

理想ダイオードを使用した 低発熱で安全なスマートホームハブの設計

はじめに

ドアの鍵、照明、サーモスタット、オーディオ、家電製品などを無線で制御し、住居の持ち主に通知を送るという設計を採用した、新しいスマートホームハブが発表されています。この石鹸サイズのガジェット(図1)はACアダプタによって給電され、内部には電子回路および停電時用のバックアップバッテリーが収められています。しかし、スリムなデザインのために機器の熱的制限が厳しくなり、お客様はハブによって生成される熱が問題となって製品の成功が妨げられることを心配しています。お客様は、全体的なデザインを損なうことなく発熱をシームレスに低減するための助力を求めてきました。このデザインソリューションでは、この問題に対処する最善の選択肢について検討します。



図1. スマートホームハブ

パワーマネージメントの実装

図2は、お客様の現在のスマートハブシステムの図を示しています。このシステムは5VのACアダプタによって給電され、非充電式バックアップバッテリーを備えています。3つの単3アルカリ電池(1.5V x 3, 2Ah)は200mAの平均負荷に対応し、常時オンのバックコンバータは公称2.5Vを出力します。

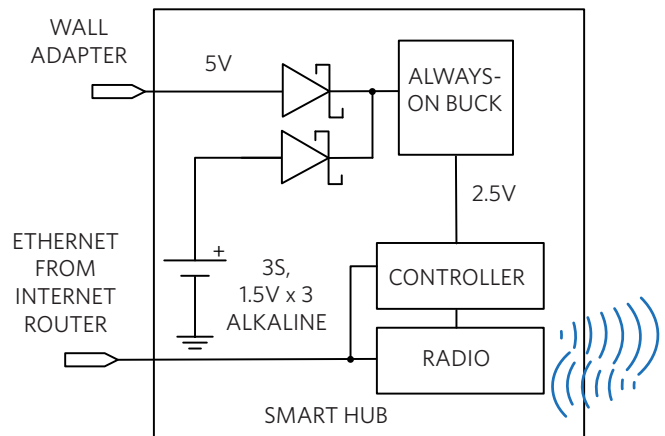


図2. お客様のスマートハブシステム

スマートハブの電源回路の能動および受動部品を図3に示します。2つのダイオードはSOT23-3パッケージ(2.6mm x 3mm)に封止されています(赤枠内)。

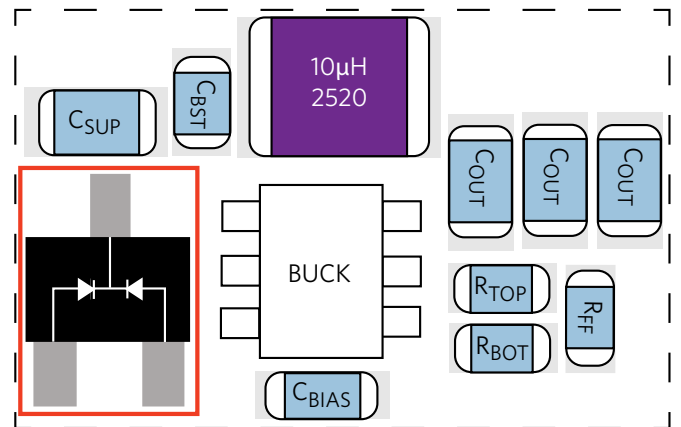


図3. スマートハブの電源回路のフットプリント(46mm²)

初期設計の弱点

最初の熱設計分析で、常時オンのバックレギュレータは非常に効率的に動作していることがわかります。そのため、すぐに2つのショットキーダイオードに問題が絞られます。200mA

時、これらのダイオードは600mVの電圧降下を生じ、120mWを消費します。負荷に供給される電力は $2.5V \times 0.2A = 500mW$ です。これは、ダイオードによって24%の消費電力のオーバーヘッドが付加されることを意味しています。

ショットキーダイオードを使用するもう1つの問題は、リーク電流です。通常動作時、アルカリ電池に接続されたダイオードは逆バイアスになり、約 $1\mu A$ の電流が負荷に流れ、このリーク電流は温度とともに増大します。このリーク電流は事実上バッテリーのトリクル充電のように作用し、停電が発生してバッテリーが放電されるまで無制限の長期間にわたって続きます。問題は、これらが非充電式バッテリーであり、「充電すると破裂または液漏れが発生し、火傷の原因になる可能性があります」という警告が書かれていることです。この方法をお客様に薦めるわけにはいきません。

