

高電圧サージ・ストッパー（電源ラインのサージ電圧に対処する）

Alison Steer, Product Marketing Manager, Mixed Signal Products
Linear Technology Corporation

車や産業向け、また航空機向けなどのアプリケーションでは、数マイクロ秒から数百ミリ秒も続く高電圧スパイクが発生することがよくあります。これらのシステムで用いられる電子機器は、その過渡的な電圧スパイクに対して単にもちこたえればよいのではなく、スパイクが発生している間も正常に動作することが必要です。そして、長い電源ケーブルがあるシステムでは負荷電流が急激に変化することによる過渡応答の問題が発生します。負荷電流が大きな値（電流）から小さな値に変化するとケーブルの寄生インダクタンスのために（正方向の）高電圧スパイクを発生し、それがケーブルにつながるデバイスにダメージを与える場合があります。例えばリレー、スイッチ、半導体を用いた負荷の切り替えなどは負荷電流を急激に変化させます。（ di/dt が大きい = 単位時間あたりの電流の変化が大きい）また、電源と負荷の間に腐食した接続部があると電流を突然、しゃ断する場合があります。それもまた大きな変化（ di/dt ）を生みだします。いい例として車のロードダンプがあげられます。これは振動や腐食した端子のためにバッテリーとの接続が急に途切れることを意味します。

ロードダンプは数百ミリ秒ものサージ電圧を引き起こします。(図 1 参照) そのサージの高さ（電圧）は SAE(Society of Automotive Engineers)によると 125V にも達するとのことです。一般的なロードダンプ波形は 5ms で立ち上がり、200ms の時定数で指数関数的に減衰していきます。産業向けアプリケーションにおいても、ソレノイドやモータにより同様の現象が発生します。

Load Dump Transient Waveform

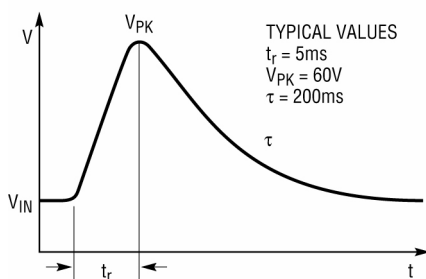


図 1：一般的なロードダンプ波形

通常、車にはさまざまな電子機器が搭載されており、信頼性の高いものでなければなりません。さらに近年では高機能な民生デバイス、例えば、スマートフォンやノート PC、MP3 プレイヤー、GPS などデータを取り扱う機器が車のシガーソケットから充電されます。これらは充電中（接続されてる期間中）繰り返し発生する瞬間的な過電圧（スパイク）から保護されなければなりません。不十分な保護では性能の劣化や故障を引き起こし、交換といったコストが発生します。

精密な電子機器をどのように保護するか、は技術者が取り組む難しい課題です。従来はこのような保護は大きなサイズのコンデンサ、TVS ダイオード、ヒューズなどを用いて行われてきました。しかし、このような個別素子による対策は大きな実装面積が必要で、実用的でない場合があります。

リニアテクノロジー社はこのような課題に対して、2007年に初めてのサージ・ストッパー製品である LT4356 をリリースしました。LT4356 は 4V から 80V の電圧範囲で動作し、入力ピンは-60V の逆電圧にも耐えることができます。過電圧過渡状態が発生している間、出力側の電圧はユーザが指定した電圧にクランプすることができます。(OUT ピンに接続される抵抗分圧器でクランプ電圧を調整する) LT4356 は、その入力ピンに抵抗と TVS ダイオードを用いた過電圧保護回路を外付けすることによって、絶対最大動作電圧である 100V を超えるサージも抑圧できます(図 2 参照)。ただし、電流検出回路が MOSFET の上流側(入力側)に配置されているので、100V 以上の過渡電圧に対する保護を行おうとする場合は過電流保護が使用できなくなります。

