



Literature Number: JAJA398

POWER | designer

Expert tips, tricks, and techniques for powerful designs

No.105

特集記事 1-7

アプリケーション・プロセッサ
向け高集積パワーマネジメント
IC 2

高性能 同期整流降圧型
DC/DC コンバータ 4

高効率 降圧型
DC/DC コンバータ 6

電源回路設計ツール 8



アプリケーション・プロセッサに適した パワーマネジメント

— Jim Y. Wong, Principal Applications Engineer

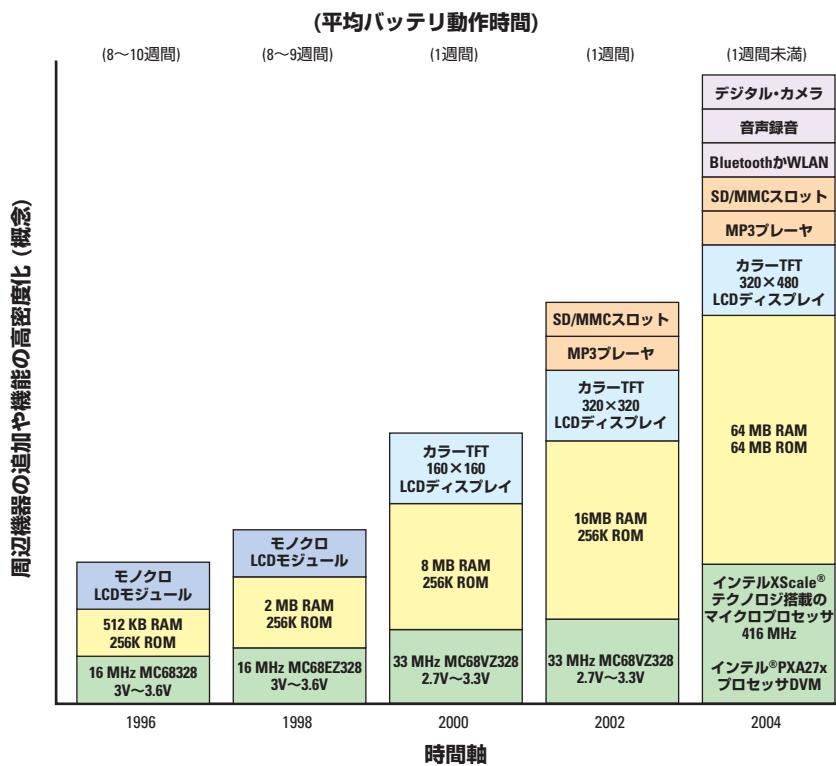
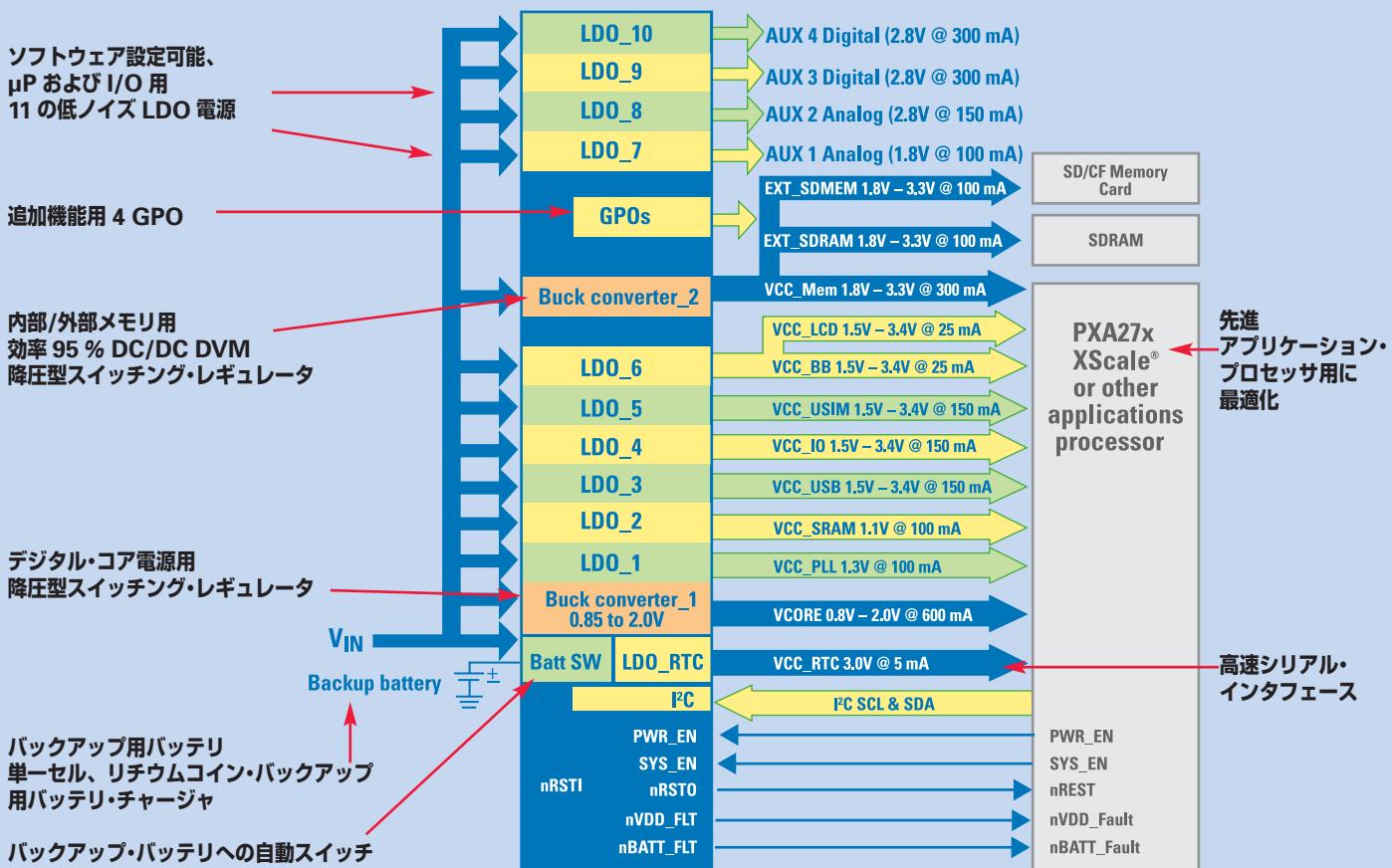


