

故障保護スイッチ用のセカンダリ故障時電源の生成

Paul O'Sullivan 著

はじめに

アナログ・デバイセズの新しい故障保護スイッチ・シリーズ (ADG5462F、ADG5243F、ADG5248F、ADG5249F) を使用すれば、ユーザー定義の故障保護レベルが実現します。デバイス上の2つのセカンダリ電源である POSFV と NEGfV は、保護に必要なセカンダリ電源であり、過電圧保護機能が起動するレベルを設定します。POSFV には $4.5\text{ V} \sim V_{DD}$ の電圧を供給し、NEGfV には $V_{SS} \sim 0\text{ V}$ の電圧をそれぞれ供給することができます。個別のセカンダリ電源を使用しない場合は、これらのピン (POSFV と NEGfV) を V_{DD} (POSFV) と V_{SS} (NEGfV) に接続する必要があります。この場合、過電圧保護機能は、プライマリ電源電圧により起動されます。ソース入力の電圧が POSFV または NEGfV をスレッシュホールド電圧 V_T だけ上回ると、チャンネルがオフになります。または、デバイスに電力を供給していない場合、チャンネルはオフ状態を維持します。チャンネルがオフ状態の間、ソース入力は高インピーダンスを維持します。

セカンダリ電源 (POSFV と NEGfV) は、故障保護機能を動作させるために必要な電流を供給するため、低出力インピーダンス電源である必要があります。このため、これらはメインの電源レールにない抵抗分圧器から生成できません。このアプリケーション・ノートでは、システム要件に応じてセカンダリ電源レールを生成するオプションのいくつかについて説明します。また、各電源構成オプションのメリットとデメリットについても説明します。

故障保護の概要

内部回路を使用すると、ソース・ピンの電圧を POSFV および NEGfV と比較することにより、スイッチで過電圧入力を検出できます。信号がセカンダリ電源電圧から電圧閾値 (V_T) だけ超えると、その信号は過電圧と見なされます。スレッシュホールド電圧は 0.7 V (typ) ですが、 $-40\text{ }^\circ\text{C}$ での 0.8 V から $+125\text{ }^\circ\text{C}$ での 0.6 V までの範囲を取り得ます。

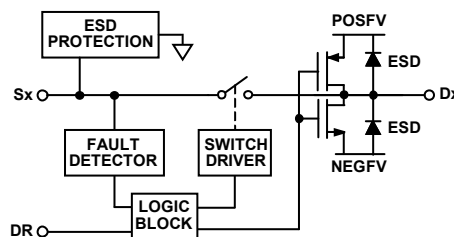


図 1. スイッチ・チャンネルと制御機能

ソース・ピン (S_x) で過電圧状態が検出されると、スイッチが自動的に開き、ソース・ピンのインピーダンスが高くなり、スイッチに電流が流れなくなります。その後、ドレイン・ピンは超過した電源に駆動されるか、オープン・サーキットになります。どちらになるかは デバイスと DR ピンの構成によって決まります。

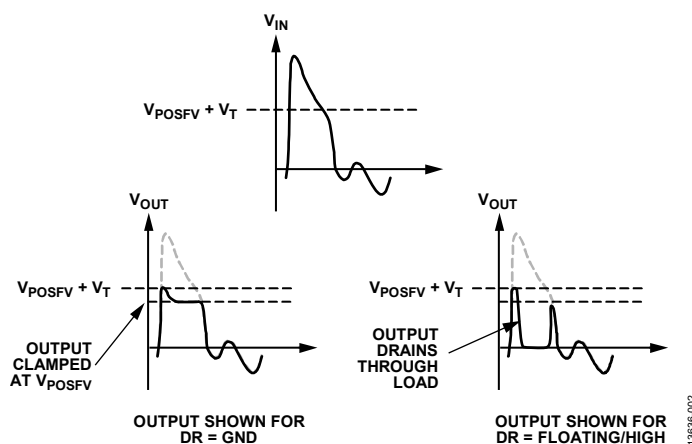


図 2. ADG5462F 故障状態時のドレイン出力応答

アナログ・デバイセズ社は、提供する情報が正確で信頼できるものであることを期していますが、その情報の利用に関して、あるいは利用によって生じる第三者の特許やその他の権利の侵害に関して一切の責任を負いません。また、アナログ・デバイセズ社の特許または特許の権利の使用を明示的または暗示的に許諾するものでもありません。仕様は、予告なく変更される場合があります。本紙記載の商標および登録商標は、それぞれの所有者の財産です。※日本語版資料は REVISION が古い場合があります。最新の内容については、英語版をご参照ください。

