



Literature Number: JAJA402

POWER | *designer*

Expert tips, tricks, and techniques for powerful designs

No.109

特集記事 1-7

PC インタフェース対応、
2 チャンネル同期整流降圧型
DC/DC コンバータ 2

コンシューマ用ハンドヘルド機器の
電力消費を最大 70 % 低減する
PowerWise® エナジー・
マネジメント・ユニット 4

SOT-23 同期整流型
降圧コンバータ 6

電源設計ツール 8

FPGA の電源供給に関する最新トピック

— Tushar Dhayagude, Marketing Manager, Power Management Products

アプリケーション	入力電圧/ ソース	実装面積の制約	動作効率と 軽負荷効率
バッテリー動作/ ポータブル	1.8V ~ 5.5V 単三電池、 リチウムイオン・セル	強い	高効率、 低待機時電流
民生(DVD、セット トップ・ボックス、 デジタル・ビデオ)	4.5V ~ 36V 壁コンセント	中程度	動作時の低効率は 許容可
自動車	7V ~ 45V バッテリー	弱い	待機時電流の小ささ
ネットワーク機器 (ルータ、スイッチ)	3.3V ~ 12V 電源モジュール出力	中程度	ある程度の高効率
工業用(自動化、 プロセス制御)	12V ~ 36V	弱い	低い

Table 1. 代表的な FPGA アプリケーションの電源要件

FPGA は、自由度の高い再構成可能な頭脳として、ネットワーキングやテレコム機器に始まり産業用や自動車セグメントに至るまで、さまざまなアプリケーションでその地位を確保しています。最近ではセットトップ・ボックスや DVD レコーダ、ビデオゲームなどの民生用機器にまで応用範囲を広げています。しかし FPGA の利用分野が将来にわたって広がるかどうかは、ハンディ GPS や医療機器、計装機器、民生機器など、ポータブル・デバイスへの導入によって左右されと考えられます。

ポータブル・デバイスやハンドヘルド・デバイスの設計者は、どのような理由で FPGA を視野に入れているのでしょうか。それは、半導体メーカーによるプロセス技術の改良に伴ない、FPGA の消費電力、価格、パッケージ・サイズが大きな進歩を遂げてきたからにほかなりません。一方でポータブル・デバイスでの FPGA の採用が進むにつれて、システムの観点からはパワーマネジメント(電源制御)がより大きな課題となっています。

入力電圧源、複雑なスタートアップ条件、過渡応答、シーケンス制御など、電源周りには解決すべき多くの課題が存在します。しかも FPGA は、「コア」電圧(0.9V ~ 2.5V)、I/O 電圧(2.5V ~ 3.3V)、周辺回路が使うノイズとリップルの小さな電圧(2.5V または 3.3V)など、電源として複数の電圧を必要とします。さらに、FPGA を使ったシステムをバッテリーで動作させる場合は、システム効率とバッテリー動作時間も重要です。

次号予告

RF パワー効率の最適化

 **National**
Semiconductor



I²C インタフェース対応、 2 チャンネル 同期整流降圧型 DC/DC コンバータ

ダイナミック・ボルテージ・スケーリングによりプロセッサ性能を
最大限に引き出す高効率 LM3370

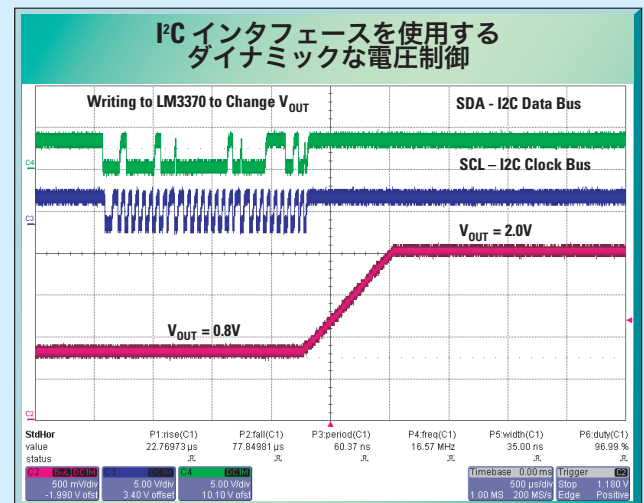
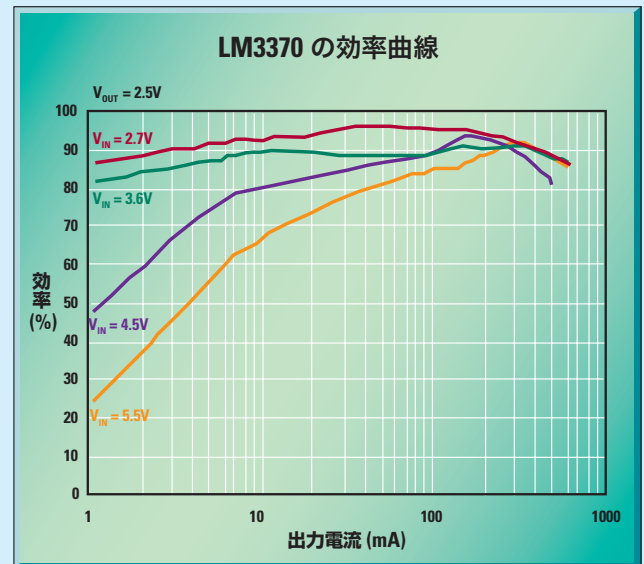
特長

