



Literature Number: JAJA397

# POWER | designer

Expert tips, tricks, and techniques for powerful designs

No.104

特集記事 ..... 1-7

Power-over-Ethernet (PoE) 対応  
PD インタフェース・  
ソリューション ..... 2

フレキシブルなポスト・レギュ  
レーション・ソリューション ..... 4

最大出力 1A、超小型パッケージ  
に収納した高性能降圧型  
DC/DC コンバータ ..... 6

電源回路設計ツール ..... 8



## Power-over-Ethernet

### アプリケーション向け電源の設計

— L.H. Mweene、シニア・アプリケーション・エンジニア

#### RJ-45 Ethernet コネクタ

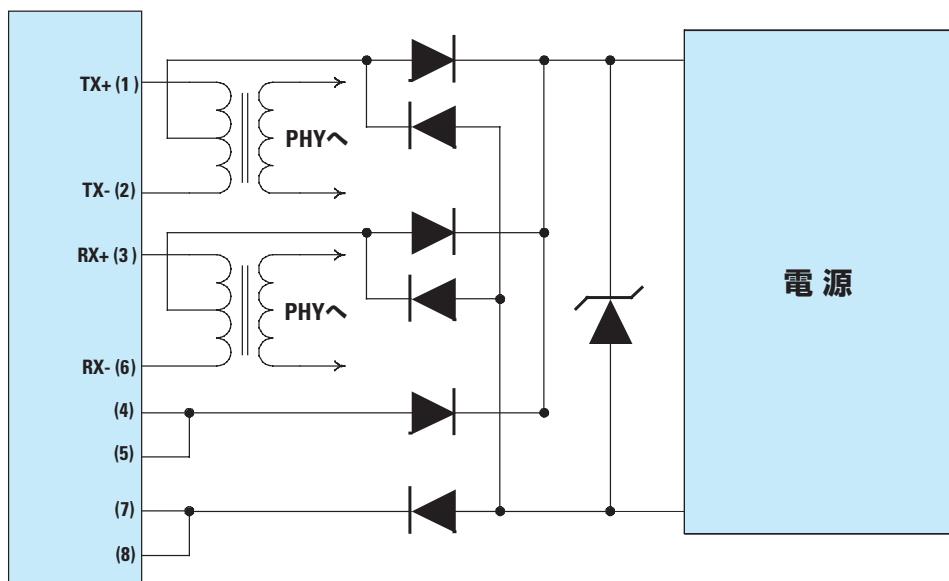


Figure 1. CAT-5 ケーブルを経由した電力配達

#### Power-over-Ethernet (PoE)

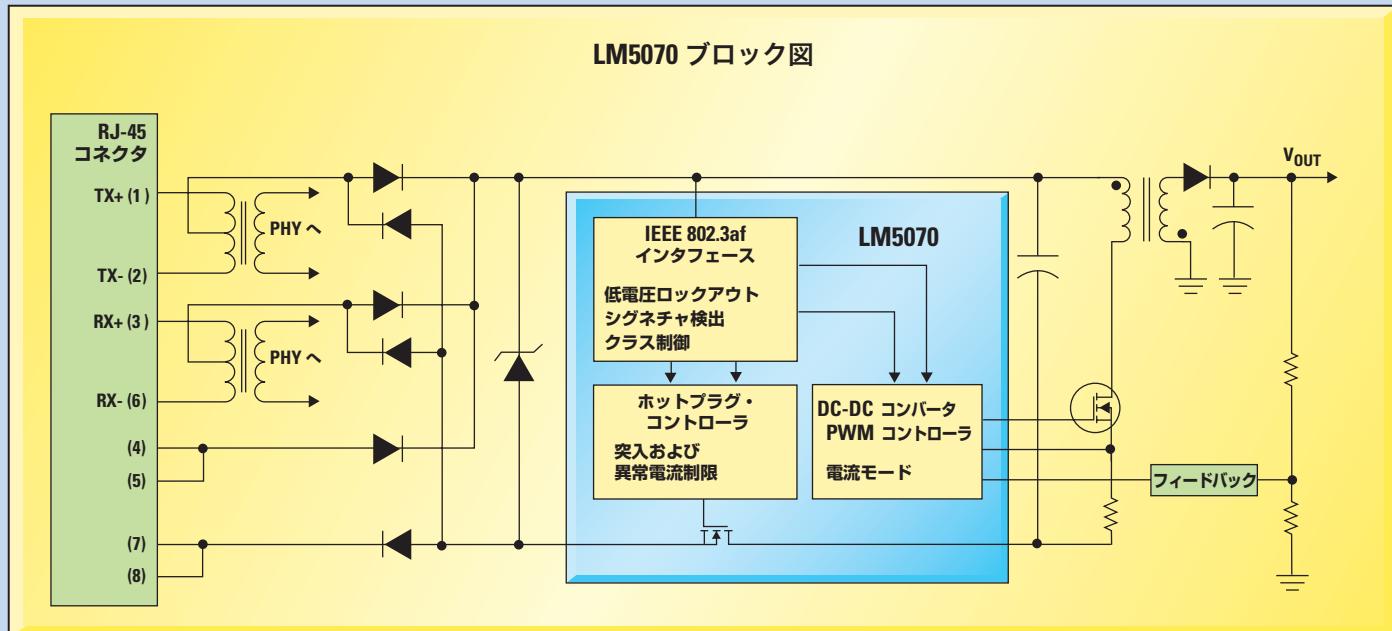
インターネットは、テレビや電話のように、いつでもどこでも利用できる私たちの生活に不可欠なコミュニケーション兼エンターテインメント・ツールになっています。ワイヤレス・ルーター、ウェブ・カメラ、VoIP フォンなど、外部から電源を与えられて動作するさまざまなデバイス (Powered Device : 以下 PD) が、インターネットの実用性を促進かつ拡張しながら、多くのアプリケーションの可能性を探しています。どのデバイスも動作には電源を必要とします。電源の供給源といえば商用電源が頭に浮かびますが、AC ケーブルが別に必要となるため、あまり魅力的な選択肢とはいえません。よりスマートな解決方法は、データを転送する Ethernet ケーブルを使って、Ethernet ハブから PD に電力を伝える方法です。電源ケーブルは必要ありません。

# Power-over-Ethernet (PoE) 対応 PD インタフェース・ソリューション

## LM5070

### PoE 対応 PD インタフェース/PWM コントローラ 統合デバイス

LM5070 ブロック図



© National Semiconductor Corporation, 2004. National Semiconductor, , and LLP are registered trademarks of National Semiconductor Corporation. All rights reserved.

