

Design Guide: TIDA-020093

車載フロントレーダー向け、シングルチップのミリ波ストリーミングレーダーのリファレンス デザイン



説明

運転機能の自律性向上により、自動車業界はレーダー値と性能の最適化に移行しています。未加工のレーダー データ ストリーミング トポロジを活用することで、レーダー性能の向上とコスト削減を実現できます。このリファレンス デザインでは、高い角度分解能を持つ 8TX と 8RX のアンテナ素子を搭載した AWR2188 レーダー フロント エンドを採用しています。CPU (中央演算装置) や MSPM0G3519-Q1 コントローラへの未加工データ送信に適した DS90UB971S-Q1 FPD-Link™ シリアライザとの組み合わせにより、ストリーミング レーダー アプリケーションを実現できます。このシステムは、広い入力電圧範囲のプリレギュレータとレーダー PMIC (パワー マネージメント IC) を内蔵しており、レーダー性能に不可欠な超低ノイズ電源を実現します。

リソース

TIDA-020093	デザイン フォルダ
AWR2188, MSPM0G3519-Q1	プロダクト フォルダ
DS90UB971-Q1, CDC6C-Q1	プロダクト フォルダ
LM68635-Q1, TPS628501-Q1	プロダクト フォルダ



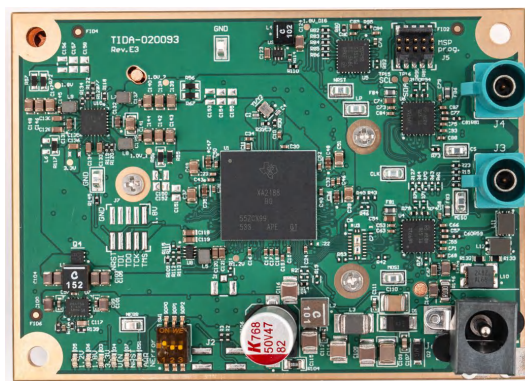
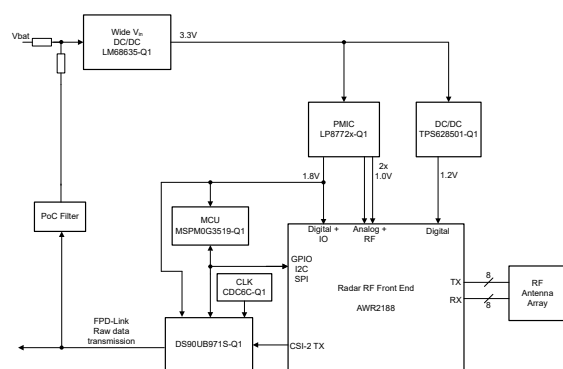
テキサス・インスツルメンツの™ E2E サポート エキスパートにお問い合わせください。

特長

- 画像処理と長距離レーダー向けの高性能レーダー
- 8TX、8RX 3D 導波管アンテナ
- シングル PCB に収まる、スペースを最適化したデザイン: 82mm × 59mm
- FPD-Link™ 経由での未加工レーダー データ送信
- 小型化、高効率化と低ノイズ化に向けて最適化した電源
- バッテリー直結型電源または PoC (Power Over Coax) 電源
- 機能安全向けの診断機能と監視機能

アプリケーション

- 中央処理向けサテライト構造 / ストリーミング レーダー
- 長距離レーダー
- 4D イメージング レーダー



1 システムの説明

世界中の自動車メーカーは、先進運転支援システム (ADAS) の機能を継続的に強化し、より高いレベルの自動運転を目標としています。このレーダー向けリファレンス デザインは、TI の IC を活用して、クラス最高の性能を実現する包括的なレーダー モジュールを構築します。これらのモジュールは、AWR2188 レーダー トランシーバ、低ノイズ電源、FPD-Link A/D コンバータ (ADC) の未加工データ通信を組み合わせ、エッジ処理から自動車業界のストリーミングレーダーへの移行に対応しています。

ストリーミングレーダーアーキテクチャと集中型処理の組み合わせは、センサのコスト、サイズ、重量、配線の複雑さを低減することで、従来のエッジコンピューティング方式に比べて、Power-over-Cable テクノロジーを通じて大きな利点をもたらします。さらに、ストリーミングレーダーセンサを使用すると、システムのスケーラビリティとモジュール性が向上します。自動車のより利便性の高い位置にセンサを配置できるため、より多くの ADAS 機能を統合できます。このデザインは、センサの数や構成を変更するだけで、カバレッジの度合いを調整できます。これにより、単一のプラットフォームを、コスト重視のローエンド車両から、自律性レベルが異なる差別化されたプレミアム車両までスケーリングできます。ストリーミングアーキテクチャは、センサフュージョンアルゴリズムと集中型 ECU のより大きな計算能力を通じて付加価値を高めます。簡素化されたストリーミングレーダーセンサとソフトウェアによる差別化は、システムの複雑さを緩和し、価値を創造する新しい方法を実現するのに役立ちます。これらの性能、スケーラビリティ、簡素化といった利点により、自動車業界でストリーミングアーキテクチャが注目されるようになっています。

1.1 主なシステム仕様

このリファレンス デザインの主な用途は、アダプティブクルーズコントロール (ACC)、自動緊急ブレーキ (AEB)、ブラインドスポット検出、フロントクロストラフィックアシスト、車線変更支援など、複数の先進運転支援システム (ADAS) 機能に対応したフロントレンジレーダーシステムです。表 1-1 には、¹ システム仕様:

表 1-1. 主なシステム仕様

8 x 8 の性能	説明
最大距離	超長距離モード: 最大 350m 長距離モード: 最大 200m 中距離モード: 最大 100m
距離分解能	超長距離モード: 最大 0.43m 長距離モード: 最大 0.29m 中距離モード: 最大 0.14m
最大速度	最大 -300 ~ +125km/h
速度分解能	最大 0.42kmph に対応
仰角 FoV	最大 ± 10 度
ボアサイトでの仰角分解能	最大 2 度
ボアサイトでの仰角精度	最大 0.28 度
方位角 FoV	最大 ± 70 度
ボアサイトでの水平分解能	最大 1 度
ボアサイトでの方位角精度	最大 0.14 度
アクティブ チャープ	最大 25ms

