

Application Note

低ノイズ降圧コンバータ **TPS6291X** による **CMOS** センサへの電力供給

Yishan Chen, Hitesh Chandwani

概要

このドキュメントでは、TI の **TPS6291X** シリーズ降圧コンバータを使用して **CMOS** イメージ センサに電力を供給する設計を説明します。**TPS6291X** を採用することで、専用の低ドロップアウトリニア レギュレータ (**LDO**) が不要となり、高い電源除去比 (**PSRR**) と低い出力電圧リップルを実現し、**CMOS** の **AVDD** 電源要件を満たすとともに、システム全体の消費電力を低減できます。**CMOS** センサの **AVDD** 要件について説明し、出力リップルおよび負荷過渡応答に関する実験結果を通じて、**TPS6291X** の性能を検証します。さらに、**TPS62912** を使用して **LDO** と同等の性能を実現するための設計上の考慮事項を示し、従来の設計と比較します。

目次

1 はじめに.....	2
2 CMOS の AVDD 要件.....	3
3 TPS62912 の性能と設計の検討事項.....	4
3.1 定常状態の動作性能.....	4
3.2 長いケーブルを用いた際の出力電圧リップル性能.....	5
3.3 実際の基板実装における TPS62912 と LDO の性能比較.....	7
4 設計上の考慮事項.....	9
4.1 測定スパイクの軽減.....	9
4.2 拡張ループ応答用のフィードフォワード コンデンサ.....	9
5 まとめ.....	9
6 リファレンス.....	9

商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

1 はじめに

ショート動画プラットフォームの急速な発展と、手軽に動画を撮影できる製品への需要の高まりに伴い、多くの携帯型ハンドヘルド製品が市場に登場しています。ハンドヘルド製品は、主にバッテリー、マザーボード、カメラモジュールから構成されています。カメラモジュールでは、写真やビデオで高品質のグラフィックスを再現するために、低電圧リップル、高 PSRR、低ノイズのアナログ電源が必要とされます。また、バッテリーについてはデバイスの長時間使用をサポートするため、高効率のシステム構造が求められます。こうした観点から、ハンドヘルド製品の性能向上には、高効率、低ノイズのシステム構造が必要になります。

図 1-1 に、CMOS 電源の従来型システムのブロック図を示します。

これら 3 つの入力に電力を供給するため、従来のアーキテクチャでは、主電源として降圧コンバータまたはバイパス昇圧コンバータを使用し、その後段に 2 次電源として 3 つの LDO を配置します。降圧コンバータとバイパス昇圧コンバータのどちらを使用するかは、バッテリーセルの構成で決まります。LDO は、降圧または昇圧コンバータからのリップルとノイズを効果的に減衰させ、CMOS センサにクリーンな電源入力を供給します。

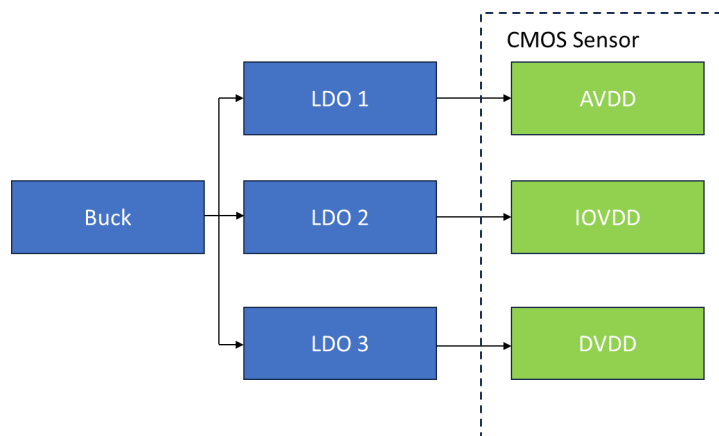


図 1-1. 従来型の CMOS センサ電源システム

このアーキテクチャは広く採用され、十分に検証されています。ただし、リニア領域で動作する LDO は、入力電圧と出力電圧の差により大きな電力消費が発生します。

そのため、LDO を降圧コンバータに置き換えることにより、電力消費を大幅に削減できます。図 1-2 に、LDO の代替として TPS62912 を使用する方法を示します。

