

この製品のデータシートに間違いがありましたので、お詫びして訂正いたします。
この正誤表は、2021 年 11 月 16 日現在、アナログ・デバイセズ株式会社で確認した誤りを記したものです。
なお、英語のデータシート改版時に、これらの誤りが訂正される場合があります。

正誤表作成年月日： 2021 年 11 月 16 日

製品名： LTC4451

対象となるデータシートのリビジョン(Rev)： Rev.0

訂正箇所： 5 ページ

「STAUS」ピンの説明の項目 最後の文

【誤】

「使用する場合はオープンのままにするか GND に接続します。」

【正】

「使用しない場合は、オープンのままにするか GND に接続します。」

40V、7A 理想ダイオード

特長

- 外付け部品を用いずにパワー・ショットキー・ダイオードを置き換えることで消費電力を削減
- 7A、21mΩのNチャンネルMOSFET内蔵
- 順方向電圧は15mVにレギュレーション
- 動作電流:20μA、シャットダウン電流:0.8μA
- 0V~40Vの広い入力範囲($V_{CC} > 2.75V$)
- 電圧ドループを抑える高速ターンオン
- 逆方向過渡電流を抑える高速逆方向回復時間
- ダイオードORアプリケーションでのスムーズな切替え
- 16ピン 2mm × 3mm LQFN パッケージ

アプリケーション

- ショットキー・ダイオードの代用
- 産業用、医療用、コンシューマ用のポータブル・デバイス
- バッテリーやACアダプタのダイオードOR動作

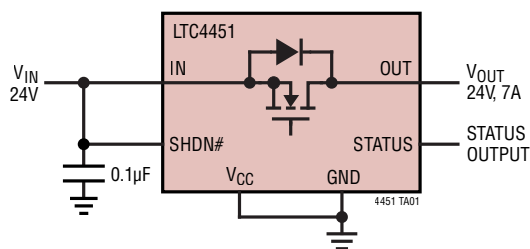
概要

LTC[®]4451は、Nチャンネル・パワーMOSFETを内蔵した高性能のショットキー・ダイオード代替品です。複数の電源を容易にOR化できるため、システムの信頼性が向上し、また、逆方向伝導が防止できます。

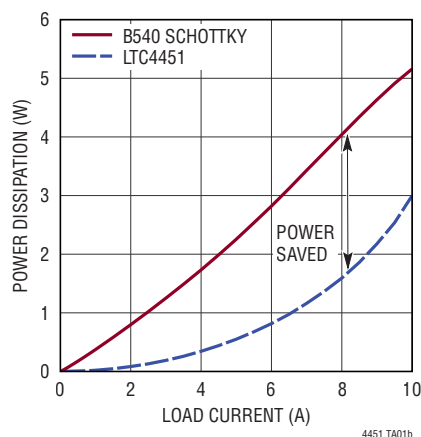
LTC4451は順方向電圧を15mVにレギュレーションしているため、ショットキー・ダイオードに比べ電力損失を抑えられます。このレギュレーションにより、ダイオードORアプリケーションにおいて発振することなくスムーズな電流転送が確保できます。パワーMOSFETが完全にエンハンスメント・モードになっている場合、トランジスタの $R_{DS(ON)}$ は21mΩで、定格順方向電流が7A、消費電力は1.34Wです。高速過渡応答性能を備えた高性能ゲート・ドライバにより、順方向消費電力と逆方向電流の両方を抑えられます。 V_{CC} 入力を使用すると、低電圧アプリケーション向けに V_{IN} をグラウンド電位まで下げて動作させることができます。LTC4451は小型の16ピン、2mm × 3mm LQFNパッケージで提供されます。

全ての登録商標および商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

標準的応用例



消費電力と負荷電流の関係

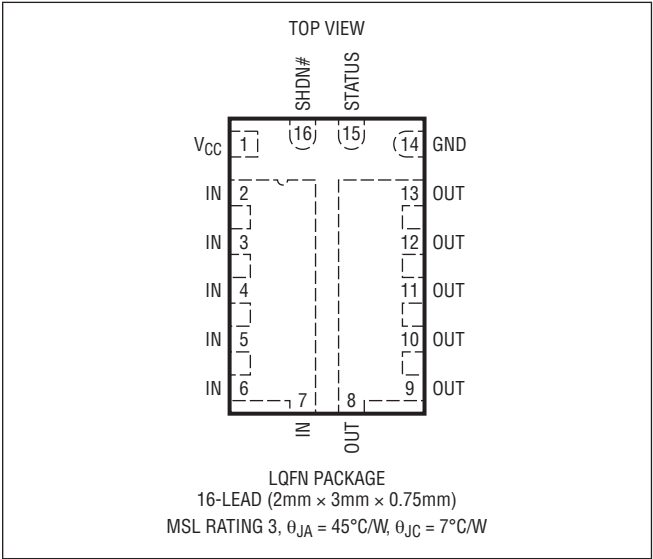


LTC4451

絶対最大定格 (Note 1)

| | |
|---------------------------|-----------|
| 電源電圧 | |
| IN、OUT、SHDN#、STATUS | -0.3V～20V |
| V _{CC} | -0.3V～6V |
| IN～OUT (Note 3) | -42V～0.4V |
| 動作ジャンクション温度範囲 | |
| LTC4451A | -40℃～125℃ |
| 保管温度範囲 | -65℃～150℃ |

