

# Analog Engineer's Circuit

## 絶縁型の低電圧および過電圧検出回路



Data Converters

Scott Cummins

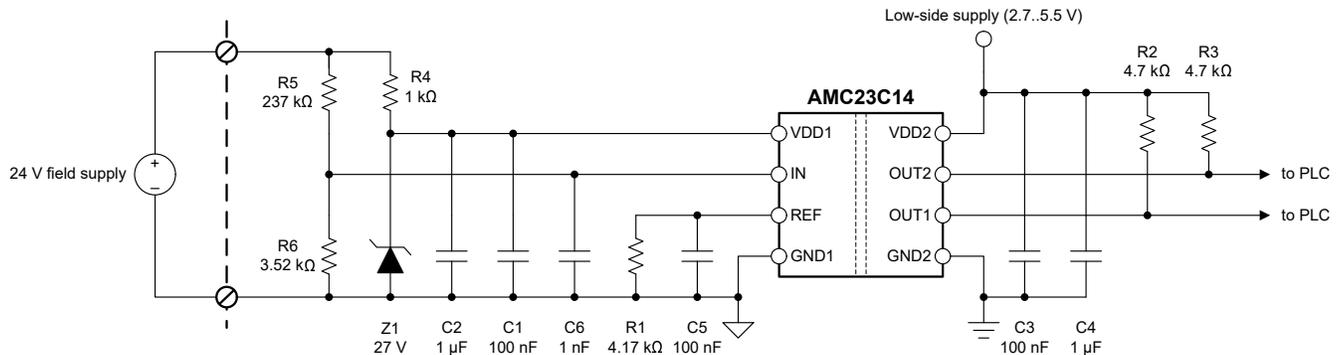
### 設計目標

過電圧レベル	低電圧レベル	ローサイド V <sub>DD</sub>	ハイサイド V <sub>DD</sub>	過渡応答時間
28.8 V	20.4 V	2.7 V~5.5V	24 V	360 ns

### 設計の説明

この高速な絶縁型の低電圧および過電圧検出回路は、スレッシュホールドを調整可能なデュアル絶縁型ウィンドウコンパレータ (AMC23C14) を使用して実装されています。この回路は、リモートモジュールの電源電圧が有効な範囲内かどうかをコントローラ側で検出する必要がある、産業用フィールド電源アプリケーション向けに設計されています。

AMC23C14 は、堅牢な強化絶縁性能と、100kV/μs (最小値) の高い CMTI、調整可能なデュアルウィンドウコンパレータのスレッシュホールド、広いハイサイド電源電圧範囲 (3V~27V)、拡張産業用温度範囲 (-40°Cから +125°C) の性能から選択されました。



低電圧および過電圧検出の回路図

## デザインノート

1. 誤差を最小化するため、分圧器 ( $R_5$  および  $R_6$ ) とスレッシュホールド設定抵抗 ( $R_1$ ) には高精度の抵抗を選択します。
2. AMC23C14 はフィールド電源から電力を供給され、ツェナー ダイオードとシャント抵抗によって 30V (絶対最大電源電圧) を超える電圧から保護されています。
3. 目的の動作電圧範囲に基づいて、分圧抵抗とスレッシュホールド設定抵抗を選択します。

## 設計手順

1. 電源が最小有効動作電圧の 20.4V (24V - 15%) を超えたとき、固定の内部 300mV スレッシュホールドをトリップするために必要な電圧分圧比を決定します。 $V_{supp}$  が必要な動作電圧である 24V のとき、電流が 100 $\mu$ A に設定されるよう、分圧抵抗の合計の抵抗値を決定します。

$$IN = V_{supp} \left( \frac{R_6}{R_5 + R_6} \right)$$

$$300 \text{ mV} = 20.4 \text{ V} \left( \frac{R_6}{R_5 + R_6} \right)$$

$$V_{supp} = 100 \mu\text{A} \times (R_5 + R_6)$$

$$24 \text{ V} = 100 \mu\text{A} \times (R_5 + R_6)$$

方程式系を解くと、 $R_5 = 236\text{k}\Omega$ 、 $R_6 = 3.52\text{k}\Omega$  が得られます。

- アナログ技術者向けカリキュレータを使用すると、最も近い E96 抵抗の値は 237k $\Omega$  と 3.48k $\Omega$  です。
2. 電源が 28.8V (24V + 20%) を超えたときに調整可能なスレッシュホールド コンパレータをトリップするよう、スレッシュホールド設定抵抗の値を決定します。

