

**ザイリンクスZynq®
UltraScale+ MPSoC向け車載用
パワーデリバリソリューション**



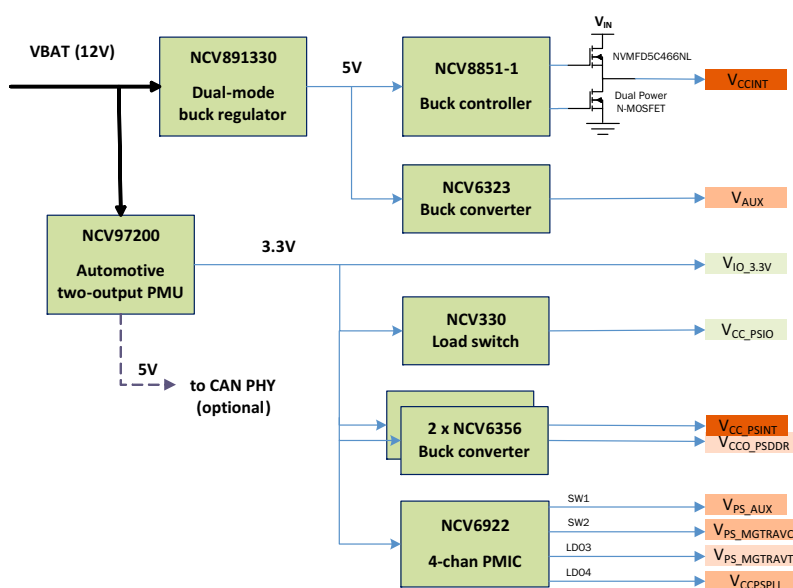
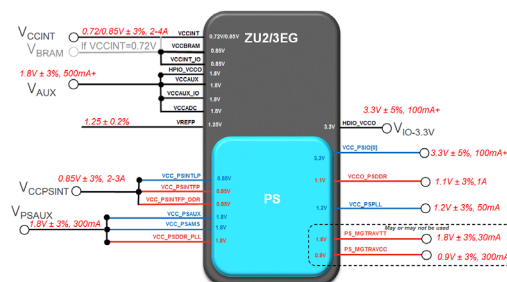
ON Semiconductor®

www.onsemi.jp

APPLICATION NOTE

要約

本アプリケーションノートの目的は、ザイリンクス社の Zynq UltraScale+向け車載用パワーデリバリのソリューションを提示することです。Zynq UltraScale+は、安全を最重視すべき先進運転支援システム(ADAS)や自動運転(AD)システムの開発を可能にする、プログラマブルなMPSoCのファミリーです。ザイリンクスのオートモーティブ向けXA Zynq UltraScale+ MPSoCファミリーは、AEC-Q100信頼性試験仕様に準拠し、ISO 26262のASIL Cの認証を取得しています。このファミリーのデバイスの概要については、[UltraScaleアーキテクチャおよび製品データシート：概要\(DS890\)](#)を参照してください。単一のデバイスファミリーを中心とする設計でさえも、パワーマネジメント要件は多様であり、ユーザの設計に特有なものとなる場合が少なくありません。そのため、1つのパワーマネジメントの提案では最適なソリューションになりえません。本アプリケーションノートでは、2つの異なるアプリケーションを取り上げ、それぞれ異なる設計の要件に対応するための、パワーデリバリのアーキテクチャの選択肢を提案します。このアプローチにより、PCB面積、BOMコスト、電力効率、スケーラビリティなど、設計目標とのバランスが取れた、より最適なソリューションを実現できます。すべての個々のデバイスは、AEC-Q100車載品質管理プロセスのグレード1または2に完全に準拠しています。ここで提案するアーキテクチャは、適切な監視機能と制御機能を追加すれば、機能安全のASIL CおよびASIL Dレベルまでの互換性をもてます。



アプリケーション情報

電源ドメインとシーケンシング

Zynq UltraScale+ MPSoCは、分離された電源ドメインのそれぞれに属する2つの主要な下層ブロックである、プロセッサシステム(PS)とプログラマブルロジック(PL)で構成されています。PSは1つのスタンドアロンのSoCとして機能し、PLに電源を投入しなくてもすべての機能を起動しサポートできます。