## 概要

LM5070 は、PoE (Power over Ethernet) システムに接続する電源デバイス (PD) に必要な機能をワンチップ化した統合デバイスで、電源インターフェース・ポートとパルス幅変調 (PWM) コントローラを内蔵しています。LM5070 には、電流モード・パルス幅変調 DC/DC コンバータの全機能と、IEEE 802.3af に完全に準拠した 80V/400mA のライン・コネクション・スイッチおよび関連する制御回路が統合されています。コントローラ・インターフェースとスイッチ・モード電源 (SMPS) との間に必要なすべての電源シーケンスは IC に組み込まれています。最大デューティ・サイクル 80 % の傾き補正機能付きデバイス (型番の末尾が -80) と、最大デューティ・サイクル 50 % の傾き補償なしデバイス (型番の末尾が -50) の 2 種類の品種が用意されています。

## 特長

- IEEE 802.3af 電源インターフェース・ポートに完全準拠
- 80V、 $1\Omega$ 、400mA MOSFET 内蔵
- 突入電流制限値を設定可能
- シグネチャ抵抗の切り離し機能
- クラス制御電流を設定可能
- 電圧低下ロックアウト電圧とヒステリシス電圧を設定可能
- サーマル・シャットダウン保護
- 電流モード・パルス幅変調回路
- 絶縁型と非絶縁型の両方のアプリケーションに対応
- 非絶縁型アプリケーションに利用できるエラー・アンプと基準電圧
- 発振周波数を設定可能
- ソフトスタート時間を設定可能
- 最大デューティ・サイクル 80%、傾き補償あり (-80 品)
- 最大デューティ・サイクル 50%、傾き補償なし (-50 品)
- ピーク 800mA のゲート・ドライバ

## Power-over-Ethernet アプリケーション向け電源の設計

ただし、Ethernet ハブが供給できる電力と Ethernet ケーブル上を流せる電流には上限が存在します。そこで IEEE によって、電力も電流も過負荷の状態にならないように保証し、また、PD から Ethernet 電源供給機器 (power sourcing equipment : 以下 PSE) 間のインターフェースの標準化と効率化を図るために、Ethernet 電力負荷の電気的挙動を規定した IEEE 802.3af Power-over-Ethernet 仕様が策定されています。

