

防戦態勢を固めよ: スマート負荷用の最適な保護を選択する

はじめに

保護回路は現代の電子回路の縁の下で力持ちです。どんなアプリケーションでも、ACラインからデジタル負荷までの長い電気的チェーンには、あらゆるサイズと形状のヒューズや過渡電圧サプレッサがちりばめられています。この電気的経路上で、ストレージコンデンサによる突入電流、停電による逆方向電流、過電圧、および誘導性負荷スイッチングや落雷によって発生する低電圧などの電気的ストレス要因が、貴重な電子の負荷に損傷を与える可能性があります。これは、繊細なサブミクロン、低電圧技術によって作られるマイクロプロセッサやメモリなどに該当します。かつて西部の開拓者たちが幌馬車を円陣にして防戦したように、負荷の周囲に保護の防衛境界線を構築し、これらの大惨事につながる現象の発生に対処する必要があります(図1)。



図1. 保護されていないCPUの発火

このデザインソリューションでは、最初に効果的な保護方式の基本的な特長を概説します。次に、高い部品コストやプリント基板の占有面積など、標準的な保護の実装の欠点を明らかにします。最後に、これらの問題に対応する、新しい集積型の、非常に柔軟な保護ICファミリを紹介합니다。

標準的なシステム保護

図2は、スマート負荷(たとえば、マイクロプロセッサなど)の周囲の標準的なシステム保護方式を示しています。DC-DCコンバータと、それを補完する制御(IC₂)、同期整流MOSFET(T₃、T₄)とそれに付随する固有ダイオード(D₃、D₄)、および入力と出力のフィルタコンデンサ(C_{IN}、C_{OUT})の組み合わせが、マイクロ

プロセッサに給電します。48V電源バス(V_{BUS})からの電圧サージが発生した場合、もし直接V_{IN}に接続されていると、DC-DCコンバータとその負荷に破滅的な結果をもたらします。そのため、フロントエンドの電子的保護が必要です。ここでは、2つのディスクリートMOSFET (T₁およびT₂)を駆動するコントローラ(IC₁)を使用して保護が実装されています。

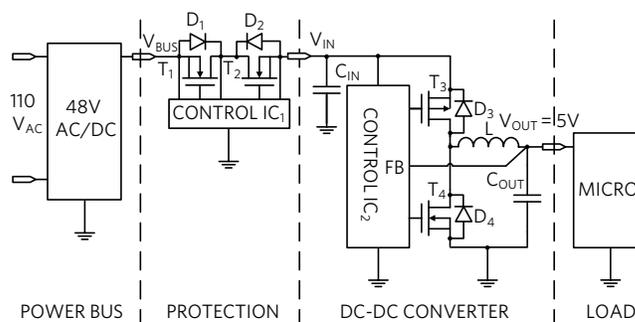


図2. 標準的な電子システムと保護

保護電子回路は、過電圧/低電圧、過電流、および逆方向電流などのフォルト状態に、その電圧および電流定格の制限内で対応する必要があります。予想される電圧サージがここで解説する保護電子回路の定格を上回る場合は、フィルタおよび過渡電圧抑制(TVS)デバイスという形で、さらなる保護の層を追加することができます。

過電圧保護

DC-DCコンバータの最大動作電圧が60Vの場合、プロテクタICは基本的にこの動作範囲内ではクローズされ、それ以上ではオープンになるMOSFETスイッチ(T₂)で構成されます。付随する固有ダイオードD₂は、過電圧の場合は逆バイアスになり、何も役割がありません。T₁/D₁の存在もこの場合は重要ではなく、T₁は完全に「オン」になります。

過電流保護

入力電圧が許容動作範囲に制限されている場合でも、まだ問題は残っています。上昇方向の電圧変動によって高 CdV/dt の突入電流が発生する可能性があり、ヒューズが飛んだりシステムがオーバーヒートして信頼性が低下します。したがって、保護ICは電流制限メカニズムを備える必要があります。

逆方向電流保護

MOSFETのドレイン-ソース間の固有ダイオードは、MOSFETが「オン」のとき逆バイアスになり、MOSFET電圧の極性が反転しているとき順バイアスになります。そのため、 T_2 自体は負の入力電圧をブロックしません。それらは偶発的に、たとえば負の過渡や停電によって入力電圧(図2の V_{BUS})が低下またはゼロになり、DC-DCコンバータの入力コンデンサ(C_{IN})が固有ダイオード D_2 を介して電源バスに給電するときに発生します。この逆方向電流をブロックするために、トランジスタ T_1 および負の電流と逆方向の固有ダイオード D_1 を配置する必要があります。その結果は、それぞれの固有ダイオードに逆方向のバイアスがかかる2つのMOSFETという、高コストなバック・ツー・バック構成になります。

内蔵バック・ツー・バックMOSFET

バック・ツー・バック構成の必要性は、図2のようにディスクリートのMOSFETを利用する場合は明らかですが、保護がモノリシックの場合、すなわち制御回路とMOSFETが1つのICに内蔵されている場合はそれほど明確ではありません。逆方向電流保護を備えた集積型保護ICの多くは1つのMOSFETを利用し、MOSFETの極性に関係なく逆バイアスになるようにデバイスのボディダイオードをスイッチングするという追加の対策を講じています。この実装は、ソースとドレインに関して対称形の構造を備えた5VのMOSFETでは良好に動作します。この場合、ソース-ボディ間およびドレイン-ボディ間の最大動作電圧は同一です。Maximの場合、高電圧MOSFETは非対称で、ドレインのみがボディを基準とする高電圧に耐えることができるように設計されています。高電圧MOSFETのレイアウトはさらに重大で、最適化された $R_{DS(ON)}$ を備えたHV MOSFETは、ソースがボディに短絡されたもののみが提供されています。結論として、高電圧(5V以上)の集積型ソリューションも、バック・ツー・バック構成を利用する必要があります。