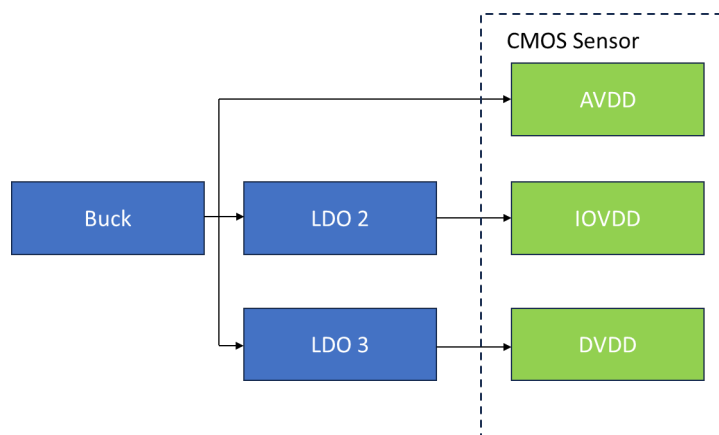


図 1-2. LDO 代替としての TPS6291X の採用

次のセクションでは、CMOS センサの電源要件を説明し、TPS62912 の性能のテストと検証を行います。

2 CMOS の AVDD 要件

CMOS センサは通常、次の 3 つの電源を必要とします: AVDD、DVDD および IOVDD。AVDD は、イメージング ピクセル アレイ、コラム アナログ ブロック、コラム ロジック ブロックに電力を供給します。DVDD は画像処理ブロックに電力を供給し、IOVDD は CSI-2 インターフェイスや I²C インターフェイスなどに電力を供給します。ダイナミック レンジと信号対雑音比 (SNR) を CMOS センサ メーカーが提供した仕様の範囲内で維持するには、AVDD の電源に極力ノイズの少ないものを選ぶ必要があります。

表 2-1 に、一般的な CMOS センサ電源要件を 2 つ示します。

表 2-1. CMOS センサの電源要件

CMOS センサ	AVDD (標準値)	DVDD (標準値)	IOVDD (標準値)
1	2.9V	1.1V	1.8V
2	2.8V	1.5V	1.8V

CMOS センサ メーカーや製品設計会社が提示する仕様によると、AVDD の電源要件は非常に厳格です。カメラの画像とビデオの品質テストでは、低ノイズが重要な性能インジケータとなります。カメラを黒いテープで覆って写真を撮るとき、完全に黒い画像になるのが理想です。しかし、実際には行スキャン時の AVDD に変動があり、行ごとの輝度差が発生するため、画像に縞模様が現れます。

3 TPS62912 の性能と設計の検討事項

上記のセクションに基づき、消費電力を低減し、CMOS センサの画質を向上させるには、低ノイズ、低リップル、高 PSRR の降圧コンバータが必要です。TPS62912/3 は、フェラ이트ビーズ フィルタ補償機能を内蔵した低ノイズ、低リップル降圧コンバータです。2 次 LC フィルタをサポートしており、出力電圧ノイズとリップルをさらに抑制できます。

3.1 定常状態の動作性能

表 3-1 にテスト時の仕様を示します。評価は、TPS62913 EVM を使用して実施しました。

表 3-1. テスト仕様

仕様	テスト条件	標準値	単位
入力電圧	電氣的負荷	3.6	V
出力電圧	SMA プローブ	2.8	V
出力電流	電氣的負荷	200	mA
スイッチング周波数	JP2 から VIN	2.2	MHz