¹ 性能確認のため現在検証が進行中のターゲットシステム仕様が記載されています。実際の性能は、チャーププロファイルや中央 ECU 上で動作する信号処理の内容により、差異が生じる可能性があります。

2 車載フロントレーダー向け、シングルチップのミリ波ストリーミングレーダーのリファレンス デザイン

2 システム概要

レーダー モジュールは、PoC (Power Over Coax) またはバレル ジャック電源から、12V ~ 48V の電力を供給できます。入力電圧は、広い入力電圧範囲 (Vin) を備えた LM68635-Q1 によって降圧され、3.3V を生成します。この後、LP8772x-Q1 は 3.3V 入力を受け取り、AWR2188、DS90UB971S-Q1、MSPM0G3519-Q1、CDC6C-Q1 に電力を供給する 1.8V と 1.0V のレールを供給します。TPS628501-Q1 は、AWR2188 に必要な 1.2V を生成します。PoC 経由で電力を供給する場合、データと電源の両方が 1 本の同軸ケーブル経由で供給されるため、配線ハーネスのコストと重量を削減できます。

2.1 ブロック図

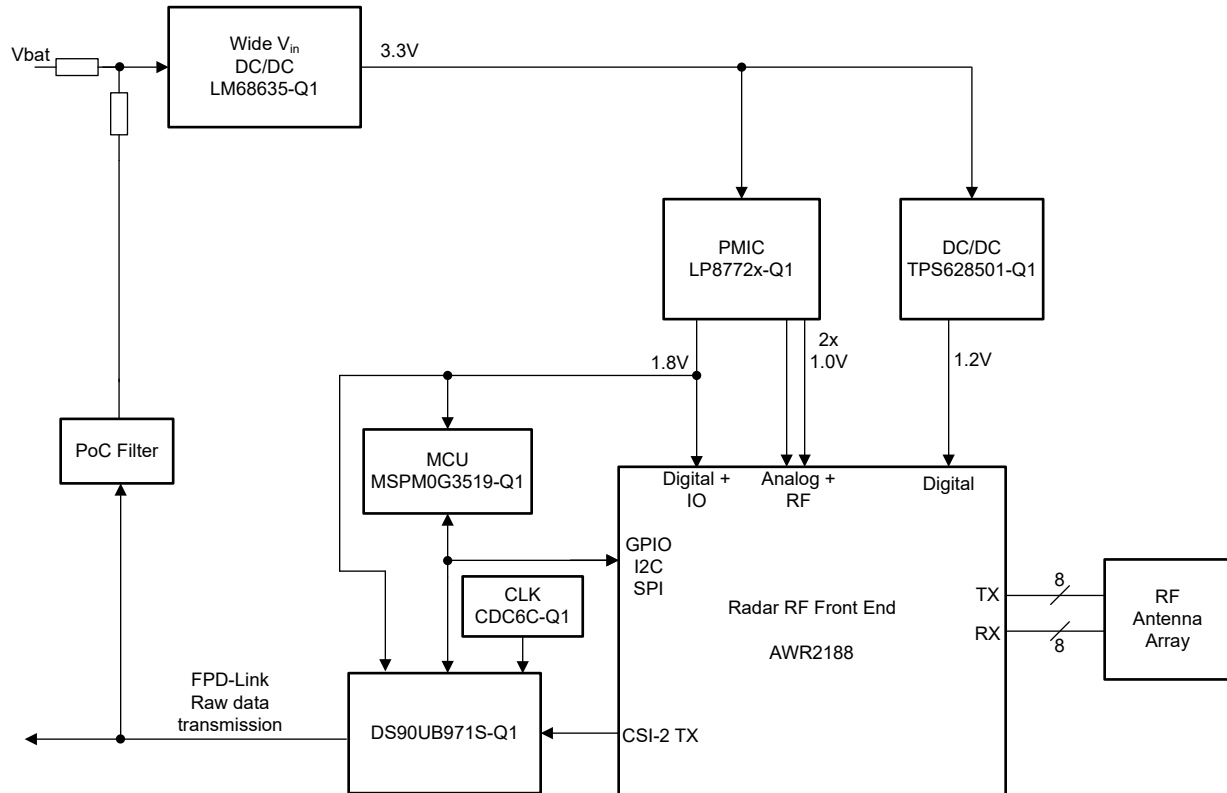


図 2-1. TIDA-020093 のブロック図

2.2 設計上の考慮事項

このストリーミングレーダーのリファレンス デザインは、顧客に近いセンシング方式を実現します。シームレスで高性能なストリーミングレーダー システムを構築するために、各コンポーネントを注意深く選択しています。AWR2188 は中心にある自己完結型 FMCW トランシーバ シングルチップ デバイスレーダー センサであり、76GHz ~ 81GHz 帯の車載レーダー センサの実装を簡素化し、非常に優れた距離、分解能、未加工データ転送を実現できます。

DS90UB971S-Q1 FPD-Link IV シリアライザは、同軸ケーブルを介してレーダー センサの未加工データを送信するように設計されています。このシリアライザは Power Over Coax (同軸ケーブル経由の電力供給) のサポートも追加されており、システムの配線を簡素化できます。このデバイスは、シリアル ペリフェラル インターフェイスと I2C をサポートしており、MSPM0G3519-Q1 マイコンや LP8772x-Q1 電力管理 IC (PMIC) との通信を実施できます。汎用入出力 (GPIO) は、AWR2188 のリセットとフレーム同期を制御するために利用可能です。

CDC6C025000-Q1 バルク弾性波 (BAW) 発振器は、FPD-Link シリアライザにクロックを供給します。低ジッタと低周波数安定性により、FPD-Link のアイダイアグラムが改善され、放射耐性、バルク電流注入 (BCI)、システムレベルの静電気放電 (ESD) 性能などの干渉に対するシステムレベルの耐性が向上します。