$$IN = V_{supp} \left( \frac{R_6}{R_5 + R_6} \right)$$

$$IN = 28.8 \text{ V} \left( \frac{3.52 \text{ k}\Omega}{237 \text{ k}\Omega + 3.52 \text{ k}\Omega} \right)$$

$$IN = 0.42 \text{ V}$$

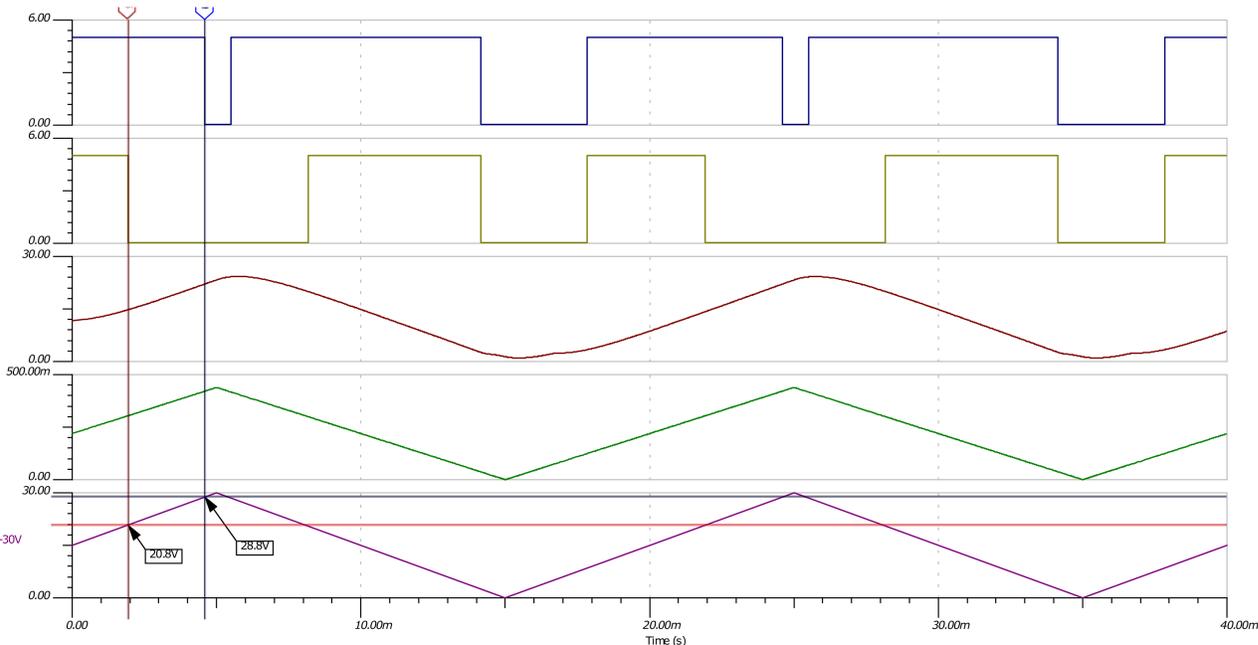
$$V_{ref} = IN$$

$$R_1 = \frac{V_{ref}}{I_{ref}} = \frac{0.42 \text{ V}}{100 \mu\text{A}} = 4.2 \text{ k}\Omega$$