Figure 1. PDA の進化と平均バッテリ動作時間

携帯型電子機器の回路はムーアの法則を守りながら指数関数的な進化を遂げ、PDA、スマートフォン、携帯電話などに内蔵される高集積アプリケーション・プロセッサ・コアを支えています。システム設計の観点から見ると、新機能に対する消費者の飽くなき欲求に応えるために追加される機能は2年ごとにはほぼ2倍の割合で増えています。ムーアの法則に従えば、集積密度の向上によって、あるシステム機能を実現するために必要な総コストは、時間とともに低下していくはずです。設計の課題を解決しながらコスト削減を達成するには、既存回路を元に新規機能または追加機能を構築するようにして、設計工数を有効に活用していかなければなりません。

アプリケーション・プロセッサ向け 高集積パワーマネジメント IC

LP3970 はシングルチップ上で
フルシステム・パワーマネジメント・ソリューションを実現



- 高速 I²C プログラム設定可能
- PXA27x プロセッサへの標準インターフェース
- 小型で熱効率の良い LLP-48 パッケージ

アプリケーション・プロセッサに適したパワーマネジメント

このような課題を満たす上で、現在のシステム・オン・チップ(SoC)ソリューションは大きな役割を担っています。一方で、バックライト内蔵カラーLCDディスプレイ、オーディオ・サブシステム、カメラ機能、WLAN、Bluetooth®通信、RF/アナログ機能など、あらゆる追加機能によって、ハイエンド・コンシューマ・アプリケーションのバッテリ電力は、その配分が限界にまで達しています。音声、データ、ウェブ・ブラウズ、オーディオ/ビデオ再生などの各機能の融合を背景として、最先端のパワーマネジメント技術の実現が不可欠になります。Figure 1に、機能数の増加とバッテリ動作時間の変化を示します。

旧世代プロセッサの電力節減モード

以前のプロセッサには、ドーズ・モード、バースト・モード、スリープ・モードで構成される電力節減モードがあらかじめ組み込まれていました。たとえばPDAの使用形態を例にすると、タッチ・スクリーン入力などのユーザー要求タスクを処理したあと、次のタッチ・スクリーン入力があるまで、システムはスタンバイ・モードに移行します。スタンバイ中はLCD画面のみが動作を続け、プロセッサは割り込みイベントが発生するまでドーズ・モードで動作します。データ・ポーリング・アプリケーションで使われるバースト・モードでは、システムはCPUのデューティ・サイクルを下げて、プロセッサの実質的な動作周波数を最高動作周波数(消費電力のワーストケース)よりも低くします。バースト・モードはドーズ・モードと同様に割り込みイベントが発生すると中断します。電源を供給しているバッテリの残量が下限まで低下した場合、またはシステムの電源がオフになった場合は、プロセッサをスリープ・モードに移行するようにプログラムしておき、リアルタイム・クロック(RTC)を除く全機能の動作を停止します。一般にRTCは、正しい日時を維持するために $1\text{ }\mu\text{A}$ 未満の電力しか消費しません。以上のような電力節減はプロセッサに内蔵されているマイクロコードのみによって実現されています。

