

理想ダイオードで損失を低減

はじめに

重要な負荷の無停止動作を確保するために、常時オンの電源が電子機器の一般的な要件になっています。2つまたはそれ以上の電源を電氣的に接続し、1つの電源が故障した場合に他の電源が介入することを確保するOR接続機能(図1)が一般的に使用され、ほとんどの実装ではそのための部品としてショットキーダイオードが選択されてきました。

ポータブル機器などの低電圧アプリケーションではすぐに明らかになることですが、低いと思われるショットキーダイオードのドロップアウト電圧は実際にはそれほど低くはなく、電子回路のそれ以外の部分と比較して不釣り合いに高い電力損失を引き起こします。ショットキーダイオードの逆漏れ電流も問題で、機器の主電源を消耗させることに加えて、再充電可能ではない1次バッテリーを充電しようとして、1つの解決策は、適切に制御された、低 $R_{DS(ON)}$ のMOSFETでダイオードをシミュレートする方法でした。このソリューションは場所を取る上に高コストで、1つのディスクリートMOSFET (アクティブダイオード)またはバック・ツー・バック構成の2つのMOSFET (アクティブスイッチ)とコントローラICが必要です。この記事ではOR接続技術の4つの一般的なアプリケーションについて解説し、それぞれの欠点を明らかにするとともに、それらを克服する新しいモノリシックソリューションを紹介します。

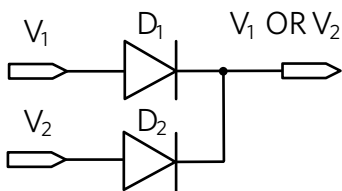


図1. ダイオードOR構成

バッテリーバックアップ

図2は、主電源がACアダプタまたはソーラーセルによって供給される標準的なバックアップシステムを示しています。主電源の供給が停止した場合、3つのアルカリ、非再充電可能バッテリー(2Ah)がシステムの動作を維持し、2時間にわたって1Aを消費します。1A負荷の場合、ショットキーダイオード(D₃)で300mV~600mV (typ)の電圧降下が発生し、3つのバッテ

リセルは2時間の寿命にわたって平均3Vの総電圧を提供します。わずか330mVのダイオード降下も、3Vの電圧レール上では、11%の効率損失に相当します。アルカリバッテリーに蓄えられたエネルギーがこのように非効率的に利用されるため、結果としてシステム全体の動作時間が短くなります。

逆漏れは、OR接続技術を使用する場合のもう1つの問題です。機器がACアダプタまたはソーラーセルに接続されているとき、逆バイアスのかかったショットキーダイオード(D₃)は数十~数百 μ Aの漏れ電流をアルカリバッテリーに流し込みます。これは実際上、不要かつ危険な非再充電可能バッテリーのトリクル充電を行うこととなります。

最後に、電圧ヘッドルームの問題があります。バッテリーが3Vの平均電圧を供給する場合、常時オンのバックコンバータ入力にはワーストケースで2.4Vになります。この状況では、バックコンバータは必要な2.5Vを出力に供給することができません。

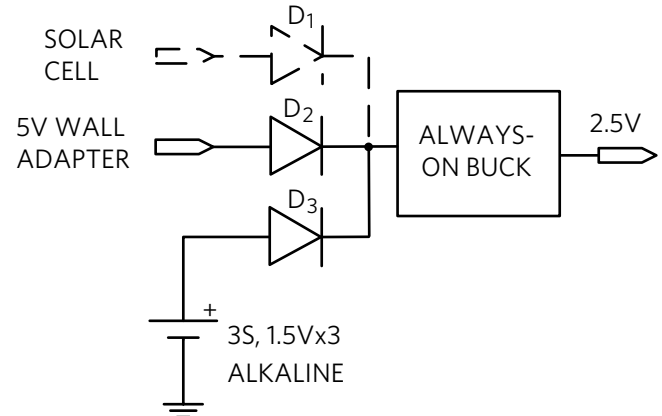


図2. バッテリーバックアップOR接続回路

ディスクリートMOSFETベースのソリューション(アクティブスイッチ)を使用すると、これらの問題が解決されます。しかし、MOSFETのスイッチ「オン」または「オフ」には専用のコントローラが必要になるため、より大きいPCBスペースと追加部品の使用という犠牲が伴います。