PSには2種類の内部電源ドメインがあり、ローパワードメイン(LPD)が動作しないとフルパワードメイン(FPD)は機能できません。ただし、LPDとFPDは同時に電源を投入できます。PLはPLPDと呼ぶ単一の電源ドメインを有しています。

高度に集積されたMPSoCとして、Zynq UltraScale+はPSとPL間に、10本以上の独立した電源レールを必要とする場合があります。その正確な数と電流値はデバイスの複雑さと用途に依存します。最小消費電流を実現し適切な起動を行うには、LPD、FPD、PLPDの各電源ドメイン内で電源レールが電源をオンオフする順序に制約があります。電源の推奨シーケンシングの説明は、[Zynq UltraScale+ MPSoCデータシート:DC特性およびACスイッチ特性\(DS925\)](#)を参照してください。

本アプリケーションノートのブロックダイアグラムでは、DS925の推奨条件に従った電源投入シーケンスに対応させて、電源レールを4つのグループに分類し、下図のように色分けしています。



Figure 1. Color Code for Sequencing

緑色の「no spec (仕様なし)」のグループには、シーケンシング情報が提供されておらず、タイムシーケンスが重視されていない電源レールが含まれます。最小消費電流を達成する推奨電源切断シーケンスは、上図の電源投入シーケンスの逆順です。

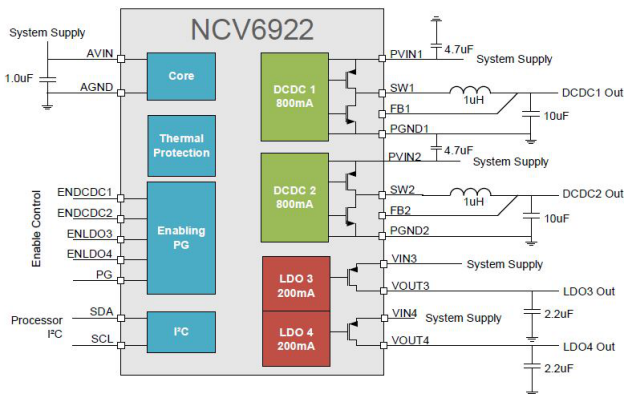


Figure 2. Individual Enable Control

適切なシーケンシングは、電源レールをモニタし、レギュレータに適切なイネーブル信号を送出する、外部制御回路またはMCUにより実現できます。各電源レールは、個々のイネーブル信号によって制御する必要があります。例えば(Figure 2)、PMIC NCV6922は、DC/DCコンバータとLDOレギュレータに対する専用のイネーブル信号を備えています。

機能安全の検討

セーフティクリティカル(安全が最重要)なアプリケーションでは、MPSoCを正しく動作させることがシステムの安全性を確保するための鍵と判断できます。そのような場合、動作に影響を及ぼす可能性があるパワーマネジメントの故障を、適切な回路で検出および制御して、ISO 26262の基準やASILの要求レベルに準拠させなければなりません。

重要な点は、システムレベルで明確な技術安全要件(TSR)を記述することにより、パワーデリバリ回路がMPSoCやその他の周辺回路の正しい動作にどのように影響する可能性があるかを、形式的に規定することです。これらのTSRは、原則としてシステムレベルの安全目標に基づいて記述し、システム内のさまざまな部品を通じて波及させる必要があります。したがって、TSRは具体的なアプリケーションとZynq UltraScale+デバイスによって決まります。例として、必要となる可能性があるTSRをいくつか示します。

- **TSR1-X:** 適正な電圧レベル(すなわち、主レールでは $\pm 3\%$ 、その他のレールでは 5%)がMPSoCに供給されるものとする。
- **TSR2:** 正しいスタートアップシーケンスが実行されるものとする。
- **TSR3:** 必要とされるシャットダウンシーケンスが実行されるものとする。

これらのTSRを満足する高水準のソリューションを本アプリケーションノートの最後に示します。

電源要件 - アプリケーション#1および#2

2つのアプリケーション例を、通常必要な電源レールおよび電流値と併せて紹介します。アプリケーション#1はZU2EGおよびZU3EGデバイスの代表例であり、例えばスマートセンサに使用できます。アプリケーション#2はZU5EG、ZU6EG、ZU7EGデバイスに対応しており、センサフュージョンなど、より複雑なアプリケーションに適しています。DCおよびACスイッチング特性の詳細情報については、DS925を参考にしてください。



