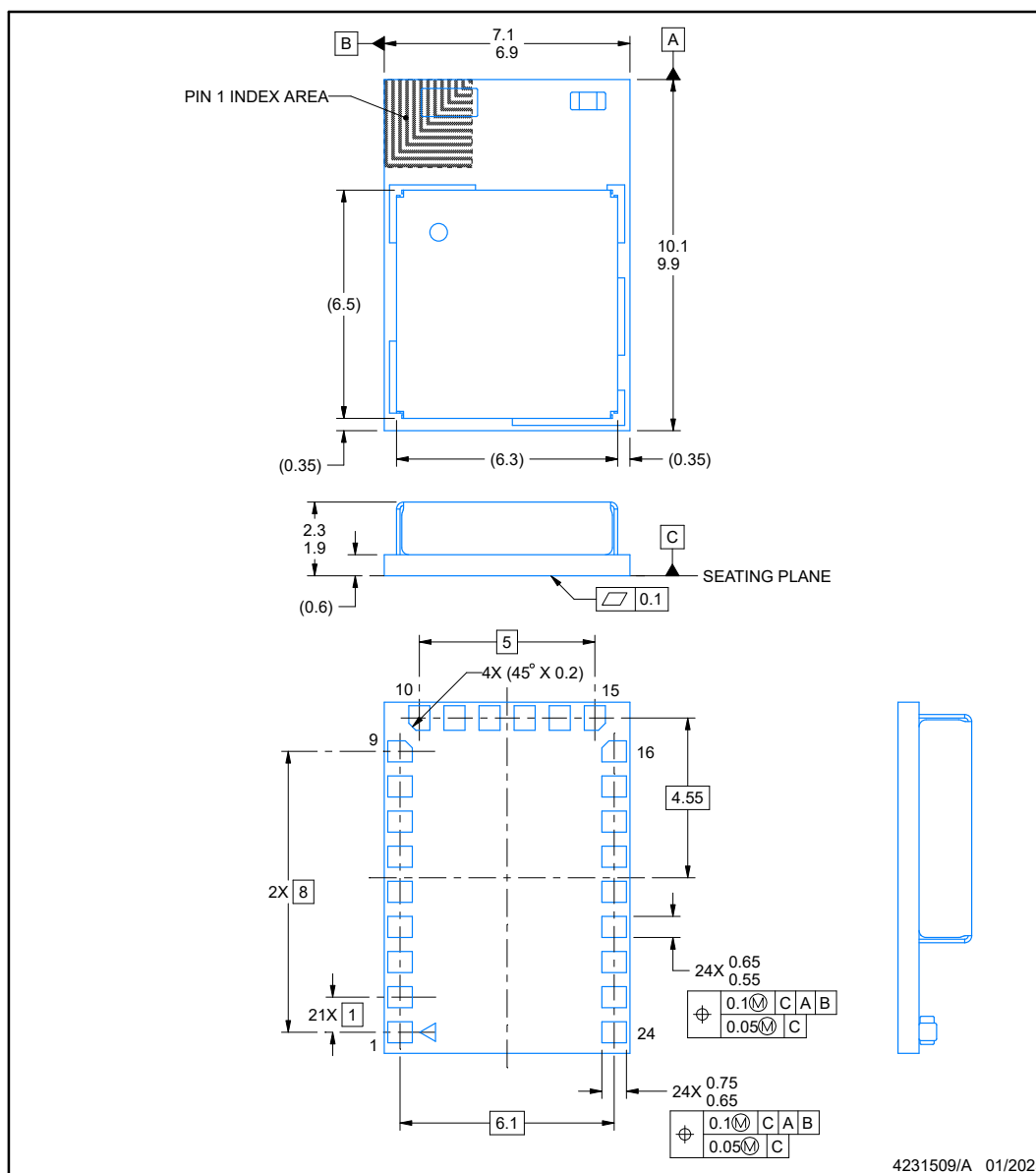


PACKAGE OUTLINE

QFM - 2.3 mm max height

QUAD FLAT MODULE

MHA0024A