### IEEE 802.3af 仕様

IEEE 802.3af 仕様では、PSE が出力する 44V から 57V の電源電圧を、CAT-5 または CAT-6 ケーブルの予備導線を使用 (ミッドスパン) するかデータ導線を共有 (エンドスパン) して、PD に供給することが定められています。データ導線を共有する後者の場合は、Ethernet ケーブルの両端にトランジスタを使用して、データ信号に対する電源電圧の重ね合わせと分離を行います。予備導線とデータ導線の両方に対応した電力配達の実装方法を Figure 1 に示します。IEEE 802.3af 仕様では、PSE が送出する最大電力に対して、4W、7W、およびケーブル導体が取り扱える電力容量に基づき最大クラスとなる 15.4W の各動作クラスが定義されています。PSE はこれらクラスを使って、より多くのデバイスをサービスできるように、必要な電力のみを各 PD 電源に供給します。PSE は絶縁型と非絶縁型の両方の PD に電力を供給可能です。

PSE は PD 電源の正当性を次のように確認します。Ethernet に PD 電源が接続されると、PSE はシグネチャ検出フェーズを開始し、 $25k\ \Omega$  と  $0.1\ \mu F$  で構成される PD 電源の初期インピーダンスを確認します。このインピーダンスは PD 電源

内部に組み込まれていなければなりません。インピーダンスの正当性が確認されたら、PSE は PD に電圧を印加し、動作クラスの識別に対応した複数の規定電流を測定して PD が要求する電力レベルを分類します、電流を適切に検出した PSE は PD 電源に対して電圧を供給し、また、動作クラスに応じた最大電流が利用できるように内部回路を構成します。なお、PD 電源が引き込む突入電流と短絡電流は両者ともに絶対最大定格 450mA に制限されています。また、ケーブルで生じる電圧低下を考慮して、PD 電源は 36V まで動作可能でなければなりません。

### PoE 電源の設計上の考慮事項

すべての PoE 電源 (PD 電源) は、IEEE 802.3af 準拠のパワー・デバイス・インターフェース (PDI)、すなわちフロントエンドを備えていなければならないことは明らかです。初期の PoE 電源はフロントエンド部にディスクリート回路を設けて仕様準拠を実現していました。この方式には、回路が複雑になり、部品点数が増え、また電源設計者の設計スキルに大きく依存するという問題点がありました。

これに対して一部の IC メーカーが対応した方法は、PDI 部分を集積化して仕様準拠を満たすとともに、PWM コントローラを用いた電源を PDI の後段に置くというものでした。以前のディスクリート方式に比べれば改善が図られていますが、回路の実装には依然として 2 個の複雑な IC が必要です。

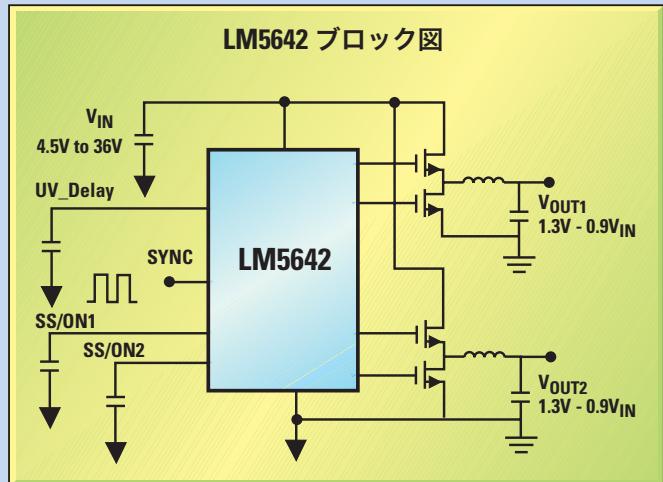
クラス	利用	最大 PSE 電力
0	デフォルト	15.4W
1	オプション	4.0W
2	オプション	7.0W
3	オプション	15.4W