Figure 5からすぐに分かるように、PSドメインに対する要件はアプリケーション#1と#2で非常に良く似ており、単独のソリューションで両方のアプリケーションに対応できます。一方、Figure 6のPLドメインでは、各アプリケーションで電源レールの数と電流値に大きな違いがあります。このため、幅広いアプリケーションに対応するには個別アーキテクチャによるソリューションとスケーラビリティが必要です。

Figure 5. Power Rails in PS

Figure 6. Power Rails in PL

本アプリケーションノートで提案するソリューションでは、主電源として12 V車載用バッテリー(V_{BAT})を想定しています。最初のプリレギュレーション段で中間電圧(5 V、3.3 Vなど)を発生させ、その後に個々のレール用のレギュレータ/コントローラが必要です。設計者は、中間電圧とプリレギュレーションを選択する前にVBATの最小動作電圧を確認しなければなりません。プリレギュレーションの選択は、全所要電力等を考慮して決定します。アプリケーション#1などの低消費電力アプリケーションでは、1個の降圧(「バック」)レギュレータで十分と考えられます。

- オプションの5 V @ 400 mA車載ネットワーク (IVN)電源用スイッチャ(CANの物理層)
- マイクロコントローラからの着信信号をモニタするウィンドウウォッチドッグ
- 低電圧および過電圧(両出力)のウィンドウ出力モニタリング
- 電源のレギュレーションとモニタリング用の独立したバンドギャップ

別の方法としては、デュアルモード降圧レギュレータNCV891330があります。このデバイスは、NCV97200のような追加機能は備えていませんが、5 Vで3.0 A、すなわち約80%の電力を余分に出力できます。これはアプリケーション#1のような単純なケースではPSとPL両方の電源レールへの電力供給に十分といえるでしょう。消費電力が増加する場合は、レギュレータを1個追加して、PSとPLの電源レ

ール用プリレギュレーションを分けることができます。

結論として、全電力が数十W程度の場合は降圧コントローラが有利で、スケーラビリティを容易に実現できます。適合するデバイスはNCV891930とNCV881930で、前者は2 MHzのスイッチングで動作し、後者は公称スイッチング周波数410 kHzでより低いスイッチング損失と高い電力供給を達成可能です。マルチフェーズコントローラにより、20 Aの範囲内の電流を必要とする電源レールVCCINT(PL)のスケーラビリティと効率をさらに拡大できます。

アプリケーション#1

全電力が通常15 W未満の場合、アプリケーション#1ではプリレギュレーション用に1個または2個の降圧レギュレータしか必要ありません。ここで2つのソリューションを提案します。

NCV97200の機能の1つ以上が役立つアプリケーションの場合、このデバイスは少なくともPSレール用のプリレギュレーションに使用できます。Figure 7に、NCV891330がPLレールに必要な追加電力を供給する、デュアルプリレギュレータ構成を示します。