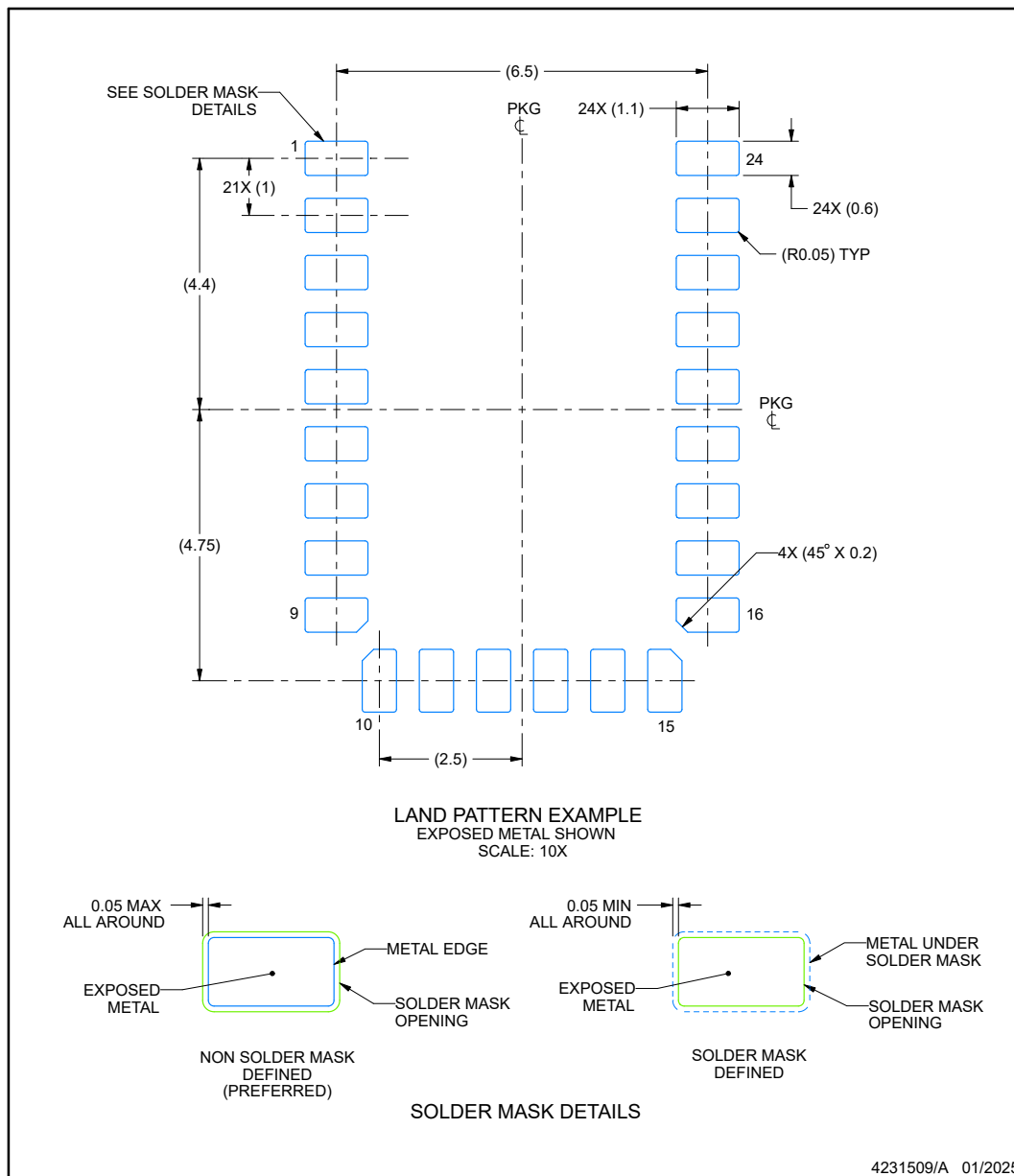


NOTES:

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.

