参考資料

Application Note

FPD-Link 経由 DisplayPort Alt モード対応、140W 車載用 2 ポート USB-C PD システムの設計

Stefano Panaro, Harvey Chen

概要

最新の車載インフォテインメントおよびデジタル コックピット システムでは、乗員用デバイスに電力と高解像度映像の両方を供給するため、USB Type-C ポートの活用が進んでいます。このアプリケーション ノートでは、12V の車載バッテリ レールから安定して動作するように設計された、DisplayPort™ Alt モード対応の 2 ポート、140W USB Power Delivery システムについて説明します。本資料では、システム アーキテクチャについて詳述しています。具体的には、TPS26744E-Q1 PD コントローラと LM251772-Q1 昇降圧コンバータを中心に構成されるパワー デリバリ パスと、TUSB564-Q1 リドライバ、TS3DV642 スイッチ、FPD-Link シリアライザを使用して高速信号をリモート ディスプレイに伝送するビデオ パスの両方について説明します。また、検証済み実装に基づく設計上の検討事項、効率、および放熱性能に関するデータを掲載しており、エンジニアがこのアーキテクチャを各自の車載 USB-C 電源 / ビデオ アプリケーションに適用する際の参考となります。

目次

1 概要.....2
2 詳細説明.....3
2.1 システム概要.....3
2.2 パワー パス.....4
2.3 ビデオ パス.....7
3 まとめ.....9
4 参考資料.....9

商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

1 概要

最新の車室内では、乗員用デバイスに電力と高解像度映像の両方を提供する USB Type-C ポートがますます採用されるようになっています。ただし、車内でこれを実現するには、同時に 2 つの異なる課題を解決する必要があります。

1 つ目は電力と熱に関する課題です。車載用 12V レールは安定化されておらず、クランキングやロードダンプ イベントによる電圧低下やスパイクが発生する可能性があります。それでも、システムは引き続き、エアフローが制限されたコンパクトな筐体内において、2 つのポートで最大 140W の電力を変換して供給する必要があります。変換効率と熱マージンは、ここで密接に関連しており、部品を安全な制限内に維持するために、高温または低入力電圧時のディレーティングが必要になる場合があります。

2 つ目はシグナル インテグリティに関する課題です。ビデオ パスでは、コネクタ接続部とリドライブ回路を経由し、長い車載用ケーブルを通ってリモート ディスプレイへと高速 DisplayPort 信号を伝送しなければなりません。これらすべてを、大電流スイッチング コンバータと同じ基板を共有しながら達成する必要があります。パワー パスにおいて効率が重要であるのと同様に、ここではノイズ耐性と厳格なレイアウトが重要になります。

このアプリケーション ノートでは、DisplayPort Alt モードをサポートし、両方の課題に対処できる 2 ポート、140W USB-C Power Delivery システムの検証済みリファレンス デザインを紹介します。これにより、車載エンジニアはデジタル コックピットとインフォテインメントへの USB-C 実装において、実績ある出発点を得ることができます。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

2 詳細説明

2.1 システム概要

この設計は、共通の USB-C コネクタを利用する 2 つのパスに分かれています。一つは、USB PD 電力のネゴシエーションと供給を行うパワー パス、もう一つはスイッチを検出して DisplayPort Alt モードの映像を伝送するビデオ パスです。これらのパスが 2 つの独立したポートにそれぞれ備わっているため、システムは各コネクタで電力と映像を同時に供給できます。