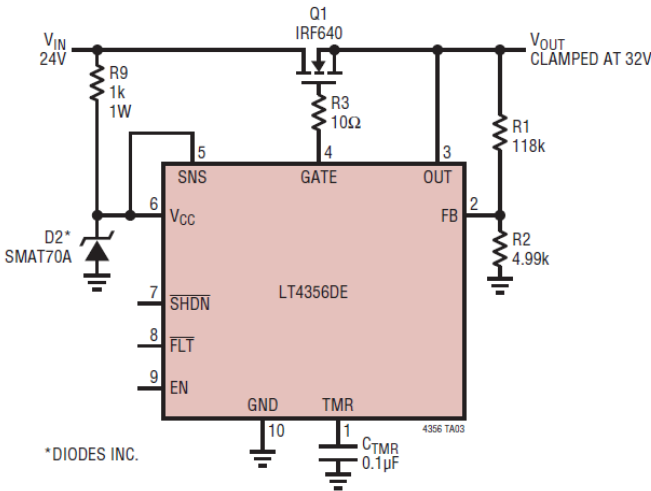


図 2: 150V の入力に耐えられる LT4356

リニアテクノロジーのサージ・ストッパー・ファミリに 2 つのデバイスが新たに加わりました。一つは LTC4366 で高電圧フローティング・サージ・ストッパー。もう一つは LT4363 で過電流保護機能付きの高電圧サージ・ストッパーです。LTC4366 は 100V 以上の電圧で常時動作するシステム、あるいは非常に大きな過渡電圧(>200V)に対する保護が必要なシステムに対応できるように設計されています(図 3 参照)。LT4363 は LT4356 の後継版デバイスです。LT4363 は過電流検出回路を外付け FET の下流側(出力側)に移動させることにより過電流保護機能を有効にしたまま 100V 以上の過渡電圧に対する保護も可能にしました。(図 4 参照)。

しかし、LT4363 の絶対最大定格は LT4356 と同様 100V ですので、もし、100V 以上の過渡電圧保護に使用する場合には、図 4 のように抵抗と TVS ダイオードが必要です。一方、LTC4366 は LT4356 とは異なりフローティング構成となっているので(外付けの抵抗によって電源に対してフローティング状態になることができる)高電圧サージからの保護に使用することができます。そのため LT4366 の動作電圧の上限値は、用いる外付け抵抗の値が十分に大きいかどうかと、使用する外付け MOSFET の定格(主には許容損失。サージ電圧を、設定された電圧にクランプするため MOSFET で電力損失が発生する)のみで決まります。

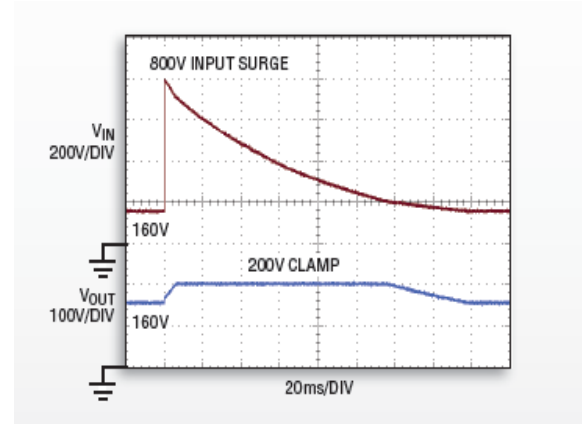
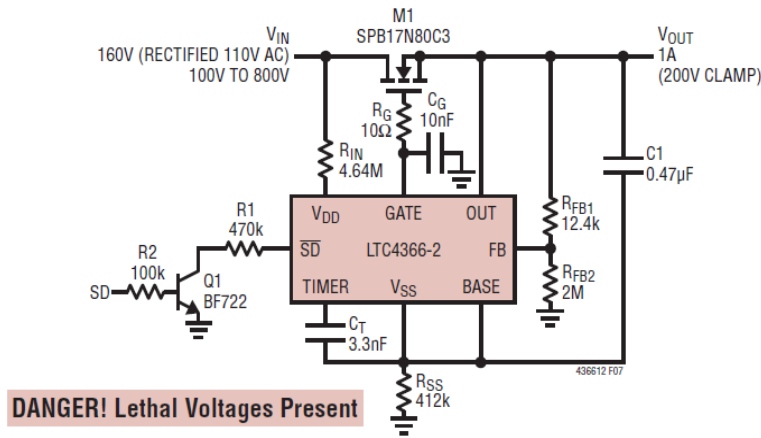