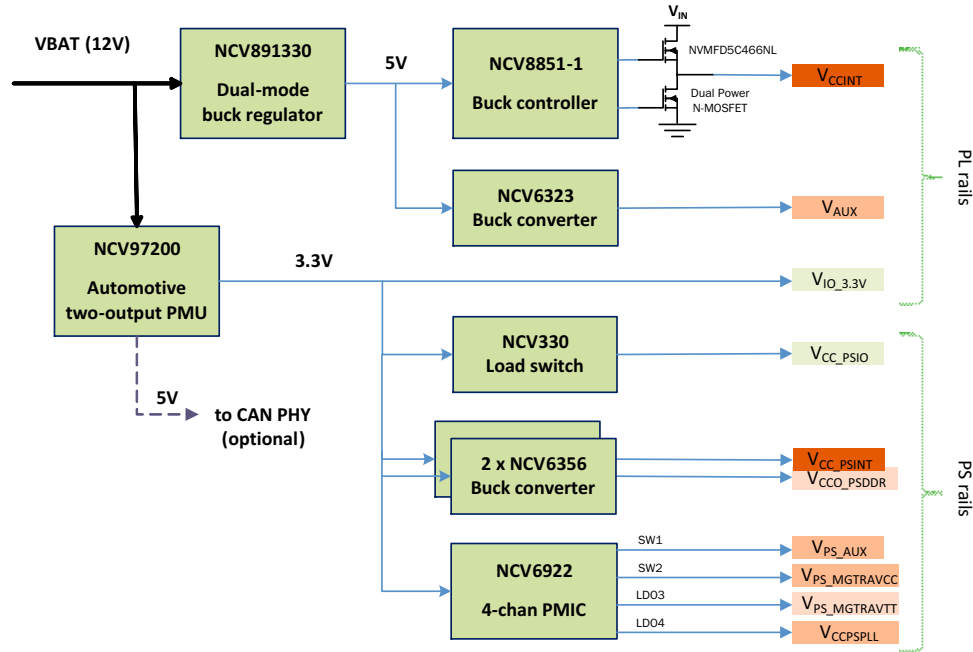


Figure 7. Application #1 with Dual Pre-Regulation

NCV97200の機能が不要な場合、NCV891330をベースにした単独のプリレギュレータでPSとPL両方の全電源レールに電力を供給でき、前述の構成に比べてPCB面積とBOMコストを削減できます。このソリューションを以下のFigure 8に示します。

プリレギュレーションから供給される5 Vまたは3.3 Vの中間電圧から低電圧レギュレータ/コントローラによって個々のレールが作られます。それらの一部は分離され、一部はNCV6922 PMICに送られます。

AND9732/D

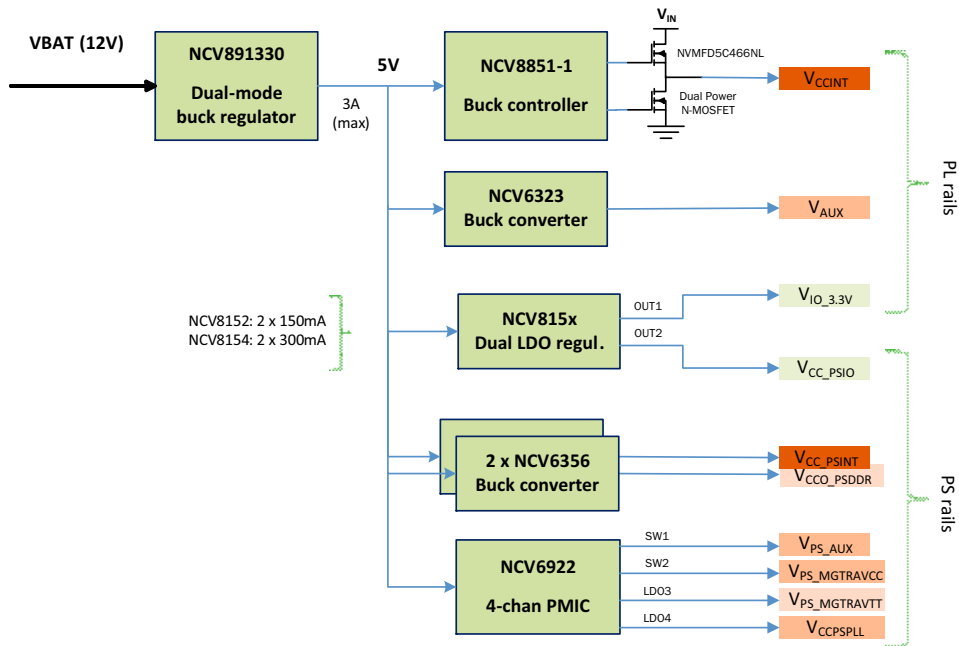


Figure 8. Application #1 with Single Pre-Regulation

アプリケーション#2

アプリケーション#2でより高い全電力が必要な場合は、PLドメインの電源レール数と電流値の種類に応じて、PSとPLの電源レールを2つの別々の中間電圧から生成することを推奨します。

PSレールはシステムの機能要件に応じて、NCV97200またはNCV891330のいずれかで処理できます。これらのオプションをそれぞれFigure 9とFigure 10に示します。この場合も、後者のソリューションが、より高い電力を供給できることに注意してください。