MSPM0G3519-Q1 マイクロコントローラはフラッシュ メモリを置き換え、構成とファームウェアを保存します。このマイコンは、I2C を SPI に変換し、ホストプロセッサの mmWaveLink アプリケーションから API 経由で対話型操作を行い、**AWR2188** を制御します。このマイコンは、**AWR2188** のブートと実行時のキャリブレーションを可能にし、車載センサのサイバーセキュリティ要件をサポートする特定のサイバーセキュリティ イネーブラを提供します。

LM68635-Q1 は最大で 70V の入力電圧に対応します。スイッチング周波数が高い 2.2MHz により、設計は FPD-Link 仕様を満たし、低ノイズの出力電圧をシステムへ供給できます。低ノイズを実現する、電圧出力精度 1% の **LP8772x-Q1** **PMIC** は、**AWR2188** の推奨電力アプローチです。コスト、BOM (部品表)、スペースを最適化した **PMIC** 電源アプローチは、レーダー センサや主要なペリフェラルに電力を供給します。内蔵降圧レギュレータは低ノイズおよび低リップル性能であり、**AWR2188** のノイズおよびリップル性能の仕様を満たし、効果的なレーダー性能を実現します。相補型の **TPS6285018A-Q1** 降圧コンバータは、1.2V の電源レールを **AWR2188** に供給します。

レーダー評価ボードを、互換性のあるホスト データ キャプチャ ボードと組み合わせると、ストリーミング構成で **AWR2188** の評価を開始するために必要なものがすべて含まれています。

2.3 主な使用製品

2.3.1 AWR2188

AWR2188 は、76GHz～81GHz 帯で動作可能な統合型シングルチップ FMCW トランシーバです。超小型のフォームファクタで、かつてないレベルの統合を実現しています。AWR2188 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 システム向けに設計されています。

AWR2188 デバイスは、自己完結型の FMCW トランシーバ シングルチップ デバイスであり、76GHz ～ 81GHz 帯域の車載レーダー センサの実装を簡素化します。テキサス・インスツルメンツの低消費電力 45nm RFCMOS プロセスで製造され、PLL および ADC コンバータを内蔵する 8TX / 8RX システムのモノリシック実装を実現しています。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。また本デバイスは、リファレンス ハードウェア 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 デバイスとして提供しています。

2.3.2 DS90UB971S-Q1

DS90UB971S-Q1 シリアルライザは、8MP (メガピクセル) またはそれ以上のイメージャ、衛星のレーダー、LIDAR、タイムオブフライト (ToF) センサを含め、各種超高速ロー データ センサをサポートする設計を採用しています。このチップは、7.55Gbps の順方向チャネルを 1 つ備え、レイテンシが 47.1875Mbps の超低双方向制御チャネルです。このデバイスは、1 本の同軸ケーブルまたは STP (シールド付きツイスト ペア) ケーブルによる電力伝送に対応します。DS90UB971S-Q1 は、高度なデータ保護および診断機能を備えており、ADAS などの車載アプリケーションで機能安全を実現します。テキサス インスツルメンツのデシリアルライザと組み合わせることで、DS90UB971S-Q1 は高精度のマルチカメラ センサ クロックおよびセンサ同期を実現します。また、このデバイスは I2C インターフェイス、SPI、最大 8GPIO を搭載しています。

DS90UB971S-Q1 は、-40°C～115°Cの広い温度範囲で AEC-Q100 に完全準拠しています。このシリアルライザは、スペースに制約のあるセンサ アプリケーション向けに小型の 5mm × 5mm VQFN パッケージで供給されます。

2.3.3 MSPM0G3519-Q1

MSPM0G3519-Q1 マイクロコントローラ (MCU) は、MSP Arm® Cortex® -M0+ 32 ビット コア プラットフォームの一部です。本デバイスは、車載環境向けにコスト、性能、安全性、設計の柔軟性のバランスを適切に維持しています。過酷な環境で安定した動作を実現するため、このマイコンは AEC Q100 グレード 1 認証に準拠しており、40°C から 125°C までの拡張温度範囲をサポートしており、ASIL-B の機能安全レベルを想定した設計を採用しています。MSPM0 は、完全なピンツーピン互換性によって最高の拡張性と柔軟性を備えているため、エンジニアはハードウェア設計の将来性を考慮に入れ、複数の車両プログラムにわたって効率的な性能スケーリングとプラットフォーム統合を実現できます。

MSPM0G351x-Q1 は、高性能のコンピューティング (演算アクセラレータを搭載した 80MHz Cortex-M0+) を実現するほか、単一の車載認証済みデバイスに緊密に統合されたアナログ ペリフェラルとデジタル ペリフェラルを搭載しています。この MCU の堅牢なメモリ サブシステムは、デュアルバンク OTA 機能付きで最大 512KB の ECC フラッシュと、128KB のパリティチェック SRAM をサポートしています。主な統合として、2 個の 12 ビット 4Msps ADC、コンパレータ、アンプ、1 個の 12 ビット DAC、さらにすべての通信スイート (UART、I²C、SPI、CAN FD) を搭載しています。内蔵のセキュリティ機能 (AES、TRNG、CRC) によりデータの整合性が得られます。量産に対応した CAN ドライバと LIN ドライバ、MCAL、診断ライブラリ、リファレンス デザインなど、成熟した車載エコシステムによってサポートされており、セキュアな統合 ECU を迅速に開発すると同時に、BOM (部品表) コストの削減とシステムの複雑さの低減に役立ちます。

2.3.4 LM68635-Q1

LM686x5-Q1 は、高効率、高い電力密度、超低電磁干渉 (EMI) を実現するように設計された車載用降圧コンバータファミリです。これらのコンバータは、3V~70V (75V 許容) (外部入力サージ保護の必要性が低下) の広い入力電圧範囲で動作します。LM686x5-Q1 は、3.3V および 5V または可変構成でのピン選択可能な固定出力電圧を備えています。ループインダクタンスを最小化し、スイッチノードのスルーレートを最適化することで、低 EMI での動作がイネーブルになります。電流モード制御アーキテクチャの標準最小オン時間は 30ns で、高周波数での高い変換比、高速過渡応答、優れた負荷およびラインレギュレーションを実現します。