出力電圧と出力電流は CMOS の AVDD 要件に従って設定し、シングル セル バッテリ電源をシミュレートするため、入力電圧は 3.6V に設定しました。

図 3-1 に出力電圧を示します。重要な点として、ノイズとリップルのレベルを正確に反映させるには、出力電圧の測定に SMA ケーブルを使用する必要があります。

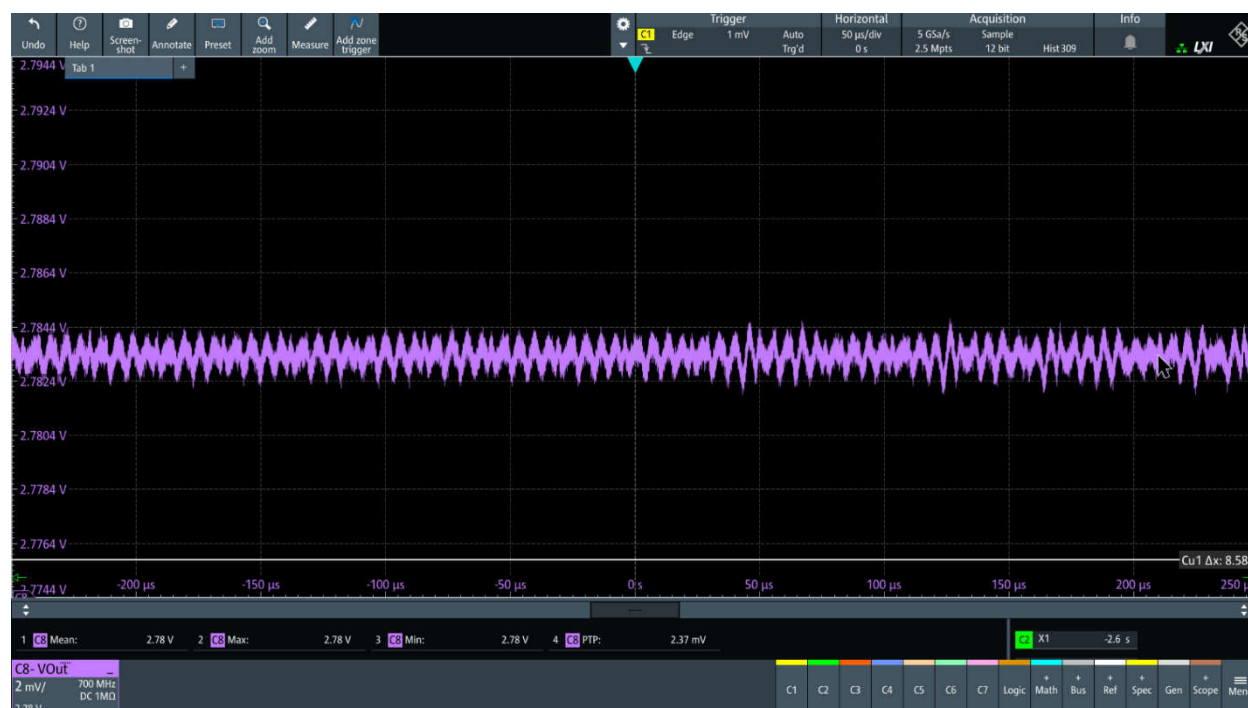


図 3-1. TPS62913 の出力電圧

図 3-1 は、ピーク ツー ピーク電圧が約 2.37mVであることを示しています。

3.2 長いケーブルを用いた際の出力電圧リップル性能

実際のアプリケーションでは、CMOS モジュールの電源はメイン ボード上に配置され、FPC コネクタを介して CMOS センサに電力を供給します。この構成では、負荷と降圧コンバータ IC の間のパターンが長くなります。パターンが長くなることの影響を詳しく調べるため、テスト設定に 8cm のパターンを追加しました。