ピン配置



発注情報

| テープ&リール(ミニ) | テープ&リール | 部品マーキング* | パッケージの説明 | 温度範囲 |
|------------------|-----------------|----------|--------------------------------------|-----------|
| LTC4451AV#TRMPBF | LTC4451AV#TRPBF | LHKK | 16ピン(2mm × 3mm × 0.75mm) プラスチック LQFN | -40℃～125℃ |

TRM = 500 個。

拡張動作温度範囲仕様の部品については弊社または弊社代理店までお問い合わせください。

鉛仕上げの製品の詳細については弊社または弊社代理店までお問い合わせください。

[テープ&リール仕様。](#) 一部のパッケージは、指定販売チャンネルを通じ500個入りのリールで購入できます。末尾に#TRMPBFという記号が付きます。

電氣的特性

●は、全動作温度範囲に適用される仕様を示し、それ以外の場合、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ です。また、特に指定のない限り、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $V_{CC} = 0\text{V}$ 、 $\text{SHDN}\# = 12\text{V}$ 、 $I_{OUT} = 50\text{mA}$ です。

| SYMBOL | PARAMETER | CONDITIONS | MIN | TYP | MAX | UNITS |
|-------------------|---|---|------|------|---------|------------------|
| V_{IN} | Operating Voltage Range | $2.75\text{V} < V_{CC} < 5.5\text{V}$ | 0 | | 40 | V |
| | | | 2.75 | | 40 | V |
| I_{IN} | V_{IN} Net Current | $V_{IN} = 2.75\text{V}$, $V_{CC} = 5.5\text{V}$ $\text{SHDN}\# = 0\text{V}$, $I_{OUT} = 10\mu\text{A}$ | | 20 | 45 | μA |
| | | | | 0.5 | 5 | μA |
| | | | | 0.8 | 5 | μA |
| V_{CC} | Operating Supply Range | | 2.75 | | 5.5 | V |
| I_{CC} | V_{CC} Current | $V_{IN} = 2.75\text{V}$, $V_{CC} = 5.5\text{V}$ $V_{IN} = 12\text{V}$, $V_{CC} = 5.5\text{V}$ $\text{SHDN}\# = 0\text{V}$, $I_{OUT} = 10\mu\text{A}$, $V_{IN} = 0\text{V}$, $V_{CC} = 5.5\text{V}$ | | 20 | 45 | μA |
| | | | | 0 | 1 | μA |
| | | | | 0.8 | 2.5 | μA |
| I_{REV} | N-Channel Reverse Leakage Current | $V_{IN} = 0\text{V}$, $V_{OUT} = 40\text{V}$ | | | 10 | μA |
| $R_{DS(ON)}$ | N-Channel MOSFET On Resistance | $I_{OUT} = 8\text{A}$ | | 21 | 45 | $\text{m}\Omega$ |
| ΔV_{FWD} | Forward Regulation Voltage ($V_{IN} - V_{OUT}$) | | 5 | 15 | 25 | mV |
| ΔV_{BODY} | Body Diode Forward Voltage Drop | $\text{SHDN}\# = 0\text{V}$ | 0.25 | 0.6 | 0.95 | V |
| t_{ON} | Fast Turn-On Time | I_{OUT} Steps 50mA to 6A, $V_{IN} - V_{OUT}$ Settles within 25mV of $I_{OUT} \cdot R_{DS(ON)}$ | | 0.3 | 1 | μs |
| t_{OFF} | Fast Turn-Off Time | $V_{FWD} = 15\text{mV}$ Step to -500mV , Reverse Current $< 40\text{mA}$ | | 1 | 2 | μs |
| t_{START} | Start-Up Time | $\text{SHDN}\#$ Rising Edge to ($V_{IN} - V_{OUT}$) $< 200\text{mV}$ | | 250 | 550 | μs |
| $t_{SHDN\#}$ | $\text{SHDN}\#$ Turn-Off Delay | $\text{SHDN}\#$ Falling Edge to STATUS Falling Edge | | 10 | 20 | μs |
| $V_{SHDN\#(TH)}$ | $\text{SHDN}\#$ Falling Threshold | $\text{SHDN}\#$ Falling | 0.4 | 0.85 | 1.3 | V |
| $V_{SHDN\#(HYS)}$ | $\text{SHDN}\#$ Hysteresis | | | 70 | | mV |
| $V_{STATUS(VOL)}$ | STATUS Output Voltage Low | $I_{STATUS} = 1\text{mA}$, $\text{SHDN}\# = 0\text{V}$ $I_{STATUS} = 3\text{mA}$, $\text{SHDN}\# = 0\text{V}$ | | 0.25 | 0.5 | V |
| | | | | 0.7 | 1.4 | V |
| I_{LEAK} | $\text{SHDN}\#$, STATUS Leakage Current | $V = 40\text{V}$ | | | ± 1 | μA |