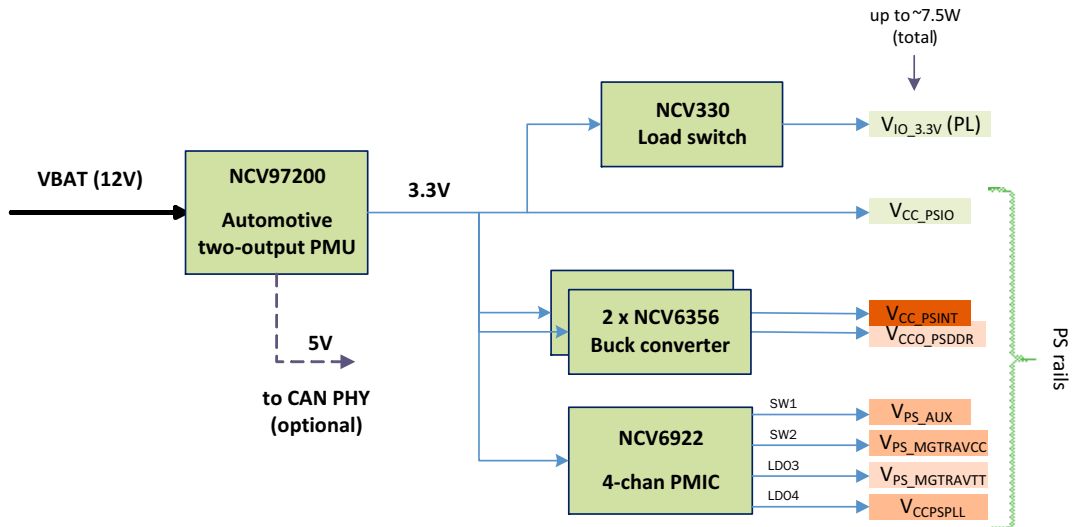


Figure 9. PS Rails in Application #2 with NCV97200

AND9732/D

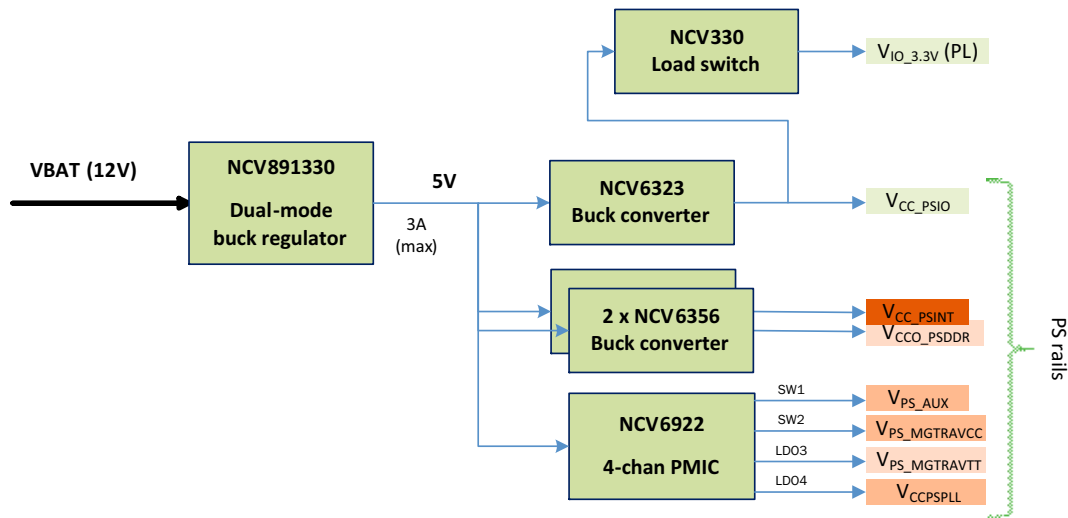


Figure 10. PS Rails in Application #2 with NCV891330

PLレールは、全電力およびスイッチング周波数要件に応じて、NCV891930またはNCV881930いずれかの降圧コントローラで供給する必要があります。これをFigure 11に示します。