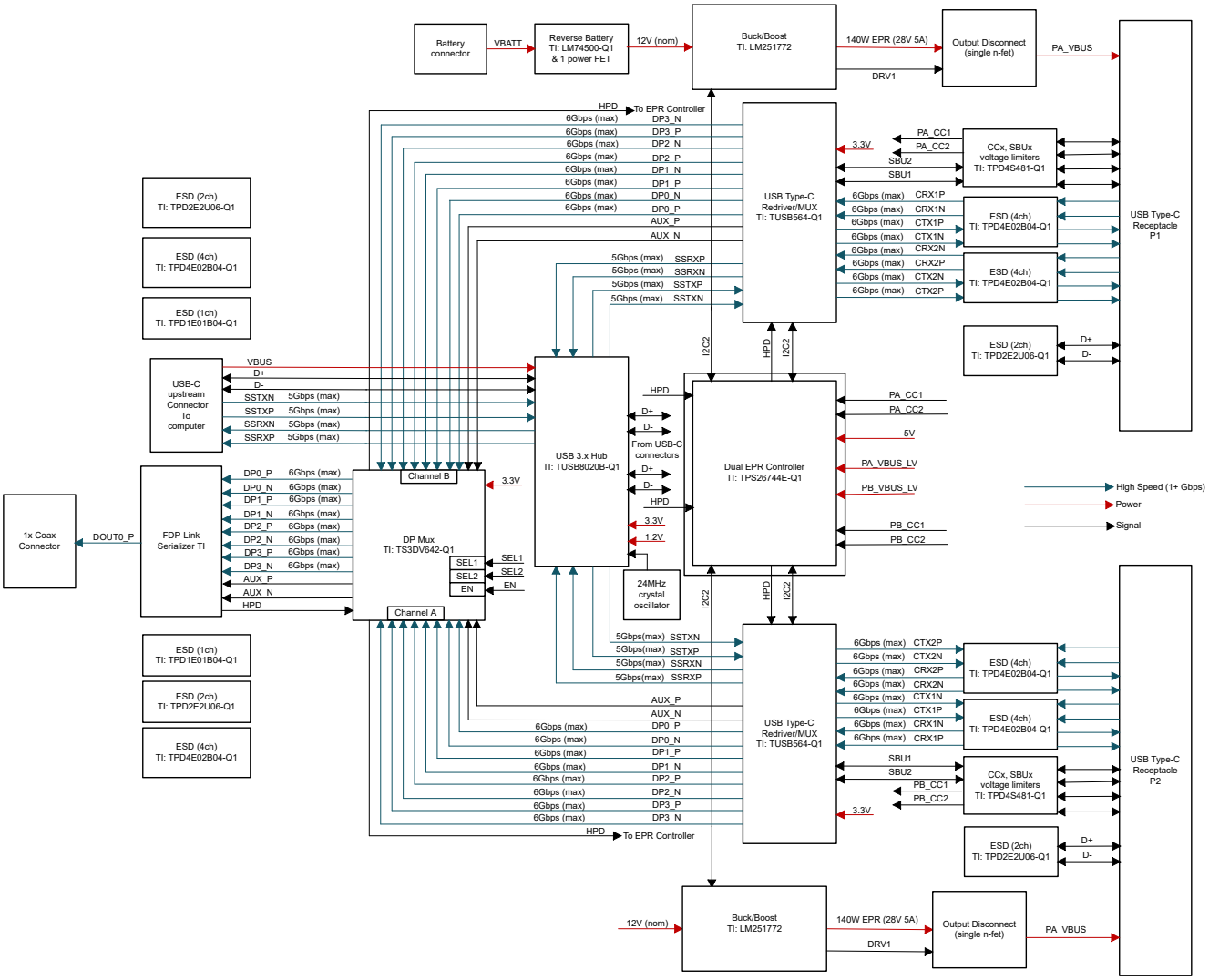


図 2-1. システム ブロック図

図 2-1 に、TPS26744E-Q1、LM251772、TUSB564-Q1、TS3DV642、FPD-Link シリアライザのシステム全体における構成を示します。赤い矢印は電力伝送パス、青い矢印は高速データ信号、黒い矢印は制御信号を示します。

このセクションで示す性能データは、実機のリファレンス デザイン ボード PMP31344 で測定したものです。

English Document: SDAA590
Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

2.2 パワー パス

パワー パスは、USB Type-C および USB PD コントローラの TPS26744E-Q1 を中心に構成されており、コネクタ検出、PD コントラクトのネゴシエーション、および保護を管理します。これに広入力昇降圧コンバータ LM51772 を組み合わせることで、コントローラによってネゴシエーションされた電圧に出力レールを制御します。