LM686x5-Q1 降圧コンバータは、特に機能安全に関連するアプリケーションを対象としています。スタートアップ時の ABIST、冗長で高速な VVOUT 監視、フィードバックパス障害検出、冗長温度センサ、サーマルシャットダウン、電流制限などの一連の安全機能により、残存故障率 (FIT) が大幅に減少します。

2.3.5 LP8772x-Q1

LP8772x-Q1 デバイスは、車載用および産業用のさまざまなレーダーアプリケーションで使用する AWR、IWR、他の MMIC (ミリ波 IC) のパワー マネージメント要件を満たしています。このデバイスは、3 個の降圧 DC/DC コンバータ、1 個の LDO レギュレータ、1 個のロードスイッチを搭載しています。この LDO は外部から電力を受け取り、イーサネット デバイスやシステム内にある他のデバイスへ電力を供給しています。ロードスイッチは、センサがスリープモードになっているときに 3.3V の IO 電源の供給を停止します。このデバイスは、I2C 通信インターフェイスとイネーブル信号を使用して動作します。

低ノイズ降圧 DC/DC コンバータは、工場出荷時にプログラミングされた 17.6MHz、8.8MHz、または 4.4MHz のスイッチング周波数をサポートしています。高いスイッチング周波数と、広い周波数範囲にわたる低ノイズにより、LDO フリーの電源というアプローチを実現し、設計コストの削減と放熱性能の向上に貢献します。スイッチングクロックは強制的に PWM モードに設定されて優れた RF 性能を実現しているほか、外部クロックと同期することもできます。LP8772x-Q1 は、リモート電圧センシングに対応しており、レギュレータ出力とポイントオブロード (POL) との間の IR 降下を補償して出力電圧の精度を高めることができます。

2.3.6 TPS6285018A-Q1

TPS62850x-Q1 はピン互換で 1A、2A (連続) および 3A (ピーク) の高効率で使いやすい同期整流降圧 DC/DC コンバータファミリです。これらのデバイスは、ピーク電流モードの制御トポロジに基づいています。これらのデバイスは、インフォテインメント、先進運転支援システムなどの車載アプリケーション用に設計されたものです。低抵抗のスイッチにより、連続で最大 2A、ピークでは 3A の出力電流を供給できます。TPS62850x-Q1 では、スイッチング周波数を 1.8MHz~4MHz の範囲で外部から調整できます。また、上記と同じ周波数範囲で、外部クロックに同期させることも可能です。PWM/PFM モードでは、負荷が軽いときに自動的にパワーセーブモードへ移行するため、負荷範囲全体にわたって高い効率を維持できます。このファミリは PWM モードで 1% の出力電圧精度を実現しており、出力電圧精度の高い電源の設計に役立ちます。

2.3.7 CDC6C025000-Q1

テキサス・インスツルメンツの高精度バルク弾性波 (BAW) マイクロ共振器技術がパッケージに直接統合されているため、低ジッタのクロック回路を実現できます。BAW は、シリコンベースのその他の製造プロセスと同様にテキサス・インスツルメンツの工場ですべて設計および製造されています。

CDC6Cx-Q1 デバイスは、共振源として BAW を組み込んだ低ジッタで低消費電力の固定周波数発振器です。本デバイスは、特定の周波数および機能ピンに合わせて工場出荷時にプログラム済みです。周波数制御ロジックと出力周波数分周器を備えた CDC6Cx-Q1 は、250kHz ~ 200MHz の任意の周波数を生成でき、あらゆる周波数ニーズに対応する単一デバイスファミリを実現します。

このデバイスは高性能のクロックを供給し、機械的安定性があり、低消費電力で、柔軟で、小型パッケージのオプションもあり、車載アプリケーションのリファレンスクロックやコアクロックに適しています。

3 システム設計理論

ストリーミングレーダーの設計を使用するには、中央演算装置でレーダー データを取得して処理するために、高性能プロセッサとデシリアライザが必要です。PoC 経由で電力を供給する場合、データと電源の両方が 1 本の同軸ケーブル経由で供給されます。