個々のレールは、5V中間電圧から低電圧レギュレータ/コントローラまたはPMICを介して生成されます。PMIC NCV6922は、システムの周辺デバイス

(MCU、メモリなど)への電力供給に使用できる2つの予備出力を備えています。

オン・セミコンダクターのパワーマネジメント向けポートフォリオの電圧レギュレータ、コントローラ、DDRターミネーションレギュレータの豊富な製品群は、幅広い電力要件に対応できます。

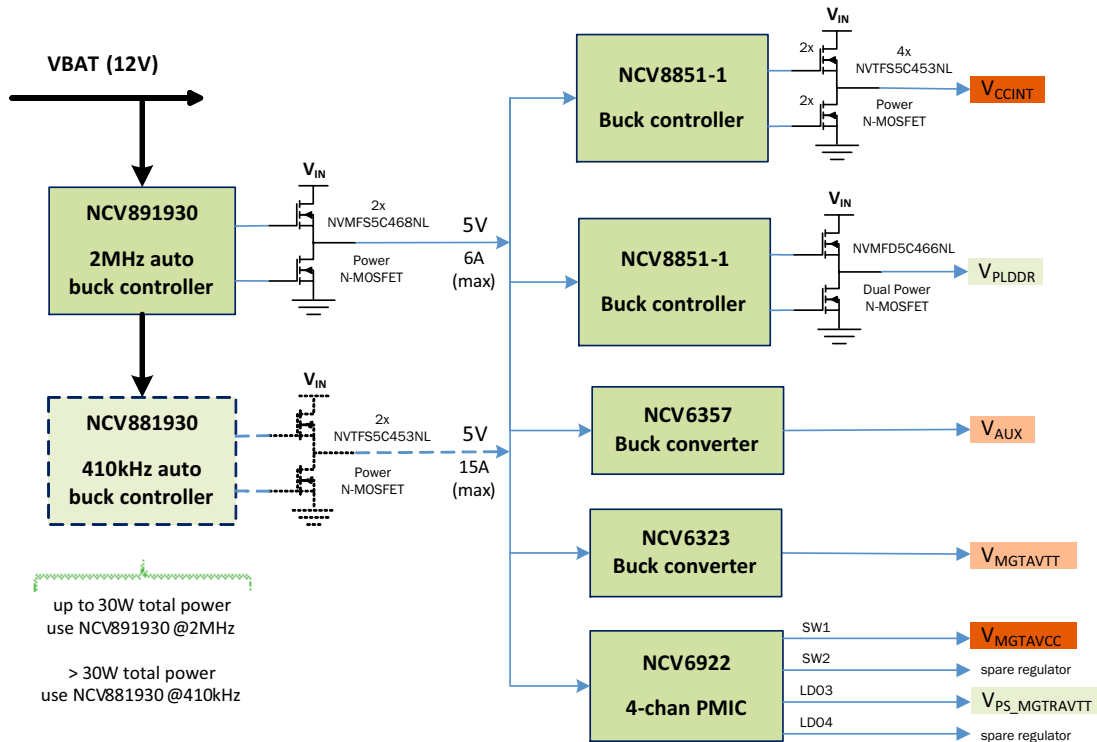


Figure 11. PL Rails in Application #2

スケーラビリティ

Bプリレギュレーション降圧コントローラにより駆動されるスイッチを適切に選択すれば、BOMコストと効率を最適化できます。アプリケーション#2向けには、必要な出力電流に応じて、図示したパワーMOSFETを推奨しています。その他の電流条件に対応するデバイスは、オン・セミコンダクターのMOSFETパラメータテーブルで調べることができます。NCV8851-1ポストコントローラ(V_{CCINT} および V_{PLDDR} レール)のコンパニオンMOSFETも、実際の負荷電流に応じて選定する必要があります。

電流のスケーラビリティは、マルチフェーズコントローラを使用すればさらに拡大できます。これは

V_{CCINT} などのレールに広く採用されているソリューションであり、様々なアプリケーションに対して広い電流範囲をカバーする必要があります。Figure 12に示すように、所要電流の増加に伴い連続するフェーズをアクティブにして、ほぼ最適な効率を維持できます。Figure 13は、マルチフェーズ降圧コントローラNCV81276と、最大4個のFDMF5833-F085 Dr.MOSスマートパワーステージを組み合わせた使用例で、容易な電流スケーラビリティを実現しています。負荷電流の変化を追跡することにより効率を最適化する、ダイナミックフェーズマネジメントも可能です。