Rev. 0

©2016 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

アナログ・デバイセズ株式会社

本社 / 〒105-6891 東京都港区海岸 1-16-1 ニューピア竹芝サウスタワービル
電話 03 (5402) 8200
大阪営業所 / 〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原 3-5-36 新大阪トラストタワー
電話 06 (6350) 6868

目次

はじめに	1	POSFV/NEGFV に個別の低インピーダンス電源を使用	4
故障保護の概要	1	プライマリ電源レールからセカンダリ電源レールへのダイオードの追加	5
目次	2	ツェナー・ダイオードの逆方向ブレイクダウン電圧を使用した POSFV/NEGFV の構成	5
改訂履歴	2	まとめ	6
ADG5462F チャンネル・プロテクタを使用したデータ・アキュイジション・シグナル・チェーン	3		
POSFV/NEGFV 構成オプション	4		
POSFV を V_{DD} に接続し、NEGFV を V_{SS} (または GND) に接続	4		

改訂履歴

12/15—Revision 0:初版

ADG5462F チャンネル・プロテクタを使用したデータ・アキュイジション・シグナル・チェーン

図3に、ADG5462F チャンネル・プロテクタを使用したデータ・アキュイジション・シグナル・チェーンの一部を示します。PGAは±15V電源レールを使用して、最適なアナログ性能を実現します。A/Dコンバータ（ADC）の下流の入力信号範囲は0V～5Vです。

チャンネル・プロテクタは、プログラマブル・ゲイン・アンプ（PGA）とA/Dコンバータ（ADC）の間にあり、通常動作時は信号の通過を許可し、PGAからの過電圧出力を0V～5VにクランプしてADCを保護します。

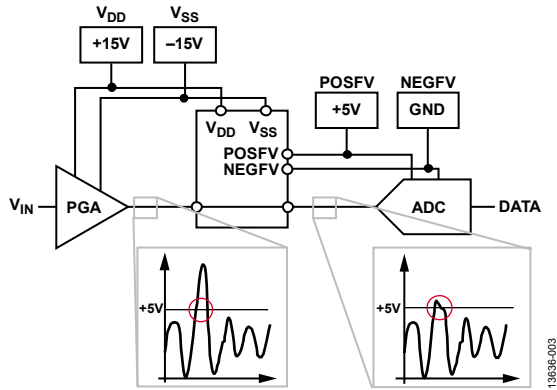


図3. ADG5462F チャンネル・プロテクタ・アプリケーションの例

図4に、ADG5462F チャンネル・プロテクタで、独立したプライマリ電源とセカンダリ電源を使用するメリットについて示します。この例でADC信号範囲は0V～5Vです。5.5V単電源でスイッチを使用すると、信号範囲全体にわたってスイッチのオン抵抗（ R_{ON} ）の変動が大きくなり、THD+Nなどのシステム性能仕様に悪影響を与えます。スイッチのフラットな R_{ON} 領域を±15Vのプライマリ電源で利用すると、システム性能が最適化されます。ADCはセカンダリ電源レールによって設定された閾値により保護されます。