どのような選択肢があるか？

明らかに、消費電力の大幅な低減が不可欠です。1つの選択肢は、図4に示すような低 $R_{DS(on)}$ のnチャンネルDMOSベースのソリューションを使用することです。MOSFETの固有ダイオードを点線で示してあります。この構成では、制御ICはMOSFETの両端で検出される電圧に従ってGATEにバイアスをかけます。ソース-ドレイン間電圧が正の場合はMOSFETが「オン」になり、電流は逆方向モードで(ソースからドレインに)流れます。ソース-ドレイン間電圧が負の場合はMOSFETが「オフ」になり、固有ダイオードは逆バイアスになります。このソリューションは2つのMOSFETと2つの制御ICが必要なため、大型で高コストになります。

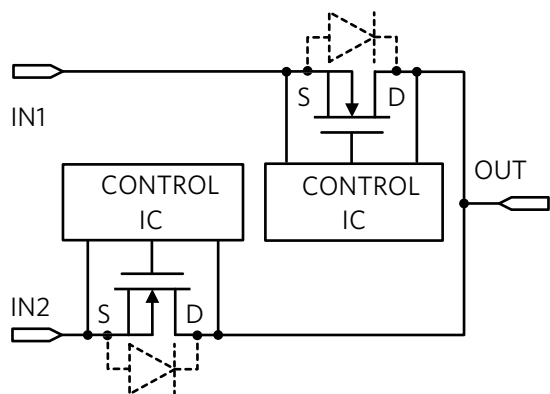


図4. ダイオードOR接続の問題に対するディスクリートのソリューション

これは抜本的なソリューションで、PCB全体の再設計が必要です。

理想的なソリューション

最良のソリューションは、損失がショットキーダイオードより大幅に低く、逆方向電流がゼロまたは非常にわずかな、小型の、「理想」ダイオードです。お客様にとって幸いなことに、Maximはそのようなデバイスを提供しています。

超低電圧降下を備えた超小型、マイクロパワー、1A理想ダイオード

MAX40200は、電圧降下がショットキーダイオードの約10分の1の理想ダイオードです。図5のファンクションダイアグラムを見ると、この「理想」ダイオードは低 $R_{DS(on)}$ のpチャンネルDMOS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、ゲートの駆動に加えて、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、ENがローに引き下げられた場合、または熱制限に達した場合、デバイスはオープンスイッチのように動作することができます。ドレイン-ソース間電圧が正の場合はMOSFETが「オン」になり、電流は通常モードで流れ、ボディダイオードは逆バイアスになります。ドレイン-ソース間電圧が負の場合はMOSFETが「オフ」になり、固有ダイオードはやはり逆バイアス状態です。ENがローの場合は、 V_{DD} -OUT間の極性と無関係にデバイスが「オフ」になります。

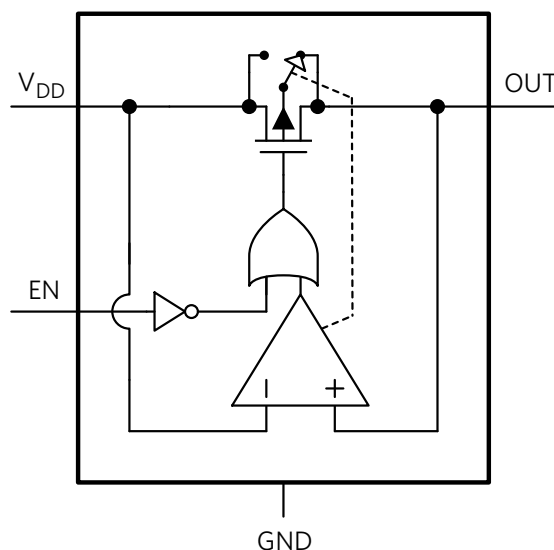


図5. 理想ダイオードのファンクションダイアグラム

順バイアスかつイネーブル時、MAX40200は導通し、電圧降下は100mV以下で、最大1Aの電流を通します。電圧降下は500mA時に43mV (typ)で、電流の大きさに応じてリニアに増大します。図6は、理想ダイオードの順方向電圧と順方向電流および温度の関係を示しています。MAX40200は、自分自身およびダウンストリームの回路を過熱状態から熱的に保護します。このデバイスは1.5V~5.5Vの電源電圧で動作し、小型、4ピンウェハレベルパッケージ(WLP) (0.73mm x 0.73mm)に封止されています。

FORWARD VOLTAGE vs. FORWARD CURRENT (WLP)