アプリケーション・プロセッサで電力を節減するための設計上の課題

アプリケーション・プロセッサの万能薬としてSoCソリューションの採用が進むにつれ、最近ではメガヘルツ性能あたりのミリワット(mW/MHz)を指標に用いて低消費電力設計の度合いを評価するようになっています。携帯型機器で使われるアプリケーション・プロセッサの場合、最小が 0.08mW/MHz 程度、最大が 0.42mW/MHz 程度です。一層の電力節減をサポートするために、ディスプレイの画像更新に必要なCPUサイクルの低減を目的として、画像バッファ用のメモリと専用コントローラで構成されるLCD制御回路を内蔵する方法もあります。ほかに、 $0.13\mu\text{m}$ FABプロセスを採用して、内部I/Oとコアに供給する電力を抑えるとともに、漏れ電流の低減を図る方法や、パワーマネジメント・ソフトウェアを使って、CPUのデューティ・サイクルと周波数を下げる方法などもあります。

このようなテクニックを使った例の一つに、アプリケーションに必要な性能を維持しながら、電圧と動作周波数の両方を動作中にインテリジェントに変更してさまざまな低消費電力モードに切り換える、ARM®ベースのインテル XScale®テクノロジ対応のインテル®PXA27xプロセッサがあります。6種類の動作モード(通常、アイドル、ディープ・アイドル、スタンバイ、スリープ、ディープ・スリープ)を備えたPXA27xプロセッサは大幅な電力節減を実現しています。PXA27xアーキテクチャは独立してオン/オフを切り替えられる電力ドメインを実装しており、最大で10個の独立した電力ドメインをサポートしています。プロセッサの消費電力は、コアの入力電圧と動作周波数の両方を下げることで、二重の低減が図られます。プロセッサは通常、次の式で定義されるとおり、コア電圧の二乗に比例する電力を消費します。

$$P = C * (V^2 f)$$

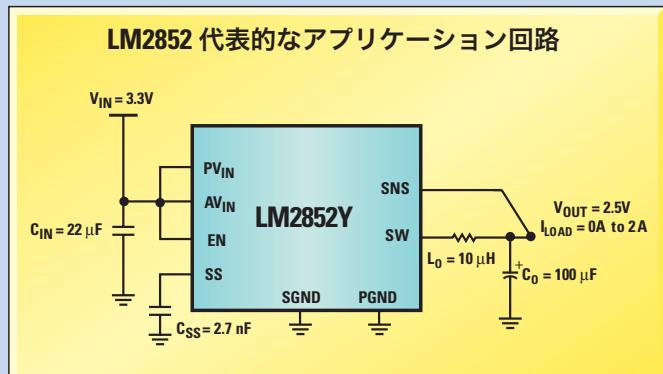
C = チップ容量、V = コア電圧、fは周波数です。

高性能 同期整流降圧型 DC/DC コンバータ

LM2852 2A SIMPLE SYNCHRONOUS 降圧型レギュレータ

特長

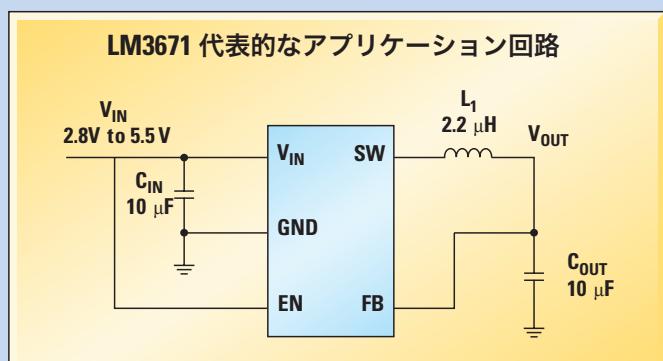
- 出力電圧は標準設定以外に 0.8V ~ 3.3V 間で工場設定が可能 (100mV ステップ)
- スイッチング周波数は 500kHz(LM2852Y)と 1.5MHz(LM2852X)の 2 種類
- 位相補償回路を内蔵、外付け部品数の削減に寄与
- 熱特性の優れた Exposed-pad TSSOP-14 パッケージを採用