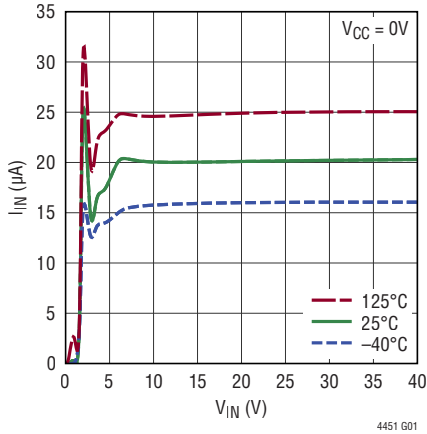
Note 1: 上記の絶対最大定格を超えるストレスを加えるとデバイスに恒久的な損傷を与えることがあります。デバイスを長時間絶対最大定格状態に置くと、デバイスの信頼性と寿命に影響を与えることがあります。

Note 2: ピンに流れ込む全ての電流は正です。また、特に指定のない限り全ての電圧はGND基準です。

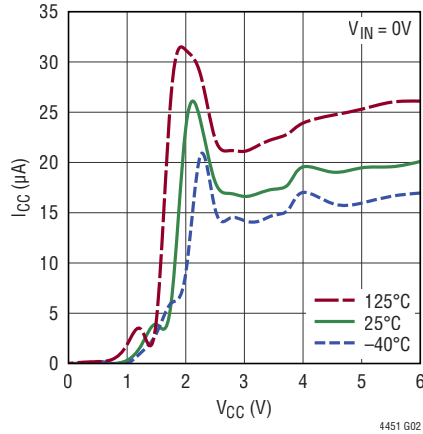
Note 3: この電圧はMOSFETのボディ・ダイオードで決まります。また、始動時は、ボディ・ダイオードの放熱によって決まる限定された時間であれば、0.4Vを超えることができます。