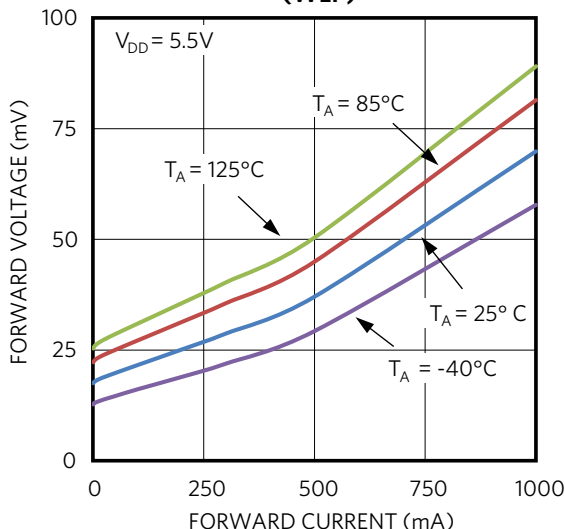


図6. 理想ダイオードの順方向電圧

MAX40200の小型WLPパッケージは、図3の2つのショットキーダイオードを封止したSOT23-3の約10分の1の大きさです。PCB上のSOT23-3の位置に2つのMAX40200を容易に収めることが可能で、さらにスペースの余裕があります。MAX40200のアプリケーションフットプリントを図7に示します。

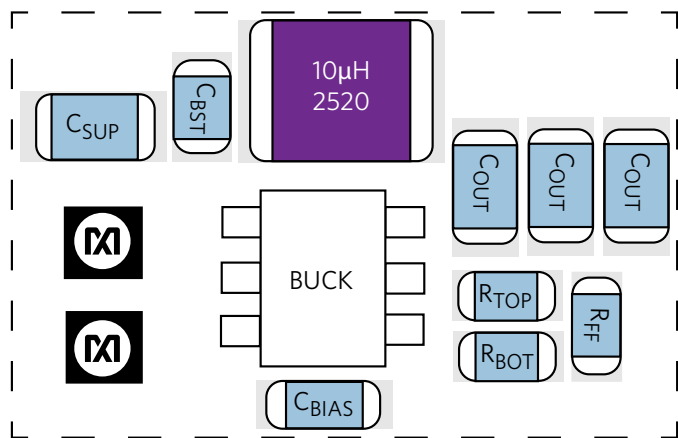


図7. MAX40200を使用した集積型スマートハブ電源ソリューション

200mA時に20mVの降下によって、このデバイスの消費電力はわずか $20\text{mV} \times 200\text{mA} = 4\text{mW}$ で、熱的負荷が大幅に低減されます。さらに、MAX40200の逆方向リーク電流はほぼカソード/OUTからグラウンドへの電流で、アノード/VDDの逆方向電流は事実上ゼロです(図8)。これによって、非充電式バッテリーの不要なトリクル充電が効果的に除去されます。お客様は安

心してMAX40200ベースのソリューションを容易かつ迅速に実装し、スマートホームハブ機器の熱とリーク電流の両方の問題を解決することができます。

ANODE CURRENT AT REVERSE OPERATION

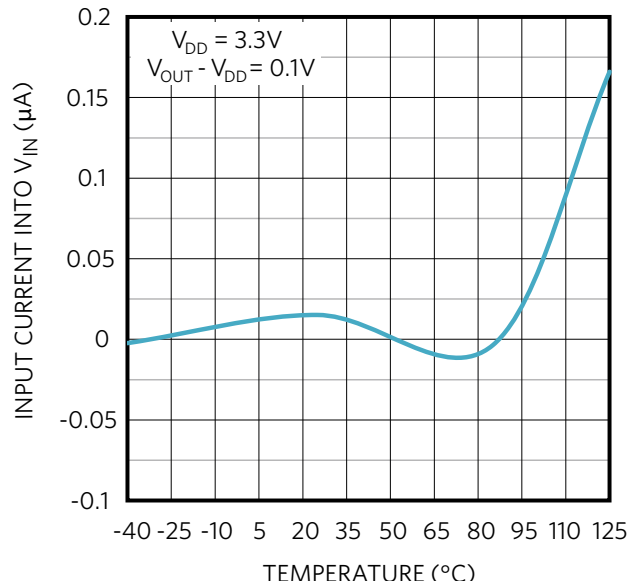


図8. VDDへのリーク電流

結論

お客様の問題解決事例という形で、スマートハブのパワーマネジメントシステムの制約について解説しました。お客様のスマートハブには、ショットキーダイオードの典型的な欠点、すなわちこれらのダイオードによって生じる高い順方向電圧降下と高い逆方向リーク電流に直接関連する重大な問題がありました。スマートホームハブは過大な熱を発生させ、逆方向リーク電流は知らない間に非充電式バッテリーをトリクル充電していました。これに対処するために、2つの理想ダイオードのMAX40200を使用して、2つのショットキーダイオードをわずかなPCBの変更でシームレスに置き換えました。これによってバッテリーへのリーク電流がほぼ除去され、消費電力のオーバーヘッドが30分の1に低減するため、お客様を喜ばせ、ご満足いただくことが出来ました。

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. 51

Rev 0; May 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

© 2019 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。