Figure 2. PoE 電力クラス

# フレキシブルなポスト・レギュレーション・ソリューション

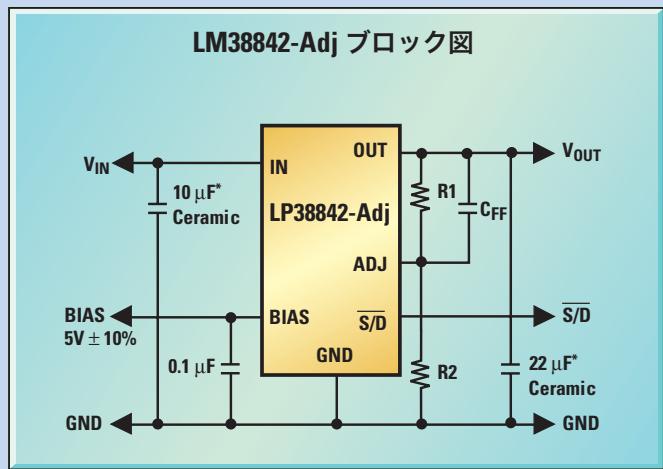
## LM5642 外部同期機能付き 高耐圧 デュアル回路同期整流型降圧コンバータ

- 2回路の同期整流降圧レギュレータ
- 180° 位相差動作
- 150kHz から 200kHz のスイッチング周波数に同期可能
- 入力電圧範囲 4.5V から 36V
- シャットダウン時電流  $50 \mu A$
- 出力電圧は  $1.3V$  から  $V_{in}$  の 90% の範囲で設定可能
- ライン・レギュレーション誤差とロード・レギュレーション誤差 0.04% (代表値)
- 外付けセンス抵抗の有無によらない電流モード制御
- 独立したイネーブル/ソフトスタート・ピンによって単純なシーケンシャル・スタートアップ回路を構成可能
- 並列動作での単一出力構成が可能 (Figure 2 参照)
- サイクルごとの電流制限を調整可能
- 入力アンダーポルテージ・ロックアウト
- 出力オーバーポルテージ保護
- 遅延付き出力アンダーポルテージ保護
- サーマル・シャットダウン
- レギュレータ・オフ時の出力コンデンサの自己放電機能
- TSSOP パッケージ



## LP3884x 大電流、超低出力電圧超低ドロップアウト・レギュレータ・ファミリ

- デュアル・レール入力方式で超低出力電圧への電圧変換を最小限の熱損失で実現可能
- 入出力コンデンサにセラミック・コンデンサを使用可能
- 超低ドロップアウト電圧 : LP38841 75mV (typ) @0.8A  
LP38842 115mV (typ) @1.5A  
LP38843 210mV (typ) @3.0A
- 入力電圧範囲 :  $(V_{out} + V_{do}) \sim 5.5V$
- バイアス電圧 :  $V_{bias} = 4.5V \sim 5.5V$
- 出力電圧精度 :  $\pm 1.5\%$  (@25 °C)
- 出力電圧 : 0.8V、1.2V、1.5V、ADJ (0.56V ~ 1.5V)



\* 必要最小容量

製品名	出力電流	電圧オプション	パッケージ
LP38841	0.8A	0.8V、1.2V、1.5V、ADJ(0.56V ~ 1.5V)	TO220、TO263、PSOP-8(ADJ タイプ)
LP38842	1.5A	0.8V、1.2V、1.5V、ADJ(0.56V ~ 1.5V)	TO220、TO263、PSOP-8(ADJ タイプ)
LP38843	3.0A	0.8V、1.2V、1.5V	TO220、TO263

## Power-over-Ethernet アプリケーション向け電源の設計

以上のように比べて最も小型かつ最も優れているのが、PDIとPWMコントローラを单一ICに集積して電源回路全体を統合した第3の方式です。

以上の3種類の方式をFigure 3に示します。

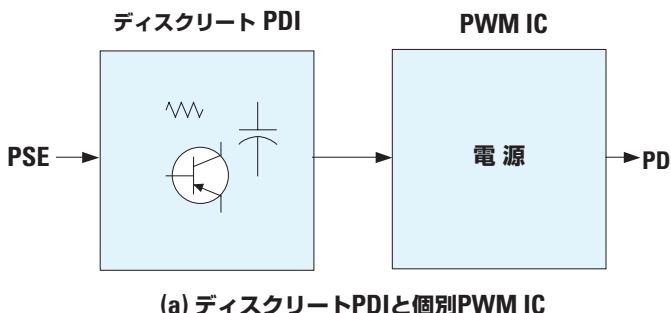
### PoE電源のトポロジー面からの考慮事項

PoEトポロジーでは低コストと高効率が求められます。コストの抑制は大量生産を意図したすべての製品において必須の要件であり、トポロジーの簡略化が暗に求められます。PDで対象となる電源レベルにはフライバック・コンバータが自然な選択です。フライバック・コンバータは、基本的な絶縁型トポロジーとしては最も単純で最も安価であり、また、複数の出力電圧を生成する目的にも適当です。フライバック・コンバータ・トポロジーは、回路の構成次第で、極性を問わず任意の電圧を生成することができます。