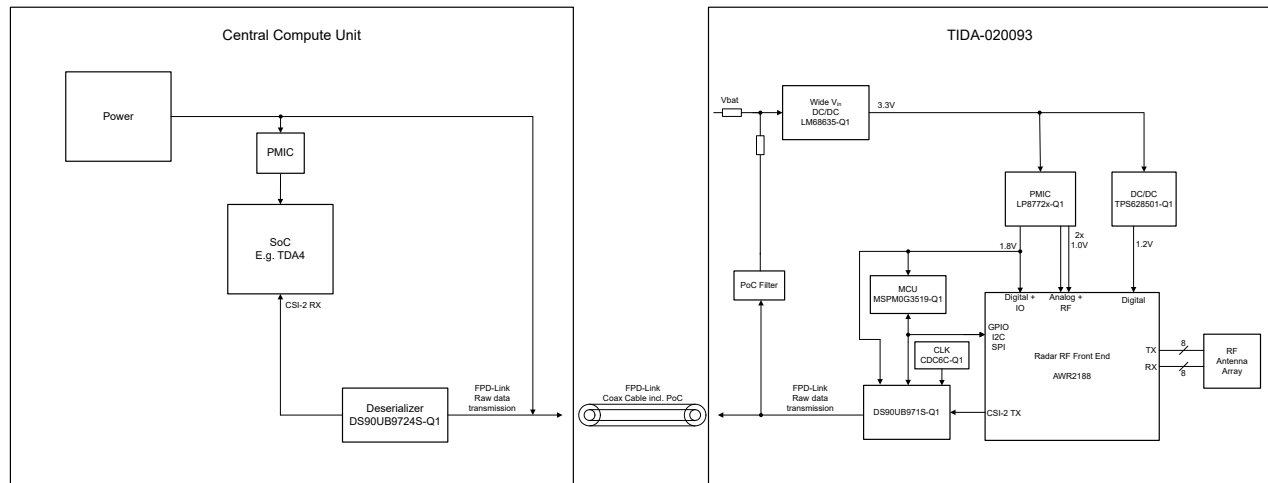


図 3-1. 集中型コンピューティング ユニットおよびレーダー モジュールのシステム図

3.1 診断および監視機能

追加の安全性要件を持つシステムには、このリファレンス デザインには診断機能と監視機能が搭載されています。

ウォッチドッグ: LP8772x-Q1 デバイスは、ソフトウェアのロックアップを監視するための Q&A またはトリガ モードのウォッチドッグ、接続された AWR2188 のロックステップ信号を監視するためのシステム エラー モニタ入力 (フォルト インジェクション機能付き) も備えています。この実装では、PMIC と MSPM0G3519-Q1 の間の通信に I2C バスを使用します。ウォッチドッグは、MSPM0 の正常な動作を検出するために、特定の間隔で MSPM0 から特定のメッセージを要求します。ウォッチドッグが MSPM0 の誤動作を検出すると、LP8772x-Q1 は nRESET ピンを使用して AWR2188 にハードリセットを発行します。

電圧モニタ (VMON): LP8772x-Q1 内の電圧監視ピンは、TPS6285018A-Q1 によって生成される 1V2 に接続されています。低電圧または過電圧イベントが発生した場合、PMIC はこのレールを監視し、nRESET ピンを使用して AWR2188 にハードリセットを発行できます。VMON スレッシュホールドと OV/NVM 状態時に実行される動作は、PMIC の不揮発性メモリ (UV) 設定で設定され、I2C 経由で再構成できます。

3.2 Power over Coax (PoC) ネットワーク

PoC (Power over Coax) ネットワークの目的は、高速データ信号を DC 電源信号から分離することです。高速信号コンテンツは、ビデオ データと制御データをデシリアライザに伝送する高速フォワード チャネルと、制御データをシリアライザに伝送する低速バック チャネルで構成されます。

適切な PoC ネットワークを設計するには、ネットワークでフィルタリングできる必要がある周波数範囲を考慮します。PoC ネットワークは、バック チャネル周波数の半分からフォワード チャネル周波数までの周波数範囲を効果的にフィルタリングする必要があります。

このリファレンス デザインは、同期モードと非同期モードで FPD-Link をサポートしています。PoC フィルタは、4.72MHz ~ 3.775GHz の周波数範囲に対応している必要があります。

表 3-1. PoC フィルタの要件

デシリアライザ	シリアライザ	モード	BC 周波数	FC 周波数	PoC フィルタの周波数範囲
DS90UB9724S-Q1	DS90UB971S-Q1	同期	47.19MHz	3.775GHz	23.59MHz ~ 3.775GHz
		非同期	9.44MHz	3.775GHz	4.72MHz ~ 3.775GHz

選択した PoC フィルタは、5MHz ~ 4.2GHz の周波数範囲、115°C の温度定格で、最大 1000mA の電流定格をサポートしています

表 3-2. PoC フィルタ部品の選択

記号	説明	部品番号	メーカー
L10	インダクタ、10μH	ADM45FDC-100M	TDK
L11	インダクタ、2.2μH	ADL3225VM-2R2M	
L12			
R132	1kΩ		
R133			

3.3 SPI および I2C 通信インターフェイス

AWR2188、DS90UB971S-Q1、MSPM0G3519-Q1 は、I2C と SPI 通信をサポートしています。この基板は両方のインターフェイスもサポートしています。デフォルトでは、I2C が DS90UB971S-Q1 と MSPM0G3519-Q1 の間で通信を実行できます。MSPM0G3519-Q1 は、SPI 経由で AWR2188、I2C 経由で PMIC と通信します。

この接続方式は、SPI 経由で DS90UB971S-Q1 を AWR2188 に直接接続し、I2C 経由で PMIC と通信するように変更できます。MCU が不要な場合は、MSPM0G3519-Q1 をバイパスできます。この変更を実行するには、次の手順を実行します。

- R36、R61、R62、R63、R64、R69、R70、R127 を実装します
- R82、R83、R84、R85、R86、R90、R91 を取り外します

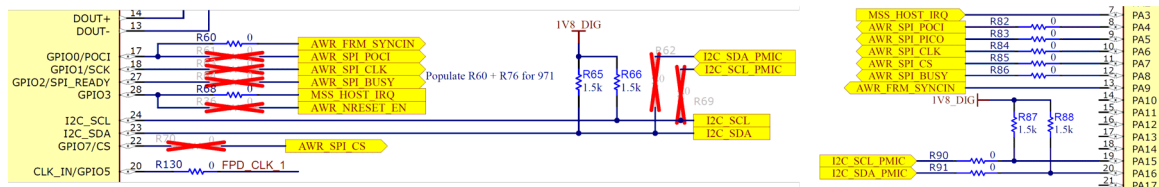


図 3-2. SPI と I2C の接続の回路図

4 ハードウェア、ソフトウェア、テスト要件、テスト結果

TI は、ストリーミング レーダーのリファレンス デザインをレーダー処理用の高性能ホスト プロセッサに接続するために、複数のオプションを提供しています。

4.1 ハードウェア要件

DCA2000EVM を使用したデータ キャプチャ アプローチと、mmWave Studio による後処理を使用して、ストリーミング レーダー モジュールの機能を検証できます。