LM3671 600mA、2MHz 降圧型同期整流レギュレータ

特長

- 高スイッチング周波数、セラミック・コンデンサ、および SOT23-5 パッケージにより標準的な部品を使用した超小型のソリューションを可能に
- 多くのアプリケーションに対応する高負荷電流 (300mA ~ 600mA) がシステム・デザインを柔軟に
- 全負荷にわたって高効率を実現する自動 PFM-PWM モード・オペレーション機能がバッテリ使用時間と連続待ち受け時間を延長
- 高い出力電圧精度、PFM モード時の低い出力電圧リップル、および高速過渡応答によりプロセッサはピーク処理速度を発揮することが可能に
- 多くのアプリケーションに対応する 2MHz、600mA の出力電流がシステム・デザインを柔軟に



アプリケーション・プロセッサに適したパワーマネジメント

PXA27x ソリューションを採用すれば電力節減の効果が得られます。制御に用いるパワーマネジメント IC (PMIC) は、1.1V、1.3V、1.8V、2.5V、3.3Vなどの供給電圧を細かな要件に従って制御しなければなりません。また、動的な電圧スケーリングをサポートするため、PMIC には、コアの電源電圧である 0.85V から 1.55V を範囲とする可変電圧出力が必要です。電圧は 50mV か 100mV 程度の刻みで設定できるようにします (Figure 2 参照)。PMIC の機能を内部レジスタと標準 I²C バスを使って設定できれば、さまざまなアプリケーション・プロセッサとのインターフェースが容易になります。

充電可能なバックアップ・バッテリの選択

広く普及している単一セルのリチウムイオン (Li-Ion) バッテリの出力電圧範囲は、2.7V から満充電のときに 4.2V で、公称電圧は 3.6V です。携帯機器の電源としては、ほかに、リチウム・ポリマー (Li-Pol)、リチウム二酸化マンガン (Li-MnO₂) コイン・セル・バッテリ、ニッケル水素 (Ni-MH) バッテリなどが使用されます。リチウムイオン・バッテリは単位質量あたり最大の電力密度を実現しますが、可燃の問題のため、一般になんらかの保護回路を必要とします。リチウム・ポリマー・バッテリは形状を薄くでき、可燃性の問題もありません。薄型の PDA に比べてスマートフォンや携帯電話の方が、高密度バッテリの採用に関して物理的な自由度があります。

パワーマネジメント・デバイスの選択

アプリケーション・プロセッサが必要とする電源要件から、次の 2 種類の電源トポロジーを検討していきます。

- 可変出力電圧を備えデジタル負荷と RF 負荷に対応する低ドロップアウト (LDO) レギュレータとバックアップ・バッテリ電圧用の固定出力 LDO。
- 可変出力電圧を備え軽負荷と重負荷の両方に対応する DC-DC スイッチング・レギュレータ

低い入力電圧からアプリケーション・プロセッサに供給する複数の電圧を生成する場合、出力電流が小さいのであれば、CMOS プロセス技術を用いて複数の LDO を单一チップに集積することが回路としては理想です。一般に LDO のドロップアウト電圧は 100mV 程度まで抑えられます。また RF 駆動用 LDO は、出力ノイズが指定された帯域で 100 μ V_{RMS} 程度と小さい必要があります。このように複数 LDO を单一チップに集積する場合、アプリケーション・プロセッサの電力ドメインをサポートするために、それぞれの LDO は個別にイネーブル/ディスエーブルができなければなりません。LDO をディスエーブルすると待機時電流は μ A オーダーになり、バッテリの動作寿命が長くなります。