モーター駆動アプリケーション

モータードライバアプリケーションでは、DCモーター電流はMOSFETブリッジドライバによってPWM制御されます。PWM制御サイクルのオフ部分の間、電流は入力コンデンサに再循環し、効果的にエネルギー回収方式を実装します。この場合、逆方向電流保護は不要です。

従来のディスクリートソリューション

図3は、図2に示したもの(24V V_{IN} 、-100V~+40V保護)のようなディスクリート実装を利用する場合の、PC基板面積および部品表という点での高いコストを示しています。PC基板面積は70mm²もの大きさになります。

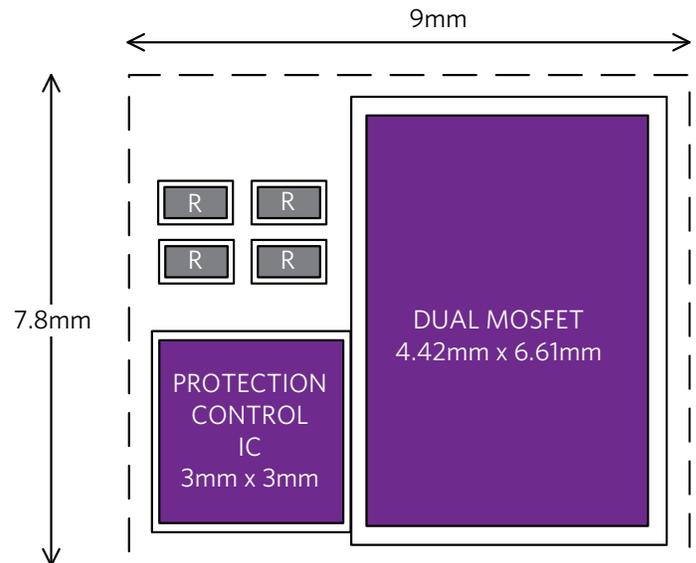


図3. 従来のディスクリート保護(70mm²)

集積型ソリューション

図4は、制御およびパワーMOSFETを、TDFN-EPパッケージ(3mm x 3mm)に封止された同一のIC内に集積化した場合の優位性を示しています。この場合、占有PC基板面積はディスクリートソリューションの約40%(28mm²)に減少します。

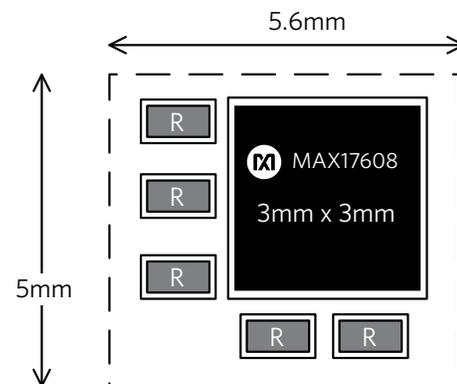


図4. 集積型保護(28mm²)

集積型保護ファミリ

可変過電圧および過電流保護デバイスのMAX17608/MAX17609/MAX17610ファミリは、それらの集積型ソリューションの例を提供します。このファミリは低オン抵抗(210mΩ)のFETを内蔵しています。これらのデバイスは、ダウンストリームの回路を最大±60Vの正および負の入力電圧フォルトから保護します。過電圧ロックアウトスレッショルド(OVLO)は、オプションの外付け抵抗で5.5V~60Vの範囲の任意の電圧に調整します。また、低電圧ロックアウトスレッショルド(UVLO)は、オプションの外付け抵抗で4.5V~59Vの範囲の任意の電圧に調整します。これらのデバイスは、設定可能な最大1Aの電流制限保護を備えています。電流制限スレッショルドは、適切な抵抗をSETI端子に接続することによって設定可能です。MAX17608およびMAX17610は逆方向の電流フローをブロックするのに対し、MAX17609は電流が逆方向に流れることを許容します。これらのデバイスは、内部のオーバーヒートに対するサーマルシャットダウン保護も備えています。これらのデバイスは小型、12ピンTDFN-EPパッケージ(3mm x 3mm)で提供されます。これらのデバイスは-40°C~+125°Cの拡張温度範囲で動作します。

結論

電子的負荷は、停電や電圧変動、誘導性負荷スイッチング、および落雷の影響からの保護が必要です。このデザインソリューションでは標準的な保護ソリューションについて概説し、その低レベルの集積がPC基板スペースと高BOMの点で非効率性につながることを示しました。新しい集積型の、非常に柔軟な、低 $R_{DS(ON)}$ の保護ICファミリは、直接および逆方向電圧/電流保護を最小限の部品数とPC基板占有スペースで提供します。MAX17608、MAX17609、およびMAX17610によって「幌馬車隊」は強固な円陣を組み、負荷の周囲に防衛境界線を構築して安全性と信頼性を強化することができます。

さらに詳しく

[MAX17608: 4.5V~60V、1A、OV、UV、逆電圧プロテクタ、順方向/逆方向電流制限およびFLAG、UVOVフォルト内蔵](#)

[MAX17609: 4.5V~60V、1A、OV、UV、逆電圧プロテクタ、順方向電流制限およびFLAG、UVOVフォルト内蔵](#)

[MAX17610: 4.5V~60V、1A、OV、UV、逆電圧プロテクタ、順方向/逆方向電流制限およびFWD、REVフォルト内蔵](#)

デザインソリューションNo. 84

Rev 0; March 2018

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。