- 高い効率：PFM-PWM モード・コントロール、
85% @500 μ A、>90% @ 200mA
- ダイナミック・ボルテージ・スケーリング、モード切り替え、
オン/オフ制御用 I²C インタフェース
- 待機時間の延長を可能にする
業界最小のシャットダウン時消費電流 (<20 μ A)
- 自動 PWM/PFM と強制 PWM モードを選択可能
- パワー・シーケンスのための独立したイネーブル・ピン
- スイッチャ・ノイズを低減する
スプレッド・スペクトラム機能 - RF システムに最適
- 突然の停電からエンド・アプリケーションを保護する
パワー・オン・リセット
- 入力電圧範囲：2.7V ~ 5.5V、出力電圧：I²C にて設定可能
- LLP-16 (4mm \times 5mm \times 0.8mm) パッケージ



アプリケーション

低消費 FPGA、CPLD、およびアプリケーション・プロセッサに
最適です。



FPGA の電源供給に関する最新トピック

Power Designer #102¹ではFPGAへの電源供給の基本の一端を紹介しました。本号ではポータブル・システムに焦点をあてて、FPGAの電源制御に関する最近のトピックから以下を取り上げます。

- ポータブル・デバイスでFPGAへの電源供給に関連するシステム・レベルの課題
- コア電圧のモノトニックな上昇
- 効率向上を目的とした電圧スケールリングとバック・ボディ・バイアス

システム・レベルの課題

使用しているFPGAの種類に関わらず、エンド・システムは電源にさまざまな技術的課題を要求します。たとえば衛星チューナ付きDVDレコーダにはFPGAの電源以外に数種類の電源レールが必要です。このようなシステムでは、電源のサイズと効率よりも低コスト化が重要です。一方、バッテリー動作のシステムでは、他の要件よりも効率が重視されます。FPGAが使用される代表的なエンド・アプリケーションとその課題をTable 1にまとめます。

ポータブル・デバイスでは動作モード中の効率に加えてスタンバイ・モード中の効率も重要です。効率はバッテリーの動作時間に直接影響を与えます。バッテリー動作システムの入力電圧は1.8V～5.5Vの範囲です。最も一般的な電源は単三電池か単一リチウムイオン・セル・バッテリーで、その電圧範囲は3V～4.2Vです。動作電流は通常1.5A未満で、多くのアプリケーションが必要とする電流は600mA未満です。FPGAへの電源供給として降圧ソリューションの適切な使用法を述べた一般的なガイドライン(Power Designer #102¹)はありますが、ポータブル・デバイスではさらに、バッテリー動作時間を確保するために、スタンバイ中でも高効率を維持することが要求されます。

同期整流型降圧DC/DCコンバータは、負荷電流が小さいポータブル・システムでも、FPGAへの電源供給には最適なソリューションです。ただし負荷が軽い状態では通常のDC/DCコンバータは効率が大きく低下します。仮に負荷が「フルパワー」以外に完全オフの状態をとるのであれば、コンバータをディスエーブルすればよいと、軽負荷での効率を考慮する必要はありません。しかし、パワーオンのままでスタンバイ・モードに移行するFPGAに電源を供給する場合、

