

TransSip社、RSA306型スペクトラム・アナライザにより DC-DCコンバータのスイッチング・ノイズの 革新的な解析を可能に



概要

課題

TransSip社のDesmond Wong氏は、大手の半導体メーカーの無線搭載IoTチップセットで使用されているPFM (Pulse-Frequency Modulated、パルス周波数変調)方式のDC-DCコンバータの出力に重畳するノイズ対策の必要に迫られていました。従来の解析方法では微弱で過渡的な信号は測定できなかつたため、原因説明は大きな課題となっていました。

ソリューション

短時間に变化する過渡的な現象を取込んで解析するため、TransSip社はテクトロニクスのRSA306型USBスペクトラム・アナライザとSignalVu-PCソフトウェアによるDPXリアルタイム解析を採用しました。

利点

TransSip社は、テクトロニクスのソリューションを使用することで、DC-DCコンバータの出力ノイズに含まれるスイッチング・ノイズ・ジッタ (SNJ) の存在とその影響の大きさを初めて検出し、確認することができました。これにより、TransSip社はDC-DCコンバータのノイズを低減できる回路構成をJC-PFMおよびHarmonyデバイスに適用することができました。これにより、電力変換効率の大幅な改善とローパワー・デバイスのバッテリー動作時間の延長が可能になります。

DC-DCコンバータの電力変換効率の改善

米国、カリフォルニア州アーバインに拠点を置くTransSip社 (transsip.com) は、スイッチモードDC-DCコンバータにおけるノイズの低減とスイッチング・ノイズ・ジッタ (SNJ) を制御するための新しい手法を開発しました。これにより、リモート/ポータブル/ウェアラブル/IoTデバイス、その他センサなどの電源に制約のあるデバイスのバッテリー寿命や無線通信の通信距離などの総合的なシステム性能を向上することができ、既存の手法の置き換えだけでなく、さらに優れた利点を持つことが可能になります。

TransSIP社のJC-PFMマイクロDC-DCコンバータ、Harmony SNJコンディショナ (図1) は、TransSIP社特許のジッタ・コンディショニング技術が採用されています。この技術革新は、テクトロニクスのRSA306型スペクトラム・アナライザと、TransSIP社の創業者であり、CEOのDesmond Wong氏の洞察力と継続的な研究努力によって可能になりました。

Wong氏は、有機材料基板の上にアクティブおよびパッシブのコンポーネントを搭載した複雑なRFデバイス用の異種材料混在の3次元SiP (System-in-Package) のパイオニアとして評価されています。TransSIP社は、シリコン、有機ポリマ基板、パッシブ・コンポーネントの組合せを“有機ファブ”という用語で説明しており、通常は不要な要素と見なされている寄生容量も使用して性能を改善しています。無線機能を搭載したIoTやGPSシステムにおいて、Wong氏は特定の条件下で、電源品質に起因するなんらかの障害がシステム性能の低下を引き起こしている現象を確認していました。しかし、当時の手持ちのテスト/測定ツールでは、原因を究明するのに十分でクリアな兆候を得ることはできませんでした。

同様の現象は、Wong氏が携わった2015年中旬におけるコンサルタント業務で再発しており、このときは無線IoTデバイスのスイッチング・モード・パルス周波数変調 (PFM) タイプのDC-DCコンバータの出力ノイズを調査したときのことでした。

PFM DC-DCコンバータは、電力制約の多いポータブル/ウェアラブル・アプリケーションで一般的に使用されるあらゆる負荷条件においても高い変換効率を持っていますが、ノイズに敏感な回路への電源供給で問題となる、やっかいなスイッチング・ノイズも生成します。このため、ほとんどの設計エンジニアは効率の良くないリニア・レギュレータ (LDO、リニア・ドロップ・アウト)、または最低限の要件を満たすPWM (Pulse Width Modulation、パルス幅変調) またはデュアル・モードのPFM/PWMレギュレータ/コンバータを選定します。PFM DC-DCコンバータの出力ノイズ問題が解決できれば、次世代のIoT/ポータブル/ウェアラブル・デバイスにおいて、無線及びシステム性能に妥協することなく、著しく改善されたバッテリー寿命を実現することができ、ユーザーに大きな恩恵をもたらします。

新しいノイズ成分

プロジェクトが進むにつれ、Wong氏はスペクトラム・アナライザとオシロスコープを使い、一般的に用いられるスペクトラム解析やその他のノイズ解析によって、電源のスイッチング・ノイズを検証するようになりました。PFM DC-DCコンバータに関連するノイズとしては、よく知られている以下の種類があります。

/ 出力電圧リップル

/ スwitching周波数の高調波

/ リンギング (寄生容量による)

/ スプリアスまたはトランジェント・イベント

“RSA306型の解析能力がなければ、ここまで到達することはできませんでした。”

Desmond Wong、TransSiP社CEO

これらはよく知られており、フィルタで簡単に抑えることができます。しかしこのケースにおいて、Wong氏は特定の条件においてノイズ対策のための回路を微調整しても、ノイズ・レベル低減の効果が頭打ちになっていることに気づきました。まだノイズが発生しているのですが、どこから発生しているのか、どのような特性なのかわかりませんでした。Wong氏は、次のように述べています。「電源出力のリップルまたはノイズがある程度のレベルまで下がってくると、ノイズ振幅自体は大きな問題ではなくなるのですが、何かを見逃している、それがまだ大きな影響を及ぼしていました」

Wong氏は自身のRFの経験から、リアルタイム・スペクトラム・アナライザを使って、より正確にノイズを表示させることにしました。Wong氏は、新しく発表されたRSA306型USBスペクトラム・アナライザに関するテクニカルセミナーに参加しました。デスクトップレベルの性能と優れたSignalVu-PCソフトウェアの組合せに感心したWong氏は、初期生産品を手に入れました。RSA306型の、ソフトウェアによってアップグレード可能なベクトル信号解析能力は、小規模の会社、限られた予算、限られたスペースしかないスタートアップ段階には理想的でした。

RSA306型の使用は、極めて重要な突破口となりました。SignalVu-PCソフトウェアにはDPXリアルタイム表示機能があり、信号の発生頻度を色分け表示することにより、信号の変化を容易に確認できます。SignalVu-PCには強力なスペクトログラム表示機能もあり、時間変化に伴う小さな周波数の変化であっても観測できます。このような表示機能を活用することで、TransSiP社は図2に示すセットアップを使用してスイッチング・ノイズの時間ドメイン成分における、非常に短く、間欠的に変化する過渡的なスプリアス・イベントを初めて取込み、はっきりと表示させることができました。TransSiP社はこのノイズをスイッチング・ノイズ・ジッタ (SNJ) と名づけました。これこそが、電源システムの出力性能に影響を及ぼす、やっかいなノイズの主要因だったのでした。

DPX表示機能により、従来は検出できなかったPFM DC-DCコンバータ出力のスイッチング・ノイズに関連した、やっかいなノイズの様子を観測できましたが、その発生源ははっきりしません。Wong氏は、手持ちのツールを使用して次の6ヶ月間、ノイズ要素を低減させるためのSNJの制御とSNJの特性を操る方法を調査、開発しました。その内容としては、さまざまな電源回路構成によるSNJの取込みと解析、24時間から最長3~4日の実際の性能試験による観測から得られた相関性が含まれていました。Wong氏は、出力リップルとフィードバック電圧間の関係の数学的モデリングによってシステムの振る舞いを解明し、SNJの存在を検証しました。

この成果によって回路構成に対する体系立てられた改良が可能となり、TransSiP社のJC™ SNJコンディショニング技術の開発へとつながりました。電源品質のDPXによる観測および電源を供給したデバイスのフィールド・テストによる評価で、TransSiP社のJC技術とPFM DC-DCコンバータの組合せは、電力が制約されているほとんどすべてのポータブル、ウェアラブル、リモート・エレクトロニクスで使用されているリニア・レギュレータに近い、優れた電源品質を実現していることが実証されました。この技術は、2016年、米国カリフォルニア州ロングビーチで開催されたAPEC (The Applied Power Electronics Conference and Exposition) 2016の展示会で初めて紹介され (図3)、続いて特許出願がなされ、研究論文が発表されました。

TransSiP JC+PFM™
DC-DC変換ソリューション
マイクロDC-DCコンバータ+Harmony™ SNJコンディショナ

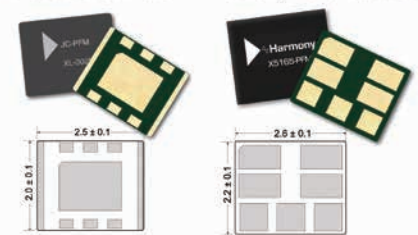


図1. TransSiP JC-PFMチップセット

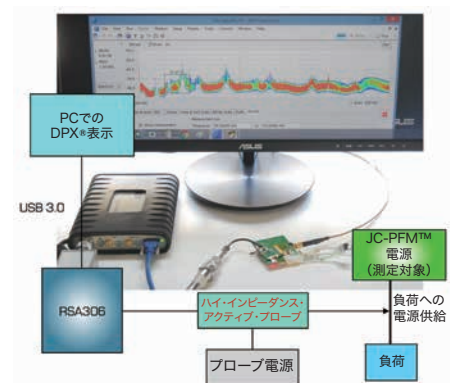


図2. TransSiP解析セットアップ

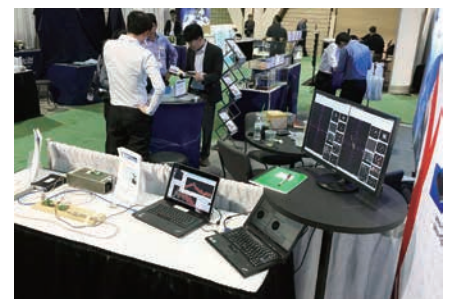


図3. カリフォルニア州ロングビーチで開催されたAPEC 2016におけるリアルタイムJC-PFM電源によるGPS性能のデモ

画期的な変換効率

リニア・レギュレータは、抵抗によって電圧を制御するために電源出力のノイズ・レベルが低く、高い電源品質が要求される回路向けに使用されています。しかし、変換効率が入力と出力の電流および電圧との間の関係に直接比例するという特性を持っているので、負荷が軽い状態が続くと電力変換効率が下がります。したがって、低消費電力のデバイスにおいてほとんどの時間を占める待機電力レベルでは、変換効率は5%にまで低下します。PFMタイプのスイッチングモードDC-DCコンバータの変換効率は、電力負荷がいかなる範囲にあっても変換効率は80~95%です。しかし、ほとんどのスペクトラム拡散による無線通信、ナビゲーション、位置情報アプリケーションを含む、リモート・デバイス、ポータブル/ウェアラブル・デバイス、IoTデバイスの核となっている、ノイズの影響を受けやすい回路では、電源のスイッチング・ノイズはやっかいな問題となります。

TransSiP社の技術がすべてを変えます。図4のDPX表示は、TransSiP社のJCによるPFMコンバータのノイズを制御している様子を示しており、ノイズの影響を受けやすいアプリケーションで使用できるだけでなく、リニア・レギュレータと同等の性能であることを示しています。これにより、ウェアラブル・デバイス軽量化、無線リンクの安定と通信範囲の拡大など、優れたユーザ体感を実現され、バッテリー寿命が最大で5倍も延びます。

検証結果

TransSiP社は従来の経験から、GPS/GNSSと組み合わせにおいて、電源品質はポジション・ドリフトとTTFF (Time-To-First-Fix: 初期位置検出時間) という形式で直接観測できることを知っていました。GPS/GNSSマイクロシステムとSiP (System-in-Package) デザインのさらなる経験から、TransSiP社はDPX表示の活用によって低減されたSNJの検証のためにこの特性を利用しました。

限定された条件 (最小の衛星信号検出) における3,000時間以上にもわたるテストにより、図5に示すような結果が得られました。このフィールド・テストの結果から、TransSiP社のJC-PFM™は、ポジション・ドリフト、TTFFの両方において、商用のGPS/GNSSシステムで使用される従来のリニア・レギュレータ (LDO) と同等かそれ以上の性能を持っていることが実証されました。

現状

TransSiP社は現在、コンポーネントの配置、レイアウト、構造、ワイヤリングなどによる特性の変化を検証するための、JC-PFMおよびHarmonyの検証基板の設計と構築に入っています。

Wong氏は、次のように述べています。「RSA306型とSignalVu-PCの組合せにより、SNJの変化による影響をリアルタイムでフィードバックできるので、今後も当社の開発プロセスにおいて欠かせないものになります。RSA306型の解析能力がなければ、ここまで到達することはできませんでした」

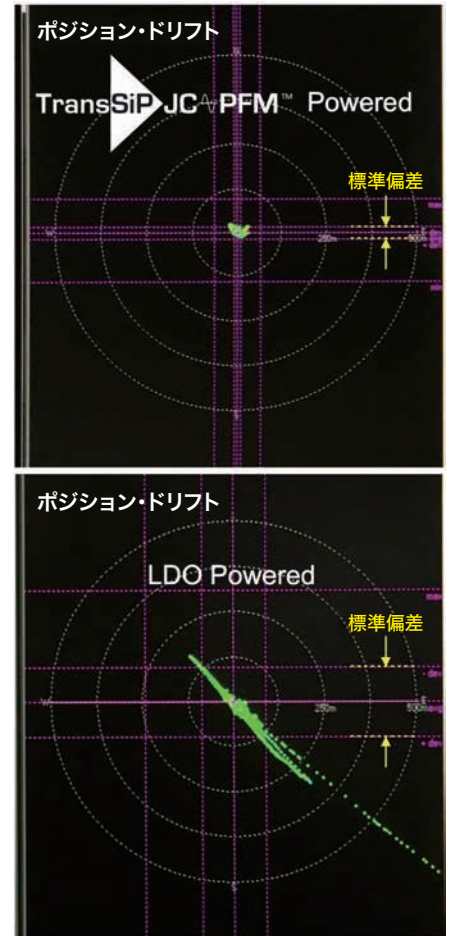


図5. JC-PFMとリニア・レギュレータ (LDO) 電源による、実性能の比較

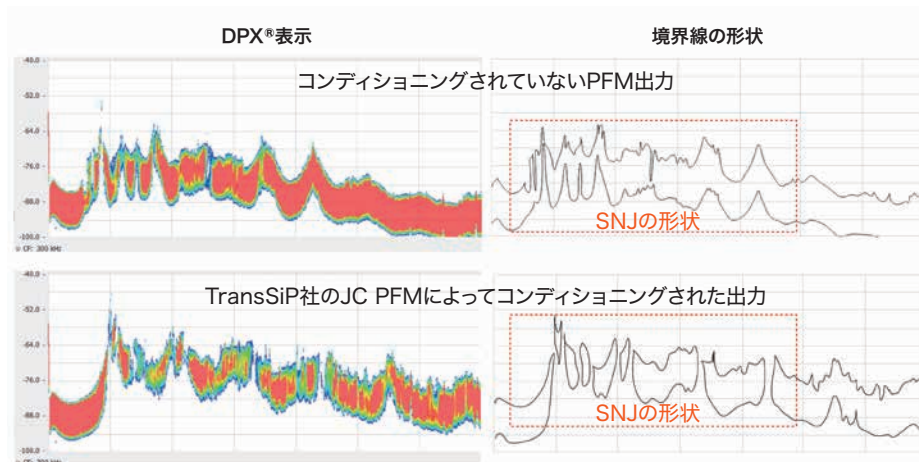


図4. コンディショニングあり/なしのスイッチング・ノイズのDPX表示

jp.tek.com

テクトロニクス/ケースレーインズツルメンツお客様コールセンター

TEL: 0120-441-046 電話受付時間 / 9:00~12:00・13:00~18:00 (土・日・祝・弊社休業日を除く)

〒108-6106 東京都港区港南2-15-2 品川インターシティB棟6階

記載内容は予告なく変更することがありますので、あらかじめご了承ください。

Copyright © 2017, Tektronix. All rights reserved. TEKTRONIX およびTEK はTektronix, Inc. の登録商標です。記載された製品名はすべて各社の商標あるいは登録商標です。

2017年2月 37Z-60881-0