EXAMPLE BOARD LAYOUT**MHA0024A****QFM - 2.3 mm max height**

QUAD FLAT MODULE



NOTES: (continued)

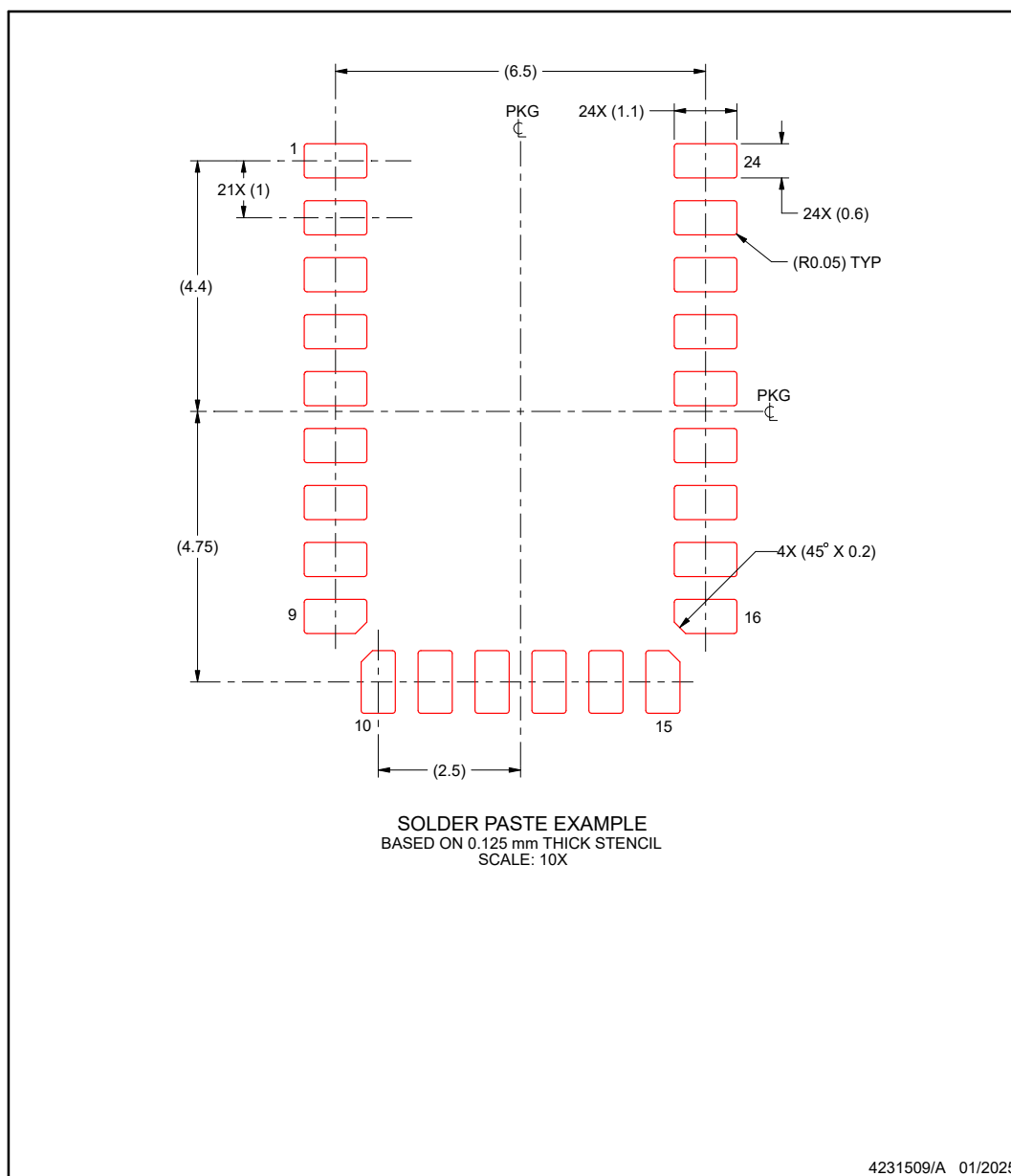
3. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/sluea271).

EXAMPLE STENCIL DESIGN

MHA0024A

QFM - 2.3 mm max height

QUAD FLAT MODULE



NOTES: (continued)

4. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.

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)
CC2340R5MODAN0MHAR	Active	Production	QFM (MHA) 24	1400 LARGE T&R	In-Work	Call TI	Call TI	-40 to 85	

- (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.

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みいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとし、TI は一切の責任を拒否します。

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

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](https://www.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