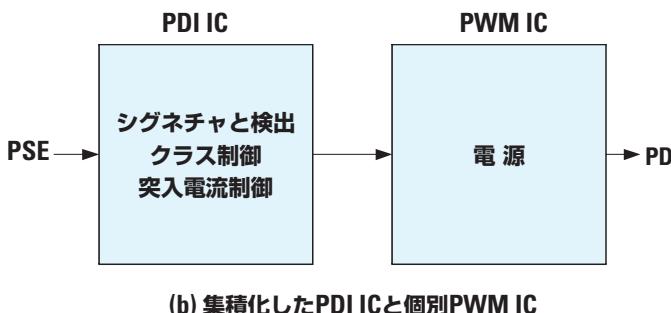
フライバック・コンバータは、低電力レベルでは通常、不連続導通モード(DCM)で動作しますが、その最大効率は所与の出力電力において一次側FETのRMS電流が小さくなる連続導通モード(CCM)で得られます。一般にDCM動作を正当化する際には、トランジスタを小さくできることと、問題となりやすい制御伝達関数のゼロが影響を与えない高い周波数領域に移動することの2点が引き合いに出されます。しかしPDが消費する電力レベルでは、CCMで動作させても、トランジスタ・コアの大きさは多くのアプリケーションで許容できる範囲です。また、PoEの電力レベルと入力電圧範囲から簡単な計算を行うと、ゼロは問題にはならない高い周波数に存在することもわかります。CCMで動作するフライバック・コンバータのゼロの周波数は次のとおりです。

$$f_z = \frac{V_{IN} D}{2\pi I_{IN} L}$$

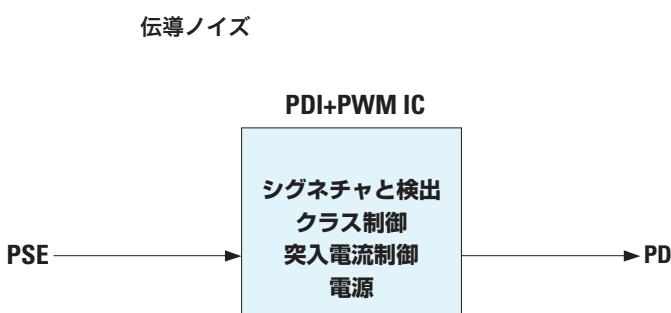
ここで $V_{IN}$ 、 $D$ 、 $I_{IN}$ 、 $L$ は、それぞれ入力電圧、一次側FETのデューティ比、平均入力電流、電源トランジスタの磁化インダクタンスです。このアプリケーションのCCM動作に妥当な $L$ の値は $100 \mu H$ です。最低 $V_{IN} = 36V$ 、最大 $I_{IN} = 360mA$ 、対応する $D = 0.4$ を用いて計算すると、すべての動作条件で右半平面ゼロの下側周波数は $f_z = 64 kHz$ となり、通常のPoEアプリケーションの帰還補償回路設計ではゼロを無視できる程度の高い周波数であることがわかります。



(a) ディスクリートPDIと個別PWM IC



(b) 集積化したPDI ICと個別PWM IC



(c) PDIとPWM ICの統合

Figure 3. PoE電源のさまざまな実装方法

# 最大出力 1A、超小型パッケージに収納した高性能降圧型 DC/DC コンバータ

## LM2734/36 最大 3MHz のスイッチング周波数、高性能降圧型 DC/DC コンバータ

ワイドレンジ入力 (3V ~ 20V) および  
ワイドレンジ出力 (0.8V ~ 18V) が可能

- AC アダプタ入力 (16V, 19V 等) とバッテリを併用するようなポータブル機器、また 12V, 5V, 3.3V バス電圧を使用しているロジック回路にも最適
- 最低出力電圧が 0.8V (LM2734) なので将来の低電圧駆動 LSI にも対応