コンバータは最大パワーの生成時と同じ高周波でスイッチングを続けるため、不必要な電力を消費してしまいます。そのためポータブル・システムでは、パルス・スキップまたはパルス周波数変調(PFM)方式に切り換わるコンバータの採用が望まれます。

固定周波数型の代表的な同期整流降圧型コンバータは、常に固定周波数の連続導通モードで動作します。一方、PFMモードに対応したコンバータは、負荷電流が小さくなるにつれて周波数可変かつオン時間固定の動作に切り換わり、同時に不連続モードに移行してスイッチング損失を抑えます。

このようなPFMモード・コンバータは、出力電圧 V_O を固定周波数 f_{PFM} でサンプリングしその結果をリファレンス電圧 V_{REF} と比較するコンパレータを内蔵しています。 V_O が V_{REF} よりも低い場合、コンバータはパルス幅変調器を通じて固定オン時間パルスを生成し、出力コンデンサを充電します。

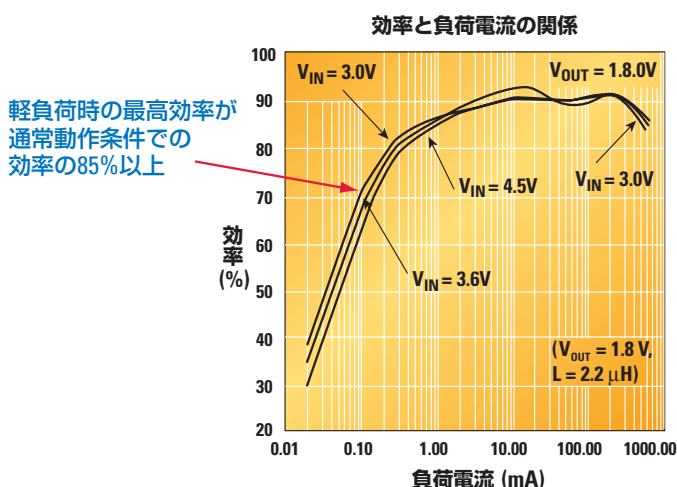


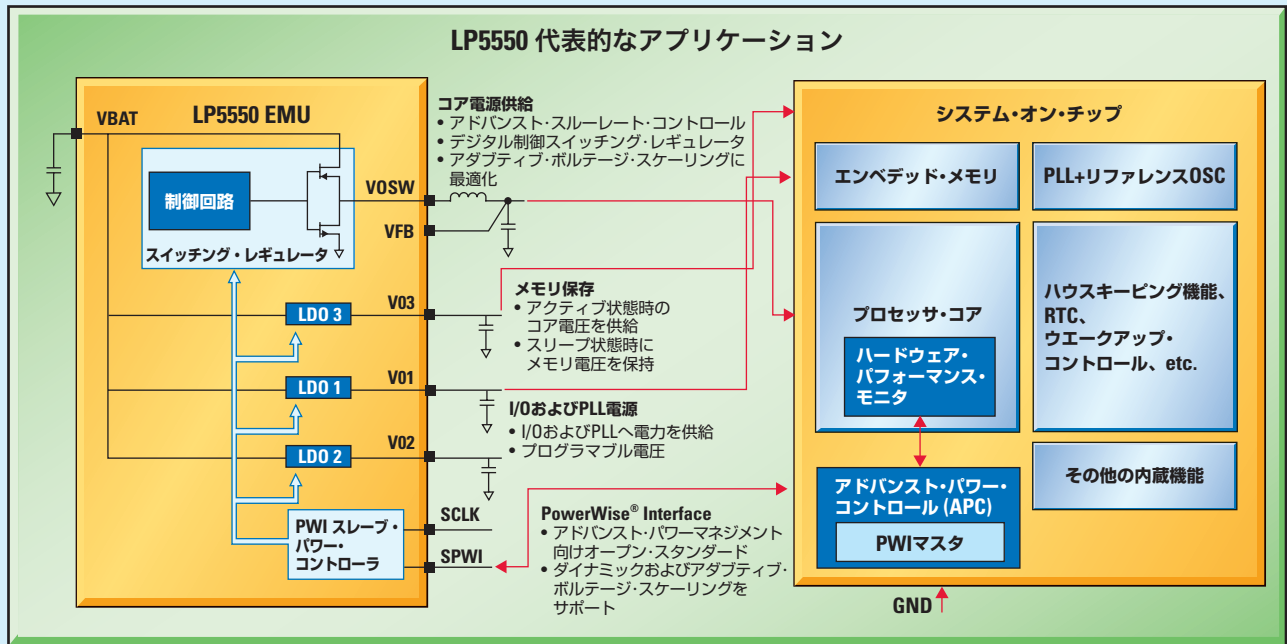
Figure 1. すべての負荷条件にわたって高効率を見せる PFM 採用のデバイス