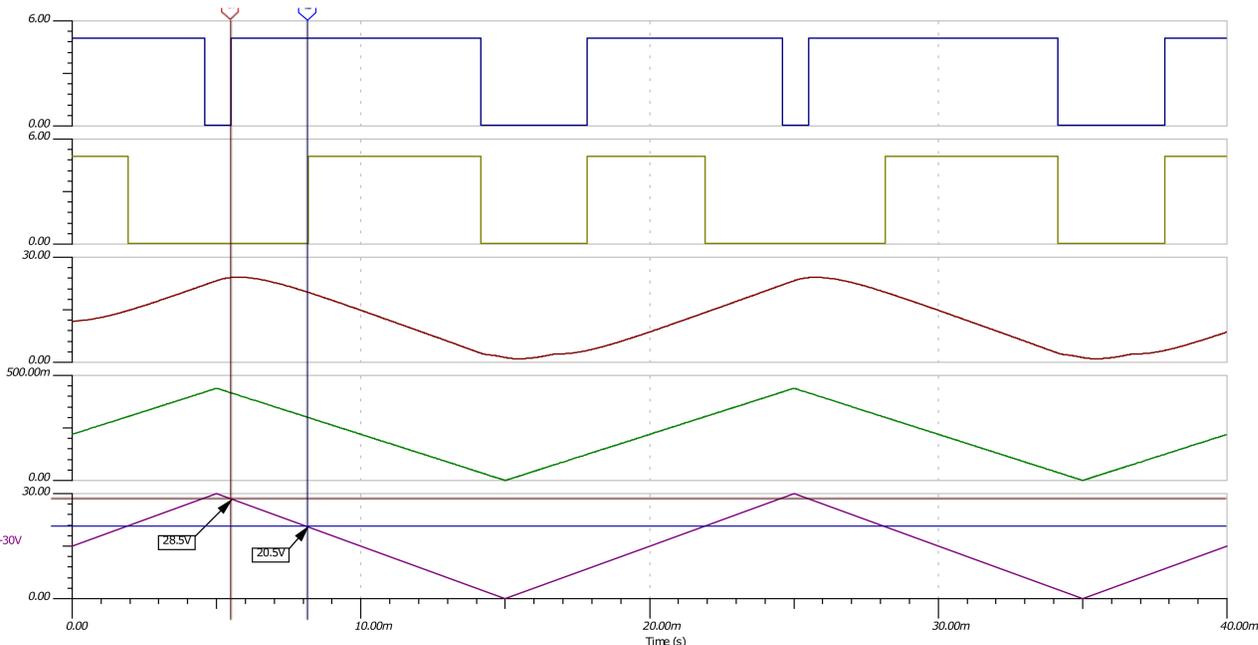
3. 推奨動作電源電圧よりも高い電圧から AMC23C14 を保護するため、27V のツェナー ダイオードを選択します。

## 設計シミュレーション

以下の図は、低電圧および過電圧検出回路の SPICE シミュレーション波形です。VDD1 入力も含まれています。これは、ツェナー ダイオードが動作範囲外の電圧から VDD1 入力を保護することを示しています。「[低電圧および過電圧検出回路の SPICE シミュレーション - 立ち上がり](#)」は、出力トリガ ポイントが入力電圧の立ち上がりにあるときの Spice シミュレーションを示しています。「[低電圧および過電圧検出回路の SPICE シミュレーション - 立ち下がり](#)」は、出力トリガ ポイントが入力電圧の立ち下がりにあるときの同様の画像です。2 つの図を比較すると、立ち下がり電圧入力のほうがトリガポイントの値が  $0.3\text{V}$  低くなっています。



低電圧および過電圧検出回路の SPICE シミュレーション - 立ち上がり



低電圧および過電圧検出回路の SPICE シミュレーション - 立ち下がり

## 応答の測定結果

以下の図は、低電圧および過電圧検出回路で測定された出力を、 $V_{\text{supp}}$  電圧 (トレース 1) と比較したものです。AMC23C14 にはオープンドレイン出力があり、通常は VDD2 にプルアップされ、入力電圧が各コンパレータのスレッシュホールド電圧を超えると Low に駆動されます。これらの測定では、 $V_{\text{supp}}$  が 28.8V を超えると OUT1 (トレース 3) は Low に遷移し、 $V_{\text{supp}}$  が 20.8V を超えると OUT2 は Low に遷移します。コンポーネントのばらつきやコンパレータのヒステリシスはトリップ スレッシュホールドに影響を与える可能性がありますが、この場合トリップ ポイントは目標値の 1% 未満です。 $V_{\text{supp}}$  が立ち上がりまたは立ち下がりするとき、電圧スレッシュホールドはわずかに変化します。2 番目の波形はこれを表示しており、OUT1 が 28.8V ではなく 28.6V でトリガされています。



