

# 電流に関する複数の異常状況の監視

Dennis Hudgins、電流センシング製品担当者



PCB設計が正しく動作していることを確認するとき、エンジニアが最初に調べるパラメータの1つは動作電流です。動作電流を調べることで、エンジニアは基盤のどこかが短絡しているか、デバイスのいずれかが破損しているか、場合によってはソフトウェアが期待したように実行されているかどうかを直ちに判定できます。電流センシング・アンプとADCを使用する従来の手法では、電流の想定外の状況を監視するとき、必要な警告応答時間が得られません。また、ADCを使用して過電流警告スレッシュホールドを監視するには、ADCとホスト・プロセッサとの間で常時通信が必要で、システムに不要な負荷が発生する可能性があります。

電流の想定外の状況に必要な応答時間を実現するには、電流が指定の閾値を超過したときに検出するためのアナログ・コンパレータが必要です。しかし、システムの状態を判定し、想定外の電流に対して適切なシステム応答を行うため、多くの場合は1つの警告レベルだけでは不十分です。この条件を処理するため、図1に示す回路を使用して、電流について複数の異常な状態を監視できます。

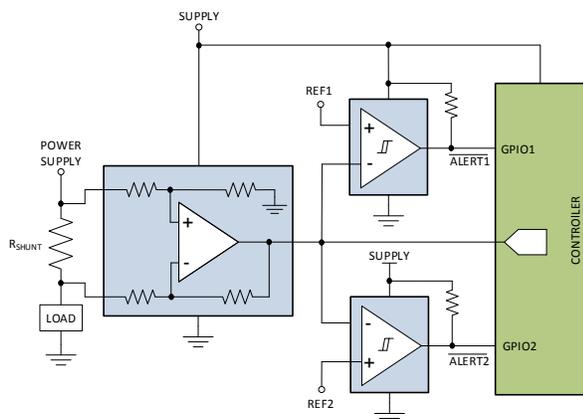


図 1. ディスクリートによる複数の過電流イベントの検出

この回路は、電流センシング・アンプ、2つのコンパレータ、2つの基準電圧の、合計5つのデバイスで構成されます。図1に示されている別々の実装では、目的の警告応答時間

を得るために、コンパレータを注意深く選択する必要があります。応答時間が遅いと、システムが対策を実行するために十分な時間がない可能性があります。一方で、応答時間が早すぎると、誤った警告が発生し、システムがシャットダウンする恐れがあります。

ディスクリート設計上の問題点に対処できる、より単純な回路を、図2に示します。

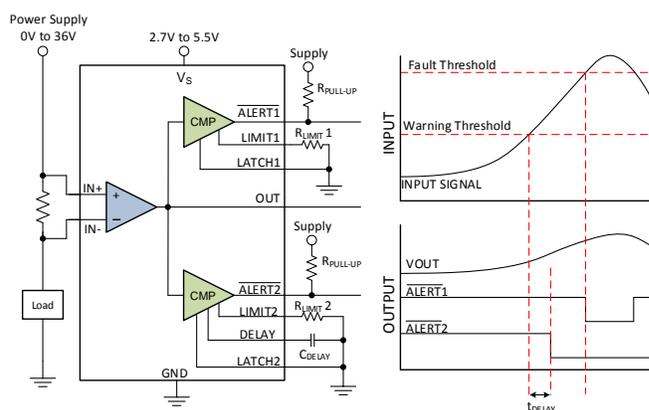


図 2. INA302 複数の過電流警告用のコンパレータ

INA302には、2つの異常状態を検出する機能が組み込まれています。低い方の異常検知は、過電流警告閾値と呼ばれ、高い方の異常検知は過電流フォルト閾値と呼ばれます。過電流警告閾値により、電流が高くなりすぎているが、まだフォルト閾値に達していない状況を検出できます。フォルト閾値に達すると、システムのシャットダウンが開始されます。電流が警告閾値を超えたとき、システムはサブ回路のデイスレーブル、電源電圧のコントロール、またはクロック周波数の低減によりシステムの合計電流を減らし、システム消費電力を低減して、フォルト状況を回避できます。過電流フォルト状況が発生した場合、それ以後のシステムへの損害や誤動作を防止するため、即座に応答することが重要です。

部品数を最小化して使いやすくするため、INA302の警告閾値は外付け抵抗一つで設定されます。フォルト閾値は、システムで消費が予測されるワーストケースの電流よりも大きな値に設定する必要があります。電流がこの閾値を超えると、INA302の警告ピンは1μs以内に応答します。警告閾値の値はアプリケーションによって異なりますが、通常は予定動作電流よりも大きな値にします。警告閾値の応答時間は、外付けのコンデンサによって3μs～10sの範囲で調整できます。