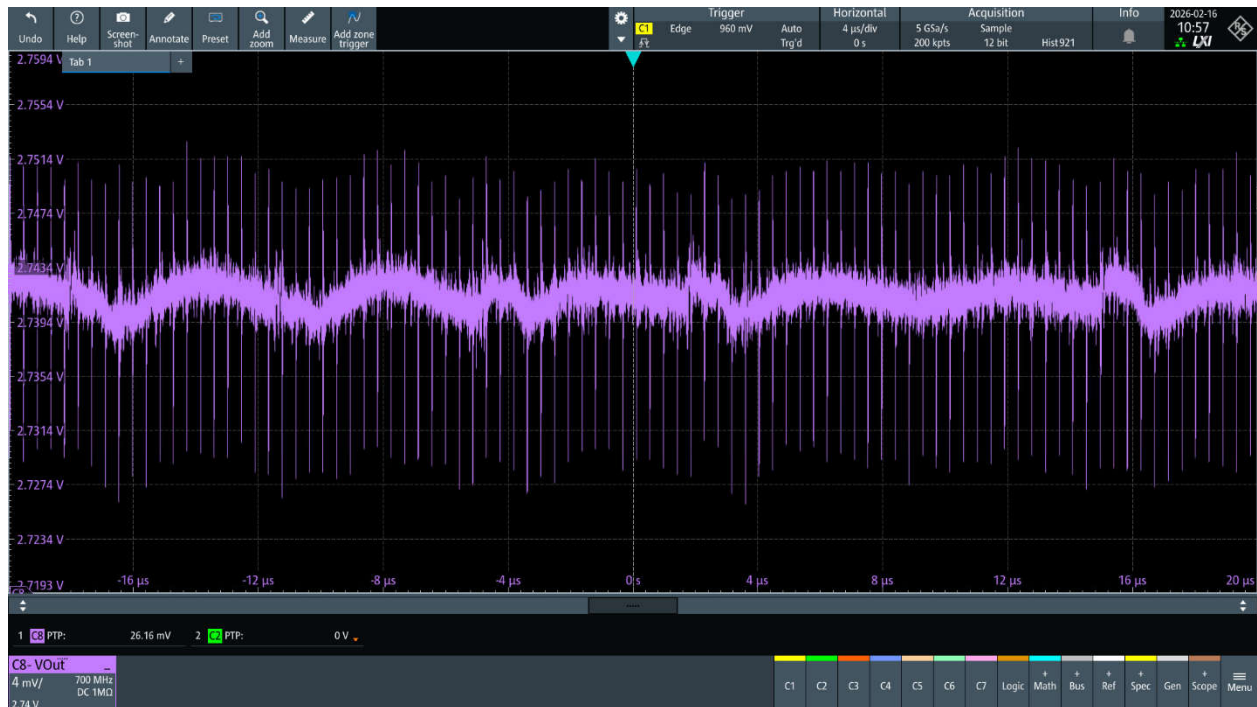


図 3-2. 8cm の長いパターンを持つ TPS62913 の出力電圧

図 3-2 から、スパイクが 26.12mV に増加し、周波数がスイッチング周波数に対応していることが分かります。

重要なのは、このスパイクが降圧自体に起因するものではなく、主に測定上のアーティファクトであることです。長いパターンや FPC コネクタにより電源ループが大きくなり、測定中にノイズがプローブに入り込みます。

スパイクを低減するには、DC ブロック付きの SMA ケーブルを使用し、オシロスコープを AC 結合に設定することで、実際のリップル電圧レベルを観測できます。または、テストポイントの近くにデカップリング コンデンサを取り付け、SMA ケーブルを使用することによっても測定スパイクを低減できます。