PD コントラクトのネゴシエーションと電圧のハンドオフは、次の 3 つのステップで行われます。

- 検出:デバイスが USB-C コネクタに接続されると、TPS26744E-Q1 は CC1/CC2 ラインを介して、そのデバイス有無と接続方向を検出します。
- ネゴシエーション:TPS26744E-Q1 と接続デバイスが CC ライン経由で PD メッセージを交換し、電力供給コントラクトをネゴシエーションします。これにより、ポートが供給する出力電圧 (5V ～ 28V) と電流制限について合意します。
- 電圧設定値のハンドオフ:コントラクトの合意後、TPS26744E-Q1 はネゴシエートされた電圧を I2C 経由で LM51772 に伝達し、新しい出力電圧設定値をコンバータのフィードバック / 電圧制御レジスタに直接書き込みます。その後、LM51772 はそのターゲットに合わせて昇降圧段を制御し、公称 12V の車載入力からポートあたり最大 140W の電力を供給します。

LM51772 は、以下に示すすべての効率と熱特性の評価において、450kHz でスイッチングするように構成されています。

コンバータ (シングル ポート) のスイッチング周波数を 450kHz にし、5V ～ 28V の出力範囲全体で、12V の入力での効率の評価を実施しました。

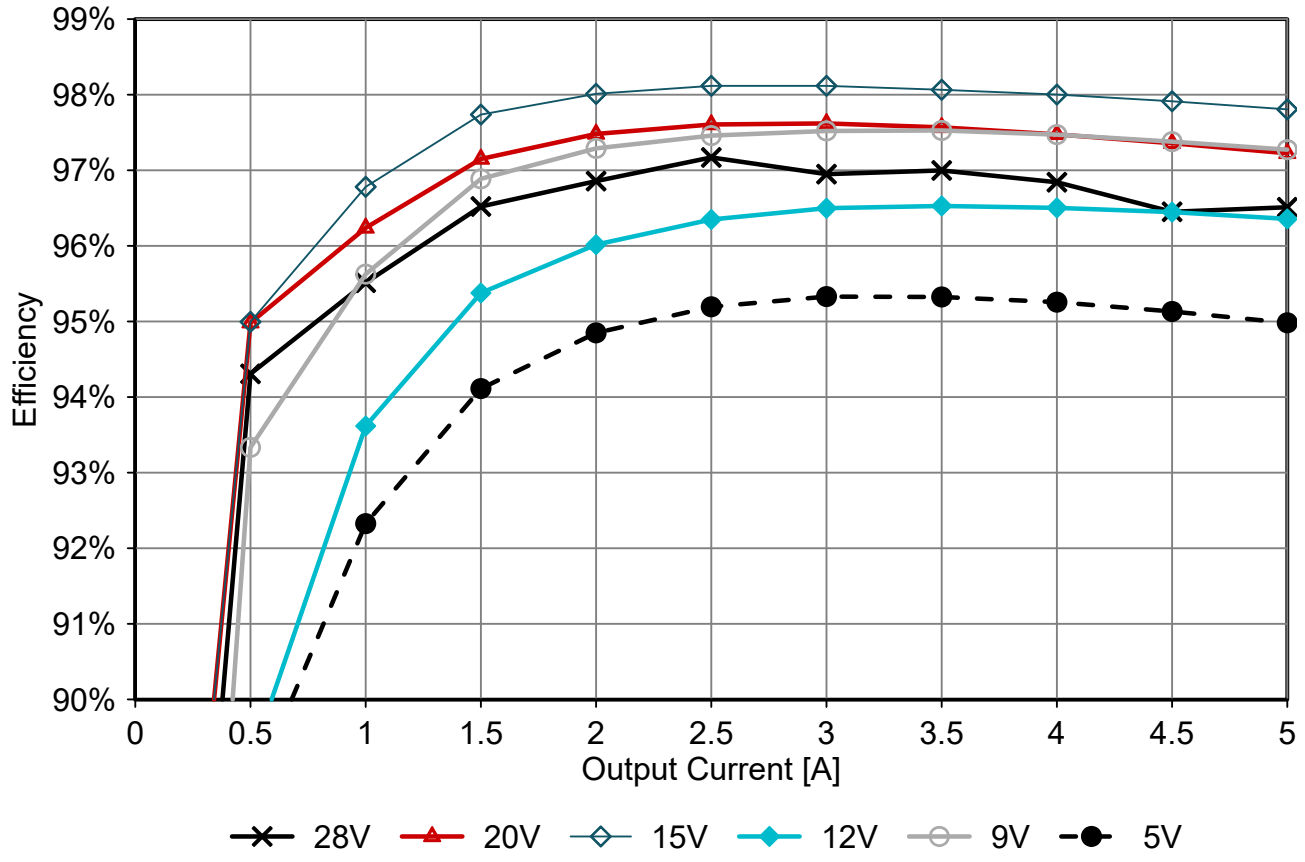


図 2-2. 12V 入力、450kHz のスイッチング周波数での出力範囲全体にわたる昇降圧コンバータの効率

効率グラフでは、測定された入力電流から 88mA を減算しています。この値は、Vin が供給され、LM251772 が無効になっているときのボードの静止電流を表します。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

放熱性能の評価は、降圧モードでの 25W (12V および 20V 入力) と、昇圧モードでの 140W (9V および 12V 入力) という 4 つの代表的な動作ポイントで実施しました。これらはすべて、同じ 450kHz のスイッチング周波数、シングル ポート動作での条件です。

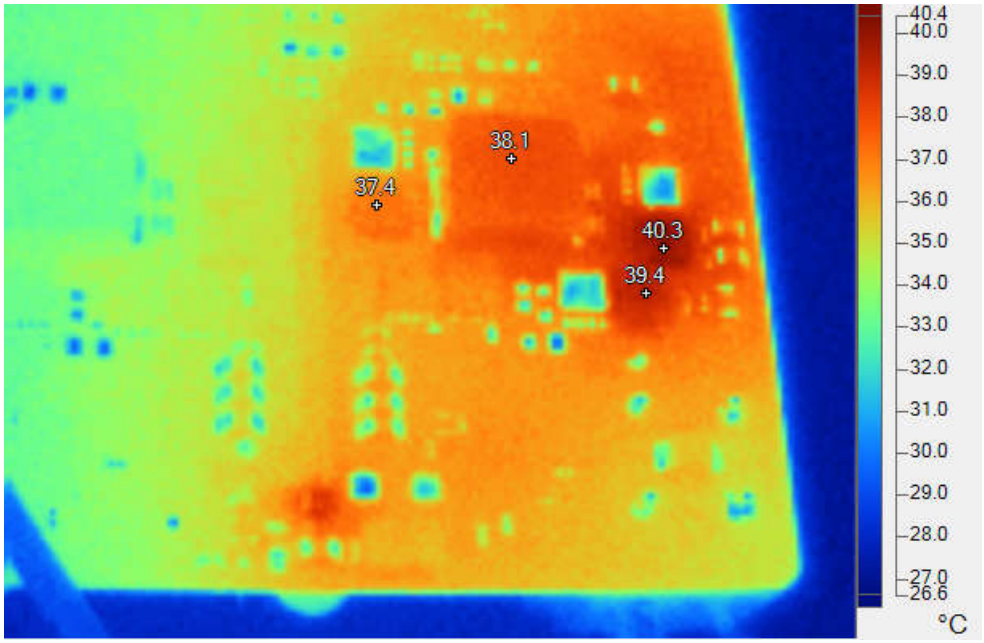


図 2-3. 12Vin、5Vout、5A (25W) における熱画像 (昇圧整流器 37℃、インダクタ 38℃、降圧 Mosfet 40℃、降圧整流器 39℃)