警告閾値の遅延時間を適切に設定すると、過電流警告閾値を最大DC動作電流に近い値に設定しながら、同時に短時間の電流スパイクやノイズによる誤った動作を回避できます。フォルトと警告の閾値の間に大きな差を設けると、フォルト閾値を超える前にシステムが予防措置を実行するための時間が得られます。

一部のシステムでは、警告閾値を超えても、警告がトリガされる前に一定時間の動作がうまれます。このようなアプリケーションの例として、プロセッサへの電源電流の監視があります。プロセッサは、重要な動作を行っているとき、計算のスループットを最大化するために、通常最大の電流レベルを超える動作が短時間に必要になることがあります。設定済みの遅延時間の経過後に、電流が警告閾値を超えている場合は、警告出力がLOWにされてホスト・プロセッサへの通知が行われ、過熱が起きる前に電圧またはクロック周波数を引き下げることができます。

一部のシステムでは、電流が低くなりすぎたときの検出にも役立つことがあります。このようなアプリケーションのため、図3に示すINA303は、過電流と低電流の両方を検出できます。

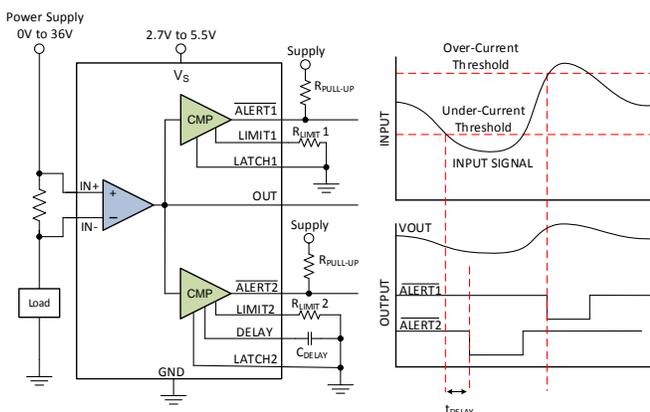


図 3. INA303 過電流および低電流検出

電流が過電流フォルト閾値を超えると、1μs以内にALERT1出力が応答します。ただし、電流が低電流閾値よりも低くなったときのALERT2の応答時間は、遅延コンデンサにより設定されます。

低電流の状況は、通常の動作でも短時間発生することがあります。ただし、低電流の状況が予想よりも長く続いた場合、デバイスの損傷や、システムに障害が発生しつつあることの可能性があります。この場合、警告出力によりこの状況をシステムへ通知し、システムに障害が発生する前にフォルト処理手順を実装できます。

低電流検出の別の使用方法として、システムの状態が正常であるという確認があります。一部のシステムは、電流が通常の動作範囲よりも低下すると、低消費電力モードに移行します。この場合、低電流警告出力を使用して、システムが実際にシャットダウン状態に移行したことをホストへ通知できます。

一部の設計では、電流が予測される動作範囲外であるという通知が必要としない場合もあります。このような場合、図4に示すように、INA303の2つの警告出力を互いに接続し、ウィンドウ・モードで実行するよう構成できます。このモードでは警告出力は1つで、電流が通常の動作ウィンドウ内である限りHIGHに維持されます。

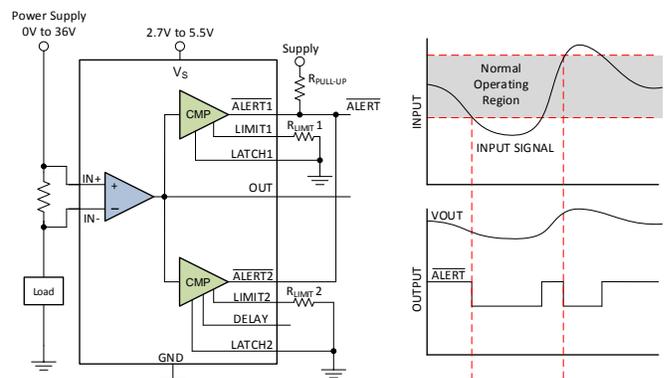


図 4. INA303のウィンドウ・モード動作

### その他の推奨デバイス

デジタル電流監視が必要なアプリケーションでは、INA226が最適なデバイスです。単一のデジタル警告出力のみが必要な場合は、INA300が最適なデバイスで、パッケージは小型の2mm×2mm QFNパッケージです。アナログ電流信号に加えて、単一の警告出力だけが必要なアプリケーション向けには、INA301が電流を極めて正確に監視し、1μs以内で警告応答を行うことが出来ます。

**表 1. その他の推奨デバイス**

Device	Optimized Parameter	性能のトレードオフ
<a href="#">INA226</a>	デジタル電流監視	精度
<a href="#">INA300</a>	2mm×2mmのQFNパッケージ	単一の警告
<a href="#">INA301</a>	MSOP-8パッケージ、単一の警告とアナログ監視	単一の警告

**表 2. 関連するTI TechNote**

<a href="#">SBOA162</a>	電流の測定による異常状況の検出
<a href="#">SBOA163</a>	ハイサイド・モータ電流の監視による過電流保護
<a href="#">SBOA167</a>	電流センシング信号パスのインテグレーション

## TIの設計情報およびリソースに関する重要な注意事項

Texas Instruments Incorporated ("TI")の技術、アプリケーションその他設計に関する助言、サービスまたは情報は、TI製品を組み込んだアプリケーションを開発する設計者に役立つことを目的として提供するものです。これにはリファレンス設計や、評価モジュールに関する資料が含まれますが、これらに限られません。以下、これらを総称して「TIリソース」と呼びます。いかなる方法であっても、TIリソースのいずれかをダウンロード、アクセス、または使用した場合、お客様(個人、または会社を代表している場合にはお客様の会社)は、これらのリソースをここに記載された目的のみに使用し、この注意事項の条項に従うことに合意したものとします。

TIによるTIリソースの提供は、TI製品に対する該当の発行済み保証事項または免責事項を拡張またはいかなる形でも変更するものではなく、これらのTIリソースを提供することによって、TIにはいかなる追加義務も責任も発生しないものとします。TIは、自社のTIリソースに訂正、拡張、改良、およびその他の変更を加える権利を留保します。

お客様は、自らのアプリケーションの設計において、ご自身が独自に分析、評価、判断を行う責任がお客様にあり、お客様のアプリケーション(および、お客様のアプリケーションに使用されるすべてのTI製品)の安全性、および該当するすべての規制、法、その他適用される要件への遵守を保証するすべての責任をお客様のみが負うことを理解し、合意するものとします。お客様は、自身のアプリケーションに関して、(1) 故障による危険な結果を予測し、(2) 障害とその結果を監視し、および、(3) 損害を引き起こす障害の可能性を減らし、適切な対策を行う目的での、安全策を開発し実装するために必要な、すべての技術を保持していることを表明するものとします。お客様は、TI製品を含むアプリケーションを使用または配布する前に、それらのアプリケーション、およびアプリケーションに使用されているTI製品の機能性を完全にテストすることに合意するものとします。TIは、特定のTIリソース用に発行されたドキュメントで明示的に記載されているもの以外のテストを実行していません。

お客様は、個別のTIリソースにつき、当該TIリソースに記載されているTI製品を含むアプリケーションの開発に関連する目的でのみ、使用、コピー、変更することが許可されています。明示的または黙示的を問わず、禁反言の法理その他のような理由でも、他のTIの知的所有権に対するその他のライセンスは付与されません。また、TIまたは他のいかなる第三者のテクノロジーまたは知的所有権についても、いかなるライセンスも付与されるものではありません。付与されないものには、TI製品またはサービスが使用される組み合わせ、機械、プロセスに関連する特許権、著作権、回路配置利用権、その他の知的所有権が含まれますが、これらに限られません。第三者の製品やサービスに関する、またはそれらを参照する情報は、そのような製品またはサービスを利用するライセンスを構成するものではなく、それらに対する保証または推奨を意味するものでもありません。TIリソースを使用するため、第三者の特許または他の知的所有権に基づく第三者からのライセンス、あるいはTIの特許または他の知的所有権に基づくTIからのライセンスが必要な場合があります。

TIのリソースは、それに含まれるあらゆる欠陥も含めて、「現状のまま」提供されます。TIは、TIリソースまたはその仕様に関して、明示的か暗黙的にかかわらず、他のいかなる保証または表明も行いません。これには、正確性または完全性、権原、続発性の障害に関する保証、および商品性、特定目的への適合性、第三者の知的所有権の非侵害に対する黙示の保証が含まれますが、これらに限られません。

TIは、いかなる苦情に対しても、お客様への弁済または補償を行う義務はなく、行わないものとします。これには、任意の製品の組み合わせに関連する、またはそれらに基づく侵害の請求も含まれますが、これらに限られず、またその事実についてTIリソースまたは他の場所に記載されているか否かを問わないものとします。いかなる場合も、TIリソースまたはその使用に関連して、またはそれらにより発生した、実際の、直接的、特別、付随的、間接的、懲罰的、偶発的、または、結果的な損害について、そのような損害の可能性についてTIが知らされていたかどうかにかかわらず、TIは責任を負わないものとします。

お客様は、この注意事項の条件および条項に従わなかったために発生した、いかなる損害、コスト、損失、責任からも、TIおよびその代表者を完全に免責するものとします。

この注意事項はTIリソースに適用されます。特定の種類の資料、TI製品、およびサービスの使用および購入については、追加条項が適用されます。これには、半導体製品(<http://www.ti.com/sc/docs/stdterms.htm>)、評価モジュール、およびサンプル(<http://www.ti.com/sc/docs/sampterm.htm>)についてのTIの標準条項が含まれますが、これらに限られません。

## TIの設計情報およびリソースに関する重要な注意事項

Texas Instruments Incorporated ("TI")の技術、アプリケーションその他設計に関する助言、サービスまたは情報は、TI製品を組み込んだアプリケーションを開発する設計者に役立つことを目的として提供するものです。これにはリファレンス設計や、評価モジュールに関係する資料が含まれますが、これらに限られません。以下、これらを総称して「TIリソース」と呼びます。いかなる方法であっても、TIリソースのいずれかをダウンロード、アクセス、または使用した場合、お客様(個人、または会社を代表している場合にはお客様の会社)は、これらのリソースをここに記載された目的にのみ使用し、この注意事項の条項に従うことに合意したものとします。

TIによるTIリソースの提供は、TI製品に対する該当の発行済み保証事項または免責事項を拡張またはいかなる形でも変更するものではなく、これらのTIリソースを提供することによって、TIにはいかなる追加義務も責任も発生しないものとします。TIは、自社のTIリソースに訂正、拡張、改良、およびその他の変更を加える権利を留保します。

お客様は、自らのアプリケーションの設計において、ご自身が独自に分析、評価、判断を行う責任がお客様にあり、お客様のアプリケーション(および、お客様のアプリケーションに使用されるすべてのTI製品)の安全性、および該当するすべての規制、法、その他適用される要件への遵守を保証するすべての責任をお客様のみが負うことを理解し、合意するものとします。お客様は、自身のアプリケーションに関して、(1) 故障による危険な結果を予測し、(2) 障害とその結果を監視し、および、(3) 損害を引き起こす障害の可能性を減らし、適切な対策を行う目的での、安全策を開発し実装するために必要な、すべての技術を保持していることを表明するものとします。お客様は、TI製品を含むアプリケーションを使用または配布する前に、それらのアプリケーション、およびアプリケーションに使用されているTI製品の機能性を完全にテストすることに合意するものとします。TIは、特定のTIリソース用に発行されたドキュメントで明示的に記載されているもの以外のテストを実行していません。

お客様は、個別のTIリソースにつき、当該TIリソースに記載されているTI製品を含むアプリケーションの開発に関連する目的でのみ、使用、コピー、変更することが許可されています。明示的または黙示的を問わず、禁反言の法理その他どのような理由でも、他のTIの知的所有権に対するその他のライセンスは付与されません。また、TIまたは他のいかなる第三者のテクノロジーまたは知的所有権についても、いかなるライセンスも付与されるものではありません。付与されないものには、TI製品またはサービスが使用される組み合わせ、機械、プロセスに関連する特許権、著作権、回路配置利用権、その他の知的所有権が含まれますが、これらに限られません。第三者の製品やサービスに関する、またはそれらを参照する情報は、そのような製品またはサービスを利用するライセンスを構成するものではなく、それらに対する保証または推奨を意味するものでもありません。TIリソースを使用するため、第三者の特許または他の知的所有権に基づく第三者からのライセンス、あるいはTIの特許または他の知的所有権に基づくTIからのライセンスが必要な場合があります。

TIのリソースは、それに含まれるあらゆる欠陥も含めて、「現状のまま」提供されます。TIは、TIリソースまたはその仕様に関して、明示的か暗黙的にかかわらず、他のいかなる保証または表明も行いません。これには、正確性または完全性、権原、続発性の障害に関する保証、および商品性、特定目的への適合性、第三者の知的所有権の非侵害に対する黙示的保証が含まれますが、これらに限られません。

TIは、いかなる苦情に対しても、お客様への弁護または補償を行う義務はなく、行わないものとします。これには、任意の製品の組み合わせに関連する、またはそれらに基づく侵害の請求も含まれますが、これらに限られず、またその事実についてTIリソースまたは他の場所に記載されているか否かを問わないものとします。いかなる場合も、TIリソースまたはその使用に関連して、またはそれらにより発生した、実際の、直接的、特別、付随的、間接的、懲罰的、偶発的、または、結果的な損害について、そのような損害の可能性についてTIが知らされていたかどうかにかかわらず、TIは責任を負わないものとします。

お客様は、この注意事項の条件および条項に従わなかったために発生した、いかなる損害、コスト、損失、責任からも、TIおよびその代表者を完全に免責するものとします。

この注意事項はTIリソースに適用されます。特定の種類の資料、TI製品、およびサービスの使用および購入については、追加条項が適用されます。これには、半導体製品(<http://www.ti.com/sc/docs/stdterms.htm>)、評価モジュール、およびサンプル(<http://www.ti.com/sc/docs/sampterms.htm>)についてのTIの標準条項が含まれますが、これらに限られません。