代表的な性能特性

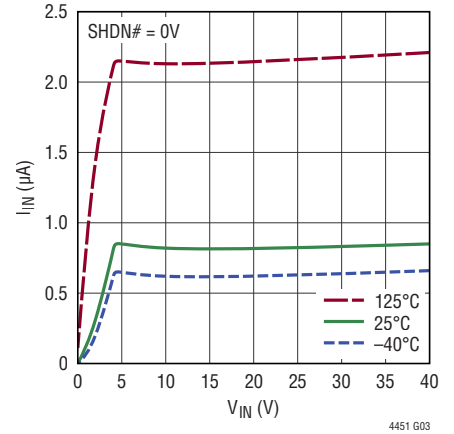
レギュレーション時の V_{IN} の電流



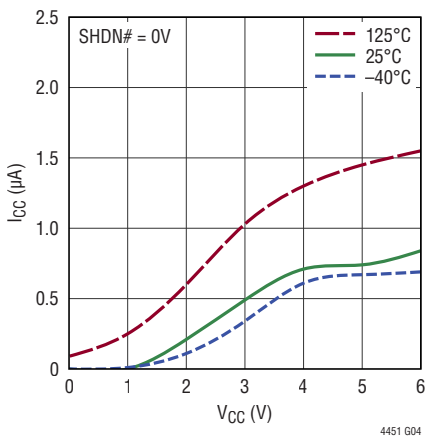
レギュレーション時の V_{CC} の電流



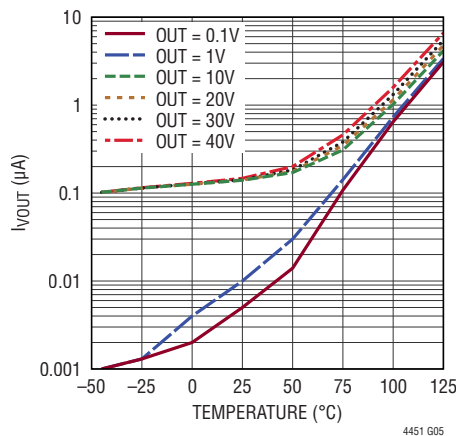
シャットダウン時の V_{IN} の電流



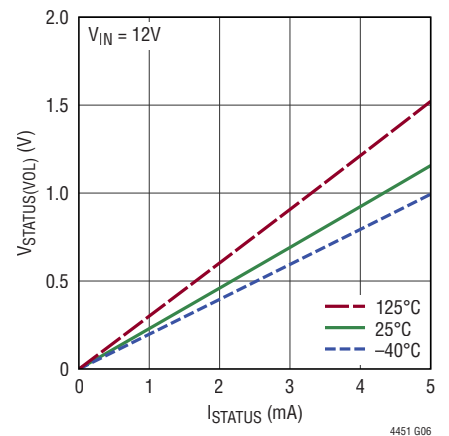
シャットダウン時の V_{CC} の電流



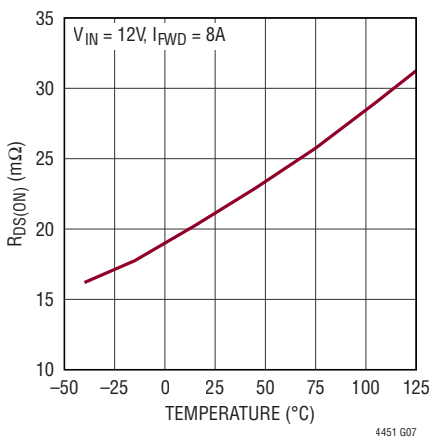
OUTの逆方向リークと温度の関係



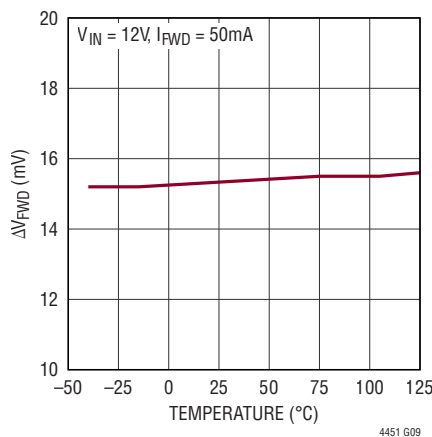
STATUSの出力ロー電圧と電流の関係



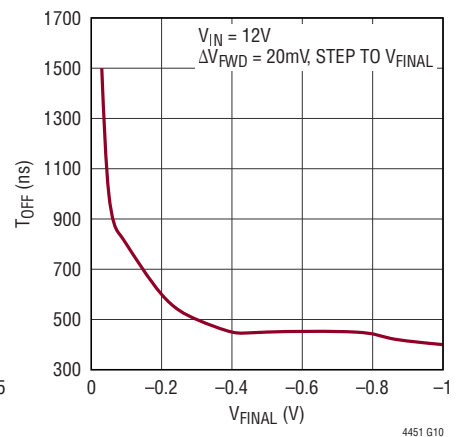
MOSFETの $R_{DS(ON)}$ と温度の関係



順方向レギュレーション電圧と温度の関係



MOSFETのターンオフ時間と最終オーバードライブの関係



ピン機能

GND (ピン14) : デバイス・グラウンド。

IN (ピン2～ピン7) : 入力電圧および正電源。INは理想ダイオードのアノードであり、また、内蔵NチャンネルMOSFETのソースです。このピンは、電力を負荷に供給する電源入力に接続します。負荷過渡応答を抑えるため、 $0.1\mu\text{F}$ 以上のコンデンサでバイパスしてください。

OUT (ピン8～ピン13) : 出力電圧。OUTは理想ダイオードのカソードであり、また、内蔵NチャンネルMOSFETのドレインです。これは、複数のLTC4451がダイオードOR動作をしている場合に共通の出力となります。 $0.1\mu\text{F}$ 以上のコンデンサでバイパスしてください。

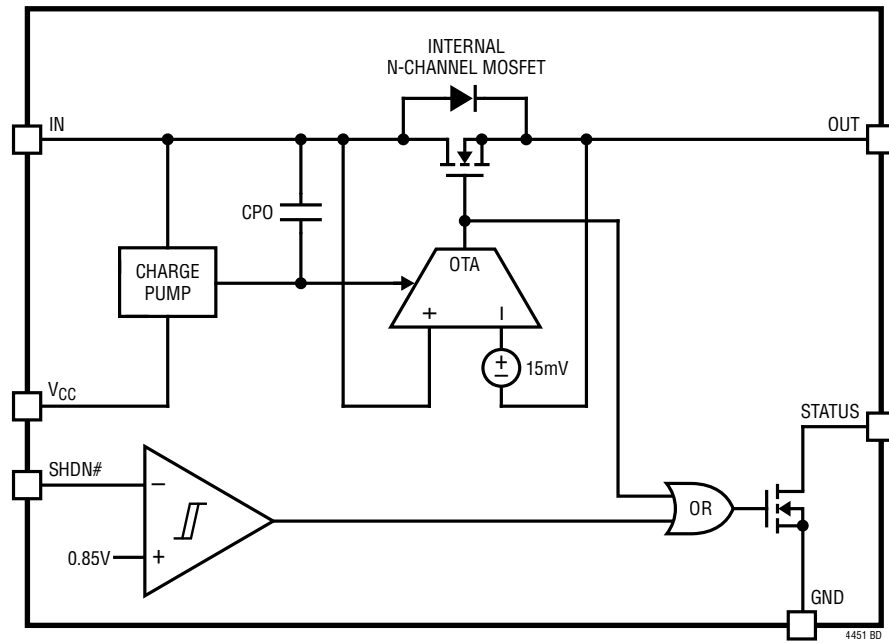
SHDN# (ピン16) : シャットダウン制御入力。このピンを 0.4V ($V_{\text{SHDN#(TH)}}$) 未満にすると、INとOUTの間の内蔵MOSFETがディスエーブルされ、LTC4451の消費電流が $5\mu\text{A}$ 未満に低下します。STATUSがローになっている場合、LTC4451がディスエーブルであることを示しています。ローになっている場合でも、MOSFETのボディ・ダイオードを介してINからOUTへの接続は存在します。SHDN#の電圧が 0.85V ($V_{\text{SHDN#(TH)}} + 0.07\text{V}$ ($V_{\text{SHDN#(HYS)}}$)) を超えるとLTC4451

がインエーブルされ、理想ダイオードとして動作します。使用しない場合はINまたは V_{CC} のうち最も高い電圧に接続します。電源のスワップ・イン／アウトにより最大電源電圧が時間と共に変化する場合には、SHDN#を使用しないときは、SHDN#をINと V_{CC} のダイオードORに接続します。オープンのままにしないでください。