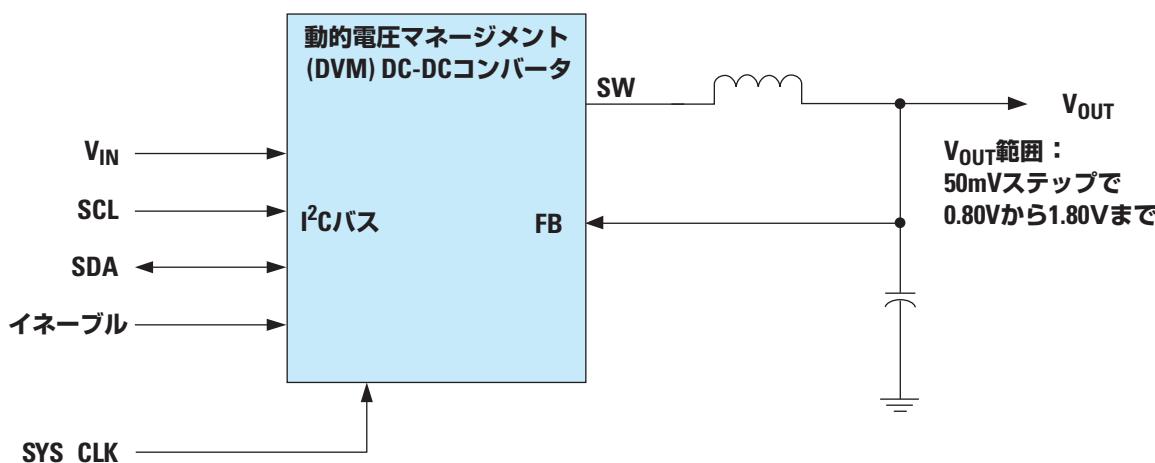


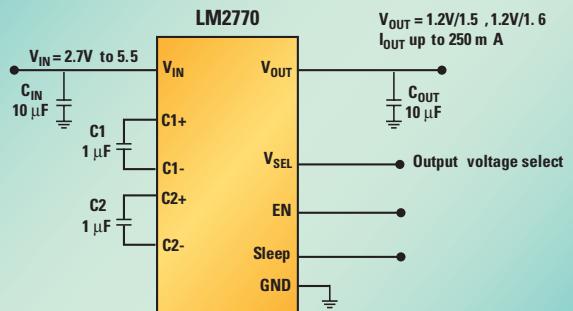
Figure 2. アプリケーション・プロセッサのコア電圧を駆動する新しいパワーマネジメント

高効率 降圧型 DC/DC コンバータ

特長

- マルチ・ゲイン、ゲイン・ホッピング・アーキテクチャおよび
低待機時消費電流スリープ・モードにより 90% の高効率を実現
 - 入出力電圧モニタリング機能が無駄な電力消費と
アプリケーションの不安定動作を防ぐ
 - コイル不要、小型の外付け部品、および小型の MOSP-8 と
LLP-10 パッケージにより小型化に貢献し、アプリケーション
BOM (部材費)を低減
 - リチウムイオンまたは 3 セルのニッケル/ニッカド電池駆動の
ポータブル・システムや 2.8V ~ 5.5V の入力電圧レールに最
適です。

LM2770 代表的なアプリケーション回路

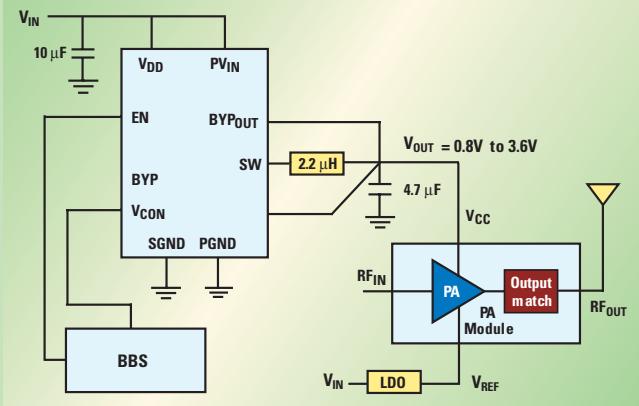


LM3200 超小型、自動バイパス・モード内蔵降圧型同期整流 DC/DC コンバータ

特長

- 2.7V から 5.5V の入力電圧を 0.8V から 3.6V の可変出力電圧に降圧。出力電圧の設定にはアナログ入力の制御電圧を用い、RF パワーアンプのパワー・レベルと効率を最適化。
 - 強制バイパス・モードは、内部バイパス・スイッチをオンにして、バッテリから直接、パワーアンプに電力を供給。自動バイパス・モードは、バッテリの電圧が出力電圧に近づくと、バイパス・スイッチをオンにして、ドロップアウトを最小化。
 - 高いスイッチング周波数(2MHz)を持ち、わずか 2.2mm × 1.8mm の 10 ピン鉛フリー micro SMD パッケージで提供されるため、小型の表面実装型部品が使用可能。