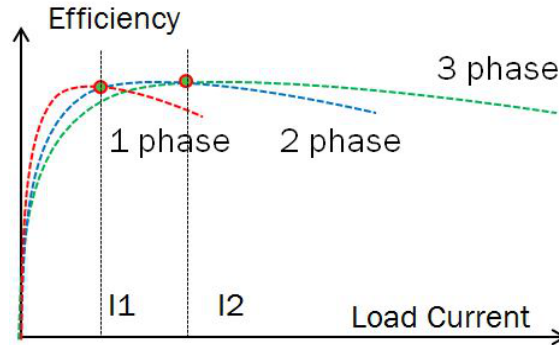


Figure 12. Efficiency Optimization with Multiphase

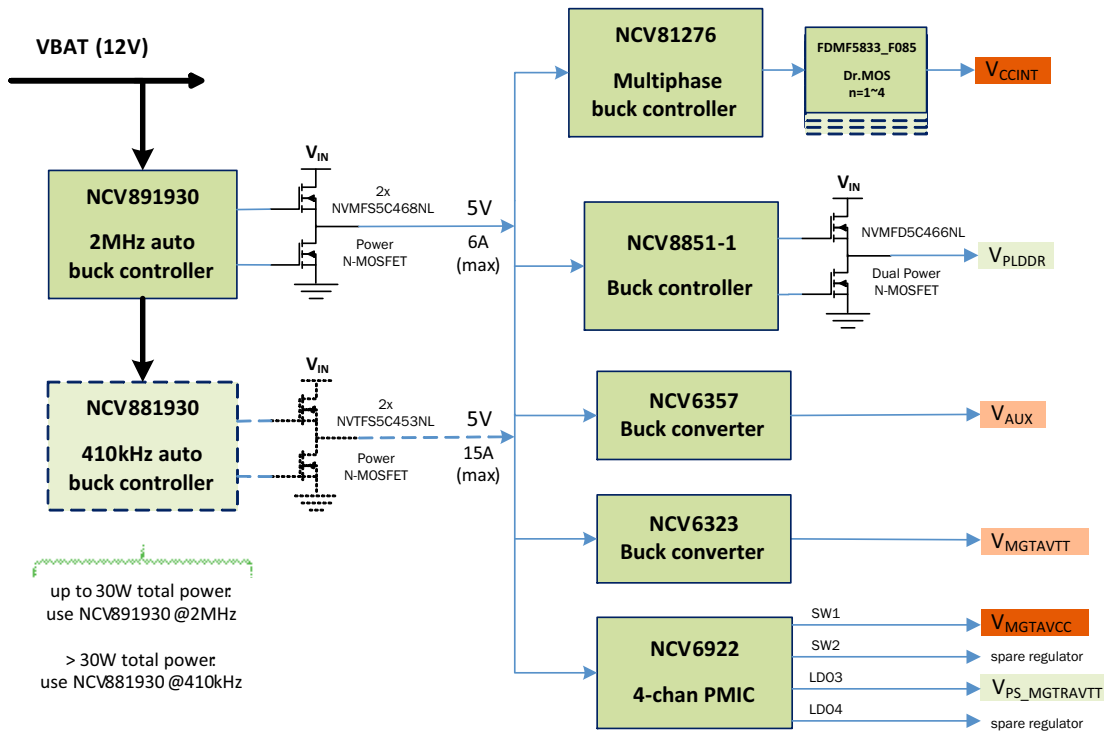


Figure 13. Multiphase for V_{CCINT} in Application #2

機能安全向けシステムソリューション

ザイリンクスのオートモーティブ向けXA Zynq UltraScale+ MPSoCファミリは、現在ISO 26262規格ASIL Cの認証を受けています。ASIL Dも可能ではありますが、アプリケーションの多くでシステムレベルにおける機能安全要件でなければなりません。機能安全に対する厳密なシステムソリューションは多くの要因に依存するため、本アプリケーションノートは範囲外です。そのため、ASIL Cを達成するための一般的な指針のみを基本的な前提と共に提示します。