STATUS (ピン15) : ゲート・ステータス出力。NチャンネルMOSFETのゲートがローになっている場合はSTATUSがローになり、LTC4451は逆バイアス動作状態またはシャットダウン状態にあることを示します。それ以外の場合は、STATUSはハイになり、LTC4451が順方向バイアスで動作していることを示します。プルアップ抵抗を介してINまたは V_{CC} のうちの最も高い電圧に接続します。電源のスワップ・イン／アウトにより最大電源電圧が時間と共に変化する場合には、INと V_{CC} のダイオードORに接続します。使用する場合はオープンのままにするかGNDに接続します。

V_{CC} (ピン1) : 正電源入力。このピンは、 $V_{\text{IN}} < 2.75\text{V}$ の場合にLTC4451の補助電源として機能します。使用しない場合はグラウンドに接続します。

ブロック図



動作

LTC4451は、40Vのショットキー・ダイオードの代わりとなるもので、内蔵NチャンネルMOSFETとコントローラで構成されています。この理想ダイオードは、順方向電圧を15mVにレギュレーションして電力損失を抑え、ダイオードORアプリケーションでは発振のないスムーズな電流転送を確保します。パワーMOSFETは入力電源から最大7Aの出力電流を供給し、完全にエンハンスメント・モードになっている場合順方向伝導抵抗は21mΩです。

LTC4451は高性能高精度OTAを備えており、これによってINピンおよびOUTピンの電圧を検出し、パワーMOSFETのゲートをレギュレーションします。OTAはパワーMOSFETの順方向電圧降下が著しく大きくなった場合にこれを検出し、1μ秒以内に完全にエンハンスメント・モードになるようゲートを駆動します。パワーMOSFETが完全にエンハンスメント・モードになると順方向電圧降下は $R_{DS(ON)} \cdot I_{OUT}$ と等しくなります。また、OTAは、反転状態となっている場合にこれを検知してパワーMOSFETのゲートを1μ秒以内にINの電圧まで駆動し、LTC4451が高速逆回復時間を実現できるよう、理想ダイオードをディスエーブルします。

NチャンネルMOSFETのゲートがローになるとSTATUSのオープンドレイン出力がローになり、LTC4451が逆バイアスで動作していること、またはシャットダウンしていることを示します。それ以外の場合は、STATUSはハイになり、LTC4451

が順方向バイアスで動作していることを示します。STATUSはプルアップ抵抗を介して外部電源に接続します。使用しない場合はオープンのままにします。

SHDN#ピンが0.4V ($V_{SHDN\#(TH)}$) 未満になると、パワーMOSFETのゲート駆動がディスエーブルされ、LTC4451は低電流状態に入ります。STATUSはローになり、パワーMOSFETのボディ・ダイオードは順方向バイアス状態の下で負荷電流を伝導します。SHDN#がローからハイになると、LTC4451は起動し通常動作が可能となります。

V_{CC} 補助電源電圧が2.75Vを超えている場合、INは最低0Vで動作できます。INまたは V_{CC} のいずれかが2.75Vを超えると、LTC4451は内蔵のバーストモード・チャージ・ポンプを起動してNチャンネル・パワーMOSFETのゲートを駆動します。バーストモード・チャージ・ポンプがオンになるには t_{START} の時間を要します。この遅延の間、順方向バイアスになっている場合はパワーMOSFETのボディ・ダイオードによって負荷電流と突入電流が発生します。

アプリケーション情報

ブロッキング・ダイオードは一般にショットキー・ダイオードが利用され、冗長電源のOR動作や電源反転防止を目的として、通常、電源入力に直列に配置されます。LTC4451はこのようなアプリケーションにおけるダイオードの代替品となるものです。順方向状態では、電圧降下と電力損失はどちらもパッシブ・ソリューションに比べ大幅に減少します。LTC4451が逆バイアス条件の電圧をブロックしている場合、通常のショットキー・ダイオードよりも逆方向リーク電流が大幅に少なくなります。

LTC4451は2.75V~40Vの広い電圧範囲で動作します。 V_{CC} に補助電源が接続されている場合、理想ダイオードは最低0Vまで動作できるため、大きな電圧トランジェントに耐える必要のあるアプリケーションに最適です。

理想ダイオードは、非理想的なデバイスのように、逆回復と呼ばれる特性を示します。寄生入力インダクタンスにより、損傷を与える可能性のある大きな逆回復電流スパイクが、逆

モード整流の間に生じる場合があります。スパイクとその保護手段については[入力短絡故障](#)のセクションで詳細に説明します。

なお、SHDN#ピンによってLTC4451がディスエーブルされ消費電流は抑えられますが、内蔵MOSFETのボディ・ダイオードが常に存在するため、負荷が入力から切り離されることはありません。

電源の並列化(ダイオードOR)

多くの電気システムでは、主電源の他にバックアップ電源を備えるのが一般的です。主電源が低下したり喪失したりした場合、システムはバックアップ電源を使用して動作します。複数のLTC4451の出力を組み合わせることで、[図1](#)に示すように冗長性やドループ分担が実現できます。