PFM動作は出力電流が通常のPWM動作に復帰するスレッシュホールドを上回るまで続きます。負荷が軽い場合にPFM動作には2つの大きな利点が存在します。ひとつは、PFM動作中は内部回路の大部分がオフになるため、DC/DCコンバータの消費電流が大幅に小さくなることです。もうひとつは、必要なときにのみスイッチングを行うため、出力段のスイッチング損失を抑えられる点です(Figure 1 参照)。

¹ Power Designer #102 は http://www.national.com/JPN/appinfo/power/files/PowerDesigner102_J.pdf をご覧ください。

コンシューマ用ハンドヘルド機器の 電力消費を最大 70 %低減する PowerWise® エナジー・マネジメント・ユニット

アダプティブ・ボルテージ・スケーリング (AVS) をサポートし、
長バッテリー寿命と新機能搭載を可能にするデジタル制御式 LP5550



LP5550 の特長

- ・アダプティブ・ボルテージ・スケーリング (AVS) 対応高効率 PowerWise® エナジー・マネジメント・ユニット (EMU)
- ・ナショナルのアドバンスト・パワー・コントローラ (APC) および英 ARM 社のインテリジェント・エネルギー・マネージャ (IEM) 技術と併用した場合、デジタル・プロセッサ・コアの消費電力を最大 70 パーセントも低減
- ・プロセッサの消費電力を大幅に低減するオープン標準の PowerWise インタフェース (PWI) もサポート
- ・プロセッサ・コア用のアダプティブ電源電圧降圧レギュレータ 1 個と固定電圧レギュレータ 3 個を内蔵。固定電圧レギュレータは、低消費電力システム・オン・チップ (SoC) の I/O リング、オシレータ/PLL (フェーズ・ロック・ループ) やメモリに電力を供給
- ・小型で熱効率の高い LLP-16 パッケージ

携帯電話、携帯ラジオ、カメラ、PDA、バッテリー駆動機器
およびその他ポータブル機器の電源に最適です。

FPGA の電源供給に関する最新トピック

以上から、FPGA の電源設計では全負荷と軽負荷の両方で高効率動作を実現するパワーマネジメント IC を選択するようにしてください。また、スタンバイ・モード中の電力損失を抑えるために、待機時電流の小さなデバイスを選択するようにしてください。

コア電圧のモニタリングな上昇

FPGA や ASIC コア、あるいはプロセッサの中には、シャットダウン中に一部の電圧を保持するものがあります。そのため、スタートアップ時に、電源コンバータの出力にはプリバイアス状態によってある電圧が印加されることになります。そのような負荷を前提としていないコンバータは、プリバイアスによって出力に好ましくない変化がスタートアップ時に発生します。特に、あらかじめ存在する電圧によって、コンバータの出力電圧がターンオン時に落ち込んでしまう現象が問題です。電源電圧は本来ならば公称値に安定するまでは確実かつ緩やかに上昇しなければなりません。このような単調な変化をモニタリングな電圧上昇と呼び、FPGA の内部要素を適正にターンオンさせるためには不可欠です。電圧上昇中は FPGA の内部回路が順次ターンオンされ電源の「負荷」は一定にならないため、安定状態のみならず電圧上昇中においても出力電圧をレギュレートできるコンバータを選択しなければなりません。電圧のモニタリングな上昇を確保するには 2 つの方法があります。

- ひとつは、コンバータのバルク・コンデンサ容量を大きくして、出力に十分な電荷を保持させてターンオン中の電圧落ち込みを防ぐ方法です。この方法ではバルク容量の追加によってコストと実装面積が増大します。