補助電源

図3は、主電源と補助電源の両方が3.3Vで動作する、標準的な補助システムを示しています。主電源が存在するとき、補助

電源はディセーブルされます。主電源に障害が発生すると、補助経路がイネーブルされます。D₁およびD₂はアクティブスイッチで、それぞれのイネーブル(EN)端子によってアクティブ化されます。主電源が存在するとき、抵抗(R₂)がENをハイに引き上げ、D₂をアクティブ化して、主電源が負荷に流れるようにします。インバータ(INV)はD₁を「オフ」に維持し、補助電源経路をディセーブルします。主電源が存在しないとき、直列抵抗(R₂およびR₃)はインバータ入力をローに引き下げ、R₁を介してD₁をイネーブルし、補助電源を負荷に印加します。ここで、2つのアクティブスイッチ(D₁およびD₂)が前述の問題を解決します。しかし、各アクティブスイッチにバック・ツー・バック構成のMOSFETとコントローラICが必要になるため、この場合もスペースとBOMの追加という犠牲が伴います。

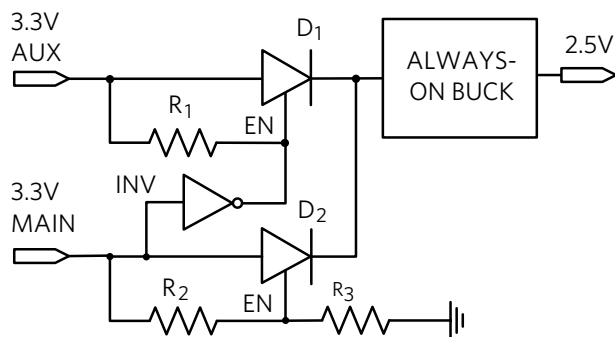


図3. 補助/主電源OR接続回路

ワイヤレス電源

図4のシステムはポータブル機器で標準的に使用され、ワイヤレスAC電源またはUSBポートから電源を取得します。OR接続機能(D₁およびD₂によるもの)は、レシーバの整流器出力の比較的大容量のコンデンサをUSBポートから絶縁するために必要です。ガジェットがスマートウォッチなどの小型機器である場合、動作時間を最大化する必要があるため、通常のダイオードを使用すると効率の問題がさらに大きくなります。利用可能なスペースが非常に限られているため、ディスクリートMOSFETとそれに関連するコントローラを使用することは許されません。

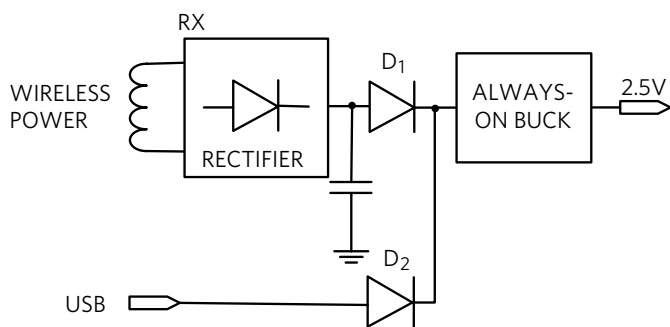


図4. ワイヤレス/USB電源OR接続回路

チャージャ/ACアダプタ

図5のポータブルシステムで、ACアダプタはチャージャを介してリチウムイオン(Li+)バッテリーに充電し、D₁を介して給電を行いD₂には逆バイアスがかかります。ACアダプタが接続されていない場合、電力はリチウムイオンバッテリーによってD₂を介して供給されます。この場合、バッテリー給電動作時には、D₂を介した電流経路は真の低ドロップダイオードの使用によって大幅なメリットを得ることになります。小さい電圧降下によってスペースと効率の節約が可能になり、バッテリー給電動作時間が延長されます。

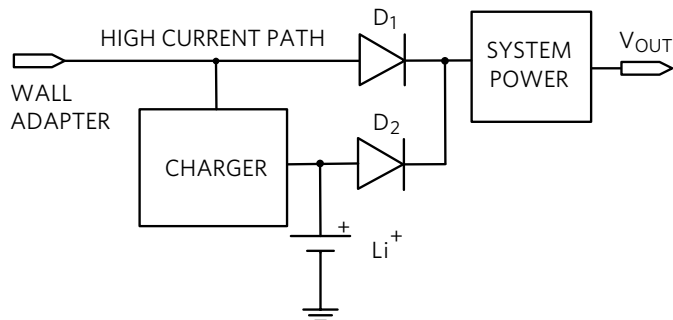


図5. チャージャ/ACアダプタOR接続回路

理想的なソリューション

上記の各アプリケーションは、ショットキーダイオードと同様の簡素さと簡潔さを備えながら、電圧ドロップアウトおよび逆漏れ電流という欠点のない1つの部品を使用することによって大幅なメリットを得ることができます。