小型 (SOT-23 : 約 3mm 角) & 薄型 (高さ 1mm) で  
1A 出力が可能

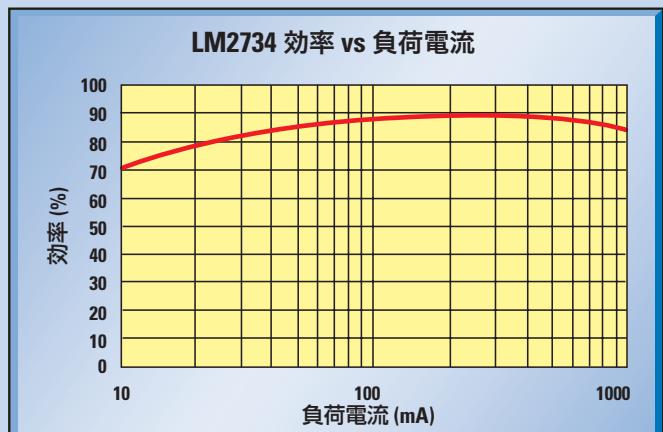
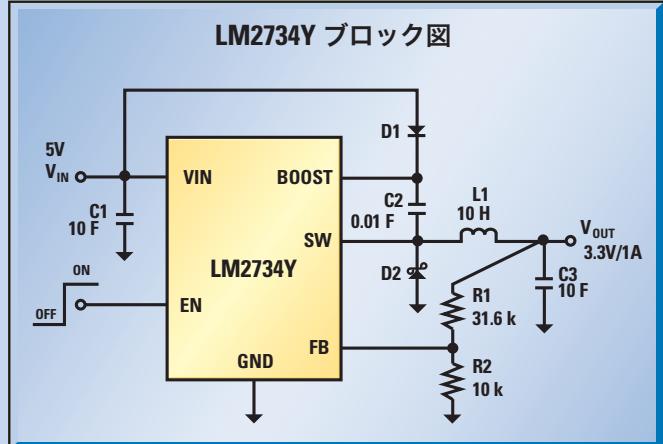
- 従来の同期整流同等品 4.4mm × 5mm (TSSOP-16) に対し、2.9mm × 2.8mm (SOT-23) と占有面積で 63% のスペース削減 (当社製品比) を実現

高周波スイッチング品を用意し、外付け部品の小型化が可能、さらにセラミック・コンデンサ対応で小型化的トータル・ソリューションを提供

- PWM の発振周波数が 550kHz、1.6MHz、3MHz の 3 種類をラインナップ、様々なアプリケーションで最適な選択が可能、さらに高周波スイッチング品では出力 L、C の小型化が可能で、PCB スペースおよびコスト削減を実現

電流モード制御により高速応答を実現、  
また各種保護機能とシーケンス制御機能を装備

- 電流制限・過熱/過電圧/低入力電圧保護・ソフトスタートを装備、また他の電源とのシーケンス制御で使用する電源 ON/OFF 用イネーブル (EN) ピンも装備



特長	LM2734	LM2736
入力電圧範囲	3.0V ~ 20V	3.0V ~ 18V
出力電流	1A	750 mA
出力電圧範囲	0.8V ~ 18V	1.25V ~ 16V
内部基準電圧	0.8V, 2%	1.25V, 2%
スイッチング周波数	550 kHz / 1.6 MHz / 3 MHz	