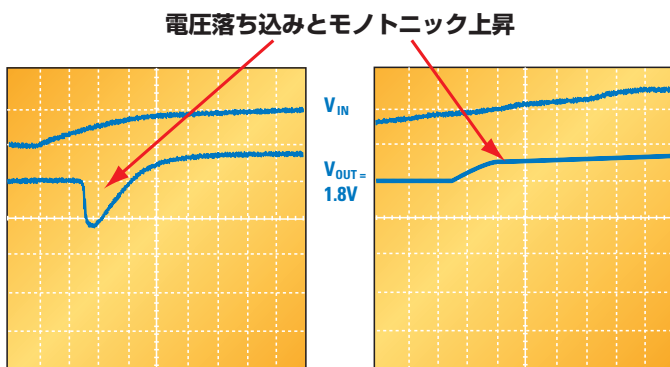


Figure 2. 非モニタリング上昇とモニタリング上昇の比較

- もうひとつは、同期整流型コンバータのローサイド MOSFET をディスエーブルして、ハイサイド MOSFET のオフ時間中にスイッチング・ノード電圧をモニタする方法です。スイッチング・ノード (出力インダクタが 2 個の MOSFET に接続されているポイント) 電圧がハイサイド MOSFET の全オフ期間にわたって 0V を下回ったことが検出されるまで、コンバータ IC はプリバイアスに対応したこのような動作を維持します。前記の条件が検出されたのち、ローサイド MOSFET のスイッチングが開始されます。

この方法に対応した同期整流型コンバータでプリバイアス・スタートアップを行ったときの、スイッチング・ノードとハイサイドおよびローサイドのゲート信号を Figure 3 に示します。スタートアップ中もハイサイド MOSFET がスイッチングできるように、プリバイアス電圧は電源電圧とハイサイド MOSFET のゲート・スレッショルド電圧の和を超えてはなりません。

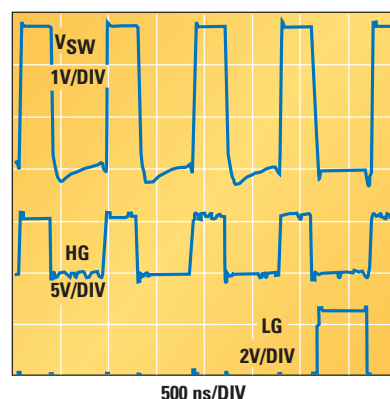


Figure 3. 出力がモニタリングに上昇しているときのスイッチング波形

電圧スケーリングによる効率向上

そもそも FPGA はプロセス技術の進歩によって加工寸法が微細化されていく CMOS デバイスです。デバイスの加工寸法が 90nm を下回り、さらには動作周波数の向上にともなって、ダイナミックな消費電力とスタティックな消費電力の両方が一層重要になっています。ダイナミック電力やスタティック電力の低減は、理論的には可能であるにしても、FPGA の設計上は容易ではありません。

SOT-23 同期整流型 降圧コンバータ

概要

LM1770 は小型 SOT23 パッケージに封止された高効率の同期整流型降圧コンバータです。オン時間を一定に保つ制御方式によって補償の必要がない単純な回路構成が可能になり、部品点数の削減とボード面積の縮小を実現します。また、入力電圧にかかわらず一定周波数を維持する独自の入力フィードフォワード制御を採用しています。LM1770 の入力電圧は $2.8\text{V} \sim 5.5\text{V}$ という低い電圧範囲に最適化されており、また、出力電圧は最低 0.8V まで設定することが可能です。外部のハイサイド PMOS FET とローサイド NMOS FET を駆動することで最高 95% の効率を達成しています。