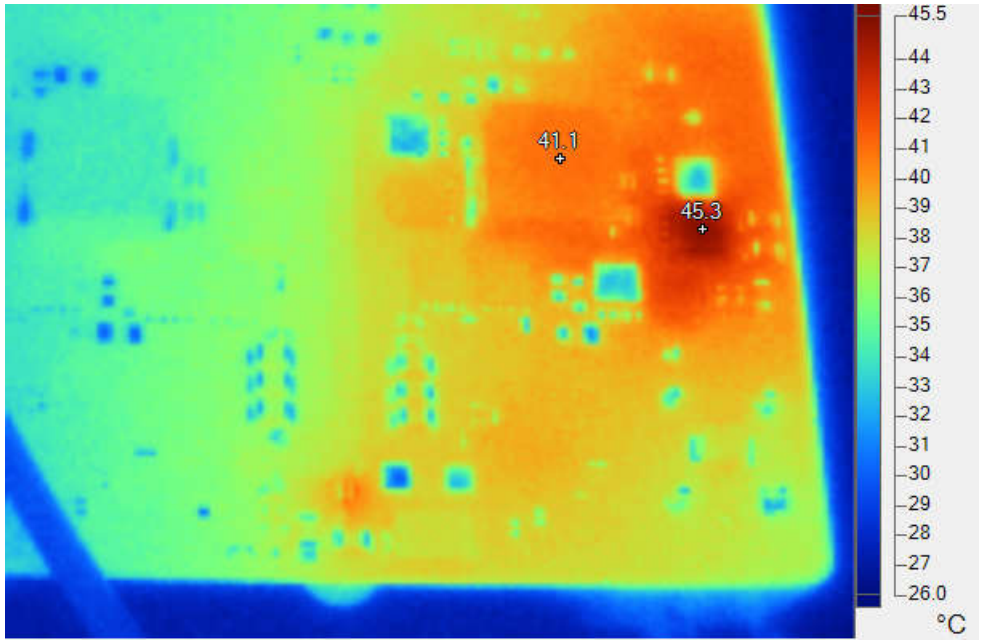


図 2-4. 20Vin、5Vout、5A (25W) における熱画像 (インダクタ 41℃、降圧 Mosfet 45℃)