アプリケーション情報

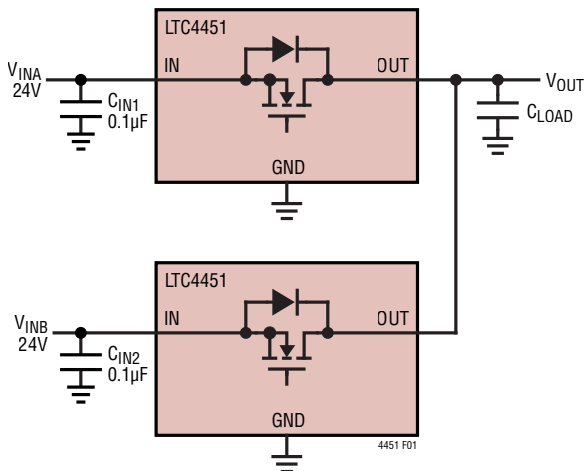


図1. 冗長ダイオード OR 電源

冗長な電源では、最大入力電源電圧が全てまたは大半の負荷電流を供給します。この電源電圧が低下または短絡した場合、理想ダイオードはこの逆バイアス状態を検知し、内蔵NチャンネルMOSFETのゲートを高速にプルダウンします。LTC4451は、入力電源と出力の間で最大40Vの逆電圧差に耐えることができます。

逆回復時間は高性能OTAの過渡応答とゲートのスルーレートによって決まります。逆回復電流は入力電源電圧の増加の原因となることがあります。この電圧増加量は入力電源のインピーダンスによって決まります。最も安全な指針は、入力電源部に電圧定格がシステムの最大電圧を上回るようなコンデンサを使用するか、これらのコンデンサを例えばIVSなどで保護することを検討することです。

電源トランジェントに続き、2番目に高い電源に接続された理想ダイオードが順方向状態を検知し、NチャンネルMOSFETのゲートをエンハンスメント・モードにするまで、出力電圧が低下します。OTAはこの順方向電圧降下を15mV (ΔV_{FWD}) にレギュレーションします。より大きな順方向電圧降下が検知されると、LTC4451はNチャンネルMOSFETのゲートを、レギュレーション状態からは通常0.3µ秒 (t_{ON}) 以内、逆バイアス状態からは3µ秒以内にエンハンスメント・モードにします。

出力低下を最小限に抑えられるよう、ESRが小さく容量が高速オン遅延時間に対処できるだけの大きさを持つコンデンサを選択してください。低ESRのバルク・コンデンサを使用すると、負荷電流をコンデンサから供給しながらも、出力電圧へのIR降下を減少させることができます。次式を使用する

と、逆モードからの高速オン遅延時間に対処できる負荷コンデンサの値を計算できます。

$$C_{LOAD} \geq \frac{I_{LOAD(MAX)} \cdot 3\mu s}{\Delta V_{OUT(DROOP)} - ESR \cdot I_{LOAD(MAX)}}$$

シャットダウン・モード

SHDN#を0.4V ($V_{SHDN\#(TH)}$) 未満にすると、デバイスの消費電力を5µA未満にまで減少でき、内蔵NチャンネルMOSFETのゲートをINの値までプルダウンしてこのMOSFETをディスエーブルできます。STATUSピンはローにプルダウンされ、LTC4451がディスエーブル状態であることを示します。

内蔵MOSFETのボディ・ダイオードを通じたパスがあるため、シャットダウンによって順方向電流が途絶えるわけではありません。順方向電圧降下は0.6V (ΔV_{BODY}) で、消費電力は所定の負荷電流を実現するために増加します。LTC4451はSHDN#の立ち下りエッジから20µ秒 ($t_{SHDN\#}$) 以内にシャットダウン状態に入ります。SHDN#の電圧が0.85V ($V_{SHDN\#(TH)}$) + 0.07V ($V_{SHDN\#(HYS)}$) (代表値) を超えると、ゲート・ドライバによってLTC4451は理想ダイオードとして動作できるようになります。シャットダウン時には、内蔵のチャージ・ポンプとゲート・ドライバはディスエーブルされています。チャージ・ポンプを再起動しNチャンネルMOSFETのゲートを完全にエンハンスメント状態にするには、250µ秒 (t_{START}) が必要です。

シャットダウン機能が不要な場合は、このピンを1.5Vより大きい外部電源電圧に接続します。SHDN#は、3.3Vまたは5Vのロジック信号を使用するか、外部プルダウン・トランジスタとプルアップ抵抗を図2に示すように電源に接続して駆動できます。プルアップ電流がこのピンのリーク電流よりも大きくなるよう、プルアップ抵抗は小さいものを使用してください。SHDN#ピンとの容量性結合が懸念される場合は、グラウンドとの間にコンデンサを配置することもできます。

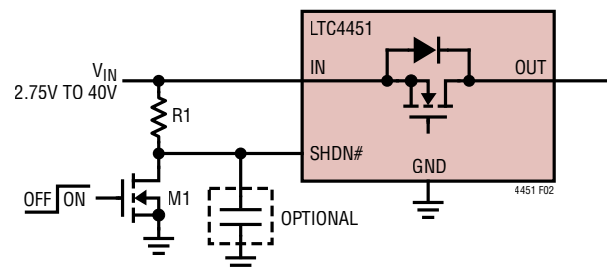


図2. 外部SHDN#制御

アプリケーション情報

えるよう、幅が広く短いものにします。また、低接触抵抗を維持するため、デバイスのIN/OUTピンはリフロー処理で基板にハンダ付けします。露出パッド下にホールを設けハンダが適所に収まるようにして、高電圧によるピン間の短絡を防止してください。幅の広いIN/OUTパターンはヒート・シンクとして作用し、大電流負荷がある場合の発熱を除去する効果もあります。LTC4451の近くには、短いリード線を使用して、C_{OUT}、サージ・サプレッサ、必要なトランジェント保護部品を配置します。トランジェント電圧圧縮には、GNDへの短く幅広のパターンが必要です。INピンとV_{CC}ピンの近くにはデカップリング・コンデンサを配置します。図4にLTC4451に対し推奨されるPCBレイアウトを示します。この推奨PCBレイアウトの温度上昇は、負荷電流が6Aの場合、25°Cです。