LM3200 代表的なアプリケーション回路



アプリケーション・プロセッサに適したパワーマネジメント

携帯型機器用の電源のうち、高効率と大電流駆動が求められる部分には、降圧スイッチング DC-DC レギュレータを選択することが、バランスの点で妥当です。PMIC 自体の消費電流を抑え、またバッテリの動作時間を延ばすためにも、約 90% 以上の効率を備えたスイッチング DC-DC レギュレータを PMIC デバイスに統合する必要があります。そのために PMIC デバイスに同期整流を組み合わせてスイッチング損失を最小限に抑えなければなりません。効率の低いショットキ・ダイオードではなく MOSFET を採用すればスイッチング損失は小さくなります。皮肉にも MOSFET デバイスは、内部ボディ・ダイオードを原因とする高い順方向ドロップ特性を持っていますが、ショットキ・ダイオードを並列に接続すれば順方向ドロップ損失を抑えることが可能です。携帯型電源アプリケーションの場合は、当然ながら、MOSFET は PMIC に集積化することが一般的です。スイッチング降圧レギュレータはデューティ・サイクルを制御して出力電圧をレギュレーションしますが、負荷が必要とする以上の過大な電流駆動能力は必要ありません。重負荷を駆動するときは、固定周波数で動作する PMW モードの使用が適当です。軽負荷のときは、PFM またはパルス・スキップ・モードを使った低周波動作にスイッチング・レギュレータを切り替えます。入力電圧が仕様上の最低電圧まで低下した場合にも、低ドロップアウト制御によって出力を得るために、降圧レギュレータは 100 % デューティ・サイクルでも動作しなければなりません。

ん。LDO で述べたように、降圧レギュレータにも独立したイネーブル/ディスエーブル機能が求められます。

このほかに、バッテリの監視機能を備えたバックアップ・バッテリの充電回路と、 $V_{CC\text{-BATT}}$ への電圧供給をバックアップ・バッテリと LDO とで自動的に切り替える回路もそれほど重要です。現在、以上の機能要件のほとんどを満たす集積化されたパワーマネジメント・ソリューションが存在しています。複数の PMIC を必要とし動的電圧マネジメントをサポートしていない従来のソリューションに比べて、新たにリリースされたソリューションは、SoC を最大限に活用して構成されています(2 ページの LP3970 を参照)。

システム設計で生じる新たな電源要件

一般にアプリケーション・プロセッサは、外付け SRAM、Bluetooth、WLAN 802.11x、カメラ・インターフェース、MMC/SD カード、メモリ・スティック、USB インタフェース、外付けグラフィック・プロセッサ、LCD ディスプレイ、バックライト用デバイスなど、さまざまな周辺機能をサポートしています(Figure 3)。設計者は、これら新たな周辺機能に求められる電源要件を体系化して、スイッチング DC-DC 降圧レギュレータか LDO のいずれかが、新たに必要となった電源電圧レールの供給に適しているか判断するようしてください。■