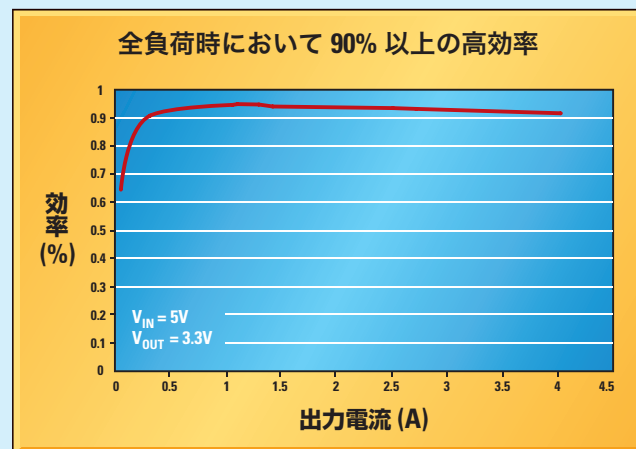
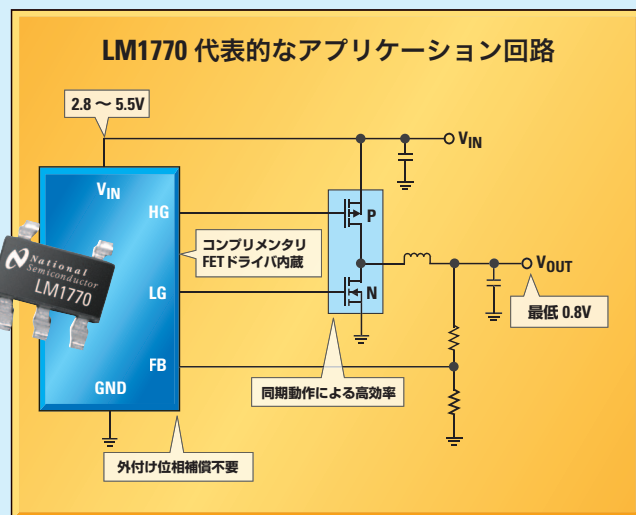
アプリケーションが必要とするスイッチング周波数に対応して、オン時間が異なる複数のバージョンを用意しています。公称周波数は $100\text{kHz} \sim 1\text{MHz}$ の範囲です。

特長

- 入力電圧範囲 $2.8\text{V} \sim 5.5\text{V}$
- リファレンス電圧 0.8V
- 補償の必要なし
- 入力電圧範囲にわたって周波数一定
- 低待機時電流 $400\text{ }\mu\text{A}$
- ソフトスタート内蔵
- 短絡回路保護
- 小型 SOT-23 パッケージ

アプリケーション

- 簡単で高効率な降圧スイッチング・レギュレータ
- セットトップ・ボックス
- ケーブル・モデム
- プリンタ
- デジタル・ビデオレコーダ
- サーバ



FPGA の電源供給に関する最新トピック

ダイナミック電力は、FPGA のスイッチング動作回数 N 、容量 C 、周波数 f 、電源電圧 V_{DD} の各項で記述されます。

$$P_{DYNAMIC} = \frac{1}{2} N.C.f.V_{DD}^2$$

スタティック電力あるいはリーク電力は、サブ・スレッショルド・リーク電流 I_{sub} 、ドレイン・ボディ接合リーク電流 I_j 、ソース・ボディ接合リーク電流 I_b に起因し、次の式で与えられます。

$$P_{STATIC} = V_{DD}I_{sub} + V_{bs}(I_j + I_b)$$

V_{bs} はボディ・バイアス電圧です。

ポータブル電源システムのメーカーは、バッテリーのエネルギー密度の増加や電力供給効率の改善だけでは、デバイスに求められる小型化と長時間動作を実現できないことを認識しています。そのような最先端のシステムでプロセッサ電力を低減するには、「ダイナミック電圧スケールリング」または「アダプティブ電圧スケールリング」と「バック・バイアス」が必須の技術です。中心となる考え方は前述の式に明かです。プロセッサ内のダイナミック消費電力を低減するのであれば、クロック周波数を可能なかぎり下げるだけでなく、コア電源電圧を所与のクロック周波数に最低限必要な電圧にまで下げることが必要です。このような開ループ方式をダイナミック・ボルテージ・スケールリング(DVS)と呼びます。もうひとつのアダプティブ・ボルテージ・スケールリング(AVS)は、ダイナミック・ボルテージ・スケールリング(DVS)を元に改良した閉ループの制御方式です。AVS はプロセスと温度変動に対する補償の性質を元々備えていることと、DVS で使用される周波数と電源電圧の対応テーブルが不要になるため、電圧スケールリングの単純化を実現します。FPGA またはデジタル・プロセッサはハードウェア性能モニタを使用し、業界標準インタフェースである PowerWise® Interface (PWI) を介して電源コントローラと通信しながら、すべての動作周波数範囲にわたって絶対最小定格となる電源電圧で動作するように制御します。Figure 4 に最新の電圧スケールリングの実装例を示します。