図 3-3 には、100nF または 470nF のコンデンサを使用し、負荷から TPS62913 EVM まで 8cm で接続した場合の結果が示されています。

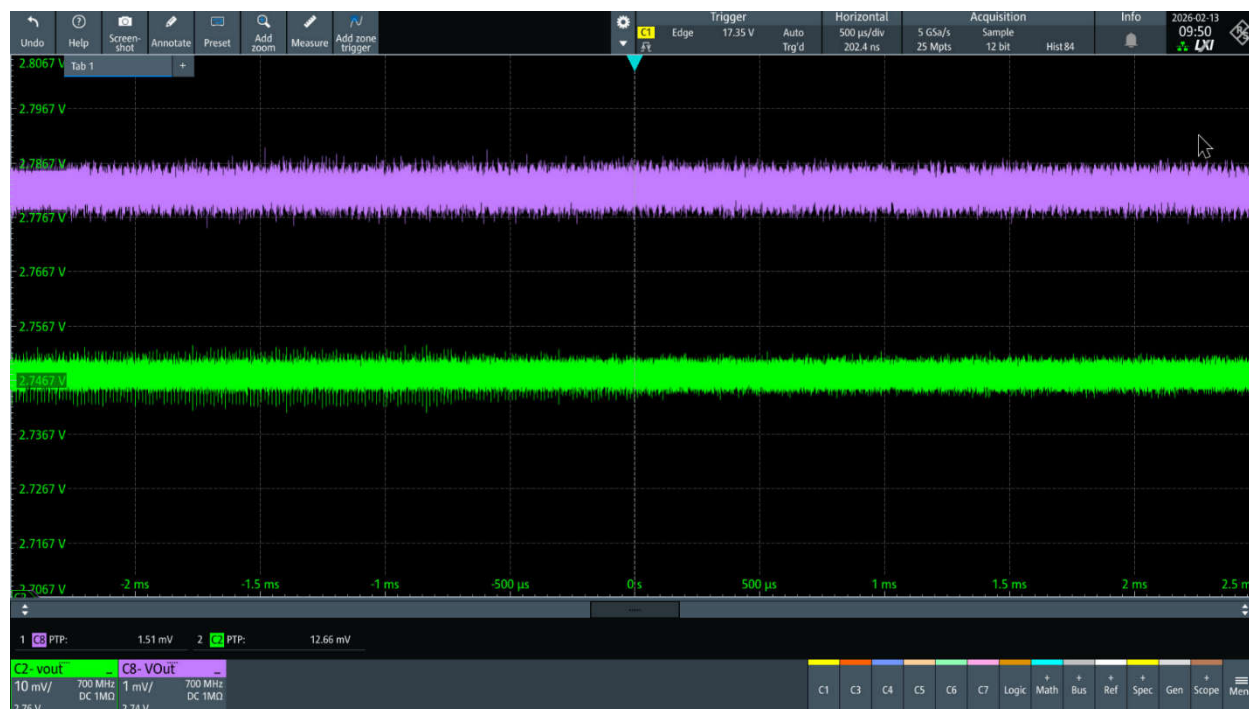


図 3-3. 100nF のコンデンサ、8cm の長いパターンを使用した TPS62913 の出力電圧

紫色の線は TPS62913 EVM のテストポイントで測定された電圧を表し、緑色の線は負荷側での測定値を示しています。図に示すように、負荷側で測定されたピークツーピーク電圧リップルは 27mV から 12.6mV に低下しています。これは約 53% の低下率です。

続いて、470nF のコンデンサを使用して同様のテストを実施しました。図 3-4 に示すように、負荷側で測定されたピークツーピーク電圧リップルは 27mV から 6.49mV に低下しています。これは約 70% の低下率です。