表 4-1. 評価に必要な部品

数量	デバイスの説明	部品番号	備考
1 ×	TIDA-020093 衛星レーダー モジュール	TIDA-020093	
1 ×	DCA2000EVM 未加工データ キャプチャ モジュール	ご請求	12V、≥5A バレル ジャック電源 (内径 2.1mm × 外径 5.5mm × 9.5mm) • 推奨される型番:SDM65-12-U-P5
1 ×	DCA2000EVM 向け DS90UB9724S-Q1 デシリアライザ アダプタ カード	ご請求	12V ~ 24V、最大 2A のバレル ジャック電源が必要です
1 ×	LP-XDS110 LaunchPad™ TMSD または EMU110-U デバッグ プローブ	LP-XDS110、TMDSEMU110-U	MSPM0G3519-Q1 をプログラミングするために使用します。 LP-XDS110 には次のケーブルが必要です。 FFSD-05-D-06.00-01-N
2 ×	FAKRA 同軸ケーブル (3.5GHz 以上)	例:TE:2081376-3	

4.2 ソフトウェア要件

- UniFlash 9.1.0 以上
- セキュア アクセスで使用可能: [ご請求](#)
 - DCA2000EVM 衛星ファームウェアのイメージ
 - mmWave Studio 4.5.1.0
 - AWR2188 衛星レーダー パッケージ

リファレンス デザインで MSPM0G3519-Q1 MCU をプログラムするには、Samtec ケーブル経由で XDS110 デバッグ プローブと J5 コネクタを ARM シリアル ワイヤ デバッグ (SWD) インターフェイスに接続します。

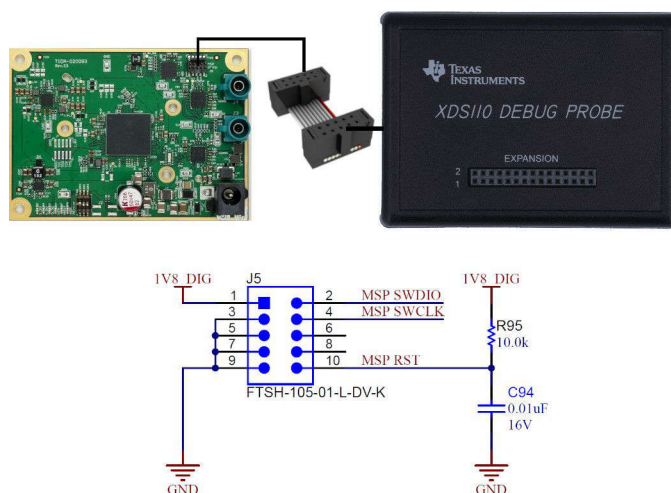


図 4-1. MSPM0G3519-Q1 のプログラミング

4.3 テスト設定

4.3.1 事前の注意事項



警告

表面は高温！触れるとやけどの原因になることがあります。触れないでください！

基板の電源を入れると、一部の部品は 55°C を超える高温に達することがあります。動作中は常に、また動作直後も高温の状態が続く可能性があるため、基板に触れてはいけません。

4.3.2 データ キャプチャ アプローチ

図 4-2 に、DCA2000EVM を使用したキャプチャ アプローチを示します。

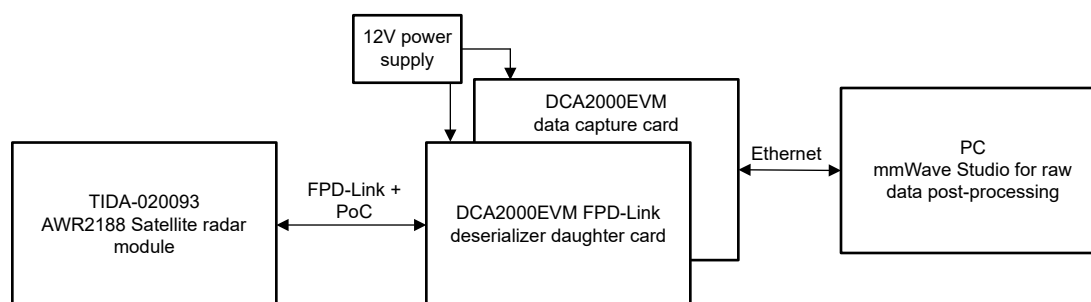


図 4-2. DCA2000EVM レーダー データ キャプチャのセットアップ

このリファレンス デザインは、DCA2000EVM FPD-Link デシリアライザ ドーター カードにデータを送信するための同軸ケーブルと接続済みです。このドーター カードには、DS90UB9724S-Q1 FPD-Link デシリアライザが搭載されています。このドーター カードは、Samtec 高速コネクタ経由で、デシリアライザから CSI-2 を DCA2000EVM に接続します。DCA2000EVM は、接続先の SSD に AWR2188 から到着したレーダー データを保存し、記録したデータを標準的なイーサネット インターフェイス経由で PC に送信することができます。

5 設計とドキュメントのサポート

5.1 デザイン ファイル

5.1.1 回路図

回路図をダウンロードするには、[TIDA-020093](#) のデザイン ファイルを参照してください。

5.1.2 BOM

部品表 (BOM) をダウンロードするには、[TIDA-020093](#) のデザイン ファイルを参照してください。

5.1.3 PCB レイアウトに関する推奨事項

5.1.3.1 Launch on Package (LOP アンテナ)

このリファレンス デザインは、TI の LOP テクノロジーを使用した TI の AWR2188 レーダー チップをベースにしています。放射素子は、PCB 経由の導波管を通して 3D アンテナに直接放射します。TI の LOP 技術を使用すると、信号を最初に PCB に遷移してアンテナに送信する従来の MMIC パッケージとは対照的に、パッケージからアンテナに信号を直接転送できます。発射結果はパッケージの最下層に組み込まれ、発射周囲の BGA ボールは、信号が PCB 導波管穴を通して 3D アンテナ内に伝搬される際に、信号を RF シールドします。PCB のドッグボーンの切り欠きや、導波管モジュールの取り付け穴、位置決めホール、境界を確認するには、[TIDA-020093](#) 設計ファイルを参照してください。