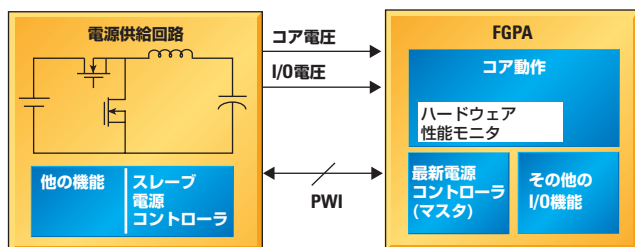


Figure 4. 最新の電圧スケールリングの実装

Figure 5 に一例を示したデバイスのボディに $-0.8V \sim -1.5V$ を印加するバック・バイアス回路は、デバイスのスレッショルドを上げるとともにサブ・スレッショルド・リークを抑える働きがあり、スタティック消費電力が下がります。

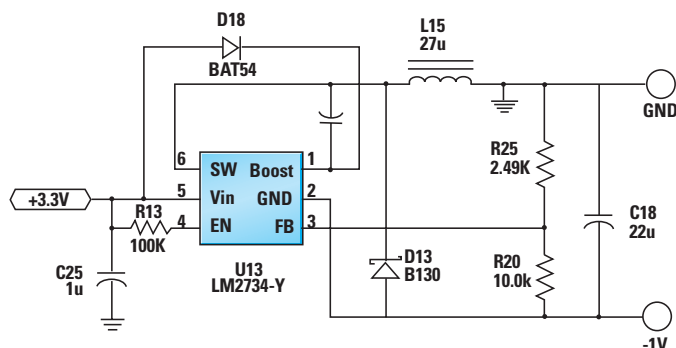


Figure 5. FPGA にバック・バイアスを与える負電圧生成回路

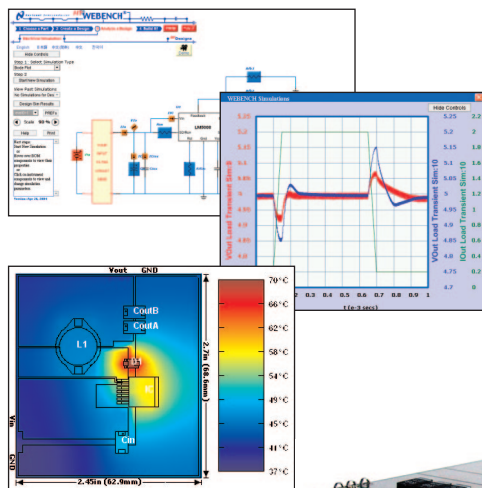
まとめ

ポータブル・デバイスで FPGA の採用が急速に進みつつあります。FPGA に適切に電源を与えるという基本的な課題のほかに、電源効率とバッテリー動作時間も考慮しなければなりません。一般に、ポータブル・デバイス内の FPGA に電源を供給する手段として、軽負荷時にも高効率を実現するステップダウン・レギュレータが最適です。効率をさらに高めるにはアダプティブ・ボルテージ・スケールリングのような手法を実装します。デバイスの加工寸法が 90nm よりもさらに微細になるにつれて、IC 内部のリーク電流の増大によってスタティック電力の制御も同様に重要になってきています。サブ・スレッショルド・リーク電流とスタティック電力の抑制には、バック・バイアス方式を採用入れた最新のパワーマネジメント IC を推奨します。また、スタートアップ中にプリバイアスとなる FPGA が電源負荷として存在することがあります。コア電圧の単調上昇は FPGA の適切な動作には不可欠です。プリバイアス負荷に対しても適切なスタートアップが得られるパワーマネジメント IC を使用してください。■

電源設計ツール

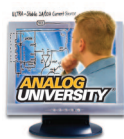
WEBENCH® オンライン設計支援ツール

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



Analog University

オンラインで提供している無料のトレーニング・ツールを
利用して、アナログの知識と理解を深めてください。

analogU.national.com

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

どの号もお見逃しなく！



Power Designer のバックナンバーは
ナショナルのサイトでご覧いただけます。

power.national.com/jpndesigner

新しい Signal Path Designer もぜひお読み
ください。オンラインで提供しています。

signalpath.national.com/jpndesigner



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/



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との間に取り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う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わせ、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もしておりません。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ない場合もあります。

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けられた全ての保証、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、及び何らかの黙示的保証を無効にし、かつ不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ありません。

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いません。但し、当該TI製品が、軍需対応グレード品、若しくは「強化プラスチック」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求事項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されていませんし、また使用されることを意図されていません。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. 温・湿度環境

- 温度：0～40℃、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。）

- 直射日光が当たる状態で保管・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℃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