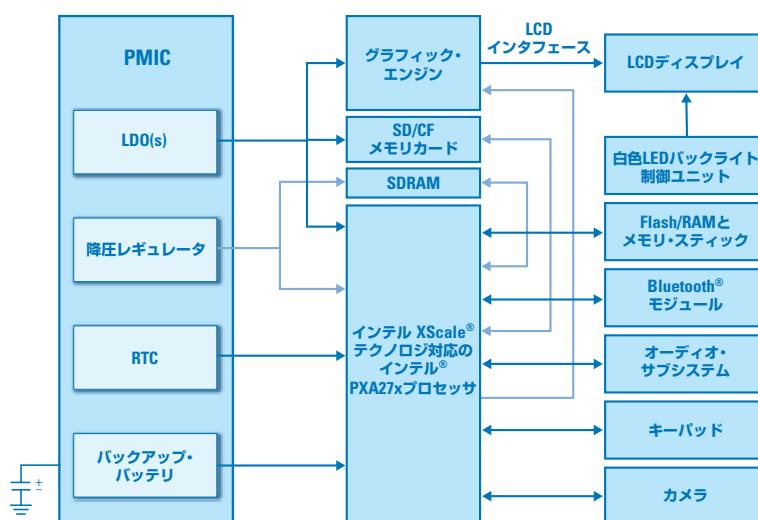


Figure 4. PoE 電源基本アーキテクチャ

電源回路設計ツール

WEBENCH® オンライン設計支援ツール

回路設計からプロトタイプ入手までがオンラインで完了。
設計時間を大幅に短縮できます。

1. 選ぶ

2. 設計する

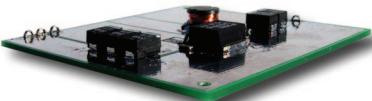
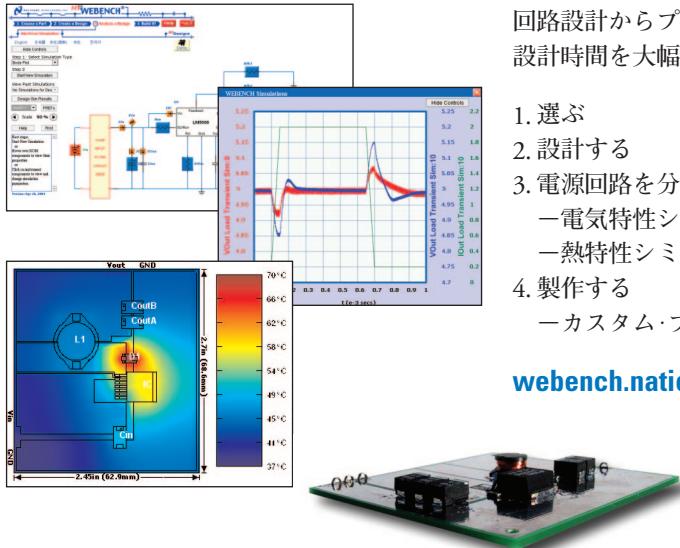
3. 電源回路を分析する

- 電気特性シミュレーション
- 熱特性シミュレーション

4. 製作する

- カスタム・プロトタイプを注文

webench.national.com/jpn



オンデマンド・オンライン・セミナー

以下のテーマをはじめ、適切な設計のために役立つ
ナショナルのオンライン・セミナーをご覧ください。

- 「ポータブル・デバイスの発光素子ソリューション」
- 「携帯型機器の充電テクニック」
- 「携帯機器に適した降圧型コンバータ」
- 「LDO にフォーカスをあてたボルテージ・レギュレータの評価方法」

www.national.com/JPN/onlineseminar/

ナショナルのパワー製品サイト：power.national.com/jpn

お問い合わせ：JPN.feedback@nsc.com

0120-666-116

ナショナル セミコンダクター ジャパン株式会社

〒135-0042 東京都江東区木場 2-17-16

TEL 03-5639-7300 (大代表) www.national.com/jpn/



The Sight & Sound of Information

ご注意

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社（以下TIJといいます）及びTexas Instruments Incorporated（TIJの親会社、以下TIJないしTexas Instruments Incorporatedを総称してTIといいます）は、その製品及びサービスを任意に修正し、改善、改良、その他の変更をし、もしくは製品の製造中止またはサービスの提供を中止する権利を留保します。従いまして、お客様は、発注される前に、関連する最新の情報を取得して頂き、その情報が現在有効かつ完全なものであるかどうかご確認下さい。全ての製品は、お客様とTIJとの間に取引契約が締結されている場合は、当該契約条件に基づき、また当該取引契約が締結されていない場合は、ご注文の受諾の際に提示されるTIJの標準販売契約款に従って販売されます。

TIは、そのハードウェア製品が、TIの標準保証条件に従い販売時の仕様に対応した性能を有していること、またはお客様とTIJとの間で合意された保証条件に従い合意された仕様に対応した性能を有していることを保証します。検査およびその他の品質管理技法は、TIが当該保証を支援するのに必要とみなす範囲で行なわれております。各デバイスの全てのパラメーターに関する固有の検査は、政府がそれ等の実行を義務づけている場合を除き、必ずしも行なわれておりません。

TIは、製品のアプリケーションに関する支援もしくはお客様の製品の設計について責任を負うことはありません。TI製部品を使用しているお客様の製品及びそのアプリケーションについての責任はお客様にあります。TI製部品を使用したお客様の製品及びアプリケーションについて想定される危険を最小のものとするため、適切な設計上および操作上の安全対策は、必ずお客様にてお取り下さい。

TIは、TIの製品もしくはサービスが使用されている組み合せ、機械装置、もしくは方法に関連しているTIの特許権、著作権、回路配置利用権、その他のTIの知的財産権に基づいて何らかのライセンスを許諾するということは明示的にも黙示的にも保証も表明しておりません。TIが第三者の製品もしくはサービスについて情報を提供することは、TIが当該製品もしくはサービスを使用することについてライセンスを与えるとか、保証もしくは是認するということを意味しません。そのような情報を使用するには第三者の特許その他の知的財産権に基づき当該第三者からライセンスを得なければならない場合もあり、またTIの特許その他の知的財産権に基づきTIからライセンスを得て頂かなければならぬ場合もあります。

TIのデータ・ブックもしくはデータ・シートの中にある情報を複製することは、その情報に一切の変更を加えること無く、かつその情報と結び付られた全ての保証、条件、制限及び通知と共に複製がなされる限りにおいて許されるものとします。当該情報に変更を加えて複製することは不公正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような変更された情報や複製については何の義務も責任も負いません。

TIの製品もしくはサービスについてTIにより示された数値、特性、条件その他のパラメーターと異なる、あるいは、それを超えてなされた説明で当該TI製品もしくはサービスを再販売することは、当該TI製品もしくはサービスに対する全ての明示的保証、及び何らかの默示的保証を無効にし、かつ不公正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような説明については何の義務も責任も負いません。