5.1.3.2 Power over Coax (PoC)

PoC フィルタは FAKRA コネクタの近くに配置されており、複数のインダクタで構成されており、データ信号と電源信号を分離します。50Ω のシングルエンド特性インピーダンス (マイクロストリップまたはストリップライン) を得るためにトレース幅を選択します。パターン幅がインピーダンスに適合し、引き込まれる電流に耐えることができるように、約 8mil ~ 10mil が許容される推奨事項です。FAKRA コネクタと PoC フィルタの最初のインダクタとの間の距離は、できるだけ短くします。

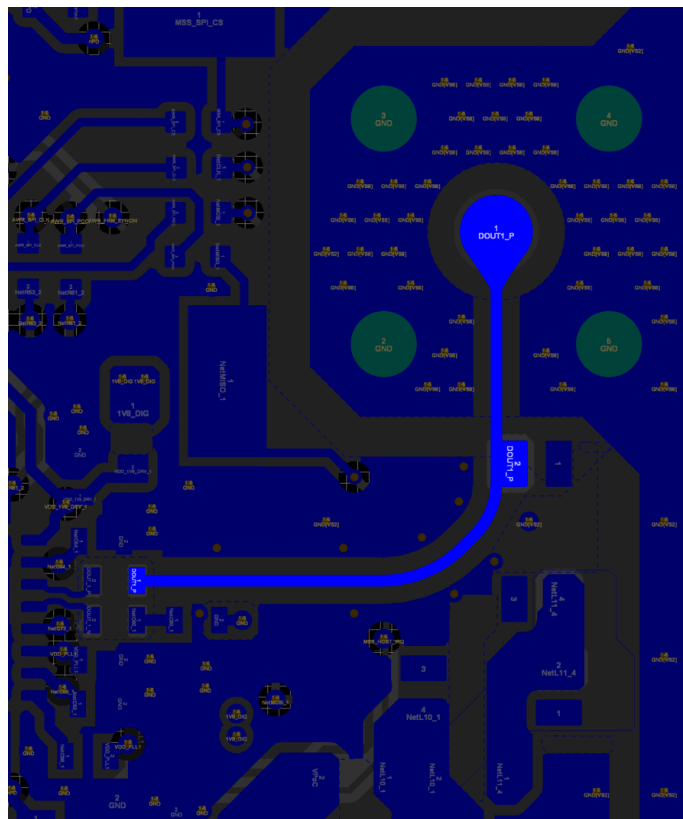


図 5-1. FPD-Link™ DOUT1_P PoC トレース

5.1.3.3 PCB 層スタックアップ

以下の情報は、PCB 層のスタックアップに関する推奨事項です。対象アプリケーションは車載用であるため、特に高速信号および小型 PCB を使用する場合、追加の対策と検討事項がいくつかあります。

- プリント基板は、電源層とグランド層を含む 4 層以上のものを採用してください。LVCMOS 信号ラインから差動信号ラインへの結合を防止するため、LVCMOS 信号系を差動信号ラインから離して配置します
- 4 層基板を使用する場合、2 層をグランド プレーンにする必要があります。部品とスイッチング電流のほとんどは最上層にあるため、プレーンを介して電流が返された場合のビアの誘導性の影響を低減できます。
- この基板では、BGA のファンアウトと配線を簡素化するために、2 つの追加層が使用されています。図 5-2 に、この 6 層基板で使用するスタックアップを示します。

#	Name	Material	Type	Weight	Thickness	Dk	Copper Orientation
	Top Overlay		Overlay				
	Top Solder	Solder Resist	Solder Mask		0.5mil	3.5	
1	Layer 1 - Top Layer		Signal	1oz	1.378mil		Above
	Dielectric 1	FR-4 High Tg	Prepreg		7.992mil	4.4	
2	Layer 2 - GND		Signal	1oz	1.181mil		Above
	Dielectric 2	FR-4 High Tg	Core		0.984mil	4.2	
3	Layer 3 - CSI and Power	CF-004	Signal	1oz	1.181mil		Below
	Dielectric 6	PP-006	Prepreg		7.992mil	4.4	
	Dielectric 4	FR-4 High Tg	Prepreg		4.213mil	4.2	
	Dielectric 7	PP-006	Prepreg		7.992mil	4.4	
4	Layer 4 - GND	CF-004	Signal	1oz	1.378mil		Above
	Dielectric 5	FR-4 High Tg	Core		0.984mil	4.2	
5	Layer 5 - Signal		Signal	1oz	1.378mil		Below
	Dielectric 3	FR-4 High Tg	Prepreg		7.992mil	4.4	
6	Layer 6 - Bottom Layer		Signal	1oz	1.378mil		Below
	Bottom Solder	Solder Resist	Solder Mask		0.5mil	3.5	
	Bottom Overlay		Overlay				