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

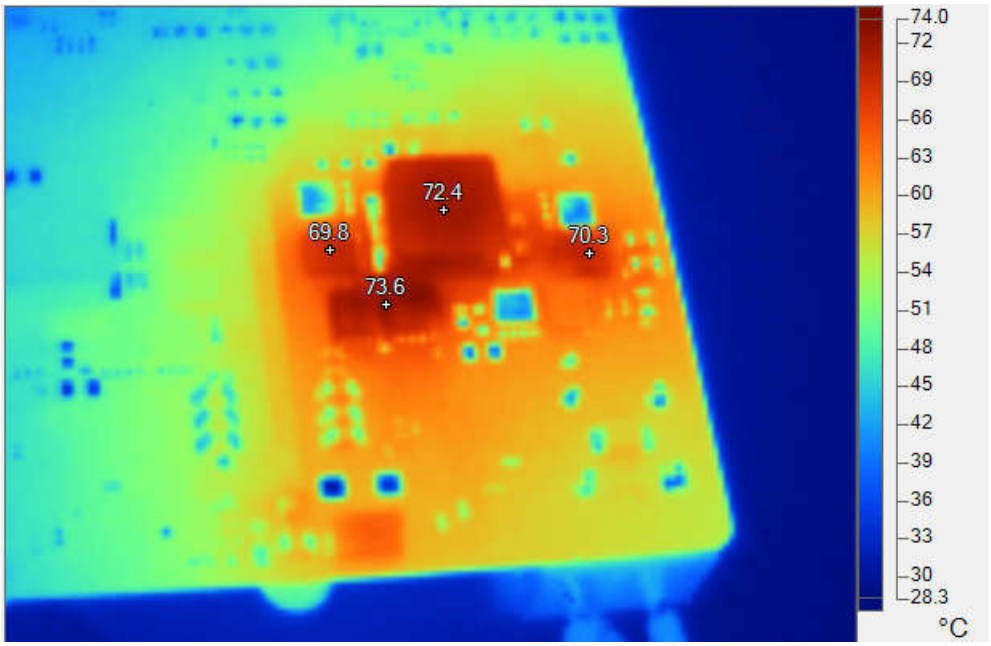


図 2-5. 12Vin、28Vout、5A (140W) における熱画像 (昇圧 Mosfet 74℃、インダクタ 72℃、降圧 Mosfet 70℃)

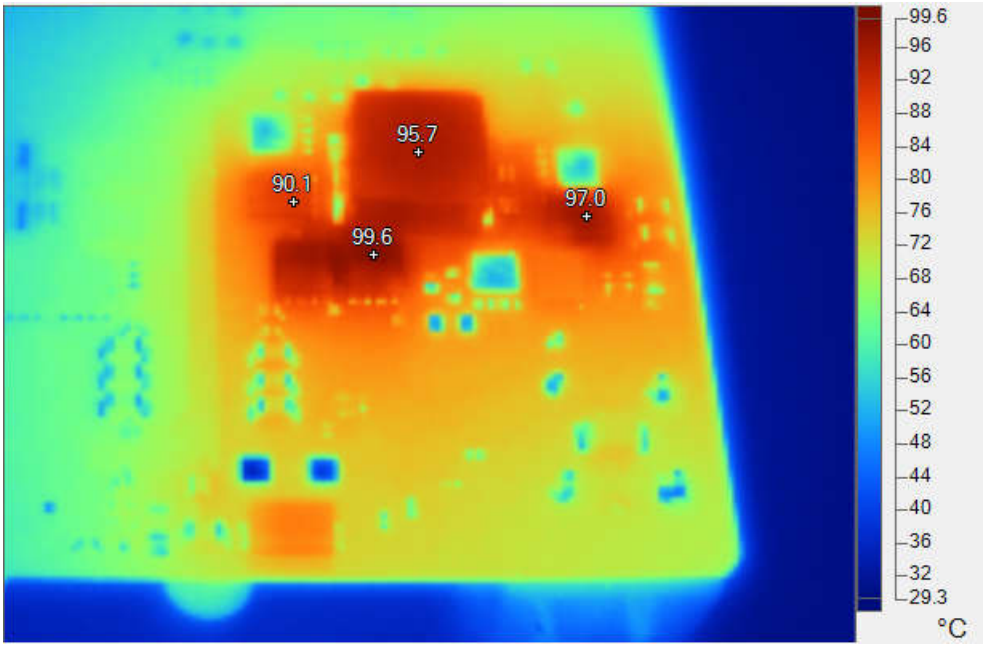


図 2-6. 9Vin、28Vout、5A (140W) の熱画像 (昇圧 Mosfet 100℃、インダクタ 96℃、降圧 Mosfet 97℃)

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

2.3 ビデオ パス

パワー パスが電力供給を管理する一方、ビデオ パスは USB-C コネクタを経由して伝送される高速 DisplayPort および USB 3.2 通信のシグナル インテグリティを維持します。2 つのデバイスは、これらの信号をコネクタに到達する前にコンディショニングおよびルーティングし、FPD-Link シリアライザは、映像を同軸ケーブルでシステムのディスプレイ側に送信します。

TUSB564-Q1 は、高速差動ペアでのチャネル損失を補償するリニア リドライバです。最大 11.6dB のイコライゼーションを適用することで、最大 8.1Gbps の DisplayPort データ レートおよび最大 5Gbps の USB 3.2 データ レートにおけるシグナル インテグリティを回復させるのに十分な性能を発揮し、Type-C コネクタに到達する信号が、両方のプロトコルのアイダイアグラムおよびジッタ要件を確実に満たすようにします。