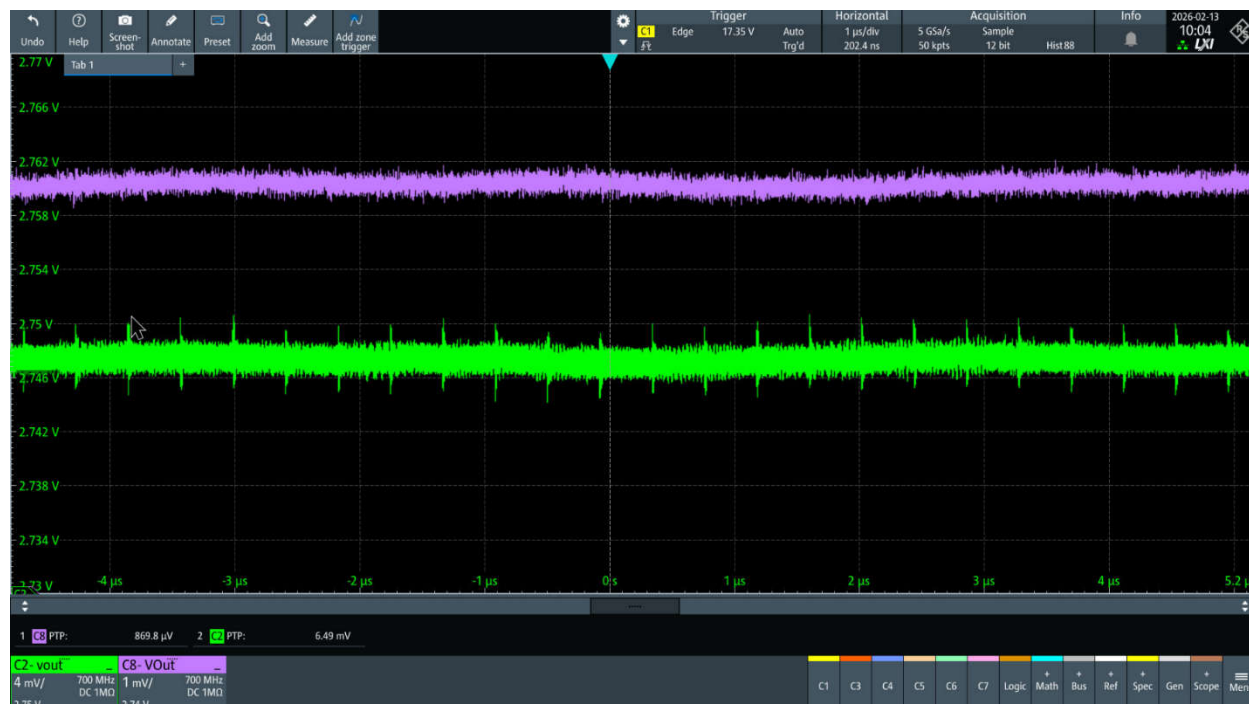


図 3-4. 470nF のコンデンサ、8cm の長いパターンを使用した TPS62913 の出力電圧

3.3 実際の基板実装における TPS62912 と LDO の性能比較

測定スパイクの問題を解決した後、TPS62912 と LDO の性能を比較することができます。

図 3-5 および 図 3-6 に、8K、30fps の録画構成における降圧コンバータと LDO との CMOS モジュールの電圧リップルの違いを示します。

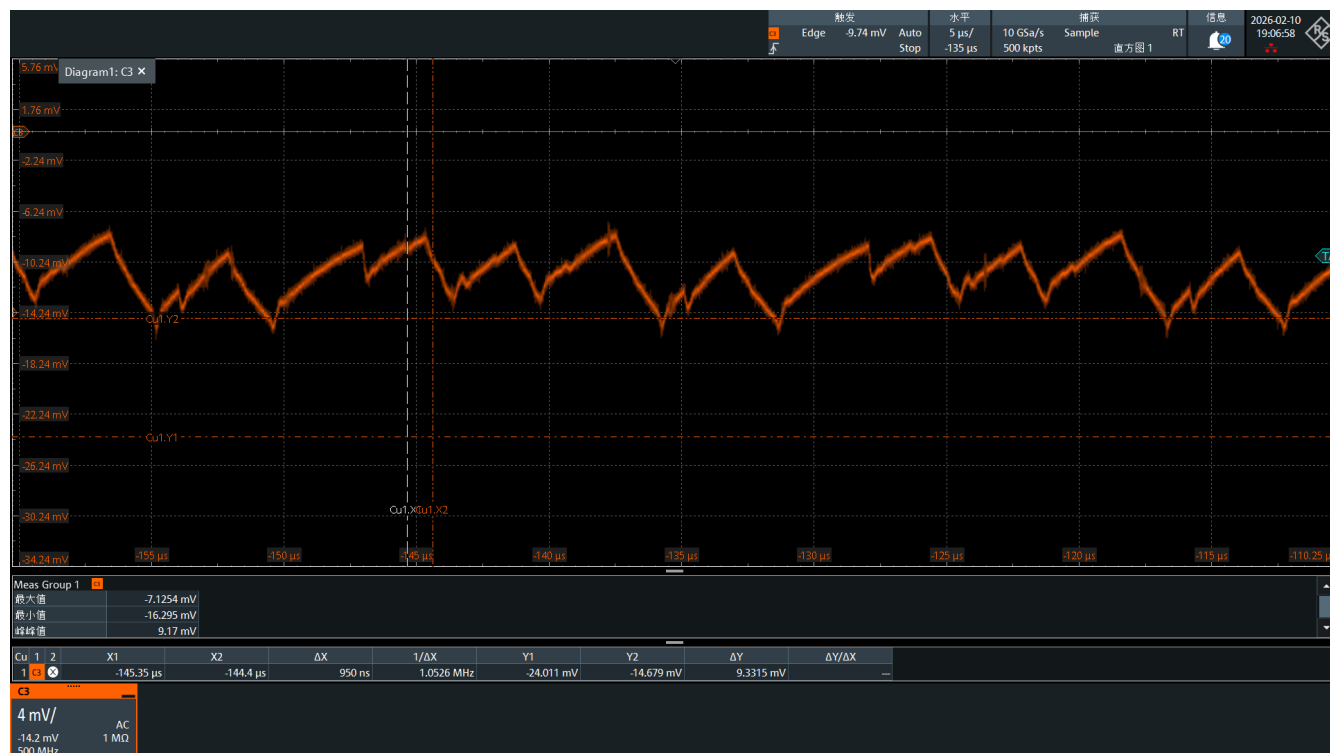


図 3-5. 8k/30fps 録画構成における LDO の出力電圧

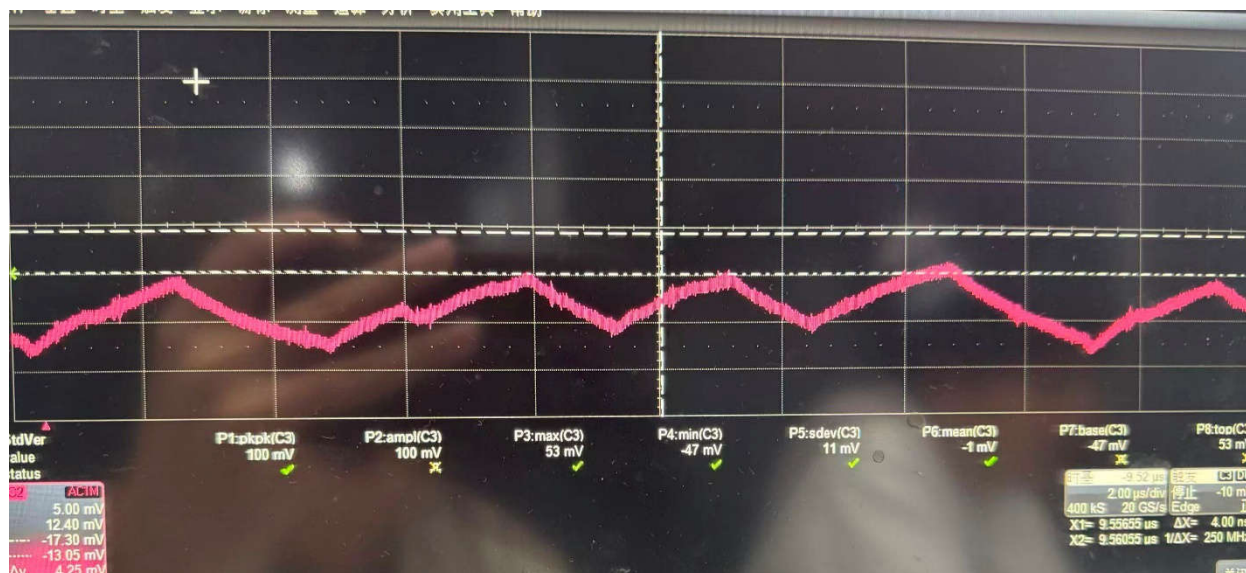


図 3-6. 8k/30fps 録画構成における降圧コンバータの出力電圧

図 3-5 と 図 3-6 を比較すると、平均電圧リップルとピーク ツー ピーク電圧は近い値を示しています。-11.5mV 前後の平均電圧とピーク ツー ピーク電圧は約 9mV です。

これらの結果に基づいて画質テストを実施し、降圧コンバータと LDO の実際の性能を評価しました。画質評価では、黒枠テストを採用しました。これは、セクション 2 で説明したように、完全に暗い環境で画像を撮影してノイズ性能を評価するテストです。

結果は次のとおりです。

表 3-2. LDO と TPS62912 の行ノイズ比の比較

デバイス	行ノイズ比
LDO	0.08
TPS62912	0.1

TPS62912 の入力および出力コンデンサは、評価基板に実装されているコンデンサと同一です。結果は、TPS62912 の行ノイズ特性が LDO よりも劣っていることを示しています。