MAX40200は、ショットキーダイオードより電圧降下が3倍(高電流時)~10倍(低電流時)小さい理想ダイオードです。順方向バイアスがかけられイネーブルされている場合、MAX40200は100mV以下の電圧降下で導通し、最大1Aの電流を搬送します。図6は、MAX40200と標準的なショットキーダイオードの比較を示しています(どちらも1A定格)。

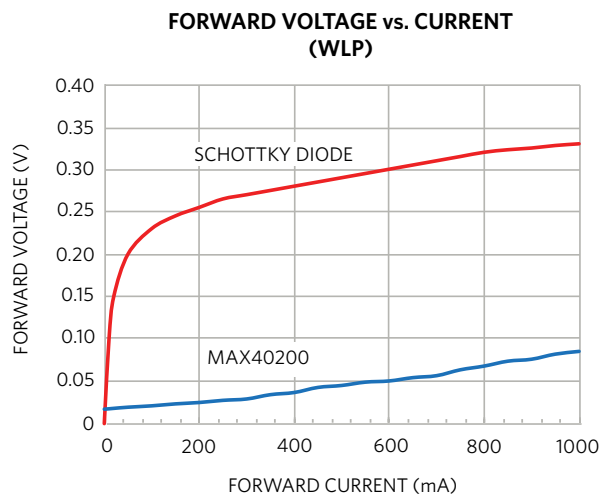


図6. 理想ダイオードのMAX40200とショットキーダイオードの比較

1Aでの電圧降下は、ショットキーダイオード使用時の330mVから、理想ダイオード使用時には85mVへと低下します。それに関連する効率損失は11%から2.8%に減少します。

逆バイアスをかけた場合、MAX40200は標準的な低ドロップアウトショットキーダイオードより10~100倍優れた逆方向カソード電流を示します(図7)。

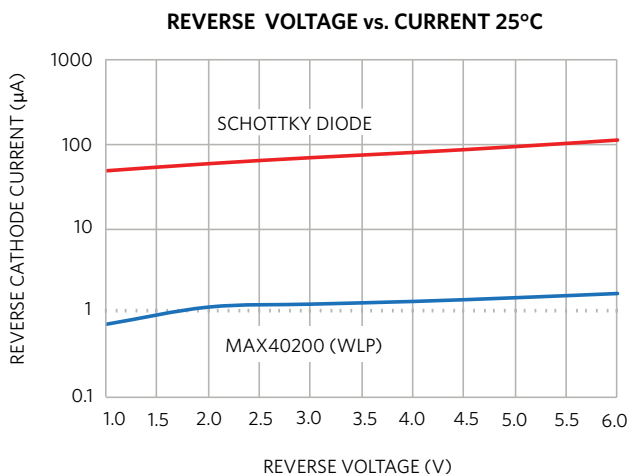


図7. 理想ダイオードのMAX40200とショットキーダイオードの逆方向カソード電流の比較

MAX40200の逆方向漏れ電流は最小限のため、バッテリーバックアップアプリケーションにおけるアルカリバッテリーの不要なトリクル充電が実質的に除去されます。

理想ダイオードの機能

理想ダイオードの機能 $R_{DS(ON)}$ pチャネルDMOSFETをベースとしています。内部回路はMOSFETのドレイン-ソース間電圧を検出し、ゲートの駆動の他に、ボディダイオードの逆バイアスを維持します。この追加のステップによって、このデバイスはENがローに引き下げられたとき、またはサーマルリミットに達したときに真のオープンスイッチのように動作することができます。正のドレイン-ソース間電圧によってMOSFETは「オン」になり、ボディダイオードに逆バイアスが掛かっている間、電流は通常モードで流れます。負のドレイン-ソース間電圧によってMOSFETは「オフ」になり、固有ダイオードに再び逆バイアスが掛かります。ENがローの場合、デバイスは V_{DD} -OUTの極性と無関係に「オフ」になります。