TS3DV642 は、差動信号スイッチとして下流に設置され、高速ペアをコネクタ インターフェイスでマルチプレキシングします。これにより、システムは Alt モード ネゴシエーションの結果に応じて、DisplayPort または USB 3.2 のいずれかの信号を、さらなる信号劣化を生じさせることなく Type-C ピンにルーティングできます。

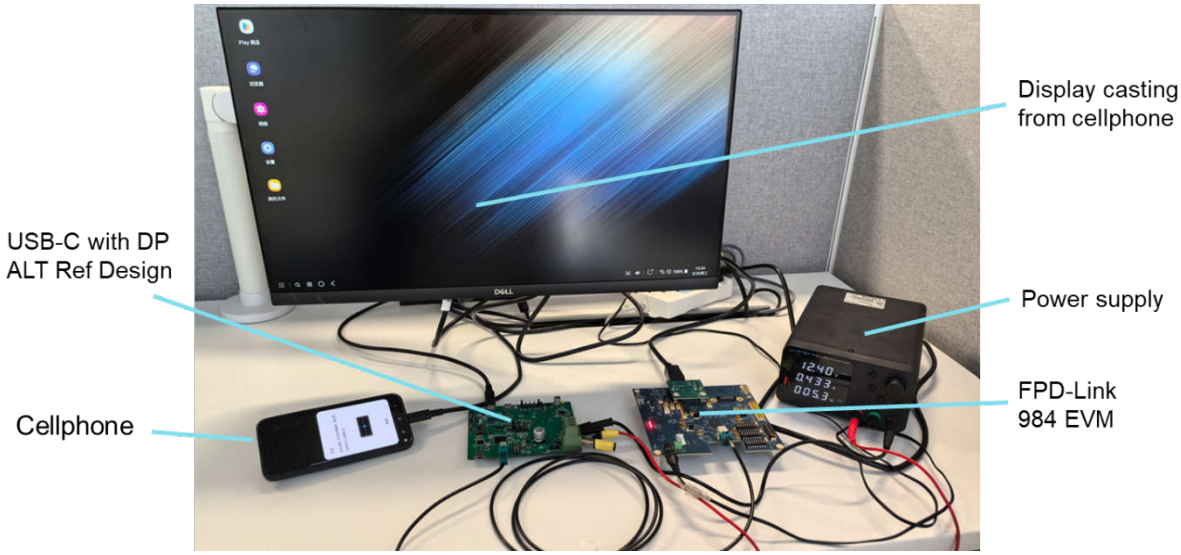


図 2-7. DP ALT モード対応 USB-C のセットアップ

ビデオ パスは、USB-C/DP Alt モード ボード (TPS26744E-Q1、TUSB564-Q1、TS3DV642、FPD-Link シリアライザで構成) と、FPD-Link インターフェイス経由でディスプレイを駆動する UH984 評価基板を組み合わせて検証されました。TPS26744E-Q1 は、CC ラインを介した PD 通信と USB/DP モードの選択を管理するようにプログラムされており、FPD-Link シリアライザのファームウェアとレジスタ構成 (シリアライザとデシリアライザの両方) は、外部 SPI フラッシュを介してロードされます。この構成を有効にすると、スマートフォンやノート PC などの USB Type-C ソースをボードに接続し、DP Alt モードと FPD-Link 信号チェーンを介して、ディスプレイ出力をエンド ツー エンドで表示できます。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