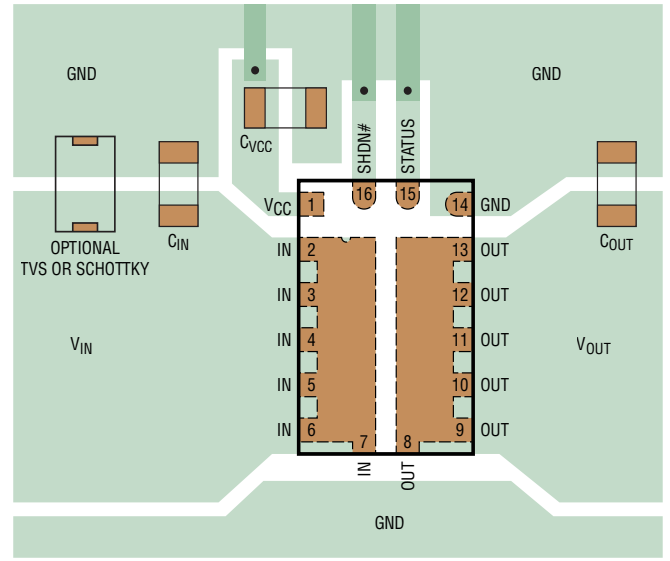


図4. 推奨レイアウト

標準的応用例

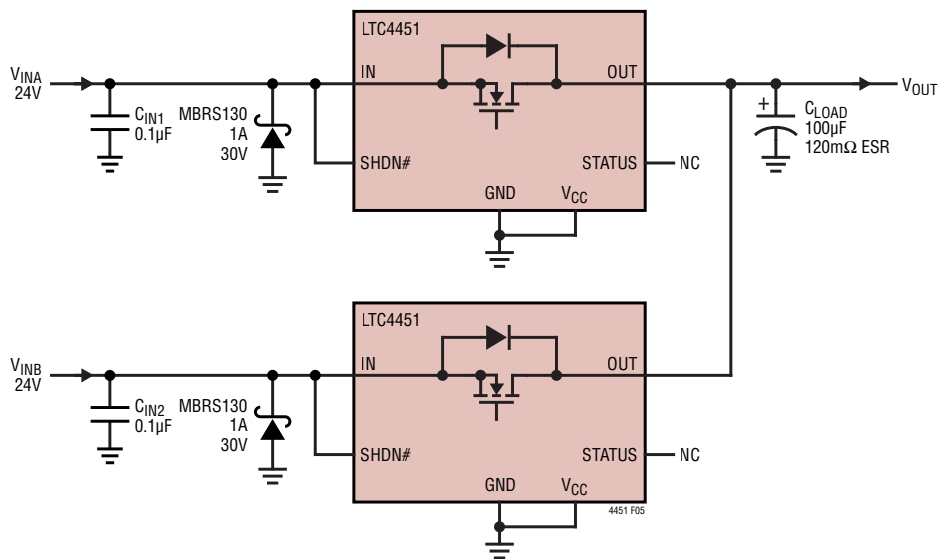


図5. 逆回復保護を備えた24VダイオードOR

標準的応用例

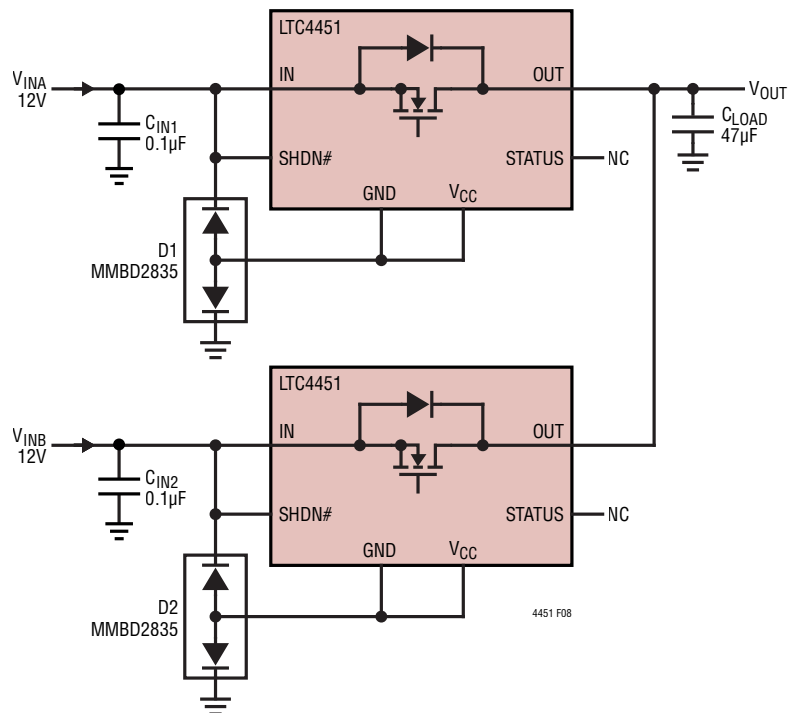
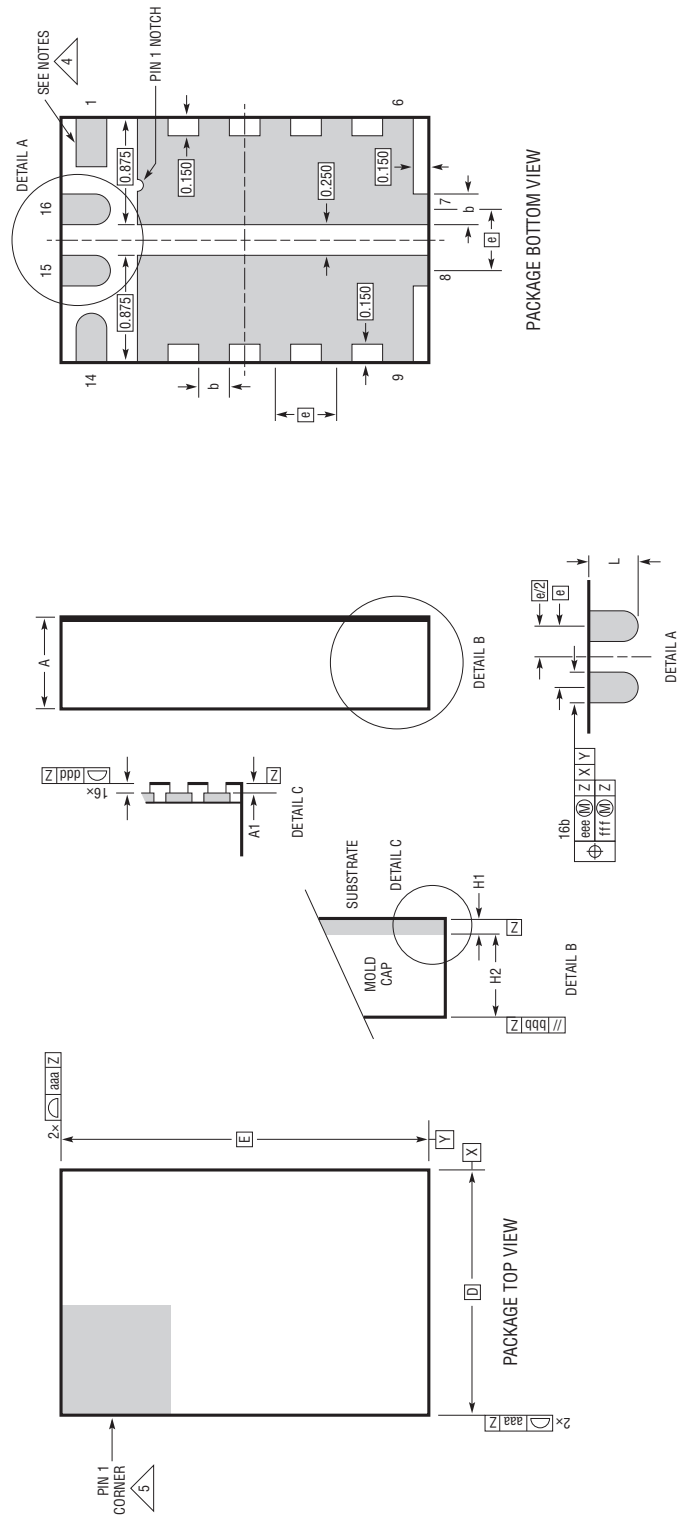


図8. 逆入力電圧保護を備えた 12V ダイオード OR

パッケージの説明

LQFN Package
16-Lead (2mm × 3mm × 0.75mm)
 (Reference LTC DWG # 05-08-1683 Rev 0)



NOTES:

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ASME Y14.5M-1994
2. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
3. PRIMARY DATUM -Z- IS SEATING PLANE
4. METAL FEATURES UNDER THE SOLDER MASK OPENING NOT SHOWN SO AS NOT TO OBSCURE THESE TERMINALS AND HEAT FEATURES
5. DETAILS OF PIN 1 IDENTIFIER ARE OPTIONAL, BUT MUST BE LOCATED WITHIN THE ZONE INDICATED. THE PIN 1 IDENTIFIER MAY BE EITHER A MOLD OR MARKED FEATURE

DIMENSIONS

| SYMBOL | MIN | NOM | MAX | NOTES |
|--------|------|----------|------|---------------|
| A | 0.65 | 0.75 | 0.85 | |
| A1 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | |
| L | 0.30 | 0.40 | 0.50 | |
| b | 0.22 | 0.25 | 0.28 | PAD DIMENSION |
| D | | 2.00 | | |
| E | | 3.00 | | |
| e | | 0.50 | | |
| H1 | | 0.25 REF | | |
| H2 | | 0.50 REF | | |
| aaa | | | 0.10 | SUBSTRATE THK |
| bbb | | | 0.10 | MOLD CAP HT |
| ddd | | | 0.10 | |
| eee | | | 0.15 | |
| fff | | | 0.08 | |