既に説明したように、LDO と降圧コンバータの間で平均リップル電圧とピーク ツー ピーク電圧は同程度です。さらに詳しく分析すると、性能差を生む主要因がループ応答であることが分かりました。LDO は、TPS62912 よりも高速なループ応答を示しました。

この結果に基づいて 100pF のフィードフォワード コンデンサを追加し、TPS62912 の出力電圧の性能変化を評価しました。



図 3-7. フィードフォワード コンデンサ有無による降圧コンバータ出力電圧の比較

左側は 100pF コンデンサなしの基板、右側は 100pF コンデンサありの基板です。

帰還ループに 100pF コンデンサを組み込むことで、ピーク ツー ピーク電圧は変化せず、100pF コンデンサの応答時間はコンデンサなしの場合 90μs であるのに対し 60μs に短縮されます (図 3-7 を参照)。さらに重要なことに、コンデンサを追加することで、スパイクの振幅が大幅に減少し、生成される波形が滑らかになります。

これらの結果に基づき、基板に 100pF のコンデンサを追加し、CMOS センサに接続して行ノイズを再テストしました。100pF フィードフォワード コンデンサを追加したときの結果を、表 3-3 に示します。

**表 3-3. 100pF フィードフォワード コンデンサを使用した
TPS62912 と LDO で比較した行ノイズ比**

デバイス	行ノイズ比
LDO	0.0760
TPS62912	0.0764

結果によると、フィードフォワード コンデンサを追加することで TPS62912 のノイズ性能を LDO に近い値まで大幅に向上させることができます。

4 設計上の考慮事項

TPS62912 を用いたシングル降圧設計で LDO と同等の性能を実現するため、以下に設計上の検討事項をまとめました。

4.1 測定スパイクの軽減

測定に起因するスパイクを除去するために、SMA ケーブル、DC ブロッカ、AC 結合を組み合わせた測定により、出力電圧を非常に正確に測定できます。DC ブロッカがない場合でも、テストポイントの近くにデカップリング コンデンサを取り付け、SMA ケーブルを使用することによっても同様の効果が得られます。

4.2 拡張ループ応答用のフィードフォワード コンデンサ

CMOS センサは、高速かつ複数回の負荷過渡を伴う負荷となります。TPS62912 は LC フィルタとフェライト ビーズで形成した 2 極を使用しているため、LDO に比べてループ応答が遅くなります。ループ応答が遅いと、次の負荷過渡が発生するまでに十分なセトリング タイムが得られず、行ノイズが発生する可能性があります。そこで、この設計では、フィードフォワード コンデンサを追加してクロスオーバー周波数を高くすることで、ループ応答速度を向上させます。

5 まとめ

TPS6291X シリーズは、2 次 LC フィルタと内蔵ループ補償機能を採用しており、電圧リップルとノイズ性能が大幅に向上しています。降圧コンバータと LDO で構成される従来型のアーキテクチャと比較して、TPS6291X は単一の降圧コンバータとして動作しながら、低ノイズおよび低出力電圧リップル特性を実現し、負荷要求を満たせるという利点があります。このアプローチは、LDO ベースの設計に比べて、消費電力の面で大きな優位性があります。

実際のテストでは、測定アーティファクトやループ応答の限界により、TPS62912 が性能面で LDO よりも劣る場合もあります。これらの要因を慎重に評価し、適切な設計手法で対処する必要があります。

6 リファレンス

- テキサス インスツルメンツ、『[TPS6291x 3V ~ 17V、2A/3A、低ノイズ、低リップル、降圧コンバータ、フェライト ビーズ フィルタ補償機能内蔵](#)』、データシート。
- テキサス インスツルメンツ、『[TPS6291x 降圧コンバータ評価基板ユーザー ガイド](#)』
- テキサス インスツルメンツ、『[フィードフォワード コンデンサによる TPS621 ファミリーと TPS821 ファミリーの安定性と帯域幅の向上](#)』アプリケーション ノート
- テキサス インスツルメンツ、『[低ドロップアウト レギュレータでフィードフォワード コンデンサを使用することの長所と短所](#)』アプリケーション ノート

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