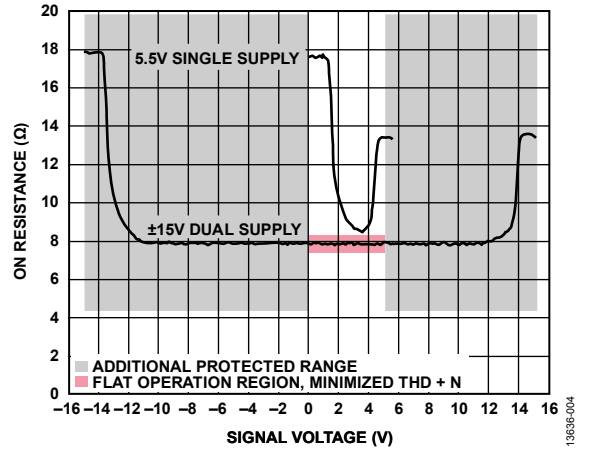


図4. フラットな R_{ON} 動作範囲

POSFV/NEGFV 構成オプション

POSFV および NEGFV 故障電源の構成には、多数の方法があります。主な考慮事項は次のとおりです。

- 必要なアナログ・スイッチ性能: プライマリ電源レールの要件を設定します
- 下流コンポーネントに必要な故障保護レベル: セカンダリ・レールの電圧要件を設定します
- 他のシステム電源レールの可用性: POSFV/NEGFV 電源を生成する要件を決定します

以降のセクションでは、さまざまなオプションについて詳細に説明します。

POSFV を V_{DD} に接続し、NEGFV を V_{SS} (または GND) に接続

POSFV を V_{DD} に接続し、NEGFV を V_{SS} (または GND) に接続する方法は最も簡単な構成で、故障閾値はプライマリ電源レールと同じ電圧に設定されます。故障が発生した場合、ドレイン・ピンは $V_{DD} + 0.7V$ または $V_{SS} - 0.7V$ にクランプされます。

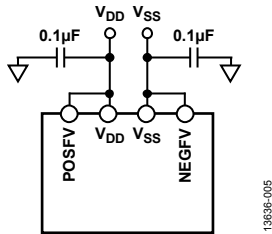


図 5. セカンダリ電源に短絡したプライマリ電源

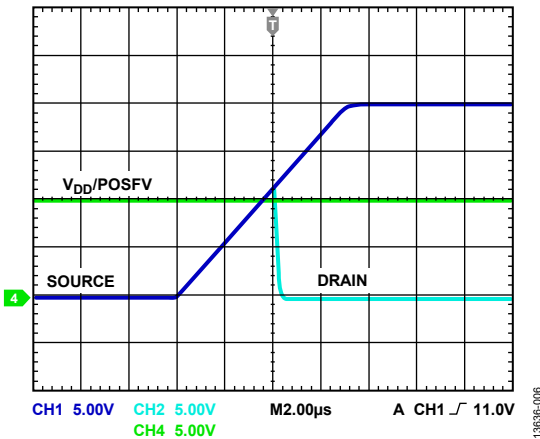


図 6. 正の過電圧に対するドレイン出力応答 (POSFV を V_{DD} に接続)

この構成には考慮すべきメリットとデメリットがあります。

電源を接続するメリット

これは最も簡単な構成です。追加の電源レールやディスクリート部品は必要ありません。

電源を接続するデメリット

保護電圧要件を満たすように V_{DD}/V_{SS} 範囲を狭めると、 V_{DD}/V_{SS} 範囲が広い場合よりも R_{ON} 性能が最適化されません。さらに、ドレイン・ピンは故障状態時にスイッチがオフになる前に $V_{DD}/POSFV$ よりも約 $0.7V$ 高い電圧にクランプされます。このため、 V_{DD} を超えるわずかなオーバーシュートが短時間 (約 $500ns$) 発生し、下流のデバイスに現れます。図 7 のスコープ・プロットに示すように、このエネルギーの量は、 $1kV$ ESD パルスよりも大幅に小さいため、システムで問題が発生することはありません。