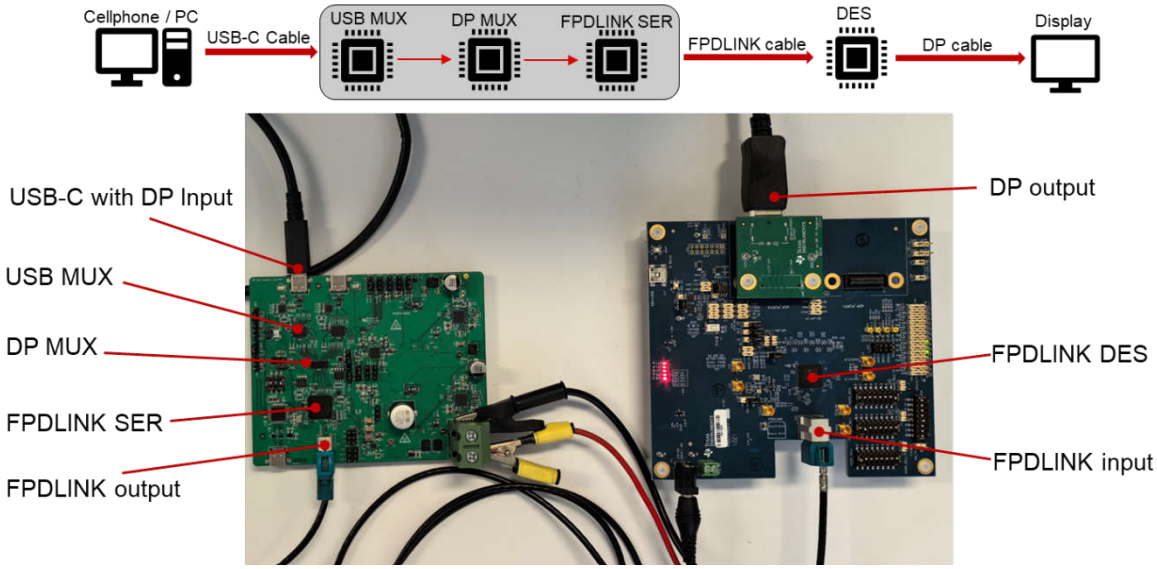


図 2-8. DP ALT モード対応 USB-C の信号チェーン

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

3 まとめ

このリファレンス デザインは、FPD-Link 経由での DisplayPort Alt モードの同時サポートを備えた、140W の 2 ポート USB-C Power Delivery 向けの検証済み / 車載認定済みソリューションを提供します。TPS26744E-Q1/LM51772 パワー パスは 5V ～ 28V の出力範囲全体で効率的な昇降圧変換を実現し、TUSB564-Q1/TS3DV642/FPD-Link シリアライザのビデオ パスは、高速 DisplayPort および USB 3.2 の通信においてシグナル インテグリティを維持します。この設計は、FPD-Link インターフェイス経由のライブ ディスプレイ キャスティングを含め、エンド ツー エンドで検証されました。

統合にあたっては、いくつかの留意すべきシステムレベルの検討事項があります。熱については、昇圧 MOSFET がワーストケース条件 (9V 入力、28V 出力、140W) で最も高温となり、その温度は 100℃ に達します。これは、密閉された車載環境において、注視すべき主要なマージンとなります。この動作条件付近で長時間動作することが予想されるシステムでは、高周囲温度および低入力電圧時の電力ディレーティングを考慮した設計にする必要があります。より広範な視点では、パワー パスとビデオ パスは同じボードとコネクタを共有しているため、システムレベルの統合では、各パスを個別に扱うのではなく、熱と電気の相互作用を総計して考慮する必要があります。

これらの結果と検討事項を総合すると、本アプリケーション ノートは、このアーキテクチャを中心とした車載用デジタル コックピットやインフォテインメント システムを設計するエンジニアにとって、包括的なリファレンスとなります。

4 参考資料

1. テキサス・インスツルメンツ、TPS26744E-Q1 車載デュアル ポート USB Type-C® PD コントローラ (240W EPR および USB Type-C® 経由 DisplayPort™ 対応) データシート。
2. テキサス・インスツルメンツ、LM251772-Q1、USB-PD 向け昇降圧コントローラ、データシート。
3. テキサス・インスツルメンツ、TUSB564-Q1 車載用 USB Type-C® DP Alt モード 8.1Gbps シンクサイド リニア リドライバ クロスポイント スイッチ、データシート。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

重要なお知らせと免責事項

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

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

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

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

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

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月