TIは、TIの製品が、安全でないことが致命的となる用途ないしアプリケーション（例えば、生命維持装置のように、TI製品に不良があった場合に、その不良により相当な確率で死傷等の重篤な事故が発生するようなもの）に使用されることを認めておりません。但し、お客様とTIの双方の権限有る役員が書面でそのような使用について明確に合意した場合は除きます。たとえTIがアプリケーションに関連した情報やサポートを提供したとしても、お客様は、そのようなアプリケーションの安全面及び規制面から見た諸問題を解決するために必要とされる専門的知識及び技術を持ち、かつ、お客様の製品について、またTI製品をそのような安全でないことが致命的となる用途に使用することについて、お客様が全ての法的責任、規制を遵守する責任、及び安全に関する要求事項を満足させる責任を負っていることを認め、かつそのことに同意します。さらに、もし万一、TIの製品がそのような安全でないことが致命的となる用途に使用されたことによって損害が発生し、TIないしその代表者がその損害を賠償した場合は、お客様がTIないしその代表者にその全額の補償をするものとします。

TI製品は、軍事的用途もしくは宇宙航空アプリケーションないし軍事的環境、航空宇宙環境にて使用されるようには設計もされていませんし、使用されることを意図されておりません。但し、当該TI製品が、軍需対応グレード品、若しくは「強化プラスティック」製品としてTIが特別に指定した製品である場合は除きます。TIが軍需対応グレード品として指定した製品のみが軍需品の仕様書に合致いたします。お客様は、TIが軍需対応グレード品として指定していない製品を、軍事的用途もしくは軍事的環境下で使用することは、もっぱらお客様の危険負担においてなされるということ、及び、お客様がもっぱら責任をもって、そのような使用に関して必要とされる全ての法的要件及び規制上の要求事項を満足させなければならないことを認め、かつ同意します。

TI製品は、自動車用アプリケーションないし自動車の環境において使用されるようには設計もされていませんし、また使用されることを意図されておりません。但し、TIがISO/TS 16949の要求事項を満たしていると特別に指定したTI製品は除きます。お客様は、お客様が当該TI指定品以外のTI製品を自動車用アプリケーションに使用しても、TIは当該要求事項を満たしていなかったことについて、いかなる責任も負わないことを認め、かつ同意します。

Copyright © 2011, Texas Instruments Incorporated
日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社

弊社半導体製品の取り扱い・保管について

半導体製品は、取り扱い、保管・輸送環境、基板実装条件によっては、お客様での実装前後に破壊/劣化、または故障を起こすことがあります。

弊社半導体製品のお取り扱い、ご使用にあたっては下記の点を遵守して下さい。

1. 静電気

- 素手で半導体製品単体を触らないこと。どうしても触る必要がある場合は、リストストラップ等で人体からアースをとり、導電性手袋等をして取り扱うこと。
- 弊社出荷梱包単位（外装から取り出された内装及び個装）又は製品単品で取り扱いを行う場合は、接地された導電性のテーブル上で（導電性マットにアースをとったもの等）、アースをした作業者が行うこと。また、コンテナ等も、導電性のものを使うこと。
- マウンタやはんだ付け設備等、半導体の実装に関わる全ての装置類は、静電気の帯電を防止する措置を施すこと。
- 前記のリストストラップ・導電性手袋・テーブル表面及び実装装置類の接地等の静電気帯電防止措置は、常に管理されその機能が確認されていること。

2. 溫・湿度環境

- 温度：0～40°C、相対湿度：40～85%で保管・輸送及び取り扱いを行うこと。（但し、結露しないこと。）

- 直射日光があたる状態で保管・輸送しないこと。

3. 防湿梱包

- 防湿梱包品は、開封後は個別推奨保管環境及び期間に従い基板実装すること。

4. 機械的衝撃

- 梱包品（外装、内装、個装）及び製品単品を落下させたり、衝撃を与えないこと。

5. 熱衝撃

- はんだ付け時は、最低限260°C以上の高温状態に、10秒以上さらさないこと。（個別推奨条件がある時はそれに従うこと。）

6. 汚染

- はんだ付け性を損なう、又はアルミ配線腐食の原因となるような汚染物質（硫黄、塩素等ハロゲン）のある環境で保管・輸送しないこと。
- はんだ付け後は十分にフラックスの洗浄を行うこと。（不純物含有率が一定以下に保証された無洗浄タイプのフラックスは除く。）

以上