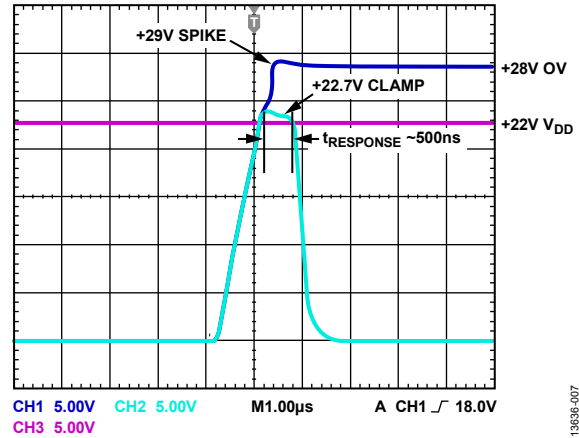


図 7. 故障状態時のオーバーシュート

POSFV/NEGFV に個別の低インピーダンス電源を使用

POSFV/NEGFV に個別の低インピーダンス電源を使用することは、多くのアプリケーションにおいてデフォルトの動作モードです。ADG5462F チャンネル・プロテクタを使用したデータ・アキュイジション・シグナル・チェーンで前述した例には、PGA 用の $\pm 15V$ 電源と ADC 用の $+5V/GND$ 電源など、ユーザーが使用できる適切な電源レールがあります。このような場合、最適なアナログ性能を得られるように幅広い電源範囲が使用され、セカンダリ電源は期待される信号範囲を超える過電圧故障から下流コンポーネントを保護します。

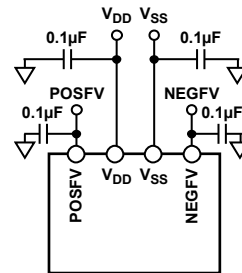


図 8. 個別の低インピーダンス・セカンダリ電源レール

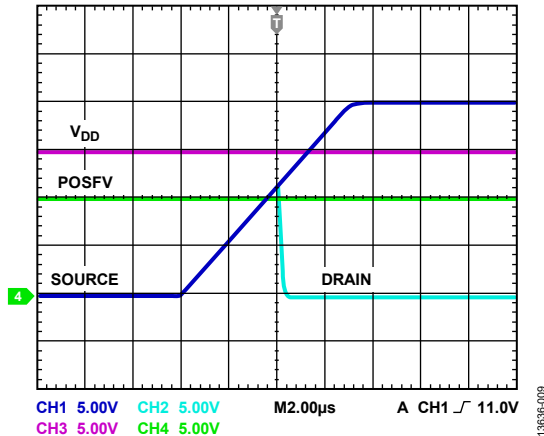


図 9. 正の過電圧に対するドレイン出力応答
(専用の POSFV 電源レール)

この構成には考慮すべきメリットとデメリットがあります。

個別の電源を使用するメリット

個別の電源を使用することで最適な R_{ON} 性能を發揮できます。さらに、下流にあるコンポーネントの特定の保護要件に応じて故障閾値を設定できます。

個別の電源を使用するデメリット

重要な考慮事項として、この構成では個別の低インピーダンス電源レールが必要であることが挙げられます。システム内で低インピーダンス電源レールを利用できない場合、DC/DC コンバータから生成するか、プライマリ電源のバッファ付き抵抗分圧器から生成する必要があります。

プライマリ電源レールからセカンダリ電源レールへのダイオードの追加

下流にあるコンポーネントがプライマリ電源レールを超える過電圧ストレスに非常に敏感なことがあります。このような場合、故障発生後に 500 ns 間にわたり、ドレイン・ピンが $V_{DD} + 0.7V$ にクランプされる動作が許容されないことがあります。クランプ電圧をおよそ V_{DD} 電圧レベルに下げることとして、 V_{DD} と POSFV の間にダイオードを追加する方法があります。POSFV が V_{DD} 未満のダイオード電圧に降下すると、故障閾値とクランプ電圧は V_{DD} 電圧にほぼ等しくなります。

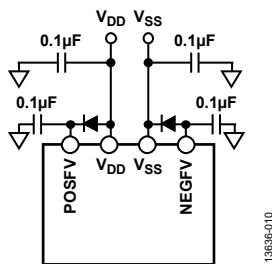


図 10. ダイオードが構成されたセカンダリ電源レール

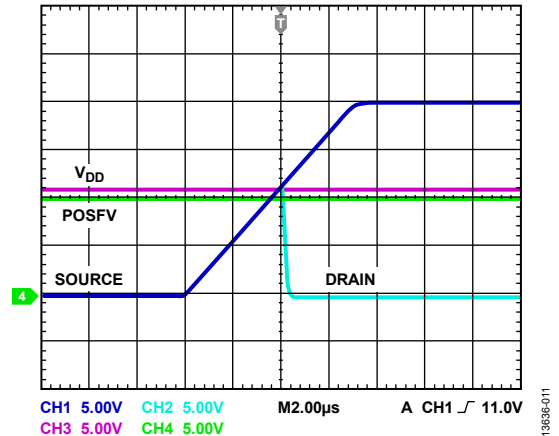


図 11. 正の過電圧に対するドレイン出力応答
(V_{DD} と POSFV の間にダイオードがある場合)