図 3: LTC4366 による高電圧フローティング・サージ・ストッパー

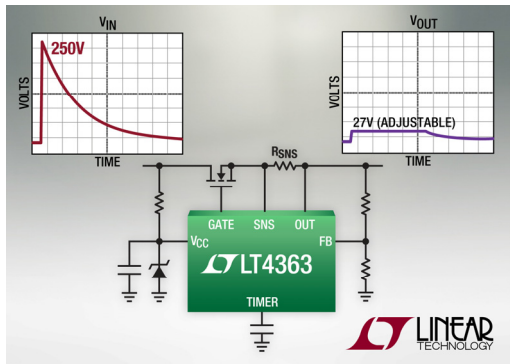


図 4: LT4363 による過電流保護機能付きの高電圧サージ・ストッパー

特長と利点:

LT4363 と LTC4366 には、以下のような共通の特長と、それぞれのデバイスに特有の利点があります。

- 広い動作範囲:
 - LT4363 は広い動作範囲(4V~80V)をもちコールドクランク状態 (バッテリー電圧が 4V のような低い値の状態) となったような場合であっても動作し続けることができます。また、LT4363 は広動作範囲のホット・スワップ(Hot Swap)TMコントローラとしても使用できます。絶対最大定格である 100V 以上の過電圧過渡状態の保護に LT4363 を使用する場合には TVS ダイオードと抵抗を用いることで可能です。
 - LTC4366 は 9V から 500V 以上の広範囲で動作可能です。フローティング回路構成により非常に高い電圧での動作を可能としています。動作可能範囲の上限電圧は、外付け抵抗の値が十分に大きいかどうか、および、外付け MOSFET の定格が十分であるかどうかによってのみ決まります。LTC4366 はコールドクランク状態が発生するアプリケーションには用いることができませんが、エンジン始動時には動作する必要がない車載システム(娯楽系のアプリケーション、GPS)が数多くありますので、それらに使用できます。