## Power-over-Ethernet アプリケーション向け電源の設計

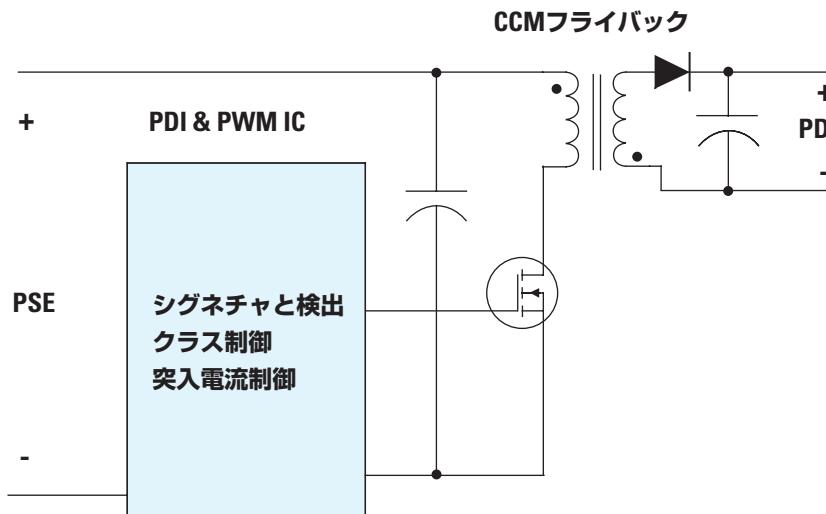


Figure 4. PoE 電源基本アーキテクチャ

フライバック・コンバータは通常、電源トランスの漏れインダクタンスに蓄積されたエネルギーによって、電力部品の両端に大きな電圧スパイクが生じます。しかし PoE の最大入力電圧は 57V と低いためトランスには安全絶縁が必要なく、漏れインダクタンスをきわめて小さく抑えられます。この条件は効率の向上と電圧スパイクの大幅な抑制につながり、一般に PoE コンバータでは、電圧スナップとクランプ回路は省略可能です。

### 最適な PoE 電源アーキテクチャ

前述までの説明で CCM 動作のフライバック・トポロジーが PoE 電源に望ましいことがわかりました。トポロジー上の複雑度が低く、また少ない部品数で CCM フライバック回路を実装できる、PDI と PWM レギュレータを組み合わせた单一 IC を活用する方法が最適です。出力電圧リップルを抑える必要がある場合は LC フィルタを電源出力に追加します。主要なトランス・メーカーが各 PoE 電力クラス向けに最適設計を行った PoE 対応のフライバック・トランス・ファミリを製品化している事実が、このトポロジーの普及を後押ししています。

ダイオード整流回路を用いた 13W 出力の CCM フライバック電源の場合、入力電圧 48V、出力電圧 3.3V で、効率はおよそ 84 %になります。出力電圧を上げる（下げる）と効率も上がり（下がり）ます。出力電圧が同じ場合、コストはかかりますが、ダイオード整流回路を同期整流回路に置き換えると効率は上がります（出力電圧 3.3V にておよそ 90%）。

### まとめ

PoE 電源は IEEE 802.3af 仕様を満たす必要がありますが、加えて、価格的に手頃でしかも効率が高くななければなりません。IEEE 802.3af 仕様準拠部分と PWM 制御とを組み合わせて高度に集積化した IC を採用し、連続導通モードのフライバック・コンバータを実装することが、以上の要件を可能な限り低いコストと可能な限り高い効率で満たす最善の方法であるといえます。■

# 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

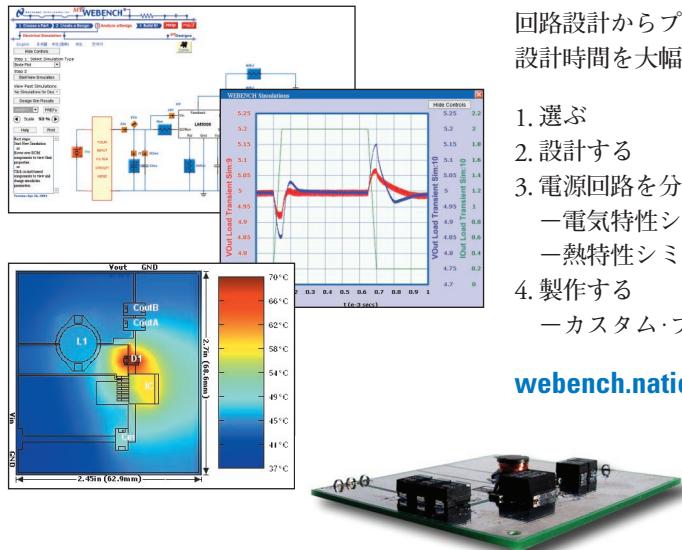
### 3. 電源回路を分析する

- 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](http://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。

「"Power over Ethernet" パワー・デバイスを用いた電源設計」

[www.national.com/JPN/onlineseminar/](http://www.national.com/JPN/onlineseminar/)

ナショナルのパワー製品サイト：[power.national.com/jpn](http://power.national.com/jpn)

お問い合わせ：[JPN.feedback@nsc.com](mailto: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/](http://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。

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。）

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。

- 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