内部ドレイン・クランプ・ダイオードはセカンダリ電源を基準としていて、セカンダリ電源は低インピーダンス源による駆動ではないため、このソリューションはソース・ピンが瞬時に故障状態になる状況のみに適しています。上昇率/下降率の低下でソース・ピンが故障状態になった場合、POSFV または NEGfV ピンは故障とともに駆動され、故障電圧未満のダイオード電圧降下が維持されます。これにより、過電圧が検出されないことがあります。故障状態の上昇率/下降率が低下する場合は、大きな POSFV/NEGfV 安定化コンデンサが役立ちます。

この構成には考慮すべきメリットとデメリットがあります。

ダイオードを追加するメリット

プライマリ電源レールからセカンダリ電源レールにダイオードを追加すると、敏感な下流回路への V_{DD} を超えるオーバーシュートを制限できます。さらに、この構成は追加のシステム・レールを生成することなく、独自の故障閾値を設定します。

ダイオードを追加するデメリット

POSFV/NEGfV レールを生成するには、追加のディスクリート部品 (2つのダイオード) が必要です。また、信号範囲がわずかに低下する可能性があります (内部ダイオードと外部ダイオードの電圧降下が一致しない場合、プライマリ電源レール内で故障検出器がトリップすることがあります)。また、この構成は上昇率/下降率低下の故障状態に適していません。

ツェナー・ダイオードの逆方向ブレイクダウン電圧を使用した POSFV/NEGfV の構成

追加のカスタム電源レールを使用できない場合、システム設計者が POSFV および NEGfV 電源を生成する必要があります。これを行う方法の1つとして、プライマリ電源レールとセカンダリ電源レールの間にツェナー・ダイオードを使用し、POSFV/NEGfV 電源電流 (ツェナー電圧) による逆方向ブレイクダウン電圧を利用してセカンダリ・レールを構成する方法があります。

ツェナー・ダイオードは、2V 以上のブレイクダウン電圧ですぐに使用できるため、この方法であらゆる POSFV/NEGfV 電圧を生成できます。

ドレイン応答は、専用のセカンダリ電源レールがある場合とほぼ同じです（図9を参照）。ツェナー電圧はデバイスごとに多少異なり、温度によっても変化します。このため、POSFV / NEGfV 電圧（故障スレッシュホールド電圧）は専用の電源レールの場合のように的確にレギュレーションが実施されるわけではありません。ただし、故障閾値の範囲がアプリケーションにとって十分な場合は、セカンダリ電源レールを構成するための低コストで簡単な方法になります。

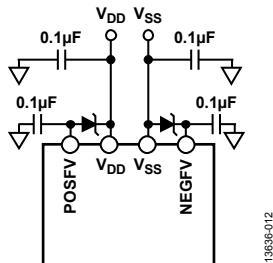


図 12. ツェナー・ダイオードが構成されたセカンダリ電源レール

この構成には考慮すべきメリットとデメリットがあります。

ツェナー・ダイオードを使用するメリット

ツェナー・ダイオード構成を使用すると、追加のシステム・レールを生成することなく独自の故障閾値を設定できます。

ツェナー・ダイオードを使用するデメリット

ツェナー・ダイオード構成には、POSFV/NEGfV レールを生成するための追加のディスクリート部品が必要です。したがって、ツェナー電圧はデバイスごとに異なり、温度が故障閾値の精度に直接影響を与えます。ツェナー・ダイオード構成は、上昇率/下降率低下の故障条件には適していません（前述したダイオード構成と同様）。

まとめ

故障保護スイッチにより、スイッチがオフになる特定の故障閾値を設定できます。幅広いプライマリ電源電圧を設定できるので、このスイッチは最適なアナログ性能を発揮できます（例えば、よりフラットで低い R_{ON} ）。より低い故障スレッシュホールド電圧が必要な場合は、これらの閾値を生成するために POSFV と NEGfV に個別の低インピーダンス電源が必要です。