$V_{\text{supp}}$  が増加するときの波形キャプチャ

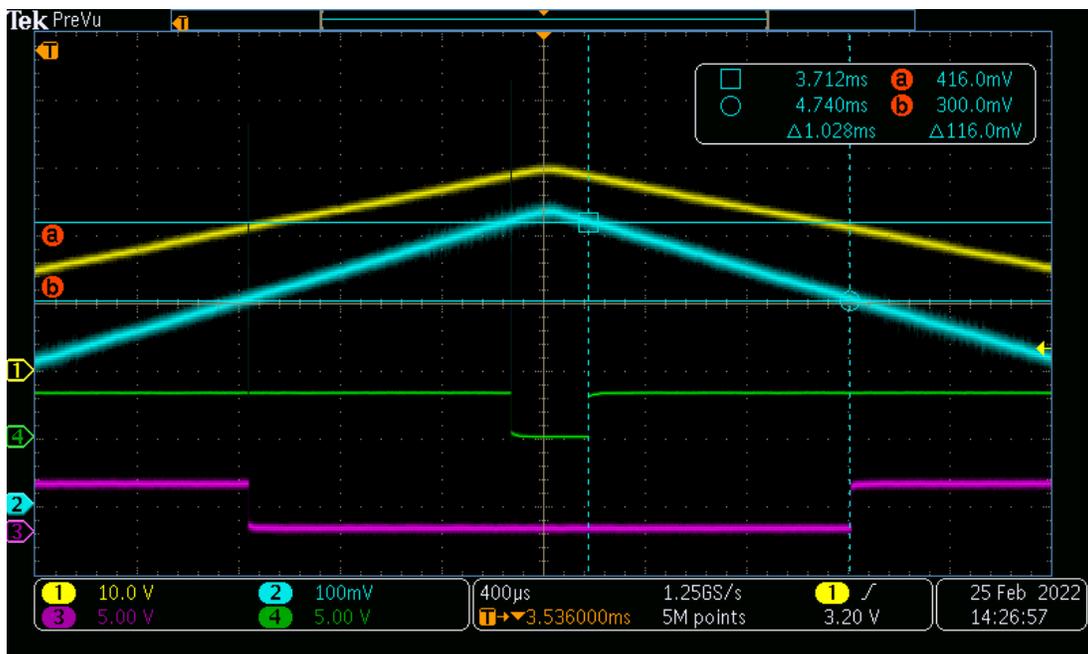


$V_{\text{supp}}$  が減少するときの波形キャプチャ

以下の図は、低電圧および過電圧検出回路で測定された出力で、AMC23C14 の出力を VIN 電圧 (トレース 2) と比較したものです。これらの測定結果から、コンパレータのトリップ スレッショルドが、「設計手順」セクションの **ステップ 2** の式で定義されている、内部コンパレータのスレッショルドが 300mV、外部で設定されるスレッショルドが 420mV で設定される目標値と一致することが確認されます。



$V_{supp}$  が増加するときの IN の波形



$V_{supp}$  が減少するときの IN の波形

## 設計に使用しているデバイス

デバイス	主な特長	デバイスのリンク
AMC23C14	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 広いハイサイド電源電圧範囲: 3V~27V</li> <li>• ローサイド電源電圧範囲: 2.7V~5.5V</li> <li>• デュアル ウィンドウ コンパレータ <ul style="list-style-type: none"> <li>- ウィンドウ コンパレータ 1: <math>\pm 20\text{mV} \sim \pm 300\text{mV}</math> の可変スレッシュホールド</li> <li>- ウィンドウ コンパレータ 2: <math>\pm 300\text{mV}</math> の固定スレッシュホールド</li> </ul> </li> <li>• 正 (非反転) 入力を使用するコンパレータ モードをサポート: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cmp0: 600mV~2.7V の可変スレッシュホールド</li> <li>- Cmp2: 300mV の固定スレッシュホールド</li> <li>- Cmp1 および Cmp3: 無効</li> </ul> </li> <li>• スレッシュホールド電圧調整のリファレンス: 100<math>\mu\text{A}</math>, <math>\pm 2\%</math></li> <li>• トリップ スレッシュホールドの誤差: 250mV のとき <math>\pm 1\%</math> (最大値)</li> <li>• 伝搬遅延: 290 ns (標準値)</li> <li>• 「高 CMTI: 15 kV/<math>\mu\text{s}</math> (最小値)</li> <li>• オープンドレイン出力</li> <li>• 安全関連認証: <ul style="list-style-type: none"> <li>- DIN VDE V 0884-11 に準拠した強化絶縁耐圧: 7000V<sub>PK</sub></li> <li>- UL1577 に準拠した絶縁耐圧: 5000V<sub>RMS</sub> (1 分間)</li> </ul> </li> <li>• 拡張産業温度範囲の全体にわたって完全に仕様を規定: -40°C~+125°C</li> </ul>	デバイス: <a href="#">AMC23C14</a> 類似デバイス: <a href="#">絶縁型アンプ</a>

## 設計の参照資料

テキサス・インスツルメンツの総合的な回路ライブラリについては、『[アナログ エンジニア向け回路クックブック](#)』を参照してください。

テキサス・インスツルメンツ、『[AMC23C14 AMC23C14 デュアル、高速応答、強化絶縁型ウィンドウ コンパレータ、可変スレッシュホールド付き](#)』データシート

## 重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ（データシートを含みます）、設計リソース（リファレンス・デザインを含みます）、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとし、

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、または [ti.com](#) やかかる TI 製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated