

車載イメージングシステム用電源 のアーキテクチャと設計



ON Semiconductor®

www.onsemi.jp

APPLICATION NOTE

はじめに

イメージングシステムの入力電圧と中間電圧は、システム全体の効率、性能、および部品選定に重要な役割を果たします。これらの電圧を適切に選択するには、イメージセンサやISPの全消費電力、レギュレータの効率、同軸ケーブルやフィルタの抵抗など、複数のシステム変数を考慮する必要があります。本書では、車載イメージングモジュールの最適化において、十分な情報を得た上で設計の意思決定を行えるよう、モジュールの入力電圧変更に関するトレードオフについて説明します。

システム電源の概要

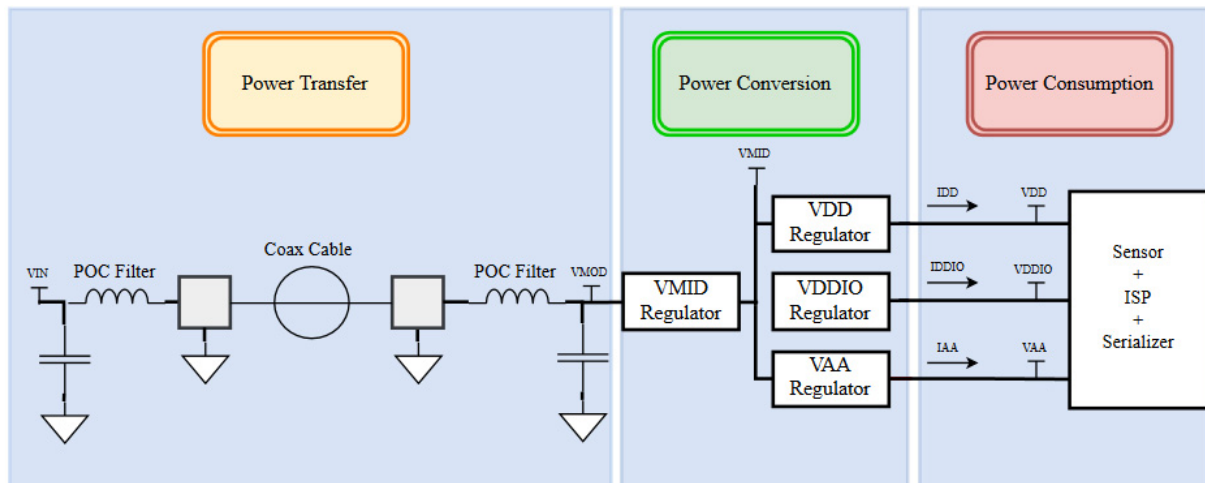


Figure 1. General Overview of an Automotive Imaging System Organized into Three Section

電力の伝送

車載イメージングシステムでは、電源とデータを混合し、1本の同軸ケーブルを介して車両の離れた部分に伝送する方法があります。この方法は「パワーオーバーコアックス(同軸ケーブルを介した電源供給)」(Power over Coax, POC)として知られています。電源の観点からは、このステージに対する2つの性能指数は以下のように表されます。

1. 導通損失

$$P_{\text{loss}}(I_{\text{in}}^2)(R_{\text{coax}} + 2R_{\text{DCR}}) \quad (\text{eq. 1})$$

2. DC電圧降下

$$V_{\text{drop}} = (I_{\text{in}})(R_{\text{coax}} + 2R_{\text{DCR}}) \quad (\text{eq. 2})$$

この懸案事項はともに、伝送するDC電流、各同軸コネクタでのフィルタインダクタンスのDCR (DC抵抗)、および同軸ケーブルの抵抗に依存します。電流の増加は、電力損失とDC電圧降下が増加する一因となります。さらに、DC電圧降下が大きい場合、下流のレギュレータで低電圧ロックアウトが起これ、システムがシャットダウンする可能性があります。

伝送電流(I_{in})が減少すると、導通損失とDC電圧降下の両方が減少しますが、伝送電流を下げるためには、同量の伝送電力を維持するために、同軸ケーブルを介して伝送する電圧を高くする必要があります。これは必ずしも理想的とは限らず、同軸ケーブルの電圧が高いと、イメージセンサモジュールの電力変換部での損失が増加する可能性があります。

電力変換

車載イメージングシステムにおける集積回路(イメージセンサ、イメージプロセッサ、SERDESリンク)は、通常2.8 V、1.8 V、および1.2 Vの電圧を利用します。これら複数の低電圧レイルを得るために、より高い1つの同軸ケーブル電圧を変換して低電圧にする必要があります。このステージの電源に関し念頭に置くべきことは電圧変換損失です。この損失は次式で表すことができます。

$$P_{\text{loss}} = \sum_{i=1}^n P_i \left(\frac{1}{\eta_i} - 1 \right) \quad (\text{eq. 3})$$

ここで、 η_i はレギュレータの効率、 P_i はレギュレータの出力電力です。出力電力が決まれば、損失はレギュレータの効率に依存します。さらに、スイッチ

ングおよびリニアレギュレータではともに、効率は入力/出力の比($V_{\text{in}}/V_{\text{out}}$)に依存し、この比が大きいほど効率が低下します。

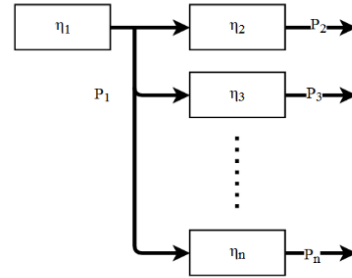


Figure 2. Power Conversion Diagram

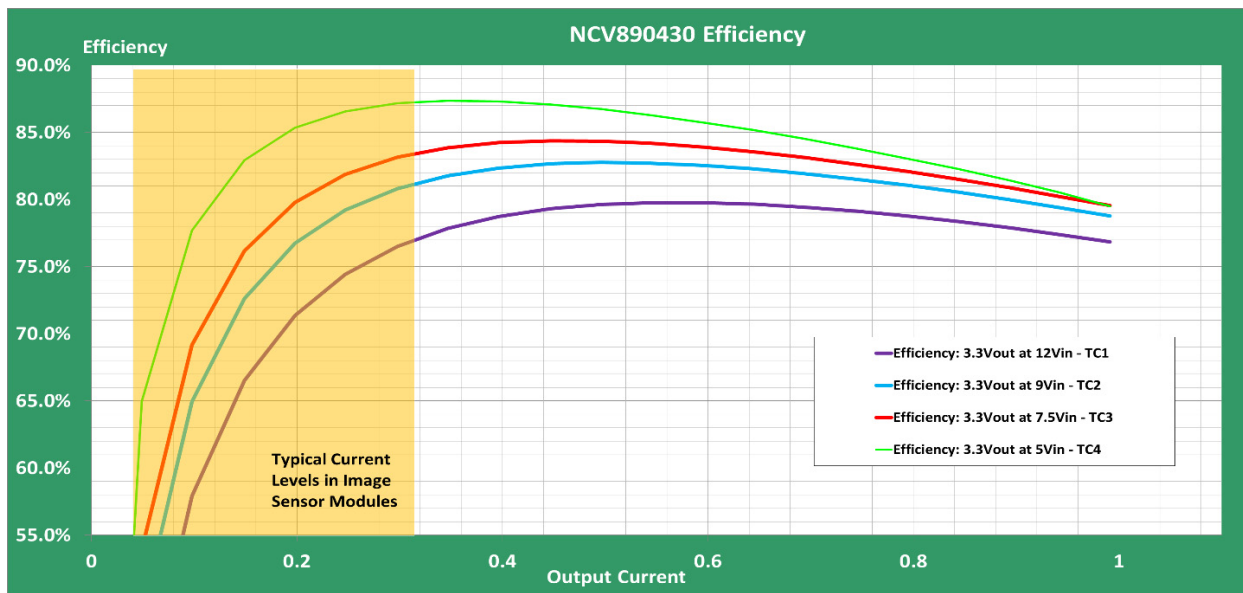


Figure 3. Efficiency Graph of the NCV890430 5-12Vin Automotive Voltage Regulator.
Note how the input-to-output voltage ratio drastically affects the efficiency.

各レギュレータの変換比 $V_{\text{IN}}/V_{\text{OUT}}$ を低くすると、電力変換損失を低減できます。出力電圧はイメージセンサに合わせて決められるため、電力変換ステージへの入力電圧を低下させると、この比を小さくすることができます。残念ながら、入力電圧を低下させると伝送電流が増加し、その結果、伝送損失が増加します。

入力電圧を適切に選択する際には、伝送損失と変換損失間のトレードオフを考慮する必要があります。電源アーキテクチャの最適設計のためには、全電力損失が最小となるよう入力電圧を選択します。伝送損失と変換損失はともに、使用する部品のパラメータによって決まることに留意してください。

伝送損失の構成要素

- インダクタ DCR
- 同軸シリーズ抵抗
- 同軸コネクタ抵抗

変換損失の構成要素

- 特定の $V_{\text{in}}/V_{\text{out}}$ 比におけるレギュレータの効率
- 電圧変換トポロジ

システム性能

システムの入力電圧を変更すると、その影響を適切に理解していない場合、システムに性能上のリスクをもたらす可能性があります。入力電圧を変更すると伝送電流のレベルが変化し、電圧レギュレータの過渡応答、フィルタの性能、暗電流の発生に影響を及ぼします。

信号品位

同軸ケーブルの電流が増加することによるもう一つの副作用は、POCフィルタのインダクタを大きくする必要があります。POCフィルタは、同軸ケーブルのAC成分であるデータがVmidレギュレータの入力に流入するのを防ぐために必要です。このフィルタのインダクタの大きさが適切でない場合、大電流によりインダクタが飽和してAC信号品位が低下したり、シリアル通信のPLL(フェーズロックループ)のロック喪失が発生する可能性さえあります。

過渡応答への影響

同軸ケーブルの電流が増加すると、Vmidレギュレータの入力の電圧過渡応答が増加します。過渡応答が大きいと、レギュレータのレギュレーション維持能力に影響を与える可能性があり、また同軸ケーブルによるACデータの伝送に影響を与える場合もあります。過渡応答の増加による影響を軽減するには、Vmidレギュレータの入力に十分な容量を付加する必要があります。

暗電流の温度変化

暗電流は、イメージセンサの黒レベルまたは基準点を変化させ、画質に悪影響を与えます。暗電流は高い温度依存性を示し、センサ近傍の温度が上昇すると暗電流のレベルが増加します。暗電流レベルを最小化し、それにより適切な画質を確保する上で、イメージセンサの位置あるいはその周辺での発熱を最小限に抑えることが必須です。暗電流の発生は、イメージセンサ近傍の電圧レギュレータの電力消費

を制限することによって低減できます。理想的には、同軸ケーブルやフィルタなど電力を消費するシステム電源はイメージセンサから離す必要があります。小型化設計では、イメージセンサ周囲での発熱を最小限に抑えて暗電流を低減できるよう、低い変換電圧と大きい同軸ケーブル電流が推奨されます。

システムの入力電圧に関するトレードオフのまとめ

Table 1は、説明したシステムの入力電圧の変更による影響を整理したものです。各設計で異なりますが、これらのトレードオフは、システムの電力損失を最小化し、適切なイメージング性能を確保できるようにバランスを取る必要があります。

Table 1. DESIGN TRADE-OFF SUMMARY

	Transfer Current	Transfer Losses	Conversion Losses	Dark Current
High System Input Voltage	Low	Better	Worse	Worse
Low System Input voltage	High	Worse	Better	Better

システムの提案

次のセクションでは、前述した設計上のトレードオフに対処し定量化するために、車載イメージングモジュールのリファレンス設計を利用し、収集したデータに基づいてシステムの推奨入力電圧を示します。

モジュールの概要

イメージングモジュールでは、システムの入力電圧(Vin)が同軸ケーブルを介して伝送され、中間電圧(Vmid)に変換される一般的なトポロジを利用します。Vmidはさらにイメージセンサやプロセッサによって規定されている電圧に変換されます。Figure 4にこのトポロジを示し、Table 2に使用する主な電源用部品を記載しています。

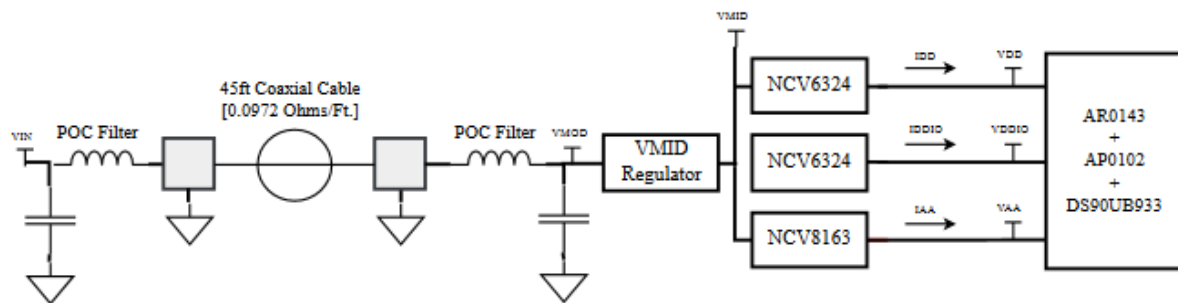


Figure 4. Diagram of the Automotive Imaging Module used to Test Design Trade-offs

Table 2. COMPONENTS AFFECTING THE POWER ARCHITECTURE OF THE REFERENCE DESIGN MODULE

Image Sensor	Image Sensor Processor	Coaxial Cable	SMPS	Linear Regulators
AR0143	AP0102	Pasternack- PE38746Z-540	NCV890430 NCV6324	NCV8163

AND9708/D

5通りのテストケースに対してデータを収集しました。入力電圧とVmidの発生に使用するレギュレータを変化させました。各テストは、45フィートの同軸ケーブル(DC抵抗：0.972 [Ω /ft])を介してモジュール

がビデオをストリーミング配信している際に実施しました。イメージセンサとISPは、最大電力(0.58 W)を消費するように設定しました。

Table 3. DESCRIPTION OF EACH TEST CASE USED FOR DATA COLLECTION. NOTE THAT SYSTEM INPUT VOLTAGE (Vin) AND THE Vmid REGULATOR WERE ALTERED

Test Case	Vin	Vmid Regulator
1	12 V	NCV890430
2	9 V	NCV890430
3	5 V	NCV890430
4	5 V	NONE
5	5 V	NCV6324

システム効率

同軸ケーブルやフィルタ(伝送損失)およびモジュールのレギュレータでの損失(変換損失)を表すシス

テム全体の効率をTable 1に示す5通りのテストケースで測定しました。

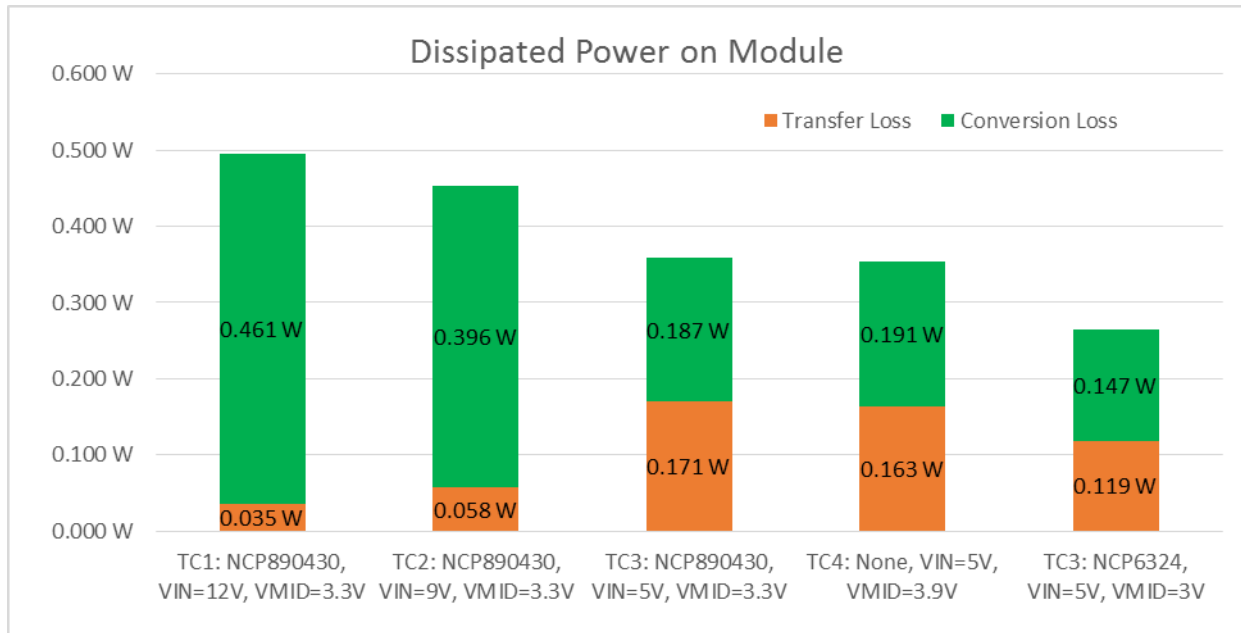


Figure 5. Results of System Power Analysis

ケース1と2からは、レギュレータ内での変換損失がシステム電力損失の大部分を占めていることがわかります。同軸ケーブル電圧(Vin)を5Vに低下させると、レギュレータが5 Vから3.3 Vに変換することで電力損失が減少し、システム損失を改善できます。伝送損失が大幅に増加しますが、この増加は変換電力の削減分よりも少ないため、システム全体の電力損失は減少します。より高効率かつ低電圧のレギュレータに変更すると、伝送損失と変換損失をともに低減でき、システムの電力損失がさらに改善できます。システム効率の観点からは、モジュールでの電

力損失が最も低くなる5Vのシステム入力電圧が推奨されます。

システムの発熱

前述のとおり、イメージセンサの位置あるいはその周辺での基板温度の上昇により暗電流の発生が増加し、黒レベルの基準にずれが生じます。これによりセンサの画質が劣化するため、イメージングモジュール設計上の大きな懸案事項になります。テストケース1~4では、以下のようにシステム温度が記録されました。

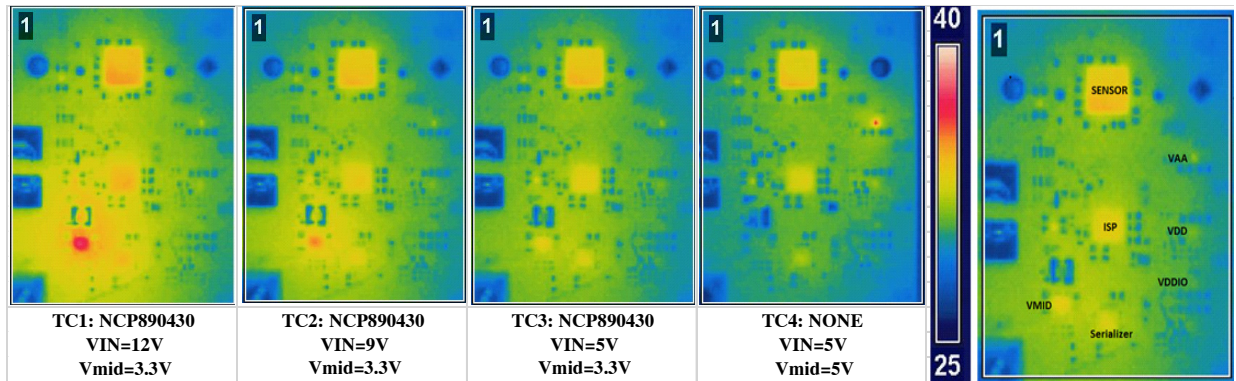


Figure 6. Thermal Images of the Reference Design Module Over Four Different Test Cases

一般的な基板の発熱はVinの電圧が高くなると増加します。リファレンス設計のモジュールは、十分過ぎる部品間隔と銅泊面積を使っていますが、それにもかかわらず、イメージセンサ近傍の領域には、Vinが高い場合に温度上昇が認められます。さらに小型の設計では、センサ周囲の発熱がいっそう高くなる可能性があるため、PCBよりむしろ同軸ケーブルに発熱を放散する必要性が出てきます。基板の発熱に関しては、発熱抑制のために5 V入力が推奨され、これによって暗電流発生の可能性を低くすることができます。

結論

システムの入力電圧に関連する多くのトレードオフがあります。システムの入力電圧が高いと同軸ケーブルを流れる電流を低減できるメリットがありますが、変換損失が増加するというデメリットも生じます。システムの入力電圧が低いとその逆になります。リファレンス設計の車載モジュールで収集したデータから、より低い5 Vのシステム入力電圧が推奨されます。これによって、システム全体の損失が最小となり、基板発熱と暗電流発生の可能性を低減できます。

ON Semiconductor及びON SemiconductorのロゴはON Semiconductorという商号を使うSemiconductor Components Industries, LLC 若しくはその子会社の米国及び/または他の国における商標です。ON Semiconductorは特許、商標、著作権、トレードシークレット(営業秘密)と他の知的所有権に対する権利を保有します。ON Semiconductorの製品/特許の適用対象リストについては、以下のリンクからご覧いただけます。www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf。ON Semiconductorは通告なしで、本書記載の製品の変更を行うことがあります。ON Semiconductorは、いかなる特定の目的での製品の適合性について保証しておらず、また、お客様の製品において回路の応用や使用から生じた責任、特に、直接的、間接的、偶発的な損害など一切の損害に対して、いかなる責任も負うことはできません。お客様は、ON Semiconductorによって提供されたサポートやアプリケーション情報の如何にかかわらず、すべての法令、規制、安全性の要求あるいは標準の遵守を含む、ON Semiconductor製品を使用したお客様の製品とアプリケーションについて一切の責任を負うものとします。ON Semiconductorデータシートや仕様書に示される可能性のある「標準的」パラメータは、アプリケーションによっては異なることもあり、実際の性能も時間の経過により変化する可能性があります。「標準的」パラメータを含むすべての動作パラメータは、ご使用になるアプリケーションに応じて、お客様の専門技術者において十分検証されるようお願い致します。ON Semiconductorは、その特許権やその他の権利の下、いかなるライセンスも許しません。ON Semiconductor製品は、生命維持装置や、いかなるFDA (米国食品医薬品局)クラス3の医療機器、FDAが管轄しない地域において同一もしくは類似のものと分類される医療機器、あるいは、人体への移植を対象とした機器における重要部品などへの使用を意図した設計はされておらず、また、これらを使用対象としておりません。お客様が、このような意図されたものではない、許可されていないアプリケーション用にON Semiconductor製品を購入または使用した場合、たとえ、ON Semiconductorがその部品の設計または製造に関して過失があったと主張されたとしても、そのような意図せぬ使用、また未許可の使用に関連した死傷等から、直接、又は間接的に生じるすべてのクレーム、費用、損害、経費、および弁護士料などを、お客様の責任において補償をお願いいたします。また、ON Semiconductorとその役員、従業員、子会社、関連会社、代理店に対して、いかなる損害も与えないものとします。ON Semiconductorは雇用機会均等/差別撤廃雇用主です。この資料は適用されるあらゆる著作権法の対象となっており、いかなる方法によっても再販することはできません。

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

LITERATURE FULFILLMENT:

Literature Distribution Center for ON Semiconductor
19521 E. 32nd Pkwy, Aurora, Colorado 80011 USA
Phone: 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada
Fax: 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada
Email: orderlit@onsemi.com

N. American Technical Support: 800-282-9855 Toll Free
USA/Canada
Europe, Middle East and Africa Technical Support:
Phone: 421 33 790 2910

ON Semiconductor Website: www.onsemi.com

Order Literature: <http://www.onsemi.com/orderlit>

For additional information, please contact your local Sales Representative