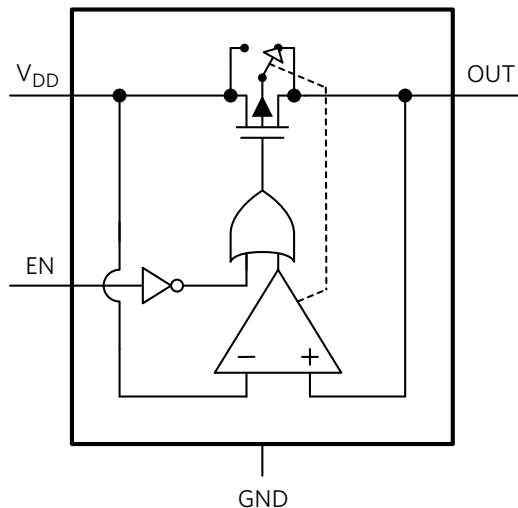


図8. 理想ダイオードのファンクションダイアグラム

理想ダイオードの順方向特性

本来の電圧($R_{DS(ON)} \times I_{LOAD}$)が小さすぎて検出することができないような低電流でドレイン-ソース間電圧を適切に検出するために、デバイスの両端で約25mVの最小ドロップアウトが維持されます。ドロップがこのスレッシュホールドを超えると、電圧はオームの法則($R_{DS(ON)} \times I_{LOAD}$)に従ってリニアに上昇します。図9の対数グラフは、最大約200mAまで理想ダイオードの電圧がほぼ一定であることを明確に示しています。

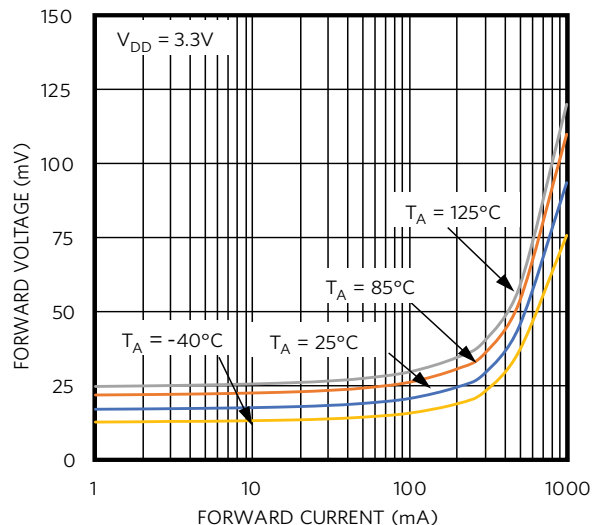


図9. MAX40200の順方向電圧と順方向電流の関係

結論

バックアップアルカリバッテリー、補助電源、ワイヤレス電源、またはリチウムイオンバッテリーなど、複数の電源を備えたモバイルシステムは、電源スイッチとして機能するダイオードOR接続を必要とします。しかし、OR接続機能はモバイルシステムから貴重な電力、エネルギー、またはスペースを奪い、場合によっては、安全性や動作を低下させる可能性があります。1A理想ダイオードのMAX40200を使用することで、簡素な解決策が提供されます。このデバイスは小型WLPパッケージに封止され、順方向モードでのドロップアウト電圧がショットキーダイオードより1桁低く、逆方向モードでの漏れ電流も大幅に低くなります。MAX40200は5Vおよびサブ5Vシステム用の従来のOR接続の実装の制限を最小化または除去し、標準的なショットキーダイオードに対する簡潔で効率的な代替品を提供します。

さらに詳しく:

[MAX40200:超小型マイクロパワー、1A理想ダイオード、超低電圧降下](#)

デザインソリューションNo. 50

Rev 1; September 2017

設計サポートが必要な場合は、Eメールにてお問い合わせください。
<https://www.maximintegrated.com/jp/support/overview.html/TechSupportFormJapan>

[その他のデザインソリューションを探す](#)

マキシム・ジャパン株式会社

〒141-0032 東京都品川区大崎1-6-4 大崎ニューシティ4号館20F maximintegrated.com/jp

© 2017 Maxim Integrated Products, Inc. All rights reserved. Maxim IntegratedおよびMaxim Integratedのロゴは、米国およびその他の国の管轄域におけるMaxim Integrated Products, Inc.の登録商標です。その他、記載されている会社名、製品名は各社の登録商標、または商標です。