まず、安全機構のアーキテクチャを検討するには、安全要件が明確に定義されていなければなりません。システムレベルでASIL Cの指標を達成するには、大部分またはすべての電源レールを、継続的な監視安全メカニズムでカバーする必要があると考えられます。

システムに外付けモニタリングデバイスを追加することによって、車載規格に適合しASILレベルに対応しないデバイス(QMデバイス)を使用できます。つまり、「ASILデコンポジション(分解)」に準じて、冗長で独立した安全要件がレギュレーションデバイスとモニタリングデバイスに割り当てられます。

Figure 14に、バッテリーから電力供給されるモニタリングデバイスが選択され、レギュレーションと監視の独立性を維持している例を示します。また、少なくともASIL Cに準拠して開発されたモニタリング

デバイスが必要であることも示しています。冗長性の実現とASIL分解にはその他のスキームも使用できます。

注目に値するのは、場合によっては安全MCUをモニタリングデバイスとして使用できることです。いかなる場合でも、システムレベルでフォールトトレラント時間間隔(FTTI)を満足させるには、迅速に安全状態に達するように、速度要件に対する配慮が必要です。

例に示した「モニタデバイス」は、電源レールの順次的なパワーアップとモニタリングを行います。前述の「機能安全の検討」セクションで、シーケンシングはTSR2で安全重視と定義されているため、シーケンシングとモニタリングは共通故障モードの発生を回避するために、十分に独立していることが重要です。これは2個の独立したデバイス、あるいはシーケンシング用とモニタリング用の2つの独立したアイランドを備えた単独デバイスによって実現できます。同様の考え方が切断シーケンスにも適用できます。

最後に重要なこととして、高度な技術により車載規格に適合したフローで開発されたQMレベルのデバイスを電圧生成用を選択しました。実際の故障確率をランダムハードウェア故障の確率的メトリック(PMHF)の許容範囲以下に抑えるには、これらのデバイスが高い信頼性を備えていることが不可欠です。

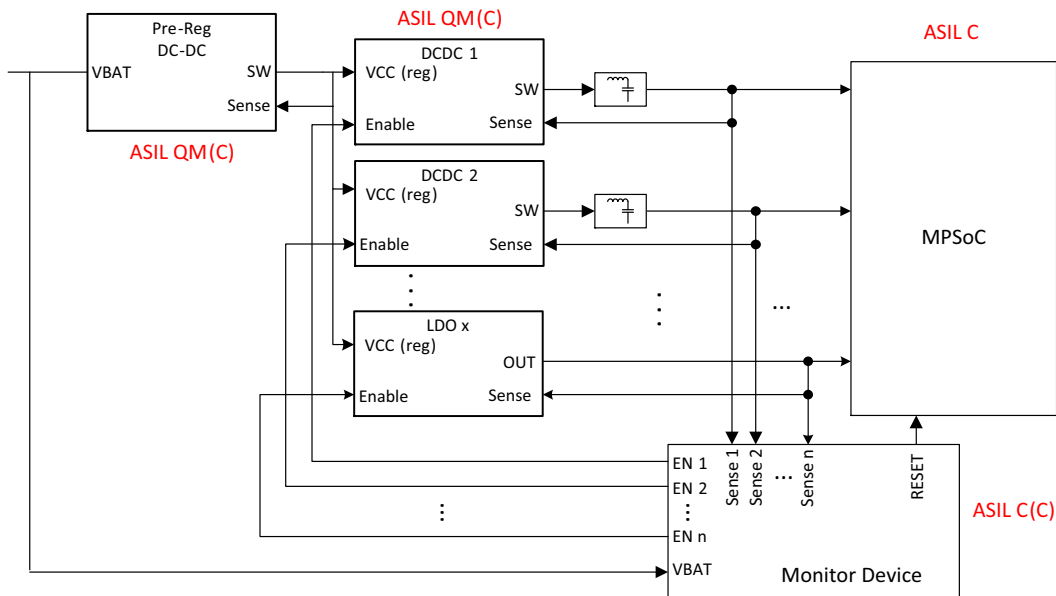


Figure 14. Block Diagram for ASIL C Decomposition

Zynq is a registered trademark of Xilinx, Inc.

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諾しません。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