- 過電圧保護
 - 本デバイスの下流側（出力側）に配置された重要で高価な電子機器を保護します。過渡電圧変動が発生している最中に、いくらの電圧で出力を保護（クランプ）するかは調整可能なので回路に合わせた使い方ができます。従って、低電圧向けのアプリケーションでは、LT4356 を配置するだけで下流側に耐圧の高い電子部品を採用することが不要となりコストを削減することができます。また LT4363 は、過電圧(OV)および低電圧(UV)コンパレータ入力を備えており、入力電圧がこれらのしきい値（調整可能）の範囲外であるときにはオートリトライ（自動再起動）が禁止されます。（外付け MOSFET は OFF のまま）LT4363 および LTC4366 のどちらも、オートリトライの前には長い冷却期間が 設けられており、過渡電圧変動が連続で発生する状況下において、外付け MOSFET の電力損失が過度に大きくなりすぎるのを防ぎます。
- 調整可能なフォルト・タイマ
 - LT4363/LTC4366 は調整可能なフォルト・タイマを備えており、外付け MOSFET の電力損失を制限することが可能です。フォルト状態（過渡電圧が発生しているが MOSFET は ON してる状態。出力電圧がクランプされてる状態）となっている間、LT4363/LTC4366 は TIMER ピンに接続された外付けコンデンサを定電流で充電します。この外付けコンデンサの静電容量を調整することにより安全動作領域(SOA)が小さい MOSFET を使うこともできます。競合製品で調整可能タイマの機能を備えているものはありません。
- フォルト出力インジケータ
 - LT4363 では、過電圧や過電流によるフォルト状態が引き続き発生し、外付け FET が OFF になる前には警告としてフォルト出力を発します。
- 過電流保護
 - LT4363 はしきい値を可変できる電流制限機能を持ち、負荷短絡や過大な負荷電流に対する保護が可能です。後段（出力側）に配置される外付け電流センス抵抗の両端電圧をモニタすることで過電流から保護します。過電流状態が発生している間、LT4363 の GATE ピンを用いて、この電流センス抵抗に流れる電流を調整（制限）します。TIMER ピンは過電圧保護の場合と同様に外付けコンデンサを定電流で充電しますが、その充電電流は外付け MOSFET の両端電位差に依存し、電位差が大きい場合はより大きな定電流で充電します。この機能により MOSFET の電力損失が大きい状況下では、より短時間で MOSFET を OFF することができます。
- 突入電流の制限
 - GATE ピンのスルーレートを制御することによって、アプリケーションの電源投入時の電流スパイク（MOSFET を通って出力へ流れる）を防ぎます。
- -60V までの逆電圧保護
 - LT4363 は-60V までの逆電圧に耐え、また、逆電圧により負荷側がダメージを受けないよう保護することが可能です(バック・トゥ・バック FET を使用)。従って、逆電圧保護のためのブロッキング・ダイオードを用いる必要がなく、ブロッキング・ダイオードによる電力損失、熱の発生、有効な電源電圧の低下（ダイオードによる電圧ドロップ）といった望ましくない現象を防ぐことができます。特に、コールドクランク発生時においては、余分な電圧降下は望ましくありません。

- 低いシャットダウン電流(<20uA)
 - 例えば車に使用される場合、長期間駐車しているときに車載バッテリーの電力を消費することを極力防ぎます。また、携帯型のアプリケーションでも同様に電力消費を抑えることができ、バッテリーの寿命が延びます。
- 強大なゲート・シンク電流
 - GATE ピンは強力なプルダウン能力(>150mA)をもち、フォルト発生時に高速な応答（外付け MOSFET を OFF）を確実なものとしします。
- -40°C~+125°C の動作温度範囲
 - 動作可能温度範囲が広いので車や産業用アプリケーションでも使用可能です。
-55°C 対応の軍用プラスチック・バージョンについては リニアテクノロジーにお問い合わせください。

マーケット:

リニアテクノロジーのサージ・ストッパー製品は、小型でパフォーマンスの高い入力保護製品として、産業用、航空用、自動車用市場など、さまざまな分野に使用することができます。

LTC4366 のアプリケーションには、燃料電池、産業用および軍用システム。またサーバにおける高電圧の DC 分配器などがあります。

LT4363 は、バッテリー駆動の、または電源状態が不安定になる可能性のあるあらゆる民生機器、自動車、産業、航空、通信、および軍用アプリケーションに適合します。

表 1: リニアテクノロジーの高電圧サージ・ストッパー・ファミリ

Part Number	Operating Range	V _m Max	Reverse Protection	Overcurrent Protection	Comments	Package Options
LT4356	4V to 80V	100V	-60V	Yes, <100V	Surge Stopper with Auxiliary Amplifier	4mm × 3mm DFN, MSOP-10, SO-16
LT4363	4V to 80V	100V	-60V	Yes, >100V	High Voltage Surge Stopper with Current Limit	4mm × 3mm DFN, MSOP-12, SO-16
LTC4365	2.5V to 34V	60V	-40V		UV, OV and Reverse Supply Protection Controller	3mm × 2mm DFN, TSOT-8
LTC4366	9V to >500V	Unlimited	Yes		Floating Surge Stopper	3mm × 2mm DFN, TSOT-8