図 5-2. PCB 層スタックアップ

5.1.3.4 基板写真

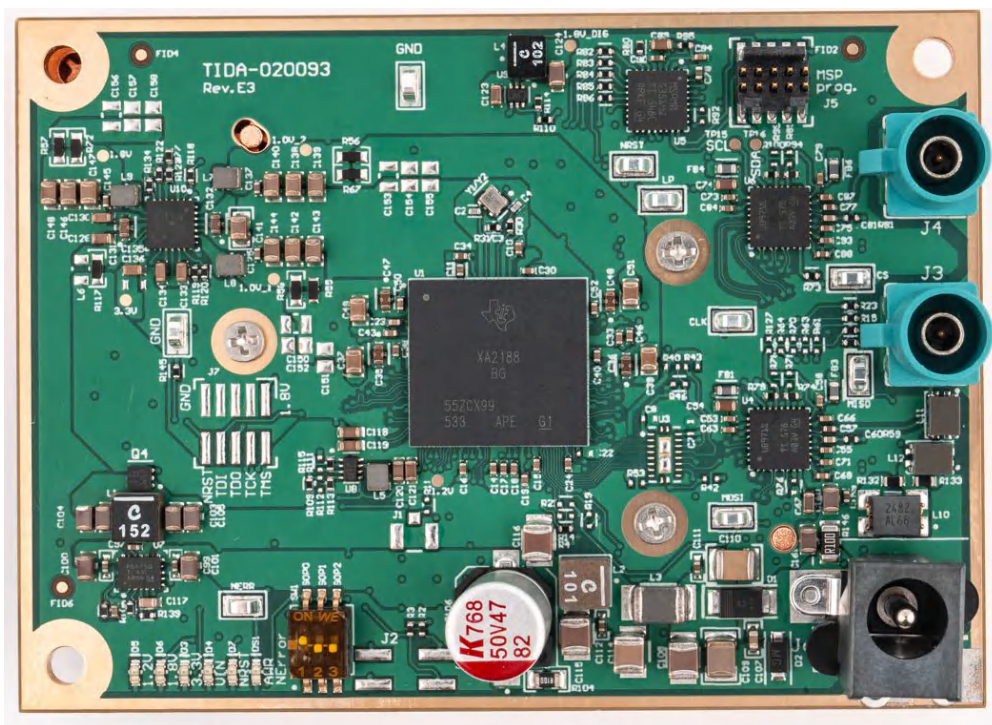


図 5-3. 基板側 A

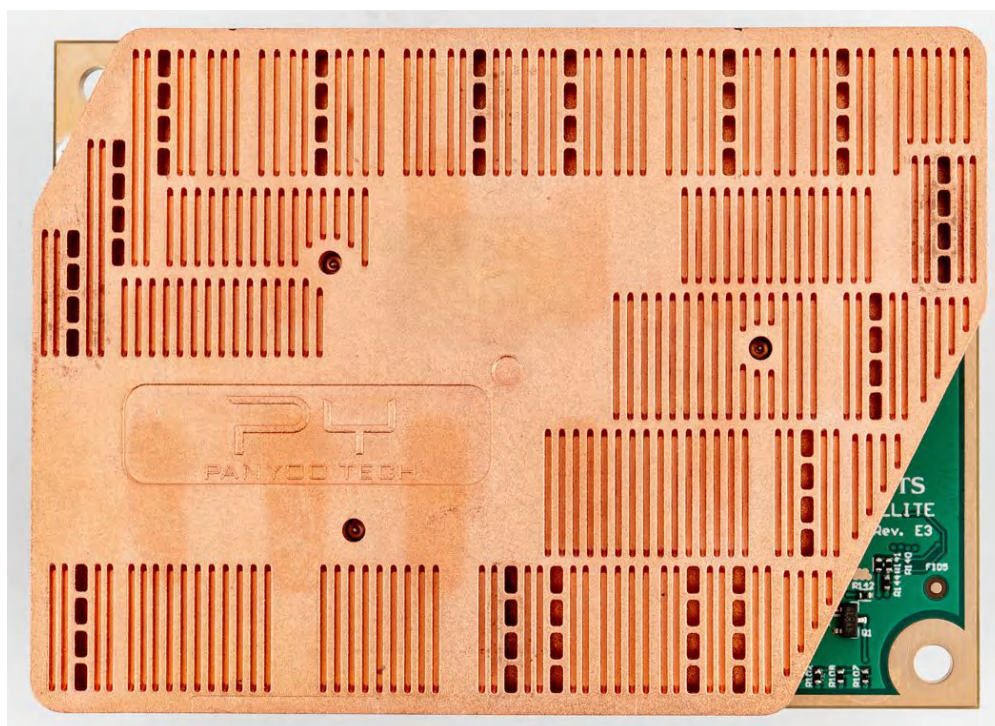


図 5-4. 基板側 B

5.2 ツールとソフトウェア

ツール

DCA2000EVM	レーダー センシング向けデータ キャプチャ アダプタの評価基板
LP-XDS110、TMDSEMU110-U	XDS110 JTAG デバッグ プローブ
LP87725Q1EVM	LP87725-Q1 評価基板
DS90UB9724S-Q1EVM	DS90UB9724S-Q1 評価基板
DS90UB971S-Q1EVM	DS90UB971S-Q1 評価基板

ソフトウェア

MMWAVE-STUDIO	mmWave studio
Uniflash	UniFlash フラッシュ プログラミング ツール
CCSTUDIO	Code Composer Studio™ 統合開発環境 (IDE)
MSPM0-SDK	MSPM0 ソフトウェア開発キット (SDK)

5.3 ドキュメントのサポート

1. テキサス インスツルメンツ、『[mmWave センサの開始](#)』アプリケーション ノート
2. テキサス インスツルメンツ、『[ミリ波レーダー センサを使用した機能安全準拠システムの設計ガイド](#)』機能安全情報
3. テキサス インスツルメンツ、『[ミリ波テクノロジーの進歩: 車載レーダーのローンチ オン パッケージ](#)』技術白書
4. テキサス インスツルメンツ、『[FPD-Link ADAS 同軸ケーブルを介した電力供給の設計ガイドライン](#)』アプリケーション ノート
5. テキサス インスツルメンツ、『[MSPM0 MCU におけるサイバーセキュリティ イネーブラ](#)』技術白書
6. テキサス インスツルメンツ、『[ミリ波レーダー センサの基礎](#)』マーケティング ホワイト ペーパー [spyy005](#)
7. テキサス インスツルメンツ、『[TI レーダー デバイスにおけるチャープ パラメータのプログラミング](#)』アプリケーション ノート
8. テキサス インスツルメンツ、『[ミリ波デバイス ファームウェア パッケージ \(DFP\)](#)』

5.4 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。

5.5 商標

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

Arm® and Cortex® 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。

6 著者について

YANNIK MUENDLER は、テキサス インスツルメンツの車載 ADAS システム エンジニアリングおよびマーケティング チームのシステム エンジニアです。専門は、レーダーや高性能コンピューティング ユニットなどの外部 ADAS センサです。また、シングルペア イーサネットや FPD-Link™ のような高速インターフェイスにも注力しています。Yannik は、ドイツのラッツフト応用科学大学で電気工学の修士号を取得しています。

重要なお知らせと免責事項

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

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

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

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](#) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

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

Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月